



İki ve Altı Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon* ve *Hordeum vulgare conv. hexastichon*) Çeşitlerinde Kolçisin Uygulamasının Meydana Getirdiği Varyasyonlar^A

İlknur AKGÜN¹, Ruziye KARAMAN^{2*}, Cengiz TÜRKAY³

Öz: Bu çalışmada çimlenmeye başlayan iki sıralı (*Hordeum vulgare conv. distichon*) (Ünver) ve altı sıralı (*Hordeum vulgare conv. hexastichon*) (Altıkat) arpa çeşitlerinin tohumlarına % 0.1'lik kolçisin solüsyonu farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) uygulanmıştır. Kolçisin uygulaması ile genetik yapıda meydana gelen değişimlerin bazı tarımsal özelliklere etkisi incelenmiştir. Çalışma tarla ve laboratuvar koşulları olmak üzere iki aşamalı yürütülmüştür. Kolçisin uygulama süresi uzadıkça hem laboratuvar hem de tarla koşullarında çimlenme oranı önemli seviyede azalmıştır. Ancak tarla koşullarında her iki çeşitte de çıkış oranındaki azalma daha fazla olmuştur. Kolçisin uygulamasından sonra yaşayan bitkilerde (Co) bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başak sıklığı, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı yönünden varyasyon belirlenmiştir. İncelenen özellikler yönünden kontrol bitkileri önemli seviyede geçen bitkiler tespit edilmiştir. Bu bitkilerin seçilerek ileri generasyonlara aktarılması, farklı amaçlar için yeni çeşitlerin elde edilmesine imkân sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, kolçisin, çimlenme oranı, başak özellikleri.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Ruziye KARAMAN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, ruziyekaraman@isparta.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5088-8253](https://orcid.org/0000-0001-5088-8253)

¹ İlknur AKGÜN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, ilknurakgun@isparta.edu.tr, [OrcID 0000-0002-7476-7226](https://orcid.org/0000-0002-7476-7226)

³ Cengiz TÜRKAY, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, cengiz3370turkay@gmail.com, [OrcID 0000-0003-3857-0140](https://orcid.org/0000-0003-3857-0140)

Atf/Citation: Akgün, İ., Karaman, R., Türkay, C.. 2023. İki ve Altı Sıralı Arpa Çeşitlerinde Kolçisin Uygulamasının Meydana Getirdiği Varyasyonlar. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 1-15.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1107397>

Variations of Colchicine Application in Two and Six Row Barley

(*Hordeum vulgare conv. distichon* and *Hordeum vulgare conv. hexastichon*) Varieties

Abstract: In this study, 0.1% colchicine solution at different times (4, 8 and 12 hours) was applied to the seeds of two-row (*Hordeum vulgare conv. distichon*) (Ünver) and six-row (*Hordeum vulgare conv. hexastichon*) (Altıkat) barley varieties that started to germinate. The effects of changes in genetic structure with colchicine application on some agricultural characteristics were investigated. The study was carried out in two processes as field and laboratory conditions. As colchicine application time increased, germination rate decreased significantly in both laboratory and field conditions. However, the reduction in emergence rate was greater in both cultivars under field conditions. Variation in plant height, spike length, number of spikelets per spike, spike density, number of grains per spike and grain weight were determined in living plants (Co) after colchicine application. In terms of the examined characteristics, plants that exceeded the control plants at a significant level were determined. Selecting and transferring these plants to the next generations may provide the opportunity to obtain new varieties for different purposes.

Keywords: Barley, colchicine, germination rate, spike characteristics.

Giriş

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), gerek dünyada gerekse ülkemizde en fazla yetiştirilen serin iklim tahıllarından birisi olup, Dünya’da ekim alanı yaklaşık 51.15 milyon hektar, üretim 159 milyon ton, ortalama verim 310.8 kg da⁻¹’dır (FAO, 2019). Türkiye’de 2020 yılı verilerine göre, ekim alanı 3.1 milyon ha, üretimi 8.3 milyon ton, dekara ortalama verim ise 268 kg ile dünya ortalamasının altındadır (TÜİK, 2020). Arpa tanesi, büyük çoğunlukla hayvan yemi, malt ve bira endüstrisinin hammaddesi, sapları ise saman ve yataklık olarak hayvan besleme ve yetiştirilmesinde kullanılmaktadır. Son yıllarda tanesinde β -glukan ve sindirilebilir lif oranının yüksek olması nedeniyle, insan beslenmesinde kullanımının arttığı ve bazı ülkelerde buğday ununa katılabildiği bildirilmiştir (Sipahi ve ark., 2010).

Ülkemizde üretilen arpanın büyük bir çoğunluğu hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de arpa ithalatı, üretime, yem sanayinin ham madde ihtiyacına ve kullanım miktarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ülkemizin arpa ithalat miktarı, 2017 yılında 208 bin ton iken 2018 yılında 863 bin tona yükselmiştir (Anonim, 2019). Bu veriler arpaya olan talebin gün geçtikçe arttığını göstermektedir. Özellikle hayvan yemi teminindeki yetersizlikler ve kaliteli ürüne olan ihtiyaç, arpa tarımının önemini daha da artırmaktadır. Bitkisel üretimde yıllara göre verimde görülen varyasyonun nedenleri arasında, stres koşullarında verim istikrarını koruyabilen çeşitlerin azlığı ve yetersiz kültürel uygulamalar şeklinde sıralanabilir. Ülkemizde agroekolojik bölgelerin varlığı, kuraklık, yatma problemi, diğer biyotik ve abiyotik stres faktörleri arpa üzerinde

ıslah çalışmalarının devam etmesini zorunlu kılmaktadır. Arpa üretim miktarının artırılması bu sorunlara çözüm olabilen yeni çeşitlerin elde edilmesi ile mümkün olabilecektir.

