



Effect of Different Gamma Ray Doses on Some Agricultural Characteristics of Two Row Barley (*Hordeum vulgare* L.)[#]

İlknur Akgün^{1,a,*}, Tuğçe Ayşe Karakoca^{1,b}, Ruziye Karaman^{1,c}

¹Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Isparta University of Applied Sciences, 32000 Isparta, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented as an oral presentation at the 13th National, 1th International Field Crops Conference (Antalya, TABKON 2019)</p> <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 22/11/2019 Accepted : 09/12/2019</p> <p>Keywords: Barley Gamma-rays Test weight Husk Protein</p>	<p>In this study, the effect of different doses of gamma ray (200, 300, 400 and 500 Gy) applied on seeds of Tarm-92 two-row barley varieties on some agricultural properties were investigated. The research was conducted in 2016-2017 vegetation period under Isparta conditions. In M₁ generation, normal and abnormal plants are harvested separately according to the spike and plant appearance at each dose and 9 different [200, 200 A, 300, 300 A, 400, 400 A, 400 A (plants with double spike formation and branching tendency in spike Ç.B.) 500 and 500 A gray] groups were formed. A total of 10 plots with control (no irradiation) were included in the M₂ generation. Results showed that the effect of gamma ray application on the thousand grain weight, test weight, ratio of husk and protein content was significant statistically. While increasing the ratio of husk and protein content, gamma ray application significantly reduced the weight of a thousand grains and test weight. In this research, plant height, spike length, number of grain per spike and weight of grain per spike were investigated on a single plant. Discriminant analysis was done and distance between groups was determined. The rate of plants similar to control in examined characters in M₂ generation is 400 Gy 7.83%, 200 Gy 10%, 300 Gy 19.60% and 500 Gy 22.22%. When the coefficients containing linear separation functions are examined, it is determined that the most effective feature is spike length.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(sp2): 86-92, 2019

Farklı Gamma Işını Dozlarının İki Sıralı Arpada (*Hordeum vulgare* L.) Bazı Tarımsal Özellikler Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 22/11/2019 Kabul : 09/12/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Arpa Gama-ışını Hektolitire Kavuz Protein</p>	<p>Bu çalışmada, Tarm-92 iki sıralı arpa çeşidi tohumlarına uygulanan farklı dozlarda gama ışınının (200, 300, 400 ve 500 Gy) M₂ bitkilerinde bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma Isparta'da 2016-2017 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. M₁ generasyonunda, her dozda başak ve bitki görünümüne göre normal ve anormal bitkiler ayrı hasat edilerek 9 farklı [200, 200 A, 300, 300 A, 400, 400 A, 400 A (çift başak oluşumu ve başakta dallanma eğilimi gösteren bitkiler Ç.B.) 500 ve 500 A gray] grup oluşturulmuştur. M₂ generasyonunda kontrol (ışın uygulanmamış) ile toplam 10 parsel yer almıştır. Araştırma sonucunda gama ışını uygulaması bin tane ağırlığı, hektolitire ağırlığı, kavuz oranı ve protein içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli etkisi belirlenmiştir. Gama ışını uygulaması bin tane ve hektolitire ağırlığını önemli seviyede azaltmış, kavuz oranı ve protein oranını artırmıştır. Araştırmada her gruptaki tüm bitkilerde bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı özellikleri tek bitki üzerinde incelenmiş diskriminant analizi yapılmış ve gruplar arasındaki uzaklık sonuçları belirlenmiştir. M₂ generasyonunda incelenen özellikler yönünden kontrole benzeyen bitki oranı 400 Gy %7,83, 200 Gy %10, 300 Gy %19,60 ve 500 Gy %22,22 olarak hesaplanmıştır. Doğrusal ayırma fonksiyonlarını içeren katsayılar incelendiğinde en etkin özelliğin başak uzunluğu olduğu belirlenmiştir.</p>

^a ilknurakgun@isparta.edu.tr
^c ruziyekaraman@isparta.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-7476-7226>
^c <https://orcid.org/0000-0001-5088-8253>

^b tugceayse655@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-2212-9836>



Giriş

Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde arpa; ekim alanı ve üretim yönünden Dünya’da ve ülkemizde önemli bir paya sahiptir. Günümüzde arpanın kullanım alanları içerisinde, hayvan yemi (%67), malt sanayisi, biyodizel üretimi (%33) ve gıda endüstrisi (%5) sayılmaktadır. Ülkemizde arpa büyük çoğunlukla hayvan yemi (%90) olarak kullanılmaktadır (Canik, 2018). Dünyada 2017 yılı verilerine göre, arpa 47 milyon ha alanda ekilip 147,4 milyon ton üretilmektedir. Ortalama verim ise 314 kg/da olarak belirlenmiştir. Ülkemizde ise 2,4 milyon hektarlık alanda ekilip, 7,1 milyon ton üretilmekte ve ortalama verim ise 294 kg/da’dır (Anonymous, 2019). Türkiye’de arpa yetiştiriciliği genellikle kuru koşullarda yapıldığından verimi dünya ortalamasının altındadır. Bu nedenle, farklı ekolojik koşullarda çevresel streslere dayanıklı üstün verim ve kalite özelliklerine sahip, yeni arpa çeşitlerine ihtiyaç devam etmektedir. Bu amaç doğrultusunda ıslah programlarının teşvik edilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir.

Yeni çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılacak yöntemlerden birisi de daha kısa sürede sonuç veren mutasyon ıslahı tekniğidir. İlk kullanılabilir mutantlar 1930 yılların ortalarında ortaya çıkmıştır. Bu dönemde morfolojik ve fizyolojik mutantlar olarak iki grup oluşturulmuştur (Lundqvist, 2009). Bunlardan birçoğu yüksek verim, vejetasyon süresi, hastalıklara dayanıklılık, kalite özellikleri, kardeşlenme kapasitesi, sap sağlamlığı, tohum büyüklüğü, tohum rengi, değişik başak oluşumu ve diğerleridir (Ahloowalia, 1988; Maluszynski ve ark., 2000; Akbar ve Babar, 2003; Sheeba ve ark., 2004; Adekola ve Oluleye, 2007).

