

Şanlıurfa İlinde Bazı Pamuk Alanlarında Nematod Biyoçeşitliliği*

Şenol YILDIZ^{1**} İ. Halil ELEKÇİOĞLU²

*: Bu çalışma "Şanlıurfa İli Nematod Faunası ve Biyoçeşitliliği Üzerine Araştırmalar" adlı doktora tezinin bir bölümüdür.

¹: Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

²: Çukurova Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü, 01330, Adana, TÜRKİYE

Özet

Şanlıurfa ilinde pamuk yetiştirilen iki önemli bölgede nematod biyoçeşitliliğini araştırmak için 2003-2005 yılları arasında toprak örnekleri alınmıştır. Çalışma alanları, tarımsal uygulama farklılıkları ve coğrafi farklılıklar göz önüne alınarak birisi Harran ovasını diğeri ise Viranşehir ve Ceylanpınar Devlet Üretim Çiftliğini kapsayacak şekilde iki alt-bölge oluşturulmuştur. Her iki alt-bölgede de, nematod faunası ve dağılım özellikleri bazı farklılıklar göstermiştir. Çalışmada her iki alt-bölgeye ait toplam 31 nematod taksonu tespit edilmiştir. I. Alt-bölgede 11 cinse bağlı bitki paraziti, 8 cins ve 5 familyaya bağlı bakterivor, 3 cinse bağlı fungivor, 1 takıma bağlı predatör ve 1 takıma bağlı omnivor grubu tespit edilirken; II. Alt-bölgede 9 cinse bağlı bitki paraziti, 7 cins ve 4 familyaya bağlı bakterivor, 3 cinse bağlı fungivor ve 1 takıma bağlı omnivor grubu tespit edilmiştir. Nematod biyoçeşitlilik değerlerinin, II. Alt-bölgede, I. Alt-bölgeye göre daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, her iki alt-bölgede de bitki paraziti nematodların pamuk üretimini tehdit edecek düzeyde olmadığı; serbest yaşayan nematodların ise çeşitlilik ve yoğunluk bakımından istenen ölçüde olmadığı ve temel faunal yapıda olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoçeşitlilik, Nematodlar, Pamuk, Şanlıurfa

Nematode Biodiversity in Some Cotton Growing Areas of Şanlıurfa Province, Turkey

Abstract

The study was conducted to explore nematode biodiversity in two major cotton growing areas of Şanlıurfa, Turkey. Soil samples were collected between 2003-2005. Study area were divided into two sub-regions regarding with land use features and geographical distance. Nematode fauna of both regions have differed in diversity parameters. In the study, a total of 31 taxa were found. Eleven genera of plant parasitic nematodes, 8 genera and 5 families of bacterivore nematodes, 3 genera of fungivore nematodes, 1 order predator nematode and 1 order of omnivore nematodes were found in I. Sub-region. In II. Sub-region, 9 genera of plant parasitic nematodes, 7 genera and 4 families of bacterivore nematodes, 3 genera of fungivore nematodes and 1 order of omnivore group nematodes were found. Nematode diversity and density values were found higher than I. Sub-region in II. Sub-region. The study suggested that plant parasitic nematodes, in both sub-regions, were not causing a serious threat to cotton production except a local area, on the other hand, free-living nematode fauna was in a moderate condition generally made up by base level faunal components, in general.

Key Words: Biodiversity, Cotton, Nematodes, Şanlıurfa

GİRİŞ

Pamuk tekstil, yağ ve yem sektörlerinin hammaddesi olması nedeniyle ülkemiz ekonomisi açısından oldukça önemli bir tarım ürünüdür. Harran Ovası'nın sulanmaya başladığı ilk yıllarda ülkemiz pamuk ekiliş alanının % 27'si Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almakta iken (1) ilerleyen yıllarda GAP Bölgesi pamuk ekiliş alanı Türkiye pamuk ekiliş alanının % 48,2'sini oluşturmaktadır. 2000-2001 üretim sezonu itibarıyla Türkiye'de 880.000 ton lif pamuk üretmiştir. GAP Bölgesi pamuk üretimi 427.000 ton olup Türkiye pamuk üretiminin %48,5'ini oluşturmaktadır (2).

Şanlıurfa ilinde üretilen pamuk ise 255 bin ton civarında olup Türkiye pamuk üretiminin % 29'una karşılık gelmektedir (2).

Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi pamuğun da hastalık, zararlı ve yabancıotlar nedeniyle verim ve kalitesinde azalmalar görülmektedir. Zararlı gruplarından nematodlar, pamuğun toprak altı organlarında beslenerek hem bitkinin gelişimini engellemekte hem de toprak kökenli hastalıklara giriş kapısı açmaktadırlar. Bitki paraziti nematodlar sebebiyle meydana gelecek zarar nematodun virulens ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Dünya üzerinde pamuk üretiminin yapıldığı değişik ülkelerde yürütülen çalışmalarda verimi etkileyen nematod türleri olarak, *Helicotylenchus* spp.,

**e-posta: syildiz@bingol.edu.tr

Hoplolaimus spp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Rotylenchulus reniformis*, *Tylenchorhynchus* spp., *Tylenchulus semipenetrans* ve *Xiphinema* spp. tarafından cinsleri ve türleri tespit edilmiştir (3), (4), (5).

Ülkemizin değişik bölgelerinde de pamuk ekiliş alanlarındaki nematodlar üzerine çalışmalar yapılmıştır (6), (7).

Şanlıurfa ilinde pamuk ekiliş alanlarında nematodlar hakkında çalışma yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla, Şanlıurfa iline ait iki bölgede pamuk ekiliş alanlarındaki nematod biyoçeşitliliğini bitki paraziti nematodların ve bu alanlardaki serbest yaşayan nematodları tespit etmek için bu araştırma yapılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Çalışmada Şanlıurfa ili pamuk ekiliş alanlarını temsil edecek şekilde seçilen iki alt-bölgede nematod biyoçeşitliliği incelenmiştir. Bu alanların bölünmesinde ekolojik ve tarımsal uygulamalardaki farklılıklar göz önüne alınmıştır. I. Alt-bölge ile II. Alt-bölgeyi kuzey-güney yönünde uzanan yüksekliği 450-500 m olan Tektek Dağları ayırarak doğal bir bariyer oluşturmaktadır. Çalışma alanına ait Şanlıurfa ilindeki alt-bölgelerinin konumları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı alt-bölgelerinin Şanlıurfa ilindeki konumları

I. Alt-Bölge: Bu alt-bölge Şanlıurfa ili Merkez ve Harran Ovası'nı kapsamaktadır. Şanlıurfa ili Merkez ve civarı ile çalışmanın büyük bir bölümünü oluşturan Harran Ovası'nı içeren bir alandır. Harran Ovası kuzeyde Şanlıurfa Merkez, Doğuda Tektek Dağları, batıda Fatik Dağları ve güneyde Suriye sınırlarına dayanan 225.000 ha'lık bir alana sahiptir. Sulu tarıma 1995 yılında geçmiş olan Harran Ovası, Şanlıurfa İli sınırları içerisinde pamuk ekilişinin sulama imkanları nedeniyle en yaygın olduğu, tarımsal faaliyet ve girdilerin yüksek olduğu bir alandır.

Harran Ovası toprakları koyu kırmızı-kahverengi, kil oranı yüksek, pH 7.2 - 7.6 arasında, biri hariç organik madde oranı düşük, Entisols, Vertisols ve Aridisols toprak ordolarına ait 25 toprak serisi içermektedir (8), (9).

II. Alt-Bölge: Viranşehir ve Ceylanpınar D.Ü.Ç arazilerini kapsamaktadır. Bu alt-bölge genelinde tarımsal faaliyet yoğunluğu daha düşük seviyede olup,

toprak yapısı ağır bünyeli Vertisol'dan volkanik tabanlı hafif yapılı topraklara kadar değişen yelpazededir.

Bu çalışmada, I. ve II. Alt-Bölgeler arasındaki farklı yapının nematod biyoçeşitliliğine olan etkisi araştırılmıştır.

Örnekleme

Şanlıurfa ili pamuk ekiliş nematod biyoçeşitliliğini araştırmak amacıyla belirlenen alt-bölgelerden 2003-2005 yılları arasında sürvey çalışmaları yürütülmüş ve elde edilen toprak ve bitki örnekleri incelenmiştir. Örnekleme, belirlenen alt-bölgelerde Eylül ayı sonunda, teorik olarak nematod popülasyonunun konukçu bitkinin hasada yakın olduğu dönemde en yüksek düzeyde olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

Örnekleme, her tarlanın yaklaşık 5 da'lık kısmının en az 10 farklı yerinden rastgele pamuk bitkisinin kök bölgesindeki 25-30 cm derinlikten alınan topraklardan oluşmuştur (10). Alınan örnekler, uygun etiketlemeler yapılarak, güneşe maruz bırakılmayacak şekilde buz kutularında veya torbalarda depolanıp laboratuvara taşınmıştır.

Nematodların Toprakta Elde Edilmesi ve Sayımları

Nematodları topraktan elde etmek için, nematodların hareketliliğinden yararlanıp toprak ortamından su ortamına geçişinin sağlandığı "Geliştirilmiş-Baermann Huni Yöntemi" kullanılmıştır (11). Toprakta ayrıştırılan bir örneğe ait nematodlar dereceli tüplerde 1 ml su içerisine yoğunlaştırıldıktan sonra, lam üzerine mikro pipetle 100 µl alınıp ışık mikroskobu altında sayımları yapılmıştır. Her bir örnekten elde edilen nematodların cins düzeyinde, ait oldukları trofik gruplara göre ayrımları yapılmıştır.

Nematodlar beslenme (trofik) grupları baş yapılarındaki farklı morfolojik özelliklerinden yararlanılarak ayrılmış ve sayımları yapılmıştır (12), (13).

Nematod Fauna ve Biyoçeşitliliğinin İncelenmesi

Nematod faunası trofik gruplara ayrılarak, bitki paraziti nematodlar tür ve cins bazında, serbest yaşayan nematodlar cins, familya ve bazen takım düzeyinde ele alınmıştır.

Biyoçeşitlilik değerlendirmelerinde nematodların alt-bölgelere göre dağılımları ele alınmıştır. Biyoçeşitlilik kriterleri ve ölçüm yöntemleri çalışılan canlı grubuna ve alana göre değişimler göstermesine rağmen, nematod biyoçeşitliliği çalışmalarında kullanılan yöntemler esas alınmıştır. Buna göre;

Taksonomik Çeşitlilik: Bu çalışmada nematodlar bitki paraziti ve serbest yaşayan nematodlar olmak üzere iki ana grupta incelenmiş ve bitki paraziti nematodlar ekonomik önemlerine göre tür seviyesinde, serbest yaşayan nematodlar cins ve familya düzeyinde değerlendirilmiştir.

Beslenme gruplarının dağılımı: Değişik besin kaynağına adapte olan nematodlar toprak ekosisteminde çeşitli ekolojik rollere sahiptirler. Bitki parazitleri, bakterivorlar, fungivorlar, predatörler ve omnivorlar olarak gruplandırılmışlardır. Bu gruplara ait tür çeşitliliği ve birim ağırlıktaki (100 g toprak) yoğunlukları belirlenmiştir.

C-P grupları: C-P grupları nematodların r-K yaşam stratejisi ilkelerine göre oluşturulmuş bir gruptur (14). C-P grup değeri arttıkça nematodların yaşam biçimindeki farklılıklar da artmakta ve özellikle toprak ortamındaki çevresel kaynaklı değişimlere karşı gösterdikleri tepkilerde de farklılıklar oluşmaktadır. Böylece bu gruplara ait yoğunluk değerlerindeki değişimler ile toprak sağlığı arasında ilişkiler kurulabilmektedir.

Biyçeşitlilik İndisleri: Biyçeşitlilik çalışmalarının temelini oluşturan tür sayısı (SR) ve nematod topluluklarının çeşitlilikleri incelenirken, çeşitliliğin sayısal ifadelerle özetlendiği indislerden yararlanılmıştır.

Nematolojik çalışmalarda en çok başvurulan indislerden Shannon-Weaver çeşitlilik indeksi (H') (15), başta olmak üzere yerine göre diğer indisler kullanılmıştır. Shannon-Weaver indeksi bir topluluktaki taksonomik çeşitliliği ve topluluktaki bireylerin bu taksonlar arasındaki orantısız dağılımını içeren bilgilerin sayısal ifadesidir. Böylece değişik alanlara ait toplulukların indislerle elde edilen sayısal değerlerin karşılaştırılmasıyla aralarındaki farklılıklar incelenmiştir.

İstatistiksel Analizler

Nematod yoğunluklarına ilişkin verilerin analizinde SPSS® paket programı kullanılarak, ANOVA, t testi ve temel istatistik yöntemler uygulanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

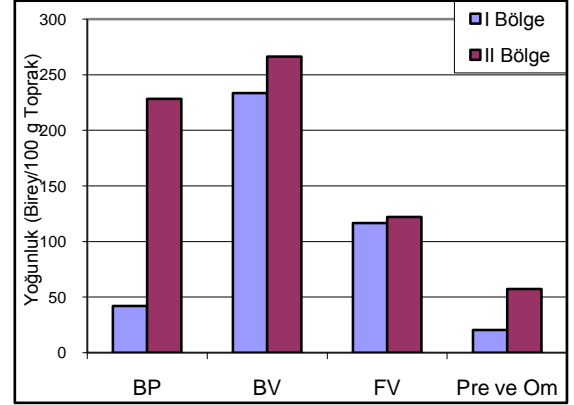
Trofik Gruplar: Trofik grupların I ve II. Alt-bölge pamuk alanlarında gösterdikleri yoğunluk dağılımı Şekil 2'de verilmiştir. Bitki paraziti nematodların oluşturduğu grubun, yoğunluk bakımından alt bölgeler arasında bariz farklılığa sahip olduğu saptanmıştır.

II. Alt-bölge pamuk ekiliş alanlarında tespit edilen bitki paraziti nematodların yoğunluk bakımından I. Alt-bölgede tespit edilenlere göre yaklaşık 5 kat daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 2). Bitki paraziti nematodların bu iki alt-bölgeye ait pamuk ekiliş alanlarında oluşturdukları yoğunluk farkı çok açık olmasına rağmen, bu farklılığı açıklamak için gerekli bilgi ve veri o derece açık değildir.

I. Alt-bölge pamuk alanlarını temsil eden Harran Ovası'nın sulu tarım geçmişinin, yeraltı sularıyla pamuk yetiştiriciliğinin yapıldığı II. Alt-bölgeye göre yeni olması buradaki bitki paraziti nematodların daha düşük düzeyde olmaları için bir neden olabilir. Diğer taraftan Harran Ovası'nın yükseltisinin daha düşük ve homojen yapılı, dağlarla çevrili bir ova olması ve pamuk tarımının

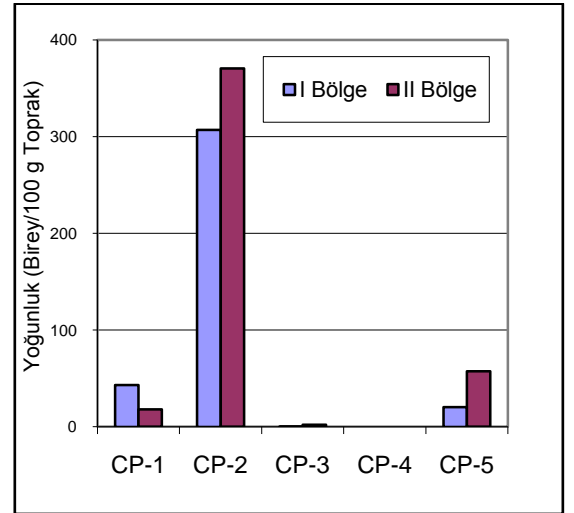
geçmişinin de yeni olmasının, bu alandaki pamuğun konukçuluk yaptığı bitki paraziti nematodların henüz bu bölgede yoğunluk ve çeşitlilik bakımından daha düşük olmalarına yol açtığı düşünülmektedir.

Bakterivor nematodlar yoğunluk bakımından her iki alt-bölgede bariz farklılık oluşturmamasına rağmen, II. Alt-bölgede daha yoğun oldukları; Fungivor nematodların ise her iki alt-bölgede de yoğunluk bakımından aynı oranlarda olduğu görülmektedir. Predatör ve omnivor grubu nematodların da yine II. Alt-bölgede daha yoğun oldukları görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Trofik grupların I ve II. Alt-bölge pamuk alanlarındaki yoğunluk dağılımı. BP: Bitki paraziti, BV: Bakterivor, FV: Fungivor, Pre ve Om: Predatör ve Omnivor

Nematod C-P grupları: CP-2 grubu ve CP-5 grubu nematodlara ait yoğunluk oranlarının II. Alt-bölgede bariz olmamakla birlikte daha yüksek olduğu diğer C-P gruplarının ise bariz farklılıklar içermediği saptanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. C-P gruplarının I ve II. Alt-bölge pamuk alanlarındaki yoğunluk dağılımı

Biyçeşitlilik indisleri: I. ve II. Alt-bölge pamuk üretim alanlarına ait biyçeşitlilik indeksi değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Biyçeşitlilik II. Alt-bölge pamuk alanlarına ait nematod biyçeşitlilik indislerinden tür çeşitliliği indeksi (SR), Shannon indeksi (H') ve Maturity indeksi

(MI) değerlerinin, I. Alt-bölgedeki değerlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Özellikle SR, H' ve MI indisleri habitatlar arası nematod biyoçeşitliliğinin karşılaştırmasında sık başvurulan ve ölçüm hassasiyetlerine güvenilen indisler arasında olan ABD'de yapılan çalışmalarda elde edilen verilere göre bitki paraziti nematodların tür çeşitliliği, yaygınlık, yoğunluk ve virulent türler bakımından daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir (18), (20). Bu durumda, Şanlıurfa ili pamuk ekiliş alanlarının ekonomik kayba neden olan bitki paraziti nematodların henüz çeşitlilik ve yoğunlukları bakımından nedenli iyi bir durumda olduğu açıktır.

Çizelge 1. Biyoçeşitlilik indislerinin I ve II. Alt-bölge pamuk alanlarındaki dağılımı

	SR	H	E	MI	DPW
I Bölge	6,9	1,5	0,8	1,5	0,3
II Bölge	11,8	2,0	0,8	2,4	0,3

Nematodların cins düzeyinde yoğunluk dağılımları: I. ve II. Alt-bölgede pamuk alanlarında bulunan nematodların cins düzeyinde yoğunluklarının dağılımını gösteren veriler Çizelge 2'de verilmiştir.

Her iki alt-bölge pamuk alanlarında nematod cinsleri yoğunluk bakımından bazı farklılıklar göstermiştir. Her iki alt-bölgede de öne çıkan bitki paraziti cinslerden *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Pratylenchoides*, *Geocenamus* ve *Paratylenchus*'un, II. Alt-bölgede bariz olarak daha yüksek yoğunluk değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Pamuk alanları için önemli sayılabilecek *Rotylenchulus* cinsi I. Alt-bölgede neredeyse yok denecek düzeyde düşük yoğunluğa sahipken; II. Alt-bölgede popülasyon yoğunluğunun yüksekliği dikkati çekmektedir. *Rotylenchulus* cinsine ait *R. reniformis* türünün özellikle ABD pamuk üretim alanlarında oldukça önemli bir zararlı olduğu bildirilmektedir (18), (19).

Şanlıurfa ili sınırları içerisinde pamuk ekilişinin en yaygın olduğu I. Alt-bölge ve II. Alt-bölgelerinde tespit edilen bitki paraziti nematodlara ilişkin elde edilen tür çeşitliliğinin ve yoğunluk değerlerinin, dolayısıyla olası bir ekonomik kayıp riskinin bazı lokal alanlar dışında henüz çok önemli düzeyde olmadığı söylenebilir. Çünkü dünyada önemli bir pamuk üreticisi önemli bir pamuk üreticisi olan ABD'de yapılan çalışmalarda elde edilen verilere göre bitki paraziti nematodların tür çeşitliliği, yaygınlık, yoğunluk ve virulent türler bakımından daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir [18], [20]. Bu durumda, Şanlıurfa ili pamuk ekiliş alanlarının ekonomik kayba neden olan bitki paraziti nematodların henüz çeşitlilik ve yoğunlukları bakımından nedenli iyi bir durumda olduğu açıktır.

Serbest yaşayan nematod faunasına bakıldığında her iki bölge arasında çok bariz farkları olmadığı, sadece Rhabditidae familyasına bağlı

nematodların I. Alt-bölgede daha yüksek yoğunluk değerine sahip oldukları görülmektedir (Çizelge 2).

SONUÇ

Şanlıurfa ilinde yürütülen bu çalışmada *Rotylenchulus* cinsine ait sadece *R. macrosomus* türü tespit edilmiştir. Fakat bu türün henüz pamuk ekiliş alanlarındaki ekonomik önemi hakkında fikir ileri sürmek erken olacaktır. Bu nematodun yarı endoparazitik bir yapıda olması ve yaygınlık gösterdiği alanlarda pamuk solgunluk hastalığının da yaygın olduğunun gözlenmesi, muhtemel bir fungus-nematod ilişkisinin olabileceği düşünülerek, II. Alt-bölge pamuk ekiliş alanlarında tespit edilen bu nematodun dikkatle izlenmesi ve üzerinde daha detaylı çalışılması gerekmektedir.

Çizelge 2. I. ve II. Alt- bölge pamuk alanlarında tespit edilen nematodların dağılımı

<i>Bitki Paraziti Nematodlar</i>	I Bölge			II Bölge			P
<i>Tylenchus</i> spp.	5,7	±	1,9	14,8	±	3,8	*
<i>Filenchus</i> spp.	1,5	±	0,6	3,6	±	1,7	OS
<i>Helicotylenchus</i> spp.	15,2	±	13,3	43,2	±	12,9	OS
<i>Rotylenchus</i> spp.	0,0	±	0,0	1,6	±	1,2	OS
<i>Roty. macrosomus</i>	0,7	±	0,7	58,4	±	19,0	**
<i>Pratylenchus</i> spp.	7,2	±	3,1	14,0	±	8,6	OS
<i>Pratylenchoides</i> spp.	1,3	±	1,3	41,6	±	12,0	OS
<i>Meloidogyne</i> spp.	0,2	±	0,2	0,0	±	0,0	OS
<i>Heterodera</i> sp.	0,2	±	0,2	0,0	±	0,0	OS
<i>Geocenamus</i> spp.	6,1	±	3,8	21,2	±	5,7	*
<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	0,4	±	0,3	0,0	±	0,0	OS
<i>Paratylenchus</i> spp.	3,5	±	1,4	30,0	±	8,8	**
Serbet Yaşayan Nematodlar							
Bakterivor	I Bölge			II Bölge			P
Rhabditidae	42,2	±	11,8	18,0	±	9,9	*
Panagrolaimidae	1,1	±	0,7	0,0	±	0,0	*
Monhysteridae	10,4	±	2,3	37,6	±	6,5	**
<i>Cephalobus</i> spp.	7,4	±	2,5	20,4	±	3,9	**
<i>Eucephalobus</i> spp.	3,7	±	1,7	0,8	±	0,6	*
<i>Acrobelloides</i> spp.	154,1	±	18,7	164,0	±	29,2	OS
<i>Cervidellus</i> spp.	3,0	±	1,4	2,4	±	1,8	OS
<i>Acrobeles</i> spp.	1,1	±	0,7	3,6	±	2,1	OS
<i>Wilsonema</i> spp.	3,0	±	1,6	10,8	±	2,8	**
<i>Matacrobeles</i> spp.	1,7	±	0,7	6,0	±	2,7	*
<i>Heterocephalobus</i> spp.	0,0	±	0,0	0,0	±	0,0	OS
<i>Amhidelus</i> sp.	0,4	±	0,3	0,0	±	0,0	OS
Diplogasteridae	5,0	±	2,1	0,8	±	0,6	*
Rhabditidae	0,2	±	0,2	2,0	±	1,2	OS
Fungivor							
<i>Aphelenchoides</i> spp.	25,0	±	4,3	31,6	±	18,0	OS
<i>Aphelenchus</i> spp.	32,8	±	6,5	20,8	±	5,4	OS
<i>Ditylenchus</i> spp.	58,9	±	12,4	69,7	±	12,7	OS
Predatör ve Omnivor							
Dorylaimida	18,9	±	2,9	57,2	±	9,3	**
Mononchida	1,5	±	0,8	0,0	±	0,0	OS

T Testine göre satırlardaki *:P<0.05, **:P<0.01, OS: Önemli

KAYNAKLAR

1. Anonymous, 1996. İzmir Ticaret Borsası, Pamuk Danışma Toplantısı Raporu, 5 Aralık 1996, İzmir.
2. Ö. Kaçira ve B. Karlı. Şanlıurfa ilinde pamuğun pazarlama yapısı. HR. Ü.Z.F.Dergisi, 8 2004 1 33-40.
3. G. W. Lawrence and K. S. McLean. Distribution of Nematodes. In Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf., San Antonio, TX 4-7 Jan. 1995. Natl. Cotton Council. Am. Memphis, TN, p. 196.
4. W. S. Gazaway and K. S. McLean,. A Survey of Plant-Parasitic Nematodes Associated with Cotton in Alabama. The Journal of Cotton Science 72003 1–7.
5. I. K. A. Ibrahim, Z. A. Handoo and A. A. El-Sherbiny. A Survey of Phytoparasitic Nematodes on Cultivated and Non-Cultivated Plants in Northwestern Egypt. Supplement to the J. of Nematology, 324S 2000 478–485.
6. H. Ertürk, S. Özkut, N. Borazancı, G. Hekimoğlu, Y. Arınç. Bitki zararlısı nematodların pamuk solgunluğu etmenleri ile ilişkileri ve korunma yolları. Bitki Koruma Bülteni, 152 1975 69-96.
7. İ.H. Elekçioğlu, B. Ohnesorge, G. Lung, N. Uygun. Plant parasitic nematodes in the East Mediterranean region of Turkey. Nematol. Medit. 22 1994 59-63.
8. U. Dinç, S. Şenol, M. Sayın, S. Kapur ve N. Güzel, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları GAT I. Harran Ovası. TÜBİTAK-TOAG Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Raporu 1988. Proje No: TOAG-534.
9. Aydemir, S. 2001. Palygorskite-influenced Vertisols and Vertic like soils in the Harran Plain in the Southeastern Turkey. PhD. Thesis, Texas A&M University, Soil and Crop Sciences Department, College Station, TX 77843, USA.
10. J. C. Prot and H. Ferris. Sampling Approaches for Extensive Surveys in Nematology. J. Nematology, 24 1992 757-764.
11. A. G. Whitehead and J. R. Hemming. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. An. of Applied Biology, 55 1965 25–38.
12. G. W. Yeates. Feeding types and feeding groups in plant and soil nematodes. Pedobiologia, 8 1971 173-79.
13. G. W. Yeates, T. Bongers, R. G. M. de Goede, D. W. Freckman & S. S. Georgieva,. Feeding habitats in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists. J. of Nematology, 25 1993 315–331.
14. T. Bongers. The maturity index—an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia 83 1990 14–19.
15. G. W. Yeates & T. Bongers. Nematode diversity in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74 1999 113–135.
16. D.A. Neher and B.J. Darby. Computation and application of nematode community indices: General guidelines. Pages 211-222 In: Abebe, E. editor Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy, CABI, 752 pp. 2006.
17. G.W. Yeates. Effects of plants on nematode community structure. Annu. Rev. Phytopathol. 37 1999 127-49.
18. R. E. Baird, R. F. Davis, P. J. Alt, B. G. Mullinix, and G. B. Padgett. Frequency and geographical distribution of plant-parasitic nematodes on cotton in Georgia. Supplement to the J. Nematology 28 1996 661–667.
19. McLean, K. S. and G. W. Lawrence. A Survey of Plant-Parasitic Nematodes Associated with Cotton in Northeastern Louisiana. Nematology, 324S 2000 508–512.
20. J. A. Wrather, T. L. Niblack and M. R. Milam. Survey of plant-parasitic nematodes in Missouri cotton fields. Supplement to the J. of Nematology, 24 1992 779–782.

İğdir Ovası Koşullarında Pan Evaporasyonu Kullanılarak Referans Evapotranspirasyon Eşitliklerinin Değerlendirilmesi

Sebahattin KAYA^{1*} Salih EVREN² Hülya BAKIR² Erdal DAŞCI²
Mesut Cemal ADIGÜZEL²

¹: Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

²: Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 25090, Erzurum, TÜRKİYE

Özet

Referans evapotranspirasyonun doğru olarak tahmin edilmesi sulama uygulamaları için önemlidir. Pan buharlaşmasından referans evapotranspirasyonun elde edilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. 2004 yılı yetiştirme sezonunda İğdir Ovası koşullarında yapılmış olan bu çalışmada, on farklı eşitlikten elde edilmiş olan referans evapotranspirasyon (ET_o) değerleri, FAO Pan Evaporasyon yöntemi ET_{pan} değerleri ile farklı zaman aralıklarına göre kıyaslanmıştır. Haftalık, on günlük ve aylık analizlerden elde edilen R² değerleri, günlük analizlere göre daha yüksek, RMSE değerleri ise daha düşük olmuştur. Haftalık, on günlük ve aylık zaman dilimleri arasında (b), R², RMSE ve (d) değerlerinin fazla değişmediği belirlenmiştir. Artan zamana göre, FAO pan evaporasyonu ve referans evapotranspirasyon değerleri değişim katsayılarının (CV), onuncu günden itibaren uyumlu bir seyir izledikleri tespit edilmiştir. İstatistiksel kriterlere göre, FAO Penman-Monteith eşitliği, FAO Pan Evaporasyon yöntemi ile en iyi uyumu veren eşitlik olmuştur ve sırasıyla Penman-Monteith ve FAO Penman eşitlikleri tarafından takip edilmiştir. Hargreaves-Samani eşitliği, bir hafta ve daha uzun zaman dilimleri için söz konusu üç eşitliği takiben iyi performans göstermiştir. Böylece, İğdir Ovası koşullarında FAO pan evaporasyonu, FAO Penman-Monteith ve Penman-Monteith eşitliklerinden elde edilen bir hafta ve daha uzun süreli ET_o değerlerinin hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, FAO pan evaporasyonu, FAO Penman ve Hargreaves-Samani eşitliklerinden elde edilen bir hafta ve daha uzun süreli ET_o değerlerinin uygun katsayılarla çarpılmak suretiyle, birbirlerinin yerine kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İğdir Ovası, A sınıfı buharlaşma kabı, Evaporasyon, Referans evapotranspirasyon

Evaluation of Reference Evapotranspiration Equations Using Pan Evaporation Under The İğdir Plain Conditions

Abstract

Accurate estimation of reference evapotranspiration (ET_o) is essential for irrigation practice. The conversion of reference evapotranspiration from pan evaporation data is commonly practiced. In this study conducted under the İğdir Plain conditions in the grown season of 2004, reference evapotranspiration (ET_o) values obtained from ten different equations were compared with those of FAO Pan Evaporation (FAO PE) method for different time intervals. Despite the low R² values and high RMSE values on daily basis, lower RMSE values and higher R² values were observed on weekly, ten-day and monthly basis. In the weekly, ten-day and monthly periods, (b), R², RMSE and (d) values have not changed much. Coefficients of variation (CV's) of FAO pan evaporation and reference evapotranspiration values examined according to increasing time intervals were followed in compliance since the tenth day. Analysis showed that FAO Penman-Monteith equation provided closer agreement with the FAO PE method and followed by Penman-Monteith and FAO Penman equations, respectively. Hargreaves-Samani equation also showed a good performance following these three equations for one week and longer periods. Thus, under the İğdir Plain conditions, ET_o values obtained from FAO pan evaporation, FAO Penman-Monteith, and Penman-Monteith methods were almost the same for one week and longer-term. In addition, it was determined that ET_o values obtained from FAO pan evaporation, FAO Penman, and Hargreaves-Samani methods can be used interchangeably by multiplying with the appropriate coefficients for a week and longer-term.

Key Words: İğdir Plain, Class A pan, Evaporation, Reference evapotranspiration

GİRİŞ

Su kıtlığı özellikle Üçüncü Dünya Ülkeleri olmak üzere çoğu ülkelerin karşı karşıya kaldığı bir tehlikedir. Bu durum, farklı sektörlerdeki kullanıcılar tarafından tatlı

suya olan talebi artıran ve daha da önemlisi çöllerleşme ve mevcut su kaynaklarının aşırı tüketimi gibi çevresel problemlere sebep olan iklim değişikliğine bağlanabilir (1, 2). Su talebi ve su kaynakları kıtlığındaki artış nedeniyle suyun korunması, dolayısıyla, etkin sulama ve

* e-posta: sebahattinkaya@yahoo.com

iyi bir su yönetimi, özellikle yarı-kurak ve kurak bölgelerde bir zorunluluk olmaktadır. Proje planlamada ve araştırmalarda kullanım için sıklıkla ürün su gereksinimlerine veya evapotranspirasyon verilerine ihtiyaç duyulur.

Evapotranspirasyon (ET), bir toprak-bitki sisteminde transpirasyon ve evaporasyon ile atmosfere eşzamanlı su taşınımı işlemidir (3) ve sulama planlaması ve yönetimi yanında, klimatolojik ve hidrolojik çalışmalar için önemli bir parametredir (4). Atmosferin evaporatif talebi ve bitki transpirasyonunun belirlenmesindeki zorluklar nedeniyle evapotranspirasyonun direkt ölçümü zordur. Uygulamada ilk önce standart bir yüzey (çim veya yonca) için referans evapotranspirasyon (ET_o veya ET_r) elde edilir. Daha sonra farklı ürünler için ET'yi belirlemek için ET_o ampirik bir bitki katsayısı (K_c) ile çarpılır ve aşağıdaki gibi formüle edilir (5).

$$ET = ET_o \cdot K_c \quad (1)$$

Bu yöntemde ET tahmininin doğruluğu, ET_o'nun hesaplanmasının yanında uygun bitki katsayılarının üretilmesine bağlıdır. Halen, ET_o ya bir meteoroloji istasyonundan alınan mevcut meteorolojik veriler kullanılarak modellenmektedir veya bir dönüşüm faktörü (K_{pan}) ile çarpılmış pan gözlemlerinden (E_{pan}) türetilmektedir (6). Özellikle, bazı lokasyonlarda ET_o'yu hesaplamak için yeterli iklim verileri olmadığında, A sınıfı buharlaşma kabı (class A pan) verileri alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Daha da önemlisi kolaylığı, düşük masraflı oluşu ve sulama planlaması için kolay uygulanabilir olmasından dolayı buharlaşma kabı (evaporasyon pan) ölçümleri bitki su tüketimi tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır (7, 8). Bu bağlamda, Phene et al. (9) toprak suyunun bitki büyümesini sınırlandırmadığı şartlarda, yeterli katsayılarla Class A pan evaporasyon ölçümlerinden günlük ürün su tüketiminin mantıklı tahminlerinin elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, pan verilerinden elde edilen ET_o tahminlerinin genellikle 10 gün veya daha uzun dönemler için kullanılabilceği belirtilmiştir (3, 5).

Referans evapotranspirasyonun belirlenmesi için, özellikle son 30 yıl içerisinde çok sayıda ET_o modeli (eşitlik) geliştirilmiştir. Ancak, ET_o'nun tahminini yapmak için bir bölgede bu eşitlikler uygulanmadan önce, bu ampirik eşitlikler meteorolojik veriler eşliğinde lizimetre veya class A pan ile yerel olarak elde edilmiş verilere dayandırılarak değerlendirilmeli ve kalibre edilmelidir. Lizimetreler ET_o'nun daha güvenilir ölçümlerini sağlayabilmelerine rağmen, masraflı kurulum ve bakım, model doğrulama amaçlı uygulamalarda dahi onların uygulanmasını sınırlandırmaktadır. Bunun yerine Class A pan, ET_o'yu üretmek veya ET_o modelini doğrulamak için sıkça kullanılır (6).