Bitki ıslahında kullanılan yöntemlerden birisi de mutasyon ıslahıdır. Genomun katlanması ile oluşturulan mutasyon, poliploidi ıslahı olarak tanımlanmakta ve doğada bulunan bitkilerin çoğu evolüsyon süreci içerisinde spontan olarak poliploid hale gelmişlerdir (Sağsöz ve ark., 2012). Poliploidler doğal ve sentetik olarak sınıflandırılır ve sentetik poliploidler uyarılmış genom katlanması sonucunda meydana gelmektedir. Özellikle kolçisin (Colchicine) gibi iğ iplikleri mekanizmasını bloke eden kimyasal mutagenler bulduktan sonra, yeni çeşit veya türlerin elde edilmesinde poliploidi çalışmaları hız kazanmış ve farklı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (Hague ve Jones, 1987; Hassan ve ark., 1989; Özer ve Sağsöz, 1991; Akgün, 2016). Uygulanacak kolçisin yoğunluğu ve süresi bitki türüne, bitkinin büyüme dönemine göre farklılık göstermektedir (Deniz, 1985; Akgün, 1997; Akgün, 2016). Poliploidi çalışmalarında kromozom sayısı az olan türler kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Sağsöz ve ark., 2012).

Poliploid bitkiler diploidlerine göre bazı üstün özellikler gösterdiklerinden, ıslahçılar poliploidi ıslahına büyük önem vermişlerdir. Autotetraploid bitki elde etme oranı bitki türüne, kolçisin yoğunluğuna, işlem süresine ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir (Özer ve Sağsöz, 1991; Akgün, 1997). Aynı türün değişik varyeteleri kullanıldığında farklılıklar meydana gelebileceği bildirilmiştir. Çayır yumağının değişik varyetelerine farklı sıcaklık derecelerinde %0.2'lik kolçisin uygulanmış, varyeteler arasında poliploid bitki sayısı ve fide ölüm oranları değişmiştir (Deniz, 1985). Yine akraba olan türler arasında ve hatta aynı türün populasyonları arasında ploidi farklılıklarının olabileceği bildirilmiştir (Lewis, 1980; Grant, 1981). *Vicia pannonica* (Macar fiği) ve *V. villosa* (tüylü fiğ) türlerinin tohumlarına %0.005'lik kolçisin uygulamasından sonra, iki türde de kontrole göre tohum çimlenmesi önemli seviyede azaldığı ve yaşayan fide oranı Macar fiğinde %14, tüylü fiğde ise %44 olarak belirlenmiştir. Autotetraploid bitki sayısı Macar fiğinde %1, tüylü fiğde ise %12 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmada köklerinde farklı ploidi seviyesine sahip kimerik bitkilerin belirlenmiştir (Elradi, 2009). Yine poliploidi çalışmalarında kromozom sayısı az olan türler kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Sağsöz ve ark., 2012). Bitkilerde poliploidiye bağlı olarak ortaya çıkan gen fazlalığı diploidlerine göre heterosis yaratmış olmakla birlikte, aneuploid hücre oluşumu, epigenetik değişimler, gen düzenlenmesinin bozulması, tohum tutma oranının azalması gibi olumsuzluklar da bildirilmiştir (Özer ve Sağsöz, 1991; Rao ve Hodgkin, 2002; Comai, 2005).

Bu araştırmada varyasyon oluşturabilmek için, iki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerine kolçisin uygulaması ile genom mutasyonu oluşturulması hedeflenmiş ve genetik yapıda meydana gelen değişimlerin bazı tarımsal özelliklere etkisi incelenmiştir. Arpa kromozom sayısı az olan ve mutasyon çalışmalarında kullanılan bir tür olduğundan, kolçisin uygulamasın yaratacağı mutasyonun sağlayacağı avantajlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada iki sıralı Ünver (2n=14) ve altı sıralı Altıkat (2n=14) arpa çeşitleri kullanılmıştır. Taze hazırlanmış %0.1'lik kolçisin (C₂₂H₂₅NO₆) solüsyonu farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) çimlenmeye başlayan tohumlara uygulanmıştır. Araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme tarlalarında ve Tahıllar ve Yemelik Baklagiller laboratuvarında olmak üzere iki farklı çalışma olarak yürütülmüştür.

Laboratuvar Çalışması

Arpa tohumları önce plastik kaplara konularak oda sıcaklığında 16 saat saf suda bekletilmiştir. Çimlendirilmeye alınan tohumlardan her uygulama için 150'er adet tohum alınmış ve içerisinde %0.1'lik kolçisin solüsyonu bulunan petri kaplarına konulmuş ve farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) 25°C'de etüvde tutulmuştur. Bu işlemden sonra önce bir kez tohumlar çeşme suyunda ardından 6 defa saf su ile olmak üzere 7 kez yıkanmıştır (Akgün, 1997). Laboratuvar koşullarında içerisinde 1:1 oranında torf: toprak karışımı bulunan kasalara her uygulamadan 3 sıra (her sıraya 50 adet tohum) olacak şekilde ekim yapılmıştır. Ekimden 6 ve 15 gün sonra tüm sıralarda çıkış yapan bitkiler de aşağıda belirtilen gözlemler alınmıştır. Laboratuvar şartlarında geliştirilen kolçisin uygulanmış fideler, tarla koşullarına şaşırtılmış ancak 15-20 gün içerisinde öldükleri belirlenmiştir.

Çimlenme oranı (%): Kasaya ekimi yapılan arpa tohumlarının 6. ve 15. günde çimlenen tohumlar sayılarak, çimlenme oranı % olarak hesaplanmıştır (ISTA, 1999).

Fide boyu (cm): 15. günde fide boyları ölçülerek belirlenmiştir.