FAO/IAEA mutant çeşit listesine göre 2000 yılından önce 2252 adet çeşit, direkt olarak mutantlardan veya mutantların melezleme programlarında kullanımı ile geliştirilmiştir. Bu mutantların büyük bir çoğunluğu (%64) Gama ışınlaması sonucu elde edilmiştir. Mutant varyeteler en çok Çin’de (%26,8) daha sonra sırası ile Hindistan’da (%11,5), Hollanda’da (%7,8), ABD’de (%5,7) ve Japonya’da (%5,3) piyasaya sunulmuştur (Maluszynski ve ark., 2000; Silme ve Çağırğan, 2006). Geliştirilen çeşitlerin büyük bir çoğunluğu tahıllar (1072) grubunda olup, çeltikte 434, buğdayda ise 227 çeşit geliştirildiği bildirilmiştir (Maluszynski ve ark., 2009). Mutasyonla geliştirilen çeşit sayısı 1995 yılında 154 iken, 2000 yılında 175 olarak kaydedilmiştir (Maluszynski ve ark., 2000).

Arpada mutasyon çalışmalarında farklı fiziksel ve kimyasal mutagen kaynakları kullanılmaktadır. Gama ışını olarak en fazla kullanılan doz 150-400 Gray arasındadır. FAO/ IAEA listelerinde resmi olarak kayıtlı 269 mutant arpa çeşidi yer almaktadır. Bunlardan 53 tanesi doğrudan çeşit olarak kullanıldığı, 216 tanesinin ise melezlemelerde ebeveyn olarak yer aldığı tespit edilmiştir. Özellikle yarı bodurluk sağlayan genler birçok çeşide aktarılmıştır. Yine sağlam saplı, yüksek verimli, malt kalitesi geliştirilmiş Golden Promise çeşidi Avrupa’da yaygın olarak yetiştirilmekte olduğu bildirilmiştir (Maluszynski ve ark., 2009). Kültür bitkilerinde yeni çeşit geliştirmede gama ışını uygulamasının etkili ve oldukça başarılı bir yaklaşım olduğunu gösterilmiş ve Japonya’da, NIAS (Radyasyon Islahı Enst.) 4 mutant arpa çeşidinin 3 tanesi gama ışını uygulaması ile elde edildiği bildirilmiştir (Nakagawa,

2009). Yine %45 daha fazla lisin içeriğine sahip mutant Risø 1508 (lys3.a), arpa çeşidi geliştirilmiştir (Munck ve Jespersen, 2009). Bu veriler günümüz uygulamalarında mutasyonun bitki ıslahında kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Mutasyon ıslahındaki hedef uygun mutagen dozu ile geniş bir fenotipik varyasyon oluşturulması ve seleksiyon ile yeni çeşitlerin geliştirilmesidir. Bu çalışmada farklı gama dozu ışınlarının iki sıralı arpanın (Tarım-92 çeşidi) M₂ generasyonundaki bazı tarımsal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Tarm-92 arpa çeşidi tohumlarına 2016 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nda mutagen olarak 0,6 megarad/saat gücündeki kobalt-60 kaynağından elde edilen farklı dozlarda gama ışınları (200, 300, 400, 500 ve 600 Gray) uygulanmıştır. Her uygulamada 2500 tohum radyasyona tabi tutulmuş ve o yıl sera şartlarında ekimi yapılmıştır. Hasat sonucu elde edilen tohumları, her dozdan başak ve bitki görünümüne göre normal görünümlü ve anormal görünümlü olarak gruplandırılmıştır (Örneğin 200 Gy kontrol grubunun başak yapısı kontrole benzer, 200 (A) Gy anormal başak yapısı küçük, tohum tutmamış ya da büyük). 2016 yılı vejetasyon döneminde 600 Gy dozunda çıkış olmadığından bu doz değerlendirilmemiştir. Ayrıca 400 Gy dozu uygulamasında çift başak oluşumu ve başakta dallanma eğilimi gösteren bitkilere (Ç.B) rastlanmış, 400 Gy anormal grubuna dahil edilmemiş, ayrı bir sıra olarak ekilmiştir. M₂ generasyonunda kontrol (ışın uygulanmamış), 200, 200 A, 300, 300 A, 400, 400 A, 400 A (Ç.B.) 500 ve 500 A gray dozları olmak üzere toplam 10 parsel yer almıştır. Her uygulama grubunda meydana gelebilecek genetik varyasyonu tam olarak değerlendirebilmek için elde edilen tohumların tamamı ekilmiştir. Bu nedenle her parsel grubundaki sıra sayısı farklı olmuş ancak ve her sıraya eşit miktarda tohum atılmıştır. Kenar tesiri oluşmaması için parseller arasında mesafe bırakılmamış ve deneme parsel uzunluğu 4 m, sıra arası mesafe 30 cm olacak şekilde düzenlenmiştir.

Çalışmada tüm parsellere dekara 10 kg/da azot ve 6 kg/da fosfor (P₂O₅) hesabıyla gübreleme yapılmıştır. Azotlu gübrenin yarısı ekimle birlikte amonyum sülfat formunda, diğer yarısı ise sapa kalkma devresinde amonyum nitrat formunda, fosforlu gübrenin tamamı ise ekimle birlikte triple süper fosfat gübresi kullanılarak verilmiştir. Olgunlaşma tamamlandıktan sonra kontrol bitkilerde başlangıç sırası kenar tesiri olarak atıldıktan sonra kalan (4 sıra) sıra ve radyasyon uygulamasına tabi tutulan tüm bitkileri toprak yüzeyinden el ile hasat edilmiştir. Her bitki ayrı ayrı ölçümler yapılarak harmanı yapılmıştır. Ayrıca, 500 A Gy grubunda çıkış olmadığından bu uygulama deneme dışı bırakılmıştır. Araştırmada bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı (Ertürk, 2014), tanede kavuz oranı Anonymous (1987) ve protein oranı (Bremner, 1965; Kacar ve İnal, 2010) incelenmiştir.

