

YAŞ MEYVE ve SEBZE PAZARLAMASINDA ARACILAR BAKIMINDAN EN UYGUN KANALIN BELİRLENMESİ : MERSİN İLİ ÖRNEĞİ

Esra KADANALI* Vedat DAĞDEMİR

Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 04200, Ağrı, Türkiye
*esrakadanali@hotmail.com

Geliş Tarihi: 17.10.2012

Kabul Tarihi:31.12.2012

ÖZET: Türkiye’de yaş meyve ve sebze pazarlamasında çeşitli kanallar mevcuttur. Ancak çoğunlukla yaş meyve ve sebze pazarlaması Toptancı Hal’lerinde yapılmaktadır. Çalışmada, üretim bölgesi olarak Mersin Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hali’nde faaliyette bulunan araçlarla anket yapılmıştır. Türkiye’de yaygın yaş meyve ve sebze pazarlama kanallarından, en uygun olanı sağlık, maliyet, süre ve kayıt altına alınma kriterlerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Analitik Hiyerarşi Prosesinden (AHP) yararlanılmıştır. AHP sonuçlarına göre, Mersin Toptancı Hali’nde en uygun pazarlama kanalı; “Üretici → Üretim Merkezi Komisyoncusu → Tüketim Merkezi Komisyoncusu → Perakendeci → Tüketici” %42,68 oranla ilk sırada yer almış bunu “Üretici → Tüketim Merkezi Komisyoncusu → Perakendeci → Tüketici” %35,90 ile takip etmiştir. AHP sonuçları Tobit model ile analiz edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yaş meyve ve sebze toptancı hali, pazarlama kanalı, AHP, Tobit model

DETERMINATION OF THE MOST SUITABLE MARKETING CHANNEL IN TERMS OF MARKETING AGENTS FOR FRESH FRUIT AND VEGETABLE PRODUCE : A CASE OF MERSİN PROVINCE

ABSTRACT: There are various fresh produce marketing channels in Turkey. But marketing activities are more commonly performed in wholesale fresh fruit and vegetable markets. In this study, middlemen in Mersin Wholesale Fresh Fruit and Vegetable Market, which is the location for production area, were interviewed. In the study, we tried to determine the most suitable fresh produce marketing channel according to criteria of health, cost, time and legal procedures such as recording. Analytical Hierarchy Process method (AHP) was used in this study. According to AHP results, the most appropriate marketing channel in Mersin is; “producer → middleman in production area → middleman in consumption area → retailer → consumer by 42,68%. The second most appropriate marketing channel is; “producer → middleman in consumption area → retailer → consumer” by 35.89%. When we evaluated criteria for Mersin province, the recording was determined to be the most important criterion with 48,05% in wholesale market and cost was the second with 35.04%. The results of AHP were analyzed by Tobit model.

Key words: Wholesale fresh fruit and vegetable market, marketing channel, AHP, Tobit model

1. GİRİŞ

Meyve ve sebze üretimi geniş bir üretici kesiminin faaliyet alanını ve geçim kaynağını oluşturmaktadır. Türkiye’de çeşitli tarım ürünlerine yönelik müdahale şekillerine rastlanırken yaş sebze ve meyve ile ilgili çiftçiye yönelik özel bir destek bulunmamaktadır. Meyve ve sebze üretim ve pazarlamasına ilişkin bir destek mekanizmasının bulunmaması, bölgeden bölgeye ve hatta aynı bölgede üründen ürüne değişen pazarlama kanalları ve satış şekillerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Demirbaş, 2001).

Yaş meyve ve sebze pazarlanmasında tüketici pazarlarına varıncaya kadar, pazarlama kanalının uzunluğu ve pazarlama koşullarındaki yetersizlikler, çabuk bozulabilen ürünler olması nedeniyle zayıfların büyük ve masrafların yüksek olmasına neden olmaktadır. Üreticilerin güçlü olmayışı ve örgütlenmemiş olmaları araçlara bağıllığı da artırmakta ve aracı sayısının artması da pazarlama marjını yükseltmektedir (Alpkent, 1995).

Meyve ve sebze pazarlamasında farklı konumlarda çok sayıda aracı kuruluşlar faaliyet göstermektedir. Türkiye’de yaş meyve ve sebze pazarlamasında en önemli aracı kuruluşu Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hal’leridir. Toptancı Hal’lerin faaliyet şekilleri yasal düzenlemelerle gerçekleştirilmektedir.

İç pazara sürülen meyve ve sebzenin yaklaşık %30’unun Toptancı Hal’inde işlem gördüğü, %70’lik kısmının ise kayıt dışı pazarlandığı ve bu kayıt dışılığın karşılığı da yaklaşık 16 milyar lira olduğu ifade edilmektedir (Anonim, 2011). Yaş meyve ve sebze pazarlamasında, Toptancı Hal’inde faaliyette bulunan meslek grupları dışında yer alan araçların bulunması sektörde kayıt dışılığın fazla olmasında etkili olmaktadır.

Fertő and Szabó (2002), çiftçilerin, işlem maliyeti ekonomisinin temelinde yer alan Macaristan’daki yaş meyve ve sebze sektöründe çeşitli tedarik kanalları arasında yaptıkları seçimi incelemeyi amaçlamışlardır. Multinomial logiti, çeşitli arz kanalları arasındaki seçimi etkileyen determinantları açıklamak için uygulamışlardır. Sakurai et al. (2004), Khon Kaen’deki “komisyoncu-üretici” ilişkilerini dikkate alarak meyve ve sebze pazarlama kanalını incelemişlerdir. Kuzeydoğu Tayland’da çoğu çiftçinin ürünlerini direk bahçeden/işletmeden elde eden komisyoncuya götürdüğü çok aşamalı bir meyve ve sebze pazarlama kanalının geliştirildiğini belirtmiştir.

Bu çalışmanın amacı, önemli üretim merkezi toptancı hallerinden biri olan Mersin Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hali’nde faaliyette bulunan araçlar için yaş meyve ve sebze pazarlamasında sağlık,

maliyet, süre ve kayıt altına alma kriterlerindeki önceliklerine göre tercih ettikleri pazarlama kanalının tespit edilmesidir. Bu amaçla Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. Ayrıca araçların önceliklerinin belirlenmesinde etkili olan faktörlerin ortaya koyulması için de Tobit analizinden (modelinden) yararlanılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmanın esas materyalini, üretim bölgesi olarak belirlenen Mersin ilinde 2010 yılında Temmuz-Ağustos aylarında Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hali'nde komisyoncu, üretici- komisyoncu ve sevkiyatçı-tüccarlar ile yüz yüze görüşmeler şeklinde yapılan anketler sonucu elde edilen orijinal nitelikli veriler oluşturmuştur.

Araştırmadaki anket sayısı Oransal Örneklem Yöntemi ile tespit edilmiştir. Sonlu bir popülasyon için belli bir özelliği taşıyanların bilinen veya tahmin edilen oranına göre örnek hacmi aşağıdaki formüldeki gibidir (Miran, 2003):

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{\hat{p}_x}^2 + p(1-p)} \quad (1)$$

Formülde;

n : Örnek büyüklüğü,

N : Popülasyondaki işletme sayısı (860),

$\sigma_{\hat{p}_x}^2$: Oranın varyansı (0,05102²),

r : Ortalamadan sapma (%5)

p : Yaş meyve ve sebze ticaretinde yer alan işletmelerin popülasyondaki oranını (0.50) göstermektedir.

Mersin ili için yapılan örnekleme göre; %95 güven aralığında ve ortalamadan %10 sapma ile anket sayısı 87 olarak tespit edilmiştir. Üretim bölgesi olarak belirlenen Mersin ili için belirlenen anket sayısının %10'u kadar da yedek anket yapılmıştır. Anketlerde yaşanabilecek olumsuzluklara karşın yedek ankete ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan yedek anketlerinde çalışma sonuçlarını etkilemeyeceği düşünülerek tamamı değerlendirilmeye alınmıştır.

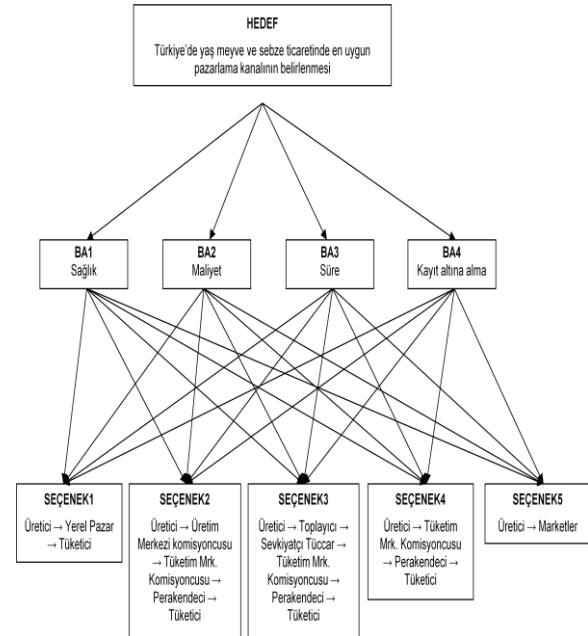
2.2. Yöntem

En uygun pazarlama kanalının belirlenmesinde amaçların önem derecelerine göre sıralanmasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminden yararlanılmıştır. Ayrıca çalışmada, AHP sonuçlarından elde edilen, en uygun pazarlama kanalı kararını ve belirlenen kriter tercihlerini etkileyen faktörler, Tobit model kullanılarak saptanmıştır. Burada amaç, aracının pazarlama kanalı ve kriter öncelik tercihlerinin belirlenmesinde etkili olan faktörleri ortaya koymaktır. Tobit model kullanılması ile, AHP

analizinden elde edilen, öncelik ve tercihlerin gelişme olasılıkları ortaya konulabilmektedir (Greene, 2000).

Araştırmada yaş meyve ve sebze ticareti ile uğraşan meslek mensuplarının en çok tercih ettikleri pazarlama kanalını belirlemek için, *sağlık, süre, maliyet ve kayıt altına alınma* kriterleri sunulmuştur. Bu kriterlerin altında ise aşağıdaki pazarlama kanalı seçenekleri verilmiştir:

- M1** = Üretici → Yerel Pazar → Tüketici
 - M2** = Üretici → Üretim Merkezi Komisyoncusu → Tüketim Merkezi Komisyoncusu → Perakendeci → Tüketici
 - M3** = Üretici → Toplayıcı → Sevkiyatçı-Tüccar → Tüketim Merkezi Komisyoncusu → Perakendeci → Tüketici
 - M4** = Üretici → Tüketim Merkezi Komisyoncusu → Perakendeci → Tüketici
 - M5** = Üretici → Hipermarketler/Süpermarketler Zinciri
- Bu araştırma için hazırlanan AHP modeli Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye'de yaş meyve ve sebze pazarlamasında en uygun kanalın belirlenmesine yönelik AHP karar ağacı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üretim merkezini temsil eden Mersin Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hali'nde anket yapılan meslek gruplarının %68'i komisyoncu, %18'i üretici-komisyoncu ve %14'ü de sevkiyatçı tüccarlardan oluşmaktadır. Toptancı Hali'nde faaliyette bulunan komisyoncuların yaş ortalaması 49,79 yıl ve eğitim süresi ortalaması da 10,41 yıl olarak hesaplanmıştır. Komisyonculara ait ortalama deneyim süresi 25,58 yıl olup Hal içinde günlük faaliyet süresi 14,28 saattir. Araçlara ait eğitim durumu ortalamalarında lise

mezunu olan araçılar %52 ile en yüksek orana sahiptirler. Toptancı Hali'nde faaliyette bulunan meslek gruplarının yaş gruplarına göre dağılımları 46-54 yaş grubunun ortalamasının diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir.

Anket yapılan araçıların %50'sinde pazarlama konusunda eğitilmiş personel bulunmaktadır. Deneyim sürelerine ait tanımlayıcı istatistiklere bakıldığında 17-25 yıl arası deneyim sahip olanlar %31 oranı ile en yüksek aracı grubudur.

Toptancı Hali'nde araçılarla yapılan anket sonuçlarından yararlanarak uygulanan AHP'den Çizelge 1, Çizelge 2 ve Çizelge 3'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Toptancı Hali'nde meslek grupların tercih ettikleri en uygun pazarlama kanalı olarak M2 (%42.68) ilk sırada yer almakta olup bunu M4 (%35.90) takip etmektedir. Komisyoncuların M1 (%3.75), M3 (%8.06) ve M5 (%9.61) kanallarını pek tercih etmedikleri belirlenmiştir. Yaş meyve ve sektöründe kayıt dışılığın ürünlerin Toptancı Hali'nden geçmesiyle önenebileceğini düşündükleri için M2 ve M4'ü en uygun pazarlama kanalı olarak değerlendirmişlerdir. M1 kanalının zayıf ve etkin olmadığı, fazla miktarda ürünün tüketiciye ulaşmasında yeterli olmadığını düşünmektedirler. Ayrıca ürünün fiyatının Toptancı Hal'lerinde belirlenmesi nedeniyle bu anlamda da uygun olamayacağını belirtmişlerdir. M5 kanalı için ise, market zincirlerinin kendi araçıları vasıtasıyla üreticilerle anlaşıp ürünü aldıklarını ve pazarladıklarını, bunun kayıt altına alınmış satış olmasına rağmen yine fiyat belirleme konusunda Toptancı Hal'lerin mutlaka olması gerektiğini belirttikleri için bu kanala da fazla ilgi göstermemektedirler (Çizelge 1).

Çizelge 1. Mersin yaş meyve ve sebze halinde komisyoncuların uygun pazarlama kanalına yönelik değerlendirmeleri

Uygun Pazarlama Kanalı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
M1	0.0375	0.0078	0.0284	0.0599
M2	0.4268	0.0163	0.3906	0.4619
M3	0.0806	0.0092	0.0541	0.0992
M4	0.3590	0.0156	0.3287	0.3887
M5	0.0961	0.0096	0.0736	0.1211

AHP sonuçlarına göre, Toptancı Hal'inde meslek gruplarının *sağlık*, *maliyet*, *süre* ve *kayıt altına alma* kriterlerine verdikleri öncelikler değerlendirildiğinde; kriterler arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark vardır. Buna göre %48.05 ile *kayıt altına alma* kriteri ilk sırayı almakta ve bunu %35.04 ile *maliyet* kriteri izlemektedir (Çizelge 2). Toptancı Hali'nde yer alan meslek grupları yaş meyve ve sebze pazarlamasında en önemli sorun olarak *kayıt dışılığı* gördükleri için bu kriter pazarlama kanalının belirlenmesinde ilk sırayı almıştır. Yaş meyve ve sebzelerin uygun sürede tüketiciye ulaştırılmasına ilişkin *süre* kriteri ise üçüncü derecede önemli olarak belirlenmiştir.

Toptancı Hali meslek grupları *sağlık* kriteri (%4.56) konusuna pek fazla ilgi göstermemektedir.

Çizelge 2. Mersin yaş meyve ve sebze halinde komisyoncuların dikkate alınan kriterler bakımından değerlendirmeleri

Kriterler	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Sağlık	0.0456	0.0067	0.0367	0.0590
Maliyet	0.3504	0.0818	0.2142	0.5086
Süre	0.1235	0.0291	0.0827	0.1820
Kayıt altına alma	0.4805	0.0692	0.3613	0.6107

Nihai karar aşamasında meslek gruplarının en uygun pazarlama kanalının her bir kriter için öncelik tercihleri belirlenmiştir. Bu bağlamda *sağlık* kriteri için en uygun kanal M2 olarak değerlendirilmiştir. Özellikle 5957 sayılı yasada bu konuya ilişkin yenilik getirilmiştir. Tüketici ve çevre sağlığı için yasanın yürürlüğe girmesinden sonra 5 yıl içinde Toptancı Hal'lerinde ilaç kalıntılarının tespiti için analiz laboratuvarlarının kurulması gerektiği belirtilmiştir. Bu bağlamda Toptancı Hal'lerinde işlem gören ürünlerde sağlık riskinin azalabileceği bu sonuçta etkili olabilmektedir. Bunun dışında ambalajlama ve paketlemeye ilişkin kararların yer alması da bu sonucun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Çizelge 3). *Maliyet* kriteri için de yine M2 kanalının daha uygun olacağı sonucu belirlenmiştir. Yaş meyve ve sebze pazarlamasında kayıt dışılığa neden olan diğer sınırsız araçıların kanala girmesiyle maliyetler artmaktadır. Maliyetlerin artması üreticinin daha az kazanması, tüketicinin ise daha çok ödemesi anlamına gelmektedir (Çizelge 3). *Süre* kriteri için ise en uygun kanal M4 olarak tespit edilmiştir. Yaş meyve ve sebzelerin dayanıksız, depolanamayan ve çabuk bozulabilen ürünler olması en kısa sürede tüketicilere ulaştırılmasını gerektirmektedir (Çizelge 3). *Kayıt altına alma* kriteri için ise en uygun kanal M2 olarak belirlenmiş ancak onu en yakın kanal olarak M4 izlemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Mersin Toptancı Halinde Kriterler tarafından alternatiflerin ortalama önceliklerine ait değerlendirme

	M1	M2	M3	M4
Sağlık	0.0222	0.3424	0.0999	0.3073
Maliyet	0.0536	0.5437	0.0733	0.2597
Süre	0.0370	0.2479	0.0435	0.5379
Kayıt altına alma	0.0279	0.3955	0.0936	0.3900

Tobit modelinde dikkate alınan bağımsız değişkenler analiz sonucunda anlamlı çıkan değişkenler olmuştur. *Sağlık* kriterine verilen önceliğin artması, mesleğin yaş meyve ve sebze pazarlamasına ilişkin olmasıyla doğru orantılıdır. *Maliyet* kriterine verilen öncelik mesleğin yaş meyve ve sebze sektörü içerisinde olması ile aynı yönlüdür. *Süre* ve *maliyet* kriterleri de yine meslek ile doğru orantılıdır. *Sağlık* kriterine verilen önceliğin artması, işletmede pazarlama konusunda eğitilmiş personel

olmasıyla artmaktadır. Aynı şekilde *maliyet, süre* ve *kayıt altına alınma* kriterlerine öncelik verilmesi işletmede pazarlama konusunda eğitilmiş personel bulunmasıyla ilgilidir. *Sağlık* kriterinin önceliğinin artması ürün temininde, üreticiden ürün temin etmenin önemi artmaktadır. *Maliyet, süre* ve *kayıt altına alınma* kriterlerinin önceliklerinin artması da yine ürünü üreticiden temin etmenin önemini artmaktadır. *Sağlık, maliyet, süre* ve *kayıt altına alınma* kriterlerine verilen öncelikler arttıkça, ürünü üreticiden temin etme eğilimi aynı yönde değişmektedir. *Sağlık* kriterine verilen önem arttıkça ürün hale geldikten sonra hizmet verme (ambalajlama, paketleme vb.) artmaktadır. *Maliyet* kriteri ile ürün Toptancı Hali'ne geldikten sonra herhangi bir hizmet verme ile ters orantılı olarak bulunmuştur. Tüketicilere ürünü uygun sürede ulaştırma önceliği arttıkça ürün Toptancı Hali'ne geldikten sonra hizmet verme eğilimi de artmaktadır. *Kayıt altına alma* önceliğinin artması da ürün hale geldikten sonra hizmet vermeyi

artırmaktadır. *Sağlık* kriterine önceliğin verilmesinin artması yeni Hal Yasası'nı bilme ile aynı yönde değişmektedir. Aynı şekilde *maliyet, süre* ve *kayıt altına alma* için verilen önceliklerdeki artış da yeni Hal Yasası'nı bilme ile doğru orantılı olarak değişmektedir (Çizelge 4).

Pazarlama kanalı tercihi, lise eğitilmiş olma ile aynı yönde değiştiği görülmektedir. Yani lise eğitilmiş olanların bu beş pazarlama kanalındaki tercihinde doğru yönde etkilidir (Çizelge 5). M2, M3, M4 ve M5 pazarlama kanallarının tercihi işletmede, pazarlama konusunda eğitilmiş personel bulundurma ile doğru orantılı ve M1 pazarlama kanalının tercihi ile ters orantılıdır (Çizelge 5). M1, M2, M3, M4 ve M5 pazarlama kanallarının tercihi ile diğer bağımsız değişkenler arasında yani, deneyim, 17-25 yıl arası deneyim, ürünü üreticiden temin etme, ürün hale geldikten sonra hizmet verme, yasaya ilişkin bilgi kaynağının mesleki dernek olması ile doğru yönde ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4 Araçların yaş meyve ve sebze pazarlamasında kriterlerin önceliklerine ilişkin Tobit modeli

Bağımsız Değişkenler	Sağlık	Maliyet	Süre	Kayıt Altına Alma
Sabit	0.044385*	0.311241*	0.136485*	0.507875*
Meslek	0.002515**	0.026633**	0.014070***	0.035478***
Eğitilmiş personel	0.003979**	-0.066964***	0.047095***	0.049930*
Ürünü üreticiden temin etme	0.013148*	0.101795*	0.016239**	0.108479*
Ürün garantisi ve kaliteli ürün için avans verme	0.010800*	0.057230**	0.040269*	0.105002*
Ürün hale geldikten sonra hizmet verme	0.004526***	-0.109780***	0.009936***	0.064962**
Yeni hal yasasını bilme	0.003387**	0.018601***	0.010226***	0.044841**
Log likelihood function	328.8348	100.4657	196.6602	89.65628
Sigma	0.009029	0.088602	0.033859	0.098716

* $\alpha=0.01$ için önemli ** $\alpha=0.05$ için önemli *** $\alpha=0.10$ için önemli

Çizelge 5. Araçların yaş meyve ve sebze pazarlamasında pazarlama kanalının tercihine ilişkin Tobit modeli

Bağımsız değişkenler	M1	M2	M3	M4	M5
Sabit	0.021967**	0.430057*	0.089091*	0.362969*	0.09592*
Lise eğitilmiş	0.003190**	0.026079*	0.004646***	0.023493*	0.005536**
Eğitilmiş personel	-0.0024***	0.025717*	0.011343*	0.025974*	0.018612***
Deneyim	0.000324*	0.002830*	0.000356*	0.002935*	0.000916*
17-25 yıl arası deneyim	0.003907***	0.031405**	0.002872***	0.042621*	0.016442**
Ürünü üreticiden temin etme	0.004305	0.068299*	0.012862*	0.049778*	0.014859*
Ürün hale geldikten sonra hizmet verme	0.008443**	0.072459***	0.004624***	0.018345***	0.008705**
Bilgi kaynağı dernek	0.003426*	0.045670*	0.009272***	0.030566***	0.005948**
Log likelihood function	345.2125	166.9992	299.7147	182.1697	291.9399
Sigma	0.007665	0.045550	0.012081	0.039139	0.013058

* $\alpha=0.01$ için önemli ** $\alpha=0.05$ için önemli *** $\alpha=0.10$ için önemli

4. SONUÇ

Mersin Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hali'nde komisyoncularla yapılan anket sonuçlarından yararlanarak uygulanan AHP ile en uygun pazarlama kanalı belirlenmiştir. Sonuçta; Toptancı Hali'nde meslek gruplarının tercih ettikleri en uygun pazarlama kanalı olarak M2 (%42,68) ilk sırada ve M4 (%35,90) ikinci sırada yer almaktadır. Komisyoncuların M1 (%3,75), M3 (%8,06) ve M5 (%9,61) kanallarını pek tercih etmedikleri belirlenmiştir. AHP sonuçlarına göre, Toptancı Hali'nde meslek gruplarının *sağlık,*

maliyet, süre ve *kayıt altına alma* kriterlerine verdikleri öncelikler değerlendirildiğinde; kriterler arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark vardır. Buna göre %48,05 ile *kayıt altına alma* kriteri ilk sırayı almakta ve bunu %35,04 ile *maliyet* kriteri izlemektedir. Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, araçlar yaş meyve ve sebze pazarlamasında kayıt dışılığı en önemli sorun olarak değerlendirdiklerinden pazarlamada öncelikli kriterleri *kayıt altına alma* olmuştur. 5957 sayılı yaş meyve ve sebze ticaretinin düzenlenmesine yönelik getirilen düzenlemelerle kayıt dışılığın önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Sonuç olarak önemli bir üretim potansiyeli olan yaş meyve ve sebzenin kayıt dışı, tüketici sağlığı, tüketiciye ulaştırılmasında uygun süre ve maliyet kriterleri için pazarlamasının Yaş Meyve ve Sebze Toptancı Hal'lerinde yapılmasının önemli olduğu ifade edilebilmektedir.

5. KAYNAKLAR

Anonim 2011. http://www.sanayi.gov.tr/Files/Mevzuat/5957_sayili_kanun-20042010164505.pdf.

Alpkent, N. 1995. Türkiye'de tarımsal ürünler pazarlaması üzerine bir inceleme. Milli Prodüktivite Merkezi Yay.: 547 Ankara.

Demirbaş, N. 2001. Türkiye'de toptancı halleri ile ilgili yasal düzenlemelerin meyve-sebze üretim ve pazarlama politikalarının başarısı üzerine etkileri: İzmir ili örneği. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yay.

Fertó, I., Szabó, G.G. 2002. The Choice of supply channels in Hungarian fruit and vegetable sector, senior research fellow and research fellow institute of economics. Hungarian Academy of Sciences, Paper presented at the Annual Meeting of the American Agricultural Economics Association in Long Beach, July 5-8.

Greene, W.H. 2000. Econometric Analysis, Prentice Hall, USA, 1004 p.

Miran, B. 2003. Temel İstatistik. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.

Sakurai, S., Ando, M., Piansak, P. 2004. Marketing of fruits and vegetables in northeastern Thailand. Agricultural Marketing J. of Japan, 60: 115-118.

FARKLI SU DERİNLİKLERİNİN ÇELTİK VERİMİNE ETKİSİ

Tekin KARA* Canan GÜREL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, SAMSUN
*e-mail: tekinkar@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.01.2012

Kabul Tarihi:29.11.2012

ÖZET: Farklı su derinliklerindeki göllendirmelerin çeltik bitkisine olan etkilerini gözlemek amacıyla beş farklı konuda çalışılmıştır. Sulama konuları; A: 3 cm, B: 6 cm, C: 9 cm, D: 12 cm ve E: 15 cm su derinliği sabit tutulmuş; sulamalar günlük olarak yapılmıştır. Çalışma 2 yıl üst üste aynı koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Denemede yetiştirme sezonu boyunca uygulanan aylık su miktarı en düşük ve en yüksek değerler olarak 2008 yılında 59.0 mm ile 373.3 mm arasında; 2009 yılında ise 63.6 ile 290.4 mm arasında değişmiştir. Çalışmada farklı sulama derinliklerine karşılık saptanan verim etmenleri istatistiksel olarak incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre çeltik bitkisinde uygulanan su derinliği 9 cm. altında (3 ve 6 cm) olduğunda salkım sayısında ve verimde azalmalar, boş tane sayısında ise artmaya neden olmuştur. Su derinliği yüksek olan 9, 12 ve 15 cm üzerindeki durumlarda verim artışı gözlenmiştir. Bu sonuçlarla çeltikte uygun göllendirme su derinliği 9 cm olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çeltik, su derinliği, verim

EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION WATER DEPTH ON RICE YIELD

ABSTRACT: Five different pond water depths were examined to reveal their effect on rice plants. Irrigation treatments were; A: 3 cm, B: 6 cm, C: 9 cm, D: 12 cm and E: 15 cm water depth. Irrigation intervals were on a daily basis for all treatments. The data were collected during two consecutive years at the same conditions. According to results, the lowest and highest values of the amount of water applied monthly during growing seasons varied from 59.0 to 373.3 mm in 2008, and from 63.6 to 290.4 mm in 2009, respectively. Yield factors identified as response to different water depths were statistically examined. According to the results; the treatments of water depth less than 9 cm (namely 3 and 6 cm) decreased the number of the clusters and rice yield and also increased number of empty grains. But high water depths of 9, 12 and 15 cm increased the yield. These results showed that the paddy irrigation water depth of 9 cm is appropriate for rice production.

Key words: rice, water depth, yield

1. GİRİŞ

Dünyadaki toplam su varlığı yaklaşık 1.4 milyar km³tür. Bunun %97.5'u okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak; %2.5'u (35.2 milyon km³) ise tatlı su formunda bulunmaktadır. Tatlı suyun ise %68.3'ü buz dağları ve buzullarda, %31.4'ü yeraltı suyu, %0.3'ü yüzey suyu ve %0.04'ü diğer bölgelerde bulunmaktadır. Yüzey suyunun %87'si göllerde, %11'i bataklıklarda ve %2'si nehirlerde bulunmaktadır. Bu durum yerkürede bulunan suyun acı gerçeğini ortaya koymasının yanında kullanılabilir düzeyde olan suyun zaman boyutunda kirletilmesi, oldukça düşündürücü bir hal almaktadır. Dünyada su kullanım alansal olarak %70'i tarım sektöründe, %22 sanayide ve %8'lik bölümü de içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. (Atalık, 2007).

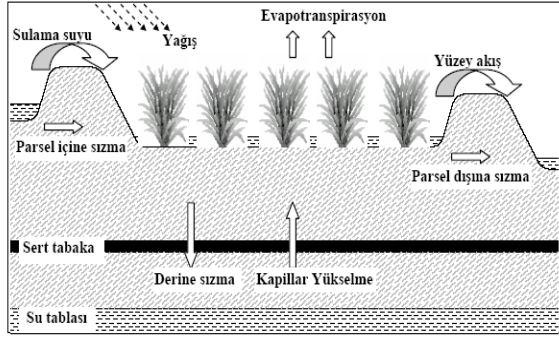
Tarımda kullanılan suyun büyük bir bölümü sulama amaçlıdır. Tarımda uygulanacak su miktarını doğrudan sulamanın yöntemi belirlemektedir. Sulama yöntemleri yüzey sulama, basınçlı sulama ve sızdırma (toprak altı) olmak üzere üç gruba ayrılır. Yüzey sulama yöntemleri diğer yöntemlere göre daha fazla su kullanmaktadırlar. Yüzey sulama yöntemleri içerisinde salma, tava, uzun tava ve karık sulama yöntemleri bulunmaktadır. Amaçlanan suyun toprak yüzeyine verilerek gerek yatay ve gerekse düşey hareketi sağlanarak bitki kök bölgesine istenilen miktarda suyun verilmesidir (Apan ve ark., 2005; Temizel, 2012).

Çeltik tarımı su göllendirilerek yapılmaktadır, çeltik su içinde çimlenebilen ve kökleri suda çözülmüş oksijenden yararlanabilen tek tahıl cinsidir. Çeltik bitkisinin ülkemizde tava yüzey sulama yöntemi kullanılarak yapılması ve büyük hacimlerde su kullanılması, kullanılan suyun tarımsal faaliyetler sonucunda kirletilmiş olarak doğaya salınması karşımıza büyük sorunlar olarak çıkmaktadır. Çeltik bitkisinin diğer bitkilerden farklı olarak fazla su istemesi bu konuda çalışmalara yoğunlaşılmasının önemini artırmıştır.

Çeltik bitkisi yetiştiriciliğinde diğer önemli konu toprak hazırlanmasıdır. Toprak hazırlanması sırasında üzerinde durulması gereken en önemli konu tesviyedir. Tarla çok iyi tesviye edilmeli veya tesviyeli araziler seçilmelidir. Çeltik su altında bırakılarak sulandığından tesviyenin önemi daha da artmaktadır. Sulama için arazi eğimi %1 den az olmalıdır (Meral ve Temizel, 2006). Çeltik ekimi yapılması için su sıcaklığı en az 12°C olması gerekir (Altındağ, 2005).

Bir çeltik tavaşında oluşan su dengesi şekil 1' de verilmiştir.

Bitki su tüketimi ise ülkemizde 810-1625mm arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Bununla beraber uygulamada su kullanımı kayıplardan dolayı tahmin edilen miktardan çok daha fazla gerçekleşmektedir. Ayrıca 1kg çeltik üretiminde 1000-2000 litre suyun yeterli olduğu ancak uygulama da bu miktarın 4000-5000 litreye ulaştığı bilinmektedir (Özgenç ve Erdoğan, 1988).