Çimlenme oranındaki azalma (%): Araştırmada her uygulamada çimlenme oranında oluşan azalma Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır (Madidi ve ark., 2004; Dolgun ve Çifçi, 2018).

$$ÇOA: (1 - N_x / N_c) \times 100 \quad (1)$$

ÇOA: Çimlenme oranındaki azalma (%);

N_x: farklı süre uygulamalarındaki çimlenen tohum oranı (%);

N_c: Kontrol uygulamasındaki çimlenen % tohum oranı (%)

Tarla Çalışması

Tohumlar plastik kaplara konularak oda sıcaklığında 1 gün çimlendirilmeye alınmıştır (her uygulama için 1500 (toplam 6000 adet). Çimlenmeye başlayan tohumlardan her uygulama için 1500 (toplam 4500 adet) tohum petri kaplarına konularak kolçisin solüsyonu eklenmiş ve farklı sürelerde (4, 8 ve 12 saat) 24°C'de etüvde tutulmuştur. Bu işlemden sonra tohumlar saf su ile yıkanmıştır. Uygulama süreleri bittiğinde tohumlar deneme alanına el ile ekimi yapılmıştır (Ekim ayının son haftası). Sıralar markör yardımı ile açılmış ve her uygulama her blokta 2 sıra olacak şekilde (boyu 2 m, sıra araları 20 cm) ekim yapılmıştır. Çeşitler ve uygulamalarda arasındaki mesafede 20

cm bırakılarak blok oluşturulmuştur. Bloklar arasında ise 1.5 m bırakılmıştır. Kolçisin uygulanmış ve kontrol grubundan her sıraya 250 tohum atılmış ve deneme 3 tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında faktöriyel düzenlemede kurulmuştur. Dekara toplam 10 kg azotlu ve 5 kg kg fosforlu (P_2O_5) gübre parsel alanına göre hesaplanarak uygulanmıştır. Azotlu gübrenin yarısını ekimle birlikte geri kalan kısmı ise, sapa kalkma döneminde üstten verilmiştir.

Bu araştırmada çıkış oranı (%), bitki boyu (cm), başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başak sıklığı, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı belirlenmiştir (Özer, 1989; Yürür ve ark., 1981; Karakoca ve Akgün, 2020). Değerlendirmeler her uygulamada yaşayan bitkilerin tamamında, kontrol grubunda ise her tekerrürde 20 adet ana sap üzerinden ($20 \times 3 = 60$ adet) yapılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Araştırmada laboratuvarda çalışmasından elde edilen veriler tesadüf parsellerinde deneme desenine, tarla çalışması ise tesadüf blokları deneme desenine göre TOTEMSTAT paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkları belirleyebilmek için LSD testi kullanılmıştır.

Bulgular

Laboratuvar Çalışması

Çimlenme Oranı

İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde 6. ve 15. günde yapılan sayımlarda tohum çimlenmesi üzerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulamasının etkisi ve çeşit x süre interaksyonu istatistiksel olarak önemli, 6. günde çeşidin etkisi önemsiz iken 15. günde çeşidin etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Araştırmada 6. ve 15. günlerde yapılan sayımlarda ortalama çimlenme oranı Çizelge 1'de verilmiştir. Her iki çeşitte de %0.1'lik kolçisin uygulamasına bağlı olarak çimlenme oranı azalmış, ancak uygulanan sürelerle çeşidin tepkisi farklı olmuştur. Nitekim, her iki çeşitte de 6. ve 15. günde en yüksek çimlenme oranı kontrolde (%93.67) belirlenmiş, Ünver çeşidinde ilk sayımda (6. gün) 4 (%41.67), 8 (%40.33) ve 12 (%36.67) saat kolçisin uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken, 15. günde kolçisin uygulama süreleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık meydana gelmiştir. Altıkat çeşidinde ise 6. günde tüm uygulamalar istatistiksel olarak farklı grupta yer alırken, 15. günde Ünver çeşidi ile benzerlik göstermiş 8 ve 12 saat kolçisine maruz kalan tohumlarda çimlenme oranı önemli seviyede azalmış ve aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 1). Kolçisinin 4 saatten fazla uygulanması her iki çeşitte de çimlenme oranını önemli seviyede azaltmıştır (Şekil 1a). İşleme tabi tutulan fidelerde toprak yüzeyine çıkışların geciktiği ve 3. günden itibaren çıkış yaptıkları görülmüştür. Kolçisin işleminden yeterince etkilenmeyen fideler kontroller ile aynı görünüşe sahip

olmuşlar ve hızlı bir büyüme göstermişlerdir. İşlemden etkilenmiş fideler yavaş büyüme göstermiş hatta bazıları da sayımlardan sonra ölmüştür.

Çizelge 1. İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde 6. ve 15. günde yapılan sayımlarda ortalama çimlenme oranı (%)

Uygulama süresi	6. Gün Çimlenme Oranı*			15. Gün Çimlenme Oranı*		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	93.67 a	93.67 a	93.67 A	95.33 a	97.0 a	96.17 A
4 Saat	41.67 b	59.00 b	50.33 B	51.67 b	68.0 b	59.83 B
8 Saat	40.33 b	36.67 c	38.50 C	44.67 c	44.0 c	44.33 C
12 Saat	36.67 b	25.00 d	30.83 D	41.67 c	42.0 c	41.83 C
Kolçisin. Uy. Ort.	39.56	40.22		46.00 B	51.33 A	
CV (%)	5.97			3.75		

*Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Fide Uzunluğu

İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde fide uzunluğu üzerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulamasının etkisi ve çeşit x süre etkisi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$), çeşidin etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Fide uzunluğu kolçisin uygulama süresine bağlı olarak azalmış (5.65-4.06 cm) ve en uzun fideler kontrol grubunda (6.43 cm) belirlenmiştir. Çeşitlerin kolçisin uygulama süresine tepkisi farklı olmuş ve fide boyu Ünver çeşidinde 5.89-3.93 cm, Altıkat çeşidinde ise 5.41-4.20 cm arasında değişmiştir. En kısa fide boyu her iki çeşitte de 12 saat uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. İki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerinde ortalama fide uzunluğu (cm)