Panlar düzgün olarak kurulduğunda (yerleştirildiğinde), pan buharlaşması (E_{pan}) ve ET_o arasında yüksek bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (5). ET_o'yu tahmin etmek için E_{pan} verileri, pan etrafındaki

uniform bir yüzeyin uzunluğu, günlük rüzgâr hızı ve günlük ortalama nemliliğin bir fonksiyonu olan pan katsayısı (K_{pan}) ile çarpılır. Bu yöntem FAO Pan Evaporasyon (FAO PE) yöntemi olarak adlandırılmaktadır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir (5).

$$ET_o = E_{pan} \cdot K_{pan} \quad (2)$$

Pan evaporasyonu ile çeşitli ET_o eşitliklerinin kıyaslanması birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Ancak bu tür araştırmaların sonucu yöreden yöreye değiştiği ve bazı eşitlikler (FAO Penman-Monteith gibi) son yıllarda geliştirilerek küresel geçerlilik kazandığı için bu araştırmanın yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu araştırmada, çeşitli eşitliklerden elde edilen ET_o değerlerinin, FAO PE yöntemi ile elde edilmiş olan ET_o değerleriyle kıyaslanması amaçlanmıştır. Ayrıca, gerçek zamanlı sulama planlaması için FAO PE yöntemi ve çeşitli eşitliklerden elde edilen ET_o değerlerinin farklı zaman aralıklarına göre uyumlulukları test edilmiş ve sınırlı iklim verileri kullanan ET_o tahmin yöntemlerinin güvenilirliği FAO PE yöntemi ile kıyaslanmak suretiyle irdelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu araştırma, 2004 yılında İğdır Toprak ve Su Kaynakları Araştırma İstasyonu'nda yürütülmüştür. İğdır Ovası, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 39°38' -40°03' kuzey enlemleri ile 44°49' - 45°31' doğu boylamları arasında yer almakta olup denizden ortalama yüksekliği 850 m'dir. Bölge, yıllık olmak üzere, 255.7 mm yağış miktarı, 12.1 °C ortalama sıcaklığı, % 55 bağıl nemi ve 6.41 saat gün⁻¹ güneşlenme miktarı ile yarı-kurak bir iklime sahiptir (10).

Toprak ve Su Kaynakları Araştırma İstasyonu'nda 2001 yılında konuşlandırılmış olan otomatik meteoroloji istasyonunda, toprak yüzeyinden 2 m yükseklikteki sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile toprak yüzeyinin 5, 10, 20, 50 ve 100 cm aşağısındaki toprak sıcaklıkları ölçülmektedir. Ölçülen bu değerler bir datalogger (Campbell Scientific Inc., CR 21 X) yardımıyla saatlik olarak kaydedilmektedir. Ayrıca, otomatik meteoroloji istasyonu içerisinde çıplak toprak üzerine bir buharlaşma kabı yerleştirilmiştir. Otomatik meteoroloji istasyonu dolayısıyla buharlaşma kabı, meyve bahçeleri ile çevrili bir alan içerisine yerleştirilmiş olup, buharlaşma kabının etrafındaki çıplak alanın hâkim rüzgâr ve diğer yönlerdeki ortalama uzunluğu 100 m olarak belirlenmiştir.

1210 mm çapında ve 255 mm derinliğinde, dairesel şekilli olan A sınıfı buharlaşma kabı (class A pan) demir saçtan yapılmış ve kurulmadan önce gri renk boya ile boyanmıştır. Buharlaşma kabı, Doorenbos and Pruitt (5)'de belirtildiği şekilde, 50 mm yüksekliğinde sıkıştırılmış toprak dolgu üzerine konulan 100 mm yüksekliğindeki kare şekilli bir ahşap platform üzerine yerleştirilerek zeminden 150 mm yukarıda olması sağlanmıştır. Evaporasyon ölçümleri, buharlaşma kabının içine yerleştirilmiş ve yataylığı sağlanmış, 100 mm çapında, suyun durgunluğunu sağlayan silindirik metal

kap içindeki kanca düzeneği ile yapılmıştır. Silindirik metal kabın tabanına yakın ve eşit mesafeli olarak açılmış 10 mm çapında üç oyuk vasıtasıyla metal kap ile buharlaşma kabı arasında suyun serbest hareketi sağlanmıştır. Buharlaşma kabı üst yüzeyinin 50 mm aşağısına kadar su ile doldurulmuş ve gerektiğinde kaba su ilave etmek suretiyle kabın üst kenarından 50 – 75 mm aşağıda olacak şekilde su seviyesi korunmuştur (5, 11). Pan evaporasyon ölçümleri her gün saat 08.00`da yapılmıştır. Günlük hava sıcaklığı ve bağıl nem verileri, pan ölçümünden hemen önceki 24 saat içinde kaydedilmiş olan saatlik verilerden elde edilmiştir. Günlük rüzgâr hızı ve güneşlenme verileri İğdır Meteoroloji İstasyonu`ndan alınmıştır. Zira verilerin eksikliğinde yakın istasyondan alınabileceği belirtilmiştir (3). Bu veriler her bir gün için referans ürün evapotranspirasyonunu hesaplamak için kullanılmıştır. Günlük pan evaporasyon değerleri 1 Nisan 2004`den 1 Kasım 2004`e kadar ölçülmüş ve ETo aynı dönem için günlük olarak hesaplanmıştır.

METOT

Pan evaporasyonuna dayalı referans evapotranspirasyonun belirlenmesi

Buharlaşma kabından elde edilen günlük buharlaşma değerleri ve FAO 24 (5, 11)`de verilmiş olan pan katsayıları kullanılarak Eşitlik (2)`ye (FAO PE yöntemi) göre günlük referans evapotranspirasyon (ETpan) değerleri belirlenmiştir.

İklim verilerine dayalı referans evapotranspirasyonun belirlenmesi

Otomatik meteoroloji istasyonu ve İğdır Meteoroloji İstasyonu`ndan alınan günlük iklim verileri, aşağıda verilmiş olan ETo ve ETr eşitliklerinde kullanılarak günlük referans evapotranspirasyon (ETo) değerleri hesaplanmıştır. ETo hesaplamaları MS Excel programı kullanılarak yapılmıştır. FAO PM yöntemi ETo değerleri Cropwat 8.0 paket programı (12) kullanılmak suretiyle de hesaplanarak kontrol edilmiştir.

Çim kıyas su tüketimini (ETo) hesaplayan eşitlikler

- FAO 24 Penman Eşitliği (5),

$$ETo = \left[V \cdot Rn + \left(-W \right) \cdot 2.7 \cdot fu \cdot \left(ea - ed \right) \right] \quad (3)$$

- FAO 24 Modifiye Penman Eşitliği (5),

$$ETo = c \cdot \left[V \cdot Rn + \left(-W \right) \cdot 2.7 \cdot fu \cdot \left(ea - ed \right) \right] \quad (4)$$

- Penman-Monteith Eşitliği (13),

$$\lambda \cdot ETo = \left[\left(Rn - G \right) + \rho \cdot Cp \left(ea - ed \right) \right] \cdot \left[\frac{ra}{\lambda} \right] + \gamma \cdot \left(+rc / ra \right) \quad (5)$$

- FAO 56 Penman-Monteith Eşitliği (3),

$$ETo = \left[0.408 \cdot \Delta \left(Rn - G \right) + \gamma \left(\frac{1000}{T + 273} \right) \cdot U_2 \left(ea - ed \right) \right] \cdot \left[\frac{ra}{\lambda} \right] + \gamma \left(+0.34U_2 \right) \quad (6)$$

- FAO 24 Blaney-Criddle Eşitliği (5, 14),

$$ETo = a + b \left[0.46 \cdot Tmean + 8.13 \right] + \left(0.1 \cdot E / 1000 \right) \quad (7)$$

- FAO 24 Radyasyon Eşitliği (5),

$$ETo = a + b \left(V \cdot Rs \right) \quad (8)$$

- Hargreaves-Samani Eşitliği (15),

$$ETo = 0.0023 \cdot Ra \left(T_{max} - T_{min} \right)^{0.5} \cdot \left(Tmean + 17.8 \right) \quad (9)$$

Yonca kıyas su tüketimini (ETr) hesaplayan eşitlikler

- Wright-Penman Eşitliği (16),

$$\lambda \cdot ETr = \left[V \cdot (Rn - G) \right] \left[(-W) \right] 6.43 \cdot fu \cdot (ea - ed) \quad (10)$$

- Kimberly Penman Eşitliği (17),

$$\lambda \cdot ETr = \left[V \cdot (Rn - G) \right] \left[(-W) \right] 6.43 \cdot fu \cdot (ea - ed) \quad (11)$$

-Jensen-Haise Eşitliği (13),

$$ETr = C_T (T_{mean} - T_x) R_s \quad (12)$$

Bu eşitliklerde: ETo veya ETr, kıyas su tüketimi (mm gün⁻¹); λ, suyun buharlaşma gizli ısı (MJ kg⁻¹); W, ağırlık faktörü denilen bir katsayı; Rn, net radyasyon (5, 6, 10 ve 11 no'lu eşitliklerde MJ m⁻² gün⁻¹, diğerlerinde mm gün⁻¹); fu, eşitliklere göre değişen rüzgar fonksiyonu; (ea-ed), su buharı açığı (5, 6, 10 ve 11 no'lu eşitliklerde kPa, diğerlerinde mbar); c, düzeltme katsayısı; Δ, doymuş buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa °C⁻¹); γ, psikrometrik sabit (kPa °C⁻¹); ρ, havanın yoğunluğu (kg m⁻³), Cp, nemli havanın özgül ısı (MJ kg⁻¹ °C⁻¹); ra, su buharı transferine karşı hava direnci (s m⁻¹); rc, su buharı transferine karşı yüzey direnci (s m⁻¹); G, toprak ısı akısı yoğunluğu (5, 6, 10 ve 11 no'lu eşitliklerde MJ m⁻² gün⁻¹, diğerlerinde mm gün⁻¹); Tmean, ortalama hava sıcaklığı (°C); E, deniz seviyesinden olan yükseklik (m); U₂, toprak yüzeyinden 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m s⁻¹); a ve b, eşitliklere ve iklim özelliklerine göre değişen katsayılar; p, günlük gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı; Rs, solar radyasyon (mm gün⁻¹); Ra, ekstrasolar radyasyon (mm gün⁻¹); Tmax, maksimum hava sıcaklığı (°C); Tmin, minimum hava sıcaklığı (°C); C_T, sıcaklık katsayısı; Tx, meteoroloji istasyonu sıcaklık eksen kesim değeridir.

İstatistiksel Analizler

İstatistiksel kriterler olarak, ortalama karesel hata (RMSE), Wilmott uyum indeksi (d) (18) ve doğrusal regresyona bağlı olarak eğim (b) ve determinasyon katsayısı (R²) kullanılmıştır.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right]^{0.5}$$

(13)

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right], \quad 0 \leq d \leq 1$$

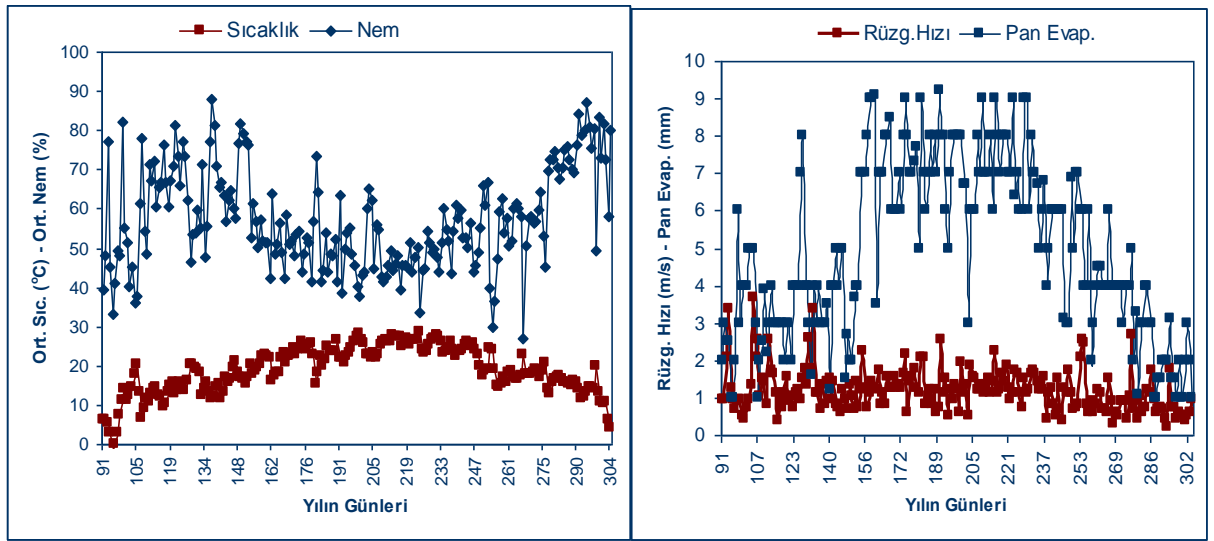
(14)

Burada, P_i (3) – (12) no'lu eşitliklerden elde edilen ETo değerleri; O_i, Eşitlik (2) ile elde edilen ETpan değerleri; \bar{O} , Eşitlik (2)'den elde edilen ortalama ETpan değeri ve N gözlem sayısıdır. (d) değerinin bir (1) olması tam uyumu, sıfır (0) olması ise zayıf bir uyumu ifade etmektedir (18). Bir eşitliğin mükemmel performans göstermesi durumunda, onun RMSE değerinin sıfır (0), R² değerinin bir (1), (d) ve (b) değerlerinin bir (1) olması gerekir (19). RMSE'nin birimi, ETo'nun birimi ile aynı olup, (d) değerleri birimsizdir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Günlük ETpan ve ETo değerlerinin elde edilmesinde kullanılan günlük pan evaporasyonu ve meteorolojik değerler Şekil 1'de verilmiştir. Günlük ETpan ve ETo değerlerinden haftalık, 10 günlük ve aylık ortalama değerler elde edilmiştir. Farklı zaman dilimlerine göre elde edilmiş olan ETo değerleri yukarıda belirtilen istatistiksel kriterlere göre ETpan değerleriyle kıyaslanmıştır ve sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Zaman dilimlerinin belirlenmesinde farklı araştırmacılar (3, 5, 9, 20, 21) tarafından yapılmış olan öneriler dikkate alınmıştır. ETpan verilerine karşı ETo verileri doğrusal olarak ilişkilendirilirken regresyon hattı orijinden geçirilmiş ve aşağıdaki ilişki oluşturulmuştur.

$$ETo = b \cdot ETpan \quad (15)$$



Şekil 1. Günlük iklim ve pan evaporasyon değerleri

Günlük analizlerde R^2 değerlerinin düşük RMSE değerlerinin ise 1 mm gün^{-1} den daha yüksek olduğu; haftalık, on günlük ve aylık analizlerde ise günlük analizlere göre R^2 değerlerinin daha yüksek, RMSE değerlerinin ise daha düşük olduğu Çizelge 1`den anlaşılmaktadır. Ayrıca, haftalık, on günlük ve aylık zaman dilimleri arasında (b), R^2 , RMSE ve (d) değerlerinin fazla değişmediği anlaşılmıştır. Çizelge 1`de görüldüğü gibi, günlük analizlerde; Penman-Monteith (PM), FAO Penman-Monteith (FAO PM) ve FAO Penman (FAO P) eşitlikleri, FAO PE yöntemine göre hafifçe düşük (FAO P eşitliği hariç) olmak üzere oldukça yakın ETo değerleri vermişlerdir (b değerleri sırasıyla 0.977, 0.946, 1.084 olarak tespit edilmiştir). Bu üç eşitliğin dışında kalan diğer eşitlikler FAO PE yöntemine göre daha yüksek değerler vermişlerdir. R^2 , RMSE ve (d) değerleri dikkate alındığında PM, FAO PM ve FAO P eşitlikleri, diğer bazı eşitliklere göre daha düşük R^2 değerlerine sahip olmalarına rağmen, daha düşük RMSE ve daha yüksek (d) değerlerine sahip olarak daha iyi performans göstermişlerdir. Bu yönüyle en iyi performansı FAO PM eşitliği göstermiş ve bunu PM ve FAO P eşitlikleri takip etmiştir. Günlük analizlere göre FAO PM ve PM eşitliklerine ait RMSE değerlerinin 1 mm gün^{-1} civarında (sırasıyla 1.019 ve $1.040 \text{ mm gün}^{-1}$) olduğu ve bu değerlerin Phene et al. (9) tarafından belirtildiği gibi toprak suyunun bitki büyümesini sınırlandırmadığı şartlarda bitki su tüketimini önemli derecede etkilemeyeceği anlaşılmıştır.

Haftalık, on günlük ve aylık analizlerde PM, FAO PM ve FAO P eşitlikleri, FAO PE yöntemine oldukça yakın değerler vermişlerdir. Bu yöntemlerle elde edilen haftalık ETpan ve ETo değerleri Şekil 2`de verilmiştir. Bu üç eşitliğin dışında kalan diğer eşitlikler daha yüksek (b) değerleri, dolayısıyla FAO PE yöntemine göre daha yüksek ETo değerleri vermişlerdir. R^2 , RMSE ve (d) değerleri dikkate alındığında PM, FAO PM ve FAO P eşitlikleri, diğer bazı yöntemlere göre daha düşük R^2 değerlerine sahip olmalarına rağmen, daha düşük RMSE ve daha yüksek (d) değerlerine sahip olarak daha iyi

uyum göstermişlerdir. Bu yönüyle en iyi uyum gösteren FAO PM eşitliğinin RMSE ve (d) değerleri haftalık, on günlük ve aylık zaman dilimleri için sırasıyla 0.478–0.972, 0.384–0.980 ve 0.328–0.986 olmuştur. Haftalık, on günlük ve aylık analizlere göre, sadece PM ve FAO PM yöntemleri, 0.5 mm gün^{-1} den daha düşük RMSE değerleri ile çok iyi bir performans göstermişlerdir. Bir hafta ve daha uzun zaman dilimleri için FAO P ve Hargreaves-Samani (H-S) eşitlikleri, söz konusu iki eşitliği takiben (1 mm gün^{-1} den daha düşük RMSE değerleri ile) iyi performans gösteren eşitlikler olmuşlardır.

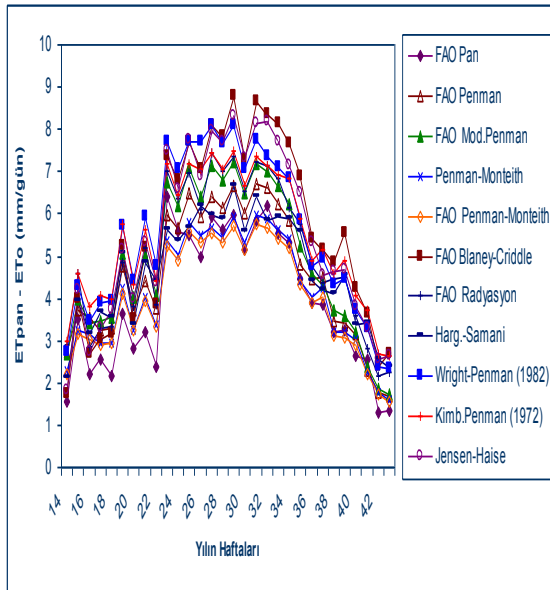
Diğer taraftan günlük analizlerde, H-S ve Kimberly Penman (KP) eşitlikleri R^2 değerlerinin 0.5`den düşük olmalarına rağmen, haftalık, on günlük ve aylık analizlere göre R^2 değerlerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu noktanın daha iyi anlaşılması için, artan zaman aralıklarına (artan günlere) göre ETpan ve ETo verilerinin değişim katsayılarının (CV) seyri Şekil 3`de verilmiştir. Şekil 3`de de görüldüğü gibi yedinci günden itibaren FAO PE yöntemi CV değerlerinin sabitleştiği ve onuncu günden itibaren FAO PE yöntemi ve ETo eşitlikleri CV değişimlerinin paralel bir seyir izledikleri anlaşılmaktadır. Bu durum, Allen et al. (3) ve Doorenbos and Pruitt (5)`de belirtilen ifadelerle uyumaktadır. Onlar, pan verilerinden elde edilen ETo tahminlerinin genellikle 10 gün veya daha uzun dönemler için önerildiğini belirtmişlerdir. Eşitliklerin CV değişimleri incelendiğinde, genel olarak Penman eşitliklerinin ilk günlerden itibaren sabit bir seyir izlemelerine rağmen, H-S, FAO Blaney-Ciddle, FAO Radyasyon ve Jensen-Haise eşitliklerinin ilk günlerdeki seyirlerinin değişken olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumla ilgili olarak, 1–2 günlük değerler dikkate alındığında pan evaporasyonu ile H-S eşitliği arasında kabul edilemez sapmalar olurken bir hafta ve daha uzun süreler için daha uyumlu sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir (20, 21). Ayrıca, H-S eşitliğinin kullanımından elde edilen haftalık ve aylık referans evapotranspirasyon sonuçlarının memnun edici olduğu da belirtilmiştir (2, 22).

Dikkate alınan bütün zaman dilimlerine göre yonca kıyas su tüketimini (ET_r) hesaplayan eşitlikler, çim kıyas su tüketimini (ET_o) hesaplayan eşitliklere göre daha yüksek değerler vermişlerdir. Hatta doğrusal regresyona (Çizelge 1'deki değerlere) göre dahi, PM ve Wright-Penman eşitlikleri arasında oransal (ET_r/ET_o) olarak 1.336 katsayısı elde edilmiş olup, bu değer, Baselga and Allen (23)'de önerilen 1.32 değerine çok yakın olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, bu durum ET_o ve ET_r hesaplamalarının doğruluğu açısından bir kıyaslama olmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, class A pan evaporasyon değerleri ile kıyaslanması amacıyla 2004 yılında İğdır Ovası koşullarında yapılmıştır. Kıyaslamalar günlük, haftalık, on günlük ve aylık zaman dilimlerine göre yapılmıştır.

Günlük analizlerde, bütün eşitlikler FAO PE yöntemi ile iyi bir uyum göstermelerine rağmen, R² değerlerinin düşük, RMSE değerlerinin ise yüksek olduğu gözlenmiştir. Haftalık, on günlük ve aylık analizlerde ise, günlük analizlerin aksine, R² değerlerinin yüksek, RMSE değerlerinin ise düşük olduğu ve söz konusu zaman dilimleri arasında (b), R², RMSE ve (d) değerlerinin fazla değişmediği tespit edilmiştir.

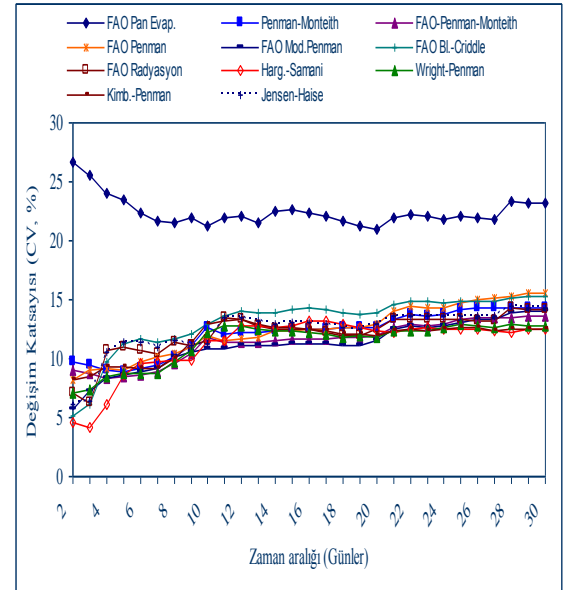


Şekil 2. Haftalık ortalama ET_{pan} ve ET_o değerleri

Haftalık, on günlük ve aylık analizlerde; PM, FAO PM ve FAO P eşitlikleri, FAO PE yöntemine oldukça yakın değerler vermişlerdir ve çok iyi bir performans göstermişlerdir. Bir hafta ve daha uzun zaman dilimleri için H-S eşitliği, söz konusu üç eşitliği takiben iyi performans gösteren eşitlik olmuştur.

Artan zaman aralığına göre, FAO PE yöntemi ve ET_o eşitliklerinin CV değişimleri grafiklenmiş ve FAO PE yöntemi CV değerlerinin 7. günden itibaren sabitleştiği ve onuncu günden itibaren yöntemlerin CV değişimlerinin paralel bir seyir izledikleri belirlenmiştir. Ayrıca, istatistiksel analizlere (Çizelge 1'e) göre de bir hafta ve daha fazla zaman aralıkları için ET_{pan} ve ET_o verilerinin iyi bir uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, İğdır koşullarında sulama planlaması için, FAO pan evaporasyonu, FAO Penman-Monteith ve Penman-Monteith eşitliklerinden elde edilen bir hafta ve daha uzun süreli ET_o değerlerinin hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, özellikle evaporasyon dalgalanmalarının az olduğu sulama mevsiminde olmak üzere, FAO pan evaporasyonu, FAO Penman ve Hargreaves-Samani eşitliklerinden elde bir hafta ve daha uzun süreli ET_o değerlerinin uygun katsayılarla çarpılmak suretiyle, birbirlerinin yerine kullanılabileceği de anlaşılmıştır.



Şekil 3. Değişen zaman aralığına göre yöntemlerin "Değişim Katsayısı (CV)" seyri

Çizelge 1. Eşitlik (2–12) kullanılarak elde edilmiş *ETpan* ve *ETo* değerlerinin kıyaslanması için istatistiksel test sonuçları

FAO pan evaporasyon yöntemi ile ilişkilendirilen eşitlikler	GÜNLÜK				HAFTALIK				10 GÜNLÜK				AYLIK			
	b	R ²	RMSE (mm gün ⁻¹)	d	b	R ²	RMSE (mm gün ⁻¹)	d	b	R ²	RMSE (mm gün ⁻¹)	d	b	R ²	RMSE (mm gün ⁻¹)	d
FAO Penman	1.084	0.532	1.217	0.880	1.128	0.875	0.767	0.941	1.137	0.914	0.725	0.943	1.135	0.937	0.675	0.951
FAO Mod. Penman	1.170	0.611	1.387	0.865	1.215	0.904	1.060	0.905	1.224	0.932	1.042	0.902	1.222	0.946	1.008	0.909
Penman - Monteith	0.977	0.514	1.040	0.897	1.016	0.869	0.490	0.972	1.024	0.911	0.404	0.979	1.023	0.939	0.336	0.985
FAO Penm.-Monteith	0.947	0.514	1.019	0.897	0.985	0.865	0.478	0.972	0.993	0.909	0.384	0.980	0.992	0.934	0.328	0.986
FAO Blaney-Criddle	1.345	0.664	2.022	0.794	1.394	0.928	1.771	0.811	1.400	0.941	1.761	0.800	1.400	0.971	1.708	0.813
FAO Radyasyon	1.203	0.564	1.548	0.840	1.247	0.915	1.158	0.889	1.254	0.943	1.143	0.883	1.255	0.961	1.113	0.890
Hargreaves - Samani	1.075	0.191	1.358	0.834	1.120	0.631	0.924	0.901	1.129	0.694	0.867	0.905	1.131	0.799	0.777	0.925
Wright - Penman	1.307	0.565	1.880	0.795	1.358	0.877	1.652	0.812	1.367	0.909	1.643	0.804	1.367	0.932	1.607	0.815
Kimberly Penman	1.276	0.403	1.772	0.793	1.315	0.781	1.521	0.813	1.324	0.819	1.508	0.806	1.326	0.861	1.474	0.816
Jensen-Haise	1.313	0.651	1.879	0.807	1.360	0.929	1.620	0.828	1.369	0.953	1.613	0.818	1.368	0.974	1.569	0.830

KAYNAKLAR

1. L. S. Pereira, Water and Agriculture: Facing Water Scarcity and Environmental Challenges. Agricultural Engineering International: the CIGR E journal , 7 2005, 1-26.
2. O.B. Adeboye, J.A. Osunbitan, K.O. Adekalu, D.A. Okunade, Evaluation of FAO-56 Penman Monteith and Temperature Based Models in Estimating Reference Evapotranspiration. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, Volume XI 2009, Manuscript number 1291.
3. R.G. Allen, R.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, Rome, 1998.
4. P. C. Sentelhas, T.J. Gillespie, E. A. Santos, Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. Agricultural Water Management 97 2010, 635-644.
5. J. Doorenbos, W.O. Pruitt, Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper, 24, Rome, 1977.
6. Z. Xing, L. Chow, F. Meng, H. W. Rees, J. Monteith, S. Lionel, Testing reference evapotranspiration estimation methods using evaporation pan and modeling in maritime region of Canada. J. Irrig. Drain. Eng., ASCE, 134 4, 2008, 417-424.
7. G. Stanhill,. Is the class A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements. Agricultural and Forest Meteorology, 112 2002, 233-236.
8. W.H. Lim , M. L. Roderick, M. Hobbins,T, S. C. Wong, P.J. Groeneveld, F. Sun, G. D. Farquhar, The aerodynamics of pan evaporation. Agricultural and Forest Meteorology, 152 2012, 31-43.
9. C.J. Phene, D.A. Clark, G.E. Cardon, Real-time calculation of crop evapotranspiration using an automated pan evaporation system.Proceeding of the international conference on evapotranspiration and irrigation scheduling Eds. C.R.Camp, E.J.Sadler, and R.E.Yoder. November 3-6,San Antonio,TX., 1996, 189-194.
10. M.G.M. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, www.mgm.gov.tr, erişim tarihi: 01.02.2012.
11. J. Doorenbos, W.O. Pruitt, Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper, 24, Rome, 1992.
12. http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_crowpat.html, erişim tarihi: 28.04.2010
13. M.E. Jensen, R.D., Burman, R.G. Allen, Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, ASCE, New York 1990.
14. D.K. Frevert, R.W. Hill, B.C. Braaten, Estimation of FAO Evapotranspiration Coefficients. J. Irrig. Drain Eng. ASCE.109 1983, 265-270.
15. G.H., Hargreaves, Z.A., Samani, Reference crop evapotranspiration from temperature. Appl. Eng. in Agric. Trans. ASAE 1 2, 1985, 96-99.
16. J.L. Wright, New evapotranspiration Crop Coefficients. Journal of Irrigation and Drainage. 108 IR2, 1982, 57-74.
17. J.L. Wright, M.E. Jensen, Peak water requirements of crops in Southern Idaho. Journal of Irrigation and Drainage. 96 IR1, 1972, 193-201.
18. C.J. Willmott, Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin American Meteorological Society, 63 11, 1982, 1309-1313.
19. M.H. Abdel-wahed, R.L. Snyder, Simple Equation to Estimate Reference Evapotranspiration from Evaporation Pans Surrounded by Fallow Soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 134 4, 2008, 425-429.
20. F. La Loggia, M. Penisi, V. Sardo, Hargreaves-Samani method and evaporation in the estimation of reference evapotranspiration. Proc.2nd Int. Sym. On Irrigation of Hort. Crops Ed. Chartzoulakis, K.S.. Acta Hort. 449 1, 1997, 113-118.
21. S, Kaya, R. Meral, E. Daşçı, S. Evren, M.C. Adigüzel, H. Yılmaz, Referans Evapotranspirasyonun Hesaplanmasında Hargreaves-Samani Metodu İle Pan Evaporasyonunun Karşılaştırılması. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 27-29 Mayıs, Kahramanmaraş, 2010, 139-145
22. G. H. Hargreaves, R. G. Allen, History and valuation of Hargreaves Evapotranspiration Equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering , 129 1, 2003, 53-63.
23. J.J. Baselga, R.G. Allen, A Penman-Monteith for semi-arid climate in South Western Spain.Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling. Eds. C.R.Camp, E.J.Sadler, and R.E.Yoder. 3-6 November, San Antonio, TX., 1996, 999-1007.

Pre-Equilibrium Emission in Angle–integrated Cross-Section Calculations and Analysis of Experimental Data for Pb Element

İskender DEMİRKOL

Bingöl University, Faculty of Arts and Science, Department of Physics, 12000, Bingöl, TURKEY

Abstract

In this study, neutron-emission spectra produced by (n,xn) reactions on nuclei ^{208}Pb have been calculated. Angle-integrated cross sections in neutron induced reactions on targets ^{208}Pb have been calculated at the bombarding energies from 3 MeV to 20 MeV. We have investigated multiple pre-equilibrium matrix element constant from internal transition for ^{208}Pb (n,xn) neutron emission spectra. In the calculations, the Hybrid and the Geometry Dependent Hybrid models have been used. Pre-equilibrium direct effects have been examined by using full exciton model. By analyzing (n,xn) reaction on ^{208}Pb , with the incident energy from 3 MeV to 20 MeV, the importance of multiple pre-equilibrium emission can be seen clearly. All calculated results have been compared with experimental data. The obtained results have been discussed and compared with the available experimental data and found agreement with each other.

Key Word: Nuclear reaction models, Emission spectra, Mean free path

Pb Elementi için Açığa Bağlı olarak Denge Öncesi Emisyon Tesir Kesiti Hesaplamaları ve Deneysel Datanın Analizi

Özet

Bu çalışmada, ^{208}Pb çekirdeği üzerinde (n,xn) reaksiyonları ile üretilen nötron emisyon spektrumları hesaplanmıştır. ^{208}Pb çekirdeği 3 MeV'den 20 MeV'e kadar enerjili nötronlarla bombardıman edilerek açığa bağlı tesir kesitleri hesaplanmıştır. ^{208}Pb (n,xn) nötron emisyon spektrumları için iç geçişten çoklu denge öncesi matris eleman sabitini araştırdık. Hesaplamalarda Hibrid ve Geometri Bağımlı Hibrid modeller kullanılmıştır. Denge öncesi direkt etkileri tam exciton modeli kullanılarak incelenmiştir. 3 MeV'den 20 MeV'e kadar enerjili nötronlar ile, ^{208}Pb üzerinde (n,xn) reaksiyonu analiz edilerek çoklu denge öncesi emisyonun önemi açıkça görülebilir. Hesaplanan tüm sonuçlar deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar tartışılmış ve mevcut deneysel verilerle karşılaştırılmış ve birbirleriyle uyum içinde olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nükleer reaksiyon modeller, Emisyon spektra, Ortalama serbest yol

INTRODUCTION

It has been established that pre-equilibrium processes play an important role in nuclear reactions induced by light projectiles with incident energies above about 10 MeV. Starting with the introduction of exciton model by Griffin (1) in 1966, a series of semi classical models Gruppeler et al. (2) of varying complexities has been developed for calculating and evaluating particle emissions in the continuum. Then Blann formulated the hybrid model for pre-compound decay(3,4). It was also shown that with some freedom in the choice of parameters, these models could give reasonable fit to the observed energy and angular distributions of the emitted particles.

More recently, researchers have formulated several quantum–mechanical reaction theories (5) that

are based on multi-step concepts and in which statistical evaporation at lower energies is connected to direct reactions at higher energies.

In the present paper, the calculation results of the (n,xn) differential cross sections at between 3 and 20 MeV for target nucleus ^{208}Pb have been given. A good description of experimental data has been achieved.

MATERIALS AND METHODS

Hybrid and Geometry Dependent Hybrid Model

The hybrid model for pre-compound decay is formulated by Blann (3) as,

$$\frac{d\sigma_v(\varepsilon)}{d\varepsilon} = \sigma_R P_v(\varepsilon)$$

$$P_v(\varepsilon)d\varepsilon = \sum_{\substack{n=n_0 \\ \Delta n=+2}}^{\bar{n}} \left[\chi_v N_n(\varepsilon, U) / N_n(E) \right] d\varepsilon \left[\lambda_c(\varepsilon) / (\lambda_c(\varepsilon) + \lambda_+(\varepsilon)) \right] D_n \quad (1)$$

where $P_v(\varepsilon)d\varepsilon$ represents number of particles of the v (neutron or proton) emitted into the unbound continuum with channel energy between ε and $\varepsilon + d\varepsilon$. The quantity in the first set of square brackets of Eq.(1) represents the number of particles to be found (per MeV) at a given energy (with respect to the continuum) for all scattering processes leading to an "n" exciton configuration. It has been demonstrated that the nucleon-nucleon scattering energy partition function $N_n(E)$ is identical to the exciton state density $\rho_n(E)$. The second set of square brackets in Eq.(1) represents the fraction of the v type particles at energy, which should

undergo emission into the continuum, rather than making an intranuclear transition. The D_n represents the average fraction of the initial population surviving to the exciton number being treated.

