



Nohut (*Cicer arietinum L.*) Polen Morfolojisi ve Etkileyen Faktörler

Derleme / Review

Yiğit Can BALI¹

Nurdoğan TOPAL¹

¹ Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak-Türkiye

¹ Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak-Türkiye

*sorumlu yazar: nurdogan.topal@usak.edu.tr

Yayın Bilgisi

Geliş Tarihi: 27.09.2021

Revizyon Tarihi: 30.09.2021

Kabul Tarihi: 16.10.2021

Anahtar Kelimeler

Nohut, *Cicer arietinum L.*, Polen, Polen Morfolojisi

Keywords

Chickpea, *Cicer arietinum L.*, Pollen, Pollen Morphology

Özet

Ülkemiz açısından önemli bir protein bitkisi olan nohut geniş bir alanda yetiştirilen önemli bir soğuk mevsim baklagilidir. Verim, kalite ve dayanıklılık başlıkları altında nohut ıslah çalışmaları uluslararası ve ulusal resmi ve özel sektörlerde olmak üzere devam etmektedir. Klasik ıslah yöntemleri uygulamaları ile nohut bitkisinde özellikle de dar genetik tabana sahip olması nedeni ile arzu edilen varyasyonlara ulaşamamaktadır. Bu nedenle biyoteknolojik uygulamalar ile bu varyasyonlar sağlanmaya çalışılmakta ve kısa sürede arzu edilen özellik bakımından saflaştırmalara gidilebilmektedir. Bu biyoteknolojik uygulamalardan olan anter, polen ve yumurtalık kültürü ıslah çalışmalarında kullanılmaktadır. Literatürler incelendiğinde bu tür generatif yapıların gelişiminde çevre (düşük ve yüksek sıcaklık vb.) ve kültürel uygulamalar (çeşit ve gübreleme) önemli etkilerde bulunduğu görülmektedir. Çevre ve kültürel uygulamanın optimum olduğu koşullarda biyoteknolojik uygulamaların başarı şansını artırmaktadır. Bu derleme, nohut bitkisi özelinde ıslah çalışmalarında kullanılan polenin teşekkülü esnasında çevre ve kültürel uygulamalar ile olan ilişkisini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Chickpea (*Cicer arietinum L.*) Pollen Morphology ve Affecting Factors

Abstract

Chickpea, which is an important protein plant for our country, is an important cold season legume grown in a wide area. Chickpea breeding works under the titles of yield, quality ve durability continue in international ve national public ve private sectors. With the classical breeding methods applications, the desired variations cannot be achieved in the chickpea plant, especially since it has a narrow genetic base. For this reason, these variations are tried to be provided with biotechnological applications ve purification can be achieved in a short time in terms of desired properties. Anther, pollen ve ovary cultures, which are among these biotechnological applications, are used in breeding studies. When the literature is examined, it is seen that the environment (low ve high temperature, etc.) ve cultural practices (variety ve fertilization) have important effects on the development of such generative structures. It increases the chances of success of biotechnological applications in conditions where environmental ve cultural application is optimum. This review was made in order to reveal the relationship between the environment ve cultural practices during the formation of the pollen used in breeding studies in the chickpea plant.

1. GİRİŞ

Yemelik baklagiller dünyada 2 milyardan fazla insan için protein kaynağıdır. Yağ oranı düşük, karbonhidrat oranı yüksek ve besleyicidir. Dünyada insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'si, karbonhidratların %7'si; hayvan beslenmesindeki proteinlerin %38'i karbonhidratların %5'i yemelik tane baklagillerden sağlanmaktadır. Dünya ve Türkiye'de tarla bitkileri üretimi yapılan alanlarda ilk sırayı tahıllar alırken bunu yemelik baklagiller izlemektedir. Dünya üzerinde en çok üretilen baklagil türü kuru fasulye olup bunu, nohut, bezelye, börülce, mercimek ve bakla takip etmektedir. 2020 yılında kuru fasulye üretimi geçen yıla göre %6 artışla yaklaşık 24 milyon ton, nohut üretimi ise %7 artışla 15,2 milyon ton, mercimek üretimi ise %13 artışla yaklaşık 7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkeler bazında Hindistan 9,9 milyon tonluk üretim ile ilk sırada, 630 bin tonluk üretim ile Türkiye ikinci, Rusya 506 bin ton ile üçüncü, 499 bin ton ile Myanmar dördüncü sırada yer almaktadır. Dünyada lider konumda olan Hindistan, toplam dünya nohut üretiminin %69,8'lik kısmını karşılamaktadır. Dünya genelinde üretilen baklagillerin yaklaşık %77'si ülkelerin iç talebini karşılamaya yöneliktir. Geriye kalan %23'lük kısmı dünya ticaretine konu olmaktadır (TMO, 2021). Ülkemizde 2019-2020 yılı üretim sezonunda 520,595 ha alandan 630 bin ton nohut üretimi gerçekleşmiştir. 2021 yılı tahminleri doğrultusunda nohudun %12,7 oranında azalarak nohut üretiminin 550 bin ton olması beklenmektedir (TUİK, 2021).

