

## GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARININ YEMLENMESİNDE ALABALIK VE PALAMUT İÇ ORGANLARI VEYA HAMSİ KULLANILMASININ PERFORMANS VE YEM MALİYETİ ÜZERİNE ETKİSİ\*

Ali TÜRKER Şevket BÜYÜKHATİPOĞLU  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, Sinop

Geliş Tarihi: 15.11.2005

**ÖZET:** Bu çalışmada, balık işletmelerinin en büyük giderini teşkil eden yem giderlerinin azaltılması için farklı yem kaynaklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, başlangıç ortalama ağırlığı, 99.94±0.6 g olan gökkuşağı alabalıkları 4 deneme grubu oluşturacak şekilde kullanılmıştır. Deneme gruplarına sırasıyla I.Grup'a pelet yem (%44.96 HP), II.Grup'a %50 kıyılmış alabalık içorganı + %30 Soya Fasulyesi Unu (SFU) + %20 Buğday Kepeği (BK) (%29.12 HP), III.Grup'a %50 kıyılmış hamsi + %30 SFU + %20 BK (%40.16 HP) ve IV.Grup'a %50 kıyılmış palamut içorganı + %30 SFU + %20 BK (%39.45 HP) karışımlarından yapılmış yemler verilmiştir. Deniz kafeslerinde 7.2-11.5 °C'de, 90 gün süren deneme sonunda gruplardan, 261.79±3.23 ile 324.85±4.62 g arasında ortalama ağırlıklar elde edilmiştir. Deneme sonunda gruplarda günlük spesifik büyüme oranı, 1.07 - 1.31; ortalama kondisyon faktörü, 1.28±0.17 - 1.33±0.13; yem dönüşüm oranı ise 1.46 - 3.42 arasında hesaplanmıştır. Araştırmadan elde edilen canlı ağırlık artışı ve ekonomik analiz sonuçları; hamsi, alabalık içorganı ve palamut içorganı ile yapılan yarı yaş yemlerin gökkuşağı alabalıklarının beslenmesinde kullanılabileceğini ve yem giderlerinde bir azalma yapacağını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yarı yaş yem, yem dönüşüm oranı, Gökkuşağı Alabalığı, Karadeniz

### THE EFFECT ON PERFORMANCE AND FEED COAST USE OF TROUT AND BONITO MONGER OR ANCHOVY IN FEEDING OF RAINBOW TROUT

**ABSTRACT:** In this study, rainbow trout which were stocked in sea cages at temperature 7.2-11.5 °C, with initial mean weights of 99.94±0.6 g had used. The four experimental groups were fed with rainbow trout pellets only (I.Group) (K), a mixture of 50% minced rainbow trout fishmonger by-product + 30% Soybean Meal (SM) + 20% Wheat Bran (WB) (II. Group) (A), a mixture of 50% minced anchovy + 30% SM + 20% WB (III. Group) (H) and 50% minced bonito fishmonger by-product + 30% SM + 20% WB (IV. Group) (P), respectively. At the end of the study which was carried out for a period of 90 days, final average weights changed between 276.57 ± 3.87 - 324.85 ± 4.62; the spesific growth rate changed between 1.07 -1.31; the condition factor changed between 1.28±0.12 - 1.33±0.13; the food conversion rates changed between 1.46 - 3.42. The datas and differences were considered significant at p<0.05. According to the individual weight gain and the results of economic analyses, it has been concluded that semi moist mixtures of trout fishmonger by-product, anchovy and bonito fishmonger by-product can be used as feed for rainbow trouts and could reduce the cost of diets.

**Keywords:** Semi moist feed, food conversion rate, Rainbow Trout, Black Sea

### 1. GİRİŞ

Yetiştiricilikte en yüksek gideri yem masrafı oluşturmaktadır. Dolayısıyla bir taraftan optimum canlı ağırlık artışı sağlamak için gerekli yem gereksinimi, diğer taraftan balık ununun gittikçe artan fiyatı sonucu, balık yetiştiriciliğinde değişik yem maddelerinin araştırılması gerekmektedir. Bu amaçla pek çok araştırma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (Bharadwaj ve ark., 2002; Li ve ark., 2002; Cheng ve Hardy, 2002).

Balık yetiştiriciliğinde kullanılan yaş yemlerin ete dönüşüm oranları, yaş yem kaynağı ve kuru madde miktarına bağlı olarak 2.9-8 arasında değişmektedir (Atay, 1980).

Sığır şirdeninin gökkuşağı alabalığı rasyonlarında kullanıma olanakları üzerine tatlısında yapılan bir çalışmada 3.9-5 g'lık balıklar kullanılmıştır. 240 gün süren deneme sonunda en yüksek canlı ağırlık artışı

179.86 g'la %100 pelet verilen grupta, en düşük canlı ağırlık artışı ise 83.77 g'la %25 pelet + %75 şirden içeren yemle beslenen grupta elde edilmiştir. Yem dönüşüm oranı sırasıyla 3.57, 3.53, 3.94 ve 3.67 olarak saptanmıştır (Dinçer ve Aras, 1990).

Sığır dalağının gökkuşağı alabalığında büyüme hızı ve yaşama oranına etkisinin incelendiği denemede; üç çeşit rasyon kullanılmıştır. Tatlısında 182 gün süren çalışmada balıklar, ortalama 256.6 g'dan 411.6 g'a ulaşmış ve yem dönüşüm oranı ortalama 2.63 olarak tespit edilmiştir (Aras ve Aras, 1992).

Norveç'te Kalamar (*Todarodes sagittarus*) (Asgard, 1987) ve Köpek Balığı (*Squalus acanthias*) sakatatının (Asgard ve Austreng, 1985) salmon ve gökkuşağı alabalığı için bir yem kaynağı olarak çeşitli şekillerde kullanılabileceği, ayrıca Mavi Midye (*Mytilus edulis*)'nin de gökkuşağı alabalığına diğer yem maddeleri ile birlikte verilebileceği bildirilmiştir (Berge ve Austreng, 1989).

Gökkuşağı alabalığı beslenmesinde midye etinin kullanımı üzerine yapılan ve 39 gün süren denemede I.Grup'a sabah-akşam pelet yem, II. Grup'a ise sabah

\* Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenen 052 nolu Proje olup, Doktora Tez Özettir.

pelet yem, akşam midye eti verilmiştir. Yem dönüşüm oranları 1.83 ve 1.1 olarak saptanmıştır. Takviye olarak midye etiyle beslemenin yem maliyetinde %50 oranında bir kazanç sağladığı belirtilmiştir (Aral ve ark., 1999).

Gökkuşuğu alabalığı yemlerinde kullanılan hayvansal protein yerine bitkisel protein konulması ile ilgili 10 °C'de 90 gün süren deneme sonunda başlangıç ağırlıkları 24-29 g olan alabalıkta büyümenin %15 oranında gerilediği ve yem dönüşüm oranında %11.3'lük bir artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 1 kg alabalık elde edebilmek için gerekli yem masrafında ise %33'lük bir azalma olduğu ve alabalık yemlerinde kullanılan bitkisel protein kaynaklarının, hayvansal protein masraflarını azaltabileceği kaydedilmiştir (Kanidyev ve ark., 1975).

Balıkthane artıkları balıkçılık mevsimlerinde balıkçılardan ucuza veya ücretsiz olarak temin edilebilmekte ve alabalıklara verilebilmektedir. Bu tür yemler yetiştiricilik maliyetlerinde oldukça önemli düzeyde indirime yol açmaktadır (Yıldırım ve ark., 1999).

Türkiye su ürünleri üretim miktarları içerisinde hamsi 295000 ton, palamut 6000 ton ve alabalık 40868 ton şeklinde bir paya sahiptir (Anonim, 2003). Palamut balığının içorganlarının vücut ağırlığına oranı %6.71 (Erkoyuncu ve ark., 1994), alabalığın ise %12.24 (Ustaoglu ve Bircan, 1998) civarındadır. Avlanan hamsinin yaklaşık olarak 106.634 ton'luk miktarı 6.000 TL/kg (1996 yılı fiyatı) fiyattan balık unu ve yağı fabrikalarına verilmektedir. Verilere dayanarak, yetiştiriciliği yapılan alabalığın 5002.24 ton ve avlanan palamut balığının 402.6 ton kadar içorganının çöpe atıldığı söylenebilir. Atıl durumdaki bu içorganlar ile fabrikaya verilen hamsinin yarı yaş yem şeklinde alabalık beslenmesinde kullanılabilmesi düşünülmüştür (Yıldırım ve ark., 1999). Bu amaçla yapılan çalışmada; bu maddelerin gökkuşuğu alabalığının büyüme ve gelişmesine etkisi ile yetiştiricilikte oldukça önemli bir gider payını teşkil eden yem giderlerinin azaltılmasına katkısı araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma Su Ürünleri Fakültesi Deniz Yetiştiricilik Ünitesi'ndeki 4 adet ağ kafeste yürütülmüştür. Kafeslerin kıydan uzaklığı yaklaşık olarak 50 m ve derinlik ise 8 m civarındadır. Kafeslerin çapı 2 m olup, derinliği 2.5 m ve ağ göz açıklığı 16 mm olan ağlar kullanılmıştır. Ağ kafesin hacmi yaklaşık 7.85 m<sup>3</sup>'tür. Balık materyali olarak başlangıç ortalama ağırlığı, 99.96±0.6 g (I.Grup) (K), 99.77±0.5 g (II.Grup) (A), 99.94±0.6 g (III.Grup) (H) ve 100.11±0.6 g (IV.Grup) (P) olan gökkuşuğu alabalığı kullanılmıştır. Her bir gruba 100 adet olacak şekilde toplam 400 adet balık stoklanmıştır. Denemede tekerrür yapılamamıştır ancak balıklar bireysel olarak tartılmıştır. Yem tüketimi ve yemden yararlanma oranları her bir grup için ayrı ayrı tüketilen yem miktarları üzerinden hesaplanmıştır. Çalışmada,

su sıcaklığı 7.2°C-11.5°C, ortalama 8.3°C; çözünmüş oksijen 7.8 mg/lt-10.2 mg/lt, ortalama 9.6 mg/lt; tuzluluk ‰17.6-‰19.3, ortalama ‰18.3 ve pH ise 7.8-8.4, ortalama 8.1 olarak tespit edilmiştir.

Denemenin başlamasından 9 hafta sonra yapılan ara tartımda pelet yemle beslenen I.Grup'un porsiyonluk ağırlığa ulaştığı ancak deneme yemleriyle beslenen grupların henüz bu ağırlığın altında olmaları nedeniyle deneme 4 hafta daha devam ettirilmiştir.

Denemede; K grubuna: Alabalık pelet yemi, A grubuna: %50 kıyılmış alabalık içorganı + %30 Soya Fasulyesi Unu (SFU) + %20 Buğday Kepeği (BK) içeren yem, H grubuna: %50 kıyılmış Hamsi + %30 SFU + %20 BK içeren yem ve P grubuna: %50 kıyılmış palamut içorganı + %30 SFU + %20 BK içeren yem olmak üzere 4 farklı yem kullanılmıştır.

Yemlerde kullanılan alabalık içorganı, bölgede bulunan özel teşebbüslere ait yetiştiricilik tesislerinden; palamut içorganı, av mevsiminde bol olarak yakalanan palamutlardan; hamsi ise balıkçı gemilerinden temin edilmiştir. Laboratuvara getirilen içorgan ve hamsi, SF unu ve BK ile %50 + %30 + %20 oranlarıyla karıştırılarak kıyma makinesinden geçirilerek pelet formu verilmiştir. Daha sonra derin dondurucuda -30 °C'de dondurulmuş ve kullanımdan birkaç saat önceden çıkarılıp çözdürülerek balıklara verilmiştir. Denemede kullanılan yem ve yem hammaddelerinin analizleri Fakülte laboratuvarında yapılmış ve sonuçlar Çizelge I'de verilmiştir.

Balıklar sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez doyuncaya kadar (Yiğit ve Aral, 1999) yemlenmiştir. Her gün belirli miktarda götürülen yemler yemlemeden sonra tartılarak tüketilen yemler hesaplanmış ve kaydedilmiştir.

Deneme başında, ara tartımda (9 hafta sonra) ve deneme sonunda (13 hafta sonra) her bir gruptaki balıklar %1 g hassasiyetli elektronik terazide tek tek tartılarak başlangıç ortalama ağırlıkları, ayrıca %20'sinin ise uzunlukları tespit edilmiştir.

Deneme sonunda elde edilen verilerden;  
*Spesifik Büyüme Oranı* :  $100x[\ln \text{son ağı. (g)} - \ln \text{ilk ağı. (g)}] / \text{Gün sayısı}$

*Kondisyon Faktörü (K)*:  $[Ağırlık (g) / Uzunluk (cm)^3] x 100$

*Yem Dönüşüm Oranı*:  $Tüketilen Toplam Yem / Toplam Canlı Ağ. Artışı$

ve diğer büyüme değerleri Riche ve ark., (2004) ve Yang ve ark., (2004)'na göre hesaplanmıştır. Araştırmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri Düzgüneş ve ark. (1993)'na göre yapılmıştır. Farklılıkların hangi gruplardan ileri geldiğini bulmak amacıyla Duncan testi kullanılmıştır.

Denemede elde edilen verilerin ekonomik bakımdan analizleri, ekim 1996 fiyatları kullanılarak, yem ve balık gideri dışındaki tesis, işçilik, yakıt v.s. gibi giderler dahil edilmeden, balık alış fiyatı, yem masrafı ve balık satış fiyatı göz önüne alınarak

Çizelge 1. Denemede kullanılan yemlerin ve yem hammaddelerinin laboratuvar analiz sonuçları (%)

	Kuru Madde	Örnekte		Kuru Maddede	
		Ham Protein	Ham Yağ	Ham Protein	Ham Yağ
<i>Deneme Yemleri:</i>					
K	91.90	41.32	11.75	44.96	12.78
A	62.66	18.25	13.57	29.12	21.71
H	58.14	23.35	10.28	40.16	17.68
P	56.98	22.48	10.01	39.45	17.56
<i>Yem Hammaddeleri:</i>					
Soya fasulyesi unu	89.90	35.14	21.45	39.08	23.85
Buğday kepeği	87.80	13.72	2.58	15.62	2.94
Alabalık içorganı	38.27	11.20	14.50	29.26	37.88
Hamsi	33.22	20.80	9.20	62.61	27.69
Palamut içorganı	26.90	12.88	7.30	47.88	27.13

yapılmıştır. Denemede kullanılan Alabalık pelet yemi 100.000 TL/kg, soya fasulyesi unu 40.000 TL/kg, buğday kepeği 20.000 TL/kg ve hamsi 6.000 TL/kg üzerinden hesaplanmıştır. Alabalık içorganı ve palamut içorganları ücretsiz temin edilmiştir. Bu fiyatlar üzerinden her bir grup için:

*Yem Gideri: Tüketilen Top. Yem Mik. (kg) (TTYM) x Yem Maliyeti (TL) (YM)*

denemede kullanılan alabalık, palamut ve hamsi içeren yemler için;

*Yem Maliyeti: [(TTYM x 0.5 x içorgan veya hamsi fiyatı (TL/kg)) + (TTYM x 0.3 x soya unu fiyatı (TL/kg)) + (TTYM x 0.2 x buğday kep. fiyatı (TL/kg))]* şeklinde hesaplanmıştır.

Deneme süresince I. Grup'ta 23 adet; II. Grup'ta 14 adet; III. Grup'ta 7 adet; IV. Grup'ta 2 adet balık ölmüştür. Yapılan görsel incelemede balıkların, daha önce aynı yerde çalışma yapmış olan araştırmacının (Ustaoğlu ve Bircan, 1998) kaydettiği karabatak (*Phalacrocorax sp.*) kuşlarının saldırısı nedeniyle olduğu anlaşılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Denemeden elde edilen canlı ağırlık artışları, spesifik büyüme oranları ve yem dönüşüm oranları Çizelge 2'de verilmiştir.

Deneme sonunda bireysel canlı ağırlık artışı ve günlük canlı ağırlık artışı bakımından en yüksek değer alabalık pelet yem verilen K grubundan elde edilmiştir. A grubu; H ve P grubundan önemli derecede daha düşük bir ağırlık artışı sağlamıştır. H grubu ile P grubunun ağırlık artışları yaklaşık olarak aynı miktarda gerçekleşmiştir.

Deneme sonu bireysel ortalama ağırlıklar arasında yapılan varyans analizi sonucunda gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Deneme sonunda yapılan ekonomik analiz sonuçlarına göre I. Grup için harcanan 1.46 kg yem 146.000 TL'ye, II. Grup için harcanan 2.94 kg yem 47.040 TL'ye, III. Grup için harcanan 3.42 kg yem 64.980 TL'ye ve IV. Grup için ise harcanan 2.86 kg yem 45.760 TL'ye malolmuştur. Deneme yemleri, pelet yeme kıyasla, yem maliyetlerinin azaltılmasında II. Grup için % 67.78, III. Grup için % 55.49 ve IV. Grup için ise % 68.65 oranında önemli bir karlılık sağlamıştır (Çizelge 3).

Çalışmada günlük yüzde canlı ağırlık artışı, yem dönüşüm oranı, spesifik büyüme oranı ve kondisyon faktörüne ait elde edilen değerler karşılaştırma yapılan çalışmalarda tespit edilen sonuçların bazılarında farklı, bazılarında yakın ve bazılarında paralellik göstermektedir. Farklılıkların nedeni alabalıkların büyümesi ve yem değerlendirmesi üzerine balıkların genotipik yapıları, buldukları ortamın özellikleri (deniz suyu, tatlısu, kafes veya havuz), balık büyüklükleri, çalışmaların süreleri, kullanılan yemlerin özellikleri v.s. gibi faktörler olabilmektedir. Değişik ortamlarda aynı büyüklükte balıklar kullanılsa dahi canlı ağırlık artışları, yem dönüşüm oranı ve kondisyon faktörleri açısından farklı sonuçların elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre deneme yemi verilen gruplarda, pelet yem verilen gruplardan daha az ağırlık artışı sağlanmıştır. Tablo 1'de verilen yemlerin kuru madde

Çizelge 2. Deneme gruplarında saptanan canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm oranları

	K	A	H	P
Den. Başlı Balık Say.(adet)	100	100	100	100
Den.Sonu Balık Say.(adet)	77	86	93	98
Ölüm oranı (%)	23	14	7	2
Den. Başlı Ort. Ağırlık (g)	99.96±0.6	99.77±0.5	99.94±0.6	100.11±0.6
Den. Sonu Ort. Ağırlık (g)	324.85±4.62 <sup>a</sup>	261.79±3.23 <sup>b</sup>	282.03±3.63 <sup>c</sup>	276.57±3.87 <sup>c</sup>
Ort. Bireysel Can. Ağ. Art. (g)	224.89	162.02	182.09	176.46
Günlük Ağ. Art. Oranı (%)	2.49	1.8	2.02	1.96
Spesifik Büyüme Oranı (%)	1.31	1.07	1.15	1.13
Toplam Canlı Ağ. Artışı (g)	19902.8	14257.7	17513.6	17442.2
Tük. Top. Yem Miktarı (g)	29062	41940	59860	49965
Yem Dönüşüm Oranı	1.46	2.94	3.42	2.86

<sup>a,b,c</sup> farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir (P<0.05)

Çizelge 3. Ekonomik analiz sonucunda elde edilen değerler

	I Grup	II.Grup	III.Grup	IV.Grup
Den. Başlı Balık Say.(adet)	100	100	100	100
Balık Gideri (45.000 TL/Adet)	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000
Tüketilen Top. Yem (kg)	29.062	41.940	59.860	49.965
Yem gideri (TL)	2.906.000	671.040	1.137.340	799.440
Hasattaki Ürün Miktarı (kg)	25.025	22.5	26.23	27.1
Satış Geliri (500.000TL/kg)	12.512.500	11.250.000	13.115.000	13.550.000
Net Kar (TL) <sup>d</sup>	5.106.000	6.078.960	7.477.660	8.250.560
1 kg Balık Başına Kar (TL) <sup>e</sup>	204.035	270.176	285.080	304.449

<sup>a,b,c</sup> Yem Gideri: Tüketilen Toplam Yem Mik. (kg) (TTYM) x Yem Maliyeti (TL) (YM)

Yem Maliyeti : [(TTYM x 0.5 x içorgan veya hamsi fiyatı (TL/kg)) + (TTYM x 0.3 x soya unu fiyatı (TL/kg)) + (TTYM x 0.2 x buğday kep. fiyatı (TL/kg))]

<sup>d</sup> Net kar: Satış Geliri - (Yem Gideri + Balık Gideri)

<sup>e</sup> 1 kg balık başına kar: Net kar / Hasattaki Ürün Miktarı

üzerinden, protein ve yağ içeriklerine bakılırsa I. Grup pelet yeminde %44.96 protein ve %12.78 yağ, II. Grup yaş yeminde %29.12 protein ve %21.65 yağ, III. Grup yaş yeminde %40.16 protein ve %17.55 yağ ve IV. Grup yaş yeminde ise %39.45 protein ve %17.56 yağ oranları görülecektir. Deneme yemi verilen gruplardaki ağırlık artışının, pelet yem verilen gruptan daha düşük olmasının nedeni; bu yemlerdeki protein oranının pelet yeminkinden daha düşük olması, yüksek protein içeren balık ununun kullanılmaması ve vitamin-mineral yetersizliğine bağlanabilir.

Pelet yemlerdeki en büyük protein kaynağı balık unudur. Çeşitli araştırmacılar da balık unu yerine ikame edilen protein kaynaklarının özellikle karnivor balıklarda büyüme ve yem değerlendirmeyi düşürdüğünü ancak yem maliyetinde bir karlılık oluşturduğunu bulmuşlardır (Aral ve ark., 1999; Kanidyev ve ark., 1975; Steffens ve Albrecht, 1976; Atay, 1983; Hardy ve ark., 1984; Sanz ve ark., 1994; Tacon ve Jackson, 1985; Dabrowski ve ark., 1989).

Ülkemizde alabalık yetiştiriciliği yapan işletmeler kesim dönemlerinde ortaya çıkan balık atıklarını veya

yoğun balıkçılık yapan bölgelerden temin edecekleri balıkhaneye yan ürünlerini değerlendirerek yem maliyetlerinde önemli ölçüde karlılık yapabilirler. Elde edilecek bu ürünler uzun süreli saklamalarda derin dondurucularda korunabilir. Devamlı olarak temin edilememesi durumunda ise sadece temin edildiği dönemlerde kullanılarak yine maliyetlerde bir miktar düşüş sağlanabilecektir.

Sonuç olarak Karadeniz'de ağ kafeslerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde yem maliyetlerinin azaltılması ve atıl durumdaki veya insan tüketiminde yararlanılamayan çeşitli balık ve balık artıklarının ek yem maddeleri konulduktan sonra değerlendirilebileceği söylenebilir.

#### 4. KAYNAKLAR

- Anonim, 2003. Su Ürünleri İstatistikleri. T. C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. Ankara.
- Aral, O., Ağırağaç, C. ve Yiğit, M., 1999. Karadeniz'de ağ kafeslerde alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) beslenmesinde midye etinin kullanımı üzerine bir araştırma. Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, 23 (1): 23-29.
- Aras, N. M ve Aras, M. S. 1992. Farklı periyotlarda verilen sığır dalağının damızlık alabalıklarda (*S. gairdneri*) canlı ağırlık artış hızı ve yaşama gücüne etkisi üzerinde araştırmalar. Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi 7. Mühendislik Haftası Tebliğ Özetleri, 25 Mayıs-2 Mayıs.
- Asgard, T., 1987. Squid as feed for salmonids. Aquaculture, 61: 259-273.
- Asgard, T. and Austreng, E., 1985. Dogfish offal, ensiled or frozen, as feed for salmonids, Aquaculture: 49: 289-305
- Atay, D., 1980. Alabalık üretim tekniği. Başbakanlık Basımevi. Ankara.
- Atay, D., 1983. Bitkisel protein kaynaklarının alabalık rasyonlarında kullanıma olanakları. E.Ü. Faculty of Science Journal, Series B, Suppl.
- Berge, G. M. and Austreng, E., 1989. Blue mussel in feed for rainbow trout. Aquaculture: 81:79-90.
- Bharadwaj, A.S., Brignon, W.R., Gould, N.L., Brown, P.B. and Wu, Y.V., 2002. Evaluation of meat and bone meal in practical diets fed to juvenile hybrid striped bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. Journal of the Aquaculture Society, Vol: 33(4): 448-457.
- Cheng, Z.J. and Hardy, R.W., 2002. Apparent digestibility coefficients of nutrients and nutritional value of poultry by-product meals for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) measured in vivo using settlement. Journal of the Aquaculture Society, Vol:33(4): 458-465.
- Dabrowski, K., Poczczynski, P., Kökck, G. and Berger, B., 1989. Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). new in vivo test for exocrine pancreatic secretion. Aquaculture: 77:29-49.
- Dinçer, R. ve Aras, S., 1990. Alabalık rasyonlarında çeşitli düzeylerde kullanılan sığır şirdeni'nin "*Abomasus*" ve günlük yemleme sayısının gökkuşuğu alabalığının (*Salmo gairdneri*) büyüme hızı, yemden yararlanma ve yaşama gücüne etkileri. Doğa Türk Zooloji Dergisi, cilt:14 (2):237-251.
- Düzgüneş, O., Kesici, T. ve Gürbüz, F., 1993. İstatistik metotları. II. Baskı, Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay., 291:369.
- Erkoyuncu, İ., Erdem, M., Samsun, O., Özdamar, E. ve Kaya, Y., 1994. Karadeniz'de avlanan bazı balık türlerinin et verimi, kimyasal yapısı ve uzunluk-ağırlık ilişkisinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. İst. Üniv. Su Ürünleri Dergisi, 1-2:181-191.
- Hardy, R. W., Shearer, K. D. and Spinelli, J., 1984. The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. Aquaculture: 38:35-44.
- Kanidyev, A. N., Gamighin, E. A. And Moukhina, R. I., 1975. Test results on replacement animal protein with plant protein in rainbow trout diets, X th International Congress of Communications, Kyoto, Japan, p. 253.
- Li, M.H., Manning, B.B. and Robinson, E.H., 2002. Comparison of various animal protein sources for growth, feed efficiency and body composition of juvenile channel catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of the Aquaculture Society, Vol:33(4): 489-493.
- Riche, M., Oetker, M., Haley, D. I., Smith, T. and Garling, D. L. 2004. Effect of feeding frequency on consumption, growth, and efficiency in juvenile tilapia (*Oerochromis niloticus*). Israeli J. Aquacult.-Bamidgeh, 56(4): 247-255.
- Sanz, A., Morales, A. E. Higuera, M. and Cardenete, G., 1994. Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets:protein and energy utilization. Aquaculture: 128:287-300.
- Steffens, W. and M. L. Albrecht., 1976. Possibility of reducing the proportion of fish meal in feed rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Archiv für Tierernährung. 26 (4):285-291.
- Tacon, A. G. J. and Jackson, A. J., 1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. Nutrition and Feeding in Fish. Newyork Academic Press, 119-147.
- Ustaoğlu, S. ve Bircan, R., 1998. Karadeniz'deki ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın gelişme ve yem değerlendirmesine farklı yemleme düzeylerinin etkileri. Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, cilt:22 (3): 285-291.
- Yang, Y., Xie, S., Cui, Y., Lei, W., Zhu, X., Yang, Y. and Yu, Y., 2004. Effect of replacement of dietary fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal on growth and feed utilization of

- gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. Aquaculture Nutrition, 10: 289-294.
- Yıldırım, Ö., Çelikkale, M.S., Korkut, A.Y., ve Hoşsu, B., 1999. Balıkthane artıklarının alternatif yem kaynağı olarak gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın beslenmesinde kullanım olanakları. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 16 (1): 159-174.
- Yiğit, M. ve Aral, O., 1999. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın tatlısu ve deniz suyundaki büyüme farklılıklarının karşılaştırılması. Türk Vet. ve Hay. Derg., 23 (1): 53-59.

## EROZYONA UĞRAMIŞ TOPRAKLARDA ORGANİK ATIK UYGULAMALARININ BAZI MEKANİKSEL ÖZELLİKLERE ETKİSİ \*

Tuğrul YAKUPOĞLU Nutullah ÖZDEMİR  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 20.12.2005

**ÖZET:**Bu çalışma farklı düzeylerde erozyona uğramış toprakların bazı mekaniksel özellikleri üzerine, biyokatı (BK) ve çay atığı (ÇA) karıştırılmasının etkilerini, sera koşullarında belirlemek amacı ile yürütülmüştür. Organik madde kaynakları topraklara dört farklı dozda (%0, 2.0, 4.0 ve 6.0) ve üç tekerrürlü olarak bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre uygulanmıştır. Dört haftalık inkübasyon süresinden sonra topraklarda domates bitkisi yetiştirilmiştir. Topraklar ince bünyeli olup orta düzeyde organik madde içeriğine ve pH değerine sahiptirler. Sonuçta organik materyal ilavelerinin toprakların likit limit (LL) ve plastik limit (PL) değerlerini önemli ölçüde artırdığı, doğrusal uzama katsayısı (COLE) ve hacimsel büzülme ( $S_v$ ) değerlerini ise önemli ölçüde düşürdüğü, etkinin uygulama dozu, erozyon düzeyi ve organik materyalin çeşidine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atterberg limitleri, şişme-büzülme, COLE, organik atıklar

### EFFECT OF ORGANIC WASTE APPLICATIONS ON SOME MECHANICAL PROPERTIES OF ERODED SOILS

**ABSTRACT:** The study was carried out to determine the effects of biosolid and tea waste applications under greenhouse conditions on some mechanical properties on eroded soils in different degrees. The organic matter sources were incorporated the soils as four different rates (0, 2.0, 4.0 and 6.0, %) with three replications in a split block design. Tomato was grown on soils after incubation periods for four weeks. Some properties of the soil were determined as follows; fine in texture, moderate in organic matter content, moderate in pH. The results can be summarized as organic matter treatment increased the liquid limit (LL), plastic limit (PL) values and degreased shrinkage ( $S_v$ ), coefficient of linear extensibility (COLE) values according to the type and applications rates of the wastes. Effectiveness of the applications showed differences according to erosion degrees of the soils.

**Keywords:** Atterberg limits, swelling-shrinking, COLE, organic waste

#### 1. GİRİŞ

Mekaniksel toprak özellikleri ile bu özellikleri etkileyen faktörlerin ortaya konulması tarım ve mühendislik uygulamaları açısından oldukça önemlidir. Atterberg limitleri, doğrusal büzülme ve hacimsel büzülme indeksleri toprağın mekaniksel davranışlarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan parametrelerdir (Farrar ve Coleman, 1967; Canbolat ve Öztas, 1997). Hava alanları ve karayolları gibi alanların yapımı için gerçekleştirilen toprak sınıflandırmalarında ve kullanılacak materyalin seçiminde bu limitlerden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Toprakların likit limit (LL) değerleri yaklaşık olarak 10-100, plastik limit (PL) değerleri ise 0-60 arasında değişmektedir. Düşük LL ve PL değerine sahip ve parçacık büyüklüğü geniş dağılım gösteren topraklar yüksek kütle yoğunluğuna sıkıştırılabilir ve davranışları karardır (Lambe ve Whitman, 1969; Özdemir, 1998). Toprağın LL ve PL seviyesindeki su içerikleri, farklı amaçlı kullanımlar için yararlı olabilmektedir. Söz konusu limitler uygun bir kıvam ölçüğünde tarla kapasitesi ve solma noktasını gösterebilir ve faydalı suyu ifade edebilirler. Tarımda PL değeri, toprak işleme zamanının belirlenmesinde iyi bir indeks olarak kabul edilmektedir. Pratik olarak toprak işleme PL değerinin altında ancak ona yakın nem içeriğinde yapılmalıdır (Marshall ve ark., 1996; Özdemir, 1998).

Atterberg limitleri, toprağın hakim kil minerali çeşidi, kil içeriği, değişebilir katyonların cinsi ve organik madde miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Head,1984). Gülser ve Candemir (2004) topraklara ilave edilen organik atık miktarı ile LL ve PL değerleri arasında pozitif bir ilişki belirlemişlerdir.

Smith ve ark. (1985), toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mekaniksel özellikleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak üzere yapmış oldukları bir araştırmada, organik madde içeriği ile LL, PL ve COLE değerleri arasında önemli ilişkiler saptamışlardır.

Sönmez (1981) yapmış olduğu bir çalışmada, toprağa organik madde uygulamasına bağlı olarak COLE değerinde istatistiksel bakımdan önemli bir azalmanın olduğunu ortaya koymuştur.

Schafer ve Singer (1976), toprakların şişme ve büzülme değerlerine ilişkin olarak yaptıkları bir çalışma sonucunda, COLE değerinin doğrusal uzamayı verdiğini açıklamışlar, COLE ve  $S_v$  değerleri ile toprak organik maddesi arasında önemli ilişkiler bulunduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışma, farklı düzeylerde erozyona uğramış topraklara verilen biyokatı (BK) ve çay atığının (ÇA) toprağın bazı mekaniksel özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek üzere yürütülmüştür.

\* Bu çalışma OMÜ Araştırma fonunca desteklenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan topraklar 36° 02' Doğu, 41° 19' Kuzey koordinatlarında yer alan ve üzerinde tarla tarımı yapılan araziden alınmıştır. BK, Bafra Belediyesi Arıtma Ünitesi'nden ve ÇA, Rize Çay Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

Bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre sera koşullarında yürütülen çalışmada organik atıklar topraklara kontrol dahil dört farklı dozda (%0, 2.0, 4.0 ve 6.0) ve üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Toprak örnekleri dört hafta süre ile inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon döneminden sonra saksılarda domates bitkisi yetiştirilmiştir. Bitkinlerin hasadından sonra toprak örneklerinde analizler yapılmıştır.

### 2.2. Metotlar

Topraklarda pH, 1:2.5 toprak-su süspansiyonunda pH metre (Rowell, 1996); elektriksel iletkenlik, cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti (Bayraklı, 1987); organik madde, Walkley-Black yöntemi (Nelson and Sommers, 1982); kireç (%CaCO<sub>3</sub>), Scheibler Kalsimetre yöntemi (Kacar, 1994); kation değişim kapasitesi, Bower yöntemi (Kacar, 1994); toprak bünyesi, Bouyoucos Hidrometre yöntemi (Gee ve Bauder, 1986) kullanılarak belirlenmiştir.

Toprakların LL değeri, "Casagrande" aleti kullanılarak; PL değeri, nemli toprağın 3mm'lik iplikçikler haline getirilirken dağılmaya başladığı anda sahip olduğu nem miktarına göre belirlenmiştir (Sowers, 1965). Toprakların S<sub>v</sub> değeri doymuluktan biraz düşük nem düzeyinde iken hazırlanan toprak macununun, buharlaştırma kabı içerisinde hava kabarcığı kalmayacak biçimde paketlenmesi, üzeri tıraşlandıktan sonra fırında kurutulması sonucunda ve Eşitlik 1'in kullanılması ile belirlenmiştir (ASTM, 1974).

$$S_V = \frac{W_1 - S_L}{S_R} \dots\dots\dots [1]$$

S<sub>v</sub> : Hacimsel büzülme değeri

W<sub>1</sub> : Toprak macununun başlangıçtaki nem içeriği (%)

S<sub>L</sub> : Büzülme sınırı,

S<sub>R</sub> : Büzülme oranı.

Toprakların COLE değeri, doymuluktan biraz düşük nem düzeyinde iken balçıklaştırılan topraktan bir şırınga yardımı ile elde edilen 1cm çapında ve 6-10cm uzunluğundaki çubukların 48 saat süre ile atmosfer koşullarında kurutulduktan sonra ölçülen uzunluk değerlerine göre Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Schafer ve Singer, 1976).

$$COLE = \frac{L_m - L_d}{L_d} \dots\dots\dots [2]$$

COLE: Doğrusal uzama katsayısı

L<sub>m</sub> : Nemli çubuğun uzunluğu (cm),

L<sub>d</sub> : Kuru çubuğun uzunluğu (cm).

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS bilgisayar paket programı ile LSD çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanılmıştır (Yurtsever, 1984).

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Toprak Özellikleri

Hafif, orta ve şiddetli derecede aşınımına uğramış tarım arazisinden alınan yüzey (0-20cm) toprak örneklerinde belirlenen değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Topraklar ince bünyeli olup kil içerikleri %53.10 ile %59.40, silt içerikleri %26.0 ile %31.75 ve kum içerikleri %13.10 ile %15.15 arasında değişmektedir. Topraklar orta derecede alkaline bir reaksiyona sahip olup pH değerleri 8.0 ile 8.1'dir. Topraklarda serbest kireç içeriği %16.6 ile % 21.9; kation değişim kapasitesi ise 37.4 ile 21.4me.100g<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Topraklarda alkalilik sorunu bulunmamaktadır (Soil Survey Staff, 1993).

Çalışmada kullanılan ÇA %54.78 organik C ve %2.45 N içeriğine sahip olup C/N değeri 22.36'dır. Kullanılan BK %41 organik madde içeriğine sahiptir. BK kuru ağırlık esasına göre %22.20 organik karbon ve %2.40 N içermekte olup C/N değeri 9.25'dir. BK'nın organik olmayan fraksiyonları %2.3 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %11.5 CaO, %1.34 MgO, %1.3 P, %0.23 K, %0.22 NaO ve %4.40 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir. pH ve suda çözünebilir P içerikleri sırası ile 7.2 ve 581µgg<sup>-1</sup>'dir. Toplam Cd, Cu, Cr, Pb, Ni ve Zn içerikleri ise 6.3, 214.5, 135.2, 180.4, 75.8 ve 435.9µgg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Kacar, 1994).

Çizelge 1. Deneme öncesi toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Erozyon düzeyi	Hafif	Orta	Şiddetli	
Parçacık büyüklük dağılımı, %	Kum (S)	14.60	13.10	15.15
	Silt (Si)	26.00	30.85	31.75
	Kil (C)	59.40	56.05	53.10
Bünye sınıfı	C	C	C	
PH, 1:2,5	8.0	8.1	8.1	
Organik madde içeriği (OM), %	0.99	0.84	0.83	
Kation değişim kapasitesi (KDK), me.100g <sup>-1</sup>	37.4	23.9	21.4	
Kireç, %	16.6	19.4	21.9	
EC <sub>25°C</sub> , dS.m <sup>-1</sup>	0.78	0.65	0.64	



### 3.2. Likit Limit (LL)

Farklı düzeyde erozyona uğramış topraklara organik atık uygulandıktan sonra belirlenen LL değerleri ve bu değerlerde meydana gelen değişim Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere denet düzeyindeki örneklerde LL değeri artan erozyon düzeyine bağlı olarak düşüş göstermektedir. LL değeri toprağı oluşturan parçacıkların yüzey yük yoğunluğuna, mineralojik bileşimine, organik madde içeriğine (Head, 1984; Munsuz, 1985) bağlıdır. Toprakların LL değerinde ortaya çıkan bu farklılık, erozyon düzeyine bağlı olarak söz konusu özelliklerde meydana gelen değişimden kaynaklanmış olabilir.

Organik atık uygulamasına bağlı olarak toprakların LL değerleri artış göstermiştir. Meydana gelen artış erozyon düzeyleri, atık çeşidi ve uygulama dozuna bağlı olarak istatistiksel farklılık ( $P < 0.001$ ) göstermiştir (Şekil 1, Çizelge 2). Söz konusu değişimlere ait LSD testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. ÇA bütün uygulama dozları ile her üç erozyon düzeyinde de LL değerlerini artırmada etkili olurken, BK'nın etkinliği orta derecede erozyona uğramış toprakta düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Denete göre LL değerinde en büyük değişim (%16.9) ÇA'nın %6 dozunda, şiddetli derecede erozyona uğramış toprakta gerçekleştirilmiştir.

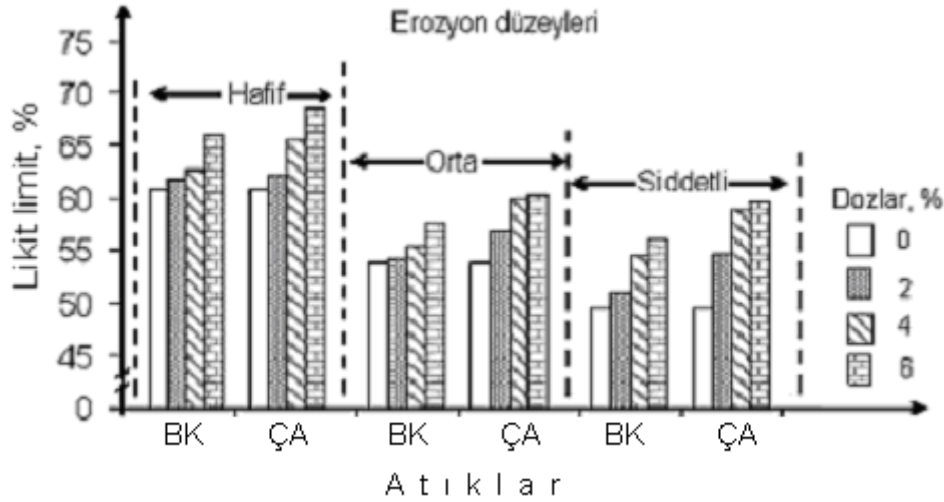
Kıvam limitleri ile organik madde içeriği arasındaki ilişkileri araştıran Gülser ve Candemir (2004)

topraklara ilave edilen organik atık miktarı ile LL değerleri arasında pozitif bir ilişki belirlemişlerdir.

### 3.3. Plastik Limit (PL)

Farklı düzeyde erozyona uğramış topraklara organik atık uygulandıktan sonra belirlenen PL değerleri 21.23 ile 37.90 arasında değişmekte olup değerlerde meydana gelen değişim Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere denet düzeyindeki örneklerde PL değeri artan erozyon düzeyine bağlı olarak düşüş göstermektedir. Bu düşüş muhtemelen PL değeri ile toprağın hakim kil minerali çeşidi, kil içeriği, değişebilir katyonların cinsi ve organik madde miktarı arasındaki karşılıklı ilişkiden (Demiralay ve Güresinli, 1979) kaynaklanmaktadır.

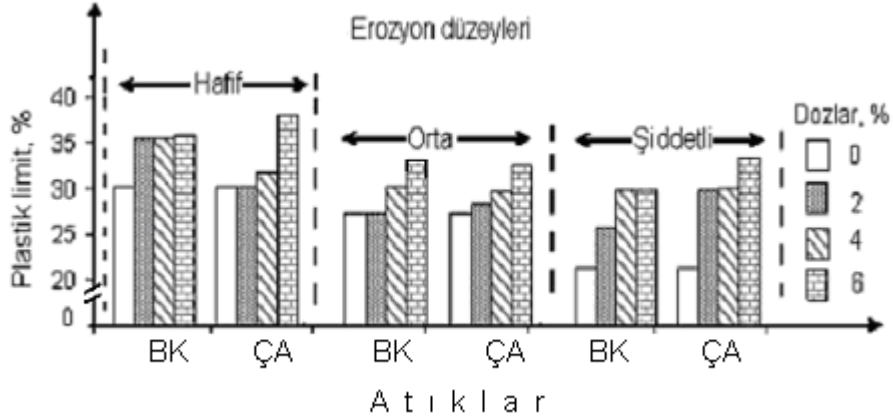
PL değeri, macun haline getirilen ince toprak materyali üzerinde laboratuvarında belirlen bir parametre olup toprağın tarımsal veya mühendislik amaçlı kullanımındaki bazı özelliklerinin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu değer toprağın tarlada en kötü strüktürel durumda işlendiğinde göstereceği olası davranışın bir göstergesini yansıtmaktadır. Teorik olarak toprak işleme, PL değerinin altında fakat yakınındaki nem koşulunda yapılmalıdır. Bu nem aralığı toprağın



Şekil 1. Farklı erozyon düzeylerinde atıkların çeşit ve dozlarına bağlı olarak LL değerindeki değişimler

Çizelge 2. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların ll değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Erozyon düzeyleri	Hafif	Orta	Şiddetli	
LL, %	63.505a	56.517b	54.615c	
Atıklar	BK		ÇA	
LL, %	56.941a		59.485b	
Dozlar, %	0	2	4	6
LL, %	55.148a	56.797b	59.506c	61.400d



Şekil 2. Topraklarda farklı erozyon düzeylerinde atıkların çeşit ve dozlarına bağlı olarak PL değerindeki değişimler

plastiklik gösterdiği minimum nem içeriği olduğundan toprağın kültüvasyon ile çamurlaşma tehlikesinde olduğu durumu yansıtmaktadır. Buradan PL değerinin toprağın işlenmeye uygun olduğu nem aralığının üst sınırı olarak (Larney ve ark., 1988) kabul edilebileceği anlaşılmaktadır. Topraklar ve yapılan uygulamanın etkileri bu doğrultuda değerlendirildiğinde (Çizelge 3) erozyonun PL nem içeriği değerlerini düşürdüğü ve organik materyal ilavesinin etkisinin ise artırdığı anlaşılmaktadır (Şekil 2).

Organik atık uygulamasına bağlı olarak toprakların PL değerleri artış göstermiştir. Meydana gelen artış erozyon düzeyleri ( $P<0.05$ ) ve uygulama dozuna ( $P<0.001$ ) bağlı olarak farklılık göstermiştir (Şekil 2, Çizelge 3). PL değerinde meydana gelen artışlar uygulama dozlarına paralellik göstermiştir. Söz konusu değişimlere ait LSD testi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Denete göre PL değerindeki en büyük artış (%46.0) ÇA uygulamasının %6 dozunda ve şiddetli derecede erozyona uğramış toprakta gerçekleşmiştir.

Bhushan ve Sharma (2002) organik atık kullanarak yaptıkları bir çalışma sonucunda, toprağa organik atık ilavesinin, PL değerini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

### 3.4. Hacimsel Büzülme ( $S_v$ )

Farklı düzeyde erozyona uğramış topraklara organik atık uygulandıktan sonra belirlenen hacimsel büzülme değerleri %59.136-124.103 arasında

değişmekte olup değerlerde meydana gelen değişim Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3'ün incelenmesinden de anlaşılacağı üzere denet düzeyindeki örneklerde  $S_v$  değeri artan erozyon düzeyine bağlı olarak düşüş göstermektedir. Bu düşüş  $S_v$  değeri ile toprağın hakim kil minerali çeşidi, kil içeriği, değişebilir kationların cinsi ve organik madde miktarı arasındaki karşılıklı ilişkiden (Öztaş, 1987) kaynaklanmaktadır.

Organik atık uygulamasına paralel olarak  $S_v$  değerleri bütün erozyon düzeylerinde azalma göstermiştir (Şekil 3). Toprakların  $S_v$  değerlerindeki değişimde erozyon düzeylerinin etkisi önemli ( $P<0.001$ ) bulunmuştur. Söz konusu değişimlere ait LSD testi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Denete göre  $S_v$  değerindeki en büyük azalma (%21.3), şiddetli düzeyde erozyona uğramış olan toprakta %6'lık doz uygulamalarında sağlanmıştır. Bu konuda bir araştırma yürüten Öztaş (1987), organik madde içeriği ile  $S_v$  değerleri arasında önemli ( $P<0.01$ ) bir korelasyon bulmuştur.

Toprağa ilave edilen organik atıkların toprak özelliklerine bağlı olarak şişme-büzülme potansiyellerini önemli ölçüde düşürdüğü anlaşılmaktadır. Bu nedenle özellikle şişme büzülme potansiyeli yüksek olan Vertisol ordosuna dahil olan topraklarda şişme-büzülme zararlarının azaltılması ve bitkisel üretimin artırılması bakımından organik atık ilavesi önem taşımaktadır.

Çizelge 3. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların PL değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Erozyon düzeyleri	H	O	Ş	
PL, %	33.332a	30.451ab	27.588b	
Atıklar	BK	ÇA		
PL, %	30.445a	30.463a		
Dozlar, %	0	2	4	6
PL, %	27.525a	29.408b	31.108c	33.774d

Çizelge 4. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların  $S_v$  değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Erozyon düzeyleri	H	O	Ş	
$S_v$ , %	116.54a	84.92b	71.53c	
Atıklar	BK		ÇA	
$S_v$ , %	91.97a		90.03a	
Dozlar, %	0	2	4	6
$S_v$ , %	96.41a	93.56a	89.34b	84.68c

### 3.5. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE)

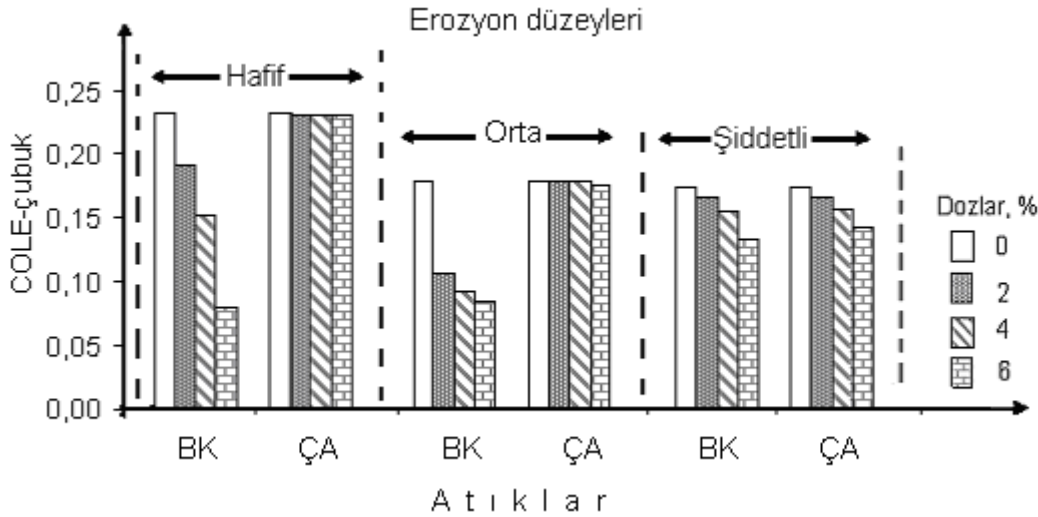
Farklı düzeyde erozyona uğramış topraklara organik atık uygulandıktan sonra belirlenen COLE değerleri 0.079-0.233 arasında değişmekte olup bu değerlerde meydana gelen değişim Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil 4'ün incelenmesinden de anlaşılacağı üzere denet düzeyindeki örneklerde COLE değerleri artan erozyon düzeyine bağlı olarak düşüş göstermektedir. Bu düşüş muhtemelen toprağın hakim kil minerali çeşidi, kil içeriği ve organik madde miktarı arasındaki karşılıklı ilişkiden kaynaklanmaktadır. COLE değeri pedolojik amaçlı çalışmalar için bir değerlendirme kriteri olup toprak organik maddesi ile bu değer arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. COLE değeri  $\geq 0.03$  olduğunda toprakta önemli miktarda "smektit grubu" kil minerallerinin bulunduğu ifade edilebilirken bu değer 0.09'u geçtiğinde ise toprakta önemli bir şişme-büzülme etkinliği beklenebilmektedir (Grossman ve ark., 1968). Yukarıdaki değerlendirmeye göre çalışma konusu toprakların COLE-çubuk değerleri (Şekil 4)

esas alındığında hakim kil minerali çeşidinin "smektit grubu" olduğu ifade edilebilir. Dolayısıyla topraklarda önemli ölçüde şişme ve büzülme etkinliğinin olacağı söylenebilir.

Organik atık uygulamasına paralel olarak COLE değerleri genellikle bütün erozyon düzeylerinde azalma göstermiştir (Şekil 4). Toprakların COLE değerlerindeki değişimde erozyon düzeyleri, atık çeşitleri ve uygulama dozlarına ilişkin kareler ortalamasının etkisi önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuş olup BK'nın etkinliğinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Söz konusu değişimlere ait LSD testi sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Denete göre COLE değerindeki en büyük azalma (%47.1), orta derecede erozyona uğramış olan toprakta BK uygulamasında (%6 dozu) belirlenmiştir.

Sönmez (1981) yapmış olduğu bir çalışmada, toprağa organik madde uygulamasına bağlı olarak COLE değerinde istatistiksel bakımdan önemli bir azalmanın olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 4. Topraklarda erozyon düzeyleri ile atıkların çeşit ve dozlarına bağlı olarak COLE değerindeki değişimler

Çizelge 5. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların COLE değerleri üzerine etkilerine ilişkin LSD testi sonuçları

Erozyon düzeyleri	H	O	Ş	
COLE	0.197a	0.147b	0.166c	
Atıklar	BK		ÇA	
COLE	0.150a		0.190b	
Dozlar, %	0	2	4	6
COLE	0.195a	0.174b	0.164c	0.148d

#### 4. KAYNAKLAR

- ASTM, 1974. Annual Book of ASTM Standarts. American Society for Testing and Materials. Part 19, 90-92.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniv. Yayınları, Yayın No:17, Samsun.
- Bhushan, L. and Sharma, P. K., 2002. Long-term effects of lantana (*Lantana spp. L.*) residue additions on soil physical properties under rice-wheat cropping. I. Soil consistency, surface cracking and clod formation. *Soil and Tillage Research*, Vol. 65, issue 2.
- Canbolat, M. Y. Öztas T., 1997. Toprağın kıvam limitleri üzerine etki eden bazı faktörler ve kıvam limitlerinin tarımsal yönden değerlendirilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 28 (1): 120-129.
- Demiralay, İ. ve Güresinli, Y. Z., 1979. Erzurum Ovası topraklarının kıvam limitleri ve sıkışabilirliği üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniv. Ziraat. Fak. Dergisi*. 10(1-2): 77-93.
- Farrar, D.M. and Coleman J.D., 1967. The Correlation of Surface Area With Other Properties of Nineteen Brithish Clay soils. *J. Soil Sci.*, 18: 118-124.
- Gee, G. W. and Bauder J.W. 1986. Partical-Size Analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. USA.
- Gulser, C. and Candemir, F., 2004. Changes in Atterberg limits with different organic waste applications. *Proceedings of The International Soil Congrees. "Natural Resource Management for Sustainable Development"*. Erzurum, Turkey.
- Grossman, R. B., Bransel, B. R., Franzmeier, D. P. and Walker, J. L., 1968. Linear extensibility as calculated from naturalclod bulk density measurements. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 570-573.
- Head, K. H., 1984. *Manual of Soil Laboratory Testing. Volume 1: Soil Classification and Compaction Tests*. ISBN, 0-7273-1302-9. Biddles Ltd, Guildford, Surrey.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. *Toprak Analizleri*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araş. ve Gel.Vakfi Yay., No:3 Ankara.
- Lambe, T. V. and Whitman, R. V., 1969. *Soil Mechanics*. Wiley. New York.
- Larney, F. J., Fortune, R. A. and Collins, J. F., 1988. Intrinsic soil soil physical parameters for sugar beet seedbed preparation. *Soil Till Res.* 12: 253-267.
- Marshall, T. J., Holmes, J. and Rose, C. V., 1996. *Soil Physics*. Cambridge University Press ISBN 0-521-45151-5.
- Munsuz, N., 1985. *Toprak Mekanığı ve Teknolojisi*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 922. Ders Kitabı, 248-260.
- Nelson, D. W. and Sommers L. E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (Ed. A. Klute). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Özdemir, N., 1998. *Toprak Fizigi*. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı No:30. Samsun.
- Öztaş, T., 1987. Iğdır Ovası Yüzeý Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Mekaniksel Özellikleri Arasındaki İlişkiler (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Erzurum.
- Rowell, D. L., 1996. *Soil Science Methods and Applications*. Wesley Longman Ltd, Harlow. ISBN 0 582 087848.
- Schafer, W. M. and Singer, M. J., 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 805-806.
- Smith, C. W., Hadas, J. D. and Koyumdjisky, H., 1985. Shrinkage, Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. *Geoderma*, 35: 47-65.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil Survey Manual*, USDA Handbook No:18 Washington
- Sowers, G.F., 1965. *Consistency Method of Soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy*, Madison, Wisconsin USA, 394-397.
- Sönmez, K.,1981. Ahır gübresinin killi toprağın büzülme özelliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, Cilt:12, Sayı:2-3, 31-37.
- Yurtsever, N., 1984. *Deneysel İstatistik Metodlar. Tarım ve Köyişleri Bak. Köy İşleri Gen. Müd. Toprak ve Düzenleyici Araş. Enst. Yayınları, Teknik Yayın No: 56, 169-181.*

## ISI İLETKENLİK DENKLEMİNİN ÇÖZÜMÜNE BAĞLI OLARAK TOPRAKTAKİ ISI TAŞINIMINA ETKİ YAPAN BAZI PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

İmanverdi EKBERLİ  
O.M.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 20.12.2005

**ÖZET:** Bu araştırmada gözenekli ortamda sıcaklık alanının oluşumu ve ısı taşınımı teorik olarak incelenmiştir. Deneysel değerlere ve toprağın ısı iletkenlik denkleminin çözümüne göre, toprakta sıcaklık dalgalarının profil boyunca değişiminde i) toprak yüzeyindeki maksimum veya minimum sıcaklığın belirli bir derinlikte gecikme zamanı, ii) sıcaklığın topraktaki sönme (ilerleme) derinliği ve iii) toprak yüzeyinde ve belirli bir derinlikteki sıcaklık amplitütüne bağlı olarak toprağın ısısal yayılım katsayısı ve rutubetin bu parametrelere etkisi belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak rutubeti, sıcaklık alanı, ısı iletkenliği, gecikme zamanı, sönme derinliği, ısısal yayılım

### ANALYSIS OF SOME PARAMETERS EFFECTING HEAT DIFFUSIVITY IN SOIL BASED ON SOLUTION OF HEAT CONDUCTIVITY EQUATION

**ABSTRACT:** In this research, formation of thermal area and heat transfer in porous soil environment have been theoretically studied. By referring to the values obtained from experiment and solution of soil's heat diffusivity equation, soil's heat distribution coefficient based on i) diffusivity delay of maximum or minimum temperature in certain depth of soil ii) depth of heat advance in soil, iii) heat amplitude in soil surface and in certain soil depth and effect of moisture on these parameters in variation of heat waves along soil profile have been determined.

**Key Words:** Soil moisture, thermal area, heat diffusivity, diffusivity delay, advancement depth, heat distribution

#### 1. GİRİŞ

Ekosistemin bileşenleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için matematiksel modellerin yapılması gerekmektedir. Bu ise farklı matematiksel ifadelerin kullanılmasıyla mümkündür. Ekosisteme ait modellerin oluşturulmasında, basit diferansiyel, cebirsel ve kısmi türevli diferansiyel denklemlerden yararlanılmaktadır.

Ekosisteme ait basit diferansiyel denklemlerle yapılmış modeller, sistemin değişimini ifade etmeyip, sadece onun kısa süreli dinamiğini belirtir. Buna göre, ekosistemdeki değişimi ve onun parametreleri arasındaki ilişkileri ifade eden genel teorik temelin oluşması için, matematik, fizik ve termodinamik yöntemlerinin uygulanması sonucunda oluşan matematiksel modellerin yapılması gerekmektedir. Genelde topraktaki fiziki süreçlerin incelenmesi uygulamalı matematik, dolayısıyla matematiksel fizik modellerin yapılması ile yakından ilişkilidir.

Cisimlerde ısı akımını ifade eden ısı transferi denklemleri, matematiksel fizik modellerden biri olup, onun incelenmesi sadece teorik temelin gelişiminde değil, aynı zamanda çağdaş pratik problemlerin çözümünde, hesaplama ve tahmindeki hassaslıkta, gözlemlerin geliştirilmesinde ve denemelerin planlanmasında da önem taşımaktadır (Adjali ve ark., 2000 a,b; Rees ve ark., 2000; Diao ve Fang, 2004). Matematiksel fizik modellerin bahsedilen özellikleri, toprak-bitki-atmosfer sisteminde (ısı, su, tuz taşınımı vb.) ve diğer alanlarda onun uygulamasına imkan vermektedir.

Toprak yüzeyindeki ve havadaki sıcaklığın, çeşitli örtülerin (yaprak, atıklar vb.), yüzeyin fiziksel yapısının, topraktaki fiziksel ve kimyasal süreçlerin vb. ısı akımına önemli etki yapmasından dolayı, ısı transferinin farklı modellerinin yapılmasında bu

faktörlerin göz önüne alınması gerekmektedir (Kartı ve Choi, 1998; Wang ve Bras, 1999; Kang ve ark., 2000; Santander ve Budnovich, 2002). Toprak tarafından absorbe edilen enerji ısıya dönüşmekte, bunun bir kısmı ise alt toprak katlarına doğru hareket ederek ısı akımı oluşturmaktadır. Pratik olarak tek boyutlu kabul edilen bu süreç, topraktaki sıcaklığa ve sıcaklık değişimine bağlı olmaktadır. Toprak profili boyunca sıcaklığın değişimi önemli fiziki süreçlerden biri olup, toprağın termo-fiziksel (ısı iletkenliği, ısısal yayılım, ısı kapasitesi) özelliklerinin etkisi altındadır.

Toprak sıcaklığı tohumun çimlenmesinden başlayarak bitki gelişimine, bitki gelişimi sırasında meydana gelen özümlenme, solunum, terleme, fotosentez olaylarına, mikroorganizmaların aktivitelerini etkilemek yoluyla nitrifikasyon, organik maddenin ayrışması vb. gibi mikrobiyolojik işlevlerin oranına önemli etki yapmaktadır (Özkan, 1985; Özdemir, 1998). Toprak sıcaklığı toprakların ısı ilişkilerine (radyasyon, ısı kapasitesi, ısı iletkenliği vb.) bağlıdır. Isı ilişkileri, toprakta ısı iletimi ile atmosfer ve toprak arasındaki ısı alış-verişinin sebep olduğu sıcaklık değişimlerini içerir. Sıcaklık değişimleri zamana ve toprak derinliğine bağlı olarak değişmektedir (Yeşilsoy, 1995).

Toprak araştırmalarında bazı parametrelerin belirlenmesinin zor olması nedeniyle toprakta ısı taşınımının matematiksel tanımlanmasında homojen ve izotropik katılardaki ısı iletimi süreci uygulanmaktadır (Özkan, 1985). Toprak sıcaklığının kontrolü, toprak yüzeyine gelen ve giden radyasyon düzenlenmesi ile beraber ısı taşınımının temel oluşum faktörleri olan toprağın ısısal özelliklerinin belirlenmesi ve tarım koşullarına uygun olarak değiştirilmesi ile mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, ısı iletkenlik denkleminin

başlangıç koşulsuz çözümüne göre, topraktaki ısı taşınımına etki yapan bazı sıcaklık parametrelerinin (toprakta sıcaklık dalgalarının profil boyunca değişiminde, toprak yüzeyindeki maksimum veya minimum sıcaklığın belirli bir derinlikte gecikme zamanı; sıcaklığın sönme derinliği ve sıcaklık dalgalarının farklı değişim periyotlarında sönme derinlikleri arasındaki ilişki; toprak yüzeyinde ve belirli bir derinlikteki sıcaklık amplitütüne bağlı olarak toprağın ısısal yayılım katsayısı) incelenmesidir.

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus Yerleşim sahası Ziraat Fakültesinin deneme alanında, 2x3m parselde 12.04-17.06.2005 tarihleri arasında yapılmıştır. Deneme alanı 41° 21.86' Kuzey, 36°11.41' Doğu koordinatlarında, deniz seviyesinden 187 m yükseklikte yer almaktadır.

Toprak sıcaklığı her gün 9<sup>00</sup>, 11<sup>00</sup>, 13<sup>00</sup>, 15<sup>00</sup>, 17<sup>00</sup>, 19<sup>00</sup> saatlerinde cıvalı cam termometre ile (Sterling and Jaskson, 1986) , toprak nemliliği ise 3 günde bir 60 cm derinliğe kadar her 10 cm' den alınan örneklerde gravimetrik olarak belirlenmiştir. Toprakların kil, silt ve kum içerikleri hidrometre yöntemine göre (Demiralay, 1993), organik madde (OM) kapsamları modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre saptanmıştır (Kacar, 1994). Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri (EC<sub>25,4°C</sub>) 1:1 toprak:su süspansiyonunda, CaCO<sub>3</sub> miktarı "Scheibler Kalsimetresi" kullanılarak hacim esasına göre belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966).

### 2.1. Sıcaklık Alanı

Cismin zerreciklerinin veya farklı sıcaklığa sahip cisimlerin bir-birine dokunmasında meydana çıkan enerjinin yayılması ısı taşınımı sürecini oluşturmaktadır. Isı taşınımı cisimlerdeki mikro zerreciklerinin hareketine bağlı olmaktadır. Gazlarda enerjinin taşınımı molekül ve atomların difüzyonu, sıvı ve katı cisimlerde ise esnek (elastik) dalgaların yer değişimi sonucunda oluşmaktadır (Luikov ve Mikhailov, 1965; Luikov, 1967; Kane ve ark.,2001). Sıvı ve gazlarda ısı konveksiyasının ihmal edilmesi durumunda tam ısı akımı mümkün olmaktadır.

Genel olarak tüm fiziki süreçler bu süreçlere önemli etki yapan fiziki parametrelerin mekan ve zamana göre değişimi sonucunda oluşmaktadır. Isı taşınımı süreci başka ısı değişimi çeşitleri gibi cismin farklı sıcaklığa sahip noktaları arasında olabilmektedir.

Isı taşınımının analitik incelenmesi sıcaklığın mekan (x,y,z uzay koordinatlarına) ve zamana (t) göre değişiminin belirlenmesine bağlı olup,

$$T = f(x, y, z, t) \quad (1)$$

denkleminin yapılmasını gerektirmektedir.

(1) denklemin incelenen sistemin tüm noktalarında ve her bir zaman anında (aralığında) sıcaklık değerlerinin toplamını gösteren sıcaklık alanının matematiksel ifadesi olmaktadır.

Sıcaklığın zamana bağlı olan değerlerine uygun olarak sabit ve değişken sıcaklık alanı tespit edilmektedir. Cismin farklı noktalarında her hangi zaman aralığında sıcaklığın değişmesi durumunda, (1) denklemin sıcaklık alanının genel ifadesini göstermektedir. Bu durumda ısı taşınımının dinamiği değişken olup, değişken sıcaklık alanı söz konusu olmaktadır.

Cismin her bir noktasında her bir zaman aralığında sıcaklığın aynı olması durumunda sabit sıcaklık alanı oluşmaktadır. Bu durumda sıcaklık ancak koordinatların fonksiyonu olarak, üç boyutlu (uzay) sıcaklık alanını ifade etmektedir:  $T = f_1(x, y, z)$  ;

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0 . \text{ Sıcaklık iki veya bir koordinatın fonksiyonu}$$

ise, uygun olarak iki ( $T = f_2(x, y, t)$ ;  $\frac{\partial T}{\partial z} = 0$ ) veya

bir ( $T = f_3(x, t)$ ;  $\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0$ ) boyutlu sıcaklık

alanı oluşmaktadır.

Bir boyutlu sabit sıcaklık alanının denkleminin daha basit

olup,  $T = f_4(x)$ ;  $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ ;  $\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0$  gibi

ifade edilir.

### 2.2. Toprağın Isı İletkenliği Denkleminin dahil edilmesi

Her hangi ortamda (toprakta) fiziki süreçlerin etkilerinin araştırılması, bu süreçleri ifade edebilen parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine bağlıdır. Karmaşık süreçlerde parametrelerin zamana ve mekana göre önemli derecede değişime uğrama ihtimali daha fazladır. Bu ise parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesini çok zorlaştırmaktadır. Bu durumda parametrelerin değiştiği zaman aralıklarının sınırlandırılması, değişme mekanının ise elementer hacim gibi kabul edilmesi gerekir. Bu ise süreci ifade eden bazı parametrelerin elementer hacim ve küçük zaman aralığında değişiminin korunmasına ve ilişkilerin sadeleştirilmesine imkan sağlamaktadır. Böylece, fiziki sürecin seçilen elementer  $d\mathcal{V}$  hacim ve elementer  $dt$  zaman aralığı sınırlarında incelenmesi gerekmektedir. Bu aralıklar matematiksel olarak sonsuz küçük, fiziksel olarak ise yeterli derecede büyük olduğundan dolayı, araştırma ortamının (toprak profilinin) kesikli yapısının kesiksiz olduğunun kabul edilmesi gerekmektedir. Bu durumda elde edilen fonksiyonel ilişki söz konusu sürecin genel diferansiyel denklemini ifade etmektedir. Elde edilen diferansiyel denklemin integrasyonu sonucunda, tüm integrasyon ve zaman aralığında süreci ifade eden parametreler arasındaki analitik ilişkilerin belirlenmesi mümkündür.

Toprak profili boyunca sıcaklık alanının değerlendirilmesi için ısı taşınımının diferansiyel

denkleminin oluşturulması (dahil edilmesi) gerekmektedir. Bu ise aşağıdaki sadeleştirmelerin yapılması sonucunda mümkündür:

- toprak profili homojen ve izotropdur (ısı iletimi yöne bağlı olmamaktadır)
- toprağın termo-fiziksel parametreleri sabittir
- ortamın sıcaklık değişimi incelenen kısmının deforme olması, genel ortamla karşılaştırıldığında çok azdır
- ısı akımı genel olarak  $q_g = f(x, y, z, t)$

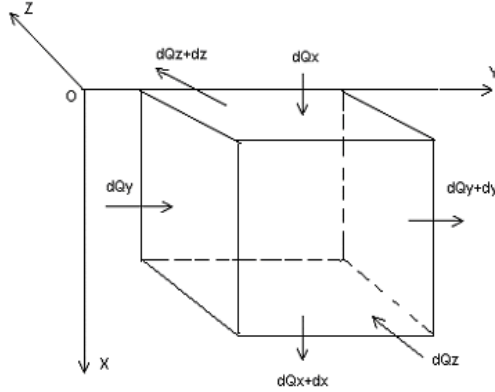
( $q_g$  - watt/m<sup>3</sup>) gibi ifade edilen dahili ısı kaynağından, ısının dağılımı eşit olmaktadır.

Toprak ve başka ortamlarda sıcaklık değişimini değerlendirmek için dahil edilen ısı iletkenliğinin diferansiyel denkleminin yapılmasının teorik temelini enerjinin korunması kuralı oluşturmaktadır. Böyle ki, ortamın  $d\vartheta$  hacminde ve  $dt$  zamanında ısı iletkenliğinin ve dahili ısı kaynağının etkisi sonucunda oluşan  $dQ$  ısı miktarı, dahili enerjinin  $d\vartheta$  hacmindeki değişimine eşit olup, aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$dQ = dQ_1 + dQ_2 \quad (2)$$

Burada,  $dQ_1$  - ısı iletkenliği sonucunda  $d\vartheta$  hacminde  $dt$  zamanında oluşan ısı miktarı, Joule;  $dQ_2$  - dahili kaynağın etkisi ile  $dt$  zamanında  $d\vartheta$  hacminden ayrılan ısı miktarı;  $dQ$  - elementer  $d\vartheta$  hacminde  $dt$  zamanında dahili enerjinin değişimidir.

(2) denkleminde dahil olan parametrelerin belirlenmesi için ortamda (toprak kesiminde) tarafları  $dx, dy, dz$  ve yüzeyleri uygun koordinat yüzeylerine paralel olan dik dörtgen prizma oluşturulması gerekmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Isı taşınımının diferansiyel denkleminin ifade edilmesinin şeması (Küçük hacimden ısı akımı)

Oluşturulan küçük hacmin yüzeylerinden  $dt$  zamanında  $Ox, Oy, Oz$  eksenleri yönünde geçen ısı miktarları sırasıyla  $dQ_x, dQ_y, dQ_z$ ; karşı yüzeylerden aynı yönde çıkan ısı miktarları ise uygun olarak  $dQ_{x+dx}, dQ_{y+dy}, dQ_{z+dz}$  olsun. Her hangi alandan geçen ısı miktarı ısı akımı yoğunluğu (birim alandan geçen ısı miktarı), zaman ve alanla doğrusal orantılı olmasından dolayı,  $dydz$  yüzeyinden  $Ox$

ekseni yönünde  $dt$  zamanında geçen ısı miktarı

$dQ_x = q_x dydz dt$  (burada,  $q_x$  - ısı akımı yoğunluğunun  $dydz$  yüzeyindeki değişiminin iz düşümüdür) gibi ifade olunmaktadır. Yapılan küçük hacimli dik dörtgen prizmanın karşı yüzeyinden  $Ox$  eksen yönünde çıkan ısı miktarı  $dQ_{x+dx} = q_{x+dx} dydz dt$  olur. Bu durumda  $Ox$  eksen yönünde  $dt$  zamanında giren ve çıkan ısı miktarlarının farkı aşağıdaki gibi ifade edilerek, küçük hacimdeki ısı miktarını göstermektedir:

$$dQ_{x1} = dQ_x - dQ_{x+dx} \text{ veya}$$

$$dQ_{x1} = q_x dydz dt - q_{x+dx} dydz dt \quad (3)$$

$q_{x+dx}$  fonksiyonu  $dx$  aralığında sürekli olduğu için Taylor serisine ayrılması mümkün olmaktadır:

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx + \frac{\partial^2 q_x}{\partial x^2} \frac{(dx)^2}{2!} +$$

$$\frac{\partial^3 q_x}{\partial x^3} \frac{(dx)^3}{3!} + \dots \text{ Serinin ikinci terimden sonraki}$$

terimlerin çok küçük değerlere yaklaştığını göz önüne alarak, onu ilk iki terimle sınırlandırarak

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \text{ elde edilir. Bu durumda (3)}$$

ifadesi aşağıdaki gibi olur:

$$\begin{aligned} dQ_{x1} &= q_x dydz dt - (q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx) dydz dt = \\ &= -\frac{\partial q_x}{\partial x} dx dydz dt = -\frac{\partial q_x}{\partial x} d\vartheta dt \end{aligned} \quad (4)$$

Benzer olarak,  $Oy$  ve  $Oz$  eksenleri yönündeki küçük hacimlerde oluşan ısı miktarları aşağıdaki gibi olur:

$$dQ_{y1} = -\frac{\partial q_y}{\partial y} d\vartheta dt \quad (5) \quad dQ_{z1} = -\frac{\partial q_z}{\partial z} d\vartheta dt \quad (6)$$

(4) - (6) ifadeleri göz önüne alındığında tüm eksenler yönünde ısı iletkenliği sonucunda oluşan  $dQ_1$  ısı miktarı

$$\begin{aligned} dQ_1 &= -\left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt = \\ &= -\left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) d\vartheta dt \quad (7) \text{ olur.} \end{aligned}$$

$dQ_2$  ısı miktarı, dahili kaynağın etkisi ile birim hacimden birim zamanda ayrılan ve kaynağın ısı gücünü ifade eden  $q_g$  ( watt/m<sup>3</sup> ) ısı akımı ile doğrusal orantılı olduğundan  $dQ_2 = q_g d\vartheta dt$  (8) gibi ifade edilir.

(2) ifadesindeki  $dQ$  ısı miktarı ortamdaki sıcaklık değişiminin termodinamik özelliğine bağlı olmaktadır.

Sabit küçük hacime iletilen ısı miktarı ( $V = \text{const}$ , izohor proses) bu hacimdeki cismin iç enerjisinin ( $U$ ) değişimine ( $dU$ ) sarf olmaktadır ( $dQ = dU$ ). Birim hacimdeki  $u = u(T, \vartheta)$  iç enerjinin ortamın sıcaklığına bağlı olduğu göz önüne alınırsa, onda ortamın  $dU$  iç enerji değişimi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$dU = C_g \frac{\partial T}{\partial t} dt d\vartheta = c_g \rho \frac{\partial T}{\partial t} dt d\vartheta \quad (9)$$

Burada,  $C_g$ - hacimsel ısı kapasitesi ( birim hacimdeki izohor ısı kapasitesi ), Joule/m<sup>3</sup>.K;  $c_g$  - özgül ısı kapasitesi, Joule/kg.K ;  $\rho$  -hacim ağırlığı, kg/m<sup>3</sup> olmaktadır.

(7)-(9) ifadeleri (2)' de yerine yazılırsa aşağıdaki ifade elde edilir:

$$c_g \rho \frac{\partial T}{\partial t} dt d\vartheta = - \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt + q_g d\vartheta dt \quad \text{veya}$$

$$c_g \rho \frac{\partial T}{\partial t} dt d\vartheta = - \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) d\vartheta dt + q_g d\vartheta dt \quad \text{veya}$$

$$c_g \rho \frac{\partial T}{\partial t} = - \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + q_g \quad (10)$$

(10) ifadesi sabit hacimde ısı taşınımı için enerjinin diferansiyel denklemi olmaktadır.

Katı cisimlerde (toprakta) ısı akımı yoğunluğu

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \quad (\lambda\text{-ısı iletkenliği, Joule/m.sn.K}) \text{ Fourier}$$

denklemi ile ifade olduğundan,  $O_x, O_y, O_z$  eksenleri üzerindeki iz düşümü  $q_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$  ;

$$q_y = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y}; \quad q_z = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \text{ olur. Sonuncu ifadeler}$$

(10)'da yerine konursa, aşağıdaki (11) ifadesi elde edilir:

$$c_g \rho \frac{\partial T}{\partial t} = - \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( -\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] + q_g$$

veya

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{c_g \rho} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] + \frac{q_g}{c_g \rho}$$

(11) ifadesi cisimlerdeki ısı taşınım sürecinde cismin her hangi noktasında zamana ve mekana bağlı olarak sıcaklık değişimleri arasındaki ilişkini ifade eden ısı taşınımının diferansiyel denklemi olmaktadır

$\lambda, c_g, \rho$  termo-fiziksel parametreleri değişken

olarak, yani  $\lambda(x, y, z, t)$ ,  $c_g(x, y, z, t)$ ,  $\rho(x, y, z, t)$  gibi kabul edilirse, (11) ifadesi ısı taşınımının kısmi türevli genel diferansiyel denklemi olur. Bu ise cisimlerdeki ısı taşınımı sürecinde cismin her hangi noktasında zamana ve mekana bağlı olan sıcaklık değişimleri ile beraber sıcaklık değerlerini de kapsamaktadır. Bu denklem pratik önem taşıyan birçok ısı taşınımı (kurutma teorisi; gaz, sıvı ve katı cisimlerde ısı taşınımı) problemlerini de ifade etmek de olup, termo-fiziksel parametreler sabit kabul edildiğinde aşağıdaki gibi yazılır:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c_g \rho} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_g}{c_g \rho} \quad \text{veya}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_g}{c_g \rho} \quad (12)$$

Burada,  $a$  (m<sup>2</sup>/san) orantı katsayısı cismin termo-fiziksel parametresi olup, sıcaklık iletkenliği (difüzyivite) veya ısıl yayınımdır.

Sıcaklık iletkenlik katsayısı sabit olmayan ısı süreçlerinde sıcaklık değişiminin hızını ifade etmektedir. Cismin ısı geçirme özelliğini ifade eden sıcaklık iletkenliği katsayısından ( $\lambda$ ) farklı olarak, ısıl yayınım katsayısı cismin "ısı ataleti" özelliğini göstermektedir. (12) denkleminde görüldüğü gibi, cismin her hangi noktasındaki sıcaklığın zamana göre  $\partial T / \partial t$  değişimi  $a$  katsayısı ile orantılıdır. Isıl yayım katsayısı yüksek olan cisimlerin her hangi bir noktasındaki sıcaklık değişiminin hızı yüksek olmaktadır. Bu nedenle, aynı koşullarda olan farklı cisimlerin tüm noktalarında sıcaklığın eşit paylaşılması, yüksek ısıl yayınım katsayısına sahip olan cisimde daha çabuk olmaktadır. Sıcaklık iletkenlik katsayısı, cisimlerin özelliklerine bağlıdır. Sıvı ve gazlarda "ısı ataleti" büyük, sıcaklık iletkenlik katsayısı ise düşüktür. Katı cisimler ise düşük "ısı ataleti"ne, yüksek sıcaklık iletkenlik katsayısına sahiptir.

Ortamda dahili ısı kaynağı olmadığında ( $q_g \approx 0$ ) (12) denklemi Fourier denklemi şeklinde olur:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (13)$$

Sabit sıcaklık alanı ( $T = f_1(x, y, z)$ ;  $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ ) ve

dahili ısı kaynağı olması durumunda (12) denklemi, yapıların pasif ısınma ve soğumalarında önemli sayısal ve deneysel uygulamaları olan (Adjali ve ark., 2000 a,b; Rees ve ark., 2000)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q_g}{\lambda} = 0 \text{ Poisson denkleminde;}$$

$$\text{ısı kaynağı olmadığında ise } \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0$$

Laplace denkleminde dönüşmektedir.

Toprakta değişken sıcaklık alanı söz konusu



olduğundan, homojen toprak profili boyunca sıcaklığın  $Ox$  eksenini yönünde yayılması gibi sadeleştirme kabul edilirse, (13) ifadesinden toprakta ısı taşınımı denklemi elde edilir:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (0 \leq x < \infty, t \geq 0) \quad (14)$$

Burada,  $T(x, t) - x$  mesafesinde belirli bir  $t$  anındaki toprağın sıcaklığı,  $a$ -sıcaklık iletkenlik katsayısı (difüzyon) veya ısısal yayınımdır,  $m^2/sn$ .

### 2.3. Sınır Koşulları

Cismin özelliklerine göre ısı iletkenlik denkleminin uygulanması, hesaplama başlangıcında ve cismin sınırında sıcaklığın dağılımını ifade eden başlangıç ve çeşitli sınır koşullarına bağlıdır (De Luca ve Ruocco, 2000; Gülser ve Ekberli, 2002; 2004; Cichota ve ark., 2004). Bütün diferansiyel denklemlerin çözümünde olduğu gibi toprağın ısı iletkenliği denkleminin çözümü için de sınır koşullarının belirlenmesi ve bunları sağlayan çözümün araştırılması gerekmektedir.

Isı iletkenliği denkleminin başlangıç koşulu ancak  $T(x, t)$  fonksiyonunun  $t_0$  başlangıç zaman anındaki değeri ile ifade olunmaktadır. Sınır koşulu ise cismin sınırındaki sıcaklık değişimine bağlı olarak çeşitli olmaktadır.  $x = 0$  ve  $x = l$  olduğunda çeşitli sınır koşullarının yapılması mümkündür.  $\mu_1(t)$

$T_t = aT_{xx}$  ( $0 < x < l$ ,  $0 < t \leq t_1$ ) ısı iletkenliği denkleminin  $T = T(x, t)$  çözümünün,

$$\begin{cases} T(x, 0) = \varphi(x), & 0 \leq x \leq l \\ T(0, t) = \mu_1(t), & T(l, t) = \mu_2(t), & 0 \leq t \leq t_1 \end{cases} \quad (15)$$

koşulları altında bulunması, birinci başlangıç ve sınır problemini oluşturmaktadır. Burada,  $t_1$ -süreicin incelendiği zaman,  $\varphi(x)$ ,  $\mu_1(t)$ ,  $\mu_2(t)$  - belirli fonksiyonlardır.

(15)'in aşağıdaki özel durumları mümkündür:

**a)** Toprakta ve diğer tekdüze katı cisimlerde, geniş olmayan zaman aralığında, onun sınırını oluşturan uç noktalarındaki sıcaklık rejimi merkez kısmına çok az etki yapmaktadır. Sıcaklığın bu merkezdeki değerleri esasen başlangıç sıcaklık dağılımına göre belirlenmektedir. Bu durumda cismin tam olarak uzunluğunun bilinmesi önemli değildir. Çünkü cismin uzunluğundaki değişim söz konusu merkez noktadaki sıcaklık üzerine önemli bir etki yapmamaktadır. Genel olarak, bu tür problemlerde katı cisimlerin uzunluğunun sonsuz olduğu kabul edilir. Bu durumda sıcaklığın sonsuz doğru üzerinde yayılımı, başlangıç koşullu Cauchy problemi ile ifade edilir. Yani, ısı iletkenliği denkleminin  $-\infty < x < +\infty$  ve  $t \geq t_0$

olduğu zaman,  $u(x, t_0) = \varphi(x)$  başlangıç koşulunu sağlayan çözümün bulunması gerekmektedir. Burada,  $u(x, t_0)$  - başlangıç sıcaklık;  $x$  -mesafe;  $t$  -zaman;

$t$  -zaman;  $\varphi(x)$  - belirli bir fonksiyon olmaktadır.

**b)** Benzer olarak, toprağın veya cismin sıcaklığının belirleneceği nokta, bir ucuna yakın ve diğer ucuna uzak ise, bu durumda sıcaklık pratik olarak yakın uçtaki sıcaklık rejimine ve başlangıç koşuluna göre belirlenir. Bu tür problemlerde genel olarak cismin yarısız olduğu kabul edilir, cismin başlangıcından sonuna doğru olan koordinat,  $0 \leq x \leq \infty$  aralığında değişir. Yarısız çubuğa benzer cisim için,  $0 < x < \infty$  ve  $t \geq t_0$  aralıklarında söz konusu sınır problemi aşağıdaki gibi ifade edilir

$$\begin{cases} T(x, t_0) = \varphi(x) & (0 < x < \infty, t = t_0) \\ T(0, t) = \mu(t) & (x = 0, t \geq t_0) \end{cases} \quad (16)$$

başlangıç ve sınır koşulları için çözümlenmelidir. Burada,  $T(x, t)$  -sınırdaki sıcaklık,  $\varphi(x)$  ve  $\mu(t)$  - belirli fonksiyonlardır.

**c)** Yukarıda belirtilen (15), (16) problemlerinde,  $T(x, t_0) = \varphi(x)$  ihmal edilirse, ısı iletkenliği denkleminin sıcaklıkla ilişkili olan başlangıç koşulsuz sınır problemi elde edilmektedir. Sıcaklığın toprak veya çubuğa benzer cisim boyunca yayılması anında, başlangıç koşulunun etkisi zamanla azalmaktadır. Toprak yüzeyinde sıcaklık günlük ve yıllık olarak periyodik değişime sahip olduğundan, toprağın herhangi bir derinliğindeki sıcaklığın nicel olarak değerlendirmesine imkan veren ısı iletkenliği denkleminin çözümünün belirlenmesi, yarı sonsuz ( $0 \leq l \leq \infty$ ) tekdüze çubuğa ait başlangıç koşulsuz sınır probleminin çözümüne benzerdir. Yani, ısı iletkenlik denkleminin  $0 < x < \infty$  ve  $t > 0$  için  $T(0, t) = \mu(t)$  koşulunu sağlayan çözümünün yapılması gerekir. Burada,  $\mu(t)$  - toprak sıcaklığının sınır rejimini ifade eden, zamana bağlı bir fonksiyondur. Toprak yüzeyinde sıcaklık değişimini ifade eden  $\mu(t)$  fonksiyonunun, sinüoit, kosinüoit, doğrusal (küçük zaman aralığında) kuralına göre değişmesi mümkündür.

Toprağın ısı iletkenlik denkleminin başlangıç koşulsuz sınır problemine bağlı olan çözümü, toprak sıcaklığının profil boyunca değişimine etki yapan toprak yüzeyindeki maksimum veya minimum sıcaklığın belirli bir derinlikte gecikme zamanı, sıcaklığın toprağa nüfuz etme derinliği, toprağın ısısal yayınımlı katsayısı gibi faktörlerin incelenmesine imkan vermektedir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırma toprağının 0-20 cm katmanı killi (C), 20-60 cm katmanı ise kumlu-tınlı (SL) olup, tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Organik madde içeriği ise iyi (0-20 cm) ile çok az (20-60 cm) arasında değişmektedir. Toprakta  $CaCO_3$  miktarı az olup, ancak 40-50 cm katında birikme gözükmektedir.

Çizelge 1. Araştırma toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Derinlik, cm	Kil, %	Silt, %	Kum, %	OM, %	EC <sub>25,4°C</sub> , dS m <sup>-1</sup>	CaCO <sub>3</sub> , %
0-10	52.58	21.78	25.64	3.55	0.35	0.34
10-20	53.75	19.10	27.15	2.39	1.07	0.19
20-30	41.60	14.92	43.48	0.77	0.40	0.16
30-40	19.58	18.65	61.77	0.33	0.20	0.18
40-50	18.37	16.12	65.51	0.16	0.25	2.96
50-60	18.68	19.17	62.15	0.18	0.25	0.18

### 3.1. Toprak Sıcaklığı Parametrelerinin Teorik İncelenmesi

Toprak yüzeyinde sıcaklık değişimini ifade eden  $\mu(t)$  fonksiyonunun, belirli zaman aralığında sinüsoid kuralı üzere değişmesi durumunda sınır koşulu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$T(0,t) = T_0 + A \sin \omega t \quad (17)$$

Burada,  $T_0$  -toprak yüzeyinin ortalama sıcaklığı,°C;

A-toprak yüzeyindeki maksimum veya minimum sıcaklık değeri ile ortalama yüzey sıcaklığı arasındaki farkı ifade eden “amplitüt”,  $\omega = 2\pi / P$  - sıcaklık dalgalarının frekans sayısı (döngüdeki değişimin sıklığı) ve  $P$  -periyot, yani dalganın bir döngüsünü tamamlaması için gerekli olan zamanı göstermektedir. (14) ısı iletkenliği denkleminin (17) sınır koşuluna bağlı çözümü aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$T(x,t) = T_0 + \frac{A}{e^{x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}}} \sin\left(-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t\right) \text{ veya}$$

$$T(x,t) = T_0 + \frac{A}{e^{\frac{x}{\sqrt{\frac{2a}{\omega}}}}} \sin\left(-\frac{x}{\sqrt{\frac{2a}{\omega}}} + \omega t\right) \quad (18)$$

Elde edilen (18) çözümüne göre (Hillel, 1982; Nerpın ve Chudnovski,1984; Gülser ve Ekberli, 2002; 2004; Cichota ve ark., 2004) toprakta periyodik sıcaklık dalgalarının yayılması süreçlerinin aşağıdaki özelliklerini belirlemek mümkündür. Eğer toprak yüzeyinde sıcaklık uzun süre periyodik olarak değişirse ve toprakta sıcaklık dalgalarının değişmesi aynı periyotla tespit edilirse, bu durumda:

I. (17) sınır koşulundaki sıcaklık dalgalarının değişim amplitütü (A), (18) çözümünde  $A(x) = \frac{A}{e^{x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}}}$  (19)

gibi olup, toprak derinliği boyunca eksponsiyonel olarak azalır. Eğer derinlik aritmetik olarak artarsa, amplitüt geometrik olarak azalmaktadır.

II. Toprakta sıcaklık dalgaları, sıcaklığın maksimum (minimum) olmasına etki yapan faz yer değişimi ile oluşmaktadır. Sıcaklığın toprak yüzeyinde sinüsoid veya kosinüsoid kuralı üzere değişiminde

$$\sin\left(-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \cos\left(-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t\right)$$

olduğundan, sıcaklığın maksimum (minimum) olması

$$(18) \text{ ifadesinde } -x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t = 0 \quad (20)$$

koşulunu sağlar. Toprak yüzeyinde herhangi bir anda sıcaklığın maksimum (minimum) değerinin toprak profili boyunca gecikme zamanı derinlikle orantılı olup, (20) ifadesi  $t$ ’ye göre çözümlenirse

$$\left(\omega t = x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} \text{ ve } t = \frac{x}{\omega}\sqrt{\frac{\omega}{2a}} = x\sqrt{\frac{1}{2a\omega}}\right)$$

aşağıdaki ifade elde edilir:

$$t = x\sqrt{\frac{1}{2a\omega}} \quad (21)$$

III. (18) çözümden görüldüğü gibi,  $x \geq \sqrt{2a/\omega}$

oldukta  $A/e^{\frac{x}{\sqrt{\frac{2a}{\omega}}}}$  ifadesinin, dolayısıyla amplitüt (A) değerlerinin azalması prosesi başlamaktadır.