In order to provide a first order correction for this deficiency the hybrid model was reformulated by Blann (3). In this way the diffuse surface properties sampled by the higher impact parameters were crudely incorporated into the pre-compound decay formalism, in the geometry dependent hybrid model (GDH). The differential emission spectrum is given in the GDH as;

$$\frac{d\sigma_v(\varepsilon)}{d\varepsilon} = \pi \tilde{\lambda}^2 \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) T_l P_v(l, \varepsilon)$$

where $\tilde{\lambda}$ is reduced de Broglie wavelength of the projectile and T_l represents transmission coefficient for l th partial wave. The geometry dependent influences are manifested in two distinct manners in the formulation of the GDH model. The more obvious is the longer mean free path predicted for nucleons in the diffuse surface region. The second effect is less physically secure, yet seems to be important in reproducing experimental spectral shapes.

Weisskopf-Ewing and Full Exciton Model

Equilibrium emission is calculated according to Weisskopf-Ewing (WE) model (6) neglecting angular momentum. In the evaporation, the basic parameters are binding energies, inverse reaction cross section, the pairing and the level-density parameters. The reaction cross section for incident channel a and exit channel b can be written as;

$$\sigma_{ab}^{WE} = \sigma_{ab}(E_{inc}) \frac{\Gamma_b}{\sum_{b'} \Gamma_{b'}} \quad (3)$$

where E_{inc} is incident energy, $\Gamma_b = \frac{2s_b+1}{\pi^2 \hbar^2} \mu_b \int d\varepsilon \sigma_b^{inv}(\varepsilon) \varepsilon \frac{\omega_l(U)}{\omega_l(E)}$ and the total single-particle level density is taken as,

$$\omega_1(E) = \frac{1}{\sqrt{48}} \frac{\exp \left[-\sqrt{\alpha(E-D)} \right]}{E-D}; \quad \alpha = \frac{6}{\pi^2} g \quad (4)$$

where σ_b^{inv} is the inverse reaction cross section, E is the excitation energy of the compound nucleus, D is the pairing energy and g is the single particle level density.

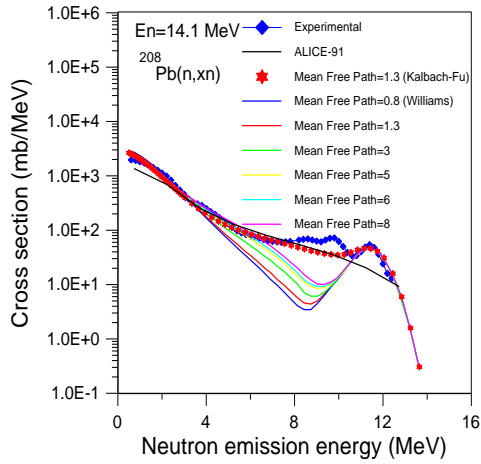


Fig.1. Comparison between the calculated and measured neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 14.1 MeV and investigation of mean free path constant. Data were taken from Ref. (7).

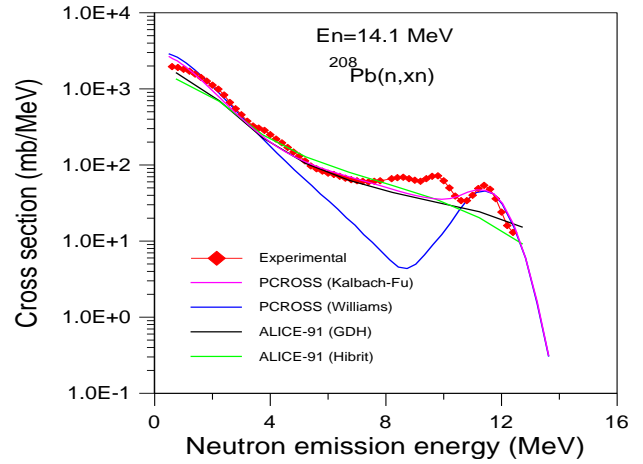


Fig.2. Comparison between the calculated and measured neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 14.1 MeV. Data were taken from Ref. (7).

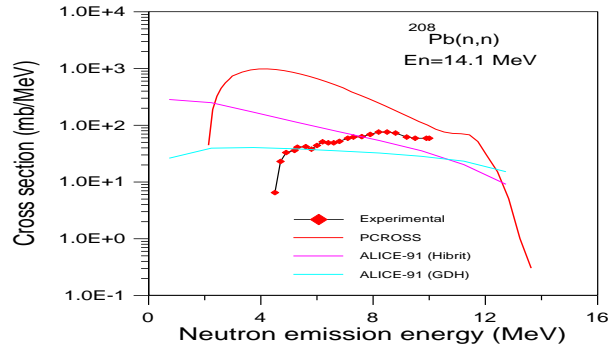


Fig. 3. Comparison between the calculated and measured neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 3 MeV. Data were taken from Ref. (7).

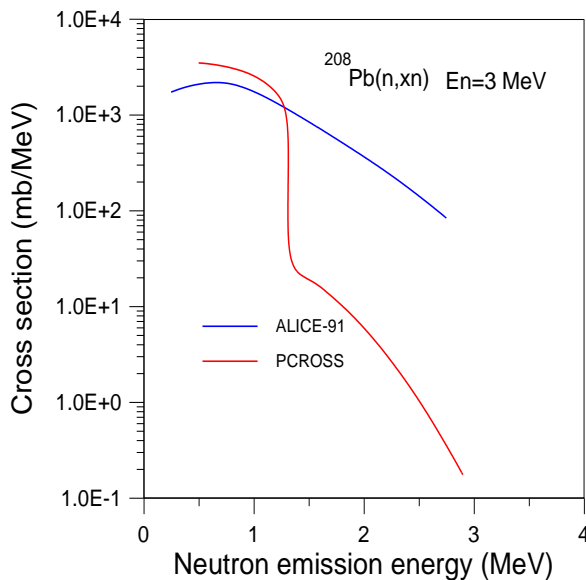


Fig. 4. Calculated neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 3 MeV

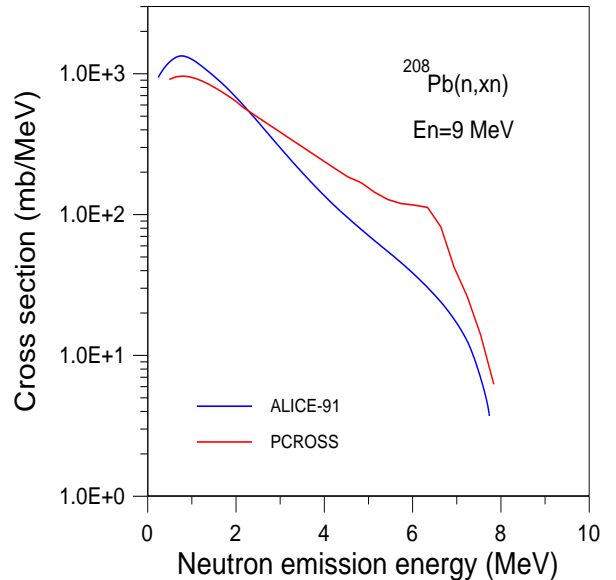


Fig. 5. Calculated neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 9 MeV

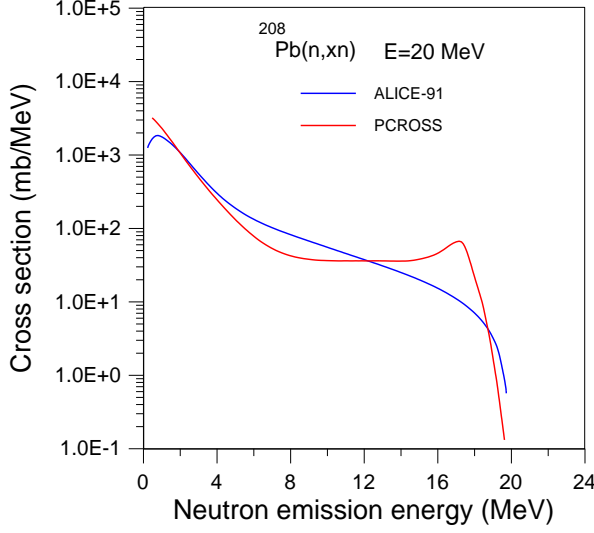


Fig.6. Calculated neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 20 MeV

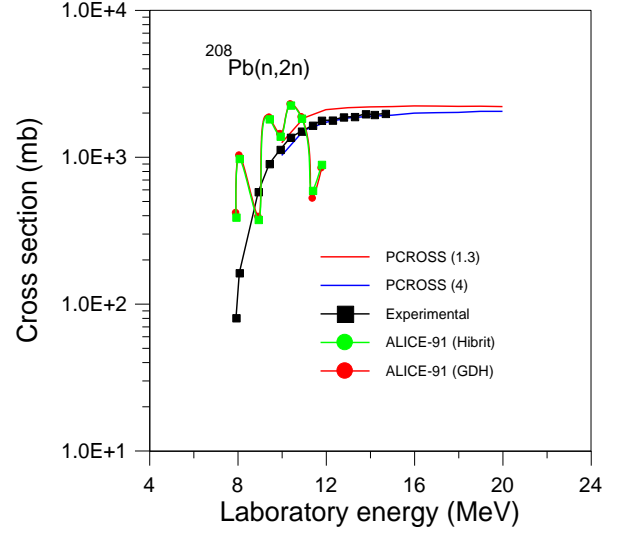


Fig.7. Comparison between the calculated and measured neutron spectra from the reaction $^{208}\text{Pb}+n$ at 14.1 MeV. Data were taken from Ref. (8).

RESULT AND DISCUSSION

In this study, neutron-emission spectra produced by (n,xn) reactions on nuclei ^{208}Pb have been calculated. Angle-integrated cross sections in neutron induced reactions on targets ^{208}Pb was calculated at the bombarding energies at 3, 9, 14.1 and 20 MeV. ^{208}Pb (n,xn) neutron emission spectra cross sections were calculated using pre-equilibrium reaction mechanisms. The Geometry depended hybrid model (GDH), The hybrid model and the Full Exciton model were used for pre-equilibrium calculations.

In this study, calculations were been made in the framework of the GDH model using ALICE-91 computer code (9). In Figs. 1-3 the calculated (n,xn) cross-section values were compared with the experimental data. In the GDH model calculations we used the initial exciton number $n_o = 3$ of 1 neutron, 1 proton and 1 hole. The density is used to define the nucleon mean free path. The radius for the l th partial wave is defined as $R_l = \tilde{\lambda} (l + 1/2)$. In the GDH model, the fermi energies and nuclear densities are defined by the impact parameter R_i . The GDH model is made according to incoming orbital angular momentum l in order to account for the effects of the nuclear-density distribution.

This leads to increased emission from the surface region of the nucleus, and thus to increased emission of high-energetic particles. We used the standard Weiskopf-Ewing theory for equilibrium calculations and used the finite range barriers of A.J. Sierk.

The other theoretical calculations have also been made in the framework of the Full- exciton model using PCROSS computer code(10). We used the standard Weiskopf-Ewing theory for pre-equilibrium calculations. In the Full exciton model calculations, we used the initial exciton number as $n_o = 1$ of 1 neutron and 0 hole: single particle level density parameter g is equal to $A/13$ in the exciton model calculation, where A is the mass number. Particle-hole state density expression reported by Williams (11) was used in the pre-equilibrium model calculation.

There is strong dependence of the calculated emission spectra on the parameter of matrix element K if the parameterizations proposed by Kalbach (12,13) are used in the calculations of internal transitions rates λ^i ($\leftarrow +, - \rightarrow$) and it is sought to achieve a good adjustment of the theoretical calculations to the experimental spectra. Using this parameterization and considering the particle-hole state densities from the Williams formula (11), it can be obtained for internal transition rates the expressions found by Machner (14):

$$\lambda^+(E, n) = \frac{1}{k_{mfp}} \left(1.4 \times 10^{21} E' - \frac{2}{n+1} 6 \times 10^{18} E'^2 \right)$$

$$\lambda^-(E, n) = \frac{1}{k_{mfp}} \frac{(l-1)(l-2)ph}{E'^2} \left(1.4 \times 10^{21} E' - \frac{2}{n-1} 6 \times 10^{18} E'^2 \right) \quad (5)$$

The PCROSS code takes into account an additional factor $3/8$ multiple the right-hand side of Equation (2), which was introduced by Gupta (15) in

$$E' \text{ by } E - \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) \right] h \left(\frac{1}{2} + 1 \right) \frac{1}{4} \text{ in } \lambda^+ \text{ and by } E - \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} - 1 \right) \right] h \left(\frac{1}{2} - 1 \right) \frac{1}{4} \text{ in } \lambda^- .$$

Blann's parameterization for internal transition rate calculation involves the introduction of the parameter of mean free path k_{mfp} so called because its value determines the mean free path of the nucleon in the nuclear matter. This parameter allows an increase in mean free path, with simulation of effect, which are not considered in the calculations, such as conservation of parity and angular momentum in intra nuclear transitions. As the direct excitations of levels of a collective nature are considered in the PCROSS code, the

deriving expressions for calculation by the exciton model from its bicomponent formulation, and includes approximate consideration of the Pauli principle by replacing,

hard part of emission spectrum can be described satisfactorily with a global value of $k_{mfp} = 1.3$ which is smaller than reported earlier (16).

We have investigated multiple pre-equilibrium matrix element constant from internal transition for ^{208}Pb (n,xn) neutron emission spectra. Mean free path constant 0.8, 1.3, 3, 5, 6 and 8 correspond to the experimental data for 14.1 MeV neutrons (Fig.1). The calculated $^{208}\text{Pb}(n,xn)$ reaction cross sections were compared with the experimental values in Figs.1,2,3,7.

REFERENCES

1. J. J. Griffin, Phys. Rev. Lett., 17 (1966) 478.
2. H. Gruppeler, P. Nagel and P. E. Hodgson, La Rivista Del Nuovo Cimento, (1986) 9,1.
3. M. Blann and H. K. Vonach, Phys. Rev. C, 28 (1983), 1475.
4. M. Blann, Ann. Rev. Nucl. Sci. 25 (1975)123.
5. H. Feshbach, A. Kerman, S. Koonin, Ann. Phys. (NY),125 (1980) 429.
6. V. F. Weisskopf and D. H.Ewing, Phys. Rev. 57 (1940), 472.
7. International Atomic Energy Agency. INDC(CCP)-315/L, Vienna, (1990).
8. J. Frehaut, A. Bertin, R. Bois, (19800609), UPTON, (U.S.A.), (1980).
9. M. Blann and J. Bisplinghoff, "CODE ALICE/LIVERMORE 82," UCID- (1982)19614.
10. R. Capote, V. Osorio, R. Lopez, E. Herrera and M. Piris, Higher Institute of Nuclear Science and Technology, Cuba, (PCROSS program code) (1991).
11. F. C. Williams, Nucl. Phys. A 166 (1971)231.
12. C. K. Cline, Nucl. Phys. A 210 (1973), 590.
13. C. K. Cline, Z. Phys. A 287 (1978) 319.
14. H. Machner, Z. Phys. A 302 (1981), 125.
15. S. K. Gupta, Z. Phys., A 303 (1981), 329.
16. Informe Parcial del Controto IAEA-5472

Betonarme Kirişlerde Çatlak İncelemesi: Deneysel Çalışma

Ahmet BENLİ^{1*} Kazım TÜRK² Yusuf CALAYIR³

¹: Bingöl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

²: Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, , 63300, Şanlıurfa, TÜRKİYE

³: Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 23169, Elazığ, TÜRKİYE

Özet

Bu çalışmada, dört-noktalı eğilmeye maruz betonarme kirişlerde çatlak oluşum ve ilerleme mekanizması incelenmiştir. Kirişler normal beton (NB) ve kendiliğinden yerleşen betondan (KYB) üretilmiş ve çekme donatıları kirişlere aderans göçmesi olacak şekilde bindirmeli olarak yerleştirilmiştir. Deney numunelerinde 16 mm ve 20 mm olmak üzere iki farklı çekme donatı çapı kullanılmıştır. Betonarme kirişlerde oluşan kesme ve çekme çatlakları incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çatlak, Betonarme Kiriş, Kesme Çatlağı, Çekme Çatlağı

Crack Investigation in Reinforced Concrete Beams: Experimental Study

Abstract

In this study, mechanisms of crack initiation and propagation were investigated in reinforced concrete beams that were opposed to four-point bending. Beams were produced from normal concrete (NC) and self-consolidating concrete (SCC). Longitudinal (flexural) reinforcing bars were cast as lap-spliced to provoke splitting mode failure in all beam specimen. The beams cast with the 16 mm and 20 mm bars (the tension lap splices) in bottom position. Shear and tension cracks that are found in reinforced concrete beams are investigated and made comparisons.

Key Words: Crack, Reinforced Concrete Beam, Shear Crack, Tension Cracks

GİRİŞ

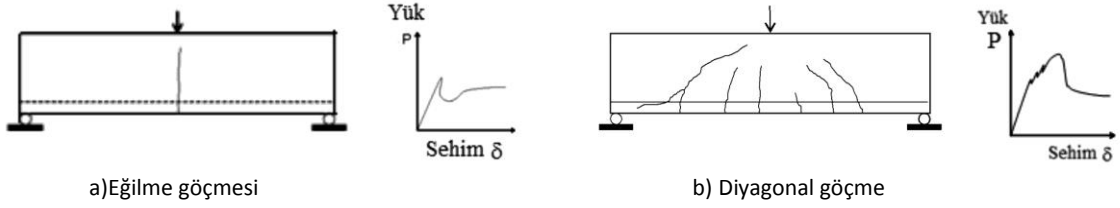
Beton su, çimento ve agregadan oluşan kompozit bir malzemedir. Betonun içyapısı diğer mühendislik malzemelerinden tamamen farklıdır. Özellikle yapısal uygulamalar için maksimum agrega çapı 10 mm ile 25 mm arasında değişebilir ve böylece kırılma işleminin başlama ve gelişme alanlarının boyutları normal yapıların ölçüleriyle kıyaslanabilir (1). Gerçekte, betonun kırılma işlemi klasik teorilere uymayan bir şekilde olduğundan genellikle yarı-gevrek malzeme olarak tanımlanır. Bundan dolayı, betonun kırılması birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir (1–5). Birçok yapısal mühendislik uygulamaları için, betonun güçlendirilmesine ihtiyaç vardır. Çünkü betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının yaklaşık onda biri kadardır (3). Betonda donatının bulunması çatlakların oluşmasını ve ilerlemesini zorlaştırır. Çatlaklar donatıların olduğu seviyeye geldiklerinde, donatı çubukları çatlağın açılmasını önemli derecede sınırlar (6). Sonuç olarak, betonarme bir yapının yüklenme kapasitesi ve göçme modu önemli oranda donatı çubuklarının miktarına ve konumuna bağlıdır (7).

Betonarme kirişlerde kırış göçmeden önce çeşitli tipte çatlaklar oluşabilir. Mesela, üç-noktalı eğilmede ilk çatlak, asal çekme gerilmesinin malzemenin çekme dayanımını geçtiği eğilme momentinin en büyük olduğu bölgede oluşur (Şekil 1.a).

Donatı oranının düşük olduğu durumlarda, çatlak ilerlemesi kırışın maksimum yük taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra ani bir düşüşle sona erer (Şekil 1a). Beton tarafından taşınan çekme gerilmesi donatıya aktarılır ve bundan dolayı kırış, dayanımını geri kazanır. Sonuçta, kırışler donatı çubuklarının kopması veya betondan sıyırılmasıyla göçer. Bu çeşit eğilme çatlakları son zamanlarda geniş bir şekilde analiz edilmiştir (9–16).

Donatı miktarı artırsa Şekil 1.b' de görüldüğü gibi orta açıklık civarında değişik çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar aynı zamanda eğilme çatlakları olarak başlarlar, yani başlangıçta bu çatlaklar kırış eksenine yaklaşık olarak diktiler. Bu çatlaklar kesme kuvvetlerinin artık küçük olmadığı bölgelerde oluşurken, çekme ve kesme gerilmelerinin birlikte olduğu karışık-mod şartlarında gelişirler. Bununla birlikte, çatlak, Şekil 1.b' de görüldüğü gibi, asal çekme gerilmelerine dik olarak ilerler. Bu çatlaklar karışık-mod (kesme) çatlakları olarak adlandırılır. Her bir yeni çatlağın oluşması P-δ eğrisinde nispi maksimum noktaların oluşmasına sebep olur. Dış yük artırsa, kesme (karışık-mod) çatlaklarından biri kararsız bir şekilde ilerleyerek kırışın göçmesine sebep olur. Bu çeşit göçme kısaca diyagonal çekme göçmesi olarak isimlendirilir (17,18).

*e-posta: abenli@bingol.edu.tr



Şekil 1. Betonarme kirişlerde göçme a) Gevrek eğilme göçmesi, donatı oranı düşük kirişler ve b) Diyagonal çekme göçmesi (8).

Bu çalışmada, dört-noktalı eğilmeye maruz tam ölçekli betonarme kiriş test edilmiş ve kirişlerdeki çatlak durumlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Kirişler NB ve KYB'dan üretilmiş ve çekme donatıları kirişlere aderans göçmesi olacak şekilde bindirmeli olarak yerleştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

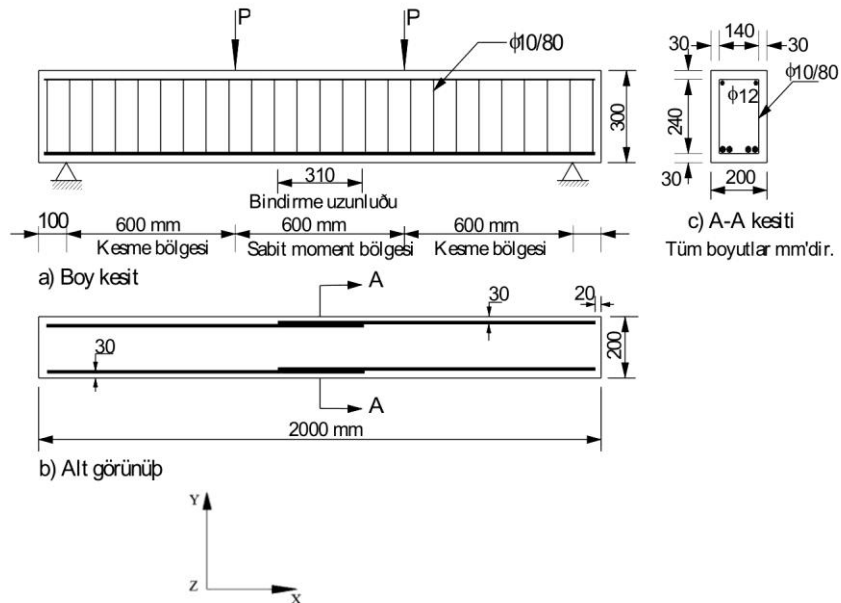
DeneySEL Program

Bu çalışmada, Portland çimentosu yerine % 10 oranında silis dumanı (SD) ve sadece portland çimentosu içeren sırasıyla KYB ve NB olmak üzere iki tip beton karışımı üretilmiştir. Çalışmanın esasını teşkil eden basit eğilme deneyi için toplam 4 adet tam ölçekli ve dikdörtgen kesitli kayma donatılı kiriş numuneleri

hazırlanmıştır. Her bir kiriş, açıklık ortasında üst üste bindirilmiş çekmeye maruz iki adet nervürlü donatı çubuğu, iki adet $\phi 12$ montaj donatısı ve 25 adet $\phi 10$ kayma donatısının yerleştirilmesiyle tasarlanmıştır. Çekme donatısı $\phi 16$ ve $\phi 20$ olmak üzere iki farklı donatı çapı kullanılmıştır. Bindirme uzunluğu, donatı akmaya ulaşmadan önce, bindirme bölgesindeki beton örtüyü yararak, aderans göçmesi olabilecek şekilde seçilmiştir (Şekil 2.1). Şekil 2.2' de, deney numunelerine ait geometrik durum, kesit ve görünüş verilmiştir.



Şekil 2.1 Kirişlerde kullanılan donatının teşkili



Şekil 2.2 Deney numunelerine ait geometrik özellikler

Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Metot

Geometrik olarak aynı ve tam ölçekli toplam 4 adet kiriş numune (200x300x2000 mm), ortasında sabit moment oluşturacak şekilde dizayn edilmiş yükleme sistemi ile pozitif eğilme altında test edilmiştir.

Çekme donatısı ϕ 16 mm ve ϕ 20 mm olmak üzere iki farklı donatı çapı kullanılmıştır (Tablo 2.1). Bütün kirişler, çekme bölgesinde üst üste bindirilmiş ekli donatılar altta kalacak şekilde dökülmüştür. Nervürlü donatıların bindirme boyu bütün kiriş numunelerinde 310 mm olarak alınmıştır. Bu değer bütün kiriş numunelerinde yarma göçmesini sağlamak için donatı akma

gerilmesinden daha düşük gerilme üretmek için seçilmiştir. Çünkü akma göçme modu donatının aderans gerilmesi hakkında çok az veya hiç bilgi vermez. Numuneler isimlendirilirken, beton tipi ve çekme donatısı çapı şeklinde tanımlanmıştır. Örneğin, KYB.16 kendiliğinden yerleşen beton ile üretilmiş ve 16 mm çekme donatısına sahip kiriş numune anlamına gelmektedir. Test edilecek olan kiriş numunelerine ait yükseklik (h) ve genişlik(b) ile birlikte beton basınç dayanımı (f_c), donatı çapı (ϕ), çekme donatısı bindirme uzunluğu (l_s) ve donatı oranı (ρ) gibi detaylar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Kiriş numunelerine ait özellikler

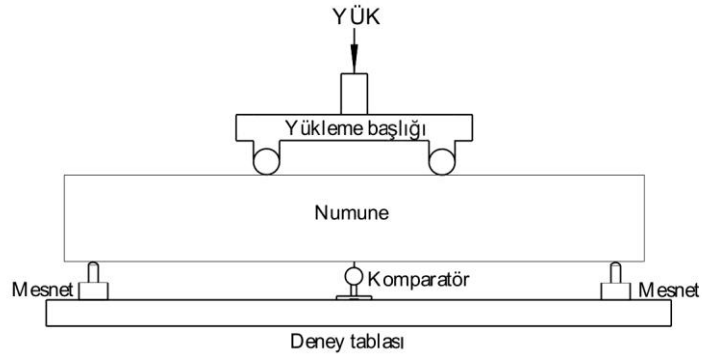
Numune No	f_c (MPa)	ϕ (mm)	l_s (mm)	b (mm)	h (mm)	ρ
NB.16	41.48	16	310	200	300	0.0116
NB.20	41.48	20	310	200	300	0.0158
KYB.16	43.11	16	310	200	300	0.0116
KYB.20	44.05	20	310	200	300	0.0158

Deney Düzenegi ve Test İşlemi

Deney kirişleri, 1800 mm açıklıklı, basit mesnetli kirişlerdir (Şekil 2.2). Numuneler yükleme kapasitesi 250 kN olan hidrolik ve yük kontrollü makine ile yüklenmiştir. Test makinesinden yük, deney kirişi üzerindeki rijit çelik başlık vasıtasıyla eşit olarak yoğunlaştırılmış iki tekil yük ve iki mesnet olmak üzere dört noktalı eğilme şeklinde sağlanmıştır. Sehimler ise, açıklık ortasına yerleştirilen

komparatör yardımıyla ölçülmüştür. Bütün kirişlerde pik yüke ortalama 8 dakika civarında erişilmiştir. Şekil 2.3–2.4’de deney düzenegine ait detaylar görülmektedir.

Bu çalışmada, basit eğilme yüklemesi altında toplam dört kirişten ikisi NB ve diğer ikisi %10 silis dumanı ikameli KYB'dan üretilmiş ve her bir farklı kiriş grubu için çekme donatı ϕ 16 ve ϕ 20 olmak üzere iki farklı donatı çapı kullanılarak çatlak olayı incelenmiştir.



Şekil 2.3 Deney düzenegi

BULGULAR VE TARTIŞMA

NB.16 kirişi normal betondan üretilmiş olup bu kirişin deney testi sonucunda kırılma yükünün 156.90 kN olduğu değer için 5.35 mm sehim hesaplanmıştır. Çekme donatısının aksel normal gerilmesi bu deneysel çalışmada 463.71MPa olarak elde edilmiştir. Bu gerilme miktarı 5.98 MPa aderans gerilmesini vermektedir. NB.20 kirişi normal betondan üretilmiş olup bu kirişin deney testi sonucunda kırılma yükünün 188.23 kN olduğu değer için 5.27 mm sehim hesaplanmıştır. Çekme donatısının aksel normal gerilmesi bu deneysel

çalışmada 358.23 MPa olarak elde edilmiştir. Bu gerilme miktarı 5.77 MPa aderans gerilmesini vermektedir.

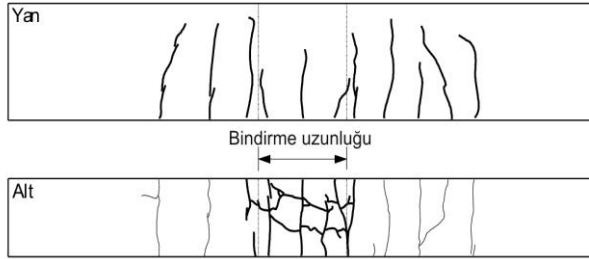
KYB.16 kirişi % 10 oranında silis dumanı (SD) içeren KYB'den üretilmiş olup bu kirişin deney testi sonucunda kırılma yükünün 167.00 kN olduğu değer için 6.36 mm sehim hesaplanmıştır. Çekme donatısının aksel normal gerilmesi bu deneysel çalışmada 493.26 MPa olarak elde edilmiştir. Bu gerilme miktarı 6.36 MPa aderans gerilmesini vermektedir.

KYB.20 kirişi % 10 oranında silis dumanı (SD) içeren KYB'den üretilmiş olup bu kirişin deney testi sonucunda kırılma yükünün 202.00 kN olduğu değer için 5.45 mm sehim hesaplanmıştır. Çekme donatısının eksenel normal gerilmesi bu deneysel çalışmada 384.22 MPa olarak elde edilmiştir. Bu gerilme miktarı 6.19 MPa aderans gerilmesini vermektedir.

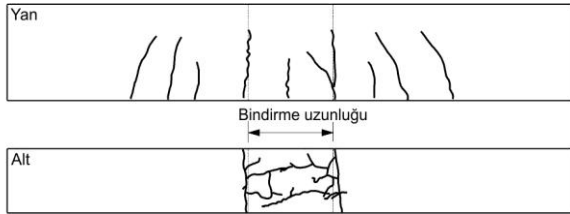
Test sonuçlarından, asal çekme gerilmelerinin kiriş üzerinde iki kuvvetin uygulandığı bölge içerisinde bulunan kirişin alt yüzeyinde ve genelde x doğrultusunda meydana geldiği gözlenmektedir. Şekil 2.5-2.8' de görüldüğü gibi, çatlaklar söz konusu bu bölge içerisinde x eksenine dik y ve z eksenlerine paralel bir çatlak bölgesi oluşturacak şekilde elde edilmektedir. Normal çekme gerilmeleri x yönünde geliştiğinden ve kesme gerilmeleri xy düzleminde olduğundan dolayı yükleme bölgesi ile mesnet arasında kalan bölgede asal çekme gerilmelerinin yönü yataydan yükün uygulandığı bölgeye doğru eğilmiş olmaktadır. Bu bölgede de asal çekme gerilmeleri betonun nihai çekme dayanımını aştığında asal

gerilmelerin yönlerine dik düz çizgiler olarak gözükken ve eğilmiş daireler şeklinde olan diyagonal çekme çatlakları beton elemanların integrasyon noktalarında oluştuğu görülmektedir. Yükleme bölgesi altında tek eksenli basınca maruz beton bir yapı için, Poisson etkisiyle gelişen çekme şekil değiştirmelerden kaynaklanan çatlaklar ilk olarak uygulanan basınç yükünün yönüne paralel yayılırlar (19). Bu bölgede, y yönünde uygulanan yüklerin Poisson etkisiyle z yönünde çekme şekil değiştirmelere sebep olduğu görülmektedir. Böylece, yükleme bölgesi altında beton elemanlardaki integrasyon noktalarında z yönünde asal çekme şekil değiştirmelerine dik olarak basınç çatlakları oluşmuştur.

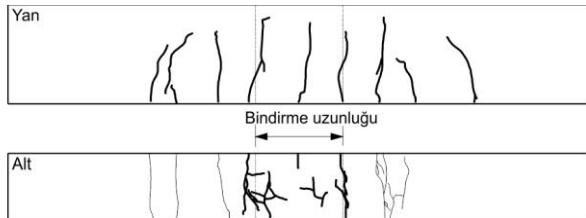
Açıklık ortasındaki bölgede ise asal çekme gerilmeleri çoğunlukla kirişin altında x yönünde (boyuna) oluşmaktadır. Bu bölgede asal gerilmeler betonun nihai çekme dayanımını aştığında, çatlak işaretleri olarak dairelerin x yönündeki asal gerilmelere dik oluştuğu görülmektedir. Bundan dolayı, Şekil 2.4-2.7'de gösterilen çatlak işaretleri beton katı elemanların integrasyon noktalarında oluşan dikey düz çizgiler olarak görülecektir.



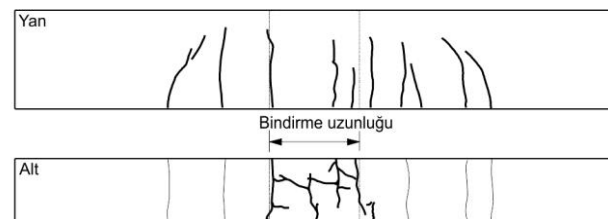
Şekil 2.4 NB.16 kirişine ait çatlak modelleri



Şekil 2.5 NB.20 kirişine ait çatlak modelleri



Şekil 2.6 KYB.16 kirişine ait çatlak modelleri



Şekil 2.7 KYB.20 kirişine ait çatlak modelleri

SONUÇ

DeneySEL bulgulardan her iki beton tipinde de (normal ve kendiliğinden yerleşen beton) kirişnumunelerinde kullanılan boyuna donatının çapı arttıkça, donatı aderans dayanımının azaldığı görülmüştür. Aderansdaki azalmanın sebebi ise donatı çapının artmasıyla birlikte, hem kesit alanı artan donatıya gelen kuvvetin artması sonucu kenetlenmenin azalmasına, hem de donatı dış kuvvetlerinin oluşturduğu ve yarıma çatlaklarına sebep olan radyal gerilmelerin artmasına dayandırılabilir.