Elde edilen bu veriler MINITAB istatistik paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır.

Tek bitki üzerinden yapılan değerlendirmelerde (başak özellikleri) discriminant (ayırma) ve cluster (kümeleme) analizi yapılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü dönemde ortalama sıcaklık (9,8°C) ve toplam yıllık yağış miktarının (467,2 mm) aynı döneme ait uzun yıllar ortalamasından (ortalama sıcaklık 10,1°C; toplam yağış 500,5 mm) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Deneme alanından 0-30 cm derinliğinde alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre; toprağın strüktürü killi-tınlı bir yapıya sahip olup, hafif alkali (pH 7,9), organik madde içeriği düşük (0,85), kireç oranı %29,48, fosfor bakımından düşük (7,20 kg/da), potasyum (176,24 kg/da) bakımından ise yeterli seviyeye sahiptir.

Bulgular ve Tartışma

Bin Tane Ağırlığı

Araştırmada ⁶⁰Co gama ışını uygulaması bin tane ağırlığını önemli seviyede azaltmıştır (P≤0,01). Kontrol grubu arpa bitkilerinde ortalama bin tane ağırlığı 58,54 g, gama ışını uygulanan M₂ genarasyonu bitkilerinde ise bin tane ağırlığı 36,51-50,12 g arasında değişmiştir. Gama ışını uygulamasında en yüksek bin tane ağırlığı 400 grubunda belirlenmiştir. M₁ generasyonunda çift başak oluşumu ve başakta dallanma eğilimi gösteren bitkilerin (Ç.B) döllerinde, bu tip anomalilikler gözlenmemiş ve en düşük bin tane ağırlığı bu grupta belirlenmiştir. Genel olarak her gama dozu grubunda anormal başak yapısı (A) gösteren bitkilerde 300 A hariç diğerlerinde bin tane ağırlığı daha düşük bulunmuştur. (Çizelge 1).

Tahıllarda bin tane ağırlığı önemli bir kalite kriteridir. Yüksek bin tane ağırlığına sahip tanelerin genelde iri ve dolgun, nişastası da fazla olduğu bilinmektedir. Bira yapımında kullanılan arparın bin tane ağırlığının 36-48 g arasında olması istenmektedir (Kün, 1988). Bin tane ağırlığının yüksek olması verimi de olumlu yönde etkilemektedir. Tane verimi ve bin tane ağırlığı arasında olumlu ve önemli korelasyonun bulunduğu belirlenmiştir (Olgun ve Aygün, 2011).

Arpada bin tane ağırlığının genotiplere göre değiştiği farklı çalışmalarda belirlenmiştir. Sirat ve Sezer (2009), iki sıralı arpa genotiplerinde 46,6-47,4 g; Aydoğan ve ark., (2011). 35,42-39,06 g; İmamoğlu ve Yılmaz (2012) 36-50 g; Doğan ve ark., (2014). 32,5-50,5 g arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak gama radyasyonunun bin tane ağırlığı üzerine olumsuz etkide bulunduğu belirlenmiştir. Ancak başakta tane ağırlığı fazla olan genotiplerin seçilmesi ile bin tane ağırlığının arttırılabileceği düşünülmektedir.

Hektolitreye Ağırlığı

Araştırmada ⁶⁰Co gama ışını uygulaması hektolitreye ağırlığını önemli seviyede azaltmıştır (P≤0,01). En yüksek hektolitreye ağırlığı (68,25 kg) kontrol grubunda belirlenmiştir. Ancak 200, 200 A, 300, 300 A, 400 ve 500 Gy gruplarından elde edilen değerler ile kontrol grubu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 2). Bu durum tanedeki kavuz oranındaki artış ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Gama ışını uygulaması tanenin kavuz oranını arttırmıştır (Çizelge 1).

En düşük hektolitreye ağırlığı ise, 400 A (ÇB) grubunda tespit edilmiş ve bu grup ile diğer gruplar arasındaki

farklılık istatistiksel olarak önemli olmuştur. Araştırmada 400 A (Ç.B.) grubunda hem bin tane hem de hektolitreye ağırlığının düşük bulunması, tohumun gelişme anormalliklerinin fazla olduğunu göstermektedir.

Bagnara ve ark. (1973) daha yüksek protein içeren mutant hatların daha düşük hektolitreye ağırlığına ve verime sahip olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, elde edilen araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Nitekim en yüksek protein oranına sahip 400 A (Ç.B.) mutantlarında en düşük hektolitreye ağırlığı belirlenmiştir.

Hektolitreye ağırlığı arpada çeşitliliği, çevre faktörleri, tane özelliklerine (tanede tekdüzelik kavuz oranı, endosperm yapısı) bağlı olarak değişmektedir (Karahana, 2005; Er, 2011; Doğan ve ark., 2014). Hektolitreye ağırlığını tanenin yapısı (dolgunluğu, yoğunluğu, büyüklüğü, şekli ve homojenliği) etkilemektedir. Genel olarak, tane yapısı küçük, uzun ve karın çukurluğu fazla olan arpalarda hektolitreye ağırlığı düşüktür (Şehitoğlu, 2007). Hektolitreye ağırlığı yönünden arpa; 64-66 kg hafif, 66-68 kg orta ve 68-74 kg ağır olarak sınıflandırılmaktadır (İmamoğlu ve Yılmaz, 2012). Biralık arpalarda hektolitreye ağırlığı en az 65 kg olmalıdır (Kün, 1988). Denemede gama ışını uygulaması hektolitreye ağırlığını azaltmış olsa da 400A (Ç.B.) hariç diğerlerinde 65 kg üzerinde bulunmuştur.