Şekil 1. Çeltik tavaasında su dengesi (Meral ve Temizel, 2006)

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, Orta Karadeniz bölgesinde, Samsun, Çarşamba ovasında gerçekleştirilmiştir. Uzunluğu 3.0m genişliği 2.10 m ve denizden yüksekliği yaklaşık 5.00 m yükseklikte olan bir alanda yapılmıştır. Çalışma alanının üzeri su seviyelerini sabit tutmak amacıyla yağışlardan etkilenmemesi için kapatılmıştır. Deneme lizimetlerde yapılmıştır. Kullanılan lizimetler 26 cm çapında, 34 cm derinliğindedir. Lizimetlerin ilk 5 cm'lik bölümüne çakıl taşı 12 cm'lik bölümüne toprak konulmuştur. Deneme arazisinin genel konumu 41°14' Kuzey enlemi, 36° 25' Doğu boylamıdır.

Deneme alanı iklimsel özellikleri Orta Karadeniz bölgesi iklim özelliklerini göstermektedir. Orta Karadeniz bölgesi iklim özelliklerine bakıldığında çok yıllık ortalama sıcaklık 14.2°C 'dir. Çok yıllık ortalama yıllık toplam yağış 683.2 mm olmasına karşılık, çok yıllık ortalama yıllık buharlaşma 1053 mm saptanmıştır. Bu durum bile yağış ile buharlaşma arasında buharlaşma açısından farklılık ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durumda sulamanın gerekliliğini açık olarak ortaya çıkarmaktadır (Anon., 2009a).

Denemede Lizimetler için kullanılan toprağın analiz sonuçlarına göre; Azot (%) 0.22; Fosfor (mg/kg) 61.51; Potasyum (cmol/kg) 0.45; Kireç (%)< 0.01; Kil (%)52.74; Silt (%)21.47; Kum (%)25.79; Bünye Killi (C); pH6.61; EC (dS/m) 2.17; Organik Madde (%) 2.76 olarak saptanmıştır.

Sulama Suyu analizleri sonucunda da pH6.48 ve EC (dS/m) 0.27 olarak saptanmıştır

Çalışmada Osmancık çeltik çeşidi kullanılmıştır. Osmancık çeltik çeşidinin özellikleri 95-100cm boyunda sağlam saplı ve yatmaya dayanıklı bir çeşittir. Orta erkenci ve olgunlaşma süresi 125-135 gündür. Kırıksız pirinç randımanı %65 ve pirinç 1000 tane ağırlığı 24-26 gramdır (Anon., 2009b).

Yağışların su seviyelerini etkilememesi için deneme alanının üstü kapatılmıştır. Denemede sürekli sulama yöntemi uygulanmıştır. Sürekli sulama yönteminde bitkinin tüm gelişimi boyunca su seviyesi belirlenen düzeyde kalmıştır. Her bir lizimetreye 18 adet tohum 19 Mayıs 2008 tarihinde ekilmiştir (Şekil 3).



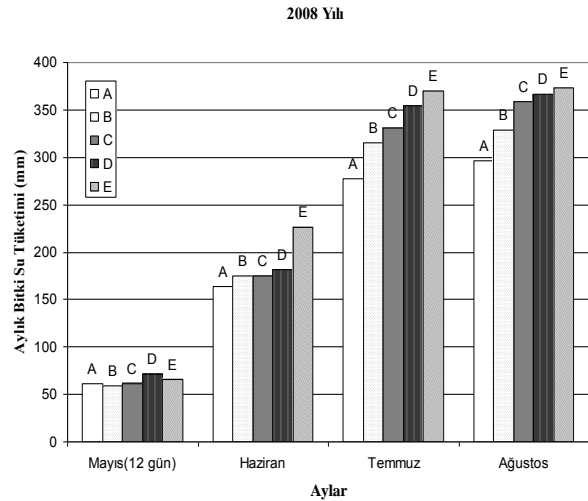
Şekil 3. Lizimetlerde denemesinin genel görünüşü

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Deneme Konularına Uygulanan Sulama Suyu Miktarları

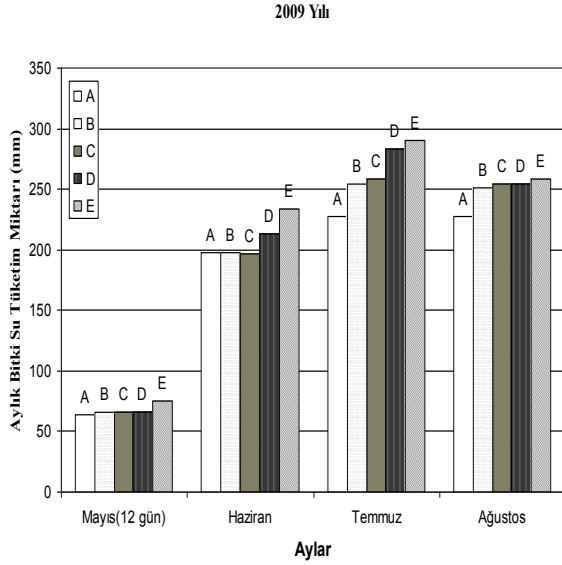
Her bir sulama derinliği için hazırlanan lizimetlere su seviyesini gelişme dönemi boyunca sabit tutmak amacıyla günlük olarak sulama yapılmıştır. Çalışmadaki A konusu 3cm, B konusu 6 cm, C konusu 9 cm, D konusu 12 cm ve E konusu 15cm su seviyesinde tüm gelişme döneminde sabit olarak tutulmuştur.

Yapılan çalışmada 2008–2009 yıllarında çeltik bitkisine uygulanan su miktarları şekil 4 ve şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4 ve 5 incelendiğinde Temmuz ve Ağustos aylarında uygulanan su miktarlarının arttığı, aynı dönem içinde lizimetler arası uygulanan su miktarlarında ise fark olmadığı gözlenmektedir.



Şekil 4. Lizimetlerde kullanılan aylık toplam su miktarları (mm) (2008 yılı)

Çalışmada çeltik bitkisinin gelişmesi ve hasattan sonra çeşitli fenolojik gözlemler yapılmıştır. Yapılan gözlemlerden biri de farklı sulama suyu uygulanan lizimetlerde ilk salkım çıkış tarihleridir. Bu tarihler çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 5. Lizimetrelerde kullanılan aylık toplam su miktarları (mm) (2009 yılı)

Çizelge 3. Lizimetrelerde İlk Salkım Çıkış Tarihleri

2008 Yılı İlk Salkım Çıkış Tarihi	Konular	2009 Yılı İlk Salkım Çıkış Tarihi	Konular
30.07.2008	D	10.08.2009	D
02.08.2008	C	11.08.2009	B
02.08.2008	E	11.08.2009	C
05.08.2008	A	13.08.2009	E
05.08.2008	B	15.08.2009	A

3.2. Farklı Su Derinliklerinin Çeltik Verimine Etkileri

Çeltik bitkisinde su uygulaması hasattan ortalama 20-30 gün önce durdurularak hasat'a kadar sulama yapılmaz (Sürek, 2002). Denemede her iki yılda 105 günlük su uygulamasından sonra 20 gün sulama yapılmadan çeltikler kurumaya bırakılmıştır. Toplam 125 gün sonunda hasat edilmiş; hasat edilen çeltikler 2 gün boyunca serilerek gün ışığında kurutulmuştur.

Çalışma sonucunda deneme konularından elde edilen veriler tesadüf blokları deneme desenine göre istatistikî analizi yapılmıştır. İstatistiksel analizde kullanılan değerler aşağıdaki gibi saptanmıştır;

Salkım Uzunluğu: Salkım uzunluğu sarı olum döneminde, salkım tabanından salkımın ucuna kadar olan mesafenin (kılçık hariç) ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Salkım Başına Dolu Tane Sayısı: Olgunlaşma devresinde salkımdaki fertil başakçıklar sayılmıştır.

Salkım Başına Boş Tane Sayısı: olgunlaşma devresinde salkımdaki steril başakçıklar sayılmıştır.

Salkım Başına Verim: Olgunlaşma dönemi sonunda hasat edilen salkımlardaki tanelerin ağırlığı tartılarak belirtilmiştir.

Salkım Sayısı: Lizimetrelerde bulunan salkımlar sayılarak belirlenmiştir.

Lizimetre Başına Verim: Salkımların tamamen sarardığı olgunlaşma dönemi sonunda bitkiler hasat edilerek ayrı ayrı harmanlanmış ve %14 nem içeriği dikkate alınarak lizimetre başına tane verimi g/lizimetre olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Farklı Sulama Derinliklerinin Çeltik Bitkisinin Tarımsal Özelliklerine Etkisi (2008 Yılı)

Konu	Salkım Uzunluğu (cm)	Dolu tane Sayısı (adet)	Boş tane Sayısı (adet)	Salkım Başına Verim (gr/adet)	Salkım Sayısı (adet/liz.)	Verim
A1	12.41	67.47	1.47	2.30	21	48.50
B1	13.02	70.52	1.94	2.37	19	45.10
C1	11.99	64.00	1.57	2.21	21	46.55
D1	12.58	69.20	1.56	2.35	25	58.80
E1	11.91	64.05	3.88	2.21	17	37.60
A2	11.77	68.10	1.57	2.33	19	44.40
B2	11.88	67.27	1.33	2.22	18	40.10
C2	12.38	69.36	1.04	2.30	22	50.75
D2	13.20	76.00	2.09	2.64	21	55.60
E2	12.13	62.37	1.66	2.16	27	58.35
A3	13.24	77.58	2.29	2.69	17	45.75
B3	13.29	84.64	2.29	2.94	17	50.00
C3	12.63	74.96	1.96	2.53	25	63.25
D3	13.18	82.31	2.05	2.89	19	55.00
E3	14.27	86.05	2.23	3.13	17	53.30

Çizelge 5. Farklı Sulama Derinliklerinin Çeltik Bitkisinin Tarımsal Özelliklerine Etkisi (2009 Yılı)

Konu	Salkım uzunluğu (ort.)(cm)	Dolu tane sayısı (ort.)(adet)	Boş tane sayısı (ort.)(adet)	Salkım başına verim(gr/adet)	Salkım sayısı(adet/liz.)	Verim
A1	12.41	33.33	52.67	1.78	6	10.70
B1	13.41	78.75	24.75	2.82	12	33.85
C1	11.64	66.82	8.35	2.24	17	38.10
D1	13.19	80.50	15.71	3.25	14	45.50
E1	11.93	58.67	5.94	2.16	18	38.95
A2	13.58	63.55	25.22	2.27	9	20.50
B2	9.97	32.88	12.55	1.05	9	9.50
C2	12.22	76.45	7.85	2.51	20	50.20
D2	12.80	80.32	9.94	2.93	17	49.90
E2	13.04	85.22	7.00	2.88	18	52,00
A3	12.35	58.00	20.62	1.77	8	14.20
B3	13.54	83.00	24.36	2.40	11	26.40
C3	12.77	72.44	4.88	2.39	9	21.55
D3	11.35	65.00	3.66	2.22	18	40.05
E3	11.94	76.60	4.26	2.58	15	38.80

Çizelgede görülen değerlerin her biri için MSTAT istatistik programı kullanılarak 2008-2009 yılı deneme sonuçları kullanılarak analizler yapılmıştır. Yapılan istatistikî analiz sonuçlarında konular arasında boş tane sayısı, salkım sayısı ve verim açısından farklılıklar belirlenmiştir. Belirlenen farklılıklar aşağıda Duncan sıralamalarıyla birlikte verilmektedir. Boş tane sayısı açısından uygulanan Duncan testi sıralaması aşağıda verilmektedir.

Çizelge 6. Boş Tane Sayısı Duncan Sıralaması (2008-2009 yılları)

Orijinal Düzenleme	Sıralı Düzenleme
Ortalama A = 17.31 A	Ortalama A = 17.31 A
Ortalama B = 11.21 AB	Ortalama B = 11.21 AB
Ortalama C = 4.278 B	Ortalama D = 5.838 B
Ortalama D = 5.838 B	Ortalama C = 4.278 B
Ortalama E = 4.165 B	Ortalama E = 4.165 B

Duncan sıralaması incelendiğinden en fazla boş tane, en az su seviyesi olan A konusu 3 cm su derinliğinde ve aynı gruba giren B konusu 6 cm su derinliğinde meydana gelmiştir.

Salkım sayıları açısından uygulanan Duncan testi sıralaması aşağıda verilmektedir.

Çizelge 7. Salkım Sayısı Duncan Sıralaması (2008-2009 yılları)

Orijinal Düzenleme	Sıralı Düzenleme
Ortalama A = 13.33 B	Ortalama C = 19.00 A
Ortalama B = 14.33 B	Ortalama D = 19.00 A
Ortalama C = 19.00 A	Ortalama E = 18.67 A
Ortalama D = 19.00 A	Ortalama B = 14.33 B
Ortalama E = 18.67 A	Ortalama A = 13.33 B

Salkım sayıları açısından Duncan sıralaması incelendiğinde en fazla salkım sayısının C (9cm) ve D (12cm) konularında belirlenmiştir aynı zamanda E (15cm) konusunda salkım sayısı açısından aynı gruba girmektedir.

Verim açısından uygulanan istatistikî analiz sonuçlarından elde edilen Duncan sıralaması aşağıda verilmektedir.

Çizelge 8. Verim Duncan Sıralaması (2008-2009 yılları)

Orijinal Düzenleme	Sıralı Düzenleme
Ortalama A = 30.67 C	Ortalama D = 50.81 A
Ortalama B = 34.16 BC	Ortalama E = 46.50 AB
Ortalama C = 45.07 ABC	Ortalama C = 45.07 ABC
Ortalama D = 50.81 A	Ortalama B = 34.16 BC
Ortalama E = 46.50 AB	Ortalama A = 30.67 C

Konularda meydana gelen verimleri incelediğimizde en yüksek verimin D(12cm) konusunda meydana geldiği görülmektedir. Bununla birlikte E (15cm) ve C (9cm) su derinliği de D konusu ile aynı gruba girmektedir.

Denemede 2008-2009 yıllarında yetiştirilen çeltik bitkisi yetiştirme döneminde konulara göre uygulanan aylık su miktarları incelenmiştir. Belirlenen ortalama su miktarları aşağıda çizelge 9 ve 10 da verilmiştir.

Çizelge 9. Konulara Uygulanan Aylık Ortalama Su Miktarları (mm) (2008 Yılı)

2008	A	B	C	D	E
Mayıs(12 gün)	60.8	59.0	61.5	70.8	65.4
Haziran	164.3	174.5	174.5	181.3	226.3
Temmuz	277.4	315.7	330.6	354.4	369.7
Ağustos	295.9	329.1	358.5	366.8	373.3

Çeltik bitkisi yetiştiriciliğinde farklı su derinliklerinin çeltik bitkisi verimine etkisi incelendiğinde su seviyesinde azalmanın belirli bir düzeyden sonra verimi etkilediği sonucu çıkmaktadır. Bouman ve Toung (2001)' de yaptıkları çalışmada su tasarrufu karşısında verimde meydana gelecek düşmenin önemsiz olmayacak düzeyde olduğunu açıklamışlardır. Anbumozhi ve ark.(1998)' de yaptıkları çalışmada toprak yüzeyinde bulundurulmuş su

yüksekliğinin çeltik verimine etkilerini incelemişlerdir ve çalışma sonucunda tohum verimliliği açısından en uygun su seviyesinin 9 cm olduğunu açıklamışlardır.

Çizelge 10. Konulara Uygulanan Aylık Ortalama Su Miktarları (mm) (2009 Yılı)

2009	A	B	C	D	E
Mayıs (12 gün)	63.6	66.3	65.5	66.1	75.4
Haziran	197.7	198.1	196.3	212.8	234.1
Temmuz	227.9	254.5	258.4	283.2	290.4
Ağustos	227.9	251.2	254.7	254.5	258.1

Sonuç olarak, Samsun ili iklim şartlarında farklı su derinliklerinin verime etkisi çalışmasında çeltik bitkisinin su seviyesinde C konusu olan 9 cm'nin altına bulunan B (6 cm) ve A (3 cm) konularında verimde düşmelerin meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Su derinliği yüksek olan 9, 12 ve 15 cm durumlarında verim artışı gözlenmiştir. Verimdeki bu artış 9 cm den sonra ki değerlerde istatistikî açıdan önemsenmeyecek düzeydedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar Bouman ve Toung (2001) ve Anbumozhi ve ark.(1998) tarafından verilen sonuçlarla paralellik gösterdiği saptanmıştır. Bu nedenle de çeltik yetiştiriciliğinde su yüksekliği 9 cm olarak önerilmiştir.

5.KAYNAKLAR

- Altındeğer, M., 2005, , Çeltik Yetiştiriciliği, No:T/3, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara
- Anbumozhi, V., Yamaji, E., Tabuchi, T., 1998, Rice Crop Growth and Yield as Influenced by Changes in Ponding Water Depth, Water Regime and Fertigation Level, *Agricultural Water Management*, 37(3):241-253
- Anonim, 2009a, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi, www.tumas.dmi.gov.tr/wps/portal
- Anonim, 2009b, Osmancık İlçe Tarım Müdürlüğü, Osmancık-97 Çeltik Çeşidi, www.osmanciktarim.gov.tr/index.php?
- Apan, M., Demir, Y., Öztürk T., Kara, T. 2005. Kültürteknik, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, No:12.
- Atalık, A., 2007, Su Sorunu ve Tarımda Sulama Suyu Kullanımı, TMMOB Ziraat Müh. Odası Mühendislik Dergisi, 81
- Bouman, B.A.M. Toung, T.P. 2001, Field Water to Save Water and Increase Its Productivity in Irrigated Lowland Rice, *Agricultural Water Management*, 49(1): 11-30
- Meral, R., Temizel, K.E. 2006, Çeltik Tarımında Sulama Uygulamaları ve Etkin Su Kullanımı KSU, Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2):104-109.
- Özgenç, N., Erdoğan, F.C. 1988, DSİ Sulamalarında Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu İhtiyaçları, DSİ Basım ve Foto Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, 88-91, Ankara.
- Temizel, K.E. 2012. Tava Sulama Yönteminin Planlanması ve Çiftçiye Adaptasyonu Sağlayabilecek Grafikselsel Bir Yaklaşım, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*,9(1):26-32.

ANALYSIS AND DESIGN OF GREENHOUSES WITH SAP2000 SOFTWARE

Sedat KARAMAN¹ Şahin SÖZEN² Sırrı ŞAHİN³

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, TOKAT

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı, TOKAT

³Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ERZURUM

*sedat.karaman@gop.edu.tr

Received Date : 20.09.2012

Accepted Date: 26.12.2012

ABSTRACT: The safe design of greenhouses is of great importance and requires special attention. Computer-aided design and information technologies allow faster, easier and more reliable designs. Such designs were taking long hours when performed with classical methods by hand. Today, there are numerous computer softwares being able to perform calculations and dimensioning of greenhouse systems reliably and practically. This study was mainly focused on analysis and design of greenhouses by using SAP2000 computer software to achieve more accurate results in less time by incorporating computer use into the process. A sample greenhouse design was performed and analyzed by using SAP2000 software, and the findings regarding safe design and analysis were reported.

Key words: Greenhouse, greenhouse project, information technologies, SAP2000

SERALARIN SAP2000 PROGRAMI İLE ANALİZ VE TASARIMI

ÖZET: Pahalı yapılar olan seraların tasarımının güvenli yapılması büyük önem taşımakta olup dikkat istemektedir. Klasik yöntemlerle yapıldığında uzun zaman ve işlemler gerektiren hesapların bilgisayar, programlama ve bilgi teknolojilerinin yardımıyla yapılması kolay, hızlı ve güvenli tasarıma olanak sağlamaktadır. Günümüzde seraların tasarımı amacıyla güvenli ve pratik şekilde istenilen açıklık ve yük durumundaki sistemlerin hesap ve boyutlandırmasını yapan çok sayıda bilgisayar yazılımı bulunmaktadır. Bu çalışmada bilgisayar kullanımını en üst düzeyde tutarak, daha az zamanda daha doğru sonuçlara ulaşılması için seraların SAP2000 programı ile analizi ve tasarımına ışık tutulması amaçlanmıştır. Bu amaçla örnek bir sera projesi SAP2000 programı ile çözülüp irdelenmiş, analiz ve tasarıma ilişkin bazı belirlemelerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Sera, Sera projesi, Bilgi Teknolojileri, SAP2000

1. INTRODUCTION

Due to a decline in agricultural lands in Turkey, a rapid growth in population and inadequate amount of product per unit area, a number of measures should be taken to increase efficiency. These measures should cover not only novel technologies and agricultural techniques, they should also involve improving the production of fruit and vegetables, and particularly, promoting greenhouse cultivation.

Since green houses are expensive structures, they should be projected attentively using modern technologies. However, due to the misemployment of modern design possibilities or incomplete implementation, many serious problems are likely to occur. Turkey lacks public or research institutions for supporting greenhouse sector. In addition, greenhouse investors and owners are not provided with technical support. This leads to serious problems during the establishment of greenhouses. Greenhouses have been projected without static/dynamic analysis appropriate for standards and specifications in effect, and consequently unnecessarily big or small constructions are used, shifting away from safety and economy balances. In the former case, greenhouses get too much shade, and in the latter, collapses occur under severe weather conditions, especially under snow load. Weak greenhouse bearing elements and lack of preservation result in a quick loss of greenhouses.

Consequently, the cost of greenhouses increases inevitably. To eliminate such negative consequences, static/dynamic and strength calculations should be worked out well with the help of related standards.

Although greenhousing is a technology on its own as a separate branch of agriculture in developed countries, it is obvious that necessary production and quality standards have not been achieved in Turkey and that the technological efforts are inadequate. Conversely, greenhouse sector is one of the primary application areas, where engineering knowledge and practices should primarily be involved.

Today, there are a lot of computer software making calculations and dimensioning of greenhouse systems in desired spacing and load capacity safely and practically by considering fundamentals of information technologies. This study aimed to shed light on the analysis and design of greenhouses with SAP2000 computer software to achieve more accurate results in less time by incorporating computer use into the process. With this aim, a sample greenhouse project with steel construction was designed and analyzed using SAP2000 software, and the findings regarding safe design and analysis were reported. Therefore, the project was accomplished in a very short time.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, a sample glass-covered gable-roofed greenhouse project was developed for analysis and design, and it was analyzed and sized using SAP2000 structural analysis software (v14/2005), which is based on finite-element modeling method. The following values were assumed in the project: spacing 9,00 m; length 45 m; roof slope 26°; column height 2,40 m; ridge height 4,30 m; basement height 0,30 m; glass width 0,60 m; thickness of the roof glass 4 mm; thickness of lateral wall glasses 3 mm; and rafter spacing 0,60 m. The elements used in the greenhouse were analyzed and designed considering the related limit values specified in TSI (Turkish Standards Institute) standards. St37 quality construction steel, which is easily available in our country, was used in the design. Other elements used were IPE profile in columns; double angle brackets on all other truss elements, UPE profiles on purlins. Easily and fast produced welded joints were preferred on the truss system. Practicality of assembling application was considered in the production of nodal points. Glass was used as cover material (Baytorun, 1995; Anonymous, 2003).

As in all other constructions, the main principle in the projection of greenhouses is the selection of the most economical building components which can safely resist to loads affecting the structure and those likely to keep affecting along the economic life of the structure. For the selection of most economical structural elements, the calculation values of the loads to be considered in the dimensioning of structural elements were taken from the basics specified in 498, TS EN 13031-1 standards (Anonymous, 1997; 2003). Finite-element modeling method was used for the solution of the truss systems. The geometry of the sample greenhouse structure was first modeled in the software and the nodal points and elements were numbered. Then material properties, cross-sections and loading conditions were defined. The sample greenhouse structure was assumed to be in Tokat province and snowfall and seismicity of the province was reflected in the design in the light of related regulations and standards. First, cross-sectional effects were obtained, then cross-sections were verified in SAP2000 software following the design steps for the solution of single-span truss beam-column frame. Economical and safe cross-sections and elements were chosen through various controls and calculations. During modeling planar and three-dimensional frames, bar elements were used for load-bearing system elements. For the selection of bar element cross-sections, the profile library in SAP2000 software was used (Kocabaş, 2005). In this study, Xstell V.16 software was used in the preparation of cross-sectional and anchoring system plans of the sample greenhouse project.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Computer Assisted Greenhouse Design

Information technology (IT) is defined as a utility people use for communication in technical, economic and social areas, and science of processing information particularly by means of electronic machines. Information technology is also a general term for areas defined as a combination of computer and communication technology. It consists of all technologies related with data collection, processing and submitting (Yakut, 2007). Software systems are used in wide areas in many branches of engineering. The use of information technologies in the projection of greenhouses means making use of all forms of information processing such as building up, storing, exchanging, and utilizing data in various format. In addition, it enhances productivity, efficiency, capacity, and information. The use of IT helps manage and interpret data better by providing easy access to information. It increases communication level and automates processes. It accelerates the processes, provides data security and helps access records in a very short time. In short, computer support provides speed, comfort and reliability.

Because greenhouse design, whose analysis and dimensioning stage is quite critical, requires time-consuming processes, handling the solution becomes difficult without computer support. Without computer technologies in greenhouse design involving simple but a great many calculation steps, the duration of studies and possibility of making mistakes increase. In cases where the bearing capacity of the sections exceeds allowable stresses, the same calculations should be repeated, and consequently, this necessitates computer involvement. For this reason, the use of computer technologies in the projection of greenhouses will save time and calculations will be much accurate. The aim of software use is to provide fast, accurate, economical and safe projection of building systems. After a structure model is created in a software program, calculations are made accurately in a very short time, and drawings and reports are generated. As there will be a variety of calculations depending on the size of the system, it is inevitable to make mistakes after a certain period of time. Given the time spent when drawing phase begins following the calculations, the necessity of a software program will be understood.

The spread of package programs through the development of computer-aided analysis techniques has greatly facilitated the design phase. In projects handled by classical methods, time is wasted and calculation mistakes are likely to occur. For this reason, the use of package programs has been widespread as they provide careful study in calculations and details.

The selection of a load-bearing system is the first stage of a projection, and one needs experience for this. Even the solution of a single system extends the

process, let alone the solution of each system. At this point, computer support can be used since common building types can be solved in seconds in a software package. Shortly after the system model and load options are defined according to the structure features, the sections exceeding the allowable stress, even the elements under more stress than others, can be displayed on the screen. After this stage, inappropriate sections can be changed; the systems meeting the requirements of regulations can be created; and the resulting data can be retrieved upon loading the quantities on the screen and selecting the system. Therefore, less time is needed to decide the selection of the most accurate system by means of computer support. After deciding the load-bearing system, the results are obtained with more precise calculations (Tunaboyu, 2007).

3.2. SAP2000 Software

One of the three-dimensional structure modeling programs utilized in greenhouse design, SAP2000 software, is used for the development, analysis and dimensioning of building system models. It runs on windows platform and has a specific graphical user interface. In the design of greenhouses with SAP2000 software, the system is analyzed and sized after it is modeled, and material, sections and load features are defined. SAP2000 software provides powerful and integrated modules for the dimensioning of greenhouses. The program, which provides development, modification and solution of structural models and dimensioning options, also has the ability to size and optimize the initial elements from unit data.

SAP (Structural Analysis Program) software allows three-dimensional static and dynamic, linear or nonlinear, solution and dimensioning of every type of structures and bridges with Finite-Element Modeling Method. With its powerful graphical user interface and modeling speed, it also lets you display the output on the screen or print it (Anonymous, 2004). SAP2000 is comprehensive software involving a lot of functions such as fast and easy modeling, transferring models from its model library or another program, instant modification possibilities, observing the analysis results graphically and quantitatively, and optimization in dimensioning (Kocabaş, 2005).

The program also provides an interactive environment, where the user can examine the stress status, make appropriate changes such as the reorganization of section sizes, and develop the dimensioning without re-analyzing the structure. Detailed dimensioning options can be loaded onto the screen with just one click on any object. The elements can be grouped for dimensioning and the results can be displayed and printed as graphical and table reports (Anonymous, 2004). SAP2000 can tackle the problems of engineers with one (bar), two (area), and three (solid-body) dimensional elements. The elements generally used are one-dimensional bar

elements. In fact, bar elements represent a particular form of finite element modeling method.

In order to achieve the most realistic behavior, the solid modeling of a beam element, for example, can be made or the solution can be achieved through two-dimensional area elements. However, it has been determined as a result of theoretical studies that in a specific geometry, three dimensional or two dimensional structural elements can be represented by one-dimensional bar elements (Kocabaş, 2005). For the auto-sizing of frame elements, the program has support for a large number of new, national and international regulations such as AISC/ASD, AISC/LRFD, AASHTO LRFD, CAN/CSA-S16.1-94, BS5950 and ENV1993-1-1. The dimensioning is implemented according to the loading combinations defined by the user.

The program selects the lightest sections for the strength of each element so that it can make the dimensioning among the section groups defined by the user during design process. Proved groups of different sections can be specified for different element groups. At the same time, different elements can be grouped to be designed as the same cross-section. The program is able to produce axial load and biaxial moment interactions and capacity rates required for shear areas. Controls for each user-specified load combinations and those along the element length are performed at various control points. Then, the highest capacity rates are recorded and used for the optimization of dimensioning. The stress values allowed for axial, bending and shear forces or design capacity values are computed by the program. Boring calculations regarding effective length multipliers for the columns in moment resisting frame type structures are automatically performed in the program algorithm. The presentation of the results is clear and specific. Output data are in a form that gives opportunity to take measures in case an element exceeds stress limits. The dimensioning data produced by the program are saved so that the results can easily be implemented (Anonymous, 2002).

3.3. Creation and Solution of a Sample Greenhouse Project in Sap2000

The steps followed in greenhouse design are the selection of load-bearing type and roof coating; determining wind loads; computing purlins based on loads; computing drop bars; determining the loads on framing trusses, determining the stresses occurring on framing truss elements as a result of loads coming to framing truss; dimensioning and checking bottom flanges, upper flanges pillars and diagonals based on the determined stresses; determining the plate thickness and size of the joints; and dimensioning the columns and horizontal braces. Figure 1 presents the algorithm of the operations from the roof to the ground in a sample greenhouse project.

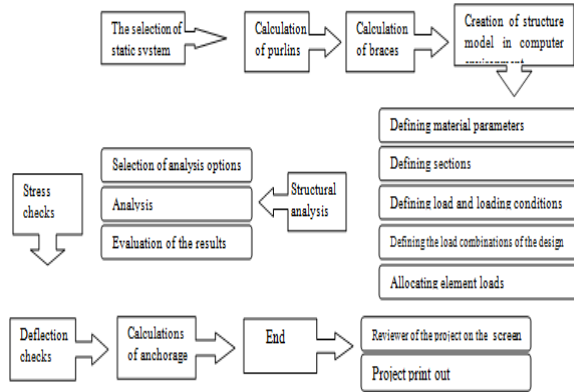


Figure 1. The algorithm of project operations

SAP2000 commands can be accessed from main toolbar using shortcut icons, side bar and pull down menus. In fact, shortcut icons on the main toolbar allow quick access to most of the commands found in pull down menus.

SAP2000 software, which has support for a large number of new, national and international regulations regarding the auto-dimensioning of ferroconcrete and frame elements, presents powerful and fully integrated dimensioning modules. It also provides users with the options for creating, modifying, solving and dimensioning structural models. All of these options are in the same user unit. The program has the capacity to size and optimize initial elements from the same main unit,

Two types of load, one fixed and the other live, have effect in greenhouses. The weights of the elements forming the greenhouse and those of suspended systems make up the fixed loads. Wind load, snow load, hanging plant weight, worker weight, and dynamic seismic loads make up the live loads. The projection in greenhouses begins at the roof as in all structures. After the roofing material is selected, its unit weight is added to the load analysis. The unit weights of other bearing elements defined in initial dimensioning are also added to load analysis. All load and loading positions foreseen in the standards are added to the analysis, calculations are made, the sections determined by preliminary dimensioning are verified, and improper sections are resized. The values used in the sample greenhouse are truss spacing 3 m, truss span 9 m, the number of purlins 9, purlin spacing on horizontal plane 1,13 m, purlin spacing on roof plane 1,25 m, truss mid-height 2.19 m and roof slope 26°.