$x = \sqrt{2a/\omega}$  derinliğinde sıcaklık amplitütü, toprak yüzeyinin amplitütünün  $1/e = 1/2.718 = 0.37$ ’i kadar azalmaktadır.

$S_d = \sqrt{2\lambda/c_g\rho\omega} = \sqrt{2\lambda/C_g\omega} = \sqrt{2a/\omega}$  (22) sıcaklık dalgalarının sönme derinliği (ilerleme derinliği) olup, toprağın ısıl yayılım katsayısına ve sıcaklık dalgasının frekans sayısına bağlı olmaktadır. (22) ifadesi göz önüne alınırsa, (18) çözümü aşağıdaki gibi olur:

$$T(x,t) = T_0 + \frac{A}{e^{x/S_d}} \sin\left(-\frac{x}{S_d} + \omega t\right) \quad (23)$$

Sıcaklığın toprakta ilerleme derinliği, toprak yüzeyindeki sıcaklık dalgalarının periyoduna bağlı olmaktadır. (19) ifadesine göre, sıcaklık amplitütünün başlangıç değerine bağlı olarak nispi değişimi aşağıdaki şekilde olur:

$$\frac{A(x)}{A} = e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \text{ veya } \frac{A(x)}{A} = \frac{1}{e^{x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}}} \quad (24)$$

$\omega = 2\pi / P$  ifadesi (24)’de yerine konulursa,

$$\frac{A(x)}{A} = \frac{1}{e^{x\sqrt{\frac{\pi}{aP}}}} \text{ elde edilir. Sonuncu ifadeye göre,}$$

sıcaklık periyodu ( $P$ ) azaldıkça, sıcaklık amplitütünün nispi değişimi ve buna bağlı olarak sıcaklığın sönme (ilerleme) derinliği de azalmaktadır. Periyotları sırasıyla  $P_1$  ve  $P_2$  olan sıcaklık dalgalarının  $x_1$  ve  $x_2$  derinliklerinde sönmeleri arasındaki ilişki, sıcaklık amplitütlerinin nispi değişimlerinin aynı olması durumunda

$$e^{-x_1 \sqrt{\frac{\pi}{aP_1}}} = e^{-x_2 \sqrt{\frac{\pi}{aP_2}}}, \quad \frac{x_1^2}{P_1} = \frac{x_2^2}{P_2}$$

$$x_2 = x_1 \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \text{ gibi ifade edilebilir. Bu ifadeye göre,}$$

sıcaklık dalgalarının günlük ( $P_1$ ) ve yıllık ( $P_2$ ) değişim periyotları karşılaştırıldığında,  $x_1$  ve  $x_2$  sönme (ilerleme) derinlikleri arasında aşağıdaki ilişki elde edilir:

$$(P_2 = 365P_1 \text{ ve } x_2 = x_1 \sqrt{\frac{365P_1}{P_1}} = x_1 \sqrt{365} \approx 19.1 x_1)$$

$$x_2 \approx 19.1 x_1 \quad (25)$$

**IV. Toprak yüzeyinde ve herhangi bir derinlikte sıcaklık amplitütünün değerleri belli olduğunda, (11) ifadesine göre, toprağın ısısal yayılım katsayısının ( $a$ ) belirlenmesine imkan veren aşağıdaki ifade elde edilir:**

$$\ln \frac{A(x)}{A} = -x \sqrt{\frac{\omega}{2a}}, \quad a = \frac{\omega x^2}{2 \ln^2 \frac{A(x)}{A}} \quad (26)$$

### 3.2. Toprak Sıcaklığı Parametrelerinin Deneysel Olarak Değerlendirilmesi

Araştırma döneminde toprak profili boyunca ölçülen sıcaklıklara göre belirlenmiş ortalama ve maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 2-4'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, toprakların 0-20 cm katmanında sıcaklık değerleri ve değişimi aşağı katmanlarla (30-60 cm) karşılaştırıldığında daha fazla olmaktadır. Killi ve kumlu-tınlı tekstüre sahip olan araştırma toprağının alt katmanlarına doğru rutubet değerlerinin (Çizelge 5) artması (çoğunlukla tarla kapasitesinden yüksek) (Gülser ve ark., 2003), sıcaklığın aşağı katmanlardaki değişiminin az olmasına sebep olan faktörlerden biridir. Toprak katmanlarının pratik olarak homojen olmaması, aşağı katmanlara gelen sıcaklık miktarının azlığı, gözenekliliğin fazla olmaması vb. aşağı katmanlarda sıcaklık değerlerinin düşük seviyede olmasına etki yapan faktörlerdendir.

Toprak profili boyunca amplitüt ve ısısal yayılım katsayısı, uygun olarak  $A = T_m - T$  ve (26) ifadelerinden kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 6'da verilmiştir. Toprak yüzeyinde amplitüt değerleri 4.0-16.6 °C,  $\geq 10$  cm derinlikte ise 0.6-4.9°C aralığında değişmektedir. Aşağı katmanlarda ortalama

sıcaklık değerlerinin düşük, toprak rutubetinin yüksek olması amplitüt azalmasına önemli etki yapmaktadır.

Deneme toprağının 10 cm derinliğinde ısısal yayılım katsayısı  $0.79 \times 10^{-4}$ -  $4.20 \times 10^{-4}$   $\text{cm}^2 \text{san}^{-1}$ , 60cm derinliğinde ise artış göstererek  $1.17 \times 10^{-3}$ -  $9.98 \times 10^{-3}$   $\text{cm}^2 \text{san}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Toprak yüzeyinde sıcaklığın yüksek olması genellikle 10cm, 20cm, 30cm derinliklerinde kuvvetli sıcaklık gradientlerinin oluşumunu engellemekte, dolayısıyla ısısal yayılım katsayısının azalmasına sebep olmaktadır. Aşağı katmanlarda ( $>30$  cm) kuvvetli sıcaklık gradientlerinin oluşumu, toprak rutubetinin yüksek olması sıcaklık yayılım katsayısının artmasına imkan vermektedir (Özbek ve ark., 2001).

(22) ve (21) ifadelerine bağlı olarak, sırasıyla toprak profili boyunca sönme derinliği ve maksimum (minimum) sıcaklığın gecikme zamanı belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de sunulmuştur. Sönme derinliği sıcaklık dalgalarının amplitütüne ve derinliğe; gecikme zamanı ise amplitüt ve zamana bağlı olarak aşağı katmanlara doğru genellikle artmaktadır. Toprağın aşağı katmanlarına doğru gözenekliliğin azalması sonucunda ısı iletkenliği ( $\lambda$ ) ve ısısal yayılım katsayısı geniş bir aralıkta artmakta ve bunlara bağlı olarak da derinlik arttıkça sıcaklığın sönme derinliği artış göstermektedir. Sıcaklık amplitütlerinin aşağı katmanlara doğru azalmasına bağlı olarak maksimum (minimum) sıcaklık değerleri derinliğin artmasıyla geç ortaya çıktığından, gecikme zamanı alt katmanlara doğru geniş olmayan aralıkta artmaktadır.

Toprak katmanlarının farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri, iklim koşullarının değişimi ile beraber ısı taşınımı parametrelerindeki orantılı değişimin olmamasına sebep olan önemli faktörlerdendir.

### 4. SONUÇ

Toprağın ısı iletkenliği denkleminin (18) veya (23) çözümünden görüldüğü gibi, toprağın aşağı katmanlarında sıcaklık dalgalarının maksimumunun gecikme zamanında, yani dalgaların  $x/S_d$  kadar faz yer değişiminde herhangi  $x$  derinliğinde amplitüt  $e^{x/S_d}$  katsayısı kadar azalmaktadır. Toprak derinliği boyunca sıcaklığın azalması ve faz gecikiminin artması sıcaklık dalgalarının özgür özelliği olmaktadır (Hillel, 1982; Gülser ve Ekberli, 2004).

(25) ifadesinden görüldüğü gibi, toprak yüzeyindeki aynı amplitüta sahip sıcaklık dalgasının yıllık değişiminin sönme (ilerleme) derinliği, günlük değişiminin sönme derinliğinin 19.1 katı olmaktadır.

Toprak gözeneklerinin su ile doymuş duruma yaklaşması, ısısal yayılım katsayısının artmasına, dolayısıyla toprakta ısı kaybına sebep olmaktadır. Toprakların sıcaklık rejiminin düzenlenmesinde ısı taşınımı parametrelerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Toprak gözenekliliğinin artması, ısısal yayılımın azalmasına, dolayısıyla sıcaklığın artışına

Çizelge 2. Toprak Profili Boyunca Ortalama (T) ve Maksimum (T<sub>m</sub>) Sıcaklık (°C) Değerleri (12.04.-30.04.2005)

Derinlik, cm	Zaman, saat											
	9:00		11:00		13:00		15:00		17:00		19:00	
	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>
0	22.9 ± 1.550	30.8	26.5 ± 1.460	38.2	28.9 ± 1.920	45.5	26.4 ± 2.190	43.0	22.2 ± 1.270	32.0	16.1 ± 0.690	21.5
10	15.2 ± 0.567	19.0	16.5 ± 0.503	20.2	16.8 ± 0.464	21.0	16.8 ± 0.565	22.0	16.7 ± 0.421	21.5	15.4 ± 0.391	19.0
20	14.8 ± 0.542	19.0	15.2 ± 0.582	19.0	15.2 ± 0.399	19.0	15.5 ± 0.361	18.0	15.2 ± 0.288	17.5	14.7 ± 0.331	18.0
30	14.6 ± 0.437	18.0	15.2 ± 0.574	18.0	15.3 ± 0.398	19.0	15.2 ± 0.345	18.0	14.8 ± 0.311	17.0	14.2 ± 0.343	16.8
40	14.3 ± 0.484	18.0	15.0 ± 0.601	19.0	14.9 ± 0.437	19.0	14.8 ± 0.406	17.3	14.2 ± 0.331	17.0	13.6 ± 0.408	16.8
50	13.9 ± 0.499	17.2	14.5 ± 0.581	18.0	14.6 ± 0.408	18.2	14.5 ± 0.408	17.3	13.7 ± 0.328	15.5	13.1 ± 0.389	16.0
60	13.4 ± 0.459	16.0	14.2 ± 0.564	17.5	13.9 ± 0.355	16.5	14.0 ± 0.377	16.0	13.3 ± 0.326	15.5	12.7 ± 0.347	15.0
Ortalama standart sapma (σ)	2.130		2.671		2.656		2.663		1.961		1.707	
Varyans katsayısı (V), %	12.909		15.474		13.893		14.133		11.400		11.871	
Hata (P), %	3.939		4.136		3.275		3.523		2.723		2.889	

Çizelge 3. Toprak Profili Boyunca Ortalama (T) ve Maksimum (T<sub>m</sub>) Sıcaklık (°C) Değerleri (01.05.-31.05.2005)

Derinlik, cm	Zaman, saat											
	9:00		11:00		13:00		15:00		17:00		19:00	
	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>
0	24.5 ± 0.954	33.2	30.3 ± 1.499	44.5	33.4 ± 1.650	47.4	32.6 ± 1.689	45.8	26.3 ± 1.120	34.5	20.9 ± 0.739	24.9
10	18.8 ± 0.679	23.7	19.9 ± 0.615	24.0	20.3 ± 0.616	25.2	20.8 ± 0.648	25.5	20.9 ± 0.643	24.2	20.5 ± 0.621	23.7
20	18.3 ± 0.604	22.8	18.7 ± 0.539	22.5	18.7 ± 0.534	23.1	19.4 ± 0.570	23.0	19.5 ± 0.574	23.0	19.5 ± 0.592	23.2
30	18.0 ± 0.555	22.2	18.5 ± 0.502	21.8	18.5 ± 0.518	20.0	18.6 ± 0.553	22.0	18.2 ± 0.581	21.9	18.0 ± 0.579	21.7
40	17.5 ± 0.508	20.8	18.0 ± 0.473	21.4	18.1 ± 0.478	21.6	18.1 ± 0.568	21.5	17.8 ± 0.544	20.8	17.4 ± 0.551	20.5
50	17.0 ± 0.454	20.2	17.5 ± 0.435	20.4	17.6 ± 0.443	20.5	17.5 ± 0.516	21.2	17.1 ± 0.508	20.1	16.8 ± 0.544	19.9
60	16.7 ± 0.435	19.8	17.1 ± 0.408	19.5	17.0 ± 0.399	19.8	16.9 ± 0.473	20.5	16.6 ± 0.462	19.1	16.3 ± 0.478	19.0
Ortalama standart sapma (σ)	3.040		3.450		3.665		3.650		3.201		2.909	
Varyans katsayısı (V), %	16.010		14.972		16.667		16.722		16.028		15.637	
Hata (P), %	3.153		2.782		3.019		3.299		3.183		3.186	

Çizelge 4. Toprak Profili Boyunca Ortalama (T) ve Maksimum (T<sub>m</sub>) Sıcaklık (°C) Değerleri (01.06.-17.06.2005)

Derinlik, cm	Zaman, saat											
	9:00		11:00		13:00		15:00		17:00		19:00	
	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>
0	31.1 ± 1.264	38.2	37.3 ± 1.685	48.6	41.9 ± 1.708	49.2	38.6 ± 2.248	46.4	32.0 ± 1.832	40.3	24.3 ± 1.316	36.8
10	22.2 ± 0.397	24.8	23.2 ± 0.297	26.2	23.7 ± 0.401	27.2	23.8 ± 0.424	26.3	23.8 ± 0.490	26.5	23.8 ± 0.559	26.8
20	22.1 ± 0.343	24.2	22.5 ± 0.205	24.0	22.8 ± 0.289	25.0	22.5 ± 0.298	24.5	22.6 ± 0.363	24.8	22.8 ± 0.384	25.4
30	22.0 ± 0.258	23.6	22.4 ± 0.212	23.7	22.1 ± 0.206	23.2	22.2 ± 0.231	23.6	22.0 ± 0.271	24.0	21.6 ± 0.312	23.5
40	21.4 ± 0.289	22.9	21.6 ± 0.202	22.8	21.7 ± 0.145	22.3	21.7 ± 0.215	22.8	21.5 ± 0.218	22.7	21.0 ± 0.239	22.5
50	20.8 ± 0.261	22.3	21.0 ± 0.241	22.4	21.1 ± 0.171	21.3	21.0 ± 0.226	22.4	20.8 ± 0.231	22.0	20.5 ± 0.255	22.0
60	19.4 ± 0.239	20.0	19.6 ± 0.170	20.4	19.6 ± 0.216	20.8	19.7 ± 0.164	20.5	19.5 ± 0.225	20.5	19.5 ± 0.249	20.7
Ortalama standart sapma (σ)	1.584		1.710		1.643		2.014		2.004		1.909	
Varyans katsayısı (V), %	6.409		5.940		5.477		6.782		7.653		8.361	
Hata (P), %	1.773		1.515		1.507		1.837		1.985		2.078	

Çizelge 5. Toprak profili boyunca rutubet (%) değişimi

Zaman (gün, ay, 2005)	Derinlik, cm											
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60						
12.04	36.9	36.6	37.3	38.2	37.3	34.3						
15.04	32.8	33.8	35.2	36.3	33.7	31.5						
17.04	29.6	31.6	34.6	34.6	34.5	28.7						
19.04	28.8	32.0	35.3	36.8	29.6	32.0						
22.04	25.4	31.4	33.9	39.3	36.6	29.5						
25.04	38.8	34.9	36.7	38.4	38.1	35.7						
28.04	39.0	32.7	35.1	33.6	32.5	34.1						
02.05	40.8	36.4	36.4	37.0	38.6	34.5						
05.05	30.3	32.4	31.8	30.9	33.4	33.0						
09.05	25.6	28.2	33.3	32.9	34.1	32.1						
12.05	24.8	33.2	35.3	27.9	24.4	29.3						
16.05	24.7	31.8	33.7	34.5	30.9	33.1						
19.05	29.5	32.2	35.0	39.1	36.1	29.3						
23.05	28.8	32.0	36.8	38.7	39.3	33.5						
26.05	30.4	34.7	34.9	29.3	35.8	36.8						
30.05	28.2	33.6	35.3	31.7	25.3	23.3						
03.06	28.2	33.9	36.6	33.3	29.8	23.7						
06.06	29.5	32.4	35.2	32.4	29.9	26.6						
10.06	26.8	34.5	34.3	33.7	27.8	21.1						
13.06	31.0	32.0	30.3	25.9	24.5	28.4						
17.06	25.2	32.6	34.5	24.0	33.2	29.5						

Çizelge 6. Toprak profili boyunca amplitütün ( $A$ ,  $^{\circ}C$ ) ve ısısal yayılım katsayısının ( $a$ ,  $cm^2 \cdot san^{-1}$ ) değişimi

Derinlik, cm	12.04-30.04.2005											
	Zaman, saat											
	9-00		11-00		13-00		15-00		17-00		19-00	
	A	a	A	a	A	A	A	a	A	a	A	a
0	7.9	0.00	11.7	0.00	16.6	0.00	16.6	0.00	9.8	0.00	5.4	0.00
10	3.8	3.77x10 <sup>-4</sup>	3.7	1.52x10 <sup>-4</sup>	4.2	1.07x10 <sup>-4</sup>	5.2	1.50x10 <sup>-4</sup>	4.8	3.96x10 <sup>-4</sup>	3.6	1.23x10 <sup>-3</sup>
20	4.2	2.02x10 <sup>-3</sup>	3.8	6.39x10 <sup>-4</sup>	3.8	3.72x10 <sup>-4</sup>	2.5	2.25x10 <sup>-4</sup>	2.3	3.84x10 <sup>-4</sup>	3.3	3.33x10 <sup>-3</sup>
30	3.4	2.56x10 <sup>-3</sup>	2.8	8.89x10 <sup>-4</sup>	3.7	8.07x10 <sup>-4</sup>	2.8	5.74x10 <sup>-4</sup>	2.2	8.14x10 <sup>-4</sup>	2.6	3.40x10 <sup>-3</sup>
40	3.7	5.62x10 <sup>-3</sup>	4.0	2.80x10 <sup>-3</sup>	4.1	1.65x10 <sup>-3</sup>	2.5	9.01x10 <sup>-4</sup>	2.8	2.06x10 <sup>-3</sup>	3.2	11.80x10 <sup>-3</sup>
50	3.3	6.62x10 <sup>-3</sup>	3.5	3.47x10 <sup>-3</sup>	3.6	2.16x10 <sup>-3</sup>	2.8	1.59x10 <sup>-3</sup>	1.8	1.76x10 <sup>-3</sup>	2.9	13.06x10 <sup>-3</sup>
60	2.6	5.89x10 <sup>-3</sup>	3.3	4.54x10 <sup>-3</sup>	2.6	2.12x10 <sup>-3</sup>	2.0	1.62x10 <sup>-3</sup>	2.2	3.26x10 <sup>-3</sup>	2.3	9.98x10 <sup>-3</sup>
01.05-31.05.2005												
0	8.7	0.00	14.2	0.00	14.0	0.00	13.2	0.00	8.2	0.00	4.0	0.00
10	4.9	3.68x10 <sup>-4</sup>	4.1	0.79x10 <sup>-4</sup>	4.9	1.10x10 <sup>-4</sup>	4.7	1.14x10 <sup>-4</sup>	3.3	1.46x10 <sup>-4</sup>	3.2	3.07x10 <sup>-4</sup>
20	4.5	1.12x10 <sup>-3</sup>	3.8	2.79x10 <sup>-4</sup>	4.4	3.62x10 <sup>-4</sup>	3.6	2.87x10 <sup>-4</sup>	3.5	6.67x10 <sup>-4</sup>	3.7	2.07x10 <sup>-3</sup>
30	4.2	2.06x10 <sup>-3</sup>	3.3	5.12x10 <sup>-4</sup>	3.5	5.67x10 <sup>-4</sup>	3.4	5.93x10 <sup>-4</sup>	3.7	1.72x10 <sup>-3</sup>	3.7	4.67x10 <sup>-3</sup>
40	3.3	2.06x10 <sup>-3</sup>	3.4	9.49x10 <sup>-4</sup>	3.5	1.01x10 <sup>-3</sup>	3.4	1.05x10 <sup>-3</sup>	3.0	1.92x10 <sup>-3</sup>	3.1	8.29x10 <sup>-3</sup>
50	3.2	3.03x10 <sup>-3</sup>	2.9	1.20x10 <sup>-3</sup>	2.9	1.22x10 <sup>-3</sup>	3.7	1.87x10 <sup>-3</sup>	3.0	3.00x10 <sup>-3</sup>	3.1	6.95x10 <sup>-3</sup>
60	3.1	4.10x10 <sup>-3</sup>	2.4	1.38x10 <sup>-3</sup>	2.8	1.68x10 <sup>-3</sup>	3.6	2.58x10 <sup>-3</sup>	2.5	3.09x10 <sup>-3</sup>	2.7	6.84x10 <sup>-3</sup>
01.06-17.06.2005												
0	7.1	0.00	11.3	0.00	7.3	0.00	7.8	0.00	8.3	0.00	12.5	0.00
10	2.6	2.25x10 <sup>-4</sup>	3.0	1.29x10 <sup>-4</sup>	3.5	4.20x10 <sup>-4</sup>	2.5	1.75x10 <sup>-4</sup>	2.7	1.80x10 <sup>-4</sup>	3.0	1.12x10 <sup>-4</sup>
20	2.1	6.12x10 <sup>-4</sup>	1.5	2.23x10 <sup>-4</sup>	2.2	6.32x10 <sup>-4</sup>	2.0	4.91x10 <sup>-4</sup>	2.2	5.15x10 <sup>-4</sup>	2.6	3.69x10 <sup>-4</sup>
30	1.6	9.21x10 <sup>-4</sup>	1.3	4.37x10 <sup>-4</sup>	1.1	5.71x10 <sup>-4</sup>	1.4	6.93x10 <sup>-4</sup>	2.0	1.01x10 <sup>-3</sup>	1.9	5.76x10 <sup>-4</sup>
40	1.5	1.50x10 <sup>-3</sup>	1.2	7.23x10 <sup>-4</sup>	0.6	5.82x10 <sup>-4</sup>	1.1	9.47x10 <sup>-4</sup>	1.2	9.72x10 <sup>-4</sup>	1.5	1.24x10 <sup>-3</sup>
50	1.5	2.35x10 <sup>-3</sup>	1.4	1.30x10 <sup>-3</sup>	0.7	1.03x10 <sup>-3</sup>	1.4	1.93x10 <sup>-3</sup>	1.2	1.52x10 <sup>-3</sup>	1.5	1.94x10 <sup>-3</sup>
60	0.6	1.34x10 <sup>-3</sup>	0.8	1.17x10 <sup>-3</sup>	1.2	2.51x10 <sup>-3</sup>	0.8	1.58x10 <sup>-3</sup>	1.0	1.83x10 <sup>-3</sup>	1.2	2.17x10 <sup>-3</sup>

Çizelge 7. Toprak profili boyunca sönme derinliği ( $S_d$ , cm) ve maksimum (minimum) sıcaklığın gecikme zamanının ( $t$ , gün) değerleri

Derinlik, cm	12.04-30.04.2005											
	Zaman, saat											
	9-00		11-00		13-00		15-00		17-00		19-00	
	$S_d$	$t$	$S_d$	$t$	$S_d$	$t$	$S_d$	$t$	$S_d$	$t$	$S_d$	$t$
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	13.67	2.10	8.68	3.30	7.28	3.94	8.62	3.33	14.01	2.05	24.68	1.16
20	31.63	1.81	17.79	3.22	13.57	4.22	10.56	5.43	13.79	4.16	40.61	1.41
30	35.61	2.42	20.98	4.10	19.99	4.30	16.86	5.10	20.08	4.28	41.04	2.10
40	52.67	2.17	37.24	3.08	28.59	4.01	21.13	5.43	31.94	3.59	76.45	1.50
50	57.26	2.50	41.46	3.46	32.71	4.38	28.06	5.11	29.53	4.85	80.43	1.78
60	54.01	3.18	47.42	3.63	32.40	5.31	28.33	6.07	40.18	4.28	70.30	2.45
01.05-31.05.2005												
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	17.42	2.74	8.05	5.93	9.52	5.02	9.68	4.93	10.99	4.35	15.91	3.00
20	30.34	3.15	15.17	6.30	17.28	5.53	15.39	6.21	23.49	4.07	41.38	2.31
30	41.20	3.48	20.56	6.97	21.64	10.67	22.12	6.48	37.70	3.80	62.06	2.31
40	41.27	4.63	27.98	6.83	28.86	6.62	29.50	6.48	39.78	4.80	82.74	2.31
50	49.99	4.78	31.47	7.59	31.76	7.52	39.31	6.08	49.72	4.80	75.71	3.16
60	58.15	4.93	33.75	8.49	37.28	7.69	46.18	6.21	50.51	5.67	75.14	3.81
01.06-17.06.2005												
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	9.96	2.56	7.54	3.38	13.60	1.87	8.79	2.90	8.90	2.86	7.01	3.64
20	16.42	3.10	9.90	5.15	16.68	3.06	14.70	3.47	15.06	3.38	12.74	4.00
30	20.13	3.80	13.87	5.51	15.85	4.82	17.47	4.38	21.08	3.63	15.92	4.80
40	25.73	3.96	17.84	5.71	16.01	6.37	20.42	4.99	20.68	4.93	23.38	4.36
50	32.17	3.96	23.94	5.32	21.33	5.97	29.11	4.38	25.85	4.93	29.22	4.36
60	24.28	6.30	22.66	6.75	33.23	4.60	26.36	5.80	28.35	5.39	31.02	4.93

sebepler olduğundan, toprakların yukarı katmanlarının düzenli olarak işlenmesi gerekmektedir. Sıcaklık kaybının önlenmesi için, sönme derinliğinin artırılması önem taşımaktadır.

Bu çalışma, kuru veya kuruya yakın toprakta, ana materyal veya kayada sıcaklığın yayılmasına yöneliktir. Toprakta rutubet bulunması durumunda sıcaklık süreçlerinin zorlaşması, donma zamanı toprakta gizli ısının ayrılması nedenleriyle bu teorik incelemenin uygulanmasını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, konuyla ilgili olarak değişik rutubet ve toprak özelliklerinde yapılacak arazi çalışmaları ile teorik çözümün daha da geliştirilmesi gerekmektedir.

### KAYNAKLAR

- Adjali, M. H., Davies, M., Ni Riain, C. and Littler, J. G., 2000 a. In situ measurements and numerical simulation of heat transfer beneath a heated ground floor slab. *Energy and Buildings*. 33: 75-83.
- Adjali, M. H., Davies, M., Rees, S.W. and Littler, J.G., 2000 b. Temperatures in and under a slab-on-ground floor: two- and three-dimensional numerical simulations and comparison with experimental data. *Building and Environment*. 35: 655-662.
- Choi, S. and Krarti, M., 1998. Heat transfer for slab-on-grade floor with stepped ground. *Energy Convers, Mgmt*. 39 (7): 691-701.
- Cichota, R., Elias, E. A. and van Lier, Q. J., 2004. Testing a finite-difference model for soil heat transfer by comparing numerical and analytical solutions. *Environmental Modelling & Software*. 19: 495-506.
- De Luca, V. and Ruocco, G., 2000. A Transient-spectral Thermal Model of Soil under Radiative-interfering Cover. *J. Agric. Engng Res*. 77 (1): 93-102.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 111-120.
- Diao, N., Li, Q. and Fang, Z., 2004. Heat transfer in ground heat exchangers with groundwater advection. *International Journal of Thermal Sciences*. 43: 1203-1211.
- Gülser, C. and Ekberli, İ., 2004. A comparison of estimated and measured diurnal soil temperature through a clay soil depth. *Journal of Applied Sciences*. 4 (3): 418-423.
- Gülser, C. ve Ekberli, İ., 2002. Toprak sıcaklığının profil boyunca değişimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 17 (3): 43-47.
- Gülser, C., Aşkın, T., Özdemir, N., 2003. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus Topraklarının Erozyona Duyarlılıklarının Değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 18 (1): 1- 6.
- Hızalan, E. ve Ünal, H., 1966. Toprakta önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 278s.
- Hillel, D., 1982. *Introduction to soil physics*. Academic Press, Inc. San Dieoga, California, USA, 364 p.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri:III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları. No:3, 89-98.
- Kane, D. L., Hinkel, K. M., Goering, D. J., Hinzman, L. D. and Outcalt, S. İ., 2001. Non-conductive heat transfer associated with frozen soils. *Global and Planetary Change*. 29: 275-292.
- Kang, S., Kim, S., Oh, S. and Lee, D., 2000. Predicting spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover and air temperature. *Forest Ecology and Management*. 136: 173-184.
- Luikov, A. V. and Mikhaïkov, Y. A., 1965. *Theory of energy and mass transfers*. Oxford, UK: Pergamon Pres.
- Luikov, A. V., 1967. *Teoriya teploprovodnosti. Vişşaya şkola (Isı transferi teorisi, Ali mektep yayını evi)*, Moskova, 599 s.
- Nerpin, S.V. and Chudnovskii, A. F., 1984. *Heat and mass transfer in the plant-soil-air system*. Translated from Russian. Published for USDA and National Sci. Found., Washington, D.S., by Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India, 355 p.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 2001. *Toprak Bilimi*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, 816 s.
- Özdemir, N., 1998. *Toprak Fiziği*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Ders Kitabı No:30, 209 s.
- Özkan, A. İ., 1985. *Toprak Fiziği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 946. Ders Kitabı No: 270, 171 s.
- Rees, S. W., Adjali, M. H., Zhou, Z and Davies, M. and Thomas, H. R., 2000. Ground heat transfer effects on the thermal performance of earth-contact structures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.4: 213-265.
- Santander, R. E. and Bubnovich V., 2002. Assessment of mass and heat transfer mechanisms in unsaturated soil. *Int. Comm. Heat Mass Transfer*. 29 (4): 531-545.
- Sterling, A.T. and R.D. Jackson, 1986. *Temperature*. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No. 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Yeşilsoy, M. Ş. ve Aydın, M., 1995. *Toprak Fiziği*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Ders Kitabı No: 124, 228 s.
- Wang, J. and Bras, R. L., 1999. Ground heat flux estimated from surface soil temperature. *Journal of Hydrology*. 216: 214-226.

## EFFECTS OF RESTRICTED FEEDING ON PERFORMANCES OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

Ali TÜRKER Seval Yaman DERNEKBAŞI  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, Sinop

Geliş Tarihi: 03.01.2006

**ABSTRACT:** Rainbow trout (104.8±0.15g), *Oncorhynchus mykiss*, were fed a commercial extruded pellet for 7 weeks to investigate the effect of restricted feeding on performances. Three restricted feeding were tested: two day intervals (TDI), every other day (EOD) and twice a day (TD). Fish were held in fresh water at 9-13°C from January 16 to March 4, 2004. Feed conversion rate (FCR) were TDI and TD groups 1.33±0.03 and EOD group 1.54±0.03, protein efficiency ratio (PER) were TDI group 1.88±0.04, EOD group 1.59±0.03 and TD group 1.85±0.04, respectively. Although FCR was the same between TDI and TD, there was a significant differences in weight gain, relative growth rate (RGR) and specific growth rate (SGR) between the groups. These group evaluated the food at the same rate but since the given food amount were different, the weight gain, SGR and RGR of TD were the highest dependent to the food amount. Although the FCR was good in restricted fed fish, the taken feed amount significantly affected the growth parameters of fish. Relative growth rate (RGR), weight gain and specific growth rate (SGR) were lower in TDI and EOD groups. Both specific growth rate and relative growth rate increased with number of restricted feeding. The restricted feeding influenced the chemical composition of the fish. The lipid, moisture and protein content of fish increased when the fish were fed twice a day (TD group). In terms of SGR and RGR, it can be concluded that the best growth rate was obtained from the fish fed twice a day (TD) and every other day (EOD) feeding for rainbow trout at 9-13°C.

**Keywords:** Restricted feeding, growth, feed efficiency, rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*

### GÖKKUŞAĞI ALABALIĞININ (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) PERFORMANSI ÜZERİNE SINIRLI YEMLEMENİN ETKİLERİ

**ÖZET:** Gökkuşığı alabalığı, (*Oncorhynchus mykiss*) (104.8±0.15g), performansı üzerine sınırlı yemlemenin etkilerini araştırmak için 7 hafta süresince ticari ekstrüde yemle yemlenmiştir. Her gün (TD), gün aşırı (EOD) ve üç günde bir (TDI) olmak üzere üç farklı yemleme frekansı uygulanmıştır. Balıklar 16 Ocak-4 Mart 2004 tarihleri arasında, 9-13°C su sıcaklıklarında tatlı suda tutulmuştur. Yem dönüşüm oranları TD ve TDI gruplarında 1.33±0.03 ve EOD grubunda 1.54±0.01, Protein verimlilik oranları TDI grubunda 1.88±0.04, EOD grubunda 1.59±0.03 ve TD grubunda 1.85±0.04 arasında kaydedilmiştir. FCR değerleri TDI ve TD grupları arasında aynı olmasına rağmen, bu gruplar arasında ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı (SGR) ve oransal büyüme oranı (RGR) arasında önemli farklılıklar vardır. Bu gruplar yemi aynı oranda değerlendirmişler fakat verilen yem miktarları farklı olduğu için yem miktarına bağlı olarak TD grubunda ağırlık kazancı, SGR ve RGR en yüksek kaydedilmiştir. Sınırlı oranda yemlenen balıkların yem değerlendirimi ne kadar iyi olsa da aldıkları yem miktarları balıkların büyüme parametrelerini oldukça önemli bir şekilde etkilemektedir. Oransal büyüme oranı (RGR), ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranı (SGR) EOD ve TDI gruplarında ise daha düşük bulunmuştur. Hem spesifik büyüme oranı hem de oransal büyüme oranı yemleme frekansının artışıyla birlikte artış göstermiştir. SGR ve RGR değerlerine bakılarak, gökkuşığı alabalığın için en iyi büyüme oranının 9-13°C de her gün iki kez (TD) ve gün aşırı iki kez (EOD) yemlemeden elde edildiği sonucuna varılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Sınırlı yemleme, büyüme, yem yeterliliği, gökkuşığı alabalığı, *Oncorhynchus mykiss*

## 1. INTRODUCTION

Feed and feeding are among the most important factors influencing growth, feed utilization and tissue composition of the fish in intensive culture (Okumuş and Mazlum, 2003). Efficient production and growth of fish depend on feeding the best possible diets at levels not exceeding the dietary needs (Charles et al., 1984).

Many studies, focusing mainly on salmonids, have been conducted on the effect of feeding level on fish growth. Determination of the feeding level should optimize nutrient availability to fish under given culture and environmental conditions (Pouomagne and Mbongbland, 1993). In fish culture practices, studies on the amount and frequency of feeding are aimed at identifying the optimum levels of both, so that the feeding cost are minimized (Charles et al., 1984).

Increased feeding frequency has been shown to improve the growth of various fish species. Two or

three feeding a day have been found to be sufficient for maximum growth of a number of different fish species (Ruohonen et al., 1998). Identification of optimum feeding frequencies for cultivable fish species would help to reduce feed wastage and maximize conversion efficiency (Sampath, 1984). Fish should be fed carefully in production units to allow all fish to have the opportunity to obtain sufficient feed for maximum growth but to avoid overfeeding. Overfeeding reduces feed efficiency and increases the concentration of nutrients in the discharge from the culture operation (NAP, 1993).

The purpose on this study was to investigate (feed conversion rate, protein efficiency rate, growth performance, body composition and bio-economy) the effects of restricted feeding on growth of rainbow trout performance.



## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Experimental fish

The rainbow trout ( $104.8 \pm 0.15$  g) were obtained from a commercial farm in Samsun, Turkey. The fish were transported to the research unity of the Faculty of Fisheries, University of Ondokuz Mayıs in Sinop and were placed to acclimatize in four circular tanks (approximately, water volume 300 lt; 60 cm in high; 80 cm. in diameter). During the acclimatization, fish were fed the experimental diet to satiation twice a day at 09:00 and 16:00 hours. After acclimatization, fish were fasted for one day, batch weighted and randomly distributed among nine fiberglass circular tank at fiberglass circular tanks at a density of 14 fish per tank.

During the experiment, continuous water (Temperature  $9-13^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{O}_2$   $7-8\text{mgL}^{-1}$ ; pH 7-8; water flow  $3\text{ L min}^{-1}$ ) was used into each tank.

### 2.2. Experimental diet

A commercial feed was used in this study dry matter 92%, 40% crude protein, 18% crude lipid and 6.8% crude ash which were analysed in the laboratory (Table 1).

Table 1. Chemical composition of the experiment diet

Proximate Composition	Contents (g 100 g <sup>-1</sup> wet matter)
Dry Matter (%)	$92.48 \pm 0.11$
Crude Protein (%)	$40.23 \pm 0.21$
Crude Lipid (%)	$18.06 \pm 0.04$
Crude Ash (%)	$6.85 \pm 0.18$
Moisture (%)	$7.52 \pm 0.11$

Values in a column with different superscripts are significantly different at the 5% level.

### 2.3. Feeding regime

Three restricted feeding were tested: every day (ED), every other day (EOD) and two day intervals (TDI). The experiment was carried out from January 16 to March 4, 2004. Fish were individually weighed every two weeks during the trial. The fish in the all groups were fed 2% of their body weight per day under a natural light regime.

The amount of food distributed was evaluated every two weeks after the weighing of the fish. At the end of the experiment, fish were individually weighed after 1-day fasting.

Specific growth rate (SGR;%/day), feed efficiency ratio (FCR), weight gain, protein efficiency rate and other parameters were calculated using formula outlined by Riche et al. 2004, Türker et al., 2005 and Jobling et al., 1998.

### 2.4. Chemical analysis

Proximate composition of wet matter, crude protein, crude lipid, ash and moisture were determined for the diet and the fish. Body composition analyses were performed on an initial sample of 6 fish and on groups of 18 fish which were sampled from each

treatment at the end of the experiment. Two fish from each tank or replicate were sampled randomly. The fish were sacrificed immediately and then homogenized. Homogenized fish meats were stored at  $-25^{\circ}\text{C}$  for proximate analyses. Crude protein was determined using the Kjeldahl method (Auto Kjeldahl System, Buchi B-324/435/412, Switzerland); crude lipid was determined gravimetrically following ether extraction, moisture by oven drying ( $105^{\circ}\text{C}$  for 24h) and crude ash by combustion at  $550^{\circ}\text{C}$  for 4h (AOAC, 2000).

### 2.5. Statistical analysis

One-way analysis of variance (ANOVA) was used to test the effect of restricted feeding. Tukey's multiple procedure was used to compare the differences among mean values. Differences were regarded as significant when  $P < 0.05$ .

## 3. RESULTS

Body composition content associated with different restricted feeding are shown in Table 2. There was no significant difference in ash content for the fish subjected to different restricted feeding ( $P > 0.05$ ). Significant differences were observed in the crude lipid contents ( $P < 0.05$ ). Whole body lipid content was the lowest in the group fed TDI (2.52) as compared to the other experimental restricted feeding. The protein content was the highest in the group fed ED and significantly higher than the others ( $P < 0.05$ ).

According to initial volume, final wet weight gain only fish feeding twice a day (TD) was observed significantly different ( $P < 0.05$ ). Wet weight gain of fish and feed intake increased with increasing restricted feeding.

Cumulative wet weight gain was significantly affected by restricted feeding during the experiment. At the end of the experiment, the fish fed TD had gained significantly more weight ( $P < 0.05$ ). There were significant differences between fish fed the lower feeding (EOD and TDI) and fish fed the higher feeding (TDI) ( $P < 0.05$ ). Average fish growth and differences throughout the study is presented in Table 3.

Both RGR (%) and SGR (%/day) were significantly higher ( $P < 0.05$ ) in fish fed TD than for fish fed EOD and TDI (Table 3).

Daily dry feed intake, Daily dry protein intake, Daily dry feeding rate and ANPR were significantly higher ( $P < 0.05$ ) in fish fed TD than for fish fed EOD and TDI. Feed conversion rate (FCR) and protein efficiency ratio (PER) did not differ between TDI and TD groups ( $P > 0.05$ ), but differ between EOD group and other groups ( $P < 0.05$ ) (Table 4).

There were no significant effects of treatment on feed conversion rate (FCR) and protein efficiency ratio (PER) between TDI and TD groups ( $P > 0.05$ ). The differences between EOD group and other groups (TDI and TD groups) were statistically significant ( $P < 0.05$ ).

No mortality was observed in any treatment. Economical analyses of the feed for the fish fed TDI, EOD and TD are summarized in Table 5.

#### 4. DISCUSSION

This study has shown that trout performances can be significantly influenced by feeding regimes that strongly affect the amount of feed ingested. The best growth performances and feed utilization were achieved by feeding rainbow trout twice a day (TD), every other day (EOD) and two day intervals (TDI), respectively.

Optimum feeding frequency for maximum growth

of fish generally depends upon fish size, age and culture conditions including water temperature, food quality and amount of food provided (Wang et al., 1998; Lee et al., 2000). In this study, with the increase of feeding frequency and of the amount of feed ingested the growth rate of fish increased. These results are similar to those found in earlier reports (Charles et al., 1984; Wang et al., 1998) and demonstrated a significant effect of feeding frequency and food intake on growth. At the end of the experiment, the fish fed twice a day (TD) were larger than the fish fed every other day (EOD) and two day intervals (TDI) (Table 4).

Table 2. Effect of restricted feeding on body composition of rainbow trout

Restricted Feeding	Moisture (%)	Crude Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)
Initial	79.43±0.26	16.93±0.08	2.69±0.40	1.14±0.19
TDI <sup>1</sup>	78.53±0.26 <sup>a</sup>	16.16±0.17 <sup>a</sup>	2.52±0.17 <sup>a</sup>	1.72±0.11 <sup>a</sup>
EOD <sup>2</sup>	76.13±0.20 <sup>a</sup>	16.91±0.21 <sup>a</sup>	4.50±0.74 <sup>b</sup>	1.71±0.13 <sup>a</sup>
ED <sup>3</sup>	74.03±0.08 <sup>b</sup>	18.52±0.42 <sup>b</sup>	5.74±0.11 <sup>c</sup>	1.71±0.08 <sup>a</sup>

Values in a column with different superscripts are significantly different at the 5% level.

<sup>1</sup>. TDI : Two Day Intervals

<sup>2</sup>. EOD : Every Other Days

<sup>3</sup>. ED : Every Day

Table 3. Growth performance and survival of rainbow trout Fed TDI, EOD and TD

	TDI	EOD	TD
Initial wet weight (g)	105.09 ± 0.28	104.60 ± 0.30	104.97 ± 0.15
Final wet weight (g)	129.68 ± 2.31 <sup>a</sup>	138.65 ± 2.51 <sup>b</sup>	192.74 ± 3.93 <sup>c</sup>
Weight gain (g)	24.59 ± 0.41 <sup>a</sup>	33.79 ± 0.26 <sup>b</sup>	86.44 ± 0.35 <sup>c</sup>
Relative growth rate (%)	23.39 ± 2.36 <sup>a</sup>	32.42 ± 2.73 <sup>b</sup>	83.62 ± 3.91 <sup>c</sup>
Specific growth rate (%/day)	0.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.05 <sup>b</sup>
Survival (%)	100	100	100

Values (mean ±SD) with different superscripts in the same row are significantly different at the 5% level.

Specific growth rate=% increase in body weight per day=[(ln final wet weight – ln initial wet weight) / days] \* 100

Relative growth rate = % increase in weight = ( final wet weight – initial wet weight / initial wet weight ) \* 100

Table 4. Efficiency parameters for rainbow trout fed a commercial diet to different restricted feeding groups

	TDI	EOD	TD
Total feed intake (g)	460.57 ± 18.15	735.38 ± 11.52	1638.60 ± 38.34
Daily dry feed intake (g/fish)	0.73 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.17 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.60 ± 0.02 <sup>c</sup>
Daily dry protein intake (g/fish)	0.29 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.04 ± 0.02 <sup>c</sup>
Daily dry feeding rate (%)	0.48 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.96 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.75 ± 0.03 <sup>c</sup>
Feed conversion rate	1.33±0.09 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.33 ± 0.03 <sup>a</sup>
Protein efficiency rate	1.88 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.59 ± 0.12 <sup>b</sup>	1.85 ± 0.04 <sup>a</sup>
ANPR (%)	23.81±0.11 <sup>a</sup>	26.89 ± 0.32 <sup>b</sup>	38.07 ±1.04 <sup>c</sup>

Values (mean ±SD) with different superscripts in the same row are significantly different at the 5% level.

Feed conversion rate = feed consumption / weight gain

Protein efficiency rate = wet weight gain in g / protein intake

Protein retention = final body protein in g – initial body protein in g

Apparent net protein retention = [(final weight in g x final body protein in %) – (initial weight in g x initial body protein in %) / protein intake in g] x 100

Table 5. Economical analyses<sup>1</sup> of the feed for the fish fed twice a day (TD), every other day (EOD) or two day intervals (TDI)

	TDI	EOD	TD
Mean weight gain (kg)	0.344	0.473	1.164
Feed supply (kg/fish)	0.460	0.735	1.639
Feeding cost (EU/kg)	0.308	0.493	1.098
Total initial biomass cost (EU)	15.758	15.683	15.740
Total final biomass cost (EU)	19.446	20.788	28.899
Profit	3.380	4.612	12.060
Gain biomass	1.033	1.430	3.686

<sup>1</sup>: All other costs are assumed same for all groups and ignored

Price of feed: 0.67 EU/kg

Price of fish: 3.51 EU/kg

Feeding cost = feed supply x price of feed

Feed cost as % of profit = feeding cost / profit

Gain biomass = Final weight – initial weight

Profit = (Total final biomass cost - Total initial biomass cost) - feeding cost

In general, increased feeding rates had little effect on the proximate composition of the fish (Storebakken et al., 1991). The present study, lipid content of the fish increased significantly with increasing amount of feeding day and intake. Rouhonen et al. (1998) found that the proportion of lipid in growth increased with increased number of feeding. A positive relationship between tissue lipid content and weight were also found by Johansson et al. (1995).

In this study, restricted feeding had a significant effect on ANPR and daily feed intake of the fish. The values of ANPR were significantly different between all groups ( $P < 0.05$ ). ANPR increased with increasing protein retention and feeding. A similar conclusion was reported by Yigit et al. (2002). Daily feed intake increased with the increase of amount of feeding day in the present study and there were significant differences among all group. Similar conclusions were reported by other studies (Valente et al., 2001; Rouhonen et al., 1998; McCarthy et al., 1992; Yigit et al., 2002 for rainbow trout; Zhou et al., 2003; Ogata et al., 2002; Sanchez-Muros et al., 2003 for other species).

Relative growth rate was statistically different among ( $P < 0.05$ ). Yigit et al., (2002) reported that relative growth rate increased significantly using diets characterized by high lipid content. Since the present study used 18% the dietary lipid content, RGR increased significantly all of the groups.

Daily feeding rate increased with increasing feeding frequency and daily feed intake (Sampath, 1984; Charles et al., 1984; Zhou et al., 2003). Feeding rates must be chosen to improve efficiency in fish production. Less feed would be required for maintenance of the smaller body size. Thus, cost per fish could be effectively reduced. In present study, more suitable feeding rates were observed in fish fed TD (Grayton et al., 1977; Kono et al., 1971).

Feed efficiency and SGR increased significantly with increasing amount of feeding day and fish fed TD showed the best feed utilization. Therefore, the high growth in the fish fed TD was achieved by the

improvement of feed utilization. There was no significant difference between feed efficiency and SGR for every two days and every other day treatments. The SGR observed that in fish fed higher feeding frequency increased and in fish fed lower feeding frequency decreased (Pantazis et al., 2003).

Feed efficiency increased with the increase of amount of feeding day in this study, which is consistent with other reports (Charles et al., 1984; Zhou et al., 2003; Lee et al., 2000). Some authors also reported no effects of feeding frequency on feed efficiency (Wang et al., 1998; Ogata, 2002; Lee et al., 2000). Increased feed efficiency by increasing feeding frequency may be due to excess surfacing activity (Sampath, 1984).

FCR and PER were not affected significantly by restricted feeding methods. Similar conclusions were reported by Wang et al. (1998) Sveier and Lied (1998) and Yigit et al. (2002). In the present study, feeding rates carried out higher than determined values in the feeding table. Since fish were fed higher than normal values and used different feeding frequencies. Obtained a piece of feed by fish were thrown outside via feces without digestion. Thus, reduced be turned ratio from feed to meat and feed conversion ratio values could be higher than normal values.

Optimal water temperature for rainbow trout were between 12-18°C (Çelikkale, 1994). The present study water temperature recorded between 9-13°C. Alanara (1992) reported a positive relationship between FCR and water temperature.

The economical analysis of the feed for the fish fed TDI, EOD and TD showed that both the cost of the feed and profit feed supply in TD group was the best. In this situation, it recommended that the fed every day (TD) were the best economically for rainbow trout.

In the present study the best growth performance, feed utilization and feeding cost was the lowest of the group TDI and it was the lowest weight, while it was the highest for the group TD which had the highest final body weight (Table 4).

## 5. REFERENCES

- Alanara, A., 1992. Demand Feeding as a Self-regulating Feeding System for Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Net-pens. *Aquaculture*, 108: 347-356.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17th edn. Vol.1, Association of Official Analytical Chemists, Md. USA.
- Çelikkale, M.S., 1994. İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği. Cilt 1. KATÜ, Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yük. Okulu., Fak. Derg., 16 (2): 1-9.
- Charles, P.M., Sebastian, S.M., Raj, M.C.V. and Marian, M.P., 1984. Effect of Feeding Frequency on Growth and Food Conversion, *Cyprinus carpio* Fry. *Aquaculture*, 40:293-300.
- Grayton, B.D. and Beamish, F.W.H., 1977. Effects of Feeding Frequency on Feed intake, Growth and Body Composition of Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 11: 159-172.
- Jobling, M., Koskela, J. and Pirhonen, J., 1998. Feeding time, Feed intake and Growth of Baltic salmon, *Salmo* and Brown trout, *Salmo trutta*, Reared in Monoculture and Duoculture at Constant Low Temperature. *Aquaculture*, 163:73-84.
- Kono, H. and Nose, Y., 1971. Relationship between the amount of food taken and growth in fishes. I. Frequency of feeding for a maximum daily ration. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 37: 169-173.
- Lee, S-M., Cho, S.H. and Kim, D-J., 2000. Effects of Feeding Frequency and Dietary Energy Level on Growth and Body Composition of Juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* Temminck & Schlegel. *Aquaculture Research*, 31: 917-921.
- McCarthy, I.D., Carter, C.G. and Houlihan, D.F., 1992. The Effect of Feeding Hierarchy on Individual Variability in Daily Feeding of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Biology*, 41: 257-263.
- National Academy Press (NAP) 1993. Nutrient Requirements of Fish. Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture, Natl. Acad. Press., Washington, DC.
- Ogata, H.Y., Oku, H. and Murai, T., 2002. Growth, Feed Efficiency and Feed intake of Offspring from Selected and Wild Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 211: 183-193.
- Okumuş, I. and Mazlum, M.D., 2002. Evaluation of Commercial Trout Feeds: Feed Consumption, Growth, Feed Conversion, Carcass Composition and Bio-economic Analysis. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2: 101-107.
- Pantazis, P.A. and Neofitou, C.N., 2003. Feeding Frequency and Feed intake in the African Cat fish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 55: 160-168.
- Pouomogne V. and Mbongblang, J., 1993. Effect of Feeding rate on the Growth of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Earthen Ponds. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 45: 147-153.
- Riche, M., Oetker, M., Haley, D.I., Smith, T. And Garling, D.L., 2004. Effect of Feeding Frequency on Consumption, Growth, and Efficiency in Juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 56: 247-255.
- Ruohonen, K., Vielma, J. and Grove, D.J., 1998. Effects of Feeding Frequency on Growth and Food Utilisation of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed Low-fat Herring or Dry Pellets. *Aquaculture*, 165: 111-121.
- Sampath, K., 1984. Preliminary Report on the Effects of Feeding Frequency in *Channa striatus*. *Aquaculture*, 40:301-306.
- Storebakken, T., Hung, S.S.O., Calvert, C.C. and Plisetskaya, E.M., 1991. Nutrient Partitioning in Rainbow trout at Different Feeding rates. *Aquaculture*, 96:191-203.
- Sveier, H. and Lied, E., 1998. The Effect of Feeding Regime on Growth, Feed Utilisation and Weight Dispersion in Large Atlantic salmon (*Salmo salar*) Reared in seawater. *Aquaculture*, 165: 333-345.
- Türker, A., Yiğit, M. And Ergün, S., 2005. Growth and Feed Utilisation in Juvenile Black Sea Turbot (*Psetta maeotica*) Under Different Photoperiod Regimes. *Türk J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 1203-1208.
- Valente, L.M.P., Fauconneau, B., Games, E.F.S. and Boujard, T., 2001. Feed intake and Growth of Fast and Slow Growing Strains of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed by Automatic Feeders or by Self-feeders. *Aquaculture*, 195: 121-131.
- Wang, N., Hayward, R.S. and Noltie, D.B., 1998. Effect of Feeding Frequency on Food Consumption, Growth, Size Variation, and Feeding Pattern of Age-0 Hybrid Sunfish. *Aquaculture*, 165: 261-267.
- Yiğit, M., Yardim, O. and Koshio, S., 2002. The Protein Sparing Effects of High Lipid Levels in Diets for Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1972) with Special Reference to Reduction of Total Nitrogen Excretion. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 54: 79-88.
- Zhou, B.Z., Cui, Y., Xie, S., Zhu, X., Lei, W., Xue, M. and Yang, Y., 2003. Effect of Feeding Frequency on Growth, Feed Utilization, and Size Variation of Juvenile Gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *J. Appl. Ichthyol.*, 19: 244-249.

## GAMA IŞINLAMASININ M2 GENERASYONUNDA BAKLA (*Vicia faba* L.)'NİN STOMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ\*

Cengiz ARTIK                      Erkut PEKŞEN  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 19.01.2006

**ÖZET:** Bu araştırma tohumlara uygulanan 25, 50, 75 ve 100 Gy gama ışın dozlarının Eresen-87 ve Filiz-99 bakla çeşitleri ile FLIP86-116FB hattında M2 generasyonunda stoma özellikleri üzerine etkilerini belirlemek ve kontrol (0 Gy) uygulaması ile karşılaştırmak amacıyla Samsun koşullarında 2003-2004 yetiştirme döneminde yapılmıştır. Gama ışınlamasının baklada stoma sayısı üzerine etkisinin bulunmadığı, sadece stoma boyu ve eni üzerinde etkiye sahip olduğu, bakla çeşit/hatlarının ise stoma sayısı ve boyu bakımından istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bakla, *Vicia faba* L., gama dozları, M2 generasyonu, stoma özellikleri

## THE EFFECTS OF GAMMA IRRADIATION ON STOMATAL CHARACTERISTICS OF FABA BEAN (*Vicia faba* L.) IN M2 GENERATION

**ABSTRACT:** This study was conducted to determine the effects of seed irradiation with 25, 50, 75 and 100 Gy gamma doses on stomatal characteristics of Eresen-87 and Filiz-99 faba bean cultivars, and FLIP 86-116FB line in M2 generation and to compare these effects with non-irradiated control (0 Gy) during 2003-2004 plant growth season under Samsun ecological conditions. It was determined that gamma irradiation had no significant effect on the numbers of stomata, while it had significant effect only on stoma length and width. Faba bean cultivars/line showed significant differences for the number of stomata and stoma length.

**Keywords:** Faba bean, *Vicia faba* L., gamma doses, M2 generation, stomatal characteristics

### 1. GİRİŞ

Bakla geliştirmekte olan ülkelerde insan yiyeceği, endüstrileşmiş ülkelerde de hayvan yiyeceği olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş veya taze sebze şeklinde kullanımı yanında konserveye de işlenmektedir. Üreticilerin tohumluk olarak genellikle kendi tohumlarını kullanması, gübre ihtiyacının az olması, hastalık ve zararlılarla mücadelesinin kısmen kolay olması nedeniyle üretim maliyeti az olan bir üründür (Bond ve ark., 1985).

Stomalar bitkinin iç dokuları ile dış ortam arasındaki ilişkiyi sağlayan mikroskopik porlar veya gözeneklerdir (Yentürk, 1984). Bitkilerin adaptasyon yetenekleri yapraklarında gerçekleşen transpirasyon ve fotosentez olayları ile yakından ilişkilidir. Stoma olarak adlandırılan küçük yaprak açıklıkları yaprak ile atmosfer arasındaki CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ve nem dengesini ayarlayarak transpirasyon ve fotosentez olaylarında önemli bir rol oynar. Birim yaprak alanındaki stoma sayısı ve dağılımı yapraklardan atmosfere su kaybında ve gaz değişiminde etkilidir (Brownlee, 2001).

Stoma boyutları, dağılımı ve morfolojisi bakımından bitki türleri arasında büyük kalıtsal farklılıklar vardır. Yaprak özellikleri ve stoma yapılarının *Vitis* türlerinin mikro taksonomik sınıflandırılmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (Racz, 1973; Swanepoel ve Villiers, 1987).

Bazı bitki türleri yaprağın hem alt hem de üst yüzeyinde stomalara sahiptir. Baklada da yaprağın her iki yüzeyinde stoma bulunmaktadır. Stoma yapıları

bitki türlerinin yetiştiği ortama ve yaprağın yapısına göre büyük değişkenlik gösterir. Stomaların büyüklük ve yoğunlukları bitki tür, çeşit ve klonlar (Kliever ve ark., 1985; Rana ve Chadha, 1990; Şahin ve Soylu, 1991; Mısırlı ve Aksoy, 1994; Çağlar ve Tekin, 1999; Sabo ve ark., 2001) ile bitkinin yetiştirme koşullarına göre farklılıklar göstermektedir (Çağlar ve ark., 2004). Stoma yoğunluğu bitki ekotipleri ile bağlılık gösterebilir (Kimball ve ark., 1986; Rowland-Bamford ve ark., 1990; Woodward, 1987, 1993). Bitkilerin çevre koşullarına dayanımı ile stoma karakterleri arasındaki ilişkinin varlığı konusunda yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır (Knecht ve Orton, 1970; Henzell ve ark., 1976).

Mutasyon, kültür bitkilerine istenilen özelliklerin kazandırılmasında ve varyasyon tabanının genişletilmesinde rolü olan kalıtım materyalinin (DNA, RNA), fiziksel veya kimyasal yapısının, dış veya iç nedenlerle değişmesi sonucu canlıda meydana gelen ani değişimler olarak tanımlanır. Mutasyon ıslahı, klasik ıslah yöntemlerine göre kolay ve ucuz bir varyasyon yaratması ve ıslahçıya zaman kazandırması açısından önemlidir (Taş, 1999). Günümüzde en yaygın olarak kullanılan mutagenler gama ışınları, EMS (ethylmethanesulphanate) ve DES (diethylsulphanate)'tir. Işımsal kaynaklı mutagenler daha çok kromozom üzerinde yapısal değişmelerin ortaya çıkmasına sebep olurlar (Sağel, 1988; Peşkirioğlu, 1996; Kurt, 2001). Mutagen uygulamalarından sonra M<sub>1</sub> generasyonunda üç tip etki görülür. Bunlar; genlerdeki değişiklikler (nokta mutasyonları), kromozomlardaki değişiklikler ve fizyolojik bozukluklardır (Uslu, 1996). Mutasyon ıslahı çalışmalarında ortaya çıkan etkilerin

\*Cengiz ARTIK'ın yüksek lisans tezi olan ve OMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Birimi tarafından desteklenen Z-409 nolu çalışmanın bir bölümünden yararlanılmıştır.

modifikasyon mu yoksa mutasyon sonucu mu olduğunun saptanmasında kromozom ve stoma sayılarının belirlenmesi önem taşımaktadır (Tarasenko ve Skuartsav, 1973; Yıldırım, 1991). M1 generasyonundaki etkilerin kalıcı olup olmadığı net olarak ortaya konulamamakta, bu nedenle stoma sayımlarının M2 (Arslanoğlu, 1999) veya daha ileriki generasyonlarda yapılması önerilmektedir.

Bu çalışma, gama ışınlamasının M2 generasyonunda bakla yapraklarının alt ve üst epidermisinde bulunan stoma sayısı ve boyutları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, OMÜ Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Tarlasında 2003-2004 yılında yürütülmüştür. Araştırmada Eresen-87 ve Filiz-99 bakla çeşitleri ile FLIP86-116FB bakla hattı tohumları kullanılmıştır. Tohumlar, Türkiye Atom Enerji Kurumuna bağlı Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi (ANTHAM)'nde ışınlama gücü 2.190 kGy/saat olan Kobalt-60 (<sup>60</sup>Co) gama cell kaynağında 25, 50, 75 ve 100 Gy olmak üzere 4 farklı dozda ışınlanmışlardır.

M1 generasyonundan elde edilen tohumlar, M2 generasyonunu oluşturmak üzere sıra arası ve sıra üzeri mesafeler 50x20 cm ve her uygulamada 12 sıra olacak şekilde 18 Kasım 2003 tarihinde el ile ekilmiştir.

Stoma sayımında tırnak cilası yöntemi kullanılmıştır. Sayım için alınan yaprakçıkların alt ve üst yüzeylerine tırnak cilası sürülerek kuruması beklenmiştir. Kuruyan cıvalar dikkatlice yaprakçık üzerinden ayrılarak stomaların kalıpları çıkartılmış ve sayım işlemine geçilmiştir (Mısırlı ve Aksoy, 1994).

Stoma sayımları, tam çiçeklenme döneminde, stomaların açık olduğu sabah 9.00-10.00 saatleri arasında, her uygulama için rasgele seçilen 5 bitkinin ana gövdesinin 6-7. boğumlarından alınan yaprakçıkların alt ve üst yüzeylerinde ve her yaprakçıkta 4 farklı bölgede (toplam 5x4=20 tekerrürlü olarak) yapılmıştır. Mikroskop sayımlarında 10x20 büyütme oranı kullanılmış ve bir görüş alanındaki stoma sayısı belirlenmiştir. Daha sonra bir görüş alanındaki stoma sayılarının ortalaması alınarak adet/mm<sup>2</sup> olarak ifade edilmiştir. Her uygulamada, stoma sayımlarının yapıldığı 5'er bitkinin yaprakçıklarının alt ve üst yüzeylerinde, 10x20 büyütmede 4 farklı bölgedeki rasgele seçilen 3 adet stomanın eni ve boyu mikrometre ile ölçülmüş, bunların ortalaması mikron (µm) olarak ifade edilmiştir.

Bitkiler, gübreleme ve sulama yapılmaksızın, standart kültürel işlemler uygulanarak yetiştirilmiş, gerek gördükçe yabancı otlara karşı çapalama yapılmıştır.

Verilerin analizleri Microsoft Office Excel programı ile yapılmıştır. Kontrol ve diğer uygulamalar dahil tüm bakla çeşit/hatlarında yukarıda açıklanan gözlem ve ölçümlere ait ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma

( $S$ ), ortalamanın standart hatası ( $S\bar{x}$ ) ve varyasyon katsayıları (%VK) belirlenmiştir. Ayrıca her bir bakla çeşit/hattı kendi içerisinde olmak üzere kontrol ortalaması (0 Gy) ile doz ortalamaları stoma sayısı ve boyutları bakımından eşlemeli veriler için t kontrol metoduna göre ikili karşılaştırmaya tabi tutulmuştur (Yurtsever, 1984). Bakla çeşit/hatları ve gama dozlarının stoma özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla SPSS programında şansa bağlı parseller deneme metoduna göre varyans analizleri ve önemlilik gösteren ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma metoduna göre gruplandırılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Stoma Sayısı

Gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarının M2 generasyonunda yaprağın alt ve üst yüzeyinde belirlenen stoma sayılarına ait ortalamalar ile kontrol ve ışın dozlarına ait ortalamalar arasındaki ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Eresen-87 çeşidinde, yaprakçık üst yüzeyindeki stoma sayısı bakımından kontrol uygulaması (240.36 adet/mm<sup>2</sup>) ile gama dozları ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. Filiz-99 çeşidinde 50 ve 75 Gy gama dozlarında (218.80 ve 247.54 adet/mm<sup>2</sup>) kontrole (277.59 adet/mm<sup>2</sup>) göre sırasıyla çok önemli (P<0.01) ve önemli (P<0.05) derecede azalma tespit edilmiştir. Diğer gama dozlarının etkisi önemsiz bulunmuştur. FLIP86-116FB hattında ise yaprakçık üst yüzeyindeki stoma sayısının 25 ve 100 Gy dozlarında kontrolden (242.32 adet/mm<sup>2</sup>) istatistiksel bakımdan farksız, 50 Gy ışın dozunda (290.65 adet/mm<sup>2</sup>) çok önemli (P<0.01), 75 Gy ışın dozunda (277.59 adet/mm<sup>2</sup>) ise önemli (P<0.05) düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Eresen-87 çeşidinde, kontrol uygulamasındaki stoma sayısı (267.79 adet/mm<sup>2</sup>) ile karşılaştırıldığında, 75 Gy gama ışını dozu yaprakçıkların alt yüzeyindeki stoma sayısında çok önemli (P<0.01) derecede azalmaya neden olmuştur. Filiz-99 çeşidinde 50 Gy gama dozunda belirlenen yaprakçık alt yüzeyindeki stoma sayısı (228.60 adet/mm<sup>2</sup>) bu çeşidin kontrol uygulamasına (272.36 adet/mm<sup>2</sup>) göre çok önemli derecede düşük bulunmuştur. Eresen-87 çeşidinde 75 Gy ve Filiz-99 çeşidinde 50 Gy dozları dışında kalan gama ışını dozları ile FLIP86-116FB hattında tüm gama ışını dozlarının yaprağın alt yüzeyinde bulunan stoma sayısında kontrole göre istatistiksel olarak bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Pekşen ve ark. (2006) 15 bakla genotipinde stoma sayısının yaprakçık alt yüzeyinde 259.52-305.88 adet/mm<sup>2</sup> ve üst yüzeyinde de 236.66-288.26 adet/mm<sup>2</sup> arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

### 3.2. Stoma Boyutları

Gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarının M2 generasyonunda yaprağın alt ve üst yüzeyinde bulunan stomaların şekil ve boyutları Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı dozlarda gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarının M2 generasyonunda yaprakçık üst ve alt yüzeyindeki stoma sayılarına (adet/mm<sup>2</sup>) ait ortalamaları ile kontrol ve gama ışını dozlarına ait ortalamalar arasındaki ikili karşılaştırmalar

Özellikler	Çeşit/Hat	Işın dozu (Gy)	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	S	Değişim aralığı	Varyasyon katsayısı (%)	t kontrol	
								SD	t <sub>h</sub>
Üst yüzeydeki stoma sayısı (adet/mm <sup>2</sup> )	Eresen-87	0	20	240.36±8.06	36.06	195.94-326.57	15.00	-	-
		25	20	242.97±10.44	46.70	156.76-326.57	19.22	19	0.16
		50	20	248.85±8.18	36.58	182.88-326.57	14.70	19	0.98
		75	20	220.76±10.46	46.79	143.69-300.45	21.20	19	1.23
		100	20	239.71±7.23	32.35	182.88-300.45	13.50	19	0.09
	Filiz-99	0	20	277.59±9.75	43.61	222.07-378.83	15.71	-	-
		25	20	274.32±13.06	58.42	182.88-365.76	21.30	19	0.18
		50	20	218.80±10.67	47.74	156.76-339.64	21.82	19	3.50**
		75	20	247.54±7.67	34.29	195.94-326.57	13.85	19	2.19*
		100	20	267.79±7.43	33.24	209.01-339.64	12.41	19	0.66
	FLIP86-116FB	0	20	242.32±10.99	49.15	169.82-339.64	20.28	-	-
		25	20	259.95±8.89	39.74	182.88-326.57	15.29	19	1.03
		50	20	290.65±14.68	65.64	169.82-418.02	22.58	19	3.09**
		75	20	277.59±11.29	50.48	195.94-365.76	18.19	19	2.51*
		100	20	252.12±6.43	28.78	195.94-313.51	11.41	19	0.73
Alt yüzeydeki stoma sayısı (adet/mm <sup>2</sup> )	Eresen-87	0	20	267.79±8.97	40.10	182.88-339.64	14.97	-	-
		25	20	273.67±8.96	40.09	209.01-352.70	14.65	19	0.44
		50	20	282.81±9.00	40.27	222.07-352.70	14.24	19	1.30
		75	20	229.01±9.40	42.04	169.82-300.45	18.29	19	3.51**
		100	20	269.75±9.91	44.30	195.94-339.64	16.42	19	0.15
	Filiz-99	0	20	272.36±7.77	34.76	209.01-326.57	12.76	-	-
		25	20	250.16±14.78	66.10	156.76-365.76	26.43	19	1.12
		50	20	228.60±9.69	43.32	143.69-287.39	18.95	19	3.78**
		75	20	270.40±11.45	51.23	195.94-352.7	18.94	19	0.12
		100	20	267.14±10.49	46.90	195.94-391.89	17.56	19	0.50
	FLIP86-116FB	0	20	280.20±14.17	63.36	169.82-391.89	22.61	-	-
		25	20	257.34±12.21	54.62	169.82-378.83	21.23	19	1.69
		50	20	260.61±14.10	76.46	143.69-444.14	29.34	19	1.10
		75	20	304.37±11.69	52.27	209.01-444.14	17.17	19	1.11
		100	20	286.73±9.40	42.06	222.07-352.70	14.67	19	0.56

\*: P<0.05 olasılıkla önemli, \*\*: P<0.01 olasılıkla çok önemli

### 3.2.1. Stoma Boyu

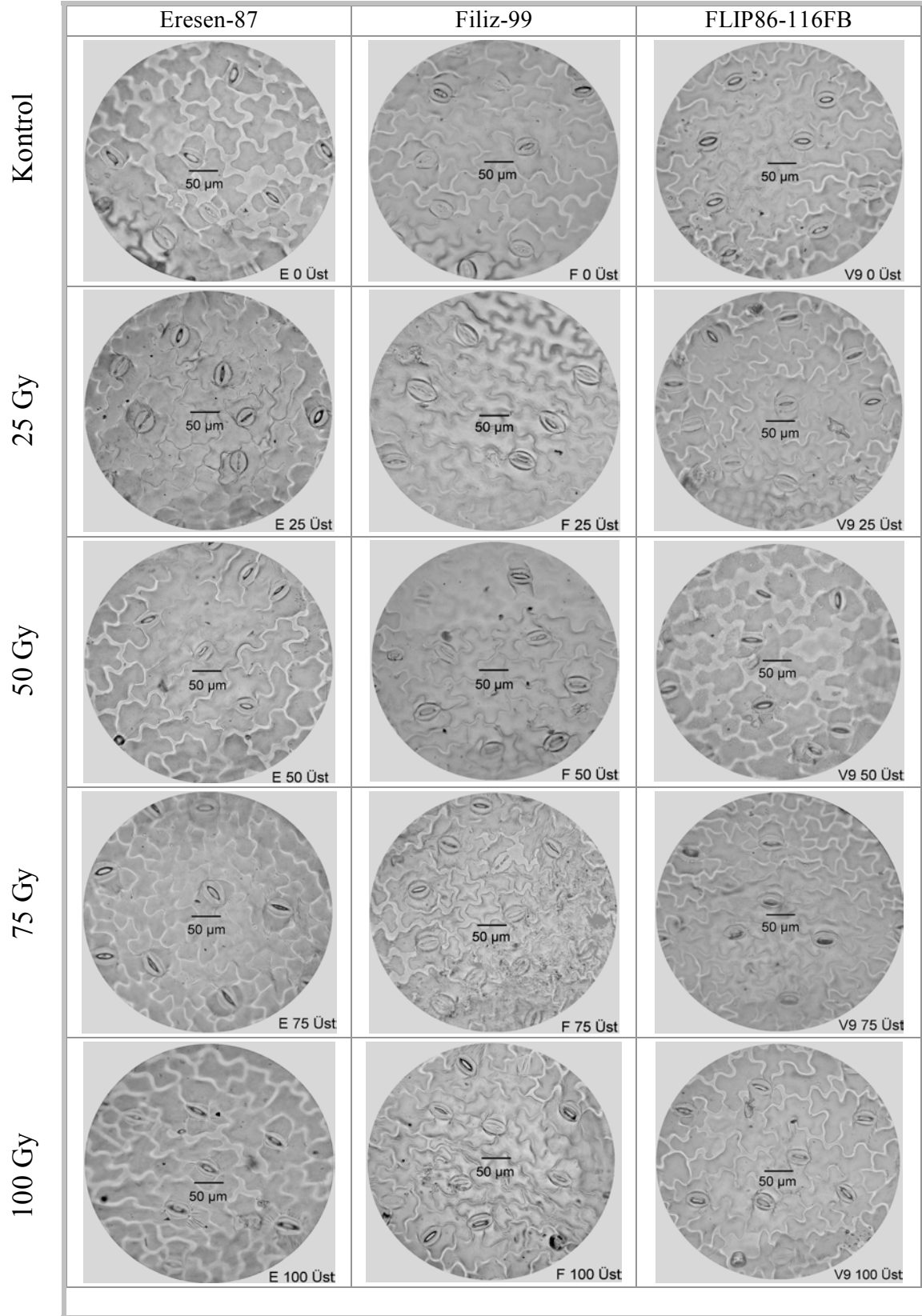
Yapılan ikili karşılaştırmalar Eresen-87 çeşidinde 50, 75 ve 100 Gy gama ışın dozu uygulamalarında yaprağın üst yüzeyindeki stoma boyunun kontrol uygulamasına göre çok önemli (P<0.01) derecede kısa, 25 Gy ışın dozunda ise kontrolden farksız olduğunu ortaya koymuştur. Filiz-99 çeşidinde 25 ve 50 Gy ışın dozlarının stoma boylarını (52.19 ve 53.04 µm) çok önemli (P<0.01) ve 75 Gy ışın dozunun (52.86 µm) önemli (P<0.05) derecede azalttığı, 100 Gy ışın dozunun etkisinin ise istatistiksel bakımdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir. FLIP86-116FB hattında yalnızca 75 Gy ışın dozu stoma boyunu çok önemli (P<0.01) derecede azaltmış, diğer dozlar kontrole göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık ortaya çıkarmamıştır (Çizelge 2).

M2 generasyonunda yaprakçık alt yüzeyindeki stoma boyu bakımından, Eresen-87 çeşidinin kontrol uygulaması (54.09 µm) ile 25 ve 50 Gy gama dozları farksız bulunmuştur. Stoma boyunun 75 Gy (50.46 µm) ve 100 Gy (51.17 µm) dozlarında kontrole göre çok önemli (P<0.01) derecede kısaldığı tespit edilmiştir. Filiz-99 çeşidinde ise stoma boyunun sadece 75 Gy gama dozunda (50.64 µm) kontrole

(53.70 µm) göre önemli (P<0.05) derecede kısa olduğu belirlenmiştir. Diğer gama dozlarının stoma boyu üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Yaprakçık alt yüzeyindeki stoma boyunun FLIP86-116FB hattında kendi kontrol uygulamasına göre 25 Gy gama dozunda (53.21 µm) önemli, 50, 75 ve 100 Gy dozlarında (50.71, 49.97 ve 52.61 µm) ise çok önemli derecede kısaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 2).

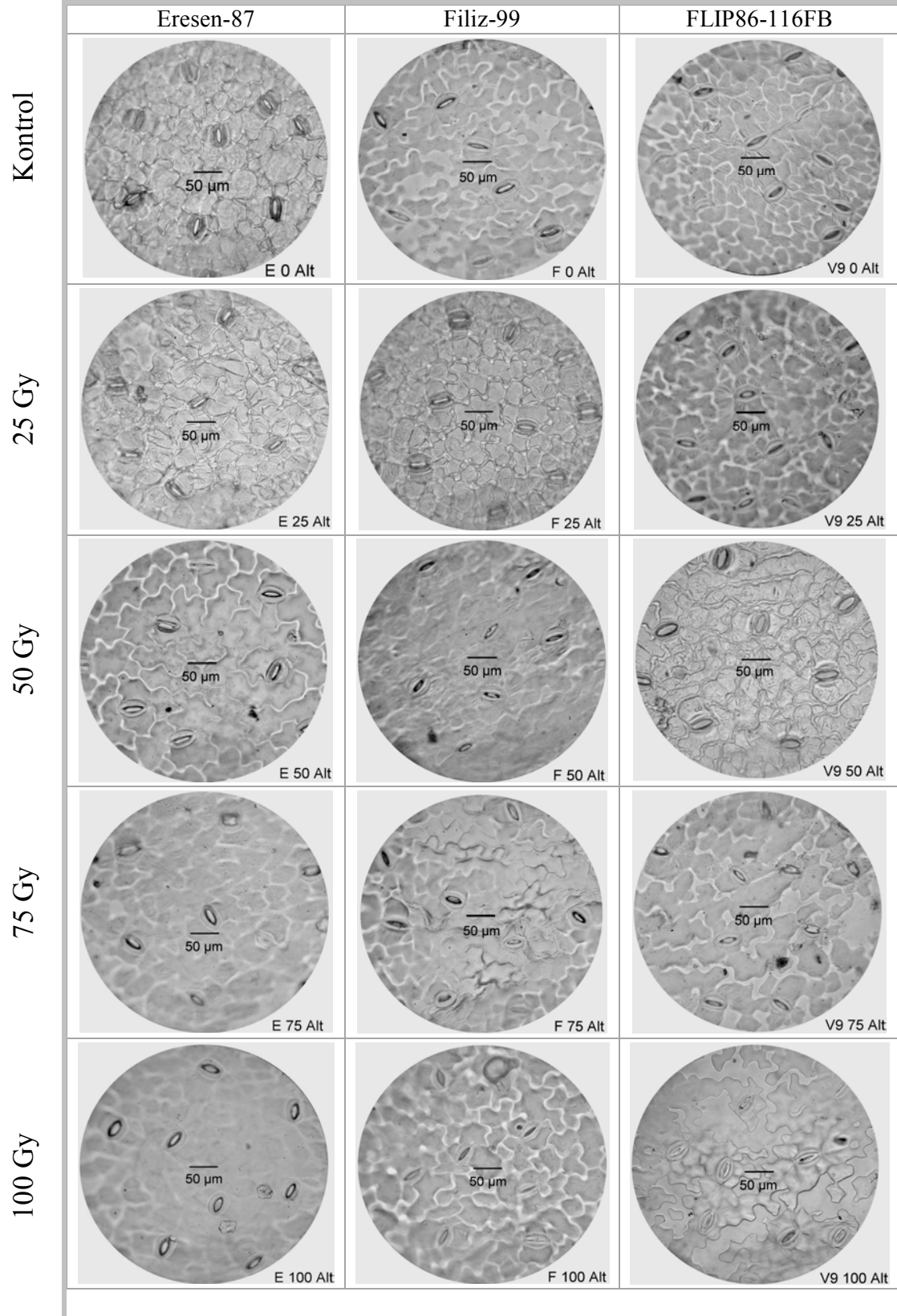
### 3.2.2. Stoma Eni

Kontrol ile karşılaştırıldığında, Eresen-87 çeşidinde 50 Gy ışın dozunun (33.16 µm) yaprağın üst yüzeyindeki stomaların enini önemli (P<0.05), 75 Gy gama dozunun (32.25 µm) çok önemli (P<0.01) derecede azalttığı, 25 ve 100 Gy ışın dozlarının etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Filiz-99 çeşidinde 25 ve 75 Gy gama dozları yaprağın alt yüzeyindeki stoma enini (31.46 ve 31.37 µm) çok önemli derecede azaltmış, 50 ve 100 Gy ışın dozlarında kontrolden farksız bulunmuştur. FLIP86-116FB hattında ise kontrol işlemine ait yaprakçık üst yüzeyindeki stoma eni (33.23 µm) ile diğer gama dozlarına ait ortalamalar arasında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3).



Şekil 1. Farklı dozlarda gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarında M2 generasyonunda yaprağın üst yüzeyindeki stomaların şekil ve boyutları (10x40). (E: Eresen-87, F: Filiz-99, V9:FLIP86-116FB)





Şekil 2. Farklı dozlarda gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarında M2 generasyonunda yaprağın alt yüzeyindeki stomaların şekil ve boyutları (10x40). (E: Eresen-87, F: Filiz-99, V9:FLIP86-116FB)

Çizelge 2. Farklı dozlarda gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarının M2 generasyonunda yaprakçık üst ve alt yüzeyindeki stoma boyuna ( $\mu\text{m}$ ) ait ortalamaları ile kontrol ve gama ışını dozlarına ait ortalamalar arasındaki ikili karşılaştırmalar

Özellikler	Çeşit/Hat	Işın dozu (Gy)	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	S	Değişim aralığı	Varyasyon katsayısı (%)	t kontrol	
								SD	$t_h$
Üst yüzeydeki stoma boyu ( $\mu\text{m}$ )	Eresen-87	0	60	54.90±0.48	3.70	46.42-63.30	6.73	-	-
		25	60	53.98±0.51	3.99	42.20-63.30	7.38	59	1.15
		50	60	51.70±0.52	4.07	42.20-59.08	7.86	59	4.22**
		75	60	50.68±0.44	3.39	42.20-59.08	6.69	59	6.31**
		100	60	50.29±0.51	3.96	42.20-59.08	7.88	59	6.91**
	Filiz-99	0	60	54.61±0.35	2.72	46.42-63.30	4.98	-	-
		25	60	52.19±0.54	4.15	42.20-59.08	7.94	59	4.33**
		50	60	53.04±0.36	2.77	46.42-59.92	5.22	59	3.83**
		75	60	52.86±0.55	4.30	42.20-63.30	8.15	59	2.64*
		100	60	54.65±0.60	4.67	46.42-71.74	8.55	59	0.05
	FLIP86-116FB	0	60	52.68±0.52	4.02	46.42-63.30	7.63	-	-
		25	60	52.28±0.49	3.78	46.42-59.08	7.23	59	0.57
		50	60	53.39±0.54	4.20	42.20-65.41	7.86	59	1.08
		75	60	49.23±0.37	2.89	42.20-54.86	5.86	59	5.77**
		100	60	52.22±0.52	4.05	42.20-59.08	7.75	59	0.65
Alt yüzeydeki stoma boyu ( $\mu\text{m}$ )	Eresen-87	0	60	54.09±0.54	4.18	46.42-59.08	7.73	-	-
		25	60	53.38±0.56	4.35	42.20-63.30	8.15	59	0.91
		50	60	53.84±0.51	3.97	46.42-59.08	7.38	59	0.31
		75	60	50.46±0.74	5.73	40.09-63.30	11.35	59	3.91**
		100	60	51.17±0.50	3.88	42.20-61.19	7.58	59	3.71**
	Filiz-99	0	60	53.70±0.44	3.42	46.52-59.03	6.37	-	-
		25	60	52.89±0.66	5.08	42.20-63.30	9.60	59	0.93
		50	60	54.55±0.39	2.99	48.53-62.46	5.48	59	1.35
		75	60	50.64±0.59	4.56	42.20-59.08	9.01	59	3.56**
		100	60	54.30±0.58	4.46	46.42-63.30	8.22	59	0.86
	FLIP86-116FB	0	60	54.75±0.47	3.61	46.42-63.30	6.60	-	-
		25	60	53.21±0.51	7.39	42.20-61.19	7.39	59	2.05*
		50	60	50.71±0.56	4.34	37.98-59.08	8.56	59	5.77**
		75	60	49.97±0.50	3.87	42.20-54.86	7.75	59	6.17**
		100	60	52.61±0.50	3.90	46.42-59.08	7.42	59	3.20**

\*:  $P < 0.05$  olasılıkla önemli, \*\*:  $P < 0.01$  olasılıkla çok önemli

Tüm gama ışını dozları her üç genotipte de yaprakçık alt yüzeyindeki stomaların eninde kontrol uygulamasına nazaran azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Ancak bu azalmaların tamamı istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Eresen-87 çeşidinde 75 Gy dozunda ışınlama, yaprağın alt yüzeyindeki stoma enini çok önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde azalttığı, diğer dozların etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Filiz-99 çeşidinde 50 Gy ışın dozunun stoma enine etkisinin önemsiz, diğer ışın dozlarının etkilerinin ise çok önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde olduğu tespit edilmiştir. FLIP86-116FB hattında 25 ve 50 Gy ışın dozlarına ait yaprağın alt yüzeyindeki stoma eni ortalamaları (33.23 ve 32.42  $\mu\text{m}$ ) kontrole göre farksız bulunmuş, 75 ve 100 Gy ışın dozlarının stoma enini (31.16 ve 31.46  $\mu\text{m}$ ) %1

düzeyinde azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

İncelenen stoma özellikleri bakımından yapılan varyans analiz sonucunda, bakla çeşit/hatları arasında stoma eni, gama dozları arasında da stoma sayısı bakımından istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Diğer tüm özellikler yönünden hem bakla çeşit/hatları hem de gama dozları arasında ise istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir. Genotip x gama dozu interaksyonu tüm özellikler için çok önemli ( $P < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Yaprakçık alt ve üst yüzeyindeki stoma boyu ve eni tüm gama ışın dozlarında kontrolden düşük bulunmuştur. Genel olarak stoma özelliklerine ait ortalamalar kontrol ile karşılaştırıldığında 75 Gy gama dozuna kadar azalma, 100 Gy dozunda ise artış eğilimi göstermiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3.Farklı dozlarda gama ışını ile ışınlanan bakla çeşit/hatlarının M2 generasyonunda yaprakçık üst ve alt yüzeyindeki stoma enine ( $\mu\text{m}$ ) ait ortalamaları ile kontrol ve gama ışını dozlarına ait ortalamalar arasındaki ikili karşılaştırmalar

Özellikler	Çeşit/Hat	Işın dozu (Gy)	n	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	S	Değişim aralığı	Varyasyon katsayısı (%)	t kontrol	
								SD	$t_h$
Üst yüzeydeki stoma eni ( $\mu\text{m}$ )	Eresen-87	0	60	34.22±0.31	2.43	29.54-37.98	7.10	-	-
		25	60	33.37±0.38	2.92	25.32-40.09	8.75	59	1.76
		50	60	33.16±0.31	2.40	25.32-37.98	7.23	59	2.24*
		75	60	32.25±0.42	3.26	25.32-37.98	10.11	59	3.76**
		100	60	33.55±0.26	2.01	29.54-37.98	5.98	59	1.61
	Filiz-99	0	60	34.15±0.38	2.92	29.54-40.09	8.55	-	-
		25	60	31.46±0.37	2.87	25.32-37.98	9.12	59	5.08**
		50	60	34.69±0.34	2.66	29.54-41.36	7.67	59	1.13
		75	60	31.37±0.41	3.14	21.10-35.87	10.02	59	5.13**
		100	60	33.54±0.36	2.77	27.43-40.09	8.25	59	1.12
	FLIP86-116FB	0	60	33.23±0.40	3.12	25.32-37.98	9.40	-	-
		25	60	33.44±0.30	2.30	27.43-37.98	6.88	59	0.40
		50	60	32.46±0.32	2.46	27.43-37.98	7.58	59	1.75
		75	60	32.32±0.40	3.07	25.32-37.98	9.50	59	1.53
		100	60	33.49±0.42	3.27	25.32-40.09	9.77	59	0.41
Eresen-87	0	60	33.44±0.34	2.63	29.54-37.98	7.86	-	-	
	25	60	32.60±0.39	2.61	25.32-40.09	9.26	59	1.48	
	50	60	32.95±0.34	2.61	29.54-40.09	7.92	59	0.93	
	75	60	29.58±0.51	3.97	21.10-36.71	13.44	59	5.91**	
	100	60	32.53±0.35	2.73	25.22-37.98	8.38	59	1.74	
Filiz-99	0	60	34.01±0.39	3.01	29.54-37.98	8.86	-	-	
	25	60	32.25±0.40	9.58	25.32-37.98	9.58	59	2.70**	
	50	60	33.49±0.34	2.63	28.70-37.98	7.86	59	1.04	
	75	60	28.59±0.46	3.53	21.10-37.98	12.34	59	8.75**	
	100	60	32.59±0.38	2.95	23.21-37.98	9.04	59	2.72**	
FLIP86-116FB	0	60	33.37±0.32	2.44	29.54-37.98	7.32	-	-	
	25	60	33.23±0.35	2.73	25.32-40.09	8.22	59	0.36	
	50	60	32.42±0.40	3.11	25.32-37.98	9.58	59	1.84	
	75	60	31.16±0.40	3.09	23.21-35.87	9.93	59	4.24**	
	100	60	31.46±0.40	3.09	25.32-37.98	9.81	59	3.86**	

\*: P<0.05 olasılıkla önemli, \*\*: P<0.01 olasılıkla çok önemli

Yapılan çalışmada yaprakçık alt yüzeyindeki stoma sayısı ( $266.79 \text{ adet/mm}^2$ ) ve stoma eni ( $32.25 \mu\text{m}$ ) ile üst yüzeydeki stoma sayısı ( $253.42 \text{ adet/mm}^2$ ) ve stoma eni ( $33.11 \mu\text{m}$ ) arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ) fark bulunmuştur. Ancak yaprakçık alt ve üst yüzeyindeki stoma boyları ( $52.69$  ve  $52.58 \mu\text{m}$ ) arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Ricciardi (1989) tarafından baklada stoma frekansı ve boyutları bakımından çok önemli genetik varyasyon olduğu, stoma uzunluğunun  $47.4-52.2 \mu\text{m}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Pekşen ve ark. (2006) ise 15 bakla genotipinde yaprakçık alt yüzeyindeki stoma uzunluğunun  $49.32-51.37 \mu\text{m}$ , eninin ise  $30.19-32.16 \mu\text{m}$ , yaprakçık üst yüzeyinde ise stoma uzunluğunun  $47.67-50.06 \mu\text{m}$ , eninin de  $28.77-31.33 \mu\text{m}$  olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada belirlenen stoma boyutları Ricciardi (1989) ve Pekşen

ve ark. (2006)'nın bulguları ile benzerlik göstermiştir.

Ricciardi ve Steduto (1988) yarayırlı su miktarındaki mevsimsel değişikliklerin yaprak alanı, stoma sayısı, uzunluğu ve genişliği gibi yaprak morfolojik özellikleri üzerindeki etkisinin bakla varyeteleri arasında önemli bir farklılık göstermediğini bildirmişlerdir. Buna karşılık Ricciardi ve ark. (1986), bu özelliklerin bakla genotipleri, yıl farklılığı, yaprakçık pozisyonu ve yaprakçığın alt veya üst yüzeyinde bulunma durumundan etkilendiğini belirlemişlerdir.