Doğan ve ark., (2014) arpada hektolitreye ağırlığının ekolojik şartlara, genotiplere bağlı olarak 55.6-66,3 kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yine, Kandemir (2004), 67-69 kg; Kendal ve ark. (2010), 59,3-67,1 kg arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Tanedeki Kavuz Oranı

Gama ışını uygulanan M₂ genarasyonu bitkilerinde tane kavuz oranı %9,63-15,40 arasında değişim göstermiş ve radyasyon uygulaması ile tane kavuz oranında artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda ise tane kavuz oranı %9,15 olarak tespit edilmiştir. Gama ışını uygulamasında en yüksek tane kavuz oranı 400 A çift başak grubunda (%15,40) iken, en düşük tane kavuz oranı ise 400 ve 500 Gy (sırasıyla %9,65 ve %9,63) grubunda belirlenmiştir. Kontrol grubu ile 200, 200 A, 400 ve 500 Gy uygulamalarının arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1).

Hektolitreye ağırlığında doğrudan, verimde ise dolaylı etkiye sahip olan tane kavuz oranı, arpa bitkisi için önemli kalite kriterlerinden bir tanesidir. Özellikle yemlik arpalarda tane kavuz oranının düşük, protein oranının yüksek olması istenmektedir. Yemlik arpalarda tane kavuz oranı %10'dan fazla olduğu zaman yem değeri düşmektedir. Biralık arpalarda ise, tane kavuzlarının ince ve hafif kıvrımlı olması, biralık kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir. Arpada tane kavuz oranı %7-9 arasında olanlar ince kavuzlu bu oran %11'den fazla ise kalın kavuzlu olarak değerlendirilmektedir (Çölkese, 1993). Arpa Standardına göre ilk üç kalite derecesi için öngörülen kavuz oranları sırasıyla en çok %8, 10 ve 12'dir (Kartal ve ark., 2003).

Tane verimi ile tane kavuz oranı arasında olumsuz ve çok önemli bir ilişki olduğu ve ortalama tane kavuz miktarının %7,46-11,73 arasında değiştiği Topal (1993), tarafından rapor edilmiştir. Yine, arpada tane kavuz oranı ile protein oranı arasında olumsuz bir ilişki olduğunu tespit edilmiştir (Ottekin ve ark., 1996).

Çizelge 1 Gama dozları uygulanan Tarm-92 arpa çeşidinin M₂ generasyonuna ait bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, kavuz oranı ve protein oranı ortalamaları

Table 1 A thousand grain weight, test weight, husk ratio and protein ratio means of the M₂ generation of Tarm-92 barley cultivars applied to gamma doses

Uygulama dozu (Gy)	Bin tane ağırlığı (g)*	Hektolitreye ağırlığı (kg)*	Kavuz oranı (%)*	Protein oranı (%)*
Kontrol	58,54 ^{A1}	68,25 ^{A*}	9,15 ^D	13,99 ^D
200	49,13 ^{BC}	67,98 ^A	10,18 ^{BCD}	15,09 ^C
200 A	46,81 ^D	66,67 ^{AB}	10,48 ^{BCD}	15,07 ^C
300	45,48 ^D	67,62 ^A	10,67 ^{BC}	16,26 ^B
300A	46,11 ^D	68,19 ^A	10,67 ^{BC}	15,47 ^C
400	50,12 ^B	67,60 ^A	9,65 ^{CD}	15,59 ^C
400A	45,24 ^D	64,88 ^B	11,55 ^B	15,24 ^C
400 A (Ç.B.)	36,51 ^E	46,29 ^C	15,40 ^A	17,55 ^A
500	47,42 ^{CD}	67,49 ^A	9,63 ^{CD}	15,67 ^{BC}
C.V.	%2,74	%1,77	%7,31	%2,28
Uygulama	58,81 ^{**}	103,0 ^{**}	16,58 ^{**}	22,39 ^{**}

*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark önemli değildir.

Arpada tane kavuz oranı genetik yapının yanında çevre şartlarından da etkilenmektedir. Yıllara göre tane kavuz oranının değiştiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 1997; Kartal ve ark., 2003). Genel olarak tane verimi yüksek ise tane kavuz oranı azalmaktadır. Çalışma sonucunda gama ışını uygulaması M₂ genrasyonunda tane kavuz oranı artırıcı etkiye sahip olmuştur. Ancak başakta tane sayısı ve ağırlığı fazla olan başakların seçilmesi ile ilerleyen generasyonlarda tane kavuz oranının azaltılabileceği düşünülmektedir.

Tanede Protein Oranı

Farklı doz gama ışını uygulamalarının Tarm-92 arpa çeşidinin protein oranını olumlu ve önemli seviyede etkilediği belirlenmiştir (P<0,01). Gama radyasyonu uygulaması ile arpada protein oranı %15,07-17,55 arasında değişim göstermiş ve en yüksek 400 A (ÇB), en düşük ise 200 A grubunda belirlenmiştir. 400 A (Ç.B.) grubuna en yakın %16,26 ile 300 grubu ve %15,67 ile 500 grubu takip etmiş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmada tüm uygulamalar değerlendirildiğinde en düşük protein oranı kontrol grubunda (%13,99) tespit edilmiş ve bu grup ile diğer gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmuştur (Çizelge 1). Uygulanan gama ışını protein oranına artırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir.