Uygulama süresi	Fide Uzunluğu*		
	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	6.36 a	6.49 a	6.43 A
4 Saat	5.89 b	5.41 b	5.65 B
8 Saat	4.64 c	5.11 c	4.88 C
12 Saat	3.93 d	4.20 d	4.06 D
Kolçisin Uy. Ort.	5.21	5.30	
CV (%)	2.31		

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Tarla Çalışması

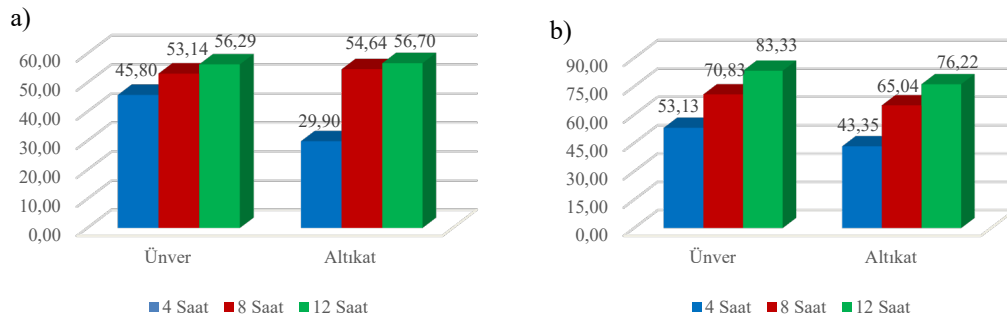
Çıkış Oranı

Farklı arpa çeşitlerinde 15. günde yapılan sayımlarda çıkış oranı üzerine %0.1'lik kolçisinin farklı sürelerde uygulamasının ve çeşidin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Laboratuvar koşullarına göre tarla koşullarında çimlenme oranı daha düşük bulunmuştur (Çizelge 1 ve 3). Özellikle kolçisin uygulanmış tohumların ortalama çıkış oranı Ünver çeşidinde %29.67 (lab. %46.0), Altıkat arpa çeşidinde ise %36.67 (lab. % 51.33) olarak belirlenmiştir. Tarla koşullarında kontrol grupta ortalama çıkış oranı %95.67 iken farklı sürelerde kolçisin uygulaması çıkış oranını önemli seviyede azaltmıştır (%49.50'den %19.34'e). Çeşitlerin kolçisin uygulamasına tepkisi farklı olduğundan çeşit x süre interaksyonu da istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.01$). Her iki çeşidin tohumlarına daha uzun süre kolçisin uygulandığında çıkış oranı önemli seviyede azalmıştır. Ancak, Ünver çeşidi kolçisin uygulamasından daha fazla olumsuz etkilenmiş ve çıkıştaki azalma oranı 12 saat uygulamasında %83.33 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3; Şekil 1b).

Çizelge 3. Farklı sürelerde kolçisin uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerine ait ortalama çıkış oranı (%)

Uygulama süresi	Çıkış Oranı *		
	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	96.00 a	95.33 a	95.67 A
4 Saat	45.00 b	54.00 b	49.50 B
8 Saat	28.00 c	33.33 c	30.67 C
12 Saat	16.00 d	22.67 d	19.34 D
Kolçisin Uy. Ort.	29.67 B	36.67 A	
CV (%)	5.43		

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.



Şekil 1. Çimlenme oranındaki azalma oranı (%) a) Laboratuvar koşullarında b) Tarla koşullarında

Bitki Boyu ve Başak Uzunluğu

Araştırmada bitki boyu üzerine çeşidin ve kolçisin uygulama sürelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Ortalama bitki boyu kontrol grup bitkilerde Ünver çeşidinde 71.44 ± 9.53 cm, Altıkat arpa çeşidinde ise 48.18 ± 7.40 cm olarak belirlenmiştir. Kolçisin uygulaması her iki çeşitte de bitki boyunda artış meydana getirmiştir. Nitekim, Ünver çeşidinde 4, 8 ve 12 saat uygulamalarında sırasıyla 77.03 cm, 80.25 cm, 72.82 cm, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 54.64 cm, 55.32 cm ve 55.88 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Ortalama başak uzunluğu kolçisin uygulama süresine göre 7.78-8.17 cm arasında değişmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En kısa başak uzunluğu kontrol grubu (Ünver 8.88 ± 1.34 ; Altıkat 5.70 ± 0.76 cm) bitkilerinde (ortalama 7.29 cm), en uzun ise 8 saat uygulamasında belirlenmiştir. Bitki boyunda meydana gelen artış, başak boyunda da gözlenmiştir. Başak uzunluğu yönünden çeşitler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ortalama başak uzunluğu Ünver çeşidinde 9.18 cm, Altıkat çeşidinde 6.39 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Başak uzunluğuna çeşitlerin kolçisin uygulamasına tepkisi farklı olduğundan çeşit x süre interaksyonu da istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.01$).

Çizelge 4. Farklı sürelerde kolçisin uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerine ait ortalama bitki boyu (cm) ve başak uzunluğu (cm)

Uygulama süresi	Bitki Boyu*			Başak Uzunluğu*		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	71.44	48.18	59.81 C	8.88 c	5.70 c	7.29 C
4 Saat	77.03	54.64	65.84 AB	9.22 ab	6.34 b	7.78 B
8 Saat	80.25	55.32	67.78 A	9.53 a	6.80 a	8.17 A
12 Saat	72.82	55.88	64.35 B	9.09 bc	6.73 a	7.91 B
Ortalama	75.38 A	53.51 B		9.18 A	6.39 B	
Kolçisin Uyg. CV (%)	11.13	10.82		10.42	11.88	

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Kolçisin uygulanmış bitkilerde Ünver çeşidinde bitki boyu yönünden minimum (min.) ve maksimum (max.) değerler; 4 saatte uygulamasında 57.0-94.5 cm, 8 saatte 57.0-107.0 cm, 12 saatte ise 48.0-92.0 cm, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 37.2-69.8 cm, 37.0-67.3 cm, 41.0-78.0 cm arasında değişmiştir. Başak uzunluğu ise Ünver çeşidinde 6.0-11.5 cm, 7.0-11.4 cm, 6.0-11.0 cm; Altıkat çeşidinde 4.1-8.0 cm, 3.5-8.9 cm, 3.0-8.80 cm arasında değişmiştir. Kolçisin uygulanmış bitkilerde bitki boyu ve başak uzunluğu yönünden varyasyonun meydana geldiği belirlenmiştir.