Sonuç olarak bu çalışmada, gama ışınlamasının baklada yaprakçıklardaki stoma sayısı üzerine etkisinin bulunmadığı, sadece stoma boyu ve eni üzerinde etkiye sahip olduğu, bakla çeşit/hatlarının ise stoma sayısı ve boyu bakımından istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Bakla çeşit/hatlarının ve gama dozlarının incelenen stoma özelliklerine ait ortalamaları ve Duncan grupları

Özellikler	Çeşit/Hat	Işın dozu (Gy)					Ortalama
		0	25	50	75	100	
Üst yüzeydeki stoma sayısı (adet/mm <sup>2</sup> )	Eresen-87	240.36 bc**	242.97 bc	248.85 bc	220.76 c	239.71 bc	238.53 b**
	Filiz-99	277.59 ab	274.32 ab	218.80 c	247.54 bc	267.79 ab	257.21 a
	FLIP86-116FB	242.32 bc	259.95 abc	290.65 a	277.59 ab	252.12 abc	264.53 a
	Ortalama	253.42	259.08	252.77	248.63	253.20	
Alt yüzeydeki stoma sayısı (adet/mm <sup>2</sup> )	Eresen-87	267.79 abc**	273.67 abc	282.81 ab	229.91 c	269.75 abc	264.79 ab*
	Filiz-99	272.36 abc	250.16 bc	228.60 c	270.40 abc	267.14 abc	257.73 b
	FLIP86-116FB	280.20 ab	257.34 abc	260.61 abc	304.37 a	286.73 ab	277.85 a
	Ortalama	273.45	260.39	257.34	268.23	274.54	
Üst yüzeydeki stoma boyu (µm)	Eresen-87	54.90 a**	53.98 abc	51.70 def	50.68 efg	50.29 fg	52.31 b**
	Filiz-99	54.61 ab	52.19 c-f	53.04 a-d	52.86 bcd	54.65 ab	53.47 a
	FLIP86-116FB	52.68 b-e	52.28 c-f	53.39 a-d	49.23 g	52.22 c-f	51.96 b
	Ortalama	54.06 a**	52.82 b	52.71 b	50.92 c	52.39 b	
Alt yüzeydeki stoma boyu (µm)	Eresen-87	54.09 a**	53.38 a	53.84 a	50.46 cd	51.17 bcd	52.59 ab*
	Filiz-99	53.70 a	52.89 ab	54.55 a	50.64 cd	54.30 a	53.22 a
	FLIP86-116FB	54.75 a	53.21 ab	50.71 cd	49.97 d	52.61 abc	52.25 b
	Ortalama	54.18 a**	53.16 ab	53.03 ab	50.36 c	52.69 b	
Üst yüzeydeki stoma eni (µm)	Eresen-87	34.22 ab**	33.37 abc	33.16 bc	32.25 cd	33.55 abc	33.31
	Filiz-99	34.15 ab	31.46 d	34.69 a	31.37 d	33.54 abc	33.04
	FLIP86-116FB	33.23 abc	33.44 abc	32.46 cd	32.32 cd	33.49 abc	32.99
	Ortalama	33.87 a**	32.76 b	33.44 ab	31.98 c	33.53 ab	
Alt yüzeydeki stoma eni (µm)	Eresen-87	33.44 ab**	32.60 a-d	32.95 abc	29.58 e	32.53 a-d	32.22
	Filiz-99	34.01 a	32.35 bcd	33.49 ab	28.59 e	32.59 a-d	32.21
	FLIP86-116FB	33.37 ab	33.23 ab	32.42 a-d	31.16 d	31.46 cd	32.33
	Ortalama	33.61 a**	32.73 b	32.96 ab	29.77 c	32.19 b	

\*: P<0.05 olasılıkla önemli , \*\*: P<0.01 olasılıkla çok önemli

#### 4. KAYNAKLAR

Arslanoğlu, F., 1999. Farklı Dozdaki Gama Işınlarının Bazı Patates (*Solanum tuberosum* L.) Çeşitlerinin Tarımsal ve Bitkisel Özelliklerine Etkisi Üzerine Araştırmalar. Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), 127 s., Tekirdağ.

Bond, D.A., Lawes, D.A., Hawtin, G.C., Saxena, M.C., Stephens, I.S., 1985. Faba Bean (*Vicia faba* L.). 199-265. In: R.I. Summerfield and E.H. Roberts (Eds.). Grain Legume Crops. William Collins Sons Co. Ltd. 8 Grafton Street. London, UK.

Brownlee, C., 2001. The long and short of stomatal density signals. Trends in Plant Sci., 6: 441-442.

Çağlar, S., Tekin, H., 1999. Farklı Pistacia anaçlarına aşıllı Antepfıstığı çeşitlerinin stoma yoğunlukları. Tr. J. of Agric. and Forestry, 23: 1029-1032.

Çağlar S., Sütyemez, M., Bayazit, S., 2004. Seçilmiş bazı ceviz (*Juglans regia*) tiplerinin stoma yoğunlukları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17: 169-174.

Henzell, R.G., McCree, K.J., Bavel C.H.M. van, Schertz, K.F., 1976. Sorghum genotype variation in stomatal sensitivity of leaf water deficit. Crop Sci., 16: 660-662.

Kimball, B.A., Mauney, J.R., Radin, J.W., Nakayama, F.S., Idso, S.B., Hendrix, D.L., Akey, D.H., Allen, S.G., Anderson, M.G., Hatung, W., 1986. Effects of increasing atmospheric CO<sub>2</sub> on the growth, water relations, and physiology of plants grown under optimal and limiting levels of water and nitrogen. In: Response of Vegetation to Carbon Dioxide. Report No. 039. US DOE. Carbon Dioxide Research Division and USDA-ARS. Washington DC.

Kliwer, W.M., Kobriger, J.M., Lira, R.H., Lagier, S.T., Collalto, G. di., 1985. Performance of grapevines under wind and water stress conditions. Proc. of the International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology. 198-216.

Kurt, O., 2001. Bitki Islahı. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Yay. Ders Kitabı No: 43, 309 s., Samsun.

Knecht, G.N., Orton, E.R., 1970. Stomata density in relation to winter hardiness of *Ilex opaca* Ait. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 95: 341-345.

Mısırlı, A., Aksoy, U., 1994. Sarılop incir klonlarının yaprak özellikleri ve stoma dağılımları üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31: 57-63.

Pekşen, E., Pekşen, A., Artık, C., 2006. Comparison of Leaf and Stomatal Characteristics in Faba Bean (*Vicia faba* L.). Journal of Biological Sci., 6 (2): 360-364.

Peşkirioğlu, H., 1996. Mutagenik Radyasyon Bitki Islahında Mutasyonların Ortaya Çıkarılması ve Kullanılması. Kursu Notları. ANAEM. Ankara.

Racz, J. 1973. Microtaxonomic studies on the genus Vitis. Hort. Abst. 1974, 44: 4610.

Rana, H.S., Chadha, T.R., 1990. Relationship between stomatal density and vigour in clones of some Prunus species. XXIII. International Hort. Cong. Firenze (Italy), Abst. of Contributed Papers. No. 1232.

Ricciardi, L., Filippetti, A., Torre, F., 1986. Plant breeding for drought stress: I. Stomatal variability in *Vicia faba* L. Genetic Agraria, 40: 470.

Ricciardi, L., Steduto, P., 1988. Leaf water potential and stomatal resistance variations in *Vicia faba* L. Fabis Newsletter, 20: 21-24.

- Ricciardi, L., 1989. Plant breeding for resistance to drought: I. Stomatal traits in genotypes of *Vicia faba* L. *Agricoltura Mediterranea*, 119: 297-308.
- Rowland-Bamford, A.J., Nordenbrock, C., Baker, J.T., Bowes, G., Allen, L.H. Jr., 1990. Changes in stomatal density in rice grown under various CO<sub>2</sub> regimes with natural solar irradiance. *Envir. Exp. Bot.*, 30: 175-180.
- Sabo, M., Bede, M., Vukadinovic, V., 2001. Correlation between number of stomata and concentration of macro and microelements in some winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Acta Agronomica Hungarica*, 49: 319-327.
- Sağel, Z., 1988. Soya Çeşitlerine Uygulanan Farklı Radyasyon Dozlarının M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> Bitkilerinin Çeşitli Karakterleri Üzerine Etkisi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi (Basılmamış), 82 s., Ankara.
- Swanepoel, J.J., Villiers, C.E., 1987. A numerical taxonomic classification of *Vitis* spp. and cultivars based on leaf characteristics. *South African J. Enol. Vitic.*, 8: 31-35.
- Şahin, T., Soylu, A., 1991. Seleksiyonla elde edilmiş bazı kestane çeşitlerinin yaprak morfolojileri ve stoma dağılımları üzerinde araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Raporlar Serisi: 10, 20.
- Uslu, N., 1996. M<sub>1</sub> Generasyonunda Görülen Mutagenik Etkiler. Bitki İslahında Mutasyonların Ortaya Çıkarılması ve Kullanılması Kursu, 27-31 Mayıs 1996. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Tarım Bölümü, Saray/Ankara.
- Tarasenko, N.D., Skvortsov, E.P., 1973. Methods obtaining haploid plants of potato. *Probl. Apomiksisa-U-Rast.-I-Zhivotnykh*, 105-115.
- Taş, B., 1999. Bitki ıslahında mutasyonların yeri ve mutasyonla geliştirilebilecek bitki özellikleri. *Hasad Dergisi*, 165 (14): 40-41.
- Woodward, F.I., 1987. Stomatal numbers are sensitive to increases in CO<sub>2</sub> from pre-industrial levels. *Nature*, 327: 617-618.
- Woodward, F.I., 1993. Plant responses to past concentrations of CO<sub>2</sub>. *Vegetatio*, 104/105: 145-155.
- Yentürk, S., 1984. Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Yayınları No: 191, 89-105, İstanbul.
- Yıldırım, Z., 1991. Androjenetik Patates Haploidleri Üzerinde Morfolojik ve Sitolojik Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), 93 s., İzmir.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 121, Ankara.

## ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ KURUPELİT KAMPÜS TOPRAKLARININ BAZI MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ VE İŞLENEBİLİRLİKLERİ

Coşkun GÜLSER Feride CANDEMİR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 55139-SAMSUN

Geliş Tarihi: 20.02.2006

**ÖZET:**Bu çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüs alanında yer alan toprak serilerinin Atterberg limitleri, hacimsel büzülme, doğrusal büzülme, doğrusal uzama katsayıları (COLE) ve kıvam indeksleri (Ic) gibi mekaniksel özellikleri belirlenmiş, bu özellikler dikkate alınarak toprakların işlenebilirlikleri değerlendirilmiştir. En yüksek likit limit (LL, %88.67) ve plastik limit (PL, %42.28) değerleri Oyumca serisinde, en düşük LL (%57.55) ve PL (%30.11) değerleri ise Aksu serisi topraklarında belirlenmiştir. LL ve plastiklik indeksi (Pİ) değerlerine göre bütün topraklar fazla plastik inorganik killer grubunda sınıflandırılmıştır. İncesu ve Kurupelit serilerindeki topraklar smektit grubu kil mineralince daha zengin olmaları nedeniyle diğer serilerdeki topraklara göre daha yüksek büzülme limiti ve hacimsel büzülme değerleri göstermişlerdir. COLE değerlerine göre İncesu, Oyumca ve Kurupelit Serilerindeki topraklar çok yüksek, Müzmüllü ve Aksu Serilerindeki topraklar ise yüksek şişme-büzülme potansiyeline sahiptirler. Toprakların Pİ değerleri %27.44 ile %47.22 arasında değişmiş ve Aksu < Kurupelit < Müzmüllü < Oyumca < İncesu sıralamasıyla artmıştır. Geniş Pİ değerlerine sahip İncesu ve Oyumca serilerindeki topraklar çok ıslakken işlendiklerinde balçıklaşma tehlikesi daha fazladır. OMÜ Kurupelit kampüsünde yer alan toprak serilerinde en uygun toprak işleme için maksimum nem içeriği, kıvam indeksinin yaklaşık 1.0'e eşit olmasını sağlayan tarla kapasitesindeki nem değerleri veya PL'in %90'ındaki nem değerleri olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atterberg limitleri, COLE, kıvam indeksi, toprak işlenebilirliği

### SOME MECHANICAL PROPERTIES AND WORKABILITY OF ONDOKUZ MAYIS UNIVERSITY KURUPELİT CAMPUS SOILS

**ABSTRACT:** In this study, Atterberg limits and some mechanical properties such as volumetric change, lineal shrinkage, coefficient of lineal extensibility (COLE) and consistency indexes of Soil Series in Ondokuz Mayıs University Kurupelit Campus were determined and according to these properties, workability of soils was evaluated. While the highest liquid limit (LL, 88.67%) and plastic limit (PL, 42.28%) values were determined in Oyumca series soils, the lowest LL (57.55%) and PL (30.11%) values were in Aksu series soils. According to LL and plasticity index values, all soils were classified within high plastic inorganic clays group. Soils in İncesu and Kurupelit series showed higher shrinkage limit and volumetric change compared with the other soil series because of having higher smectit clay minerals. According to COLE values, soils in İncesu, Oyumca and Kurupelit series have very high shrink-swell potential, soils in Müzmüllü and Aksu series have high shrink-swell potential. PI values in the soil series increased as follows: Aksu < Kurupelit < Müzmüllü < Oyumca < İncesu, and varied between 27.44% and 47.22%. Soils in İncesu and Oyumca series, having large PI values, have a risk of being muddy when they were cultivated too wet. Maximum soil water content for optimum tillage of Soil Series in Ondokuz Mayıs University Kurupelit Campus was determined as the moisture content in field capacity which provides a consistency index about 1.0 or 90 % of the water content at the PL.

**Keywords:** Atterberg limits, COLE, consistency index, soil workability

### 1. GİRİŞ

Bir toprağın kıvam düzeyi sahip olduğu nem miktarıyla ilişkilidir ve genelde toprak ıslakken akışkan, nemliyen yapışkan ve kuru olduğunda katı durumdadır. Farklı topraklar değişik nem içeriklerinde farklı kıvam düzeylerine sahiptirler. Toprakların kıvam-nem ilişkileri 1911 yılında toprak fizikçisi Atterberg tarafından geliştirilen ve toprakların gravimetrik nem içeriklerini esas alan bir metotla ifade edilmiştir. Toprakların sahip oldukları nem miktarına göre buldukları kıvam durumunu ifade eden likit limit, plastik limit ve büzülme limitleri, Atterberg limitleri olarak adlandırılmıştır. Kuru bir toprağa su ilave edildiğinde yapışkanlık göstermeye başladığı andaki nem içeriği plastik limit, su içeriğinin daha da artırılmasıyla toprağın akmaya başladığı andaki nem içeriği ise likit limitdir. Likit limit ile plastik limit arasındaki sayısal fark ise plastiklik indeksi olarak adlandırılır (Baumgarti, 2002).

Atterberg limitleri genelde mühendislik amaçlı olarak daha çok yerleşime açılan arazilerde toprakların şişme büzülme gibi mekaniksel özelliklerini

belirlemede kullanılır (Thomas ve ark., 2000). Topraklar değişik nem düzeylerinde işlendiklerinde tarım alet ve makinelerine karşı farklı direnç gösterebilmekte, strüktürlerinde değişimler meydana gelebilmekte veya sıkışmaları sonucu taban taşı oluşturmaktadır. Bu nedenle, tarımsal açıdan Atterberg limitleri toprakların sahip oldukları nem miktarıyla işlenebilirlikleri arasındaki ilişkileri ortaya koyması bakımından önemlidir. Toprakların işlenebilirlik durumlarının plastik limitle ilişkili olması arazi şartlarında toprak kıvamının gözlenebilmesi açısından önemlidir (Smedema, 1993; Dexter ve Bird, 2001). Tarım toprakları çok yüksek nemde işlendiklerinde balçıklaşmaya veya çok düşük nem koşullarında işlendiğinde ise toz veya kesek oluşumuna neden olunabilmektedir (Mueller ve ark., 2003). Toprak işlemenin genelde uygun tohum yatağı hazırlanması veya bitki gelişimi için yapıldığı düşünülürse her iki durumda da istenilmeyen toprak yapısı oluşur. Bir toprağın strüktürünü bozmadan, koruyarak işlenmesine olanak sağlayacak maksimum nem düzeyinin bilinmesi büyük öneme sahiptir.

Toprakların işlenmeye karşı dirençleri sıkışabilirlikleriyle tanımlanabilir. Sıkışabilirlikleri ise Atterberg limitleriyle yakından ilişkilidir (McBride ve Bober, 1989). Toprakların dirençleri büyük ölçüde sahip oldukları kapillar suyun enerji durumuyla ilişkilidir. Atterberg limitleri tekstür ile yakından ilişkili olan nem karakteristik eğrisindeki toprak su potansiyelini yansıtmaktadır (McBride, 1989). Demiralay ve Güresinli (1979) Erzurum ovası topraklarının kıvam limitleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri incelemiş, toprakların işlenmeye uygunluklarını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada ise OMÜ Kampüsü alanında bulunan toprak serilerinin Atterberg limitleri, doğrusal uzama katsayıları, kıvam indeksleri, hacimsel büzülme değerleri ve doğrusal büzülme katsayıları gibi mekaniksel özellikleri belirlenerek, toprak işleme açısından değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOT

OMÜ Kurupelit kampüsünde yer alan İncesu, Müzmüllü, Oyumca, Aksu ve Kurupelit serilerine ait yüzey toprak örnekleri (0-20cm) Kara ve ark. (1993)'nın belirttiği alanlardan 7-15 Mayıs, 2004 tarihleri arasında alınmıştır. Laboratuvarında havada kurutulan toprak örnekleri, tahta tokmakla ufalandıktan sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve analize hazır duruma getirilmiştir.

Toprak örneklerinde kum, silt, kil fraksiyonları hidrometre metoduyla (Day, 1965), pH ve  $EC_{25^{\circ}C}$  değerleri 1:1 toprak:su oranında pH metre ve elektriksel kondaktivite aletiyle (Bayraklı, 1987), organik madde (OM) içerikleri organik karbonun oksidasyonuyla Walkley-Black metoduna göre (Kacar, 1994), kireç içerikleri Scheibler kalsimetresiyle  $CaCO_3$ 'ün hidroklorik asitle nötralizasyonundan açığa çıkan  $CO_2$  gazının hacminin ölçülmesiyle belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966). Toprakların hacim ağırlıkları silindir metoduyla, tarla kapasiteleri (TK) doymuş duruma getirilmiş toprak örneklerinin 1/3 atm de basınçlı tabla aletinde sabit nem içeriğine gelinceye kadar bekletilmeleriyle bulunmuştur (Demiralay, 1993). Toprak serilerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Toprak örneklerinin likit limit (LL) Casagrande aletiyle, plastik limit (PL) toprakların 3mm çapında bir çubuk şeklinde yuvarlandığında ufalanmaya başladığı andaki nem miktarı olarak, plastiklik indeksi (PI) likit limit ile plastik limit arasındaki farktan, büzülme limitleri (BL) Demiralay (1993)'a göre belirlenmiştir. Büzülme indeksi (Bİ), PL ile BL arasındaki farktan, kıvam indeksi (Ic) likit limit ile

tarla kapasitesi arasındaki farkın plastiklik indeksine oranlanmasıyla aşağıdaki eşitlikten bulunmuştur (Baumgarti, 2002);

$$Ic = \frac{LL - TK}{PI} \quad (1)$$

Toprak örneklerinde hacimsel büzülme (HB), doğrusal büzülme (DB) değerleri AASHTO (2001)'a göre ve doğrusal uzama katsayıları (COLE) ise Soil Survey Staff (1996)'a göre belirlenmiştir. Toprakların doğrusal büzülme (DB) ve doğrusal uzama (COLE) katsayıları aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır;

$$DB = \left( 1 - 3 \sqrt{\frac{100}{HD + 100}} \right) \quad (2)$$

$$COLE = 3 \sqrt{\frac{HA(k)}{HA(w)}} - 1 \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te HA(k) ve HA(w) toprak kütlesinin sırasıyla kuru ve ıslak hacim ağırlıklarını ifade etmektedir.

Toprakların kil içerikleri ile Atterberg limitleri arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak Steel ve Torrie (1980)'e göre değerlendirilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Toprak Serilerinin Atterberg Limitleri ve Diğer Bazı Mekaniksel Özellikleri

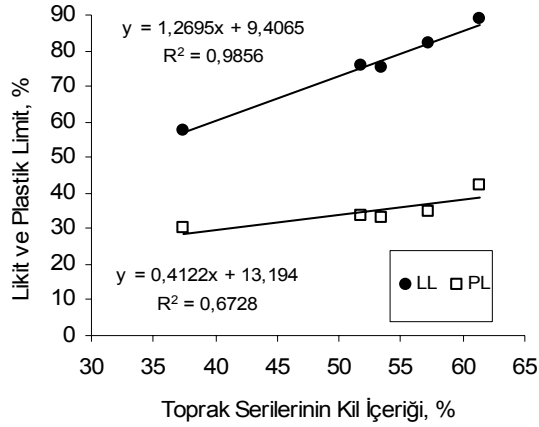
OMÜ Kurupelit Kampüsünde bulunan toprak serilerinde belirlenen Atterberg limitleri ve bazı mekaniksel özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. En yüksek LL (%88.67) ve PL (%42.28) değeri en yüksek kil içeriğine sahip olan Oyumca serisinde belirlenirken, en düşük LL (%57.55) ve PL (%30.11) değeri en düşük kil içeriğine sahip Aksu serisinde belirlenmiştir. Demiralay ve Güresinli (1979) yaptıkları çalışmada, bir toprağı LL değerlerine göre % 30'dan düşük olduğunda "az" % 30-50 arasında olduğunda "orta" ve %50'den fazla olduğunda ise yüksek derecede plastikliğe sahip olarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada LL değerlerinin tamamı % 50'den fazla olduğundan bütün serilerde yer alan topraklar yüksek plastikliğe sahip bulunmuştur. LL ve PL limit değerleri toprakların kil içeriği, kil tipi, organik madde içeriği ve değişebilir katyonların cinsiyle değişim göstermekte, genellikle organik madde ve kil içeriğinin artmasıyla LL ve PL limit değerlerinin de arttığı bilinmektedir (Smith et al., 1985; Demiralay ve Güresinli, 1979; Baumgarti, 2002; Gülser ve Candemir, 2004).

Çizelge 1. OMÜ Kampüsünde bulunan toprak serilerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Serileri	Kil %	Silt %	Kum %	Tekstür sınıfı	Hacim ağırl. g/cm <sup>3</sup>	TK %	CaCO <sub>3</sub> %	OM %	pH (1:1)	EC dS/m
İncesu	57.30	24.30	18.40	C	1.18	36.89	0.75	4.10	6.69	0.505
Müzmüllü	53.47	26.10	20.43	C	1.06	30.40	0.16	3.65	7.16	0.630
Oyumca	61.40	23.10	15.50	C	1.15	37.71	3.10	3.80	5.74	0.380
Aksu	37.49	26.80	35.71	CL	1.30	26.69	0.34	3.32	6.13	0.340
Kurupelit	51.74	22.62	25.64	C	1.12	34.75	0.51	2.83	7.00	0.589

Çizelge 2. Toprak Serilerinin Atterberg limitleri, Hacimsel Büzülme (HB), Doğrusal Büzülme (DB), Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE) ve Kıvam İndeksi (Ic) değerleri

Seriler	LL	PL	BL	Pİ	Bİ	HB	DB	COLE	Ic
İncesu	81.99	34.77	14.02	47.22	20.75	12.19	3.76	0.95	0.96
Müzmüllü	74.98	32.77	5.62	42.21	27.15	10.94	3.35	0.65	1.06
Oyumca	88.67	42.28	7.38	46.39	34.90	11.46	3.55	0.96	1.09
Aksu	57.55	30.11	11.95	27.44	18.16	6.88	2.19	0.71	1.12
Kurupelit	75.68	33.80	12.41	41.88	21.39	12.07	3.62	0.91	0.98



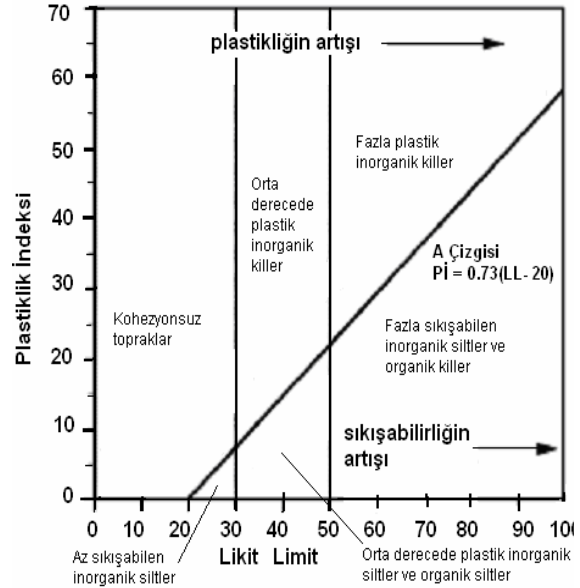
Şekil 1. Toprak serilerinin kil içerikleri ile likit ve plastik limit değerleri arasındaki ilişkiler

Serilere ait toprakların organik madde içeriklerinin orta ve yüksek düzeyde olması da LL ve PL değerlerinin artmasına neden olmuş olabilir. İncelenen toprak serilerinin kil içerikleri, LL ( $r=0.993^{**}$ ) ve PL ( $r=0.820^{**}$ ) değerleri ile çok önemli pozitif ilişkiler vermiştir (Şekil 1). Munsuz (1985)'ün bildirdiğine göre toprakların LL değeri %50 ve daha yukarı ise genellikle montmorillonit, % 50'den daha az ise kaolinit ve benzeri mineralleri içermektedirler. Kara ve ark. (1993), OMÜ Kampus alanında yer alan toprak serilerine ait yüzey horizonlarının tamamında smektit grubu kil mineralinin bulunduğunu bildirmişlerdir (Çizelge 3). Seri topraklarında LL ve PL limit değerlerinin yüksek olması muhtemelen smektit grubu kil tipi ve toplam kil miktarının fazla olması ile ilişkilidir. Yapışkanlık özelliğine sahip topraklar Şekil 2'de gösterildiği gibi Atterberg limitleri ve plastiklik diyagramına göre altı ayrı bölgede gruplandırılır (Munsuz, 1985).

Çizelge 3. Toprak serilerinin yüzey horizonlarına ait kil mineralojileri (Kara ve ark., 1993)

Seriler		Smektit	İllit	Kaolinit
İncesu	Bolluk Krist.	++++ ***	+ ***	+ ***
Müzmüllü	Bolluk Krist.	++ ***	+ ****	- -
Oyumca	Bolluk Krist.	+ ***	- -	- -
Aksu	Bolluk Krist.	+ ***	- -	- -
Kurupelit	Bolluk Krist.	+++ **	- -	- -

Bolluk: ++++ = Çok, +++ = Orta, ++ = Az, + = Çok Az, Kristalizasyon Derecesi: \*\*\* = Kötü, \*\*\*\* = Orta, \* = İyi.



Şekil 2. Toprakların plastiklik diyagramına göre sınıflandırılması

LL ve Pİ değerleri dikkate alındığında OMÜ Kampüsünde bulunan serilere ait toprakların tamamının fazla plastik inorganik killer grubuna girdiği görülmektedir.

Büzülme limiti (BL) toprak kütesinin hacminde daha fazla bir azalma oluşturmayacak şekilde su içeriğindeki maksimum azalma olarak tanımlanmaktadır (AASHTO, 2001). Islak toprak kütesinden su buharlaştıkça hacim azalır. Belirli bir noktadan sonra hacimle ağırlık arasındaki ilişki yatay duruma gelir. Kütledeki azalmaya karşılık toprak hacminin aynı kaldığı nokta büzülme limitidir. Toprak serileri içerisinde en yüksek büzülme limitleri sırasıyla İncesu (%14.02) ve Kurupelit (%12.41) serilerinde, en düşük büzülme limiti ise Müzmüllü serisinde (%5.62) belirlenmiştir.

İncesu ve Kurupelit serilerinde yer alan toprakların smektit grubu kil minerallerinin bolluk açısından sırasıyla çok ve orta şeklinde diğer serilere göre daha fazla olması (Çizelge 4), bu toprakların BL değerlerinin de artışına neden olmuştur. LL ile PL ( $r=0.868^{**}$ ) kendi aralarında çok önemli pozitif ilişki göstermelerine rağmen, bu limit değerleri BL ile ilişki vermemişlerdir. Munsuz (1985), büzülme limitinin tek başına önemli olmadığını, diğer plastik limitler ile olan ilişkisinin her zaman aynı düzeyde bulunmadığını bildirmiştir.

LL ile PL arasındaki fark olarak tanımlanan plastiklik indeksi, toprağın plastiklik gösterdiği nem aralığının bir ölçüsü olması bakımından önemlidir. En



Çizelge 4. Atterberg limitleri, mekaniksel özellikler ve toprak işleme arasındaki ilişkiler (Baumgarti, 2002)

Kıv.İnd.(Ic)	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.30	
Limit Değer	LL		PL			BL	
İndeks	PI		BI				
Kıvam Durumu	Çamur	Çok Yumuşak	Yumuşak	Deforme olabilir	Katı	Orta Sert	Sert
Sıkışma Direnci (kPa)	<25	25-50	50-100	100-200	200-400	>400	
İşlenebilirlik (pozitif,+; negatif,-)	-	-	-	-	+	-	

yüksek Pİ değeri İncesu serisinde (%47.22), en düşük Pİ değeri (%27.44) ise Aksu serisinde bulunmuştur. Atanur (1973), kireç miktarının artmasıyla az plastik veya plastik olmayan topraklarda LL ve PL değerlerinin arttığı ve Pİ'nin azaldığını, çok plastik topraklarda ise LL azalıp PL artarak Pİ'sinin azaldığını bildirmiştir. Bu çalışmada da en yüksek kil (%61.4) ve CaCO<sub>3</sub> (%3.10) içeriğine sahip Oyumca serisinin PL değeri (%42.28) diğer serilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum Pİ değerinde de azalmaya neden olmuştur. Büzülme indeksi, plastik limit ve büzülme limitleri arasındaki farkı ifade etmekte ve toprağın bu nem aralıklarında işlenebilirliğini göstermektedir (Baumgarti, 2002). En yüksek Bİ (%34.90) Oyumca serisinde, en düşük Bİ (%18.16) ise Aksu serisinde belirlenmiştir.

Hacimsel büzülme (HB), bir toprağın tarla kapasitesi veya herhangi bir nem değerinin büzülme limitindeki nem değerine azalması durumunda toprak hacminde meydana gelen değişimi ifade etmektedir (AASHTO, 2001). Doğrusal büzülme (DB) değerleri ise büzülme limiti değerine kadar nem azalmasıyla hacimsel büzülmenin tek boyutlu olarak ifade edilmesidir. Eşitlik (2)'den hesaplanan DB değerlerinin seri topraklarındaki gösterdiği değişimler HB değerleri ile benzerdir. Toprak serilerinin tarla kapasitesindeki nem içeriklerinin büzülme limitindeki nem değerlerine azalması durumunda, en yüksek HB (%12.19) ve DB (%3.76) değerleri İncesu serisinde, en düşük HB (%6.88) ve DB (%2.19) değerleri ise Aksu serisinde belirlenmiştir. Toprak serilerinin kil içerikleri ile hacimsel büzülme ve DB değerleri arasında da çok önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur (sırasıyla r=0.884\*\* ve r=0.909\*\*). Özellikle yüksek oranda şişme ve büzülme özelliği gösteren smektit grubu kil minerallerince zengin olan İncesu ve Kurupelit serisine ait topraklar diğerlerine göre daha yüksek hacimsel değişim oranları göstermişlerdir. Bu serilerdeki toprakların yüzeylerinde ıslanmayı takip eden kuruma anlarında özellikle Aksu serisindeki topraklarla karşılaştırıldığında daha geniş ve derin çatlaklar oluşabileceği anlaşılmaktadır.

Doğrusal uzama katsayıları (COLE) toprakların şişme büzülme potansiyellerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Thomas ve ark.(2000)'nın bildirdiğine göre COLE değerleri dikkate alındığında toprakların şişme-büzülmeleri; düşük (COLE < 0.03), orta (COLE 0.03-0.06), yüksek (COLE 0.06-0.09) ve çok yüksek (COLE > 0.09) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu

sınıflandırmaya göre İncesu, Oyumca ve Kurupelit Serilerindeki topraklar çok yüksek, Müzmüllü ve Aksu Serilerindeki topraklar ise yüksek şişme ve büzülme özelliğine sahiptirler (Çizelge 2).

Kıvam indeksi (Ic) toprağın herhangi bir nem değerindeki kıvam durumunu ifade etmekte olup 1.0 değerine yaklaştıkça toprağın plastik (Ic=1.0'de PL) ve 0 değerine yaklaştıkça ise toprağın akışkan (Ic=0'da LL) özelliğe sahip olduğunu göstermektedir (Baumgarti, 2002). Bu çalışmada, TK'ndeki nem değerleri dikkate alınarak Eşitlik (1) den hesaplanan kıvam indeksleri 0.96 ile 1.12 arasında değişim göstermiştir. Bu durum bütün serilerdeki toprakların tarla kapasitesi nem değerlerinde plastik özellik gösterdiğini açıklamaktadır.

### 3.2. OMÜ Kurupelit Kampüsü Topraklarının İşlenebilirlikleri

Atterberg limitleri tarımsal açıdan değerlendirildiğinde, Pİ küçükse balçıklaşmaya yol açmadan toprak işleme mümkün, Pİ büyükse önemli derecede balçıklaşma tehlikesi bulunmaktadır (Demiralay ve Güresinli, 1979; Mueller ve ark. 2003). OMÜ Kampusunda yer alan toprak serilerinin Pİ değerleri Aksu < Kurupelit < Müzmüllü < Oyumca < İncesu sıralamasıyla artmıştır. Bu değerler dikkate alındığında İncesu ve Oyumca serilerinde toprak işleme esnasında balçıklaşma tehlikesinin diğer serilere göre daha fazla olduğu ve bu nedenle uygun nem düzeylerinde işlenmelerinin önemi anlaşılmaktadır.

Atterberg limitleri ve mekaniksel özellikler dikkate alınarak bir toprak üzerindeki trafığın etkisi, toprağın kıvam fazı ve işlenebilirlik durumunu gösteren değerlendirmeler Çizelge 4'te verilmiştir. Bu değerlendirmeye göre tarımsal açıdan en uygun toprak işleme, sıkışma direnci 100 kPa'dan fazla olan katı fazdaki toprağın kıvam indeksini (Ic) 0.75 ile 1.0 arasında sağlayabilecek nem aralığıdır. Özellikle kil içeriği yüksek olan toprağın fazla kuru olması işlemeyi güçleştirecek, enerji girdisini artıracaktır. Kıvam indeksinin 0.75'den daha az olduğu anda işleme yapılması durumunda toprak strüktüründe bozulmalara neden olunacaktır. Bu durum hidrolik iletkenlik, havalanma, bitki besin elementlerinin alınımını azaltacak, bitki gelişimi ve mikrobiyal aktiviteyi olumsuz etkileyecektir (Baumgarti, 2002).

Çizelge 5. Seri topraklarının işlenebilirlikleri için uygun nem aralıkları

Seriler	Ic = 0.75	Ic = 1.0	%90 PL
İncesu	46.6	34.8	31.3
Müzmüllü	43.3	32.8	29.5
Oyumca	53.9	42.3	38.1
Aksu	37.0	30.1	27.1
Kurupelit	44.3	33.8	30.4

Dexter ve Bird (2001) ise toprak işlenebilirliği için optimum nemin, toprak işleme sonucunda en fazla sayıda küçük agregatların elde edilebildiği nem içeriği olduğunu ve bu değerinde plastik limitteki nem düzeyinin yaklaşık %90'ına eşit olduğunu belirtmişlerdir. Mueller ve ark. (2003) ise yapışkan özellik gösteren topraklarda en uygun işleme için maksimum nem içeriğinin kıvam indeksin 1.15'indeki nem ve PL'deki nemin %90'ı olduğunu bildirmişlerdir.

OMÜ Kurupelit kampüsündeki serilere ait toprakların işlenmesi için uygun kabul edilen 0.75 ve 1.0 kıvam indekslerini sağlayabilecek Eşitlik (1)'den hesaplanan nem değerleri ve plastik limitin %90'ındaki nem değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Petelkau (1984) en uygun toprak işlemenin -5 kPa matrik potansiyelde tutulan nemde gerçekleştiğini ve bu değerinde tutulan nemin killi topraklarda %50-65, tınlı topraklarda %40-75 ve tınlı kum bünyeli topraklarda %20-85 aralıklarında değiştiğini belirtmiştir. Serilerdeki toprakların optimum işlenmeleri için en uygun nem düzeyinin üst sınırı kıvam indeksinin  $I_c=0.75$  değerini sağladığı %37.0 ile %53.9 arasında ve alt sınır ise PL'in %90'ını oluşturan %27.1 ile %38.1 arasında değişmektedir. İncesu ve Kurupelit serilerinin kıvam indekslerinin 0.75 ile 1.0 arasında olup tarla kapasitesindeki nem düzeylerinde işlenmeleri uygun olacaktır (Çizelge 2). Müzmüllü, Oyumca ve Aksu serilerindeki toprakların kıvam indekslerinin 1.0'ın hafif üstünde olmasına rağmen TK'ndeki nem değerlerinin (Çizelge 2) PL değerlerinin yaklaşık %90'ına eşit olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇ

OMÜ Kurupelit kampüsündeki serilere ait topraklar yüksek kil içeriklerine sahip olmaları ve smektit grubu kil minerali içermeleri nedeniyle yüksek LL ve PL değerlerine sahip olup plastik özelliği göstermektedirler. Serilere ait topraklarda en uygun işlemenin tarla kapasiteleri civarındaki nem düzeylerinde olacağı belirlenmiştir. TK değerlerinin üstündeki işlemler özellikle İncesu ve Kurupelit topraklarında balçıklaşmaya neden olabileceği, TK altındaki nem değerinde yapılacak işlemlerde ise daha fazla enerji gerektireceği anlaşılmaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

AASHTO, 2001. Standard method of test for determining the shrinkage factors of soils. Am. Ass. State Highway and Transport. Officials, T-92-97. Washington, D.C.  
Atanur, A., 1973. Kireç stabilizasyonu ve yol yapımındaki tatbikatı. Bayın. Bak. Karayolları G.M. Yayın No:208.

Baumgarti, T., 2002. Atterberg limits. Encyc.of Soil Sci. Marcel Dekker Inc. pp:89-93.  
Bayraklı, F., 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi yayınları, Yayın no:17, s:77.  
Day, P.R., 1965. Particle fractionation and particle size analysis. p. 545-567 in C.A. Black, ed. Methods of soil analysis. Agronomy No:9, Part I ASA., Madison WI.  
Demiralay, İ. ve Y.Z. Güresinli, 1979. Erzurum Ovası topraklarının kıvam limitleri ve sıkışabilirliği üzerinde bir araştırma. Atatürk Ün. Zir. Fak.,Der. 10(1-2):77-93.  
Demiralay, İ., 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniv. Zir. Fak. yayınları. Erzurum, 111-120.  
Dexter, A.R., Bird, N.R.A.2001.Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil Till.Res. 57:203-212.  
Gülser, C., Candemir, F. 2004. Changes in Atterberg limits with different organic waste applications. Natural Resource Management for Sustainable Development, Int. Soil Con., SSST, Atatürk Univ., Erzurum, Turkey.  
Hızalan, E., Ünal, H., 1966. Toprakta önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları 278,5-7.  
Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak analizleri.Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araş. ve Gel.Vakfı Yay., No:3 Ankara.  
Kara, E.E., M. Apan, A. Korkmaz, C. Gülser, Kara, T., 1993. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Etüt ve Haritalanması, Sulama Yönünden Özelliklerinin Belirlenmesi. O.M.Ü. Proje Sonuç Raporu (Z-073), Samsun.  
McBride, R.A., Bober, M.L., 1989. A Re-examination of alternative test procedures for soil consistency limit determination: I. A compression-based procedure. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:178-183.  
McBride, R.A., 1989. A Re-examination of alternative test procedures for soil consistency limit determination: II. A simulated desorption procedure. SSSAJ, 53:184-191.  
Mueller, L., Schindler, U., Fausey, N.R., Lal, R., 2003. Comparison of methods for estimating maximum soil water content for optimum workability. Soil Till. Res. 72:9-20.  
Munsuz, N., 1985. Toprak mekaniği ve teknolojisi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak. Yayınları: 922, Ders Kitabı:260, Ankara.  
Petelkau, H., 1984. Auswirkungen von Schadverdichtungen auf Bodenigenschaften und Pflanzenenertrag sowie Massnahmen zu ihrer Minderung. Grundlagen und Verfahren der rationellen Bodenbearbeitung und Erschliessung des Unterbodens fuer Pflanzen. Akademia der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Tagungsbericht Nr. 227:25-34.  
Smedema, L.K., 1993. Drainage performance and soil management. Soil Technol. 6:183-189.  
Smith, C.V., A. Hadas, J. Dan, H. Koyumdjisky, 1985. Shrinkage and Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. Geoderma, 35(1):47-65.  
Soil Survey Staff, 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manuel. Soil Surv. Investigations Rep. 42. Ver. 3. National Soil Survey Center, Lincoln, NE.  
Steel, R.G.D. and J.H. Torrie, 1980. Principle and Procedures of Statistics. Mc Graw-Hill Company, New York.  
Thomas, P.J., J.C. Baker, L.W. Zelazny, 2000. An expensive soil index for predicting Shrink-swell potential. Soil Sci. Soc. Am. J., 64:268-274.

## AŞINMIŞ TOPRAKTA TÜTÜN ATIĞI VE PAM UYGULAMASININ EROZYONA KARŞI DUYARLILIK İLE AZOT VE FOSFOR YARAYIŞLILIĞINA ETKİLERİ

Zekiye COŞKUN Nutullah ÖZDEMİR Elif ÖZTÜRK  
O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 01.03.2006

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı farklı düzeylerde aşınmaya uğramış bir toprağın özelliklerinin iyileştirilmesi ile domates bitkisi için yarayışlı azot ve fosfor kapsamına polyacrylamide (PAM) ve tütün atığı (TA) gibi çeşitli organik madde kaynaklarının etkilerinin belirlenmesidir. Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Samsun yöresinde bulunan ve üzerinde tarım yapılan bir arazinin 0–20 cm derinliğinden alınmıştır. Araştırma konusu topraklar; ince bünyeli, düşük derecede organik madde içeriğine (%0.83–1.00) ve orta derecede alkali reaksiyona (pH, 8.0–8.1) sahiptirler. Bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülen çalışmada tütün atığı ve PAM düzenleyicileri topraklara kontrol dahil 4 farklı düzeyde ve üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Dört haftalık inkübasyon periyodundan sonra bütün saksılarda domates bitkisi yetiştirilmiştir. Sonuç olarak organik madde uygulamasının aşınmış toprağın erozyon oranı değerini önemli ölçüde azalttığı, bitkilere elverişli azot ve fosfor miktarını ise artırdığı saptanmıştır. Uygulamaların etkinliği organik kaynağın çeşidine, uygulama dozuna ve toprak aşınım seviyelerine bağlı olarak değişmiştir. Tütün atığı erozyona karşı duyarlılık ile azot ve fosfor içerikleri üzerinde daha etkili olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Erozyon, organik düzenleyiciler, aşınabilirlik, azot, fosfor

### EFFECTS OF TOBACCO WASTE AND POLYACRYLAMIDE TREATMENT ON ERODIBILITY, NITROGEN AND PHOSPHORUS AVAILABILITY IN THE ERODED SOIL

**ABSTRACT:** The objective of the study was to restore properties of a soil eroded in different levels and determine effects of various organic matter sources such as tobacco waste (TW) and polyacrylamide (PAM) to available nitrogen and phosphorus contents of tomato plant. Soil samples were taken from field soil (0-20cm depth) in Samsun. The soils have fine texture, low organic matter content (%0.83-1.00) and moderate alkaline reaction. The experiment was arranged in a randomized factorial block design with four different levels of organic matter sources and three replicates. After four weeks incubation period, tomato plant was grown in all pots. The results can be summarized as organic matter treatment decreased the erosion ratio value of the eroded soil and increased available nitrogen and phosphorus levels for plants. Effectiveness of the treatments varied depending on the types and doses of organic source and soil erodibility levels. Tobacco waste is more effective on erodibility, nitrogen and phosphorus contents.

**Keywords:** Erosion, organic conditioners, erodibility, nitrogen, phosphorus

## 1.GİRİŞ

Toprak erozyonu üretkenliği negatif yönde etkileyerek tarım arazileri için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Pimentel ve ark., 1995). Türkiye topraklarının yaklaşık 4/5' i erozyondan etkilenmiş olup bu alanlardaki düşük tarımsal üretim, önceki erozyon olayları ile ilişkilidir (Özdemir, 2002). Üreticiler erozyonla mücadele ve verimliliğin iyileştirilmesinde mekanik önlemler, organik ve inorganik düzenleyicilerin kullanılması gibi çok sayıda seçeneğe sahiptirler. Ancak fazla miktarda aşınmaya uğramış topraklarda büyük miktardaki ticari düzenleyici kullanımı aşınmaya uğramamış alanlar kadar üretimi artırmamaktadır (Olson, 1977; Mbagwu ve ark., 1984).

Izaurrealde ve ark. (1997), iki farklı toprakta yüzey toprağının yapay yolla uzaklaştırılmasının (0, 10 ve 20cm) ticari düzenleyici kullanımı ile restorasyonu ve ürün verimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, üst toprağın taşınma derinliğinin artmasına bağlı olarak buğday veriminin ciddi şekilde azaldığı, N ve P ilavesinin aşındırılmış toprağın verimini artırdığı ancak ürünün benzer düzenleyici uygulamaları altındaki aşındırılmamış parsellerden elde edilen üründen düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Zibilski ve ark. (2000), kağıt fabrikası atıkları uygulamasının toprak özellikleri ile organik karbon içeriği üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada toprak özelliklerinin olumlu yönde geliştiğini ve erozyona karşı dayanıklılığın arttığını ifade etmişlerdir.

Sojka ve ark. (2001), PAM uygulamasının etkilerini değerlendirmek üzere yaptıkları araştırmada PAM'ın sedimentle taşınan N, toplam P, pestisitler, yabancı ot tohumları ve yüzey akışta mikroorganizmaların kaybını azaltarak yüzey akış suyunun kalitesini artırdığını ve erozyon kontrolü sağladığını saptamışlardır.

Mokma ve Sietz, (1992), erozyona uğramış (fSL) alanlarda mısır dane verimindeki değişimi belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada erozyon derecesi arttıkça, organik karbon miktarı azalırken kil içeriği, hacim yoğunluğu, toprak pH' sı ve Ap horizonu' nun KDK' sının arttığını ifade etmişlerdir. Beş yıllık dönemin sonunda aşırı derecede erozyona uğramış alanlarda mısır ürününün hafif derecede erozyona uğramış alanlardan %21 daha az olduğunu ve mısırdaki olgunlaşmanın erozyonun artmasıyla biraz geciktiğini belirtmişlerdir.

Florcher ve ark. (2000), yaptıkları araştırmada toprakta 5, 10 ve 40 cm' lik yüzey tabakalarının uzaklaştırılmasının sorgum, yarfıstığı ve casava

bitkisinin verimliliği üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar iyi drenaj koşullarına sahip olan toprakta ürün verimlerinin üst toprağın uzaklaştırılması ile önemli derecede azaldığı ve düzenleyicilerin verimlilik kaybını telafi etmede yeterli olmadığını ifade etmişlerdir.

Barthes ve ark. (2000), doğal yağış koşullarında farklı yönetim uygulaması, eğim, yağış ve toprak yapısına sahip alanlarda yüzey toprağının (1–10 cm) agregat stabilitesi değerleri ile yüzey akış ve erozyon arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmacılar toprak işlemenin yoğunluğu ve süresi arttıkça, toprak yüzeyindeki örtü zayıfladıkça yıllık yüzey akış oranı ve toprak kaybının genellikle arttığını gözlemlemişlerdir.

Bu çalışma hafif, orta ve şiddetli derecede erozyona uğramış topraklarda tütün fabrikasyon atığı ve PAM uygulamasının toprağın erozyona karşı duyarlılığı ve toprakta bitkilere elverişli N ve P kapsamına etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan topraklar Samsun İli sınırları içerisinde Kurupelit Beldesi Aşağı Aksu Köyü ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsü arasında (36° 02' Doğu, 41° 19' Kuzey koordinatlarında) yer alan ve üzerinde tarım yapılan bir arazinin 0–20 cm derinliğinden alınmıştır. Örneklem yerinin seçiminde toprağın erozyona uğrama derecesi (toprağı oluşturan profilde meydana gelen değişimler) esas alınmıştır. Denemede kullanılan tütün atığı tek el Ballica sigara fabrikasından PAM ise ACROS (Belgium) firmasından temin edilmiştir.

Bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre sera koşullarında yürütülen çalışmada tütün atığı (%0.0, 2.0, 4.0 ve 6.0) ve PAM (0.0, 15.0, 30.0 ve 60.0 ppm) topraklara kontrol dahil dört farklı dozda ve üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Toprak örnekleri 4 hafta süre ile sera koşullarında inkübasyona bırakılmış ve saksılar iki günde bir tartılarak kaybolan su miktarı kadar çeşme suyu yeniden ilave edilmiştir. İnkübasyon döneminden sonra her bir saksıya bir adet domates fidesi (cy Tore F1) dikilerek 102 gün süre ile sera koşullarında deneme yürütülmüştür. Bu sürenin sonunda bitkiler hasat edilerek toprak örnekleri elle parçalanıp analize hazır hale getirilmiştir.

### 2.2. Yöntemler

Topraklarda pH 1:2.5 toprak su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre (Rowell, 1996); elektriksel

iletkenlik cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti (Bayraklı, 1987); organik madde Walkley-Black yöntemi (Nelson ve Sommers, 1982); kireç (CaCO<sub>3</sub>) Scheibler Kalsimetre yöntemi (Kacar, 1994); kation değişim kapasitesi Bower yöntemi (Kacar, 1994); tekstür Bouyoucos Hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993); azot yaş yakma (Kacar, 1994); fosfor mavi renk (Olsen ve ark., 1954) metotları kullanılarak belirlenmiştir.

Erozyon oranı değerleri toprağın saf su içerisinde dispers edilmesinden önce ve dispers edildikten sonra silt+kil fraksiyonlarının hidrometre ile ölçülmesi, kil içerikleri ve nem eşdeğeri (santrifüj yöntemi) verilerinden yararlanılarak bulunmuştur (Ngatunga ve ark., 1984).

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde TARİS bilgisayar paket programı ile çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanılmıştır (Yurtsever, 1984).

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Toprak Özellikleri

Toprakların deneme öncesi saptanan bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere farklı düzeylerde erozyona uğramış (hafif, orta, şiddetli) alanlardan alınan araştırma konusu toprak örnekleri ince tekstürlü bir bünyeye sahip olup kil içerikleri %53.1–59.4, silt içerikleri % 26.0–31.75, kum içerikleri 13.1–15.15 arasında değişmektedir. Toprakların pH değerleri (1:2.5 toprak-su) 8.0–8.1 arasında değişmekte olup orta derecede alkali bir reaksiyona sahiptirler. Toprakların serbest kireç içeriği değerleri % 16.6–21.9, kation değişim kapasitesi değerleri ise 21.4 – 37.4 me/100 g arasında değişmektedir.

Araştırma konusu topraklarda hafif, orta ve şiddetli derecede erozyona uğrama derecelerine paralel olarak kil içeriğinin, tuz içeriğinin, organik madde, toplam azot, bitkilere yararlı fosfor içeriklerinin azaldığı buna karşılık silt ve kireç içeriklerinin ise arttığı anlaşılmaktadır (Çizelge 1).

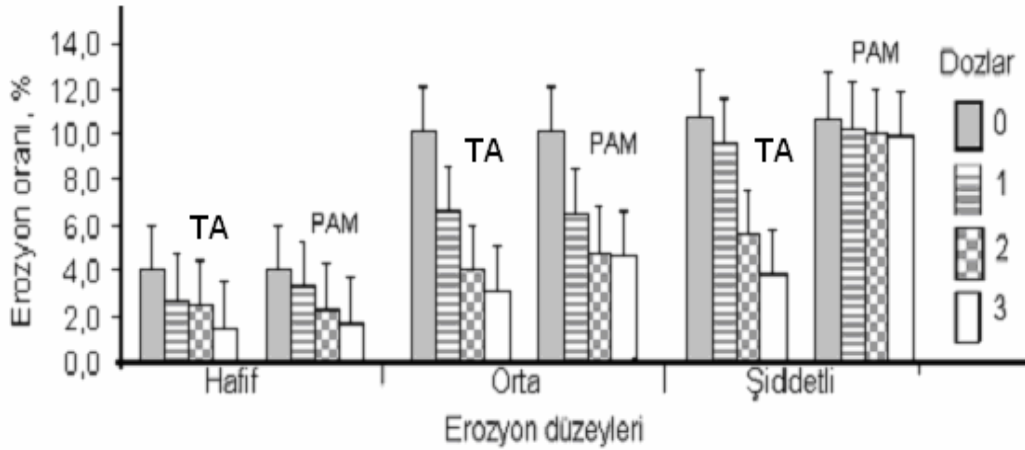
### 3.2. Erozyon Oranı

Farklı düzeylerde erozyona uğramış alanlardan alınarak tütün atığı ve PAM karıştırıldıktan sonra sera koşullarında domates bitkisi yetiştirilen toprak örneklerinde, bitkilerin hasadından sonra belirlenen erozyon oranı değerleri ile bu değerlerdeki değişimler Şekil 1'de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere topraklara ilave edilen düzenleyiciler çeşit, uygulama düzeyleri ve

Çizelge 1. Toprakların deneme öncesi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Erozyon Düzeyi	pH (1:2.5)	OM %	Krç %	EC $\mu$ mos/cm	Kum %	Silt %	Kil %	KDK me/100g	N %	P ppm
Hafif	8.0	0.99	16.6	0.78	14.6	26.0	5.4	37.4	0.089	1.81
Orta	8.1	0.84	19.4	0.65	13.1	30.85	56.05	23.9	0.074	1.78
Şiddetli	8.1	0.83	21.9	0.64	15.15	31.75	53.1	21.4	0.062	1.70

OM: organik madde, Krç: kireç, EC: elektriksel iletkenlik, KDK: kation değişim kapasitesi



Şekil 1. Topraklarda erozyon düzeyleri ile düzenleyicilerin çeşit ve dozlarına bağlı olarak erozyon oranı değerindeki değişimler

toprakların erozyona uğrama seviyelerine bağlı olarak erozyon oranı değerinde belirgin düşüşler sağlamıştır. Ortaya çıkan azalışlar uygulanan materyallerin düzeylerine bağlı olarak değişiklik göstermiş olup PAM uygulamasının yaptığı topraklarda erozyon oranı değerinde meydana gelen azalma tütün atığına oranla daha düşük seviyede gerçekleşmiştir

Erozyon oranı parametresi toprakların erozyona uğrama eğilimlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir kriter olup oran değeri % 10' dan küçük olan topraklar erozyona karşı dayanıklıdır (Lal, 1988). Bu sınır değer esas alınacak olursa, hafif derecede erozyona uğramış olan kontrol toprağın erozyona karşı dayanıklı, şiddetli ve çok şiddetli derecede erozyona uğramış olan kontrol topraklarının ise erozyona karşı dayanıksız (sınır değere yakın) oldukları ifade edilebilir. Yapılan uygulamalar dikkate alındığında tütün atığı ve PAM düzenleyicilerinin 1. dozdan sonraki uygulamalarının orta derecede erozyona uğramış toprakta indeks değerini verilen sınır değerinin altına düşürerek toprağın erozyona karşı dayanıklı hale gelmesini sağladığı anlaşılmaktadır. Şiddetli derecede erozyona uğramış toprakta tütün

atığı uygulamasının 1. dozundan sonraki uygulamaların toprakları dayanıklı hale getirdiği fakat aynı topraklarda PAM uygulamasının etkisinin önemli olmadığı saptanmıştır (Şekil 1).

Toprakların deneme sonundaki erozyon oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde erozyon seviyeleri ( $p < 0.01$ ), düzenleyiciler (tütün atığı ve PAM) ( $p < 0.01$ ) ve uygulama dozlarına ( $p < 0.01$ ) ilişkin kareler ortalamasının etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Bu sonuç, denemede kullanılan tütün atığı ve PAM ile uygulama düzeylerinin erozyon oranı üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarından erozyon düzeyi x düzenleyici, erozyon düzeyi x doz, düzenleyici x doz ve erozyon düzeyi x düzenleyici x doz interaksiyonlarının da önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 2). Erozyon oranı değerinde kontrole göre saptanan ortalama azalışlar (%) incelendiğinde PAM ile elde edilen azalışların daha düşük düzeyde gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Şekil 1).

Çizelge 2. Farklı düzeylerde düzenleyici karıştırılan toprakların erozyon oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesap. F	Alfa tipi hata ihtimali
Tekerrür	2	0.1	0.0	0.97	0.46
ErozyonDüzeiyi (A)	2	657.9	328.9	8449.13***	0.00
Hata 1	4	0.2	0.0		
Düzenleyiciler(B)	1	63.7	63.7	3074.39***	0.00
A*B	2	96.9	48.4	2336.04***	0.00
Hata 2	6	0.1	0.0		
Dozlar (C)	3	155.0	51.7	1698.98***	0.00
A*C	6	73.1	12.2	400.63***	0.00
B*C	3	54.2	18.1	593.61***	0.00
A*B*C	6	103.4	17.2	566.40***	0.00
Hata	42	1.1	0.0		
Genel	71	1205.6	17.0		

ön : önemsiz , \* : %5 alfa seviyesinde önemli, \*\* : %1 alfa seviyesinde önemli, \*\*\* : %0.1 alfa seviyesinde önemli

Çizelge 3'deki LSD testi verilerden toprakların deneme sonundaki erozyon oranı değerlerinin, atıklar, dozların etkileri ve erozyon düzeyleri bakımından önemli derecede farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Yapılan uygulamalar dikkate alındığında artan erozyon düzeylerinin deneme sonundaki erozyon oranı değerlerinin artmasına neden olduğu ve düzenleyici dozlarının artışına bağlı olarak toprakların erozyon oranı değerlerinin azalış gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 3. Farklı düzeylerde düzenleyici karıştırılan toprakların erozyon oranı değerlerine ilişkin LSD testi analizi sonuçları ( $p < 0.01$ )

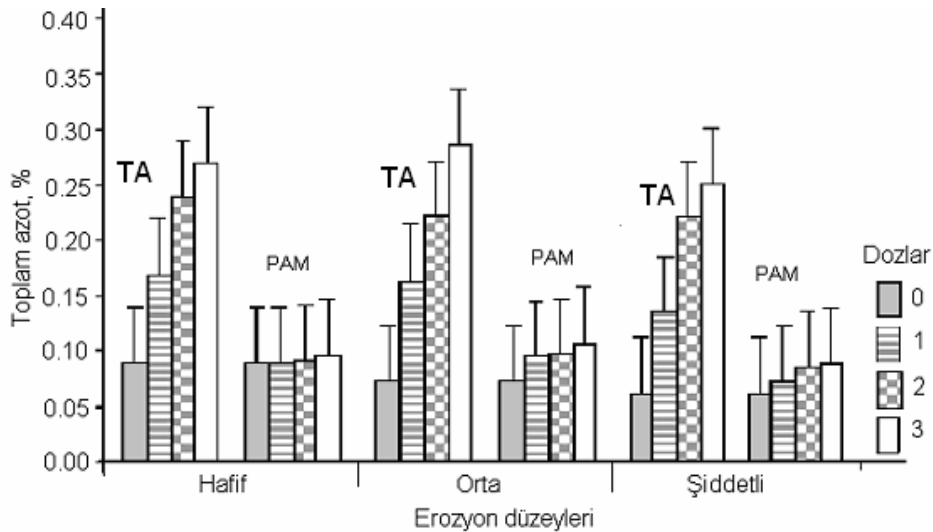
Erozyon düzeyleri	Hafif	Orta	Şiddetli	
Erozyon oranı LSD = 0.158	2.60a	6.22b	10.0c	
Atıklar	Tütün atığı		PAM	
Erozyon oranı LSD=0.083	5.33a		7.22b	
Düzyeler	0	1	2	3
Erozyon oranı LSD=0.118	8.31a	6.47b	6.15c	4.17d

### 3.3. Toplam Azot içeriği

Sera koşullarında domates bitkisi yetiştirilen toprak örneklerinde, deneme sonrasında belirlenen toplam azot içeriği değerleri ile bu değerlerdeki değişimler Şekil 2'de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere topraklara ilave edilen düzenleyiciler çeşit, uygulama düzeyleri ve toprakların erozyona uğrama seviyelerine bağlı olarak toplam azot içeriği değerinde belirgin artışlar sağlamıştır. Ortaya çıkan artışlar uygulanan materyallerin düzeylerine bağlı olarak değişiklik göstermiş olup PAM uygulamasının yapıldığı topraklarda çok daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir.

Toplam azot içeriği değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde erozyon seviyeleri ( $p < 0.01$ ), düzenleyiciler (tütün atığı ve PAM) ( $p < 0.01$ ) ve uygulama dozlarına ( $p < 0.01$ ) ilişkin kareler ortalamasının etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Bu sonuç, denemede kullanılan tütün atığı ve PAM ile uygulama düzeylerinin bitki yetiştirme dönemi sonrasındaki toplam azot içeriği değerleri üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarından erozyon düzeyi x düzenleyici, erozyon düzeyi x doz, düzenleyici x doz ve erozyon düzeyi x düzenleyici x doz etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

Ortalama toplam azot içeriği değeri hafif derecede erozyona uğramış olan alana ait kontrol örneklerde % 0.089, orta düzeyde erozyona uğramış alana ait kontrol örneklerde % 0.074 ve şiddetli derecede erozyona uğramış olan alana ait kontrol örneklerde ise % 0.062 olarak belirlenmiştir. Bu durum muhtemelen erozyona bağlı olarak organik maddece zengin yüzey toprağının uzaklaşması ile ilgilidir (Özdemir 2002). Uygulamalara bağlı olarak toplam azot değerinde kontrole göre saptanan ortalama artışlar irdelendiğinde artışın toprakların erozyon düzeylerine göre farklılık gösterdiği ve PAM ile elde edilen artışların çok daha düşük düzeyde gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Şekil 2). Uygulama dozlarının etkileri değerlendirildiğinde en yüksek artışın tütün atığı uygulamasının % 6 dozunda gerçekleştiği, orta ve şiddetli derecede erozyona uğramış olan alanlara ait örneklerde tütün atığı uygulamasının % 2'lik dozunun toplam azot içeriği değerlerini erozyona uğramamış alana ait toprağın düzeyine çıkardığı ve erozyon etkisini telafi ettiği görülmüştür.



Şekil 2. Topraklarda erozyon düzeyleri ile düzenleyicilerin çeşit ve düzeylerine bağlı toplam azot miktarındaki değişimler

Çizelge 4. Farklı düzeylerde düzenleyici karıştırılan toprakların azot içeriği değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesap. F	Alfa tipi hata ihtimali
Tekerrür	2	0.0	0.0	0.14	0.87
Erozyon düzeyi (A)	2	0.6	0.3	82.28**	0.002
Hata 1	4	0.0	0.0		
Düzenleyiciler(B)	1	16.2	16.2	7877.53***	0.00
A*B	2	0.1	0.0	11.68**	0.01
Hata 2	6	0.1	0.0		
Dozlar (C)	3	11.9	3.9	2067.39***	0.00
A*C	6	0.2	0.0	16.86***	0.00
B*C	3	7.7	2.6	1339.88***	0.00
A*B*C	6	0.1	0.0	4.67**	0.01
Hata	42	0.1	0.0		
Genel	71	36.8	0.5		

ön : önemsiz , \* : %5 alfa seviyesinde önemli, \*\* : %1 alfa seviyesinde önemli, \*\*\* : %0.1 alfa seviyesinde önemli

Çizelge 5'deki LSD testi verilerinden toprakların deneme sonundaki toplam azot kapsamı değerlerinin, atıklar, dozların etkileri ve erozyon düzeyleri bakımından önemli derecede farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Yapılan uygulamalar dikkate alındığında artan erozyon düzeylerinin deneme sonundaki toplam azot miktarının azalmasına neden olduğu ve düzenleyici dozlarının artışına bağlı olarak topraklardaki azot miktarının da artış gösterdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 5).

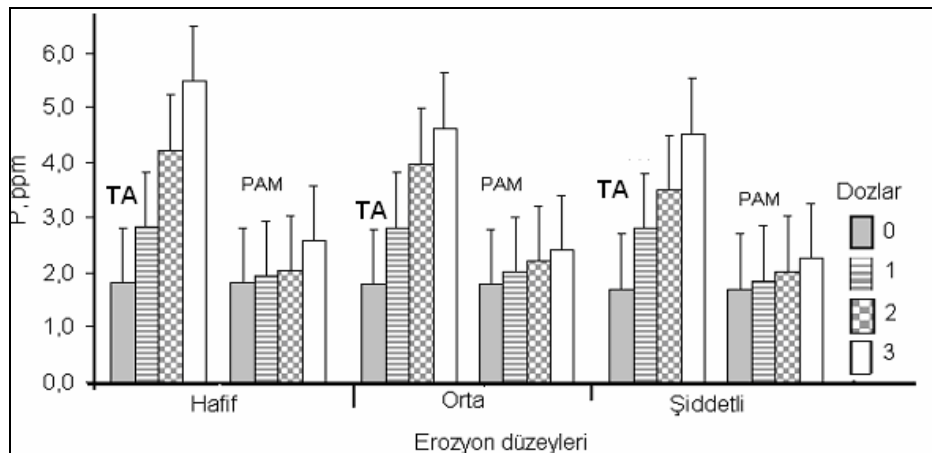
Çizelge 5. Toplam azot içeriği değerlerine ilişkin LSD testi analiz sonuçları (p<0.01)

Erozyon düzeyleri	Hafif	Orta	Şiddetli	
Toplam azot, % LSD=0.0004	0.141a	0.14b	0.121c	
Atıklar	Tütün atığı		PAM	
Toplam azot, % LSD=0.018	0.1812a		0.0863b	
Düzeyler	0	1	2	3
Toplam azot, % LSD=0.022	0.075a	0.120b	0.159c	0.182d

### 3.4. Bitkilere Elverişli Fosfor

Tütün atığı ve PAM uygulanan topraklarda deneme sonrasında belirlenen bitkiye elverişli fosfor içeriği değerleri ile bu değerlerdeki değişimler Şekil 3'de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere topraklara ilave edilen düzenleyiciler çeşit, uygulama düzeyleri ve toprakların erozyona uğrama seviyelerine bağlı olarak elverişli fosfor içeriği değerinde belirgin artışlar sağlamıştır. Ortaya çıkan artışlar uygulanan materyallerin düzeylerine bağlı olarak değişiklik göstermiş olup PAM uygulamasının yapıldığı topraklarda daha düşük seviyede gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Bitkilere elverişli P içeriği değerleri hafif derecede erozyona uğramış olan alana ait kontrol örneklerde 1.85 ppm, orta düzeyde erozyona uğramış alana ait kontrol örneklerde 1.78 ppm ve şiddetli derecede erozyona uğramış olan alana ait kontrol örneklerde ise



Şekil 3. Topraklarda erozyon düzeyleri ile düzenleyicilerin çeşit ve düzeylerine bağlı elverişli fosfor miktarlarındaki değişimler

1.70 ppm olarak belirlenmiştir. Bu durum muhtemelen erozyona bağlı olarak yüzey toprağının uzaklaşması ile ilgilidir (Özdemir, 2002). Uygulamalara bağlı olarak bitkilere elverişli P değerinde kontrol göre saptanan ortalama artışlar (%) irdelendiğinde, artışın toprakların erozyon düzeylerine göre farklılık gösterdiği ve PAM ile elde edilen artışların düşük düzeyde gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Şekil 3). Uygulama dozlarının etkileri değerlendirildiğinde en yüksek artışın tütün atığı uygulamasının % 6 dozunda gerçekleştiği, orta ve şiddetli derecede erozyona uğramış olan alanlara ait örneklerde tütün atığı ve PAM uygulamalarının 2. dozlarının elverişli fosfor değerini hafif derecede aşınmaya uğramış toprağın düzeyine çıkardığı ve erozyon etkisini telafi ettiği görülmüştür. Ancak araştırma konusu toprağın her üç erozyon düzeyinde de fosfor yönünden yetersiz olduğu ve yapılan uygulamaların toprağın fosfor düzeyini bitki yetiştiriciliği açısından uygun düzeye (8.0-25.0 ppm, Alparslan ve ark., 1998) çıkaramadığı saptanmıştır.

Toprakların deneme sonundaki elverişli fosfor içeriği değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları (Çizelge 6) incelendiğinde erozyon seviyeleri ( $p < 0.01$ ), düzenleyiciler (tütün atığı ve PAM) ( $p < 0.01$ ) ve uygulama dozlarına ( $p < 0.01$ ) ilişkin kareler ortalamasının etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 6). Bu sonuç, denemede kullanılan tütün atığı ve PAM ile uygulama düzeylerinin bitki yetiştirme dönemi sonrasındaki elverişli fosfor içeriği değerleri üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarından erozyon düzeyi x düzenleyici, erozyon düzeyi x doz, düzenleyici x doz ve erozyon düzeyi x düzenleyici x doz etkilerinin de önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 6).

Yukarıdaki LSD testi verilerinden toprakların deneme sonundaki bitkilere elverişli fosfor kapsamı değerleri bakımından, erozyon düzeyleri, düzenleyiciler ile dozların etkileri bakımından önemli derecede farklılık gösterdiği ve etki sıralamasının erozyon düzeyi ve düzenleyici dozuna paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Farklı düzeylerde düzenleyici karıştırılan topraklarda belirlenen elverişli fosfor içeriği değerlerine ilişkin LSD testi analizi sonuçları ( $p < 0.01$ )

Erozyon düzeyleri	Hafif	Orta	Şiddetli	
Fosfor, ppm LSD=0.0531	3.08a	3.58b	3.10c	
Atıklar	Tütün atığı		PAM	
Fosfor, ppm LSD=0.032	3.34a		3.16b	
Düzyeler	0	1	2	3
Fosfor, ppm LSD=0.0282	1.77a	2.66b	3.65c	4.94d

#### 4. KAYNAKLAR

- Alparslan, M., Güneş, A., İnal, A., 1998. Deneme Tekniği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 1501, Ders Kitabı. No: 455.
- Barthes, B., Azontonde, Boli, B. Z., Prat, C., Roose, E., 2000. Field-scale runoff and erosion in relation to topsoil aggregate stability in three tropical regions (Benin, Cameroon, Mexico). European Journal of Soil Sci. 51.485-495.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniv. Yayınları, Yayın No:17, Samsun.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:143, Erzurum.
- Florchinger, F.A., Leihner, D.E., Steinmuller, N., Muller-Saman, K., EL-Sharkawy, M.A., 2000. Effects of artificial topsoil removal on sorghum, peanut and cassava yield. Journal of soil and water Cons. 55.334-340.
- Izaurrealde, R.C., Solberg, E.D., Nyborg, M., Malhi, S.S., 1997. Immediate effects of topsoil removal on crop productivity loss and its restoration with commercial fertilizers. Soil and Tillage Research, 46: 251-259.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim, Araş. ve Gel. Vak. Yay. No: 3.
- Lal, R., 1988. Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society, p, 141-153.
- Mbagwu, J.S.C., Lal, R., Scott, T.W., 1984. Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in southern Nigeria, Soil Sci. Soc. Am. J. 48, 828-833.

Çizelge 6. Farklı düzeylerde düzenleyici karıştırılan topraklarda elverişli fosfor içeriği değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesap. F	Alfa tipi hata ihtimali
Tekerrür	2	46.7	23.3	0.53	0.63
Erozyon düzeyi (A)	2	38977.3	19488.6	438.92***	0.00
Hata 1	4	177.6	44.4		
Düzenleyiciler(B)	1	5723.4	5723.4	179.44***	0
A*B	2	76682.6	38341.3	1202.07***	0.00
Hata 2	6	191.4	31.9		
Dozlar (C)	3	999393.1	333131.1	19147.26***	0.00
A*C	6	56637.2	9439.5	542.55***	0.00
B*C	3	11280.9	3760.3	216.13***	0.00
A*B*C	6	55548.3	9258.1	532.12***	0.00
Hata	42	626.3	17.4		
Genel	71	1245284.7	17539.2		



- Mokma, D.L., Sietz, M.A., 1992. Effect of soil erosion on corn yields on Marlette soils in South Central Michigan, *Journal of Soil and Water Conservation* 47(4):325-27.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: A. L. Page(ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph No. 9*, p. 539-580, ASA Inc., SSSA Inc., Madison, WI, USA.
- Ngatunga E.L.N., Lal, R., Uriyo, A.P., 1984. Effects of surface management on runoff and soil erosion from some plots at Mlingano, Tanzania, *Geoderma*, 33:1-12.
- Olsen, S. R., Cole, V., Watanabe, F. S., Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction With Sodium Bicarbonate, U. S. D. A.
- Olson, T.C., 1977. Restoring the productivity of a glacial till soil after topsoil removal. *J. Soil Water Cons.* 32: 130-132.
- Özdemir, N., 2002. Toprak ve Su Koruma. OMÜ Ziraat Fak. Yay. Ders Kitabı. No: 22.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., kontrol Saffouri, R., Blair, R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267: 1117-1123.
- Rowell, D.L., 1996. *Soil Science Methods and Applications*. Wesley Longman Limited, Harlow. ISBN 0 582 087848.
- Sojka, R. E., Lentz, R.D., Shainberg, I., Trout, T. J., Ross, C.W., Robbins, C.W., Entry, J. A., Aase, J. K., Bjornesberg, D.L., Orts, W. J., Westermann, D. T., Morishita, D.W., Watwood, M. E., Spofford, T. L., Barvenik, F. W., (in press). 2001. Irrigating with polyacrylamide (PAM) nine years and a million acres of experience.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel istatistik metodlar. Tarım ve Köyişleri Bak. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Toprak ve Düzenleyici Araş. Enst. Yayınları, Teknik yayın no: 56,169-181.
- Zibilski, L.M., Clapham, W.M., Rourke, R.V., 2000. Multiple applications of paper mill sludge in an agricultural system: Soil effect. *Journal of Environmental Quality*. Madison. 29: 1925-1932.

## BAZI BAKLA (*Vicia faba* L.) POPULASYONLARININ BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ VE TAZE BAKLA VERİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Aysun PEKŞEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

Erkut PEKŞEN

Cengiz ARTIK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 16.03.2006

**ÖZET:** Bu çalışma, bazı yöresel bakla populasyonlarının bitkisel özellikleri ve taze bakla verimlerini belirlemek amacıyla 2003-2005 yılları arasında Samsun koşullarında yürütülmüştür. Denemede kontrol çeşitleri olarak Eresen-87, Filiz-99 ve Lara bakla çeşitleri kullanılmıştır. Samsun, Amasya, Sinop ve Tokat illerinin bazı ilçe ve köylerinden toplanan 10 bakla populasyonu kontrol çeşitleri ile bazı bitkisel özellikler ve taze bakla verimi bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmada ilk çiçeklenmeye kadar geçen süre, çiçeklenme döneminin uzunluğu (çiçeklenme periyodu), bitki boyu, bitki başına dal ve bakla sayısı, bakla uzunluğu, genişliği ve kalınlığı ile bitki başına taze bakla verimi belirlenmiştir. Bakla populasyon/çeşitlerine ait taze bakla verimleri 162.40-258.89 g/bitki arasında değişmiş, aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Taze bakla verimi ile bitki boyu arasında olumlu ve önemli ( $P<0.05$ ), bakla sayısı, uzunluğu ve kalınlığı arasında ise olumlu ve çok önemli ilişki ( $P<0.01$ ) bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bakla, *Vicia faba* L., yerel populasyon, taze bakla verimi, bakla özellikleri

### DETERMINATION OF PLANT CHARACTERISTICS AND GREEN POD YIELD OF SOME FABA BEAN (*Vicia faba* L.) POPULATIONS

**ABSTRACT:** This study was conducted to determine plant characteristics and green pod yields of some local faba bean (*Vicia faba* L.) populations between 2003 and 2005 under Samsun ecological conditions. *Vicia faba* L. cvs Eresen-87, Filiz-99 and Lara were used as control cultivars. Ten faba bean populations collected from some districts and villages of Samsun, Amasya, Sinop ve Tokat provinces were compared with control cultivars. In the study, days to first flower onset, the length of flowering period, plant height, the number of branches and pods per plant, pod length, width and thickness, and green pod yield per plant were determined. There was no significant difference among faba bean population/cultivars for green pod yield per plant and it ranged from 162.40 g/plant to 258.89 g/plant. A positive and significant ( $P<0.05$ ) correlation was found between green pod yield per plant and plant height. Green pod yield per plant was positively and significantly ( $P<0.01$ ) correlated with the number of pods per plant, pod length and thickness.

**Keywords:** Faba bean, *Vicia faba*, local population, green pod yield, pod characteristics

#### 1. GİRİŞ

Bakla ülkemizde sebze ve kuru tane olarak değerlendirilmekte olup, gıda sanayi ve konserve sanayinde de kullanılmaktadır. İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan bakla yetiştiricilik masrafları en az olan kültür bitkilerinden birisidir. İlkbaharda erken ürün verdiği için ekim nöbetinde de iyi bir ön bitkidir. Azot fiksasyonu yüksek olan baklanın yeşil gübre olarak toprak verimliliğinin artırılmasında büyük önemi vardır (Özdemir, 2002). Ilıman iklim bitkisi olan bakla, börülce, fasulye ve bezelyeye nazaran soğuklara daha dayanıklıdır (Vural ve ark., 2000).

Bakla, Türkiye yemeklik tane baklagiller içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından dördüncü sırada yer almaktadır. Ülkemizin taze bakla üretim miktarı 44 000 ton olup, çoğunlukla Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgesinde yetiştirilmektedir. Taze bakla üretiminin en fazla olduğu iller Mersin, Antalya, Aydın, İzmir, Hatay ve Bursa'dır. Samsun ilindeki taze bakla üretim miktarı ise 99 tondur (Anonymus, 2005). Ülkemizde geleneksel yöntemlerle yetiştirilen bakla, taze sebze tüketiminde kullanılmakta ve artan miktar kuru tane olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde bakla üretimi daha çok küçük aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır.

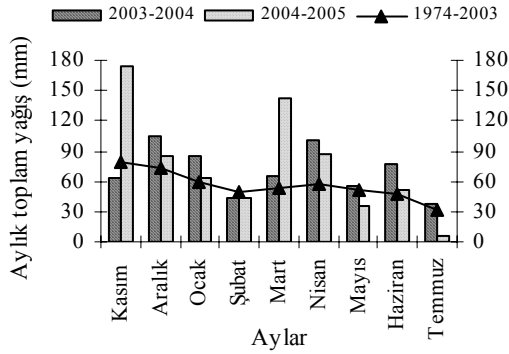
Samsun koşullarında baklada yapılan fazla sayıda çalışma bulunmadığı, bu çalışmaların da sebze olarak kullanımına yönelik olmadığı görülmektedir (Tosun ve ark., 1988; Bozoğlu, 1989; Bozoğlu ve Gülümser, 1994; Gülümser ve Bozoğlu, 1994; Gülümser ve ark., 1994; Odabaş, 2003; Artık ve Pekşen, 2005; Artık ve Pekşen, 2006; Pekşen ve ark., 2006). Taze bakla yetiştiriciliği ve ıslahı konusunda ise çok az çalışma bulunmaktadır (Bozoğlu ve ark., 2002). Son yıllarda baklanın sebze olarak örtüaltı yetiştiriciliğine uygun olup olmadığı konusunda da çalışmalar yapılmaktadır. Tokat yöresinde kış aylarında baklanın örtüaltında yetiştirilme olanaklarının araştırıldığı çalışmada ekim zamanlarına (1 Kasım, 3 Aralık, 20 Ocak ve 1 Şubat) göre toplam bakla veriminde çok önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Ekim zamanları içerisinde en yüksek verim 1 Kasım tarihinde yapılan ekimden (3416.82 kg/da) elde edilmiştir (Ece ve ark., 2004a).

Bakla yetiştiriciliğinde sertifikalı tohumluk kullanımının yok denilecek kadar az olması üretimi düşürmektedir. Birim alandan alınan verimi artırmada kültürel uygulamalar yanında, ekolojik koşullara uygun çeşitlerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Eresen-87, Filiz-99 ve Kıtık-2003 isimleri ile tescil ettirilmiş üç kuru bakla çeşidi

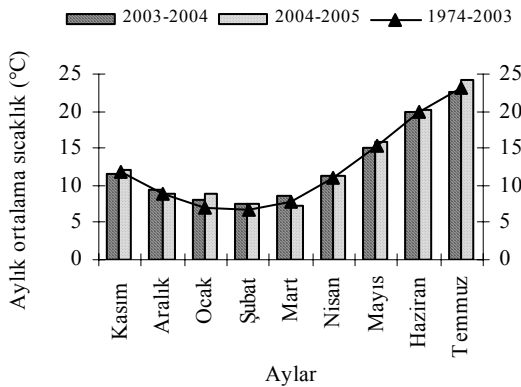
bulunmaktadır (Anonymous, 2004). Taze bakla üretiminde önerilen bazı ticari çeşitler (Lara ve Seher) bulunmakla birlikte, yöresel olarak yetiştirilen bakla populasyonlarının bakla özellikleri ve taze bakla verimlerinin belirlenmesine, üstün nitelikli ve yüksek verimli genotiplerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışma, bazı yöresel bakla populasyonlarının Samsun'da kış dönemindeki yetiştiriciliğinde bitkisel özellikleri ve taze bakla verimleri ile taze tüketime uygun olup olmadıklarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 2003-2004 ve 2004-2005 yetiştirme dönemlerinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde yürütülmüştür. Deneme yıllarına ve 1974-2003 yıllarına ait aylık toplam yağış (mm) değerleri Şekil 1, aylık ortalama sıcaklık (°C) değerleri ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Deneme yıllarına ve 1974-2003 yıllarına ait aylık toplam yağış miktarları (mm)



Şekil 2. Deneme yıllarına ve 1974-2003 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

Her iki yılda da deneme alanından alınan örneklerde Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan toprak analizleri, toprağın killi, az kireçli, tuzsuz ve potasyumca çok zengin, organik madde bakımından iyi olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın birinci yılında toprak reaksiyonunun hafif asit, ikinci yılında nötr olduğu, fosfor miktarının ise birinci yıl çok az ve ikinci yıl çok yüksek olduğu

belirlenmiştir.

Çalışmada standart çeşit olarak kullanılan Eresen-87, Filiz-99 ve Lara bakla çeşitleri yanında Samsun, Amasya, Sinop ve Tokat illerinin bazı ilçe ve köylerindeki yetiştiricilerden toplanan 10 bakla populasyonu kullanılmıştır. Denemede kullanılan bakla populasyon/çeşitlerin ve toplandıkları/temin edildikleri yerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan bakla populasyon/çeşitleri ve temin edildikleri yerler

Populasyon/çeşit	Toplandığı yer	
P1	Vezirköprü 1	Vezirköprü/Samsun
P2	Vezirköprü 2	Vezirköprü/Samsun
P3	Sinop	Sinop
P4	Yenice	Yenice/Amasya
P5	Merzifon	Merzifon/Amasya
P6	Avren	Avren-Merzifon/Amasya
P7	Gemenez	Gemenez-Merzifon/Amasya
P8	Şeyhyeni	Şeyhyeni-Merzifon/Amasya
P9	Gümüşhacıköy	Gümüşhacıköy/Amasya
P10	Turhal	Turhal/Tokat
L	Lara	May-Agro Tohumculuk San. ve Tic. AŞ./Bursa
E	Eresen-87*	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen, İzmir
F	Filiz-99*	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen, İzmir

\*Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilmiştir.

Deneme Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim ilk yıl 19.11.2003, ikinci yıl ise 02.11.2004 tarihinde, 50x20 cm sıra arası ve sıra üzeri mesafesine göre yapılmıştır. Tohumlar 5 m uzunluğundaki çizilere her parselde 4 sıra olacak şekilde el ile ekilmiştir.

Çalışmada ilk çiçeklenmeye kadar geçen süre (gün), çiçeklenme döneminin uzunluğu (gün), bitki boyu (cm), bitki başına dal (dal/bitki) ve bakla (bakla/bitki) sayısı, bakla uzunluğu (cm), bakla genişliği (cm), bakla kalınlığı ve bitki başına taze bakla verimi (g/bitki) belirlenmiştir. Denemeden elde edilen verilerin varyans analizleri MSTATC programında yapılmıştır. İstatistiksel olarak önemlilik gösteren özelliklere ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma yöntemine göre gruplandırılmışlardır (Yurtsever, 1984).

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İlk çiçeklenmeye kadar geçen süre ve çiçeklenme döneminin uzunluğu sırasıyla denemenin birinci yılında 123.03 gün ve 62.31 gün, ikinci yılında ise 107.82 gün ve 87.64 gün olarak tespit edilmiştir. İlk çiçeklenmeye kadar geçen süre ve çiçeklenme döneminin uzunluğu bakımından hem yıllar hem de populasyon/çeşitler arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ) farklılıklar bulunmuştur. Çiçeklenme döneminin uzunluğu bakımından yıl x populasyon/çeşitler interaksiyonunun da çok önemli olduğu belirlenmiştir. Populasyon/çeşitler arasında ilk çiçeklenmeye kadar geçen süre 114.33 ile 118.00 gün arasında değişirken, bu süre en kısa Lara çeşidi ile P2, P3, P5, P7 ve P8

Çizelge 2. Bakla populasyon/çeşitlerinin ilk çiçeklenme süreleri ve çiçeklenme döneminin uzunluğu

Populasyon/çeşit	İlk çiçeklenme kadar geçen süre (gün)			Çiçeklenme döneminin uzunluğu (gün)		
	2003-2004	2004-2005	Ortalama	2003-2004	2004-2005	Ortalama
P1	123.67	109.00	116.33 abc**	62.33 cde**	89.33 a	75.83 b**
P2	122.33	107.67	115.00 c	63.67 cde	92.00 a	77.83 ab
P3	122.67	108.00	115.33 c	60.33 de	79.00 b	69.67 c
P4	123.67	107.33	115.50 bc	61.33 de	90.67 a	76.00 b
P5	122.00	106.67	114.33 c	65.67 cd	90.67 a	78.17 ab
P6	122.67	108.33	115.50 bc	67.33 c	94.00 a	80.67 a
P7	122.67	106.67	114.67 c	64.00 cde	93.67 a	78.83 ab
P8	122.67	107.67	115.17 c	65.33 cd	92.00 a	78.67 ab
P9	123.33	109.00	115.50 bc	64.00 cde	92.33 a	78.17 ab
P10	123.33	108.00	116.17 abc	63.33 cde	91.33 a	77.33 ab
L	123.67	106.67	115.17 c	53.33 f	78.00 b	65.67 d
E	123.00	108.00	118.00 a	60.67 de	78.33 b	69.50 c
F	123.67	108.67	117.67 ab	58.67 e	78.00 b	68.33 cd
Ort.	123.03 a**	107.82 b		62.31 b**	87.64 a	

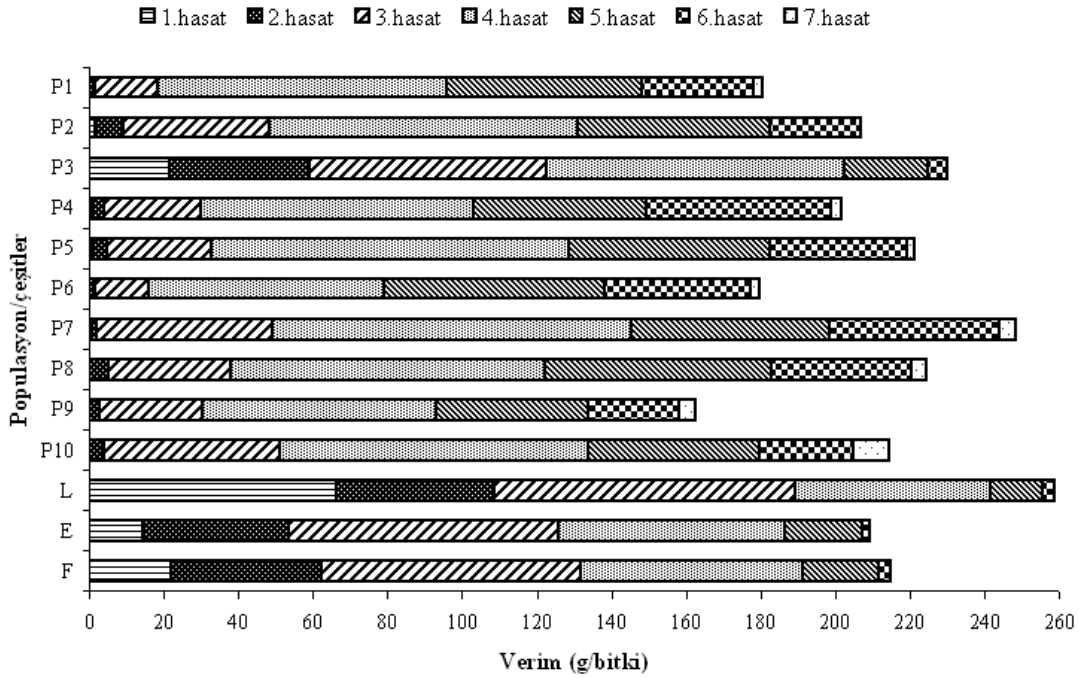
\*\* : P<0.01 olasılıkla çok önemli

populasyonlarında, en uzun ise Eresen-87 ve Filiz-99 çeşitleri ile P1 ve P10 populasyonlarında tespit edilmiştir. Erken çiçek açan populasyonlardan P3 hariç, P2, P5, P7 ve P8 populasyonlarında çiçeklenme döneminin daha uzun sürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 2).

Denemenin birinci yılında taze meyve hasadına ilk olarak 13.05.2004 tarihinde başlanılmış, hasadın başlangıcı ve bitişi arasındaki dönem 40 gün sürmüştür. Bu süre içinde 6 hasat yapılmıştır. İkinci yıl ise ilk hasada 28.04.2005 tarihinde başlanılmış, 41 gün süren hasat dönemi boyunca 7 kez hasat yapılmıştır. En erken taze bakla hasadına Lara, Eresen-87 ve Filiz-99 bakla çeşitleri ile P3 ve P2

populasyonlarında başlanılmıştır. İlk hasatta en yüksek bakla verimi Lara çeşidinden elde edilmiştir (Şekil 3).

Çiçeklenmeye başlama süresi ve çiçeklenme döneminin uzunluğu genotiplere göre değişmekle birlikte iklim koşullarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Amik ovasının beş farklı yöresinden temin edilen (Antakya, Kırıkhan, Reyhanlı, Kumlu ve Serinyol) bakla populasyonlarının bitkisel özellikleri ve verimlerinin araştırıldığı çalışmada çiçeklenme süresinin 50.02-61.56 gün arasında değiştiği bildirilmiştir (Karadavut ve ark., 1998).