Nohut (*Cicer arietinum* L.), Türkiye'nin güneydoğusunda ve Suriye'nin bitişiğinde ortaya çıktığına inanılan, kendi kendine tozlaşan eski bir baklagil mahsulüdür (Singh, 1997). Orta Doğu'daki çeşitli arkeolojik alanlarda ortaya çıkarılan karbonize nohut tohumları, nohudun Neolitik dönemin ilk günlerinde buğday, arpa, bezelye ve mercimek ile birlikte kullanıldığını göstermektedir (Ladizinsky, ve Adler, 1976). Kökeni ile ilgili diğer kanıtlar, Türkiye'de Burdur yakınlarındaki Hacılar'da yapılan arkeolojik kazılarda ortaya çıkarılan MÖ 5450 yıllarına tarihlenen tohumlardan gelmektedir (Helbaek, 1970).

Leguminosae (baklagiller) familyasında yer almakta olan nohut bitkisi Papilionaceae (kelebek çiçekliler) alt familyasına ve *Cicer* cinsine aittir. (Akçin, 1988). *Cicer* cinsi 35 tanesi çok yıllık, 8 tanesi tek yıllık ve bir tanesi de hâli hazırda kullanılmakta olan *C. arietinum* L. olmak üzere 44 türü barındırmaktadır. *Cicer arietinum* L. kromozom sayısı ($2n=2x=16$) olup kendi kendine döllen, tek yıllık bir yemelik baklagil bitkisidir. *Cicer arietinum* küçük tohumlu tip olan 'Desi' ve büyük tohumlu tip olan 'Kabuli' olmak üzere iki alt tipe sahiptir. Bu iki nohut tipi farklı coğrafik dağılıma ve morfolojik özelliklere sahiptirler (Yorgancılar ve ark., 2008). Kahverengi, siyah veya yeşil renkte olup tane boyutu küçük olan tohumlar 'Desi' olarak isimlendirilmektedir. Renkleri kremden beyaza kadar olan açık renkli ve tane boyutu desî tip nohuta göre daha büyük olan tohumlar ise

'Kabuli' tip olarak kabul edilmektedir (Iliadis, 2001). Desî tipindeki gruplar daha çok Afrika ve Hindistan'da yetiştirilirken, Kabuli tip nohutlar genellikle Batı Asya, Kuzey Afrika, Güney Amerika ve Avrupa'da daha çok yetiştirilmektedir (Jukanti ve ark., 2012). Ülkemizde ise yaygın olarak Kabuli tip nohut yetiştirilmektedir. Kabuli nohut çeşitleri başta ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesinde, Yakın Doğu, Merkez Asya ve Amerika'da yetiştirilmektedir. Kabuli tip nohutların tohumları iri, karbonhidrat (%41,1-47,4) ve protein (%21,7-23,4) oranları yüksektir (El-Adawy, 2002). Ayrıca tohumlarda %5,1 yağ, %3,9 lif, %2,8 kül ve 365kcal/100g enerji bulunmaktadır (Khan ve ark., 1995). Kabuli tip nohutların çiçek rengi beyaz olup genellikle yarı yayılıcı ve antosiyan pigmentasyonu bulunmayan bir gövde yapısına sahiptir. Desî tip nohutların çiçekleri genel olarak pembe renkte olup gövdeleri yarı dik ya da yarı yayılıcı ve antosiyan pigmentasyonu içermemektedir (Ahmad ve ark., 2005).