Various types of roof truss at any span and load position are analyzed in the program. When the program runs, the default truss type is loaded on the screen; however, the program allows the analysis of other truss types as well if input values (truss height and roof slope) are changed. During projection stage, the bars making up the truss members are numbered by considering load effect and ease of installation because truss members can be under different load effects (Figure 2). It was observed in the analysis that

the maximum load was on bars 9 and 14, while the minimum load was on bar 10

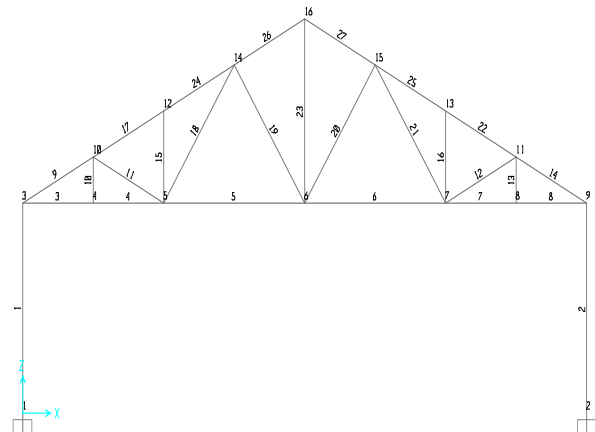


Figure 2. System section, joints and element numbers

In the study, bar elements were used for bearing system elements. For the selection of bar elements sections, the SAP2000 profile library was utilized. First, section forces were obtained and sections were verified by following the design steps. Sections and elements were chosen following various controls and calculations to make sure that the choices were economical and safe. The program chooses the lightest sections for the strength of each element so that it can make dimensioning among the user-defined sections. Proved groups of different sections can be specified for different element groups. In addition, different elements can be grouped to be designed as the same section.

Main loads include self-loads, reverse and live loads, snow (without wind), and mass forces of machinery. Additional loads include the effect of wind, earthquake impact, braking forces, horizontal and lateral forces, operational heat effects (in cranes) used in assembly and repair work (based on operation and atmospheric conditions) (TS 648).

First, the solution of roof elements was performed because the projection begins at roof. To do this, the sectional optimization of the bars used in the framing truss elements was performed. For the sectional optimization, an iteration was formed based on some assumptions. Table 1 presents the bar profile sections and the technical features for these sections used in the projection.

The internal forces in the direction of element local axis are given in Table 2. The internal force axial normal force at local axis 1 (P) and internal forces at axes 2 and 3 exert shearing force (V2). V3 values are not presented in the table as they are all zero. Bending moments (M3) were calculated for columns and trusses directly sitting over columns (Anonymous, 2002).

The program has default load combinations supporting the regulations under normal loading conditions related with static fixed load, live load,

wind load, earthquake load and/or dynamic response spectrum earthquake load. However, in the projection of the sample greenhouse, main load and main and additional load combinations specified in TS648 were

defined and these combinations were considered in the dimensioning.

Table 1. The bar profile sections and the technical features for these sections used in the projection

Icon	Sizes		Section area (cm ²)	Section weight G (kg/m)	Moment of inertia (cm ⁴)		Elements
	b(mm)	h (mm)			I _x	I _y	
L.50x5	50	50	4.80	3.77	11	11	All truss elements
IPE200	100	200	28.5	22.4	1940	142	Columns
UPN80	45	80	11.00	8.64	106	19.4	Purlins

Table 2. Internal Forces of Bar for the Loading of Main Loads

Bar No	Distance (m)	P (kgf)	V2 (kgf)	M3 (kg-m)	Bar No	Distance (m)	P (kgf)	V2 (kgf)	M3 (kg-m)
1	0,00000	-2040,34	-93,19	-157,60	13	0,00000	-55,11	-46,71	-11,11
1	1,25000	-2012,38	-93,19	-41,11	13	0,27375	-57,18	-46,71	1,68
1	2,50000	-1984,42	-93,19	75,38	13	0,54750	-59,24	-46,71	14,46
2	0,00000	-2040,34	93,19	157,60	14	0,00000	-3762,43	-50,55	-35,54
2	1,25000	-2012,38	93,19	41,11	14	0,62558	-3760,37	-46,31	-5,25
2	2,50000	-1984,42	93,19	-75,38	14	1,25115	-3758,31	-42,07	22,40
3	0,00000	3267,76	-60,96	-39,84	15	0,00000	-473,06	-5,66	-3,53
3	0,37500	3267,76	-58,13	-17,51	15	0,54750	-477,19	-5,66	-0,43
3	0,75000	3267,76	-55,30	3,76	15	1,09500	-481,32	-5,66	2,67
3	1,12500	3267,76	-52,47	23,97	16	0,00000	-473,06	5,66	3,53
4	0,00000	3314,47	6,77	9,50	16	0,54750	-477,19	5,66	0,43
4	0,37500	3314,47	9,59	6,43	16	1,09500	-481,32	5,66	-2,67
4	0,75000	3314,47	12,42	2,31	17	0,00000	-3353,27	1,47	6,02
4	1,12500	3314,47	15,25	-2,88	17	0,62558	-3351,21	5,71	3,78
5	0,00000	2428,50	-7,12	-0,65	17	1,25115	-3349,15	9,95	-1,12
5	0,45000	2428,50	-3,73	1,79	18	0,00000	869,87	-3,76	0,27
5	0,90000	2428,50	-0,34	2,71	18	0,99542	863,68	0,48	1,90
5	1,35000	2428,50	3,06	2,10	18	1,99084	857,49	4,72	-0,69
5	1,80000	2428,50	6,45	-4,263E-02	19	0,00000	-878,79	-2,65	0,11
5	2,25000	2428,50	9,84	-3,71	19	0,99542	-872,60	1,59	0,64
6	0,00000	2428,50	-7,12	-0,65	19	1,99084	-866,41	5,83	-3,05
6	0,45000	2428,50	-3,73	1,79	20	0,00000	-878,79	-2,65	0,11
6	0,90000	2428,50	-0,34	2,71	20	0,99542	-872,60	1,59	0,64
6	1,35000	2428,50	3,06	2,10	20	1,99084	-866,41	5,83	-3,05
6	1,80000	2428,50	6,45	-4,263E-02	21	0,00000	869,87	-3,76	0,27
6	2,25000	2428,50	9,84	-3,71	21	0,99542	863,68	0,48	1,90
7	0,00000	3314,47	6,77	9,50	21	1,99084	857,49	4,72	-0,69
7	0,37500	3314,47	9,59	6,43	22	0,00000	-3353,27	1,47	6,02
7	0,75000	3314,47	12,42	2,31	22	0,62558	-3351,21	5,71	3,78
7	1,12500	3314,47	15,25	-2,88	22	1,25115	-3349,15	9,95	-1,12
8	0,00000	3267,76	-60,96	-39,84	23	0,00000	1472,74	2,498E-16	7,372E-16
8	0,37500	3267,76	-58,13	-17,51	23	1,09500	1481,00	2,498E-16	4,637E-16
8	0,75000	3267,76	-55,30	3,76	23	2,19000	1489,25	2,498E-16	1,902E-16
8	1,12500	3267,76	-52,47	23,97	24	0,00000	-3348,38	-1,42	2,41
9	0,00000	-3762,43	-50,55	-35,54	24	0,62558	-3346,32	2,82	1,97
9	0,62558	-3760,37	-46,31	-5,25	24	1,25115	-3344,26	7,06	-1,12
9	1,25115	-3758,31	-42,07	22,40	25	0,00000	-3348,38	-1,42	2,41
10	0,00000	-55,11	46,71	11,11	25	0,62558	-3346,32	2,82	1,97
10	0,27375	-57,18	46,71	-1,68	25	1,25115	-3344,26	7,06	-1,12
10	0,54750	-59,24	46,71	-14,46	26	0,00000	-2254,19	0,87	2,21
11	0,00000	-440,34	-9,35	-1,12	26	0,62558	-2252,13	5,11	0,34
11	0,62558	-438,28	-5,11	3,40	26	1,25115	-2250,06	9,35	-4,19
11	1,25115	-436,22	-0,87	5,27	27	0,00000	-2254,19	0,87	2,21
12	0,00000	-440,34	-9,35	-1,12	27	0,62558	-2252,13	5,11	0,34
12	0,62558	-438,28	-5,11	3,40	27	1,25115	-2250,06	9,35	-4,19
12	1,25115	-436,22	-0,87	5,27					

The default load combinations assume that all static load states defined as a constant load are summed. Similarly, the states defined as live load are also assumed to be summed. However, it is assumed that wind, earthquake or response spectrum cannot be summed with each other and that they will form multi-lateral load combinations. In addition, earthquake and wind load states form separate load combinations when they are reversed (positive or negative). If these states are incorrect, the user should provide correct dimensioning combinations. Figure 3 presents the calculation of wind loads.

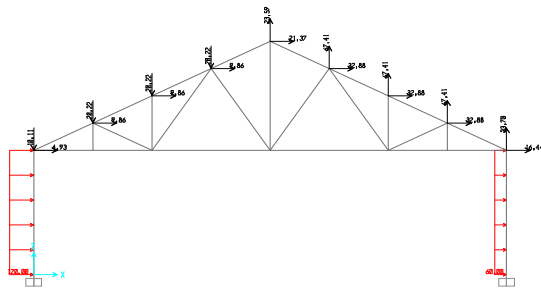


Figure 3. The calculation of wind loads

The program also provides an interactive environment, where the user can examine the stress status, for example, make appropriate changes such as the reorganization of section sizes, and develop the dimensioning without re-analyzing the structure. Detailed dimensioning options can be loaded onto the screen with just one click on an element. All stress values allowable for axial bending and shear effects and design capacity values are computed by the program. Boring calculations regarding effective length multipliers for the columns in moment resisting frame type structures are automatically performed in the program algorithm. Stress control axis is given in a colored distribution table, where the bar sections are also displayed. While the bars marked in red shows they are forced over their capacity, those not forced over their capacity are marked in blue or green. Stress control screen is given in Figure 4. Main load forces in deflection verification are given in Figure 8.

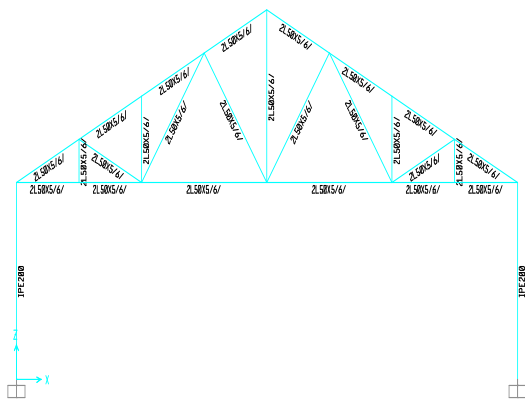


Figure 4. Stress control and bar sections screen

The presentation of the results is clear and specific. The output data are in a form that gives opportunity to engineers to take measures in case an element exceeds stress limits. The dimensioning data produced by the program are saved so that the results can easily be implemented. The analysis results can easily be obtained. The anchoring plan and system section of the sample greenhouse are presented in Figure 5 and Figure 6.

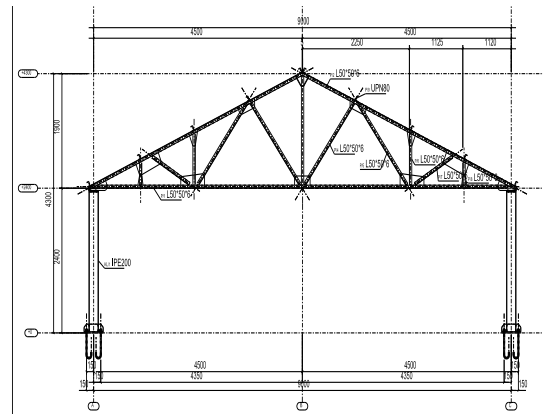


Figure 5. System Section

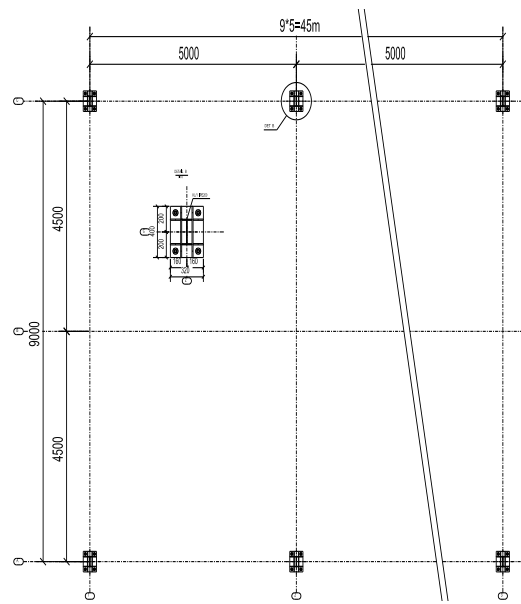


Figure 6. Anchoring Plan

4. CONCLUSION

This study aimed to achieve more accurate results in less time by incorporating computer use into the process of greenhouse design. The use of package software in the projection of greenhouses, which entails handling various complex calculations and equations, allows obtaining accurate and fast results. With the SAP2000 software, fixed and live loads on the greenhouse are determined and the static analysis

of the framing truss system is done by using nodal point method. For the optimization of the system, the boundary conditions are considered for the different sizes of the profile elements, and therefore material losses are minimized.

Although the computer programs used in the projection facilitates the process to a great extent, such programs should be used by experienced engineers who know the program features well and have enough knowledge about calculation methods. The selection and construction of the project should be controlled by related engineers in line with the related regulations and standards. The practitioners should be able to make necessary controls over the errors stemming from the program or the user. The most important point to consider in greenhouse projection is to enter correct data into the program, so that the correct solution is reached. It is obvious that entering correct data will ensure accurate results and save time. It is important to establish organizations which will supply the greenhouse owners with technical information during the design and establishment of greenhouses.

5. REFERENCES

- Anonymous, 1997. Design loads for buildings TS 498, Turkish Standards Institution. Ankara, p 24.
- Anonymous, 2003. Greenhouses: Design and Construction-Part 1: Commercial Production Greenhouses, TS EN 13031-1, Turkish Standards Institution. Ankara, p 88.
- Anonymous, 2004. SAP2000 v8 Educational, Computers and Structures, Inc. Berkeley, Cal.
- Anonymous, 2002. Steel Sizing Guide, Software Series for Analyzing the Structures with Finite Elements, Computers & Engineering 1992-2002, www.comp-engineering.com.
- Baytorun A.N. 1995. Greenhouses. CU. Agricultural Faculty General Pub. No: 110. Lecture Note No: 29. p. 406. Adana.
- Kocabaş, S. 2005. Thesis Analysis and Design of Steel Constructions with the Aid of SAP 2000. MSc Thesis. Department of Civil Engineering, Institute of Natural and Applied Science University of Cukurova p.120 . Adana.
- Tunaboyu, O. 2007. Computer Aided Structural Design, Department of Civil Engineering, Institute of Natural and applied Science University of Osmangazi, p.178, Eskisehir.
- Yakut, M. 2007. Usage of Information Technology to Analyze and Design of Steel Truss Structures. MSc Thesis. Department of Civil Engineering. Institute of Natural and Applied Science University of Ondokuzmayis. 94 s, Samsun.
- Yuksel A.N. 2004. Greenhouse Construction Technique. Hasad Publishing Ltd. Co., Istanbul, 287p.

THE EFFECTS OF DIFFERENT SALT CONCENTRATIONS ON GERMINATION AND SEEDLING PARAMETERS OF SILAGE CORN (*Zea mays* L.) VARIETIES

Koksal AYDİNSAKİR* Şekip ERDAL Mehmet PAMUKÇU

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü/ ANTALYA

*koksalaydinsakir@yahoo.com

Received Date : 12.07.2012

Accepted Date: 04.01.2013

ABSTRACT: The study was carried out to determine the effects of different NaCl concentrations (0 "control", 2, 4, 6, 8 and 10 dS m⁻¹) on seed germination and early seedling growth of silage corn cultivars (Burak, Efe, Hido, Şafak). Eight seeds of each cultivar for each treatment were placed in a petri-dish having a diameter of 15 cm. While the germination rate was measured 5 days after sowing, root length (cm), shoot length (cm), wet root and shoot weight (mg) and dry root and shoot weight (mg) were measured 9 days after sowing. The study showed that cultivars had different responses to NaCl concentrations. It was determined that the germination rate and some seedling characteristics were reduced with increasing salinity level. The results revealed that salinity had significantly ($p \leq 0.001$) affected all the parameters studied. Maximum root length (14.6 cm), shoot length (6.8 cm), root fresh weight (365 mg plant⁻¹), shoot fresh weight (235.7 mg plant⁻¹), root dry weight (51.5 mg plant⁻¹), shoot dry weight (30.6 mg plant⁻¹) were recorded in Hido variety. Among the cultivars, Hido was the most tolerant cultivar, while Efe was the most sensitive.

Keywords: Silage corn, salinity, germination, seedling growth

FARKLI TUZ KONSANTRASYONLARININ SİLAJLIK MISIR (*Zea mays* L.) ÇEŞİTLERİNİN ÇİMLENME VE FİDE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET: Bu çalışma, farklı NaCl konsantrasyonlarının (0 "kontrol", 2, 4, 6, 8 ve 10 dS m⁻¹) bazı silajlık mısır çeşitlerinin (Burak, Efe, Hido ve Şafak) çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Silajlık mısır tohumları 15 cm çapındaki petrilere her bir petride 8 adet tohum olacak şekilde ekilmişlerdir. Tohum ekiminden itibaren 5 gün sonra çeşitlerin çimlenme oranı, 9. günde ise çeşitlerin kök uzunluğu (cm), sürgün uzunluğu (cm), yaş kök ve sürgün ağırlığı (mg) ve kuru kök ve sürgün ağırlığı (mg) ölçümleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, çeşitlerin NaCl konsantrasyonlarına farklı tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Tuz stresi arttıkça çimlenme oranı ve bazı fide özellikleri ile ilgili değerlerde çeşitlere göre belirgin bir azalma olduğu belirlenmiştir. Maksimum kök uzunluğu (14.6 cm), sürgün uzunluğu (6.8 cm) kök taze ağırlığı (365 mg bitki⁻¹), sürgün taze ağırlığı (235.7 mg bitki⁻¹), kök kuru ağırlığı (51.5 mg bitki⁻¹) ve sürgün kuru ağırlığı (30.6 mg bitki⁻¹) Hido çeşidinden elde edilmiştir. Çeşitler arasında tuz stresine toleransı en yüksek Hido çeşidi olurken, tuz stresine en hassas çeşit Efe olmuştur.

Anahtar Sözcükler: Silajlık mısır, tuzluluk, çimlenme, fide gelişimi

1. INTRODUCTION

Salinity is a common abiotic stress factor seriously affecting crop production in different areas of the world, particularly in arid and semi-arid regions. Over 6% of the world's total land area and 20% of the irrigated land area are salt-affected. Most importantly, between 35% and 50% of the world's population in about 80 countries live in semi-arid areas where salinization is a major problem. Salinity has reached a level of 19.5% of all irrigated-land (230 million ha of irrigated land, 45 million ha are salt-affected soils) and 2.1% of dry-land (1500 million ha of dryland agriculture, 32 million are salt-affected soils) agriculture worldwide. According to the FAO, around 1.5 million ha of land in Turkey have both salinity and sodicity problems (FAO, 2009; Sönmez, 2004).

Increasing intensity of salinity affects germination, growth and development negatively. Mainly, germination and seedling development stages have been used in salinity stress studies when compared to the other growth stages (van Hoorn 1991; Ghoulam and Fares, 2001). The main reason for this is prevention of water intake by high salt concentration in the seed and thus, it shows adverse effect on the

germination (Coons et al., 1990; Mansour, 1994). In addition, yield losses of plants, which have been grown in saline soils, reported by the researchers are attributed to the toxic effects of excessive ions such as Na and Cl, unbalances of the plant ion problems on nutrient uptake and disturbances, damages on photosynthesis, respiration and physiological functions (Levitt, 1980; Yeo and Flowers, 1983; Leopold and Willing, 1984).

Maize (*Zea mays* L.), which is a source of food and oil for human consumption and feed for livestock, ranks third after wheat and rice production in the world. It is grown all over the world under a wide range of environmental conditions. Maize, which belongs to the plants with C₄ metabolism, is also classified as moderately sensitive to salinity (Mass and Hoffman, 1977; Katerji et al., 1994; Ouda et al., 2008). It is accepted that the germination and seedling stage of plant life cycle is more sensitive to salinity than the adult stage.

The present study was therefore initiated to investigate the effects of different salt concentrations on germination and plant growth of corn varieties, Burak, Efe, Hido and Şafak, which can be planted in cultivated lands having salt problems in Turkey.

2. MATERIAL AND METHODS

The study was carried out in Bati Akdeniz Agricultural Research Institute in 2010. Burak, Efe, Hido and Şafak cultivars that have been registered as silage maize by the Variety Registration and Seed Certification Centre of Turkey were used as plant sources (TTSM, 2013). These cultivars are largely grown in Mediterranean Region by the farmers. Maize seeds were surface-sterilized for 20 minutes using 20% sodium hypochlorite (NaOCl) solution, then left in 70% ethyl alcohol for 5 seconds and finally kept 24 hours in distilled water. Eight seeds of each cultivar were placed on two layers of Whatman filter paper No.41 at the bottom of 15 cm diameter petri dishes. Sodium chloride (NaCl) (Sigma Chemicals Company, St Louis, MO, USA) solution was used in order to induce salt stress. Salt concentrations including 0 (control-pure water), 2, 4, 6, 8 and 10 dS m⁻¹ were prepared before starting seed germination tests. Twenty ml of each solution containing different concentrations were applied to the seeds and the edges of the petri dishes were covered with a transparent tape in order to prevent water loss. Petri dishes were kept in a germination cabinet for 9 days at 24°C and 80 % humidity for 14 h in light and at 21°C for 10 h in dark (El-Hendawy et al., 2011). Observations were taken at the same time each day, and the root length of 1 mm was considered as germinated seeds. Seed was considered as germinated when the root reached a minimum length of 1 mm.

The experiment was conducted in a factorial experiment fashion with three replications. Totally, 72 petri dishes were used and every petri dish was

considered as one replication. The germination rate, root and shoot length, fresh root and shoot weight, dry root and shoot weight, traits of the varieties under salt stress were determined. Germination rate was calculated by the formula given below:

Germination rate (%) = Number of germinated seeds / Total number of seeds × 100

Root and shoot lengths were measured using scale meter. The dry weights were measured after drying the roots and shoots at 80°C for 24 h. The relationship between germination rates changing over time and salt concentrations were shown on a graph. Variance analysis (ANOVA) applied to the root length, dry root weight, shoot length, dry shoot weight, and comparisons were made according to Duncan Multiple Tests based on 5 % significant level (Gomez and Gomez 1984).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of analysis of variance test presented in Table 1 showed that salinity had significant effect on all growth parameters. The measured components (root and shoot length, fresh and dry root and shoot weight) of maize varieties were significantly affected by salt concentrations. According to the results, root length, shoot length, fresh root and shoot weight, and dry root and shoot weight were significant in 0.001 percentages for salt levels and varieties. The varieties × salt concentrations interaction had significantly (P<0.001) affected root and shoot length, fresh and dry shoot weight of different corn varieties except fresh and dry root weight.

Table 1. Variance analysis results with respect to some germination characteristics of corn varieties

Source of variation	df	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Fresh root weight (mg)	Fresh shoot weight (mg)	Dry root weight (mg)	Dry shoot weight (mg)
Varieties (V)	3	***	***	***	***	***	***
Error (V)	6						
Salt concentrations (S)	5	***	***	***	***	***	***
V × S	15	***	***	N.S.	***	N.S.	***
Error (V × S)	48						
Total	71						

N.S., and ***: Non significant and significant at % 0.1, respectively.

The effect of different salt concentrations on germination ratio (%) was shown in Fig. 1. Generally, in all varieties studied, germination ratio decreased as salt concentration increased. Seeds in all treatments reached 100 % germination ratio in five days in Hido variety while a germination ratio less than 80 % was obtained from Efe, except for 0 and 2 dS m⁻¹ treatments. After fifth days, 100 % of the seeds in all of the control treatments were germinated, indicating that there was no difference among varieties in terms of germination ratio under non-saline conditions. The germination ratio in the first three days decreased depending on the salt concentrations for all varieties.

Although the germination ratio increased as time progressed, it was differentiated depending on various salt concentrations in the fifth day of the experiment. Seed germination of Burak, Efe, and Şafak were more affected by salt stress than Hido.

The decrease in germination ratio in higher salt concentrations may be caused by hindrance of water uptake, toxic effect of a special ion or inactivation of some enzymes necessary for germination (Greenway and Munns, 1980; Shalhevet et al., 1995; Wang and Shannon, 1999; Shonjani, 2002; Khlajeh-Hosseini et al., 2003; Dan and Brix, 2007; Tavili and Biniiaz, 2009). The results obtained in this study are consistent

with results obtained in the other studies (Katerji et al., 1994; Marambe and Ando, 1995; Almodares et al., 2007; Geressu and Gezaghegne, 2008; Mustafa et al., 2010).

The effects of different salt concentrations on root and shoot length of corn cultivars are presented in Table 2 and 3, respectively. Statistical analysis of the data indicated that corn varieties and various salinity levels had a significant ($p \leq 0.001$) effect on root length. It was clear from the data that the root lengths of varieties were significantly reduced with an increase in salinity levels. The maximum root length among the varieties was obtained with cv. Hido (19.3 cm) in control treatment while minimum root length of was obtained with cv. Şafak (7.8 cm) in 10 dS m^{-1} . Mean values of the data revealed that root length was maximum (14.6 cm) in cv. Hido while was minimum (12.2 cm) in cv. Burak. Statistical analysis of the data indicated that different salinity levels had significantly ($p \leq 0.001$) effect on shoot length. Analysis of the data showed that maximum shoot

length of 9.7 cm was measured at control treatment while the shoot length was minimum (1.1 cm) when the plants were exposed to high levels of salinity (10 dS m^{-1}).

The root and shoot length are important criteria in salinity studies as these plant parts are in direct contact with soil particles and solution. In the study, when the salinity levels increased, root and shoot length decreased. The reason for that the root and shoot length are affected negatively by salt stress stems from the fact that cytokinesis and cell expansion are inhibited by toxic effect of salts. Additionally, the decrease in hormones that stimulate the growth and increase in hormones that hinder growth can cause shorter root and shoot lengths (Prakash and Prathapasenan, 1990; Begum et al., 1992; Foolad, 1996; Taiz and Zaiger, 1998; Atak et al., 2006). The increase in osmotic pressure around the roots as a result of saline environment can also prevent water uptake by roots, resulting shorter root and shoot length (Radic et al., 2007; Farsiani and Ghobadi, 2009).

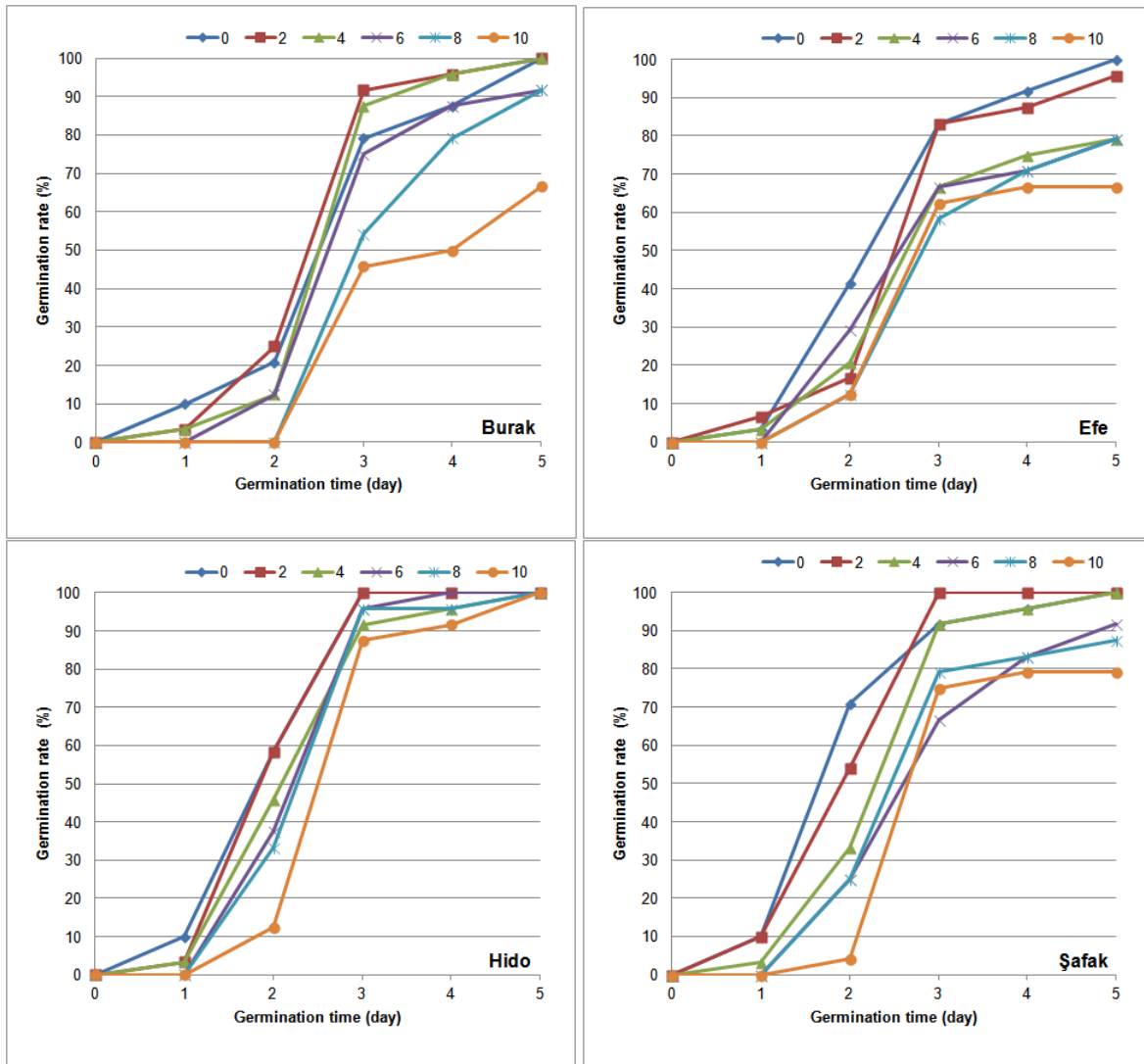


Figure 1. The effects of different salt concentration on maize germination ratio.

The effects of different salt concentrations on fresh and dry root weight of corn seeds are presented in Table 4 and 5. It was determined that variety, concentration, and interaction of variety-concentration is significant at 0.1 % confidence level. In the study, fresh root weights are ranged from 122.6 to 496.7 mg. The highest fresh root weights, as expressed the mean of varieties, are obtained from Hido variety

(365.0 mg) and this was followed by Efe (315.0 mg), Şafak (263.4 mg) and Burak (193.4 mg) varieties. The highest fresh root weight, as a mean of concentrations, was acquired from 2 dS m⁻¹, it decreased as salt concentration increased and reached the lowest fresh root weight (170.6 mg) in the treatment of 10 dS m⁻¹ (Table 4).

Table 2. The effects of different salt concentrations on root length of corn varieties (cm)

Varieties	Salt concentrations (dS m ⁻¹)						Mean of varieties
	0	2	4	6	8	10	
Burak	16.5 bc	16.2 bd	11.7 gj	11.2 hk	8.8 lm	9. km	12.2 C ^y
Efe	14.6 cf	16.1 bd	16.0 bd	14.0 dg	10.3 il	9.6 jm	13.4 B
Hido	19.3 a	18.3 ab	15.1 ce	13.5 eh	12.3 fi	9.4 jm	14.6 A
Şafak	18.1 ab	16.9 bc	15.4 ce	12.6 fi	8.7 lm	7.8 m	13.2 B
Mean of concentrations	17.1 A	16.8 A	14.5 B	12.8 C	10.1 D	9.0 D	

Significance: Variety (V): ***^z Salt concentrations (S): *** VxS: ***

^y: Means different according to Duncan test at 5% confidence level are shown using different letters.