Deneye tabi tutulan kiriş numunelerine ait yük-sehim eğrilerinden görüldüğü gibi, her iki beton tipinde de donatı çapı arttıkça kiriş numunelerinin rijitliği (herhangi bir sehim değerine karşılık gelen yük) artmaktadır. Bunun ise, deneyler esnasında yapılan gözlemlerden, rölatif bakımdan büyük çaplı donatıya sahip numunelerde, çatlak oluşumuna kadar hızlı bir yük artışından sonra, az sayıda büyük genişlikli çatlakların meydana gelmesiyle birlikte, numunenin sehim yapma özelliğini kaybetmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, nihai yükteki sehim değerleri göz önüne alındığında, KYB kiriş numunelerine ait rijitliğin normal beton kiriş numunelerine göre daha az olduğu gözlenmektedir. Bütün kiriş numunelerinde hem normal hem de kesme gerilmelerinin etki ettiği kesme açıklığı bölgesinde asal çekme gerilmeleri betonun nihai çekme dayanımını aştığında asal gerilmelerin yönlerine dik düz çizgiler olarak gözükene diyagonal çekme çatlakları beton elemanların integrasyon noktalarında oluştuğu görülmektedir. Yükleme bölgesinin hemen altında y yönünde uygulanan yüklerin Poisson etkisiyle z yönünde çekme şekil değiştirmelere sebep olduğu beton elemanlardaki integrasyon noktalarında z yönünde asal çekme şekil değiştirmelerine dik olarak basınç çatlakları oluşmuştur. Açıklık ortasında kirişin altında ise, asal gerilmeler betonun nihai çekme dayanımını aştığında, daire şeklinde olan çatlak işaretleri x yönündeki asal gerilmelere dik olduğu görülmektedir. Bunun yanında, kiriş çatlak durumları dikkate alındığında $\phi 16$ çekme donatısına sahip kirişlerde daha fazla sayıda çatlak oluştuğu görülmüştür. Bunun ise, deneyler esnasında yapılan gözlemlerden, rölatif bakımdan büyük çaplı donatıya sahip numunelerde, çatlak oluşumuna kadar hızlı bir yük artışından sonra, az sayıda büyük genişlikli çatlakların meydana gelmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

SİMGELER

σ_s	: Çekme donatısındaki gerilme (MPa)
l_s	: Bindirme uzunluğu (mm)
u	: Aderans dayanımı (MPa)
ρ	: Donatı oranı
b	: Kiriş genişliği (mm)
h	: Kiriş yüksekliği (mm)
ϕ	: Donatı çapı (mm)
P_{max}	: Göçme yükü (kN)
δ	: Kiriş kesitinin orta noktasındaki sehim (mm)

KAYNAKLAR

1. Bazant ZP, Planas J. Fracture size effect in concrete and other quasibrittle materials. Boca Raton: CRC Press; 1998.
2. RILEM TC QFS. Quasibrittle fracture scaling and size effect. Materials and Structures 2004; 37, p. 547–68.
3. Shah SP, Swartz SE, Ouyang C. Fracture mechanics of concrete. New York: Wiley; 1995.
4. (4) Li VC, Leung KY, Willam CKJ, Billington SL, editors. Fracture mechanics of concrete structures. Ia-FraMCoS Publications;2004.
5. Meschke G, de Borst R, Mang H, Bicanic N, (Eds.), Computational Modelling of Concrete Structures. Balkema. In: Proc of EUROCE,27–30, March, Mayrhofen, Tirol, Austria, 2006.
6. Ruiz G. Propagation of a cohesive crack crossing a reinforcement layer. Int J Fract 2001;111(3):265–82.
7. Park R, Paulay T. Reinforced concrete structures. New York: Wiley; 1975.
8. Jacinto R. C., Gonzalo R., Javier R. del V. Mixed-mode crack propagation through reinforced concrete Engineering Fracture Mechanics 74 (2007) 2788–2809
9. Bosco C, Carpinteri A, Debernardi PG. Fracture of reinforced concrete: Scale effect and snap-back instability. Engng Fract Mech 1990;35(4-5):228–36.
10. Bosco C, Carpinteri A, Debernardi PG. Minimum reinforcement in high-strength concrete. J Struct Engng – ASCE 1990; 116(2):228–36.
11. Baluch MH, Azad AK, Ashwawi W. Fracture mechanics application to reinforced concrete members in flexure. In: Carpinteri A, editor. Application of fracture mechanics to reinforced concrete. London: Elsevier; 1992. p. 413–36.
12. Ulfkjaer JP, Heddal O, Kroon I, Brincker R. Simple application of fictitious crack model. In: Mhashi H, Okamura H, Bazant ZP, editors. Size Effect in Concrete Structures, London, E and FN Spon; 1994. p. 281–92.
13. Heddal O, Kroon IB. Lightly Reinforced High-Strength Concrete. MSc thesis, University of Ålborg, Denmark, 1991.
14. Carpinteri A. (Ed.), Minimum Reinforcement in Concrete Members. No. 24 in ESIS Publication. Elsevier, London, 1999.
15. Ruiz G, Elices M, Planas J. Experimental study of fracture of lightly reinforced concrete beams. Mater Struct 1998;31:683–91.
16. Ruiz G, Carmona JR. Experimental study on the influence of the shape of the cross-section and of the rebar arrangement on the fracture of lightly reinforced beams. Mater Struct 2006;39:343–52.
17. Karihaloo B. Fracture mechanics & structural concrete. Longman Scientific and Technical; 1995.
18. Gustafsson PJ. Fracture Mechanics Study of Non-Yielding Materials like Concrete: Modeling of Tensile Fracture and Applied Strength Analyses. Report No. TVBM-1007, Division of Buildings Materials, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 1985.
19. Eligehausen, R., Tensile lapped-spliced of ribber bars with straight ends, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 301, Berlin, 1979.

Floresin ve Merosiyanin 540 Arasındaki Etkileşimin Keseciklerde İncelenmesi

Mahmut TOPRAK¹ Mustafa ARIK^{2*}

¹: Bingöl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

²: Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 25240, Erzurum, TÜRKİYE

Özet

Bu çalışmada floresin ve merosiyanin 540 molekülleri arasındaki etkileşim spektroskopik teknikler kullanılarak L-egg lecithin phosphatidylcholin'le oluşturulan kesecik siteminde incelendi. Floresin bileşiminin konsantrasyonu sabit tutulup, merosiyanin 540'ın konsantrasyonu artırıldığı zaman, floresin molekülünün emisyon şiddeti arttı. Ek olarak merosiyanin 540'ın konsantrasyon artışıyla bu molekülün emisyon şiddetinde bir maviye kayma görüldü. Buna radyasyon göçü ve absorpsiyonun tekrarı katkı sağlar. Bu kayma aynı şekilde floresinin floresans spektrumunda da gözlemlendi. Bu olaya da radyasyon transferinin katkı sağladığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Floresin, Merosiyanin 540, L-egg lecithin phosphatidylcholin

Investigation of the Interaction between Fluorescein and Merocyanine 540 in Vesicles

Abstract

In this investigation, the interaction between fluorescein and merocyanine 540 was examined in L-egg lecithin phosphatidylcholine vesicles by using spectroscopic method. When merocyanine 540 concentrations increased certain values, the fluorescence intensity of fluorescein exceeded. In addition, a red shift was seen in the emission spectrum of merocyanine 540 as its concentration increased. This can be attributed to the reabsorption and radiative migration. Moreover, a blue shift was observed for the fluorescence of fluorescein spectrum with increasing merocyanine 540 concentrations, which could be attributed to the radiative transfer.

Key Words: Fluorescein, Merocyanine 540, L-egg lecithin phosphatidylcholine

GİRİŞ

Kesecik yapıları, canlı hücreler kullanılarak elde edilen bilgiye göre daha kolay yorumlanabilen basit model sistemlerdir. Yapay mebranlar olan kesecikler, yaklaşık 30 yıldan beri hücre zarı modeli olarak biyolojik çalışma alanlarında tercih edilmektedir. Bu yapılara nanobiokolloitler de denilmektedir. Genel olarak nanobiokolloitler, moleküllerden çok büyük fakat 1000 nm'den daha küçük yapıdadır. Lipozom yapılarını oluşturan lipitlerin, yapısal özellikleri ve yüzey bileşimleri istenilen amaçlar için değiştirilmesi mümkündür. Ayrıca istenilen boyutlarda lipozomlar elde edilebilmektedir [1]. Koruyucu bariyerlere sahip olan kesecikler, toksite azaltmak ve farmokinetiği geliştirmek için ilaç taşıyıcı ajanlar olarak kullanılmaktadır. Partikül büyüklüğü azatıkça ilaç taşıma verimi arttığından nano boyuttaki keseciklere özel ilgi vardır [2,3]. Floresin geniş alanlarda kullanılan önemli bir ksentan türevi boyar bileşiktir.

Sıvı ortamda kuantum verimi oldukça yüksek olmasından (0,92) dolayı lazer endüstrisinde fotosensitizer, lazer ışınlarının dalga boylarını ayarlama (450-600 nm) kullanılmaktadır. Yüksek kuantum verimine sahip olması ve foton etkisinden oluşabilecek kayıplara karşı dirençli olması, bu molekülü özellikle protein işaretlemek için biyokimya da tercih edilmesindeki sebeptir [4,5]. Merosiyanin 540 anyonik lipofilik bir boyar bileşiktir. Merosiyanin 540 polimetin boyar bileşiklerinden olup negatif yüklü heterosiklik bir yapıdadır. Merosiyanin 540 sentetik ve biyolojik mebranlara bağlandığı için biyomedikal çalışmalarda, özellikle de biyolojik mebran sistemlerinde ve kanser hücrelerinin teşhisinde kullanılır. Yine bu bileşik kan kanseri hücrelerinin parçalanmasında da çalışılmıştır [6-9]. Floresin ve merosiyanin 540 moleküllerinin kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmiştir. Bu çalışma floresin ve merosiyanin 540 moleküllerinin kesecik sitemlerindeki etkileşimlerini anlamamıza faydalı olacaktır. Bu moleküllerin arasında etkileşimler kesecik ortamında çalışılmamıştır. Ancak bu ortama yakın olan lipozom ve misel sistemlerde çalışılmıştır [10,11]. Floresin ve merosiyanin 540 moleküllerinin arasındaki etkileşim kesecik ortamında spektroskopi tekniğiyle incelenecektir.

* e-posta: marik@atauni.edu.tr

(a)

(b)

Şekil 1. Floresin (a) ve Merosiyanin 540 (b) moleküllerinin kimyasal yapısı**MATERYAL VE METOT****Kimyasallar ve Çözeltiler**

Deneysel çalışmalarda, Merck firmasından Floresin, Fluka firmasından Merosiyanin 540 ve Sigma firmasından fosfatidil kolin (L-egg lecithin phosphatidylcholine) satın alınmıştır. Bu çalışmadaki kimyasallar saflaştırma yapılmaksızın kullanılmıştır. Floresinin ve merosiyanin 540 bileşiklerinin 1mM stok çözeltisi hazırlanmıştır.

Kesecik Hazırlama

Yaklaşık 150 µM'lık kesecik konsantrasyonu olacak şekilde lipit (L-α phosphatidylcholine (PC)) miktarı hesaplanarak şişesinden enjektör yardımıyla çekilir ve santrifüj tüpüne aktarılır. Daha sonra bir miktar kloroformda çözdükten sonra kloroform evaporatörde uzaklaştırılmıştır. Kloroformun tamamen uzaklaşması için azot gazından geçirilmiştir. Kloroform tamamen uzaklaştırıldıktan sonra tampon çözelti (5 mL fosfat tamponu, pH=7.4) eklenerek, sonikatore konulmuştur. Homojenliğin sağlanması için azot gazı verilerek iki saat süreyle bekletilmiştir. Sonuç olarak 150 µM kesecik içeren sulu çözelti elde edilmiştir. Bu yöntemle sonikasyon yöntemi de denilmektedir.

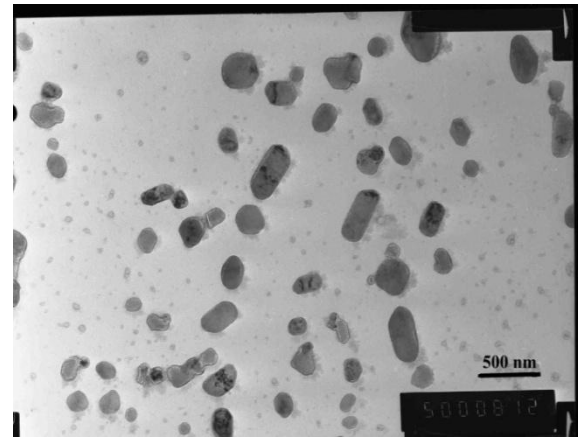
Spektroskopik Ölçümler

Spektrofotometre ölçümleri Perkin Elmer Spektrofotometre (Lambda 35 model) cihazıyla, Spektrofluorofotometre ölçümleri Shimadzu RF-5301 PC Spectrofluorophotometer cihazı ile yapılmıştır. Ayrıca geçişli elektron mikroskopu (TEM) JEOL JEM-1200 EX (80 KeV) cihazıyla keseciklerin görüntüsü çekilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

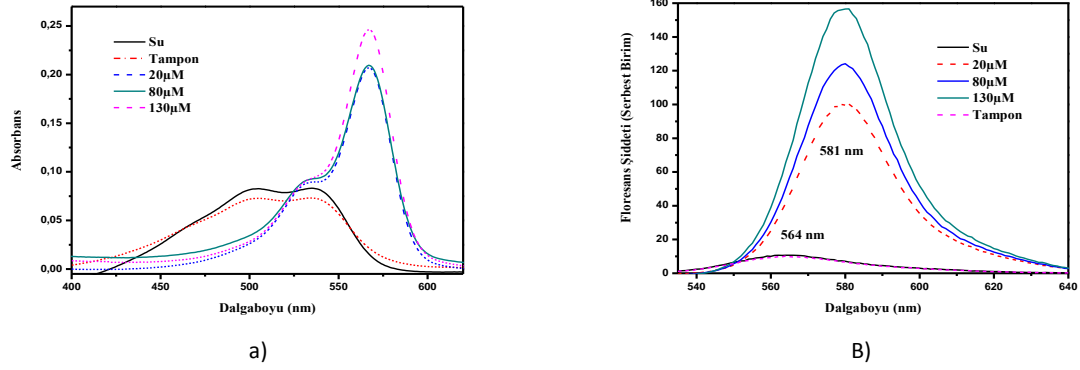
Sonikasyon yöntemiyle elde edilen kesecik yapılarının TEM görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. Elde edilen TEM görüntülerinden kesecik çaplarının yaklaşık 50-300 nm arasında değiştiği hesaplanmıştır. Bu değerlerin PC lipitleriyle hazırlanmış kesecik sistemlerinin boyutlarıyla uygunluk gösterdiği gözlemlenmiştir [12,13]. Merosiyanin 540 (MC 540) molekülünün kesecik çözeltisindeki 1µM konsantrasyonda alınmış absorpsiyon ve floresans spektrumu Şekil 3'de verilmiştir. MC 540 molekülünün su içerisinde 500 ve 534 nm'de iki absorpsiyon maksimumu gözlemlenmiştir. Tampon çözeltide (pH=7,4) spektrumda fazla bir değişiklik olmamış

hemen hemen aynı bölgelerde absorpsiyon maksimumları gözlemlenmiştir. Artan kesecik konsantrasyonu ile daha fazla MC 540 molekülü yüzeye tutulmasıyla absorpsiyon şiddeti artmıştır. Bu spektrumda MC 540'ın uzun dalga boylu bölgeye monomerin katkısı varken kısa dalga boylu bölgeye H-agregat tipi dimerin katkısının olduğu bilinmektedir [14].

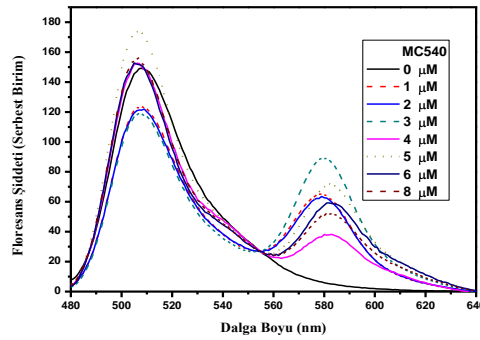
**Şekil 2.** Kesecik çözeltisi için TEM görüntüsü

Su ve tampon çözelti içerisinde MC 540 molekülünün floresans maksimum değeri 564 nm iken kesecik ortamında 581 nm olup floresans maksimumunun düşük enerjili bölgeye kaydığı gözlemlenmiştir. Kesecik konsantrasyonunun artmasına rağmen emisyon maksimumunun değişmediği belirlenmiştir. 0,1 µM Floresin (FL) molekülü için alınan floresans spektrumunun Floresans maksimum değeri 509 nm olarak belirlenmiştir.

150 µM'lık kesecik içeren sulu çözelti ortamında FL molekülünün konsantrasyonu 0,1µM 'da sabit tutulup, çözelti üzerine değişen konsantrasyonlarda MC 540 molekülü eklenerek floresans spektrumu alındı. Ancak her bir konsantrasyondaki numune ayrı ayrı hazırlanması gerektiği için elde edilen 5 mL'lik numunelere farklı zamanlarda floresans spektrumu alınırken cihazdan gelecek olan etkileri yok etmek için oluşturulan numuneler dolapta +4°C'de bekletildi ve numune serisi tamamlandıktan sonra aynı anda ölçüm alındı. +4°C'de kesecik yapıları stabilitelelerini korumaktadır [15]. Bu işlemler yaklaşık 48 saatte tamamlandı. Elde edilen floresans spektrumu Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. MC 540 molekülünün su, tampon çözelti (pH=7,4) ve artan kesecik konsantrasyonlarında alınmış absorpsiyon (a) ve floresans (b) spektrumları (*Uyarılma dalga boyu (λ_{ex}) 530 nm'dir)



Şekil 4. 150 μM 'lık kesecik içeren sulu çözelti ortamında 0,1 μM FL'in artan MC 540 konsantrasyonlarında alınmış düzeltilmiş floresans spektrumları (*MC 540 molekülünün konsantrasyonu: 0 μM ; 1 μM ; 2 μM ; 3 μM ; 4 μM ; 5 μM ; 6 μM ; 8 μM)

FL-MC 540 molekül çifti için 150 μM kesecik ortamında FL molekülünün konsantrasyonu 0,1 μM 'da sabit tutulup, MC 540'ın konsantrasyonunun artırılmasıyla, FL molekülünün emisyon bandının şiddetinde bir azalma olurken, yaklaşık 580 nm'de MC540'ın floresans bölgesine karşılık gelen yeni bir bandın oluştuğu ve floresans şiddetinin, artan MC 540 konsantrasyonu ile arttığı gözlemlenmiştir. Ancak MC540 konsantrasyonunun belli bir artışından sonra, floresinin emisyon şiddetinin azalması yerine şiddetini arttırdığı, ayrıca 150 μM kesecik ortamında 580 nm'de floresans maksimumuna sahip MC 540 da emisyon maksimumunda kaymalar meydana geldiği görülmüştür. Sonuç olarak FL molekülünden MC540 molekülüne radyasyonlu bir geçişin olmadığı yani kesecik ortamında etkileşim sonucu bir enerji transferi meydana gelmediğini anlaşılmıştır. Sadece 555 nm'de bir izobestik noktanın olduğu görülmüştür. Her iki bileşiğin emisyon maksimumlarının kaymasının sebebi ortama eklenen MC540 molekülünün konsantrasyonunun artışıyla, ortamın polaritesinin değişmesiyle ortamda radyasyon göçünün olduğu söylenebilir [16]. Akseptör konsantrasyonunun artırılmasıyla donör molekülünün emisyon spektrumunun maviye kayması, konsantrasyon artışıyla polaritenin azalmasına bağlı olarak açıklanmıştır [17].

SONUÇ

Bu iki molekülün kesecik içeren sulu çözeltideki etkileşimi incelenmiştir. Bunun için 0,1 μM FL konsantrasyonu kesecik ortamında sabit tutulup MC 540 molekülünün konsantrasyonu artırılmıştır ve sonuçta FL molekülünün emisyon bandının şiddetinde bir azalma olurken, MC 540'ın floresansına karşılık gelen yeni bir bandın oluştuğu ve floresans şiddetinin, artan MC 540 konsantrasyonu ile arttığı belirlenmiştir. Ancak MC 540 konsantrasyonunun belli bir artışından sonra, FL molekülünün emisyon spektrumunun şiddetinin azalması yerine şiddetini arttırdığı ve MC 540 da emisyon spektrumunun şiddetinin maksimum değerinde kaymalar meydana geldiği görülmüştür. Kaymalar, konsantrasyon artışıyla polaritenin azalmasından kaynaklanır. Burada, FL molekülünden MC 540 molekülüne radyasyonlu bir geçişin olmadığı yani kesecik ortamında bir enerji transferi meydana gelmediği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. J. De Leeuw, H.C. De Vijlder, P. Bjerring, H.A.M. Neumann, *JEADV* 23 (2009) 505.
2. M.S. Fujikawa, A.I. Chen, W.J. Szostak, *Langmuir* 21 (2005) 12124.
3. A.J. Boomer, D.H. Inerowicz, Z. Zhang, N. Bergstrand, K. Edwards, J. Kim, Thompson, H. D., Acid-triggered release from sterically stabilized fusogenic liposomes via a hydrolytic depegylation strategy. *19* (2003) 6408.
4. B.M. Aydın, Floresans enerji transferinin misel sistemlerde incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum (2005).
5. A. Song, J. Zhang, M. Zhang, T. Shen, J. Tang, *Colloid Surface A* 167 (2000) 253.
6. J.E. Valinsky, T.G. Easton, E. Reich, *Cells* 13 (1978) 487.
7. B.M. Schlegel, A. Phelps, L. Waggoner, L. Terada and P. Williamson, *Cell* **20 (1980)** 321.
8. T.J. Dougherty, C.J. Gomer, B.W. Henderson, G. Jori, D. Kessel, M. Korbelik, J. Moan, Q.J. Peng, *Natl. Cancer Ins.* 90 (1998) 899.
9. M. Zareba, M. Niziolek, W. Korytowski, A.W. Girotti, *Biochimica et Biophysica Acta* 1772 (2005) 51.
10. M. Toprak, B.M. Aydın, M. Arık, Y. Onganer, *J. Lumin.*, 131 (2011) 2286.
11. B.M. Aydın, M. Acar, M. Arık, Y. Onganer, *Dyes and Pigments*, 81 (2009) 156.
12. J. Knol, K. Sjollema, B. Poolman, *Biochemistry* 37 (1998) 16410.
13. T. Ruyschaert, F.P.A. Sonnen, T. Haefele, W. Meier, M. Winterhalter, D. Fournier, *J. Am. Chem. Soc.* 127 (2005) 6242.
14. L. Sikurova, B. Cunderlikova, *Spectrochim. Acta A* 53 (1996) 293.
15. A. Bozkır, S. Koçyiğit, *J. Fac. Pharm. Ankara*, 24 (1995) 1.
16. M. Toprak, M. Arık, *Turk. J. Chem.* 34 (2010) 285.
17. C. Reichardt, *Solvent and solvent effect in organic chemistry*. Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim (Federal Republic of Germany), (1994).

DIYABETİK RATLARDA NAR ÇİÇEĞİNİN (*Punica granatum*) SERUMDAKİ ÜRE VE KREATİNİN DÜZEYLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Zafer ÇAMBAY

Fırat Üniversitesi Hastanesi, Kampüs, 23119, Elazığ, TÜRKİYE

Özet

Bu çalışmada, STZ ile diyabet oluşturulmuş ratlarda nar çiçeğinin serumdaki üre ve kreatin seviyelerine etkileri araştırılmıştır. Nar çiçeği, diyabetin tedavisinde kullanılan polifenolik bileşiklerce ve flavonoidlerce zengindir. Çalışmada, ratlar; kontrol, diyabet (STZ), STZ +NÇI (300mg/kg/gün), STZ+NÇII (400mg/kg/gün), STZ+NÇIII (500mg/kg/gün) olacak şekilde 5 gruba ayrılmıştır ve her bir grup 12 rattan oluşturulmuştur. Bu çalışmadan elde edilen veriler göstermiştir ki diyabetten dolayı üre ve kreatin seviyeleri artmıştır ($p<0,0001$) bununla birlikte nar çiçeğinin kullanımı istatistiksel olarak üre ve kreatin seviyelerini azaltmıştır ($p<0,0001$). Bu sonuçlar nar çiçeğinin diyabetin ve komplikasyonlarının tedavisinde katkısı olabileceğini belirtmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diyabet, Nar çiçeği, Serum, Üre, Kreatinin

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF POMEGRANATA FLOWER (*Punica granatum*) ON SERUM UREA AND CREATININE LEVELS IN DIABETIC RATS

Abstract

In this study, it is studied the effects of pomegranate flower on the urea and creatine levels of serum in stz-induced diabetic rats. Pomegranate flower rich in polyphenolic compounds and flavonoids which are used for the treatment of diabetes. In the study, rats are divided into five groups as control, diabetes (STZ), STZ+NÇI (300mg/kg/day), STZ+NÇII (400mg/kg/day), STZ+NÇIII (500mg/kg/day) and each groups are created 12 rats. Data obtained from present study showed that the urea and creatin levels are increased ($p<0,0001$) because of diabetes however, the use of pomegranate flower statistically reduced urea and creatin levels ($p<0,0001$). These results are determined that pomegranate flower may contribute to treatment of diabetes and its complications.

Key words: Diabetes, Pomegranate flower, Serum, Urea, Creatinine

GİRİŞ

Diabetes mellitus insülin etkisinin ya da insülin salgılanmasının veya her ikisinin bozukluğunun meydana getirdiği karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmasında bozukluklara neden olan kronik hiperglisemi olarak tanımlanır. DM uzun dönemde çeşitli organlarda (gözler, böbrekler, kalp, beyin, kan hücreleri) hasarlar, fonksiyon bozuklukları ve yetersizlikler ile seyrederek [1]. Diyabet, akut ve kronik komplikasyonlarla seyreden bir hastalıktır. Kronik dejeneratif komplikasyonlar, en ciddi sağlık sorunlarından birini oluşturur. Uzun süre diyabeti olan olgularda tüm damarlarda bozukluklar gelişir. Değişiklikler hem kapiller ve arterioller yapan vasküler hücreleri, hem de bunların bazal membranlarını tutar. Bütün mikrovasküler yapılar tutulmuş olmasına karşın, klinik olarak ancak retina, renal glomerüller ve büyük sinirlerde patoloji ortaya çıkar [2].

Diyabet, organizmada pankreasın β hücrelerinin insülin yapma ve salgılama gücünün

azalmakta veya yok olmakta ve bazen buna ek olarak, dokuların insüline olan cevabındaki düzen bozulmaktadır. Bu düzensizlik sonucu, organizma, besinlerden gelen karbonhidratları, proteinleri ve yağları normal bir şekilde kullanamamaktadır. Sonuç olarak kandaki şeker ve özellikle glikoz düzeyi yükselmektedir [3,4].

Pankreas önemli fonksiyonları olan bir organdır. İşlevlerinden ikisi, özellikle çok önemlidir. Bunlardan ilki, besinlerin sindirimi için bağırsaklara çeşitli enzimler içeren bir özsu salgılamaktır. İkincisi ise, "Langerhans adacıkları" kana aktarmaktır. Bu iki hormon ortaklaşa çalışırlar; dokulardaki şeker tüketimini denetlerler ve düzenlerler [5,6].

Diabetik nefropati, Diabetes Mellituslu hastaların yaklaşık 1/3'ünde izlenir ve son dönem böbrek yetmezliğinin en önemli nedenidir. Diabetik hastaların %75- 95'i Tip 2 DM ve diabetik nefropatisi olan grubun büyük bir kısmı da Tip 2 Diabetes Mellitus hastalarıdır.

Üre

Protein metabolizmasının son ürünü olarak karaciğerde oluşur ve idrarla atılır. Serumdaki normal değeri % 20–40 mg kadardır. Kandaki üre değerleri, aşırı proteinli besinlerin alınmasından sonra ve ateşli hastalıklarda diyabette yükselebilir. Fakat esas büyük artışlar akut yada kronik böbrek yetersizliklerinde olmaktadır. Nefrit ve piyelonefrit gibi böbrek bozukluklarında da yine kanda üre miktarı artmaktadır. Gelişen organizmalarda çocuklarda , gebelikte ve az proteinli diyetle beslenmede ise serum üre değerleri azalmaktadır.

Kreatinin

Kreatin karaciğerde sentez edilir, kas ve diğer dokular tarafından dolaşımdan aktif olarak alınır. Total vücut kreatin in %98'i kaslardadır ve bunun %60- 70'i fosfokreatindir. Kas kreatininin nonenzimatik dehidratasyonu ile kreatinin oluşur. Kreatinin 113Da ağırlığındadır. İdeal filtrasyon markırı olma kriterlerinin tamamını değilse de büyük bir kısmını doldurmaktadır. Proteine bağlanmaz, glomerülden serbestçe filtre edilir, böbreklerde metabolize olmaz fakat düzenli olarak sekrete edilir ve bazen de tübüllerden reabsorbe olur. Tübüler reabsorbsiyon ve sekresyon miktarı bireyler arasında ve aynı bireyde değişkendir. Kreatinin tübüler sekresyonu nedeniyle kreatinin klirensiyle bulunan değer glomerüler filtrasyon değerinden %15 daha fazladır. Kronik böbrek yetmezliği ve şiddetli proteinüri varlığında kreatinin tübüler sekresyonu daha da artar ve ilerlemiş böbrek yetmezliğinde kreatinin klirensinin gerçek GFR'ye oranı 2- 2,5'e yükselir. Bu nedenlerle kreatinin klirensinin hesaplanması bize renal fonksiyonun yaklaşık değerini verecektir.

Ortalama kreatinin yapımı kadınlara göre erkeklerde, yaşlılara göre gençlerde ve beyaz ırka göre siyahlarda daha fazladır. Bu durumda serum kreatinin konsantrasyonunda da yaş, cins ve ırka göre farklılıklar vardır deriz. Diyabetik hastalarda kreatinin tübüler sekresyonu artar ve böylece klirens değeri normalden daha yüksek bulunur. Bu hastalarda kas kaybı veya amputasyon nedenli kas kitlesinde azalma kreatinin yapımını azaltmıştır [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Çalışmanın Önemi

Günümüzde diyabetin kontrolünü sağlamak ve komplikasyonlarını azaltmada artık alternatif tedavilere ihtiyaç duyulduğu gözlenmiştir. Diyabetin tedavisinde ve önlenmesinde pek çok tıbbi bitki kullanılmaktadır. Günümüzde önemi gittikçe artan antioksidan etki gösteren ve tıbbi bitki litaretüründe yer alan tedavi edici etkiye sahip bir meyve olan nar; Punicaceae familyasından *Punica granatum* (Nar) meyve suyunun,

meyve ve kabuk ekstraktlarının çekirdeklerinin tohum yağları, tohum ekstraktlarının ve çiçeğinin önemli oranda antioksidan özelliğe sahip olduğu bulunmuştur [16]. *Punica granatum* L. çiçeğinin metanolik ekstresinde, pelargonidin 3,5 diglikozit, ursolik asit, uroluk asit, daukosterol, oleonik asit, brevifolinkarboksilat, pomegranat, sitosterolile maslinik asit, asiatic asit ve alkan yapısında maddeler izole edilmiştir. Petrol eterli ekstresinde, sitosterol ve ursolik asit; kloroformlu ekstresinde bu ana bileşenler yanında maslinik asit, asiatic asit, sitosterol- β -D-glukozit; etil asetat ekstresinde 3,3',4'-tri-O-metilelajik asit, daukosterol, uroluk ve maslinik asit; aseton ekstresinde etil brevifolinkarboksilat; etanolü ekstrede ise D-mannitol, elajik asit ve gallik asit, petrol eteri ekstresinde epikateşin, kateşin ve yine gallik asit, elajik asit bulunduğu saptanmıştır [17, 18, 19].

Çalışmada *Punica granatum* çiçeğinin antioksidan etki göstereceği dozlarda deneysel olarak STZ ile diyabet oluşturulmuş ratlara verilerek serumdaki üre ve kreatinin düzeyleri saptanmıştır. Ayrıca antioksidan etkisi olan *Punica granatum* çiçeğinin üre ve kreatinin düzeyine etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Deneysel Çalışma

Deneysel hayvanlar Wistar albino cinsi ratlar, Fırat Üniversitesi Deneysel Araştırma Merkezinden temin edildi. Ratlar havalandırma sistemi bulunan bir ortamda özel olarak hazırlanmış ve her gün altları temizlenen kafeslerde beslendi. Yemler, özel çelik kaplarda ve su da paslanmaz çelik bilyeli biberonlarda normal çeşme suyu olarak verildi. Deneysel hayvanları Elazığ Yem Fabrikasında özel olarak hazırlanan pelletler halindeki rat yemleriyle beslendi.

Deneysel hayvanlarının seçimi ve yapılan uygulamalar sırasında Fırat Üniversitesi Hayvan Deneysel Etik Kurulu (FÜHADEK) (24.06.2008 / Toplantı: 6; Karar No:31) onayı alınarak; çalışma standart deneysel hayvan çalışmaları etik kurallarına uygun olarak yapıldı.

Deneysel çalışmalara başlamadan önce, çıkabilecek aksaklıkların asgariye indirilmesi amacıyla ön çalışma yapıldı. Deneysel hayvanlarının buldukları ortamın sıcaklığı 22-25 °C arasında sabit tutuldu ve hayvanlar 12 saat ışık altında ve 12 saatte karanlıkta takip edildi. Deneysel çalışmalarda ortalama ağırlıkları 220 gr (220 \pm 40 gr) olan toplam 60 adet Wistar-albino cinsi erkek ratlar kullanıldı. Ratlar ağırlıkları birbirlerine en yakın olanlar ayrı ayrı seçilerek her kafeste 4 rat olacak şekilde 3'er kafesi 5 grup oluşturuldu. Bu gruplar;

- 1.Grup: Kontrol grubu (n=12)
- 2.Grup: Diyabet (STZ) grubu (n=12)
- 3.Grup: STZ + Nar (*Punica granatum*) çiçeği I (n=12)
- 4.Grup: STZ + Nar (*Punica granatum*) çiçeği II (n=12)
- 5.Grup: STZ + Nar (*Punica granatum*) çiçeği III (n=12)

Mevcut laboratuvar şartlarımızda, deneysel diyabet oluşumunun kaçınıcı günlerde meydana geldiği gözlemlenerek deneysel uygulama başlatıldı. Çalışmanın başlangıcında ve her hafta düzenli bir şekilde ağırlık değişiklikleri kaydedildi.

1. Kontrol Grubu: 12 adet rattan oluşan bu gruba 8 haftalık uygulama boyunca her gün sadece rat yemi ve su ile beslendi. Gruptaki ratların bazal ve 7 hafta sonra örneklerin alınması öncesinde olmak üzere toplam 2 kez kan şekerlerine bakıldı.

2. STZ Grubu: 12 adet rattan oluşan bu gruba STZ, 60 mg/kg olacak şekilde 0.1 M fosfat-sitrat tamponunda (pH:4.5) çözündürülerek intraperitoneal enjeksiyonla tek doz olarak uygulandı. Bir hafta sonra kuyruk veninden alınan kanın glukometre cihazındaki ölçümü sonucu açlık kan glukozu 220 mg/dl'yi geçen ratlar, diyabetik olarak kabul edildiler. Ratlara 8 haftalık uygulama boyunca her gün sadece rat yemi+su verildi.

3. STZ + Nar (*Punica granatum*) çiçeği I: İkinci grupta olduğu gibi diyabetik hale getirilen 12 adet rata 8 hafta boyunca her gün düzenli olarak 300mg/kg/gün nar çiçeği toz haline getirilerek %1,5 oranında nar çiçeği ve rat yemi pellet halinde oral yolla ile beslenmesi sağlandı.

4. STZ+ Nar (*Punica granatum*) çiçeği II: Diyabetik hale getirilen 12 adet rata 8 hafta boyunca her gün düzenli olarak 400mg/kg/gün nar çiçeği toz haline getirilerek %2.0 oranında nar çiçeği ve rat yemi pellet halinde verildi.

5. STZ + Nar (*Punica granatum*) çiçeği III: Bu gruptaki diyabetik ratlara yine 8 hafta boyunca her gün düzenli olarak 500mg/kg/gün nar çiçeği toz haline getirilerek %2,5 oranında nar çiçeği ve rat yemi pellet halinde verildi.

Kontrol grubunun kan glukoz seviyeleri 96±5.8 mg/dL, diyabet grubunun 231±3.2 mg/dL, diyabet + Nar çiçeği-I grubu 222±3.4 mg/dL, diyabet + Nar çiçeği-II grubu 228±3.8 mg/dL, diyabet + Nar çiçeği-III grubu 221±4.4 mg/dL olarak ölçüldü.