Genel olarak iki sıralı arpada ham protein oranının çeşitlere bağlı olarak Öztürk ve ark., (2001), %11,4-13,2; Sirat ve Sezer (2009), %10,9-13,1 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmada gama ışını uygulanmış gruplarda protein oranının kontrole göre daha yüksek bulunması başakta tane sayısının azlığı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ancak mutasyon çalışmalarında yüksek protein içeren mutant tiplerin bulunabileceği Ananthaswamy ve ark. (1971) tarafından bildirilmiştir. Tosun (1993), iki sıralı arpada başakta tane sayısının artması ile bin tane ağırlığı ve protein oranının düştüğünü belirlemiştir. Çağırğan ve Yıldırım (1989), arpa mutasyon çalışmalarında ortaya çıkan mutant tiplerinin bazılarının daha fazla tane proteinine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar araştırmamızda elde ettiğimiz verileri destekler niteliktedir. Sonuç olarak uygulanacak tek başak seleksiyonu ile M₃ generasyonunda yüksek protein oranına sahip mutant bitkilerin

ayrılabilceği düşünülmektedir. Diğer taraftan Maity ve ark., (2004), gama dozunun artmasıyla (1200 Gy) arpada protein ve karbonhidrat içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Diskriminant (Ayırma) Analiz Sonuçları

M₂ generasyonuna ait her uygulama grubundaki bitkilerde bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı özellikleri tek bitki üzerinde incelenmiştir. Bu özelliklerde diskriminant analizi yapılmıştır. Doğrusal ayırma fonksiyonları gruplar arasındaki uzaklık sonuçları sırasıyla Çizelge 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Doğrusal ayırma fonksiyonlarını içeren katsayılar incelendiğinde en etkin özelliğin başak uzunluğu olduğu belirlenmiştir. Yine, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığından elde edilen katsayıların daha yüksek olması incelenen bitkileri ayırmada etkili olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada en zayıf ayırma katsayısı bitki boyunda belirlenmiştir (Çizelge 2).

Gruplar arası karesel uzaklık değerlerini yansıtan Çizelge 3 incelendiğinde, 400 grubunun kontrol ve diğer radyasyon doz grupları içerisinde en uzak olduğu ve ayrıca kontrol grubuna hiç benzemediği belirlenmiştir (8,03). Bu grubu 200 A (7,29), 400 A (Ç.B.) (6,82) ve 500 (7,21) Gy grupları takip etmiştir.

Gama ışını uygulaması sonucunda incelenen özellikler yönünden ayırmadaki toplam başarı oranı %29 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Başarı oranının düşük olması M₁ generasyonunda herhangi bir seleksiyon yapılmadan tüm bitkilerin M₂ generasyonunda değerlendirmeye alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mutagen grupları ayrı ayrı değerlendirildiğinde en başarılı ayırma oranı %94,6 ile 400 grubunda belirlenmiştir. Bunu %46,30 ile 200 A ve %36,40 ile 400 A (Ç.B.) takip etmiştir. En zayıf ayırma oranı %3,50 ile 400 A grubunda belirlenmiştir. Bu gruptaki bitkilerde incelenen özellikler yönünden birçoğu birbirine benzer olmuştur. Diğer taraftan kontrol grubunda diğer gruplarla ayırma oranı %53,00 olarak belirlenmiştir. Çizelge 2'de başak uzunluğu en etkin kriter olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle başak uzunluğu yönünden kontrole benzeyenlerin bulunabileceğini göstermektedir.

Araştırmada M₂ generasyonu incelenen bitki sayısı en yüksek 300 Gy (449 adet), en düşük ise 500 Gy doz (180 adet) uygulamasındadır (Çizelge 4). M₂ generasyonunda

incelenen özellikler yönünden kontrole benzeyen bitki oranı ise 400 Gy %7,83, 200 Gy %10, 300 Gy %19,60 ve 500 Gy %22,22 olarak belirlenmiştir. Özellikle 500 Gy dozunda fizyolojik zararlanma fazla olduğu için yaşayan bitki sayısı azalmıştır. Genel olarak her radyasyon dozunda birbirine benzer bitkilerin bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Cluster (Kümeleme) Analiz Sonuçları

Bir populasyon içerisindeki gruplar arasında benzerlik veya farklılıklar cluster analizi kullanılarak ortaya çıkarılabilmektedir. Ayrıca bu analiz, populasyonların birbiri ile olan taksonomik ilişkilerinin gösterilmesinde de kullanılmaktadır (Cartea ve ark., 2002). Cluster analizine göre her grup içerisinde M_2 bitkilerinin gruplar arası benzerlik dendrogramları Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Çalışmada incelenen özellikler yönünden (bitki

boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı) 200 Gy' de (140 adet) 2 ana grup ve 4 alt grup; 200 Gy A grubunda (175 adet) 2 ana grup ve 4 alt grup (Şekil 1 ve Şekil 2); 300 Gy' de (193 adet; Şekil 3) 2 ana grup ve 6 alt grup; 300 Gy A grubunda (256 adet; Şekil 4) 2 ana grup ve 3 alt grup; 400 Gy' de (149 adet; Şekil 5) 2 ana grup ve 4 alt grup; 400 Gy A (170 adet; Şekil 6) 2 grup ve 3 alt grup; 400 Gy A (ÇB) (77 adet; Şekil 7) 2 ana grup ve 4 alt grup; 500 Gy' de (180 adet; Şekil 8) 2 ana grup ve 3 alt grup oluşmuştur.

Araştırma sonucunda 300 ve 400 Gy uygulamalarında incelenen özellikler yönünden daha fazla varyasyon olduğu söylenebilir. Tüm gama dozlarında 2 ana grup oluşurken alt grupların sayısı değişkenlik göstermiştir. Bu alt grup içerisine giren başak örnekleri istenilen yönde seleksiyona imkan vereceği düşünülmektedir.