^z: ***, significant at 0.1% confidence level.

Table 3. The effects of different salt concentrations on shoot length of corn varieties (cm).

Varieties	Salt concentrations (dS m ⁻¹)						Mean of varieties
	0	2	4	6	8	10	
Burak	4.1 ef	3.3 fi	2.3 ik	2.1 jl	2.1 il	1.5 kl	2.6 D ^y
Efe	6.4 c	8.4 b	5.7 cd	4.6 ed	2.4 ik	2.7 ij	5.0 B
Hido	9.7 a	9.6 a	7.8 b	7.9 b	3.8 eg	2.1 il	6.8 A
Şafak	4.6 ed	4.6 ed	3.8 eg	3.6 eh	2.2 il	1.1 l	3.3 C
Mean of concentrations	6.2 A	6.5 A	4.9 B	4.5 B	2.6 C	1.8 D	

Significance: Variety (V): ***^z Salt concentrations (S): *** VxS: ***

^y: Means different according to Duncan test at 5% confidence level are shown using different letters.

^z: ***, significant at 0.1% confidence level.

Root dry weight of varieties decreased significantly as the levels of salinity increased from 0 to 10 dS m⁻¹ NaCl. Thus, the highest root dry weight was found in the control (55.7 mg) and the lowest root dry weight at the highest salinity level (34.2 mg). Among the varieties, Hido was the least affected variety by salinity. The first organ that interacts with salt is roots, as in the case for most crops. From this point of view, the results are in accord with the already published studies which reported that increasing salt concentration negatively affects root development (Çarpıcı et al., 2009; Collado et al., 2010; Hussain et al., 2010; Akram et al., 2010; Khayatnezhad and Gholamin, 2011).

The analysis of variance results for fresh and dry shoot weight of 4 varieties were presented in Table 6 and 7. Data showed differing responses of the varieties to increasing NaCl levels and it was also showed that the varieties responded differently to increasing NaCl levels than control. All the varieties studied were affected significantly and the effect was found to be similar to each other in all varieties, except in Burak. Means of fresh shoot weight values showed that all

varieties except these three varieties (Burak, Efe and Hido) showed better response and fresh shoot weight ranging from 65.0 and 235.7mg (Table 6).

The effects of salinity for the dry shoot weight results mentioned in Table 7 showed that dry shoot weight in control and 2 dS m⁻¹ treatments were maximum in all varieties but it was gradually decreased as the NaCl concentration was increased. There was no statistically difference among treatments in control, 2, 4 and 6 dS m⁻¹. The lowest dry shoot weight was found to be in the case of highest salinity level (10 dS m⁻¹). Maximum dry shoot weight was obtained from cv. Hido (30.6 mg plant⁻¹). Efe and Şafak cultivars ranked 2nd and 3rd with dry shoot weight of 20.9 and 14.2 mg plant⁻¹, respectively. Minimum dry shoot weight was recorded in Burak (13.2 mg plant⁻¹). The increase in salinity up to 10 dS m⁻¹ caused a 66 % reduction of shoot dry weight compared with control. It has been reported that high concentrations of salinity caused lower shoot fresh and dry weight in maize (Kayani and Rahman, 1987; Jan et al., 1995; Farahbakhsh and Saiid, 2009; Bakht et al., 2011; Khodarahmpour and Motamedi, 2011).

Salt concentration effects on germination of silage corn seed

As a result, salt treatment affects differently early growth stages of plants. It is supposed that seeds could germinate at several salt levels, but they could not continue their development. Salinity has both osmotic and specific ion effects on plant growth. In present study, salt stress caused a significant decrease in shoot and root length, fresh and dry weights of shoot and

root of four varieties with increased stress treatments. In the light of the findings of this study, it could be said that the variety Hido is more salt tolerant than the other varieties. This variety seems to be promising to be grown in salt affected soils.

Table 4. The effects of different salt concentrations on fresh root weight of corn varieties (mg).

Varieties	Salt concentrations (dS m ⁻¹)						Mean of varieties
	0	2	4	6	8	10	
Burak	234.0	276.7	230.0	148.3	148.6	122.6	193.4 D ^y
Efe	347.3	411.0	378.0	325.6	234.0	194.3	315.0 B
Hido	440.3	496.7	365.3	333.0	297.6	257.3	365.0 A
Şafak	352.3	340.3	360.3	268.6	150.6	108.0	263.4 C
Mean of concentrations	343.5 A	381.2 A	333.4 A	268.9 B	207.7 C	170.6 C	

Significance: Variety (V): ***^z Salt concentrations (S): *** VxS: N.S.

^y: Means different according to Duncan test at 5% confidence level are shown using different letters.

^z: N.S., and ***, not significant and significant at % 0.1, confidence level, respectively.

Table 5. The effects of different salt concentrations on dry root weight of corn varieties (mg).

Varieties	Salt concentrations (dS m ⁻¹)						Mean of varieties
	0	2	4	6	8	10	
Burak	50.9	51.1	43.9	42.8	32.2	28.3	41.5 B ^y
Efe	55.3	49.4	53.9	56.0	46.6	31.6	48.8 A
Hido	56.5	57.6	51.5	44.0	51.5	47.6	51.5 A
Şafak	60.1	55.7	57.2	47.7	35.4	29.4	47.6 A
Mean of concentrations	55.7 A	53.5 AB	51.6 AB	47.6 B	41.4 C	34.2 D	

Significance: Variety (V): ***^z Salt concentrations (S): *** VxS: N.S.

^y: Means different according to Duncan test at 5% confidence level are shown using different letters.

^z: N.S., and ***, not significant and significant at % 0.1, confidence level, respectively.

Table 6. The effects of different salt concentrations on fresh shoot weight of corn varieties (mg).

Varieties	Salt concentrations (dS m ⁻¹)						Mean of varieties
	0	2	4	6	8	10	
Burak	86.3 gi	78.0 gj	60.6 hj	55.1 ij	65.7 hj	44.5 ij	65.0 C
Efe	193.3 de	245.9 cd	164.5 ef	123.3 fg	64.1 hj	93.0 gi	147.4 B
Hido	313.0 ab	365.5 a	279.5 bc	270.6 bc	113.2 fh	72.6 gj	235.7 A
Şafak	98.7 gi	97.1 gi	88.7 gi	94.9 gi	46.6 ij	26.4 j	75.4 C
Mean of concentrations	172.8 AB	196.6 A	148.3 BC	136.0 C	72.4 D	59.1 D	

Significance: Variety (V): ***^z Salt concentrations (S): *** VxS: ***

^y: Means different according to Duncan test at 5% confidence level are shown using different letters.

^z: ***, significant at 0.1% confidence level.

Table 7. The effects of different salt concentrations on dry shoot weight of corn varieties (mg).

Varieties	Salt concentrations (dS m ⁻¹)						Mean of varieties
	0	2	4	6	8	10	
Burak	19.2 dg	13.6 gj	11.3 ij	11.2 ij	12.5 hj	11.2 ij	13.2 C ^y
Efe	25.4 cd	25.6 c	21.9 cd	20.8 cf	14.3 gi	17.1 ei	20.9 B
Hido	35.2 b	42.8 a	36.6 ab	36.6 ab	19.9 cg	12.7 hj	30.6 A
Şafak	17.1 ei	15.3 fi	16.1 ei	17.8 eg	11.1 ij	7.8 j	14.2 C
Mean of concentrations	24.2 A	24.3 A	21.5 A	21.6 A	14.5 B	12.2 B	

Significance: Variety (V): ***^z Salt concentrations (S): *** VxS: ***

^y: Means different according to Duncan test at 5% confidence level are shown using different letters.

^z: ***, significant at 0.1% confidence level.

5. REFERENCES

- Akram, M., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Iqbal, J., Mohsan, M. 2010. Screening for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids at an early stage. *Pakistan Journal of Bot.*, 42: 141-151.
- Almodares, A., Hadi, M.R., Dosti, B. 2007. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. *Journal of Biological Sci.*, 7(8):1492-1495.
- Atak, M., Kaya, M.D., Kaya, G., Killi, Y., Ciftci, C.Y. 2006. Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of triticale. *Turkish Journal of Agricultural For.*, 30: 39-47.
- Bakht, J., Shafi, M., Jamal, Y., Sher, H., 2011. Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. *Spanish Journal of Agricultural Res.*, 9(1): 252-261.
- Begum, F., Karmoker, J.L., Fattah, Q.A., Maniruzzaman, A.F.M. 1992. The Effect of salinity on germination and its correlation with K, Na, Cl accumulation in germinating seeds of *Triticum aestivum*. *Plant Cell Phys.*, 33: 1009-1014.
- Çarpıcı, E.B., Çelik, N., Bayram, G. 2009. Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars *African Journal of Bio.*, 8(19): 4918-4922.
- Collado, M.B., Arturi, M.J., Aulicino, M.B., Molina, M.C. 2010. Identification of salt tolerance in seedling of maize (*Zea mays* L.) with the cell membrane stability trait. *International Research Journal of Plant Sci.*, 1(5): 126-132.
- Coons, J.M., Kuehl, R.O., Simons, N.R. 1990. Tolerance of ten lettuce cultivars to high temperature combined with NaCl during germination. *Journal of American Society for Hortic. Sci.*, 115:1004-1007.
- Dan, T.H., Brix, H. 2007. The influence of temperature, light, salinity and seed pre-treatment on the germination of sesbania sesban seeds. *African Journal of Bio.*, 6(19): 2231-2235.
- El-Hendawy, S.E., Hu, Y., Sakagami, J.I., Schmidhalter, U. 2011. Screening Egyptian wheat genotypes for salt tolerance at early growth stages. *International Journal of Plant Pro.*, 5(3):283-298.
- FAO, 2009. FAO Land and Plant Nutrition Management Service. Available from URL:<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/> [Ulaşım:15 Eylül 2011].
- Farahbakhsh, H., Saaid, M.S. 2009. Effects of seed priming NaCl on germination traits of maize under different saline conditions. *Plant Ecophys.*, 3: 119-122.
- Farsiani, A., Ghobadi, M.E. 2009. Effects of PEG and NaCl stress on two cultivars of corn (*Zea mays* L.) at germination and early seedling stages. *World Academic Science Engineering Technol.*, 57: 382-385.
- Foolad, M.R. 1996. Response to selection for salt tolerance during germination in tomato seed derived from PI174263. *Journal of American Society Hortic. Sci.*, 121: 1001-1006.
- Geressu, K., Gezaghegne, M. 2008. Response of some lowland growing sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) accession to salt stress during germination and seedling growth. *African Journal of Agricultural Res.*, 3(1): 44-48.
- Ghoulam, C., Fares, K. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Science Tech.*, 29: 357-364.
- Gomez, K.A., Gomez, A.A. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Greenway, H., Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review Plant Phys.*, 31: 149-190.
- Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., Nisar, M.F. 2010. Changes in morphological attributes of maize (*Zea mays* L.) under NaCl salinity. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 8(2): 230-232.
- Jan, N., Khatak, S.G., Khattak, J. 1995. Effect of various levels of salinity on germination of different maize cultivars. *Sarhad J. Agric.*, 11: 721-724.
- Katerji, N., van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Karam, F., Mastrotrilli, M. 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. *Agricultural Water Man.*, 26: 81-91.
- Kayani, S.A., Rahman, M. 1987. Salt tolerance in corn (*Zea mays* L.) at the germination stage. *Pakistan Journal Bot.*, 19: 9-15.
- Khayatnezhad, M., Gholamin, R. 2011. Effects of salt stress levels on five maize (*Zea mays* L.) cultivars at germination stage. *African Journal of Bio.*, 10 (60): 12909-12915.
- Khilajeh-Hosseini, M., Powell, A.A., Bingham, I.J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Sci. & Technol.*, 31: 715-725.
- Khodarahmpour, Z., Motamedi, M. 2011. Evaluation of drought and salinity stress effects on germination and early growth of two cultivars of maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Bio.*, 10(66): 14868-14872.
- Leopold, A.C., Willing, R.P. 1984. Evidence of Toxicity Effects of Salt on Membranes. In: *Salinity Tolerance in Plants*. pp. 67-76. John Wiley and Sons, New York.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. 2nd Ed. Academic Press, New York.
- Maas, E.V., Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civ. Eng.*, 103: 115-134.
- Mansour, M.M.F. 1994. Changes in growth, osmotic potential and cell permeability of wheat cultivars under salt stress. *Biologica Plan.*, 36: 429-434.
- Marambe, B., Ando, T. 1995. Physiological basis of salinity tolerance of sorghum seeds during germination. *Journal of Agronomy and Crop Sci.*, 174(5): 291-296.
- Mustafa, M., Shabber, S., Hussain, K. 2010. Growth reticence of maize (*Zea mays* L.) under different levels on NaCl stress. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 7(5): 583-585.
- Ouda, S.A.E., Mohamed, S.G., Khalil, F.A. 2008. Modeling the effect of different stress conditions on maize productivity using yield-stress model. *Int. J. Natural Eng. Sci.*, 2(1): 57-62.
- Prakash, L., Prathapasanen, G. 1990. Interactive effect of NaCl salinity and gibberellic acid and gibberellin like substances and yield of rice (*Oryza sativa* L. var. G.R.3). *Proceedings of the Indian Academy of Sci.*, 100: 173-181.
- Radic, V., Beatovic, D., Mrda, J. 2007. Salt tolerance of corn genotypes (*Zea mays* L.) during germination and later growth. *Journal of Agricultural Sci.*, 52(2): 115-120
- Shalhevet, J., Huck, M.G., Schroeder, B.P. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agronomy Jour.*, 87(3): 512-516.

Salt concentration effects on germination of silage corn seed

- Shonjani, S. 2002. Salt sensivity of rice, maize, sugar beet, and cotton during germination and early vegetative growth. PhD Thesis, Inst. of Plant Nutrition, Justus Liebig Univ.
- Sönmez, B. 2004. Türkiye Çoraklık Kontrol Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Yayın No:33, Ankara.
- Taiz, L., Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. 2nd Edition. Sinauer Associates Ins. Publisher, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Tavili, A., Biniiaz, M. 2009. Different salts effects on the germination of *Hordeum vulgare* and *Hordeum bulbosum*. Pakistan J. of Nut., 8(1): 63-68.
- TTSM, 2013. Tarla bitkileri milli çeşit listesi: Tescilli çeşitler. <http://www.ttsm.gov.tr/TR/belge/1-248/tescilli-cesitler-listesi.html>
- Van Hoorn, J.W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. Agricultural Water Man., 20: 17-28.
- Wang, D., Shannon, M.C. 1999. Emergence and seedling growth of soybean cultivars and maturity groups under salinity. Plant and Soil, 214: 117-124.
- Yeo, A.R., Flowers, T.J. 1983. Varietal difference in the toxicity of sodium ions in rice leaves. Physiologia Plan., 159: 189-195.

SUCUL MODEL ORGANİZMALAR VE BİYOTEKNOLOJİDE KULLANIMI

Filiz KUTLUYER^{1*} Ercüment AKSAKAL²

¹Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 62000, Tunceli

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 25240, Erzurum

*filizkutluy@hotmai.com

Geliş Tarihi : 18.06.2012

Kabul Tarihi : 20.07.2012

ÖZET : Model organizmalar; *in vitro* koşullarda üretilen ve üretiminin sürdürülmesi kolay olan, kısa jenerasyon aralığına sahip, deneysel avantajları olan ve biyolojik olayların araştırılmasında kullanılan canlılardır. İnsan genomu ile karşılaştırıldığında homolojisi oldukça yüksek ancak genom boyu küçük olan model organizmalar insan üzerinde çalışılması mümkün olmayan her türlü deneyde kullanılabilirler. Son yıllarda zebra balığı (*Danio reiro*), medaka balığı (*Oryzias latipes*) ve balon balığı (*Fugu rubripes*) gibi bazı sucul canlılar model organizma olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede sucul model organizmalar ve biyoteknolojik çalışmalarda kullanım alanları hakkında bilgiler sunulmuştur.

Anahtar sözcükler : Sucul model organizma, biyoteknoloji

AQUATIC MODEL ORGANISMS AND THEIR USE IN BIOTECHNOLOGY

ABSTRACT : Model organisms are preferable species to study biological phenomena due to their features that they can be produced *in vitro* easily and maintained continuously and they have short generation intervals and some experimental advantages. Compared to human genome, model organisms, which have very high homology and small genome size, can be used in experiments that have been impossible to study on human beings. In recent years, aquatic model organisms such as zebra fish (*Danio reiro*), medaka fish (*Oryzias latipes*) and puffer fish (*Fugu rubripes*) are used as model organism. In this review, information on aquatic model organisms and their utility in biotechnological researches are presented.

Key words: Aquatic model organism, Biotechnology

1. GİRİŞ

Biyoteknoloji, organizmaların veya onların bileşiklerinin pratik uygulamaları ile ilgilenmektedir (Ekinci ve ark., 2005). Günümüzdeki biyoteknoloji ile ilgili uygulamalar; yeni ilaçların üretimi, transgenik bitki ve hayvanların elde edilmesi, biyolojik yakıt elde edilmesi, gen terapileri ve çevre kirliliğini önlemeyi içeren çok farklı araştırma alanlarını kapsamaktadır (Smith, 1996; Kappes, 1999; Gijs ve Harry, 2002; Lyson, 2002; Braun, 2002).

Model organizmalar, insan genomuna genetik ve biyolojik benzerliklerinden dolayı seçilirler ve insan genomik diziliminin yorumlanmasına yardımcı olurlar. Bunların yanında bir canlının model organizma olarak seçilmesinde jenerasyonlar arası sürenin kısa oluşu, embriyonik gelişiminin kolayca izlenebilmesi gibi faktörler de etkilidir. Model organizmaların genom haritalarının çıkarılması, gen düzeninin ve insan genetik hastalıklarının mekanizması ile gelişim, fizyolojik ve biyolojik işlemlerinin anlaşılmasına olanak sağlar (Ankeny, 2006). Bütün organizmalarda var olan türler arası genetik benzerlikler, bir organizma ile ilgili yapılan çalışmanın diğer türler için de veri kaynağı olarak kullanılabilirliği anlamına gelmektedir (Collins ve ark., 1998).

İnsan genomunun haritalanması ve dizilimlerinin belirlenmesinde, 1990'lı yıllarda fare, nematod, koli basili (*E. coli*) ve maya gibi model organizmaların gen haritaları ve genom dizilimlerinin belirlenmesiyle ilgili çalışmaların önemi büyüktür (Ankeny, 2001). Son yıllarda, omurgalı ve omurgasız canlıların moleküler ve genetik yapılarının anlaşılmasıyla ilgili

çok sayıda çalışma yapılmış ve bu alanda önemli gelişmeler olmuştur. Model organizmaların gelişimleri, fizyolojileri ve davranışları incelenmiş ve bu organizmalar insan sağlığıyla ilgili genetik çalışmalarda kullanılmıştır (Shubin ve ark., 1997; Knoll ve Carroll, 1999). Bunun yanı sıra istenilen verim parametreleri açısından üstün bireyler elde etmek veya mevcut hayvanlara yeni özellikler kazandırmak için transgenik hayvan teknolojisi gelişmeye başlamıştır (Ekinci ve ark., 2005). Biyoteknoloji ile genetik olarak üstün hayvanlar elde etmek için yapay tohumlama, embriyo transferleri ve embriyo veya hücre çekirdeğine mikroenjeksiyon ile gen transferi ve klonlama, nükleus füzyonu teknikleri uygulamaya geçmiştir (Chesne ve ark., 2002). Değişik organizmalara ait genlerin bireysel olarak farklı organizmalara transfer edilebilmesi ve çalıştırılması, biyoteknolojinin bir endüstri kolu haline gelmesine yol açmıştır. Sağlık açısından büyük önemi olan terapötik maddelerin biyoteknolojik olarak elde edilen transgenik hayvanlara üretirmek teknolojisinin hedefi haline gelmiştir (Ekinci ve ark., 2005).

Model organizma grupları içerisinde prokaryotlar, protistalar, funguslar, bitki ve hayvanlar bulunmaktadır (Hedges, 2002). Bazı sucul organizmalar da model organizma olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sucul model organizmalar ile bu türlerin neden model organizma olarak seçildiği ve bu organizmaların biyoteknolojide kullanım amaçları hakkında bilgiler sunulmuştur.

2. MODEL ORGANİZMALAR

Model organizmalar dünyada var olan canlıların küçük bir kısmını oluşturur. Tarihi süreçte bilim adamları genetik ve gelişim üzerinde yaptıkları çalışmalarda model organizmalar üzerinde yoğunlaşmışlardır (Hedges, 2002). Son yıllarda, model organizmalarla ilgili çalışmalar artmış ve farklı türlerde uygulamalar yapılmaya başlanmıştır. Önceden küçük boyutlu, jenerasyon süresi kısa canlılar model organizma olarak kullanılırken son yıllarda genom dizilimlerinin belirlenmesine yönelik projelerin artmasıyla farklı özelliklere sahip canlıların da model organizma olarak kullanılabilirliği fikri ortaya çıkmıştır. Örneğin, araştırmacılar deneysel çalışmalarda kullanılabilirliğinden ziyade canlıda bulunan türe özgü bir genoma sahip olmasından dolayı kaplan balon balığı (*Takifugu rubripes*) türü üzerinde yoğunlaşmışlardır (Brenner ve ark., 1993). Bazı durumlarda ise model organizma olarak tarımsal bir ürün olan çeltik kullanılmıştır. Bu türlerin hepsi geniş bir tanımlama olan model organizma grubu içerisinde yerini almıştır (Hedges, 2002).

2.1. Model Organizmaların Seçimi

Çalışmalarda kullanılacak model organizmalar seçilirken çeşitli faktörler göz önüne alınmaktadır. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- İnsan genomu ile homolojisinin yüksek olması
- Jenerasyonlar arası sürenin kısa olması
- Embriyonik gelişiminin kolayca izlenebilmesi ve müdahale edilebilirliği
- Kolay kültüre alınması
- Deneysel manipülasyonlarına uygun olması
- Genetik analizlere uygun olması
- Etik açıdan fazla sorun oluşturmamaları

3. SUCUL MODEL ORGANİZMALAR

Genomik model organizma olarak en çok kullanılan balık türleri Zebra (*Danio reiro*), Medaka (*Oryzias latipes*) ve Balon balığı (Şişen balık) (*Fugu rubripes*)'dir. Bu türlerin dışında gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), tilapia (*O. niloticus*) ve su piresi (*Daphnia pulex*) de model organizma olarak kullanılmaktadırlar (Erdoğan ve Aksakal, 2008). Ayrıca, levrek (*Dicentrarchus labrax*), farklı bir su piresi türü olan *Asellus aquaticus* üzerinde yapılan çalışmalar bu türlerin de model organizma olarak kullanılabilirliğini göstermektedir (Correia ve ark., 2004; Vick ve Blum, 2010). Bu organizmalar; yetiştiricilik şartlarının kolay oluşu, jenerasyon aralığının kısa oluşu, genom büyüklüğünün kısa olması gibi nedenlerden dolayı transgenik çalışmalarda, hastalıkların tanı ve tedavisinde model organizma olarak kullanılmaktadırlar (Çizelge 1) (Erdoğan ve Aksakal, 2008).

3.1. Zebra Balığı (*Danio reiro*)

Zebra balığı, doğal olarak Güney Asya, Kuzey Hindistan, Pakistan, Bhutan ve Nepal gibi ülkelerdeki akarsularda dağılım gösteren tropikal bir tatlı su balığıdır. Kemikli balıkların (Teleostei) Actinopterygii sınıfında, Cyprinidae familyasına ait bir türdür (Carpio ve Estrada, 2006).

Zebra balığı, embriyo gelişimindeki genetik kontrolünün kolaylığı ve deneysel avantajlarından dolayı son yıllarda deneysel çalışmalarda tercih edilen model organizma haline gelmiştir (Carpio ve Estrada, 2006). Bu balığın üretimi kolaydır ve hızlı bir şekilde gelişim gösterir. Mikroenjeksiyon ve hücre transplantasyonu gibi deneysel manipülasyonlara karşı dayanıklıdır (Gilmour ve ark., 2002). Embriyogenez yaklaşık 24 saat içinde gerçekleşir ve 5 gün içinde organ oluşumu büyük ölçüde tamamlanır. Bu yüzden deneylerin tamamlanması ve embriyo üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi kolaydır (Dahm, 2002). Bunların yanı sıra, koriyon ve embriyosunun saydam oluşu ve ilk larval safhaları, canlı organizmada organların oluşumunun izlenmesinde kolaylık sağlar. Bu özellikler lazer manipülasyonlarının yanı sıra floresanli işaretlenmiş transgenlerin ekspresyonu ve gen aktivitesinin izlenmesine olanak sağlar (Gilmour ve ark., 2002). Diğer model organizmalarla karşılaştırıldığında, Zebra balığı yüksek döl verimine sahiptir. Optimal şartlarda, bir dişi haftada 200 yumurta üretir. Laboratuvar koşulları altında yıl boyunca yumurtlayabilir (Brand ve ark., 2002). Zebra balığı büyük ölçekli genetik çalışmalar için çeşitli avantajlara sahiptir. Yüksek orandaki döl verimi ile gelişim hızının yanı sıra mutasyonlar sperm örneklerinde korunabilir ve *in vitro* döllemede kullanılabilir. Üretilen mutant zebra balıkları insan hastalıkları için uygun bir modeldir. Farmakolojik çalışmalarda da sıklıkla kullanılmaktadırlar (Ma ve ark., 2003). Seçilen bireylerden sabit ve fazla sayıda yumurta elde edilmesi yeni genlerin tanımlanmasında ve bu genlerin fonksiyonlarının keşfedilmesi, zebra balığının büyük ölçekli genetik çalışmalar için ideal bir tür olmasına neden olmuştur (Pelegrini, 2002).

3.2. Medaka Balığı (*Oryzias latipes*)

Medaka, 3-4 cm büyüklüğünde, yumurtlayan ve yumurta gelişimi dışarıda meydana gelen bir tatlı su balığıdır. Hem yumurtaları hem de embriyoları şeffaftır. Medaka, geniş aralıktaki tuzluluk ve sıcaklıkta (10-40°C) yaşayabilen, üremesi kolay ve hastalıklara karşı dayanıklı bir türdür. Erkek ve dişiler dimorfik dorsal yüzgeç sayesinde kolayca ayrılabilirler. Işığa bağlı olarak bir dişi günde 30 ile 50 yumurta, üreme sezonu boyunca ise 3000 ve daha fazla yumurta üretebilir. Yumurtalar dişinin vücuduna filamentlerle bağlı olduğu için kolayca ayrılır ve çoğaltılır. Laboratuvar koşulları altında, jenerasyon süresi zebra balığı türünde 8 ile 10 hafta arasındayken, medaka için bu süre 6 ile 8 hafta arasındadır (Wittbrodt ve ark., 2002).

Çizelge 1. Sucul model organizmalar ve biyoteknolojide kullanımları

Sucul model organizmalar	Deneysel avantajları	Kullanım amaçları	Kaynak
Zebrafish (<i>Danio reiro</i>)	Tüm embriyo gelişim safhalarının izlenmesi ve değiştirilebilmesi, embriyo gelişimi hızlı, organizasyonu basit ve şeffaf, gen transfer teknolojileri gelişmiş, genetik analizlere uygun, birçok insan hastalık ve gelişim genlerinin benzerine sahip	Transplantasyon ve mikroenjeksiyon çalışmalarında	Gilmour ve ark., 2002; Dahm, 2002; Brand ve ark., 2002; Ma ve ark., 2003; Carpio ve Estrada, 2006
Medaka fish (<i>Oryzias latipes</i>)	Tüm embriyo gelişim safhalarının izlenmesi, üremesi kolay, jenerasyon süresi kısa	Transplantasyon ve mikroenjeksiyon çalışmalarında	Majer ve ark., 1993; Himmelbauer, 1998; Wittbrodt ve ark., 2002
Balon balığı (Şişen balık) (<i>Fugu rubripes</i>)	Omurgalılar içerisinde en küçük genoma sahip, genomlarının küçük olması nedeniyle genlerin tespiti ve analizi kolay	Transplantasyon ve mikroenjeksiyon çalışmalarında	Brenner ve ark., 1993; Crnogorac-Jurcevic ve ark., 1997; Yamanoue ve ark., 2009; Uji ve ark., 2011
Gökkuşluğu alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Mycotoxin ve insan karaciğer karsinogeni olan aflatoksin B1 (AFB1)'e karşı hassas, Ki-Ras mutasyonları, histopatoloji ve gen ekspresyonunda değişiklikleri içine alan AFB1'e bazı benzerliklere sahip	Toksikoloji çalışmalarında, karaciğer kanseri çalışmalarında, tümör çalışmalarında	Hendricks ve ark., 1985, 1995; Kelly ve ark., 1992; Bailey ve ark., 1996; Walter ve ark., 2008; Williams, 2012
Tilapia (<i>O. niloticus</i>)	Yetiştiriciliğinin kolay olması, düşük kromozom sayısına (2n=44) sahip olması	Toksikoloji çalışmalarında	Ergene ve ark., 1998; Könen, 2007
Deniz Kestanesi (<i>Paracentrotus lividus</i>)	Tubulin yapısı, yapay döllemenin, yumurtlamanın ve gelişimin kolay oluşu, hızlı senkronize gelişim, embriyonun şeffaf oluşu, embriyogenesinin iyi anlaşılması	İlaç endüstrisinde, kanser tedavisinde	Sala ve Zabala, 1996; Jordan ve ark., 1998; Bray, 2001; Bacher ve ark., 2001; Semenova ve ark., 2006
Su piresi (<i>Daphnia pulex</i>)	Bazı genlerin ortak kullanımı ve tatlısu besin ağlarındaki koruyucu rolleri	Kimyasalların ya da çevresel kirleticilerin toksisite testlerinde	Colbourne ve ark., 2011
Tatlı su Siliyatları	Kısa jenerasyon süresi, yüksek üreme oranı, kolay kültüre edilmesi, deneysel manipülasyonlarda kolaylık	Transplantasyon ve mikroenjeksiyon çalışmalarında	Weisse, 2006
Platyhelminthes (<i>Macrostomum lignano</i>)	Kolay kültüre edilmesi, küçük olması, bilateral organ sistemine sahip olması	Anti-aging çalışmalarında	Ladurner ve ark., 2005

Medakanın ilk gelişimi hızlıdır ve embriyo doğal habitatlarında onları koruyan sert bir koryon tabakasına sahiptir. Yumurtalar 7 günde çatlayarak besin alan bireyler haline gelirler. İlk gelişim aşamasında larva şeffaf olduğundan dolayı mikroskop altında kolayca incelenebilir ve zebra balığında olduğu gibi hücre transplantasyonu uygulanabilir (Majer ve ark., 1993; Himmelbauer, 1998).

Medaka embriyoları, özellikle transplantasyon ve mikroenjeksiyon çalışmalarında kullanılmak üzere 3 aylık bir süre boyunca 4°C sıcaklıkta gelişimleri yavaşlatılarak muhafaza edilebilir. Yapılan çalışmalarda, kriyoprezervasyonu ile sperm güvenilir ve etkili protokoller uygulanarak uzun süreli muhafaza edilmiş ve *in vitro* dölleme gerçekleştirilmiştir (Iwamatsu, 1994; Westerfield, 1995).

3.3. Balon Balığı (Şişen Balık) (*Takifugu rubripes*)

Balon balığı kemikli balıkların (Teleostei) Actinopterygii sınıfında, Tetraodontiformes familyası içinde yer alan deniz balığı türüdür. Balon balığı

omurgalı genom araştırmalarında ve gelişim biyolojisi çalışmalarına ideal bir model organizma olarak kullanılmaktadır (Uji ve ark., 2011).