Deneysel uygulamalar sonrasında etik kurulun aldığı kararlara uygun olarak dekapite edilen ratların kanları biyokimya tüplerine aktarılıp 5000 x g'de 10 dk. santrifüj edilip tüplere aktarıldı. Daha sonra analizleri yapılması için otoanalizör olympus AU2700 cihazında değerlendirildi.

BULGULAR

Deneysel çalışmaların sonucunda diyabet grubunda 4 rat, diyabet + Nar çiçeği-I grubu 2, diyabet + Nar çiçeği-II grubu 3, diyabet + Nar çiçeği-III grubunun 4'ü öldü. Deney aşamasının sonunda her gruptan 8 hayvan alındı.

Kontrol, Diyabet, diyabet + Nar çiçeği-I grubu, diyabet + Nar çiçeği-II grubu ve diyabet + Nar çiçeği-III grubundan 8'er hayvan dekapite edilerek kan örnekleri alınıp üre kreatinin testi çalışmak üzere tüplere konuldu.

Üre Ölçümü: Ticari kit kullanılarak OLYMPUS AU-2700 cihazında yapıldı. Oluşan renkli bileşik 660 nm'de okundu. Üre miktarı tayin edildi [20].

Kreatinin Ölçümü: Ticari kit kullanılarak OLYMPUS AU-2700 cihazında yapıldı. Oluşan renkli bileşik 800 nm'de okundu. Kreatinin miktarı tayin edildi [20].

TARTIŞMA VE SONUÇ

Son zamanlarda bitkisel materyallerdeki doğal antioksidanlara olan ilgi artmıştır. Hem bilimsel raporlardan ve hem de laboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler bitkilerin çok çeşitli antioksidan özellikte maddeler ihtiva ettiğini göstermektedir. Antioksidan özellik gösteren fitokimyasalların bazıları polifenoller, monoterenler, lignanlar, flavonoidler, diterpenler, taninler gibi maddelerdir [21]. Nar bitkisinin çeşitli ekstraktlarını antibakteriyel, antifungal, antiülser, antidiyabetik, antioksidan özellikte olduğu çeşitli literatürlerde belirtilmektedir [22, 23, 24]. Flavonoidler, en önemli ve en yaygın fenolik bileşiklerdendir [25]. Bu bileşikler, fenolik yapılarından dolayı diyabetinde içinde olduğu serbest radikal aracılı rahatsızlıklarda faydalı olduğunu bildirilmektedir [26]. Nardan elde edilen çeşitli alkoloidler, flavonoidler, polifenolik bileşikler, taninlerin (punicalin, pedunculagin, punicalagin, gallic ve ellagic asit esterleri) kuvvetli antioksidan özellikte olduğu bildirilmiştir [26].

Birçok klinik çalışmada sıkı kan şekeri kontrolünün böbrek fonksiyonunun korumasında katkısının olduğu bildirilmiştir. Diabetes Complication and Control Trial (DCCT) çalışmasında sıkı kan şekeri kontrolünün diyabetik nefropati gelişimini belirgin bir oranda azalttığı ve Tip 1 DM ilerleyişini yavaşlattığı bildirilmiştir [27, 28].

Diyabetik hastalarda, diyabetik olmayanlara göre, peritoneal membranda üre ve kreatinin gibi solütlere karşı geçirgenliğin arttığı ve daha düşük transkapiller UF gerçekleştiği yönünde çalışmalar vardır. [29, 30, 31].

Sonuç olarak STZ verilen ratlarda böbrek fonksiyonları bozulmakta, diyabetin serbest radikaller ve oksidan aktivitenin artması ile verdiği zarar sonucu üre ve kreatinin değerleri yükselmektedir. Diyabetin meydana getirdiği hasarın engellenmesi için antioksidan içeriği bakımından zengin polifenolik bileşikler ve flavonoidler içeren nar çiçeğinin belirtilen miktarlarda verilmesi sonucu ratlarda alınan kan örneklerinde üre kreatinin miktarlarının anlamlı olarak düştüğü gözlenmiştir.

Bu sonuçlar nar çiçeğinin diyabetin tedavisi ve oluşturduğu hasarlardan korunma yöntemlerinin geliştirilmesine önemli katkı sağlayacağı göstermektedir. Özellikle bilimsel çalışmalarla elde ettiğimiz verilerin diyabetin komplikasyonlarının önlenmesinde kullanılan alternatif tıbbi bilimsel bir bakış açısı kazandırdığı düşüncesindeyiz

Tablo : Gruplardaki üre ve kreatinin değerleri

Parametreler	Kontrol	STZ	STZ+NÇI	STZ+NÇII	STZ+NÇIII
Üre	35,42±4,19	88,28±8,01 ^d	79,85±6,38 ^d	65,57±10,08 ^d	50,85±7,94 ^a
A Kreatinin	0,42±0,075	0,62±0,07 ^d	0,58±0,06 ^d	0,54±0,06 ^a	0,50±0,08

-p<0.05 b-p<0.01 c-p<0.001 d-p<0.0001
one way anova LSD testi

KAYNAKLAR

- Vincent, A.M., Russell J.W., Low, P. and Feldman, E.L.,1975. (2004) Oxidative Stress in the Pathogenesis of Diabetic Neuropathy. *Endocrine Reviews*, 25, 612–628
- Kaur, C. ve Kapoor, H. C. (2005). Antioxidant activity of some fruits in Indian diet. *Acta Horticulturae*, 696, 563-565.
- Marchetti, P., Prato, S. D., Lupi, R., Guerra, S. D., (2006), The pancreatic beta-cell in human type 2 diabetes, nutrition, metabolism and cardiovascular diseases, Swedish - Italian cooperation on Diabetes Research, 16, 1, 3-6.
- Fanelli, C. G., Porcellati, F., Rosetti, P., Bolli, G.B., (2006), Glucagon: the effects of its excess and deficiency on insulin action, swedish – italian cooperation on diabetes research nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases,16, 1, 28-34
- Tura, A., Willer, A. K., Pacini, G., (2006), Insulinogenic indices from insulin and C-peptide: Comparison of beta-cell function from OGTT and IVGTT, *Diabetes Research and Clinical Practice*, 72, 3, 298-301.
- Zhao, Z., Redinga, H. K., Rigglob, S., Haroutunianb, V., Pasinettia, G. M., (2006), Insulin receptor deficits in schizophrenia and in cellular and animal models of insulin receptor dysfunction, *Schizophrenia Research*, 84, 1, 1-14
- Yenigün M, Ener N. Diabetes mellitus'un tarihçesi. İn: Yenigün M, Altuntaş Y, editörler. Her yönüyle diabetes mellitus. 2inci baskı. İstanbul: Nobel tıp kitabevi, (2001);3- 6
- arram JH, Krolewski WC. Epidemiology of diabetes mellitus. İn: Kahn CR, Weir GC, King GL, Jacobson AM, Moses AC, Smith RJ editors.Joslin's diabetes mellitus. 14th ed. Boston: Lippincott Williams& Wilkins,(2005);341-54
- Shaw J, Zimmet P. Epidemiology of type 2 diabetes an increasing problem, also in dialysis units. İn: Mogensen CE editor. Diabetic nephropathy in type 2 diabetes. London: Science Press,(2002); 21- 30
- Altuntaş Y. Diabetes mellitus'un tanımı, tanısı ve sınıflaması. İn: Yenigün M, Altuntaş Y, editörler. Her yönüyle diabetes mellitus. 2inci baskı İstanbul: Nobel tıp kitabevi, (2001);51- 62
- Altınparmak MR, Apaydın S. Diabetik nefropati. İn: Yenigün M, Altuntaş Y, editörler. Her yönüyle diabetes mellitus. 2inci baskı. İstanbul: Nobel tıp kitabevi, (2001);337-402
- Williams ME, Stanton RC. Management of diabetik kidney disease. İn: Kahn CR, Weir GC,King GL, Jacobson AM, Moses AC, Smith RJ, editors. Joslin's diabetes mellitus.14th Ed. Boston: Lippincott William&Wilkins, (2005);925-50
- Abdi R, Bernner BM. The nephropathy of type 2 diabetes. İn: Mogensen CE editor. Diabetic nephropathy in type 2 diabetes. London: Science Press,(2002);1-4
- Kyhse-Andersen J, Schmidt C, Nordin G, Andersson B, Nilsson-Ehle P, Lindström V, Grubb A. Serum Sistatin C,determined by a rapid, automated particle-enhanced turbidimetric method,is a better marker than serum creatinine for glomerular filtration rate *Clin Chem* (1994); 40:1921-1926
- Manjunath G, Sarnak MJ, Levey AS. Estimating the glomerular filtration rate *Postgrad Med* (2001);110:55- 6231-Gaspari F, Perico N, Remuzzi G. Measurement of glomerular filtration rate *Kid Int* (1997);62:151-154.
- Nawwar MA, Hussein SA, Merfort I. (1994). NMR spectral analysis of polyphenols from *Punica granatum*. *Phytochemistry* 36: 793-798.
- Manav, S. (1988). Nar (*Punica granatum* L.) meyva kabuklarını eczacılıkta değerlendirme açısından Türkiye'de yetişen doğal ve kültür nar çeşitlerinin karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi Ankara Üniversitesi, Ankara
- Şule AKSU, *Punica granatum* L. üzerinde farmakognozok araştırmalar yüksek lisans tezi Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi (2007).
- Huang, T.H.W. Peng, G. Kota, B.P. Li, G.Q. Yamahara, J., Roufogalis,B.D. ve diğerleri (2005). Pomegranate flower improves cardiac lipid metabolism in a diabetic rat model: role of lowering circulating lipids. *British Journal of Pharmacology*, 145(6), 767- 774, Ref: C. A. 143:206092.

20. Ehret W, Heil W, Schmitt Y, Topfer G, et al. Use of anticoagulants in diagnostic laboratory investigations and stability of blood, plasma and serum samples; WHO/DIL/LAB/ (1999); Rev.2/26pp.
21. Nandkarni, A.K., (1976). Nandkarni's Indian Materia Medica. Popular Prakashan, Bombay. pp. 1031–1035.
22. Charya, M.A.S., Reddy, S.M., Kumar, B.P., Reddy, S.R., (1979). Laboratory evaluation of some medicinal plant extracts against two pathogenic fungi. *New Botany* 6,171.
23. Ajaikumar, K.B. Asheef, M. Babu, B.H., Padikkala, J., (2005). The inhibition of gastric mucosal injury by PGL (pomegranate) methanolic extract. *J. Ethnopharmacol.* 96, 171–176.
24. Bagri P, Ali M, Aeri V, Bhowmik M, Sultana S. Antidiabetic effect of *Punica granatum* flowers: effect on hyperlipidemia, pancreatic cells lipid peroxidation and antioxidant enzymes in experimental diabetes. (2009) *Jan*;47(1):50-4.
25. Schinella, G.R. Tournier, H.A. Prieto, J.M., Mordujovich de Buschiazzo, P., Rios, J.L. (2002). Antioxidant activity of anti-inflammatory plant extracts. *Life Sci.* 70, 1023–1033.
26. Tepe, B. Sokmen, M. Akpulat, A.H., Sokemen, A., (2005). In vitro antioxidant activities of the methanol extracts of four *Helichrysum* species from Turkey. *Food Chem.* 90, 685–689.
27. Altınparmak MR, Apaydın S. Diabetik nefropati. İn: Yenigün M, Altuntaş Y, editörler. Her yönüyle diabetes mellitus. 2inci baskı. İstanbul: Nobel tıp kitabevi, (2001);337- 402
28. Williams ME, Stanton RC. Management of diabetic kidney disease. İn: Kahn CR, Weir GC, King GL, Jacobson AM, Moses AC, Smith RJ, editors. *Joslin's diabetes mellitus.* 14th ed. Boston: Lippincott Williams&Wilkins, (2005);925-50
29. Stoenoiu MS, De Vriese AS, Brouet A, et al. Experimental diabetes induces functional and structural changes in the peritoneum. *Kidney Int* (2002); 62: 668-678.
30. Lamb EJ, Worrall J, Buhler R, et al. Effect of diabetes and peritonitis on the peritoneal equilibration test. *Kidney Int* (1995); 47: 1760-1767.
31. Serlie MJ, Struijk DG, de Blok K, Krediet RT. Differences in fluid and solute transport between diabetic and nondiabetic patients at the onset of CAPD. *Adv Perit Dial* (1997); 13: 29-32.

DIYARBAKIR İLİ DOĞAL MERALARINDAN TOPLANAN BAZI TEK YILLIK YONCA TÜRLERİNDE (*Medicago* spp.) KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ*

Erdal ÇAÇAN^{1*}Mehmet BAŞBAĞ²Ali AYDIN²

*: Bu çalışma "Güneydoğu Anadolu Bölgesi Doğal alanlarından Toplanan Bazı Baklagil Yem Bitkisi Türlerinde Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi" adlı yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümüdür.

¹: Bingöl Üniversitesi, Genç MYO Organik Tarım Programı, 12000, Bingöl, Türkiye

²: Dicle Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

Özet

Bu araştırmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal meralarından toplanan bazı *Medicago* türlerinde (*M. orbicularis* (L) Bart., *M. polymorpha* L., *M. rigidula* (L) All., ve *M. shepardii* Post ex Boiss.) kalite özellikleri incelenmiştir. Çalışmada *Medicago* türleri için ortalama değerler; ham protein (HP) %16.5, kuru ot yeşil ot oranı (KO/YO) %22.4, kuru madde (KM) %91.1, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) %32.9, nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) %43.9, sindirilebilir kuru madde (SKM) %63.2, kuru madde tüketimi (KMT) 2.8, nispi yem değerleri (NYD) 135.3, fosfor (P) %0.33, potasyum (K) %2.00, kalsiyum (Ca) %1.32 ve magnezyum (Mg) %0.30 olarak tespit edilmiştir. Türlerin kalite değerleri, HP %13.5-17.7, KO/YO %12.1-32.4, KM %90.8-91.7, ADF %30.1-37.6, NDF %38.9-49.8, SKM %59.6-65.5, KMT 2.4-3.1, NYD 111.4-156.3, P %0.29-0.35, K %1.76-2.54, Ca %1.09-1.61 ve Mg %0.22-0.31 aralıklarında değişim göstermiştir. Türleri kalite açısından karşılaştırdığımızda; *M. orbicularis* HP (%17.7); *M. polymorpha*, KO/YO (%32.4) ve KM (%91.7); *M. rigidula*, ADF (%30.1), NDF (%38.9), SKM (%65.5), KMT (3.1), NYD (156.3), Ca (%1.61) ve Mg (%0,31); *M. shepardii* P (%0.35) ve K (%2.54) bakımından en yüksek değerleri vermişlerdir.

Anahtar Kelimeler: *Medicago* spp., Kalite, Ham protein, ADF, NDF

THE DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERS OF SOME ANNUAL ALFALFA SPECIES (*Medicago* spp.) COLLECTED IN NATURAL RANGELANDS IN DIYARBAKIR

Abstract

The aim of this study is to determine quality characters of some *Medicago* species (*M. orbicularis* (L) Bart., *M. polymorpha* L., *M. rigidula* (L) All., *M. sativa* L. and *M. shepardii* Post ex Boiss.) collected in natural rangelands of Southeastern Anatolia Region of Turkey. Average values for the study of *Medicago* species; crude protein (CP) 16.5%, dry herbage/green herbage values (KO/YO) 22.4%, dry matter 91.1%, acid detergent fiber (ADF) values 32.9%, neutral detergent fiber (NDF) values 43.9%, digestible dry matter (DDM) values 63.2%, dry matter intake (DMI) values 2.8, relative feed values (RFV) values 135.3, phosphor (P) 0.33%, potassium (K) 2.0%, calcium (Ca) 1.32%, magnesium (Mg) 0.3% was determined to be. Species of quality values; CP 13.5-17.7%, KO/YO 12.1-32.4%, DM 90.8-91.7%, ADF 30.1-37.6%, NDF 38.9-49.8%, DDM 59.6-65.5%, DMI 2.4-3.1, RFV 111.4-156.3, P 0.29-0.35%, K 1.76-2.54%, Ca 1.09-1.61% and Mg 0.22-0.31% between have changed. Types in terms of quality compared; *M. orbicularis* CP (17.7%); *M. polymorpha* KO/YO (32.4%), DM (%91.7); *M. rigidula* ADF (30.1%), NDF (38.9%), DDM (%65.5), DMI (3.1), RFV (156.3), Ca (%1.61) and Mg (%0,31); *M. shepardii* P (%0.35) and K (%2.54) gave the highest values.

Key Words: *Medicago* spp., Quality, Crude protein, ADF, NDF

GİRİŞ

Ülkemizde her cins ve yaşta olmak üzere yaklaşık olarak 12 milyon (BBHB) hayvan bulunmaktadır ve

bu hayvanlar için yaklaşık 55 milyon ton/yıl kaliteli kaba yeme ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkemizin yaklaşık 47,63 milyon ton kaba yem üretimi bulunmaktadır ve bunun

*e-posta: ecacan@bingol.edu.tr

yaklaşık %56 (26,5 milyon ton)'sını tahıl samanı yıllık yaklaşık olarak 30 milyon ton civarında kaliteli kaba yeme ihtiyacı bulunmaktadır (1). Çayır, mera ve yem bitkileri ise kaliteli kaba yemlerin sağlandığı en önemli kaynaklardır.

Güneydoğu Anadolu, tarım ve hayvancılık açısından önemli potansiyele sahip bir bölgedir. Bölge hayvancılığının genelde meraya dayalı olması, uzun yıllar yapılan zamansız, bilinçsiz ve aşırı otlatma meraların verim ve kalitesini düşürmüştür. Bölgede hayvancılığın daha verimli ve kazançlı hale getirilmesi için çayır ve mera alanlarının haricinde özellikle tarla tarımı içerisinde yem bitkisi ekilişlerine de yer verilmesi gerekmektedir. Bu şekilde kaba yem açığı kısmen de olsa kapatılırken aynı zamanda meralar üzerindeki hayvan baskısı da azalacak ve meraların tekrar verimli hale gelmesi mümkün olacaktır.

Bölgede yem bitkisi ekilişlerinin artırılması için, bölge ekolojik koşullarına uygun yeni yem bitkisi tür ve çeşitlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Birçok önemli yem bitkisi türünün gen merkezi konumunda olan Güneydoğu Anadolu Bölgesinin çayır ve meraları, bölge ekolojik koşullarına adapte olmuş, verimli, hastalık ve zararlılara dayanıklı bir çok yem bitkisi türüne ev sahipliği yapmaktadır.

Çayır ve mera alanlarından elde edilen bitkilere yönelik yapılan bazı çalışmalarda;

Licitra ve ark. (2), Akdeniz bölgesi doğal meralarından 70 yem bitkisi türlerinin kalitelerini inceledikleri çalışmada *Medicago orbicularis*'e ait HP %14.5, NDF %47.6, ADF %32.0 ve SKM %73 olduğunu bildirmişlerdir.

Sitzia ve ark. (3), *Medicago polymorpha* ile beslenen süt koyunlarının otlatma periyodu boyunca almış oldukları kaba yemin kimyasal yapısındaki değişimlerini inceledikleri çalışmada *M. polymorpha*'ya ait ortalama HP %27,11, NDF %34.37 ve ADF %22.08 olarak tespit etmişlerdir.

Canbolat ve Karaman (4)'nin bazı baklagil kaba yemlerinin *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, nispi yem değeri ve metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılmasına yönelik yapmış oldukları çalışmada, *Medicago orbicularis*'in HP %14.89, NDF %46.19 ve ADF %35.35; *M. polymorpha*'nın HP %19.11, NDF %38.27 ve ADF %29.65 olarak tespit etmişlerdir.

Başaran ve ark. (5), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit yerleşkesinde baklagil yem bitkilerine ait 46 tür, alttür veya varyetenin bazı morfolojik ve tarımsal özelliklerini inceledikleri çalışmada *Medicago polymorpha* var. *polymorpha*'ya ait ham protein oranını %19.93 olarak tespit etmişlerdir.

Aydın ve ark. (6), *Medicago polymorpha*'nın farklı olgunluk dönemindeki besin maddesi değişimlerini inceledikleri çalışmada, vejetatif, çiçeklenme ve tohum bağlama dönemlerindeki ham protein değerini sırasıyla %22.05, %16.89, %13.67; ADF değerini sırasıyla %31.16, %35.38 ve %43.69; NDF değerini sırasıyla %41.66, %52.39 ve %66.23 olduğunu bildirmektedirler.

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal çayır-mera ve vejetasyonlarında yer alan bazı *Medicago* türlerinin kalite analizleri yapılarak bunların, hayvancılık açısından beslenme değerleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, 2009 yılının Nisan - Mayıs aylarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal çayır-mera ve vejetasyonlarından toplanan bazı tek yıllık *Medicago* türleri (*M. orbicularis* (L) Bart., *M. polymorpha* L., *M. rigidula* (L) All. ve *M. shepardii* Post ex Boiss.) kullanılmıştır. Bu türlerden *Medicago polymorpha* Diyarbakır'ın Eğil ilçesinden (rakım: 936 m), diğerleri ise Diyarbakır Merkez'den (rakım 656 m) alınmıştır. Bitki türlerine ait teşhisler Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Selçuk ERTEKİN tarafından yapılmıştır.

Medicago türlerine ait örnekler bitkilerin çiçeklenme başlangıcı döneminde alınmıştır. Kök boğazından kesilen bitkilerin toprak üstü aksamı 0.1 g hassasiyetli terazi ile tartılarak arazi şartlarında yeşil ot ağırlıkları alınmıştır. Elde edilen bitki örnekleri kurutma dolabında 70 °C'de 48 saat kurutulduktan sonra (7) 0.1 g hassasiyetli terazi ile tartılarak kuru ot ağırlıkları elde edilmiştir. Kuru ot ağırlıkları, yeşil ot ağırlıklarına bölünüp 100 ile çarpılarak Kuru Ot/Yeşil Ot oranı yüzdelik olarak hesaplanmıştır.

Kuru ot numunelerinde kalite analizleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Analiz Laboratuvarında NIRS analiz cihazı ile yapılmıştır. Analizde Ham protein, KM, ADF, NDF, ADP, Ca, K, Mg ve P değerleri ölçülmüştür. Ayrıca tespit edilen ADF ve NDF yardımıyla sindirilebilir kuru madde (SKM), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değerleri (NYD) de hesaplanarak bulunmuştur. Hesaplamalarda aşağıdaki formüller kullanılmıştır (8).

$$SKM = 88.9 - (0.779 \times ADF) \quad (1)$$

$$KMT = 120 / NDF \quad (2)$$

$$NYD = (SKM \times KMT) / 1.29 \quad (3)$$

Türlere ait kalite standartları ise aşağıda verilen baklagil yem bitkileri için belirlenmiş olan sınıflandırmaya göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan *Medicago* türlerine ait ham protein (HP) oranı, Kuru ot/Yeşil ot (KO/YO) oranı, kuru madde (KM) oranı, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) oranı, nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) oranı, sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı, kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değerleri (NYD) Tablo 2'de ve bu türlerin kalite değerlerinin Lacefield (9)'in kalite standartlarına göre durumu Tablo 3'de verilmiştir.

Ham Protein (%)

Tablo 2'de görüleceği üzere *Medicago* türlerinin ham protein değerleri %13.53-17.68 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %16.5 olarak bulunmuştur. Aynı türler içinde en yüksek ham protein oranlarını *M. orbicularis* türü verirken (%17.7), bunu *M. rigidula* (%17.3) ve *M. shepardii* (%17.3) izlemiştir. En düşük ham protein değerini ise *M. polymorpha* türü vermiştir (%13.5). Ham protein bakımından *M. orbicularis*, *M. rigidula* ve *M. shepardii* 1. derece kalite sınıfında, *M. polymorpha* ise 3. derecede kalite sınıfında yer almıştır (Tablo 3).

Tablo 1. Baklagil, buğdaygil ve baklagil+buğdaygil karışımları için kalite standartları (9)

Kalite Standartları	HP	ADF	NDF	SKM	KMT	NYD
	% KM			%	% BW	
Prime	> 19	<< 31	<< 40	> 65	> 3.0	> 151
1	17-19	31-35	40-46	62-65	3.0-2.6	151-125
2	14-16	36-40	47-53	58-61	2.5-2.3	124-103
3	11-13	41-42	54-60	56-57	2.2-2.0	102-87
4	8-10	43-45	61-65	53-55	1.9-1.8	86-75
5	<< 8	> 45	> 65	<< 53	<< 1.8	<< 75

Tablo 2. *Medicago* türlerine ait bazı kalite değerleri

Türler	HP (%)	KO/YO (%)	KM (%)	ADF (%)	NDF (%)	SKM (%)	KMT	NYD
<i>M. orbicularis</i> (L) Bart.	17.7	29.1	91.0	30.5	44.1	65.1	2.7	137.5
<i>M. polymorpha</i> L.	13.5	32.4	91.7	37.6	49.8	59.6	2.4	111.4
<i>M. rigidula</i> (L) All.	17.3	15.9	90.8	30.1	38.9	65.5	3.1	156.3
<i>M. shepardii</i> Post ex Boiss.	17.3	12.1	90.8	33.7	42.8	62.6	2.8	136.0
Ortalama	16.5	22.4	91.1	32.9	43.9	63.2	2.8	135.3

Tablo 3. *Medicago* türlerine ait kalite standartları (9)

Türler	HP (%)	ADF (%)	NDF (%)	SKM (%)	KMT	NYD
<i>M. orbicularis</i> (L) Bart.	1	P	1	P	1	1
<i>M. polymorpha</i> L.	3	2	2	2	2	2
<i>M. rigidula</i> (L) All.	1	P	P	P	P	P
<i>M. shepardii</i> Post ex Boiss.	1	1	1	1	1	1

Elde edilen sonuçlar Licitra ve ark. (2) ile Canbolat ve Karaman (4)'nün bulgularından yüksek çıkarken Başaran ve ark. (5)'nün bulgularından düşük çıkmıştır.

Kuru Ot/Yeşil Ot (%)

Medicago türlerinin kuru ot/yeşil ot oranları (KO/YO) %12.1-32.4 arasında değişim gösterirken, ortalama %22.4 oranında bulunmuştur. Çalışılan türler arasında en yüksek KO/YO oranlarını sırasıyla *M. polymorpha* (%32.4), *M. orbicularis* (%29.1) ve *M. rigidula* (%15.9) veririrken, en düşük KO/YO oranını ise *M. shepardii* (%12.1) türü vermiştir (Tablo 2).

Kuru Madde (%)

Medicago türlerinin kuru ottaki kuru madde oranları (KM) %90.8-91.7 arasında değişim gösterirken, ortalama %91.1 oranında bulunmuştur. Çalışılan türler arasında en yüksek KM oranlarını sırasıyla *M. polymorpha* (%91.7) ve *M. orbicularis* (%91.0) veririrken, en düşük KM oranını ise *M. rigidula* (%90.8) ve *M. shepardii* (%90.7) türleri vermiştir (Tablo 2).

Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (%)

Tablo 2'de görüleceği üzere *Medicago* türlerinin ADF oranları %30.1-37.6 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %32.9 olarak bulunmuştur. ADF bakımından *M. rigidula* (%30.1) ve *M. orbicularis* (%30.5) en yüksek kalite (prime) grubunda yer alırken, *M. shepardii* (%33.7) 1. derece kalite sınıfında, *M. polymorpha* (%37.6) ise 2.derecede kalite sınıfında yer almıştır (Tablo 3). *M. orbicularis* ile elde edilen bulgular literatür bulgularında düşük çıkarken, *M. polymorpha*'dan elde edilen ise yüksek çıkmıştır. ADF'nin sindirim düzeyi çok yavaş ve düşük olduğundan, yem rasyonlarında ADF'nin düşük olması istenir (10).

Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif (%)

Tablo 2'de görüleceği üzere *Medicago* türlerinin NDF oranları %38.9-49.8 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %43.9 olarak bulunmuştur. NDF bakımından *M. rigidula* en yüksek kalite grubunda (prime) yer alırken (%38.9), *M. orbicularis* (%44.1) ve *M. shepardii* (%42.8) 1. derece kalite sınıfında, *M. polymorpha* (%49.8) 2.derece kalite sınıfında yer almışlardır (Tablo 3). *M. orbicularis*'den elde edilen bulguların literatür bulgularından düşük çıkarken, *M. polymorpha*'dan elde edilen ise yüksek çıkmıştır.

Yemlerin hücre duvarı bileşenlerinden olan ve sindirimi yavaşlatan NDF'nin düşük oranda bulunması istenmektedir.

Sindirilebilir Kuru Madde (%)

Tablo 2'de görüleceği üzere *Medicago* türlerinin SKM oranları %59.61-65.47 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %63.2 olarak bulunmuştur. SKM oranı bakımından *M. orbicularis* (%65.1) ve *M. rigidula* (%65.5) en yüksek kalite grubunda (prime) yer alırken, *M. shepardii* (%62.6) 1. derece kalite sınıfında, *M. polymorpha* ise (%59.6) 2. derece kalite sınıfında yer almıştır (Tablo 3). *M. orbicularis*'den elde edilen bulgular literatür bulgularından düşük çıkmıştır.

Kuru Madde Tüketimi

Tablo 2'de görüleceği üzere *Medicago* türlerinin KMT 2.4-3.1 arasında değişim göstermiş olup, ortalama 2.8 olarak bulunmuştur. KMT bakımından *M. rigidula* (3.1) en yüksek kalite grubunda (prime) yer

alırken, *M. orbicularis* (2.7) ve *M. shepardii* (2.8) 1. derece kalite sınıfında, *M. polymorpha* (2.4) ise 2. derece kalite sınıfında yer almıştır (Tablo 3).

Nispi Yem Değerleri

Tablo 2'de görüleceği üzere *Medicago* türlerinin NYD 111.4-156.3 arasında değişim göstermiş olup, ortalama olarak 135.3 olarak bulunmuştur. NYD bakımından *M. rigidula* (156.3) en yüksek kalite grubunda (prime) yer alırken, *M. orbicularis* (137.5) ve *M. shepardii* (136.0) 1. derece kalite sınıfında, *M. polymorpha* (111.4) ise 2. derece kalite sınıfında yer almıştır (Tablo 3).

Mineral Maddeler

Mineral maddeler yem bitkisinin kalite ve besleyiciliği açısından önem arz ederler. *Medicago* türlerine ait mineral maddelerden fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. *Medicago* türlerine ait bazı mineral madde değerleri

Türler	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
<i>M. orbicularis</i> (L) Bart.	0.34	1.76	1.26	0.30
<i>M. polymorpha</i> L.	0.29	1.77	1.33	0.31
<i>M. rigidula</i> (L) All.	0.34	1.94	1.61	0.31
<i>M. shepardii</i> Post ex Boiss.	0.35	2.54	1.09	0.22
Ortalama	0.33	2.00	1.32	0.29

Fosfor (%)

Tablo 4'te görüleceği üzere *Medicago* türlerinin P oranları %0.29-0.35 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %0.33 olarak bulunmuştur. Çalışılan türler arasında en yüksek P oranını *M. shepardii* (%0.35) verirken bunu sırasıyla, *M. orbicularis* (%0.34) ve *M. rigidula* (%0.34) ve *M. polymorpha* (%0.29) türleri izlemiştir.

Potasyum (%)

Tablo 4'te görüleceği üzere *Medicago* türlerinin K oranları %1.76-2.54 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %2.00 olarak bulunmuştur. Çalışılan türler arasında en yüksek K oranını *M. shepardii* (%2.54) verirken bunu sırasıyla *M. rigidula* (%1.94), *M. polymorpha* (%1.77) ve *M. orbicularis* (%1.76) türleri izlemiştir.

Kalsiyum (%)

Medicago türlerinin Ca oranları %1.09-1.61 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %1.32 olarak bulunmuştur. Çalışılan türler arasında en yüksek Ca oranını *M. rigidula* (%1.61) verirken bunu sırasıyla, *M. polymorpha* (%1.33), *M. orbicularis* (%1.26) ve *M. shepardii* (%1.09) türleri izlemiştir.

Magnezyum (%)

Tablo 4'te görüleceği üzere *Medicago* türlerinin Mg oranları %0.22-0.31 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %0.29 olarak bulunmuştur. Çalışılan türler arasında en yüksek Mg oranını *M. polymorpha* (%0.31) ve *M. rigidula* (%0.31) verirken bunu sırasıyla, *M. orbicularis* (%0.30) ve *M. shepardii* (%0.22) türleri izlemiştir.

SONUÇ

Araştırmada *Medicago* türleri tüm kalite özellikleri bakımından incelendiğinde, kuru ottaki kalite değeri en yüksek olan tür *M. rigidula* olurken en düşük değere sahip tür ise *M. shepardii* olmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP, 09-ZF-19 No'lu proje) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Aydın, İ. ve Uzun, F. 2002. Çayır-Mer'a Islahı ve Amenajmanı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, No:9, Samsun.
2. Licitra, G., S. Carpino, I. Schadt, M. Avondo and S. Barresi, 1997. Forage quality of native pastures in a Mediterranean area. *Animal Feed Science Technology* 69:315-328.
3. Sitzia, M., Ligios, S., Fois, N. (2000). *Medicago polymorpha* L. forage production and its quality when grazed by ewes. *10th, Meeting of the FAO-CIHEAAM sub-network on Mediterranean Pastures and Fodder Crops "Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses"* Sassari (Italy) 4-9 April 2000.
4. Canbolat, Ö. ve Ş. Karaman, 2009. Bazı Baklagil Kaba Yemlerinin *in Vitro* Gaz Üretimi, Organik Madde Sindirimi, Nispi Yem Değeri ve Metabolik Enerji İçeriklerinin Karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(2): 188-195.
5. Başaran, U., Z. Acar, H. Mut ve Ö. Ö. Aşçı, 2006. Doğal Olarak Yetişen Bazı Baklagil Yem bitkilerinin Bazı Morfolojik ve Tarımsal Özellikleri. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(3): 314-317.
6. Aydın, R., A. Kamalak and O. Canbolat, 2007. Effect of Maturity on the Potential Nutritive Value of Burr Medic (*Medicago polymorpha*) Hay. *Journal of Biological Sciences* 7 (2): 300-304.
7. Anonim, 2001. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü Ankara.
8. Morrison, J.A. 2003. Hay and Pasture Management, Chapter 8. Extension Educator, Crop Systems Rockford Extension Center. http://iah.aces.uiuc.edu/pdf/Agronomy_HB/08chapter.pdf (E.T. 2 Haziran 2008)
9. Lacefield, G.D., 1988. Alfalfa Hay Quality Makes the Difference. University of Kentucky Department of Agronomy AGR-137, Lexington, KY. (<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr137/agr137.htm>, Erişim Tarihi: 26.01.2011)
10. Van Soest, P. J., 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant (2nd Ed.). p. 528. Cornell University Press. Ithaca, N.Y.