Şekil 3. Taze bakla veriminin hasatlara dağılımı

Bitki boyu ve bitki başına dal sayısı bakımından populasyon/çeşitler arasında çok önemli ( $P<0.01$ ) farklılıklar bulunmuştur. P3, P9, P10 populasyonları ile Lara ve Filiz-99 çeşitlerinin bitki boyları diğerlerine göre çok önemli derecede kısa bulunmuştur. Bakla populasyonlarına ait bitkideki dal sayısı, çalışmada yer alan tüm bakla çeşitlerinden istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ) derecede fazla bulunmuştur. P4 populasyonunun en yüksek bitki boyu (105.77 cm) ve dal sayısına (6.30 dal/bitki) sahip olduğu tespit edilmiştir. Yıllar arasında bitki boyu, bitkide dal sayısı ve bakla sayısı bakımından çok önemli ( $P<0.01$ ) düzeyde farklılık bulunmuştur. İkinci yıl populasyon/çeşitlere ait bitki boylarının kısa olmasına rağmen, bitki başına dal sayısı ve bakla sayısının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Samsun koşullarında kışlık olarak ekilen yerel bakla populasyonlarının denemede standart çeşit olarak kullanılan Lara, Eresen-87 ve Filiz-99'a göre daha fazla dallanma gösterdikleri ve vejetatif aksam oluşturdıkları belirlenmiştir. İkinci yıl çiçeklenme periyodunun uzun (Çizelge 2) olmasına bağlı olarak bitki başına bakla sayısı daha fazla olmuştur. Bitki başına bakla sayısının populasyon/çeşitlere göre 27.10-40.47 bakla/bitki arasında değişim gösterdiği, aralarında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Bitkideki bakla sayısı ile dal sayısı arasında olumlu ve çok önemli ilişki bulunmuştur (Çizelge 6).

Ece ve ark. (2004a) ekim zamanlarına göre baklada bitki boyu ortalamalarının 89.37-106.90 cm arasında değiştiğini, en uzun boylu bitkilerin 1 Kasım ekiminden, en kısa ise 3 Aralık ve 2 Ocak ekimlerinden elde edildiğini belirtmişlerdir. Ece ve ark. (2004b) yaptıkları çalışmada genotiplerin bitki boylarının ilk yıl 59.91-77.15 cm, ikinci yıl ise 38.33-48.36 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Karadavut ve ark. (1998) baklada bitkide dal sayısını (7.2-10.2 dal/bitki) çalışmamızda belirlenen değerlerden (4.43-6.30 dal/bitki) daha yüksek

bulmuşlardır. Araştırmacılar bu durumun bakla populasyonlarının ve topladıkları yerlerin birbirinden farklı olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Karadavut ve ark. (2000) ekim zamanının baklada verim üzerine etkisini inceledikleri çalışmada bitkide dal sayısını 3.67-5.26 adet olarak belirtmişlerdir. Yetiştirme döneminin uzunluğu ve vejetatif yetiştirme dönemindeki yağışlar bitkideki dallanma üzerinde etkili olabilmektedir. Belirlenen bitkideki dal sayısı Akçin (1988), Sepetoğlu (1994) ve Özdemir (2002)'in bildirdiği değerler ile uyum göstermektedir.

Bozoğlu ve ark. (2002) Eresen-87 çeşidi ve ICARDA'nın 2 bakla hattı arasında bitkideki bakla sayısı (8.89- 9.43 bakla/bitki) bakımından istatistiksel farklılık olmadığını tespit etmişlerdir. Ece ve ark. (2004a) bitkide bakla sayısının çeşitlere göre istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermediğini, ancak ekim zamanları ve çeşit x ekim zamanı etkileşimlerinden çok önemli derecede etkilendiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada Lara çeşidinde bakla sayısı 9.64 bakla/bitki ve Luz de otono çeşidinde ise 9.72 bakla/bitki olarak belirlenmiştir. Ece ve ark. (2004b), bitki başına bakla sayılarının 2002 yılında 3.65-7.56 adet, 2003 yılında da 2.20-3.76 adet olduğunu bildirmişlerdir. Bakla sayısı bakımından elde ettiğimiz değerler bu araştırmacıların bulgularından oldukça yüksek bulunmuştur. Bazı araştırmacılar ise bitkide bakla sayısını bakla çeşit/hatlarında 16-22 adet (Bozoğlu, 1989), uzun baklalı ve iri tohumlu bakla hatlarında 6.6-17.1 adet (Li-juan, 1993) olarak tespit etmişlerdir. Bitki başına bakla sayısı iklim koşulları ve genotiplere göre değişiklikler gösterebilmektedir.

Bakla özellikleri incelendiğinde, ikinci yıl belirlenen bakla uzunluğu, genişliği ve kalınlıklarının birinci yıla göre daha düşük ( $P<0.01$ ) olduğu tespit edilmiştir. Bakla uzunluğu, genişliği ve kalınlığı bakımından populasyon/çeşitler arasında da istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar

Çizelge 3. Bakla populasyon/çeşitlerinin bitki boyu, bitkideki dal ve bakla sayılarına ait ortalamalar

Populasyon /çeşit	Bitki boyu (cm)			Dal sayısı (dal/bitki)			Bakla sayısı (bakla/bitki)		
	2003-2004	2004-2005	Ortalama	2003-2004	2004-2005	Ortalama	2003-2004	2004-2005	Ortalama
P1	103.07	98.20	100.63 abc**	5.73	6.27	6.00 abc**	27.20	35.53	31.37
P2	113.73	91.00	102.37 ab	5.07	6.13	5.60 a-d	32.73	33.20	32.97
P3	81.60	85.93	83.77 b-e	4.60	5.53	5.07 a-d	23.47	32.80	28.13
P4	116.07	95.47	105.77 a	6.33	6.27	6.30 a	35.53	38.40	36.97
P5	112.60	95.60	104.10 a	5.00	6.00	5.50 a-d	33.60	41.73	37.67
P6	102.80	83.20	93.00 a-e	6.60	5.73	6.17 ab	31.07	35.47	33.27
P7	112.13	93.07	102.60 ab	5.40	6.33	5.87 abc	33.33	47.60	40.47
P8	108.07	91.73	99.90 a-d	5.27	6.73	6.00 abc	25.87	43.53	34.70
P9	90.33	72.47	81.40 cde	5.53	6.07	5.80 abc	26.13	33.60	29.87
P10	88.87	74.87	81.87 cde	5.20	5.33	5.27 a-d	28.73	31.93	30.33
L	85.67	69.87	77.77 e	4.13	4.73	4.43 d	30.33	34.60	32.47
E	103.73	84.33	94.03 a-e	4.80	5.07	4.93 bcd	20.67	33.53	27.10
F	88.80	71.33	80.07 de	4.13	5.40	4.77 cd	25.80	30.40	28.10
Ort.	100.57 a**	85.16 b		5.22 b**	5.82 a		28.81 b**	36.33 a	

\*\* :  $P<0.01$  olasılıkla çok önemli

Çizelge 4. Bakla populasyon/çeşitlerinin bazı bakla özelliklerine ait ortalamalar

Populasyon /çeşit	Bakla uzunluğu (cm)			Bakla genişliği (mm)			Bakla kalınlığı (mm)		
	2003-2004	2004-2005	Ortalama	2003-2004	2004-2005	Ortalama	2003-2004	2004-2005	Ortalama
P1	8.70 e-h*	8.28 fgh	8.49 cd**	15.02	13.80	14.41 ab**	12.52 a-g**	11.95 d-g	12.24 abc**
P2	8.55 e-h	8.75 d-g	8.65 cd	15.24	14.22	14.73 a	13.22 abc	12.37 b-g	12.80 a
P3	10.86 b	9.69 cd	10.28 b	12.97	13.28	13.13 cd	12.89 a-f	11.81 d-g	12.35 abc
P4	8.27 fgh	7.72 gh	7.99 d	13.96	13.40	13.68 bcd	11.76 efg	11.76 efg	11.76 bc
P5	8.44 fgh	8.18 fgh	8.31 cd	14.61	13.79	14.20 abc	12.37 b-g	11.71 fg	12.04 abc
P6	7.81 gh	8.07 fgh	7.94 d	14.32	13.33	13.82 abc	11.70 fg	11.44 g	11.57 c
P7	8.24 fgh	8.19 fgh	8.22 cd	15.54	13.89	14.72 a	13.04 a-d	12.04 c-g	12.54 ab
P8	8.98 def	7.95 gh	8.46 cd	15.27	14.15	14.71 a	12.99 a-e	12.44 a-g	12.72 a
P9	7.81 gh	7.68 h	7.74 d	14.69	13.68	14.19 abc	12.36 b-g	11.65 fg	12.01 abc
P10	9.43 cde	8.45 fgh	8.94 c	15.19	14.08	14.63 a	13.24 abc	12.16 c-g	12.70 a
L	12.30 a	10.02 bc	11.16 a	11.77	13.10	12.43 d	13.66 a	11.25 g	12.45 ab
E	10.25 bc	9.67 cd	9.96 b	14.39	13.18	13.79 abc	13.46 ab	11.61 fg	12.54 ab
F	10.36 bc	9.50 cde	9.93 b	13.59	13.05	13.32 bcd	13.64 a	11.44 g	12.54 ab
Ort.	9.23 a**	8.63 b		14.35 a**	13.61 b		12.84 a**	11.82 b	

\*: P<0.05 olasılıkla önemli, \*\*: P<0.01 olasılıkla çok önemli

bulunmuştur. Lara çeşidinin en uzun baklalara (11.16 cm) sahip olduğu belirlenmiştir. En kısa baklalar P9 (7.74 cm), P6 (7.94 cm) ve P4 (7.99 cm) populasyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 4).

Bakla genişliği ve kalınlıkları ise sırasıyla 12.43 mm (Lara)-14.73 mm (P2) ve 12.80 mm (P2)-11.57 mm (P6) arasında değişmiştir. Bakla genişliği bakımından P3, P4, Lara ve Filiz-99 ile bakla kalınlığı bakımından da P4 ve P6 dışındaki tüm populasyon/çeşitler istatistiksel olarak birbirinden farklı ve diğerlerinden daha üstün bulunmuşlardır. Bakla uzunluğu ve kalınlığı bakımından yılpopulasyon/çeşit interaksyonu sırasıyla önemli ve çok önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Bitki başına bakla sayısı ve dal sayısı arttıkça bakla uzunluğunun azaldığı ( $R=-0.264^*$  ve  $R=-0.530^{**}$ ) belirlenmiştir (Çizelge 6).

Bozoğlu ve ark. (2002) Samsun koşullarında yaptıkları çalışmada genotipler arasında bakla uzunluğunun 8.86-10.93 cm, bakla genişliğinin 12.80-14.28 mm ve bakla kalınlığının 12.17-13.24 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Taze bakla verimi bakımından populasyon/çeşitler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Populasyon/çeşit verimleri 162.40-258.89 g/bitki arasında değişim göstermiştir. Verim yönünden istatistiksel anlamda fark bulunmamasına rağmen, en erkenci çeşit olan Lara çeşidinin toplam veriminin diğerlerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 3 ve Çizelge 5).

Bozoğlu ve ark. (2002) Eresen-87 ve ICARDA hatlarına ait taze bakla verimlerinin 7.73-9.15 t/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ece ve ark. (2004a) Luz de otono çeşidinin 103.56 g/bitki bakla verimi ile Lara çeşidine göre (98.38 g/bitki) daha üstün verimli bir çeşit olduğunu ve ekim zamanlarına göre bitki başına bakla veriminin 78.08-142.43 g/bitki arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Birinci yıl bitki başına taze bakla verimi (225.44 g/bitki) ikinci yıla (198.07 g/bitki) göre önemli derecede daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bakla sayısı ilk yıl (Çizelge 3) ikinci yıla göre düşük

olmasına karşılık, bakla uzunlukları, genişliği ve kalınlıkları (Çizelge 4) ilk yıl daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 5. Bakla populasyon/çeşitlerine ait taze bakla verimleri

Populasyon /çeşit	Taze bakla verimi (g/bitki)		
	2003-2004	2004-2005	Ortalama
P1	195.87	164.96	180.42
P2	238.14	175.89	207.02
P3	232.17	227.78	229.97
P4	233.52	169.93	201.73
P5	243.11	199.30	221.21
P6	189.46	170.16	179.81
P7	252.20	244.47	248.33
P8	205.19	243.74	224.47
P9	163.84	160.95	162.40
P10	244.59	184.39	214.49
L	293.87	223.90	258.89
E	192.15	226.64	209.39
F	246.62	182.86	214.74
Ort.	225.44 a*	198.07 b	

\*: P<0.05 olasılıkla önemli

Verim ile bitki boyu arasında olumlu ve önemli ( $P<0.05$ ), bakla sayısı, bakla uzunluğu ve kalınlığı arasında ise olumlu ve çok önemli ( $P<0.01$ ) ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 6).

Ece ve ark. (2004a) toplam bakla verimi ile bitki boyu, bitkide ana dal sayısı, bakla sayısı, bakla uzunluğu ve bitkide bakla verimi arasında çok önemli ve pozitif (sırasıyla 0.507\*\*, 0.709\*\*, 0.834\*\*, 0.568\*\* ve 0.889\*\*) ilişkiler tespit etmişlerdir. Araştırmacılar yüksek bir toplam bakla verimi için uzun boylu ve dallanan bir bitki tipinin seçilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak taze bakla verimi bakımından istatistiksel fark olmamasına rağmen en yüksek verim Lara çeşidinden (258.89 g/bitki) elde edilmiştir. Populasyonlar arasında P7, P3, P8 ve P5 verim bakımından denemede ele alınan standart bakla çeşitlerinin verimlerine yakın sonuçlar vermişlerdir (sırasıyla 248.33, 229.97, 224.47 ve 221.21 g/bitki).

Çizelge 6. Bakla populasyon/çeşitlerinin bazı bitkisel özellikleri ve taze bakla verimleri arasındaki korelasyonlar

Özellikler	Dal sayısı (dal/bitki)	Bakla sayısı (bakla/bitki)	Bakla uzunluğu (cm)	Bakla genişliği (mm)	Bakla kalınlığı (mm)	Taze bakla verimi (g/bitki)
Bitki boyu	0.154	0.095	-0.190	0.480**	0.255**	0.250*
Dal sayısı	-	0.595**	-0.530**	0.087	-0.409**	0.070
Bakla sayısı	-	-	-0.264*	-0.098	-0.319**	0.550**
Bakla uzunluğu	-	-	-	-0.357**	0.427**	0.432**
Bakla genişliği	-	-	-	-	0.407**	-0.046
Bakla kalınlığı	-	-	-	-	-	0.290**

\*: P<0.05 olasılıkla önemli, \*\*: P<0.01 olasılıkla çok önemli

Bu populasyonlar içinde P3 (Sinop) uzun ve düzgün baklaları ile öne çıkan bir genotiptir. Ülkemizde baklanın sebze amaçlı kullanımına yönelik yapılmış yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın daha geniş bir bölge taramasına dayandırılarak mevcut bakla populasyonlarının toplanması, bunların verim ve taze bakla özelliklerinin belirlenmesi, çeşit geliştirme çalışmalarına ve bölgedeki bakla yetiştiriciliğine önemli katkılar sağlayabilecektir.

#### 4. KAYNAKLAR

- Akçin, A., 1988. Yemeklik Tane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Yayınları: 43, Ziraat Fakültesi Yayınları: 8, Konya.
- Anonymous, 2004. 2003 Yılı Milli Çeşit Listesi. <http://www.tagem.gov.tr/yeni%20web/haber%20makale.htm>
- Anonymous, 2005. DİE, Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer) 2003, Ankara.
- Artık, C., E. Pekşen, 2005. Gama ışınlamasının M1 generasyonunda bakla (*Vicia faba* L.)'nın bazı bitkisel özellikleri üzerine etkileri. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (3): 44-53.
- Artık, C., E. Pekşen, 2006. Gama ışınlamasının M2 generasyonunda bakla (*Vicia faba* L.)'nın tane verimi ve bazı bitkisel özellikleri üzerine etkileri. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (1): 95-104.
- Bozoğlu, H., 1989. Samsun Ekolojik Şartlarında Farklı Zamanlarda Ekilen Bakla Çeşitlerinin Gelişme Durumları ve Verimleri Üzerinde Bir Araştırma. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), 83, Samsun.
- Bozoğlu, H., A. Gülümser, 1994. Samsun ekolojik şartlarında farklı zamanlarda ekilen bazı bakla çeşitlerinin gelişme durumları ve verimlerinin tesbiti üzerine bir araştırma. Tarla Bitkileri Kongresi (25-29 Nisan 1994), Cilt I Agronomi Bildirileri, 247-249, İzmir.
- Bozoğlu, H., A. Pekşen, E. Pekşen, A. Gülümser, 2002. Determination of green pod yield and some pod characteristics of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivar/lines grown in different row spacings. Acta Horticulturae, 579: 347-350.
- Ece, A., O. Düzdemir, C. Akdağ, F. Uysal, 2004a. Isıtmasız cam serada kış döneminde taze bakla (*Vicia faba* L.) yetiştirme olanaklarının araştırılması. Bahçe Dergisi, 33: 59-65.

- Ece, A., O. Düzdemir, C. Akdağ, F. Uysal, 2004b. Kışlık ve yazlık ekilen bakla'da (*Vicia faba* L.) bazı bitkisel özelliklerin belirlenmesi. V. Sebze Tarımı Sempozyumu (21-24 Eylül 2004), Çanakkale.
- Gülümser, A., H. Bozoğlu, 1994. Samsun ekolojik şartlarında baklada yabancı otlarla mücadele yöntemlerinin tesbiti ve verime etkisi. Tarla Bitkileri Kongresi (25-29 Nisan 1994), Cilt I Agronomi Bildirileri, 117-121, İzmir.
- Gülümser, A., H. Bozoğlu, E. Pekşen, A. Kahraman, 1994. Samsun ekolojik şartlarında yetiştirilebilecek bazı bakla çeşitlerinin tespiti üzerine bir araştırma. Tarla Bitkileri Kongresi (25-29 Nisan 1994), Cilt I Agronomi Bildirileri, 250-253, İzmir.
- Karadavut, U., H.H. Geçit, T. Sermenli, C. Erdoğan, N. Sezer, 1998. Amik ovası koşullarında yetiştirilen bakla (*Vicia faba* L.) bitkisinin bitkisel özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 2. Sebze Tarımı Sempozyumu (28-30 Eylül 1998), 216-221, Tokat.
- Karadavut, U., C. Erdoğan, T. Sermenli, K. Mavi, B. Gündüz, 2000. Ekim zamanının bakla (*Vicia faba* L.) bitkisinin verim ve verime etki eden karakterlere etkisi. III. Sebze Tarımı Sempozyumu, 434-437, Isparta.
- Li-juan, L., 1993. Research on breeding and germplasm resource of autumn-sown faba bean. FABIS Newsletter, 32: 11-14.
- Odabaş, M.S., 2003. Sıcaklık ve Işığın Bakla (*Vicia faba* L.)'da Büyüme, Gelişme ve Verime Kantitatif Etkileri. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), 147 s., Samsun.
- Özdemir, S., 2002. Yemeklik Baklagiller. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul.
- Pekşen, E., A. Pekşen, C. Artık, 2006. Comparison of leaf and stomatal characteristics in faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Biological Sciences, 6 (2): 360-362.
- Sepetoğlu, H., 1994. Yemeklik Tane Baklagiller. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 24.
- Tosun, F., A. Gülümser, A. Zeytin, 1988. Samsun kıyı kesiminde yetiştirilebilecek bazı bakla çeşitlerinin tespiti üzerinde mukayeseli bir çalışma. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (2): 129-142.
- Vural, H., D.Eşiyok, İ.Duman, 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, s. 440, Bornova, İzmir.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 121, Ankara.

## SOYADA KURAKLIK STRESİ

Cüneyt ÇIRAK  
O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Enver ESENDAL  
T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

Geliş Tarihi: 27.01.2003

**ÖZET:** Bitkiler, farklı çevre faktörlerinin etkisi altında yaşamlarını sürdürmeye çalışırlar. Bu çevre faktörleri, iklim ve toprak faktörleri, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sıralanabilir. Ekonomik anlamda ürün elde edebilmek için, yetiştirilen bitki türünün veya çeşidinin kendisine has optimum çevre isteklerinin karşılanması gerekir. Bu optimum isteklerde meydana gelen her türlü artış ve azalış bitki için stresi meydana getirir. Çevresel stres faktörlerinden biri olan kuraklık, pek çok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tarif edilmiş olup, agronomistlerce topraktaki nem miktarının bitkinin solma noktasında bulunması olarak tanımlanmaktadır. Kuraklığa dayanım bakımından bitkiler arasında geniş bir varyasyon mevcuttur. Soya mezofit bir bitki olmakla birlikte özellikle bazı gelişme dönemlerinde yaşanan kuraklık stresi verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Soya, kuraklık, kuraklık stresi

## DROUGHT STRESS OF SOYBEAN

**ABSTRACT:** Plants try to live under different environmental factors. The factors can be classified as climatic and soil factors, unnatural pollutants, animals and competition with other plants. To get profit economically, it is necessary to meet optimum environmental requiring of raised plant species or variety. Every kind of deviation from optimum plant requiring is defined as stress for plants. Drought, one of environmental stress factors, is defined differently by various researchers and it is that soil humidity is lower than wilting point for agronomists. There is big variation in drought resistance among plants. Although soybean is a mesophyt plant, drought stress occurring especially in some growth stages result in yield and quality decreases.

**Keywords:** Soybean, drought, drought stres

### 1. GİRİŞ

Bitkilerin maruz kaldıkları çevre faktörleri kalite ve verimlilik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. bunları iklim faktörleri, toprak faktörleri, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Verimli bir yetiştiricilik için bitkilerin optimum çevre isteklerinin karşılanması zaruridir. Bu optimum isteklerde meydana gelen her türlü sapma o bitki için stresi meydana getirir. Biyologlar canlı organizmalara elverişli olmayan herhangi bir çevre faktörü için "stres" terimini benimsemişler, elverişsiz bir çevre faktörüne karşı bitkinin hayatta kalabilme yeteneğine ise "stres drenji" adını vermişlerdir (Levitt, 1980).

Herhangi bir organizmaya yönelen stres organizmada bir gerilimin doğmasına sebep olur. Söz konusu gerilim organizmada, önce geriye dönüşlü (reversible), fiziksel ve kimyasal değişmelere neden olur. Buna elastik gerilim denir. Tarımsal açıdan bu tip gerilimin pek olumsuz bir etkisi yoktur. Çünkü stres ortadan kalktığında gerilim de ortadan kalkar. Ancak stresin uzun süre devam etmesi ve şiddetini artırması bu kez geriye dönüşsüz (irreversible) bir gerilim oluşturur. Buna plastik gerilim denir. Tarımsal açıdan önemli olan plastik gerilimdir. Zira bu gerilimin nihaî etkisi ölümdür. Bu nedenle strese dayanıklılık dendiği zaman, ıslahçılar tarafından, bitkiyi plastik gerilime sokmayan dayanıklılık kabul

edilir. Bitki gelişimini etkileyen önemli stres etmenlerinden biri de kuraklıktır.

### 2. KURAKLIĞIN TANIMI ve KURAKLIK TİPLERİ

Günümüzde kuraklığın tam olarak tanımı yapılamamıştır. Bunun sebebi kuraklığın bütün özelliklerini kapsayan agrometeorolojik araştırmaların yapılmamış olmasıdır. Genelde kurak, yağışın az olduğu devre için düşünülebilir. Kuraklık üzerine yıllık yağışların toplamlarından çok, aylar içindeki muntazam dağılışı etkilidir (Gedik, 1997).

Genel anlamda yıllık yağış miktarının 400 mm altında olduğu ya da bitki gelişiminin hızlı seyrettiği aylarda yeterli yağış alamayan ve toprakta nemin solma noktasında bulunduğu yerlere kurak bölge adı verilir. Bununla beraber kuraklık, meteorolojist, hidrolojist, ekonomist ve klimatolojistler gibi pek çok araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmış olup, agronomistlere göre kuraklık, topraktaki nem miktarının bitkinin solma noktasında bulunmasıdır. Kuraklığı genel ilkeler içerisinde, ağır (ivegen, akut) kuraklık, sürekli (kronik) kuraklık ve fizyolojik kuraklık şeklinde üçe ayırmak mümkündür (Eriş, 1990).

Ağır yahut akut kuraklık kuvvetli güneşlenme ve rüzgardan ileri gelir. Böyle durumlarda susuzluk kendini şiddetle gösterir; özellikle genç bitkiler ve tohumlar kurur. Yaşlı bitkiler asimilasyon



yetersizliğinden dolayı solar, sürgün uçları kurur, verimleri azalır ve kalitesizleşir, büyüme yavaşlar ve durur. Kuraklığın en erken belirtisi solgunluktur. Bu durumdaki bitkiye su verildikçe solgunluk geçer, aksi halde bitki ölür. Akut kuraklığın oluşturduğu zararlar, otsu bitkilerin gençlik devresinde daha fazladır. Yüzlek kök sistemine sahip bitkiler kuraklıktan daha fazla etkilenirler. İlbaharda ortaya çıkan kuraklık, bitkileri genç devrede yakaladığından çok tehlikelidir. Yazın görülen kuraklık ise ürünün bir kısmının yok olmasına neden olabilir. Kuraklığın sebep olduğu zarar, temel olarak süresine bağlı olduğundan kısa süreli kuraklıklar daha az zararlıdır.

Kronik kuraklık ise topraktaki taban suyunun düşmesi sonucu görülür. Böyle bölgelerde bulunan bitkiler bir taraftan taban suyunun düşmesi, diğer taraftan da hastalık ve zararlıların etkisiyle zayıf düşerler. Sürekli kuraklıktan dolayı bitkilerde önce solgunluk, daha sonra ise ağaçların tepelerinden başlayarak aşağıya doğru inen kuruma hali görülür. Bu tip kuraklık özellikle çok yıllık bitkiler için önemlidir.

Toprakta yeterli suyun bulunmasına karşın çeşitli sebeplerden ötürü bitkinin bu sudan faydalanamayışı fizyolojik kuraklık olarak tanımlanır. Kış aylarında toprak, soğuk ve donmuş, fakat toprak üstü havasının sıcaklığı daha fazla olursa, bitki toprak üstü organlarıyla transpirasyon yaparak kaybettiği suyu kökleriyle topraktan alamaz. Çünkü suyun viskozitesi artar. Benzer şekilde daha önce de belirtilen sebeplerden ötürü, toprakta meydana gelen tuzluluk, toprak çözeltisinin ozmotik konsantrasyonunu artırarak, toprak suyunun bitkiler tarafından alınımını güçleştirir. Bazen de bitkiler (özellikle çok yıllık ağaçlar) toprak altındaki geçirimsiz sert bir tabakadan ötürü normal su alımlarını gerçekleştiremezler.

### 3. KURAKLIĞIN BİTKİ GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Bitkiler su gereksinimlerine ya da özellikle yaşadıkları ortamda bulunan alınabilir suya bağlı olarak, hidrofitter, mezofitter ve kserofitter diye üç gruba ayrılırlar. Hidrofitter, kısmen ya da veya tamamen su içerisinde yaşayan, mezofitter, uygun toprak nemi bulunan alanlarda yetişen, kserofitter ise kurak alanlarda yetişen bitkilerdir (Öztürk ve Seçmen, 1992). Hidrofit bitkilerin hayatı tamamen ortamda bol miktarda suyun varlığına bağlı iken, bazı kserofit bitkiler bir kaç yıl üst üste hiç yağışın düşmediği çöllerde bile hayatıyetini sürdürebilmektedirler. Kuraklığa dayanım yönünden bitkiler arasında gözlenen bu yoğun varyasyonun sebebi, kuraklık stresi altında bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve morfolojik değişimlerdir. Bu değişimler şu şekilde izah edilebilir.

#### 3.1. Kuraklığın Bitki Morfolojisi Üzerine Etkileri

Kurak şartlar altında yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler, genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya; köklerde oluşan

morfolojik değişimler ise topraktaki suyu daha yüksek bir kuvvetle absorbe etmeye yöneliktir. İlk olarak kuraklık stresi altında kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Kurak şartlarda fotosentez yavaşlar ve bunun sonucu olarak filiz gelişimi zayıflar. Fotosentez ürünlerinin büyük bölümü kök gelişimi için köklere taşınır. Böylece kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Örneğin, çok yıllık kserofit bir bitki olan *Alhagi camelorum*'da toprak üstü aksamı bir kaç cm iken, kökler nemli bölgeye ulaşabilmek için 2-3m'ye dek uzayabilir (Öztürk ve Seçmen 1992). Kuraklık stresi altında köklerde meydana gelen bir diğer değişim de mantara benzer kalın bir doku tabakasıyla örtülmeleridir. Bu tabaka, alttaki canlı hücreleri, kurak ve sıcak toprağın etkisinden korumaktadır. Kuraklık durumunda toprak üstü organlardan köklere çözünebilir karbonhidratlar taşınır. Böylece köklerin ozmotik basınçları artarak su emme güçleri yükselir.

Bitkilerdeki yaprak yüzey genişliği arttıkça su kaybı da artar. Bitkiler su kaybını azaltabilmek için yapraklarını dökmek suretiyle total yaprak alanlarını azaltmaya çalışırlar. Bu durum özellikle çöl bitkilerinde çok sık görülmektedir. Yaprak büyümesi kuraklık stresi karşısında oldukça hassastır. Kısa süreli kurak periyotlar bile yaprak büyümesini yavaşlatır. Bu durum fotosentezin azalmasıyla ilişkilidir. Kuraklık stresi bir tepki olarak bitkide yaprakların üzeri sık tüylerle kaplanır. Bu tüyler, alttaki hücrelerin sıcaklığını 1-2 °C düşürerek, transpirasyon hızını azaltır. Ayrıca yaprak üzerinde mum üretimi artar, kütikula tabakası güneş ışınlarını yansıtarak sıcaklığın etkisini azaltır ve böylece transpirasyon hızı kesilir (Göksoy ve Turan, 1991). Kurak periyotta bazı otsu bitkiler yapraklarını kurdela şeklinde kıvrır. Böylece transpirasyon yapan yüzey azaltılmış olur.

#### 3.2 Kuraklığın Bitki Fizyolojisi Üzerine Etkileri

##### 3.2.1. Ozmotik Düzenleme

Kuraklık stresi maruz kalan bitkiler, hücre turgorlarını koruyabilmek için hücreleri içinde bazı organik çözümleri biriktirmek suretiyle ozmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar. Kuraklık stresi altında çözelti artışının başlıca kaynağı olarak çözünebilir karbonhidratlar ortaya çıkar, özellikle glikoz, sakkaroz gibi çözünür şekerler ve malate birikir. Bunlar dışında K, şeker alkoller ve bazı organik asitler de ozmotik düzenleyici olarak birikir. Bu şekilde çözelti birikimi ozmotik düzenleme olarak adlandırılmaktadır.

Ozmotik düzenlemenin derecesi üzerine bitkilerin yaşı, özellikle generatif gelişme dönemi etkili olmaktadır. Çiçeklenme öncesine kadar bitkide, ozmotik düzenleme yavaş seyretmekte, çiçeklenmeden sonra ise hızlanmaktadır.

##### 3.2.2. Stomatal Hareket

Kuraklık stresi bitkide stoma hareketleri üzerine de etkide bulunmaktadır. Stomaların bitki

fizyolojisindeki önemi yaprağın hücreler arası boşluğu ile atmosfer arasındaki gaz alışverişinin sağlanmasından ve su buharı çıkışına izin vermesinden kaynaklanır. Kuraklık stresi altında bitkilerde stomaların kapanmasını kontrol eden iki mekanizma gelişmiştir. Bunlar, hormonal kontrol ve iyon kontrolü mekanizmalarıdır.

Kuraklığa maruz kalan bitkilerin hücrelerinde absizikasit (ABA) miktarının arttığı bilinmektedir. ABA kurak şartlarda stomaların kapanmasını sağlayan bir hormondur. Kuraklık stresine uğrayan bitkilerde stoma hücrelerinde ABA miktarı artmakta, bunun sonucu olarak suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve K iyonu azalmaktadır. Böylece ozmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanmaktadır. Bu mekanizma, hormonal kontrol olarak adlandırılır.

Stoma hücrelerindeki K iyonu miktarı da stoma hareketleri üzerine etkide bulunmaktadır. Bitki turgor durumunda iken stoma hücrelerine bitişik hücrelerden K iyonları alınır. Böylece ozmotik basıncı artan stomalar açılır. Bitkide turgor sona erdiğinde ise stoma hücrelerindeki K iyonları tekrar bitişik hücrelere geçer ve bu şekilde ozmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanır. Bu mekanizma da iyon kontrolü olarak adlandırılır.

### 3.2.3 Protein Metabolizmasındaki Bozukluk

Kuraklık zararı sadece su kaybından değil, aynı zamanda protein kaybından da meydana gelir. Kuraklık stresi ile bitkide protein metabolizmasında bir bozukluk meydana gelmektedir. Bu bozukluk proteinlerin parçalanması ve protein sentezinin azalması şeklinde görülür.

Proteinlerin parçalanmasıyla dokularda aminoasitler birikir, enzim kayıpları ortaya çıkar, ABA artar ve en önemlisi  $\text{NH}_3$  gibi toksik bir bileşik ortaya çıkar.  $\text{NH}_3$  bitkide metabolik dengenin bozulmasına neden olduğu gibi, suyun yukarı doğru taşınmasına da engel olarak iki yönlü zarar verir.

Protein metabolizmasındaki bozukluk, öncelikle nükleik asit (NA) metabolizmasındaki bozukluğa bağlıdır. Kuraklık stresine artan RNase enzim aktivitesi NA parçalanmasına neden olduğu gibi ribozomları tutan messenger RNA'yı da tahrip ederek poliribozom içeriğini azaltır. Ayrıca kuraklık stresi altında pek çok bitki de NA sentezinin azaldığı belirlenmiştir. İşte, nükleik asit metabolizmasındaki bu gibi bozukluklar sonucu protein sentezi azalmaktadır.

Kuraklık stresi ile protein kayıplarının ilki ribulos bifosfat karboksilas (RuBPCase) enziminin parçalanmasıyla ortaya çıkar. Bu enzim yaprakların başlıca çözünür proteini olup,  $\text{CO}_2$  fiksasyonunda anahtar bir enzimdir.

### 3.2.4. Nitrat İndirgenme Aktivitesi

Bilindiği gibi bitkiler topraktan azotu  $\text{NH}_4$  ve  $\text{NHO}_3$  formlarında alırlar. Nitrat ( $\text{NH}_3$ ) ve Amonyum ( $\text{NH}_4$ ) formlarındaki azot, bitki bünyesinde indirgenerek  $\text{NH}_2$  formuna dönüştürülür. Daha sonra

indirgenmiş azot yağ asitleriyle birleşerek aminoasitleri oluşturur. Aminoasitlerin birleşmesiyle de proteinler meydana gelir. Kuraklık stresine  $\text{NO}_3$  halindeki azotun bitkiler için yararlı forma dönüştürülmesi engellenir. Nitrat indirgenme aktivitesinin azalması Nitratı indirgeyen enzim aktivitesinin azalmasıyla olur.

### 3.2.5. Hormonal Dengenin Değişmesi

Kuraklık stresi altında bitkilerde hormonal dengelerde bir takım değişiklikler meydana gelir. Hormonların işlevleri kısaca şöyledir: ABA, stomaların kapanmasını sağlayan bir hormondur. Ayrıca protein, RNA ve DNA'nın çeşitli aşamalarda sentezlenmesini önler. Etilen ise olgunlaşma üzerine etkili olan bir hormondur. Bu hormonlar gelişmeyi önledikleri gibi, yaprakların yaşlanmasına da sebep olurlar. Kuraklık stresi durumunda bu iki hormonun seviyesi yükselir ve bitki de yaşlanma başlar. Sitokininler yaprakların yaşlanmasını önleyen hormonlardır. Gibberellik asit (GA) büyüme ve olgunlaşma üzerine etkin olup stomaların geç kapanmasında rol oynar. İndol asetik asit (IAA)'ın kesin olarak hücre uzamasında etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca IAA yeni RNA ve protein sentezini de sağlamaktadır. Kuraklık stresi altında sitokininlerin, GA'nın ve IAA'nın miktarları azalmaktadır.

### 3.2.6. Fotosentezin Azalması

Kurak şartlarda bitkide fotosentez büyük oranda azalmaktadır. Fotosentez kabiliyeti o bitkideki total yaprak alanı ve her yaprağın fotosentez aktivitesi ile belirlenir. Kuraklık stresi ile total yaprak alanı azalmakta ve dolayısıyla fotosentez yavaşlamaktadır. Kuraklık stresi altında fotosentezin duraklaması iki şekilde olur: fotosentezin stomalar tarafından kontrolü ve stomalar dışındaki faktörlerce kontrolü.

Kuraklık stresi altında fotosentezdeki ilk azalma stomaların kapanması ve  $\text{CO}_2$  absorpsiyonunun azalmasıyla ortaya çıkar. Bitki, su kaybını önlemek amacıyla stomalarını kapadığında fotosentez için gerekli  $\text{CO}_2$ 'nin alımı da önlenmiş olur. Ayrıca kuraklık stresi durumunda hücreler arası boşluk direnci de artarak buralarda  $\text{CO}_2$  birikimine mani olunur. Yaprakların bu iki farklı tepkisi fotosenteze karşı yaprak direnci olarak adlandırılır.

Fotosentez stomalar dışındaki bazı faktörler tarafından da azaltılır. Bu faktörler çoğunlukla kroloplastik faktörlerdir. Fotosentez olayı baştan sona kadar kroloplastlarda cereyan eder. Kroloplastların özellikle stroma adı verilen bölgesinde  $\text{CO}_2$ 'yi fikse eden ve indirgeyerek organik bileşiklere dönüşmesini sağlayan rübuloz bifosfat karboksilas (RuBPCase) gibi enzimler bulunmaktadır. Su kaybı ile biyokimyasal reaksiyonlar sonucu RuBPCase enzimi azalmakta, dolayısıyla  $\text{CO}_2$  fiksasyonu sekteye uğramaktadır. Başlangıçta fotosentez stomatal fatörler tarafından azaltılmakta ise de, kuraklık stresinin devam etmesi veya şiddetinin artmasıyla kroloplast ve

enzim aktivitesi depresyona uğramakta, bundan dolayı fotosentez stomalar dışındaki faktörler tarafından azaltılmaktadır. Ayrıca kuraklığın ileri safhalarında mezofil hücrelerinin hücre duvarının difizyon direnci artmakta ve böylece mezofil hücrelerine CO<sub>2</sub> girişi önlenmektedir. Fotosenteze karşı kromoplastlardaki bir takım metabolik bozukluklar ve mezofil hücrelerinin hücre duvarlarında oluşan değişim sonucu meydana gelen direnç de mezofil direnci olarak adlandırılır.

#### 4. SOYANIN KURAKLIĞA DAYANIMI VE BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Soya, su gereksinimi bakımından pek çok kültür bitkisi gibi mezofit bir bitkidir. Yani, suyun ne eksik ne fazla olduğu alanlarda gelişimini sürdürebilmektedir.

Soyanın mevsimlik su ihtiyacı yörenin iklimine, toprak ve çeşit özelliklerine bağlı olarak çok farklılıklar göstermekle beraber 450-700 mm arasında değişmektedir (Korukçu ve Evsahipoğlu, 1981). Soya en iyi gelişmesini yağışlı iklim kuşağında gerçekleştirmektedir. Büyüme devresi içinde suya mutlak ihtiyaç göstermesine karşın, olgunluk döneminde de mutlak kuru hava istemektedir. Soya çimlenme devresinde tohum yatağının uzun süre yaş olmasından hoşlanmadığı gibi, bu devrede uzun süren kuraklıktan da etkilenmektedir. Büyüme ve gelişme devrelerinde muntazam dağılım gösteren sulama ve yağış istemektedir (Bayrak, 1989).

Tohumların çimlenebilmesi için ağırlıkların % 50'si kadar suyu topraktan alması gerekmektedir. Bu dönemde oluşacak su eksikliği veya aşırı nem gelişmeyi geciktirmektedir. Vejetasyon ilerledikçe bitkinin su ihtiyacı da artmakta ve çiçeklenme dönemiyle bakla doldurma döneminde maksimuma ulaşmaktadır (Şimşek ve ark., 2001). Bu dönemlerde oluşan su eksikliği aşırı çiçeklenmeye ve meyve dökümlerine sebep olmaktadır (Arioğlu, 1999).

Simiciklas ve Ark. (1989) farklı generatif devrelerde kuraklık stresinin soyada bitki gelişimine ve verimine etkilerini inceledikleri saksı denemelerinde, bitkileri çiçeklenme döneminde 6 saat, bakla oluşumu döneminde 8 saat, tohum oluşu başlangıcında 9 saat ve tohum oluşumunun sonunda 11 saat süreyle kuraklık stresine maruz bırakmışlardır. Bu çalışmanın sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, meydana getirilen yapay kuraklık stresi farklı devrelerde farklı etki yapmış, bitki en fazla tohum oluşumu devresinin başında ve sonunda etkilenmiştir. Bu devreler, bitkinin diğer organlarındaki besin maddelerinin tohuma taşındığı devredir. Su eksikliği nedeniyle besin taşınımı engellenmekte, böylece tohum verimi ve bindane ağırlığı düşmektedir. Benzer şekilde, tohum oluşum devresi başlangıcında meydana gelen kuraklık stresi tohumun çimlenme oranında önemli oranda düşmelere sebep olmaktadır. Araştırmacılar bunu tohumda kalsiyum içeriğinin azalmasına bağlamışlardır.

Muandemele ve Ark. (1988) Tanzanya'nın Magora eyaletinde yaptıkları tarla çalışmalarında benzer sonuçlara varmışlardır. Yapay kuraklık stresine maruz bıraktıkları 30 soya hattında kuraklığın bakla/bitki, tohum/bakla oranlarını dane verimini ve pişirilebilirliğini (yarım saat piştikten sonraki sertlik) azalttığını, kurağa maruz kalmış hatların danelerinin daha küçük olduğunu ve çimlenme oranlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Aynı şekilde Shou ve Ark. (1991) yaptıkları saksı denemelerinde 8 soya çeşidini çiçeklenme başlangıcı ve bakla doldurma döneminde yapay kuraklığa tabi tutmuşlar ve soyada kuraklık stresinin yaprak/kök, bakla/kök oranlarını tohumların bindane ağırlığını ve çimlenme oranlarını azalttığını bildirmişlerdir.

Soyanın kuraklık stresine toleransında bitkinin gövde formu da bir noktaya kadar önemlidir. Genelde indeterminate formlar kurak şartlarda daha iyi bakla bağlayabilmekte ve kurağa daha iyi dayanım göstermektedirler (Blanchet, 1990).

Soyada kuraklık stresi altında meydana gelen verim kayıplarını ve benzeri olumsuzlukları önlemek için, ekimden önce toprağa 0-90 cm derinliği doyuracak şekilde tav suyu verilmeli ve bu işlem en geç 15 Haziran'a kadar yapılmalıdır. İlk sulama ise, ekimden 30 gün sonra, ikinci sulama 18-20 gün sonra diğer sulamalar ise gerektiğinde 10'ar gün aralarla yapılmalıdır. Kritik dönemler olan, çiçeklenme ve bakla doldurma dönemlerinde yapılan bir ya da daha çok sayıdaki sulamalar, verimi önemli ölçüde artırmaktadır. Şayet bir kere sulama imkânı varsa çiçeklenme dönemi sonlarında, iki defa sulama imkânı varsa ekim sonrası ve bakla doldurma dönemi başlarında yapılmalıdır. Sulamalara bakla doldurma dönemi bittikten sonra son verilmelidir (Tülücü, 1983).

Kuraklık stresi soya yağını meydana getiren yağ asitlerinin terkebine de etkili olmaktadır ve kurak şartlar altında yağın doymamışlık değeri artmaktadır. Nitekim Liu ve Ark. (1991) kurağa duyarlı ve dirençli tipler üzerinde kuraklığın yapraklara ve plazma membranlarındaki yağ asitlerine etkisini araştırdıkları çalışmada membran lipidinin myristic acid (14:0) stearic acid (16:0), palmitic acid (18:0), oleic acid (18:1), linoleic acid (18:3) ile az miktarda lauric acid (12:0), arachidonic acid (20:3) ve diğer bazı yağ asitlerinden ibaret olduğunu görmüşlerdir. Kuraklık stresi boyunca bu yağ asitlerinin bileşiminin değişmediğini, ancak özellikle linoleic acid (18:3) miktarının arttığını ve kurağa dirençli tiplerin daha fazla doymamış yağ asidi ve linoleic acid (18:2) içerdiğini bildirmişlerdir.

Benzer şekilde Yin ve Ark. (1989) Çinde tarla şartlarında yaptıkları tarla çalışmasında kuraklığın soya yağında doymamış yağ asidi içeriğini ve özellikle palmitic acid (18:0) ve linoleic acid (18:3) oranını artırdığını, tohumların yağ oranını ise kuraklık stresi altında nispeten arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1.Yetişme dönemi boyunca farklı zamanlarda kuraklık stresinin soyada bazı özelliklere etkisi (Smiciklas ve Ark., 1989).

Uygulama	Tohum Verimi (gr/bitki)	Tohum ağırlığı (gr)	Tohum sayısı (bitki)	Çimlenme(%)	Tohumun Ca içeriği
Stressiz	9.4	61.8	54	95.6	15.3
Çiçeklenme Döneminde stres (6 saat)	8.4	61.8	49	94.4	14.2
Bakla oluşumu döneminde stres (8 saat)	8.3	60.3	47	92.4	13.8
Tohum oluşumu başlangıcında stres (9 saat)	5.6	58.0	32	85.4	7.3
Tohum oluşumu sonunda stres (11 saat)	5.9	81.1	40	8.9	9.5

Soya, kurak şartlar altında bünyesinde ozmotik düzenleme yaparak veya erkencilik özelliğiyle kurak mevsimden kaçarak dayanım göstermeye çalışmaktadır.

Daha evvel de belirtildiği üzere kurağa maruz kalan bitkiler hücre turgorlarını koruyabilmek için hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirmek suretiyle ozmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar.

Zheng ve Wang (1989) Pekin’de kurağa dirençli, yarı dirençli ve duyarlı tipleri temsil eden 6 soya çeşidinin 1985-1986 yılları arasında tarla şartlarında yetiştirerek, kök sistemlerinin fizyolojisini incelemişlerdir. Köklerdeki çözünebilir şeker ve serbest aminoasit içeriği incelenen çeşitlerin tümünde, büyüme evreleriyle beraber değişmiş ve çiçeklenme ve bakla doldurma dönemlerinde maksimuma ulaşmıştır. Köklerin serbest aminoasit ve eriyebilir şeker içeriği ile kökün farklı bölgelerinde bulunan hücrelerdeki ozmotik konsantrasyon ve hücre özsuyu miktarı ile çeşidin kurağa direnci doğru orantılı olarak artmıştır. Anılan özelliklere ilişkin değerler, kurağa dirençli çeşitlerde yüksek, yarı dirençli ve duyarlı tiplerde daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Benzer şekilde Meyer ve Boyer (1981) soya fidelerinden kısıtlı sulamanın başlamasından hemen sonra görülen aminoasit ve şekerlerdeki artışın 12 saat sonra en yüksek değere ulaştığını saptamışlardır. Araştırmacılar doyma noktasında sulananlara göre kısıtlı sulanan fidelerde aminoasit miktarının % 37, glukoz + fruktoz miktarının % 100 ve sakkaroz miktarının % 480 oranında artış gösterdiğini tesbit etmişlerdir. Bu artışın hücrelerdeki su hacminin azalışından kaynaklanmadığını, bunun nedeninin ozmotik potansiyeldeki düşüş olduğunu ve kısıtlı sulamada hipokotil bölgesinde ozmotik düzenlemenin sağlanmasında bu artışın önemli rol oynadığını bildirmişlerdir.

Soyanın kuraklık stresine karşı gösterdiği bir başka dayanım şekli de erkenciliktir. Marjinal yağmur düşen bölgelerde soya tarımının yaygınlaştırılması için erkenci tiplerin seçimi kuraklık stresine karşı

geliştirilebilecek en iyi stratejilerden biridir (Rose ve Ark. 1992).

İster erkenci, ister geç olumlu olsun, soyanın kurağa karşı dayanım gücünü sınırlayan en önemli özelliği, kuraklık stresi altında stomaların açılıp kapanmasını, transpirasyonla su kaybını önleyecek şekilde düzenleyemeyişidir. Bu özelliği ile soya kurağa, bürülmeden daha hassas, fakat fasulyeden daha dayanıklıdır (Gang ve Gao, 1992).

Soyada kurağa dayanım gücünü ortaya koymak amacıyla pek çok araştırmalar yapılmıştır. Nitekim, Liu ve Guo (1987), yüksek, orta ve düşük susuzluk direncine sahip soya tohumlarının su emme katsayılarını sırasıyla 1.16, 1.34 ve 1.38 olarak tespit etmişlerdir. Su emme kat sayılarındaki artış düşük ve orta susuzluk direncine sahip tohumlarda 24 saatte stabil hale gelirken, yüksek dirence sahip tohumlarda 0-72 saatlik periyot boyunca devamlı artmıştır. 3 tipin 48 saatteki çimlenme oranları yüksek dirençlilerde % 37.2, orta dirençlilerde % 22.6 ve düşük dirençlilerde ise % 19 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar bu sonuçlara dayanarak, su emme zamanlarının ve 48 saat içindeki çimlenme oranlarının susuzluk direncinin tespitinde bir belirteç olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yapılan biyokimyasal çalışmalarda kuraklık stresine uyum sağlayan bazı bitkilerin yapraklarında prolin biriktirdikleri gözlenmiş olup, aynı türün kuraklığa dayanıklı ve dayanıksız varyeteleri karşılaştırıldığında, dayanıklı olanların düzenli bir şekilde daha fazla proline sahip oldukları tespit edilmiştir (Singh ve ark., 1972). Kuraklığa dayanıklı soya varyetelerinde de böyle bir durum söz konusudur. Nitekim Guo ve Ark. (1988), 4 yüksek, 2 orta ve 4 zayıf susuzluk direncine sahip toplam 10 soya çeşidini tarla şartlarında, yaprakların serbest prolin içeriği, su tutma kapasitesi, su emme kapasitesi ve su içeriği bakımından karşılaştırmışlardır. Her üç tipte de yaprak su emme kapasitesi ile toprak su içeriği arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Yaprak su emme kapasitesi ve yaprak su içeriği, yüksek susuzluk direncine sahip çeşitlerde fazla iken, diğer iki grup arasında farklılık tespit edilmemiştir.

Kuraklık stresi şartlarında orta dirençli türler, yüksek prolin içeriği ve yüksek su tutma kapasitesi değeri, düşük su emme kapasitesi değeri gösterirken, yüksek dirençli çeşitler, kuraklık stresine düşük prolin içeriği, düşük tutma kapasitesi ve yüksek su emme kapasitesi ile cevap vermişlerdir. Araştırmacılar, bu sonuçlara dayanarak yüksek yaprak su tutma kapasitesi ve düşük prolin içeriğinin susuzluk direnci için yapılacak seçimde ölçü olabileceğini bildirmişlerdir.

Kuraklık stresine toleranslı tipler elde etmede dikkate değer bir diğer husus da azot tesbitinin durumudur. Zira kuraklık stresi altında soyada tespit edilen azot miktarı ve yapraklarda fotosentez oranı düşmektedir (Sun ve Ark. 1991). Kurak şartlarda 3000 çeşit üzerinde yürütülen bir çalışmada, sadece 8 çeşidin azot fiksasyon oranlarının belirgin düşüş göstermediği belirlenmiştir (Thomas ve ark., 2000). Bitkide azot tesbitinin bu şekilde kurağa karşı duyarlı oluşu, bitkideki fizyolojik oluşumların çoğundan daha mükemmeldir. Bu sebeple azot tesbitinin kuraklık stresi altındaki durumun kurağa mukavim soya çeşitleri geliştirilmesinde bir anahtar oluşum sayılabilir. Üreidler, soyadaki azot tesbitinin final ürünlerinden biridir. Silva ve Ark. (1996) kuraklık boyunca nodül aktivitesi ve yaprak saplarındaki üreid konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi tespit etmek ve iyi sulanan bitkilerde üreid konsantrasyonu ile transprasyon oranı arasındaki ilişkiyi bulmak amacıyla yaptıkları çalışmada, bitkileri farklı gelişme dönemlerinde 0,4,5 ve 7 gün susuz bırakarak yapay bir kuraklık oluşturmuşlar ve kuraklık stresi boyunca yaprak saplarındaki üreid miktarının arttığını, buna bağlı olarak azot fiksasyonunun ve transprasyon oranının azaldığını tesbit etmişlerdir. Bu bağlamda kuraklık stresi boyunca yaprak saplarında artan üreid konsantrasyonunun nodül aktivitesinin ve transprasyon miktarının bir belirteci olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir.

Yüksek verimlilik ile kuraklık toleransını bir çeşitte bir araya getirmek soya ıslahında daima arzulanan bir hedef olmuştur. Ancak bugüne kadar geliştirilen yüksek verimli hiçbir çeşit kurağa dayanıklı bulunmamıştır. ABD'nin Nebraska eyaletinde 250 soya hattı üzerinde yürütülen bir çalışmada, bitkilere verilen su miktarı ile birlikte veriminde arttığı görülmüştür. Ancak bazı hatlarda uygulanan su miktarındaki azalmanın verimde daha az bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiş ve bunlar kurağa nispeten dayanıklı hatlar olarak tanımlanmıştır. Daha sonra denemede kullanılan hatlarla yapılan laboratuvar çalışmalarında soyanın gen haritası hazırlanmıştır. Bu haritanın yardımıyla elde edilen sonuca göre kurağa dayanıklılık ile yüksek verim potansiyelinin aynı genler tarafından kontrol edildiği gözlenmiştir (Specht ve Gordon, 2000). Dolayısıyla kurağa mukavim olan çeşitler doğal olarak aynı zamanda düşük verimli olmaktadır. Bununla birlikte mısır ve sorgum bitkilerde bulunan ve kurağa mukamevet ile ilgileri deneysel olarak ispatlanan trigonelline (nicotinic acide betaine) soyada da tespit edilmiştir. (Jaehning,

2000). Yapılan sera çalışmalarında suni olarak oluşturulan kuraklık stresinin şiddetine bağlı olarak soya yapraklarında trigonelline birikiminin arttığı gözlenmiştir (Youngkoo ve ark., 2000). Bu maddenin kuraklığa dayanımda anahtar faktör olduğu tahmin edilmektedir.

## 5. SONUÇ

Bitkisel üretimde süregelen sorunlardan biri su eksikliğidir. Kültür bitkileri gelişimleri için genellikle fazla miktarda suya ihtiyaç duyarlar. Su noksanlığı çoğu zaman verim kayıplarının yanı sıra önemli kalite düşüşlerine de sebep olmaktadır. Kuraklıkla mücadelede geleneksel çözüm sulamadır. Fakat, günümüzde kaliteli su kaynakları azalmakta ve pek çok alanda çiftçiler, sanayiciler ve belediyeler gibi farklı kullanıcılar aynı su için rekabet etmektedirler. Bu yüzden sulama, kuraklık probleminin çözümünde, çiftçiler sulama suyu masraflarını ve gerekli ekipmanın yüksek masraflarını karşılayabilseler bile, pek ümitvar bir tercih olarak görülmemektedir. Bu kanaat giderek yaygınlaşmaktadır ve kurak koşullar altında iyi verim sağlayabilme kapasitesine sahip bitkilere karşı artan bir ilgi bulunmaktadır. Soya kurağa orta derecede dayanım gösteren bir bitkidir. Ancak soyada kuraklık toleransı ve yüksek verim potansiyeli arasında ters bir ilişki vardır (Specht ve Lark, 1998). Dolayısıyla yüksek verimli çeşitler kurak şartlarda yetiştirildiğinde verim kayıpları kaçınılmaz olmaktadır. Bununla birlikte daha önce mısır ve sorgumda varlığı tespit edilen ve kuraklığa dayanımda anahtar faktör olduğu tahmin edilen tirigonelline (nicotinic acide betaine) soyada da rastlanmıştır (Jaehning, 2000). Bu gelişme ümit verici olup konuyla ilgili çalışmalar halen devam etmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Arioğlu, H., 1999. Yağ bitkileri yetiştirme ve ıslahı. Çukurova Üniversitesi yayımları. No:212. Adana.
- Bayrak, F., 1989. Bafra Ovasında Soyanın Fosfor-Su İlişkileri ve Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müd. Samsun Arş. Ens. Müd. Yay. , Genel Yay. No: 50, Rapor Seri No: 44, Samsun.
- Blanchet, R., 1990. The Beginnings of Determinate Varieties Bulletin- Cetiom, No: 106, 14-16, 3 Ref.
- Eriş, A., 1990. Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. U.Ü.Z.F. Yay. Ders Notları No: 11, Bursa.
- Gang, G.P., Gao, A.L., 1992. Comparative studies of drought Resistance Between Soybean And Cowpea. Soybean Science. NO:11 , 336-342, 9 ref.
- Gedik, A., 1997. Meteoroloji Ders Kitabı. O.M.Ü.Z.F. Yay. , No: 10, Samsun.
- Göksoy, A.T. ; Turan, Z.M., 1991. Kuraklığın Bitki Fizyolojisi ve Morfolojisi Üzerine Etkileri. U.Ü.Z.F. Dergisi, No: 8, s. 189-199, Bursa.
- Guo, Z.Q. Liu X.Y. ; Zhang, J.R. 1988. Study on Physiological Criteria of Drought Resistance in Soybean. Shanxi-Agricultural Science. No: 4, 6-9, 7 Ref.
- Jaehning, K.C., 2000. Improving drought resistance in soybean. <http://nws.siu.edu>.
- Korukçu, A., Evsahipoğlu, A.M., 1981. Soya ve Sulanması. Tarım ve Mühendislik Dergisi. T.Z.O.B. Zir. Müh. Odası Yay. Sayı 6, 23-26 s., Ankara.

- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to environmental Stresses. Academic Press, Inc. (London).
- Liu, L.J. ; Ying, T.F. ; Meng, L., 1991. Effect of Drought on Fattyacid Composition of Membrane Lipids of Plazma Membranes. No: 100, 17-22, 5 Ref.
- Liu, X.Y; Guo, Z.Q. , 1987. Water Absorbing Characters of Soybean Seeds of Different Drought Resistance at Germination. Oil-Crops of China. No: 4, 30-32, 3 Ref.
- Meyer, R.F. ; Boyer, J.B., 1981. Osmoregulation Solute Distribution and Growth in Soybean seedlings Having Low Water Potential. Planta 151. 482-489.
- Muandemele, O.D. ; Doto, A. , 1988. Evulation of Soybean Lines for Drought Tolerance and the İnfluence of Water Availability on Cookability. Turialba, No: 38, 194-197, 9 Ref.
- Öztürk, M.A. , Seçmen,Ö., 1992. Bitki Ekolojisi, E. Ü. Fen Fak. Yay. No: 141, İzmir.
- Rose, I.A. ; Mcwhirter, K.S. ; Spurway, R.A. , 1992. Identification of Drought Tolerance in Early-maturing İndeterminate Soybean. Australian-Journal- of acricultural- researcha. No: 43. , 645-657. 14 Ref.
- Shou, H.X.; Zhu, D.H.; Zhu, S.L. 1991. A Preliminary Study of The Responce of 8 Soybean cultivars to Drought and Drought Resistance İndices. Zhejiang-Nongye-Kexue. No: 6, 278-281, 4 Ref.
- Silva, M. Purcell, L.C. ; King, C. A. ; De Silva, M. 1996. Soybean petiole Ureide Response To Water Deficits and Decreased Transpiration. Crop-Science. No: 36, 611-616, 28 Ref.
- Singh, T.N., Aspinall, D., Paleg, L.G., 1972. NatureNew Biol. 236, 188-190.
- Smiciklas, R.G. ; Carrillo, S.P. ; Agudelo, D.O. , 1989. Evaluation of Soybean Cultivars With Different Growth Habits Accoting to İrrigation Revel. Acta-Agronomical, Universited-National -de- Colombia No: 38, 7-22, 17 Ref.
- Specht, J.E.,Gordon, L.,2000. A Qtl Analysis Of Soybean Yield Response To Water: Is Drought Sensitivity A Pleiotropic Consequence Of Higher Yield Potential? Plant & Animal Genome VI Conference Town & Country Hotel, San Diego, CA, January 18-22, 2000.
- Sun, G. Y. ; Zou, Q. ; Cheng, B. S. ; Wang, T.C. 1991. Responses of Photosynthetic Rate and Stoamatal Contuctance to Water Stress in Soybean Leaves; Acta-Botanica-Sinica. No: 33, 43-49, 8 Ref.
- Şimşek, M., Boydak, E., Gerçek, S., Halil, K., 2001. Harran ovası koşullarında farklı sulama ve sıra aralıklarında yağmurlama -damla sulama yöntemleriyle sulanan soya fasulyesinin su verim ilişkisinin saptanması. A. Ü. Zir. Fak. Dergisi. 2001, 7 (3) 88-93.
- Thomas, R.,Purcell, L. C., Vadez, V.,Serraj, R.,King, C. A., 2000. Identification Of Soybean Genotypes With N2 Fixation Tolerance To Water Deficit.United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service Publications.
- Tülücü, K. 1983. Soya Sulaması. Çiftçi Eğitim Semineri (27.5.1983). Ç.Ü.Z.F. Kültür Teknik Böl., Adana.
- Yin, T.F. ; Song, Y.S. ; Liu, L. ; Wang, Y.Z. ; Bao, F. ; Xu, W.R., 1989. Effects of Drought on The Constituends of Phospholipit and Fattyacid in Mitochondrial Membrane Lipids of Soybean Leaves. Plant- Phisyology- Communications. No: 4, 16-18. 11 Ref.
- Youngkoo, C., Nijiti, V., Chen, X., Lightfoot, D.A.,Wood, A.,2000. Alteration of trigonelline concentration in *Glycine max* under drought and irrigated field conditions. Plant Biology 2000.Saturday, July 15 - Wednesday, July 19 - San Diego, CA USA.
- Zheng, P.Y.; Wang, F.H., 1989. A Comparative Study of Rood Characters in Soybean Varieties with Different Drought Resistance. II. Phisyological Functions. Oil Crops of China, No: 2, 6-9, 10 Ref.

## ORGANIC AGRICULTURE IN TURKEY

Semiha GÜLER

Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun-TURKEY

Geliş Tarihi: 15.08.2005

**ABSTRACT:** Depending on technological and scientific development, increase in use of agricultural inputs caused yield increase, but this affected adversely human health and environment. These issues were discussed first at Stockholm Conference held in 1972, later at Rio and Kyoto Conferences held in 1992. Organic agriculture movements gained speed with this activities. Today organic agriculture is a big sector covering more than one hundred countries in the world. Depending on the development in the world, organic farming sector developed in Turkey. Today this sector has more than 57 thousand hectare and 18 thousand farmers in Turkey.

**Keywords:** Organic agriculture, organic production, Turkey

### TÜRKİYE'DE ORGANİK TARIM

**ÖZET:** Teknoloji ve bilimde yaşanan gelişmelere bağlı olarak tarımsal girdi kullanımındaki artış, verimde artışa neden olurken, insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkileyecek gelişmelere de neden olmuştur. Bu olumsuzluklar ilk defa 1972 Stockholm Çevre Konferansı'nda, daha sonra Rio ve Kyoto Konferanslarında (1992) ele alınmıştır. Bu çalışmalar organik tarımın yaygınlaşmasına hız kazandırmış, bugün yüzden fazla ülkeyi içine alan büyük bir sektör konumuna gelmiştir. Türkiye'de de dünyadaki gelişmelere paralel olarak gelişme göstermiş olan organik tarım sektörü, bugün 57 bin hektarın üzerinde bir alanda 18 binden fazla üretici tarafından gerçekleştirilen bir tarımsal faaliyet konumundadır.

**Anahtar Kelimeler:** Organik tarım, organik üretim, Türkiye

#### 1. INTRODUCTION

Today organic farming is a big and dynamic sector in the world covering over one hundred countries with 24 million hectares production areas and 23 billion USD market values. The area of certified wild harvested plants in the world is at least 10.7 million hectares (Willer and Yussefi, 2004). Organic agriculture developed in Turkey depending on development in the world. It was started in the mid-1980s due to demand from importing countries. According to the latest sources, in Turkey a land area of 57.001 ha is under organic management with 18.385 farmers (Willer and Yussefi, 2004). The number of organic products produced in Turkey has increased from 8 to over 300 presently. The major organic products exported are dried sultanas, dried apricots, figs and hazelnuts. Recently a wide range of products such as frozen vegetable and fruits, fruit juice and concentrates, rose and rose products included our export. In 1994 national regulation on organic agriculture was prepared and published in harmony with the European Union (EU) Regulations. The National Regulation of 1994 was revised according to the amendments of the EU regulation and new Turkish Regulation was published on 11 July 2002. The new law for Organic Agriculture was issued in 2005.

#### 2. ORGANIC PRODUCTION

Due to its favourable climatic conditions, a wide range of crops are grown in Turkey. It has seven climatically different regions. In the south coast called

“Mediterranean Region” agricultural production occurs throughout the year in the field and under cover where citrus, banana, olive, tomatoes and cucumber are the main crops. In the west coast called “Aegean Region” the primary crops are grapes, figs and olive. In the Marmara Region cash crops are olive and fruits (especially peach). In the eastern region the province “Malatya” is famous for its apricot production amounting to over 50% of Turkey's apricot production. Hazelnuts and tea are grown in “The Black Sea Region” in the north. In the centre Anatolia many fruit crops and field crops are grown.

Organic area devoted to organic production increased from 1,037 in 1990 to 57.001 ha in 2004. The number of organic farm increased from 313 in 1990 to 18.385 in 2004 (Figure 1). In the Mediterranean Countries, Turkey ranks second after Italy in terms of the number of organic farms and area (Fersino, 2003). Organic farming was initiated by importing countries, demanding dried fruits as apricot, raisin and fig. Today the number of organic products is over 300 of which 100 are processed. Organically grown crops were given in Table 1. Data illustrate that tomatoes, apple, wheat, cotton, apricot, raisin, fig, olive and hazelnuts are the main products even though their production show differences year to year. Total production increased from 168.306 ton in 1999 to 291.876 ton in 2003. Distribution of organic crops is shown in Figure 2. Dry and dried fruits account for 61% of total organic production, followed by field crops with 21% and fresh fruits with 5%.

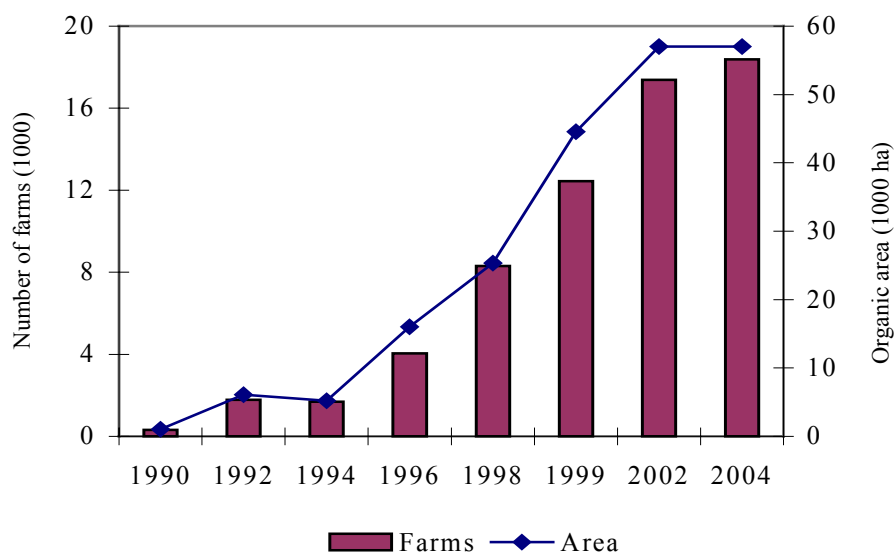


Figure 1. Organic land and farms in Turkey (source: MARA)

Table 1. Organic production in Turkey (tons)

Crops	1999	2000	2001	2002	2003
Tomatoes	7.095	15.532	90.472	82.809	26.493
Apple	24.038	50.136	45.04	69.187	71.928
Wheat	15.983	4.551	31.139	19.752	21.379
Cotton	23.52	23.091	19.511	21.793	34.877
Apricot	10.822	40.799	13.634	5.94	13.278
Grape	7.182	7.582	12.894	10.469	9.505
Fig	7.84	7.635	8.293	9.473	8.112
Olive	3.31	12.875	7.343	10.744	6.456
Hazelnut	5.411	4.114	6.965	7.667	5.994
Lentil	3.211	7.163	5.862	17.012	11.781
Morello cherry	744	2.143	3.769	6.58	5.994
Chickpea	1.35	1.885	3.691	7.667	5.662
Strawberry	2.28	2.677	3.353	3.293	3.497
Pepper	553	1.592	3.202	3.355	3.309
Onion	703	809	2.68	388	1.02
Olive oil	1.174	1.62	1.602	413	68
Cherry	366	496	1.375	1.335	1.83
Dry plum	1	1	1.033	295	295
Honey	1.128	2.582	557	923	1.1
Total (including others)	168.306	237.21	280.328	310.124	291.876

Source: Koç (2004)



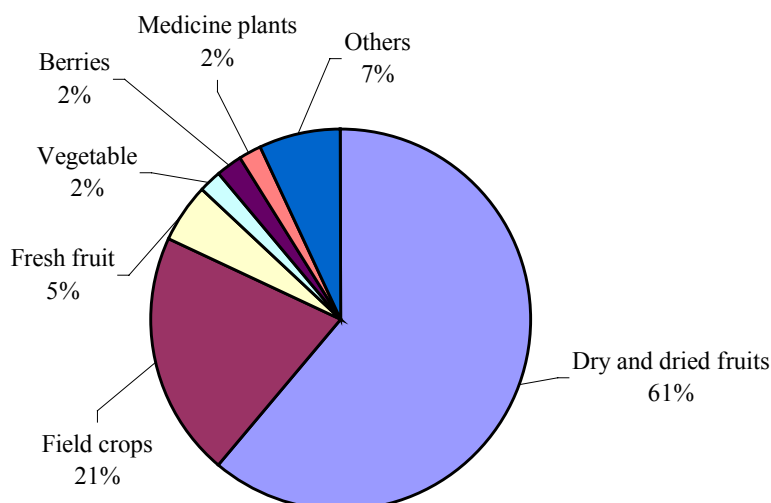


Figure 2. Distribution of organic crops in Turkey (source: MARA)

### 3. EXPORT

The market values of exported organic products show a continuously increasing trend. Export of organic products in Turkey between 2000 and 2003 years was presented in Table 2. The first four products exported are raisin, dried figs, hazelnuts and dried apricot. The amounts of organic dried raisin and figs, and hazelnuts exported accounted for 2.4, 5.7 and 1.0% of the country's total export of these products in 2001, respectively (S.I.S, 2003; Koç, 2004). The amount of exported products increased from 13.129 ton in 2000 to 21.083 ton in 2003, corresponding to 22.5 and 36.9 million USD respectively. This data obtained from The Aegean Exporters' Union (AEU), which co-ordinates the exportation of organic products in the country. Another source of data is The Ministry of Agriculture and Rural Affairs (MARA). Sometimes there is difference between figures obtained from these two sources. The reason for the low figure obtained from AEU is that some exporters were not registered to AEU.

Most of the organic products in Turkey go to foreign market. Today, Turkey exports its organic products to more than 37 countries among which the EU Countries take the first place (80%). Germany is the main market for Turkish organic products with 60% export share in the EU. Other EU Countries are: France, The Netherlands, Switzerland and The United Kingdom. The USA is also another importing country with 15% market share. The major products exported to the USA are dried figs and apricots, fruit juice and

concentrate, and olive oil. Canada, Japan and north European countries import organic food from Turkey.

The domestic organic market has only a small portion of the Turkish food market. The domestic market started to operate in 1999, mostly in the big cities. Marketing is generally confined to healthy food shops and supermarkets (Aksoy et al., 2001).

### 4. LEGISLATION

The first national regulation on production, processing and marketing of organic agricultural products was published on 18 December 1994 (Özkan, 2004). The amendment for this regulation was made on 29 June 1995. The National Regulation of 1994 was based on the EU regulation 2092/91. Since then, amendments to the EU's basic regulations have been adopted and a new regulation was prepared and published on 11 July 2002. The new law for Organic Agriculture was issued in 2005. With the publication of comprehensive national legislation, most of the issues from the field to the fork of the consumer are covered. The aim of the MARA is to build trust in the organic sector. The Organic Agriculture Committee (OAC) at MARA is the competent authority to prepare and implement the regulations on organic agriculture, to give permission to control and certification bodies, to inspect these organisations and co-ordinate all other activities to improve organic agriculture in Turkey. Prime Ministry Undersecretariat for Foreign Trade and MARA are the authorities for regulating imports and exports of organic products certified as "organic".

Table 2. Amount and value of exported organic products in Turkey (amount: tons, value: 1000 USD)

Crops	2000		2001		2002		2003	
	Amount	Value	Amount	Value	Amount	Value	Amount	Value
Raisin	4.252	4.836	5.412	4.885	6.115	5.718	5.677	7.056
Dry fig	2.103	4.074	2.227	4.764	2.228	5.537	2.027	5.166
Hazelnut	1.252	4.226	1.59	5.457	1.56	4.755	1.403	5.107
Dry apricot	1.268	2.741	1.934	2.805	1.835	4.044	1.688	4.734
Apple juice	315	424	142	138	468	456	2.528	3.055
Frozen fruit	185	252	1.163	1.368	892	1.106	1.212	1.983
Cotton fibres	175	299	92	184	411	623	865	1.376
Pine nut	52	787	54	726	96	4.534	70	1.212
Lentil	979	806	1.097	841	962	655	1.447	1.025
Chickpea	707	636	1.035	827	1.413	1.113	1.167	830
Frozen vegetable	352	184	575	355	666	391	841	573
Anise, fennel and coriander seeds	21	60	56	166	246	592	229	453
Honey	20	38	30	63	385	852	109	295
Pistachio	176	126	51	307	21	129	32	265
Olive oil	15	48	5	12	25	65	54	174
canned cherries	25	12	92	126	57	89	88	146
Tomatoes paste	1	1	13	11	116	86	134	142
Semolina and pounded wheat	25	12	79	37	85	48	116	64
Dry plum	275	321	351	460	139	236	6	24
Total	13.129	22.556	17.556	27.242	19.183	30.877	21.083	36.933

Source: Koç (2004)

In 1992 the Turkish Association of the Organic Agriculture Movement (ETO) was established to define the needs of the existing organic farms, set the standards for production, inspection, certification and export of organic products and stimulate the development of the sector. This Association, which covers researchers, farmers, distributors and consumer, provides training and counselling to farmers and serves as a link between dealers and institutions (Aksoy et al., 2001).

### 5. CONTROL AND CERTIFICATION BODIES

Currently, private control and certification bodies have carried out inspection of organic production. These bodies must receive a permit from OAC to perform activities related to control and certification. OAC supervises the activities of these inspection bodies. OAC members make both notified and random visits to these bodies and also to the organic farms to control their activities. Currently two national and five foreign organisations work as inspection bodies (Özkan, 2004). These inspection bodies are as follows:

- Institute for Marketecology (IMO) (Swiss)
- ECOCERT (French)
- SKAL (Dutch)
- BCS EKO-Garantie GMBH (German)
- International Nutrition and Agriculture Consultancy (INAC) (German)

- ETKO Gözetim Hizmetleri Ltd.Şti. (Turkish)
- EKOTAR (Turkish)
- BIOAGRICOOP (Italian) (not active)

### 6. RESEARCH ON ORGANIC AGRICULTURE

In the Turkey research on organic agriculture have been conducted mainly by state-owned universities and research institutes. They have been mainly funded by the Government. A project named “ Organic Research in Turkey” was prepared by The General Directorate for Agricultural Research at MARA and submitted to the The State Planning Organization in 2004 for funding. The aims of the projects are to determine the native materials to be used in organic farming and to submit these materials into the organic sector, to conduct basic and applied research throughout the country and to train the researchers working on organic agriculture.

### 7. CONCLUSION

Beginning in the mid-1980s, organic agricultural activities in Turkey has grown day to day. The share of organic products is now under 1%, but it is expected that it will reach to 30% in the next ten years. Turkish organic producers are mainly focused on export market. The national organic market has only a small percentage of the country's food market. Currently there is no governmental support to organic

production such as supporting farmers during conversion periods.

## **8. REFERENCES**

- Aksoy, U., Y. Tüzel, and A. Altindisli, 2001. Development of organic agriculture in Turkey. A case study for Mediterranean countries. In: *Organic Agriculture in the Mediterranean Basin*. Proceedings of an international symposium on Organic Agriculture, Agadir, October 7-10 Hanafi, A. and Kenny, L. (eds.) I.A.V. Hassan II, Agadir, pp 217-225
- Fersino, V., 2003. Organic farming in the mediterranean. [www.premiobiol.it/2003\\_documentia](http://www.premiobiol.it/2003_documentia)
- Koç, D., 2004. Organic production and marketing in Turkey. [www.igeme.org.tr](http://www.igeme.org.tr)
- Özkan, M., 2004. Organic Agriculture and National Legislation in Turkey. In: *Organic Agriculture: Sustainability, markets and policies*, CABI publishing, pp 289-294
- S.I.S., 2003. Agricultural Structure (production, price, value) 2001. State Institute of Statistics Prime Ministry Republic of Turkey, 544 p, [www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr)
- Willer, H. and M. Yussefi, 2004. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging trends*. 167 p, IFOAM, [www.ifoam.org](http://www.ifoam.org)

## DEVELOPMENTS ON FERTILIZER CONSUMPTION OF THE WORLD AND TURKEY

Semiha GÜLER

Black Sea Agricultural Research Institute, 55001 Samsun-TURKEY

Geliş Tarihi: 17.08.2005

**ABSTRACT:** World fertiliser consumption as pure N, P, K basis in 2002 was 141.6 million tons of which 64% was used by developing countries, 35% by developed countries. Total fertiliser consumption of America, Asia and Europe accounted for 95% of world fertiliser consumption (WFC). With 39.6 million tons fertiliser consumption, China has 28% share in the world total consumption. Due to hazardous effects of fertilisers, in particular nitrogen, on the environment and human health, some measurements restricting fertiliser use were taken by many countries, especially by EU(15) and USA. Many EU(15) countries reduced their fertiliser use at rate of ranging from 3% to 38% during 1992 to 2001 years. Fertiliser consumption of Turkey in 2002 was 1.74 million tons. Its fertiliser application per hectare is 67.2 kg, which is lower than the world average. It is not possible to alleviate the detrimental effects of fertiliser only by reducing fertiliser amounts used. It is necessary that some management practises not only increasing fertiliser use efficiency but also reducing nutrient leaching have to be used. Also new varieties using nutrient efficiently must be developed.

**Keywords:** Consumption, fertilizer, Turkey, world

### DÜNYA VE TÜRKİYE'DE GÜBRE TÜKETİMİNDEKİ GELİŞMELER

**ÖZET:** Dünya gübre tüketimi 2002 yılında saf N, P, K bazında 141.6 milyon tona ulaşmış olup, bunun %64'ü gelişmekte olan, %35'i ise gelişmiş ülkeler tarafından kullanılmıştır. Amerika, Asya ve Avrupa kıtalarının kullanmış olduğu gübre miktarı dünya tüketiminin %95'ini oluşturmaktadır. Çin 39.6 milyon ton ile dünya gübre tüketiminde %28'lik bir paya sahiptir. Gübrenin, özellikle azotlu, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı, bazı gelişmiş ülkeler özellikle Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri gübre tüketiminde sınırlamaya gitmektedirler. AB ülkelerinde 1992 ve 2001 yılları arasında %3'ten %38'e kadar değişen oranlarda gübre tüketiminde azalma görülmektedir. Türkiye'nin 2002 yılı gübre tüketimi 1.74 milyon tondur. Hektara uygulanan gübre miktarı ise 67.2 kg olup, dünya ortalamasının altındadır. Azotun zararlı etkisini sadece kullanılan miktarın azaltılması ile azaltmak mümkün görülmemektedir. Azotun kullanım etkinliğini artıracak ve yıkanmayı azaltacak yetiştirme tekniklerinin kullanımı yanında, azotu daha etkin olarak kullanacak çeşitlerin geliştirilmesi de büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dünya, gübre, tüketim, Türkiye

#### 1. INTRODUCTION

Fertiliser is one of the most important input in agricultural production. While deficit use of fertiliser causes yield and quality losses, excessive use causes serious environmental hazard which has adverse effects on human health, directly or indirectly (Owen and Jurgens-Gschwind, 1986; Byrnes, 1990; Hatipoglu et al., 1996). Farmers mostly prefer to use over than normal rate of fertiliser to avoid yield losses. In view of detrimental effects of fertiliser on human health and environment, some measurements were taken in some developed countries especially in Europe (EC Directive, 1991). OECD countries have extensive experience with pesticide and fertiliser taxes. Although there have been some difficulties in implementation of tax in some countries, great success was obtained by some countries in Europe. For instance, in Sweden the fertiliser tax reduced demand for fertiliser in 1991-92 by 15-20% and also reduced financially optimal dosages by about 10 per cent (Pearce and Koundouri, 2003).

Fertilizer consumption had shifted towards developing countries especially after 1990s. The main forces held responsible for this shift were the introduction of environmental legislation restricting the use of fertilizer in many developed countries especially in European Community (EU15). In ten

years, from 1992 to 2001, nitrogenous fertiliser consumption of some EU countries reduced considerably, e.g in Denmark, -38%; Greece, -34%, and the Netherlands, -26%. Some others EU countries as Belgim-Luxembourg, Finland, Italy, Portugal, and Sweden reduced their nitrogenous fertiliser consumption at a rate of ranging from 3% to 9%.

Data used in this paper derived from FAO sources (FAO, 2005). The amount of fertilizer applied per hectare was calculated by dividing total fertiliser consumption to total arable land.

#### 2. FERTILIZER CONSUMPTION

##### World

According to FAO figures, world total fertiliser consumption increased linearly from 31.2 million tons in 1961 to 116.7 million tons in 1980 (FAO, 2005). This increase continued up to 1990 year reaching 137.8 million tons. In the last ten years there was a slight decrease in fertiliser consumption in the world (Figure 1). The fall at the beginnings of the 1990s was due to the collapse of fertiliser consumption in the countries of Central Europe and Former Soviet Union, following structural changes and economic problems. Another reason was the concern on environmental issues. Expansion usage of alternative agriculture

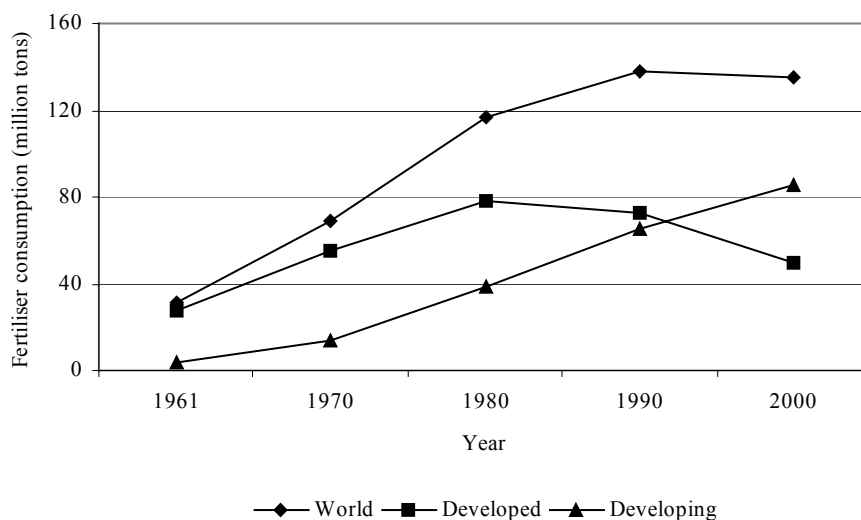


Figure 1. Total fertiliser consumption of the world, developed and developing countries (FAO, 2005)

production techniques as organic farming and sustainable agriculture was of great importance on that fall.

In 2002 total fertiliser consumption of America, Asia and Europe accounted for 95% of the world fertiliser consumption (WFC). Asia alone utilised 54% of WFC, of which 28% consumed by China, and 11.4% by India. Total fertiliser consumption in Oceania was 2% of WFC, most of which used by both Australia and New Zealand. Approximately the same figures are valid for when evaluated in consumption of N, P and K fertilisers. The United States of America (55%) and Canada (7%) accounted for 62% of America fertiliser consumption. Of the total fertiliser used by Europe, 68% utilised by EU(15). France, Germany, The UK, Spain, and Italy are the largest fertiliser consumer. Africa utilised 3% of WFC (Figure 2). Three country, Egypt (30%), South Africa (23%), and Morocco (9%) accounted for 62% of Africa total fertiliser consumption.

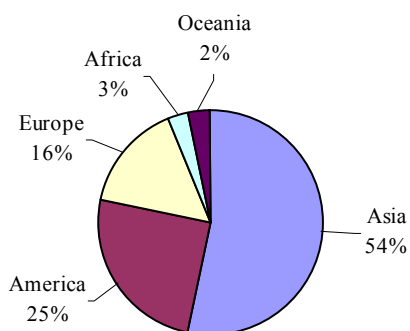


Figure 2. World total fertiliser consumption in 2002

### Developed Countries

Fertiliser consumption of the developed countries increased from 27.5 million tons in 1961 to 77.9 million tons in 1980 (Figure 1). However their share

in the total world fertiliser consumption fell from 88% to 67% during the same period. Since 1980 there has been a decline in fertiliser use of developed countries. Their usage in 2002 averaged 50 million tons nutrients or 35% of world total of which 68% consumed by both EU(15) and USA. Fertiliser consumption of EU(15) from 1961 to 1980 showed an increase with 11.3 million tons to 21.1 million tons (Figure 4). Its share in the world total fell from 36.2% to 18.1% during the same period. In 2002 its share was 10.5% of WFC. In 2002 each EU(15) country used 0.70% of WFC. In EU(15) the largest fertiliser consumer is France, followed by Germany, The UK, Spain, and Italy. But Ireland and The Netherlands are by far the largest fertiliser consuming countries in EU (15) when taken into account their fertilizer application per hectare (Table 1). Fertilizer application of all EU(15) countries is over the world average (100.8 kg ha<sup>-1</sup>).

Another larger fertiliser consuming developed country is the USA. Its consumption increased from 7.6 million tons in 1961 to 21.5 million tons in 1980. Its share in the world total decreased from 24% to 18% of WFC in the same period. After 1980, there was a decline in fertiliser use of USA, accounting for 14% of WFC (Figure 3). According to the latest figure its share fell to 13.6% of WFC in 2002.

When looked at the last ten-year figures from 1992 to 2001, it can be seen that between 1992-94 there was a decline in fertiliser use in developed countries. Between 1994 and 2002 their fertiliser consumption was under the 60 million tons. In developing countries, whereas, there was a continuous increase from 1993 to 1999, reaching over 80 million tons (Figure 4).

### Developing Countries

Since 1961, fertiliser consumption in the developing countries has increased more or less

Table 1. Fertiliser consumption of EU countries, Turkey and the world in 2002

	Total		N		P		K	
	kg ha <sup>-1</sup>	%*	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%
Avustria	149.7	0.15	84.8	0.14	33.8	0.14	31.1	0.19
Belgium-Luxembourg	353.7	0.20	200.7	0.19	55.1	0.13	97.9	0.34
Denmark	130.5	0.21	88.6	0.24	14.5	0.10	27.4	0.27
Finland	133.2	0.21	73.7	0.19	23.6	0.15	35.9	0.34
France	215.1	2.80	123.5	2.69	39.5	2.17	52.0	4.13
Germany	220.0	1.83	151.6	2.11	27.7	0.97	40.7	2.06
Greece	149.1	0.29	93.1	0.30	39.4	0.32	16.6	0.19
Ireland	523.6	0.41	321.1	0.42	86.5	0.29	115.9	0.56
Italy	172.9	1.01	94.8	0.93	44.9	1.11	33.2	1.18
Netherlands	366.8	0.24	310.0	0.34	56.8	0.15	-	-
Portugal	104.0	0.15	50.8	0.12	29.1	0.17	24.1	0.21
Spain	157.2	1.53	77.9	1.26	43.8	1.79	35.5	2.10
Sweden	100.0	0.19	70.5	0.22	13.8	0.11	15.7	0.18
UK	313.1	1.27	198.5	1.35	49.2	0.84	65.4	1.62
EU(15)	200.2	10.5	120.0	10.5	38.3	8.47	41.9	13.4
Turkey	67.2	1.23	46.1	1.41	18.3	1.41	2.8	0.32
World	100.8		60.4		23.8		16.6	

(\*): represent % of world fertiliser consumption; Source: FAO (2005)

continuously. With their rapidly increasing populations, many developing countries are compelled to give agricultural production and the development of fertiliser use in high priority. In 1961 total fertiliser consumption of developing countries was only 12% of WFC. Their share increased linearly especially from 1970 to 2000, reaching 63% of WFC (Figure 1). The Least developed countries had only 0.3% of WFC in 1961 with 0.1 million tons. In 2002 their fertiliser consumption reached over 2.5 million tons (1.7% of WFC). To give the figure like this, it may be not reliable because of that each group has different number of countries. According to FAO data developed countries include 56 countries, developing 159, and the least developed 48. So it will be much more informative to give the fertiliser consumption (FAO, 2005) per country per group. According to that, in 2002 each developed country accounted for 0.63% of WFC, developing ones for 0.40%, and the least developed ones for 0.03%. Each industrialised country used 1.1% of WFC in the same year.

China has been by far the largest fertiliser consumer in the world accounting for 28% of WFC with 39.6 million tons in 2002. In a 40-year period from 1961 to 2000 consumption of all three fertiliser increased from 0.7 million tons net nutrient to 34.2 million tons, an increase from 2.2% of WFC to 25.2% of WFC (Figure 4). India is another developing country of which fertiliser utilisation increased from 0.3 million tons (1% of WFC) in 1961 to 16.7 million tons (12% of WFC) in 2000 (Figure 3). In 2002, with 16.1 million tons, it consumed 11.5% of WFC.

Turkey, with 23.8 million hectare arable land is an important fertiliser consumer in the world. Fertiliser consumption of Turkey increased from 0.07 million tons in 1961 to 2.1 million tons in 2000. In 2002 its share in world total was 1.2% of WFC with 1.74 million tons. There was a fall in consumption about 16.5% from 2000 to 2002. Its fertiliser consumption per hectare is lower than both the world and the EU(15) average (Table 1). Local demand is expected to increase in the next five to ten years, particularly following the South-east Anatolia Project (SAP), which is expected to boost demand by 25 percent. When the project is completed, arable land in Turkey is expected to increase by 1.7 million hectare. Fifty-five percent of project is expected to be completed by 2005 adding 894.000 hectare of land to agricultural production (Kazgan, 1992).

### 3. FERTILIZER APPLICATION

#### World

Fertiliser application per unit area in the continents and the world are given in Table 2 (FAO, 2005). Asia is in the first place in fertiliser application per hectare (150.7 kg ha<sup>-1</sup>). It is followed by America (95.2 kg ha<sup>-1</sup>), Europe (76.2 kg ha<sup>-1</sup>) and Oceania (62.8 kg ha<sup>-1</sup>). Fertiliser utilisation per hectare is too lower in Africa (23.1 kg ha<sup>-1</sup>) when compared to the other continents and the world average (100.8 kg ha<sup>-1</sup>). Nitrogenous fertiliser application is the highest in Asia (97.3 kg ha<sup>-1</sup>). Fertiliser N usage is under the world average in the other continents. In two continents, Asia and America potassium supply are over the world average (16.6 kg ha<sup>-1</sup>).