Başakçık Sayısı ve Başak Sıklığı

Araştırmada kolçisin uygulanmış bitkilerde başak uzunluğundaki artışa bağlı olarak ortalama başakçık sayısı da artmış (22.55-26.65 adet) ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En fazla başakçık

sayısına sahip başaklar 8 saat uygulamasında en düşük ise kontrol grubunda (ortalama 21.33 adet, Ünver 27.34±4.66 adet; Altıkat 15.29±2.63 adet) belirlenmiştir. Ünver çeşidinde başakçık sayısı 27.37-28.47 adet arasında değişmiş, ancak bu farklılık önemli olmadığı halde, Altıkat çeşidinde uygulamalar arasındaki fark (15.29-24.83 adet) istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve çeşit x süre interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli çıkmasına neden olmuştur (P<0.01; Çizelge 5).

Başakçık sayısının başak eksen uzunluğuna oranlanması ile elde edilen başak sıklığı üzerine çeşidin ve kolçisin uygulama sürelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P<0.01) ve uygulama süresi uzadığında her iki çeşitte de başak sıklığı azalmıştır. Başak sıklığı Ünver çeşidinde %29.11-33.29, Altıkat çeşidinde ise %28.95-32.0 arasında değişmiş ve çeşitler arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Uygulama süresine göre ortalama başak sıklığı %29.03-32.65 arasında değişmiş ve en sık başak yapısına kontrol grubunda en seyrek ise 12 saat kolçisin uygulandığında belirlenmiştir.

Kolçisin uygulanmış bitkilerde Ünver çeşidinde başakçık sayısının min. ve mak. değerleri; 4 saatte uygulamasında 18.0-35.0 adet, 8 saatte 18.0-35.0 adet, 12 saatte ise 20.0-35.0 adet, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 7-23.8 adet, 18.0-35.0 adet, 20.0-35.0 adet arasında değişmiştir. Başak sıklığı ise Ünver çeşidinde 26.0-40.0, 23.53-42.50, 21.1-36.8; Altıkat çeşidinde 12.3-40.4, 21.2-45.5, 18.0-40.9 arasında değişmiştir. Kolçisin uygulanmış bitkilerde başakçık sayısı ve başak sıklığı yönünden varyasyonun meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 5. Farklı sürelerde kolçisin uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerine ait ortalama başakçık sayısı (adet) ve başak sıklığı (%)

Uygulama süresi	Başakçık Sayısı *			Başak sıklığı *		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	27.37 a	15.29 c	21.33 C	33.29	32.00	32.65 A
4 Saat	27.88 a	17.22 b	22.55 B	32.33	30.21	31.27 B
8 Saat	28.47 a	24.83 a	26.65 A	31.66	29.68	30.67 B
12 Saat	27.65 a	18.33 b	22.99 B	29.11	28.95	29.03 C
Ortalama	27.85 A	18.92 B		31.59 A	30.21 B	
Kolçisin Uyg. CV (%)	11.65	16.42		9.54	16.49	

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Başakta Tane Sayısı ve Ağırlığı

Araştırmada başakta tane sayısı ve ağırlığı üzerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulaması ve çeşidin etkisi istatistiksel olarak önemli, çeşit x süre interaksiyonu ise sadece tane sayısında önemli bulunmuştur (P<0.01). Kolçisin uygulaması ortalama başakta tane sayısını önemli seviyede arttırmıştır. Kontrol grubunda (Ünver 26.27±1.11; Altıkat 41.32±8.47) ortalama 33.80 adet iken, 8 saat süre uygulamasında 39.11 adet olarak belirlenmiştir. Altıkat çeşidinde ortalama tane sayısı, iki sıralı çeşitten daha fazla olmuştur. Çeşitlerin kolçisin

uygulanmasına tepkisi farklı olmuş, Ünver çeşidinde tüm uygulamalar aynı grupta yer alırken, Altıkat çeşidinde uygulama süresine bağlı olarak tane sayısı artmıştır (Çizelge 6).

Başakta tane ağırlığı, tane sayısı fazla olan Altıkat çeşidinde daha yüksek bulunmuştur (1.93 g). Kolçisin uygulanmış bitkilerde tane ağırlığı artmış ve en yüksek değer 12 saat uygulamasında belirlenmiş (1.86 g), ancak bu uygulama ile 8 saat uygulama (1.85 g) arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. En düşük başakta tane ağırlığı kontrol grubunda (1.52 g) belirlenmiştir (Çizelge 6).

Kolçisin uygulanmış bitkilerde Ünver çeşidinde başakta tane sayısının min. ve mak. değerleri; 4 saatte uygulamasında 18.0-34.0 adet, 8 saatte 18.0-35.0 adet, 12 saatte ise 17.0-33.0 adet, Altıkat çeşidinde aynı sıra ile 17-67 adet, 23.0-80.0 adet, 32.0-73.0 adet arasında değişmiştir. Başakta tane ağırlığı ise Ünver çeşidinde 0.70-2.03 g, 0.96-1.09.0 g, 0.60-2.20 g; Altıkat çeşidinde 0.92-2.95 g, 0.90-3.35 g, 1.03-3.49 g arasında değişmiştir. Kolçisin uygulanmış bitkilerde başakta tane sayısı ve ağırlığı yönünden varyasyon belirlenmiştir.