GÜNEYDOĞU ANADOLU YAĞIŞA DAYALI ŞARTLARINDA YAZLIK TRİTİKALE HATLARININ TARIMSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Enver KENDAL^{1*} Sertaç TEKDAL¹ Hüsnü AKTAŞ¹
Ahmet ALTİKAT² Mehmet KARAMAN¹

¹: GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, 21110, Diyarbakır, Türkiye

²: Gaziantep Tarım Gıda ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 27060, Gaziantep, Türkiye

Özet

Bu araştırma, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (Diyarbakır) uygulama alanında, tesadüf blokları desenine göre dört tekrarlamalı olarak yağışa dayalı koşullarda 2009-2010 yetiştirme döneminde CIMMYT orijinli 20 adet ileri kademede tritikale hattı, yurtiçinde tescil edilen Tacettinbey, Karma ve Presto tritikale çeşidi ve bir adet makarnalık (Sarıçanak 98), bir adet ekmeçlik (Nurkent) buğday çeşidi ile yürütülmüştür. İncelenen özellikler bakımından genotipler arasında %1 ve %5 seviyesinde önemli farklılıklar belirlenmiş, korelasyon analizinde ise tane verimi ile başaklanma süresi arasında negatif yönde ($r = -0.01$), tane verimi ile hasat indeksi arasında pozitif yönde ($r = 0.05$) bir ilişki tespit edilirken, tane verimi ile diğer özellikler arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Çalışmadan elde edilen ortalama verilere göre; m^2 'de başak sayısı 353.3 ile 590.0 adet, başaklanma süresi 95.7 ile 113.3 gün, olgunlaşma süresi 152.3 ile 159.7 gün, bitki boyu 90.0 ile 128.3 cm, klorofil oranı (%) 43.3 ile 55.7, başak uzunluğu 6.6 ile 13.8 cm, başakta başakçık sayısı 16.4 ile 32.3 adet, başakta dane sayısı 45.5 ile 68.1 adet, başak verimi 1.0 ile 2.5 g, hektolitire ağırlığı 68.0 ile 81.4 g, bin tane ağırlığı 31.9 ile 42.1 g, tane verimi 423.3 ile 627.9 kg da^{-1} arasında değişmiştir. En yüksek tane verimi 19 nolu hattan elde edilirken, genel anlamda 4 adet hat denemede kullanılan tritikale, ekmeçlik ve makarnalık buğday çeşitlerini geçmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yurt dışından (CIMMYT) elde edilen yazlık tritikale hatlarının Diyarbakır şartlarında buğday çeşitlerine ve mevcut tritikale çeşitlerine göre uyum kabiliyetlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tritikale, Buğday, Adaptasyon, Tane Verimi, Diyarbakır

DETERMINATION OF AGRICULTURAL FEATURES OF SPRING TRITICALE LINES BASED ON RAINFALL CONDITIONS IN SOUTHEAST ANATOLIA

Abstract

In this research, were used 20 advanced tritikale line originated in CIMMYT and Tacettinbey, Karma, Presto tritikale varieties also one durum (Sarıçanak 98), one bread (Nurkent) wheat varieties. The study, was randomized as complete block design with four replications in the application field of GAP International Agricultural Research and Training Center (Diyarbakır) based on rainfall conditions in 2009-2010 growing season. The analysis of variance, significant differences were determined among genotypes 1% and 5% level. While it was detected a negative relationship between grain yield and heading time ($r = -0.01$) and a positive relationship between grain yield and harvest index ($r = 0.05$), it could not be identified any relationship between grain yield and other characteristics at the correlation analysis. According to the results obtained from the average, spike added period between 95.7 and 113.3 days, ripening stage 159.7 and 152.3 days, plant height between 90.0 and 128.3 cm, chlorophyll rate 55.7 and 43.3%, spike length of 13.8 and 6.6 cm, the number of spikelets per spike 16.4 and 32.3 units, the number of kernels per spike 45.5 and 68.1 units, the grains of per spike 1.0 and 2.5 g, hectoliter weight between 68.0 and 81.4 g, thousand grain weight between 31.9 and 42.1 g and grain yield between 423.3 and 627.9 kg da^{-1} showed changes. The highest grain yield were obtained from line numbered 19, the grain yield was obtained from four tritikale lines than used durum and bread wheat varieties. According to the results of this study, was determined that higher compliance capabilities to existing tritikale genotypes obtained from abroad (CIMMYT) the spring tritikale genotypes than wheat in Diyarbakır conditions.

Key Words: Tritikale, Wheat, Adaptation, Grain Yield, Diyarbakır

*e-posta: enver21_1@hotmail.com

GİRİŞ

Tahıllar insan ve hayvan beslenmesinde doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılan temel ürünlerdir. Dünyada insanların sağladıkları günlük kalorisinin % 50'den fazlası, hayvansal besinlerin günlük kalori ihtiyacının yaklaşık % 20'si tahıllardan karşılanmaktadır. Bununla birlikte tahıllar geçmişte ve günümüzde olduğu gibi gelecekte de insanlığın hem temel besinini karşılaması hem de hayvan beslemesine katkıda bulunması kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle tahıllar önemini korumaya devam edecektir.

Türkiye günümüz koşullarında kendisine yetecek kadar buğday ve arpayı üretebilmekle birlikte gelecek yıllarda bu durumunu koruyabileceği tartışma konusudur. Nüfusumuzun hızla artması, ekilebilen arazilerin son sınırına gelmiş olması, gelecek yıllardaki muhtemel bir beslenme açığının önemli işaretleridir. Bu sorun bizde olduğu gibi bütün dünya ülkeleri için de söz konusudur. Bu nedenle gelecekte artan dünya nüfusunun gıda gereksinimini karşılayacak, güvenli ve verimli alanlar yanında marjinal alanlarda da üretim yapmak mecburiyeti karşısında, bilim adamları tritikale ile ilgili yoğun araştırmalar yapmaktadırlar [3].

Tritikale diğer serin iklim tahıllarına göre topraktan daha iyi yararlanabilmekte ve değişen çevre koşullarında daha stabil kalmaktadır. Yüksek tane ve yeşil ot verimi, hızlı büyüme ve gelişme özelliği ve yüksek orandaki lysine içeriği nedeniyle insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir tahıl cinsidir. Marjinal alanların değerlendirilmesinde ve artan yem açığının kapatılmasında öncelikli bitkinin tritikale olduğu ve yeni çeşitlerin geliştirilmesiyle ekim alanı ve üretiminde önemli artışların sağlanacağı birçok araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [16,17,18].

Tritikalenin özellikle fakir topraklarda ve çevre stresleri (Yüksek sıcaklık, soğuk ve kuraklık) altında yüksek verim vermesinden dolayı bu tür yerlerde buğday ve arpa yetiştiriciliğinden daha fazla yetiştirme alanı bulabilir. Yeni bir tür olan tritikale dünyada giderek artan bir ekim alanına sahip olmaktadır. Ekim alanı ve üretim miktarları birçok ülkede henüz resmi istatistiklere girmemiş olmasına rağmen, bugün büyük bir kısmı gelişmiş ülkelerde olmak üzere, 2.9 milyon hektardan fazla bir alanda tritikale ekimi yapılmaktadır. Ülkemizde de 1997 yılından itibaren yeni tritikale çeşitlerinin tescil edilmesi ile ekiliş ve üretim alanı hızla artmaya başlamıştır.

Hayvan sayısı bakımından önemli bir potansiyele sahip olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çayır ve meralar uzun yıllar aşırı ve düzensiz otlatmalar sonucu verim potansiyellerini büyük oranda kaybetmişlerdir. Bölgede hayvancılık sektörünün istenilen seviyeye getirilebilmesi için çayır ve meraların ıslahı ve yem bitkileri üretiminin yanında, yemlik tahıl yetiştiriciliğinin de geliştirilmesi gerekmektedir [2].

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde sıcaklık stresi, kuraklık, yatma, süne zararı ve kuş zararı gibi faktörler tahıl yetiştiriciliğini ve dolayısıyla verimi sınırlayan bir takım etmenlerin başında gelmektedir. Bu durumda, buğday ve arpa yetiştiriciliğini sınırlayan coğrafik yapı, iklim ve canlı etmenlerden daha az etkilenen tritikale, alternatif bir tahıl bitkisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tahıllar içerisinde yeni bir tür olan özellikle fakir topraklarda ve çevre stresleri

altında yüksek verim potansiyeline sahip tritikale, bu tür yerlerde buğday ve arpa yetiştiriciliğinden daha fazla yetiştirme alanı bulmaktadır. Bölgede tritikale tarımına ihtiyaç olduğu halde günümüze kadar kayda değer bir çalışma yapılmamış aynı zamanda çiftçiler tarafından pek bilinmeyen bir tahıl bitkisi konumundadır. Bu amaçla uygun hatların tespit edilmesi ve ileri verim denemelerine taşınması amacıyla tritikale adaptasyon çalışması yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmada, CIMMYT' ten temin edilen 20 adet ileri kademedede hat, yurtiçinde tescil edilen Tacettinbey, Karma ve Presto tritikale çeşidi ile birlikte denemede kıyaslama amaçlı bir adet makarnalık (Sarıçanak 98) ve bir adet ekmeçlik (Nurkent) buğday çeşidi standart olarak kullanılmıştır. Kullanılan çeşit ve hatların çeşit adı veya pedigrisi ve orijinleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Diyarbakır ilinin sıcaklık, yağış ve nem oranı gibi iklim özellikleri, ekim ve hasat işlemlerini içeren dönem içinde incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1' de görüldüğü gibi Diyarbakır ili uzun yıllar yağış miktarı 494.3 mm iken 2009-10 yetiştirme sezonunda kaydedilen yağış miktarı 517.9 mm de kalmıştır. Özellikle Sapa kalkma, başaklanma ve dane doldurma dönemlerinde kaydedilen yağış miktarı uzun yıllara göre düşük olduğu görülmektedir. Nisan ve Mayıs aylarında bitkiler tam dane dolum döneminde iken aylık yağış miktarları uzun yıllara göre düşük, buna paralel olarak aylık sıcaklık ortalama değerlerinin uzun yıllar ortalama sıcaklık değerlerine göre yüksek olması bitkileri sıcaklık stresine maruz bırakmıştır.

Metot

Çalışma, 2009-2010 yetiştirme sezonunda, GAP Uluslar arası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (Diyarbakır) uygulama alanında tesadüf blokları deneme deseninde dört tekrarlamalı olarak, yağışa dayalı şartlarda yürütülmüştür. Deneme parselleri 1,2 x 5 = 6 m² olacak şekilde ekim ayında deneme mibzeri ile ekilmiştir. Ekimle birlikte, dekara 6 kg saf P₂O₅ ve 6 kg saf N, sapa kalkma döneminde de 6 kg azot uygulanmıştır. Ayrıca geniş yapraklı yabancı otlara karşı kimyasal mücadele yapılmıştır. Hasat olgunluğuna gelen parsellerde hasat, parsel biçerdöveri ile yapılmıştır.

Her parsel için, metrekarede başak sayısı, başaklanma süresi, olgunlaşma süresi, bitki boyu, klorofil içeriği, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başak verimi, hasat indeksi, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı ve tane verimi gibi özellikler [13], [4] ve [31]'in uyguladıkları yöntemlere göre incelenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 7.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) paket programı kullanılarak yapılmış, önemli bulunan faktör ortalamaları A.Ö.F. testi ile gruplandırılmıştır.

Çizelge 2. 2009-2010 Eylül-Haziran Ayları Arasında Ortalama Sıcaklık, Toplam Yağış, Nem Değerleri ve Uzun Yıllar Ortalamaları

Aylar	Diyarbakır						
	Ortalama sıcaklık (°C)		Yağış (mm)			Nem %	
	09-10	U.Yıllar	09-10	U.Yıl.	09-10	U.Yıllar	
Eylül	22.9		24.9	25.2	3.4	33.0	25.7
Ekim	18.5		17.2	62.4	30.4	42.0	35.7
Kasım	9.8		10.0	55.6	55.9	70.6	69.4
Aralık	7.1		4.2	87.2	71.5	83.5	53.4
Ocak	5.4		1.8	113.4	80.2	80.9	61.8
Şubat	6.6		3.6	40.2	68.6	79.9	66.0
Mart	11.1		8.1	68.7	62.2	66.6	52.9
Nisan	14.2		13.8	22.4	72.1	60.4	45.0
Mayıs	20.4		19.3	31.6	42.9	49.3	38.9
Haziran	27.2		25.9	11.2	7.1	29.1	29.9
Toplam				517.9	494.3		

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan hat ve çeşitlerin incelenen karakterlerine ait elde edilen ortalama değerler ve önemlilik dereceleri Çizelge 3’de, tane verimi ile diğer karakterler arasında korelasyon katsayıları Çizelge 4’de verilmiştir.

M²’de başak sayısı 353.3- 590.0 adet arasında değişim göstermiştir. En yüksek m²’de başak sayısı 24 nolu, en düşük m²’de başak sayısı ise 4 nolu genotipten elde edilmiştir. Denemede kullanılan ekmeklik ve durum buğday çeşitlerinin m²’de başak sayısı, genel ortalamanın üzerinde olmuştur. Yürütülen denemede m²’de başak sayısı ile hektolitre ağırlığı(r=0.02*) ve başakta başakçık sayısı (r=0.03*) arasında önemli ve olumlu, m²’de başak sayısı ile bin dane ağırlığı (r=-0.01*) arasında önemli ve olumsuz yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Başaklanma süresi, 95.7- 113.3 cm arasında değişim göstermiştir. Başaklanma en geç Nurkent ekmeklik buğday çeşidinde, en erken 3 nolu genotipte görülmüştür. Denemede kullanılan yazlık tritikale hatlarının tamamına yakını, denemede kullanılan Karma ve Presto tritikale çeşitleri ile denemede standart olarak kullanılan Nurkent ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinden daha erkenci olduğu tespit edilirken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için uygun genotipler olduğu kanaatine varılmıştır.

Yürütülen denemede başaklanma süresi ile hektolitre ağırlığı arasında (r=0.0440*), başaklanma süresi ile olgunlaşma süresi arasında (r=0.1055*) önemli ve olumlu bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). İzmir- Bornova’da yapılan bir çalışmada tritikale hat ve çeşitlerinde bu sürenin 109–116 gün olduğu bildirilmiş [6] olup, çalışmamız ile uyum göstermektedir.

Başaklanma süresi ile olgunlaşma süresi arasında önemli ve olumlu bir ilişkinin bulunması beklenen bir sonuç olup çalışmanın sağlıklı yürütüldüğünün göstergesidir. Başaklanma süresi ve olgunlaşma süresi arasında önemli ve olumlu bir ilişkinin bulunmuş olup çalışmanın sağlıklı yürütüldüğünün bir göstergesidir.

Olgunlaşma süresi, 152.3- 159.7 gün arasında değişim göstermiştir. Denemede kullanılan yazlık tritikale hatlarının çoğunun denemede kullanılan tritikale çeşitlerinden daha erken olgunlaştığı tespit edilirken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi iklim özelliklerine özellikle de sıcaklık stresine yönelik yapılacak çalışmalarda ümitvar

genotipler olabileceği kanaatine varılmıştır. Yürütülen denemede başaklanma süresi ile başakta başakçık sayısı arasında (r= 0.0924*) önemli ve olumlu bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Genç (1974), yaptığı araştırmada erken başaklanan genotiplerin olgunlaşma sürelerinin daha uzun olacağını belirtmiştir. Çalışmamızda olgunlaşma süresinden başaklanma süresi çıkarıldığında olgunlaşma süresinin 45-58 gün arasında değiştiği ve bu sonuçlar, Çukurova koşullarında yapılan bir çalışmada tritikalede olgunlaşma süresinin 46–62 gün aralığında değiştiğini bildiren [10] araştırmacıların sonuçları ile uyum göstermiştir.

Bitki boyu, 90.0- 128.3 cm arasında değişim göstermiştir. Nurkent ekmeklik ve Sarıçanak 98 makarnalık buğday çeşitleri, denemeye alınan hat ve çeşitler arasında en kısa boya sahip olurken, Tacettinbey ve Presto tritikale çeşitlerinin denemede kullanılan birçok hattın daha uzun boylu olduğu görülmüş olup, ileri kademe tritikale hatlarının buğdaydan daha uzun boylu ve mevcut tritikale çeşitlerinden daha kısa boylu oldukları sonucuna varılmıştır. [36], Kahramanmaraş şartlarında yapmış olduğu bir çalışmada, Karma çeşidinde 125 cm boy uzunluğunu elde ettiğini, yine çalışmasında buğdayda boy uzunluğunun tritikalede boy uzunluğundan daha kısa olduğunu bildirmiş olup, elde etmiş olduğu bulgular ile çalışmamızdan elde edilen bulguların uyumlu olduğu görülmektedir. Tritikalede bitki boyunun diğer tahıl cinslerine göre daha uzun olduğu bildirilmektedir [6, 11,15, ,31]. Bitki boyunun genotipik bir karakter olmasının yanısıra, yetiştirme tekniği ve ekolojik şartlardan da fazlaca etkilendiği belirtilmektedir [1,21,29, 27, 31].

Klorofil oranı, % 43.3- 55.7 arasında değişim göstermiştir. En düşük klorofil oranı Nurkent ekmeklik çeşidinde elde edilirken, en yüksek klorofil oranı 13 nolu tritikale genotipinde elde edilmiştir. Yürütülen denemede klorofil oranı ile başak verimi arasında (r=0.0139*) önemli ve olumlu, klorofil oranı ile başakta başakçık sayısı arasında (r=-0.0195*) önemli ve olumsuz bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Makarnalık buğdayda SPAD ölçümleri üzerinde yaptıkları bir araştırmada, tane verimi ile SPAD değerleri arasında yüksek korelasyon olduğu ve özellikle erken generasyonda, yapılacak seleksiyonlarda bize yön verebileceğinden dolayı bir seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir [4].

Çizelge 1. Kullanılan Çeşit ve Hatların Çeşit Adı veya Pedigrisi ve Orijinleri

S.No	Çeşit Adı veya Pedigrisi	ORJİN
1	BEAGLE_1 X1530-1-MXI06-07\C40ITYN\190,001	CIMMYT
2	ERONGA 83 X21295-159-MXI06-07\C40ITYN\190,002	CIMMYT
3	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO1419//ERIZO_9/4/SONNI_3 CTSS99Y00115S-1Y-0M-0Y-8B-2Y-0B-	CIMMYT
4	ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/3/LIRON_1-1/4/ FAHAD_4/ FARAS_1/5/CT775.81/ ARDI_1/ /ANOAS_1- CTSS99B00483S-0M-10Y-11M-2Y-1M-0Y-	CIMMYT
5	KARMA-2000	ATAE
6	DAGRO/IBEX//CIVET#2/3/F3 IND. PCZ CTSS00Y00230S-0Y-0M-10Y-6M-3Y-4M-0Y	CIMMYT
7	T1505_WG//ERIZO_10/BULL_1-1/3/ERIZO_10/ BULL_1-1/4/COPI_1 /5/ARDI_1 /TOPO 1419//ERIZO_9/3/SUSI_2CTSS00Y00759T-0TOPB-8Y-7M-2Y-1M-4Y-2M-0Y	CIMMYT
8	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/5/804/BAT/3/MUSX/ LYNX//STIER_12- 3/4/VARSA_3-1CTSS00B00197S-0M-4Y-010M-3Y-4M-0Y	CIMMYT
9	POLLMER_2.2.1//FARAS/CMH84.4414/4/LAD 622.81/PORSAS_4-1/3/ARDI_1/ TOPO 1419//ERIZO_9 CTSS00B00627T-0TOPY-0M-5Y-010M-6Y-5M-0Y	CIMMYT
10	PRESTO	ATAE
11	POLLMER_2.2.1//FARAS/CMH84.4414/4/LAD 622.81/PORSAS_4-1/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9CTSS00B00627T-0TOPY-0M-4Y-010M-6Y-1M-0Y	CIMMYT
12	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10 /MANATI_1/7/ARDI_1/ TOPO 1419//ERIZO_9/3/2*KETTU_1 CTSS01Y00040S-1M-3Y-3Y-4M-0Y	CIMMYT
13	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10 /MANATI_1/7/ARDI_1/ TOPO 1419//ERIZO_9/3/2*KETTU_1 CTSS01Y00040S-1M-5Y-3Y-3M-0Y	CIMMYT
14	LIRON_2/5/DIS B5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/ MANATI_1/7/ARDI_1/ TOPO 1419//ERIZO_9/3/2*KETTU_1 CTSS01Y00040S-1M-5Y-3Y-4M-0Y	CIMMYT
15	TACETTİNBEY	CU
16	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/ 3/ SUSI_2/5/AR/SNP6// TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS_4-1/4/ CHACAL_3-2 CTSS01Y00150S-4Y-010M-1Y-10M-Y	CIMMYT
17	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9 /3/SUSI_2/5/AR/SNP6/ /TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS_4-1/4/ CHACAL_3-2 CTSS01Y00150S-4Y-010M-1Y-5M- 0Y	CIMMYT
18	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/ 3/SUSI_2/5/AR/SNP6// TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS_4-1/4/ CHACAL_3-2 CTSS01Y00150S-4Y-010M-6Y-6M-0Y	CIMMYT
19	PRESTO//2*TESMO_1/MUSX 603/4/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9 /3/SUSI_2/5/AR/SNP6/ /TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS_4-1/4/ CHACAL_3-2 CTSS01Y00150S-4Y-010M-1Y-2M- 0Y	CIMMYT
20	NURKENT	GATAE
21	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/4/DAGRO/IBEX/ /CIVET#2/5/FAHAD_5/POLLMER_3 CTSS01Y00519T-0TOPB-20Y-010M-7Y-6M-0Y	CIMMYT
22	DAHBI_6/3/ARDI_1/TOPO 1419//ERIZO_9/4/DAGRO/ IBEX/ /CIVET#2/5/FAHAD_5/POLLMER_3 CTSS01Y00519T-0TOPB-20Y-010M-10Y-5M-0Y	CIMMYT
23	ARDI/GNU//2*FAHAD_1/4/BULL_10/MANATI_1/3/ELK 54/ BUF_2//NIMIR_3 CTSS01B00018S-10M-6Y-4Y-1M-0Y	CIMMYT
24	DAHBI/3/FAHAD_8-2*2//PTR/PND-T/7/LIRON_2/5/DIS B5/3/ SPHD/PVN//YOGUI_6/4/ KER_3/6/BULL_10/MANATI_1 CTSS02Y00771S-040Y-5Y-3M-0Y	CIMMYT
25	SARIÇANAK-98	GATAE

Başak uzunluğu, 6.6-13.8 cm arasında değişim göstermiştir. En düşük kısa başak Sarıçanak ekmeçlik çeşidinden elde edilirken, en uzun başak 2 nolu tritikale genotipinden elde edilmiştir. Yürütülen denemede başak uzunluğu ile metrekarede başak sayısı arasında ($r = -0.4703^*$) önemli ve olumsuz, başak uzunluğu ile klorofil oranı arasında ($r = 0.0139^*$) önemli ve olumlu bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Çukurova koşullarında yapılan bir çalışmada tritikale de başak uzunluğunun 9,4–13,2 cm olduğunu bildirilmiştir (Yağmur, 1993). 1983–1989 yılları arasında yapılan bir diğer çalışmada tritikalede başak uzunluğunun 10 cm' nin üzerinde olduğu saptanmıştır [20]. Tritikalede başak uzunluğunun buğday ve arpaya oranla daha uzun olduğu bildirilmektedir [31]. Elde edilen bu değerler araştırmamızda tespit edilen bulguları desteklemektedir.

Başakta başakçık sayısı, 16.4-32.3 adet arasında değişim göstermiştir. En düşük başakta başakçık sayısı 13 nolu genotipten elde edilirken, en fazla başakta başakçık sayısı Karma çeşidinden elde edilmiştir. Tritikale çeşit ve hatlarından elde edilen başakta başakçık sayısı buğday çeşitlerine göre yüksektir (Çizelge 3). Yürütülen denemede başakta başakçık sayısı ile klorofil oranı arasında ($r = -0.0195^*$) önemli ve olumsuz, başakta başakçık sayısı ile olgunlaşma süresi arasında ($r = 0.0924^*$) önemli ve olumlu bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). Hindistan, ABD, SSCB, Kanada, Macaristan, Avustralya ve Meksika'dan temin edilen 485 yazlık tritikale çeşidi ile yapılan bir çalışmada tritikale çeşitlerinde başakta başakçık sayısının 14.0–27.2 adet arasında değiştiğini belirlemişlerdir [12]. Çukurova koşullarında yapılan bir çalışmada ise değişik kökenli bazı tritikale hatlarında başakçık sayısının 22.2–30.2 adet olduğu bildirilmiştir [33]. Kahramanmaraş koşullarında yürütülen bir diğer çalışmada ekmeçlik buğdayda başakçık sayısı 16.5-19.0 adet, makarnalık buğdayda 17.0-19.8 adet, tritikalede 27.8-30.3 adet olduğu bildirilmiştir [36]. Yapılan bu çalışmalarda belirtilen sonuçlar araştırmamızın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Başakta tane sayısı, 45.5-68.1 adet arasında değişim göstermiştir. Yürütülen denemede başakta tane sayısı ile hektolitre ağırlığı ($r = 0.0581^*$) ve başak uzunluğu arasında ($r = 0.0289^*$) önemli ve olumlu bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Hindistan, ABD, SSCB, Kanada, Macaristan, Avustralya ve Meksika'dan temin edilen 485 yazlık tritikale çeşidi ile yapılan bir araştırmada da tritikale çeşitlerinde başakta tane sayısının 16–130 adet arasında değiştiği belirlenmiştir [12]. Belirtilen bu araştırma sonuçları araştırmamızın desteklemektedir.

Başak tane ağırlığı, 1.0-2.0 g arasında değişim göstermiştir. Başakta tane ağırlığı en yüksek 7 nolu tritikale hattından elde edilirken, en düşük başak verimi Nurkent ekmeçlik buğday çeşidinden elde edilmiştir. Değişik yerlerde yapılan çalışmalarda başak tane ağırlığının 1.57–2.34, 1.22-2.56 ve 1.64-2.02 g arasında değiştiği bildirilmiştir [11, 27, 33, 36]. Araştırmamızdan elde edilen başak verimine ilişkin değerler yukarıda belirtilen araştırmacıların bulmuş oldukları değerlerle uyum göstermektedir.

Hasat indeksi, % 18.6-36.9 arasında değişim göstermiştir. En yüksek hasat indeksi 19 nolu tritikale genotipinden elde edilirken, en düşük hasat indeksi Karma tritikale çeşidinden elde edilmiştir. Hasat indeksi ile diğer ilişkiler arasında istatistiksel olarak herhangi bir ilişki tespit edilmezken, en yüksek hasat indeksine sahip 19 nolu hat aynı zamanda en yüksek tane verimini de vermiştir. Bulgularımız, buğdayda hasat indeksini % 29,0–37,3 olarak bildiren [7] ile tritikalede hasat indeksini % 25,3–30,6 olarak

bildiren [24], % 21,68–31,51 olarak bulan [28] ve % 33.6-36.6 olarak açıklayan [36]' in sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Başka bir araştırmacı Bursa ekolojik koşullarında farklı buğday çeşitleriyle yapmış olduğu çalışmasında hasat indeksini bildirmiştir [14].

Hektolitre ağırlığı, 68.0-81.4 kg arasında değişim göstermiştir. En yüksek hektolitre ağırlığı Sarıçanak 98 makarnalık buğday çeşidinden elde edilirken en düşük hektolitre ağırlığı 8 nolu tritikale genotipinden elde edilmiştir. Hektolitre ağırlığı bakımından Sarıçanak 98 makarnalık buğday çeşidinden sonra 3 ve 12 nolu tritikale (74 kg) genotipleri öne çıkmıştır. [36], yapmış olduğu çalışmada makarnalık buğdayda ortalama 81.3 kg, tritikale çeşitlerinde ortalama 73.1 kg hektolitre ağırlığı değerlerini elde ettiğini bildirmiş olup, bu değerler sonuçlarımızla da uyum göstermektedir. Hektolitre ağırlığı ile başakta dane sayısı arasında ($r = 0.0581^*$) önemli ve olumlu ilişki tespit edilmiştir. Hektolitre ağırlığının çeşit özelliklerine, çevre faktörlerine, tane özelliklerine (tanede tekdüzelik, karın boşluğu, endosperm yapısı) bağlı olarak değiştiği bazı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. [35], hektolitre ağırlığının yüksek olmasını tanelerin sıkı yapılı, protein oranını yüksek, kabuk yüzeyinin az, un veriminin yüksek olması ile ilgili olduğunu belirtmiştir ve bu özellik yönünden 80 kg'ın üzerine çıkan ekmeçlik buğdayların extra-extra olarak değerlendirildiğini ve prim ödendiğini ifade etmiştir. Tanenin şekli, yoğunluğu, büyüklüğü ve homojenliği çeşidin hektolitre ağırlığını belirleyen en önemli özelliklerdir [26]. Hektolitre ağırlığı çeşit, çevre şartları, kültürel uygulamalar, yatma, hastalık ve zararlı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir [22,23].

Bin tane ağırlığı, 31.9-42.1 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek bin dane ağırlığı 21 nolu tritikale genotipinden elde edilirken en düşük bin dane ağırlığı Presto tritikale çeşidinden elde edilmiştir. Bin dane ağırlığı ile hasat indeksi arasında ($r = 0.5320^*$) önemli ve olumlu ilişki tespit edilmiştir. Büyük ve yoğun tanelerde endosperm olmayan kısma oranı, küçük taneli olanlara göre daha büyük olmaktadır [32]. Genetik yapı ve ekolojik faktörler bin tane ağırlığı üzerine etkili iki önemli faktördür. Başaklanma sonrası çevre şartlarında daha iyi değerlendiren çeşitlerin bin tane ağırlığının daha yüksek olduğu bildirilmektedir [14].

Yapılan varyans analizinde en yüksek tane verimi (627.9 kg/da) 19 nolu genotipten, en düşük tane verimi ise (423.3 kg/da) 12 nolu genotipten elde edilmiştir. Çeşitler içerisinde en yüksek tane verimi Karma çeşidinden (550.0 kg/da) elde edilmiştir. En yüksek tane verimi 19 nolu hattın elde edilirken, 6, 16, 17, 18 ve 21 nolu hatlar, Karma çeşidi ile aynı grupta yer almıştır. Tritikale ile buğday karşılaştırıldığında elde ettiğimiz sonuçlara göre özellikle 6, 18 ve 21 nolu tritikale hatları buğdayı geçtiği görülmektedir (Çizelge 3) Tane verimi ile m^2 'de başak sayısı arasında ($r = -0.1752$) önemli ve olumsuz bir ilişki tespit edilirken, diğer özelliklerle herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Yurt dışından temin edilen yazlık tritikale hatları yurt içinde tescilli tritikale çeşitleri ile bölgede yaygın ekimi yapılan makarnalık ve ekmeçlik buğday çeşitlerine göre yüksek verim verirken, bu hatların bölge şartlarına iyi uyum sağlayabileceği ve ihtiyaç duyulduğu takdirde buğdaya alternatif tahıl bitkisi olarak yetiştiriciliğinin yapılabileceği görülmektedir. Çukurova'da tritikalenin verim ve verim öğeleri üzerinde yapılan ayrı çalışmalarda tritikalede tane verimi 540.0–673.0 ve 617.2–796.0 kg/da olarak bulunmuştur [10, 33].

Çizelge 3. Tritikale hat ve çeşitlerinin incelenen karakterleri, elde edilen ortalama değerler ve önemlilik dereceleri

* ($P < 0.05$), ** ($P > 0.01$)

Çeşit/Hat	MBS adet	BS gün	OG gün	BB cm	KO %	BU cm	BBS adet	BTS adet	BV g	Hİ(%)	HA g	BDA g	TV kg/da
1	375.0fgh	96.7gh	155.3 b-f	125.0abc	51.1c-f	13.0ab	28.2bcd	50.5	1.7def	28.1ef	70.5hı	34.8d-ı	506.7 d-ı
2	401.7d-h	101.0de	155.0 b-f	120.0b-f	52.1bcd	13.8a	29.1abc	51.2	1.7def	25.1fg	70.8hı	34.0fg	485.3 ghı
3	486.7b-e	95.7h	156.0 a-f	106.6ij	47.2j	11.1d-g	25.6d	53.0	1.7c-f	33.7a-d	74.2bc	38.1bcd	546.9 a-g
4	353.3h	104.7c	154.3 c-f	115.0e-h	51.8b-e	12.0bcd	30.9ab	64.1	2.3a-d	31.1cde	71.2gh	37.8bcd	606.7 ab
Karma	370.0gh	112.0ab	159.7 a	123.3a-d	52.2bc	12.6abc	32.3a	52.5	1.5fg	18.6h	69.0ijk	24.5j	550.0 a-g
6	383.3fgh	97.0gh	154.0 c-f	110.0hij	52.0bcd	12.0bcd	28.2bcd	63.4	2.0a-f	36.6ab	72.5c-g	35.7c-g	575.0 a-f
7	460.0c-g	100.7de	154.7 b-f	118.3c-g	48.3ij	11.2d-g	25.8cd	65.9	2.5a	34.7abc	71.7e-h	37.2b-f	501.9 e-ı
8	383.3fgh	106.3c	152.3 f	111.6ghı	47.2j	10.9d-g	26.0cd	62.6	2.4abc	29.6def	68.0k	35.1c-g	531.6 b-h
9	435.0d-h	102.0d	155.7 b-f	123.3a-d	49.1f-j	11.0d-g	27.9bcd	60.7	2.1a-f	36.2ab	71.3fgh	34.1efg	544.8 a-g
Presto	568.3ab	110.7b	157.0 a-d	128.3a	49.6f-ı	10.5e-g	31.7a	61.3	1.8b-f	29.6def	71.8d-h	31.9ı	504.6 d-ı
11	395.0eh	99.3ef	156.3 a-e	120.0b-f	50.8c-h	11.8b-e	27.7bcd	64.1	2.0a-f	35.0abc	73.5bcd	37.7b-e	446.0 hı
12	498.3a-d	105.0c	154.7 b-f	123.3a-d	53.3b	8.8hı	20.5e	60.5	2.2a-e	31.1cde	74.5b	36.8b-g	423.3 ı
13	571.7ab	105.7c	157.3 abc	113.3f-ı	55.7a	7.9ij	16.4f	59.0	2.2a-e	29.1def	72.9b-g	39.8ab	490.6 f-ı
14	370.0gh	102.3d	156.3 a-e	123.3a-d	53.4b	9.9gh	20.6e	56.1	2.4abc	29.7def	730b-f	38.2bcd	535.2 b-g
Tacettinbey	471.7b-g	98.0fg	158.3ab	126.6ab	50.0d-ı	13.0ab	27.4cd	49.5	1.6ef	28.0ef	68.5jk	32.8hı	542.4 a-g
16	473.3b-f	100.3de	155.7b-f	113.3f-ı	49.7e-ı	10.4fg	28.1bcd	54.1	2.0a-f	35.3abc	73.5b-e	35.9c-g	581.5 a-e
17	460.0c-g	99.7ef	154.0c-f	115.0e-h	50.4c-ı	10.4fg	26.1cd	61.5	2.3a-d	36.2ab	71.4fgh	38.7abc	590.2 a-d
18	405.0d-h	101.0de	154.0c-f	111.6ghı	48.9g-j	11.4c-f	26.4cd	68.1	2.5a	32.0b-e	71.8d-h	34.8d-ı	483.0 ghı
19	390.0e-h	102.0d	155.0b-f	113.3f-ı	48.7hij	10.9d-g	26.7cd	63.7	2.3a-d	36.9a	71.8d-h	35.2c-g	627.9 a
Nurkent	461.7c-g	113.3a	153.0ef	103.3j	43.3k	10.4fg	19.9e	45.5	1.0g	21.1gh	70.1hij	22.5j	584.2 a-e
21	425.0d-h	98.0fg	152.7ef	123.3a-d	51.8b-e	10.1f-h	25.1d	51.3	2.2a-f	28.4ef	73.2b-e	42.1a	596.9 abc
22	438.3d-h	97.7fgh	153.3def	116.6d-h	48.6ij	10.6e-g	25.3d	62.6	2.0a-f	34.5abc	73.4b-e	38.3bcd	511.8 c-h
23	405.0d-h	97.0gh	156.3a-e	123.3a-d	52.1bcd	12.2b-d	28.0bcd	57.0	2.3a-d	33.6a-d	72.9b-g	37.9bcd	522.8 b-h
24	590.0a	105.3c	157.3abc	121.6a-e	51.0c-g	11.0d-g	27.7bcd	64.6	2.4abc	32.4a-e	71.8d-h	33.3ghı	508.6 d-h
Sarıçanak	546.7abc	112.3ab	154.3c-f	90.0k	48.5ij	6.6j	19.7ef	54.7	2.0a-f	33.7a-d	81.4a	33.3ghı	478.2ghı
AÖF	102.1**	2.0**	3.8*	7.0**	2.1**	1.3**	3.3**	13.5öd	0.6*	4.70**	1.7**	3.6**	87.5*
DK %	13.9	1.1	1.5	3.6	2.6	7.5	7.8	14.1	19.1	9.18	1.4	6.3	10.0

MBS (m^2 'de başak sayısı), BS(başaklanma süresi), OS(olgunlaşma süresi), BB (bitki boyu), KO (krolofil oranı), Hİ (Hasat İndeksi), BU (başak uzunluğu), BBS(başakta başakçık sayısı), BTS (başakta tane sayısı), BV (başak verimi), HA (hektolitreye ağırlığı), BDA (bin tane ağırlığı)ve TV (tane verimi).