Balon balığı, çiklitleri de içine alan diğer omurgalılar ile karşılaştırıldığında daha fazla avantajlıdır. Omurgalılar arasında en küçük genoma (yaklaşık 400 Mb) sahip canlıdır ve genom boyu insan genomunun sekizde biridir (Hinegardner ve Rosen, 1972). Genomlarının küçük olması genlerin tespitini ve analizini kolaylaştıran bir faktördür. Bu genomlar, diğer omurgalılarda olduğu gibi düzenli dizilimlere sahiptirler ve karşılaştırılabilir bilgi elde etmek için daha az çaba gerektirirler. Bu yüzden iki balon balığı türü (*T. rubripes*, *Tetraodon nigroviridis*) omurgalı genomları için model organizma olarak kullanılmaktadır (Brenner ve ark., 1993; Crnogorac-Jurcevic ve ark., 1997). Yine yapılan çalışmalar *Takifugu* türlerinin sınırlı dağılım, renklenme, morfoloji ve davranışlarındaki varyasyonlardan dolayı, yalnızca denize yakın bölgede yaşayan türlerin

model organizma olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Yamanoue ve ark., 2009).

3.4. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Salmonidae familyasında yer alan Gökkuşığı alabalığı ülkemizde tatlı su balıkları içerisinde yetiştiriciliğinin en yaygın olarak yapıldığı balık türüdür. Gökkuşığı alabalığı çevresel kimyasallardan kaynaklanan karaciğer kanseri teşhisi ve önlenmesi için stratejilerin geliştirilmesinde kullanılan bir model organizmadır. Farelerde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında alabalık, kanser çalışmalarında bu canlılardan daha önemli avantajlara sahiptir. Endüstriyel kimyasallar ve aflatoksine maruz kalmayı engelleyen indole-3-carbinol ve chlorophyllin ilave edilmiş diyetlerin etkilerinin belirlenmesinde kullanılan fare ve alabalıklar karaciğer kanseri mekanizmasının anlaşılması ve önlenmesi için önemli katkılar sağlamıştır (Williams, 2012).

Oregon State Üniversitesi Gökkuşığı alabalığında özellikle karaciğer kanseri hakkında 40 yılı aşkın süredir çalışmalar yapmaktadır (Bailey ve ark., 1996; Walter ve ark., 2008). Gökkuşığı alabalığı mycotoxin ve aflatoksine karşı hassaslık göstermektedir (Nunez ve ark., 1990; Bailey, 1994; Bailey ve ark., 1996). Ayrıca, bazı mutasyonların tespiti, histopatolojik değişikliklerin izlenmesi ve gen ekspresyonuyla ilgili çalışmalarda (Hendricks ve ark., 1984; Fong ve ark., 1993; Tilton ve ark., 2005) bir tetikleyici olarak alfatoksin üzerinde çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, nitrosaminler gibi polisiklik aromatik hidrokarbonları içeren, metabolik aktivasyon gerektiren insan kanserojenlerinin diğer sınıfları ile ilgili çalışmalarda alabalık modeli kullanılmaktadır (Hendricks ve ark., 1985, 1995; Kelly ve ark., 1992; Bailey ve ark., 1996; Walter ve ark., 2008). Alabalık, antikarsinojen etki gösteren chlorophyllin ve doğal chlorophyll'e hassas olduğu bilinen ilk hayvan modelidir (Breinholt ve ark., 1995).

3.5. Nil Tilapiası (*Oreochromis niloticus*)

Nil tilapiası, Cichlidae familyasına ait, Afrika'da endemik olarak bulunan ve tatlı sularda yaşayan bir türdür. Nil tilapiası ekonomik öneme sahip olması, yaygın olarak yetiştiriciliğinin yapılması, kolay temin edilebilen bir tür olmasının yanında düşük kromozom sayısına (2n=44) sahip olması gibi sebeplerle deneysel çalışmalarda model organizma olarak tercih edilmektedir (Ergene ve ark., 1998).

Könen (2007) yaptığı çalışmada Askorbik asidin genotoksik kimyasalların *O. niloticus* üzerinde oluşturduğu hasarları indirgeyerek antigenotoksik etki göstermiş olmasından hareketle, genotoksikoloji çalışmalarında model olarak kullanılan bu türün aynı zamanda antigenotoksikite çalışmalarında da model olarak kullanılabilceğini belirlemiştir.

3.6. Deniz Kestanesi (*Paracentrotus lividus*)

Yenilebilen bir tür olan denizkestanesi, derisidikenliler (Echinodermata) filumunun,

Echinoidea familyası içinde yer alır. Doğal olarak Akdeniz ve Kuzey Atlantik'in Avrupa kıyıları boyunca dağılım gösterir (Sala ve Zabala, 1996). Deniz kestanesi embriyosu, uzun süreli gelişim biyolojisi çalışmaları için model organizma olarak kullanılmıştır (Gustafon ve Wolpert, 1963; Czihak, 1973; Giudice, 1973, 1986; Angerer ve ark., 2003). Denizkestanesinin biyolojik çalışmalarda model organizma olarak kullanılmasında çok sayıda faktör etkilidir. Yapay döllemenin, yumurtlamanın ve gelişimin kolay oluşu, hızlı senkronize gelişim, embriyonun şeffaf oluşu ve embriyogenezin iyi anlaşılması bu faktörler arasındadır. Sonuç olarak, denizkestanesi embriyosu, çeşitli antiproliferatif ajanların etkileri ile ilgili çalışmalarda başarıyla kullanılmaktadır (Lallier, 1980; Sconzo ve ark., 1995; Korkina ve ark., 2000; Nishoika ve ark., 2003).

3.7. Su Piresi (*Daphnia pulex*)

Su piresi olarak da bilinen *Daphnia pulex*, suda yaşayan küçük bir kabuklu olup, balıklar için önemli bir besin kaynağıdır. Amerika, Avrupa ve Avustralya boyunca yayılım göstermektedir. *Daphnia pulex* genomu sekanslanan ilk kabukludur. DNA'sı çok miktarda gen içermektedir. Kimyasalların ya da çevresel kirleticilerin toksisite testini siçan ve fareler üzerinde denemelere gerek kalmadan analiz edilmesine yardımcı olabilmektedir. Colbourne ve ark. (2011) yaptıkları çalışmaya göre bu canlının genom büyüklüğü ~200 megabaz olup 30.907 gen içermektedir. Bu durum genlerdeki duplikasyon oranının artışı sonucu oluşmaktadır. *Daphnia*'nın geniş çevre şartlarına ve streslerine nasıl adapte olabileceği de bu şekilde açıklanabilmektedir. *Daphnia*'daki genlerin sayısı insanlardakinden daha fazladır. Bazı genlerin ortak kullanımı ve tatlısu besin ağlarındaki koruyucu rollerinden dolayı, *Daphnia*'nın strese özgü gen ekspresyon profillerinin hem ekosistem hem de insan sağlığı korunmasında önemli olabileceği düşünülmektedir. *Daphnia*'nın gen ekspresyon modelleri çevresine bağımlı olarak değişmektedir. Kimyasal içeren suda bulunan bir su piresi, içerisinde kimyasal bulunmayan ve bu suya adapte diğer su pirelerinden farklı olarak bazı genlerinin ekspresyon seviyeleri değişmektedir (Anonim, 2012).

3.8. Tatlı Su Siliyatları

Tatlı su siliyatları protistaların en önemli gruplarından birisini oluşturur. Silli bir yapıya sahiptirler ve boyları 2 mm'ye kadar ulaşabilir. *Daphnia*'ya benzer olarak çoğu planktonik siliyatlar algivordur. Doğal göllerde yaşarlar ve aseksüel olarak ürerler. Populasyon büyüklükleri, daha kısa jenerasyon süresi, yüksek üreme oranı, kültürünün kolaylığı, deneysel manipülasyonlara uygunluğu bu türleri model organizma olarak kullanılmasını sağlamaktadır Ancak, *Daphnia* ile karşılaştırıldığında daha küçük olması, kolayca izole edilip

tanımlanamaması nedeniyle fazla çalışma yapılmamıştır (Weisse, 2006).

3.9. Platyhelminthes (*Macrostomum lignano*)

Macrostomum lignano, Macrostomorpha familyasında yer alan yassı kurtlardır. Hermafroditler ve erişkinleri 1,7 mm'ye kadar büyüyebilir. *Macrostomum lignano* 100'den fazla deniz, tatlı su ve acı suda yaşayan tür içeren ve geniş dağılımlar gösteren en büyük Macrostomorpha genusu içinde yer alır. Bu yeni tür laboratuvar koşullarında kolayca kültüre edilebilir ve gelişim ile ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Küçük olması, bilateral organ sistemlerinden oluşan yaklaşık 25.000 hücreden meydana gelmesi model organizma olarak kullanılmasındaki en önemli nedenlerdendir (Ladurner ve ark., 2005).

4. SUCUL MODEL ORGANİZMALAR VE BİYOTEKNOLOJİDE KULLANILMASI

Biyoteknoloji; temel bilimlerin ve mühendislik ilkelerinin, hammaddelerin biyolojik araçlar yardımı ile ürünlere dönüştürüldüğü süreçlere uygulandığı bir teknolojidir (Arda, 1995; Smith, 1996; Ward, 2000).

Hayvanlar genellikle araştırmalar için model olarak kullanılmaktadırlar. Hayvanlar için geliştirilen birçok teknoloji insanlara da transfer edilebilmektedir. Hayvanlarla yapılan birçok çalışma insan sağlığında ilerlemeler sağlamaya yardımcı olmaktadır. Organ nakilleri için dünyadaki organ kısıtlılığını ortadan kaldırmak ve hayvanları insanlar için birer kan veya organ vericisi haline getirilmesi üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Birçok hayvan türünün insanlar için organ verici olarak kullanması uzun zamandan beri üzerinde durulan bir konudur (Ekinci ve ark., 2005). Farklı hayvan türlerinde organ verici olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır. Ancak yapılan çalışmalarda hayvan organlarının insan bağışıklık sistemi tarafından kabul edilip edilmemesi, hayvanlarda bulunan bulaşıcı hastalıkların transplant organlar vasıtasıyla insanlara bulaşması riskleri ön plana çıkmıştır. Bağışıklık sistemi tarafından organların reddedilmesini önlemek için reddetmeyi sağlayan genin inaktif kopyalarının transgenik hayvanlarda üretilmesi başarılmıştır (Pintado ve Gutierrez-Adan, 1999; Ward, 2000).

Sucul ekosistemlerle ilişkili genotoksik etkilerin çalışılmasında kullanılan çeşitli omurgasız ve omurgalı test organizmaları özellikle son 10 yılda model organizma olarak balık türlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (Çavaş, 2004)

Uzun zaman boyunca sadece fizyolojik ve biyokimyasal çalışmalarda kullanılan balıklar son yıllarda sitogenetik ve genetik toksikoloji araştırmalarında da model organizma olarak kullanılmaya başlanılmışlardır. Sucul ortamlarda besin zincirinde üst sıralarda bulunmaları yanında solunum için yüksek oranda su kullanmaları, kirleticilere maruz kalma oranlarını oldukça etkin kılmaktadır. Bu

nedenle, özellikle son yıllarda balık doku ve hücrelerinin genetik toksikoloji alanında kullanımına ait çalışmalarda artış görülmüştür (Könen, 2007). Balıkların dışında diğer sucul organizmalar da kendilerine özgü farklı özellikler taşıdıklarından ve deneysel avantajlarından dolayı model organizma olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu türlerin bazılarının deneysel olarak kullanımı hayata geçmişken, bir kısmı ile ilgili çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir.

5. SONUÇ

Sucul model organizmaların, jenerasyonlar arası sürelerinin kısa oluşları, embriyonik gelişimlerinin izlenebilmesi son yıllarda bu organizmalara olan ilgiyi arttırmış ve bu türler üzerinde yapılan çalışmaların sayısı artmıştır. Yapılan çalışmalarda yeni türlerin genom haritaları çıkarılmış ve model organizma olarak kullanılabilceği ortaya konulmuştur. Bu türlerin arasında sucul organizmalar da yer almaktadır. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarla genom haritaları çıkarılan türlerin kullanımları yaygınlaştırılarak biyoteknolojik çalışmalarda kullanılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Angerer, L.M., Angerer, R.C. 2003. Patterning the sea urchin embryo: gene regulatory networks, signaling pathways, and cellular interactions. *Curr. Top. Dev. Biol.*, 53:159-198.
- Anonim, 2012. Genom Dizisi Tamamlanan Küçük Bir Model Organizma: *Daphnia pulex*. Available from URL: <http://www.biyoportali.com/portal/haberler/zooloji/60-genom-dizisi-tamamlanan-kucuk-bir-model-organizma-daphnia-pulex.html> [Ulaşım: 26.03.2012].
- Ankeny, R.A. 2001. Model Organisms as Models: Understanding the 'Lingua Franca' of the Human Genome Project. *Philos. Sci.*,68:251-261.
- Ankeny, R.A. 2006. Wormy Logic: Model Organisms as Case-Based Reasoning. *Working Papers on The Nature of Evidence: How Well Do 'Facts' Travel?*No. 07/06.
- Arda, M. 1995. Biyoteknoloji (Bazı Temel İlkeler). KÜKEM Derneği Bilimsel Yay. 3, Ankara.
- Bacher, G., Nickel, B., Emig, P., Vanhoefer, U., Seeber, S., Shandra, A., Klenner, T., Beckers T. 2001. D-24851, a novel synthetic microtubule inhibitor, exerts curative antitumoral activity in vivo, shows efficacy toward multidrug-resistant tumor cells, and lacks neurotoxicity. *Cancer Res.*, 61:392-399.
- Bailey, G.S. 1994. Role of aflatoxin-DNA adducts in the cancer process. *The Toxicology of Aflatoxins: Human Health, Veterinary, and Agricultural Significance*. Academic Press, p: 137-147.
- Bailey, G.S.,Williams, D.E., Hendricks, J.D. 1996. Fish models for environmental carcinogenesis: the rainbow trout. *Environ. Health Perspect.*, 104: 5-21.
- Brand, M., Granato, M, Nusslein-Volhard, C. 2002. "Keeping and raising zebrafish ". In: *Zebrafish: A Practical Approach*, Nusslein- Volhard C, Dahm R, (eds.). Oxford: Oxford University Press, p: 7-37.

- Braun, R. 2002. People's Concerns About Biotechnology: Some Problems and Some Solutions. *J. Biotechnol.*, 98: 3-8.
- Bray, D. 2001. *Cell Movements: From Molecules to Motility*, 2nd ed. Garland Publishing, New York.
- Breinholt, V., Hendricks, J., Pereira, C., Arbogast, D., Bailey, G.S. 1995. Dietary chlorophyllin is a potent inhibitor of aflatoxin B1 hepatocarcinogenesis in rainbow trout. *Cancer Res.*, 55: 57-62.
- Brenner, S., Elgar, G., Sandford, R., Macrae, A., Venkatesh, B., Aparicio, S. 1993. Characterization of the pufferfish (fugu) genome as a compact model vertebrate genome. *Nature*, 366: 265-268.
- Carpio, Y., Estrada, M.P. 2006. Zebrafish as a Genetic Model organism. *Biotechnol. Apl.*, 23: 4.
- Chesne, P., Adenot, P.G., Viglietta, C., Baratte, M., Boulanger, L., Renard, J-P. 2002. Cloned Rabbits Produced by Nuclear Transfer from Adult Somatic Cells. *Nature Biotechnol.*, 70: 366-369.
- Colbourne, J.K., Pfrender, M.E., Gilbert, D., Thomas, W.K. et al. 2011. The Ecoresponsive Genome of *Daphnia pulex*. *Science*, 331: 555-561.
- Collins F.S., Patrinos, A., Jordan, E., Chakravarti, A., Gesteland, R., Walters, L. 1998. New Goals for the U.S. Human Genome Project: 1998-2003. *Science*, 282:682-689.
- Crnogorac-Jurcevic, T., Brown, J.R., Lehrach, H., Schalkwyk, L.C. 1997. Tetraodon fluviatilis, a new puffer fish model for genome studies. *Genomics*, 41: 177-184.
- Correia, A.D., Freitas, S., Lamoree, M.H., Booij, P., Scholze, M., Mañanós, E., Reis-Henriques, M.A. 2004. Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) - a model organism for the screening of estrogenic chemicals in marine surface waters? Society of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC Europe 14th Annual Meeting, April 2004, Prague, Czech Republic,
- Czihak, G. 1973. *The Sea Urchin Embryo Biochemistry and Morphogenesis*. Springer, New York.
- Çavaş, T. 2004. Endüstriyel Atıkların Genotoksik Etkilerinin Mikronükleus ve AgNOR Analiz Teknikleri Kullanılarak in-Situ ve Laboratuvar Koşulları Altında Araştırılması. Doktora Tezi. MÜ Fen Bil.Enst. Mersin.
- Dahm, R. 2002. Atlas of embryonic stages of development in the zebrafish'. In: *Zebrafish: A Practical Approach*, Nusslein-Volhard C, Dahm R, (eds.). Oxford: Oxford University Press, p: 219-236.
- Ekinci, M.S., Akyol, İ., Karaman, M., Özköse, E. 2005. Hayvansal Biyoteknoloji Uygulamalarında Güncel Gelişmeler. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2).
- Erdoğan O., Aksakal E., 2008. Moleküler Biyoloji Veritabanları ve Kullanımları. *Su Ürünlerinde Uygulamalı Moleküler Biyoloji Teknikleri*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 237, s: 37-50.
- Ergene, S., Kaya, F., Pekcan, Y., Oral, A. 1998. A Karyological Analysis of *Oreochromis niloticus* (L., 1758) (Pisces, Cichlidae) Used in Aquaculture, First International Symposium on Fisheries and Ecology, 1-10: 2-4, Trabzon.
- Fong, A.T., Dashwood, R.H., Cheng, R., Mathews, C., Ford, B., Hendricks, J.D., Bailey, G.S. 1993. Carcinogenicity, metabolism and Ki-ras proto-oncogene activation by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene in rainbow trout embryos. *Carcinogenesis*, 14: 629-635.
- Gijs, A.K., Harry, A.K. 2002. Considerations for the Assessment of the Safety of Genetically Modified Animals Used for Human Food or Animal Feed. *Livestock Produc. Sci.*, 74: 275-285.
- Gilmour, D.T., Jessen, J.R., Lin, S. 2002. Manipulating gene expression in the zebrafish. In: *Zebrafish: A Practical Approach*, Nusslein-Volhard C, Dahm R, (eds.). Oxford: Oxford University Press, p: 121-43.
- Giudice, G. 1973. *Developmental Biology of the Sea Urchin Embryo*. Academic Press, New York.
- Giudice, G. 1986. *The Sea Urchin Embryo. A Developmental Biological System*. SpringerVerlag, Berlin.
- Gustafson, T., Wolpert, L. 1963. The cellular basis of morphogenesis and sea urchin development. *Int. Rev. Cytol.*, 15:139-214.
- Hedges, S.B. 2002. The Origin and Evolution of Model Organisms. *Nature Rev.*, 3: 838-849.
- Hendricks, J.D., Meyers, T.R., Casteel, J.R., Nixon, J.E., Loveland, P.M., Bailey, G.S., 1984. Rainbow trout embryos: advantages and limitations for carcinogenesis research. *Natl. Cancer Inst. Monogr.*, 65: 129-137.
- Hendricks, J.D., Meyers, T.R., Shelton, D.W., Casteel, J.L., Bailey, G.S. 1985. Hepatocarcinogenicity of benzo[a]pyrene to rainbow trout by dietary exposure and intraperitoneal injection. *J. Natl. Cancer Inst.*, 74: 839-851.
- Hendricks, J.D., Shelton, D.W., Loveland, P.M., Pereira, C.B., Bailey, G.S. 1995. Carcinogenicity of dietary dimethylnitrosomorpholine, N-methyl-N'-nitro-Nnitrosoguanidine, and dibromoethane in rainbow trout. *Toxicol. Pathol.*, 23: 447-457.
- Hinegardner, R., Rosen, D.E. 1972. Cellular DNA content and the evolution of teleostean fishes. *Am. Nat.*, 106:621-644.
- Himmelbauer, H., Dunkel, I., Otto, G.W., Burgdorf, C., Schalkwyk, L.C., Lehrach, H. 1998. Complex probes for high-throughput parallel genetic mapping of genomic mouse BAC clones. *Mamm. Genome*, 9: 611-619.
- Iwamatsu, T. 1994. Stages of normal development in the medaka *Oryzias latipes*. *Zool. Sci.*, 11: 825-839.
- Jordan, A., Hadfield, J.A., Laurence, N.J., McGown, A.T. 1998. Tubulin as a target for anticancer drugs: agents which interact with the mitotic spindle. *Med. Res. Rev.*, 18:259-296.
- Kappes, S.M. 1999. Utilization of Gene Mapping Information in Livestock Animals. *Theriogenology*, 51: 135-147.
- Kelly, J.D., Orner, G.A., Hendricks, J.D., Williams, D.E. 1992. Dietary hydrogen peroxide enhances hepatocarcinogenesis in trout: correlation with 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine levels in liver DNA. *Carcinogenesis*, 13: 1639-1642.
- Knoll, A.H., Carroll, S.B. 1999. Early animal evolution: emerging views from comparative biology and geology. *Science*, 284: 2129-2137.
- Korkina, L.G., Deeva, I.B., De Biase, A., Iaccarino, M., Oral, R., Warnau, M., Pagano, G. 2000. Redox-dependent toxicity of diepoxybutane and mitomycin C in sea urchin embryogenesis. *Carcinogenesis*, 21:213-220.
- Köner S., 2007. Trifluralin ve Askorbik Asit Kombinasyonlarının *Oreochromis niloticus* Üzerindeki Genotoksik ve Antigenotoksik Etkilerinin Mikronükleus Testi Kullanılarak Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, MÜ Fen Bil. Enst. Mersin.
- Ladurner, P., Schaerer, L., Salvenmoser, W., Rieger, R.M. 2005. A new model organism among the lower Bilateria and the use of digital microscopy in taxonomy of

- meiobenthic Platyhelminthes: *Macrostomum lignano*, n. sp. (Rhabditophora, Macrostromorpha). *JZS*, 43(2): 114–126.
- Lallier, R. 1980. Biological properties of cis- and trans-dichlorodiamineplatinum. *Cell. Biol. Int. Rep.*, 4:697–700.
- Lyson, T.A. 2002. Advanced Agricultural Biotechnologies and Sustainable Agriculture. *TRENDS in Biotechnol.*, 20: 193–196.
- Ma, C., Parnig, C.L., Seng, W.L., Zhang, C., Willett, C., McGrath, P. 2003. Zebrafish: an in vivo model for drug screening. *Innov. Pharmaceut Tech.*, 38–45.
- Maier, D., Marte, B.M., Schaefer, W., Yu, Y., Preiss, A. 1993. Drosophila evolution challenges postulated redundancy in the E(spl) gene complex. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 90: 5464–5468.
- Nishioka, D., Marcell, V., Cunningham, M., Khan, M., Von Hoff, D.D., Izbicka, E. 2003. The use of early sea urchin embryos in anticancer drug testing. *Methods Mol. Med.*, 85:265–276.
- Nunez, O., Hendricks, J.D., Fong, A.T. 1990. Interrelationships among aflatoxin B1 (AFB1) metabolism, DNA-binding, cytotoxicity, and hepatocarcinogenesis in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Dis. Aquat. Organ.*, 9: 15–23.
- Pelegri F., 2002. ‘‘Mutagenesis’’. In: *Zebrafish: A Practical Approach*, Nusslein-Volhard C, Dahm R, (eds.). Oxford: Oxford University Press, p: 145–74.
- Pintado, B., Gutierrez-Adan, A. 1999. Transgenesis in Large Domestic Species: Future Development for Milk Modification. *Reprod. Nutr. Dev.*, 39: 535–544.
- Sala, E., Zabala, M. 1996. Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the N W Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 141: 71–81.
- Sconzo, G., Romancino, D., Fasulo, G., Cascino, D., Giudice, G. 1995. Effect of doxorubicin and phenytoin on sea urchin development. *Pharmazie*, 50:616–619.
- Shubin, N., Tabin, C., Carroll, S. 1997. Fossils, genes and the evolution of animal limbs. *Nature*, 388: 639–648.
- Semenova, M.N., Kiselyov, A., Semenov, V.V. 2006. Sea urchin embryo as a model organism for the rapid functional screening of tubulin modulators. *BioTechniques*, 40:765–774.
- Smith, J.E. 1996. *Biotechnology*, 3rd ed., University Press, Cambridge UK, p: 1–25.
- Tilton, S.C., Gerwick, L.G., Hendricks, J.D., Rosato, C.S., Corley-Smith, G., Givan, S.A., Bailey, G.S., Bayne, C.J., Williams, D.E. 2005. Use of a rainbow trout oligonucleotide microarray to determine transcriptional patterns in aflatoxin B1-induced hepatocellular carcinoma compared to adjacent liver. *Toxicol. Sci.*, 88: 319–330.
- Uji, S., Kurokawa, T., Hashimoto, H., Kasuya, T., Suzuki, T. 2011. Embryogenic staging of fugu, Takifugu rubripes, and expression profiles of aldh1a2, aldh1a3 and cyp26a1. *Dev. Growth Differ.*, 53(5): 715–725.
- Vick, P., Blum, M. 2010. The isopod *Asellus aquaticus*: A novel arthropod model organism to study evolution of segment identity and patterning. *Palaeodiversity* 3, Supplement: 89–97, 30 December 2010, Stuttgart.
- Walter, R.B., Timmins, G.S., Tilton, S.C., Orner, G.A., Benninghoff, A.D., Bailey, G.S., Williams, D.E. 2008. Carcinogenesis models: focus on Xiphophorus and rainbow trout. In: Walsh, P.J. (Ed.), *Oceans and Human Health: Risks and Remedies from the Seas*. Elsevier, p: 586–611.
- Ward, K.A. 2000. Transgene-mediated Modifications to Animal Biochemistry. *TRENDS in Biotechnol.*, 18: 99–102.
- Weisse, T. 2006. Freshwater ciliates as ecophysiological model organisms—lessons from Daphnia, major achievements, and future perspectives. *Arch. Hydrobiol.*, 167 (1–4): 371–402.
- Westerfield, M., 1995. *The Zebrafish Book*. Univ. of Oregon Press, Eugene, Oregon.
- Williams, D.E. 2012. The rainbow trout liver cancer model: Response to environmental chemicals and studies on promotion and chemoprevention. *Comp. Biochem. Physiol., C*, 155: 121–127.
- Wittbrodt, J., Shima, A., Schart, M. 2002. Medaka—A Model Organism From the Far East. *Nature Rev. Genet.*, 31: 53–64.
- Yamanoue, Y., Miya, M., Matsuura, K., Miyazawa, S., Tsukamoto, N., Doi, H., Takahashi, H., Mabuchi, K., Nishida, M., Sakai, H. 2009. Explosive Speciation of Takifugu: Another Use of Fugu as a Model System for Evolutionary Biology. *Mol. Biol. Evol.*, 26(3): 623–629.

ALTERNATİF YAĞ BİTKİSİ : CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fries)

Fatih SEYİS Emine AYDIN Medine ÇOPUR
Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 66200 YOZGAT

Geliş Tarihi : 12.07.2011 Kabul Tarihi : 13.08.2012

ÖZET : Crambe [*Crambe abyssinica* (2n = 6x = 90)] *Brassicaceae* familyası içerisinde yer alan ve bu familyada tohumları değerlendirilen, tek yıllık bir yağ bitkisidir. Crambe ülkemizde çok fazla tanınmamasına rağmen Türkiye doğal florasında doğal olarak bulunan bir bitki konumundadır. Endüstriyel alanda ümit veren, yeni bitkilerden birisi olan Crambe, tohumlarında % 35-60 oranında yağ ihtiva etmekte ve bu yağın da % 57'sini erusik asit oluşturmaktadır. Crambe bu özelliğinden dolayı, biyodizel, yağ sanayi, makine sanayisi gibi endüstrinin pek çok alanında kullanılmakta olup, ayrıca yağı alındıktan sonra kalan kısmı hayvanlar için önemli bir besin kaynağı olarak görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde endüstriyel ilerlemenin sonucunda, insan ihtiyaçlarının artması ve bu ihtiyaçların çeşitlilik kazanması sebebiyle alternatif ürünlerin arayışı kaçınılmaz olmuştur. Bu bağlamda Crambe bitkisinde bulunan yüksek erusik asit bu bitkinin tercih edilen alternatif ürünlerden birisi olmasına olanak sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler : Yağ Bitkisi, Crambe, *Crambe abyssinica*, erusik asit

AN ALTERNATIVE OILSEED CROP : CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fries)

ABSTRACT: Crambe [*Crambe abyssinica* (2n = 6x = 90)] is a member of the Brassicaceae family and is an annual oilseed plant of which seeds can be consumed. Crambe is not a well known species in Turkey although it is present in the country's flora. Crambe is a new and promising oilseed crop for the industry because it contains 35-50 % oil in its seeds with an erucic acid content of 57 %. Crambe has a potential use in different areas of the industry such as biodiesel, oil industry and machine oil. In addition to that, seed cake after oil extraction can be used as an important feed for livestock .The industrial improvements and a wide range of people needs in developed countries led researchers seeking alternative products. So, high erucic acid content in its seeds makes Crambe as a preferable alternative agro-industrial material.

Keywords: Oilseed Crop, Crambe, *Crambe abyssinica*, erucic acid

1. GİRİŞ

Brassicaceae familyası içinde yer alan Crambe cinsinin 30 kadar türü bulunmakta ve Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fries) bu türler içerisinde endüstriyel amaçlı kullanılan ve yağlı tohumlu bitki olarak tarımı yapılan tek türdür (Warwick ve Gugel, 2003). Crambe tek veya çok yıllık formları bulunan bir yağ bitkisidir. Bu cinse ait türlerin birçoğu tek yıllık otsu formda iken birkaç tanesi ise çalı formunda görülmektedir. Bu türlere genelde Akdeniz Bölgesi'nde, Avrupa-Sibirya ve Türkiye-İran bölgelerinde rastlamak mümkündür (Post, 1932; Schulz, 1936; Tutin ve ark., 1993)

Tek yıllık türler çoğunlukla Akdeniz bölgelerinde ve Etiyopya'dan Tanzanya'ya kadar olan bölgede görülmektedir. Çalı formları ise Kanarya Adaları-Madeira bölgeleri ile sınırlı olan alanda yaygındır. Bir türü de Şili'de ortaya çıkmaktadır. Bu cinsin muhtemel orijin merkezi tür isminin *abyssinica* olmasına rağmen Güney-Batı Asya'nın Türkiye-İran bölgesidir. Bu tür, erken jeolojik ve iklimsel değişikliklerin olduğu devirlerde Akdeniz Bölgesi'ne doğru yayılma göstermiştir. Diğer bölgelere yayılmalarının eski çağlardaki insan göçleri ve daha sonraları sömürgecilğin yayılması ve ticaret ile ilgili olarak gerçekleşme ihtimali yüksektir (Carlsson ve ark., 2007).

Patagonya ve Şili'de rastlanan *C. filliformis* popülasyonu buralara İspanyol ve Portekizlerin bu bölgeyi istilası ve yerleşmeleri ile gelmiştir. Benzer şekilde *C. maritima* çok iyi geliştiği bölge olan Karadeniz, Kuzey Akdeniz ve Baltık Kıyılarında daha

sık görülmektedir ve eski gemiciler tarafından muhtemelen daha geniş alanlara taşınmıştır.

Crambe'nin Kuzey ve Batı Afrika'da bulunan türleri, Kuzey Afrika'ya göç ile gittiği tahmin edilen ve Etiyopya'da doğal bir tür haline gelen Akdeniz Bölgesi'nin bir türü olan *C. hispanica* ile yakın akrabadır. Bu yayılım mantıklıdır, çünkü bu bölgede eski çağlarda Nil Vadisi ve Kızıl Deniz üzerinden iletişim sağlanıyordu (Warwick ve Gugel, 2003).