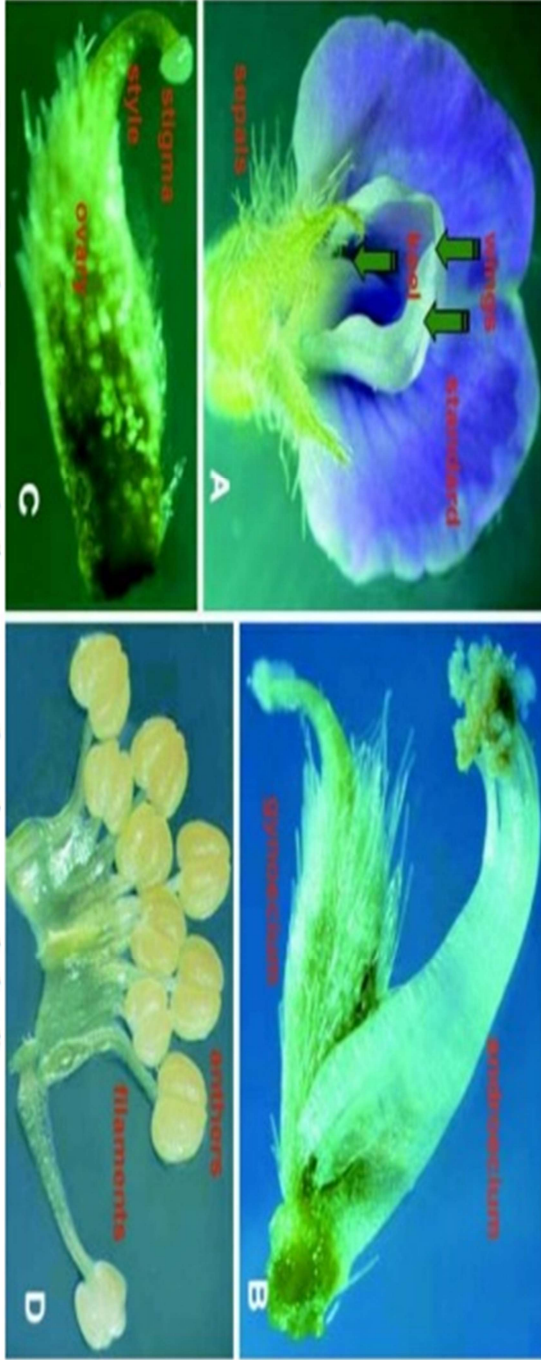
Tek yıllık nohut türleri yaşam döngüleri ve morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılmış ve Monocicer ve Chamacicer olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Monocicer grubunda bulunan nohut türleri 8 adet iken (*Cicer arietinum* L., *C. reticulatum* L., *C. echinospermum* L., *C. bijugum* L., *C. judaicum* L., *C. pinnatifidum* L., *C. yamashitae* L. ve *C. cuneatum* L.) Chamacicer grubunda ise bir tane (*C. chorassanicum* L.) bulunmaktadır. Polycicer ve Acanthocicer gruplarında tek yıllık türler bulunmamaktadır. Polycicer grubunda 25 tane çok yıllık nohut türü bulunurken Acanthocicer grubunda ise 7 tane bulunmaktadır. Bütün bu gruplar içerisinde ekonomik öneme sahip olan tek tür *Cicer arietinum* L'dir. *Cicer arietinum* türü kültür nohududur ve 750 Mbp büyüklüğünde genoma sahiptir. Kromozom sayısı $2n=16$ olan, kendi kendine dölenen bir yemelik baklagil bitkisidir (Frediani ve Caputo, 2005).

Nohutta koltuksal (axillary) çiçek durumu görülmektedir. Her bir koltukta iki veya üç çiçek bulundurulabilir. Tam çiçek formunda olan nohut çiçeği kendine tozlanır. Çiçekler beyaz, mor, mavi ve pembe renkte olabilirler (Singh ve Diwakar, 1995). Nohut çiçeği tipik bir baklagil çiçeği formunda olup beş adet çanak, beş adet taç, 10 erkek (diadelphous) ve bir adet dişi organdan teşekkül etmektedir (Şekil. 1) (Yahya, 2018).