Çizelge 2 Doğrusal ayırma fonksiyonları

Table 2 Linear separation functions

Ayırma Fonksiyonu Sabiti	Kont.	200	200 A	300	300 A	400	400 A	400 A (Ç.B.)	500
	-23,48	-2165	-20,97	-19,04	-17,22	-23,77	-22,44	-23,13	-20,26
B. B.	0,02	-0,02	-0,05	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
B. U.	3,16	3,39	3,44	3,06	2,99	3,40	3,31	3,63	3,22
B. T. S.	0,63	0,77	0,62	0,70	0,70	1,03	0,84	0,56	0,55
B. T. A.	1,23	-0,69	1,20	-0,73	-0,92	-4,31	-1,77	0,60	0,94

B.B.: Bitki Boyu, B.U.: Başak Uzunluğu, B.T.S.: Başakta Tane Sayısı, B.T.A.: Başakta Tane Ağırlığı

Çizelge 3 Gruplar arasındaki karesel uzaklık

Table 3 Square distance between groups

Uygulama Grupları	Kont.	200	200 A	300	300 A	400	400 A	400 A (Ç.B.)	500
Kont.	0,00								
200	1,417	0,00							
200 A	0,863	0,902	0,00						
300	1,487	0,258	1,171	0,00					
300 A	2,398	0,536	1,485	0,156	0,00				
400	8,032	3,144	7,293	3,410	3,284	0,00			
400 A	2,420	0,324	2,288	0,511	0,817	1,643	0,00		
400 A (Ç.B.)	0,569	1,115	0,889	1,219	2,004	6,825	1,973	0,00	
500	0,398	1,036	0,474	0,823	1,346	7,207	2,089	0,313	0,00

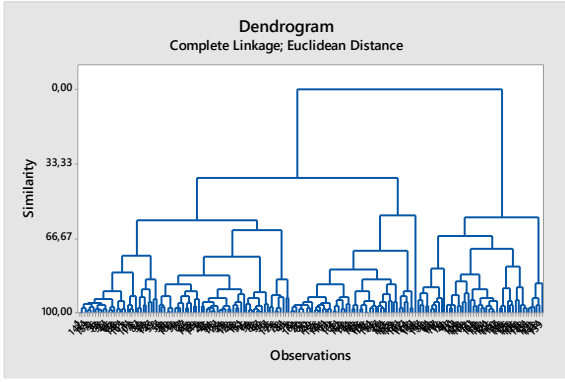
Çizelge 4 Farklı doz gama radyasyonlarının uygulanması sonucu elde edilen M_2 generasyonunda diskriminant analiz sonuçları

Table 4 Discriminant analysis results of M_2 generation obtained by application of different doses of gamma radiation

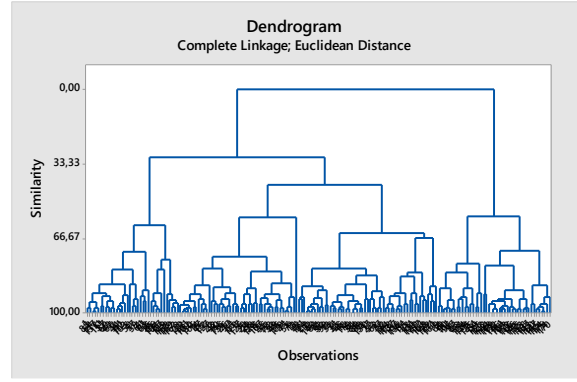
Uygulama dozu (Gy)	Gerçek Gruplar /Reel Groups									
	Kont.	200	200 A	300	300 A	400	400 A	400 A (Ç.B.)	500	
Kontrol	53	9	24	35	53	0	21	10	40	
200	0	15	7	7	5	1	8	3	2	
200 A	8	23	81	26	25	0	13	20	51	
300	0	10	2	14	6	0	2	1	3	
300 A	0	14	9	17	50	5	39	0	7	
400	0	8	1	41	67	141	65	0	0	
400 A	0	42	6	7	2	1	6	4	3	
400 A (Ç.B.)	26	13	28	27	23	1	13	28	46	
500	13	6	17	19	25	0	3	11	28	
N	100	140	175	193	256	149	170	77	180	
B.O. (%)	53,0	10,7	46,3	7,3	19,5	94,6	3,5	36,4	15,6	

Ayırmadaki toplam başarı oranı: %29

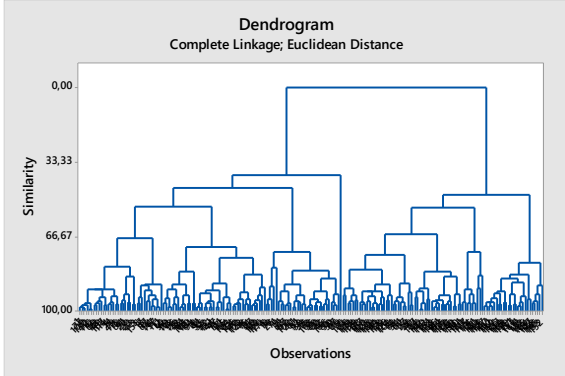
N:Örnek sayısı, B.O.: Benzerlik Oranı



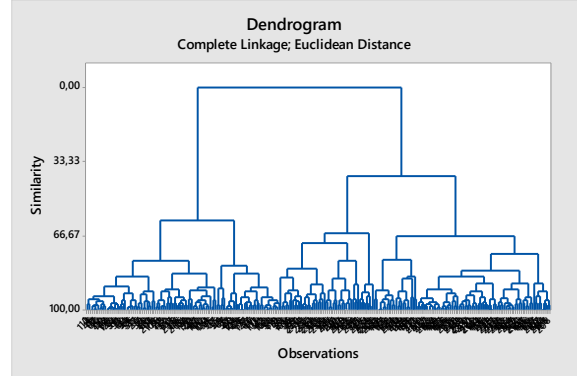
Şekil 1 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 200 Gy grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 1 Similarity Dendrogram of 200 Gy groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