Kuzey ve Batı Afrika'da yabani olarak yetişen Crambe genelde patika yolların ve tarım arazilerinin kenarlarında veya bölgesel makilikler ve kumullar etrafında yabancı ot olarak görülebilen, kısa boylu, çalı formunda bir bitki oluşturmaktadır. Normalde izole haldeki bitkiler veya küçük kümeler halinde rastlamak mümkündür ve nadiren büyük veya sürekli bir gelişme formu gösterirler.

Kültür bitkisi olarak tarihi biraz karışıktır, fakat Maestebroek ve ark., 1994' e göre tarımı muhtemelen Sovyetler Birliği'nde başlamıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan önce Rusya, İsveç ve Polonya'da tarla denemelerinin yapıldığına dair raporlar mevcuttur (Grashchikov, 1959; Papathanasiou ve ark., 1966; White ve Higgins, 1966; Zimmermann, 1962). Savaştan sonra bu bitki ile ilgili araştırmalar başka ülkelerde de başlatılmıştır ve bazı ıslah çalışmaları ortaya konmuştur (Zimmermann ve Ragaller, 1961; Jablonski, 1962; Hannich ve ark., 1970; Bengtsson ve Olsson, 1981).

1960'larda ABD ve Kanada'ya İsveç ve Rusya'dan getirilen 11 hat arasında istenen ilerlemeyi sağlayacak uygun varyabiliteye rastlanmamıştır (Papathanasiou ve ark., 1966). Purdue Üniversitesi Tarımsal

Araştırma İstasyonu'nda (Maryland/ABD) bu nedenle ıslah araştırmaları başlatılmıştır (Mastebroek ve ark., 1994) ve bu çalışmanın sonucunda Prophet, Indy ve Meyer adlı üç çeşit tescil ettirilmiştir (Lessmann, 1975). Prophet ve Indy çeşitleri İsveç ve Etyopya'dan getirilen iki genotipten toplu seleksiyon sonucunda, Meyer çeşidi ise bu iki genotip arasında yapılan melezlemeden sonra yürütülen seleksiyon çalışmaları sonucunda geliştirilmiştir (Lessmann, 1975). Indy çeşidine yabancı populasyonlardan gen aktarılması dahil yürütülen ıslah çalışmaları sonucunda C-22, C-29, C-37, BelAnn ve BelEnzian adlı çeşitler USDA-ARS (Belstville, Maryland/ABD) tarafından tescil ettirilmiştir (Campbell ve ark., 1986 a,b). Mastebroek ve ark. (1994), tescil edilen Amerikan çeşitlerini eski Avrupa çeşitleri ile karşılaştırdıklarında tane verimi bakımından yapılan ıslahın etkili olduğunu ve verimde % 15 artış elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Crambe ile ilk dönemlerde yapılan bu çalışmalar, endüstriyel amaçla kullanılabilir sürdürülebilir hammadde üretimi ile ilgili çalışmalar gündeme geldikten sonra tekrar ele alınarak sürdürülmüştür.

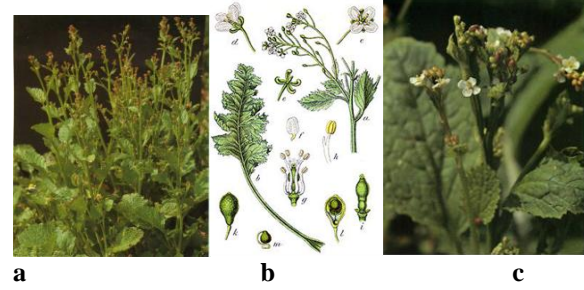
Crambe'nin önemi, tanelerindeki yağ oranının ve *Cruciferae* familyasına dahil diğer yağ bitkilerine oranla erusik asit oranının yüksek olması, 80-90 günlük bir vejetasyon süresine ihtiyaç göstermesi, marjinal şartlarda verimli olması, yenilenebilir hammadde üretimi için elverişli bir kaynak olması ve hızlı büyümesi nedeniyle yeşil gübre olarak kullanılabilmesinden kaynaklanmaktadır (Glaser, 1996).

2. BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ

Crambe tek yıllık, tabandan itibaren az veya çok dallanan, alt kısımda tüylü üst kısımda tüysüz, derinlere inebilen kazık kök sistemine sahip ve 50-150 cm kadar boylanabilen bir bitkidir. Alt kısımdaki yapraklar yuvarlağa yakın oval ila kalp şeklinde olabilmektedir, sapları daha uzun ve kenarları düzgün değildir (Schuster, 1992). Üst kısımdaki yapraklar küçüktür, mızrak şeklini andırmaktadır (Şekil 1a,b). Çiçek topluluğu seyrek salkım şeklindedir (Şekil 1b,c). Çiçek tomurcukları küçük, taç yaprakları beyazdır. Çiçeği tipik bir *Cruciferae* çiçek yapısında olup, bitkinin arılar tarafından ziyaret edilmesini sağlayan, tabanlarında bol miktarda nektar salgılayan nektar bezlerine sahip 4 tane uzun ve 2 tane kısa antere sahiptir. Bu nedenle yabancı dölleme hakimdir, iklim koşullarının uygun olmadığı durumlarda ve kendileme yapıldığında kendine dölleme de gerçekleşebilmektedir.

Meyve iki parçalıdır, üst kısımda küre şeklinde bir kapsül, alt kısımda daha küçük silindirik yapı mevcuttur ki bununla nispeten uzun olan çiçek sapına bağlanmaktadır, fakat meyvenin sadece üst parçası döllemektedir. Bununla beraber, kapsüllerin başlangıçta iki embriyoya sahip olduğu görülmektedir, fakat sadece bir tanesi gelişerek bir olgun tohum meydana getirmektedir (Zimmermann ve Regaller,

1961). Meyve çapı 1.0-4.5 mm dir. Grimsi yeşil ve sarımsı renkte olan tohumları yuvarlaktır ve 1.8-2.5 mm çapındadır. 1000 tane ağırlığı 4 ila 11 gr arasında farklılık göstermektedir. Kabuk oranı meyve ağırlığının % 30' u kadardır (Schuster, 1992). Olgun meyvelerin görünümü Şekil 2a' da, meyve ve tohumun görünümü ise Şekil 2b' de gösterilmektedir.



Şekil 1. a) Crambe bitkisinin genel görünümü, b) Crambe bitkisi ve kısımları (Anonim, 2011), c) çiçek salkımının genel görünüşü (Schuster, 1992).

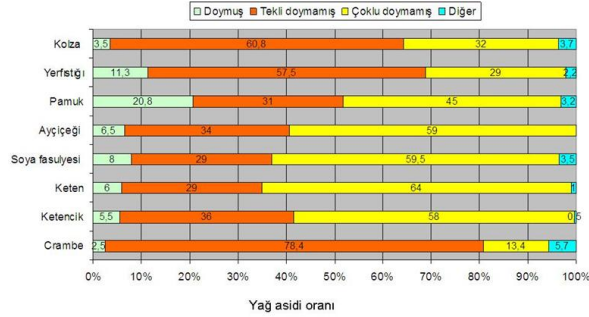


Şekil 2. a) Crambe tohumlarının küme şeklindeki görünümü, b) meyve kabuğu ve tohumun genel görünüşü (Schuster, 1992).

3. YAĞ ASİTİ KOMPOZİSYONU

Crambe'nin tohumları (kapsül dahil) doğal olarak % 37 yağ içermektedir, bunun da % 57 kadarını erusik asit oluşturmaktadır. İnsanlarda sağlık problemleri oluşturduğu isnat edilen bu yağ asidinin varlığından dolayı (Parke ve Parke, 1999; West ve ark., 2002), Crambe yağı yemeklik yağ olarak kullanıma uygun değildir. Uzun zincirli bir yağ asidi olan erusik asit (C 22:1) yüksek değeri olan bir endüstri ham maddesidir, plastik ve makine yağlarının elde edilmesinde kullanılmaktadır (Leonard, 1993). Crambe günümüzde esasen bu endüstri ham maddesini üretmek için kullanılmakta olup, bitki endüstriyel amaçla kullanılan yağ bitkilerine mükemmel bir örnek olarak gösterilebilir (Fontana ve ark., 1998; Capelle ve Tittone, 1999; Wang ve ark., 2000). Crambe yağında yağ asitlerinin % 90'ından fazlasını doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin ise en önemli kısmını (% 78.4) çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle yüksek oranda (% 56) bulunan erusik

asit (C22:1 n-9) oluşturmaktadır. Ayrıca doymamış yağ asitlerinden, % 17.2 oleik asit (C18:1 n-9), % 8.2 linoleik asit (C18:2 n-6), % 5.4 linolenik (C18:3 n-3), % 3.4 eicosanoic asidi (C20:1 n-9) Crambe tohumlarında bulunmaktadır. Doymuş yağ asitlerinin oranı ise % 4.0 civarındadır. Doymuş yağ asitlerinden ise stearik asit (C18:0) % 0.7 ve palmitik asit (C16:0) % 1.8 oranlarında bulunmaktadır (Schuster, 1992). Crambe yağının yağ asitleri kompozisyonu diğer yağ bitkileri ile kıyaslamalı olarak Şekil 3'te verilmiştir. Crambe yağının kolza, yerfıstığı, pamuk, ayçiçeği, soya fasulyesi, keten ve ketencikten çoklu doymamış yağ asidi konsantrasyonu daha düşük, tekli doymamış yağ asidi konsantrasyonu ise daha yüksektir. Crambe yağının doymuş ve doymamış yağ asitleri konsantrasyonu kolza yağına benzer fakat erusik asit miktarı Crambe yağında fazla miktarda bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Crambe tohumlarında bulunan doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri oranı (Leonard, 1993; Robbelen ve ark., 1989; Brown ve ark., 1999, Schuster, 1992)

4. GENETİĞİ

Tek yıllık yağ bitkisi olan Crambe (*C. abyssinica* Hochst. Ex. T.E. Fries) Crambe; *Brassicaceae* cinsine dahil allohexaploid ($2n=6x=90$) bir bitkidir. Bu cins, erusik asit bakımından zengin yağı için tarımı yapılan tek tür olan *C. abyssinica*'nın da dahil olduğu (Lessman ve Meier, 1972; Mulder ve Mastebroek, 1996) ortalama olarak 38 Eski Dünya türünü kapsamaktadır (Bramwell, 1969; Santos-Guerra, 1983, 1996). Francisco-Ortega ve ark., (1999)'nın bildirdiğine göre Crambe dört büyük coğrafik bölge arasında ortak bir dağılıma sahiptir: Makronezya (12 tür), Akdeniz (4 tür), Doğu Afrika (3 tür) ve Eurosibirya-Güneybatı Asya (20 tür). Bundan başka Crambe cinsi 6 seksiyona ayrılmaktadır: Leptocrambe, Crambe, Orientcrambe, Dendrocrambe, Flavocrambe ve Strocrambe. Bunlardan ilk üçü seleksiyon türlerin çoğunluğunu içermektedir. Nükleer ribosomal repeatlerin internal transcribed spacers (ITS) e dayanan bir filogenetik analiz, *C. abyssinica*'yı; *C. hispanica*, *C. filiformis*, *C. glabrata*, *C. kralikii* ve *C. kilimandscharica*'nın dahil olduğu Leptocrambe seksiyonuna yerleştirmiştir. Crambe türlerinin sınıflandırılması ile ilgili detaylı bilgi Francisco-Ortega ve ark. (1999)'nu tarafından yayınlanmıştır. *C.*

kilimandscharica ile birlikte *C. abyssinica* Doğu Afrika'da endemiktir (Francisco-Ortega ve ark., 1999), *C. glabrata*, *C. filiformis* ve *C. kralikii* Batı Akdeniz platosunda bulunmaktadır (Prina, 2000), *C. hispanica* ise Akdeniz Bölgesi ve Orta Doğu'da dağılım göstermektedir (Warwick ve Gugel, 2003). *C. abyssinica* (n=45), *C. hispanica* (n=30) ve *C. glabrata* (n=15) morfolojik olarak birbirlerine benzer olup kromozom sayıları bakımından birbirlerinden ayırt edilmektedir. Morfolojik veriler dikkate alındığında *C. abyssinica* ve *C. hispanica*'nın konspesifik olduğuna karar verilmiştir (Jonsell, 1976) ve *C. hispanica* altında alttür veya ekotip olarak sınıflandırılabilir (Prina, 2000). Morfolojik ve moleküler verilere dayanılarak yapılan bir analiz *C. abyssinica*'nın taksonomik olarak *C. hispanica* altında bir alt bölüm ve *C. glabrata* ile birlikte ayrı bir tür olarak sınıflandırılması gerektiğini ortaya koymuştur (Warwick ve Gugel, 2003). Bu veriler daha önce *C. hispanica*'nın *C. abyssinica* ile başarılı olarak hibrit oluşturabilmesi, fakat *C. glabrata* ile oluşturamaması ile ilgili yapılan yayınlar ile uyum içerisindedir (Mulder ve Mastebroek, 1996; Meier ve Lessman, 1973a). *C. abyssinica* da önemli tarımsal özellikler bakımından genetik varyasyonun yetersiz olduğu rapor edilmiştir (Papathanasiou ve ark., 1966; Appelqvist ve Jönsson, 1970; Meier ve Lessman, 1972; Mastebroek ve ark., 1994). Buna karşılık, *C. hispanica* tarımsal ve tane kalitesi özellikleri bakımından daha fazla varyasyon içermektedir (Warwick ve Gugel, 2003).

5. ISLAHI

Daha önce de bahsedildiği gibi, *C. abyssinica* da tarımsal açıdan önemli özellikler bakımından fazla genetik varyasyon mevcut değildir. Benzer şekilde, Meier ve Lessman (1973b)'nin Crambe bitkisinde agronomik özellikler bakımından genetik varyasyonun sınırlı olduğunu rapor etmişlerdir. Crambe üzerinde ıslah çalışmalarını başlatmak amacıyla genelde introduksiyon yoluyla bir araya getirilen materyalde birçok özellik bakımından istatistiksel olarak bir fark bulunamamasının nedenleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

İntroduksiyon yoluyla getirilen materyal aynı populasyon kaynaklı olabilir. Bu durumda ortalama performanslarının benzer olması beklenmelidir. *Crambe* cinsi araştırma amacıyla seçilen özel karakterler bakımından az veya çok az genetik varyasyon ihtiva edebilir. Fakat diğer birçok bitki türünde doğal varyasyonun çok geniş olması göz önünde bulundurulduğunda, bu ihtimal çok düşük görünmektedir. Yapılan çalışmalarda deneme hatası incelenen özellikler bakımından farklılığı tespit etmeyi örtecek kadar büyük olmaktadır. Bununla beraber Crambe ıslahında yapılan çalışmaları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

Crambe ıslahı 1990 yılında Hollanda'daki Plant Research International (PRI) de yoğunlaşmıştır. Bu

çalışmalarda ıslah amaçları olarak; tane ve yağ veriminin, yağdaki erusik asit miktarının ve hastalıklara dayanıklılığın artırılması, tanedeki glikosinolat içeriğinin düşürülmesi ele alınmıştır (Mastebroek ve ark., 1994; Mastebroek ve Lange, 1997). ıslah materyali olarak bir tane geç çiçeklenen eski Avrupa köy ırkı ve iki tane erken çiçeklenen daha yeni Amerikan hatları kullanılmıştır. Bu üç Crambe hattı birbirleriyle melezlenmiştir ve F3 generasyonuna kadar tarımsal özellikler yönünden seleksiyon uygulanmıştır (Mastebroek ve Lange, 1997). Beş yıl kadar sonra adı Galactica olan ilk yeni Crambe çeşidi tescil ettirilmiştir. Bu çeşit American BellAnn, Prophet, Meyer ve Indy gibi daha eski çeşitlere göre önemli derecede daha fazla tane verimine sahiptir. Yağ oranı % 35.8 olup, yağ oranı % 33.3 olan standart çeşitlerden daha yüksektir ve hektardan yaklaşık 900 kg yağ elde edilmektedir. Erusik asit (C22:1) içeriği ise % 58.1'den % 59.0 a yükseltilmiştir. Birim alandan elde edilecek yağ veriminin artırılması ekimin ancak kışlık ya da erken ilkbahar döneminde yapılması halinde mümkün olacaktır. Galactica çeşidi yanında, 1990' lı yıllarda yürütülen ıslah çalışmaları sonucunda Nebula çeşidi de (PRI seleksiyonu 9110-20) tescil ettirilmiştir. Galactica çeşidinin aksine bu çeşit tüylü bir görünüme sahiptir, oldukça erken çiçeklenmektedir ve yağında düşük oranlarda nervonik yağ asidini (C24:1) içermektedir. Bu aşırı erkencilik Nebula çeşidini kısa yetiştirme mevsimine sahip bölgeler için uygun kılmaktadır. Bundan başka, Nebula gibi erken çiçeklenen ve tüylü Crambe hatları sıcak ve kurak alanlarda iyi performans göstermişlerdir. Batı Avrupa gibi ılıman iklimlerde tüylülük ve erkencilik verimi düşürmüştür. Hollanda ıslahçı haklarına tabi olan diğer çeşitler erkenci ve tüysüz olan Charlotte ile tüylü ve erkenci olan Carmen çeşitleridir. Galactica ve Carmen çeşitlerinin geliştirildiği ıslah materyali arasından kuru iklimler için ümit var olan hatlar tespit edilmiştir.

Genel olarak Crambe ıslahı çalışmalarında ele alınan ıslah kriterleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Knights, 2002):

1. Tane veriminin artırılması
2. Tanedeki yağ oranının kolza tanesindeki yağ oranına yakın olacak şekilde yükseltilmesi
3. Glikosinolat seviyesinin kabul edilecek düzeye düşürülmesi veya tamamen sıfırlanması
4. Yağdaki erusik asit seviyesinin artırılarak azami düzeye çıkartılması
5. Alternaria, Sclerotinia gibi hastalıklar ve önemli zararlılara karşı dayanıklı veya tolerant genotiplerin geliştirilmesi
6. Yatmaya dayanıklılığın artırılması
7. Harnupların çatlamaması
8. Dormansi periyodunun kısaltılması

Bu ıslah amaçları mevcut Crambe genotiplerinin doğrudan karakterizasyonu ve bu genotipler arasında yapılan melezleme ve seleksiyon neticesinde geliştirilen ıslah popülasyonları arasında seleksiyon

yapmak suretiyle gerçekleştirilebilmektedir.

6.TARIMI

Crambe bitkisi yazlık olarak ekilmektedir. Kuraklık periyotlarına nispeten dayanıklı olup, toprak istekleri fazla değildir. Fakat en iyi, orta killi topraklarda yetişmektedir (Schuster, 1992). Kumlu topraklarda da yetiştirilebildiği tespit edilmiştir (Klaus, 1996). Besin maddeleri bakımından fakir topraklarda ve gölge ya da yarı gölge şartlarda büyüebilme yeteneğine sahip olup, -20°C'ye kadar dayanmaktadır. İklim istekleri bakımından daha çok ılıman iklimi tercih etmektedir. Crambe yetiştirme süresi boyunca toprak nemine ve toprak çeşidine bağlı olarak 800-1500mm su tüketmektedir.

Crambe dünyanın farklı bölgelerinde Şubat ayı başından Haziran ayı ortalarına kadar ekilebilmektedir, fakat ekim zamanı geciktikçe verimde doğal olarak azalmalar meydana gelmektedir. Crambe tohumlarının çok küçük olması nedeniyle toprak işleme Crambe için önemli bir kültürel işlemdir. Özellikle yağışın çok az düştüğü bölgelerde toprak neminden bitkinin en iyi şekilde yararlanabilmesi açısından toprak işleme büyük önem arz etmektedir.

Crambe çok dallanan bir bitki olmasından dolayı farklı bitki sıklıklarında optimum verimi sağlayabilir, fakat bu olgunlaşma süresini uzatması nedeniyle mekanik hasatta bir dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Tohumluk miktarı hektara 10-40 kg arasında değişmektedir, fakat kapsülsüz tohumlar için hektara 20-25 kg tavsiye edilmektedir.

Sıra arası ile ilgili yapılan denemeler birinci derecede dallanmanın nispeten sabit olduğunu göstermiştir, aynı zamanda sıra arası mesafe azaltıldığında ikinci derecede dallanma azalmıştır (Lessmann ve Meier, 1972).

Mekanize edilmiş ticari üretimde 20-30 cm'lik sıra arası mesafe tavsiye edilmektedir. Bu şartlarda en yüksek verim elde edilmekte, çiçeklenme ve olgunlaşma periyodu kısalmaktadır. 15 cm sıra aralığında yapılan ekimler uygun toprak neminin bulunduğu ve herhangi bir tohumun bulunmadığı veya yabancı otların ekimde çıkış öncesi herbisit uygulaması ile kontrol edildiği tohum yatağına ekim yapıldığından başarılı olabilmektedir. 40-60 cm'lik sıra arası mesafesi gerekli olduğu ve herbisitlerin kullanılmadığı durumlarda elle ve mekanik olarak yabancı ot kontrolüne müsaade etmektedir.

Azot tohum veriminin artırması ve tohum yatağındaki tohumun iyi bir çıkış sağlayabilmesi için en önemli besin elementi olarak görülmektedir. Yeterli fosfat bulunduğu, genelde 20-30kg/ha azot yararlı olacaktır. Genellikle azot seviyesinin yüksek olması iklim ve toprak yapısına bağlı olarak, Crambe'nin çiçek yapısını etkileyerek, tohum veriminin düşürmesine ve bazı zamanlarda ise tohumun yağ içeriğinin azalmasına neden olmaktadır.

Crambe yapraklarının çoğunluğu olgunlaştığında,

üst gövde sarardığında ve kapsüllerin % 75' i sarı renk aldığı dönemde Crambe hasat edilir. Crambe genellikle ekimden 90-100 gün sonra hasat olgunluğuna ulaşır. Kolza hasadında kullanılan ekipmanlar Crambe hasadında da başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Crambe tohumunun nem oranı % 25-35 olduğunda hasat edilebilir, tohumdaki nem oranı % 12-15'in altına düştüğü durumlarda ise kabuk zarar görebilir ve bu durum tohumun yağ içeriğini etkileyebilir. Hasat öncesi yağın yağmur mantar hastalıklarının artmasına sebebiyet verebilmektedir. Tohumlarda fungal etmenlerin varlığını azaltmak ve yüksek yağ oranı nedeniyle depolama sırasında kızılmayı ve yağın oksidasyon yoluyla bozulmasını önlemek için nem oranı yüksek olan tohumların hasat sonrasında kurutulmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Avrupa ve Rusya da Crambe bitkisinden dekardan alınan verim 150-200kg arasıdırken Amerika da bu oran daha azdır.

7. KULLANIM ALANLARI

Endüstriyel alanda ümit veren bitkiler arasında bulunan Crambe, tohumlarından elde edilen yağ, erusik, oleik, linoleik (omega-6) ve linolenik (omega-3) yağ asitlerini ihtiva eden bir kaynaktır (Leonard, 1993; Lazzeri ve ark., 1997). *Crambe abyssinica* yağı yüksek oranda erusik asit ihtiva etmesi nedeniyle endüstride potansiyel yağ asidi hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Erusik asit genelde gıdaların ambalajlanmasında, plastik torbalarda, stretch vs. gibi poliolefin filmlerde etkili, fakat yapıştırıcı olmayan bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda naylon 1313'e veya hidrojenasyon ile behenik aside dönüştürülebilir ki behenik asit lastik, farmasötikal, ısı transfer sıvısı, parfüm, ilaç üretimi, pestisit üretimi, kozmetik, doku yumuşatıcı, saç şekillendirici ve boyaların üretiminde farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Carlson ve Van Dyne, 1992). Yüksek oranda erusik asit içeren yağlar kayganlaştırıcı, plastik ve köpük engelleyici üretiminde kullanılmaktadır (Princen, 1983). Crambe yağı çok etkili bir yağlayıcıdır ve madeni yağlara göre daha kolay parçalanabilmektedir. Bu nedenle tek başına veya additif olarak tekstil, lastik, çelik ve gemi sanayinde kullanılabilir. Crambe yağındaki % 1.89 oranındaki sabunlaşmayan madde sitosterol, campesterol ve heksacosanol ve docosanol adlı uzun zincirli alifatik alkollerden oluşmaktadır (Lazzeri ve ark., 1997). Steroller kan kolesterolünün azaltılmasında margarin additifi olarak, alkaloidler ise jojoba ve balina sperm yağına benzer sıvı balmumu üretmek için uzun zincirli yağ asitlerinin esterleşmesinde kullanılabilir. Ayrıca Crambe yağı mineral yağlardan çok daha fazla geri dönüşümlüdür ve yağ çözücü olarak çok etkilidir. Erusik asit, 22 karbonlu uzun hidrokarbon zincirlerine ve çift bağa sahiptir. Erusik asitin bu özelliği erusik asitçe zengin yağlara yüksek kaynama ve buharlaşma noktası (299°C) özelliği vermektedir. Yüksek

sıcaklıklara dayanmak ve düşük sıcaklıklarda sıvı kalma yeteneği yağı iyi bir kayganlaştırıcı ve transfer yağı yapmaktadır (Grombacher ve ark., 1993). Bütün bu özelliklerin yanında Crambe yağının biyolojik ayrışma niteliğinin bulunması çevre açısından oldukça önem arz etmektedir (Çömlekçiöğlü, 2005).

Hayvan beslemede kullanılabilen Crambe unu, Crambe bitkisinden yağ ekstre edildikten sonra kalan kısımdır. Crambe ununun ihtiva ettiği bileşenlere göre potansiyel kullanım alanları; İşlenmiş un hayvan yiyeceği; 1-cyano-2-hidroxy-3-butene toprak patojenleri ve yabancı otları engellemede; 2-(S)-1-cyano-2-hidroxy-3-butene ve fenilettil cyanid; meyve sineğine karşı insektisit olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2005).

Kabukları koyunun rumen sıvısı tarafından çok az sindirilebilmektedir (% 45), fakat kabuğu alınmış tohumlardan yağ alındıktan sonra kalan undaki organik madde ise % 85 oranında sindirilebilmektedir (Steg ve ark., 1994). Crambe unundaki organik madde, ham protein ve nötr ağartıcı lif soya ununa göre süt ineği rumeninde daha hızlı sindirilebilmektedir, fakat pul pul olmuş tohumun yağ ekstraksiyonundan önce ısıtılması unun sindirilebilirliğini büyük oranda azaltmaktadır (Liu ve ark., 1995). Ayrıca 1991 yılında Duncan ve Milne'nin yaptıkları çalışmada, glikosinatlardan organizmanın büyük bir çoğunluğu için toksik etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Zehir etkisi oluşturmasına rağmen, glikosinolat ve türevlerini içeren dokular insanlardaki kanser hastalıkları ile mücadelede önemli bir potansiyele sahiptirler (Anonim, 2005).

Crambe tohumları % 3-4 oranında veya 90 mol/g glikosinolat içermektedir; bunun büyük çoğunluğu epiprogoitrindir. Bu glikosinolat oranı yüksek oranda glikosinolat içeren kolza formlarının iki katı kadardır (Carlson ve ark., 1985). Düşük glikosinolat karakteri Crambede henüz ortaya çıkarılmamıştır, fakat Lazzeri (1994) glikosinolatların undan nasıl ayrılacağını tarif etmiş ve bir çok işlemlerden sonra artakalan unun faydalı bir amino asit kompozisyonuna sahip olduğunu bildirmiştir. Crambe tane proteini sülfür içeren cistin ve metionin ve tahıl proteinlerinde bulunmayan lisin ve treonin gibi amino asitlerce zengindir. Kabukları alınmış tohumlar % 50 oranında ham protein ihtiva etmektedir (Steg ve ark., 1994).

Crambe yağı ve türevlerinin pestisit, herbisit ve fungusitlerde katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini, tutulum ve bitkiye nüfuz etme performansını diğer ürünler kadar etkili olduğu gibi Crambe'nin selülozca zengin olan tohum kabuğunun kâğıt ve kâğıt hamuru üretiminde kullanılabilirliği belirlenmiştir (Tittonel, 1995). Crambe bütün bu kullanım alanları dışında, fosil yakıtların üretiminde de alternatif bir bitki olarak görülmektedir (Li ve ark., 2010).

8. SONUÇ

Dünyada özellikle gelişmiş ülkelerde endüstriyel ilerlemenin getirdiği ihtiyaçların artması ve çeşitlilik

kazanması yüksek erusik asit içeren Crambe bitkisinin tercih edilen alternatif ürünlerden birisi olmasını sağlamıştır. Hayvansal üretimde, Crambe unu iyi bir protein kaynağı olduğu için yem rasyonlarında kullanılması özellikle süt sığırcılığında önem teşkil etmektedir. Crambe, adaptasyon bakımından üstün performanslı ve bitki besin elementi isteği bakımından kanaatkar bir bitkidir. Ayrıca, yabancı ot rekabetinin iyi olması nedeniyle kimyasal ilaç kullanımına gereksinim duyulmaması Crambe'nin çevre dostu yetiştirme sistemlerine uygun karakterde bitkiler arasında yer almasına olanak sağlamaktadır.

Crambe bitkisinin sap kısımlarını kâğıt hamuru üretiminde kullanmak alternatif bir yol olarak görülmektedir. Bir tarım ülkesi olan ülkemiz tarımsal atıklar yönünden de önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye'de odun hammaddesi miktarının yıllık 20 milyon m² olduğu ve bunun önemli bir kısmının yakacak olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca kâğıt sektörünün hammadde bakımından odun işleyen diğer endüstri dallarının (kereste, yonga levha, lif levha, mobilya, kaplama v.b.) sıkı rekabeti ile karşı karşıya olduğu da dikkate alındığında, oduna alternatif hammadde kaynaklarının kâğıt sektöründe kullanımının artık ülkemiz içinde zorunlu hale geldiği görülmektedir (Çömlekçioğlu, 2005).

Crambe, enerji kaynakları arasında yer alan biyoyakıtların özellikle biyodizelin üretimi için alternatif bir bitkidir. Yağ bitkileri, endüstriyel amaçla yakıt rezervlerindeki sorun ve iklim değişiminden (küresel ısınma) dolayı son yıllarda gittikçe dikkat çekmektedir. Küresel ısınma tehdidini azaltmak ve yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği gidermek için dünyada önemli potansiyele sahip bir bitkidir.

Dünyada petrol endüstrisine bağlı olarak tarımsal ve çevresel kirliliğin artmasıyla, bilinen fakat tarımı yeterince yapılmayan eski kültür bitkilerinin yeni kullanım alanlarının araştırılmasına veya yeni bitki arayışlarına yol açmıştır. Crambe'nin çok farklı kullanım alanlarının olması (yakıt, kayganlaştırıcı, bioplastik, kâğıt, kozmetik, vs.) bitkinin son yıllarda dünyada dikkat çekmesine ve endüstriyel yağ pazarında talebinin giderek artmasına neden olmuştur.

9. KAYNAKLAR

Anonim, 2011. [http://www.terestock.com.br/default.asp?i=br&p=resultados&q=Crambe abyssinica&n=6](http://www.terestock.com.br/default.asp?i=br&p=resultados&q=Crambe%20abyssinica&n=6)
 Anonim, 2005. http://www.springdalegroup.com/specialty_crops/crambe.ht
 Appelqvist L.A., Jönsson R. 1970. Lipids in Cruciferae. VII. Variability in erucic acid content in some high-erucic acid species and efforts to increase the content by plant breeding. Zeitschrift Fur Pflanzenzucht, 64:340-356.
 Bengtsson, A., Olsson, G. 1981. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.). Results from swedish cultivation experiments 1976-1979. Swedish University Of Agricultural Sciences, Dept. Of Plant Husbandry, Uppsala, Report 90, 31 pp.
 Bramwell, D., 1969. The genus crambe (*Cruciferae*) in the Canary Islands flora. Cuadernos de Botánica Canaria, 6, 5-12.