Çizelge 4. Tritikale hatlarında incelenen karakter ile dekara tane verimi arasında korelasyon

	TV	MBS	BS	OS	BB	HA	BDA	KO	Hİ	BU	BBS	BTS
TV	1											
MBS	-0.1752	1										
BS	-0.0566*	0.2657	1									
OS	0.0299	0.1341	0.1055*	1								
BB	-0.0938	-0.0425	-0.2547	0.2238	1							
HA	-0.2723	0.3004*	0.0440*	-0.0768	-0.4659	1						
BDA	-0.0975	-0.0700*	-0.6006	-0.1305	0.1154	0.3380	1					
KO	-0.1894	-0.0571	-0.1512	0.2599	0.3221	0.0818	0.3837	1				
Hİ	-0.009	0.0920	-0.4341	-0.1792	-0.1683	0.3736	0.5320*	-0.0431	1			
BU	0.2228	-0.4703*	-0.3644	0.1534	0.4092	-0.6505	-0.1428	0.0139*	-0.1626	1		
BBS	0.2536	-0.2651	-0.1840	0.0924*	0.3810	-0.4170	-0.1390	-0.0195*	-0.0063	0.7374	1	
BTS	-0.0829	-0.1212	-0.0542	-0.0332	-0.0246	0.0581*	0.3093	0.0382	0.4889	0.0289*	0.1399	1

* ($P < 0.05$), ** ($P > 0.01$).

MBS (m^2 'de başak sayısı), BS(başaklanma süresi), OS(olgunlaşma süresi), BB (bitki boyu), KO (krolofil oranı), Hİ (Hasat İndeksi), BU (başak uzunluğu), BBS(başakta başakçık sayısı), BTS (başakta tane sayısı), BV (başak verimi), HA (hektolitreye ağırlığı), BDA (bin tane ağırlığı) ve TV (tane verimi).

Bornova'da tritikale çeşitlerini içeren denemelerde tane verimi 354.4–479.3 kg/da arasında değişmiştir [6]. Kaliforniya'nın Kuzey ve Güney bölgelerinde 10 tritikale çeşidini Anıza ve Inia 66r buğday çeşitleriyle kıyaslamak amacıyla kurulan denemelerde en verimli tritikale çeşidinde tane veriminin 550.0 kg/da olduğu bildirilmektedir [19]. Araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlara paralel olarak bazı araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda tritikalenin buğdaya oranla daha yüksek tane verimine sahip olduğu görülmektedir [5, 15]. Ülkemiz ve dünyanın çeşitli bölgelerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde denememizden elde ettiğimiz sonuçlar birçok araştırmayla paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, yurt dışından (CIMMYT) elde edilen yazlık tritikale genotiplerinin Diyarbakır yağışa dayalı şartlarında uyum kabiliyetleri ve tarımsal özellikleri üzerinde durularak, mevcut tescilli tritikale ve buğday çeşitleri ile kıyaslama yapılmıştır. Diyarbakır şartlarında buğday ve arpa yetiştiriciliği için sorun teşkil eden ve mevcut şartlar içerisinde değerlendirilemeyen ancak tritikale yetiştiriciliği için potansiyel görülen alanların üretime dönüştürülmesi için yürütülen bu araştırmada, yurt dışından temin edilen yazlık hatların bir yıllık çalışma sonuçlarına göre bölgeye iyi uyum sağladığı ihtiyaç duyulduğu takdirde buğday ya da arpa bitkisine alternatif bir tahıl bitkisi olarak yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akulov A S, (1988). Variation in certain quantitative traits in peas grown under different conditions. Horticultural Abstracts Vol. 58, No. 9, Abst. No:468.
- Atken S, Akkaya A (1986). Kırac koşullarda farklı gübre uygulamalarının bazı kışlık arpa çeşitlerinde kışa dayanıklılık ve tane verimi ile bazı verim öğelerine etkisi. Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi. 11: 239-247
- Bağcı S A ve Ekiz H (1993). Tritikalenin insan ve hayvan beslenmesindeki yeri. Konya'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Bildiri Özetleri, (12-14 Mayıs 1993). Konya
- Çölkesen M, Öktem A, Eren N, Yağbasanlar T ve Özkan H (1994). Çukurova ve Harran ovası koşullarına uygun ekmeçlik ve makarnalık buğday çeşitlerinin saptanması üzerine bir araştırma, S. 18-21. Tar. Bitk. Kong. (25-29 Nisan 1994) Bild.(Cilt I). İzmir
- Demir İ, Aydem N, Korkut K Z (1980). Türkiye'de tritikale ıslahı çalışmaları. Bitki ıslahı simpozyumu, 1979. Ege Bölge Zir. Arş Ens. Müd. Yayınları, Yayın No: 79 Cilt I 17(41):158-166.
- Demir İ, Aydem N, Korkut K Z (1981). İleri tritikale hatlarının bazı agronomik özellikleri üzerinde araştırmalar. Ege Univ. Zir. Fak. Dergisi, 18 (1-3): 227-238.
- Doğan R (2004). Bursa koşullarında geliştirilen makarnalık buğday hatlarının bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi, U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 18: 193-206.
- Genç İ. (1974). Yerli ve yabancı ekmeçlik ve makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve verime etkili başlıca karakterler üzerinde araştırmalar. Ç. Üniv. Zir. Fak.Yay.: 82, Bil. İn. ve Araş. Tez.: 10. Adana.
- Genç İ, Ülger A C, Yağbasanlar T. (1987). Çukurova' da tritikale yetiştirme olanakları. Çiftçi Dergisi. 5: 14-15, 6: 22-23. Adana Ziraat Odası Yayını.
- Genç İ, Kırtok Y, Ülger A C ve Yağbasanlar T (1987). Çukurova Koşullarında Ekmeçlik (*T. aestivum*) ve Makarnalık (*T. durum Desf.*) Buğday 38 Hatlarının Başlıca Tarımsal Karakterleri Üzerine Araştırmalar. Türkiye Tahıl Simp. (Tübitak), Bursa. s. 71-82.
- Genç İ, Ülger A C ve Yağbasanlar T (1987). Çukurova' da tritikale yetiştirme olanakları. Çiftçi Dergisi. 5: 14-15, 6: 22-23. Adana Ziraat Odası Yayını.
- Gill K S, Sandha G S and Dhinosa G S (1990). Germplasm evaluation and utilizationin spring triticale. proceedings of the second international triticale symposium,s. 30-31.

13. Kırtok Y, Genç İ, Yağbasanlar T, Çölkesen M ve Kılınç M (1988). Tescilli bazı ekmeklik (*T.aestivum* L. em Thell) ve makarnalık (*T. durum* Desf.) buğday çeşitlerinin çukurova koşullarında başlıca tarımsal karakterleri üzerinde çalışmalar. Çukurova Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 3 (3): 96-105.
14. Korkut, K.Z., Ünay, A. (1987). Tahıllarda başak taslağı gelişimi ile verim öğeleri arasındaki ilişkiler üzerine araştırmalar. TÜBİTAK, Türkiye Tahıl Sempozyumu, TOAG, 329-336, 6-9 Ekim, Bursa.
15. Lehman W F, Qualset C and Jackson L F (1983). Production and performance of common and durum wheats and triticale at the universty of california, imperial valley field station el centro in 1981, 1982 and 1983. University of CaliforniaAgric. Exp. Sta., Progress Report, No: 142. s. 20.
16. Kün E (1988). Serin İklim Tahılları. A.Ü.Z.F. Yayınları 1032 Ders Kitabı:299, Ankara Üniv. Basınevi, S,322. Ankara
17. Mergoum M, Ryan J, Shroyer J P, Monem, M A (1992). Potential for adapting triticale in Morocco. Journal of Natural Resources and Life Sciences Education, 21(2): 137-141.
18. Muntzing A (1989). Triticale results and problems. Advances in Plant Breeding. Supplement to Journal of Plant Breeding. Verlag Paul Parey. Berlin and Hamburg. 103 p.
19. Prato J D, Vogt H E (1975). Performance of triticale during 1974 and 1975 in the sacremento and san joaquin valleys in california. California Univ., Agr. Exp. Sta., Agronomy Progress Report No. 73. s. 11.
20. Rosankova V E, Mastepanova M V, Grib S L (1991). Winter triticale belorussii plant breeding abst. 61., No. 9., Abst No. 7986.
21. Skowmand B, Fox N, Vtllareal R L (1984). Commercial Agriculture: Progresson Promise. Advances in Agronomy. 36: 1-45.
22. Sade B, Topal A, Soylu S (1999). Konya sulu koşullarında yetiştirilebilecek makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 91-96, 8-11 Haziran, Konya.
23. Şener O, Kılınç M, Yağbasanlar T, Gözübenli H, Karadavut U (1997). Hatay koşullarında bazı ekmeklik (*Triticum aestivum* L. em thell) ve makarnalık buğday (*Triticum durum* desf) çeşit vevatlarının saptanması. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 1-5, 22 – 25 Eylül, Samsun.
24. Taşyürek T S, Gökmen S, Temirkaynak V, ve Sakin M A (1999). Sivas şarkışla koşullarında buğday, arpa ve triticalenin verim ve verim unsurları üzerine bir araştırma. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu. 8-11 Haziran 1999, Konya. s. 626–629.
25. Turan İ (2008). Kahramanmaraş koşullarında bazı buğday, arpa ve tritikale çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bil. Enst. Tarla Bitk. Anabilim Dalı, Yük. Lis. Tezi. Eylül 2008, Kahramanmaraş
26. Özkaya H ve Kahveci B (1990).Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 14, Ankara.
27. Ülger A C, Yağbasanlar T ve Genç İ (1989). Çukurova koşullarında seçilen yüksek verimli tritikale (x triticosecale wittmack) hatlarının önemli tarımsal karakterleri üzerinde bir araştırma. Tübitak Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi Ankara. 13 (3b) : 1342–1352.
28. Ünver S (1999). Bazı tritikale hatlarında verim ve verim öğelerinin incelenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araş. Ens. Der. 8: 82–92, Ankara.
29. Varughese G, Barker T and Saari E (1987). Triticale CIMMYT, Mexico, D.F.32p.
30. Yağbasanlar T (1987). Çukurova'nın taban ve kıraç koşullarında farklı ekim tarihlerinde yetiştirilen değişik kökenli yedi triticale çeşidinin başlıca tarımsal ve kalite özellikleri üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, S-171,Adana.
31. Yağbasanlar T, Çölkesen M, Genç İ, Kırtok Y ve Eren N (1997). Çukurova ve Şanlıurfa koşullarına uygun buğday çeşitlerinin saptanması üzerine araştırmalar. I. ekmeklik buğday (*Triticumaestivum* em Thell.) çeşitleri. Çukurova Üniv. Zir. Fak. Dergisi 5, 2:1-16.
32. Yağdı K (2004). Bursa koşullarında geliştirilen ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının bazı kalite özellik. araştırılması. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., 18(1): 11-23.
33. Yağmur M (1993). Çukurova'nın taban ve kıraç alanlarında değişik tritikale hatlarının değişik ekmeklik ve makarnalık buğdaylarla karşılaştırılması, Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi. Adana. s. 91.
34. Yıldırım, M., Kılıç, H., Kendal, E. and Karahan, T. (2010). Applicability of chlorophyll meter readings as yield predictor in durum wheat, Jour. of Plant Nut. 34: 2, 151 - 164, 01 Dec. 2010.
35. Yürür N (1998). Serin İklim Tahılları-1. Uludağ Üniv. Yayınları., Yayın No:7, Bursa.
36. İlhan T. 2008. Kahramanmaraş koşullarında bazı buğday, arpa ve tritikale çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş

Elma (*Malus communis* L.)'nin Biyoteknolojisinde Son Gelişmeler ve Islahında Kullanım Olanakları

Hakan YILDIRIM^{1*} Ahmet ONAY² Mikdat ŞİMŞEK³

¹: Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 21280-Diyarbakır, Türkiye

²: Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, 21280-Diyarbakır, Türkiye

³: Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 12000-Bingöl, Türkiye

Özet

Elma dünyada yetiştiriciliği yapılan en önemli meyvelerden birisidir. FAO'ya göre Dünya elma üretimi 2010'da 71 milyon tonu geçmiştir. Üretici ülkeler arasında; Çin, ABD, İran, Türkiye, Rusya, Fransa ve İtalya yer almaktadır. Tüketiciler tarafından market reyonlarında çeşit isminin kullanılarak alındığı nadir meyvelerden biridir. Bu nedenle elma ıslahı ve biyoteknolojisi, hem üretici hem de sanayi yararına yeni çeşit geliştirmek amacıyla heyecan verici birçok beklentiye cevap verebilme potansiyeline sahiptir. Geleneksel ıslah metotları ve biyoteknolojinin birlikte kullanımıyla amaca uygun yeni elma çeşitleri geliştirmek mümkündür. Yeni elma çeşitleri geliştirilmesinin en önemli amaçları; yüksek kalite, uzun depolama ve raf ömrü, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, daha iyi besleyici, eşsiz kıvam ve görüntü, biçim ve renk gibi farklı özellikler ve düzenli ürün verme durumunu kapsamaktadır. Bu amaçla elma üzerine geliştirilen in vitro rejenerasyon teknikleri (organogenesis, mikroçoğaltım, mikroaşılama, haploid bitki üretimi, protoplast kültürü ve somatik embriyogenesis), uygulanan moleküler metotlar (RAPD, PCR, RFLP, AFLP vs.), genetik manipülasyon (mutasyon, somaklonal varyasyon, somatik hibridizasyon) ve genetik transformasyon ile kriyoprezervasyon üzerine bugüne kadar yapılan çalışma ve elde edilen sonuçlar gözden geçirilecektir. Ayrıca, elma ile ilgili olarak gelecekte yapılabilecek biyoteknolojik çalışmalar vurgulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Elma, Biyoteknoloji, Islah

The Recent Advances in Apple (*Malus communis* L.) Biotechnology and the Possible Usages in Breeding

Abstract

Domesticated apple is one of the most important fruit species cultivated worldwide. According to FAO (Food Agricultural Organization), world apple production exceeded 71 million ton in 2010. Leading producing countries include China, USA, France, Poland, Turkey, Italy and Russia. Apple is one of the scarce fruit crops sold by using the variety names in the sections of markets. Therefore, breeding of apple and its biotechnology has a good potential in order to response to expectation in favor of both grower and consumer to develop new varieties. Exploitation of conventional breeding and biotechnology in apple research offer opportunities to develop new varieties. Major breeding objectives in the development of new apple varieties include superior quality crop, a long storage and shelf life, disease and pest resistant, better or more nutritious, unique appearances and / or flavour, distinctive and different features such as shape and color and annually productive for a consistent supply. In this review, we have revised the in vitro regeneration techniques (organogenesis, micropropagation, micrografting, production of haploid plant, protoplast culture and somatic embryogenesis), molecular characterization methods such as Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Polymerase Chain Reaction (PCR), Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP), Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) etc. genetic manipulation (mutation, somaclonal variation, somatic hybridization), genetic transformation, and cryopreservation studies. Emphasis will also be stressed on the future application of biotechnological studies on apples

Key Words: Apple, Biotechnology, Breeding

GİRİŞ

Elma'nın Biyolojisi ve Kültür Tarihi

Elma, Rosaceae'nin dört alt familyasından biri olan Pomoideae alt familyasından *Malus* cinsine bağlı bir bitkidir. Dünya üzerinde Asya, Avrupa ve Kuzey

Amerika'da doğal olarak yetişen 30 kadar elma türü bulunmaktadır. Tür olarak sınıflandırılması zordur, çünkü büyük genetik değişiklik, yabancı tozlanma, apomiksis ve poliploidi gösterir Campbell ve ark. (6). Morfolojik özellikleri, kromozom sayıları, melezleme ve moleküler analiz sonuçlarıyla ilgili olarak farklı sınıflandırmalar yapılmıştır.

*e-posta: hakany@dicle.edu.tr

Elma kaynaşmış karpellerin kırırdağımsı bir kese ile kapanmış, tohumları içeren bir merkezden oluşan etli bir meyvedir. Meyvenin dış kısmındaki kalınlaşmış etli tabaka çiçek taslağından gelişir ve meyvenin yenilebilir kısmını oluşturur. Çiçek tomurcukları çoğunlukla meyve dallarının uç kısmında, tepe tomurcuğu halinde bulunur. Bir çiçek tomurcuğu açıldığı zaman bundan meydana gelen çiçek sayısı çeşide göre değişmekle birlikte 4-10 adet çiçek meydana gelir. Her bir çiçekte, yeşil renkte 5 çanak yaprak bulunur. Aynı sayıda olan taç yapraklarının rengi çeşide göre beyaz, pembemsi veya pembe olabilir. Erkek organ sayısı 15-20 adettir. Beş tane de dişi organ bulunur. Dişi organların alt kısımları birbiriyle birleşmiş durumda olup, çiçek örtüsü ile kuşatılmıştır (54-55).

Vavilov (66), Türkistan ve buna komşu ülkelerde bulunan yabancı elmaların kültüre alınmış elmanın ilk kaynağı olduğunu bildirmiş olup; bu bilgiler, Harris ve ark. (31) tarafından yapılan nükleer ribozomal DNA ve kloroplast DNA'sı analizleriyle desteklenmiştir. Kültüre alınmış elmanın orijininde önemli role sahip olan *M. sylvestris*; ayrıca dünyada yayılma alanı en geniş olan türdür ve muhtemelen doğuya doğru *M. prunifolia*, *M. baccata* ve *M. sieboldii* ile melezlenmiştir. *M. turkmenorum* ve *M. sylvestris* ile melezleme çalışmaları batılı ülkelerde ilerlemiştir (39). Elma genetik kaynakları ve genetik çeşitliliğin muhafazası gelecekte yapılacak olan ıslah çalışmaları ve biyoteknolojik iyileştirmeler için önem arz etmektedir. Zhou (71), Çin'de yabancı türlerin coğrafik dağılımı, özellikleri ve kullanımları üzerine; Dzhangaliev (21) ise, Kazakistan'daki yabancı elmalar ile ilgili çalışmaları derlemişlerdir. Belçika'da yetişen yabancı elmalarındaki (*M. sylvestris*) genetik değişim, (AFLP ve SSR markörleri) kullanılarak incelenmiştir (10). Elma genetik kaynaklarının toplanması, muhafazası, değerlendirilmesi birçok ülkede öncelikli çalışma konuları arasında yer almaktadır. Türkiye'de bulunan elma genetik kaynaklarının yakınlıklarının belirlenmesi Gulsen ve ark. (29); Türkiye'nin de içinde bulunduğu bir kısım ülkelerden toplanan yabancı elmaların farklı hastalık ve zararlılara dayanıklılık durumlarının belirlenmesi Gayle ve ark. (25) ile Kaymak ve ark. (21); bazı elma anaçlarının moleküler markörler kullanılarak genetik akrabalıklarının belirlenmesi Koç ve ark. (42) tarafından çalışılmıştır.

Asya ve Avrupa'da tarihten önceki çağlarda yetiştirilen ılıman iklim meyveleri arasında yer alır. Kültür bitkilerinin orijinleri üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapan De Candolle, 1883 yılında yayımladığı "L'Orgine des Plantes Cultivees" adlı eserinde Dioscorides, Theophrastus gibi eski tarihçilerin çalışmalarını, Çin'deki kayıtları, arkeolojik ve etnolojik bulguları; İbranice Sanskritçe ve diğer dillerdeki adları, kültür bitkilerinin yayılma alanlarını, yabancı tiplerini ve çeşit sayılarını inceleyerek, elmanın 4000 yıldan daha fazla bir zamandan beri kültüre alınmış olabileceğini ileri sürmüştür (55). Elma o zamanın edebiyat, şiir, sanat ve folklorunda simgesel olarak kullanılmıştır. Elma'nın tarihi çok zengin olup, belli bir bölge ve zamandaki kullanımları için çok sayıda kitap yazılmıştır.

Önemi

Elma dünyadaki üretimi ve tüketimi açısından en önemli ılıman iklim meyvelerinden biridir. FAO verilerine göre Dünya elma üretimi 2010 yılında 71 milyon tonu geçmiştir (1). Önemli üretici ülkeler arasında; Çin, ABD, İran, Türkiye, Rusya, Fransa ve İtalya

yer almaktadır. Kültüre alındığı bildirilen 6000 elma çeşidi bulunmasına rağmen, toplam üretimin %61'ini "Golden Delicious, Granny Smith, Fuji ve Gala grubu elmalar oluşturmaktadır (53). Meyveler genellikle taze olmak üzere, kurutularak dilim konservesi, derin dondurma, şurup, marmelat, reçel yapımında kullanılır. Son yıllarda pasta yapımında, meyve suyu ve sirke elde edilmesinde önem kazanmıştır. Ayrıca elmadan şarap, konyak gibi içkiler yapılmaktadır. Elmanın birçok türü rekreasyon alanlarının düzenlenmesinde ve ornamental tiplerin ıslahında da önemlidir (24). Elmanın gelecekteki çeşit ıslahı çalışmalarında artırılmış antioksidan seviyesi gibi besinsel özelliklerin ön plana çıkması muhtemeldir. Ayrıca meyvenin taze tüketimi sırasında karşılaşılan kararma sorununun ortadan kaldırılması konusunda önemli çalışmaların yapılması muhtemeldir.

ÖNEMLİ ISLAH AMAÇLARI VE ELDE EDİLEN BAŞARILAR

Anaçlar

Anaçlar; çeşitlerin gelişme kuvvetini ve ürünün kontrol etmekte olup; biyotik ve abiotik stres koşullarına dayanıklılığını etkilemektedir. Önemli ıslah amaçları arasında; bodurlaşmanın kontrolü, soğuğa tolerans, hastalık ve zararlılara dayanıklılık ve nemli veya kurak toprak koşullarına dayanıklılık yer almaktadır. Webster ve Wertheim (67) tarafından *Agrobacterium* veya *Erwinia*'nın neden olduğu virüs ve bakteriyel hastalıklardan arındırılmış, sağlıklı ve aşı uyumu iyi olan ideal anaçların özellikleri belirlenmiştir. Çoğaltımının kolaylığı ve iyi bir fidanlık performansı göstermesi gibi nedenlerle ticari fidan üretimindeki rolü büyüktür. Erken ve istikrarlı ürün verme yeteneği olarak isimlendirilen bodur meyve yetiştiriciliği, yetiştiriciler için vazgeçilemez bir özelliktir. Anaç ıslahında; spesifik hastalıklara-zararlılara, köklerde ur oluşumuna, kök çürüklüğüne, elma pamuklu biti ve ateş yanıklığına dayanıklılık ön plana çıkan hedefler arasında yer almaktadır.

İlk anaç ıslah programı 1917'de East Malling Araştırma Merkezinde (İngiltere) başlatılmıştır. Kurum 1920'lerde John Innes Enstitüsü ile, 'Northern Spy' çeşidinde görülen elma pamuklu bitine dayanıklılık üzerine bir seri anaç geliştirmek üzere işbirliği yapılmıştır. Bu anaçlar aynı zamanda farklı kötü özelliklere de sahiptir. Birinci seri "Merton Immune" olarak adlandırıldı. Bunu, en yaygın şekilde yetiştirilen anaçları da içerisine alan "Malling Merton" serisi izlemiştir. 'Malling' anaçlarının ayrıntılı tanımlamaları Ferree ve Carlson (23) tarafından yapılmıştır.

Cornell Üniversitesi Tarımsal Araştırma İstasyonu'ndaki ıslah programı, çok bodur M-8 anaçının açık tozlanan 158 anaçı ile 1953 yılında başlatılmıştır. Bu anaçların çoğu dip sürgünü problemlerinde dolayı elenmiştir. Daha sonra ateş yanıklığı ve elma pamuklu bitine dayanıklılık gibi daha özel amaçlar, seleksiyon sırasında gözönüne alınmıştır. Robinson ve ark. (57) Cornell Genava (CG) ve Genava serisi anaçların ticari kullanımı, performansı ve hastalıklara dayanıklılığını hususunda çalışmıştır. 1959 yılında Michigan Devlet Üniversitesi'nde; elma pamuklu bitinden ve iyi olmayan fidanlık performans özelliklerinden arınmış Malling anaçları (M.1-M.16) 'Alnarp 2' ve 'Robusta 5' anaçları selekte edilmiştir.

Bodurlaşma üzerine yapılan genetik çalışmalar ve anaç ıslahıyla ilgili diğer özellikler üzerine çalışmalar son yıllarda iyi bir ivme kazanmıştır. Araştırmacıların asıl amacı; farklı ekolojik şartlarında, ekonomik olarak geniş alanlarda üretilebilme yeteneği ve özel adaptasyon karakterlerine sahip anaçları geliştirmektir (13-14). Özellikle anaçların bodur özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için yapılan moleküler çalışmalar ümitvar sonuçlar vermiştir. Elma anaçlarına ait bazı özelliklerin iyileştirilmesine yönelik transgenik metotların kullanılması; hem anaç çoğaltım sisteminin iyileştirilmesi hem de tam dayanıklılık için iyi bir gelecek vaat etmektedir.

Çeşitler

Türkiye, elmanın gen merkezi konumundadır. Bu türe ait kültür formlarının çoğu burada meydana gelmiştir. Ekolojik özellikler bakımından büyük farklılık gösteren ülkemizde her bir farklı ekolojiye uygun ve mahalli olarak yetiştirilen 500'ün üzerinde elma çeşidi bulunmaktadır (54). Çeşit ıslahı sırasında morfolojik, fenolojik, pomolojik, düzenli verim ve farklı hastalık zararlılara dayanıklılık vb. alanları kapsayacak şekilde yaklaşık 45 özellik üzerinde çalışma yapılmakta olup; birçok ıslah programlarında öncelikli konular arasında yer almaktadır. İşleme sanayi için geliştirilen çeşitler; sofralık (taze), dilimlenmiş hazır ürünler, elma konservesi, elma suyu-sirkesi vs. gibi bazı özelliklere sahip olması gerekir (12). Elmanın işlenmesi sırasında meydana gelen meyve eti kararmasına karşı dayanıklılık üzerinde durulması gereken önemli bir özelliktir. Yeni çeşitler öncekilere göre karakteristik, yüksek kaliteli, hastalık ve zararlılara dayanıklı ve belki daha besleyici olmalıdır. İyi bir albeniyi sahip elmaların geliştirilmesi pazarlanabilme şansını artıracaktır. Bir örnek meyve özelliklerine uygun olarak; çeşide özgü kabuk rengi, uygun meyve iriliği ve şekli, tadının iyi olması gerekir. Bu yeni çeşitler üretim sırasında aynı kaliteye sahip olmalı ve ağaçlar her yıl kararlı ürün vermelidir. Evlerdeki hobi bahçelerinin ve peyzaj alanlarında kullanılan süs bitkisi formundaki elmaların ıslahında ise hastalıklara dayanıklılık ön plana çıkmaktadır. Bu grupta; farklı yaprak biçimleri ve çiçek tiplerine sahip ve hastalıklara dayanıklı elma çeşitleri mevcuttur.

Dünya çapında farklı yerlerde yapılan ıslah programlarıyla geliştirilen yeni elma çeşitleri süreli dergilerde ve bilimsel yayınlarla tanıtılmaya devam etmektedir. Elmanın tanıtımında; pazarlamacılar ve insanların tüketim alışkanlıkları yeni çeşitlerin piyasaya sürülmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Yeni çeşitlerin geliştirilmesinde multidisipliner bilimsel çalışmalara önem verilmelidir. Yetiştirme tekniği, hastalık, zararlı, genetik ve gıda mühendisliğindeki ilerlemeler, yeni özelliklerin anlaşılmasında değişik imkânlar sağlamaktadır. Arabidopsis gibi iyi karakterize edilmiş bitki genom dizileri kullanılarak elmada homolog genlerin belirlenmesinde önemli fırsatlar sağlanabilecektir. Hastalık etmenleri ve onların konukçusuyla ilişkisinin anlaşılması, moleküler markörlerle hastalıklara dayanıklılık ıslahı yoluyla daha dayanıklı çeşitlerin elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Hastalıklara dayanıklılıkla ilgili bazı tespitler yapılmış ve bu hususta birçok yeni dayanıklı çeşitler piyasaya sürülmüştür. Norelli ve ark. (52) Elmada ateş yanıklığına dayanıklılığı artırmak için yapılan yeni çalışmalardan bahsetmektedir. Çoklu sayıda hastalıklara dayanıklı hat

elde edilmesine rağmen, ticari olarak düşük kalitede ürün veren çeşitlerin de ortaya çıktığı görülmüştür.

Zararlılara dayanıklı elma çeşit ve anaçlarının geliştirilmesi, hastalıklara dayanıklılığın daha yavaş ilerlemesine neden olmuş ancak bu alandaki çalışmalar yoğun olarak devam etmektedir. Elma pamuklu bitine dayanıklılıkta 3 gen üzerinde çalışma yapılmıştır. Bunlar; "Northern spy" (Er1), "Robusta 5" (Er2) ve "Aotea" (Er3)'tür. Bu genlerden (Er3)'ün Yeni Zelanda'da Elma Pamuklu Bitine dayanıklılığıyla ilgili olduğu Sandayaka ve ark. (61) tarafından bildirilmiştir. Bu araştırmacılar sürekli dayanıklılığı sağlamak için genom piramidi stratejisini önermişlerdir. Bitki verimliliğinin düzenlenmesinde özellikle spur ve yan dalları ürün veren tiplerin ıslah programlarındaki önemli hedeflerden birisi olduğunu bilinmekle birlikte; bu özelliklere ait markörlerin tespiti ile daha da geliştirilecektir. Bugün dik sürgün özelliği, ince sarkık dal özelliği, gövde yapısı spur tip ve bu sayılan özelliklerin bütünleşmiş tipleri için markörlerin mevcut olduğu Tartarini ve ark. (62) tarafından bildirilmektedir.

Elmada kendine uyumsuzluk allelleri önemli derecede artmıştır (4). Bu husustan melezleme ıslahında faydalanılabilir. "Megumi" gibi kısmen kendine uyumsuz çeşitlerin üzerine yapılan çalışmalarda kendine uyumsuz çeşitlerin gelişimine de yardımcı olabilecektir. Ayrıca mutasyon ıslahı da kendine verimli çeşitlerin elde edilmesinde kullanılabilir bir yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Kendine verimliliğinin genetik olarak iyileştirilmesi için klasik ıslah ve S geninin izolasyonunu da içeren transgenik bitki elde etme çalışmalarının da kullanılabilmesi mümkün görülmektedir.

Elma üzerine yapılan genetik çalışmalardan biri de; "The Apple Durable Resistance in Europa (DARE)"dir. Bu ortak çalışmalarda çok yönlü araştırmalar ve klonal çoğaltım üzerine yoğunlaşmıştır. Klonal çoğaltım; çevre etkileri, genetik çalışmalar ve genlerin haritalanmasındaki farklılıklar üzerine önemli bilgilerin ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır. Elmada double haploitlerin mevcudiyeti Hofer ve ark. (33), anahtar özelliklerin kalıtımıyla ilgili çalışmalarda önem arz etmektedir. Elmada kantitatif lokus özellik (QTL) çalışmaları; büyüme ve fidanların gelişimi Conner ve ark. (11), meyvenin yapısı ve kalitesi King ve ark. (41), fizyolojik özelliklerin incelenmesi Liebhard ve ark. (45) tarafından yapılmıştır. DARE programı günümüzde duyu testleri, tüketici memnuniyeti ve beklentisi üzerine odaklanmıştır. Bu nedenle ıslahçılar araştırma programlarına algılama testlerini de katmaktadırlar. Deslauriers ve ark. (18) hasat edilen elmaların taze ya da sanayiye yönelik olarak tasnifinde uygunluk ve benzerlik analizlerinin kullanılmasını önerirken; Cliff ve ark. (9) Kanadalı tüketicileri aracılığıyla elma çeşitlerinin albenisi, tadı ve yapı özellikleri için haz alma oranlarını ölçmüştür. Günümüzde içerdiği C vitamininden daha fazla C vitamini içeren elma çeşitlerinin geliştirilmesi üzerine çalışılmaktadır. Bilindiği gibi C vitamini elmanın toplam antioksidan aktivitesinin yaklaşık %12'sine karşılık gelmektedir (22). Elmanın antioksidan aktivitesi ve sağlığa faydaları, bileşik tipleri, bu bileşiklerin çeşitler arasındaki farklılığını belirlemek için çalışmalar yapılmaktadır (64).

Elmanın genetik iyileştirilmesi amacıyla hem kalitatif hem de kantitatif özelliklerin anlaşılmasında önemli derecede ilerleme sağlanmıştır. Moleküler teknikler erken safhadaki bitkilerden hangisinin verimli olup olmayacağını belirlemek amacıyla önemli olup; elma da bu ön seçim önemlidir. Çünkü uzun gençlik

kısırlığı ve yüksek ağaç yapısı ekstra masrafa neden olmaktadır. Arzu edilen gen özelliklerinin çalışılan bireylerde önceden tespiti için modern moleküler tekniklerin geliştirilmesi yoluyla; gelecekte yeni elma çeşitlerinin geliştirilmesi ve mevcut olanların iyileştirilmesine önemli derecede yardımcı olabilecektir.

IN VITRO ÇOĞALTIM TEKNİKLERİ

Rugini ve Muganu (59), 0.45 µM TDZ ve 0.54 µM NAA içeren MS besi ortamında 'Golden Delicious' sürgünlerinden geliştirilen kallusu kullanarak sürgün rejenerasyonu etmişlerdir. 2-3 mm uzunluğundaki yaprakçıkların morfojenik kallus üretimi için ümitvar olduğu görülmüştür. Liu ve ark. (48) yüksek oranda sürgün organogenezisi teşvik etmek için "Royal Gala" çeşidini karanlık ortam şartlarına maruz bırakmıştır. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü nodal segmentler kültüre alındığı zaman, sürgün sayıları sırasıyla; 2, 8 ve 73 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu eksplantlar karanlıkta bırakılmamış sürgünlerle karşılaştırıldığında ise 7 kat daha fazla sürgün üretiminin olduğu bildirilmiştir.

Elmanın mikroçoğaltımıyla ilgili çalışmalar Korban ve Chen (43) ve Hammerschlag (30) tarafından bildirilmektedir. Anaçların mikro çoğaltımıyla ilgili üretim maliyetleri hususunda yapılan bir çalışma kapsamında; 40 g/l agar ve 20 g/l ksiloglukan içeren jelde yetiştirilen bitkiler daha yüksek çoğalma özelliğine sahip ve yarı katı besi ortamında gelişen bitkilere göre daha düşük oranda vitriyefe sürgün oluşturmuşlardır. Hatta modifiye besi ortamında kültüre alınan sürgünlerden oksinin bulunmadığı köklenme ortamında dahi "Marubakaido" için %70 "Jonagored" için %66 köklenme elde edilirken, standart yarı katı besi ortamında aynı çeşitlerden %6.7 ve %10.4'lük köklenme oranları elde edilmiştir (46). Chakrabarty ve ark. (7) tarafından "M9" anacı bir biyoreaktörde çoğaltılmıştır. Bu anacı sıvı besi ortamında kültüre alındığı zaman vitriyefe sürgün oluşumunun azaldığı görülmüştür. Asıl amacın ise; ticari mikroçoğaltım yapılırken maliyet hesabının ortaya çıkarılması bakımından bir ön çalışma olmasıdır.