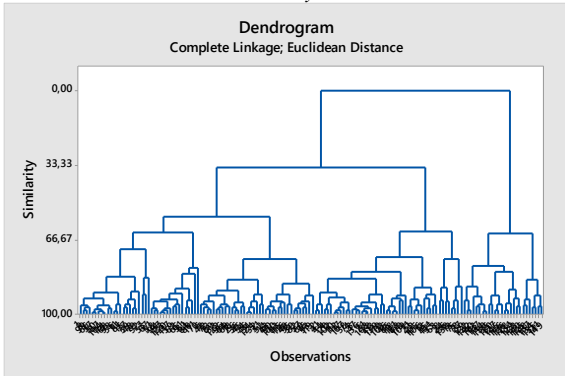
Şekil 2 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 200 Gy A grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 2 Similarity Dendrogram of 200 Gy A groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



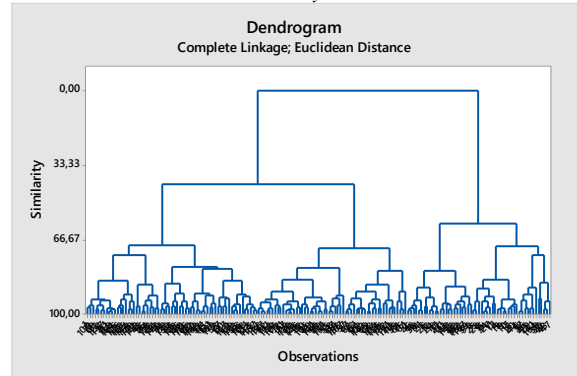
Şekil 3 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 300 Gy grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 3 Similarity Dendrogram of 300 Gy groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



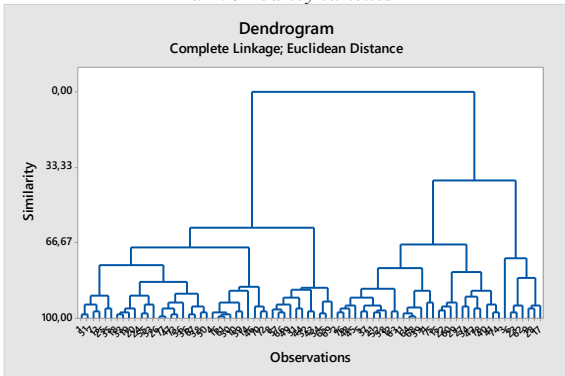
Şekil 4 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 300 Gy A grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 4 Similarity Dendrogram of 300 Gy A groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



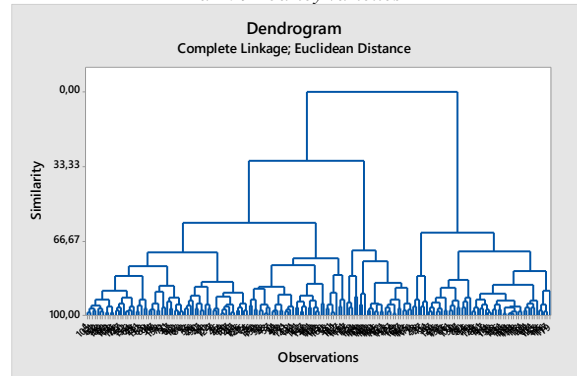
Şekil 5 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 400 Gy grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 5 Similarity Dendrogram of 400 Gy groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



Şekil 6 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 400 Gy A grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 6 Similarity Dendrogram of 400 Gy A groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



Şekil 7 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 400 Gy A (Ç.B.) grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 7 Similarity Dendrogram of 400 Gy A (Ç.B.) groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties



Şekil 8 Tarm-92 arpa çeşidinde M_2 generasyonunda 500 Gy grubunun benzerlik dendrogramı
Figure 8 Similarity Dendrogram of 500 Gy groups in M_2 generation of Tarm-92 barley varieties