Campbell, T.A., Crock, J., Williams, J.H., Hang, A., N., Sigafus, R.E., Schneiter, A.A., McLain, E.F., Graves, C.R., Woolley, D.G., Kleiman, R., Adamson, W.C. 1986a. Registration of belann and belenzian Crambe. Crop Science, 26:1082-1083.
 Campbell, T.A., Crock, J., Williams, J.H., Hang, A.N., Sigafus, R.E., Schneiter, A.A., McLain, E.F., Graves CR., Woolley, D.G., Kleiman, R., Adamson, W.C. 1986b. Registration of C-22, C-29, C-37 crambe germplasm. Crop Science, 26:1088-1089.
 Capelle, A., Tittone, E.D. 1999. Crambe, a potential non food oil crop. I Production. Agro Food Industry Hi-Tech, 10(1):22-27.
 Carlson, K. D., Van Dyne, D. L. 1992. Industrial uses for high erucic acid oils from crambe and rapeseed. Columbia, Mo.: University of Missouri-Columbia.
 Carlson, K. D., Baker, E.C., Mustakas, G.C. 1985. Processing of *Crambe abyssinica* seed in commercial extraction facilities. Journal Of American Oil Chemists Society 62, 897-905.
 Carlsson, A.S., Clayton, D., Salentijn, E., Toonen, M. 2007. Oil crop platforms for industrial uses. Outputs From The Epobio Project.
 Çömlekçioğlu, N., 2005. Ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren *Crambe sp*'nin kimyasal içeriğinin ve endüstriyel kullanım alanlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniv., Fen Bil. Enst., Biyoloji Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş, 47s.
 Duncan, A. J., Milne, J.A. 1991. Rumen microbial degradation of allyl cyanide as a possible explanation for the tolerance of sheep to brassicacea- derived Glucosinolates. J. Sci. Food. Agric. 58, 15.
 Eskin, N.A.M., McDonald, B.E., Przybylski, R., Malcolmson, L.J., Scarth, R., Mag, T., Ward, K., Adolph, D. 1996. Canola Oil. In: Edible Oil And Fat Products: Oil And Oil Seeds. (Ed. by Y.H. Hui), pp. 1-96. John Wiley & Sons Inc., New York.
 Fontana, F., Lazzeri L., Malaguti L., Galletti S. 1998. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. European J. of Agronomy, 9(2-3):117-126.
 Francisco- Ortega, J., Fuertes-Aguilar, J., Kim, S.C., Guerra, A., Crawford, D.J., Jasen, R.K. 1999. Phylogeny of the macronesian endemic crambe section dendrocrambe based on internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA. USA, 7812.
 Glaser, L.K. 1996. Crambe: An economic assessment of the feasibility of providing multiple-peril crop insurance. Prepared by the economic research service for the risk management agency, Federal Crop Insurance Corporation, (202) 219-0091
 Grashchikov, A.E. 1959. Experimental investigations of *Crambe abyssinica*. Hochst. Botanical J. USSR, 44:536-543.
 Grombacher, A., Nelson, L., Baltensperger, D. 1993. Crambe production. Field crops: Miscellaneous crops, institute of agriculture and natural resources, Nebraska, USA.
 Hannich, K., Zeman, I., Pokorny, I. 1970. The effect of growing conditions of *Crambe abyssinica* in Czechoslovakia on the composition of the oil. Proceedings of the international symposium for the chemistry and technology of rapeseed oil and other cruciferae oils. Gdansk 1967, 77-81p.
 Jablonski, M. 1962. Beitrage zur Keimungsphysiologie und zur Beurteilung des Gebrauchswertes von Fruchten der

- Krambe (*Crambe abyssinica* Hochst.). Albrecht-Thaer. Archive, 6(9):649-665.
- Jonsell, B. 1976. Some tropical African cruciferae numbers and taxonomic comments. Bot. Notiser 129: 123–130.
- Klaus, M., 1996. Untersuchungen Zur N-Düngung Bei Krambe (*Crambe abyssinica* hochst. EX R.E. fries) Archives of Agronomy and Soil Sci. 197–204p DOI: 10.1080/03650349609365947
- Knights, S.E. 2002. Crambe: A North Dakota case study, a report for the rural industries research and development corporation, RIRDC Publication No W02/005,RIRDC, Project No TA001-55.Zellulose in Hölzern und Zellstoffen, Technologie und Chemie der Papieru. Zellstoff-Fabrikation, 26: 125-139.
- Lazzeri, L., De Mattei, F., Bucelli, F., Palmieri, S. 1997. Crambe oil - A potential new hydraulic oil and quenchant. Industrial Lubrication and Tribology, 49(2):71-77.
- Leonard, E.C. 1993. High-erucic vegetable oils. Industrial Crops And Products, 1:119-123.
- Lessman, K. 1975. Variation in crambe, *Crambe abyssinica* Hochst. J. of the Amer. Oil Chemists' Society, 52:386-389.
- Lessman, K. J., Meier, V. D. 1972. Agronomic evaluation of crambe as a source of oil. Crop Sci. 12: 224–227.
- Li, X., Yang, Y., Xu, K. 2010. Ectopic expression of *Crambe abyssinica* lysophosphatidic acid acyltransferase in transgenic rapeseed increases its oil content. African J. of Biotechnology, 9(25): 3904-3910
- Liu, Y., Smits, B., Steg, A., Jongbloed, R., Jensen, S.K., Eggum, B.O. 1995. Crambe meal: Digestibility in pigs and rats in comparison with rapeseed meal. Animal Feed Sci. and Tech., 52: 257- 270.
- Mastebroek H.D., Lange W. 1997. Progress in a crambe cross breeding programme. Industrial Crops and Products, 6(3-4):221-227.
- Mastebroek, H.D., Wallenburg S.C., Van Soest L.J.M. 1994. Variation for agronomic characteristics in crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries). Ind. Crops Prod. 2: 129–136.
- Meier, V.D., Lessman K.J. 1973a. Breeding behaviour for crosses of *Crambe abyssinica* and a plant introduction designated *C. hispanica*. Crop Sci., 13:49-51.
- Meier, V.D., Lessman K.J. 1973b. Heritabilities of some agronomic characters for the interspecific cross of *Crambe abyssinica* and *C. hispanica*. Crop Sci. 13: 237–240.
- Mulder, J. H., Mastebroek, H. D. 1996. Variation for agronomic characteristics in *Crambe hispanica*, a wild relative of *Crambe abyssinica*. Euphytica 89: 267–278.
- Papathanasiou, G.A., Lessman K.J., Nyquist, W.E., 1966. Evaluation of eleven introductions of crambe, *Crambe abyssinica* Hochst. Agronomy J., 58:587-589.
- Parke, D.V., Parke, A.L. 1999. Rape seed oil. An autoxidative food lipid. J. of Clinical Bioch. and Nutrition, 26:51-61.
- Post, G.E. 1932. Flora of Syria, Palestine, and Sinai. Ed.2, revised by J.E. Dinsmore. Vol. 1. Cruciferae, Brassicaceae. American Press, Beirut. pp. 108-131.
- Prüna, A. 2000. A taxonomic revision of crambe, sect. Leptocrambe (Brassicaceae). Botanical J. of the Linnean Soc. DOI: 10.1111/j.1095-8339.2000.tb01593
- Princen, L.H. 1983. New oilseed crops on the horizon. J. Econ. Bot. 37:478-491
- Santos-Guerra, A. 1983. “Vegetacio’n y Flora de La Palma,” Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife.
- Schulz O.E. 1936. Cruciferae. In: Engler A., Prantl K. and Harms H. (eds), Die Natürlichen Pflanzenfamilien. 2nd edn. Wilhelm Engelmann, Leipzig Band 17-b, 227–658.
- Schuster, W. H. 1992. Ölpflanzen in Europa. DLG-Verlags-GmbH, S. 240.
- Steg, A., Hindle, V.A., Yong-Gang, L. 1994. By-products of some novel oil seeds for feeding: Laboratory evaluation. Animal Feed Sci. and Tech., 50: 87-99
- Tittonel, E.D. 1995. *Crambe abyssinica* – general outline, AIR3-CT94-2480 *Crambe abyssinica* : A comprehensive programme- workshop, Part 4- Utilization.
- Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmondson J.R., Heywood V.H., Moore D.M. 1993. Flora Europea Ed. 2. Cruciferae. Cambridge University Press, Cambridge. 1 313–416.
- Wang, Y.P., Tang, J.S., Chu, C.Q., Tian, J. 2000. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. Industrial Crops And Products, 12:47-52.
- Warwick, S.J., Gugel, R.K. 2003. Genetic variation in the *Crambe abyssinica* – *C. hispanica* – *C. glabrata* complex. Genetic Res. and Crop Evolution. 50: 291-305.
- West, L., Balch, B., Meyer, K., Huth, P. 2002. Determination and health implication of the erucic acid content of broccoli florets, sprouts and seeds. J. of Food Sci., 67:2641-2643.
- White, G.A., Higgins, J.J. 1966. Culture of crambe: A new industrial oilseed crop. ARS USDA Production Res. Report, 95: 1-20.
- Zimmermann, H.G. 1962. Une nouvelle plante oléagineuse de printemps *Crambe abyssinica* Hochst. Oléagineux, 17(6):527-530.
- Zimmermann, H.G., Ragaller, F., 1961. Die neue Sommerfrucht *Crambe abyssinica* Hochst. and Ertragspotential Sowie Dessen Beeinflussung Durch Einige Ertragsfaktoren. Albrecht-Thaer-Archiv, 5(6):439-467.

ELMALARDA MERKEZİ LİDER TERBİYE SİSTEMİNDE DAL KATLARI VE MEYVE KALİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Ersin ATAY* Sinan BUTAR Seçkin GARGIN Ayşe Nilgün ATAY
Mesut ALTINDAL Bilal YALÇIN

Meyvecilik Araştırma İstasyonu– Eğirdir/ISPARTA
*atayersin@yahoo.com

Geliş Tarihi : 05.06.2012 Kabul Tarihi : 21.11.2012

ÖZET: Bu çalışma merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış elma ağaçlarında dal katları ve meyve kalitesi arasındaki ilişkileri tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Eğirdir-Isparta şartlarında yürütülen çalışmada, merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış MM 106 anacına aşılı Williams' Pride (Co-op no: 23) elma çeşidine ait ağaçlar kullanılmıştır. Çalışma süresince alt katta bulunan meyvelerde sertlik, lightness (L*) ve chroma (C*) değerleri, üst katlara nazaran daha yüksek olmuştur. Meyve eni, ağırlık, suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) ve meyve kabuk rengi değerlerinden hue açısı ile acı benek oranı alt kata nazaran, üst katlarda daha yüksek olmuştur. Üst katlarda %61.8 olan kırmızı renk indeksi, alt katta %53.2 olarak tespit edilmiştir. Meyve veriminin yaklaşık % 40'ının alındığı alt kattaki meyvelerin, üst katlardaki meyvelere göre irilik ve renk gibi önemli kalite kriterleri açısından daha düşük değerler aldığı saptanmıştır.
Anahtar sözcükler : Terbiye, elma, verim, kalite, mineraller

RELATIONSHIPS BETWEEN BRANCH-TIERS AND FRUIT QUALITY IN CENTRAL LEADER TRAINING SYSTEM FOR APPLES

ABSTRACT: This study was conducted to determine relationship between branch tiers and fruit quality in apple trees trained with central leader training system. The study was carried out under Eğirdir-Isparta conditions and Williams' Pride (Co-op no: 23) apple variety trees grafted onto MM 106 rootstock were used. Fruit firmness, lightness (L*) and chroma (C*) values of the fruits on the basal branch tier were higher than those of the fruits on the upper branch tiers. However, fruit diameter, weight, soluble solids content (SSC), fruit skin color hue angle values and bitter pit values of fruits were higher on the upper branch tiers than basal branch tier. Red color index value was 61.8% on the upper branch tiers while 53.2% on the basal tier. It was determined that basal tier produced almost 40% of total fruit yield, but it gave less quality fruits than the upper branch tiers.

Key words: Training, apple, yield, quality, minerals

1. GİRİŞ

Modern meyve yetiştiriciliğinde amaç bahçe tesisini takip eden ilk yıllarda yüksek verim almak, her yıl yüksek kalitede meyve elde etmek ve sürdürülebilir kârlı bir üretim gerçekleştirmektir (Forshey ve ark., 1992; Ferree ve Schupp, 2003). Terbiye sistemi verim, meyve kalitesi ve karlılık açısından oldukça önemlidir. Türkiye'de yarı bodur anaçlara (MM 106, MM 111 gibi) aşılı elma ağaçlarının kullanıldığı bahçelerde tercih edilen terbiye sistemi merkezi liderdir.

Merkezi lider terbiye sistemi Kuzey Amerika'da Heinicke (1975) ve Yeni Zelanda'da McKenzie (1972) tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde ağaçlar piramit şeklindedir ve gövde boyunca yan dallar katlar halindedir. Merkezi lider terbiye şekli verilmiş ağaçlar genelde 3-4 katlıdır ve ağaç yüksekliği 4-5 m civarında olup anaç olarak M 7, MM 106, MM 111 ve M 793 gibi orta kuvvetli anaçlar kullanılmaktadır. Bu sistemde terbiye edilmiş elma ağacında en geniş bölge birinci kat yani en alttaki kattır. Alt kat, yerden 60-90 cm yukarıda bulunur ve 4-5 ana daldan oluşur. İkinci kat, alt kattan 60-100 cm yukarıdadır ve genellikle 4 ana dala sahiptir. Üçüncü ve dördüncü katlar 60-80 cm aralıklarla kurulur ve genellikle 3 dala sahiptirler. Yıllar süren tecrübeler sonucunda, alt kata yeterli ışık girebilmesi için birinci (alt kat) ve ikinci kat arasında

en az 1 m aralık olması tavsiye edilmektedir (Robinson, 2003).

Bu çalışmada, merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış MM 106 anacına aşılı ve tam verim çağındaki Williams' Pride elma çeşidinde dal katları ile meyve kalitesi arasındaki ilişkileri tespit etmek amaçlanmıştır. Merkezi lider ağaçlarının veriminde en büyük paya sahip olduğu için, çalışmada özellikle alt kat yani birinci kat üzerinde yoğunlaşmıştır.

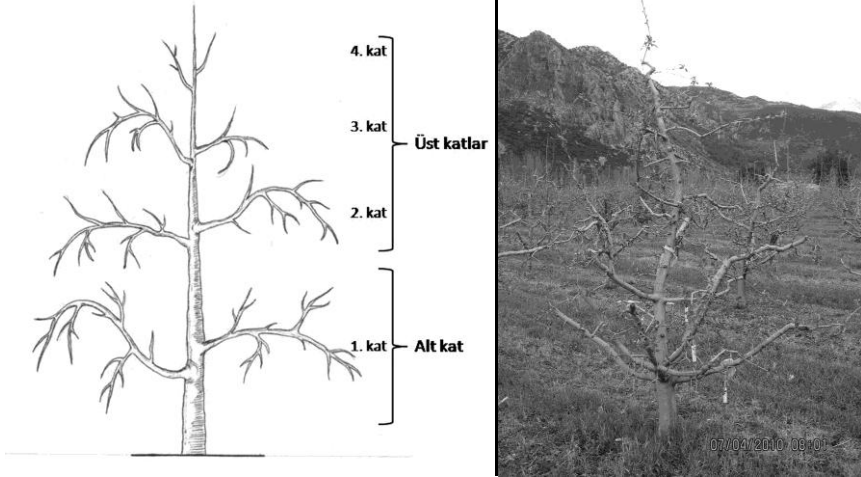
2. MATERYAL ve YÖNTEM

2. 1. Materyal

Bu çalışma Eğirdir Meyvecilik Araştırma İstasyonu'nda yürütülmüştür. Araştırma alanı 37° 49' kuzey enlemi, 30° 52' doğu boylamı noktasında olup deniz seviyesinden yüksekliği 920 m'dir. Bölgede yaz ayları sıcak ve az yağışlı, kış ayları soğuk ve yağışlı geçmektedir. İlkbahar ve sonbahar ayları ise ılıman ve yağışlı bir iklim karakterindedir. Araştırma alanı toprağı killi-tınlı bir bünyeye sahiptir. Denemenin bitkisel materyalini 4 x 3 m aralıklarla dikilmiş, MM 106 anacına aşılı ve merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış olan Williams' Pride elma çeşidinin 10 yaşındaki ağaçları oluşturmuştur. Ağaçların ilk deneme yılındaki özellikleri şu şekildedir: Ağaç boyu 3.7 m, ağacın en geniş bölgesi olan alt kat yerden 40-80 cm (ort. 50 cm) yukarıda ve 3-5 ana dala sahiptir.

İkinci kat, alt kattan 30-100 cm (ort. 70 cm) yukarıda olup, 3-5 ana dala sahiptir. Üçüncü ve dördüncü katlar ise 40-80 cm aralıklarla bulunmakta olup 2-4 dala sahiptir (Şekil 1). Williams' Pride elma çeşidi, ABD'de karalekeye (*Venturia inaequalis*) dayanıklı çeşit geliştirme Elma Islah Programından (Purdue,

Rutgers, Illinois Üniversiteleri) ıslah edilmiş ve Co-op olarak isimlendirilmiş serinin 23 numaralı çeşididir (Anonymous, 2012). Bu çeşit karalekeye dayanıklı olup, Eğirdir şartlarında genellikle Ağustos ayı içerisinde hasat olgunluğuna ulaşmaktadır.



Şekil 1. Merkezi lider terbiye sisteminde Williams' Pride çeşidinin ağaç modeli (solda) ve denemede kullanılan bir ağaç (sağda)

2. 2. Yöntem

Deneme 2009-2011 yıllarında yürütülmüş, 2010 yılında periyodisite nedeniyle yeterli sayıda meyve alınmadığı için iki yıllık veriler değerlendirilmiştir. Ağaçlar düzenli aralıklarla damla sulama yöntemiyle sulanmış ve gübreleme işlemi toprak tahlili sonucuna göre fertigasyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Deneme süresince ağaçlarda herhangi bir seyreltme işlemi ve yaprak gübrelemesi yapılmamıştır.

Her iki deneme yılında da (2009 ve 2011) ağaçların alt katı (1. kat) ile üst katlarındaki (2., 3. ve 4. kat) verim değerleri alınmıştır. Meyve kalite analizleri için alt kat ile üst katlardan tesadüfen alınan 15 meyvede, ortalama meyve eni, meyve ağırlığı, meyve kabuk rengi, meyve eti sertliği, suda çözünabilir kurumadde (SÇKM), acı benek ölçüm, sayım ve analizleri yapılmıştır. Ortalama meyve eni dijital kumpas yardımı ile mm cinsinden, meyve ağırlığı ise 0.01 g'a duyarlı hassas terazi ile her hasatta alınan meyveler tek tek tartılarak saptanmıştır. Meyve kabuk rengi değerleri (L*, C* ve hue açısı) Minolta CR-400 model renk cihazı kullanılarak saptanmıştır. Kırmızı renk indeksi, denemenin son yılında her bir meyvenin yüzeyindeki kırmızı renkli alanın oranı olarak değerlendirilmiş ve %100 tamamen kırmızı rengi temsil ederken %0 kırmızı renk olmadığını ifade etmektedir (Weber, 2000). Meyve eti sertliği el penetrometresi ile 11.1 mm'lik uç kullanılarak kg cinsinden ölçülmüştür. Renk ve sertlik ölçümleri meyvelerin ekvatorial bölgesinden aralarında 180° açı olacak şekilde iki ayrı bölgede yapılmış ve iki ölçümün ortalaması bir meyvenin ortalaması olarak alınmıştır. SÇKM el refraktometresiyle üç tekerrürlü

olarak ölçülmüştür. Acı beneğe yakalanan meyve sayısı %'de olarak hesaplanmıştır.

Besin elementi analizleri, her ağacın alt katı ile üst katlarından tesadüfen alınan 5 meyve kullanılarak yapılmıştır. Azot (N) analizleri Kjeldahl yaş yakma metoduna göre yapılırken fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) ve bor (B) analizleri kuru yakma metoduna göre yapılarak okumalar ICP (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Perkin-Elmer Optima 2100 DV) cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Ryan ve ark., 2001). Ortalama yaprak alanı ölçümleri her ağacın alt katı ile üst katlarından tesadüfen alınan 15 yaprak kullanılarak yapılmıştır. Alınan örneklerde, yaprakların bir yüzlerinin alanı dijital planimetre yardımıyla cm² cinsinden ölçülmüştür.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde 1 ağaç yer almıştır. Varyans ve korelasyon analizleri sırasıyla SAS-JUMP 7.0 ve Minitab 15.0 paket programları kullanılarak yapılmıştır. Varyans analizlerinde, aralarında farklılık bulunan ortalamalar LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır (P≤0.05).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış, Williams' Pride elma çeşidinde, dal katlarının meyve eni, ağırlık, C* değeri, kırmızı renk indeksi ve acı beneğe olan etkisi istatistik olarak önemli bulunurken, sertlik ve SÇKM değerlerine olan etkisi önemsiz bulunmuştur (P≤0.05) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış Williams' Pride ağaçlarında dal katlarının verim ve meyve kalite özelliklerine etkisi

Özellikler	Alt Kat (1. kat)		Üst Katlar (2., 3. ve 4. kat)	
	2009	2011	2009	2011
En (mm)	64.6 ^{b*}	61.7 ^b	69.5 ^a	65.9 ^a
Ağırlık (g)	108.1 ^b	90.1 ^b	128.1 ^a	112.4 ^a
Sertlik (kg)	7.4 ^{od}	8.4	7.3	8.3
SÇKM (%)	12.6	11.9	12.9	12.5
L* değeri	43.7 ^a	44.1	38.6 ^b	42.1
C* değeri	32.4 ^a	33.7 ^a	28.2 ^b	30.6 ^b
hue açısı	45.3 ^a	50.7	36.5 ^b	48.2
Kırmızı renk indeksi (%)	-	53.2 ^b	-	61.8 ^a
Acı benekli meyve oranı (%)	38.1 ^b	22.7 ^b	63.8 ^a	65.3 ^a
Verim (kg)	26.7	13.9	28.7	28.3

*: Aynı satırda aynı yıllara ait farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)

^{od}: Aynı satırda aynı yıllara ait ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir ($P \leq 0.05$)

-: Veri alınmadı

Çalışmada meyve eni, ağırlık ve SÇKM değerlerinin alt kata nazaran üst katlarda daha yüksek olduğu, buna karşın sertlik değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1). Elmalarda meyvelerin ağaç üzerindeki konumlarının, meyve eni, ağırlık, SÇKM ve sertlik değerlerini etkilediği yapılan birçok çalışmada görülmüştür (Dever ve ark., 1995; Seeley ve ark., 1980; Tustin ve ark., 1988).

Renk değerleri açısından bakıldığında dal katlarının C* değerine olan etkisi deneme süresince istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1). L* ve hue açısı değerleri 2009 yılında istatistik olarak önemli bulunmuş, fakat 2011 yılında önemsiz bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Bununla birlikte deneme süresince alt katta bulunan meyvelerde L* ve C* değerleri, üst katlara nazaran daha yüksek değerler almıştır. Buna karşın hue açısı değeri alt kata nazaran üst katlarda daha yüksek değerler almıştır. L* değerlerindeki düşüş, daha yüksek antosiyanin pigmentinin ve bu nedenle daha iyi renklenmiş meyveler olduğunun göstergesidir. Kırmızı kabuk rengine sahip elmalarda, meyvelere renk düşümünden sonra alınan ilk örneklere nazaran, çeşitlerin hasat tarihlerinde L* değerinin azaldığı Atay ve ark. (2010) tarafından da tespit edilmiştir. Cripp's Pink elma çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada, kırmızı rengin diğerlerine nazaran daha fazla görüldüğü meyvelerde, C* değerinin arttığı, buna karşın L* ve hue açısı değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir (Whale ve ark., 2008). Çalışmada ölçülen renk değerleri literatür bilgileri ile kısmen uyum içerisindedir. Meydana gelen farklılıkların çeşitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Kırmızı kabuk rengine sahip çeşitlerin ticaretinde önemli bir kriter olan kırmızı renk indeksi, alt kat ve

üst katlarda sırasıyla % 53.2 ve % 61.8 olarak belirlenmiştir. Bu durumda üst katlarda bulunan meyvelerin daha iyi ışık aldığına, buna karşın alt kattaki meyvelerin yeterli güneş ışığına ulaşmadığını söyleyebiliriz. Nitekim ışık alımıyla, meyve rengi arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Ferree ve Schupp, 2003).

Eğirdir yöresinde, çiftçilerin “kuduz”, “çivileme” veya “meyve kanseri” diye isimlendirdikleri fizyolojik bir hastalık olan acı benek, tüm ağaç katlarında meydana geldiği saptanmıştır. Bununla birlikte deneme süresince acı benekli meyve oranının alt kata nazaran üst katlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nitekim Ertan ve ark. (1991), acı benek ile Ca ve B noksanlığı arasında negatif bir ilişkinin, K/Ca, K+Mg/Ca ve Mg/Ca oranı arasında ise pozitif bir ilişkinin olabileceğini bildirmişlerdir. 2009 yılında elde edilen veriler bu hipotezlerin tamamıyla örtüşmüş, fakat 2011 yılı verileri bazı hipotezleri (acı benek ile Ca ve B arasında negatif bir ilişki vardır) doğrulamamıştır. İstatistik açıdan sadece 2009 yılında B elementi ve acı benek arasında önemli bir ilişki tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2). Yapılan korelasyon analizleri sonucunda ise 2009 yılında alt katta meydana gelen acı benek ile P (-0.907) arasında negatif, üst katlarda ise K (0.847), Mg (0.914) ve N (0.896) ile acı benek oranı arasında pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Diğer elementler ve acı benek arasında istatistik olarak önemli bir ilişki tespit edilememiştir ($P \leq 0.05$). 2011 yılında yapılan korelasyon analizlerinde herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Bu durumda acı benek ve bitki besin elementleri arasındaki ilişkilerin yıllara göre farklılıklar gösterebileceği sonucuna varılmıştır. Son yıllarda acı benek, başta gibberellinler olmak üzere hormonal kontrol temeline dayandığı iddia edilmektedir. Meyve büyümesi ve gelişimi süresince gibberellinlerin yüksek seviyesi ksilem fonksiyonunu, Ca alınımını ve zar geçirgenliğini değiştirebilmektedir (Saure, 2001; 2005). Kuvvetli vejetatif büyüme durumlarında yüksek gibberellin seviyesinin meyve gelişimi süresince Ca alınımını azalttığı ve özellikle çok kuvvetli gelişen bitkilerde ve bitki kısımlarında Ca eksikliği dolayısıyla acı benek oluşturduğu birçok çalışmada gözlemlenmiştir. Fakat bunun nasıl olduğu halen tartışılmaktadır (Saure, 1996; 1998; 2001). Nitekim çalışmada vejetatif gelişimin önemli kriterlerinden olan ortalama yaprak alanı 2009 ve 2011 yıllarında sırasıyla alt katta 23.6 cm², 23.2 cm², üst katta ise 24.0 cm², 26.7 cm² olarak tespit edilmiştir. Ortalama yaprak alanı değerleri arasındaki farklılık, 2009 yılında istatistik olarak önemli olmasa da ($P \leq 0.05$), 2011 yılında önemli bulunmuş (LSD=2.9) ve her iki deneme yılında da ortalama yaprak alanı alt kata nazaran, üst katlarda daha yüksek değerler almıştır.

Bu çalışmada alt katın toprak seviyesine çok yakın olması nedeniyle bu kattaki meyvelerin yansıma yoluyla güneş ışığı alamaması ve dal katlarının ideal şekilde oluşturulmaması nedeniyle üst katların alt

katı gölgelemesi gibi faktörler, ağaç veriminin yaklaşık % 40'ının alındığı alt kattaki meyvelerin, üst katlardaki meyvelere göre irilik ve renk gibi önemli kalite kriterleri açısından daha düşük kalitede olmasının sebebi olmuş olabilir. Vejetatif gelişimin üst katlara göre daha az olduğu alt katta bile oldukça yüksek oranda acı benek görülmesi, Williams' Pride çeşidinin bu fizyolojik hastalığa olan hassasiyetini ortaya çıkartmıştır.

Çizelge 2. Merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış Williams' Pride ağaçlarında dal katlarının meyve besin elementi içeriklerine etkisi

Besin Elementleri	Alt Kat (1. kat)		Üst Katlar (2., 3. ve 4. kat)	
	2009	2011	2009	2011
Ca (%)	0.03	0.05	0.03	0.06
K (%)	0.82	0.92	0.81	0.98
K/Ca	32.62	20.94	32.09	18.08
Mg (%)	0.06	0.05	0.06	0.06
(K+Mg)/Ca	34.88	22.11	34.26	19.20
Mg/Ca	2.26	1.18	2.17	1.21
N (%)	0.35	0.54	0.40	0.61
P (%)	0.08	0.11	0.08	0.11
Fe (ppm)	15.40	20.63	14.20	17.58
Cu (ppm)	7.33	5.55	7.07	6.21
Mn (ppm)	5.27	2.58	4.34	3.04
Zn (ppm)	5.80	2.61	5.12	2.49
B (ppm)	29.38 ^{a*}	33.42	26.06 ^b	36.50

*: Aynı satırda aynı yıllara ait farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P≤0.05)

Sonuç olarak, merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış Williams' Pride elma çeşidinde, dal katlarının meyve kalite kriterlerini önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Costes ve ark. (2006)'na göre, terbiye sistemlerinin amaçlarından biriside, aynı ağaçta bulunan meyveler arasındaki kalite farklılıklarının azaltılmasıdır. Merkezi lider ağaçlarının verimli ve ağaç üzerindeki meyvelerin birörnek kalitede olabilmesi için, Robinson (2003)'un tanımladığı şekilde 1., 2., 3. ve 4. katlar yeterli sayıda ana dal içerecek şekilde oluşturulmalı ve ağacın iç kısımlarına yeterli ışık girişi için katlar arası mesafe korunmalıdır.

5. TEŞEKKÜR

Şekillerin çiziminde emeği geçen Sayın Zir. Yük. Müh. Özlem YÜREKLİ CENGİZ'e teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

Anonymous, 2012. Disease Resistant Apple Breeding Program. Purdue University, Rutgers, The State University of New Jersey and the University of Illinois (PRI) URL:

<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/pri/default.html/> [Ulaşım: 2 Kasım 2012].

- Atay, E., Pırlak, L., Atay, A.N. 2010. Determination of fruit growth in some apple varieties. J. of Agric. Sci., 16: 1-8.
- Costes, E., Lauri, P.E., Regnard, J.L. 2006. Analyzing fruit tree architecture: Implications for tree management and fruit production. Horticultural Reviews, 32: 1-61.
- Dever, M.C., Cliff, M.A., Hall, J.W. 1995. Analysis of variation and multivariate relationships among analytical and sensory characteristics in whole apple evaluation. J. of the Sci. of Food Agric., 69: 329-338.
- Ertan, Ü., Genç, Ç., Özelkök, S., Moltay, İ. 1991. Bazı standart elma çeşitlerinde gözlenen önemli fizyolojik bozukluklar üzerinde araştırmalar I. Acı Benek. Atatürk Bahçe Kült. Merk. Araşt. Enst. TAGEM Ara Sonuç Rap. Ülkesel Proje Kod No. 3-491-1-342, 52 s., Yalova.
- Ferree, D.C., Schupp, J.R. 2003. Pruning and Training Physiology. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (Eds.), Apples: Botany, Production and Uses, CABI Publishing, pp. 319-344, Cambridge.
- Forshey, C.G., Elfving, D.C., Stebbins, R.L. 1992. Training and pruning apple and pear trees. American Soc. for Hort. Sci., 166 p.
- Heinicke, D.R. 1975. High Density Apple Orchards – Planning Training and Pruning. Agricultural Handbook 458, USDA, 34 p.
- McKenzie, D.W. 1972. Intensive orchards in New Zealand. Orchardist of New Zealand, 44: 175-181.
- Robinson, T.L. 2003. Apple-Orchard Planting Systems. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (Eds.), Apples: Botany, Production and Uses, CABI Publishing, 345-407p.
- Ryan, J., Estafan, G., Rashid, A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual (Second Edition). ICARDA and NARS, Aleppo, Syria.
- Saure, M.C. 1996. Reassessment of the role of calcium in development of bitter pit in apple. Australian J. of Plant Physiology, 23: 237-243.
- Saure, M.C. 1998. Causes of the tipburn disorder in leaves of vegetables. Scientia Hort., 76: 131-147.
- Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – A calcium- or a stress-related disorder? Scientia Hort., 90: 193-208.
- Saure, M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: Its mechanism and endogenous control. Scientia Hort., 105: 65-89.
- Seeley, E.J., Micke, W.C., Kammereck, R. 1980. 'Delicious' apple fruit size and quality as influenced by radiant flux density in the immediate growing environment. J. of the Amer. Soc. for Hort. Sci., 105: 645-647.
- Tustin, D.S., Hirst, P.M., Warrington, I.J. 1988. Influence of orientation and position of fruiting laterals on canopy light penetration, yield, and fruit quality of 'Granny Smith' apple. J. of the Amer. Soc. for Hort. Sci., 113: 693-699.
- Weber, M.S. 2000. The super Spindle system. Acta Hort., 513: 271-277.
- Whale, S.K., Singh, Z., Behboudian, M.H., Janes, J., Dhaliwal, S.S. 2008. Fruit quality in 'Cripp's Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. Scientia Hort., 115: 342-351.