Elma gibi odunsu bitkilerin in vitro köklendirilmesi önemli sorunlardan biridir. Ma ve ark. (49) etilen hormonunun elma sürgünlerinde kök oluşumunu teşvik ettiğini bildirmiştir. Calamar ve ark. (5), mikroçeliklerden ve onun gövde parçalarından adventif kök rejenerasyonuna sukrozun etkisini araştırdığı çalışmada; adventif kök sayısı üzerine sukrozun etkili olduğunu, ancak bu etkinin %1-9 konsantrasyon aralıklarında az olduğunu bildirmiştir. Diaz-Perez ve ark. (19) in vitro çoğaltılan bitkilerin aklimasyonu ve mikroçoğaltılan bitkilerin toprağa aktarıldıktan sonraki aşamada; gaz değişimi, su ilişkileri, yaşama oranı ve büyüme özelliklerini incelemiştir. Yüksek su içeriğinin bitkilerin yaşaması ve gelişmesi için önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Fidanlıkta yetiştirilen elma fidanlarının bahçe performansını ile, mikroçoğaltılarak köklendirilmiş 'Gala' ve 'Triple Red Delicious' elma çeşitlerinin büyüme durumu ve meyve tutumu üzerine; çeşit, bitki büyüme düzenleyicileri ve ekim sıklığının etkileri Zimmerman ve Steffens (74) tarafından araştırılmıştır.

Mikroçoğaltılan bitkilerin taç büyüklüğü, görünüş ve çiçeklenmesinin yeknesak olmadığı gözlemlenmiştir. Fakat spur tip bitkilerden çoğaltılan bitkilerden yeniden kültüre alınmasıyla geliştirilen ağaçların görünüşü olarak benzer olduğu bildirilmiştir. Zimmerman (75)'a göre bu durum, spur tip bitkilerin

mikroçoğaltılmasıyla geliştirilen ağaçlardan alınan eksplantların daha önce mikroçoğaltıldığını ve klonal fidelitesinin muhafaza edildiğinin göstergesi olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, belirtilen mikroçoğaltım çalışmaları haricinde; (M-9, M-26, M-27, MM-106, EMLA-111 ve *Malus sieboldii* vs.) gibi anaç ve çeşitlerle (Redspur Delicious, Rainha, Selection IAC-1381-22, IAC-3881-8 ve IAC-4881-11 vs.) ilgili farklı amaçlara yönelik olarak mikroçoğaltım çalışmalarının yapıldığı da bildirilmektedir.

Hastalık etmenlerinden olan virüsler de elmada önemli sorunlardan olup, aşılama yoluyla yayılmaktadır. Termoterapi uygulanan ya da uygulanmayan meristemler kullanılarak virüsten arındırılmış bitki elde edilebilmektedir. Amerika ve Kanada'da gen kaynaklarının uluslararası değişimi ve kontrol altına alınmasında doku kültürünün rolü Salih ve ark. (60) tarafından yapılan çalışma ile gündeme getirilmiştir. Virüslerin tanımlanmasındaki ilerleme özellikle RT-PCR alanındaki çalışmaların gelişmesiyle daha iyi bir duruma gelmiştir. James ve ark. (37) elma gövde çukurlaşma virüsü (ASGV) kemoterapiyle elemine etmiş olup; hızlı ve duyarlı görüntüleme için bağışıklık sistemini etki altına alan bir RT-PCR geliştirmiştir. Elma sarı yaprak leke virüsü (ACLSV), Elma gövde yiv virüsü (ASP), Elma mozaik virüsü (AMV) ve Elma gövde çukurlaşma virüsü (ASGV) gibi virüs hastalıklarının belirlenmesi için indikatör bitki denemelerinde kullanımı bakımından çoklu RT-PCR-Elisa daha güvenli olduğu bildirilmiştir.

Elma ve armutta haploit ile ilgili çalışmalar; Hofer ve Lespinase (32) tarafından bildirilmektedir. Haploid elde etmek için; "(a) fidanlardan anne haploid bitkilerin taranması (yaklaşık %1 oranında); (b) anter kültürü yoluyla in vitro androgenezis (%1 oranında) ve (c) işlenmiş polenler ile in situ partenokarpini teşvik edilmesi." olmak üzere yaygın olarak üç metot kullanılmaktadır. İşlenmiş polenler ile yapılan çalışma kapsamında elde edilen başarı, tozlanmış 1000 çiçek başına yaklaşık beş embriyo oluşumu ile sonuçlanmıştır. Androgenik embriyolardan bitkilerin geliştirilmesi oldukça zordur. Bazı haploit bitkilerin mikroçoğaltımı çalışmalarında birkaç yıllık alkültürler sonunda doğal olarak kromozom katlanmasının görüldüğü bildirilmiştir. Meyve salkımları ve partenokarpi üzerine; tozlanma teknikleri ve bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileri De Witte ve Keulemans (17) tarafından incelenmiş olup; ayrıca homozigot diploid bitkilerin doğal şartlarda çimlenme durumları da araştırılmıştır. Daminozid'in verim üzerine pozitif etki yaptığı, ancak bir antioksin türevi olan NAAM'nın böyle bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Orizalin içeren agarlı besi ortamına yerleştirilmiş haploit sürgünlerden diplohaploidler elde edildiği bildirilmiştir (2). Anter ve mikrospor kültürleri ile in situ partenogenezisten elde edilen diplohaploidlerin ön değerlendirmesi sonucu; diploid, triploid ve tetraploid olan bir genotipin regenerantlar oluşturduğu görülmüş, ancak hatların %93'ünün izoenzim çalışmalarına göre homozigot olduğu bildirilmiştir.

Diekman ve ark. (20) altı elma çeşidine ait protoplastların morfojenik durumları üzerinde çalışmıştır. Protoplastlar için donör materyal olarak; karanlıkta yetiştirilen sürgün kültürlerine ait genç mezofil dokuları ve genç etiyolleşmiş dokular kullanılmıştır. Mevcut çeşitlerin tamamında hücre bölünmesi gözlemlenmiştir. Çalışılan altı çeşitten beşinde kallus gelişimi gözlenirken; "M.26, Gala ve Pinova" çeşitlerinde sürgün

gelişiminin meydana geldiği bildirilmiştir. Özellikle ılık kaynağının spektral kompozisyonu, kültür besi ortamına Olgunlaşmamış elma tohumlarından embriyojenik kültür başlatılması için James ve ark. (38) tarafından yapılan çalışmada; tozlanmadan 30 ve 50 gün sonra elde edilen olgunlaşmamış elma tohumları kullanılmıştır. Nusellus, endosperm ve zigotik embriyolar ayrı ayrı kültüre alınmıştır. 30 günlük tohumlardan gelişen nusellus dokuları BA'nın yanında 2,4-D veya NAA'nın karışımında embriyojenik dokunun oluştuğu görülmüştür. Çalışılan çoğu kültür çeşitleri için Linsmaier ve Skoog (47) LS besi ortamı en iyi sonuç vermiş olup; yalnız 'M.9' ve 'M.27' anaçları Murashige ve Tucker (51) MT besi ortamında en yüksek sayıda embriyo üretmiştir. "Gloster 69" çeşidinde; eksplant kaynağı, somatik embriyonun boyu, karbonhidrat konsantrasyonu ve çeşidi, bitki büyüme düzenleyici ve konsantrasyonları ile katılaştırıcı jeller sekonder somatik embriyogenezisi etkileyen faktörler olarak sıralanmıştır. İlk eksplantlar değişik konsantrasyon ve kombinasyonda bitki büyüme düzenleyicileri ile desteklenen besi ortamında kültüre alınmış ve kültürler 25 °C'de karanlıkta muhafaza edilmiştir. İki ay boyunca üç haftalık aralıklarla yeni besi ortamında kültüre alınmıştır. Çimlenme işleminde dormansinin giderilmesi için; yarı kuvvette MS besi ortamında karanlıkta 4±1°C'de iki ay muhafazaları yapılmış; köklenme ve sürgün gelişimi için, kültürlerin 25 °C'de 16 saat fotoperiyot altında yeni besi ortamında kültüre alınmıştır (15).

MOLEKÜLER MARKÖR TEKNİKLERİ

İzoenzimler elmada çalışılan ilk markörlerdir. İzoenzim kullanımı akrabalık durumlarının belirlenmesinde ve farklı anaç kalem çeşitlerinin parmakizlerinin bulunmasında yardımcı olmuştur. Gen kaynaklarının belirlenmesi amacıyla izoenzimle yapılan çalışmalar bugün de devam etmektedir (36).

Elmada RAPD markörlerinin yanı sıra yeni teknikler de kullanılmıştır. RAPD genellikle çeşitlerin belirlenmesi için kullanılmıştır. Külemeye dayanıklılık, meyve kabuk rengi Cheng ve ark. (8) ve bazı elma türlerinde apomiktik bitkileri test etmek amacıyla markörler kullanılmıştır. Elmada kendine uyumsuzluk alanında oldukça ilerleme sağlanmıştır.

RFLP yöntemi RAPD'a göre daha bilgi verici ve daha baskındır, ancak PCR tabanlı metotlardan daha fazla DNA gereklidir. RFLP için işçilik fazladır ve otomasyon zordur. Elmada çeşit teşhisi, istenilen genleri belirlemek ve bağlantı haritalarını yapmak için çok sınırlı kullanıma sahiptir. Elma kırmızı gal yaprak bitine dayanıklılığı ifade eden Sd1 geni ile bağlantılı RFLP'ler ve RAPD markörleri Roche ve ark. (58) tarafından belirlenmiştir.

AFLP yöntemiyle her primer başına 30 kadar polimorfik dominant markör üretebilmekte olup Xu ve Korban (70); mevcut gen haritalarının genişletilmesi için oldukça faydalı olduğu görüşü hakimdir. Tignon ve ark. (63) elma çeşitlerinin belirlenmesi için AFLP'leri kullanmış ve bir tür içerisindeki çeşitlerin teşhisi için pek uygun olmadığını bildirmiştir. Zhu ve ark. (73), Pst1-ACC/Mse1-GAC primerleri anaç genotiplerinin tespitinde faydalı olduğunu göstermiştir. Goulao ve ark. (27), elma çeşitleri arasında genetik benzerliklerin belirlenmesi ve tahmini için RAPD ve AFLP 'yi karşılaştırmış ve her iki metotla da uygun sonuçları elde etmişlerdir.

sorbitol ilavesinde olduğu gibi, donör bitkilerin ön kültürünün başarısı üzerinde etkili olmuştur.

SCAR yöntemi günümüzde kullanımı yoğun şekilde artan yeni bir moleküler markördür. Xu ve ark. (69) karalekeye dayanıklılık için V_f genini AFLP'den geliştirmiştir.

SSR yöntemi; oldukça fazla polimorfik ve tekrar üretilebilir bir markördür. Homozigot ve heterozigot bireyleri ayırmak için kullanılabilir. Farklı bağlantı haritalarının dizilimi için oldukça faydalıdır. Ancak SSR yönteminin geliştirilebilmesi için işçilik fazla ve pahalı olabilir. Guilford ve ark. (28) ilk defa çeşitlerin tanımlanması için SSR'ları kullanmıştır. Hokanson ve ark. (34) genetik kimlik ve çeşitliliği belirlemek için SSR'ları kullanarak 142 elma çeşidini üzerinde araştırma yapmıştır. Gelecekte SSR'lar ve diğer markörler; *Prunus*, *Pyrus* ve *Malus* türlerine ait genetik haritalar arasında karşılaştırmalar için faydalı olabilecektir.

ISSR yöntemi; genellikle ISSR bölgelerine çoğaltmak için primer olarak SSR'ların kullanıldığı bir metottur. Parçalanmış nükleotitlerin veya rastgele 2-4 nükleotid kullanılarak hedeflenen SSR (5' veya 3')'in her yanında sıralanan Primerler, genomik ISSR sekanslarına bağlıdır. Bu teknikle daha önceki sekans bilgisine ihtiyaç duyulmaz ve çok sayıda polimorfizm oluşturur. Özellikle düşük polimorfizm seviyesine sahip olan birbirine yakın bireylerin incelenmesinde kullanılmaktadır. Goulao ve ark. (27), SSR ve ISSR markörlerini kullanarak elma çeşitlerini karakterize etmiş ve bunların RAPD ve AFLP markörlerinden daha iyi tekrarlanabilir olduğunu bildirmiştir.

EST'ler farklı elma materyallerinden hazırlanan cDNA kütüphanelerinin rastgele seçilmiş klonlarından üretilmiştir. QTL (Kantitatif karakter lokusların) çalışmaları her geçen gün artmakta ve önem kazanmaktadır. Lawson ve ark. (44) elmada gelişme ve morfolojik özelliklerinin kalıtımını incelemek için QTL'yi kullanmışlardır. Bu kapsamda; elma ağacının yandal oluşturma özelliği, vejetatif ve generatif tomurcuk patlaması, çiçeklenme zamanı ve kök sürgünü oluşturma durumları üzerinde çalışılmıştır. Moleküler markörler kullanılarak elmada ilk ayrıntılı QTL çalışması Conner ve ark. (11) tarafından yapılmış olup; kara lekeye dayanıklılık ıslahı yoluyla 'Wijcik Machintosh' çeşidinden oluşturulan popülasyon içinde ağaç büyüme ve gelişmesini etkileyen özellikler için QTL'lerin pozisyon ve etkilerini araştırmak amacıyla RAPD kullanmışlardır.

GENETİK UYGULAMALAR

Mutasyonlar ya doğal olarak ya da mutajen maddelerle teşvik yoluyla olduğundan, değişiklik tek tip olarak bütün bireylerin bütün doku tabakalarında meydana gelmelidir. Meyve kabuk rengindeki değişiklikler, epidermiste veya L1 tabakasında mutasyonlardan kaynaklanır. Gametleri oluşturmaktan dolayı, L1'deki değişiklikler ıslaha faydalıdır. Daha iyi meyve kabuğu rengi için doğal olarak gelişen çok sayıda mutasyon mevcuttur. Bu mutasyonlar sabit olursa (Periclinal) ticari amaçlı kullanılabilir, fakat sabit değilse diğer özellikler değiştirilir. 'Royal Gala'nın meyve kabuğunda kırmızı renk değişimi için çeliklere ışın uygulaması yoluna gidilmiştir (68) . McMeans ve ark. (50) adventif tomurcuklardan in vitro kültüre alınmış 'Gala ve Royal Gala' üzerine yaptığı çalışmada; meyve rengi ile ilgili olarak çok az somaklonal varyasyon gözlemiştir.

Alüminyuma dayanıklı somaklonal elma anaçlarının seçimi üzerine birtakım çalışmalar yapılmıştır (16). Dayanıklı anaçlar, pH'sı beşin altındaki topraklarda faydalı olacaktır; çünkü alüminyumun toksik seviyelerinin topraktan Ca alımını etkileyeceği; bu durumun ise meyve kalitesi üzerine olumsuz etki yapacağı bildirilmiştir. Elmada somatik hibritlerin oluşturulması için simetrik ve asimetrik protoplast füzyonu kullanılmıştır. Simetrik protoplast füzyonu yoluyla bazı somatik hibritler üretilmiş, ancak asimetrik hibridizasyon yoluyla ise ancak daha ileri düzeyde analize ihtiyaç gösteren bazı varsayım hibritleri üretilebilmiştir (35) .

Elmada genetik transformasyonun kullanımı, kültür varyetelerinin kimliğini koruma açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Hastalığa dayanıklılık gibi önemli ve ciddi bir özellik değişmiş olabilir ancak fenotip aynı kalabilir. Elmada görülen kendine uyumsuzluk ve ıslah depresyonu, introgress genlere geriye melezleme tekniğini kullanmayı engellemektedir. Dayanıklılığı sağlamak için genleri ekleyebiliriz, ancak her seferinde farklı bir çeşide geriye melezleme gerektiği için, çeşit kimliği kaybolmakta ve yeni bir hibrit ortaya çıkmaktadır. Hastalık ve zararlılara dayanıklılığın belirlenmesi, meyve etinde yumuşamanın düzenlenmesi, çiçeklenme ve meyve oluşumu ile ilgili genlerin anlaşılması transformasyonun önemli amaçları arasında yer almaktadır. Anaçların transformasyonu için de amaçlar benzerlik göstermekte ancak bodurluk sağlayan genler aynı zamanda virüslere dayanıklılık, köklenme ve çoğaltmayı etkileyen genleri de içermektedir. Elmada ilk transformasyon James ve ark. (1989) tarafından yapılmıştır. Trifonova ve ark. (65) sitokininin biyosentetik yol ile ilk enzimlerden birini şifreleyen *ipt* genleri ve neomisin fosfotransferaz (*nptII*) ile 'Granny Smith'in transformasyonunu gerçekleştirmiştir. Yao ve ark. (71), transgenik bitkilerde herbisit 'Glean™'e dayanıklılığı artırmak için, asetolaktat sentaz genini 'Royal Gala'ya aktarmıştır. 1990'lı yıllarda "Gala, Golden Delicious, Elstar, Delicious, Pink Lady, Greensleeves, Royal Gala, Marshall McIntosh" çeşitlerinin transformasyonları gerçekleştirilmiştir.

KRİYOPREZERVASYON

Yavaş büyüme koşulları altında materyalin muhafaza edilmesi, daha az alt kültür yapılması nedeniyle hem maliyeti azaltır ve hem de kontaminasyon riskini azaltır. Bazı araştırmacılar farklı elma genotiplerinin tek nodlu sürgünlerinin yavaş büyümesini üzerine çalışmış olup, 2 °C'de küçük kaplarda, 2500 mikroçelik/m² olarak depolamayı başarmıştır. Brischia ve ark. (3) M.26 anacının farklılaşan sürgünlerini ve sentetik tohumları üzerine çalışmıştır. El yardımıyla ve makine kullanılarak kapsüllenmiş organojenik eksplantların karşılaştırıldığı çalışmada; elle kesilen uniform olmayan çeliklerin %25'i rejenerer olurken, makine ile kesilen eksplantların %11'inin rejenerer olduğu görülmüştür. 'Golden Delicious'un aksillar sürgün uçlarının; enkapsülasyon-dehidrasyon veya enkapsülasyon-vitrifikasyon tekniği kullanılarak başarılı bir şekilde kriyoprezervasyonu yapılmıştır (56). Enkapsülasyon-dehidrasyon protokolü; alginatla kılıflandırılmaya göre organlara daha kolay müdahale imkanı sağladığı için ve ayrıca elma çeşidine bağlı olarak kriyoprezervasyondan çıkan sürgünlerden %64-77 arasında yeniden büyümenin elde edildiği bildirilmiştir.

SONUÇ

İslahta ön plana çıkan özellikler ve yeni çeşit geliştirme açısından çok bol ve farklı gen kaynaklarına sahip bulunmaktayız. Küresel anlamda çoğu önemli hastalık, zararlı ve dayanıklılıkla ilgili genlerin anlaşılması hususunda iyi bir noktada olduğumuz muhakkaktır. Birçok alandaki araştırmacının multidisipliner yaklaşımları ile kalite kriterleri daha iyi irdelenecek ve bunların iyileştirilmesi ve/veya artırılması yoluna gidilecektir. Elmanın bitkisel özellikleriyle ilgili genlerin tanımlanmasıyla birlikte; bitki yapısı, büyüme ve gelişimi ve bu özelliklerin ifade edilmeleri daha kolay olacaktır. Elmada birçok gen halihazırda klonlanmış durumdadır. Genlerin iyi tanımlanması ve etki mekanizmaları, kompleks özelliklerin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Gelecekte, sanayi ve ıslah-biyoteknoloji şirketleri arasındaki işbirliği elma üzerine yapılan araştırmalara uzun dönem finansal destek sağlamak açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Elma ıslahı ve biyoteknolojisinde; çoğu araştırmacı, çalışma grupları ve kuruluşların imkân ve faaliyetlerinden faydalanmak mümkündür. Gen kaynakları, primerler, sekans bilgisi ve transgenler üzerine işbirliği hususunda hala kazanılacak çok şey bulunduğu açıktır. İslah ya da transformasyon yoluyla geliştirilecek bütün materyaller üretime sunulmadan önce çok iyi değerlendirilmelidir. Amacımıza yönelik olarak yüksek kaliteli elma çeşitleri ve anaç materyallerini geliştirmeye devam etmek zorunda olduğumuzu unutmamamız gerekir.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2011. Faostat Statistical Database (www.fao.org).
2. Bouvier, L., Fillon, F.R. and Lespinasse, Y. 1994. Oryzalin as an efficient agent for chromosome doubling of haploid apple shoots in vitro. *Plant Breeding* 113: 343-346.
3. Brischia, R., Piccioni, E. and Standardi, A. 2002. Micropropagation and synthetic seed in M.26 apple rootstock (II): a new protocol for production of encapsulated differentiating propagules. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 68: 137-141.
4. Broothaerts, W. and Van Nerum, I. 2003. Apple self-incompatibility genotypes: an overview. *Acta Horticulturae* 622: 379-387.
5. Calamar, A. and de Klerk, G.-J. 2002. Effect of sucrose on adventitious root regeneration in apple. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 70: 207-212.
6. Campbell, C.S., Greene, C.W. and Dickinson, T.A. 1991. Reproductive biology in subfam. Maloidea (Rosaceae). *Systematic Botany* 16: 333-349.
7. Chakrabarty, D., Hahn, E.J., Yoon, Y.J. and Paek, K.Y. 2003. Micropropagation of apple rootstock M.9EMLA using bioreactor. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology* 78: 605-609.
8. Cheng, F.S., Weeden, N.F. and Brown, S.K. 1996. Identification of co-dominant RAPD markers tightly linked to fruit skin color in apple. *Theoretical and Applied Genetics* 93: 222-227.

9. Cliff, M.A., Sanford, K. and Johnston, E. 1999. Evaluation of hedonic scores and R-indices for visual, flavour and texture preferences of apple cultivars by British Columbian and Nova Scotia consumers. *Canadian Journal of Plant Science* 79: 395-399.
10. Coart, E., Vekemans, X., Smulders, M.J.M., Wagner, I., Van Huylbroek, J., Van Bockstaele, E. and Roldan-Ruiz, I. 2003. Genetic variation in the endangered wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mili.) in Belgium as revealed by amplified fragment length polymorphism and microsatellite markers. *Molecular Ecology* 12: 845-857.
11. Conner, P.J., Brown, S.K. and Weeden, N.F. 1998. Molecular-marker analysis of quantitative traits for growth and development in juvenile apple trees. *Theoretical and Applied Genetics* 96: 1027-1035.
12. Crassweller, R.M. and Green, G.M. 2003. Production and handling techniques for processing apples. in: Ferree, D. and Warrington, I. (eds) *Apples: Botany, Production and Uses*. CAB International. Wallingford, UK, pp. 615-633.
13. Cummins, J.N., Aldwinckle, H.S., 1983. Breeding apple rootstocks. *Plant Breeding Reviews*, Vol. 1., Jules Janick, Ed., AVI Pub., Westport, CT., Chapter 10 pp. 294-394.
14. Cummins, J.N., Norton, R.L., 1974. Apple rootstocks problems and potentials. *NY. Food&Life Sci. Bul.*41.1-15.
15. Daigny, G., Paul, H., Sangwan, R.S. and Sangwan-Norreel, B.S. 1996. Factors influencing secondary somatic embryogenesis in *Malus domestica* Borkh. (cv. 'Gloster 69'). *Plant Cell Reports* 16: 153-157.
16. Dantas, A.C.D., Fortes, G.R.D., da Silva, J.B., Nezi, A.N. and Rodrigues, A.C. 2001. Tolerance to aluminum in apple rootstocks somaclones in nutrient solution. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36: 615-623.
17. De Witte, K. and Keulemans, J. 2000. influence of pollination techniques, plant growth regulators for fruit set and ex-vitro germination on homozygous plant production by parthenogenesis in situ in apple. *Acta Horticulturae* 538: 309-314.
18. Deslauriers, C, Sanford, K.A. and McRae, K.B. 1999. Descriptive sensory analysis and correspondence analysis to select apples for fresh and processing markets. *Acta Horticulturae* 484: 69-73.
19. Diaz-Perez, J.C., Sutter, E.G. and Shackel, K.A. 1995. Acclimatization and subsequent gas exchange, water relations, survival and growth of microcultured apple plantlets after transplanting them in soil. *Physiologia Plantarum* 95: 225-232.
20. Diekmann, M., Hanke, V., Huancaruna-Perales, E. and Schieder, O. 1999. Advances in protoplast techniques for *Malus* and *Pyrus*. *Acta Horticulturae* 484: 571-575.
21. Dzhangaliev, A.D. 2003. The wild apple tree of Kazakhstan. *Horticultural Reviews* 29: 63-303.
22. Eberhardt, M.V., Lee, C.Y. and Liu, R.H. 2000. Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* 405: 903-904.
23. Ferree, D.C. and Carlson, R.F. 1987. Apple rootstocks. in: Rom, R.C. and Carlson, R.F. (eds) *Rootstocks for Fruit Crops*. John Wiley & Sons, New York, pp. 107-143.
24. Fiala, J.L. (1994) *Flowering Crabapples. The genus Malus*. Timber Press, Portland, Oregon.
25. Gayle, M.V., Christopher, M.R., Adam, D.H., Ann, A.R., 2009. Capturing the diversity of wild *Malus orientalis* from Georgia, Armenia, Russia and Turkey. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 134(4):453-459.
26. Gardiner, S., Rikkerink, E., Meech, S., Murdoch, J., Bassett, H., Bus, V., Rusholme, R., Cook, M., Gleave, A., Crowhurst, R., Ross, G. and Warrington, I. 2003. Candidate resistance genes from an EST database prove a rich source of markers for major genes conferring resistance to important apple pests and diseases. *Acta Horticulturae* 622: 141-151.
27. Goulao, L. and Oliveira, CM. 2001. Molecular characterization of cultivars of apple (*Malus x domestica* Borkh.) using microsatellite (SSR and ISSR) markers. *Euphytica* 122: 81-89.
28. Guilford, P., Prakash, S., Zhu, J.M., Rikkerink, E., Gardiner, S., Bassett, H. and Forster, R. 1997. Microsatellites in *Malus x domestica* (apple): abundance, polymorphism and cultivar identification. *Theoretical and Applied Genetics* 94: 249-254.
29. Gulsen, O., Kaymak, S., Ozogun, S., Uzun, A. 2010. Genetic analysis of Turkish apple germplasm using peroxidase gene-based markers. *Scientia Horticulturae* 125 (3):368-373.
30. Hammerschlag, F.A. 2000. Transformation of *Malus*. in: Jain, S.M. and Minocha, S.C. (eds) *Molecular Biology of Woody Plants*, Vol. 2. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 281-303.
31. Harris, S.A., Robinson, J.P. and Juniper, B.E. 2002. Genetic clues to the origin of apple. *Trends in Genetics* 18: 426-430.
32. Hofer, M. and Lespinasse, Y. 1996. Haploidy in apple. in: Jain, M., Sopory, S.K. and Veilleux, R.E. (eds) *In Vitro Haploid Production in Higher Plants*, Vol. 3: Important Selected Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 261-276
33. Hofer, M., Gomez, A., Aguiriano, E., Manzanera, J.A. and Bueno, M.A. 2002. Analysis of simple sequence repeat markers in homozygous lines of apple. *Plant Breeding* 121: 159-162.
34. Hokanson, S.C., Lamboy, W.F., Szewc-McFadden, A.K. and McFerson, J.R. 2001. Microsatellite (SSR) variation in a collection of *Malus* (apple) species and hybrids. *Euphytica* 118: 281-294.
35. Huancaruna Perales, E., Schieder, O. and Hanke, V. 2000. Investigation on somatic hybridization in apple. *Acta Horticulturae* 538: 651-654.
36. Itoiz, R. and Royo, J.B. 2003. Isoenzymatic variability in an apple germplasm bank. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 391-400.
37. James, D., Trytten, P.A., MacKenzie, G.H., Towers, N. and French, C.J. 1997. Elimination of apple stem grooving virus by chemotherapy and development of an immunocapture RT-PCR for rapid-sensitive screening. *Annals of Applied Biology* 131: 459-470.

38. James, D.J., Passey, A.J. and Deeming, D.C. 1984. Adventitious embryogenesis and the in vitro culture of apple seed parts. *Journal of Plant Physiology* 115: 217-229.
39. Juniper, B.E., Watkins, R. and Harris, S.A. 1999. The origin of apple. *Acta Horticulturae* 484: 27-33.
40. Kaymak, S., İşçi, M., Karakaş, A., Özgönen, H. 2009. MM-106 anaçlı elma genetik kaynaklarının elma karalekesi hastalığına karşı dayanıklılık reaksiyonlarının belirlenmesi. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, 15-18 Temmuz Van.
41. King, G.J., Lynn, J.R., Dover, C.J., Evans, K.M. and Seymore, G.B. 2001. Resolution of quantitative trait loci for mechanical measures accounting for genetic variation in fruit texture of apple (*Malus pumila* Mill.). *Theoretical and Applied Genetics* 102: 1227-1235.
42. Koç, A., Akbulut, M., Orhan, E., Çelik, Z., Bilginer, S., Ercişli, S. 2009. Identification of Turkish and standard apple rootstocks by morphological and molecular markers. *Genetic and Molecular Research* 8(2): 420-425.
43. Korban, S.S. and Chen, H. (1992) Apple, in: Hammerslag, F.A. and Litz, R.E. (eds) *Biotechnology of Perennial Fruit Crops*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 203-227,
44. Lawson, D.M., Hemmat, M. and Weeden, N.F. 1995. The use of molecular markers to analyze the inheritance of morphological and developmental traits in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences* 120: 532-537.
45. Liebhard, R., Kellerhals, M., Pfammatter, W., Jertmini, M. and Gessler, C. 2003a. Mapping quantitative physiological traits in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Plant Molecular Biology* 52: 511-526.
46. Lima-Nishimura, N., Quoirin, M., Naddaf, Yv Wilhelm, H.M., Ribas, L.L.F. and Sierakowski, M.R. 2003. A xyloglucan from the seeds of a native Brazilian species *Hymenaea courbaril* for micropropagation of Marubakaido and Jonagored apples. *Plant Cell Reports* 21: 402-407.
47. Linsmaier, E.M. and Skoog, F. 1965. Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 18: 100-127.
48. Liu, Q., Salih, S. and Hammerschlag, F. 1998. Etoliation of 'Royal Gala' apple (*Malus x domestica* Borkh.) shoots promotes high-frequency shoot organogenesis and enhanced B-glucuronidase expression from stem internodes. *Plant Cell Reports* 18: 32-36.
49. Ma, J.-H., Yao, J.-L., Cohen, D. and Morris, B. 1998. Ethylene inhibitors enhance in vitro root formation from apple shoot cultures. *Plant Cell Reports* 17: 211-214.
50. McMeans, O., Skirvin, R.M., Otterbacher, A. and Mitiku, G. 1998. Assessment of tissue culture-derived 'Gala' and 'Royal Gala' apples (*Malus x domestica* Borkh.) for somaclonal variation. *Euphytica* 103: 251-257.
51. Murashige, T. and Tucker, D.P.H. 1969. Growth factor requirements of Citrus tissue culture. in: *Proceedings of the First International Citrus Symposium*, Vol. 3, pp. 1155-1161.
52. Norelli, J.L., Jones, A.L. and Aldwinckle, H.S. 2003b. Fire blight management in the twenty-first century: using new techniques that enhance host resistance in apple. *Plant Disease* 87: 756-765.
53. O'Rourke, D. 2003. Apple world production, trade and consumption. in: Ferree, D.C. and Warrington, I.J. (eds) *Apples: Botany Production and Uses*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 15-29.
54. Özbek, S., 1978. Özel Meyvecilik (Kışın yaprağını döken meyve türleri). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 128, Ders Kitabı: 11, 486 s.
55. Özçağırın ve ark., 2004. Ilıman İklim Meyve Türleri (Yumuşak Çekirdekli Meyveler) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 556. Ege Üniversitesi Basımevi.
56. Paul, H., Daigny, G. and Sangwan-Norreel, B.S. 2000. Cryopreservation of apple (*Malus x domestica* Borkh.) shoot tips following encapsulation-dehydration or encapsulation-vitrification. *Plant Cell Reports* 19: 768-774.
57. Robinson, T.L., Aldwinckle, H.S., Fazio, G. and Holleran, T. 2003a. The Geneva series of apple rootstocks from Cornell: performance, disease resistance, and commercialization. *Acta Horticulturae* 622: 513-520.
58. Roche, P., Alston, F.H., Maliepaard, C., Evans, K.M., Vrielink, R., Dunemann, E., Markussen, T., Tartarini, S., Brown, L.M., Ryder, C. and King, G.J. 1997a. RFLP and RAPD markers linked to the rosy leaf curling aphid resistance gene (Sd) in apple. *Theoretical and Applied Genetics* 94: 528-533.
59. Rugini, E. and Muganu, M. 1998. A novel strategy for the induction and maintenance of shoot regeneration from callus derived from established shoots of apple (*Malus domestica* Borkh.) cv. Golden Delicious. *Plant Cell Reports* 17: 581-585.
60. Salih, S., Waterworth, H. and Thompson, D.A. 2001. Role of tissue cultures in international Exchange and quarantine of germplasm in the United States and Canada. *HortScience* 36: 1015-1021.
61. Sandanayaka, W.R.M., Bus, V.G.M., Connolly, P. and Newman, R. 2003. Characteristics associated with woolly apple aphid resistance, *Eriosoma lanigerum*, of three apple rootstocks. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109: 63-72.
62. Tartarini, S. and Sansavini, S. (2003) Advances in the use of molecular markers in pome fruit breeding. *Acta Horticulturae* 622: 129-140.
63. Tignon, M., Kettmann, R., and Watillon, B. 2000. AFLP: us efor the identification of apple cultivars and mutants. *Acta Horticulturae* 521: 219-226.
64. Treutter, D. 2001. Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. *Plant Growth Regulation* 34: 71-89.
65. Trifonova, A., Savova, D. And Ivanova, K. 1994. Agrobacterium-mediated transformation of the apple cultivar 'Granny Smith'. In: Schmidt, h. And Kellerhals, M. (eds) *Progress in Temperate Fruit*

- Breeding. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 343-347.
66. Vavilov, N.I. 1926. Studies on the origin of cultivated plants. *Trudy Byuro Prikl. Bot.* 16: 139-245.
67. Webster, A.D. and Wertheim, S.J. 2003. Apple Rootstocks. In: Ferree, D. And Warrington, I. (eds) *Apples: Botany, Production and Uses*. Wallingford, UK, pp. 91-124.
68. White, A.G., Alspach, P.A., Norton, R.A. and Selby, H.I. 1994. Red color changes following irradiation 'Royal Gala' apple scions. *Fruit Varieties Journal* 48: 222-225.
69. Xu, M., Huaracha, E. and Korban, S.S. 2001a. Development of sequence-characterized amplified region (SCARS) from amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers tightly linked to the gene in apple. *Genome* 44: 63-70.
70. Xu, M.L. and Korban, S.S. 2000. Saturation mapping of the apple scab resistance gene V_f using AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 101: 844-851.
71. Yao, J.-L., Cohen, D., Atkinson, R., Richardson, K. and Morris, B. 1995. Regeneration of transgenic plants from the commercial apple cultivar 'Royal Gala'. *Plant Cell Reports* 14: 407-412.
72. Zhou, Z.-Q. 1999. The apple genetic resources in China: the wild species and their distributions, informative characteristics and utilization. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 599-609.
73. Zhu, L.H., Ahlman, A., Li, X.Y. and Weider, M. 2001a. Integration of the *ro1A* gene in the genome of the vigorous apple rootstock A2 reduced plant height and shortened internodes. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76: 758-763.
74. Zimmerman, R.H. and Steffens, G.L. 1995. Cultivar, planting density, and plant growth regulator effects on growth and fruiting of tissue-cultured apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 183-195.
75. Zimmerman, R.H. 1997. Orchard variation in micropropagated trees of 'Redspur Delicious' apple. *HortScience* 32: 935-936.