Kaynaklar

- Adekola OF, Oluleye F. 2007. Influence of mutation induction on the chemical composition of cowpea *Vigna unguiculata* L. Walp. African Journal of Biotechnology 6(18): 2143-2146.
- Ahloowalia B. 1988. Radiation techniques in crop and plant breeding: Multiplying the benefits. IAEA Bulletin, 40(3): 37-39.
- Akbar AC, Babar MA. 2003. Radiosensitivity studies in basmati rice. Nuclear Institute for Agriculture and Biology, NIAB. Pak. J. Bot. 35(2): 197-207.
- Ananthaswamy HN, Wakil UK, Sreenivasan A. 1971. Biochemical and physiological changes in gamma-irradiated wheat during germination. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 11: 1-12.
- Anonymous 1987. EBC Analysis by the European Brewery Convention Brauerei-und Getränke-rundschau. CH- 8047 Zurich Switzerland.
- Anonymous 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Erişim: 02.01.2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Aydoğan SM, Şahin A, Akçacık G, Ayrancı R. 2011. Konya Koşullarına Uygun Yüksek Verimli ve Kaliteli Arpa Genotiplerinin Belirlenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25 (1): 10-16.
- Bagnara D, Rossi L, Porreca G. 1973. Mutagenesis in *Triticum durum*: mutants for protein content obtained from the cv. Capeiti. Proc. of the Symp. on Genetics and Breeding Durum Wheat, Univ. di Bari, 14-18 Maggio, 679-685.
- Bremner JM. 1965. Total Nitrogen Ed. (Black, C.A.) Methods of Soil Analysis Part 2, American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, 1149-1178.
- Canik F. 2018. Tarım Ürünleri Piyasası Arpa. (Erişim: 28.12.2018). <https://arastirma.tarimormman.gov.tr/tepege/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2018Ocak%20Tarim%20Ürünleri%20Raporu/2018-Ocak%20Arpa.pdf>
- Cartea ME, Picoagea A, Soengas P, Ordás A. 2002. Morphological Characterization of Kale Populations from Northwestern Spain. Euphytica, 129: 25-32.
- Çağırğan MI, Yıldırım MB. 1989. Selection of proanthocyanidin-free mutants in an irradiated Kaya barley population. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2: 51-60.
- Çölkese M. 1993. Buğday ve Arpada Kalitenin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1): 115-128.
- Doğan Y, Kendal E, Karahan T, Çiftçi V. 2014. Diyarbakır Koşullarında Bazı Arpa Genotiplerinde Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31 (2): 31-40.
- Er C. 2011. Çeşit Adayı Arpa Genotipinin Farklı Koşullarda Tarımsal Özellikleri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 93 s., Eskişehir.
- Ertürk T. 2014. Orta Anadolu Koşullarına Uyumlu Bazı Arpa Çeşitlerinde (*Hordeum vulgare* L.) Farklı Azot Dozlarının Verim ve Bazı Verim Öğeleri Üzerine Etkisi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82s. Eskişehir.
- İmamoğlu A, Yılmaz N. 2012. Bursa Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Anadolu Dergisi, 22(2): 13-36.
- Kacar B, Inal, A. 2010. Bitki Analizleri. Nobel No:1241, Ankara
- Kandemir N. 2004. Tokat-Kazova Şartlarına Uygun Maltlık Arpa Çeşitlerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (2): 94-100.
- Karahan T. 2005. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 49 s., Van.
- Kartal G, Öztürk A, Çağlar Ö. 2003. Erzurum Koşullarında Farklı Azot Dozlarının Arpanın Maltlık Özelliklerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1): 9-16.
- Kendal E, Kılıç H, Tekdal S, Altıkat A. 2010. Bazı Arpa Genotiplerinin Diyarbakır ve Adıyaman Kuru Koşullarında Verim ve Verim Unsurlarının İncelenmesi. Haran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14 (2): 49-58.
- Kün E. 1988. Serin İklim Tahılları Ders Kitabı. Ankara üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara, 1032/299. ss:187-195.
- Lundqvist U. 2009. Eighty years of Scandinavian barley mutation genetics and breeding. Induced Mutations in the Genomics Era, ed Shu QY (FAO, Rome), pp.39-43.
- Maity JP, Chakraborty A, Saha A, Santra SC, Chanda S. 2004. Radiation induced Effects on Some Common Storage Edible Seeds in India infested with Surface Microflora. Radiation Physics and Chemistry, 71: 1065-1072.
- Maluszynski M, Nichterlein K, Van Zanten L, Ahloowalia BS. 2000. Officially Released Mutant varieties-the FAO/IAEA Database. Mut. Breed. Rev., 12: 1-84.
- Maluszynski M, Szarejko I, Bhatia CR, 2009. Methodologies for generating variability. In: Ceccarelli S, Guimar EP, Weltzien E, editors. Plant breeding and farmer participation. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO); 2009. Available from: <http://www.fao.org/docrep/012/i1070e/i1070e00.htm>
- Munck L, Jespersen MB. 2009 The Multiple Uses of Barley Endosperm Mutants in Plant Breeding for Quality and for Revealing Functionality in Nutrition and Food Technology. Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 182-186
- Nakagawa H. 2009. Induced mutations in plant breeding and biological researches in Japan. In: Shu QY, editor. Induced plant mutations in the genomics era. Proceedings of an International Joint FAO/IAEA Symposium. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2009. pp: 48-54.
- Olgun M, Aygün C. 2011. Evaluation of Yield and Yield Components by Different Statistical Methods in Wheat (*Triticum aestivum* L.). Custose agrone egoci, 7 (2): 54- 67
- Ottekin A, Akar T, Tosun H, Ozan AN, Dem Z. 1996. Kavuzsuz Arpanın Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. IV. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi. Bursa 25-27 Eylül. ss:103-108.
- Öztürk A, Çağlar Ö, Akten Ş. 1997. Erzurum Yöresinde Maltlık Olarak Yetiştirilebilecek Arpa Genotiplerinin Belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi. Samsun, 22-25 Eylül. ss: 70-75.
- Öztürk A, Çağlar Ö, Tufan A. 2001. Bazı Arpa Çeşitlerinin Erzurum Koşullarına Adaptasyonu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 32 (2): 109-115
- Sheeba A, Ibrahim SM, Yogameenakshi P, Babu S. 2004. Studies on induced chlorophyll mutation in sesame, (*Sesamum indicum* L.). Madras Agric. J. 91(1-3): 75-78.
- Silme RS, Çağırğan Aİ. 2006. Mutasyon Teknikleriyle Geliştirilmiş Çeşitlerin Ekonomik Katkısı. Türkiye VII. Tarım Ekonomisi Kongresi. Antalya, 13-15 Eylül. ss: 885-983.
- Sirat A, Sezer İ. 2009. Bafra Ovası Koşullarına Uygun Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 24(3): 167-173.
- Şehitoğlu M. 2007. Arpa Çeşitlerinde Farklı Tohumluk Miktarlarının Verim, Verim Öğeleri ve Kalite Özelliklerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 50s, Konya.
- Topal A. 1993. Konya Ekolojik Şartlarında Bazı Arpa Çeşitlerinde (*Hordeum vulgare* L.) Farklı Ekim Zamanlarının Kışa Dayanıklılık, Dane Verimi, Verim Unsurları ve Kalite Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 113 s, Konya.
- Tosun H. 1993. Altı Adet Tescilli ve İki Adet Tescile Aday Arpa Çeşidinin GenotipxÇevre İnteraksiyonu ile Bunların Adaptasyonu Üzerine Araştırmalar. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 141s, Konya.