Table 2. Fertiliser use per hectare in the world in 2002 (kg ha<sup>-1</sup>)

	Total	N	P	K
Asia	150.7	97.3	35.9	17.4
America	95.0	48.1	23.8	24.4
Europe	76.2	46.5	13.9	15.8
Oceania	62.8	25.7	29.6	7.41
Africa	23.1	14.9	5.4	2.9
World	100.8	60.4	23.8	16.6

Source: FAO (2005)

**Developed and developing countries**

Fertiliser application of developed and industrialised countries is over the world average (Table 3). Developed countries supply 82 kg total fertiliser per hectare, industrialised countries 116 kg ha<sup>-1</sup>, developing countries 115 kg ha<sup>-1</sup>. Least developed countries use too much lower fertiliser per hectare (19 kg ha<sup>-1</sup>). Developing countries have applied more nitrogenous and phosphorus fertiliser per hectare than those of developed countries. In some developing countries, plant nutrition has become unbalanced in favour of nitrogen (Figure, 5). When considered world total fertiliser consumption, nitrogen

accounted for 60%, phosphate 24%, and potassium 16% in 2000. In developed countries the share of N, P, and K in total fertiliser consumption was 57, 22, and 21%, respectively. Whereas in developing countries these figures were 62, 25, and 13%, respectively, showing lower fertiliser K usage.

In terms of per hectare use there have been great differences among countries. New Zealand (568.6 kg ha<sup>-1</sup>) and Ireland (523.6 kg ha<sup>-1</sup>) are by far the largest fertiliser user countries, followed by Egypt (438 kg ha<sup>-1</sup>), The Netherlands (366.8 kg ha<sup>-1</sup>), and Japan (291 kg ha<sup>-1</sup>). Per hectare use is also higher in EU(15) countries, especially in Ireland, the Netherlands, Belgium-Luxembourg, and the UK. However since the 1992 reform of the CAP (Common Agricultural Policy) there have been great changes in fertiliser use of EU(15) countries. For instance, from 1992 to 2001 there was a great decline in nitrogenous fertiliser use in Denmark (-38%), Greece (-34%), and the Netherlands (-26%). Also it is not much like these countries, some others as Italy (-9%), Portugal (-8%), Finland (-5%), Belgium-Luxembourg (-5%), and

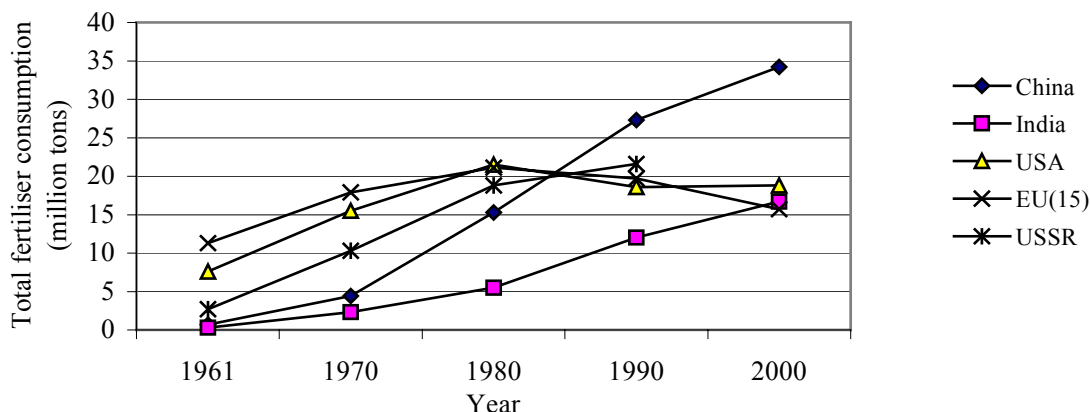


Figure 3. Some larger fertiliser consumer countries in the world (FAO, 2005)

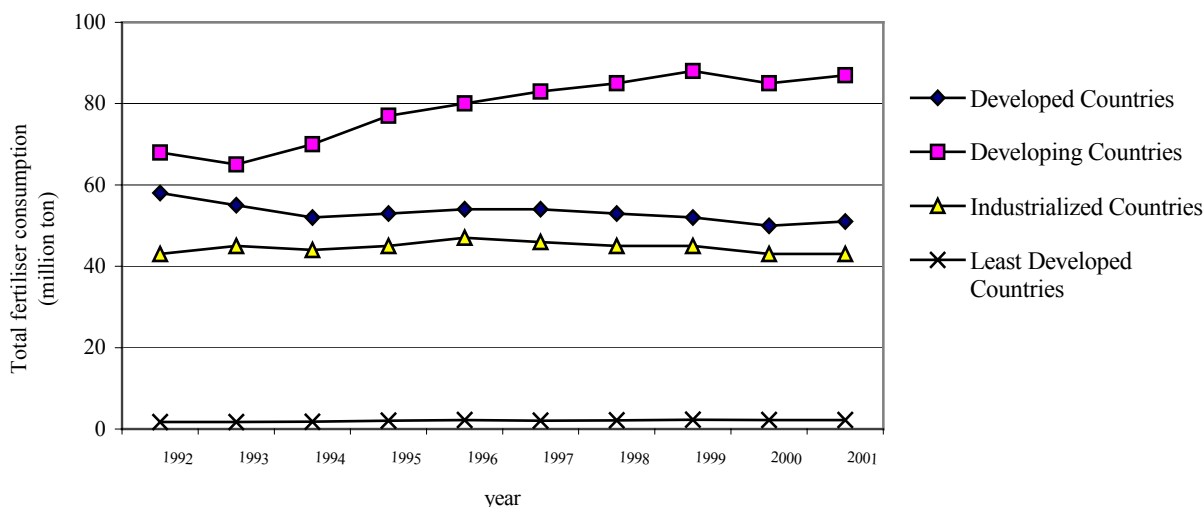


Figure 4. Changes in fertiliser consumption of the developed and developing countries (FAO, 2005)

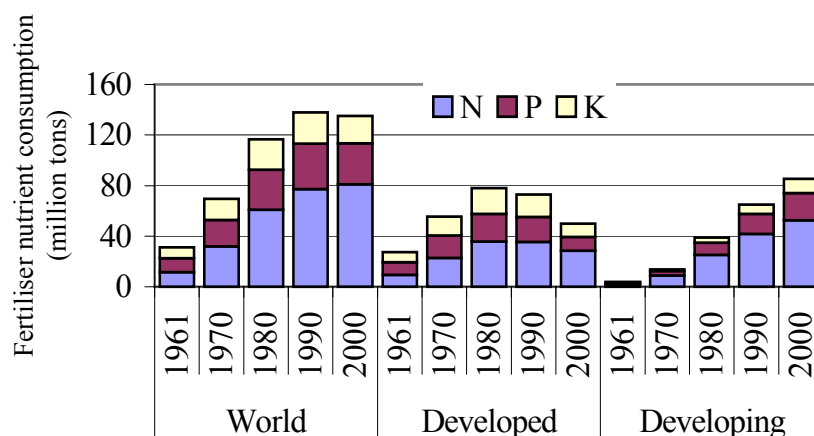


Figure 5. Changes in N, P and K fertiliser usage in the world, developed and developing countries (FAO, 2005)

Table 3. Fertiliser application in developed and developing countries in 2002 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

	Total	N	P	K
Developed countries	82	47	18	17
Industrialised countries	116	65	26	25
Developing countries	115	70	29	16
Least developed countries	19	13	4	2
World	100.8	60.4	23.8	16.6

Source: FAO (2005)

Sweden (-3%) reduced their fertiliser consumption since 1992.

Another EU(15) country, Spain increased its consumption (+36%) during the same period, of which per hectare use is lower when compared to the other EU(15) countries except for Denmark, Finland, Greece, Portugal, Sweden, and Australia.

In Turkey, fertiliser use per hectare is  $67.2 \text{ kg}$ , which is lower than the world average ( $100.8 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Although over 50% of total fertiliser amounts are used for cereals, industry crops ( $175 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and vegetables ( $194 \text{ kg ha}^{-1}$ ) receive greater amount of fertiliser per unit area (Hatipoglu et al., 1996). This situation is valid for most of the other countries.

#### 4. CONCLUSION

Fertilisers, especially nitrogenous, can cause serious environmental problems by leaching to the ground water and by accumulating as nitrate in the plant, which both have adverse effects on human health. Also large amounts of nitrogen is released into the atmosphere by nitrous oxide emission which led to great climate changes. In view of detrimental effects of fertilisers, most developed countries made regulations restricting fertiliser use. Even though in developing countries fertiliser consumption has increased continuously, their fertiliser use per unit area, especially in African countries, still is lower than developed countries. However to increase the amounts of fertiliser should not be a sole solution. Because the big problem with nitrogen is lower fertilizer use

efficiency (Neeteson et al., 1999; Rahn, 2002). Fertiliser sources are not used efficiently in agricultural systems, and plant uptake of fertiliser N seldom exceeds 50% of the N applied (Finck, 1992; Peoples et al., 1995). In view of the large quantities involved, inefficiencies in fertiliser use represent a substantial economic loss. For example, given that about 82 Mt of N were used in the world agriculture in 2001, a 20% loss with a wholesale price of US dollar 0.66 per kg of N in urea, amounts to US dollar 10.8 billion. In conclusion much can be achieved by improving management practices, one of which is fertiliser application methods (Nielsen and Jensen, 1990; Shepherd et al., 1993; Davis, 1994). Such as fertigation holds promise for supplying nitrogen to coincide with nitrogen demand, thus reducing leaching losses. A greater plant uptake can also be achieved by new varieties (Barker, 1989).

#### 5. REFERENCES

- Barker, A. V., 1989. Genotypic responses of vegetable crops to nitrogen nutrition. *Hort. Sci.* 24:256-261
- Byrnes, B. H., 1990. Environmental effects of fertiliser use—An overview, *Fertiliser Research* 26:209-215
- Davis, J. G., 1994. Managing plant nutrients for optimum water use efficiency and water conservation. *Adv. In Agronomy* 53:85-114
- EC Directive, 1991. Protection of waters against pollution by nitrates from agriculture. Directive EEC/91 676
- FAO, 2005. FAO statistics, [www.fao.org/statistics](http://www.fao.org/statistics)
- Finck, A., 1992. In *World Fertiliser Use Manual*. IFA, Paris
- Hatipoglu, F., M. Alpaslan, A. Güneş, 1996. Fertiliser use and its effect on environment in Turkey. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 20:1-5
- Kazgan, G., 1992. Current trends and prospects in Turkish Agriculture. *METU Studies in Development*, 19(3):337-360
- Neeteson, J. J., R. Booij, and A. P. Whitmore, 1999. A review on sustainable nitrogen management in intensive vegetable production systems, *Acta Hort.* 506:17-26
- Nielsen, N. E., and H. E. Jensen, 1990. Nitrate leaching from loamy soils as affected by crop rotation and nitrogen fertiliser application. *Fert. Res.* 26:197-207



- Owen, T. R., and S. Jurgens-Gschwind, 1986. Nitrates in drinking waters: a review, *Fert. Res.* 10:3-25
- Pearce, D., P. Koundouri, 2003. Fertiliser and pesticide taxes for controlling non-point agricultural pollution. The World Bank Group, [www.worldbank.org/rural](http://www.worldbank.org/rural)
- Peoples, M. B., J. R. Freney, and A. R. Mosier, 1995. Minimising Gaseous losses of nitrogen. In: Bacon P. E. (Ed.) *Nitrogen Fertilisation in the Environment*. Marcel Dekker, New York, 565-602
- Rahn, C. R., 2002. Management strategies to reduce nutrient losses from vegetable crops, *Acta Hort.* 571:19-29
- Shepherd, M. A., D. B. Davies and P. A. Johnson, 1993. Minimising nitrate losses from arable soils. *Soil Use and Management* 9(3):94-99

## GENETİK YAPISI DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR: I. BİTKİLER

Ayten DEMİR Fatih SEYİS Orhan KURT  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun

Geliş Tarihi :19.08.2005

**ÖZET:** Biyoteknolojideki gelişmeler sayesinde bir organizmadan, diğer organizmalara uygun genlerin aktarılması mümkün hale gelmiştir. Bu teknolojiyi mısır ve pamukta olduğu gibi zararlılara dayanıklı ve soyada olduğu gibi herbisitlere dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için kullanılmıştır. Fakat bugün bu teknoloji, bitki ve hayvanları çok farklı amaçlar yönünde değiştirmek ve geliştirmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları özellikle son yıllarda yoğun olarak tartışılmaktadır. Bu makalede biyoteknolojik bir yöntem olan gen teknolojisi ile bitkilerde yapılan değişiklikler ele alınacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki, biyoteknoloji, genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar

## GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS: I. PLANTS

**ABSTRACT:** Transfer of suitable genes from one organism to other is possible due to developments in biotechnology. This technology was used for improvement of pathogen resistance in corn and cotton varieties and herbicide resistance in soybean varieties. However, nowadays this technology is used in changing and improvement of plant and animals for different purposes. The results of such investigations were discussed strongly during the last years. In this paper, transformations of plants via biotechnology will be discussed at different dimensions.

**Keywords:** Plant, biotechnology, genetically modified organism

### 1.GİRİŞ

Geleneksel bitki ıslahının amacı yeni özelliklere sahip bitkilerin elde edilmesi ve bunlar arasından istenen özelliklere sahip bitkilerin seçilmesidir. Bu amaca ulaşmak için istenen özellikleri taşıyan ebeveyn bitkiler birbirleriyle melezlenmekte ve elde edilen döllerin, ebeveynlerin özelliklerini birleştirilmiş şekilde taşıyıp taşımadığına bakılmaktadır. Fakat bu yöntem kullanıldığında; ebeveynlerden döllere istenilen özelliklerin yanında istenmeyen özellikler de aktarılmaktadır. Daha sonra istenmeyen özellikler geriye melezleme yoluyla elemine edilebilmektedir. Ancak bu durumda uzun bir zaman sürecine ihtiyaç vardır.

Son yıllarda, geleneksel ıslah metotları ile kombine edilmiş mutasyon, protoplast kültürü, besi ortamında tozlanma ve dölllenme, embriyo kültürü ve gen teknolojisi kullanılmaktadır. Özellikle gen teknolojisi metotlarının kullanımındaki fayda ve riskler üzerine farklı sosyal tabakalarda tartışmalar yapılmaktadır. Bu tartışmalar; a) Belirli bir genin kontrollü olarak aktarılması, geleneksel melezleme çalışmalarına göre genetik materyaller arasında beklenmedik olayların ortaya çıkmasına daha az ihtimalle sebebiyet vereceği, b) Alıcı bitkiye yabancı bir genin aktarılması sonucu bu bitkide bir toksinin oluşma ihtimalinin bulunduğu, c) Bu bitki kullanılarak elde edilen gıdaların tüketilmesi sonucu insanlarda ve diğer canlılarda gıda alerjilerinin olabileceği ve d) Suni olarak aktarılan bu genin yabancı bitkilere polen akışı nedeniyle geçebileceği ve bu yolla beklenmedik çevresel tehlikelerin ortaya çıkabileceği konusunda yoğunlaşmaktadır (Brandt, 1995).

Yeni teknoloji kullanımının ekonomisi ve toplum üzerine etkisini tartışmada veya insanın yapabileceği işlerin sınırlarını belirtmede herkes fikir beyan etmek için kendisini yeterli görebilir. Ancak bir genin ve

genetik bilginin bir bitkiye aktarıldığında nasıl bir sonucun ortaya çıkacağını tahmin edebilmek için konuya ilişkin belli bir bilgi birikimine sahip olmak gerekir. Fakat bu bilgi birikimi dikkate alınmadan tartışma grupları; transgenik bitkilerin kullanımı ile tarımda doğabilecek yeni imkanların vazgeçilmez olduğunu savunmakta (Gasser ve Fraley, 1992), doğayı sunileştirmenin insanlık suçu olduğunu ifade etmekte (Daele, 1987) ve aynı fikre sahip araştırmacıların bir araya gelip gelecekte kendilerinin yapacağı araştırmalara karşı toplumda oluşacak tepkilere karşı düşünce geliştirdikleri düşünüldükçe bilirkişi gruplarına güvenilemeyeceğini vurgulamaktadırlar. Bu araştırma ile dünyada yetiştirilen transgenik bitkiler ve bu bitkilerde meydana getirilen değişikliklerin tanıtılması amaçlanmaktadır.

### 2. GENETİK YAPISI DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR

Genetik mühendisliği yöntemleriyle bünyelerine yabancı genler dahil edilerek "genetik yapıları" değişikliğe uğratan ve bu yabancı genleri genomlarına sabit olarak entegre eden ve bu özellikleri gösteren bitki, hayvan ve mikroorganizmalar, genetik yapısı değiştirilmiş organizma olarak adlandırılmaktadır (Ibelgauf, 1993).

Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar; a) Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizma (GDO), b) Değiştirilmiş Canlı Organizmalar (DCLMO) ve c) Genetik Olarak Modifiye Edilmiş Mahsüller (GM) olmak üzere değişik isimlerle isimlendirilirler.

Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar olarak üç ana grupta incelenmektedir. Bu makalede sadece bitkiler üzerinde durulacaktır.

### 3.GENETİK YAPISI DEĞİŞTİRİLMİŞ BİTKİLER

Organizmaların moleküler yapı taşlarının (DNA) gen teknolojisi ile değiştirilmesi 1970'li yılların başında *E. coli* bakterisinin genomlarının klonlanması ile gerçekleşmiştir. Bitkisel üretimde, genetik mühendisliği yöntemleri kullanılarak gıda üretimi ilk defa 1960'lı yılların başında gerçekleştirilmiştir. 1967 yılında mevcutlara göre daha yüksek kuru madde ihtiva eden cips amaçlı kullanılabilen patates geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda mevcuttan daha iyisini elde etmeye yönelik olarak yapılan çalışmalar devam ederek; 1982 yılında rekombinant insülin piyasaya çıkarılmış (Hoffman, 1997). Gen transfer edilmiş bitkilerin tarla denemelerine ilk defa 1985 yılında başlanmıştır. Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), 1994 yılında, genetik mühendisliği ile üretilmiş ilk gıda olan Flavır Savr Domatesine onay vermiştir. Ticari anlamda bitkisel üretim ise 1996 yılında başlanmıştır. Bugün gen teknolojisi ile üretilen ürünlerin yaklaşık 80 tanesinin uluslararası ticarete dolaştığı, tüm satışların 2005 yılında 8 milyar dolara, 2010 yılında ise 25 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir

Daha iyi ürünler elde etmeye yönelik çalışmalarda birçok disiplinden yararlanma yoluna gidilmiştir. Nitekim 1902 yılında Japonya'da keşfedilen gram pozitif bir bakteri (*Bacillus thuringiensis*)'nin sahip olduğu bir genin (Bt) biyo-insektisit gibi bazı böceklerle karşı doğal olarak dayanıklılık sağladığı belirlenmiştir. Bu gen daha sonra kültür bitkilerine transfer edilerek, kültür bitkilerinin çeşitli böceklerle karşı dirençlerinin artırılması hedeflenmiştir. Bu tür uygulamaların insan, hayvan ve hedef dışı fauna üzerinde etkisiz olmalarına karşın sınırlı kalıcılıkları kullanımlarını kısıtlayan en önemli faktördür. Halen kullanılmakta olan biyo-insektisitlerin % 90'ını Bt genlerinin farklı versiyonlarından oluşmaktadır. Bugün Bt endotoksinleri toplam insektisit pazarının % 5'ini oluşturmaktadır (Öktem, 2001). Bt genlerinde olduğu gibi, bir başka organizmadan (*Streptomyces S. hyrosopicus*) izole edilen Bar genleri de bitkilerin herbisitlere karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Nitekim Bar genleri, aktarıldığı bitkiyi bazı herbisitlere karşı dayanıklı hale getirmektedir.

Genetik Yapısı Değiştirilmiş Bitkiler üzerine yapılan çalışmalardaki amaç bitkileri hastalık ve zararlılara dirençli, tarımsal üretim maliyetlerini azaltarak, elde edilecek ürünün görünüşünü, besin değerini, işleme veya muhafazaya ilişkin özelliklerini iyileştirmek suretiyle ürün kalitesini yükseltmektir.

#### 3.1. Genetik Yapısı Değiştirilmiş Bitkilerin Dünyadaki Durumu

1996 yılında 2.8 milyon hektar olan genetik yapısı değiştirilmiş bitkilerin ekim alanı 2004 yılında 81.0 milyon hektara ulaşmıştır. Genetik yapısı değiştirilmiş bitkilerin ekim alanındaki artış başlangıçta oldukça yüksek (1997 yılında % 357.1) olmasına karşılık son

yıllarda daha az (2004 yılında %16) olmuştur. 1996 yılından 2004 yılına kadar geçen 8 yıllık periyotta, genetik yapısı değiştirilmiş bitkilerin ekim alanı yaklaşık 27 kat artmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dünyada transgenik bitkilerin ekim alanlarının değişimi

Yıl	Ekim Alanı (milyon ha)	Bir önceki yıla göre artış oranı (%)
1996	2.8	-
1997	12.8	357.1
1998	27.8	117.2
1999	39.9	43.5
2000	44.2	10.8
2001	52.6	19.0
2002	58.7	11.6
2003	67.7	13.0
2004	81.0	16.0

James, 2004

Transgenik bitkiler en fazla, bu ürünlerin geliştirildiği ABD'de ekilmektedir. Nitekim 2004 verilerine göre dünya transgenik bitki ekim alanının % 59' ABD, % 20'si Arjantin, % 6'sı Kanada, % 4'ü Çin ve geri kalanı diğer ülkeler tarafından karşılanmaktadır (Çizelge 2).

1996-2004 yılları arasında, Dünyada en fazla ekim alanına sahip 4 adet transgenik bitki sırasıyla, soya, mısır, pamuk ve kolza olup; patates, kabak, papaya, tütün ve domates çok az da olsa ekim alanına sahiptirler (Çizelge 3).

#### 3.2. Genetik Yapısı Değiştirilmiş Bitkilerin Türkiye'deki Durumu

Türkiye'de Transgenik Bitkilerle ilgili mevzuat hazırlığı çalışmalarına 31 Mart-1 Nisan 1998 tarihinde, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü bünyesinde organize edilen ve ilgili araştırma kuruluşları ve genel müdürlükler ile üniversitelerden temsilcilerin katılımıyla yapılan "Transgenik Bitkiler ve Güvenlik Önlemleri" konulu toplantı ile başlanmıştır. Toplantı sonucunda; Transgenik bitkilerin ve ürünlerin ülkemize girişlerinde ne gibi teknik uygulamaların yapılacağına ilişkin görüş ve raporların hazırlanmasına karar verilmiştir. Belirlenen ana esaslar çerçevesinde teknik uygulamalara temel teşkil edecek görüş ve raporlar oluşturulmuştur. Bu çalışmalara paralel olarak "Genetik Yapıları Değiştirilmiş Organizmaların Üretilmesi, Pazara Sürülmesi ve Gıda Olarak Kullanımı" ile ilgili mevzuat çalışmaları da son aşamasına gelmiştir.

Türkiye'de hazırlanan mevzuat kapsamında transgenik bitkilerin alan denemeleri, 1998 yılından itibaren, Tarım Bakanlığına bağlı Araştırma Enstitüleri tarafından yürütülmüştür. Transgenik bitkilerinin alan denemeleri ile ilgili herhangi bir aksaklığa meydan vermemek için, "Bitki Çeşitlerinin Tescil Edilmesine İlişkin Yönetmelikte" gerekli değişiklikler yapıncaya kadar, "Transgenik Kültür Bitkilerinin Alan Denemeleri" ile ilgili talimatın aksayan yönlerinin düzeltilmesi amacıyla adı geçen talimatta yapılan

değişiklikler 25. 03. 1999 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 1999 yılında, Pamuk Araştırma Enstitüsü tarafından Nazilli’de ve Harran Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Akçakale’de pamuk, Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Adana ‘da mısır ve pamuk ve Patates Araştırma Enstitüsü tarafından Niğde’de patates alan denemeleri başlamıştır. Bu ürünlerde risk analizi ve risk değerlendirmesi yapılabilmesi için gerekli gözlem ve ölçümler yapılmaktadır. Ayrıca gıda eşdeğerliliğinin tespit edilebilmesi için de gerekli analizler ilgili laboratuarda yapılacaktır. Denemelere alınan transgenik bitkilerde bulunan ilave özellikler, pamukta yabancı ot ilacına, pembe ve yeşil kurda dayanıklılık, mısırdaki sap kurdu ve koçan kurduna dayanıklılık, patatesten ise patates böceğine dayanıklılıktır.

#### 4. BİTKİLERİN GEN TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK DEĞİŞTİRİLMESİ

##### 4.1. Gen Teknolojisi İle Değiştirilmiş Bitkiler

Kültür bitkilerinde geliştirilmesi düşünülen özelliklerin çoğu birçok genin interaksiyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak bitkilerin gen teknolojisi kullanılarak değiştirilmesinde ağırlıklı olarak basit kalıtım takip eden özellikler üzerinde durulmaktadır. Bugüne kadar aralarında birçok kültür bitkisi olmak üzere 150 kadar türde gen teknolojisi kullanılmıştır (Menrad et al., 2003). Dünyada neredeyse gen teknolojisi kullanılarak değiştirilmeyen hiçbir kültür bitkisi kalmamıştır. Çizelge 4’de gen teknolojisi kullanılarak değiştirilen bazı bitkiler verilmiştir.

Çizelge 2. Transgenik bitkilerin ekim alanlarının ülkeler itibarıyla değişimi

ÜLKE	Ekim Alanı (Milyon Ha)								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
A.B.D.	1.5	8.1	20.5	28.7	30.3	35.7	39.0	42.8	47.6
Arjantin	0.1	1.4	4.3	6.7	10.0	11.8	13.5	13.9	16.2
Kanada	0.1	1.3	2.8	4.0	3.0	3.2	3.5	4.4	5.4
Çin	1.1	1.8	0.1	0.3	0.5	1.5	2.1	2.8	3.7
Brezilya	-	-	-	-	-	-	-	3.0	5.0
Paraguay	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2
Avustralya	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.2
Hindistan	-	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	0.5
G. Afrika	-	-	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.5
Uruguay	-	-	-	-	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.3
Meksika	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	0.1
İspanya	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Fransa	-	0.0	-	<0.1	<0.1	-	-	-	-
Portekiz	-	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Bulgaristan	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	-	-
Romanya	-	0.0	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Ukrayna	-	0.0	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-
Endonezya	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	-	-
Kolombiya	-	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	-
Honduras	-	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	-
Filipinler	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	0.1
Almanya	-	-	-	-	-	<0.1	<0.1	-	-
<b>Toplam</b>	<b>2.8</b>	<b>12.8</b>	<b>27.8</b>	<b>39.9</b>	<b>44.2</b>	<b>52.6</b>	<b>58.7</b>	<b>67.6</b>	<b>81.0</b>

James, 2004

Çizelge 3. Ticari olarak üretilen transgenik bitkiler ekim alanlarının değişimi

Ürün	Ekim Alanı ( Milyon ha )								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Soya	0.5	5.1	14.5	21.5	25.8	33.1	36.5	41.4	48.4
Mısır	0.3	3.2	8.3	11.1	10.3	9.8	12.4	15.5	19.3
Pamuk	0.8	1.4	2.5	3.7	5.3	6.8	6.8	7.2	9.0
Kolza	0.1	1.2	2.4	3.4	2.8	2.8	3.0	3.6	4.3
Patates	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	-	-	-
Kabak	-	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-
Papaya	-	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-
Tütün	1.0	1.6	-	-	-	-	-	-	-
Domates	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOPLAM</b>	<b>2.8</b>	<b>12.8</b>	<b>27.8</b>	<b>39.9</b>	<b>44.2</b>	<b>52.6</b>	<b>58.7</b>	<b>67.7</b>	<b>81.0</b>

James, 2004

Çizelge 4. Gen teknolojisi ile değiştirilmiş bazı bitkiler

Tarla Bitkileri	Meyve	Sebze	Süs Bitkileri
Arpa	Elma	Patlıcan	Krizantem
Darı	Muz	Karnibahar	Geranie
Mısır	Armut	Brokoli	Gerbera
Çeltik	Çilek	Chicoree	Karanfil
Çavdar	Ahududu	Bezelye	Pelargonie
Sorgum	Kiraz	Havuç	Petunya
Buğday	Kiwi	Patates	Nergis
Pamuk	Kavun	Lahana	K. yumağı
Y. pancar	Portakal	Marul	Gül
Y. turp	Papaya	Kabak	Menekşe
Yonca	Erik	Zeytin	Çim
Kolza	Y.Mersini	Domates	
Şalgam	Karpuz	T. patates	
Hardal	Üzüm		
S.fasulyesi	Kahve		
Tütün			
Ş. pancarı			
Ş. kamışı			

Kempken ve Kempken, 2004; RKL, 2001

#### 4.2. Transgenik Bitki Geliştirmenin Nedenleri

Binlerce yıldan beri insanlar bitkilerin genetik özelliklerini ıslah ile değiştirmişlerdir. Takip edilen bu yol oldukça başarılı olmuştur. Ancak bu yol, eşeysel uyumlu ve yakın akraba bitkilerin melezlenmesi esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla bir süre öncesine kadar, farklı türler arasında özelliklerin aktarılması mümkün olmamıştır. Gen teknolojisi bu engeli ortadan kaldırmış ve araştırmacılara bitki genlerinde belirlenmiş değişiklikleri yapabileme fırsatı vermiştir. Araştırmacılar da bu fırsatı; artan dünya nüfusunu beslemek ve giydirmek için kültür bitkilerinin verimini ve kullanılabilirliğini artırmak yönünde kullanmaya çalışmışlardır (Nicholl, 1995).

Bitkilerin genetik olarak manipüle edilmesinde birçok bilim dalından yararlanılmaktadır. Ancak bitkilerde gen teknolojisini başarılı olarak

uygulanabilmesi için genleri bitkilere aktarabilecek uygun yöntemlere ve üzerinde çalışılan sistem hakkında detaylı moleküler genetik bilgiye sahip olmak gerekir.

#### 4.3. Bitki Gen Teknolojisindeki Hedefler

Bitkilerde uygulanan gen teknolojinin hedefleri mevcuda göre daha üstün özelliklere sahip bitkilerin geliştirilmesidir. Üzerinde durulan karakterler ve yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi ana başlıklar altında özetlenebilir.

##### 4.3.1. Zararlılara dayanıklılık

Böcekler, bir taraftan bitki dokularını yiyerek bitkilere mekanik zarar vermekte, diğer taraftan virüs, mantar ve bakteri gibi hastalık etmenlerinin bulaşmasına sebep olmaktadır. Böceklere dayanıklı bitkilerin elde edilmesinde, zararlı böceklere karşı kullanılan toksinler ve etki mekanizmaları kullanılmaktadır. *Bacillus thuringiensis*, belli böcekler için toksik olan, fakat diğer hayvanlar ve insanlara zarar vermeyen bir madde oluşturmaktadır. Bu özelliğinden yararlanarak farklı bitki türlerinde zararlı böceklere karşı dayanıklılık oluşturulabilmiştir (Çizelge 5).

Bütün böcekler için toksik olmayan Bt toksinlerine alternatif proteaz inhibitörlerinin aktarılmasında yatmaktadır. Bunlar arasında *Vigna. sinensis*'e ait bir tripsin inhibitör protein geni, patates ve domatesten yara ile oluşan proteaz inhibitör aileleri olan OI-I ve PI-II ve belli Serin-Proteinaz inhibitörleridir. Antimetabolitik enzimler, örneğin böceklerin önemli sindirim enzimlerini (Kempken ve Kempken, 2004) engelleyerek normal böcek fizyolojisini etkilemektedirler (Dingermann, 1999). Diğer başka insektisit dayanıklılık geni olarak *Streptomyces* türlerinden bir Kolesterol-Oksidaz geni ve bezelyeden bir lektin geni izole edilebilmiştir. Lektinler böcek bağırsağında besin bileşiklerini

Çizelge 5. Zararlılara ve hastalıklara dayanıklı transgenik bitkiler

Transgenik Bitki	Özellik	Genteknolojik Değişiklik
Mısır	Mısır kurdu	CryIA (b) geninin <i>Bacillus thuringiensis</i> 'den aktarılması, PEPC promötörü
Pamuk, domates	pamuk kurdu, pembe kurt, yeşil kurt ve domates meyve kurdu	CryIA (b) geninin <i>Bacillus thuringiensis</i> 'den aktarılması
Patates	Patates Böceği	
Patates	Yaprak kıvrıcılık virüsü Patates virüsü (PVY)	Yaprak kıvrıcılık virüsünün ORF-1 ve ORF-2 bölgelerindeki DNA-kısımlarının ve PVY için kabuk proteinlerinin aktarılması
Şekerpancarı	Rhizomania virüsü, nekrotik sarı damar hastalığı (BNYV virüsü)	Virüsün belli kabuk veya taşıyıcı proteinini kodlayan genlerin aktarılması
Buğday	Sarı cücelik virüsü (BYD virüsü),	
Çeltik	Çeltik şerit virüsü, cücelik virüsü, FMV	
Patates	Mildiyö	<i>Aspergillus niger</i> 'den Glikoz-Oksidaz genin aktarılması, 35-S promötörü
Buğday	<i>Fusarium spp.</i> , <i>Septoria</i>	Bilinmiyor
Çeltik	<i>Rhizoctonia solani</i>	Chitinaz gni Ch11'in aktarılması
Patates	Yumuşak çürüklük	Pektatlyaz genlerinin aktarılması
Çeltik	Çeltikte bakteriyel leke	Xa21 geninin aktarılması

Kaynak: Menrad et al., 2003

bağlamakta ve normal sindirimi bozmaktadırlar. Böylece bu tip bir proteini içeren bitkiler böcek zararından korunmaktadır. Bu genlerin aktarılması ve transgenik bitkilerde çoklu dayanıklılık sisteminin geliştirilmesi ile zararlı böcek popülasyonlarında dayanıklılığın hızlı bir şekilde gelişmesi engellenmek veya uzatılmak istenmektedir (Hoffmann, 1997).

#### 4.3.2. Hastalıklara Dayanıklılık

Bitkiler patojen enfeksiyonunu sınırlamak için farklı teşvik edilebilen savunma mekanizmalarına sahiptirler. Bunlar arasında hücre duvarlarının ligninleşmesi, küçük antibiyotik moleküllerin üretilmesi, yaralanmış bölgedeki konukçu hücrelerin ölmesi ve reaktif oksijen türlerinin üretilmesi sayılabilir. Virüsler, bakteriler, mantarlar ve nematotlara karşı sistematik olarak edinilen dayanıklılık birçok sayıdaki dayanıklılık geninin beraber hareket etmesiyle ortaya çıkmaktadır (Melchers ve Stuver, 2000).

Virüsler, mantarlar ve bakteriler özellikle meyveler ve sebzelerde büyük zararlar yaparlar. Virüsler, bir bitkiden diğer bitkiye bulaşmak için böcek gibi araçlara ihtiyaç duyduğundan bunlara karşı genel olarak dolaylı yollarla mücadele yapılmaktadır. Mantar ve bakterilerin bitkilere bulaşması olayında konukçu-patojen ilişkisinin ön plana çıkması nedeniyle dayanıklılığın gen teknolojisi kullanılarak aktarılması, böcek ve virüslere göre daha az başarılı olmuştur (Saedler, 2001).

#### 4.3.3. Herbisitlere Dayanıklılık

Tarımsal alanlarda yabancı otlar nedeniyle verimde oluşan kayıp dünya çapında % 10-15 olarak tahmin edilmektedir. Geniş alanlarda yapılan tarımda bu nedenle genelde yabancı ot kontrolü için herbisitler kullanılmaktadır. Seçici olarak etki eden herbisitler (Bromoksinil, Sulfonylharnstoffe), belli

morfolojik ve fizyolojik özelliklere sahip yabancı otları öldürmektedirler. Bazı seçici herbisitler uzun süre toprakta kalabildiklerinden taban suyuna karışmakta ve dayanıklı yabancı otların ortaya çıkması tehlikesini doğurmaktadır. Total herbisitler ise toprakta çabucak çözünmektedirler. Fakat bunlar hem yabancı otlar hem de kültür bitkileri için aynı derecede toksiktirler (Kempken ve Kempken, 2004).

Herbisitlere dayanıklı transgenik bitkiler, herbisitlerdeki etkin maddeyi inaktif hale getiren ve herbisit hücum ettiği alanı herbisit zarar meydana getirmeyecek şekilde değiştiren proteinleri kodlayan dayanıklılık genlerine sahiptirler. Bu dayanıklılık genleri ya mikroorganizmalar ya da doğal olarak dayanıklı bitkilerden izole edilmektedir. Herbisitlere dayanıklı transgenik bitkiler ve dayanıklılık mekanizmaları Çizelge 6'ya verilmiştir.

#### 4.3.4. Strese Dayanıklılık

Çevreden kaynaklanan strese maruz kalan bitkiler kendilerini korumak için stratejiler geliştirirler. Sıcaklık, soğuk, su eksikliği, yüksek tuzluluk veya ağır metallere karşı yüksek toleransın bitkilere aktarılması bunların marjinal alanlarda yetiştirilmesini mümkün kılacaktır. Gen teknolojisi kullanılarak ekstrem koşullara toleranslı bitkilerin geliştirmek henüz başlangıç safhasındadır. Strese karşı daha yüksek bir tolerans, antioksidantların oluşumunu sağlayan enzimleri kodlayan genlerin aktive edilmesiyle sağlanmaktadır. *Nicotiana tabacum*'a Mangan- SOD geninin aktarılması ile ozon zararı 3-4 kat azaltılabilmektedir (Hoffmann, 1997).

Bitkilerin sıcaklık, tuzluluk veya soğuk stresi altında su düzeyinin dengede tutulmasında osmotik maddeler büyük öneme sahiptir. Osmolitik maddeler, suyu bağlayabilmekte ve proteinlerin yapılışının korunmasında su moleküllerinin yerini alabilmektedirler. Osmolitik maddeler çoğunlukla

Çizelge 6. Herbisitlere dayanıklı transgenik bitkiler

Transgenik Bitki	Herbisit	Dayanıklılığın Etki Mekanizması
Tütün, mısır, pamuk, kolza, soya, şekerpancarı, domates	Glifosfat	EPSP-Synthase enzimi için 35S-promotörü tarafından yönlendirilen genin ve Oksidoreduktaz için bir bakteriyel genin aktarılması herbisitinin neden olduğu yoğun EPSP-Synthase üretimi ve aynı zamanda Oksidoreduktaz ile herbisitinin detoksifikasyonu ile dayanıklılık ortaya çıkmaktadır
Patates, tütün, mısır, yonca, kavun, kenevir, kavak, çeltik, soya, şekerpancarı, domates, kolza, buğday	Fosfonitricin	Bar geninin <i>S. hygroscopicus</i> 'den transfer edilmesiyle herbisitinin asetilasyon ile detoksifikasyonu sağlanmaktadır.
Patates, tütün, pamuk, domates	Bromoxynil	Klebsiella ozaenae'den bxn geninin aktarılması herbisitinin detoksifikasyonunu sağlamaktadır
Patates, tütün, pamuk	2,4.D	<i>Alcaligenes eutrophus</i> 'den 2,4.D-Monooksijenaz geninin transferi herbisitinin detoksifikasyonunu sağlamaktadır
Tütün	Atrazin	Dayanıklı bir yabani formdan psb-A geninin veya bir Gltathion-S-Transferaz geninin aktarılması herbisitinin daha az etkili olmasını veya detoksifikasyonunu sağlamaktadır
Patates, tütün, pamuk, kenevir, kiwi, mısır, soya, şekerpancarı, domates	Sülfonil Üre Maddeleri	<i>N. tabacum</i> veya <i>A. thaliana</i> 'dan değiştirilmiş ALS genlerinin aktarılması herbisitinin hedef enzimin olan ALS'ye olan afinitesini azaltmaktadır

Kaynak: Hoffmann, 1997

şeker ve amino asit döngüsünden oluşan düşük moleküler bileşiklerdir. Mannito-Hidrogenaz oluşumu için bir genin bitkiye aktarılmasıyla bir şeker alkolü olan mannitol birikmekte ve bu birçok bitkide kurağa karşı dayanıklılığı ortaya çıkarmaktadır (Anon., 2001; Kempken ve Kempken, 2004).

Soğuğa karşı toleransı artırmak için kloroplast membranlarının lipitler ile doyurulmasına katkıda bulunan genler uygundur.

Kloroplastların, tilakoid membranının oluşturulmasıyla ilgili yağ asitleri ne kadar fazla doymuşluk derecesine sahip ise soğuğa karşı hassasiyet ve buna bağlı olarak fotosentezin durdurulması azalmaktadır. Kabaktan, tütüne Gliserol-3-fosfat-Asiltransferaz oluşumu için cDNA'nın aktarılması buna örnek olarak verilebilir. (Moon ve ark., 1995). Model bitki *Arabidopsis thaliana*'da soğuğa karşı korunmada genlerin harekete geçirilmesinde anahtar rol oynama ihtimali olan bir düzenleyici gen (CBF1) izole edilmiştir (Sarhan ve Danyluk, 1998).

Tuza karşı dayanıklılığın artırılması için farklı stratejiler mevcuttur. Transgenik çeltikte örneğin Glutamin-Sintataz enziminin fazla ürettirilmesi ile tuza karşı tolerans artırılmıştır (Hoshida ve ark., 2000). *Athrobacter globiformis*'den *Arabidopsis*'e Cholinokigenaz geninin aktarılması bitkilerde Glisinbetainlerin birikimine ve böylece tuza karşı dayanıklılığın artmasına sebep olmuştur.

Bitkilerde ağır metallere karşı toleransı artıran genlerin aktarılması ile sadece kirlenmiş topraklarda bitkilerin iyi yetişmesi sağlanmaz.

Aynı zamanda aşırı kirlenmiş toprakların iyileştirilmesi de sağlanmış olur. Bitkilere özel zehirlenmeyi ortadan kaldırma mekanizması ağır metallerin fitojelatinlere (örneğin organik asitlere) bağlanması ve bunların hücrelerin vakuollerinde biriktirilmesidir. Methalotionein genlerinin tütüne aktarılmasıyla bu bitkide Cadmiyuma karşı tolerans artırılmıştır (Hoffmann, 1997). *Liriodendron tulipifera*'ya civaya karşı dayanıklı bir bakteriden civa redüktaz geninin aktarılması ile toksik civa konsantrasyonlarına karşı tolerans elde edilmiştir (Kempken ve Kempken, 2004).

#### 4.3.5. Erkek Kısırlığı

Geniş alanlarda hibrit tohum üretmenin ön şartı, tohum elde edilecek bitkinin, kendini tozlamasını engelleyecek bir mekanizmaya sahip olmasıdır. Erkek kısırlık geninin, özel bir gene bağlanması ve bu genin bir hibrit dölde aktarılması ile % 100 steril döl elde edilebilir (Hoffmann, 1997). Her iki hattın birinin % 100 erkek kısır, diğerinin % 100 döllenebilmesi yanında F1 hibrit bitkilerin fertilitesi saf hatları muhafaza etmek için restore edilebilmelidir. En iyi karakterize edilen ve pratik olarak kullanımda olan sistem Barnase-Barstar sistemidir (Şekil 1). Barnase geni tapetuma has bir promotör TA29 ile birleştirilirse Barnase'nin oluşması ile tapetum hücrelerinin RNA'sı çözülür ve polen bozulur. Steril hattın Barnase inhibitörü olan Barstar'ı taşıyan bitkilerle melezlenmesi ile F1 generasyonunda fertil bitkiler elde edilmektedir. Bu sistem kolza, domates ve mısır gibi bitkilerde kullanılmaktadır (Kempken ve Kempken, 2004).

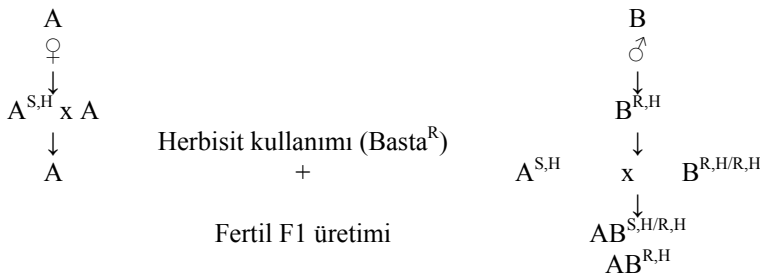
#### 4.3.6. Verim

Bitkilerde verimin oluşmasında fotosentez, solunum ve azot fiksasyonu önemli rol oynar. Fakat bu mekanizmalar oldukça karmaşık olup moleküler temelleri henüz tam anlaşılamamıştır. Örneğin "azot fiksasyonu" özelliğinin bitkilere aktarılabilmesi için bakterilerden bitkilere anahtar enzim olan Nitrogenazı kodlayan bir çok yapısal protein (nifH, D,K) geni aktarılmalı ve bunların etki şekli koordine edilmelidir.

Bakterilerde nodülasyon faktörlerinin etki alanının değiştirilmesi ile önemli kültür bitkilerinde nodülasyon sağlanmıştır (Hoffmann, 1997). *Chlorella sorokiniana* alg'inden izole edilen ve bitkilere aktarılan bir gen azotu değerlendirme oranını artırmaktadır (Woods, 1999). Çeltikte belli proteinlerin oluşumunu engelleyen ve dane olum dönemini uzatan bir geninin aktarılması ile verim artırılmıştır (Finkel, 1999).

#### 4.3.7. Kimyasal İçerik

Besin maddelerinin kalitesini değiştirmede kullanılan yöntemlerdeki amaç içerik maddelerini beslenme fizyolojisi açısından veya gıda fizyolojisi



Şekil 1. Barnase/barstar, transgenik hibrit sistemi (Leemans, 1992); S= tapetuma özel TA29 promotörünün kontrolü altındaki Barnase geni ile oluşturulan erkek kısırlık; R= Fertilitenin restore edilmesi; H= Bar geni ile BastaR herisidine karşı dayanıklılık

açısından daha uygun formlara dönüştürmek veya bitkilerde bulunmayan ya da az bulunanlara aktarmak veya zenginleştirmektir. Bu konuda yapılan bazı çalışmalar Çizelge 7’de verilmiştir.

Bitkilerdeki şeker ve nişasta metabolizmasının değiştirilmesinde, sadece bir nişasta formu (amiloz veya amilopektin) üzerinde durulmaktadır.(amiloz veya amilopektin) üzerinde durulmaktadır. Bu da Nişastanın gıda ve kimya sanayinde kullanımını kolaylaştırmaktadır. Bakteriyel bir genin aktarılması ile patatesteki Cyclodextrin üretilmektedir. Cyclodextrin gıda ve eczacılık sanayinde uçucu maddelerin veya aromatik bileşiklerin stabilize edilmesinde veya istenilmeyen maddelerin (acıklık, kolesterol) uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde insan sağlığı açısından önemli olan vitaminler, mineral maddeler ve iz elementleri yeterince alınamamaktadır. Örneğin dünya nüfusunu besleyen bitkilerin başında gelen çeltik, çok az miktarda A vitamini içermektedir. Ayrıca tahılda bulunan Fitat nedeniyle demirin kullanımı etkilenmektedir. Bu nedenle  $\beta$ -karotin üreten ve daha fazla demir biriktiren ve kullanılabilirliğine sahip çeltik geliştirmek amaç olmuştur. Sonuçta Golden Rice adında bir çeltik elde edilmiştir (Ye ve ark., 2000).

Değiştirilmiş yağ asidi kompozisyonuna sahip bitkiler ticari olarak satılmaktadır. Beslenme fizyolojisine veya endüstriye uygunluk bakımından örneğin C10 ila C22 atomlarını içeren yağ asitlerine sahip kolza çeşitleri geliştirilmiştir (Wenzel ve Mohler, 2001). Yağ asitleri kompozisyonların değiştirilmesinde, geriye dönüş sebebiyle istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Yağ asitleri metabolizması ile ilgili belirlenen enzimler yanında serbest ve membrana bağlı olan yağ asitlerinin değişimini sınırlayan mekanizmalar vardır.

Bitkilerdeki protein kompozisyonunun değiştirilmesinde hedef amino asitlerdir. Özellikle Lisin birçok gıda maddesinde ve yem bitkisinde yeterli miktarda bulunmamaktadır. Birçok araştırmada hedef Lisin biyosentesinde rol oynayan bir enzimi bitkilere aktararak tanedeki Lisin oranının artırılmaktadır (Dingermann, 1999; Krebbers ve ark., 1999).

#### 4.3.7. Olgunlaşma

İlk yapılan transgenik değişikliklerin amacı ürünlerin dayanıklılık ve depolama süresini ve de tadını değiştirmek amacıyla olgunlaşma süresi üzerinde yoğunlaşmıştır. Olgunlaşma süresinin geciktirilmesi ile ilgili başlangıç noktası bitkilerdeki etilen oranının düşürülmesidir. Bu da doğal enzim proteininin oluşumunu engelleyen domates kökenli Aminositiklopropan-Karboksilat-Syntaz27 (ACC) geni ile başarılmıştır. Alternatif olarak ACC-Deaminaz enzimi oluşumu için bitkilere bakteriyel bir gen aktarılabilir ki bu etilen oluşturan enzim ile ACC maddesi için reka-bete girer ve ACC’yi  $\alpha$ -Ketobytrata dönüştürür.

Olgunlaşma süresi ile ilgili diğer bir yol Polygalakturonaz enziminin engellenmesidir. Bu enzim Pektinin ana unsuru olan Polygalakturonik asidi parçalamakta ve bu sayede meyvelerin yumuşaması gecikmektedir. Polygalakturonaz oluşumunu kontrol eden bir geninin domatese aktarılması ile ABD’de ilk kez gen teknolojisi kullanılarak değiştirilen bir gıda ürünü Flavır Savr R domatesi tescil edilmiştir (Dingermann, 1999).

#### 4.3.8. Zehirli ve Alerjik Maddeler

Bitkilere, kaliteyi etkilemesi yanında içerik maddelerinin hazmını veya kullanılabilirliğini sınırlayan, toksik etki gösteren veya bazı

Çizelge 7. Bitkilerde gen transferi ile ürün kalitesinde meydana getirilen değişiklikler

Bitki	Kimyasal İçerik Maddesi	Kullanılan Genlerin Kaynağı
Kolza, soya fasulyesi, mısır	Lisin, Methionin, Triptophan gibi amino asitlerin miktarının artırılması	Lisin ve Triptofanını üretimini artıran bakteriyel kökenli genler
Patates, Cassava	Toplam protein miktarının artırılması	Alerjik etkiye sahip olmayan bir Albümin geninin aktarılması, tohumlardaki ekspresyonu
Kolza	Yağ asidi zincirlerinin kısaltılması, Laurin asit oranının artırılması	<i>Umbellularia californica</i> ’dan Asetil-ACP-Tioesteraz spesifik genin aktarılması
Soya fasulyesi, kolza, ayçiçeği	Yağ asidi içeriğinin değiştirilmesi, doymamış yağ asitlerinin artırılması	<i>FAD 3</i> ve <i>FAD 2</i> geninin klonlanması.
Patates	Amilaz veya amilopektin içermeyen nişasta veya sakaroz birikimi	Bitkilere özel enzimlerin (örn. GBSS, Q enzimi, AGPaz) kazandırılması
Patates	Siklodekstrin ekspresyonu	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ’den CTG geninin aktarılması
Patates	Nişasta oranının artırılması	Mutasyona uğrayan AGPaz geninin <i>E. oli</i> ’den aktarılması
Çeltik	$\beta$ karotenin üretilmesi	Narcissus türleri veya <i>E. uredoavora</i> ’dan Terpenoid metabolizmasının anahtar enzimlerini kodlayan genlerin aktarılması
Çeltik	Demir içeriğinin artırılması ve kullanılabilirliğinin azaltılması	<i>Phaseolus vulgaris</i> ’ten bir demir geninin aktarılması, <i>A. fumigatus</i> ’tan bir Phytase geninin aktarılması
Domates	Lycopin ve Lutein gibi karatinoidlerin oranının artırılması	Phytoenin, lycopine dönüştürülmesi için bir bakteriyel genin aktarılması

Hoffman, 1997



insanlarda tüketildiğinde alerjik reaksiyonlara sebep olan bir dizi madde bulunmaktadır. Gen teknolojisi kullanılarak bu tip maddelerin oranının azaltılması veya daha az toksik veya alerjik etki yapan formlara dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Zehirli maddeler arasında tahıllar ve sebzelerde bulunan demir gibi önemli mineral maddelerin alımını engelleyen fitin asit bileşikleri (Fitat) vardır. Fitaz enziminin ilave edilmesiyle tohumdaki fitin asit oranı çeltikte olduğu gibi azaltılabilmektedir. Glikoalkaloidler patates ve domateste bulunan toksik maddelerdir. Patateste Glikoalkaloidi Alpha-Chaconin bakımından anahtar enzim olan UDP-Glukoz-Glucosiltransferazın etkisi bir genin aktarılması ile durdurulabilmiştir (Anon., 2001). Bilinen allergenlerin birçoğu protein yapısında olup, tahıllardaki Gluten28, soya, yer fıstığı ve cevizden elde edilen proteinlerdir. Antisens RNA teknolojisi sayesinde çeltikte alerjik etki yapan proteinin oranı azaltılabilmektedir (Kempken ve Kempken, 2004).

#### 4.3.9. Yenilenebilir Ürünler

Gen teknolojisinin diğer bir kullanım alanı da endüstriyel proteinler, yağlar, karbonhidratlar ve yenilebilir sentetik maddelerin üretilmesidir. Transgenik bitkiler yüksek aktivite gösteren protein ve kompleks bileşiklerini üretmek için uygun organizmalardır. Transgenik bitkilerden protein üretimi ile ilgili çalışmalar çok yönlü olup, gıda maddesi sanayinde enzimlerin kullanılması yanında eczacılıkta etkili olan çok sayıda etken maddeyi de kapsamaktadır.

Bitkisel ve organik yağlar önemli endüstriyel hammaddelerdir. Bitkisel yağlar, fosil yakıtlara kıyasla yüksek olan maliyetleri nedeniyle endüstriyel

kullanım için ikinci derecede öneme sahiptirler. Endüstriyel yağlarda aranan özellikler dikkate alınarak kolzada yağ asidi kompozisyonu asidi kompozisyonuna sahip kolza çeşitleri geliştirilmiştir (Çizelge 8).

Bitkilerde karbonhidrat üretimi, nişasta sanayinde yıllardan beri kullanılan bir tekniktir. Endüstri bakımından yapıştırıcı ya da folyo yapımında kullanılan değiştirilmiş nişasta, kağıt ürünleri üretiminde hammadde olarak kullanılan

Bitkilerde karbonhidrat üretimi, nişasta sanayinde yıllardan beri kullanılan bir tekniktir. Endüstri bakımından yapıştırıcı ya da folyo yapımında kullanılan değiştirilmiş nişasta, kağıt ürünleri üretiminde hammadde olarak kullanılan selüloz, jel ve kabartıcı olarak kullanılan pektinler öneme sahiptirler (Çizelge 8). Bugüne kadar endüstriyel olarak elde edilen nişastanın % 80'ni kimyasal veya fiziksel işlemlere tabi tutulmaktadır. Karbonhidrat metabolizmasında yapılacak değişiklikler, bu oranı belirgin derecede düşürebilir (Willmitzer, 1999).

Birçok bakteri alifatik polyester (PHB) üretiminde kullanılmaktadır. Toksik olmayan bu tür ürünlere şekil verilebilir. Ayrıca bu tür ürünler biyolojik olarak da ayrıştırılabilir. Bu özelliğinden dolayı bu ürünler kısaca "Biyoplastik" olarak adlandırılırlar. Bitkilerde bu tür ürünlerin üretimini kodlayan üç gen (*phbA*, *phbB*, *phbC*), *R. eutropha* adlı bakteriden izole edilmiş ve *Arabidopsis thaliana*'ya aktarılmıştır. Bakteriyel fermantasyon sonucu elde edilen ve BiotopolTM adı altında piyasaya sürülen Polihidroksibütirat Ko-Polimeri (PHB/V), PHB'ye göre endüstriyel kullanım açısından daha uygun özelliklere sahiptir.

Çizelge 8. Endüstriyel amaçlarla bitkilerde gen teknolojisi kullanılarak yapılan değişiklikler

Bitkiler	İçerik Maddesi	Kullanılan Genlerin Kaynağı	Kullanım Alanı
Tütün, yonca	$\alpha$ -amilaz, Fitaz, Xylanaz gibi enzimlerin ekspresyonu	<i>B. licheniformis</i> ( $\alpha$ -amilaz), <i>A. niger</i> (Fitaz), <i>C. thermocellum</i> (Xylanaz) genleri	Gıda sanayi
Kolza	Yağ asitlerinin doymamış hale getirilmesi	Bitkiye has genlerin veya petroselinik asitin ekspresyonu için Umbelliferalardan genlerin antisens represyonu	Polimer üretimi, deterjan
Kolza	Yağ asidi zincirlerinin uzatılması	<i>L. douglasii</i> 'den LPAAT geninin aktarılması (erusak asit oranının artırılması)	Çözücü maddeler, yumuşatıcılar vs.
Kolza	Yağ asidi içeriğinin değiştirilmesi (Laurik asit oranının artırılması)	<i>U. californica</i> 'dan bir özel Acety-ACP-Tioestraz için gen aktarımı	Temizlik maddesi
Patates	Amiloz veya amilopektin içermeyen nişasta veya sakaroz birikimi	Bitkilerin kendi enzimlerinin (GBSS, Q enzimi, ABPase) Antisens-Represyonu	Yapıştırıcı, kağıt (amilopektin), folyo (amiloz)
Patates	Fruktan	<i>K.pneumoniae</i> 'den CTG geninin aktarılması	
<i>A. thaliana</i> , kolza, soya	PHB üretimi	<i>R. eutropha</i> 'dan 3-Ketotiyolaz, Asetoasetil-CoA Reduktaz, PHA-Syntaz enzimleri için gen aktarımı	Biyolojik olarak ayrışabilen polimer
<i>A. thaliana</i> , kolza	PHB/V üretimi	<i>E. coli</i> ve <i>R. Eutropha</i> 'dan 4 genin ( <i>ilvA466</i> , <i>BktB</i> , <i>phbB</i> , <i>phbC</i> ) aktarılması	Biyolojik olarak ayrışabilen polimer

Hoffmann, 1997

Dört genin (ilvA466, BktB, phbB, phbC) Arabidopsis ve kolzaya aktarılması ile yağ ve amino asit biyosentezindeki ara ürünler, PHB/V biyosentezine yönlendirilmektedir (Elborough, 2000).

#### 4.3.10. Sekonder Metabolitlerin Üretimi

Bitkiler ana içerik maddeleri (karbonhidratlar, proteinler ve lipitler) yanında sekonder içerik maddelerine de sahiptirler. Bu tür içerik maddeleri sekonder metabolit olarak adlandırılmaktadır. Farmakolojik etkilerinden dolayı bazı sekonder metabolitler bitkisel ilaçlarda hammadde olarak kullanılmaktadır.

Sekonder metabolitler kısmen sentetik olarak elde edilemezler ve bitkilerden ekstrakte edilmeleri gerekmektedir. Biyosentez yollarının anlaşılması ve önemli genlerin tespiti ile sekonder metabolitleri değiştirme ve onların bitkideki oranlarını artırma mümkün hale gelmiştir (Hoffmann, 1997).

Gen teknolojisi sayesinde ilaçların etken maddelerinin teşhis ve tedavi amacıyla kullanımı mümkün olabilmektedir. Örneğin serum ve aşılarda bitkilerde üretilebilmiştir. Bu ürünler tıpta (teşhis, tedavide, yenilebilir aşı maddeleri), kimya ve ilaç endüstrisinde (katalitik antikor, biyosensörler) ve tarımda (hastalık ve zararlılara dayanıklılık, gıda ve yem kalitesinin artırılması) kullanılmaktadır. Aşılarda, hem pasif hem de aktif bağışıklık kazandırmaya uygun olup, organ nakli sonrası tedavide de kullanılabilirlerdir.

Bugüne kadar geleneksel yolla yeterli miktarda üretilemeyen ilaç ham maddelerinin bitkiler vasıtasıyla üretimi, bir alternatif yöntem olarak kullanılmaktadır. Kompleks proteinlerin sentetik olarak üretilmesi zor olmasına karşılık bitkiler vasıtasıyla proteinlerin üretilmesi daha kolaydır. Transgenik bitkilerden elde edilen proteinlerin depolanma özelliği, diğerlerine göre daha yüksektir. Geleneksel yolla yetiştirilen patates yumrusunda, normal depolama koşullarında iki yılda en az % 50 kadar aktivite kaybı tespit edilmiştir.

Transgenik bitkilerde üretilen aşılarda, hayvansal sistemlerdeki üretime göre patojenlerle (örneğin AIDS veya Hepatit virüsleri, BSE ve toksinler) bulaşma tehlikesi daha azdır. Ayrıca ağızdan uygulanabilen aşılarda üretim maliyeti daha düşüktür. Zira aşılarda bitki besinleri ile beraber alınabilmekte ve maddelerin izolasyonu ve temizlenmesine gerek kalmamaktadır. Ayrıca diğer bir avantajı da farmakolojik maddelerin doğrudan mevcut tarımsal üretim sürecine entegre edilebilmesidir (Düring, 2001).

Bitkisel ürünlerin izole edilmesi ve işlenmesinde kullanılan teknikler oldukça gelişmiştir. Örneğin patates endüstrisinde ve biracılıkta bu yönde çeşitli deneyimler mevcut olup, bu yolla ürünler en saf haliyle elde edilebilmektedir. Proteinlerin temizlenmesinin gerektiği durumlarda ticari kullanımda toplam % 1 oranında çözülebilir protein bulunması gerekmektedir (Kusnadi ve ark., 1997).

Transgenik bitkilerde ticari olarak üretilen ilk protein tavuktaki viridin proteini olup, bu transgenik mısır bitkisinde üretilmekte ve teşhis amacıyla kullanılmaktadır. Transgenik bitkilerde üretilen ilaç etken maddelerin üretimi ile ilgili bazı örnekler Çizelge 9'da verilmiştir.

#### 4.3.11. Ornamental Bitkiler

Ornamental bitkilerinde, klasik ıslah yöntemleri ile bugüne kadar elde edilmesi mümkün olmayan yeni renk ve formlar gen teknolojisi ile elde edilebilmiştir. Petunyalardan ilgili genlerin aktarılması ile beyaz karanfilden mavi çiçekli bir form elde edilmiştir. Çiçek rengi flavinoidler (sarı, kırmızı, kızıl pembe, mavi), karatinoidler (sarı/portakal rengi) ve betalainler (sarı/kırmızı) tarafından belirlenmektedir.

Flavanoidlerdeki farklı renk varyasyonundan antosiyanlar sorumludur ki bugüne kadar yüzlerce antosiyan, bitkilerden izole edilerek kimyasal yapıları belirlenmiştir. Flavonoid sentezinin moleküler temellerinin açığa kavuşturulması çiçek renginin gen teknolojisi ile değiştirilmesini mümkün kılmaktadır. Çizelge 10'da çiçek rengi değiştirilen transgenik bitkiler ait bazı örnekler verilmiştir.

Çiçek rengi yanında çiçek şekli de ıslah çalışmalarıyla yönlendirilebilmiştir. Aslan ağzı (*Antirrhinum majus*) ve *Arabidopsis thaliana*'da yapılan araştırmalar sonucu çiçek şeklinin oluşumuna etki eden birçok gen saptanmıştır. Araştırmalar sonucu çiçek yapraklarının (çanak, taç, çiçek ve meyve yaprakları) bir veya birkaç genin kontrolünde olduğu ve üç fonksiyonel alan tarafından belirlendiği yönünde kanaat oluşmuştur. Ancak günümüze kadar çiçek formu değiştirilmiş transgenik süs bitkisi geliştirilmemiştir.

Ornamental bitkilerde diğer çalışma alanları; etilen sentezini etkileyerek aynı olgunlaşma süresine sahip olan formlar geliştirmek, çiçeklerin ömrünü uzatmak, güllerde mantar hastalıklarına karşı dayanıklılığı artırmak ve uygun bir transfer sistemi ile süs bitkilerinde strese karşı dayanıklılığı artırmaktır.

#### 4.3.12. Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesi

Ağır metaller ve zararlı maddeler ile kirlenmiş toprakların temizlenmesinde, yabancı ve kültür bitkilerinin toprak üstü organlarında bu tür zararlı maddeleri biriktirme özelliğinden faydalanılmaktadır. Yüksek oranda ağır metaller ve zararlı maddeleri biriktirme özelliğine sahip bitkiler Çizelge 11'de verilmiştir.

Gen teknolojisi ile bir taraftan kültür bitkilerinin zararlı maddelere karşı toleransı artırılmaya çalışılmakta, diğer taraftan zararlı maddeleri ayrıştıran bitkiler üzerinde ıslah çalışmaları yapılmaktadır. Buna örnek olarak patlayıcı maddeler ile kirlenmiş topraklardan TNT'yi temizleyen transgenik tütün verilebilir. Temizleme olayı; tütün bitkisine aktarılan bir bakteriyel ezim (Pentathritol- Tetranitratreduktaz)

Çizelge 9. Transgenik bitkilerde ilaç etken maddelerinin üretilmesine ilişkin örnekler

Ürün	Kullanım	Oran	Aracı Bitki
İnsan serum albumini	Kan proteini	% 0,02 GLP <sup>1</sup>	Patates, tütün
İnsan hemoglobini $\alpha, \beta$	Kan yedek maddesi, acil durum ilacı	% 0,05 tohum	Tütün
İnsan $\alpha$ -1-antitripsini	Cistik fibroz, karaciğer hastalıkları	Bilinmiyor	Çeltik
İnsan enkafalini	Acıların tedavisinde nörotransmitterler	% 0,10 tohum	Arabidopsis
İnsan hirudini	Trombin engellenmesi	% 0,3 tohum	Kanola
İnsan somatotropini	Cücelik, Tuner sendromu	% 7 GLP <sup>1</sup>	Tütün
Glukoserebrosidaz	Glukoserebrosid lipidozudur	%1,0-10,00 GLP	Tütün
pEGF	Domuzda epidermal büyüme faktörü (pEGF)	% 0,12 GLP	Tütün
İnsan Laktoferrini	Demir miktarının artırılması	% 0,10 GLP	Patates, domates, çeltik
Kolera Toksin B	Kolera ( <i>V. cholerae</i> )	% 0,30 GLP	Patates (Agrobacterium)
Hepatit B-yüzey antijeni	Hepatit B (Hepatit B virüsü)	<%0,01 FG <sup>2</sup>	Tütün, patates, acı bakla (Agrobacterium)
Norwalk virüsü Kapsid proteini	Diarrhöe (Norwalk virüsü)	% 0,37 GLP % 0,23 GLP	Patates Tütün (Agrobacterium)
Glikoprotein	Kuduz (Rabies virüsü)	% 1,00 GLP	Domates, tütün, ıspanak (TMV, AIMV)
Glikoprotein B	Zitomegalie hastalığı	<% 0,02 GLP	Tütün (Agrobacterium)
VP 1 FMDV	Deli dana hastalığı (FMD virüsü)	Bilinmiyor	Yonca, Arabidopsis (Agrobacterium)
Glikoprotein S	Domuz yavrusunda Diarrhöe	<%0,01 FG % 0,20 GLP	Mısır (Agrobacterium), tütün
VP 60 HDV	Tavşanlarda Hemorrhagik ateş (HDV)	% 0,30 GLP	Patates (Agrobacterium)
Guyın 13 MAK'sı, sekrete edilmiş	Diş çürüklüğü (Streptococcus mutans)	500 $\mu$ g/g FG yaprakta	Tütün (Agrobacterium)
	Herpes simplex (Herpes simplex virüs 1 ve 2)	Bilinmiyor	Mısır, soya
Kimerik antibodiler	Kanser tedavisi (karzinoembriyogenik antigen)	Bilinmiyor	Çeltik
İnsan scFV'si	Kanser tedavisi (karzinoembriyogenik antigen)	30 $\mu$ g/g FG	Çeltik, buğday

<sup>1</sup> GLP = toplam çözünebilir protein; <sup>2</sup> FG = Taze ağırlık

Daniell ve ark., 2001; De Kathen, 2001

sayesinde gerçekleşmektedir. Diğer bir örnek manolya'ya cıvaya dayanıklı bakterilerden aktarılan bir gen sayesinde iyonize cıva, daha az tehlikeli olan metalik cıvaya dönüştürebilmektedir (Kempken ve Kempken, 2004). Diğer bir örnek renk değişimi sayesinde mayın temizliğinde kullanılan bitkidir.

Çizelge 10. Çiçek renkleri değiştirilmiş bitkiler

Bitki	Normal Renk	Yeni Renk	Yapılan Değişiklik
Krizantem	Pembe	Beyaz	Chalkonsynthase
Gerbera	Kırmızı	Pembe	Chalkonsynthase
Karanfil	Pembe	Pembe	Chalkonsynthase
	Beyaz	Mavi	Flavonon-3',5'-hidroksilaz
Petunya	kırmızı	Beyaz	Flavonon-3',5'-hidroksilaz
	Menekşe	Beyaz	Antisens-Chalkonsynthase
	Beyaz	Balık kırmızısı	Dihidroflavanol-4-reduktaz

Kempken ve Kempken, 2004

Çizelge 11. Ağır metalleri biriktirme özelliğine sahip bazı bitkiler

Ağır Metal	Bitkiler
Arsenik	<i>Reynoutria sachaliensis</i> , <i>Clamydomonas</i> sp.
Kurşun	<i>Alyssum murale</i> , <i>Clamydomonas</i> sp., <i>Salix viminalis</i> , <i>Thlpsi caerulea</i>
Kadmiyum	<i>Nicotiana tabacum</i>
Kobalt ve bakır	Lamiacea, Scrophulariaceae
Nikel	Brassicaceae ( <i>Alyssum</i> , <i>Thlpsi</i> ), Euphorbiaceae (Phyllanthus, Leucocroton), Asteraceae (Senecio, Pentacalia)
Selenyum	Leguminoseae
Çinko	<i>Thlpsi caerulea</i> , <i>Alyssum murale</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Clamydomonas</i> sp.

Herrchen ve Kördel, 2001

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal alanda gıda üretiminde eskiden beri bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalardan yararlanılmaktadır. Gen teknolojisi ile birlikte bu biyolojik sistemleri insanların ihtiyacına göre daha iyi uyarlayabilmek için kullanılabilecek yöntem yelpazesi oldukça genişlemiştir. Özellikle gen teknolojisi kullanımından beklenen; a) verimi artıran, b) ürünün kalitesini yükselten, c) çevreyi ve doğal kaynakları koruyan ve d) ucuz üretim şekillerini ortaya koyacak yeni metot, ürün ve hizmetlerin ortaya çıkarılmasıdır (Menrad ve ark., 2004). Dolayısıyla ekonomik, sosyal ve ekolojik bakımdan gen teknolojisine büyük ümitler bağlanmaktadır. Artan dünya nüfusunun gıda gereksiniminin karşılanmasının garanti altına alınmasında, yüksek kaliteli, güvenilir ve sağlığı koruyan gıda maddelerinin hazırlanmasında, çevre ve kaynakları koruyan bir üretim sisteminin geliştirilmesinde ve ülke ve beslenme ekonomisinde rekabet ortamının muhafazasında gen teknolojisine büyük değer verilmektedir.

Gen teknolojisi ile üretilen tarım ürünleri, gıdalar ve organizmalar ile ilgili tartışmalar halen devam etmektedir. Özellikle son yıllarda ülkemiz dahil birçok ülkede popüler hale gelen organik tarım çalışmaları ile söz konusu teknolojinin kullanılması birbiri ile oldukça çelişen iki konu gibi takdim edilmektedir. Ancak, dünyanın içinde bulunduğu sosyo-ekonomik durum göz önüne alınırsa, genetik mühendisliğinin global tarım ve gıda ürünlerinin artırılması için kullanılması, günümüzde olmasa bile gelecekte zorunlu görülmektedir. Ancak güvenli olduğu iddia edilen birçok genetik yapısı değiştirilmiş ürünlerin satışı ve pazarlanmasında, mutlaka uyarıcı etiket bilgilerinin bulundurulması, tüketicilerin bilgilendirme ve seçme hakkının korunması bakımından önemlidir. Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar için Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan yönetmeliğin uygulanabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Elde edilen ürünler titizlikle takip edilerek, bağımsız kuruluşlarca test edilmesi gerekir.

Sonuç olarak; tarımda, hayvancılıkta ve mikroorganizmalarla bunlarla bağlantılı olarak da en çok gıda üretiminde potansiyel riskleri olmasına karşın, birçok avantaj sağlayan genetik modifikasyon teknolojisi ile ilgili daha kapsamlı, tarafsız, kaliteli ve uygulamalı çalışmaların yapılması ihtiyacı her geçen gün artmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

Anonymus, 2001. Harvest on the Horizon. Future Issues of the Agricultural Biotechnology. In: <http://pewagbiotech.org/research/harvest/725k.pdf>  
 Brandt, P., 1995. Transgene Pflanzen. Herstellung, Anwendung, Risiken und Richtlinien. Birkhaeuser. ISBN 3-7643-5202-7  
 Daele, W., 1987. Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft. 2: 351-366.

Daniell, H., Streatfield, S.J., Wycoff, K., 2001. Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccines in plants. Trends in Plant Science 6 (5): 219-226.  
 De Kathen, A., 2001. Gene-farming: Stand der Wissenschaft, mögliche Risiken und Management-Strategien. Gutachten zu spezifische Risiken des Gene-Farming in Pflanzen. Berlin: Umweltbundesamt, texte Nr. 15/01.  
 Dingermann, T., 1999. Gentechnik, Biotechnik. Lehrbuch und Kompendium für Studium und Praxis. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft GmbH.  
 Düring, K., 2001. Lifescience. <http://www.lifescience.de/technologien/03/10.htm>  
 Elborough, K., 2000. Gen Plastic. Information Systems for Biotechnology. <http://www.isb.vt.edu/news/2000/oct00.pdf>  
 Finkel, E., 1999. Australian Center Develops Tools for the Developing World. Science 285: 1481-1482.  
 Gasser, C. S. ve R. T. Fraley., 1992. Scientific American. 266: 62-69.  
 Herrchen, M., Kördel, W., 2001. Phytoremediation – Möglichkeiten, Kenntnislücken und Forschungsbedarf im Hinblick auf einen Praxiseinsatz. Ergebnisse und Schlussfolgerungen des Fachgespraches am 29./30. November 1999 im fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Schmallenberg. Berlin: Umweltbundesamt (Hrsg.), Texte Nr. 19/01.  
 Hoffmann, T., 1997. Gentransfer bei Höheren Pflanzen. In: Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung. (Werner Odenbach, Hrsg.) Parey Verlag.  
 Hoshida, H., Tanaka, Y., Hibino, T., Hayashi, Y., Tanaka, A., Takabe, T. ve T. A. Takabe., 2000. Enhanced Tolerance to Salt Stress in Transgenic Rice that Overexpresses Chloroplast Glutamine Synthetase. In: Plant Molecular Biology 43: 103-111.  
 Ibelgauts, H., 1993. Gentechnologie von A-Z. Studienausgabe. VCH Verlag.  
 James, C. 2004. Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2004. ISAAA Briefs No. 32. ISAAA: Ithaca, NY. Kempken, F. ve R.  
 Kempken., 2004. Gentechnik bei Pflanzen. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag.  
 Krebbers, E., Falco, S. ve G. Fader., 1999. Modification of Seed Amino Acid and Protein Composition for Feed and Food Application. In: Plant Biotechnology and Food for the 21st Century. Nov.3/4, S. 10.  
 Kusnadi, A.R., Nikolov, Z. L. ve J. A. Howard., 1997. Production of Recombinant Proteins in Transgenic Plants: Practical Considerations; Biotechnology and Bioengineering. 56: 473-84, 1997.  
 Leemans, J., 1992. Genetic Engineering for Fertility Control. In: Dattee, Y., Dumas, C. And gallias, A., Reproductive Biology and Plant Breeding. 101-106. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.  
 Melchers, L. S. ve M. H. Stuiver., 2000. Novel Genes for Diseases Resistance Breeding. In: Current Opinion in Plant Biology 3, S. 147-152.  
 Menrad, K., Gaiser, S., Hüsing, B. ve M. Menrad., 2003. Gentechnik in der Landwirtschaft, Pflanzenzucht und Lebensmittelproduktion. TECHNIK, WIRTSCHAFT und POLITIK. Physica Verlag. ISSN 1431-9659  
 Moon, B. Y., Higashi, S. I., Gombos, Z. ve N. Murata., 1995. Unsaturation of the Membran Lipids of Chloroplasts Stabilizes the Photosynthetic Machinery Against Low Temperature Photoinhibition in Transgenic Tobacco Plants. In: Proceedings of the

- National Academy of Sciences of the United States of America 92: 6219-6223.
- Nicholl, D. S. T., 1995. Gentechnische Methoden. Spektrum.
- Öktem, H. A., 2001. Böceklere Dayanıklı Transgenik Bitkilerin Geliştirilmesi. Bitki Biyoteknolojisi : Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Bölüm 18. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları.
- Robert-Koch-Institut (RKI), 2001. Freisetzen und Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen.  
<http://www.rki.de/GENTEC/FREISETZUNGZEN/FREISETZ.HTM>
- Saedler, H., 2001. Gentechnik in der Pflanzenzüchtung – was ist heute machbar? In: [http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d01\\_2/hsaedl01.htm](http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d01_2/hsaedl01.htm)
- Sarhan, F. ve J. Danyluk., 2000. Risikoabschaetzung und Nachzulassung-Monitoring Transgener Pflanzen. Sachstandsbericht. TAB-Arbeitsbericht Nr. 68. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschaetzung beim Deutschen Bundestag.
- Wenzel, G. ve V. Mohler., 2001. Innovationen in der Pflanzenbiotechnologie. Euro-Biotech 2001: 108-111.
- Willmitzer, L., 1999. Plant Biotechnology: Output Traits. The Second Generation of Plant Biotechnology Products is Gaining Momentum. Current Opinion in Biotechnology 10. 161-162
- Woods, C., 1999. UF Biotech Breakthrough: Alga Gene Boosts Crop Yields. <http://www.napa.ufl.edu/99news/alga.htm>
- Ye, X., Al-Babili, S., Klöti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P. ve I. Potrykus., 2000. Engineering Provitamin A (b-carotene) Biosynthetic Pathway Into (carotenoid-free) Rice Endosperm. Science, 287: 303-305.

## FINDIK BAHÇELERİNDE BULUNAN ZARARLI AKAR TÜRLERİ VE EKONOMİK ÖNEMLERİ

Sebahat K. ÖZMAN-SULLIVAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 13.09.2005

**ÖZET:** Türkiye fındık yetiştiren ülkeler arasında üretim bakımından ilk sırada yer almasına rağmen birim alandan elde edilen verim oldukça düşüktür. Fındıkta verimi etkileyen en önemli zararlı gruplarından biri akarlardır. Bu derlemede, günümüze kadar ülkemizde fındıklarda tespit edilmiş zararlı akar türleri, biyolojileri, zarar şekilleri, dağılımları ve mücadeleleri üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Karadeniz, Acarina, eriophyoid, *Phytoptus avellanae*, kozalak

### HARMFUL MITES AND THEIR ECONOMIC IMPORTANCE IN HAZELNUT ORCHARDS

**ABSTRACT:** Turkey is the major hazelnut producing country but yield per unit area is low in comparison with other countries. Mites are one of the most important groups of pests affecting hazelnut yield. This literature review summarizes the biology, distribution, damage and control measures for harmful mites of hazelnuts in Turkey.

**Keywords:** Black Sea, Acarina, eriophyoid, *Phytoptus avellanae*, big bud

## 1. GİRİŞ

Türkiye’de meyve yetiştiriciliği yapılan toplam alanın % 22’sini fındık bahçeleri oluşturmaktadır (Anonymous, 2005a, b). Fındık yetiştiriciliği Karadeniz Bölgesi’nde yoğunlaşmış olup, bölge halkının en önemli geçim kaynağı durumundadır. Türkiye, dünya fındık üretiminde de önemli bir paya sahiptir ve % 70.5’lik bir oranla birinci sırada yer almaktadır (Bozoğlu, 2002).

Fındık bahçesindeki ekosistem, böcekler ve akarlar bakımından oldukça zengindir. Karadeniz Bölgesindeki fındık bahçelerinde yapılan çalışmalarda 23 familyaya bağlı 67 akar türü tespit edilmiştir. Bunlardan 9 tür fındıklarda zararlı, 2 tür ise diğer ürünler üzerinde zararlı olarak bulunmaktadır. Geri kalan türlerin 32’si avcı (predatör) olarak, 24’ü ise funguslar ve çürümekte olan organizmalar üstünde yaşamaktadır (Özman ve Çobanoğlu, 2001; Bayartogtokh ve ark., 2002; Çobanoğlu ve ark., 2002; Özman ve ark., 2002; Akyazı ve Ecevit, 2003; Grobler ve ark., 2003; Özman-Sullivan ve ark., 2005). Bu derlemede zararlı akar türlerinin biyolojileri, zarar şekilleri, bölgedeki dağılımları ve mücadeleleri ele alınmıştır.

## 2. ZARARLI AKAR TÜRLERİ

Fındık bahçelerindeki en zararlı akar türleri eriophyoid akarlardan Fındık kozalak akarları *Phytoptus avellanae* Nal. ve *Cecidophyopsis vermiformis* (Nal.)’dir. *Aculus comatus* (Nal.), *Tegenotus depressus* Nal., *Anthocoptes loricatus* Nal., *Coptophylla lamimani* (Keifer) fındıkta zararlı olan diğer eriophyoid akar türleridir. Tetranychid akarlardan *Tetranychopsis horridus* (Can. & Fanz.), *Eotetranychus coryli* (Reck) ve *Tetranychus* sp.’de fındıkta zararlı olan türlerdir (Ecevit ve ark., 1992; Özman ve Ecevit, 1996a; Özman ve Toros, 1996; Özman ve Toros, 1997a, b,c; Özman ve Çobanoğlu, 2001).

### 2.1. Biyolojileri, Zarar Şekilleri ve Dağılımları

*Phytoptus avellanae* en yaygın ve zararlı türdür. “Gal” ve “vagrant” olmak üzere iki değişik formu vardır. Gal formu basit bir yaşam döngüsüne sahiptir. Yeni bulaşmaları yapacak olan kozalaklar içindeki ikinci dönem nimfler, nisan ayı ortalarından itibaren, açılan ve kurumakta olan kozalaklardan sağlam tomurcuklara göç etmeye başlarlar. Göç, mayıs ayının sonuna kadar sürer. Sağlam tomurcukların içine giren nimfler büyüme konisi üzerine yerleşirler. Burada beslenmeleri sonucu tomurcukların kozalak haline dönüşmesine neden olurlar. Oluşan bu kozalaklar içinde yıl boyunca beslenme ve üremeye devam ederler ve dölleri birbirine karıştırır. Yılda ortalama 6 döl verirler.

*P. avellanae*’nin vagrant (serbest yaşayan) formu ise, oldukça karışık ve gal formundan farklı bir yaşam döngüsüne sahiptir. Yaşamlarını, dişi çiçeklerde (karanfil), erkek çiçeklerde (püs), tomurcuklarda, sürgün uçlarında, yapraklarda olmak üzere generatif ve vegetatif organlar üzerinde ve kozalaklar içinde sürdürürler. Tüm yıl boyunca aktif olarak beslenme ve üremelerine devam ederler. Ayrıca birbirine benzemeyen görünümde iki tip nimfe sahiptirler. Yılın büyük bir kısmında erginlere benzeyen normal görünümlü nimfler oluşur. Nisan sonundan itibaren yapraklarda, özellikle de alt yüzde olmak üzere erginlere benzemeyen tamamen değişik morfolojiye sahip, yanlarında çıkıntıları bulunan yassı görünümlü nimfler oluşur. Yaz boyunca görülen bu nimflerden çıkan erginler generatif ve vegetatif organlara ve kozalaklara göç ederler (Özman, 1995; Özman ve Toros, 1997a; Özman, 2000).

*Cecidophyopsis vermiformis*’in de yaşam döngüsü oldukça karışıktır. İlkbahar ve sonbahar olmak üzere iki göç dönemi bulunmaktadır. İlkbaharda *P. avellanae* ile beraber, kurumakta olan eski kozalaklardan sağlam tomurcuklara göç ederler. Yeni oluşan kozalaklar içinde *P. avellanae* ile birlikte yaşamlarını sürdürürler ve *P. avellanae*’da olduğu gibi

döller birbirine karışır. Bazı kozalaklarda *C. vermiformis* populasyonları *P. avellanae*'ya göre daha kısa bir sürede artar. Yaz kozalakları denilen *C. vermiformis* yoğunluğunun daha fazla olduğu bu tip kozalaklar ağustos ortalarından itibaren açılmaya başlar. Göç, ekim ayının ortalarına kadar sürer. Kuruyan yaz kozalaklarını terk eden *C. vermiformis*'lerin büyük bir kısmı olumsuz çevre şartlarından dolayı ölür. Bir kısmı da vegetatif tomurcuklara, dişi çiçek tomurcuklarına, püslere ve *P. avellanae*'lı kozalıklara göç ederler. Her iki türünde bulunduğu kış kozalakları denilen bu kozalaklar içinde gelecek baharda kozalaklar kuruyana kadar yaşamlarını sürdürürler (Özman, 1995; Özman ve Toros, 1997a).

Yaz başında yeni bulaşan, kozalak oluşacak tomurcuklardaki *P. avellanae* sayısı çok düşük olmasına rağmen (3-4 nimf/tomurcuk) bir sonraki ilkbaharda en yüksek yoğunluğa ulaşır ve binlercesi bir arada bulunur (198740 ergin+nimf+yumurta/kozalak). Yaz kozalaklarındaki *C. vermiformis*'ler sonbahar başlarında, kış kozalaklarındaki *C. vermiformis*'ler ise ilkbaharda en yüksek populasyon yoğunluklarına sahip olurlar. Her iki türün birlikte bulunduğu yaz kozalaklarında, bulaşmadan hemen sonra yaz başlarında türlerin yoğunlukları hemen hemen eşitken temmuz sonlarından itibaren *C. vermiformis* baskın olmaktadır. Kış kozalaklarında ise, sonbaharda kozalıklara giriş yapan *C. vermiformis* bireylerinin sayısı çok düşük olduğu halde ilkbaharda genellikle *C. vermiformis* populasyonu daha baskın olmaktadır. Kozalakların hepsi *C. vermiformis* ile bulaşık değildir. Karadeniz bölgesinde sadece *P. avellanae* ile bulaşık kozalaklar, *P. avellanae* ve *C. vermiformis*'in her ikisi ile bulaşık kozalaklardan daha fazladır (Özman ve Toros, 1996, 1997b).

Kozalak akarları sadece fındığa özelleşmiş canlılardır, başka konukçuları bulunmamaktadır. Fındığın generatif ve vegetatif organlarında beslenerek büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. *P. avellanae*'nin gal formu yalnızca generatif tomurcuklar üzerinde beslenmekte, vegetatif tomurcuklar üzerinde beslenmemektedir. Dişi ve erkek çiçek tomurcuklarında (generatif tomurcuklar) beslenmesi sonucu kozalaklar oluşmakta ve verimi doğrudan etkilemektedir. Kozalaklar, kısa sürgünlerde genellikle uç tomurcuklarda, uzun sürgünlerde ise uçtan önceki orta kısma yakın tomurcuklarda oluşmaktadır. Yaz başlarında çok küçük olan bulaşık tomurcuklar ertesi yılın ilkbaharında maksimum büyüklüğe ulaşmakta, kozalak büyüklüğü ile akar yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. *Phytoptus avellanae*'nin vagrant formu ise kozalak oluşturmamakta, generatif ve vegetatif kısımlarda beslenerek dişi ve erkek çiçeklerin, yeni gelişmekte olan meyvelerin ve tomurcukların dökülmelerine ve deformasyonlu bitki organlarının ortaya çıkmasına neden olarak gal formunda olduğu gibi verimi doğrudan etkilemektedir. *Cecidophypsis*

*vermiformis*'de kozalak oluşturmamakta, *P. avellanae*'nin oluşturduğu kozalaklar içinde beslenmektedir. Bunun yanı sıra dişi ve erkek çiçeklerde, yeni gelişen meyvelerde ve tomurcuklarda beslenen *C. vermiformis* bireylerine de rastlanmaktadır. Her iki türün beslenmesi sonucunda dişi ve erkek çiçekler, tomurcuklar ve kozalaklar dökülerek kuru sürgünler oluşmaktadır. Kuru sürgünler, güneş ışığının olumsuz etkisinden kaçan akarların yoğun olarak bulunduğu dalların alt kısmındaki gölgelik yerlerde daha fazla görülmektedir (Özman, 1995; Özman ve Ecevit, 1996a; Özman ve Toros, 1997c).

Her iki tür de Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak bulunmaktadır ve bütün fındık çeşitleri üzerinde beslenmektedirler (Özman ve Toros, 1996). Yetiştirilen fındık çeşitlerinin Fındık kozalak akarlarına karşı hassasiyetleri farklıdır. *Phytoptus avellanae* hassas çeşitlerde % 70'e varan zararlara neden olmaktadır (Maziarz, 1984). En duyarlı çeşitler Tombul, Mincane ve Uzunmusa, en dayanıklı çeşitler ise Acı, Kuş ve Palaz'dır. Samsun - Taflan'da bulunan bir fındık bahçesinde, Uzunmusa çeşidinin bir dalında 273 kozalak sayılmıştır (Özman, 1995).

Fındık kozalak akarlarından başka yapraklarda beslenen *A. comatus*, *T. depressus*, *A. loricatus* ve *C. lamimani* olmak üzere dört eriophyoid akar türü daha bulunmaktadır ama bunlar ekonomik anlamda zarar yapmamaktadırlar (Özman ve Çobanoğlu, 2001).

Diğer bir akar türü kırmızı örümceklerden *T. horridus*'dur. Çarşamba, Terme, Ordu, Giresun, Tirebolu ve Trabzon da bazı bahçelerde yoğun olarak bulunmuştur. Yaprakların alt ve üst yüzünde beslenerek zararlı olmaktadır. Şimdilik ekonomik önemde zarar yapmamaktadır ama potansiyel zararlı durumuna geçebileceği göz önüne alınarak sürekli kontrollerin yapılması gereklidir. Kırmızı örümceklerden *E. coryli* ve *Tetranychus* sp. Samsun, Giresun ve Tirebolu'daki bazı bahçelerde çok düşük populasyonlarda olmak üzere bulunmuştur. *Bryobia rubrioculus* (Scheuten) ve *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) ise fındık bahçelerinden toplanan bitki döküntülerinden elde edilmiş, fındıkta beslendikleri görülmemiştir. Bu türlerin büyük olasılıkla fındık bahçelerinde bulunan elma, armut gibi meyve ağaçlarında zarar yaptığı düşünülmektedir (Özman ve Çobanoğlu, 2001).

## 2.2. Mücadeleleri

Mücadele, büyük ekonomik kayıplara neden olan Fındık kozalak akarlarına karşı yapılmaktadır. Diğer akar türleri için, populasyonları düşük olduğundan mücadele yapılmasına gerek yoktur.