SCARLET SPUR ELMA ÇEŞİDİNİN NORMAL VE KONTROLLÜ ATMOSFER KOŞULLARINDA DEPOLANMASI

Mehmet Ali KOYUNCU* Derya BAYINDIR

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye
*koyuncu.ma@gmail.com

Geliş Tarihi : 09.03.2012 Kabul Tarihi : 26.11.2012

ÖZET : Bu çalışma, Scarlet Spur elma çeşidinin kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza olanaklarının belirlenmesi amacı ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Optimum hasat zamanında toplanan meyveler vakit kaybetmeden Hasat Sonrası Fizyolojisi Laboratuvarı'na getirilmiştir. Meyveler; biri normal atmosfer (NA), dördü kontrollü atmosfer (KA) olmak üzere 5 farklı atmosfer bileşimde (NA: % 21 O₂ + % 0.03 CO₂, K1: % 1 O₂ + % 1 CO₂, K2: % 2 O₂ + % 2 CO₂, K3: % 1 O₂ + % 3 CO₂ ve K4: % 3 O₂ + % 5 CO₂) depolanmıştır. Meyveler NA koşullarında 6 ay, KA koşullarında ise 8 ay süreyle 0°C sıcaklık ve % 90±5 nispi nem koşullarında muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresince NA koşullarından birer ay ve KA koşullarından ikişer ay aralıklarla depodan çıkarılan meyve örneklerinde ağırlık kaybı, suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı, titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı, pH değeri, meyve eti sertliği ve kabuk renk değerleri belirlenmiştir. Bütün kalite parametreleri açısından değerlendirildiğinde KA koşullarında muhafaza edilen elmalar, NA koşullarındakilere göre çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca Scarlet Spur elma çeşidinde kalitenin korunumu açısından KA koşullarında en iyi sonuçlar % 1 O₂ + % 3 CO₂ oranındaki atmosfer bileşiminden alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: Depolama, kontrollü atmosfer, elma, Scarlet Spur

AIR AND CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE OF SCARLET SPUR APPLE CULTIVAR

ABSTRACT : This research was carried out to determine cold storage of Scarlet Spur apple cultivar in controlled atmosphere (CA) and air conditions in Horticulture Department of Süleyman Demirel University. Fruits harvested at optimum harvest time and transported immediately to the Post-harvest Physiology Laboratory. They were stored under four different conditions of CA (%O₂:%CO₂; 1:1, 2:2, 1:3, 3:5) and normal air (NA) (21:0.03) conditions. Fruits were stored for 6 months in NA and 8 months in CA at 0°C temperature and 90±5 % relative humidity. Apple samples taken as monthly (NA) and two month (CA) intervals from cold storages and fruit weight losses, soluble solid contents, titratable acidity, pH, fruit flesh firmness and fruit skin color were determined. CA cabins gave the better results than NA in terms of many quality parameters of fruits. The best results for storage quality and life of Scarlet Spur apples obtained from 1% O₂ and 3% CO₂ combinations of controlled atmosphere.

Keywords: Storage, controlled atmosphere, apple, Scarlet Spur

1. GİRİŞ

Elma, ılıman iklim meyve türleri arasında dünya ve Türkiye'de üretim payı en fazla olan ve uzun yıllardır üretimi yapılan bir meyve türüdür. Türkiye, 2.600.000 tonluk üretim ile dünya elma üretiminde (69.567.526 ton) Çin (33.266.900 ton) ve Amerika'dan (4.212.330 ton) sonra üçüncü sırada bulunmaktadır (Anonymous, 2012). Isparta ili ise 549.371 tonluk üretim ile Türkiye elma üretiminde ilk sırayı almaktadır (Anonim, 2012a). Türkiye'nin hemen hemen her yöresinde yetiştirilebilen bir meyve türü olması nedeni ile geniş bir üretici potansiyeline sahip elmanın dış satımı istenilen düzeyin çok gerisindedir. Meyve ve sebzelerde dış satımımızı engelleyen önemli faktörlerin başında depolama sorunları gelmektedir (Gündüz, 1997). Normal atmosfer koşullarında meyvelerdeki metabolik aktivitenin istenilen seviyede yavaşlatılamaması ve kontrollü atmosferde (KA) depolamanın da yaygın olarak kullanılmaması nedeniyle hasat sonrası kayıplar artmaktadır. Dolayısıyla dış pazar için gerekli miktarda ürün sağlamak için uygun muhafaza koşullarının belirlenmesi gerekmektedir (Özer, 2002). Son yıllarda yeni elma çeşitleri ile kurulan bahçe sayısında artış görülmektedir. Ancak elmanın çeşitler bazında soğukta muhafaza olanakları tam olarak

saptanamamıştır (Dilmaçunal, 2009). Muhafaza koşullarının birçok faktörden etkilendiği dikkate alınırsa, depolamanın başarılı bir şekilde yapılabilmesi için her ülkenin yetiştirdiği çeşitlerde ve kendi koşullarında denemeler yapması gerekmektedir (Pekmezci, 1975).

Bu çalışmada Türkiye elma üretiminde önemli bir paya sahip olan Isparta ilinde, son zamanlarda üretim miktarında artış görülen Scarlet Spur elma çeşidinin soğukta muhafaza koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Meyve Materyali

Çalışmada materyal olarak kullanılan Scarlet Spur elma çeşidine ait meyveler Isparta'dan (Eğirdir) temin edilmiştir. Scarlet Spur, ağacı orta kuvvetli, yarı dik gelişen oldukça verimli bir çeşittir. Meyveleri koyu kırmızı renkte, meyve eti beyaz, sert ve suludur. Hasat zamanı eylül sonu gibi olan bu çeşidin depoya dayanımının iyi olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2012b).

2.2. Depo Koşulları

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait Hasat Sonrası

Fizyolojisi Laboratuvarı ve depolarında yürütülmüştür. Çalışmada tek yıllık veriler kullanılmıştır. Nişasta (iyot) testi kullanılarak optimum hasat tarihine karar verilen meyveler hasat edildikten sonra vakit kaybetmeden laboratuara getirilmiştir. Meyveler 5 farklı atmosfer bileşimde (NA: % 21 O₂ + % 0.03 CO₂, K1: % 1 O₂ + % 1 CO₂, K2: % 2 O₂ + % 2 CO₂, K3: % 1 O₂ + % 3 CO₂ ve K4: % 3 O₂ + % 5 CO₂) NA koşullarında 6 ay, KA koşullarında ise 8 ay süreyle 0°C sıcaklık ve % 90±5 nisbi nemde muhafaza edilmiştir. NA'da birer ay KA'da ikişer ay aralıklarla soğukta muhafazadan çıkarılan meyve örneklerine (tekerrürde 10 meyve) bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

2.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Ağırlık Kaybı: 0.01 g hassasiyetindeki Scaltex SBA51 model terazi ile ölçülerek elde edilen değerler aşağıdaki formüle göre yüzde olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = \frac{\text{Başlangıç ağırlığı} - \text{Son ağırlık}}{\text{Başlangıç ağırlığı}} \times 100$$

Suda çözünür kuru madde miktarı: Meyveler pulp haline getirilip tülbenkten süzülükten sonra elde edilen meyve suyunda SÇKM miktarı, Atago Pocket PAL-1 dijital refraktometre kullanılarak % (Brix°) olarak belirlenmiştir.

Titre edilebilir asitlik miktarı ve pH ölçümleri: SÇKM miktarı ölçülen meyve suyundan her bir tekerrür için mikropipet ile 10 mL'lik iki paralelli meyve suyu alınarak analiz için hazırlanmıştır. WTW Inolab pH-Level2 model dijital pH metre probu hazırlanan meyve suyuna daldırılarak pH değeri ölçülmüş, okunan değer 8.1'e gelinceye kadar 0.1 N'lik NaOH ile titre edilmiştir. Titre edilebilir asitlik miktarı, harcanan baz üzerinden malik asit cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Karaçalı, 2009).

$$\text{Malik asit (\%)} = \frac{S \times N \times F \times E}{C} \times 100$$

Formülde; S: kullanılan sodyum hidroksidin miktarı (mL), N: kullanılan sodyum hidroksidin normalitesi, F: kullanılan sodyum hidroksidin faktörü, C: alınan örnek miktarı (mL), E: ilgili asitin equivalent değeri (malik asit=0.067 g)

Meyve eti sertliği: Ölçümlerde, Lloyd Instruments LF Plus tekstür cihazı ve bağlı olduğu bir bilgisayara yüklenen Nexygen paket programı kullanılmıştır. 1 KN'luk Loadcell ile 100 mm/dk'lık değişmez bir hızda inen 11.11 mm çapındaki silindirik uç, meyveye 20 mm batırılmıştır. Elde edilen maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden meyve eti sertliği değeri olarak kullanılmıştır.

Meyve kabuk rengi: Meyve kabuk rengi ölçümlerinde, Minolta CR-300 model renk cihazı kullanılmıştır. Renk ölçümünden önce cihazın kalibrasyonu Minolta kalibrasyon plakası ile yapılmıştır. Ölçümler sonucu meyve kabuk rengi CIE L* a* b* cinsinden belirlenmiştir. Meyve renklerinin dönemler arasındaki değişimi aşağıda formülü verilmiş olan ΔE'ye göre değerlendirilmiştir (Dilmaçınal, 2009).

$$\Delta E = [(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{1/2}$$

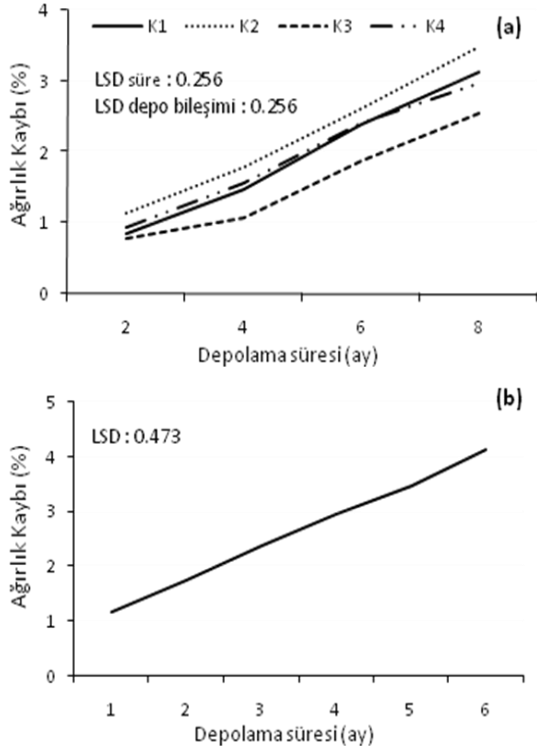
Eşitlikte; ΔE = Meyve rengi değişimi (CIELab), L₁ = Başlangıç rengi L değeri, L₂ = Dönem rengi L değeri, a₁ = Başlangıç rengi a değeri, a₂ = Dönem rengi a değeri, b₁ = Başlangıç rengi b değeri, b₂ = Dönem rengi b değeri

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. NA ve KA koşullarından elde edilen veriler ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bütün veriler SPSS v.18.0. paket programı General Linear Model (GLM) univariate testi ile analiz edilmiş ve grup ortalaması arasındaki farklar Tukey testi ile belirlenmiştir.

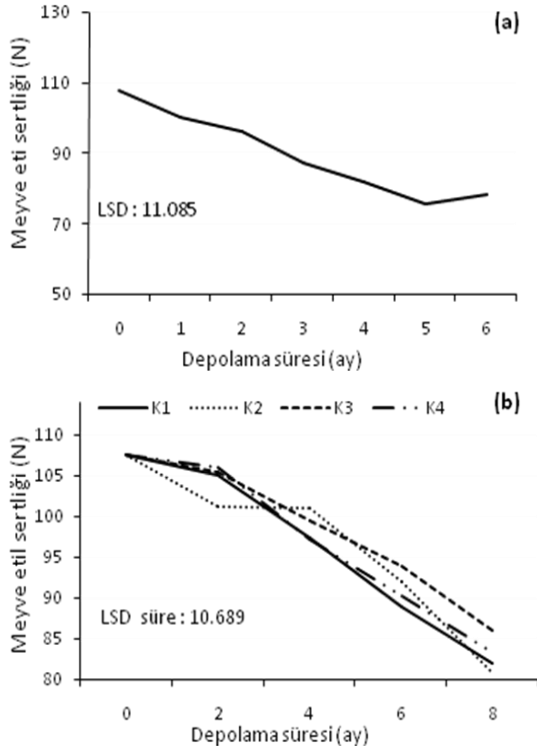
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ağırlık Kaybı

Su kaybı, doğrudan pazarlanacak ürün ağırlığında azalmaya sebep olduğundan ekonomik kayba neden olmaktadır (Veraverbeke ve ark., 2003). Ayrıca, ağırlık kaybı elmada meyve kalitesinin bozulmasına neden olan önemli sebeplerden biridir (Valero ve ark., 2003). Çalışmada, 8 aylık muhafaza sonunda KA koşullarında en az ağırlık kaybı (%2.55) K3 (%1 O₂ + %3 CO₂)'te depolanan elmalarda olurken, K2 (% 2 O₂ + % 2 CO₂)'de depolanan elmaların ağırlık kaybının (%3.49) ise en fazla olduğu bulunmuştur. K3 (% 1 O₂ + %3 CO₂)'te saptanan ağırlık kaybının daha az olmasını ortamdaki gaz bileşiminin diğer ortam bileşenlerine göre solunumu daha iyi baskılamasına dayandırabiliriz (Şekil 1a). Nitekim bu etki meyve sertliğinde de görülmüştür (Şekil 2a, 2b). Tüm koşullarda artan muhafaza süresine paralel olarak ağırlık kayıplarında da artış olduğu saptanmıştır. NA koşullarında muhafaza edilen elmaların ağırlık kayıpları ise bütün KA koşullarında muhafaza edilen elmalara göre daha yüksek değer almıştır. NA koşullarında 6 aylık muhafaza sonunda ağırlık kaybı % 4.14'e çıkmıştır. KA koşullarında depolama süresinin ve atmosfer bileşiminin, NA koşullarında ise depolama süresinin ağırlık kayıpları üzerine etkisi istatistik olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur (Şekil 1a.,1b). Benzer bulgular, Guerra ve ark. (2010) ve Erkan ve ark. (2004)'nın farklı elma çeşitleri ile yaptıkları çalışmalarda da saptanmıştır.



Şekil 1. KA (a) ve NA (b) koşullarında depolanan elmalarda muhafaza süresince meydana gelen ağırlık kayıpları (%)



Şekil 2. NA (a) ve KA (b) koşullarında depolanan elmalarda muhafaza süresince meydana gelen meyve eti sertliği (N) değişimleri

3.2. Meyve Eti Sertliği

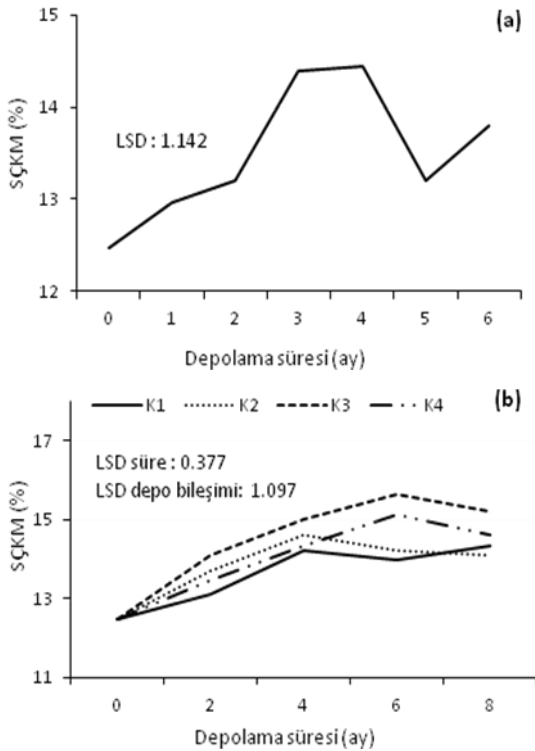
Meyvelerdeki yumuşama hasat sonrası kaliteyi etkileyen önemli faktörlerdendir (Salvador ve ark., 2003). Çalışmada depolama süresince bütün bileşimlerde meyve eti sertliği azalmıştır. Depolama süresinin meyve eti sertliği üzerine etkisi hem NA hem de KA koşullarında istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$) (Şekil 2a, 2b). KA koşullarında, muhafaza başlangıcında 107.55 N olan sertlik değeri 8 aylık muhafaza sonunda K3'te 85.98 N, K4'te 83.34 N, K1'de 82.01 N ve K2'de 80.80 N'ye düşmüştür. Depolama sonunda K3 (%1 O₂ + %3 CO₂)'te muhafaza edilen elmalar diğer bileşimlere göre sertliğini daha iyi korumuştur (Şekil 2b). Bunun düşük oksijen ve % 3'lük karbondioksit konsantrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim De Castro ve ark. (2007), elmalarda meyve eti sertliğinin düşük oksijenle birlikte yüksek karbondioksit koşullarında daha iyi korunduğunu belirtmişlerdir. NA'da muhafaza edilen elmaların meyve eti sertliğinin KA'da depolananlara göre daha düşük olduğu saptanmıştır (Şekil 2a, 2b). Lopez ve ark. (2007), düşük oksijen içeren depolarda meyvelerin sertliklerini NA'ya göre daha iyi koruduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca Lohse ve Schöne (1994), KA'da depolanan elmaların meyve eti sertliğinin NA'ya göre daha yüksek olduğunu, bu farklılığın % 30-35 seviyelerine kadar ulaşabildiğini bildirmişlerdir.

3.3. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı

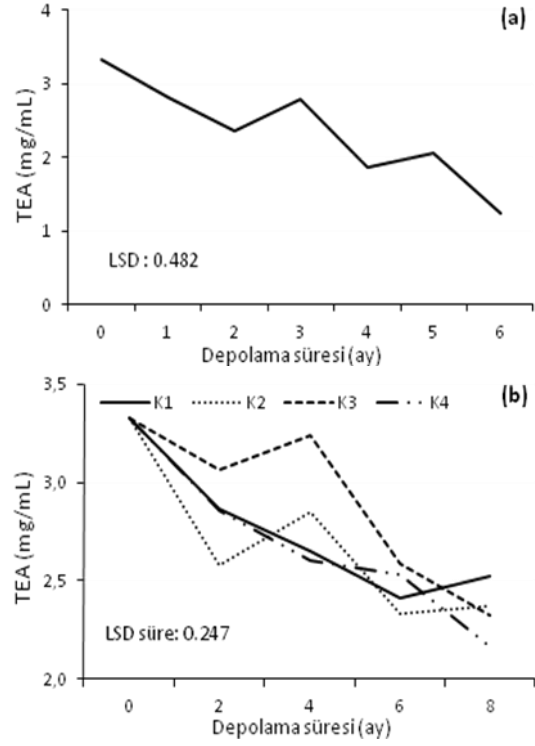
KA koşullarında depolama süresinin ve atmosfer bileşiminin ($p < 0.01$), NA koşullarında ise depolama süresinin SÇKM miktarı üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bütün koşullarda muhafaza süresince, meyvelerin SÇKM (%) içeriklerinde dalgalanmalar olsa da genellikle meyve olgunluğuna bağlı olarak artış görülmüştür (Şekil 3a., 3b). Bu artış olgunluğun ilerlemesiyle elmalardaki nişastanın parçalanarak şekere dönüşmesi ile açıklanabilir. KA koşullarında 8 aylık muhafaza sonunda en yüksek SÇKM içeriği K3 (%15.20)'te elde edilirken en düşük değer K2 (%14.10)'de saklanan elmalarda bulunmuştur. Lopez ve ark. (2007), düşük oksijen bileşiminde depolanan elmaların SÇKM içeriklerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. NA koşullarında muhafaza edilen elmaların SÇKM içeriği 4.ayda en yüksek değere (%14.45) ulaşmış ve depolama sonunda %13.80'e düşmüştür (Şekil 3a). Bu durum ileri olgunluk aşamalarında elmalarda şekere dönüşecek nişastanın bitmesi ve devam eden solunumla bünyedeki şekerin kullanılması ile açıklanabilir. Ebel ve ark. (1993), Karaşahin ve ark. (2008), Saraçoğlu ve ark. (2011) ile Şen ve ark. (2008) çalışmalarında bu bulguları destekler sonuçlar elde etmiştir.

3.4. Titre Edilebilir Asitlik Miktarı ve pH Değeri

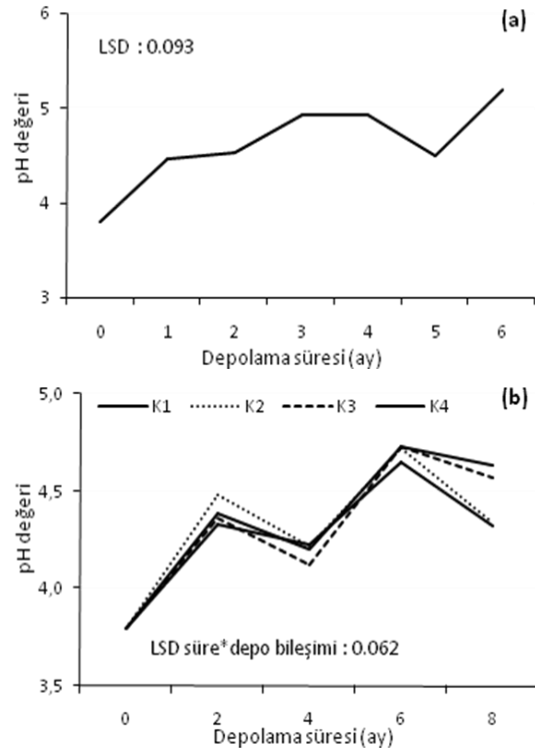
Depolama süresinin TEA miktarı üzerine etkisi NA ve KA koşullarında istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$) (Şekil 4a, 4b). Bütün atmosfer bileşimlerinde TEA miktarları başlangıç değerlerine kıyasla depolama sonunda azalmıştır. NA koşullarında muhafaza edilen meyvelerde 6 aylık depolama sonunda titre edilebilir asitlik miktarı 1.23 mg/mL'e düşmüştür (Şekil 4a). Kvikliene ve ark. (2006) ile Koyuncu ve Eren (2005) de bu değerlere benzer bulgular elde etmişlerdir. KA koşullarında ise depolama sonunda en düşük asitlik değeri K4 (2.17 mg/mL)'te elde edilirken, en yüksek değer K1 (2.53 mg/mL)'den elde edilmiştir. KA koşulları içerisinde titre edilebilir asitliğini nispeten daha iyi koruyan kabinin K1 (%1 O₂ + %1 CO₂) olduğu görülmüştür (Şekil 4b). KA koşullarında depolama süresi*depo bileşimi etkileşiminin, NA koşullarında ise depolama süresinin pH değeri üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$) (Şekil 5a, 5b). Genel olarak bütün atmosfer bileşimlerinde muhafaza süresinin uzaması ile TEA miktarının aksine pH değerleri artmıştır. Başlangıçta 3.80 olan pH değeri depolama sonunda sırasıyla NA'de 5.19, K4'te 4.63, K3'te 4.57, K2'de 4.34 ve K1'de 4.33 olarak ölçülmüştür (Şekil 5a, 5b). Özer (2002) ve Saraçoğlu ve ark. (2011) da elmalarda depolama boyunca titre edilebilir asitliğin aksine pH değerlerinde artış olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 3. NA (a) ve KA (b) koşullarında depolanan elmalarda muhafaza süresince meydana gelen SÇKM miktarı (%) değişimleri



Şekil 4. NA (a) ve KA (b) koşullarında depolanan elmalarda muhafaza süresince meydana gelen TEA miktarı (mg/mL) değişimleri



Şekil 5. NA (a) ve KA (b) koşullarında depolanan elmalarda muhafaza süresince meydana gelen pH değerlerindeki değişimler

3.5. Meyve Kabuk Rengi

L^* , a^* ve b^* değerleri dikkate alınarak hesaplanan meyve kabuk renk değişimine (ΔE) göre, muhafaza sonunda en fazla renk değişimi beklenildiği gibi NA ($\Delta E= 3.427$) koşullarında muhafaza edilen elmalarda görülmüştür (Çizelge 1). Ayrıca NA koşullarında başlangıca göre kırmızı rengi ifade eden a^* değerlerinde ki artış diğer depolama koşullarına göre daha fazla olmuştur. Bu durum NA koşullarında saklanan elmaların daha fazla olgunlaşmasıyla açıklanabilir. KA koşullarında ise renk değişimi bakımından K3 (%1 O₂ + %3 CO₂) ve K4 (%3 O₂ + %5 CO₂) çok yakın sonuçlar vermiş olmasına rağmen K4 (%3 O₂ + %5 CO₂) rengin korunması açısından nispeten daha olumlu sonuçlar vermiştir. K1 (%1 O₂ + %1 CO₂) bileşimi ise KA bileşimleri arasında renk değişimi en fazla olan kabin olmuştur. Karaçalı (2009) ve Özer (2002), KA koşullarında renk değişiminin daha az olduğunu ve Erkan (2004)'te ise KA koşullarında klorofil parçalanmasının geciktiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 1. NA ve KA koşullarında depolanan elmalarda depolama sonunda görülen renk değişimleri (ΔE)

Depo Koşulu	ΔE
NA	3.427
K1	2.454
K2	1.671
K3	1.113
K4	1.064

4. SONUÇ

Scarlet Spur elma çeşidi ile yapılan bu çalışma sonucunda, bütün kontrollü atmosfer koşulları, incelenen kalite parametreleri açısından normal atmosfere göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. Kontrollü atmosfer koşulları içerisinde K3 (%1 O₂ + %3 CO₂) bileşimi ağırlık kaybının azalması, meyve sertliğinin ve nispeten meyve kabuk renginin korunması bakımından diğer bileşimlere kıyasla daha etkili olmuştur. Ayrıca KA koşullarında fizyolojik ve mantarsal bozukluklara da rastlanmamıştır. Genel olarak, Scarlet Spur elma çeşidinin kontrollü atmosfer koşullarında depolandığında son derece iyi sonuç vereceği ve atmosfer bileşimi olarak da %1 O₂ + %3 CO₂ bileşiminin kullanılmasının meyve kalitesi açısından en faydalı olacağı söylenebilir.

5. KAYNAKLAR

- Anonim. 2012a. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/> [Erişim: 18.02.2012].
- Anonim. 2012b. Saygı Fidancılık. <http://www.saygifidancilik.com/> [Erişim: 20.02.2012].
- Anonymous. 2012. Food and Agricultural Organization. <http://faostat.fao.org/> [Erişim: 18.02.2012].

- De Castro, E., Biasi, W.V., Mitcham E.J. 2007. Quality of Pink Lady apples in relation to maturity at harvest, prestorage treatments, and controlled atmosphere during storage. *HortScience*, 42:605-610.
- Dilmaçınal, T. 2009. Organik ve konvensiyonel tarım koşullarında yetiştirilen bazı elma çeşitlerinin normal ve kontrollü atmosferde depolanması. Doktora Tezi. SDÜ Fen Bil. Enst, Isparta.
- Ebel, R.C., Proebsting, E.L., Patterson, M.E. 1993. Regulated deficit irrigation may alter apple maturity, quality, and storage life. *HortScience*, 28(2):141-143.
- Erkan, M., 2004. Taze meyve ve sebzelerin kontrollü atmosferde muhafazası, SDÜ, Fen Bil. Enst. Dergisi, 8(3):72-79.
- Erkan, M., Pekmezci, M., Gübbük, H., Karaşahin, I. 2004. Effects of controlled atmosphere storage on scald development and postharvest physiology of Granny Smith apples. *Turk. J. Agric. For.*, 28:43-48.
- Guerra M., Valenciano, J.B., Marcelo, V., Casquero, P.A. 2010. Storage behaviour of 'Reinette du Canada' apple cultivars. *Span. J. Agric. Res.*, 8(2):440-447.
- Gündüz, M. 1997. Bahçe ürünlerinde pazar yapısı, muhafaza, pazarlama sistemleri ve dış ticaret ilişkisi. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu. 21-24 Ekim. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yalova.
- Karaçalı, İ. 2009. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494, Ege Üniversitesi Basımevi, 6. Baskı, Bornova, İzmir, s:472.
- Karaşahin, I., Erkan, M., Pekmezci, M., Şahin, G., Selçuk, N. 2008. Farklı 1-mcp dozlarının Granny Smith elma çeşidinin derim sonrası fizyolojisi üzerine etkileri. Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, 345-353, 11 Ekim, Antalya.
- Koyuncu, M.A., Eren, İ. 2005. Bazı elma çeşitlerinin soğukta depolanma koşullarının belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fak. Dergisi, 2(1):45-52.
- Kvikliene, N., Kviklys, D., Viskeli, P. 2006. Changes in fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar 'Auksis'. *J. of Fruit and Ornamental Plant Res.*, 14(2):196-202.
- Lohse, H., Schöne, R. 1994. Post-storage behavior of apples of different cultivars. *Postharvest News and Information*. 5(4):1613.
- Lopez, M.L., Villatoro, C., Fuentes, T., Graell, J., Lara, I., Echeverria, G. 2007. Volatile compounds, quality parameters and consumer acceptance of pink lady apples stored in different conditions. *Postharvest Biol. Tec.*, 43:55-66.
- Özer, M.H. 2002. Elma çeşitlerinin kontrollü atmosferde muhafazası. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 16(2):189-202.
- Pekmezci, M. 1975. Bazı önemli elma ve armut çeşitlerinin solunum klimakterikleri ve soğukta muhafazaları üzerine araştırmalar. Doçentlik Tezi, Ankara.
- Salvador, A., Cuquerella, J., Martinez-Javega, J.M. 2003. 1-MCP treatment prolongs postharvest life of Santa Rosa plums. *J. Food Sci.*, 68: 1504-1510.
- Saraçoğlu, O., Kalkışım, Ö., Çekiç, Ç., Özgen, M. 2011. Comparison of cold storage ability of 'Yomra' and 'Granny Smith' apple cultivars under modified atmosphere condition. Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bil. Enst. Dergisi, 1(1):37-43.

Scarlet Spur elma çeşidinin normal ve kontrollü atmosferde depolanması

- Şen, F., Karaçalı, İ., Irget, M.E., Elmacı, Ö.L., Tepecik, M. 2008. Elma meyvelerinin kalsiyum beslenmesinin iyileştirilmesinde hasat sonrası kalsiyum ve bor uygulamasının etkileri. Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Semp., 60-67, 8-11 Ekim, Antalya.
- Valero, D., Martinez-Romeo, D., Valverde, J.M., Guillen, F., Castillo, S., Serrano, M. 2003. Quality improvement and extension of the shelf life by 1 methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 4:339-348.
- Vareverbeke, E.A., Verboven, P., Oostveldt, P.V., Nicolai, B.M. 2003. Prediction of moisture loss across the cuticula of apple during storage part 1. model development and determination of diffusion coefficients. Postharvest Biol. Tec., 30:75-88.