Çizelge 6. Farklı sürede kolçisin (%0.1) uygulanmış Ünver ve Altıkat arpa çeşitlerinde başakta ortalama tane sayısı (adet) ve ağırlığı (g)

Uygulama süresi	Başakta tane sayısı*			Başakta tane ağırlığı*		
	Ünver	Altıkat	Ort.	Ünver	Altıkat	Ort.
Kontrol	26.27	41.32 c	33.80 C	1.36	1.68	1.52 B
4 Saat	27.14	45.43 b	36.29 B	1.36	1.89	1.62 B
8 Saat	28.37	49.84 a	39.11 A	1.68	2.02	1.85 A
12 Saat	26.68	50.69 a	38.68 A	1.59	2.13	1.86 A
Ortalama	27.12 B	46.82 A		1.49 B	1.93 A	
Kolçisin Uyg. CV (%)	11.77	18.71		16.22	22.58	

*Aynı sütunda ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir.

Tartışma

Araştırmada autopoliploid bitki elde edebilmek için, iki sıralı (Ünver) ve altı sıralı (Altıkat) arpa çeşitlerine farklı sürelerde %0.1'lik kolçisin uygulanmış ve genom mutasyonu oluşturulması hedeflenmiştir. Laboratuvar ve tarla şartlarında çimlenme oranı üzerine uygulama süresi uzadıkça kolçisinin olumsuz etkisi artmıştır. Her iki çeşitte de laboratuvar ve tarla şartlarında kontrol grubunda çimlenme oranı %90'nın üzerinde iken, laboratuvarda kolçisin uygulamasında ortalama çimlenme oranı Ünver çeşidinde %46.0 Altıkat'da ise %51.33 olmuştur. Arazi koşullarında ise bu oran daha da azalmış ve aynı sıra ile %29.67 ve %36.67 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1 ve 3). Bu durum kolçisinin çimlenme üzerine olan olumsuz etkisi kontrolsüz şartlarda daha fazla olduğunu göstermektedir. Tarla şartlarında zayıf gelişen ve etkilenmiş görümlü olan fidelerin kış şartlarına dayanamadığı bir iki ay içerisinde öldüğü belirlenmiştir. Poliploidi ıslahında istenilen sonuçların alınabilmesi için ortam şartlarının optimize olması gerektiği ve kullanılacak materyale göre uygulama süresinin önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir (Elradi, 2009; Sağsöz ve ark., 2012).

Araştırmada tarla koşullarında yaşayan bitkilerde bazı tarımsal özellikler incelenmiş ve meydana gelen genetik varyasyon belirlenmeye çalışılmıştır. Co generasyonunda incelenen bitki sayısının fazla olması (toplam Ünver 387 adet, Altıkat 390 adet), miksoptoid ve kimerik bitkilerin de bulunabileceği düşüncesi ile kromozom sayımı Co generasyonunda yapılmamıştır. İncelenen özelliklerde varyasyon gösteren başaklar seçilerek (C1 generasyonunda), bu varyasyonun genetik yapıdan mı yoksa çevre şartlarından mı kaynaklandığı tespit edildikten sonra autotetraploid bitkilerin varlığı belirlenecektir. Elradi (2009) bildirdiğine göre Co generasyonunda somatik dokularda kimera oluşumu nedeniyle yapılan sitolojik incelemelerin yanlış sonuçlar verebildiğini ve sitolojik kontrolün C1 generasyonundan itibaren yapılmasının daha uygun olduğu ileri sürülmüştür (Feltz, 1953). Farklı bitki türleri veya çeşitleri üzerinde yapılan çalışmalarda kolçisin uygulamasından sonra miksoptoid ve kimerik yapıları bitkilerin meydana gelebildiği bildirilmiştir (Deniz, 1985; Hague ve Jones, 1987; Hassan ve ark., 1989; Hassan ve ark., 1991; Tepe ve ark., 2002). Yine çok yıllık çavdarın çimlendirilmiş tohumlarına % 0.1'lik kolçisin uygulanan çalışmada, autotetraploid (%0.32), diploid (%4.48), aneuploid (%0.16), miksoptoid (%0.12) ve kimerik (%0.40) bitkiler belirlenmiştir (Sağsöz ve Akgün, 1994). Yine, macar fiği ve tüğlü fiğ üzerinde yapılan çalışmada, kolçisin uygulamasından sonra tüğlü fiğde farklı ploidi seviyesine sahip köklerin bir arada olduğu miksoptoid bitkilerin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca macar fiğinde tetraploid bitki oranı %1, tüğlü fiğde ise %12 olarak tespit edilmiştir (Elradi, 2009). Tetraploid bitki oranı bitki türüne, kolçisin konsantrasyonuna, işlem süresine ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir. Buna ek olarak, kolçisinden etkilenen hücre sayısı az olduğundan ve bu hücrelerin bölünmesi daha yavaş olacağından dolayı bitki büyümesi esnasında kaybolarak diploide dönüşebildiği bildirilmiştir (Özer ve Sağsöz, 1991). Yine çok yıllık çavdarda kolçisin uygulamasından sonra (Co) fidelerinin kök uçlarında kromozom sayısı $2n=4x=28$ olarak belirlenmiş, ancak polen ana hücrelerinde kromozom sayısının $2n=14$ dönüştüğü belirlenmiştir (Elçi, 1982). Bu veriler kromozom sayımının genetik varyasyon belirlendikten sonra yapılmasının daha doğru sonuçlar verebildiğini göstermektedir.