Fındık kozalak akarlarına karşı kimyasal ve mekaniksel mücadele yöntemleri uygulanmakta, biyolojik mücadele olanakları araştırılmaktadır.

### 2.2.1. Kimyasal Mücadele

Kimyasal mücadele için ekonomik eşik bir dalda ortalama 5 kozalak olarak tespit edilmiştir

(Anonymous, 1995). Fındık üreticisi nisan ayının ilk yarısında, sürgünler 2-3 yapraklı dönemde iken ilaçlama yapmaktadır. Bu dönemde kozalak akarlarının göçü henüz başlamadığından hala tam olarak açılmamış olan kozalakların içinde bulunmaktadırlar. Böylece yapılan ilaçlamalar, yanlış zamanlama ve ilaçların kozalakların iç kısımlarına ulaşamaması nedeniyle başarısız olmaktadır. İlaçlamaların, akarların göçünün yoğun olduğu nisan sonu-mayıs ayı başındaki bir haftalık bir dönemde, uç sürgünler 4-4.5 yapraklı, yeni tomurcuklar toplu iğne başının yarısı büyüklükte ve yeni gelişen meyveler mercimek büyüklüğünde (yaklaşık 3mm çapında) iken yapılması gereklidir. Endosülfan (360 g/l EC; % 32.9 WP) ve Kükürt (% 80 WP), her ikisi de kozalak akarlarına karşı etkili ilaçlar olmasına rağmen, çevre sağlığı da düşünülerek doğal düşmanlara etkisiz olarak bulunan Kükürt (% 80 WP) öncelikle tercih edilmeli, belirtilen dönemde bir defaya mahsus olmak üzere 100 lt suya 400 gr dozunda uygulanmalı ve ilaçlamada tam kaplama sağlanmalıdır (Anonymous, 1996; Özman ve Ecevit, 1996b; Özman-Sullivan ve Akça, 2005).

### 2.2.2. Mekaniksel Mücadele

Mekanik mücadele kozalak akarlarına karşı oldukça etkili bir yöntemdir. Kozalaklar, kışın yapraksız dönemde iken toplanıp bahçe içinde bir yere bırakılmalıdır. Kesinlikle yakılmamalı veya gömülmemelidir. Kozalakların içi diğer faydalı akar ve böcekler için de bir barınak yeridir. Kozalaklar içindeki yararlı böcekler ve akarlar kış döneminde de hareketli olduklarından kozalaklar toplandıktan sonra kuruyan kozalakları terk ederek başka canlılar üzerinde beslenip faaliyetlerini sürdürebilirler. Fındık kozalak akarları ise, çok yavaş hareket ettikleri ve olumsuz çevre şartlarından çok çabuk etkilendiklerinden kozalakları terk edemezler. Zamanla kuruyan kozalaklar içinde beslenemedikleri için ölürlür.

### 2.2.3. Biyolojik Mücadele

Fındık kozalak akarları ile mücadelede doğal düşmanların etkinliği mutlaka göz önüne alınmalıdır. Doğal düşmanlardan predatör akarlar fındık bahçelerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Özman ve Çobanoğlu 2001; Çobanoğlu ve Özman, 2002; Özman ve ark., 2002; Özman-Sullivan ve ark., 2005). Bunlardan özellikle *Kampimodromus aberrans* (Oud.) ve *Phytoseius plumifer* Can. & Fanz. kozalaklar içindeki Fındık kozalak akarları üstünde beslenmekte ve yıl boyunca faaliyetlerini sürdürmektedirler. *Kampimodromus aberrans* günde 20 ergin *P. avellanae* tüketmekte ve kozalaklar içinde yoğun olarak bulunmaktadır (21 *K. aberrans*/kozalak) (Özman, 2002; Özman-Sullivan, 2004, Özman-Sullivan, 2006). Bu özellikleri ile Fındık kozalak akarlarına karşı potansiyel biyolojik mücadele etmeni olarak göz önüne alınmalı ve kitle üretimi yapıp bahçelere salımı konusunda entegre mücadele kapsamı içinde çalışmalara başlanmalıdır. Phytoseiid'lerin

dışında tydeid akarlarda Fındık kozalak akarları üzerinde beslenerek onların popülasyonlarını baskı altına almada önemli rol oynamaktadırlar. Predatör böceklerden *Orius minutus* (L.), *Arthrocnodax corylligallarum* (Targ.) ve *Tetrastichus* sp.'de kozalaklar içinde yoğun olarak bulunmaktadır. Kozalaklar içinde bulunan predatör thrips'ler ve örümcekler de doğal düşmanlar arasında yer almaktadır (Arzone 1977; Özman, 1995). Funguslardan *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda kozalak akarları üstünde % 99.5 gibi yüksek bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Fungusla yoğun olarak buluşan kozalaklarda hifler her tarafı sarmakta, akarların hepsi ölmekte, yumurtalar açılmamaktadır (Özman, 1998; Özman ve Hattat, 1999). Kozalak akarlarına karşı *V. lecanii*'li preparatların kullanımı ile doğada zaten var olan fungusun kozalak akarları üstündeki etkinliği artırılmış olacaktır.

### 3. SONUÇ

Fındık bahçelerindeki en önemli zararlı akar türleri eriophyoid akarlardan *P. avellanae* ve *C. vermiformis* olmak üzere Fındık kozalak akarlarıdır. Kozalak akarlarının zararı üreticiler tarafından iyi bilinmeli, doğru zamanda uygun ilaçlama yapılmalı, predatör, parazitoid ve entomopatojen funguslar gibi biyolojik savaş etmenleri korunmalı ve bu canlıların zararlılarla ilişkisini ortaya çıkaracak araştırmalar yapılarak pratiğe aktarılmalıdır.

### 4. KAYNAKLAR

- Akyazı, F. ve Ecevit, O., 2003. Ordu, Samsun ve Giresun illeri fındık bahçelerinde görülen akar türlerinin belirlenmesi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (3): 39-45.
- Anonymous, 1995. Tarım Bakanlığı Teknik Talimatı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, Cilt 3, 444 s.
- Anonymous, 1996. Tarım Bakanlığı Teknik Talimatı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, Cilt 4, 393 s.
- Anonymous, 2005a. www.tarim.gov.tr. Türkiye'de Tarım Sektörü.
- Anonymous, 2005b. www.fiskobirlik.org.tr. Fiskobirlik, Fındık Tarım Satış Kooperatifleri Birliği.
- Arzone, A., 1977. Esperimenti di lotta contro *Phytoptus avellanae* Nal. in Piemonte (Acarina, Eriophyidae). Informatore Fitopatologico, 12: 29-32.
- Bayartogtokh, B., Çobanoğlu, S. and Özman, S.K., 2002. Oribatid mites of the superfamily Ceratozetoidae (Acari: Oribatida) from Turkey. Acarina, 10 (1): 3-23.
- Bozoğlu, M., 2002. Türkiye'nin fındık politikası ve reform arayışları. Türkiye'de Uygulanan Fındık Politikaları ve Fındığın Geleceği Konferans-Panelli, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun, 9-24.
- Çobanoğlu, S. and Özman, S. K., 2002. Beneficial mite species of hazelnut orchard ecosystems from the Black Sea Region of Turkey. Proceedings of the 2nd meeting of WG 4: Prague 30-31st May 2002, Bio-control of Arthropod Pests in the Stored Products, 91-99.



- Çobanoğlu, S., Bayram, Ş. and Özman, S.K., 2002. Zerconidae and Uropodidae (Acari, Gamasina) species from Turkey. *Phytophaga*, XII (2002): 3-8.
- Ecevit, O., Keçeci, S., Tuncer, C., Yanılmaz, A.F. ve Işık, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesi fındık bahçelerinde zararlı Eriophyoidea (Acarina: Actinedida) akarları üzerinde çalışmalar. Türkiye II. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 28-31 Ocak 1992, Adana, 671-681.
- Grobler, L., Özman, S.K. and Çobanoğlu, S., 2003. The genera *Liacarus*, *Stenoxenillus* and *Xenillus* (Oribatida: Gustavioidea) from Turkey. *Acarologia*, 43(1): 131-147.
- Maziarz, B., 1984. Damage of hazel by the Hazel Gall Mite *Phytoptus avellanae* (Nal.) (Acarina, Phytoptidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, 53 (4): 649-655. (Rev. App. Ent., 1985, 73: 3375).
- Özman, S.K., 1995. Karadeniz Bölgesinde Fındık Kozalak Akarları [*Phytocoptella avellanae* (Nal.) ve *Cecidophyopsis vermiformis* (Nal.) (Eriophyoidea: Acarina)] Üzerinde Populasyon Değişimleri ve Konukçu İlişkileri Ağırlıklı Ökolojik Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 186 s.
- Özman, S.K. ve Ecevit, O., 1996a. Fındıklarda tomurcuk dökümleri ile Fındık kozalak akarları *Phytoptus avellanae* Nal. ve *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea) arasındaki ilişkiler. Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 24-28 Eylül 1996, Ankara, 337-345.
- Özman, S.K. ve Ecevit, O., 1996b. Akarisit etkili bazı ilaçların fındık ekosistemindeki faydalı faunaya etkileri. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 13-15 Mayıs 1996, Mersin, 297-306.
- Özman, S.K. ve Toros, S., 1996. Fındık Kozalak Akarları [*Phytoptus avellanae* Nal. ve *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea)]'nın Karadeniz Bölgesinde dağılımları. Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 24-28 Eylül 1996, Ankara, 328-336.
- Özman, S.K. and Toros S., 1997a. Life cycles of *Phytoptus avellanae* Nal. and *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea). *Acta Horticulturae*, 445: 493-501.
- Özman, S.K. and Toros S., 1997b. Population fluctuations of *Phytoptus avellanae* Nal. and *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea) in big buds of hazelnut. *Acta Horticulturae*, 445: 511-520.
- Özman, S.K. and Toros S., 1997c. Damage caused by *Phytoptus avellanae* Nal. and *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea) in hazelnut. *Acta Horticulturae*, 445: 537-543.
- Özman, S.K., 1998. *Verticillum lecanii* (Zimm.) Viegas, a fungal pathogen of the big bud mites, *Phytoptus avellanae* Nal. and *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea). Proceeding of the 6th European Congress of Entomology, Czech Republic, 2: 610.
- Özman, S.K. ve Hatat, G., 1999. *Phytoptus avellanae* Nal. ve *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea)'e karşı *Verticillum lecanii* (Zimm.) Viegas ile biyolojik savaş olanakları üzerinde araştırmalar. Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 26-29 Ocak 1999, Adana, 189-200.
- Özman, S.K., 2000. Some biological and morphological differences between gall and vagrant forms of *Phytoptus avellanae* Nal. (Acari: Phytoptidae). *International Journal of Acarology*, 26 (3): 215-219.
- Özman, S.K. and Çobanoğlu S., 2001. Current status of hazelnut mites in Turkey. *Acta Horticulturae*, 556: 479-487.
- Özman, S.K., 2002. *Kampimodromus aberrans* (Oud.) (Mesostigmata: Phytoseiidae) as a predator of *Phytoptus avellanae* Nal. (Prostigmata: Phytoptidae). XI. International Congress of Acarology, Program and Abstract Book, 8-13 September, 2002, Merida, Yucatan, Mexico, 249-250.
- Özman, S.K., Magowski, W. and Çobanoğlu, S., 2002. Tarsonemid mites of hazelnut orchards in Turkey. Abstracts. VII. European Congress of Entomology, 7-13 October 2002, Thessaloniki, Greece, s. 178.
- Özman-Sullivan, S.K., 2004. Predatör akar *Kampimodromus aberrans* (Oud.) (Acarina: Phytoseiidae)'ın laboratuvar koşullarında biyolojisi üzerine araştırmalar. Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 8-10 Eylül 2004, Samsun, s. 26.
- Özman-Sullivan, S.K. and Akça, İ., 2005. Efficiency of pesticides against big bud mites [*Phytoptus avellanae* Nal. and *Cecidophyopsis vermiformis* Nal. (Acarina: Eriophyoidea)] on hazelnut. VI. Int. Hazelnut Congress, 14-18 June 2004, Tarragona, Spain, *Acta Horticulturae*, 686: 393-399.
- Özman-Sullivan, S.K., Kazmierski, A. and Çobanoğlu, S., 2005. Alycina and Eupodina mites of hazelnut orchards in Turkey. VI. Int. Hazelnut Congress, 14-18 June 2004, Tarragona, Spain, *Acta Horticulturae*, 686: 401-406.
- Özman-Sullivan, S.K., 2006. Life history of *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) as a predator of *Phytoptus avellanae* Nalepa (Acari: Phytoseiidae, Phytoptidae). *Experimental and Applied Acarology*, 38 (1-2): 15-23.

## KÖK-UR NEMATODLARI (*MELOIDOGYNE* SPP.) İLE BİYOLOJİK MÜCADELE

Tuba KATI Sevilhan MENNAN  
O.M.Ü Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 25.10.2005

**ÖZET:** Kök-ur nematodları dünyanın tamamında dağılışı göstererek, tarımsal ürünlerde ekonomik kayıplara yol açan türlerdir. Konukçu dizilerinin son derece geniş olması ve fazla sayıda türlerinin bulunması, kimyasal mücadele dışındaki yöntemlerin uygulanışını sınırlandıran özellikleridir. Nematodlarla kimyasal mücadelenin çevreye, doğal hayata, sulara ve insan sağlığına olumsuz etkileri yanında, uygulamanın zor ve pahalı oluşu, bu türlerle mücadelede, biyolojik mücadele olanaklarının araştırılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Topraktaki pek çok değişik fungus, bakteri ve nematod, doğada kök-ur nematodlarının parazitidir ve nematod popülasyonunun azalmasına neden olur. Bu çalışmada, kök-ur nematodlarının paraziti olan fungus, bakteri ve predatör türler ile bunların başlıca özellikleri ve kök-ur nematodlarının biyolojik kontrolü üzerinde etkili olan faktörler literatür ışığı altında derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyolojik mücadele, kök-ur nematodları, nematofag fungus, bakteri

### BIOLOGICAL CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES (*MELOIDOGYNE* SPP.)

**ABSTRACT:** Root-knot nematodes that are distributed in all over the world, cause economically reduction in agricultural products. Control methods except chemical, could be limited because of having broad host range and different species. It was a big necessity to search possibilities of using biocontrol methods, since chemical control have an adverse effect on environment, nature, water and human also their applications are very difficult and expensive. Lots of fungi, bacteria and nematodes that parasite on root-knot nematodes in soil in the nature and cause reduction of nematode population. In this review, fungi, bacteria and predator species of root-knot nematodes, their principle characteristics and factors that effect on the biological control of root-knot nematodes are reviewed by using literature.

**Keywords:** Biological control, root-knot nematodes, nematophagous fungi, bacteria

### 1. GİRİŞ

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) bütün dünyada dağılım gösteren, geniş konukçu dizisine sahip obligat parazitlerdir. Dünyanın tamamında dağılışı gösterirler ve özellikle sulamanın olduğu sıcak bölgelerde, sebze ve meyve üretimi yapılan alanlarda daha zararlı olmaktadır. En önemli konukçuları arasında domates, patlıcan, fasulye, hıyar, patates, şekerpancarı, pamuk, tütün, biber, havuç, ıspanak gibi sebzeler ve muz, şeftali, erik, incir, dut gibi çok yıllık meyveler yer almaktadır (Whitehead, 1998). Dünyada tarım alanı olarak kullanılan toprakların % 52'sinin kök-ur nematodları ile bulaşık olduğu bilinmektedir. Yumurtadan çıkan larvaların kök dokusuna girerek korteks bölgesinde beslenmeleri sonucu, köklerde larva sayısına bağlı olarak değişen büyüklüklerde, gallerin oluşmasına sebep olurlar. Köklerde meydana gelen bu galler, cinse ismini de veren en tipik zarar şekilleridir. Toprak üstü belirtileri, bir çok hastalık etmeni ve bitki besin maddesi eksikliklerine benzediği halde, toprak altında sebep oldukları irili-ufaklı galler ile kolayca tanınırlar. Bu açıdan diğer nematodlar içinde en fazla tanınan ve üzerinde çalışılan türlerdir (Trudgill and Blok, 2001).

Köklerinde "ur" bulunan bitkilerin topraktan su ve besin maddesi alışı olumsuz yönde etkilendiğinden gelişme yavaşlar veya durur, bodurlaşma görülür. Kök-ur nematodu ile çok bulaşık bitkiler ise tamamen kuruyabilir (Thorne, 1961). Bulaşık bitkilerin toprak-üstü aksamında şiddetli yaprak klorozları ile birlikte bitkide gelişme geriliği ve solgunluk da görülür. Bütün bunların sonucu olarak, üründe azalma

meydana gelmektedir. Bitkide oluşan zarar oranı, nematod yoğunluğu ve bitkinin duyarlılığına bağlı olarak değişmektedir. Toprak altı zararlıları olarak son derece kompleks bir agroekosistemde yaşadıkları için, kök-ur nematodlarının tek başlarına sebep oldukları zararın hesaplanması çok zordur. Sebzelelerde sadece kök-ur nematodlarının neden olduğu ürün kaybının % 50-80 arasında değiştiği bilinmektedir. Tropikal ülkelerde, bu nematodların neden olduğu yıllık ürün kaybının % 15 olduğu ve sebzelerde ise bu oranın % 50 hatta % 80'e varabileceği tespit edilmiştir. Kök-ur nematodlarının doğrudan zararları yanında, fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı bitkiyi hazırlamaları ve köke girerken açtıkları yerlerden mikroorganizmaların girişine imkan sağlamaları da dolaylı zararları olarak ortaya çıkmaktadır (Stirling, 1991). Son yıllarda uluslararası yapılan surveylerde, Ekvator, Malawi ve Senegal'de sebze üretim alanlarının % 89'unun kök-ur nematodları ile bulaşık olduğu saptanmıştır (Trudgill and Blok, 2001).

*Meloidogyne* cinsinde 60'dan fazla tür bulunmaktadır ve bunlar içerisinde en önemlileri; *M. arenaria* Neal, 1889 (Yerfistiği kök-ur nematodu), *M. hapla* Chitwood, 1949 (Serin bölge kök-ur nematodu), *M. incognita* Kofoid and White, 1919 (Pamuk kök-ur nematodu) ile *M. javanica* Treub, 1885 (Java kök-ur nematodu)'dır. (Eisenback and Triantaphyllou, 1991).

Nematodlarla mücadelede nematisitler kullanılabilir. Fakat nematisitlerin çevre, doğal yaşam ve insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır (Stirling, 1991). Ayrıca uygulamaları da son derece pahalı ve zordur. Bu nedenlerle

nematodlarla mücadelede, doğal düşmanlarından faydalanılarak yapılan biyolojik mücadele önem kazanmaktadır. Biyolojik mücadele, son yıllarda yoğun olarak çalışılan alternatif yöntemlerin başında gelmektedir (Whitehead, 1998).

Toprakta yaşamaları nedeniyle kök-ur nematodlarının pek çok doğal düşmanları vardır. Kök-ur nematodlarının başlıca parazitleri fungal ve bakteriyel etmenler, predatörleri ise; Amoebae, Collembola, Turbellaria, Enchytraeid, Tardigrade, akarlar ve entomopatojen nematodlardır (Anonymous, 2005a).

## 2. KÖK-UR NEMATODLARI İLE BİYOLOJİK MÜCADELEDE KULLANILAN DOĞAL DÜŞMANLAR

### 2.1. Predatörler

Kök-ur nematodlarının önemli predatörleri, Amoebae (Sarcomastigophora : Protista), Collembola (Arthropoda : Insecta : Apterygota), Turbellaria (Platyhelminthes), Tardigrade (Tardigrada) ve Akar (Arthropoda : Arachnida : Acarina)'lar olarak tespit edilmiştir. Fakat bu predatör türlerden sadece entomopatojen nematodlar önemli olup, diğerleri kök-ur nematodları üzerinde ekonomik olarak baskılayıcı bir etkiye sahip değildir (Anonymous, 2005a). Bu nedenle üzerinde detaylı bir şekilde durulmayacaktır.

### 2.1.1. Entomopatojen Nematodlar

Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde entomopatojen nematodların kullanılması son yıllarda önem kazanmıştır. Pek çok sera ve tarla denemeleri sonucunda, entomopatojen nematod uygulamaları ile kök-ur nematodlarının kontrol edilebileceği saptanmıştır (Perez and Lewis, 2004).

Entomopatojen nematodlardan *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinsinin, kök-ur nematodu popülasyonunu kontrol edici bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Entomopatojen nematodlar, kök-ur nematodlarının ikinci dönem larva ve dişilerinin paraziti olarak bilinmektedir. *Steinernema* cinsi içerisinde; *Steinernema feltiae*, *S. riobrave*, *S. glaseri* larvaları ve *Heterorhabditis* cinsi içerisinde; *Heterorhabditis bacteriophora* ve *H. megidis* larvaları, yerfıstığı ve domateste enfeksiyon oluşturan *M. hapla* ve *M. incognita* üzerinde biyolojik mücadele etmeni olarak tespit edilmiştir. *M. hapla* ve *M. incognita*'ya entomopatojen nematodların etkileri pek çok deneme ile araştırılmıştır. Yapılan denemelerde; *S. feltiae*, *S. riobrave* ve *H. bacteriophora*'nın *M. hapla* üzerinde, *S. glaseri* ve *H. megidis*'in *M. incognita* üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. *S. feltiae* ve *S. riobrave*'nin *M. hapla* popülasyonunu önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır. Ayrıca *S. riobrave*, *M. hapla*'nın yumurta üretimi üzerinde de etkili olmuş ve kök-ur nematodunun yumurta sayısı önemli ölçüde azalmıştır. *H. bacteriophora*'nın yüksek inokulum miktarı ile *M. hapla* popülasyonunun önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir (Perez and Lewis, 2004).

Benzer şekilde sera denemelerinde domates bitkisi (*Lycopersicon esculentum* L.) kullanılarak *M. incognita* üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, *S. glaseri*'nin *M. incognita* popülasyonunu ve *M. incognita*'nın yumurta üretimini büyük ölçüde azalttığı saptanmıştır ancak, *H. megidis* uygulaması, *M. incognita*'yı etkili bir şekilde kontrol altına alamamıştır (Lewis et al., 2001).

Yapılan bu denemeler; entomopatojen nematodların *M. hapla* ve *M. incognita* üzerinde etkili olduğunu ve biyolojik mücadele için yararlı olabileceğini göstermiştir.

## 2.2. Parazitler

### 2.2.1. Fungal Etmenler

Topraktaki pek çok fungus türü, kök-ur nematodları üzerinde parazit olarak bulunmaktadır. Bunlardan bazıları ve önemli özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

1. *Verticillium chlamyosporium* Goddard
2. *Dactylella oviparasitica* Stirling and Mankau
3. *Hirsutella rhossiliensis* Minterand and Brady
4. *Arthrobotrys* spp. Corda
5. *Paecilomyces lilacinus* Bainier
6. Diğer Funguslar

### 2.2.1.1. *Verticillium chlamyosporium*

Kök-ur nematodlarının yumurta paraziti olarak bilinen en önemli fungusların başında *Verticillium chlamyosporium* gelmektedir. *V. chlamyosporium* fakültatif bir parazittir ve nematod yumurtalarında kolonize olan endoparazitlerdendir. Bu fungus Avusturalya'nın tropikal ve subtropikal bölgelerinde geniş bir dağılım göstermektedir ve yaygın bir şekilde kök-ur nematodlarının doğal yumurta parazitidir (Stirling et al., 1998a).

*Verticillium chlamyosporium*, köklerde bulunan *Meloidogyne* yumurtalarının sayısını önemli ölçüde azaltmaktadır. Fungusun uygulandığı toprakta sağlıklı yumurtaların sayısında % 90'dan fazla azalma meydana gelmiştir. Fakat parazitlenme derecesi üzerinde nematod yoğunluğunun ya da konukçu bitkinin önemli bir etkisi yoktur. Kökteki yumurta kümelerindeki birçok yumurta, parazitlenme sonucu gelişmemiş ve olgunlaşmamıştır (Bourne and Kerry, 1999).

*Verticillium* türlerinin kök-ur nematodlarını parazitlemesi üzerinde çok sayıda çalışma mevcuttur. *V. chlamyosporium*'un *M. incognita* ve *M. hapla* üzerine etkilerinin saksı denemeleri şeklinde domates bitkilerinde araştırılması sonucu, değişik toprak tiplerinde fungusun etki oranının değiştiği ve en yüksek nematod kontrolünün (% 59) kumlu topraklarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca yapay yolla toprağa bulaştırılan fungusun, toprakta belli bir süre canlı kalabildiği ve Aldicarb ile aynı oranda kontrol sağlayarak etkin bir biyolojik mücadele etmeni olabileceği belirlenmiştir (Leij et al., 1993).

Bitki ekiminden önce toprağa fungusun uygulanması ile yumurta kümelerinin birçoğu yüksek

oranda parazitlenebilmektedir. Yapılan denemeler sonucunda, yumurta kümelerinin % 60'dan fazlasının klamidospore içerdiği tespit edilmiştir. *Meloidogyne* yumurtalarında parazitlenme oluşmadan, en az 4-6 hafta önce toprağa inokule edilen fungusun, toprakta hayatta kalması ve ortamda çoğalması gerekmektedir. Fungus formülasyonu toprağa 10g/lt şeklinde uygulandığında, yumurta kümelerinin ilk generasyonunun % 30-80'nin parazitlenmiş yumurta içerdiği tespit edilmiştir (Stirling et al., 1998a). Toprağa *V. chlamydosporium*'un *Paecilomyces lilacinus* ve *Rhizobium meliloti* ile birlikte uygulanmasının, *M. javanica* enfeksiyonunu kontrol altına aldığı saptanmıştır (Ehteshamul-Haque et al., 1996).

İlk hasatta, Aldicarb ile *V. chlamydosporium* ve *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre and Star'ın birlikte kullanımının, domates köklerindeki gal oranını yüksek oranda azalttığı, ikinci hasatta ise, Aldicarb uygulamasının kök-ur nematodlarını % 55 oranında azaltırken iki organizmanın birlikte kullanımı ile % 92 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Whitehead, 1998).

Laboratuvarında *V. chlamydosporium*'un optimum büyümesi 32°C ve optimum spor üretimi ise 22°C de olmaktadır. *Meloidogyne* spp.'nin yumurta ve larvaları üzerinde % 90 oranında kontrolün sağlandığı sıcaklık ise 25°C'dir (Leij et al., 1992). *M. javanica* yumurtaları üzerinde *V. chlamydosporium*'un % 72-82 oranında enfeksiyon meydana getirdiği ve *M. javanica* ile bulaşık domates bitkilerinde gal indeksini belirgin oranlarda düşürdüğü saptanmıştır (Quadri and Saleh., 1990).

Tarla ve laboratuvar koşulları altında *V. chlamydosporium*'un biyolojik mücadele etmeni olarak etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, fungusun ethyl asetat veya heksan ekstratları ile birlikte *M. javanica* larvalarına uygulandığında öldürücü etki yaptığı tespit edilmiştir. Fungusun *Pseudomonas aeruginosa* ile birlikte uygulandığında, daha etkili kontrol sağladığı ve bitki büyümesine yardımcı olduğu saptanmıştır (Siddiqui and Ehteshamul-Haque, 2000).

### 2.2.1.2. *Dactylella oviparasitica*

*Dactylella oviparasitica* Kalifornia'da şeftali bahçelerinde saptanan *Meloidogyne* yumurta kümelerinden izole edilmiştir ve kök-ur nematodlarının aktif bir yumurta parazitidir. Yapılan laboratuvar ve tarla denemelerinde, kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Stirling and Mankau, 1979).

*Dactylella oviparasitica*'nın hifleri *Meloidogyne* yumurta kümeleri içinde hızlıca çoğalma yeteneğindedir. Fungusun enzimatik penetrasyonunun mümkün olduğu bilinmesine rağmen, yumurta kabuğundan girişi büyük olasılıkla mekanik olarak gerçekleşmektedir. Kök yüzeyi üzerine yumurta kümelerinin bırakılmasından kısa bir zaman sonra, *D. oviparasitica* hifleri jelatinimsi matriksden geçerek, yumurta kümesi içinde hızlıca çoğalmaktadır. Hifler

yumurtalar ile temas ettiğinde, yumurta kabuğunun dış kısmını kavrayarak kabuktan penetrasyon gerçekleşmektedir. İnokulasyondan sonra, 60 saat içinde enfeksiyon görülmektedir. Bırakılan ilk yumurtaların çoğu parazitlenmektedir. Özellikle gelişmenin erken dönemindeki yumurtaların parazitlenme oranı daha yüksek olur iken, ikinci dönem larva içeren yumurtalar genellikle parazitlenmeden kurtulabilmektedir (Stirling and Mankau, 1979).

*Dactylella oviparasitica* içeren topraklarda, *Meloidogyne* yumurta kümelerinin bırakılmasından sonraki 30 gün içerisinde, birçok yumurta kümesinde parazitlenmiş yumurtalar tespit edilmiştir. Yumurtaların parazitlenme oranı zamanla artmaktadır. Yumurta kümesinin bırakılmasından 40-50 gün sonra bütün yumurta kümelerinin tamamen parazitlendiği ancak dişinin vulvası etrafında yeni depo edilmiş yumurtaların parazitlenmeden kalabildiği tespit edilmiştir. Yumurta kümelerinin bırakılmasından 50 gün sonra, fungus bulaştırılmayan topraklarda yetiştirilen kontrol bitkileri ile bulaştırılanlar kıyaslanmış ve gal sayısında büyük bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır (Verdejo-Lucas et al., 2002).

*Dactylella oviparasitica* bir yumurta kümesi içindeki bütün yumurtaları parazitlediğinde dişilere de geçebilmekte ve *Meloidogyne* dişileri içinde gelişerek dişinin vücudunu tamamen doldurmaktadır. Parazitlenmiş dişilerde yumurta üretimi durur, dişi cansız ve güçsüz olur. Dişi vücudu beyazdan grimsi-kahverengiye döner. Genellikle dişilerin % 10'dan daha azı parazitlenmektedir. Fungus, yumurta kümesi içindeki yumurtaları aktif bir şekilde parazitlemektedir. Fakat yumurtalar kümeden dağıldığında, parazitlenme oranı azalmaktadır. Parazitlenmenin derecesi inokulum miktarı ile birlikte artmaktadır ve parazitlenme sonucu yumurtadan larva çıkışının azaldığı gözlenmiştir. *D. oviparasitica* ikinci dönem larvaları parazitleyememektedir, bu nedenle biyokontrol etmeni olarak etkisi yumurta çıkışından önce yumurtaları parazitleme kabiliyetine bağlıdır. *Meloidogyne* yumurtaları, 23-24°C de 20 günde gelişip, yumurtadan larvalar çıkmaktadır ve yapılan deneyler, fungusun bu periyot içinde yumurtaları parazitlemek için yeterli aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Stirling and Mankau, 1978).

### 2.2.1.3. *Hirsutella rhossiliensis*

*Hirsutella rhossiliensis* kök-ur nematodlarına karşı biyolojik mücadele etmenleri arasında üzerinde en fazla çalışılanlardan biridir. Bulunduğu açık alanlarda ve tüm laboratuvar denemelerinde *Meloidogyne* popülasyonlarında ölümlere sebep olmaktadır. Bu fungus kök-ur nematodlarından *M. javanica* ve *M. hapla*'nın ikinci dönem larvalarının parazitidir. Fungus, genellikle toprakta yüksek seviyede ve doğal olarak bulunmaktadır (Jaffee, 1992).

*Hirsutella rhossiliensis*'in kök-ur nematodları üzerinde meydana getirdiği parazitlenme, laboratuvar denemeleri yanında tarla ve sera denemeleri ile de

yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Toprakta bulunan fungus sporları, ikinci dönem larvalara yapışır ve kütikuladan içeri girerler. Fungus nematodun vücut boşluğunda gelişip onu öldürür, kolonileşmeye devam eder ve yeniden sporulasyon olur. Ayrıca nematodun kütikulası arkasında kendisi de korunmuş olur. Toprağa uygulanan *H. rhossiliensis*'in vejetatif kolonilerinin sayısının artması ile bitki köklerine giriş yapan ikinci dönem larva sayısında azalma olduğu saptanmıştır. Yapılan deneyler, ikinci dönem *Meloidogyne* larvalarının köke girişinde % 50'lik bir azalmanın oluşabilmesi için, toprakta cm<sup>3</sup> başına 1.9 *H. rhossiliensis* kolonisinin bulunması gerektiğini ortaya koymuştur. *H. rhossiliensis*'in yapışkan sporları ile enfekte olan ikinci dönem larvaların oranı % 4-40 arasında değişmektedir. Fungusun vejetatif kolonilerinin, yüksek oranda uygulandığı topraklarda, sporların larvalara bulaşması daha fazla olmuştur (Tedford et al., 1993).

*Hirsutella rhossiliensis*'in farklı uygulama oranlarının, köklerdeki gal oluşumu ve nematod üremesi üzerindeki etkisi değişiklik göstermektedir. Fungusun yüksek uygulama oranı ile, bitki köklerindeki gal oranı ve bitki köklerine giriş yapan ikinci dönem larva sayısı önemli ölçüde azalmıştır. Benzer şekilde, bu fungusun *V. chlamydosporium* ile birlikte uygulaması, ikinci dönem larvaların bitki köklerine girişini % 50 oranında azaltmıştır (Viaene and Abawi, 2000).

*Hirsutella rhossiliensis* nematod popülasyon yoğunluğunu baskıladığı halde lokal bir alanda nematodun tamamen yok olmasına asla sebep olmamaktadır (Jaffee et al., 1992).

Aynı cinsde ait *H. minnesotensis*'in de kök-ur nematodlarını parazitlediği tespit edilmiştir. *H. minnesotensis*, kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvalarının parazitidir (Chen et al., 2000). Farklı bölgelerden elde edilen *M. hapla* popülasyonları üzerinde *H. minnesotensis*'in etkilerinin araştırıldığı çalışmanın sonucunda, *H. minnesotensis*'in bütün *M. hapla* popülasyonlarını değişen seviyelerde baskı altına aldığı saptanmıştır. Özellikle ikinci dönem larvaların sayısında önemli derecede azalma olduğu belirlenmiştir. Fungusun inokulum miktarı arttıkça *M. hapla* popülasyonu daha iyi kontrol altına alınmıştır. *H. minnesotensis* köklerdeki *M. hapla* popülasyonunu % 61-98 oranında azaltmıştır. Bu çalışma ile sebze üretimi yapılan alanlarda *M. hapla* popülasyonu üzerinde *H. minnesotensis*'in potansiyel bir biyolojik mücadele etmeni olduğu tespit edilmiştir (Mennan et al., 2006).

#### 2.2.1.4. *Arthrobotrys* spp.

Nematod tuzaklayıcı funguslar olan *Arthrobotrys* spp. kök-ur nematodlarına karşı potansiyel biyolojik mücadele etmenleri olarak tanımlanmıştır. *A. dactyloides*, *A. oligospora* ve *A. irregularis* kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvaları üzerinde parazitlenmeye sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar

sonucunda *M. javanica* ve *M. hapla* üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Whitehead, 1998).

Sera denemeleri sonucunda, fungus formülasyonlarının, 18 aydan daha fazla kök-ur nematodlarına karşı aktif olduğu tespit edilmiştir. Yapılan denemelerde; *A. dactyloides* uygulaması sonucu ikinci dönem larva sayısı % 90, domateslerdeki gal oranı da % 57-98 oranında azalmıştır (Stirling et al., 1998b).

*Arthrobotrys dactyloides* ve *A. oligospora* kivi bahçeleri ve yerfıstığı alanlarındaki *M. hapla*'dan izole edilmiştir ve kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvalarını parazitlediği tespit edilmiştir. *A. dactyloides* ve *A. oligospora*'nın izolatlarının diğer nematod tuzaklayıcı fungusların izolatları kadar etkili olduğu saptanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında, *Arthrobotrys* türlerinin geliştiği petri kaplarına kök-ur nematodlarının larvaları eklenmiş ve fungusun larvaların tamamını baskıladığı tespit edilmiştir. Ayrıca organik topraklara *A. oligospora* izolatı ile kolonize olmuş beyaz kepek ya da sodyum alginate uygulaması sonucu, marul fidelerine *M. hapla* larvalarının girişinde önemli bir azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Viaene and Abawi, 2000).

Fungusun Royal 350 formülasyonunun, toprak PH'sinin 6,4 olduğu topraklarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Kök-ur nematodu ile çok bulaşık topraklarda, Royal 350 formülasyonu bir nematod ve dayanıklı çeşit ile birlikte uygulanmalıdır. Güney Fransa'da 25 m<sup>2</sup> lik deneme alanlarında; m<sup>2</sup> ye 140 gr Royal 350 uygulaması ile domateslerdeki gal indeksi 1.7'den 0.6'ya azalmıştır ve bitki başına ürün 9.1'den 15.2 kg'a yükselmiştir (Whitehead, 1998).

#### 2.2.1.5. *Paecilomyces lilacinus*

*Paecilomyces lilacinus* ilk olarak; Peru'da *M. incognita* yumurtalarında tespit edilmiştir. Bu fungus, *M. incognita* yumurtalarının fakültatif bir parazitidir ve diğer *Meloidogyne* türlerini de parazitleyebilmektedir. *P. lilacinus* izolatları *M. incognita* yumurtalarına bulaşıp yumurtadan larva çıkışını azaltmaktadır (Whitehead, 1998).

Fungus tarafından, yumurta kabuğunu parçalayıcı enzimlerin üretilmesi ile *Meloidogyne* yumurtaları üzerinde enfeksiyon meydana gelmektedir. Fungusun salgıladığı serine proteaz enzimleri, nematodun yumurta kabuğunda yapısal değişikliklere neden olmaktadır. *P. lilacinus* 251 izolatı, *M. javanica* yumurtalarının gelişimini durdurmaktadır. Böylece yumurtadan çıkan larvaların sayısı azalmış ve çıkan larvaların da büyük bir kısmı ölmüştür. *P. lilacinus*'un diğer ırkları da (CBS 143.75) kök-ur nematodlarını parazitlemektedir. Yumurtalar proteaz ve kitinaz enzimlerinin her ikisine birden maruz kaldığında larvaların yumurtadan çıkışı oldukça azalmıştır. Fungus enzimlerinin *M. javanica* yumurtalarına inokulasyonundan 6 gün sonra, yumurtadan larva çıkışı % 69-88 oranında azalmıştır. *Meloidogyne* yumurtalarının *P. lilacinus*'un kitinaz enzimine maruz bırakılması sonucu ise, yumurtadan larva çıkışında %

60 azalma tespit edilmiştir. Sadece su uygulanmış kontrollerde ise larvaların yumurtadan çıkışında artış gözlenmiş ve çıkan larvaların sadece % 9'u ölmüştür (Khan et al., 2004).

Ahmad and Khan (2004)'nın yaptığı çalışmalarda; *P. lilacinus*'un toprağa uygulanması ile domates köklerindeki *M. incognita* populasyonu % 67-77 oranında, köklerde meydana gelen galler ise % 30 oranında azalırken ikinci yılda elde edilen ürün üç misli artmıştır. Bu fungus, dikimden 10 gün önce ve dikim sırasında toprağa uygulandığında, domates bitkileri nematod saldırısından en iyi şekilde korunmaktadır. Ayrıca dikimden 40 gün sonra fungus toprağa uygulandığında birçok yumurta, fungus tarafından enfekte edilebilmiştir.

*Paecilomyces lilacinus*'un en iyi izolatu "Biocon" ticari ismi ile Filipin'lerde pazarlanmıştır (Davide, 1990). Puerto Riko'da biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinin dikiminden 1 hafta önce tarla toprağına *P. lilacinus* uygulanması, *M. incognita* tarafından meydana gelen zararı büyük ölçüde azaltarak, ürün miktarını arttırmıştır (Vicente and Acosta, 1992). Bu fungusun kök-ur nematodlarının entegre mücadelesi içinde kullanılması ile başarılı sonuçlar alınacağı bildirilmiştir (Whitehead, 1998).

*Paecilomyces lilacinus* ile kök-ur nematodlarının mücadelesinde bu şekilde başarılı sonuçlar bulunmasına rağmen, aynı zamanda başarısızlıklar da olmuştur. *M. arenaria* ile bulaşık topraklara fungusun uygulanması sonucu; fungus bütün yumurta kümelerinde kolonize olmuş ancak yumurtaların sadece % 30'u parazitlenmiştir (Gomes Carneiro and Cayrol, 1991).

## 2.2.2. Bakteriyel etmenler

### 2.2.2.1. *Pasteuria penetrans*

*Pasteuria penetrans*, endospore oluşturan bakteriyel bir parazittir ve dünyada tarımsal alanlarda geniş dağılım göstermektedir. Umut vaat edici biyolojik mücadele etmenlerinden biri olan *P. penetrans*, obligat bir bakteriyel parazittir. *P. penetrans*'ın önemli bir özelliği de, endosporlarının uygun olmayan çevre koşullarına ve pestisitlere tolerans gösterebilmesidir. Buna rağmen bakterinin konukçu dizisi son derece kısıtlıdır ve kitle üretimi için henüz bir metot geliştirilememiştir (Weibelzahl-Fulton et al., 1996).

*Pasteuria penetrans*, 1980'li yıllara kadar *Bacillus penetrans* adı ile literatürlerde yerini almıştır. Sayre and Star (1985) yaptıkları çalışmalarda, *B. penetrans*'ın Actinomycete sınıfı içindeki *Pasteuria ramosa* ile yakından benzerlik gösterdiğini tespit etmişlerdir ve *B. penetrans*'ı, *P. penetrans* adı ile yeniden adlandırmışlardır (Chen and Dickson, 1998).

*Pasteuria penetrans*'ın kök-ur nematodları üzerinde kontrol sağlayıcı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bakteri *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* ırk 1 üzerinde parazit bir etki göstermektedir (Weibelzahl-Fulton et al., 1996).

Toprakta bulunan *P. penetrans* endosporları ikinci dönem larvalara bağlanarak kutikülaya yapışmaktadır (Şekil 1). Bakteri sporlarını taşıyan nematodlar konukçu bitkinin köküne giriş yaparlar. Nematodun kutikülasına yapışmış olan endosporlar çimlenir ve kutiküladan nematodun hypodermal dokusu içerisine girerler. Burada koloni halinde gelişerek ürerler. Bu sırada konukçu nematod beslenir, deri değiştirmesi ve büyüme normal bir şekilde devam eder. Dişinin oluşumu ile birlikte dişi vücudunun içi, bakterinin endosporları ile dolar. Bulaşık tek bir ergin dişinin vücudu içinde iki milyon kadar spor bulunabilir. Bunun sonucu olarak, bulaşık dişilerdeki üreme kapasitesi ortadan kalkar. Bulaşık dişinin çok az ya da hiç yumurta oluşturamadığı görülür. Sağlıklı dişi yumurta kümesini oluşturmuş ve ikinci dönem larvaların çıkışı başlamış iken, bulaşık dişinin yumurta oluşturamadığı görülür ve dişi vücudundan olgun endosporlar toprağına salınır. Birçok olgun endosporun çevresi sporangial bir duvar ile çevrilmiştir fakat bu duvar, endosporlar yapışkan lifleri ile nematoda bağlanmadan önce ortadan kalkar (Stirling, 1991).



Şekil 1. *Meloidogyne* larvası üzerinde *Pasteuria penetrans*'ın endosporları (Anonymous, 2005b).

*Pasteuria penetrans*'ın biyolojik mücadele potansiyelinin temeli, enfekte edilen konukçu nematodun pseudocoel'i içinde bakterinin üremesi şeklindedir ve bunun sonucu olarak konukçu nematod doğurganlığını kaybetmektedir. Konukçu nematod enfektif endosporların büyümesine olanak sağlar ve enfeksiyon çemberinin tekrarı için endosporlar toprağına geçer (Spiegel et al., 1996). İkinci dönem larvaya, tek bir endosporun bağlanması, bakterinin üremesi ve enfeksiyon gerçekleşmesi için yeterlidir. Enfeksiyon sonucu dişi nematod çürüdüğünde  $2 \times 10^6$  dan fazla olgunlaşmış endospore, dişi vücudundan dışarı çıkar. Her bir gal bakteri ile enfekte olmuş bir nematod içerirse, tek bir bitki toprak içine yaklaşık olarak  $10^7$ - $10^8$  endospore bırakabilir (Preston et al., 2003).

*Pasteuria penetrans*'ın en önemli etkisi, kök-ur nematodlarının dişi bireylerinin üremesi üzerinde ise de aynı zamanda bakteri endosporları içeren larvaların aktivitesi de azalmaktadır. Bir nematoda 15 kadar az spor bağlandığında bile, nematodun bitkiye

ulaşma şansı azalmakta ve toprakta yeterli spor bulunduğunda, larvaların köklere girişi engellenebilmektedir (Stirling, 1991).

*Pasteuria penetrans*'ın, gelişimini 21-36°C arasındaki sıcaklıklarda daha iyi tamamlayabildiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak yapılan bir çalışmada, 30°C toprak sıcaklığında *P. penetrans* endosporları ile bağlanmış *M. javanica* larvalarının enfeksiyon oluşturma etkinliğinin, 18°C toprak sıcaklığına oranla daha fazla azaldığı saptanmıştır (Giannakou and Gowen, 2004).

*Meloidogyne graminicola* larvalarına *P. penetrans*'ın endosporlarının bağlanması ile ilişkili olarak rizosfer mikrofloranın etkisinin araştırıldığı çalışmada, larvaların üzerine *P. penetrans* endosporlarının bağlanmasının mikroflorayı uyarıcı etki yaptığı ve bunun sonucunda nematod tarafından domates köklerinde oluşan enfeksiyonun azaldığı tespit edilmiştir. *P. penetrans* kullanılarak kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde, rizosfer mikrofloranın yardımcı bir rol üstlendiği ortaya konmuştur (Duponnois et al., 1997).

Kök-ur nematodu ile bulaşık domates köklerine bakteri sporlarının 100 mg'ının uygulanması ile, larva ve dişilerin parazitlendiği tespit edilmiştir. Bakteri, *Meloidogyne* larva ve dişilerinin kütikulasına bağlanarak enfeksiyon meydana getirmektedir. Uygulamadan 24 saat sonra, bakteri sporlarına sahip *Meloidogyne* larvalarının % 90'ında bakteri parazitlenmesi saptanmıştır. Tarlada ise, *Meloidogyne* dişilerinin % 34-73 oranında bakteri sporları ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir. Eğer yüksek sıcaklıkta enfeksiyon meydana gelirse, dişiler olgunluğa erişmeden önce ölüm meydana gelebilmektedir. Konukçu yoğunluğunun daha yüksek olduğu yerlerde parazitlenme seviyesinin de daha yüksek olduğu saptanmıştır (Bird et al., 2003).

Spiegel et al., (1996)'nın çalışmaları *M. javanica* üzerinde *P. penetrans* parazitlenmesi sonucu, yumurta kümesi ve yumurta sayısında % 80 oranında ve bitkideki gal oluşumunda da belirgin bir azalma olduğu bildirilmiştir. *P. penetrans* enfeksiyonu sonucu dişinin yumurta üretimi de oldukça baskılanmıştır.

*Pasteuria penetrans* kumlu ve kumlu-tınlı toprak tiplerinde *Meloidogyne* türlerine daha yüksek oranda bulaşabilmektedir. *P. penetrans* ile enfekte olmuş dişilerin oranı, kumlu toprak tipine sahip alanlarda en fazladır. Aynı zamanda bu topraklardan elde edilen parazitlenmiş larva sayısı da daha fazla olmaktadır (Brown and Smart, 1985).

*Pasteuria* endosporlarının seviyesi ve kök-ur nematodlarının bitkilerde sebep olduğu zarar oranı arasındaki ilişki, Preston et al., (2003) tarafından ortaya konmuştur. *P. penetrans* üzerinde yapılan çalışmalar; bu bakterinin kök-ur nematodları üzerinde potansiyel bir biyolojik mücadele etmeni olduğunu göstermiştir ve dünyanın birçok yerinde bu bakteri üzerindeki çalışmalar devam etmektedir (Preston et al., 2003).

### 2.2.2.2. *Pseudomonas* spp.

*Pseudomonas* spp.'nin özellikle *M. javanica* ve *M. incognita* larvalarında etkili parazit türler olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu bakterilerin domatesteki kök hastalıklarını da önemli derecede kontrol ettiği tespit edilmiştir (Ali et al., 2002).

*Pseudomonas aeruginosa* ırk-78'in *M. javanica* üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan sera denemelerinde bakteri uygulaması sonucunda, *M. javanica*'nın sebep olduğu gal oranı ve topraktaki nematod populasyon yoğunluğu önemli derecede azalmıştır. *P. aeruginosa*'nın birçok ırkı, *in vitro*'da *M. javanica* larvalarına karşı antagonistik aktivite göstermiştir. *Pseudomonas* ırklarının, % 30'dan fazla larva ölümüne yol açtığı ve nematod populasyonunda % 60 ölüm meydana getirdiği tespit edilmiştir. *P. aeruginosa* ırk-78'in sulama suyu ya da tohuma karıştırılması şeklinde uygulanması sonucu, *M. javanica* populasyonu ve domates köklerindeki gal oluşumu önemli ölçüde azalmış ve elde edilen ürün miktarı ise artmıştır. *P. aeruginosa* ve *P. lilacinus*'un birlikte uygulaması, domates bitkisindeki kök-ur ve kök çürüklüğü gibi kompleks hastalıkların önemli derecede engellenmesine sebep olmuştur (Ali et al., 2002).

*Pseudomonas fluorescens*'in iki farklı ırkının (GRP3 VE PRS9), *M. incognita*'nın populasyonu ve domates bitkisindeki gal oranı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. *M. incognita*'nın çoğalması ve domates bitkisinin büyümesi üzerinde *P. fluorescens*'in iki ırk'ının (GRP3 ve PRS9) etkisini değerlendirmek için sera koşullarında 60 gün süren bir deneme yürütülmüştür. Kök-ur nematodu ile bulaşık bitkilerde, *P. fluorescens* uygulaması sonucu, nematod populasyonunun azaldığı ve bitki büyümesinin yüksek oranda arttığı görülmüştür. *P. fluorescens* ırk GRP3 ile organik gübre birlikte uygulandığında, kök-ur nematodu ile bulaşık bitkilerde bitki büyüme oranının daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde *P. fluorescens* ırk PRS9, organik ya da inorganik gübre ile birlikte uygulandığında bitki gelişiminde önemli bir ilerleme tespit edilmiştir (Siddiqui et al., 2001).

Bir başka çalışma sonucunda ise; *P. fluorescens* uygulaması ile *M. incognita*'nın sebep olduğu dev hücre ve gallerin boyutlarının küçüldüğü saptanmıştır. Bakteri, organik gübre ile birlikte uygulandığı zaman biyolojik mücadelede daha iyi sonuç alınmaktadır. Çünkü, organik maddeler bitki için gerekli besin maddesini karşılarken, antagonistik organizmaların gelişip çoğalmasına da yardımcı olmaktadır (Stirling, 1991).

*Pseudomonas stutzeri* ve *Bacillus subtilis*'in birlikte toprağa uygulanması ile, bitki büyümesinde ve gelişmesinde artış sağlandığı tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *P. stutzeri* ve *P. lilacinus*'un toprağa uygulanması ile *M. incognita* ile inokule edilmiş bitkilerde önemli derecede ürün artışı sağlanmıştır. En iyi ürün artışı *B. subtilis* uygulaması ile elde edilmiştir. Yapılan bütün denemeler sonucunda *M. incognita* üremesi ve

kökteki gal oluşumunun azaldığı saptanmıştır (Khan and Tarannum, 1999).

Toprakta besin maddelerinin bulunması bakteri kolonizasyonuna yardımcı olduğundan, bakterinin nematodu baskılayıcı aktivitesi de artmaktadır. *P. fluorescens*'in iki ırkının da, kök-ur nematodu bulaşmış veya bulaşmamış bitkilerde bitki büyümesini arttırdığı saptanmıştır. Bitki büyümesini teşvik edici *Pseudomonas*'lar özellikle demir gibi temel besin maddeleri için patojenler ile rekabet, antibiyotik üretimi ve patojenlerin doğrudan antagonizmi şeklinde etkili olmaktadır. Buna ilaveten; sistemik dayanıklılığa neden olurlar. Bakteriler üzerinde yapılan çalışmalar, bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin, ya bitki büyüme regülatörleri ve uyarıcı besin maddeleri üreterek doğrudan, ya da zararlı rizobakterilerden ve toprak patojenlerinden bitkileri korumak için antibiyotik üreterek dolaylı bir şekilde bitki büyümesine katkıda bulduklarını göstermiştir (Ali et al., 2002). Bakterilerin köklerde oluşturduğu kolonileşmenin, bitkideki nematod enfeksiyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Böylece bitkinin erken gelişme dönemlerinde kökler korunmaktadır (Dabire et al., 2000).

Antagonistik bakteriler kök-ur nematodların biyolojik mücadelesinde ümit vaat edici mikroorganizmalardır. Bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin, rizosfer ve kökler üzerindeki populasyon dinamiği ve kolonizasyonu biyolojik mücadele içinde önemli bir yere sahiptir (Stirling, 1991).

### 3. KÖK-UR NEMATODLARININ BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE ORGANİK MADDENİN ROLÜ

Topraktaki birçok organizmanın aktivitesi ve yoğunluğu, çevre ve mevcut organik maddenin miktarı ile bağlantılıdır. Bu nedenle kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinin devamı için de toprağa organik madde ilave edilmesi gerekli görülmektedir. Toprakta bulunan bu besin maddeleri, uygulanacak antagonistlerin aktivitesinin artmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda nematodlara zararlı olduğu bilinen mikroorganizmaların da aktivitesini teşvik etmektedir (Stirling, 1991).

Biyolojik mücadelenin başarısının artması için toprağa organik madde ilave edilmesi ile bitki için gerekli besin maddeleri de karşılanmış olur. Ayrıca parazit ya da predatör mikroorganizmaların üremesinde ve toksin, antibiyotik ve diğer nematod engelleyici maddeleri üreten türlerin populasyonunda artışa sebep olunur. Bitkinin kök bölgesi veya rizosferinde bulunan mikroorganizmaların başlıca faydaları; topraktaki besin elementlerinin bitki tarafından alınımı arttırmak, bitki büyüme hormonlarını üretmek ve bitkiyi patojenlere karşı korumaktır. Mikroorganizmaların bazıları toksik maddeler salgılayarak ortamda bulunan patojenleri etkiler, böylece bitkiyi hastalık ve zararlılardan korurlar. Bu nedenle mikroorganizmalar da biyolojik

mücadele etmenleri arasında değerlendirilebilmektedir (Sarathchandra et al., 2001).

Tarla koşulları altında yapılan bir çalışmada, *H. rhossiliensis*, *Paecilomyces marquandii*, *V. chlamydosporium*, *Bacillus thuringiensis* ve *Streptomyces costaricanus* türleri ile birlikte organik madde olarak yeşil gübre ve kitinin toprağa uygulanmasının, marul bitkisindeki *M. hapla* populasyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Toprağa yeşil gübre ve kitinin uygulanması ile *M. hapla* populasyonunun üremesi ve marul köklerindeki gal oluşumu önemli oranda azalmıştır. *H. rhossiliensis*'in kitin ile birlikte uygulanması ise verimde artışa neden olmuştur. Benzer şekilde, *B. thuringiensis*, *S. costaricanus*, *P. marquandii* ve kitinin birlikte kullanımı ile verimde önemli derecede artış sağlandığı kaydedilmiştir (Chen et al., 1999).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda da kitinaz ve protein içeren organik maddelerin kullanımının mikroflorayı uyarıcı şekilde etki yaparak kök-ur nematodlarına karşı antagonistik etkiyi arttırdığı saptanmıştır. Bu durum gelecekteki çalışmalar için umut verici bir konu olarak görülmektedir. Bir çalışmada, üre ve kitin ile yapılan organik gübre uygulamasında *Meloidogyne* spp.'nin kontrolünde olumlu sonuçlar alınmıştır (Siddiqui, 2004).

Toprağa organik madde ilave edilmesi ile kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesi üzerinde olumlu sonuçlar alındığını gösteren çalışmalar vardır. Özellikle, spesifik organik maddelerin kullanımı ile yararlı organizmaların gelişimine yardımcı olacak uygulamalar belirlenmelidir. Topraktaki organik maddeler, nematod tuzaklayıcı fungusları (Örn; *Arthrobotrys* spp.) teşvik edici etkiye sahiptir ve kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesini arttırmaktadır. Organik madde ilavesi ile toprakta bazı fungusların yoğunluğu ve bunun sonucunda nematod baskılanması da artmaktadır. Ancak bu etkinlik bazı funguslar için geçerlidir (Jaffee, 2004).

### 4. KÖK-UR NEMATODLARININ BİYOLOJİK MÜCADELELERİNİ ARTTIRAN VE SINIRLANDIRAN FAKTÖRLER

Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde başlıca etmenler olan; *Arthrobotrys* spp., *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium chlamydosporium*, *Hirsutella* spp., *Dactylella oviparasitica*, *Pasteuria penetrans* ve rizosfer bakterilerinin bazı avantaj ve dezavantajları Çizelge 1. de özetlenmiştir.

### 5. SONUÇ

Kök-ur nematodları dünyanın pek çok yerinde, önemli bitki zararlıları konumundadır ve mücadelesi son derece zordur. Dünyada yıllık ortalama % 60 oranında ürün kaybına neden olmaktadır (Stirling, 1991). Kök-ur nematodları ile mücadelede nematisitler kullanılabilir ancak ülkemiz gibi



Çizelge 1. Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadele etmenlerinin avantaj ve dezavantajları (Anonymous, 2005c).

Biyolojik Etmeni	Kontrol	Hareket Mekanizması	Avantajları	Dezavantajları
Tuzaklayıcı funguslar ( <i>Arthrobotrys</i> spp.)		Miselyumdan üretilen yapışkan vb. özelliklerdeki tuzaklar	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilebilir, bazı türler rizosfer etkilidir ve konukçu dizisi geniştir.	Fungusun aktivitesini devam ettirmek için toprağa sürekli inokulum eklemek gereklidir ve aynı zamanda hazırlanması zordur.
<i>Paecilomyces lilacinus</i>		Hif penetrasyonu	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilebilmektedir. Birkaç nematod türünün yumurtaları üzerinde etkilidir ve bitki materyallerine uygulandığında iyi sonuç alınır.	Yüksek toprak sıcaklığına ihtiyaç duyar ve yüksek miktarı gerektirir. Bazı izolatları insanlarda patojen etki gösterir.
<i>Verticillium chlamyosporium</i>		Hif penetrasyonu (Yumurta paraziti)	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilebilmektedir, bazı izolatları rizosferde etkilidir ve virüent dayanıklı sporlar üretir, toprakta büyüme sezonu boyunca hayatta kalır.	Tohuma uygulama etkili değildir, fungusun etkisi, nematod türü, yoğunluğu ve konukçu bitkiye bağlıdır.
<i>Hirsutella</i> spp.		Yapışkan sporlar	<i>In vitro</i> da üretimi nispeten kolaydır, topraktaki nematodlara saldırır.	Saprofit yeteneği zayıftır ve topraktaki yayılımı sınırlıdır.
<i>Dactylella oviparasitica</i>		Hif penetrasyonu (Yumurta paraziti)	<i>In vitro</i> da üretimi kolaydır, konukçu dizisi genişir ve dayanıklı sporlar üretir.	Enfeksiyon için yüksek inokulum miktarına ihtiyaç vardır.
Obligat parazitler: <i>Pasteuria penetrans</i>		Yapışkan sporlar	Birçok izolatu yüksek derecede virüenttir, enfektif sporlar kuru şartlara dayanıklıdır, raf ömrü uzundur ve nematodun yumurta üretimini azaltır.	<i>In vitro</i> da kültürü çok zordur, nematodun yokluğunda toprakta çoğalamaz.
Rizosfer Bakteriler		Toksin üretimi ve bitkinin cezbedici kök salgılarının değişimi	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilir, tohuma muamele şeklinde uygulamaları yapılabilir ve bitkide oluşacak zararı azaltır.	Etkinlik süresi kısadır, nematod türü ile ürün çeşidine göre etkinlik değişir ve nematod üremesi üzerinde etkisi azdır.

ilaçların birçoğunun yurtdışından temin edildiği koşullarda, kimyasal mücadele ekonomik olmamaktadır. Kullanılan nematodların pahalı, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin olması nedeniyle alternatif mücadele metodları üzerindeki çalışmalar son yıllarda ağırlık kazanmıştır (Jaffee, 1992).

Kök-ur nematodlarına karşı biyolojik mücadele anlayışı içerisinde, nematodların topraktaki antagonistleri üzerinde çok fazla durulmaktadır (Stirling, 1991). Mikroorganizmalar arasında nematodları parazitleyen ve popülasyonlarını azaltan antagonistik özellikteki fungus ve bakteriler büyük önem taşımaktadır ve biyolojik mücadele etmeni olarak yüksek potansiyele sahiptirler (Viaene and Abawi, 2000).

Nematod mücadelesinde kullanılacak etmenler üzerinde çok sayıda çalışma ve bazı ticari preparatlar bulunmasına rağmen, bu uygulamalar genellikle zordur ve geniş alanlara yaygınlaşmamıştır. Tüm bunlara karşın antagonistik etmenlerin kullanılması ile kök-ur nematodları gibi kalıcı endoparazit türlerine karşı başarılı sonuçlar da alınmıştır (Stirling, 1991).

Kök-ur nematodları ile biyolojik mücadelede başarının artması için; potansiyel biyolojik mücadele etmenlerinin konukçu parazit ilişkileri, ekolojik

özellikleri bilinmelidir. Bu etmenlerin kitle halinde yetiştirilebilmeleri, depolanabilir ve taşınabilir olmaları gereklidir. Bununla birlikte geniş alanlara uygulanacak pratik uygulama tekniklerinin de olması şarttır. Tüm bu faktörlerin araştırılması ile kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinin daha yaygın ve etkili kullanımı gerçekleştirilecektir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ahmad, S.F. and T.A. Khan, 2004. Management of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, by integration of *Paecilomyces lilacinus* with organic materials in Chili. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 37 :35-40.
- Ali, N.I., I.A. Siddigui, S.S. Shaukat and M.J. Zaki, 2002. Nematicidal activity of some strains of *Pseudomonas* spp. Soil Biology and Biochemistry 34 : 1051-1058.
- Anonymous, 2005a. <http://plpnemweb.Ucdavis.edu/nemaplex/Ecology/antagoni.htm>.
- Anonymous, 2005b. <http://sacs.cpes.peachnet.edu/nemabc/slideset1.htm>.
- Anonymous, 2005c. <http://www.fao.org/docrep/v9978e/v9978eOb.htm>.
- Bird, D.M., C.H. Opperman and K.G. Davies, 2003. Interactions between bacteria and plant-parasitic nematodes. International Journal for Parasitology, 33:1269-1276.

- Bourne, J.M. and B.R. Kerry, 1999. Effect of the host plant on the efficacy of *Verticillium chlamydosporium* as a biological control agent of root-knot nematodes at different nematode densities and fungal application rates. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(1) : 75-84.
- Brown, S.M. and G.C. Smart, 1985. Root penetration by *Meloidogyne incognita* juveniles infected with *Bacillus penetrans*. *Journal of Nematology*, 17(2) : 123-126.
- Chen, Z.X. and D.W. Dickson, 1998. Review of *Pasteuria penetrans* : Biology, ecology and biological control potential. *Journal of Nematology*, 30(3) : 313-340.
- Chen, J., G.S. Abawi and B.M. Zuckerman, 1999. Suppression of *Meloidogyne hapla* and its damage to lettuce grown in mineral soil amended with chitin and biocontrol organisms. Supplement to the *Journal of Nematology*, 31(4S) : 719-725.
- Chen, S., X.Z. Liu and F.J. Chen, 2000. *Hirsutella minnesotensis* sp. nov., a new pathogen of the soybean cyst nematode. *Mycologia*, 92(5) : 819-824.
- Dabire, K.R., R. Duponnois and T. Mateille, 2000. Indirect effects of the bacterial soil aggregation on the distribution of *Pasteuria penetrans* on obligate bacterial parasite of plant-parasitic nematodes. *Geoderma*, 102 : 139-152.
- Davide, R.G., 1990. Biological control of nematodes using *Paecilomyces lilacinus* in the Philippines. In: Hahn, S.K. and Caveness, F.E. (eds) *Integrated Pest Management for Tropical Root and Tuber Crops: Proceedings of the Global Status of and Prospects for Integrated Pest Management of Root and Tuber Crops in the Tropics*. 25-30 October, 1987, Ibadan, Nigeria, pp. 156-163.
- Duponnois, R., C. Netscher and T. Mateille, 1997. Effect of the rhizosphere microflora on *Pasteuria penetrans* parasitizing *Meloidogyne graminicola*. *Nematologia Mediterranea*, 25 : 99-103.
- Ehteshamul-Haque, S., M. Abid, V. Sultana, J. Ara and A. Ghaffar, 1996. Use of organic amendments on the efficacy of biocontrol agents in the control of root rot and root knot disease complex of okra. *Nematologia Mediterranea*, 24 : 13-16.
- Eisenback, D.E. and H.H. Triantaphyllou, 1991. *Meloidogyne* Species and Races. In : *Manual of Agricultural Nematology*, Ed. by : W. R. Nickle. Newyork, USA, Marcel Dekker Inc. 191.
- Giannakou, I.O. and S.R. Gowen, 2004. Factors affecting biological control effectiveness of *Pasteuria penetrans* in *Meloidogyne javanica* and the bacterial development in the nematode body. *Nematropica*, 34 : 153-163.
- Gomes, Carneiro, R.M.D. and J.C. Cayrol, 1991. Relationship between inoculum density of the nematophagous *Paecilomyces lilacinus* and control of *Meloidogyne arenaria* on tomato. *Revue de Nematologie*, 14 : 629-634.
- Jaffee, B.A., 1992. Population biology and biocontrol of nematodes. *Canadian Journal of Microbiology*, 38(5):359-364.
- Jaffee, B.A., R. Phillips, A.E. Muldoon and M. Mangel, 1992. Density-dependent host-pathogen dynamics in soil microcosms. *Ecology*, 73 : 495-506.
- Jaffee, B.A., 2004. Do organic amendments enhance the nematode-trapping fungi *Dactylellina haptotyla* and *Arthrobotrys oligospora*. *Journal of Nematology*, 36(3): 267-275.
- Khan, M.R. and Z. Tarannum, 1999. Effects of field application of various micro-organisms on *Meloidogyne incognita* on tomato. *Nematologia Mediterranea*, 27 : 233-238.
- Khan, A., K.L. Williams and H.K.M. Nevalainen, 2004. Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. *Biological Control*, 31:346-352.
- Leij, F.A.A.M., J.A. Dennehy and B.R. Keny, 1992. The effect of temperature and nematode species on interactions between the nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Nematologica*, 38 : 65-79.
- Leij, F.A.A.M., J.A. Dennehy and B.R. Keny, 1993. Effect of watering of the distribution of *Verticillium chlamydosporium* in soil and the colonisation of egg masses of *Meloidogyne incognita* by the fungus. *Nematologica*, 39 : 250-265.
- Lewis, E.E., P.S. Grewal and S. Sardanelli, 2001. Interactions between the *Steinernema feltiae* – *Xenorhabdus bovienii* insect pathogen complex and the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 21: 55-62.
- Mennan, S., S. Chen and H. Melakeberhan, 2006. Suppression of *Meloidogyne hapla* populations by *Hirsutella minnesotensis*. *Biocontrol Science and Technology*, 16(2) : 181-193.
- Perez, E.E. and E.E. Lewis, 2004. Suppression of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla* with entomopathogenic nematodes on greenhouse peanuts and tomatoes. *Biological Control*, 30 : 336-341.
- Preston, J.F., D.W. Dickson, J.E. Maruniak, G. Nong, J.A. Brito, L.M. Schmidt and R.M. Giblin-Davis, 2003. *Pasteuria* spp. : Systematics and phylogeny of these bacterial parasites of phytopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 35(2) : 198-207.
- Quadri, A.N. and H.M. Saleh, 1990. Fungi associated with *Heterodera schachtii* (Nematoda) in Jordan II Effect of *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne javanica*. *Nematologica*, 36 : 104-113.
- Sarathchandra, S.U., A. Ghani, G.W. Yeates, G. Burch and N.R. Cox, 2001. Effect of nitrogen and phosphate fertilizers on microbial and nematode diversity in pasture soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 : 953-964.
- Siddiqui, I.A. and S. Ehteshamul-Haque, 2000. Effect of *Verticillium chlamydosporium* and *Pseudomonas aeruginosa* in the control of *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematologia Mediterranea*, 28 : 193-196.
- Siddiqui, Z.A., A. Iqbal and I. Mahmood, 2001. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. *Applied Soil Ecology* 16 : 179-185.
- Siddiqui, Z.A., 2004. Effect of plant growth promoting bacteria and composed organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. *Bioresource Technology*, 95 : 223-227.
- Spiegel, Y., M. Mor and E. Sharon, 1996. Attachment of *Pasteuria penetrans* endospores to the surface of *Meloidogyne javanica* second-stage juveniles. *Journal of Nematology*, 28(3) : 328-334.
- Stirling, G.R. and R. Mankau, 1978. Parasitism of *Meloidogyne* eggs by a new fungal parasite. *Journal of Nematology*, 10(3) : 236-240.
- Stirling, G.R. and R. Mankau, 1979. Mode of parasitism of *Meloidogyne* and other nematode eggs by *Dactylella oviparasitica*. *Journal of Nematology*, 11(3) : 282-288.

- Stirling, G.R., 1991. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes. CAB International, Wallingford, Oxon, 50-85.
- Stirling, G.R., K.A. Licastro, L.M. West and L.J. Smith, 1998a. Development of commercially acceptable formulations of the nematophagous fungus *Verticillium chlamyosporium*. Biological Control, 11(3) : 217-133.
- Stirling, G.R., L.J. Smith, K.A. Licastro and L.M. Eden, 1998b. Control of root-knot nematode with formulations of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys dactyloides*. Biological Control, 11 : 224-230.
- Thorne, G., 1961. Principles of Nematology. New York, 312-321.
- Tedford, E.C., B.A. Jaffee, A.E. Muldoon, C.E. Anderson and B.B. Westerdahl, 1993. Parasitism of *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne javanica* by *Hirsutella rhossiliensis* in microplots over two growing seasons. Journal of Nematology 25(3) : 427-433.
- Trudgill, D.L. and V.C. Blok, 2001. Apomictic, polyphagous root-knot nematodes : Exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. Annu. Rev. Phytopathol., 39 : 53-77.
- Verdejo-Lucas, S., C. Ornat, F.J. Sorribas and A. Stchiecel, 2002. Species of root-knot nematodes and fungal egg parasites recovered from vegetables in Almeria and Borcelona, Spain. Journal of Nematology, 34(4) : 405-408.
- Viaene, N.M. and G.S. Abawi, 2000. *Hirsutella rhossiliensis* and *Verticillium chlamyosporium* as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne hapla* on lettuce. Journal of Nematology 32(1) : 85-100.
- Vicente, N.E. and N. Acosta, 1992. Biological and chemical control of nematodes in *Capsicum annuum* L. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 76, 171-176.
- Weibelzahl-Fulton, E., D.W. Dickson and E.B. Whitty, 1996. Suppression of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica* by *Pasteuria penetrans* in field soil. Journal of Nematology 28(1) : 43-49.
- Whitehead, A.G., 1998. Plant Nematode Control. CAB International, New York, USA. 209-236.

## TOPRAKLARDA KABUK TABAKASI OLUŞUMU, ÇEŞİTLERİ VE ÖNLENMESİ

Elif ÖZTÜRK Nutullah ÖZDEMİR  
OMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 10.03.2006

**ÖZET:** Günümüzde toprak kabuğu, toprak bozunmasının önemli şekillerinden birisi olarak tanımlanmasına rağmen, sebepleri ve etkileriyle birlikte uzun yıllar boyunca kafaları karıştırmıştır. Genellikle stabil bir yapıya sahip olmayan siltli topraklarda görülen kabuk tabakası oluşumu dünyanın birçok yerinde toprakla ilgili bir problem olarak kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda topraklarda yapısal kabuk tabakası, depo kabuk tabakası, örtü kabuk tabakası ve mikrobiyolojik toprak kabuğu şeklinde birbirinden farklı yapılarda dört çeşit kabuk tabakasının oluşabildiği tespit edilmiştir. Toprakta kabuk oluşumunun ve sertliğinin denetim altına alınarak fide çıkışlarının çoğaltılması, agregasyonun geliştirilerek doğal toprak agregatlarının dayanıklılığının artırılması ve erozyonun kontrolü amacıyla başvurulan çeşitli uygulamalar; toprak organik maddesinin yönetimi, toprak yüzey örtülerinin kullanılması, düzenleyici uygulamaları ve sulama yönetiminin geliştirilmesi ile mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Kabuk, bozunma, agregatlaşma, strüktür

### FORMATION, TYPES AND PREVENTING OF CRUST IN SOILS

**ABSTRACT:** Although soil crusting is now recognized as one of the major forms of soil degradation, it has been long confused with its causes and effects. Crusting which generally occurs in silt loamy soils that haven't a stabil structure, is accepted as a problem about soil in many areas of the world. At the end of the studies that had been determined; four different kinds of crust called "Structural Crust, Depositional Crust, Skin Crust and Microbiologic Crust" can be formed in soils. Some practices to take under control the crusting, increase the seedling emergence, improve the aggregation, increase the resistance of soil aggeragat and control the erosion are these; soil organic matter management, use of soil surface covers, the application of amendments and improve the irrigation management.

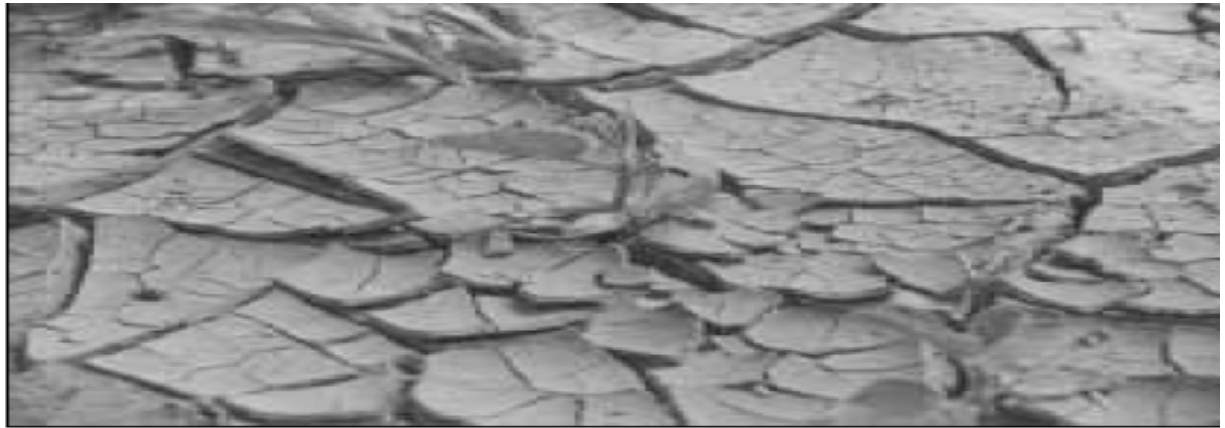
**Keywords:** Crust, degradation, aggeration, structure

### 1.GİRİŞ

Toprağın üst kesimi, yağmur damlalarının ve güneş ışınlarının her türlü etkisine doğrudan açık durumdadır. Bu bakımdan, yüzeydeki agregatlar daha fazla parçalanır, toprak yüzeyi daha çabuk kurur ve topraktaki su buharlaşırken yüzeyde sertleşmeye neden olan bir takım bileşikler birikir. Bu özelliklerden dolayı her toprağın üst birkaç milimetrelilik kesiminin strüktürü, altındaki toprak kitlesinininkinden önemli ölçüde ayrıcalık gösterir. Söz konusu bu kesimin, başka bir deyişle yüzey katmanının hacim ağırlığı ve sertliği çoğu kez altında bulunan toprağınkinden daha fazladır ve yine içerisinde büyük gözeneklerin olmaması ya da çok az olması dolayısıyla, doymuş su iletkenliği çoğunlukla düşüktür. Bu şekilde toprakta yağmur damlalarının yaptığı darbeler ve güneşin neden olduğu kurutma gibi

doğal süreçler sonucunda yüzeyde oluşan bu tabaka toprak kabuğu olarak tanımlanır (Şekil 1). Dinamik ve kompleks bir yapıda olan bu oluşumda birbirine bitişik, sıkı bir şekilde paketlenmiş olan toprak tanecikleri, tohumun çimlenip yüzeye çıkmasını ve kök gelişimini engelleyerek ürün miktarını ve kalitesini etkilemektedir. Bununla birlikte, oluşan kabuk tabakası toprağın geçirgenlik kapasitesini düşürerek yüzey akışı artırmakta ve sonuçta su erozyonunu teşvik etmektedir.

Kabuk oluşumu tüm topraklarda görülebilir ancak fide çıkışı açısından en zararlı olan kabuk, tohum ekimi döneminde yağışlardan sonra toprak yüzeyinin çok çabuk kurduğu bölgelerde, silt ve kum içeriği yüksek olan topraklarda görülmektedir (Chaudri ve ark., 1976).



Şekil 1. Kabuk oluşmuş bir toprak yüzeyi

## 2. KABUK OLUŞUMU VE NEDENLERİ

Toprakta kabuk tabakasının oluşumunda iklim koşulları ile toprağın yapısı ve özellikleri belirleyici etkenlerdir. Yağmur yağmaya başladığında toprak yüzeyi genellikle kurudur. Kuru ve çıplak olan toprak yüzeyine çarpan yağmur damlaları, toprak agregatlarını parçalar ve dağıtır. Yüzeyde bir toprak su karışımı ortaya çıkar. Bu kez toprak su karışımına çarpan yağmur damlaları, bulanık suyu havaya sıçratarak toprak taşınmasını başlatırlar.

Sıçrayan bulanık su içerisindeki toprak parçacıkları yere düştüklerinde toprak yüzeyine açılan ince kanalcıkları, gözenekleri tıkayarak toprak yüzeyini geçirimsiz bir hale getirirler (Özdemir, 2002). Başka bir anlatımla yağmur yağmaya başladıktan sonra yağışın ve toprak yüzeyinde biriken suyun sıkıştırması ve bulanık suyun toprak gözeneklerini tıkaması gibi nedenlerle toprak yüzeyinde yağmur yağmaya başlamadan önceki oranla geçirgenliği düşük bir tabaka oluşur. Bu oluşum kaba bünyeli ve organik maddeden yoksun, zayıf strüktürlü topraklarda ve yoğun yağışların olduğu alanlarda çok daha belirgindir. Toprağın azalmakta olan infiltrasyon hızı yağış yoğunluğunun altına düşünce, yüzeydeki çukurluklar dolar ve yüzeyde biriken sular arazi eğimine uyarak yüzey akışa geçer. Yağış boyunca yüzey akış suları, yağmur damlalarının çarpma etkisiyle defalarca sıçrayarak ve toprak parçacıklarını daha küçük parçacıklar haline getirerek, onların süspansiyonunda kalmalarına neden olur. Böylece yağış anındaki toprak taşınması çok daha fazla olur.

Yüzeyde yağmur damlalarının sıkıştırma etkisi ve iç kısma doğru hareket eden silt yüklü suların toprağın üst kısmındaki gözenekleri tıkaması sonucu ince, sıkı yapılı ve düşük geçirgenlikli bir kabuk tabakası oluşmaktadır. Oluşan bu tabaka bir taraftan daha sonraki dönemlerde fide gelişimini olumsuz yönde etkilerken diğer taraftan da geçirgenliği düşürerek yüzey akış ve erozyonun artışına neden olmaktadır. Kabuğun özellikleri ve yüzey akış miktarı toprak ve yağışın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu konuda Balcı (1996), Washington Eyaletinde, kumtaşı toprakları üzerinde yapay yağmurlama sistemi ile yaptığı çalışmada, 10 dakikalık bir süre ile uyguladığı 90 mm/h şiddetindeki bir yağmurun etkisiyle, bir hektarlık bir toprak yüzeyinden bu süre içinde 27,5 ton toprağın yağmur damlasının kinetik enerjisi ile yerinden sökülerek, sıçrama ile harekete geçtiğini belirlemiştir.

Topraklarda kabuk tabakasının şekillenmesinde etkili olan faktörler iki ana başlık altında değerlendirilebilir. Bunlar;

1-) Toprak agregatlarının parçalanmasına, toprak yüzeyinin sıkışmasına ve kuruyup sertleşmesine neden olan enerji sağlayıcı etkenler: Bu etkenler, yağmur damlasının kinetik enerjisi ile güneşin radyant

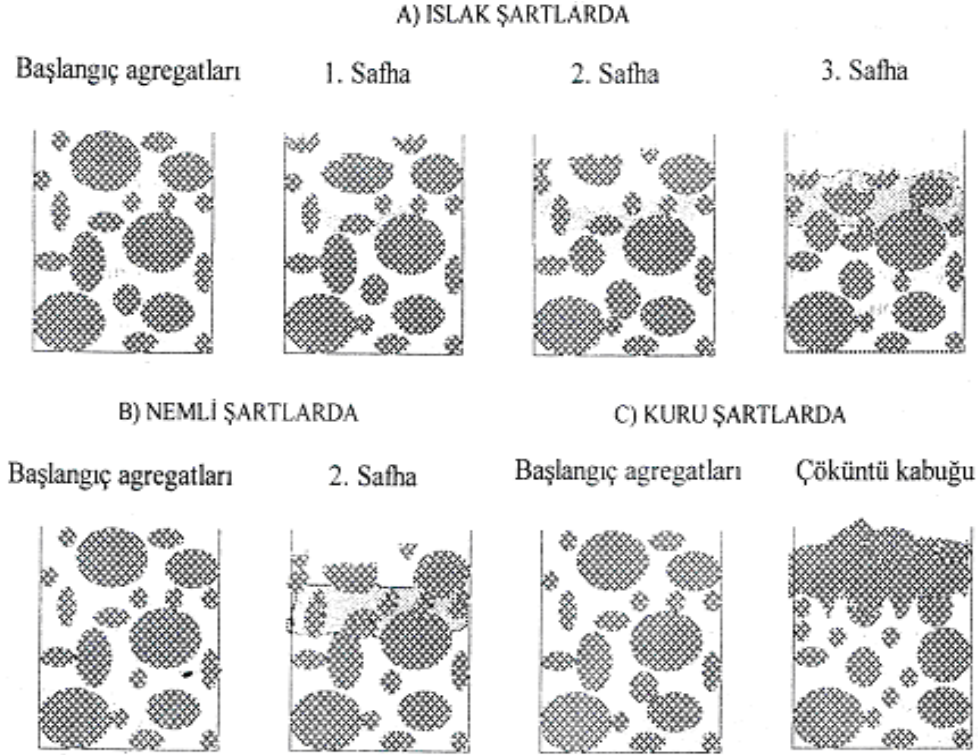
enerjisinden kaynaklanmaktadır (Lemos ve Lutz, 1957). Yağmur damlalarının sahip olduğu enerji, toprak agregatlarının dağılmasına, toprak yüzeyinin balçıklaşmasına ve sıkışmasına neden olan etkenlerin en önemlisidir (McIntyre, 1958 a,b). Yağmurun miktarı, şiddet ve yıl içindeki dağılışı gibi özellikleri yağmur damlasının kinetik enerjisi, toprağı dispersiyon etkisi ve dolayısıyla yüzeysel akışın miktarı ve hızı ile taşınan toprak miktarı üzerinde etkili olmaktadır. 1 cm/h şiddetindeki yağmurun sahip olduğu kinetik enerjinin 210,30 joule/m<sup>2</sup> olduğu düşünülürse yağmurun gücü daha iyi anlaşılabilir olacaktır (Hudson, 1995).

2-) Toprak özellikleri. Toprakta kabuk oluşumu ve sertliği, iklimsel özelliklerin yanı sıra toprağın kil, silt, ince kum, organik madde, kireç, değişebilir sodyum, magnezyum, kalsiyum içeriğine, kil tipine ve elektriksel iletkenliğine (EC) bağlıdır (Hadas ve Stibbe, 1977). Toprağın organik madde içeriğinin düşük, silt ve değişebilir sodyum içeriğinin yüksek olması; toprak agregatlarının yağmur damlalarının darbe ve gevşetme etkileriyle kolayca parçalanmasına ve yüzey toprağının kabuk bağlamaya yatkın duruma gelmesine yol açar (Miller ve Giffort, 1974). Toprakta organik maddenin artması ile agregatlaşma ve agregat stabilitesi artmaktadır. Kumlu topraklarda olduğu gibi primer taneciklerin boyutları büyüdükçe, damlaların çarpması ile toprağın çözülebilme ve dağılma eğilimi artmaktadır. Buna karşılık toprak tane boyutu küçüldükçe toprağın çözülmesi güçleşmekte, fakat killi topraklarda görüldüğü gibi taşınması kolaylaşmaktadır.

Toprakta kabuk tabakasının oluşumu ile nem miktarı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Oluşum öncesi toprak nemi, toprağın mekanik direncini ve yapısal kabuk tabakası oluşumunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden değişik nem düzeyleri altındaki topraklarda oluşan kabuk tabakalarının oluşum süreçleri farklı olmaktadır (Şekil 2).

Tekstür; kabuk tabakası oluşumunu etkileyen önemli bir toprak özelliğidir. Kabuk tabakası oluşumu genellikle yarı kurak bölgelerin tınlı topraklarında sıkça görülmektedir. Valentin (1991), toprak yüzeyinde oluşan göllenmelerin ve yüzey akışın kurak bölgelerdeki tınlı toprakları etkileyen en önemli faktörler olduğunu rapor etmektedir. Ilıman iklim bölgelerindeki tınlı topraklar, nemli koşullarda işlendiğinde tohum yatağı ince ve iyi tasnif olmuş bir agregat dağılımına ve iyi havalanmaya sahip olurken, toprak işleme kuru şartlarda yapıldığında toprakta iyi bir havalanma görülmemektedir.

Toprağın strüktürü ve yapısal dayanıklılığı kabuk tabakası oluşumunda etkilidir. Dayanıklı bir strüktürel yapıya sahip topraklarda dispersiyon ve dolayısıyla kabuk tabakası oluşumu engellenmektedir.



Şekil 2. Değişik nem düzeylerindeki kabuk tabakası oluşumunun şematik ifadesi (Bresson ve Cadot'a (1992) göre çizildi).

Ca ve Mg kabuk tabakasının şekillenmesinde önemli bir role sahiptir. Toprak veya sulama suyunun Ca içeriği arttığı zaman Na'un dispers edici etkisi azalmaktadır. EC de kabuk oluşumunun belirlenmesinde önemli bir parametredir. Toprak-su karışımının EC değerinin azalması killerin şişmesine ve gözenek büyüklüğünün azalmasına neden olmaktadır. EC, 0.3 dS/m'den küçük suyla sulama yapılması problemlere sebep olabilmektedir. Toprak-su çözeltisindeki sodyum (Na) iyonu konsantrasyonu arttığında toprağın agregat stabilitesi azalmaktadır (Özdemir, 1998).

### 3. KABUK ÇEŞİTLERİ

Arazi koşullarında yapılan çalışmalar ve gözlemler sonucunda topraklarda birbirinden farklı yapılarda dört çeşit kabuk tabakasının oluşabildiği tespit edilmiştir: Yapısal kabuk tabakası, depo kabuk tabakası, örtü kabuk tabakası, mikrobiyolojik toprak kabuk tabakası (Slattery ve Bryan, 1994; McIntry, 1958b; Alagöz, 2000).

#### 3.1. Yapısal Kabuk Tabakası

Yüzey toprak katmanında hacim azalması ve kütle yoğunluğu artışı ile meydana gelen sıkı yapılı, düşük geçirgenlikli tabaka yapısal kabuk tabakası olarak tanımlanmaktadır. Bu tabakanın oluşumunda toprak agregatlarının yağmur damlalarının ıslatma ve çarpma etkisi ile dispers olmaları, agregatların biriken sular içinde ıslanmaları ve ıslanma sonucunda dağılmaları önemli bir faktördür (Slattery ve Bryan, 1994). Agregatların dağılması ile açığa çıkan parçacıkların bir kısmı tekrar yeni agregatlar oluştururken büyük bir

kısmı da yeniden organize olarak birbirleri ile birleşip daha sıkı yapılı bir yüzey tabakası meydana getirmektedir. Bu kabuk tabakası fide çıkışını dolayısıyla tarımsal üretimi olumsuz etkilemesi açısından önemlidir.

#### 3.2. Depo Kabuk Tabakası

Depo kabuk tabakaları, sediment yüklü yüzey akış sularının arazi eğimindeki değişime bağlı olarak akış hızlarının düşmesi sonrasında taşınan malzemenin biriktirilmesi ile meydana gelen oluşumları ifade ederler. Bu oluşumlar genellikle toprak yüzeyindeki küçük çöküntü alanlarında ve erozyon sonucunda oluşan ve parmak adı verilen toprak yüzeyindeki küçük kanalcıklarda yaygın olarak görülmektedir. Kabuklar daha önceden gelişmiş yapısal kabuk tabakası üzerinde meydana gelen çökelmeler sonucunda da oluşabilirler (Bresson ve Boiffin, 1990). Çökeltme katmanı çok ince (5–10 mm) olabileceği gibi daha kalın da olabilir. Oluşan tabakanın kalınlığı ve özellikleri, toprak yapısı ile yüzey akışa geçen suyun enerjisiyle yakından ilgilidir.

Bu tip kabuk tabakasının oluşumu, akan suyun içermiş olduğu parçacıkların taşınması için gerekli enerjinin, suyun taşıma enerjisinden daha fazla olduğu durumlarda parçacıkların depolanması ile başlamaktadır. Yüzey akışa geçen su içindeki kum, silt ve kil boyutundaki parçacıklar küçük çöküntü alanlarında birbiri üzerinde dönüşümlü olarak çökerek ince katmanlar halinde depo kabuk tabakasını oluşturmaktadır.

### 3.3. Örtü Kabuk Tabakası

Bitki örtüsünden yoksun, siltli, organik madde içeriği düşük alanlarda zayıf agregat oluşumuna sahip topraklar, yağmur damlalarının ıslatma ve çarpma etkisi ile parçalanarak çeşitli büyüklükteki parçacıkları oluştururlar. Bu şekilde oluşan parçacıklar ortamdaki su içinde süspansiyon haline gelirler ve yağışın dinmesi ile birlikte buldukları ortamda çökerek bir kabuk tabakası oluştururlar. Oluşan bu tabaka örtü kabuk tabakası olarak tanımlanmaktadır.

Bu tip kabuk tabakaları çok ince katmanlar halinde oluşmakta ve kil kümeleri paralel olarak üst üste dizilerek toprak yüzeyini tamamen örtmektedir.

### 3.4. Mikrobiyolojik Toprak Kabuğu

Mikrobiyolojik kabuk alg, mantar, yosun, bakteri v.b. organizmalar tarafından oluşturulmuş yüzey kabuğunun tipik bir kategorisi olarak tanımlanmaktadır. Mikrobiyolojik kabukların fiziksel yapısı iklim, toprak çeşidi ve biyolojik topluluğun kompozisyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir.

Mikrobiyolojik toprak kabukları günümüze kadar çeşitli isimlerle adlandırılmıştır. Fletcher ve Martin (1948), mikrobiyolojik kabuğu tanımlamak için ilk olarak yağmur kabuğu (rain crust) terimini kullanmışlardır. Diğer bazı araştırmacılar ise kabuğu üzerinde yaşayan baskın yaşam şekillerinin isimleriyle adlandırmışlardır. Örneğin; alg kabuğu, liken kabuğu veya yosun kabuğunda olduğu gibi. Kleiner ve Harper (1972), son 25 yıldır yaygın bir şekilde kullanılan "cryptogamic kabuk" terimini ifade etmiştir. Son zamanlarda mikrobik kabuk (West, 1990), crytobiotic kabuk (Belnap, 1993) ve mikrobiyotik kabuk (St. Clair ve Johansen, 1993), şeklinde farklı terimler de kullanılmaktadır.

Yapılan araştırmalar mikrobiyolojik kabuğun kurak ve yarı kurak ekosistemlerde bazı önemli ekolojik etkilerinin olduğunu göstermektedir. Bunlar içerisinde belirgin ve muhtemelen en önemlisi erozyonu etkili bir şekilde kontrol eden ve azaltan toprak yüzeyinin stabilizasyonundaki rolüdür (Blackburn, 1975). "Microcoleus tus" (cyanobacteria) çöl toprak kabuklarının önemli bir unsurudur ve kabukların toprağı nasıl stabilize ettiğini açıklayabilmektedir. Belnap (1993), yaşayan filamentlerin etrafını çevreleyen ve toprak partiküllerini baştan sona saran polisakkarit kılıftan oluşan "Microcoleus tus"u incelemiştir. Bu incelemede polisakkarit materyalin toprak parçacıklarını sararak onları birbirine bağladığını gözlemlemiştir. Buradan da cyanobacteria kabukların toprağı stabilize etmedeki rolleri anlaşılmaktadır.

Kurak ekosistemlerde kabuklar azot (N) girdisinin asıl kaynağını oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalar çöl topraklarındaki biyomasın yaklaşık %70'nin mikrobiyolojik kabuk olduğunu ortaya koymaktadır (Belnap, 1993). Mikrobiyolojik kabuklar bitki biyomasının az olduğu çöl ekosistemlerinde organik karbon üretiminin temelini oluşturmaktadır (Belnap, 1993). Kabuk organizmaları çöl topraklarına organik

madde sağlamaktadır. Kabukların zarar görmesi toprakların rüzgarlarla potansiyel aşınabilirliğini önemli ölçüde arttırmaktadır.

Mikrobiyolojik kabuklar kontrol edilemeyen insan hareketleri, hayvanlar tarafından çiğnenme ve yangınlarla önemli ölçüde zarar görmektedir.

## 4. KABUK OLUŞUMUNUN ÖNLENMESİ

Toprakta kabuk oluşumunun ve sertliğinin denetim altına alınması, bitkisel üretimin artırılması ve erozyonun kontrol edilmesi açısından oldukça önemlidir. Topraklarda agregatlaşmanın artırılması kabuk oluşumunun azalmasına, fide çıkışlarının çoğaltılmasına, yüzey akış ve toprak kayıplarının kontrolüne katkıda bulunmaktadır. Toprakta bir kez kabuk oluşmuşsa diğer yöntemlere başvurmadan önce toprak işlenmelidir. Sığ toprak işleme hem yapısal kabuk hem de depo kabuk tabakalarını parçalamasında yeterli olmaktadır. Orta derecede kabuk oluşum probleminin bulunduğu alanlarda toprağın her mevsim bir kere işlenmesi infiltrasyon artışına ve kabuk oluşumundan kaynaklanan olumsuz koşulların sınırlandırılmasına katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte oluşan kabuğun infiltrasyonu şiddetli bir şekilde azalttığı topraklarda her sulamadan önce toprağın işlenmesinde yarar vardır.

Yüzey kabuklarını parçalamak için yapılan sığ toprak işlemede tırmık, kültivatör veya toprağı yaklaşık olarak 6 inç (15cm) derinliğe kadar gevşeten yeni toprak işleme aletlerinden yararlanılabilir.

Toprakta kabuk oluşumunun önlenmesi için başvurulabilecek başlıca uygulamalar aşağıda verildiği gibi sıralanabilir: 1) Toprak organik maddesinin yönetimi, 2) Toprak yüzey örtülerinin kullanılması, 3) Düzenleyici uygulamaları, 4) Sulama yönetiminin geliştirilmesidir.

### 4.1. Organik Madde Yönetimi

Toprakların organik madde içerikleri iklim koşulları ve arazinin kullanım durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermekte olup tarım topraklarında yaklaşık %1-6 arasında bulunmaktadır. Topraktaki organik maddenin miktarı düşük olarak görünse de fiziksel ve kimyasal aktiviteler açısından oldukça önemlidir. Toprak agregatlarını bir arada tutan dengeleyici materyallerden önemli bir kısmı organik maddenin ayrışmasıyla meydana gelmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalar şunu göstermiştir ki; organik maddenin parçalanması ile önce enerji ve protein daha sonra besin elementleri ve yapışkan sıvılar açığa çıkmaktadır. Bu yapışkan sıvılar toprak parçalarını birbirine bağlayarak stabil agregatları meydana getirmektedir. Yapışkan özellik ayrışma sırasında açığa çıkan humik ya da ulmik asitlerden veya bunlara benzer bileşiklerden ya da organik maddenin ayrışması sırasında oluşan belirli polisakkarit ve poliuronidlerin varlığı ile de ilişkili olabilmektedir (Demiralay, 1977). Topraklara organik karışımların uygulanması poroziteyi, makro porların oranını ve agregat stabilitesini arttırmaktadır. Bu şekilde

infiltrasyon oranı da artmaktadır. Özdemir (2002), üç farklı tekstürdeki toprakta ahır gübresi, buğday samanı, fiğ samanı ve çöp kompostunun agregat stabilitesi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırmacı yapılan uygulamaların agregat satbilitesi değerlerini arttırdığını ve etkinliğin uygulama dozu ile ilave edilen organik materyalin çeşidine bağlı olduğunu belirlemiştir (Çizelge 1).

#### 4.1.1. Ürün Artıkları

Ürünün hasadından sonra bitkilerin toprakta kalan kısımları organik madde kaynağı olarak önem taşımaktadır. Ürün artıklarının en büyük avantajı araziye taşınması için işgücünün gerekli olmamasıdır. Örneğin; Biçilmiş olan çimenler, tarım ürünlerinin hasadından sonra toprakta kalan artıklar toprak strüktürünün iyileştirilmesi ve besin elementlerini sağlaması bakımından oldukça önemlidirler. Toprakta kalan bitkisel artıkların (anız) etkinliği, çeşidine ve bakiye miktarına bağlı olup (Çizelge 1) yoğun tarımsal üretimde toprağın organik madde seviyesinin belirli bir düzeyde tutulması açısından yeterli değildir ve toprağın ilave organik gübrelerle desteklenmesi gerekmektedir.

#### 4.1.2. Gübre ve Kompost

Topraklarda kabuk oluşumunun önlenmesi, erozyonun kontrolü ve bitkisel üretimin artırılmasında organik ve inorganik kökenli gübrelerden yararlanılmaktadır.

Hayvan gübresi uzun zamandır bitkilere besin maddesi sağlamak, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek, infiltrasyonu geliştirerek erozyonu kontrol etmek amacı ile topraklara uygulanmaktadır. Uygulanan gübreler strüktürü iyileştirerek toprağı daha gevşek hale getirir, su ve hava hareketlerinin daha düzenli olmasını sağlarlar. Geniş partiküller arasındaki makro gözenekler suyun hızla drene olmasını sağlarken mikro gözenekler ise suyun depolanmasına katkıda bulunurlar. (Özdemir, 1998).

Ahır gübresi ve kompost toprağın su tutma kapasitesini, havalanmasını, biyolojik aktivitesini artıran ve ona canlılık kazandıran temel maddelerdir (Özdemir, 1991). Ahır gübresi belirli bir olgunluk döneminden sonra tarım arazilerine mutlaka ilave edilmesi gereken bir maddedir. Bu gübre toprak yapısı üzerinde yavaş ama uzun vadeli bir iyileştirici etkiye sahiptir.

Hafez (1974), killi bir toprağa %1, 3 ve 5 düzeylerinde çeşitli ahır gübreleri karıştırarak yürüttüğü bir çalışmada toprağa %5 düzeyinde uygulanan ahır gübresinin toprağın 0.5 mm'den büyük, suda stabil agregat içeriğini önemli düzeyde arttırdığını saptamıştır. Araştırmacı, toprağın kırılma değerinin uygulanan gübre düzeyine ve çeşidine bağlı olarak azaldığını belirtmiştir. Chaudhri ve ark. (1976), kabuk bağlama eğilimi olan iki toprakta tohum sıraları üzerine değişik düzeylerde karıştırmış oldukları ahır gübresinin, toprakların kabuk sertliğini büyük ölçüde azalttığını saptamışlardır. Özdemir (2002), Erzurum yöresinden almış olduğu üç farklı toprakta ahır gübresi ve çöp kompostu uygulayarak yapmış olduğu bir çalışmanın sonucunda toprakların agregat stabilitesi değerlerinin uygulama dozuna bağlı olarak arttığını, kırılma değerlerinin ise azaldığını ve çöp kompostunun etkinliğinin daha düşük düzeyde kaldığını gözlemiştir (Çizelge 2).

Kabuk oluşumunun ve etkilerinin azaltılmasında inorganik kökenli gübrelerden de yararlanılmaktadır. Thien (1976), fosforlu bileşiklerin kabuk oluşumu üzerindeki etkisini belirlemek üzere yürüttüğü bir araştırmada kabuk bağlama eğilimi olan toprağa (0, 28, 56, 112 ve 224 kg P/ha düzeylerinde fosfor içeren) fosforik asit uygulamasının kabuk oluşumunu azalttığını belirlemiştir. Robbins ve ark. (1972), toprağın agregat stabilitesini geliştirmek ve kabuk direncini azaltmak amacıyla toprağa 0, 17, 35, 69 ve 138 kgP/ha düzeylerinde fosfor içeren fosforik asit çözeltilerinin uygulanmasını önermişlerdir.

Çizelge 1. Farklı düzeylerde organik artık karıştırılan toprakların agregat stabilitesi değerleri (Özdemir, 1991)

Toprak Tipi	Organik Artık	Agregat Stabilitesi Değerleri (%)				
		Uygulama Dozları (%)				
		0	0.5	1.0	2.0	4.0
Kumlu killi tn	Ahır gübresi	21	26	36	42	51
Kumlu killi tn	Buğday samanı	21	25	45	62	75
Kumlu killi tn	Fiğ samanı	21	23	42	59	72
Kumlu killi tn	Çöp kompostu	21	22	23	25	29
Killi	Ahır gübresi	48	53	59	69	75
Killi	Buğday samanı	48	53	61	69	77
Killi	Fiğ samanı	48	54	62	72	78
Killi	Çöp kompostu	48	48	53	54	59
Killi tn	Ahır gübresi	34	43	46	57	68
Killi tn	Buğday samanı	34	46	48	61	70
Killi tn	Fiğ samanı	34	43	47	61	66
Killi tn	Çöp kompostu	34	36	43	46	49



Çizelge 2. Ahır gübresi ve çöp kompostu karıştırılan toprakların agregat stabilitesi değerleri (Özdemir, 1991)

Toprak Tipi	Organik Artık	Uygulama Dozları (%)				
		0	0.5	1.0	2.0	4.0
Kumlu killi tın	Ahır gübresi	21	26	36	42	51
Kumlu killi tın	Çöp kompostu	21	22	23	25	29
Killi	Ahır gübresi	48	53	59	69	75
Killi	Çöp kompostu	48	48	53	54	59
Killi tın	Ahır gübresi	34	43	46	57	68
Killi tın	Çöp kompostu	34	36	43	46	49

Toprakların kırılma değeri üzerine fosforik asit ve monokalsiyum fosfatın etkisini araştıran Lutz ve Pinto (1965), tarımsal ve ekonomik açıdan topraklara uygulanabilecek fosfor düzeylerinin 56 – 112 kg P/ha olduğunu belirtmişlerdir. Sönmez (1982), Van yöresinden alınmış üç farklı toprak çeşidinin yüzeyine farklı oranlarda fosforik asit ve triple süperfosfat uygulayarak yapmış olduğu bir çalışmanın sonucunda toprakların agregat stabilitesi değerlerinin arttığını gözlemlemiştir.

#### 4.2. Örtü Bitkileri

Toprak yüzeyindeki yoğun bitki örtüsü bir taraftan yağmur damlalarının darbe etkisinden toprağı korurken diğer taraftan da kabuk oluşumuna engel olmaktadır (Özdemir, 2002). Bitki örtüleri ayrışma için önemli biyomas sağlamakta ve sonuçta toprağı korumaktadır. Ayrıca yüzey suyunun hızını yavaşlatmakta, erozyon ve bunu izleyen yapısal kabuk tabakası oluşumunu da azaltmaktadır (Özdemir, 2002). Örtü bitkileri doğal vejetasyon, tek yıllık bitkiler veya çok yıllık bitkiler olabilmektedir. Bitki örtüsünün toprağı yağmur damlalarına karşı koruyuculuk özelliği bitki örtüsünün özelliğine ve sıklık derecesine bağlı olarak değişmektedir (Özdemir, 2002). Bu konuda yapılan bir araştırmanın sonuçları çizelgede verilmiştir (Çizelge 3). Bu çizelgeden görüleceği üzere bitki çeşidi ve sıklık derecesine göre yağın yağışın %44.5 ile %88.4'ü bitkilere temas etmeden toprağı erişmektedir. Bitki sıklığı arttıkça toprağı doğrudan erişen kesim azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda sıraya ekilen bitkilerin eğim aşağı-yukarı işlense bile çıplak duruma oranla toprağı korudukları belirlenmiştir (Sönmez, 1994).

Çizelge 3. Bitki örtüsünün yağmurun tutulması üzerine etkisi (Sönmez, 1994)

Bitki örtüsüne değmeden geçen toplam yağış, %	Bitki çeşidi	m <sup>2</sup> 'deki bitki sayısı				
		0	36	64	100	144
	Mısır	100	62.9	60.7	57.0	44.5
	Soya	100	88.4	78.2	65.9	64.3

#### 4.3. Kimyasal Düzenleyiciler

Kimyasal düzenleyicilerin çeşitli şekillerde toprağı ilavesi su veya toprağın kimyasal yapısını geliştirerek infiltrasyonu iyileştirmektedir. Kimyasal düzenleyiciler genellikle toprağın toplam tuz konsantrasyonunu artırır ve sodyum adsorpsiyon oranını (SAR) azaltırlar. Bu olayların her ikisi de

agregat stabilitesini artırır ve toprakta kabuk oluşumunu ve gözenek tıkanıklılığını azaltır (Demiralay, 1977, Helelia ve Letey, 1988). Bu amaçla 4 çeşit materyal kullanılmaktadır. Bunlar: 1) Tuzlar, 2) Kalsiyum materyalleri, 3) Asitler ve asit oluşturan materyaller ve 4) Polimer ve sülfonatları içeren toprak düzenleyicileridir.

##### 4.3.1. Tuzlar

Tuzlar, tuzları içeren herhangi bir gübre veya düzenleyici toprak yüzeyine uygulandığı zaman veya düzenleyici yavaş yavaş sulama suyu içerisinde çözündüğünde sulama suyunun tuzluluğu artar ve sonunda toprak suyu bundan etkilenir. Artan tuzluluk ve etkisi sulama suyunun sodyum adsorpsiyon oranına bağlıdır (Ayyıldız, 1976).

##### 4.3.2. Kalsiyum Materyalleri

Ca tuzlarının topraklara ilave edilmesi tuzluluğu ve ayrıca toprak ve sulama suyunun çözünabilir Ca içeriğini artırır. Yaygın bir şekilde kullanılan Ca tuzları; jips, kireç, dolomit, kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>), kalsiyum nitrat (CaNO<sub>3</sub>) (Özkaptan, 2004). Her bir tuz suda spesifik bir çözünürlük oranına sahiptir. Örneğin; CaCl<sub>2</sub> ve CaNO<sub>3</sub> hızlı, jips orta derecede bir çözünürlüğe sahipken dolomit çözünürlüğü düşüktür.

##### 4.3.3. Asit ve Asit Oluşturan Materyaller

Asit ve asit oluşturuca ıslah materyalleri toprağı Ca sağlamaktadır. Fakat bu materyallerin etkin olması için, toprakta kireç bulunmalıdır. Yaygın bir şekilde uygulanan asit veya asit oluşturan düzenleyiciler sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ürünleri, amonyum polisülfid, kalsiyum polisülfid ve kükürttür (Şimşek, 1993).

##### 4.3.4. Toprak Düzenleyicileri

Bu kategorideki düzenleyiciler genellikle organik polimerler ve sülfonatlardır. Organik polimerler esas olarak suda çözünebilir poliakrilamidler (PAMs) ve polisakkaritler, toprak agregatlarını birbirine bağlayarak ve yağmur damlasının bozucu etkisine karşı koyarak toprak yüzeyini stabilize etmek için kullanılmaktadır (Demiralay, 1977; Özkaptan, 2004). Ayrıca sediment oluşumunu ve taşınmasını azaltarak karık sistemlerinde de etkili bir şekilde görev almaktadır. Suyun penetresyonunu etkilemezler. Toprakların su tutma kapasitesini artırır. Topraklara uygulanan PAM'ın polimersiz sulamayla karşılaştırıldığında karıklarda toprak erozyonunu %95 civarında azalttığı gözlenmiştir (Hickman ve Whitney,

1998). Suyun yüzey gerilim kuvvetini azaltan sülfonatlar ise yüksek oranda organik madde içeren veya malçla kaplanmış olan topraklarda etkilidir (Meral 2002).

#### 4.4. Sulama Yönetiminin Geliştirilmesi

Sulama yönetiminin geliştirilmesindeki amaç, mevcut sulama yöntemini infiltrasyon oranı bakımından değerlendirmek ve yağmurlar ile sulamalardan sonra kök bölgesinde yeterli miktarda suyu depolayabilmektir (Ertuğrul ve Apan, 1979).

Kurak yıllarda ve yağışın yetersiz olduğu alanlarda kök bölgesinde yeterli miktarda suyun depolanmasında yağış tek başına yeterli olmaz. Yağışın yetersiz olduğu durumlarda kök bölgesinde su depolayabilmek için sulamalara ihtiyaç duyulabilmektedir. Su kullanımında mevsimlik dalgalanmaların anlaşılması önemlidir. Su kullanım seyrinin ve hasat mevsiminde su gereksinimlerinin anlaşılması problemin çözümü için bir anahtardır.

Mevcut sulama metotları infiltrasyon oranı bakımından değerlendirilmelidir. Gerekli olduğu takdirde mevcut sistemi değiştirmeli veya başka bir sulama sistemine geçilmelidir.

#### 5. SONUÇ

Özellikle yarı kurak bölgelerdeki tınlı topraklarda görülen kabuk tabakası oluşumu, toprakların kullanılmasında dikkate alınması gereken önemli hususlardan birini oluşturmaktadır. Tabakanın şekillenmesinde toprak ve yağış koşulları belirleyici faktörler olup mekanizmasının bilinmesi bu problemin aşılması bakımından önem arz etmektedir.

Topraklarda kabuk tabakası oluşumunun iki zararlı etkisi bulunmaktadır. Bunlar;

1-) Oluşan tabaka bir yandan yüzey toprağının yapısının bozulmasına neden olurken diğer yandan da çimlenen tohumun yüzeye ulaşmasını ve kök gelişimini etkileyerek ürün miktarının düşmesine neden olmaktadır.

2-) Yüzey kabuk tabakası oluşumu toprağın infiltrasyon hızını azaltarak suyun yüzey akışa geçmesini teşvik etmekte ve sonuçta su erozyonuna neden olmaktadır.

Kaymak tabakası sorununun çözümünde iklim ve toprak koşulları dikkate alınarak organik madde düzeyinin artırılması, yüzey örtülerinin kullanılması, düzenleyici uygulamaları ve sulama yönteminin geliştirilmesi uygulamalardan istifade edilebilir.

#### 6. KAYNAKLAR

Alagöz, Z., 2000. Topraklarda su erozyonu kökenli kabuk tabakası oluşumu. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(1), 107-112.

Ayyıldız, M., 1976. Sulama Suyunun Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Ders Kitabı No: 199.

Balcı, A.N., 1996. Toprak Koruması, İstanbul Üniversitesi, No: 3947.

Belnap, J., 1993. Recovery rates of cryptobiotic crusts: inoculant use and assessment methods. Great Basin Naturalist 53: 89-95.

Blackburn, W.H., 1975. Factors influencing infiltration rate and sediment production of semiarid rangelands in Nevada. Water Resources Research 11: 929-937.

Bresson, L.M., Boiffin, J., 1990. Morphological characterization of soil crust development stages on an actively experimental field. Geoderma, 47: 301-325.

Bresson, L. M., Cadot, L., 1992. Illuviation and structural crust formation on loamy temperate soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 1565-1570.

Chaudhri, K.G., Brown, K.W., Holder, C.B., 1976. Reduction of crust impedance to simulated seedling emergence by the addition of manure. Soil Sci. 122: 216-222

Demiralay, İ., 1977. Toprak Fiziyi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notu, Erzurum

Ertuğrul, H., ve Apan, M., 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 38.

Fletcher, J.E., Martin, W.P., 1948. Some effects of algae and moulds in the rain crust of desert soils. Ecology 29: 95-100.

Hadas, A., Stibbe, E., 1977. Soil crusting and emergence of wheat seedlings. Argon. J. 69: 547-550.

Hafez, A.A.R., 1974. Comparative changes in soil physical properties induced by admixtures of manures from various domestic animals. Soil Sci. 118: 53-59.

Helela, A.M., Letey, J., 1988. Polymer Type and Water Quality Effects on Soil Dispersion. Soil Sci. Soc. Am. J., 52 : 243-246.

Hickman, J.S., Whitrey, A.D., 1998. Soil conditioners North central regional extension publication 295. Kansas State University.

Hudson, N., 1995. Soil Conservation BT. Bastford Limited, ISBN 0-8138-2372-2, London.

Kleiner, E.F., Harper, K.T., 1972. Environment and community organization in grasslands of Canyonlands National Park. Ecology 53: 299-309.

Lemos, P., Lutz, J.F., 1957. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Sci. Amer. Proc. 21: 485-491

Lutz, J.F., Pinto, R.A., 1965. Effect of phosphorus on some physical properties of soils. I. Modulus of rupture. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 458-460.

Meral, R., 2002. Karık sulama yönteminde polyacrylamid (PAM) ve sıkıştırılmış karık uygulamalarının farklı akış koşullarında sediment taşınımı ve su uygulama randımanı üzerine etkilerinin araştırılması. Doktora tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

McIntyre, D.S., 1958a. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. Soil Sci. 85: 185-189.

McIntyre, D.S., 1958b. Soil splash and the formation of soil crusts by raindrop impact. Soil Sci. 85: 261-265.

Miller, D.E., Gifford, R.O., 1974. Modification of soil crusts for plant growth. In J.W. Carry and D.D. Evans (ed.) Soil crusts. A western regional research publication. Technical Bulletin 214. Agricultural Experiment Station, Univ. of Arizona, Tucson, 85721: 7-16

Özdemir, N., 1991. Toprağa karıştırılan organik artıkların toprağın bazı özellikleri ile strüktürel dayanıklılık ve erozyona karşı duyarlılığı üzerine etkileri. Doktora tezi, Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Özdemir, N., 1998. Toprak Fizği. Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 30, Samsun.
- Özdemir, N., 2002. Toprak ve Su Koruma. Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 22, Samsun.
- Özkaptan, S., 2004 Organik ve inorganik toprak düzenleyicilerin erozyona karşı duyarlılık ve toplam kuru madde verimi üzerine etkileri . Yüksek Lisans tezi. Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Robbins, C.W., Carter, D.L., Leggett, G.E., 1972. Controlling crusting with phosphoric acid to enhance seedling emergence. Argon. J. 64: 180–183.
- Sönmez, K., 1982. Van yöresi topraklarında fosforik asit, triple süperfosfat ve ahır gübresinin agregasyon, agregat satabilitesi ve kırılma değeri üzerine etkileri, Doçentlik tezi (Basılmamış), Erzurum.
- Sönmez, K., 1994. Toprak Koruma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay., No: 169.
- Slattery, M.C., Bryan, R.B., 1994. Surface seal development under simulated rainfall on an actively eroding surface. Catena, 22: 17–34.
- St. Clair, L.L. ve Johansen, J.R., 1993. Introduction to the symposium on soil crust communities. Great Basin Naturalist 53: 1–4.
- Şimşek, G., 1993. Toprak Oluşumu (pedogenesis) ve Sınıflandırılması Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü. No: 139
- Thien, S.J., 1976. Stabilizing soil aggerates with phosphoric acid. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 105–108.
- Valentin, C., 1991. Surface crusting in two alluvial soils of northern Niger. Geoderma, 48: 201–222.
- West, N.E., 1990. Structure and function of microphytic soil crusts in wildland ecosystems of arid to semi-arid regions. Advances in Ecological Research 20: 179–223.

## FOTOPERİYOT VE BESİN ÇEŞİDİNİN *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (DIPTERA: DROSOPHILADAЕ) UN GELİŞİM SÜRESİ, ÖMÜR UZUNLUĞU, VERİM VE EŞEY ORANINA ETKİSİ\*

Yeşim KOÇ Adem GÜLEL  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Geliş Tarihi: 26.01.2006

**ÖZET:** Fotoperiyot ve doğal besin çeşidinin *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830'un gelişim süresi, ömür uzunluğu, yumurta verimi ve eşey oranına etkileri incelendi. Denemeler 25±2°C sıcaklık ve % 60-70 Nisbi nem içeren laboratuvar şartlarında, kompozisyonları farklı iki doğal besin tipinde, dokuz farklı fotoperiyot rejiminde (0A;24K, 3A;21K, 6A;18K, 9A;15K, 12A;12K, 15A;9K, 18A;6K, 21A;3K, 24A;0K) yapıldı. Denenen besinlerden bir tipi, 100 cc üzüm sirkesi, 20 gr şeker ve 15 gr bira maya karışımından (sıvı besin), ikinci tipi, 74.2 cc su, 13.5 gr pekmez ve 10 gr mısır unundan (katı besin) hazırlandı. Aynı fotoperiyot şartlarında, iki farklı besin tipinde, *D. melanogaster*' in yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresi önemli derecede farklılık gösterdi. Tüm farklı fotoperiyot şartlarında gelişim sıvı besinde, katı besindekine göre daha hızlı oldu. Her iki besinde, karanlık periyot süresi arttıkça, gelişim süresi kısaldı. Devamlı aydınlık ve karanlıkta sıvı besindeki ergin öncesi gelişim süresi sırasıyla ortalama 10.9 ve 12.9 gün iken, katı besinde aynı şartlarda söz konusu süre, ortalama olarak sırasıyla 19.3 ve 21.3 gün oldu. Her iki besinde, aynı fotoperiyotta erkek ve dişilerin ergin hayat süresi farklı oldu. Genellikle tüm fotoperiyot şartlarında, erkekler dişilerden daha uzun yaşadı. Aydınlık sürenin artması, her iki eşeyde ergin hayat süresini kısalttı. Denenen iki besin tipinde, dişi başına düşen ortalama ergin birey sayısı farklı oldu. Her iki besin tipinde, aydınlık periyodun artması, dişi başına düşen verimi düşürdü. İki besin tipinde, aynı veya farklı fotoperiyot şartlarında, sonraki döldeki dişi yüzdeleri arasında önemli bir fark tespit edilmedi.

**Anahtar Kelimeler:** *D. melanogaster*, fotoperiyot, eşey oranı, ömür uzunluğu, gelişim süresi

### EFFECTS OF PHOTOPERIOD AND THE NATURAL FOOD QUALITY ON THE PREADULT DEVELOPMENTAL TIME, ADULT LONGEVITY, FECUNDITY AND SEX-RATIO OF *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830

**ABSTRACT:** Effects of photoperiod and the natural food quality on the preadult developmental time, adult longevity, fecundity and sex ratio of *D. melanogaster* Meigen, 1830 were investigated. Studies were carried out under the laboratory conditions of 25±2°C temperature and 60-70% relative humidity conditions, with two natural food types which have different compositions and with nine different photoperiod regimes ((0L;24D, 3L;21D, 6L;18D, 9L;15D, 12L;12D, 15L;9D, 18L;6D, 21L;3D, 24L;0D). The composition of the first food type( named as fluid food) consisted of grape vineger 100 cc., sugar 20 gr., yeast 15 gr and, composition of the second food one( named as solid food) consisted of water 74.2 cc., molasses 13.5 gr., corn flour 10 gr. Under the same photoperiod regime, the developmental time from egg to adult of *D. melanogaster* showed significant differences at two different food types. Development in the fluid food were faster than the solid one under all different photoperiod regimes. In dark period (short day conditions) caused decrease in the developmental time, in both food conditions. In continues light and dark conditions the average preadult developmental time was 10.9 and 12.9 days in the first food, whereas 19.3 and 21.3 in the second one, respectively. Adult longevities of males and females in each food with the same photoperiod regime were significantly different, generally males were lived longer than females with all photoperiod regimes. Increase in light period decreased adult longevity. The average numbers of adults for each female were different in two different food type. In both food types an increase of the light period decreased the number of average adult individuals for female. Under the same or the different photoperiod conditions, there were no significant difference between the female ratios in the offspring at two food types.

**Keywords:** *D. Melanogaster*, photoperiod, sex ratio, adult longevity, developmental time

### 1. GİRİŞ

Kutuplar dışında dünya üzerinde 24 saatlik bir günlük zaman diliminde, aydınlık ve karanlık dönüşümlü olarak ortaya çıkmaktadır. Yeryüzündeki bir bölgede aydınlık evrenin süresi, dünyanın o bölgesinin ekvatora olan uzaklığına ve mevsimlere bağlıdır. Yıl boyunca, aydınlanma süresinde (fotoperiyot) meydana gelen değişim, birçok biyolojik olayın başlama ve bitiş zamanını tayinde önemli rol oynar. Bunun sonucu olarak fotoperiyot hayvanlarda renk değişimi (Thompson ve ark., 2002), aktivite tarzı ve aktivitenin zamanlanması (Whittaker ve Kirk, 2004), metabolizma (Giesel ve ark., 1989a,1989b),

gelişim ve üreme (Fantinou ve ark., 1996; Macedo ve ark., 2003; HongZhu ve Tanaka, 2004), ömür uzunluğu (Argola ve ark., 2002), diyapoz giriş ve diyapozun sonlanması (Nealis ve ark., 1996; Ruberson ve ark., 2000; Tommasini ve Lenteren, 2003), düşük sıcaklığa tolerans (Lanciani ve ark., 1992; Lombardero ve ark., 2000), eşeysel davranış (Han ve Gatehouse, 1991; Gemeno ve Haynes, 2001) gibi birçok biyolojik faaliyeti etkilemektedir. Böyle olmasına rağmen, hayvanların fotoperiyottan etkilenme derecesi onların çevrelerine ve hayat tarzlarına göre değişmektedir. Fotoperiyot, hayvanlarda evrimsel faaliyetlerin şekillenmesinde temel rol oynadığı gibi, bir hayvanın hayatını habitata göre ayarlamasında da rol oynar. Bu ayarlama sayesinde, hayvanın fiziksel

\* Yüksek lisans tezinden alınmıştır

inorganik çevreye gösterdiği uyum tamamlanarak, onun bulunduğu ortamda varlığını sürdürmesi sağlanır (Takeda ve Skopik, 1997; Numata ve Nakamura, 2002).

Hayvanlara fotoperiyodun etkisi ile ilgili laboratuvar çalışmalarında, denemelere uygunlukları nedeniyle çoğunlukla böcekler kullanılmıştır. Böcekler içerisinde sirke sineği olarak bilinen *D. melanogaster*, fotoperiyodizmle ilgili çalışmalarda da temel materyali oluşturmaktadır. Fotoperiyodun *D. melanogaster*'in yumurta ve puptan çıkış süresinde (Giesel ve ark., 1989a, 1989b; Qiu ve Hardin, 1996), metabolik hızında (Lanciani ve ark., 1990a, 1990b, 1991) ömür uzunluğunda (Sheeba ve ark., 2000), mevsimsel davranışında (Collins ve ark., 2004), juvenil hormon salınmasında (Saunders ve ark., 1990), düşük sıcaklığa toleransında (Lanciani ve ark., 1992), ovaryum diyapozunda (Saunders ve Gilbert, 1990), oogenezde (Beaver ve ark., 2003) etkili olduğu tespit edilmiştir. *D. melanogaster* ile yapılan çalışmalarda belirli sıcaklıkta, aynı besin tipiyle beslenen, fakat farklı fotoperiyot şartlarına maruz kalan bireylerde, metabolik hızın farklı olduğu, genel olarak kısa gün şartlarına maruz kalanlarda metabolik hızın, uzun gün şartlarına maruz kalanlardan daha yüksek olduğu, dolayısıyla kısa gün şartlarında gelişmenin daha hızlı gerçekleştiği ifade edilmiştir (Lanciani ve ark., 1990a, 1991). Lanciani ve ark. (1992), *D. melanogaster* ile yaptıkları çalışmada kısa gün şartlarına maruz kalan erginlerin soğuğa toleranslarının daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

*D. melanogaster*'de fotoperiyotla ilgili veriler genellikle devamlı aydınlık, yada karanlıkta yapılan veya kısa (veya uzun) gün şartlarında yapılan deneylere dayanmaktadır. Her ne kadar *Drosophila* cinsine ait diğer türlerde, fotoperiyodun değişik fizyolojik ve biyokimyasal faaliyetlere etkisi oldukça geniş bir şekilde ele alınmışsa da (Kimura ve Yoshida, 1995; Takeda ve Skopik, 1997), 24 saatlik bir günlük periyodun değişik zaman dilimlerinde, ışığa maruz kalıp, diğer zamanlarında karanlıkta kalan *D. melanogaster* erginlerinin verim, oğul dölündeki eşey oranı ve hayat süresi ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayrıca, belirtilen türde farklı besin ve fotoperiyot şartlarının etkisiyle ilgili yeterli çalışmaya rastlanılamamıştır. Besin, canlı hayatında önemli bir faktördür, fakat besinden yararlanmada, fotoperiyot önemli rol oynar. Bu nedenle, bu çalışmanın temel amacı, *D. melanogaster*'in gelişim süresi, ömür uzunluğu, erginlerdeki yumurta verimi ve eşey oranı üzerine, değişik fotoperiyot şartlarının ve iki farklı besin tipinin etkilerini tespit etmek olacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Denemeler, *D. melanogaster* ile yapıldı. Böceğin stok kültürünün çekirdeğini Samsun'da doğadan toplanan ve laboratuvarda 25°C'ye ayarlanmış olan ve devamlı karanlık olan inkibatörde, 250 ml'lik cam şişelerde, sıvı ve katı iki ayrı besin tipiyle beslenen erginlerden elde edilen bireyler oluşturdu. Stoktan

uygun zamanlarda alınan erginler, denemelerde kullanıldı.

Denemeler 25°C ve % 60-70 nisbi nemde, iki ayrı besin tipinde, dokuz ayrı fotoperiyot (0A;24K, 3A;21K, 6A;18K, 9A;15K, 12A;12K, 15A;9K, 18A;6K, 21A;3K, 24A;0K) şartı altında yapıldı. Çalışılan fotoperiyot süreleri fotoperiyot cihazı ile ayarlandı. Denemelerde Alemdar (1980) tarafından geliştirilen, iki besin tipi kullanıldı. Kullanılan besinlerden birisi sıvı tipte (sirke-bira mayası ortamı), diğeri katı tiptedir. Sıvı tip besinin kompozisyonu üzüm sirkesi (100 cc), toz şeker (20 gr) ve Bira mayasından (15 gr) oluşmuştur. Katı besinin kompozisyonu ise; su (74.3 cc), pekmez (13.5 gr), mısır unu (10 gr) ve propiyonik asit (0.7 cc) den oluşmaktadır. Bundan sonra söz konusu besinlerden sıvı tipte olanı birinci tip besin, katı tipte olanı ikinci tip besin olarak ifade edilecektir.

Fotoperiyot ve besin tipinin *D. melanogaster*'in gelişim süresi, ömür uzunluğu, yumurta verimi ve bir sonraki döldeki eşey oranı üzerine olan etkileriyle ilgili denemelere aynı yaşlı erginlerin elde edilmesiyle başlandı. Bunun için stok kültürden alınan puplardan, aynı günde ergin olarak çıkan bireyler ayrıldı (erginler erginleştikleri zaman sıfır yaşlı kabul edildiler). Bu erginlerden iki dişi, iki erkekle birlikte içerisinde yukarıda belirtilen besinlerden bir tipi bulunan, 250 ml'lik şişeye (deneme kabı olarak ifade edilecektir) konulup, kabın ağzı pamukla kapatıldı. Ayrıca her deneme kabına yumurtadan çıkacak larvaların, pup evresine geçişte tutunmasını sağlayacak şekilde, iki-üç santimetre eninde filtre kağıdından yapılmış şeritler konuldu. Hazırlanan deneme kabı, yukarıda belirtilen dokuz ayrı fotoperiyot şartından birinde, belirtilen laboratuvar şartlarında muhafaza edildi. Bu şekilde hazırlanan, deneme kablarda dişilerin bıraktıkları yumurtalardan puplar görülmeye başladığı zaman, deneme kabına başlangıçta konulan erginler (iki erkek ve iki dişi), çıkarılıp, bunlar aynı besini içeren yeni bir deneme kabına konuldu ve denendikleri fotoperiyot şartlarında tutuldu. Bu işleme bir deneme kabına, başlangıçta konulan erginler ölünceye kadar devam edildi. Denemeler sırasında kablara konulan besinlerden sıvı tipte olanı beş günde bir, katı tipte olanı yedi günde bir değiştirildi.

Deneme kablarda erginler oluşmaya başladığı zaman, hergün çıkan erginler cinsiyetlerine göre ayrılıp, sayıları belirlendi. Cinsiyet tayini erginlerin genital plaklarına göre yapıldı. Belirli besin ortamında, belirli bir fotoperiyot rejiminde her denemede bir dişiye düşen ergin sayısı (dişi verimi), her denemeden elde edilen ergin sayısı, başlangıçta iki dişi kullanıldığından, ikiye bölünerek belirlendi. Besin değiştirme ve sayımı sırasında erginleri pasifize etmek için, ölümüne sebep olmayacak şekilde, eterle bayılma yapıldı.

Belirli bir fotoperiyot etkisinde kalan erginlerden elde edilen yumurtalar, kullanılarak yumurtadan ergine kadar geçen gelişim süresi belirlendi. Ayrıca, denenen her fotoperiyot şartında, her iki besin tipinde

erginlerin ömür uzunluğu tespit edildi. Belirli bir besin tipinde, belirli bir fotoperiyot şartında, gelişim süresi, ergin yaşı ve dişi yumurta verimini tayin ile ilgili yapılan işlemler, popülasyonlardan farklı zamanlarda alınan her biri 6 dişilik üç grupta üç defa tekrarlandı. Aynı tip besinle farklı fotoperiyot şartlarında ve iki ayrı besin tipinde aynı fotoperiyot şartlarında elde edilen verilerin istatistiki önem kontrolü, F ve T testlerine göre yapıldı. Karşılaştırmalarda, 0.05 güven sınırı esas alındı.

### 3. BULGULAR

Aynı sıcaklık (25°C) ve nem şartlarında (% 60-70 R. H ) değişik fotoperiyotların ve besin tiplerinin, *D. melanogaster*'in gelişim süresi ve ömür uzunluğuna olan etkileri ile ilgili deney sonuçları Çizelge 1, 2 ve Şekil 1'de verilmiştir. Çizelge 1, 2 ve Şekil 1'den görüldüğü gibi, aynı fotoperiyot şartlarında denenen iki besin tipinde yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresi farklıdır. Denenen besinlerden, birinci tipte gelişim daha kısa sürede tamamlanmıştır (Çizelge 1). Fakat her iki besin tipinde, aydınlık periyodun süresi kısaltıkça, gelişim süresinin kısaltıldığı görülmektedir. Örneğin, birinci besinde 21 saat aydınlık, üç saat karanlık (21A; 3K) şartlarında gelişim süresi 12-13 ortalama 12.6 gün olduğu halde , aynı besinde üç saat aydınlık, 21 saat karanlıkta (3A; 21K) söz konusu süre 11-12 ortalama 11.3 gün olmuştur. Bu besin tipinde, devamlı aydınlıkta kalan bireylerde gelişim süresi 12-14 ortalama 12.9 gün olmasına rağmen, devamlı karanlıkta kalanlarda 10-12 ortalama 10.9 güne inmiştir (Çizelge 1, Şekil 1).

İkinci besin tipinde, 21 saat aydınlık, üç saat karanlık (21A; 3K) şartlarında gelişim süresi 20-21 ortalama 20.3 gün olduğu halde, aynı besinde üç saat aydınlık, 21 saat karanlıkta (3A; 21K) söz konusu süre 19-20 ortalama 19.3 gün olmuştur ( Çizelge 2 ve Şekil 1). Denenen ikinci besin tipinde devamlı aydınlık ve karanlık şartlarında ortalama gelişim süresi sırasıyla 21.3 ve 19.3 gün olarak tespit edilmiştir.

İki besin tipinde de, belirli fotoperiyot şartlarında yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresi oldukça farklılık göstermektedir. Örneğin birinci besin tipinde devamlı karanlıkta ortalama gelişim süresi 10.9 gün olduğu halde (Çizelge 1, Şekil 1), ikinci besin tipinde aynı şartlar altında bu süre ortalama 19.3 gün olmuştur (Çizelge 2 ve Şekil 1). Buna karşılık, devamlı aydınlık şartlarında birinci ve ikinci besin tiplerindeki ortalama gelişim süreleri sırasıyla 12.9 ve 21.3 gün olarak tespit edilmiştir. Kullanılan besin tiplerinden birincisinde, denenen tüm farklı fotoperiyot şartlarında, gelişim süresi ikinci besine göre daha kısa olmuştur (Çizelge 1 ve 2, Şekil 1). Her iki besin tipinde farklı fotoperiyot şartlarındaki gelişim süreleri ortalamaları arasındaki farklar, istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Değişik fotoperiyot şartlarının denenen iki besin tipinde, ergin hayat uzunluğuna etkisi ile ilgili sonuçlar da Çizelge 1, 2 ve Şekil 1' de verilmiştir. Belirtilen çizelgelerden ve şekilden görüleceği gibi, her iki besin tipinde, belirli bir fotoperiyot rejiminde, erkek ve dişilerin ömür uzunluğunda farklılıklar vardır. Örneğin birinci besinde (Çizelge 1) devamlı aydınlık periyodunda, dişiler ortalama olarak 18.33 gün yaşadıkları halde erkekler 21.0 gün yaşamıştır. Onsekiz saat aydınlık, altı saat karanlık (18A; 6K) şartlarında dişiler ortalama 19.5 gün, erkekler 20.6 gün yaşamıştır. Devamlı karanlık (DK) şartlarında ise erkek ve dişilerin ortalama ömür uzunluğu sırasıyla 25.8 ve 22.8 gün olarak tespit edilmiştir. İkinci besin tipinde (Çizelge 1, Şekil 1) devamlı aydınlık periyodunda kalan erginlerden dişiler ortalama olarak 27.6 gün yaşarken, erkekler 31.8 gün yaşamıştır. Onsekiz saat aydınlık, altı saat karanlık şartlarında dişiler ortalama 23.6 gün erkekler 24.6 gün yaşamıştır. Devamlı karanlık şartlarında ise erkek ve dişilerin ortalama yaşam süresi 31.8 ve 27.6 gün olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2, Şekil 1). Denenen her iki besin tipinde, tüm değişik fotoperiyot şartlarında genellikle erkekler dişilerden daha uzun yaşarlar. Fakat bir bütün olarak ele alındığında, aydınlık zaman süresinin uzamasının her iki cinsin ergin hayat süresini kısalttığı görülür. Devamlı karanlıkta tutulan erginlerde ergin yaşam süresi, devamlı aydınlıkta tutulanlara göre fazla olmaktadır. Denenen iki tip besinden ikincisinde ergin ömür uzunluğu daha uzun olmaktadır (Çizelge 1, 2 ve Şekil 1). Değişik fotoperiyot şartlarında ve farklı iki besin tipinde, ergin hayat boyunca *D. melanogaster* dişilerindeki yumurta verimi ve oğul döldeki eşey oranı (dişi yüzdesi ) ile ilgili sonuçlar Çizelge 3 ve Şekil 2 de verilmiştir.

Çizelge 3 ve Şekil 2 den görülebileceği gibi, iki farklı besin tipinde dişi oranı oldukça farklıdır. Denenen her iki besin tipinde, aydınlık periyodun artması, diğer bir ifadeyle uzun gün şartları, dişi verimini düşürmüştür. Örneğin devamlı aydınlık şartlarında birinci besin tipinde dişi verimi ortalama 19.6 ergin birey olurken, aynı besin tipinde 21 ve altı saat aydınlık şartlarda ortalama olarak sırasıyla 36.83 ve 46.16 olmuştur. (Çizelge 3, Şekil 2). Aynı şekilde ikinci besin tipinde de devamlı aydınlıkta kalanlarda dişi verimi ortalama olarak 33.33 ergin birey olurken, 21 ve altı saat aydınlıkta kalanlarda verim sırasıyla 36.60 ve 50.70 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3, Şekil 2). Denenen iki besin tipinden birincisinde farklı fotoperiyot şartlarında elde edilen oğul döldeki dişi yüzde değerleri arasında önemli bir fark yoktur. İkinci besin tipinde de farklı fotoperiyot şartları altında erkekler lehine bazı kaymalar görülsede önemli farklılıklar yoktur ( Çizelge 3, Şekil 2). Her iki besin tipinde, aynı fotoperiyot şartlarında

**Çizelge 1.** Fotoperiyot ve Birinci Besinin\* *D. melanogaster*' in Ergin Öncesi Gelişim Süresi ve Ergin Hayat Uzunluğuna Etkisi

Uygulanan Fotoperiyot (Saat)	İnkubasyon Süresi (gün)		Pup Evresi (gün)		Gelişim Süresi (gün)		Ergin Ömür Uzunluğu (gün)			
	(min-max)	Ort±SH**	(min-max)	Ort±SH**	(min-max)	Ort±SH**	Dişi		Erkek	
(0A; 24K)	(7-8)	7.3±0.33 a	(3-5)	3.6±0.67 a	(10-12)	10.9±0.58 a	(22-23.5)	22.8±0.44 a	(22-29)	25.8±2.05 a
(3A; 21K)	(6-8)	7.0±0.58 a	(4-5)	4.3±0.33 a	(11-12)	11.3±0.33 a	(19-21.5)	20.5±0.76 a	(20.5-24)	22.0±1.04 b
(6A; 18K)	(4-9)	8.0±1.53 a	(4-4)	4.0±0.00a	(11-13)	12.0±0.58 a	(18.5-24)	22.6±1.61a	(23-27)	24.6±1.20 b
(9A; 15K)	(7-9)	8.0±1.58 a	(4-4)	4.0±0.00a	(11-13)	12.0±0.58 a	(18-23.5)	21.16±1.64a	(21.5-27.5)	24.16±1.76b
(12A; 12K)	(9-9)	9.0±0.00a	(4-4)	4.0±0.00a	(13-13)	13.0±0.00a	(19.5-23.5)	21.16±1.20a	(22-25.59)	23.16±1.17b
(15A; 9K)	(7-9)	8.0±0.58 a	(4-4)	4.0±0.00a	(11-13)	12.0±0.58 a	(16-22)	19.33±1.76a	(20.5-22.5)	21.5±0.58 b
(18A; 6K)	(8-10)	8.3±0.33 a	(3-4)	3.3±0.33 a	(11-12)	11.6±0.33 a	(18.5-21.5)	19.5±1.00a	(18-22.59)	20.6±1.36 b
(21A; 3K)	(8-10)	9.0±0.58 a	(2-5)	3.6±0.88 a	(12-13)	12.6±0.33 a	(17.5-22.5)	19.6±1.48a	(18.5-22.5)	20.6±1.17 b
(24A; 0K)	(9-10)	9.6±0.33 a	(2-4)	3.3±0.67 a	(12-14)	12.9±0.58 b	(17.5-21)	18.83±1.09b	(20.5-21.5)	21.0±0.29 b

Aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $P>0.05$ ).

\* Birinci besin (sıvı) kompozisyonu için materyal ve metoda bakınız.

\*\* Herbiri 6 dişilik üç tekrarı ortalamasıdır.

Çizelge 2. Fotoperiyot ve İkinci Besinin\* *D. melanogaster*' in Ergin Öncesi Gelişim Süresi ve Ergin Hayat Uzunluğuna Etkisi

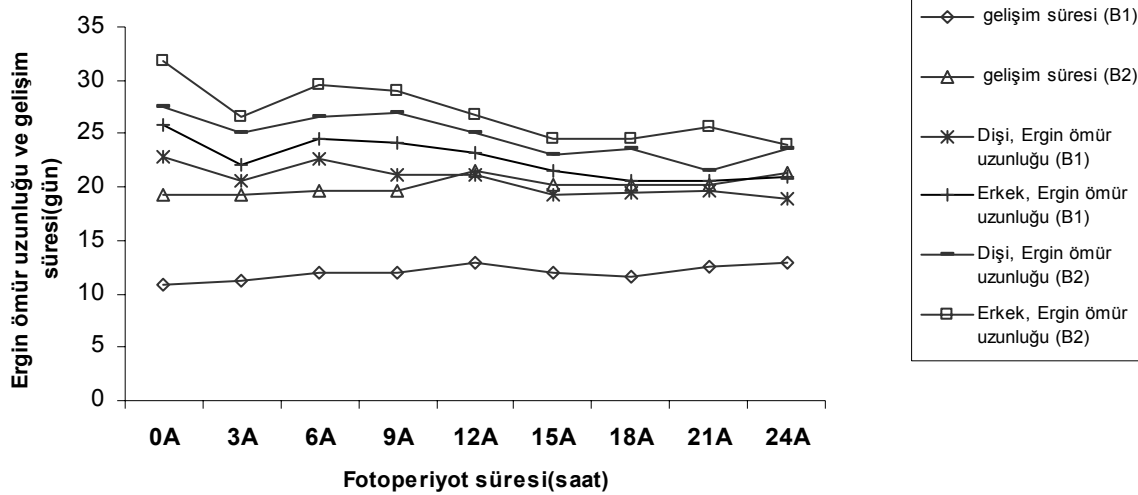
Uygulanan Fotoperiyot (Saat)	İnkubasyon Süresi (gün)		Pup Evresi (gün)		Gelişim Süresi (gün)		Ergin Ömür Uzunluğu (gün)			
	(min-max)	Ort±SH**	(min-max)	Ort±SH**	(min-max)	Ort±SH**	Dişi		Erkek	
							(min-max)	Ort±SH**	(min-max)	Ort±SH**
(0A; 24K)	(17-17)	17.0±0.00a	(2-3)	2.3±0.33 a	(19-20)	19.3±0.33 a	(26.5-29)	27.6±0.73 a	(30.5-32.5)	31.8±0.67 a
(3A; 21K)	(16-17)	16.6±0.33a	(2-3)	2.7±0.33 a	(19-20)	19.3±0.33 a	(23-26.5)	25.0±1.04 b	(25.5-27.5)	26.6±0.60 b
(6A; 18K)	(16-17)	16.6±0.33 a	(3-3)	3.0±0.00a	(19-20)	19.6±0.33 a	(25-29)	26.6±1.20 b	(27-31)	29.5±1.26 b
(9A; 15K)	(17-17)	17.0±0.00a	(2-3)	2.6±0.33 a	(19-20)	19.6±0.33 a	(25.5-28.5)	27.0±0.87 b	(24.5-32.5)	29.1±2.40 b
(12A; 12K)	(18-19)	18.6±0.33 b	(3-3)	3.0±0.00a	(21-22)	21.6±0.33 b	(23-27.5)	25.0±1.32 b	(26.5-27.5)	26.8±0.33 b
(15A; 9K)	(17-19)	18.8±0.58 b	(2-3)	2.3±0.33 a	(19-21)	20.3±0.68 b	(21.5-24.5)	23.0±0.87 b	(23.5-27)	24.6±1.17 b
(18A; 6K)	(17-19)	18.0±0.58 b	(2-3)	2.3±0.33 a	(19-21)	20.3±0.68 b	(20.5-26.5)	23.6±1.74 b	(24-26)	24.6±0.67 b
(21A; 3K)	(17-19)	17.6±0.68 b	(2-3)	2.7±0.33 a	(20-21)	20.3±0.33 b	(20.5-22.5)	21.5±0.58 b	(24.5-27.5)	25.6±0.93 b
(24A; 0K)	(17-20)	18.3±0.88 b	(2-4)	3.0±0.58 a	(20-24)	21.3±1.33 b	(20.5-25.5)	23.5±1.53 c	(21-26.5)	24.0±1.61 c

Aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $P>0.05$ ).

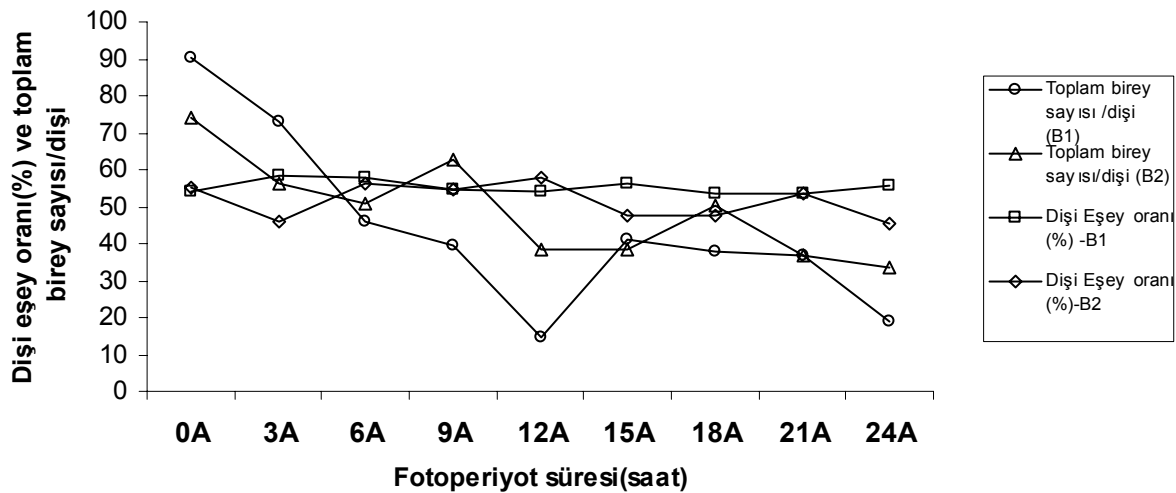
\* İkinci besin (katı) kompozisyonu için materyal ve metoda bakınız.

\*\* Herbiri 6 dişilik üç tekrarı ortalamasıdır.





Şekil 1. *D. melanogaster*'in gelişim süresi (EÖG) ve ömür uzunluğuna farklı fotoperiyot şartlarının ve besinin etkisi  
\*B1: Birinci Besin, B2: İkinci Besin



Şekil 2. Besin çeşidi ve aydınlıkta kalış süresinin *D. melanogaster*'in dişi başına düşen birey sayısı ve eşey oranına etkisi  
\*B1: Birinci Besin, B2: İkinci Besin

eşey oranı bakımından önemli farklılıklar tespit edilmemiştir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hayvanlardaki bir çok faaliyette iç faktörler etkili olduğu gibi, içinde buldukları ortamda maruz kaldıkları sıcaklık (Dadour ve ark., 2001; Jallow ve Matsumura, 2001), fotoperiyot (Fantinou ve ark., 1996), besin (Rankin ve ark., 1997; Kaspi ve ark., 2002), nem (Luz ve ark., 1999) gibi dış faktörlerde etkili olmaktadır.

Böcekler poiklotermal hayvanlar olduklarından, onların metabolik hızı yaşamlarına imkan veren sıcaklık sınırları tarafından etkilenmektedir. Fakat metabolik hız, dış faktörlerden besin ve maruz kaldıkları fotoperiyot şartlarıyla fazlasıyla

değişmektedir (Rockstein ve Miquel, 1976; Lanciani ve ark., 1991; Macedo ve ark., 2003). Bir hayvanın sahip olduğu metabolik hız ise, onun çeşitli fizyolojik faaliyetlerini ve davranışlarını etkilemektedir.

Bu çalışmada iki besin tipinde ve değişik fotoperiyot şartları altında *D. melanogaster*'in yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresi, ergin ömür uzunluğu, dişi yumurta verimi ve 2. dölündeki eşey oranı incelenmiştir. Denenen her iki besin tipinde, farklı fotoperiyot şartları altında, yumurtadan ergine kadar olan ergin öncesi gelişim süresi farklı olmuştur (Çizelge 1, 2 ve Şekil 1). Bir bütün olarak ele alındığı zaman denenen birinci tip besinde ergin öncesi gelişim, ikinci tip besindekinden daha kısa olmuştur (Çizelge 1, 2 ve Şekil 1). İki besin tipinin kompozisyonlarının farklı olması nedeniyle, larvalara

Çizelge 3. *D. melanogaster*'in yumurta verimi ve 2. döldeki dişi yüzdesine fotoperiyot ve besin çeşidinin etkisi

Uygulanan Fotoperiyot	Ortalama Verim/ Dişi		Oğul Döldeki Dişi Yüzdesi	
	I. Besin*	II. Besin*	I. Besin*	II. Besin*
0A;24K	90.33±11.16 a	74.16±9.53 a	54.08±2.24 a	55.01±2.49 a
3A;21K	73.16±30.34 b	56.16±5.33 a	58.42±7.15 a	46.13±2.29 b
6A;18K	46.16±13.74 b	50.70±4.88 a	57.67±3.11 a	56.39±2.52 c
9A;15K	39.66±15.68 b	62.60±7.42 a	54.83±4.69 a	54.33±2.04 c
12A;12K	14.60±4.41 c	28.33±10.33 b	53.83±3.83 a	57.59±0.74 c
15A;9K	41.16±12.46 d	38.16±7.92 b	56.00±1.27 a	47.77±3.62 d
18A;6K	37.60±7.89 d	50.16±5.49 b	53.47±0.32 a	47.58±0.32 d
21A;3K	36.83±10.09 d	36.60±8.97 b	53.69±1.59 a	53.78±2.52 d
24A;0K	19.16±12.78 e	33.30±16.18 b	55.43±4.25 a	45.56±7.14 d

Aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $P>0.05$ ).

\* Birinci ve ikinci tip besin tanımları için materyal ve metoda bakınız.

sağladıkları besin elemanlarının farklı olmasından dolayı, belirtilen farkın ortaya çıkması doğaldır. Böceklerde besinin metabolik aktiviteyi modifiye ederek gelişim hızını ve ömür uzunluğunu etkilediği değişik araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Rockstein ve Miquel, 1976; Morales-Ramos ve ark., 1996; Mathews ve Stephen, 1997; Olson ve Andow, 1998). Gelişimde etkin rol oynayan metabolik hızda fotoperiyot önemli rol oynar. Bu çalışmada da denenen iki besin tipinde karanlık periyodun artması halinde, yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresinin kısaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, değişik araştırmacıların sonuçlarına (Lanciani ve ark., 1990a, 1990b; Sheeba ve ark., 2000) paralellik göstermektedir. *D. melanogaster* ile yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, kısa gün şartlarında yetiştirilen bireylerin daha yüksek metabolik hızla sahip oldukları, bu nedenle gelişmenin daha hızlı olduğu ifade edilmiştir. Doğal olarak böcek gelişiminde sadece fotoperiyot ve besin önemli olmayıp, maruz kalınan sıcaklık ve nem şartları da önemli rol oynamaktadır (Luz ve ark., 1999; Jallow ve Matsumura, 2001). Diğer şartların yanında, besin çeşidi sadece ergin öncesi evrenin süresini etkilemez, aynı zamanda ömür uzunluğunu da etkiler. Morales-Ramos ve ark., (1996), *Cotalaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae) dişilerinin şeker kaynağı bulunmadığında 30°C de ortalama 2.5 günde öldüklerini, buna karşılık eşit hacimde glukoz ve fruktoz karışımıyla hazırlanan besin verildiğinde aynı koşullarda ortalama 18.27 gün yaşadıklarını belirlemişlerdir. Aynı şekilde *Musca domestica* dişilerine sadece şeker ve su verildiği zaman ortalama olarak 19 gün yaşadıkları halde, şeker, su ve süt tozu karışımıyla beslendiklerinde 29 gün yaşamışlardır (Rockstein ve Miquel, 1976).

*D. melanogaster* ile yaptığımız bu çalışmada, değişik fotoperiyot şartlarında denenen iki besin tipinde, erkek ve dişilerde gelişim süresi ve ergin ömür uzunluğu farklı olmuştur (Çizelge 1, 2 ve Şekil 1). Denenen besinlerden birinci tipte ergin öncesi gelişim süresi ve ergin yaşam süresi, ikinci tiptekinden daha kısa olmuştur (Çizelge 1, 2 ve Şekil 1). Bilindiği

gibi özellikle holometabol böceklerde ergin öncesi evredeki besin tipi bunlarda gelişim süresinde etkili olur. Genellikle yetersiz besinler, ergin öncesi gelişim süresinin uzamasına neden olurlar. Çalışmamızda kullanılan ikinci tip besinin, gelişim süresini uzatması bu besin tipinin, *D. melanogaster*'in ergin öncesi gelişim için pek uygun olmadığını gösterir. Deneme sonuçları, denenen iki besinden ikincisinin erginler için daha uygun olduğunu göstermektedir. Bu durum holometabol böceklerdeki erginlerin besinsel ihtiyaçlarının ergin öncesi evredekilerden farklı olmasından kaynaklanır. Buna göre deneğimiz besinlerden birincisi *D. melanogaster*'in ergin öncesi ihtiyaçları için daha uygun olurken, ikincisi erginlerinin ihtiyaçları için daha uygun olmaktadır. Değişik fotoperiyot şartlarında yaptığımız ergin yaşam süresi ile ilgili deneme sonuçlarına göre, erkekler dişilerden daha uzun yaşar (Çizelge 1, 2 ve Şekil 1). Bu durum dişilerin döllenmesini garanti ederek, türün devamını sağlama açısından önemli olabilir. Dişilerin daha kısa ömürlü olmalarında yüksek metabolik aktivite gerektiren yumurtlama etkili olabilir. *D. melanogaster* dişilerinde yumurtlamanın erken başlaması ve günlük olarak bırakılan yumurta sayısı hayat uzunluğunda etkili olabilir.

Ömür uzunluğunda, çevresel faktörlerden sadece ışık şiddeti, sıcaklık, nem, besin ve çiftleşmiş olup olmama değil, aynı türün farklı bölgelerde bulunmasının da etkili olduğu tespit edilmiştir (Lanciani ve ark., 1991; Argolo ve ark., 2002). Doğal olarak bunda, dünyanın değişik coğrafi bölgelerinde, yılın aynı dönemlerindeki fotoperiyot süresinin farklı olması önemli rol oynar. Gerçekten *D. melanogaster* ve diğer *Drosophila* türleri ile yapılan çalışmalarda (Allemand ve ark., 1973; Klarsfeld ve Rouyer, 1998), fotoperiyodun ergin hayat uzunluğunda önemli bir faktör olduğu, devamlı aydınlığın ergin hayat uzunluğunu kısalttığı tespit edilmiştir. Dokuz farklı fotoperiyot şartında yaptığımız bu çalışmada da, aydınlık sürenin artması halinde ergin hayatın erkek ve dişilerde kısılması (Çizelge 1, 2; Şekil 1), diğer araştırmacıların bulgularıyla uygunluk göstermektedir. Burada ergin öncesi gelişim süresi ve ergin hayat süresine fotoperiyot şartlarının ters yönde etki ettiği

görülmektedir (Çizelge 1, 2; Şekil 1). Daha önce de ifade edildiği gibi, *D. melanogaster*de karanlık evrenin artması ergin öncesi gelişim süresini kısaltmış buna karşılık ergin hayat süresini uzatmıştır. Bu durum fotopozitif olan *D. melanogaster* erginlerinin aydınlık şartlarda daha çok, karanlık şartlarda daha az aktif olmalarından kaynaklanabilir. Aktivite artışı, metabolik hızın artmasıyla, metabolik hızdaki artış ise, yaşlanmayı hızlandıran ürünlerin fazla miktarda üretimi ile sonuçlandığından aktivitedeki artış, ergin hayatın kısalmasına yol açmıştır.

Böceklerde eşey oranı popülasyon yoğunluğunu belirlemede önemli bir faktör olmaktadır. Bu oran, değişik türlerde değişiklik göstermekle birlikte, eşey oranının belirlenmesinde dişinin yaşı, döllenikten sonra bıraktığı yumurta sayısı, popülasyon yoğunluğu, besin miktarı ve çeşidi, sıcaklık gibi çevresel faktörler yanında, bazı türlerde fotoperiyot da önemli rol oynar. Afritlerde fotoperiyoda bağlı olarak ortaya çıkan eşeyli ve eşeysiz üreme, fotoperiyodun eşey oranına etkisini gösteren tipik örneklerdendir (Beck, 1963). Çalışmamızda denenen iki besin tipinde değişik fotoperiyot şartlarında, *D. melanogaster*'in dişilerinin oğul döllerindeki eşey oranında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır. Eşey oranı, hayvanların büyük bir çoğunluğunda olduğu gibi 1:1'e yakındır (Çizelge 3, Şekil 2).

Elde edilen sonuçlara göre, *D. melanogaster*'in deneysel amaçlı üretimi yapılacağı zaman, ergin öncesi gelişimin daha kısa zamanda tamamlanması için, kısa gün periyotları tercih edilmelidir. Kavun, karpuz, şeftali, domates gibi besinlerin geçici olarak depolandığı normal sıcaklık ortamlarında örneğin sebze hallerinde devamlı aydınlık şartların sağlanması *D. melanogaster*de gelişim süresinin uzamasına, verimin düşmesine yol açacağından, popülasyon yoğunluğunun daha yavaş artması sağlanarak, bu türün söz konusu alanlarda, yapacakları zararı azaltmada etkili olacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

Alemdar, N., 1980. *Drosophila*'nın Morfolojik, Anatomik Yapısı ve Bazı Sitogenetik Denemeler. Atatürk Üniversitesi Yayınları: 598, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum, 9p.

Allemand, R., Cohet, Y., and Davis, J., 1973. Increase in The Longevity of Adult *Drosophila Melanogaster* Kept in Permanent Darkness. *Exp. Geront.*, 8, 279-283.

Argolo, V.M., Bueno, V. H. P., and Silveira, C. P., 2002. Effect of Photoperiod on Reproduction and Longevity of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Neotrop. Entomol.*, 31, 2, 257-261.

Beaver, L. M., Rush, B. L., Gvakharia, B. O., and Giebultowicz, J. M., 2003. Noncircadian Regulation and Function of Clock Genes Period and Timeless in Oogenesis of *Drosophila melanogaster*. *J. Biol. Rhythms.*, 18, 6, 463-472.

Beck, S. D., 1963. Animal Photoperiodism: Relationship of Daylength to Animal Growth, Development and Behaviour. Molt Library of Science Series-I, New York, 114 pp.

Collins, B. H., Rosato, E., Kyriacou, C. P., 2004. Seasonal Behavior in *Drosophila melanogaster* Requires the

Photoreceptors the Circadian Clock and Phospholipase C. *Pnas.*, 101, 7, 1945-1950.

Dadour, J.R., Cook, D. F., and Wirth, N., 2001. Rates of Development of *Hydrotea rostrata* under Summer and Winter (Cyclic and Constant) Temperature Regimes. *Med. Vet. Entomol.*, 15, 2, 177.

Fantinou, A. A., Tsitsipis, J. A., and Karandinos, M. G., 1996. Effects of Short and Long Photoperiods on Growth and Development of *Sesamia nonargioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.*, 25, 6, 1337-1343.

Gemeno, C., and Haynes, K. F., 2001. Impact of Photoperiod on the Sexual Behavior of the Black Cutworm Moth (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomol. Soc. Ame.*, 30, 2, 189-195.

Giesel, J. T., Lanciani, C. A., and Anderson, J. F., 1989a. Larval Photoperiod and Metabolic Rate in *Drosophila melanogaster*. *Florida Entomol.*, 72, 1, 123-128.

Giesel, J. T., Lanciani, C. A., and Anderson, J. F., 1989b. Effects of Parental Photoperiod on Metabolic Rate in *Drosophila melanogaster*. *Florida Entomol.*, 72, 3, 499-503.

Han, E., and Gatehouse, G., 1991. Effect of Temperature and Photoperiod on the Calling Behaviour of a Migratory Insect, the Oriental Armyworm *Mythimna seperata*. *Physiol. Entomol.*, 16, 419-427.

HongZhu, D., and Tanaka, S., 2004. Summer Diapause and Nymphal Growth in a Subtropical Cockroach: Response to Changing Photoperiod. *Phy. Ent.*, 29, 1, 78-83.

Jallow, M. F. A., and Matsumura, M., 2001. Influence of Temperature on the Rate of Development of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Apply. Entomol. Zool.*, 36, 4, 427-430.

Kaspi, R., Mossinson, S., Drezner, T., Kamensky, B., and Yuval, B., 2002. Effects of Larval Diet on Development Rates and Reproductive Maturation of Male and Female Mediterranean fruit Flies. *Physiol. Entomol.*, 27, 29-38.

Kimura, M. T., Yoshida, T., 1995. A Genetic Analysis of Photoperiodic Reproductive Diapause in *Drosophila triauraria*. *Physiol. Entomol.*, 20, 253-256.

Klarsfeld, A., and Rouyer, F., 1998. Effects of Circadian Mutations and LD Periodicity on the Life Span of *D. melanogaster*. *J. Biol. Rhythms.*, 13, 6, 471-478.

Lanciani, C. A., Giesel, J. T., Anderson, J. F., 1990a. Seasonal Change in Metabolic Rate of *Drosophila simulans*. *Comp. Biochemist. Physiol.*, 4, 501-504.

Lanciani, C. A., Giesel, J. T., Anderson, J. F., and Emerson, S. S., 1990b. Photoperiod Induced Changes in Metabolic Response to Temperature in *Drosophila melanogaster* Meigen. *Funct. Ecol.*, 1, 41-45.

Lanciani, C. A., Anderson, J. F., Giesel, J. T., 1991. Effect of Photoperiod on Metabolic Rate in a Subtropical Population of *Drosophila melanogaster*. *Comp. Biochemist. Physiol.*, 2, 347-348.

Lanciani, C. A., Lipp, K. E., and Giesel, J. T., 1992. The Effect of Photoperiod on Cold Tolerance in *Drosophila melanogaster*. *J. Therm. Biol.*, 17, 3, 147-148.

Lombardero, M. J., Ayres, M. P., Ayres, B. D., and Reeve, J. D., 2000. Cold Tolerance of Four Species of Bark Beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environ. Entomol.*, 29, 3, 421-432.

Luz, C., Fargues, J., Grunewald, J., 1999. Development of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) under Constant and Cyclic Conditions of Temperature and Humidity. *Mern. Ins. Oswaldo Cruz.*, 94, 3, 403-409.

Macedo, L. P. M., Souza, B., Carvaiho, C. F., and Ecole, C. C., 2003. Influence of the Photoperiod on Development

- and Reproduction of *Chrysoperia externa* (Neuroptera: Chrysopidae). Neotropical. Entomol., 32,1, 91-96.
- Mathews, P. L., and Stephen, F. M., 1997. Effect of Artificial Diet on Longevity of Adult Parasitoids of *Dendroctonus Frontalis* ( Coleoptera:Scolytidae). Environ. Entomol., 26, 961-965.
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M.G., and King, E. G., 1996. Significance of Adult Nutrition and Oviposition Experience on Longevity and Attainment of Full Fecundity of *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 89, 4, 555-563.
- Nealis, V. G., Oliver, D., and Teir, D., 1996. The Diapause Response to Photoperiod in Ontario Populations of *Cotesia melanoscela* (Hymenoptera: Braconidae). Can. Entomol., 128, 41-46.
- Numata, H., and Nakamura, K., 2002. Photoperiodism and Seasonal Adaptations in Some Seed- Sucking Bugs (Heteroptera) in Central Japan. Eur. J. Entomol., 99, 155-161.
- Olson, D. M., and Andow, D. A., 1998. Larval Crowding and Adult Nutrition Effects on Longevity and Fecundity of Female *Trichogramma nubilale* Ertle and Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Environ. Entomol., 27, 508-514.
- Qiu, J., Hardin, P. E., 1996. Developmental State and the Circadian Clock Interact to Influence the Timing of Eclosion in *Drosophila melanogaster*. J. Biol. Rhythms., 11, 1, 75-86., 209-214.
- Rankin, S. M., Dossat, H. B., Garcia, K. M., 1997. Effects of Diet and Mating Status Upon Corpus Allatum Activity, Oocyte Growth and Salivary Gland Size in the Ring-Legged Earwig. Ent.Exp. Apply., 83,1,31-40.
- Rockstein, M., and Miguel, J., 1976. The Physiology of Insecta. Ed by Rockstein M., Academic Pres., New York and London, 371-478.
- Ruberson, J. R., Shen, Y. J., and Kring, T. J., 2000. Photoperiodic Sensitive and Diapause in the Predator *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). Ann. Entomol. Soc. Am. 93,5, 1123-1130.
- Saunders, D. S., and Gilbert, L. I., 1990. Regulation of Ovarian Diapause in *Drosophila melanogaster* by Photoperiod and Moderately Low Temperature. J. Insect. Physiol., 36, 3, 195-200.
- Saunders, D. S., Richard, D. S., Applebaum, S. N., Gilbert, L. I., 1990. Photoperiodic Diapause in *Drosophila melanogaster* Involves a Block to the Juvenile Hormone Regulation of Ovarian Maturation. Gen.Comp. Endoc., 79, 2, 174-184.
- Sheeba, V., Sharma, V. K., Shubha, K., Chandrashekar, M. K., Joshi, A., 2000. The Effect of Different Light Regimes on Adult Life Span in *Drosophila melanogaster* is Partly Mediated Through Reproductive Output. J. Biol. Rhythms., 15, 5, 380-392.
- Takeda, M., and Skopik, S. D., 1997. Photoperiodic Time Measurement and Related Physiological Mechanism in Insects and Mites. Ann. Rev. Entomol., 42, 323-349.
- Thompson, J. J. W., Armitage, S. A. O., and Jothy, M. T. S., 2002. Cuticular Colour Change After Imaginal Eclosion is Time-Constrained: Blacker Beetles Darken Faster. Physiol. Entomol., 27, 136-141.
- Tommasini, M. G., and Lenteren, J. C. V., 2003. Occurrence of Diapause in *Orius laevigatus*. Bull. Insectol., 56(2) 225-251.
- Whittaker, M. S., and Kirk, W. D. J., 2004. The Effect of Photoperiod on Walking, Feeding and Oviposition in the Western Flower Thrips. Entomol. Exp. Et. Appl., 111,3, 209-214.

## BAZI MISIR ÇEŞİTLERİNİN ORTA KARADENİZ BÖLGESİNDE PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

Halil KAPAR Ahmet ÖZ  
Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, PK 39, Samsun

Geliş Tarihi: 01.06.2004

**ÖZET:** Bu araştırmanın amacı üretimde bulunan bazı tek melez mısır çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki performanslarını belirlemektir. Bunun için değişik özel firmalardan ve kamu kuruluşlarından sağlanan 27 tek melez mısır çeşidi 2001 yılında Samsun ve Amasya, 2002 yılında Samsun ve Bafra lokasyonlarında denenmiştir. Denemelerde tane verimi, tane/koçan oranı, ilk koçan yüksekliği, bitki boyu, hasatta tane nemi ve tepe püskülü gösterme süresi incelenmiştir. Birleştirilmiş analiz sonuçlarına göre incelenen özellikler bakımından çeşitler arasında önemli ( $p<0.01$ ) farklılıklar bulunmuştur. Tane verimi değerleri iki yıllık sonuçların ortalamasına göre 845-1190 kg/da arasında değişmiş, Ada.95-16 çeşidi en fazla tane verimine sahip olmuştur. Doge çeşidi en fazla bitki boyuna (282 cm), Ada.95-16 en fazla ilk koçan yüksekliği (126 cm) ve hasatta tane nemine (% 29.0) sahip olmuştur. Rx.670 çeşidi en erken (58.6 gün) tepe püskülü gösterme süresine, C.6127 çeşidi ise en fazla tane koçan oranına (% 85.4) sahip olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hibrit mısır, verim, verim unsurları

## DETERMINATION OF SOME CORN CULTIVARS PERFORMANCES IN THE MIDDLE BLACKSEA REGION

**ABSTRACT:** The objective of this research was to determine performance of some single cross dent maize hybrids in The Central Blacksea Region of Turkey. Experiments were set in randomized block design in Samsun, Bafra and Amasya in 2001 and 2002. Duration to tasselling, plant height, first ear height, moisture content, kernel to ear ratio and yield were observed in the experiments. Significant differences for all traits were found among the cultivars ( $p<0.01$ ). Yield ranged from 862 to 1190 kg/da and Ada.95-16 gave the highest grain yield. Doge had the highest plant height (282 cm). Ada.95-16 showed the highest first ear height (126 cm) and moisture content (% 29.0). Rx.670 was the earliest for duration to tasselling (58.6 days) and the highest kernel-ear ratio (% 85.4) was obtained from C.6127.

**Keywords:** Hybrid corn, yield, yield components

### 1. GİRİŞ

Ülkemiz önemli bir mısır üreticisidir. Ancak çoğu mısır yetiştirme bölgelerinde ekolojilere uygun çeşitler seçilemediğinden gerçek verim potansiyeline ulaşamamaktadır. Karadeniz'in yüksek kesimlerinde, Kuzeydoğu, Ortadoğu ve Ortakuzey gibi tarımsal bölgelerimizin yüksek ve soğuk yörelerinde sulama imkanlarının artmasıyla erkenci mısır tarımı daha da gelişebilir (Emeklier, 1997).

1981 yılında 1.488 bin ton olan mısır üretimimiz 2001 yılında 2.200 bin ton'a yükselmiştir. Aynı sürede birim alan tane verimi 2644 kg/ha'dan 4000 kg/ha'a yükselmiş, üretimde % 47.8, verimde % 51'lik bir artış sağlanmıştır. Ancak üretimin tüketimi karşılama oranı % 68 civarında kalmıştır (Emeklier, 2002).

Karadeniz Bölgesinde 155.623 ha'lık alanda mısır üretimi yapılmakta olup, 324.827 ton ürün alınmaktadır. Bölgemizde sadece Samsun'da 46.3 ha'lık alanda 141.560 ton mısır üretimi yapılmaktadır. Bölgemiz üretiminin % 44'nün Samsun'da yapılmaktadır. Amasya'da ekim alanı 1203 ha, üretim 5105 ton, verim 424 kg/da'dır (Anonim, 2002).

Mısır, çok farklı kullanım imkanları nedeniyle ülkemizde önemi giderek artan bir tahıldır. Diğer bitkilerde olduğu gibi mısırdaki da yüksek verim elde edilebilmesi ekolojilere uygun çeşitlerin geliştirilip yetiştirilmesine bağlıdır. Her çeşit farklı çevrelerde

farklı tepki verir. Genotip x çevre interaksyonu yeni çeşit geliştirmede önemli bir faktördür. Yeni geliştirilen bir çeşidin önerildiği bölgede en kötü şartlarda bile ortalama verimin altına düşmemesi ve iyi şartlarda en yüksek verimi vermesi arzulanır (Turgut ve ark. 2000).

Angelov (1994), olgunlaşma süresi bakımından 5 gruba dağılan 100 hibrit mısır çeşidi üzerinde yaptığı araştırmada; tane verimi ile olgunlaşma süresi, bitki boyu, bitkide yaprak sayısı ve ilk koçan yüksekliği arasında önemli ve yüksek ilişki olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca koçan uzunluğu, koçanda tane sayısı arasında önemli ve olumlu ilişki olduğunu ancak, koçanda sıra sayısı ve hasatta tane nemi arasında ise ilişki olmadığını belirlemiştir.

Çarşamba Ovasında 1 adet yerli (beyaz sert), 1 adet kompozit (Karadeniz Yıldızı) ve 14 adet hibrit mısır çeşidi ile yapılan bir araştırmada, tepe püskülü gösterme süresi, ilk koçanın yerden yüksekliği, koçan uzunluğu, bin tane ağırlığı ve verim bakımından çeşitler arasında önemli farklılık görülmüştür (Sezer ve Gülümser, 1999).

Öz ve Kapar (2001), Samsun şartlarında 12 mısır çeşit ve çeşit adayının verim ve verim unsurlarını belirlemek amacı ile yürüttükleri çalışmada incelenen özelliklerde çeşit ve çeşit adayları arasında önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Öz ve Kapar (2003), Samsun şartlarında 3 yıl yürüttükleri bir araştırmada 12 çeşit ve çeşit

adaylarının verim ve verim unsurları ve stabilite durumlarını incelemişlerdir. Araştırmada birim alan tane verimi 883-1212 kg/da, tepe püskülü gösterme süreleri 57.89-64.67 gün, bitki boyu 228-284 cm, ilk koçan yüksekliği 94-137 cm, hasatta tane nemi % 20.0-25.0, tane/koçan oranı ise % 80.78 ile 85.0 arasında değişmiştir.

Son yıllarda özel firmalar yurt dışında tescil edilmiş çeşitleri yurt içinde tescil ettirerek veya üretim izni alarak piyasaya sürmektedirler. Bu yüzden mısır çeşit sayısı her yıl hızla artarak 150'yi bulmuştur. Yine son yıllarda mısır bitkisi üreticisi desteklenmiş mısır ekim alanı artmaktadır. Piyasada çok sayıda mısır çeşidi bulunduğundan üretici seçiminde zorlanmaktadır. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Karadeniz Bölgesi'nde mısır ıslahı yürüten tek kurumdur. Bu yüzden çok sık çeşit seçimi sorusu ile karşılaşmaktayız. Bu çalışmadaki amacımız bu sorulara cevap bulmak için temin edilen çeşitlerin Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki performanslarını belirlemektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Deneme hazırlığı esnasında mısır tohumculuğu ile ilgilenen kamu ve özel kuruluşlarından materyal istenmiştir. Bu deneme materyalini bu tohumluk kuruluşlarından temin edilen 27 çeşit oluşturmaktadır. Elde edilen mısırlar 2001 yılında Samsun ve Amasya, 2002 yılında ise Samsun ve Bafra'da denenmiştir. Denemeler tesadüf blokları deneme deseninde Samsun'da 4, Amasya ve Bafra'da 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Bütün denemelerde sıra arası 70, sıra üzeri 25 cm alınmış, saf olarak 18 kg/da N ve 6 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hesabıyla gübre verilmiştir. Fosforun tamamı ile azotun yarısı ekimle birlikte diğer yarısı bitkiler dizboyu olunca uygulanmıştır. Ekim yapıldığı gün yabancı ot ilacı uygulanmış, çıkıştan sonra ve bitkiler dizboyu olunca ikinci çapa yapılmıştır. Samsun ve Bafra'da 3, Amasya'da 4 sulama yapılmıştır. Her iki yılda da ekimler mayıs, hasatlar ekim ayı ortasında yapılmıştır.

Mısır çeşitlerinin tane verimi, tepe püskülü gösterme süresi, bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, tane/koçan oranı ve hasatta tane nemi incelenmiştir. Bitkilerin çıkışı ile tepe püskülü göstermeleri arasındaki süre, tepe püskülü gösterme süresi olarak alınmıştır. Her parselde on bitki üzerinde ölçümler yapılarak; toprak yüzeyi ile bitkinin uç noktası bitki boyu, üstteki ilk koçanın bulunduğu boğum ile toprak yüzeyi arasındaki mesafe ilk koçan yüksekliği olarak alınmıştır. Hasat ortadaki iki sırada (7 m<sup>2</sup>) yapılmıştır. Her parselden beş koçan alınarak tane/koçan oranı belirlenmiştir. Hasatta tane nemi her parselden alınan numuneler ölçülerek belirlenmiştir. Tane verimi % 15 tane nemine göre hesaplanmıştır. Çizelgelerde incelenen özelliklere ait verilen ortalama değerler tekerrürler, yıllar ve lokasyonlar üzerinden hesaplanmıştır.

Tekerrür sayıları eşit olmadığından bu şekildeki verileri analiz edebilen SAS programının Proc GLM işlemi kullanılmıştır (SAS, 1998).

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mısır çeşitlerinin verim ve bazı verim öğelerine ait yerler ve yıllar üzerinden birleştirilmiş varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Denemelerin birleştirilmiş analizinde tüm özelliklerde çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. İlk koçan yüksekliği dışındaki diğer özelliklerde yıl faktörü istatistiksel bakımdan önemli (p<0.01) bulunmuştur. Çeşit x yer etkisi önemli özellik olan tane verimi ve tepe püskülü gösterme süresinde önemli bulunmuştur. Yıl x çeşit etkisi tane verimi, tepe püskülü gösterme süresi tane/koçan oranı özelliklerinde önemlidir. Yer faktörü tane verimi, ilk koçan yüksekliği, tane/koçan oranı ve hasatta tane neminde önemli (p<0.01) çıkmıştır.

### 3.1. Tane Verimi

Tane verimi bakımından çeşitler arasındaki farklılık Samsun ve Bafra'da önemli (p<0.01) bulunmuştur (Çizelge 2). Denemelerin ortalama-sına göre Ada 95-16 çeşidi birinci sırada yer almış (1190 kg/da), onu Sele ve Progen Sır çeşitleri takip etmiştir. Son sırada ise erkenci çeşit olan TTM-813 çeşidi yer almıştır. 2001 yılında Samsun'da dekara en fazla tane verimini (1225 kg) Ada 95-16 çeşidi vermiş onu Trebbia ve Progen Sır çeşitleri takip etmiştir. Aynı yıl Amasya'da Korduna çeşidi en fazla tane verimine (1073 kg/da) sahip olmuştur. Amasya'da çeşitler arasında istatistiki açıdan bir fark çıkmamıştır. 2002 yılında Samsun'da Konsur çeşidi en fazla tane verimine (1396 kg/da) sahip olmuştur. Onu Rx.670, Ada 95-16 ve Rx.760 çeşitleri takip etmişlerdir. Aynı yıl Bafra'da Sele çeşidi en fazla tane verimini (1347 kg/da) vermiş, onu Doge ve Progen Sır çeşitleri takip etmiştir.

Çeşitlerin verimleri çevreye uyumları ile doğrudan ilgilidir. Genetik yapıları farklı olan çeşitlerin birim alan verimlerinin de farklı çıkması beklenir (Emeklier, 1997). Çeşidin tane veriminin vejetasyon süresi, bitki boyu, ilk koçan yüksekliği ve yaprak sayısı ile doğrudan yüksek ilişkisi vardır (Angelov, 1994). Bizim bulgularımız Emeklier (1997), Sezer ve Gülümser (1999), Emeklier ve Birsin (2000), Öz ve Kapar (2001) ile Öz ve Kapar (2003) benzerdir. Turgut ve ark. (2000)'den düşük çıkmıştır. Bu farklılık öncelikle çeşitlerin genetik yapılarından kaynaklanmaktadır. İkinci önemli etken denemelerin yürütüldüğü çevrelerin özellikleridir. Mısır yetiştiriciliği için Marmara Bölgesi Karadeniz Bölgesi'nden daha uygundur.

### 3.2. Tepe Püskülü Gösterme Süresi

Samsun'daki denemelerden elde edilen tepe püskülü gösterme süresi değerleri bakımından

Çizelge 1. Mısır çeşitlerinin incelenen özelliklere ait birleştirilmiş varyans analiz sonuçları

Özellikler	Yıl	Yer	Çeşit	Yıl x Çeşit	Yer x Çeşit	VK
Tane verimi	**	**	**	**	*	16.74
Tepe püskülü gösterme süresi	**	ÖD	**	**	**	2.27
Bitki boyu	**	ÖD	**	ÖD	ÖD	6.27
İlk koçan yüksekliği	ÖD	**	**	ÖD	ÖD	10.56
Tane/koçan oranı	**	**	**	**	ÖD	1.53
Hasatta tane nemi	**	**	**	ÖD	ÖD	6.71

\*, \*\*; sırasıyla % 5 ve 1 düzeyinde önemli, ÖD: Önemli değil

Çizelge 2. Mısır çeşitlerinin tane verimi (kg/da)

Çeşitler	2001		2002		Ortalama
	Samsun	Amasya	Samsun	Bafra	
Ada.95-16	1225 a**	939	1327 ac**	1212 ac**	1190
Sele	1067 ad	954	1288 ad	1347 a	1166
Progen Sır	1133 ac	987	1274 ad	1238 ab	1164
Vero	1122 ac	1010	1306 ad	1169 ac	1161
Konsur	1132 ac	837	1396 a	1151 ad	1148
Trebbia	1181 ab	981	1188 ae	1193 ac	1143
Doge	989 be	999	1193 ae	1336 a	1124
Rx 770	1025 ad	1044	1127 ae	1226 ab	1101
T.1866	1061 ad	794	1294 ad	1114ae	1082
Rx 760	1035 ad	720	1327 ac	1149 ad	1075
Rx 670	990 be	995	1368 ab	866 fi	1072
Luce	1004 be	807	1268 ad	1163 ad	1071
Korduna	1051 ad	1073	1162 ae	921 di	1060
T.1915	881 df	988	1213 ab	1063 be	1038
Rx 9292	1033 ad	953	1059 be	1017 bh	1020
DK 647	957 cf	563	1214 ad	1151 ad	987
Piave	990 be	706	1077 ae	1145 ad	987
Otello	799 ef	916	1084 ae	1033 bg	984
TTM 815	1004 be	753	1074 ae	859 fi	968
Rx 788	856 df	757	1068 ae	1013 bh	957
TTM 8119	871 df	892	1085 ae	810 gi	924
C 6127	860 df	784	1030 ce	970 ci	916
T 1595	841 df	727	1134 ae	887 fi	911
LG 55	881 df	734	1127 ae	782 hi	898
C 7993	954 cf	759	880 e	972 ci	895
LG 60	996 be	672	995 de	773 i	879
TTM 813	763 f	713	1090 ae	761 i	845
VK	10.03	16.20	12.08	9.01	

\*\* : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar %1 düzeyinde farklıdır.

çeşitler arasındaki farklılık önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 3). Çeşitler ortalama olarak 58.6 gün ile (Rx.670) 67.9 gün (T.1915) arasında tepe püskülü göstermiştir. Her iki yılda da Rx.670, Piave ve Rx 760 çeşitleri en erken, T.1915, Doge ve T.1866 çeşitleri en geç sürede tepe püskülü göstermiştir. Çiçeklenme yıllara, yerlere ve çeşitlere göre değişmiştir.