Araştırmada işlem süresinin uzamasına bağlı olarak tarla koşullarında kolçisinden zarar görme seviyesi artmış ve çıkış oranı azalmıştır. Çeşitlerin kolçisinden etkilenme oranı da değişmiştir. Nitekim Ünver çeşidinde 12 saat işlem görmüş tohumlarda çıkış oranındaki azalma %83.33 kadar yükselirken, Altıkat çeşidinde %65.73 olarak belirlenmiştir. Laboratuvar koşullarında ise çeşitlerin çimlenme oranındaki azalma oranı %56 seviyesinde bulunmuştur. Bu durum çevre şartlarının yaşayan fide sayısı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Kolçisin uygulamasından sonra, yaşayan fide oranının kontrole göre önemli seviyede azaldığı farklı bitki türlerinde araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Hassan ve ark., 1989; Özer ve Sağsöz, 1991; Akgün, 1997; Elradi, 2009).

Araştırmada kolçisin uygulanmış bitkilerde verime etkili olabilecek incelenen özelliklerde varyasyon belirlenmiştir. Ortalama bitki boyu, başak uzunluğu, başakçık sayısı ile başakta ortalama tane sayısı ve ağırlığı kontrol grubu bitkilere göre daha fazla, başak sıklığı ise daha az bulunmuştur. Ancak kolçisin uygulanmış bitkilerin tamamında incelenen özellikler, kontrole göre üstün olmayıp, bazı bitkilerde elde edilen değerler daha düşük bulunmuştur. Elradi, (2009) tarafından yapılan çalışmada diploid tüğlü fiğ bitkilerde bitki boyu, tetraploidlerden daha uzun bulunmuştur. Bu durum tetraploidlerde gövde uzamasının daha yavaş olması ile açıklanmıştır. Yine poliploid bitkilerde başlangıçta hücre bölünmesinin daha yavaş ve metabolik aktivitenin daha

az olmasından (Sağsöz ve ark., 2012) kaynaklanabilmektedir. Joshi ve Verma, (2004) poliploid bitkilerin ilk başta yavaş büyüme gösterdikleri daha sonra avantajlı duruma geçtiklerini ileri sürmüşlerdir.

Kolçisinin genom sayısını katlayarak genetik varyasyon oluşturması yanında gen mutasyonları oluşturabildiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sanders ve Franzke, 1980; Francis ve Jones, 1989; Hassan, 1996; Akgün ve ark., 1997). Yine kolçisinin meydana getirdiği varyasyonun kalıtsal olduğu ve generasyonlar boyunca taşınabildiği ileri sürülmüştür (Francis ve Jones, 1989; Luckett, 1989; Hassan, 1996).

Kolçisin uygulamasından sonra diploid kalan (C2X) bitkilerde kalıtsal değişiklikler farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Nitekim çok yıllık çim bitkilerinde kardeş sayısı, yeşil ve kuru ot verimi gibi bazı tarımsal özelliklerde önemli varyasyonlar belirlemişlerdir. Yine tek ve çok yıllık çimin 10 farklı hattına %0.2'lik kolçisin uygulanmıştır. İşlem görmemiş kontrol bitkiler 2X, kolçisin uygulamasından sonra diploid kalan bitkiler C2X olarak isimlendirilmiştir. İncelenen birçok hatta C2X bitkilerin kontrollerinden daha fazla kardeş sayısı, daha erkenci, yeşil ve kuru ot verimi ile daha fazla generatif kardeş oluşturduğu belirlenmiştir. Araştırma sonunda iki farklı çim türünde kolçisin işleminde önemli kalıtsal varyasyonların meydana geldiği tespit edilmiştir (Hassan ve ark., 1989). Çok yıllık çavdar üzerinde yapılan çalışmada kolçisin uygulamasından sonra diploid kalan bitkiler (C2X), kontrol diploidleri (2X) ve tetraploidleri (C4X) bazı tarımsal özellikler yönünden karşılaştırılmıştır. C2X bitkilerinde ortalama başak uzunluğu, başakçık sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, kardeş sayısı, yeşil ve kuru ot verimi ile ham protein oranı kontrol diploidlerinden daha fazla bulunmuştur (Akgün ve ark., 1997).

Araştırmada kolçisin uygulanmış bitkilerdeki incelenen özellikler yönünden meydana gelen varyasyon, birim alandaki bitki sıklığının azalmasına bağlı olarak çevre şartlarından kaynaklanabildiği gibi, genetik yapıdan da meydana gelebilir. Kolçisinin oluşturduğu varyasyon ya DNA dizilişindeki reorganizasyon ya da genetik faktörlerin interaksiyonu (epigenetik) veya nokta mutasyonların sonucu meydana gelebilir. Kolçisin işleminden sonra transversiyonel mutasyonun (bir pürin-pirimidin çifti yerine pirimidin- pürin baz çiftinin geçmesi), resiprokal translokasyonların, DNA zincirinin belli kısmında artış sağlayabildiği (duplikasyon) farklı araştırmalarda bildirilmiştir (Walbot ve Cullis, 1985; Hassan, 1996). Bu değişikliklerin tam olarak açıklanabilmesi için moleküler düzeyde çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç

Diğer bitki türlerinde olduğu gibi arpada da kolçisin uygulamasına bağlı olarak incelenen özelliklerde varyasyon meydana gelmiştir. Poliploid bitkilerin ($2n=28$) varlığı daha sonraki generasyonda belirlenmeye çalışılacaktır. Poliploid bitkiler bulunmasa bile meydana gelen varyasyonun değerlendirilmesinin önemli bir avantaj oluşturacağı düşünülmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale, araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Akgün, İ. 1997. Çok yıllık çavdar (*Secale montanum* Guss.)’da poliploid bitki elde etme olanakları üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 28(3): 464-471
- Akgün, İ. 2016. Comparing some cytological and morphological characters of diploid and autotetraploid perennial rye (*Secale montanum* Guss.). *Seria Agronomie*, 59(2):141-146.
- Akgün, İ., Tosun, M. ve Sağsöz, S. 1997. Diploid çok yıllık çavdar (*Secale montanum* Guss.)’da colchicinin meydana getirdiği varyasyon. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül, Samsun, 107-112 s.
- Anonim, 2019. Tarım Ürünleri Piyasası, Arpa. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2018Ocak%20Tarım%20Ürünleri%20Raporu/2018-Ocak%20Arpa.pdf>. (Erişim tarihi: 09.03. 2022).
- Comai, L. 2005. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature Reviews Genetics*, 6(11): 836-846.
- Deniz, B. 1985. Diploid çayır yumağı (*F. pratensis* Huds.) çeşitlerinden yapay tetraploidlerin elde edilmesi ve bunların bazı sitolojik ve morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Dolgun, C. ve Çifci, E. A. 2018. Farklı kuraklık stresi seviyelerinin makarnalık buğday çeşitlerinde çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(2): 99-109.
- Elçi, S. 1982. Sitogenetikte Gözlemler ve Araştırma Yöntemleri, Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji 3, Elazığ, Türkiye.
- Elradi, T. 2009. Kolşisin uygulaması ile poliploid *Vicia pannonica* Crantz. (Macar fiği) ve *Vicia villosa* Roth. (tüylü fiğ) bitkilerinin elde edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization, Crops and Livestock Products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 09.03.2022).
- Feltz, H. 1953. Investigations on diploid and polyploid sugar beet, *Z. Pflanzenz*, 32, 275-300.
- Francis, A. ve Jones, R. N. 1989. Heritable nature of colchicine induced variation in diploid *L. perenne*). *Heredity*, 62: 407-410.
- Grant, V. 1981. Plant Speciation. 2nd Edn. Columbia University Press, New York.

- Hague L. M. ve Jones R. N. 1987. Cytogenetics of *Lolium perenne*. 4. Colchicine induced variation in diploids. *Theo Apl. Genet.*, 74: 233-24
- Hassan, L., Jones, R. N. ve Posselt U. K. 1989. A novel source of genetic variation in ryegrasses (*L. multiflorum*, *L. perenne*). *Heredity*, 63: 339-342.
- Hassan, L., Jones, R. N., Parker, J. P. ve Posselt, U. K. 1991. Colchicine-induced heritable variation in cell size and chloroplast number in the leaf cells of inbred ryegrasses (*Lolium perenne*, *L. multiflorum*). *Euphytica*, 52: 39-45.
- Hassan, L. 1996. Heritable nature of colchicine induced variation in wheat. Conference Abst., June 10-14, Ankara, Turkey, 358 s.
- ISTA, 1999. *Seed science and technology*. Zürich, Switzerland, 27: 162-173.
- Joshi, P. ve Verma, R. C. 2004. High frequency production of colchicine induced autotetraploids in faba bean (*Vicia faba* L.). *Cytologia*, 69(2): 141-147.
- Karakoca, T. ve Akgün, İ. 2020. Arpada farklı gama radyasyon dozu uygulamalarının M₂ generasyonunda bazı tarımsal özellikler üzerine mutagenik etkilerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1): 96-104.
- Lewis, W. H. 1980. Polyploidy in species populations. *Basic Life Sciences*. Springer, Boston, pp. 103–144. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3069-1_6
- Luckett, D. J. 1989. Colchicine mutagenesis is associated with substantial heritable variation in cotton. *Euphytica*, 42: 177-182.
- Madidi, S. E., Baroudi, B. E. ve Aameur, F. B. 2004. Effects of salinity on germination and early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Int. J. Agric. Biol.*, 6: 767-770.
- Özer, İ. 1989. Çok yıllık diploid çavdar (*Secale montanum* Guss.) bitkilerinden yapay tetraploidlerinin elde edilmesi ve bunların bazı sitolojik ve morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Özer, İ. ve Sağsöz, S. 1991. Çok yıllık diploid çavdar (*Secale montanum* Guss.) bitkilerinin yapay tetraploidlerinin elde edilmesi ve bunların bazı sitolojik ve morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması, Türkiye 2. Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi, 28-31 Mayıs, İzmir, 594-602.
- Özer, İ. ve Sağsöz, S. 1994. Çok yıllık çavdar ve yapay tetraploidlerinin bazı sitolojik özellikleri, Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan, İzmir, 214-218.
- Rao, V. R. ve Hodgkin, T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, tissue and organ culture*, 68(1): 1-19.
- Sağsöz, S. ve Akgün, İ. 1994. Çok yıllık çavdar ve yapay tetraploidlerinin bazı sitolojik Özellikleri. Tarla Bit. Kong. Cilt II. Bitki Is. Bil., 25-29 Nisan, İzmir, 214-218.
- Sağsöz, S., Tosun, M. ve Akgün, İ. 2012. Sitogenetik. Atatürk Üniv. Yay. No.703 Zir. Fak. Ders Yay. No: 307, Ders Kitap No. 59, Erzurum, 229 s.

- Sanders, M. E. ve Franzke, C. J. 1980. Effect of light on origin of colchicine-induced complex mutants in sorghum. *Journal of Heredity*, 71(2): 83-92.
- Sipahi, H., Sayım, İ., Ergün, N. ve Çetin, G. 2010. Maltlık kalitesi yüksek arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin geliştirilmesi. (Biyoteknoloji iş paketi: İkiye katlanmış haploid bitkilerin üretilmesi). Tübitak Projeleri. Maltlık Arpa Geliştirme Projesi (TÜBİTAK1007-KAMAG 105 G 083) 2006-2010
- Tepe, S., Ellialtıoğlu, S., Yenice, N. ve Tıprıdamaz, R. 2002. In vitro kolhisin uygulaması ile poliploid nane (*Mentha longifolia* L.) bitkilerinin elde edilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 63-69.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 09.03.2022).
- Walbot, V. ve Cullis, C.A. 1985. Rapid Genomic Change in Higher Plants. *Annual Reviews of Plant Physiology*, 36: 367-396.
- Yürür, N., Tosun, O., Eser, D. ve Geçit, H. H. 1981. Buğdayda Ana sap verimiyle bazı karakterler arasındaki ilişkiler. *Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 755: 443.