Nispi nem ve sıcaklık tozlanma ve döllemeyi etkilemektedir (Emeklier, 1997). Murariu et al. (1995), tane verimi ile erken çiçeklenme arasında olumsuz ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Vejetasyon süresinin başlangıcındaki serin günler özellikle tropik geçici çeşitlerde büyümeyi teşvik edip, vejetatif gelişmeyi uzatmaktadır (Yanusa and Gworgwor, 1992). Çiçeklenme çeşide bağlı olmakla beraber çeşitler farklı yerlerde farklı zamanda çiçeklenme özelliğindedir. Çıkışı takip eden sıcak günler bitkilerin

çiçeklenme süresini kısaltmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde mısır ekimini takip eden günlerdeki uygun sıcaklıklar, çiçeklenme için gerekli toplam sıcaklığa bitkilerin kısa sürede ulaşmalarını sağlamaktadır. Bizim bulgularımızın Emeklier (1997) Sezer ve Gülümser (1999), Turgut ve ark. (2000)'den düşük çıkmasında çeşit farklılığı ve deneme yıllarındaki sıcaklık toplamı etkili olabilir.

### 3.3. Bitki Boyu

Bitki boyu bakımından çeşitler arasındaki farklılık Amasya dışında önemli ( $p < 0.01$  ve  $0.05$ ) çıkmıştır (Çizelge 4). Ortalama değerler 255 (Luce) ile 282 (Doge) cm arasında değişmiştir. Birinci yıl Samsun'da Ada 95-16, ikinci yıl T.1915, Amasya ve Bafra'da ise Konsur çeşitleri en yüksek bitki boyuna sahip olmuştur. Amasya'da en yüksek bitki boyuna

Çizelge 3. Mısır çeşitlerinin tepe püskülü gösterme süresi (gün)

Çeşitler	2001			2002			Ortalama
	Samsun	Samsun	Ortalama	Samsun	Samsun	Ortalama	
1-T 1915	59.0 a**	74.5 a**	67.9	15-Konsur	56.0 bd	67.0 fi	62.3
2-Doge	58.3 ab	72.8 ab	66.6	16-Vero	55.3 dc	67.5 eh	62.3
3-T 1866	59.0 a	71.3 bc	66.0	17-Rx 788	56.0 bd	66.8 fi	62.1
4-Ada 95-16	57.0 ad	71.0 bd	65.0	18-Progen Sır	53.3 dc	67.0 fi	62.0
5-LG 55	56.3 ad	71.0 bd	64.7	19-Korduna	54.3 df	67.8 dh	62.0
6-Rx 9292	56.3 ad	70.5 be	64.2	20-C 6127	54.7 de	67.3 ei	61.9
7-LG 60	54.7 de	71.3 bc	64.1	21-Sele	54.3 df	67.0 fi	61.6
8-Otello	57.0 ad	69.5 bf	64.1	22-Luce	54.7 de	66.3 fi	61.3
9-T 1595	57.0 ad	69.5 bf	64.1	23-TTM 813	54.7 de	66.0 gi	61.2
10-C 7993	55.7 bd	69.3 cf	63.4	24-Rx 770	52.0 eg	67.3 ei	60.7
11-TTM 815	55.0 dc	69.3 cf	63.1	25-Rx 760	51.7 fg	65.0 hi	59.3
12-TTM 8119	53.3 dc	69.0 cf	63.1	26-Piave	51.3 g	64.8 hi	59.0
13-Trebbia	54.3 df	69.5 bf	63.0	27-Rx 670	51.3 g	64.0 i	58.6
14-DK 647	57.7 ac	67.0 fi	63.0	VK	2.05	2.23	

\*\* : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar %1 düzeyinde farklıdır.

Çizelge 4. Mısır çeşitlerinin bitki boyu (cm)

Çeşitler	2001		2002		Ortalama
	Samsun	Amasya	Samsun	Bafra	
Doge	281 ab *	290	289 ab**	265 ab*	282
Konsur	272 ae	297	285 ad	268 a	281
Ada 95-16	288 a	292	281 ae	258 ad	280
T 1915	270 ae	287	299 a	263 ac	280
T 1866	264 af	288	288 ad	262 ac	275
Sele	271 ae	292	284 ad	252 ad	275
Vero	280 ac	275	276 ag	258 ad	273
Korduna	263 af	278	289 ab	253 ad	271
TTM 815	268 af	280	276 ag	258 ad	271
TTM 8119	265 af	288	275 ag	253 ad	270
DK 647	276 ad	278	275 ag	245 ad	270
Otello	253 de	287	286 ad	250 ad	269
T 1595	265 af	282	280 af	242 bd	268
LG 55	259 bf	282	278 af	252 ad	268
Rx 9292	256 bf	272	281 ae	257 ad	267
Progen Sır	265 af	277	273 ag	252 ad	267
Rx 670	261 bf	272	270 bg	250 ad	264
C 7993	256 bf	285	263 bg	250 ad	263
Rx 788	249 ef	270	275 ag	258 ad	263
LG 60	260 bf	282	272 ag	235 d	263
TTM 813	254 cf	272	269 bg	252 ad	261
Rx 770	259 bf	278	253 fg	255 ad	260
Trebbia	269 af	265	249 g	260 ac	260
Rx 670	266 af	268	255 eg	250 ad	260
Piave	264 af	260	259 dg	252 ad	259
C 6127	243 f	282	255 eg	257 ad	258
Luce	246 ef	275	260 cg	240 cd	255
VK	5.72	4.97	4.52	3.60	

\*, \*\*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar % 5 ve 1 düzeyinde farklıdır.

Konsur çeşidi sahip olmuş, onu Ada 95-16 ve Sele çeşitleri takip etmiştir.

Bitki boyu büyük oranda genetik faktörlerin etkisi altında olup verimi etkileyen bir faktördür (Hallauer and Miranda, 1987). Erken ekimler bitki boyu üzerine olumlu etki yapmaktadır (Liang and Zhang, 1992). Silajlık mısır ekimlerinde toplam bitki verimi açısından önemli bir özellik olan bitki boyu denemeye alınan çeşitlerin hibrit olmalarından dolayı iyi düzeydedir. Çeşitler farklı bölgelerde farklı sonuçlar

vermelerine rağmen Doge, Konsur, Ada 95-16, T.1915 ve T.1816 çeşitleri 4 denemede de ilk sıraları almışlardır. Amasya lokasyonu diğerlerinden yüksek rakıma sahip olmasına rağmen çeşitler iyi boylanmışlardır.

### 3.4. İlk Koçan Yüksekliği

İlk koçan yüksekliği bakımından çeşitler arasındaki farklılık Bafra dışında önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 5). İlk koçan yüksekliği



değerleri ortalama olarak 126 cm (Ada.95-16) ile 95 cm (Rx. 670) arasında değişmiştir. 2001 yılında Samsun'da Ada.95-16, Amasya'da Ada.95-16, TTM.8119, T.1866 ve Doge, 2002 yılında ise Samsun'da Otello çeşitleri en yüksek değere sahip olmuştur.

İlk koçan yüksekliği de bitki boyu gibi büyük oranda genetik faktörlerin etkisi altındadır (Hallauer and Miranda, 1987). Erken ekimler ilk koçan yüksekliği üzerine olumlu etki yapmaktadır (Liang and Zhang, 1992). Çeşitlerin ilk koçan yüksekliklerinin farklı lokasyonlarda genelde birbirine yakın değerler aldıkları görülmektedir. Makineli hasat için önem arz eden bu özelliğin genelde 1 m.'nin altına düşmemesi istenir.

### 3.5. Tane/Koçan Oranı

Tane/koçan oranı bakımından mısır çeşitleri arasındaki farklılık tüm yerlerde önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 6). Ortalama değerlere göre tane/koçan oranı % 77.9 (Vero) ile 85.4 (C.6127) arasında değişmiştir. Samsun'da 2001 yılında Konsur, 2002 yılında C.6127 ve TTM.813 çeşitleri en fazla değere sahip olmuştur. Amasya ve Bafra'da C.6127 çeşidi en fazla tane/koçan oranına sahip olmuştur.

Genelde koçan ağırlığının % 80'i tane ağırlığı olarak ölçülmektedir. Çeşitlerde tane ve somakta

biriken besin maddesi miktarının farklı olması nedeniyle bu özellik bir seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebilir (Emekler, 1997). Genel olarak tepe püskülünü erken gösteren (erkenci) çeşitler yüksek tane/koçan oranına sahip olmuşlardır. En yüksek tane/koçan oranına sahip C.6127 çeşidinin de çiçeklenmeye erken başladığı görülmektedir.

### 3.6. Hasatta Tane Nemi

Hasat edilmiş üründe tane nemi bakımından mısır çeşitleri arasındaki farklılık önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Denemelerin birleştirilmiş ortalamasına göre en fazla nem Doge ve Ada.95-16, en az ise Piave çeşitlerinde bulunmuştur. 2001 yılında Samsun'da Ada.95-16, Amasya'da Doge ve Ada.95-16, 2002 yılında Samsun'da T.1915, Bafra'da ise Doge çeşidinin en fazla tane nemine sahip olduğu görülmüştür. Her iki yılda da en az neme Samsun'da Piave, Amasya ve Bafra'da C.6127 çeşitlerinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak çeşitlerin tane neminin 2002 yılında 2001 yılından daha az olduğu, nem oranı düşük çeşitlerin çiçeklenmesini erken tamamlayan çeşitler olduğu görülmektedir. Bunun nedeni hasat zamanındaki hava şartları olabilir.

Çizelge 5. Mısır çeşitlerinin ilk koçan yüksekliği (cm)

Çeşitler	2001		2002		Ortalama
	Samsun	Amasya	Samsun	Bafra	
Ada 95-16	131 a**	133 a**	125 ad**	113	126
T 1866	124 ab	128 a	126 ac	108	122
T 1915	121 ab	123 ac	128 ab	112	121
Doge	119 ac	128 a	121 ad	115	121
TTM 815	124 ab	113 ad	123 ad	118	120
TTM 8119	110 ad	130 a	124 ad	107	118
Otello	106 bd	125 ac	131 a	105	117
Konsur	112 ad	120 ad	123 ad	112	117
Rx 9292	115 ad	113 ad	118 af	112	115
C 6127	110 ad	122 ad	116 af	107	114
T 1595	108 bd	122 ad	121 ad	102	113
LG 55	104 bd	122 ad	119 af	110	113
Korduna	106 bd	108 ad	123 ad	105	108
Progen Sır	114 ad	108ad	110 ag	108	111
TTM 813	110 ad	120 ad	109 ag	100	110
LG 60	103 bd	115 ad	119 ae	97	110
Trebbia	113 ad	103 ad	103 cg	112	109
DK 647	113 ad	107 ad	113 ag	95	108
Sele	108 bd	108 ad	108ag	105	107
C 7993	103 bd	127 ab	104 bg	98	107
Rx 788	93 d	110 ad	111 ag	107	105
Luce	109 ad	105 ad	105 bg	98	105
Vero	104 bd	97 bd	101 dg	107	102
Rx 770	98 cd	105 ad	91 g	110	100
Rx 670	106 bd	97 bd	94 fg	103	100
Piave	103 bd	92 d	95 eg	102	98
Rx 670	94 d	95 cd	94 fg	97	95
VK	9.28	10.11	9.57	9.02	

\*\* : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar % 1 düzeyinde farklıdır.

Çizelge 6. Mısır çeşitlerinin tane/koçan oranı (%)

Çeşitler	2001		2002		Ortalama
	Samsun	Amasya	Samsun	Bafra	
C 6127	83.5 ac**	84.0 a**	86.8 a**	87.3 a**	85.4
TTM 813	83.5 ac	83.3 ac	86.8 a	86.3 ab	85.0
Konsur	84.0 a	83.7 ab	85.8 ab	86.0 ab	84.9
Rx670	83.3 ad	83.0 ad	85.3 ac	85.0 be	84.1
Piave	83.3 ad	81.3 bh	85.3 ac	85.3 ad	83.9
T 1866	83.8 ab	83.3 ac	84.3 bd	84.0 cf	83.9
Otello	82.3 af	83.7 ab	85.3 ac	83.0 dg	83.6
Sele	83.3 ad	82.7 ae	83.8 be	84.3 bf	83.5
Korduna	83.5 ac	83.3 ac	82.3 df	85.0 be	83.4
TTM 8119	82.3 af	83.7 ab	84.3 bd	83.0 dg	83.3
LG 55	82.8 ae	82.3 af	84.3 bd	83.3 dg	83.2
Rx 770	82.0 af	83.0 ad	84.0 be	84.0 cf	83.2
Ada 95-16	83.8 ab	81.7 ag	83.3 bf	83.7 dg	83.1
Rx 670	82.5 ae	81.0 ch	84.5 ad	83.7 dg	83.0
LG 60	82.3 af	83.3 ac	84.0 be	82.3 fg	83.0
Rx 9292	82.3 af	83.3 ac	84.0 be	82.3 fg	83.0
Rx 788	81.0 af	81.7 ag	84.3 bd	82.7 eg	82.4
DK 647	81.5 af	80.3 ei	83.5 bf	83.3 dg	82.2
T 1595	82.0 af	81.3 bh	83.0 cf	82.0 fh	82.1
T 1915	81.5 af	82.7 ae	82.0 df	81.3 gh	81.9
TTM 815	81.5 af	81.7 ag	81.5 ef	82.7 eg	81.8
C 7993	80.3 cf	80.7 di	82.8 cf	83.3 dg	81.7
Doge	79.5 eg	82.0 ag	83.0 cf	82.3 fg	81.6
Progen Sır	80.5 bf	79.7 gi	82.0 df	82.3 fg	81.1
Luce	79.0 fg	80.0 fi	81.3 f	82.0 fh	80.5
Piave	80.0 dg	78.3 i	79.0 g	80.0 h	79.4
Vero	77.0 g	79.0 hi	79.0 g	78.3 h	77.9
VK	1.84	1.20	1.37	1.11	

\*\* : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar %1 düzeyinde farklıdır.

Çizelge 7. Mısır çeşitlerinin hasatta tane nemi (%)

Çeşitler	2001		2002		Ortalama
	Samsun	Amasya	Samsun	Bafra	
Doge	30.2 ab**	35.4 a**	23.8 ac**	28.1 a**	29.0
Ada 95-16	30.9 a	35.1 a	24.3 ab	26.6 ac	29.0
T 1915	30.3 ab	32.3 ad	24.7 a	27.0 ab	28.4
Sele	30.5 ab	33.7 ab	23.9 ac	24.7 ad	28.0
TTM 815	28.8 ac	32.4 ad	22.2 ae	26.7 ac	27.2
Vero	27.7 ae	32.2 ad	23.1 ad	26.0 ac	27.0
LG 60	27.7 ae	31.7 ad	23.0 ad	26.2 ac	26.9
T 1866	28.0 ae	33.3 ac	21.9 ae	25.7 ac	26.9
Rx 9292	28.7 ad	32.0 ad	21.4 af	24.5 ae	26.4
T 1595	27.3 af	31.8 ad	22.1 ae	24.2 af	26.1
LG 55	27.9 ae	30.6 ad	22.4 ae	24.1 af	26.1
TTM 8119	27.3 af	30.9 ad	21.8 ae	25.0 ad	26.0
Luce	28.6 ad	33.2 ac	20.7 cf	22.5 cf	26.0
Trebbia	26.4 cg	33.0 ad	21.8 ae	23.6 bf	25.9
Rx 670	26.0 cg	33.3 ac	20.7 cf	25.0 ad	25.8
Otello	27.7 ae	31.5 ad	20.7 cf	23.1 bf	25.5
DK 647	26.5 cg	32.7 ad	19.9 df	24.2 af	25.4
Korduna	26.8 bg	33.0 ad	20.5 cf	22.4 cf	25.4
Konsur	27.2 bf	31.4 ad	20.1 df	23.1 bf	25.2
Rx 770	25.2 cg	33.3 ac	20.3 cf	23.2 bf	25.1
C 7993	26.3 cg	29.1 bd	22.1 ae	22.9 bf	25.0
Rx670	24.8 eg	33.7 ab	20.0 df	22.5 cf	24.9
Progen Sır	25.0 dg	31.1 ad	21.0 bf	22.4 cf	24.6
Rx 788	25.5 cg	30.6 ad	19.9 df	23.0 bf	24.4
TTM.813	24.5 eg	28.3 cd	19.1 ef	21.2 df	23.1
C 6127	23.7 fg	27.7 d	18.9 ef	19.9 f	22.4
Piave	23.5 g	28.8 bd	17.9 f	20.2 ef	22.3
VK	6.13	6.28	7.64	7.05	

\*\* : Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar %1 düzeyinde farklıdır.

Mısır çeşit ıslahında, adaptasyon denemelerinde hasatta tane neminin düşük oranda olması istenir (Emeklier, 1997). Ancak makineli hasatta tane nemi % 21'in altına düştüğünden taneler kırıldığı için bu nemin altında olmaması istenir. Makineli hasat için tane nemi değerleri % 21-28 arası olduğu dönem olup en ideali % 25'dir. Nemin yüksek olması ek kurutma masrafı getirmekte bu da istenmeyen bir durumdur (Kırtok, 1998). Bizim çalışmamızdaki Doge, Ada.95-16 ve T.1915 dışındaki mısırların ortalama nem değerlerinin makineli hasat için uygun olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Çeşitlerin olum grupları dikkate alınmadan yapılan bu araştırmanın iki yıllık sonuçlarına göre Ada 9516 çeşidinin en yüksek, TTM.813 çeşidinin ise en düşük tane verimine sahip olduğu görülmüştür. Üç yerde 4 deneme şeklinde yürütülen bu çalışmada ana ürün olarak Ada 9516, Sele, Progen Sır, Vero, Konsur, Trebbia, Doge ve Rx 770 çeşitlerinin ortalama olarak iyi verim verdikleri belirlenmiştir. Ekimin geciktiği, erkenci çeşitlerin ekilmesi gerektiği durumlarda verim sıralamasında orta, çiçeklenmesi erken olan Rx.770, Rx.760, Rx.670, Luce, Korduna ve Piave çeşitlerinin ekilebilir. Ancak çeşitlerin bu lokasyonlarda farklı tepki verdikleri dikkate alınarak ona göre tavsiyesi yapılmalıdır.

#### 5. KAYNAKLAR

Anonymous, 2002. Devlet İstatistik Enstitüsü verileri  
 Angelov, K. 1994. Correlations between grain yield and certain plant and ear characteristics in maize hybrids. Field Crop. Abstr. Vol. 47: 133.  
 Emeklier, H.Y.1997. Erkenci hibrid mısır çeşitlerinin verim ve fenotipik özellikleri üzerine araştırmalar. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yay., No:1493, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 817, Ankara.

Emeklier, H.Y., M.A. Birsin, 2000. Mısırdaki verim ve bazı verim öğelerinin adaptasyonu ve stabilite analizi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt:6(4). 95-100.  
 Emeklier, H.Y, 2002. Altın tanesi mısırın kimyası ve endüstride kullanımı. Üretimden Tüketime Mısır Paneli, 19 Aralık 2002, Sakarya  
 Hallauer, A.B. and J.B. Miranda Fo. 1987. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.  
 Kırtok,Y., 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaelik Basım ve Yayınevi. 1998, İstanbul.  
 Liang, X. L. and Z. H. Zhang, 1992. The effect of different sowing dates on growth, development and yield components in maize. Field crop Abs. Vol.45: 6904.  
 Murariu, M., H. Dutu, M. Cristea, 1995. Behaviour of some maize hybrids in the "Eucarpia" experimental system. Field crop Abs. Vol.48: 7983.  
 SAS Inst.Inc., 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 3.03 Edition, Cary, NC, USA.  
 Sezer, İ ve A. Gülümser.1999. Çarşamba ovasında ana ürün olarak yetiştirilebilecek, mısır çeşitlerinin belirlenmesi üzerine araştırma. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999, Adana.  
 Turgut, İ., S. Yanıkoğlu, İ. Küçük ve H. Demir, 2000. Marmara ve Çukurova koşullarında yetiştirilen ümitli mısır hibrit ve çeşitlerinin adaptasyon ve stabilite yeteneklerinin belirlenmesi. Anadolu, 10 (2): 76-87.  
 Öz, A. ve H. Kapar. 2001. Samsun şartlarında geliştirilen bazı tek melez mısırların verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kong., 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ.  
 Öz, A. ve H. Kapar. 2003. Samsun koşullarında geliştirilen çeşit adayları mısırların verim öğelerinin belirlenmesi ve stabilite analizi. Ankara Üniv., Zir. Fak., Tarım Bilimleri Der., Cilt:9 (4), 454-459.  
 Yanusa, I. A. M., N. A. Gworgwor. 1992. Growth and yield of maize genotypes during dry seasons in northern Nigeria. Field Crop Abstr. Vol. 45: 2845.

## FİDELEME VE SERPME EKİM YÖNTEMLERİNİN BAZI ÇELTİK ÇEŞİTLERİNDE VERİM VE KALİTE KARAKTERLERİNE ETKİLERİ\*

Yusuf ŞAŞATLI      Ali GÜLÜMSER  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 04.04.2005

**ÖZET:** Bu araştırma, Samsun ekolojik şartlarında fideleme ve serpme ekim yöntemlerinin çeltiğin verim ve bazı kalite karakterlerine etkilerini belirlemek amacıyla 1995-1996 yıllarında yürütülmüştür. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekrarlamalı olarak ele alınan bu çalışmada çeltik materyali olarak Baldo, Veneria, Rocca, Ribe, İpsala, K-424 ve Drago çeşitleri kullanılmıştır. Araştırma sonucu, ekim yöntemleri ile çeşitler arasındaki etkileşim; çeltik ve pirinç verimi bakımından çok önemli ( $P<0.01$ ); kırksız pirinç randımanı bakımından ise önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Diğer kalite karakterlerinden bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, kırıklı pirinç randımanı ve ham protein oranı bakımından ekim yöntemi x çeşit etkileşiminin istatistiksel anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, mekanizasyon sorununun giderilmesi halinde K-424 çeşidi fideleme yönteminde kullanılabilir. Serpme ekim yönteminde ise yine K-424 ile Baldo ve Ribe çeşitleri önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çeltik, ekim yöntemi, fideleme, çeşit, kalite

### THE EFFECTS OF TRANSPLANTING AND BROADCAST SOWING METHODS IN SOME PADDY CULTIVARS ON YIELD AND SOME QUALITY CHARACTERS

**ABSTRACT:** This Research was carried out to determine the effects of transplanting and broadcast sowing methods on paddy yield and quality characters under Samsun ecological conditions 1995 and 1996 years. This experiment was conducted randomized complete split blocks design with three replication and as a paddy material Baldo, Veneria, Rocca, Ribe, İpsala, K-424 and Drago cultivars were used. In the result of this research, sowing method x cultivar interaction was highly significant ( $P<0.01$ ) on paddy and rice yields and only significant ( $P<0.05$ ) on unbroken rice output rate. There were not statistical differences on the interaction for other quality characters, 1000 grain weight, hectoliter weight, total rice output rate and crude protein ratio. In the light of the data, K-424 cultivar can be used for the transplanting method when the mechanization problem is solved. The broadcast sowing method is advisable for K-424, Baldo and Ribe cultivars.

**Keywords:** Paddy, sowing method, transplanting, cultivar, quality

### 1. GİRİŞ

Ülkemizde çeltik üretimi, pirinç tüketim ihtiyacımızı karşılamaktan uzak olup, üretim açığı ithalat ile kapatılmaya çalışılmaktadır. Özellikle Marmara ve Karadeniz Bölgesi için önemli bir bitki olan çeltiğin, pirinç ithalatı karşısında rekabet gücünün artırılması için verim ve kalitenin yükseltilmesi gerekmektedir. Bunun için ülkemizde yeni yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Çeltikte fideleme yöntemi, ülkemiz için göz önünde bulundurulması gereken bir yetiştirme tekniğidir. Mekanizasyonda meydana gelen gelişmeler, dünyada fideleme yönteminin yaygınlaşmasında önemli rol oynamaktadır. Bu yöntemde yabancı otlarla en iyi şekilde mücadele edilebilmekte ve sulama suyu tasarrufu sağlanabilmektedir. Hindistan'da yürütülen bir çalışmada, fideleme yönteminin uygulanması ile, yabancı otlar azalmış ve serpme ekim yöntemine göre % 36.4 oranında bir verim artışı elde edilmiştir (Gogoi ve Kalita, 1991). Yapılan araştırmalar verim ve kalitenin, çeşitlere uygulanan ekim yöntemlerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır (Inayatullah ve ark., 1989; Kundu ve ark., 1993).

Çeltikte önemli kalite kriterleri içinde; bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, pirinç randımanı ve pirincin ham protein oranı gibi faktörler yer almaktadır. Sezer (1993), Samsun'da yürüttüğü

araştırma sonucunda; çeltik verimi, hektolitreye ağırlığı ve ham protein oranı yönünden fideleme ile serpme ekim yöntemleri arasında istatistiksel anlamda çok önemli ( $P<0.01$ ) farklılıkların bulunduğunu, bin tane ağırlığı bakımından görülen farklılıkların ise önemsiz olduğunu bildirmektedir.

Randıman, özellikle çeltiğin pirince işlenmesinde en önemli kalite kriterlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu kalite kriteri kırıklı ve kırksız randıman şeklinde ifade edilmekle birlikte, ticari anlamda kırksız randıman daha büyük önem taşımaktadır. Edirne'de yapılan çeşit verim denemelerinde bin tane ağırlığının 24.1-40.8 g, kırıklı pirinç randımanının % 65.4-74.2, kırksız pirinç randımanının ise % 42.4-69.3 arasında değiştiği belirtilmektedir (Anonymous, 1995). Kırksız randıman oranı yüksek çeşitlerden ham protein oranı bakımından zengin pirinç elde edildiği bildirilmektedir (Koca ve Anıl, 2001).

Protein içeriği, esas olarak pirincin besleme kalitesi açısından önem taşımaktadır. Pirinçte ortalama ham protein oranı çeşitlere ve çevre şartlarına bağlı olarak % 7-8 arasında değişiklik göstermektedir (Koca ve Anıl, 2001). Tayşi ve ark. (1979), Ege Bölgesi'nde 5 çeltik çeşidi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, serpme ekim yönteminde fideleme yöntemine göre ham protein oranının azaldığını belirttiktedirler. Toksal (1991), Samsun'da yaptığı bir çalışmada, kullandığı 10 çeltik çeşidi içerisinde protein oranının

\*Yüksek Lisans Tezinin Bir Bölümüdür

%6.95-8.97 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmektedir. İkinci ürün olarak yetiştirilen 10 çeltik çeşidi üzerinde yapılan kalite analizlerinde ham protein oranının % 6.2-10.0 arasında değiştiği ve en yüksek ham protein oranının Baldo çeşidine ait olduğu bildirilmektedir (Açıkgöz ve ark., 1987).

Bölgede en fazla ekimi yapılan çeltik çeşitlerinin kullanıldığı bu çalışmada, fideleme ve serpme ekim yöntemleri, verim ve bazı kalite karakterleri bakımından karşılaştırılmış; çeşitlerin bu yöntemlere olan tepkileri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Samsun ekolojik şartlarında fideleme ve serpme ekim yöntemlerinin, çeltiğin verim ve verim unsurlarına etkilerinin incelendiği bu araştırma, 1995 yılında Çarşamba ilçesine bağlı İrmak Sırtı Köyü'nde, 1996 yılında ise Tekkeköy ilçesinde yürütülmüştür.

Araştırmada kullanılan çeltik çeşitlerinden Ribe, Rocca, Baldo, Krasnodarsky-424 (K-424), Veneria ve İpsala çeşitleri Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden; Drago çeşidi ise Bafra Karaköy Tarım İşletmesi'nden temin edilmiştir. K-424, Veneria, Rocca, Drago ve Ribe çeşitleri İtalya orijinlidir. İpsala çeşidi ise Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde Rodina x Delta melezinden elde edilmiş bir çeşittir (Anonymous, 1990).

Araştırmada gübre materyali olarak % 21 azot içeren amonyum sülfat (15 kg N/da) ve % 43 fosfor içeren triple süper fosfat (5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/da) gübrelere kullanılmıştır. Serpme ekim yönteminde fosforlu gübrenin tamamı ekim öncesi dönemde verilmiştir. Azotlu gübre ise 3 eşit doza ayrılmış; fosforlu gübre ile birlikte ekim öncesi, kardeşlenme ve çiçeklenme öncesi devrelerde uygulanmıştır. Çeltik tarımı açısından bu yöntemin uygunluğu Konuk (1990) ve Anonymous (1990) tarafından bildirilmektedir. Fideleme yönteminde ise azotlu gübrenin 1/3'ü ile fosforlu gübrenin tamamı ekim öncesinde verilmiştir. Kalan azotlu gübrenin yarısı fidelemeden sonra, yarısı da salkım oluşum devresi başlangıcında toprağa uygulanmıştır (Korkmaz ve Bayraklı, 1987).

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüş olan bu çalışmada, ekim yöntemleri ana parsellere, çeşitler ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Boyu 5 m ve

genişliği 3 m olan 15'er m<sup>2</sup> lik parseller hazırlanmıştır.

Yapılan araştırmalar, Karadeniz Bölgesi'nde çeltik için en uygun ekim zamanının Mayıs ayının ikinci haftası olduğunu işaret etmektedir (Anonymous, 1989). Bu durum göz önünde bulundurulmuş ve çeltik için uygun hava şartları da dikkate alınarak ekim, 1995 yılında 17 Mayıs'ta, 1996 yılında ise 7 Mayıs'ta yapılmıştır. Metrekareye, serpme ekim yönteminde 500 adet, fideleme yönteminde ise fideliğe 2000 adet canlı tohum düşecek sıklıkta ekim gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan tohumluk miktarları çeşitlerin bin tane ağırlıkları, safiyetleri ve çimlenme güçleri dikkate alınarak tespit edilmiştir. Tohumlar, 3 gün ön çimlendirmeye tabi tutulmuştur. Ön çimlendirmeden sonra parsellere ve fideliklere ekim aynı tarihlerde yapılmıştır. Sulama suyu ihtiyacı, 1995 yılında kardeşlenmenin olmadığı dönemde fidelemeye başlanmıştır. Bu safhada sökülen fideler, 20x10 cm sıra mesafelerinde her bir ocağa 3-4 fide düşecek şekilde şaşırtılmıştır (Sezer, 1993). Fideleme işlemi, araştırmanın ilk yılında 18-20 Haziran, araştırmanın ikinci yılında ise 7-9 Haziran tarihleri arasında yapılmıştır. Fideleme tarihleri arasındaki bu fark 1995 yılında ekimin daha geç yapılmasından kaynaklanmaktadır.

Yabancı otlarla elle yolma şeklinde mücadele edilmiştir. Hasat, tüm salkımların sarardığı tam olum döneminde, 15 m<sup>2</sup>lik parsellerden kenar tesirler atıldıktan sonra geriye kalan 10 m<sup>2</sup> (4 x 2.5 m)'lik alan üzerinden yapılmıştır.

İncelenen kalite kriterlerinden hektolitre ağırlığının tespitinde 1 lt haznesi olan hektolitre ölçme aleti kullanılırken, pirinç randımanının belirlenmesinde çeltik randıman makinesi kullanılmıştır. 3 tekerrürlü olarak 100'er g halinde hazırlanan örnekler randıman makinesi içinde 1.5 dakika bekletilmiş ve elde edilen pirinç içindeki ham ve tebeşirimsi tanelerden ayrılarak tartılmıştır. Tartım sonucu ile kırıklı pirinç randımanı tespit edilmiştir. Pirinç ürünü içinden kırıklı taneler ayrılarak sağlam pirinç taneleri tartılmış ve tartım sonucu ile kırksız pirinç randımanı belirlenmiştir. Ham protein oranının tespitinde ise Kjeldahl yöntemi uygulanmıştır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre analiz edilmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987). Varyans

Çizelge 1. Samsun ilinin çeltik yetiştirme dönemine ait bazı iklim değerleri\*

İklim Özellikleri	Yıllar	Aylar						Yetiştirme Dönemi Ort./Top.	Yıllık Ort./Top.
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim		
Ortalama Sıcaklık (°C)	1995	13.8	19.9	22.0	22.4	19.4	12.5	18.3	12.3
	1996	16.3	18.7	22.9	22.3	18.8	14.4	18.9	17.7
	1929-1992	15.5	20.0	22.9	23.1	19.8	16.1	19.6	14.4
Yağış Topamları (mm)	1995	25.1	72.4	32.1	16.0	75.6	104.0	325.2	831.5
	1996	42.0	23.0	1.5	66.2	75.3	205.7	413.7	893.4
	1929-1992	42.8	41.1	33.5	33.1	56.3	74.4	281.2	712.0
Ortalama Nispi Nem (%)	1995	75.7	73.2	79.1	76.0	79.4	73.3	76.1	76.1
	1996	79.0	72.3	72.1	75.0	76.0	78.2	75.4	74.6
	1929-1992	79.0	74.0	72.0	72.0	74.0	74.0	74.2	72.2

\*1995 ve 1996 Yıllarına ait iklim verileri Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Kayıtlarından, 1929-1992 yıllarına ait veriler ise Samsun Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtlarından temin edilmiştir.

analizi ve ortalamaların karşılaştırılması, MSTAT-C paket programı yardımıyla yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Deneme alanlarına ait toprakların analizi Samsun Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Laboratuvarında yapılmıştır. Çarşamba ve Tekkeköy ilçelerinde araştırmanın yürütüldüğü topraklar, tuzsuz ve killi tınlı özellikte olup fosfor içerikleri çok azdır. Araştırmanın birinci yılında deneme alanı toprakları (Çarşamba) fazla miktarda potasyum içermektedir. Buna karşın, organik maddece fakir, hafif kalevi ve çok kireçlidir. Araştırmanın yürütüldüğü ikinci yılda ise deneme alanı toprakları (Tekkeköy), hafif asidik ve kireçsiz olup, organik madde ve potasyum yönünden orta durumdadır.

Samsun ilinin uzun yıllar (1929-1992) iklim değerlerinin ortalaması ile araştırmanın yürütüldüğü 1995 ve 1996 yıllarına ait iklim değerleri, çeltik yetiştirme periyodu dikkate alınarak Çizelge 1’de verilmiştir. İklim verileri içerisinde yağış miktarının dağılımı daha büyük önem taşımaktadır. Uzun yıllar ortalamasına göre Samsun’da yılda 712.0 mm yağış düşmektedir. En yüksek aylık yağış toplamı 74.4 mm ile Ekim ayına aittir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda da çeltik yetiştirme periyodu dikkate alındığında, en yüksek yağış Ekim ayında düşmüştür. 1995 ve 1996 yıllarında Ekim ayında düşen ortalama yağış miktarları sırasıyla, 104.0 ve 205.7 mm olarak gerçekleşmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu araştırmada fenolojik gözlemlerden çiçeklenme ve olgunlaşma gün sayısı dikkate alınmıştır (Çizelge 2). Ele alınan diğer özellikler içerisinde ise bin tane ağırlığı, çeltik ve pirinç verimi, hektolitre ağırlığı, kırıklı pirinç randımanı, kırksız pirinç randımanı ve ham protein oranı yer almaktadır.

Fideleme ve serpme ekim yöntemlerinin uygulandığı çeltik çeşitlerinde ekim yöntemi x çeşit etkileşimlerine ait ortalama değerler Çizelge 3’de ve çeşitlere ait ortalamalar ise Çizelge 4’de verilmiştir.

### 3.1. Fenolojik Gözlemler

Samsun ekolojik şartlarında yürütülen bu araştırmada, elde edilen fenolojik gözlemlere ait sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Araştırmada kullanılan çeşitlerin fideleme yönteminde, serpme ekim yöntemine göre 1-3 gün daha geç çiçeklendiği ve olgunlaştığı gözlenmiştir. Her iki yöntemde de en erken çiçeklenen çeşidin K-424, en geç çiçeklenen çeşidin ise Veneria olduğu belirlenmiştir.

Olgunlaşma gün sayısı bakımından da benzer sonuçlar alınmıştır. Çiçeklenme gün sayısı, kullanılan çeşitler arasında serpme ekim yönteminde 79-89 gün, fideleme yönteminde ise 81-90 gün arasında değişiklik göstermiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak, fideleme yönteminde serpme ekim yöntemine göre çiçeklenme 1-2 gün gecikmiştir. Çiçeklenme zamanının fideleme yönteminde azda olsa gecikmesi, fidelerin söküm ve dikimi esnasında ortaya çıkan stresten ileri gelmektedir.

Yamamoto ve Hisano (1990), Japonya’da yaptıkları bir araştırmada şaşırılan fidelerde normal fidelere göre yapraklardaki su içeriğinin azaldığını, fidelemeyi takiben 3 gün boyunca vejetatif gelişmenin engellendiğini belirtmektedirler. Ancak, bu süre köklerin incinmesiyle de yakından ilgilidir. Söküm ve dikim sırasında gösterilen hassasiyet şüphesiz, bu stresin uzun veya kısa sürmesinde etkili olacaktır.

Bununla birlikte, dikilme şoku çeşitlere bağlı olarak da değişebilmektedir. Nitekim, çiçeklenme zamanında görülen gecikmelerin Baldo, Veneria, İpsala ve Drago çeşitlerinde birer gün; Rocca ve K-424 çeşitlerinde ikişer gün; Ribe çeşidinde ise üç gün olduğu tespit edilmiştir. Çiçeklenme gün sayısı bakımından serpme ekim yönteminde çeşitler arasında görülen farklılıklar da çeşitlerin genetik özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Bir diğer fenolojik gözlem olan olgunlaşma gün sayısı için de aynı şeyleri söylemek mümkündür. Olgunlaşma gün sayısı, çeşitler arasında 120-137 gün arasında değişiklik göstermiştir. Gençtan ve ark. (1994), içlerinde K-424, Rocca, Baldo, İpsala ve Veneria çeşitlerinin de bulunduğu toplam 10 çeltik çeşidi üzerinde yaptıkları araştırmada olgunlaşma gün sayısının, 119-143 gün arasında değiştiğini bildirmektedirler. Belirtilen bu değerler, elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

Çizelge 2. Fideleme ve serpme ekim yöntemlerinin uygulandığı çeltik çeşitlerine ait bazı gözlemler

Çeşitler	Çiçeklenme Gün sayısı		Olgunlaşma Gün sayısı	
	Serpme Ekim Y.	Fideleme Yöntemi	Serpme Ekim Y.	Fideleme Yöntemi
Baldo	86	87	130	132
Veneria	89	90	136	137
Rocca	88	90	132	134
Ribe	87	90	131	134
İpsala	87	88	132	133
K-424	79	81	120	122
Drago	87	88	129	132
<b>Ortalama</b>	<b>86</b>	<b>88</b>	<b>130</b>	<b>132</b>

Çizelge 3. Fideleme ve serpme ekim yöntemlerinin uygulandığı çeltik çeşitlerinde bazı özelliklere ait ortalama değerler

Ekim Yöntemi	Çeşitler	Bin Tane Ağırlığı (g)	Çeltik Verimi (kg/da)	Pirinç Verimi (kg/da)	Hektolitreye Ağırlığı (kg/hl)	Kırıklı Pirinç Rand. (%)	Kırksız Pirinç Rand. (%)	Ham Protein (%)
Serpme	Baldo	38.35	726.7 a-e	533.5 abc	54.44	72.99	57.55 cd	8.17
	Veneria	27.43	658.5 ef	480.6 bcd	50.37	72.40	58.09 cd	7.74
	Rocca	34.11	753.2 abc	548.3 ab	52.72	72.39	55.88 de	7.62
	Ribe	30.82	766.0 ab	551.1 a	51.10	71.61	56.00 de	7.86
	İpsala	40.17	744.3 a-d	525.3 abc	55.52	70.47	51.86 f	7.64
	K-424	28.19	674.9 c-f	513.2 a-d	53.17	75.90	65.08 a*	7.63
	Drago	29.73	669.1 def	482.7 bcd	50.85	71.96	56.86 cde	7.13
	<b>Ort.</b>	<b>32.69**</b>	<b>713.2</b>	<b>519.2</b>	<b>52.60</b>	<b>72.53</b>	<b>57.33</b>	<b>7.68</b>
Fideleme	Baldo	35.71	686.4 b-f	501.2 a-d	54.85	72.49	56.04 de	8.30
	Veneria	26.95	648.4 ef	472.8 cd	50.69	72.16	59.59 bc	7.92
	Rocca	32.72	623.5 f	456.6 d	52.72	72.22	55.61 de	8.17
	Ribe	29.14	776.0 a**	554.7 a**	51.34	71.33	57.22 cd	8.11
	İpsala	39.22	725.7 a-e	515.8 a-d	54.99	70.83	53.79 ef	7.77
	K-424	28.69	714.7 a-e	541.7 ab	53.82	75.78	63.70 a	7.86
	Drago	29.93	772.1 a	552.0 a	51.07	71.37	55.11 de	7.23
	<b>Ort.</b>	<b>31.77</b>	<b>706.7</b>	<b>513.5</b>	<b>52.78</b>	<b>72.31</b>	<b>57.29</b>	<b>7.91**</b>

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında \*\* P<0.01 ve \*P<0.05 olasılıkla farklılık yoktur.

Çizelge 4. Fideleme ve serpme ekim yöntemlerinin uygulandığı çeltik çeşitlerinde bazı özelliklere ait çeşit ortalamaları

Çeşitler	Bin Tane Ağırlığı (g)	Çeltik Verimi (kg/da)	Pirinç Verimi (kg/da)	Hektolitreye Ağırlığı (kg/hl)	Kırıklı Pirinç Rand. (%)	Kırksız Pirinç Rand. (%)	Ham Protein (%)
Baldo	37.03 b	706.6 bc	517.4 abc	54.65 a	72.74 b	56.80 bc	8.24 a**
Veneria	27.19 e	653.5 c	476.7 c	50.53 e	72.28 bc	58.84 b	7.83 b
Rocca	33.42 c	688.4 bc	502.5 bc	52.72 c	72.31 bc	55.75 c	7.90 b
Ribe	29.98 d	771.0 a**	552.9 a**	51.22 d	71.47 bc	56.61 bc	7.99 ab
İpsala	39.70 a**	735.0 ab	520.6 abc	55.26 a**	70.65 c	52.81 d	7.71 b
K-424	28.44 de	694.8 bc	527.5 ab	53.50 b	75.84 a**	64.39 a**	7.75 b
Drago	29.83 d	720.6 ab	517.4 abc	50.96 de	71.67 bc	55.99 c	7.18 c
<b>Ort.</b>	<b>32.23</b>	<b>710.0</b>	<b>516.4</b>	<b>52.69</b>	<b>72.42</b>	<b>57.31</b>	<b>7.80</b>

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında \*\* P<0.01 olasılıkla farklılık yoktur.

### 3.2. Bin Tane Ağırlığı

Ekim yöntemlerinin bin tane ağırlığına etkilerinin istatistiksel anlamda çok önemli (P<0.01) olduğu belirlenmiştir. Serpme ekim yönteminde ortalama bin tane ağırlığı 32.69 g iken, fideleme yönteminde bu değer 31.77 g olarak saptanmıştır. Bin tane ağırlığının fideleme yönteminde daha az olması, her fide grubundaki sap sayısının fazla olmasından kaynaklanabilir.

Araştırma sonucu, bin tane ağırlığı bakımından ekim yöntemi x çeşitler interaksyonu istatistiksel anlamda önemsiz bulunurken; çeşitler arasında ele alınan karakter bakımından çok önemli (P<0.01) farklılıklar tespit edilmiştir. Çeltik çeşitleri arasında en yüksek bin tane ağırlığı 39.70 g ile İpsala çeşidinden elde edilirken; en düşük bin tane ağırlığı ise 27.19 g ile Veneria ve 28.44 g ile K-424 çeşidinden elde edilmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda bu karakterin değişim sınırlarını Anonymous (1990) 24.4-42.7 g, Anonymous (1994) ise 28.5-39.0 g olarak belirlemiştir.

### 3.3. Çeltik Verimi

Ekim yöntemlerinin çeltik verimine etkilerinin istatistiksel anlamda önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Arın ve Kavdır (1994)'ın Gupta ve Herwanto (1992)'dan bildirdiğine göre, serpme ekim yönteminde yabancı otlar önemli problem teşkil etmekte; her iki yöntemde de iyi bir bakım yapıldığı takdirde çeltik verimin de önemli bir farklılık olmamaktadır.

Çeltik verimi bakımından ekim yöntemleri ile çeşitler arasındaki interaksyonun istatistiksel anlamda çok önemli (P<0.01) olduğu belirlenmiştir. Çeltik çeşitlerinin ekim yöntemlerine olan tepkilerinin farklı olduğu daha önce yapılmış araştırmalarda da ortaya konmuştur (Inayatullah ve ark., 1989; Kabaki ve Kon, 1991; Kundu ve ark., 1993). En yüksek çeltik verimi, serpme ekim yönteminde 726.7-766.0 kg/da; fideleme yönteminde ise 714.7-776.0 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek çeltik verimi, serpme ekim yönteminde Baldo, İpsala, Rocca ve Ribe çeşitlerinde; fideleme yönteminde ise K-424, İpsala, Drago ve Ribe çeşitlerinde elde edilmiştir.

### 3.4. Pirinç Verimi

Pirinç verimi bakımından ekim yöntemleri arasında görülen farklılıklar istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Ekim yöntemlerinin çeltik verimine ve kırıklı pirinç randımanına olan etkisinin önemsiz çıkması, pirinç verimini de aynı şekilde etkilemiştir.

Pirinç verimi bakımından ekim yöntemleri ile çeşitler arasındaki interaksiyonun istatistiksel anlamda çok önemli ( $P<0.01$ ) olduğu saptanmıştır. En yüksek pirinç verimi, serpme ekim yönteminde 513.2-551.1 kg/da; fideleme yönteminde ise 501.2-554.7 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek pirinç verimi, serpme ekim yönteminde Ribe, Rocca, Baldo, İpsala ve K-424 çeşitlerinde; fideleme yönteminde ise Baldo, İpsala, K-424, Drago ve Ribe çeşitlerinde tespit edilmiştir.

### 3.5. Hektolitre Ağırlığı

Araştırmada, ekim yöntemlerinin hektolitre ağırlığına olan etkilerinin istatistiksel anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Hektolitre ağırlığı bakımından ekim yöntemleri ile çeşitler arasındaki interaksiyon istatistiksel anlamda önemsiz çıkarken; çeşitler arasında görülen farklılıkların istatistiksel anlamda çok önemli ( $P<0.01$ ) olduğu saptanmıştır. En yüksek hektolitre ağırlığı 55.26 kg ile İpsala ve 54.65 kg ile Baldo çeşidinden elde edilirken; en düşük hektolitre ağırlığı ise 50.53 kg ile Veneria ve 50.96 kg ile Drago çeşidinden elde edilmiştir. Köycü ve ark. (1994), Samsun'da yaptıkları araştırmada kullandıkları 10 çeltik çeşidi içerisinde hektolitre ağırlığının 47.0-56.2 kg arasında değiştiğini ve çeşitler arasındaki bu farklılığın istatistiksel anlamda önemli ( $P<0.05$ ) olduğunu tespit etmişlerdir.

### 3.6. Kırıklı ve Kırksız Pirinç Randımanı

Ekim yöntemlerinin kırıklı ve kırksız pirinç randımanına etkilerinin istatistiksel anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir. Pirinç randımanı üzerine genetik özellikler (tane uzunluğu, tane genişliği, tane iriliği, camsılık vb.) kültürel uygulamalar ve çevre şartları (yağış, sıcaklık vb.) gibi faktörler etki etmektedir (Koca ve Anıl, 2001).

Ekim yöntemleri ile çeşitler arasındaki interaksiyon, istatistiksel anlamda, kırıklı pirinç randımanı bakımından önemsiz; kırksız pirinç randımanı bakımından ise önemli ( $P<0.05$ ) çıkmıştır. Sezer (1993), yürüttüğü araştırmada kırıklı randıman bakımından, ekim yöntemi x çeşit interaksiyonunun önemli ( $P<0.05$ ) olduğunu belirlemiştir. En yüksek kırksız pirinç randımanı, % 65.08 ve % 63.70 ile sırasıyla hem serpme ekim yönteminde hem de fideleme yönteminde K-424 çeşidinden elde edilmiştir.

Kırıklı pirinç randımanı bakımından en yüksek değer % 75.84 ile K-424 çeşidinde saptanmıştır. Bu karakterler bakımından çeşitler arasında görülen farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. Çeşitlerin pirinç randımanına etki eden faktörlerin başında tane uzunluğu, tane şekli ve bin

tane ağırlığı gelmektedir. K-424 çeltik çeşidinde tanelerin diğerlerine göre daha kısa ve dolgun olması, çeşidin kırıklı ve kırksız pirinç randımanının yükselmesine neden olmuştur. Dolayısıyla, pirinç randımanına çeşitlerin genetik özellikleri büyük oranda etki etmektedir. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen bir araştırmada kırıklı pirinç randımanının % 65.8-73.9; kırksız pirinç randımanının ise % 53.3-69.4 arasında değiştiği belirlenmiştir (Anonymous, 1995).

### 3.7. Ham Protein Oranı

Serpme ekim yönteminde ortalama ham protein oranı % 7.68 iken; fideleme yönteminde bu değer % 7.91 olarak saptanmıştır. Ham protein oranı bakımından ekim yöntemleri arasında görülen bu farklılık istatistiksel anlamda çok önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. Sezer (1993), yürüttüğü bir araştırmada ham protein oranının, fideleme yönteminde daha yüksek çıktığını ve bu farklılığın çok önemli ( $P<0.01$ ) olduğunu bildirmektedir. Fideleme yönteminde bitkilerin topraktaki besin maddelerinden ve güneş ışığından en iyi şekilde yararlanması tanede ham protein oranının artmasına neden olmuş olabilir.

Bu karakter bakımından ekim yöntemleri ile çeşitler arasındaki interaksiyonun istatistiksel anlamda önemsiz olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte çeşitler arasında ham protein oranı % 7.18-8.24 arasında değişim göstermiş ve görülen bu farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. En yüksek ham protein oranı % 8.24 ile Baldo ve % 7.99 ile Ribe çeşidinden alınmıştır. En düşük ham protein oranı ise Drago çeşidinden elde edilmiştir. Ham protein içeriğinin farklılık göstermesi çeşitlerin genetik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

## 4. SONUÇ

Samsun ekolojik şartlarında yürütülen bu araştırmada, ekim yöntemi x çeşit interaksiyonu içinde her iki yöntemde de en yüksek pirinç veriminin elde edildiği çeşitler içinde yer alan K-424 çeşidinin olgunlaşma süresinin diğer çeşitlerden kısa olması, bu çeşidin fideleme yönteminde ikinci ürün olarak yetiştirilme imkanını artırmaktadır. Dolayısıyla bu çeşit, mekanizasyon sorununun giderilmesi halinde fideleme yöntemi için önerilebilir.

Çeltik tarımında geleneksel yöntem olan serpme ekim yöntemi uygulanacaksa, yine bu yöntemde en yüksek pirinç verimi alınan çeşitler içinde yer alan, kırksız pirinç randımanı en yüksek K-424 çeşidi ile çeşit ortalaması olarak, ham protein oranı en yüksek Baldo ve Ribe çeşitleri kullanılabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Açıkgöz, N., Onogur, E., Kaya, N. ve Gevrek, M., 1987. İkinci Ürüne Uygun Çeltik Islahında Aşamalar. Türkiye Tahıl Simpozyumu. TÜBİTAK Uludağ Ün. Zir. Fak. Bursa, 482-493 s.
- Anonymous, 1989. Ülkesel Çeltik Araştırma Projesi. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Gelişme Raporu. Samsun.



- Anonymous, 1990. Araştırma Projeleri Raporları. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne.
- Anonymous, 1994. Araştırma Çalışmaları Gelişme ve Sonuç Raporları (1993). Teklif Projeler. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araş. Ens. Müdürlüğü, Samsun.
- Anonymous, 1995. Araştırma Projeleri (1995) Raporları. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Trakya Tarımsal Araş. Ens. Genel Müdürlüğü, Edirne.
- Arın, S., Kavdır, İ., 1994. Ön Çimlendirilmiş Çeltik Tohumluğunun Farklı Ekim Makinalarıyla Ekilebilmesi Üzerine Bir Araştırma. Trakya Ün. Tekirdağ Zir. Fak. Tekirdağ, 3 (1-2): 92-102.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Ün. Zir. Fak. Yay. No:295, Ankara.
- Gençtan, T., İlhami, Ö.A., Başer, İ., 1994. Çeltikte Tane Verimi İle Bazı Verim Unsurları Arasındaki İlişkilerin Path Analizi İle Belirlenmesi. Trakya Ün. Tekirdağ Zir. Fak. Dergisi. Bursa, (1-2):158-165.
- Gogoi, A.K., Kalita, H., 1991. Transplanting Reduces Weed Infestation in Rice. Weed Abs. 1993. 042-01578.
- Inayatullah, A., Aliza, H.K., Chaundhry, F.M., 1989. Comparative Study of Direct Seeding and Transplanting Methods on the Grain Yield of Rice. Rice Abs. 1994, Vol. 17, No:3.
- Kabaki, N., Kon, T., 1991. Growth of Rice Broadcast Sown at a High Seed Density. Field Crops Abs. 1992. 045-06957.
- Koca, A.F., Anıl, M., 2001. Çeltikte Kalite Özellikleri ve Değerlendirilmesi. O.M.Ü Zir. Fak. 16 (1):103-108.
- Konuk, M., 1990. Çeltikte Gübre Formunun Verime Etkisi. Çukurova Tarımsal Araştırma Ens. Müdürlüğü Yay. No:10, Adana.
- Korkmaz, A. ve Bayraklı, F., 1987. Fideleme Çeltikte Azot Gübrelemesi: Ürenin Toprakdan Verilme yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. O.M.Ü. Zir. Fak. Dergisi. 2 (1).
- Köycü, C., Sezer, İ., Toksal, A., 1994. Çarşamba Ovasında Bazı Çeltik Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri ve Tane Verimi Üzerinde Bir Araştırma. Ondokuz Mayıs Ün. Zir. Fak. Dergisi. 9 (1).
- Kundu, D.K., Rao, K.V., Pillai, K.G., 1993. Comparative Yield and N Uptake in Six Transplanted and Direct Seeded Lowland Rices. Rice Abs. 1994. Vol. 17, No:3.
- Sezer, İ., 1993. Çeltiğin Verim, Verim Unsurları ile Bazı Kalite Karakterlerine Ekim Yöntemi ve Bitki Sıklığının Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. O.M.Ü. Fen Bil. Ens. Samsun, 131 s.
- Tayşi, V., Açıkgöz, N., Sorgun, D., 1979. Şaşırtma Koşullarında 19 Yerli ve Yabancı Çeltik Hatlarının Bazı Agronomik Karakterleri Üzerinde Araştırma. Ege Ün. Zir. Fak. Dergisi. İzmir, 53-62 s.
- Toksal, A., 1991. Çarşamba Ovası Şartlarında Bazı Çeltik Çeşitlerinin Verim, Verim Komponentleri ve Kalite Özellikleri Arasındaki İlişkilerin incelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. O.M.Ü. Fen Bil. Ens. Samsun.
- Yamamoto, Y., and Hisano, K., 1990. Studies on Transplanting Injury in Rice Plant. IV. Aspects of Transplanting Injury and Recovery From It. Rice Abs. 1991. 014-02199.

## MISIRDA FARKLI ÖN İŞLEMLERİN KURUMA HIZINA ETKİSİ

Sercan ÖZLER  
Amasya Valiliği, Amasya

Gazanfer ERGÜNEŞ Sefa TARHAN  
Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Tokat

Geliş Tarihi: 04.10.2005

**ÖZET:** Mısırın, Türkiye'deki mevcut üretimi, ülke ihtiyacını karşılayamamaktadır. Tokat ve çevre illerde mevcut olan hasat sonrası kurutma ve depolama problemleri ve benzeri nedenlerden dolayı mısır tarımı, sınırlı ölçüde yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Tokat yöresinde yetiştirilen mısırların farklı kurutma ortamı ve ön işlem teknikleri kullanmak suretiyle, mısırdaki kuruma hızına etkisini belirlemek ve kurutma süresini azaltarak mevcut problemlere çözüm getirmektir. Denemelerde at dişi mısır, sert mısır ve şeker mısır olmak üzere üç mısır tipi kullanılmıştır. Mısır tane olarak % 2 etil oleat, % 4 potasyum karbonat, % 2 sodyum hidroksit çözeltilerinden bir tanesine 1 dakika süreyle bandırıldıktan sonra laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuştur. Ön işlem uygulanmayan muamele kontrol olarak alınmıştır. Kurutucuda hava sıcaklığı ortalama 49.3 °C ve hava bağıl nem % 21.5 tutularak kontrollü olarak denemeler yürütülmüştür. At dişi mısır ve şeker mısır örneklerinde kuruma hızı üzerine en etkili kimyasalın % 2 sodyum hidroksit olduğu belirlenmiştir. Sert mısırdaki ise kurutucuda yapılan kurutma denemelerinde ön işlem yapmanın pratik olmayacağı anlaşılmıştır. Ön işlemleri kurutmanın kurutma maliyetine yapacağı etki ayrıntılı olarak araştırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır kurutma, kuruma hızı, ön işlem, etil oleat, sodyum hidroksit, potasyum karbonat

### THE EFFECTS OF VARIOUS PRETREATMENTS ON THE DRYING RATE OF CORN

**ABSTRACT:** Current production of corn in Turkey does not meet the country's need. Corn agriculture has been realized in limited manner, because of drying- storing problems of corn after the harvest period in Tokat and in neighbourhood provinces and similar problems like that. The aim of this study is to solve the drying problems of corn in this province by using different drying methods and various pretreatments for accelerating the drying rate and shortening the drying time of corn. Three different corn types (dent corn, flint corn and sweet corn) were used in drying trials. Shelled-corn samples were dipped in one of the chemical solutions (2 % ethyl oleate, 4 % Potassium carbonate or 2 % Sodium hydroxide) for one minute. After dipping, the corn samples were placed in a laboratory-type tray dryer. Untreated samples were used as control samples. In the laboratory dryer, the air temperature and humidity values were kept at around 49.3 °C and 21.5%, respectively. It was found that 2% Sodium hydroxide solution was the most effective chemical solution for dent corn and sugar corn dried in a laboratory drier but there was no effect on the drying of flint corn dried in the same drier. Cost analysis should be performed to assess the economical benefits based on the results obtained from the drying trials.

**Key Words:** Corn drying, drying time, pretreatment, ethyl oleate, sodium hydroxide, potassium carbonate

### 1. GİRİŞ

Mısır yem, nişasta, glikoz şurubu ve yağ üretimi başta olmak üzere birçok sanayi kolunda kullanılan önemli bir ticari tarım bitkisidir (Kırtok, 1998). Türkiye'de mevcut mısır üretimi, tüketimi karşılayamamaktadır, yaklaşık bir milyon tonluk mısır açığı olduğu tahmin edilmektedir (Kırtok, 2003). Bu durum başta hayvancılık olmak üzere mısıra dayalı bütün üretim sektörlerini olumsuz etkilemektedir. Tokat yöresinin toprak, sulama ve iklim koşulları uygun olmasına rağmen 2002 yılında mısır üretimi 10.494 tonla sınırlı kalmıştır (Anonymous, 2002). Dekara verim 265 kg/da olarak belirlenmiştir. Verim değerinin dünya ortalaması 434 kg/da'dır (Anonymous, 2002).

Tokatlı çiftçilerle yapılan, görüşmeler sonucunda mısırın tam olarak kurutulmadığı için kısa sürede mısırdaki bozulma ve kızılsmanın başladığı belirlenmiştir. Bu sebeple, çiftçiler mısır ekimini sınırlı yapmakta ve hasat ettikleri nemli mısırları hemen hayvanlara yem olarak kullanmaktadırlar. Bu yörede mısır için uygun ve ekonomik kurutma ve depolama

şartların belirlenmesi, mısır üretimini ve mısıra dayalı hayvancılık gibi diğer ticari faaliyetleri artıracaktır.

Tokat yöresinde yukarıda da söz edildiği gibi mısır kurutmada çiftçilerle yapılan görüşmeler neticesinde problem olduğu anlaşılarak incelemeler yapılmış ve bu incelemeler neticesinde çok yıllık meteorolojik verilere göre Tokat yöresinde Eylül ayında hasat edilen mısırları kurutmak için çevre havasının 3°C yükseltilmesi gerekirken, kurutma Kasım ayına kaldığı zaman bu sıcaklık artışının 6°C'e çıkarılması gerektiği tespit edilmiştir (Tarhan ve ark., 2003).

Ülkemizde yetiştirilen at dişi mısırın kenarları yukarıya doğru sert ancak ortası ve üstü yumuşak nişastadan oluşmuştur. Sert mısırın ise endosperm merkezindeki nişasta yumuşak, onu çevreleyen dış kısımlar serttir. Tanelerin üst kısmı yumuşaktır. Şeker mısırın olgun taneleri saydam ve kırışiktir. Tanesindeki protein ve yağ oranı da diğer mısırlara göre daha fazladır (Sencar ve ark., 1994).

Mısır yem sanayisinde kullanılacaksa, yüksek sıcaklıkta kurutmanın olumsuz etkisi yoktur. Kurutulan ürün gıda sanayisinde kullanılacaksa kurutma sıcaklığının 60°C değerinin üzerine

çıkması gerekir. Bunun yanında, mısır tohumluk olarak kullanılacak ise 36°C'den daha yüksek sıcaklıkta kurutulmamalıdır (Kırtok, 1998).

Önişlem, tarım ürünlerinin kurumadan önce içlerindeki nemin daha hızlı alınması; renklerin, tatların, besin değerlerinin korunması/artırılması; üzerlerindeki olası mikrobik aktivitelerin engellenerek hijyenikliklerinin sağlanması, standartlara uygun şekil ve boyut özelliklerinin elde edilmesi için yapılan fiziksel ve kimyasal işlemlerin bütününe denir (Özler ve ark., 2004).

Adapazarı bölgesinde yetiştirilen at dişi mısırla (*Zea mays indentata*) yapılan çalışmada, mısır koçanları % 4 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve % 2 etil oleat çözeltisine 1 dakika süreyle bandırılmış ve daha sonra 55, 65 ve 75 °C sıcaklıktaki kurutma odasında kurutulan örneklerle ön işlem görmemiş örneklerin kuruma süreleri karşılaştırılmıştır. Ön işleme tabi tutulan örneklerin kuruma hızının arttığı, bunun yanında etil oleat solüsyonuyla işlem görmüş mısırın işlem görmeden kurutulmuş mısırdan daha parlak ve daha sarı olduğu görülmüştür. Kuruma hızının ortalama % 25.6 oranında attığı gözlemlenmiştir (Doymaz ve Pala, 2003).

Şeker mısırdaki kimyasal ön işlemin etkisini araştırmak amacıyla % 1'lik etil oleat çözeltisine oda sıcaklığında 30 sn bandırılmış, şeker mısır örnekleri, 10 m/s hava hızında ve üç farklı sıcaklıkta (50, 61 ve 69.5 °C) kurutulmuşlardır. Mısırların başlangıçtaki nem içeriklerinin 3.2-4.4 g su/g kuru madde değerinden, 0.20 g su/g kuru madde değerine inmesi için, ön işlem uygulanmamış örnekler 2.1-2.8 kat fazla kuruma süresine ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir (Suarez ve ark., 1984).

Durak (2000), tünel tipi kurutma serasında ve dış ortamda yaptığı çalışmada; Tokat bölgesinde yetiştirilen biber, domates ve mısırı kurutmuştur. Mısırlar koçan ve tane olarak üç farklı dönemde denenmiştir. Tane halinde kurutulan mısırlar her iki ortamda da koçan halinde kurutulan mısırlardan daha çabuk kurumuşlardır (Durak, 2000).

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Kurutma denemelerinde at dişi mısır (*Zea mays indentata Sturt.*) olarak TTM-813 çeşidi, sert mısır (*Zea mays indurata Sturt.*) olarak populasyon ve şeker mısır (*Zea mays sacharata Sturt.*) olarak Merit çeşidi kullanılmıştır. At dişi mısır Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme üretim alanlarından, şeker mısır ve sert mısır ise Tokat Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Denemeye alınan mısır tanelerine ait bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemeye alınan mısır örneklerine ait bazı özellikler

Özellik	At dişi Mısır	Sert Mısır	Şeker Mısır
En (mm)	8.52 ± 1.00	8.89 ± 0.89	7.37 ± 0.89
Boy (mm)	11.63 ± 0.64	11.31 ± 0.62	12.07 ± 0.95
Kalınlık (mm)	4.55 ± 0.53	4.99 ± 0.79	3.38 ± 0.70
Bin tane ağırlığı (gr)	388.4 ± 9.24	441.84 ± 10.4	236.12 ± 5.44
Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	12.80	15.26	9.77
Ürün Nemi (%yb)	25-30	37	25

Denemeler, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü tarafından gerçekleştirilen laboratuvar tipi kurutucuda yapılmıştır. Laboratuvar tipi kurutucu fan, ısıtıcı ve kurutma ünitesinden oluşmaktadır. Fan radyal tip olup, 1350 m<sup>3</sup>/h hava kapasitesine sahiptir. Hava giriş ağız 12 cm çapındadır ve istenilen debiyi sağlayabilmek amacıyla giriş kısmına bir damper düzeni yerleştirilmiştir. Denemeler süresince, ayarlanan damper yardımıyla hava hızı 0.75-1.0 m/s arasında ölçülmüştür. Isıtıcı ünite fanın gönderdiği havayı istenilen sıcaklık derecesine çıkarmakta ve sıcaklığını bir termostat düzeniyle kontrol etmektedir. Isıtıcıların toplam gücü 9 kw olup, duruma göre 4 kademede devreye sokulabilmektedir. Son kademe ayarlı rezistansa sahiptir. Bu sayede daha hassas sıcaklık ayarı yapılabilmektedir. Kurutucunun son birimi olan ve ürünün yerleştirildiği kurutucu kısım, 55 x 55 x 55 cm boyutlarında galvanizli sac malzemenin yapılmıştır. Alt kısmında 14 cm yüksekliğinde 4 adet ayak bulunmakta, yan tarafta 19 cm çapında hava giriş ağız yer almaktadır. Fan tarafından ortamdaki emilen ve ısıtıcıda istenilen sıcaklık derecesine yükseltilecek kurutma havası buradan içeri girmekte ve daha sonra ürünlerin yerleştirildiği üst kısma dikey yöne geçmektedir. Düzgün bir hava akışı sağlamak için üst kısımdan 5 cm içerden başlamak üzere alt alta 5 cm alıklarla yerleşmiş toplam 3 adet delikli plaka bulunmaktadır. Plaka delik çapı 5mm olup, 100 cm<sup>2</sup> alanda toplam 116 delik yer almaktadır. Ürünler en üstte bulunan delikli plakanın üzerine ince tabaka halinde ve tüm alanı kaplayacak şekilde yerleştirilmiştir.

Denemelerde at dişi mısırlar kurutulurken; laboratuvar tipi kurutucu; ortalama 49.4°C sıcaklığında ve % 21.5 bağıl neme sahip, sert mısırlar kurutulurken ortalama 49.29°C sıcaklığında ve %21.53 bağıl neme sahip ve şeker mısırlar kurutulurken ortalama 49.3°C sıcaklığında ve % 21.5 bağıl neme sahip hava kullanılmış ve deneme süresince sıcaklık ve bağıl nem değerleri sabit tutulmuştur.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Kurutulacak Ürünlerin Hazırlanışı

Koçan halinde hasat edilen mısırların kabukları soyulmuş ve tanelerine ayrılmıştır. Bu işlem mısır tanelerine zarar vermemek, tanelerin zedelenmesini önlemek için elle yapılmıştır. Kurutma süresince görülecek ağırlık kayıplarını belirlemek amacıyla ürün örnekleri yaklaşık 20 x 10 cm boyutlarında dikilmiş plastik filelere doldurulmuş ve dökümlerini engellemek için ağızları kapatılmış ve kodlanmıştır. Örnek miktarı her muamele için 50 gram alınmıştır.

Kurutma öncesi uygulanacak kimyasal ön işlemler için aşağıda verilen farklı konsantrasyon eriyikleri ağırlık/hacim'e göre hazırlanmış ve bandırma işlemi 22-23 °C çevre sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

**K1-** %2 Etil oleat ( $C_{20}H_{38}O_2$ ) (Suarez ve ark., 1984; Raouzeus ve Saravacos, 1986; Riva ve ark., 1986; Saravacos ve Raouzeus, 1986; Doymaz ve Pala, 2002; Doymaz ve Pala, 2003)

**K2-** %4 Potasyum karbonat ( $K_2CO_3$ ) (Eissen ve ark., 1984; Demir, 1989; Riva ve ark., 1986; Raouzeus ve Saravacos, 1986; Saravacos ve Raouzeus, 1986; Ergüneş ve Yağcıoğlu, 1991; Doymaz ve Pala, 2002; Doymaz ve Pala, 2003)

**K3-** %2 Sodyum Hidroksit (NaOH) Saravacos ve Raouzeus, 1986; Ergüneş ve Gerçekçioğlu, 1999;

**K4-** Kontrol (Saf suya bandırma)

Hazırlanan kimyasal eriyiklere 1 dakika süreyle bandırılan örnekler çevre sıcaklığındaki suyla durulanmış ve kağıt havlular üzerine alınmıştır. Burada bir süre bekletilip yüzeydeki su uzaklaştıktan sonra kurutma yapılacak ortamlara yerleştirilmişler ve denemeler eş zamanda başlatılmıştır.

### 2.2.2. Ölçüm Metotları

#### 2.2.2.1. Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümleri

Kurutma süresince dış ortamın ve kurutma ortamlarının sıcaklık ve bağıl nem değerleri elektronik kaydedicilerle 15 dakika aralıklarla ölçülmüştür. Bu amaçla Hobo marka kaydediciler kullanılmıştır. Bu kaydediciler, 0.6 °C sıcaklık ve % 0.5 bağıl nem hassasiyetinde olup, Box Car Pro 3.5 programıyla çalıştırılmakta ve her deneme sonunda değerler bilgisayara aktarılarak ve kaydedilmiştir. Ayrıca, dijital sıcaklık ve nem ölçücüsü de değerler zaman zaman ölçülerek kontrol edilmiştir.

#### 2.2.2.2. Hava Hızının Ölçümü

Laboratuvar tipi kurutucuda ürün üzerine gönderilen hava hızı, 0-10 m/s ölçüm aralığına ve  $\pm 0.05$  m/s hassasiyetine sahip Testo 425 Kızgın telli termoanemometre ile ölçülmüştür.

#### 2.2.2.3. Ürün Neminin Belirlenmesi

Kurutma öncesi ve sonrası mısır örneklerinin nemi kurutma dolabı (etüv) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Mısır örnekleri 103 °C de 72 saat etüvde bekletildikten sonra tartılarak nem oranları hesaplanmıştır (Yağcıoğlu, 1999). Ayrıca, kontrol amacıyla Wile-55 marka dijital hububat nem ölçer

kullanılmıştır. Bu cihaz, 12 farklı ürünün nem düzeyini çok kısa bir sürede verebilmektedir. Daha çok hasat zamanının tespiti için, hasat öncesi ürün neminin belirlenmesinde kullanılmıştır. Kurutma süresince, üründeki nem değişimini belirlemek amacıyla örnekler belirli aralıklarla tartılmışlardır. Bu amaçla, 0.01 gr duyarlılığında dijital teraziden yararlanılmıştır.

### 2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Tane mısırdaki en, boy ve kalınlık değerleri, bin tane ağırlığı ve hacim ağırlığı belirlenmiştir. Boyut ölçümleri, 0.01mm/0.0005' hassasiyetinde dijital kumpas yardımıyla yapılmıştır.

Bin tane ağırlığı, içindeki yabancı maddeleri temizlenmiş tarımsal materyalden belirli bir miktar tartıldıktan sonra bu miktar içerisindeki tanelerin sayılması ile bulunmuştur (Alayunt, 2000). Mısır yığını içinden rastgele alınan mısır taneleri 0.001 hassasiyetine sahip teraziyle tartıldıktan sonra sayılmıştır. Bulunan değer 1000 ile oranlanarak bin tane ağırlığı bulunmuştur. Bin tane ağırlığı bulunan örnekler, hacmi belirli olan suya konularak taşıdığı su miktarından hacim ağırlıkları bulunmuştur.

### 3.2.4. Verilerin Analizi

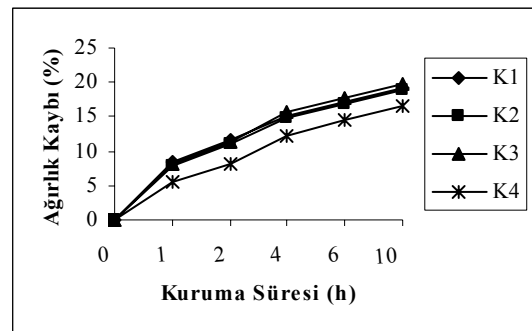
Verilerin değerlendirilmesi ve istatistik analizi için, Excel ve SPSS 10.0 paket programlarının daha uygun olduğu tespit edilerek, varyans analizi yapılmıştır (Ergün, 1995).

Ortalamaların karşılaştırılması Duncan Testine göre yapılmıştır.

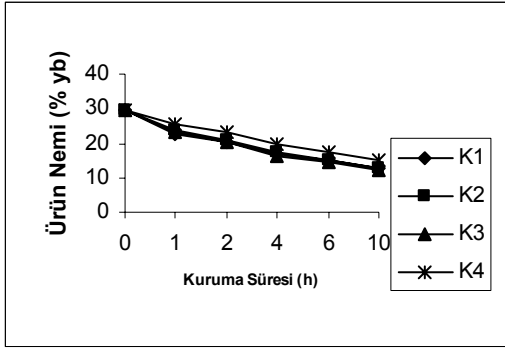
Denemelerde Tesadüf Parselleri Deneme Deseni kullanılmış olup, denemeler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. At Dişi Mısırdaki Kurutulması



Şekil 1. Laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş, at dişi mısırdaki farklı kimyasal ön işlemlere göre % ağırlık kaybı



Şekil 2. Laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş, at dişi mısırın farklı kimyasal önışlemlere göre % nem değişimi.

Kurutma denemelerine alınan at dişi mısır tanelerinin kuruma süresine bağlı olarak ağırlık kaybı Şekil 1’de, ürün nem kaybı ise Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2’de de görüldüğü üzere kimyasal uygulanan muameleler kontrole göre daha çabuk kurumuşlardır. Denemede 1. ve 2. saate kadar en hızlı kuruma alkali özelliğe sahip K1 (% 2 etil oleat) uygulamasına bandırılan örneklerde görülmüştür. Etil oleat at dişi mısır örneklerin üzerindeki yumuşak nişasta tabakasını aşındırdığı ve tane kabuğunun ısı iletkenliğinin artırması nedeniyle at dişi mısır yüzeyindeki mumsu kabuk tabakası daha çabuk aşınarak nemin dişarı çıkması sağlanmıştı. Buradan da anlaşıldığı üzere etil oleat kimyasalı seçilen diğer kimyasallara göre mısırın yüzeyindeki tabakanın daha çabuk aşınmasını sağlayarak kuruma hızını artırırken bu etki, ikinci saatten sonra yerini kuvvetli bir alkali olan sodyum hidroksite bırakmıştır.

Doymaz ve Pala (2003), % 4 potasyum karbonat ve % 2 etil oleat çözeltisine 1 dakika süreyle bandırdıkları at dişi mısır örnekleri ile 55, 65 ve 75 °C sıcaklıklarda yaptıkları kurutma denemelerinde kontrole göre en hızlı kurumanın % 2 etil oleat çözeltisine bandırılan örneklerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Weller ve Bunn (1993), yaptıkları çalışmada etil oleatın farklı solüsyonlarına bandırılan ve hiçbir işleme tabii tutulmayan at dişi mısır örneklerini 21, 38 ve 49 °C sıcaklıklarda kurumuşlardır. Sonuç olarak en hızlı kurumanın % 2 etil oleata bandırılarak 49 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde görüldüğünü tespit ederken sıcaklık ve kimyasalın ortak etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, etil olate ve etil stereatin birbirleri arasındaki farkları incelediklerinden farklı kimyasalları göz önüne almamışlardır.

Kuvvetli bir alkali özelliğe sahip K3 (% 2 sodyum hidroksit) uygulamasına bandırılan muameleler sodyum hidroksitin aşındırıcı etkisi nedeniyle en fazla ağırlık kaybına uğrayan muameleler olmuş, yani en hızlı kurumayı göstermiştir. Diğer kimyasal yani K2 (% 4 potasyum karbonat) uygulaması da kontrolden daha hızlı kurumuştur.

Çizelge 2. At dişi mısırdaki kurutucu denemeleri için varyans analizi

Süre(h)	K.T.	K.O.	F
1	14.983	4.994	11.835**
2	22.624	7.541	19.130**
4	22.284	7.428	12.948**
6	19.193	6.398	11.076**
10	17.038	5.679	9.167**

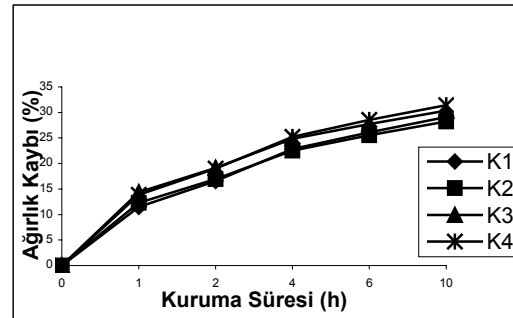
At dişi mısır tanelerine uygulanan kurutma süresinin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 2’de; uygulanan ön işlemler ile kurutma süreleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2’de de görüldüğü gibi kurutma sürecinde belirli saatler için yapılan varyans analizinde, kurutma öncesi uygulanan kimyasal ön işlemlerin etkisi  $P < 0,01$  düzeyinde önemli çıkmıştır. Kontrol hariç diğer uygulamalarda kurutma süresinin etkisi aynı grupta yer almaktadır.

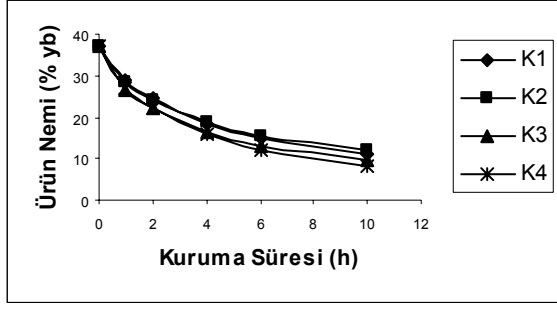
Çizelge 3. At dişi mısır kurutucu denemelerinde yüzde ağırlık kaybı değerleri için Duncan testi sonuçları (Karşılaştırma satırlar arasında yapılmıştır.)

Süre (h)	Kimyasal Önışlem			
	K1	K2	K3	K4
1	8.5133 a	7.7533 a	8.0867 a	5.6133b
2	11.6833a	10.9600a	11.4733a	8.2600b
4	15.2200a	14.7100a	15.5833a	12.1067b
6	17.1900a	16.850 a	17.7467a	14.4367b
10	19.3033a	18.9400a	19.8333a	16.7067b

### 3.2. Sert Mısırın Kurutulması



Şekil 3. Laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş, sert mısırın farklı kimyasal önışlemlere göre % ağırlık kaybı



Şekil 4. Laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş sert mısırın farklı kimyasal ön işlemlere göre % nem değişimi

Kurutma denemelerine alınan sert mısır tanelerinin kuruma süresine bağlı olarak ağırlık kaybı Şekil 3’de, ürün nem kaybı ise Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4’de görüldüğü gibi kontrol olarak saf suya bandırılan sert mısır muameleleri (K4), farklı kimyasallara bandırılan muamelelere göre daha çabuk kurumuştur. Daha sonra K3 (% 2 sodyum hidroksit) ön işlem uygulaması bunu takip etmiştir.

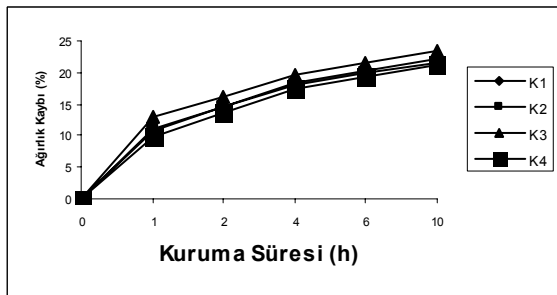
Çizelge 4. Sert mısırdaki kurutucu denemeleri için varyans analizi

Süre(h)	K.T.	K.O.	F
1	16.280	5.427	1.896
2	15.996	5.332	2.479
4	16.809	5.603	2.439
6	17.746	5.915	2.745
10	17.446	5.815	2.783

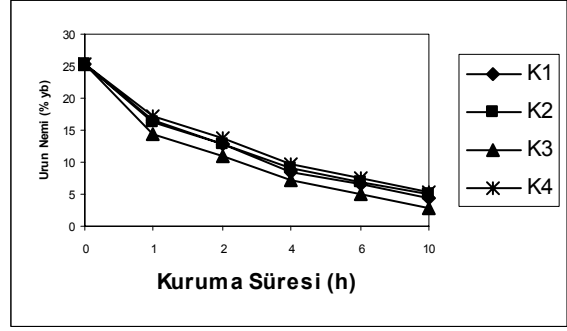
Sert mısır tanelerine uygulanan kurutma süresinin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4’de görüldüğü üzere kurutucuda kurutma süresince belirli saatler için yapılan varyans analizi de, kurutma öncesi uygulanan kimyasal ön işlemlerin kuruma üzerine etkisi  $P < 0,01$  ve  $P > 0,05$  düzeylerinde önemli çıkmamıştır. Bu duruma göre, kurutucu denemelerinde sert mısırdaki uygulanan kimyasal ön işlemlerin kuruma hızı üzerine etkisinin kontrole göre farklı olmadığını söyleyebiliriz.

### 3.3. Şeker Mısırın Kurutulması



Şekil 5. Laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş, şeker mısırın farklı kimyasal ön işlemlere göre % ağırlık kaybı



Şekil 6. Laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş şeker mısırın farklı kimyasal ön işlemlere göre % nem değişimi

Kurutma denemelerine alınan şeker mısır tanelerinin kuruma süresine bağlı olarak ağırlık kaybı Şekil 5’de, ürün nem kaybı ise Şekil 6’de verilmiştir.

Şeker mısırın tanelerindeki protein ve yağ oranı diğer mısırlara göre daha fazladır. Şekil 5 ve Şekil 6 incelendiğinde, kurutucuda kurutulan şeker mısır örnekleri yüksek alkali özelliğe sahip K3 (% 2 Sodyum hidroksit) kimyasalına bandırılarak, tanelerdeki protein ve yağların çözünmesi çabuklaşmış ve taneden nem kaybını engelleyen mumsu tabakanın daha çabuk geçirgen hale geçirilmesiyle diğer kimyasallara göre daha çabuk bir kuruma söz konusu olmuştur. Daha sonra bunu yine alkali özelliğe sahip K1 (% 2 Etil oleat) ve K2 (% 4 Potasyum karbonat) uygulamalarının takip ettiği görülmektedir.

Pointing ve Mcbean (1970), mumsu bir tabakayla kaplı meyvelerin soğuk etil oleat veya diğer yağ asidi türevlerine kurutma öncesinde birkaç saniye süre ile bandırılmasıyla kuruma süresinin önemli oranda kısalacağını bildirmişlerdir.

Suarez ve ark. (1984)’nin yaptığı çalışmada, şeker mısır örnekleri % 1 lik etil oleat çözeltisine çevre sıcaklığında bandırıldıktan sonra kurutulmuşlardır. Kontrol olarak alınan ve ön işlem uygulanmayan örneklerde kuruma süresi 2.1, 2.8 kat daha yüksek çıkmıştır. Buna neden olarak, uygulanan etil oleatın mısır tanelerinin üzerinde yer alan ve taneden nem transferini büyük ölçüde engelleyen mumsu tabaka üzerine olan etkisini göstermişlerdir.

K1 ve K2’nin etkisi birbirine yakın çıkmıştır. En yavaş kuruma K4 (Kontrol) uygulamasında görülmektedir.

Çizelge 5. Şeker mısırdaki kurutucu denemeleri için varyans analizi

Süre (h)	K.T.	K.O.	F
1	14.557	4.852	16.596**
2	11.547	3.849	9.761**
4	8.738	2.913	6.564*
6	7.958	2.653	5.786*
10	7.906	2.635	3.094

Şeker mısır tanelerine uygulanan ve kurutma süresinin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 5’de; uygulanan ön işlemler ile kurutma süreleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 5’de görüldüğü gibi şeker mısırdaki, 1. ve 2. saatlerde kimyasalların etkisi  $P < 0,01$  düzeyinde önemli iken, 4. ve 6. saatlerde  $P < 0,05$  düzeyinde önemli, 10. saatte ise kimyasal ön işlemlerin etkilerinin önemsiz olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 6. Şeker mısırdaki kurutucu denemeleri için Duncan testi sonuçları (Karşılaştırma satırları arasında yapılmıştır.)

Süre(h)	Kimyasal Ön işlemler			
	K1	K2	K3	K4
1	10.670b	10.977b	12.937a	9.967b
2	14.403b	14.520b	16.210a	13.493b
4	18.463b	18.110b	19.760a	17.410b
6	20.310b	19.960b	21.627a	19.417b

Çizelge 6’da verilen test sonuçlarından görüleceği gibi, tüm saatlerde en fazla % ağırlık kaybına uğrayan kimyasal ön işlem K3 (% 2 sodyum hidroksit) kimyasalına bandırılan şeker mısır örneklerinde olmuştur. Diğer ön işlemler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Sonuç olarak, tarımsal ürünlerin bir kısmı hasat edildikten hemen sonra taze olarak tüketilirler. Ancak, bu ürünlerin yetiştirildikleri yer ve dönem dışında da tüketilebilmelerini temin etmek için dayanımlarının artırılmasına yönelik değişik yöntemler bulunmaktadır. Bunların içerisinde en yaygın olanı ucuz ve kolay bir yöntem olan kurutma işlemidir.

Ülkemizde ve Tokat İlinde, üretim açığı bulunan mısır ürününe alternatif ürün gözüyle bakılmaktadır. Ancak, bu ürünün kurutulmasında karşılaşılan problemler çiftçiye olumsuz yönde yansımaktadır. Kurutma ve buna bağlı olarak pazarlama problemleri ortadan kaldırılarak üretim desteklenmeli ve mısırın iç ve dış piyasada hak ettiği yere gelmesi sağlanmalıdır.

Mısır üretiminde hasat sonrası kurutma döneminde hava şartları uygun değilse, bunun yapay yollarla sağlanması gerekmektedir. Özellikle yapay kurutmada kuruma süresinin kısaltılması ve enerji giderlerinin azaltılması maliyetler açısından önemlidir. Ayrıca, doğal yada yapay kurutma olsun, ürün neminin hızlı transferi, yani kuruma hızının artırılması ve buna bağlı olarak kuruma süresinin kısaltılması üründe kuru madde kayıplarını azaltır ve kurutma verim ve kalitesini yükseltir.

Bu çalışmada ele alınan ve ülkemizde yaygın olarak yetişen at dişi, sert ve şeker mısır taneleri hazırlanan bazı kimyasal çözeltilere bandırılarak; laboratuvar tipi kurutucu, kurutularak, bu ön işlemlerin kuruma hızı ve kuruma süreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Günümüzde daha çok meyve ve sebze kurutma uygulamalarında kullanılan kimyasal ön işlemler mısır gibi tahılların da kurutulmasında kullanılabilir. Bu

araştırmada kullanılan kimyasallar arasında sodyum hidroksit solüsyonu en hızlı kurumayı sağlamıştır. Fakat mutlak etkisi mısır çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Şeker mısırdaki etkisi en yüksek çıkmıştır. En uygun solüsyon konsantrasyonunu bulabilmek için farklı dozlarının kuruma hızı üzerine olan etkisi araştırılmalıdır. Ayrıca diğer bazı kimyasalların solüsyona eklenmesinin yapacağı etkiler yanında, bandırma sıcaklığı ve süreleri de araştırılabilir. Ancak, bir öneride bulunabilmek için farklı kurutma koşullarında ekonomik analizinin yapılması gerekir. Ön işlemlerle kuruma süresinin kısaltılması özellikle yüksek sıcaklıkta kurutma yapan ticari kurutucularda enerji tasarrufu sağlayabilir.

#### 4. KAYNAKLAR

- Alayunt, F.N., 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.No: 541, Bornova, İzmir.
- Anonymous, 2002. Tarımsal Yapı Üretim, Fiyat, Değer. TC. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- Doymaz, İ. ve Pala, M., 2002. Hot-air drying characteristics of red pepper. J. Food Eng., 55, 331-375.
- Doymaz, İ. ve Pala, M., 2003. The thin-layer drying characteristics of corn. J. Food Eng. 60, 125-130.
- Durak, Ö.C., 2000. Güneş ısıtıcılı kurutma serasında biber, domates ve mısırın kurutma parametrelerinin belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış) Tokat.
- Ergün, M., 1995. Bilimsel Araştırmalarda Bilgisayarla İstatistik Uygulamaları SPSS For Windows. Minpa Matbaacılık, Ankara.
- Ergüneş, G., Yağcıoğlu, A., 1991. Çekirdeksiz üzümün sıcak hava ile kurutulmasından kuruma karakteristiklerine etki eden faktörler. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, 25-027 Eylül, s.441- 450, Konya.
- Ergüneş, G., Gerçekçioğlu, R., 1999. Sera tipi kurutucuda kütahya vişne çeşidinin kuruma özellikleri ve kuru ürün kalitesine etkileri. Türkiye III. Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül,s. 833-837, Ankara.
- Kırtok , Y., 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaelik Yayıncılık Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti., İstanbul.,
- Kırtok, Y.,2003. Mısırın ekonomik durumu.Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprakana Dergisi Sanal kütüphane.
- Özler, S., Tarhan, S. ve Ergüneş, G., 2004. Sebze kurutmada ön işlemin önemi ve uygulama teknikleri 1. Cine Tarım.61,40-42.
- Pointing, J.D., Mcbean, D.M ., 1970. Temperature and dipping treatment effects on drying rates and drying times of grapes , Prunes and other Waxy Fruits. Food Tech., 24: 85-88.
- Raouzeos, G.S., Saravacos, G.D., 1986. Solar drying of characteristics of sultana raisins. Food engineering and process applications, Vol. 1, M. Le Maguer and P. Jelen (Eds) Elsevier Applied Science Publ., London, pp.451-460.
- Riva, M., Peri, C. and Lovino, R., 1986. Effects of pretreatments on kinetics of grapes drying. food engineering and process applications, s. 461-472.
- Saravacos, G.D., Raouzeos, G.S., 1986. Diffusivity of moisture in air-drying of raisins. A.s.mujumalar (ed).

- hemisphere publishing corp., Newyork, Vol :2, pp. 487-491.
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Yıldırım, A. ve Kandemir, N., 1994. Tarla bitkileri üretimi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı No:3, s.186, Tokat.
- Suarez, C., Loncin, M. and Chirife, J., 1984. A preliminary study on the effect of ethyl oleate dipping treatment on drying rate of gain corn. Journal of Food Science 49: 236-238.
- Tarhan, S., Ergüneş, G. ve Özler, S., 2003. Tokat yöresinde düşük sıcaklıkta mısır kurutma için uygun kurutma şartlarının belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 03-05 Eylül, s.18-24, Konya.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarım ürünleri kurutma tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, İzmir.
- Weller, C.L., Bunn, J.M., 1993. Drying rate constants for yellow dent corn as affected by fatty acid ester treatments. american society of agricultural engineers, 36 (6): 1815-1819.