Nohutta çiçek kalıtımı ile ilgili çalışmalar, koltuksal salkım formunda çiçeklenmesinden (cymose) cym olarak adlandırılan tek bir çekinik genin sorumlu olduğunu göstermiştir. cym'nin çift çiçekli özellik için bir gen olan sfl ile alelik ilişkisi olduğu, çok çiçekli bitkiler ve çift çiçekli olanlar ile ilgili ICC 4929'u içeren genetik yapının sorumlu olduğu ifade edilmiştir (Gaur ve Gour, 2002). Nohut kendi kendine tozlaşan bir bitkidir ancak çapraz tozlaşma bir dereceye kadar meydana gelebilir. Nohut çiçeği ve tozlayıcı ilişkisinin incelendiği bir çalışmada tozlayıcıların uygun tozlaşmayı sağlayarak mahsul verimini arttırmada önemli bir rol oynayabileceklerini ve çiçek başına %40.82±0.55 nektar konsantrasyonu

ile ortalama $0.84 \pm 0.04 \mu\text{l}$ nektar hacminin olduğu belirtilmiştir (Latif ve ark., 2019).

Şekil 1. Nohut Bitkisine Ait Çiçek Kısımları (Yahya, 2018)



Nohutta çiçek kalıtımı ile ilgili çalışmalar, koltuksal salkım formunda çiçeklenmesinden (cymose) cym olarak adlandırılan tek bir çekinik genin sorumlu olduğunu göstermiştir. cym'nin çift çiçekli özellik için bir gen olan sfl ile alelik ilişkisi olduğu, çok çiçekli bitkiler ve çift çiçekli olanlar ile ilgili ICC 4929'u içeren genetik yapının sorumlu olduğu ifade edilmiştir (Gaur ve Gour, 2002). Nohut kendi kendine tozlaşan bir bitkidir ancak çapraz tozlaşma bir dereceye kadar meydana gelebilir. Nohut çiçeği ve tozlayıcı ilişkisinin incelendiği bir çalışmada tozlayıcıların uygun tozlaşmayı sağlayarak mahsul

verimini arttırmada önemli bir rol oynayabileceklerini ve çiçek başına $\%40.82 \pm 0.55$ nektar konsantrasyonu ile ortalama $0.84 \pm 0.04 \mu\text{l}$ nektar hacminin olduğu belirtilmiştir (Latif ve ark., 2019).

Nohut ıslah amaçlarını yüksek verim, adaptasyon, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanıklılık ve melezlemeler açısından erkek kısır bitki hatlarının eldesi şeklinde sıralamak mümkündür (Yadav ve Chen, 2007). Çeşitli büyüme koşullarına ve çeşitli yetiştirme bölgelerine geniş ölçüde adapte olabilen toleranslı nohut yetiştiriciliği en iyi stratejik yaklaşımdır ancak gelişmiş fenotipleme ve genotipleme yöntemlerinin ince ayarlanmış bir kombinasyonunu gerektirir. Bununla birlikte, uygun nohut genotiplerinin ıslahı ve seçimi, yeni alellerin kaynaklarını sınırlayan dar genetik tabanı olmasına rağmen sonraki koşullar uygunsa stresli olaylardan sonra zaman zaman iyileşmesine, çiçek açmasına, bakla kurmasına ve verimine izin veren belirsiz büyüme alışkanlığı nedeniyle karmaşıktır (Maphosa ve ark., 2020).

Nohudun ıslah geçmişi diğer yaygın bitkilere nazaran kısa olmasına rağmen, çeşit geliştirmede önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Buna rağmen bugün gelinen noktada genetik iyileştirme için yeni biyoteknolojik yöntemlerin, özellikle de türler arası çaprazlamanın, mikro çoğaltmanın, somaklonal varyasyonun ve gen haritalamasının kullanımı için uygulama olanakları tartışılmaktadır (Rheenen, 1991).

Hibridizasyondan sonra yeni çeşitler üretmek için geleneksel ıslahın kullanılması çok zaman alıcıdır. Anter ve mikrospor kültürü, homozigot kendi içinde melezlenmiş hatların geri kazanılması için hızlı tekniklerdir. Double haploid tekniklerin uygulanması, tek bir laboratuvar tabanlı nesilde homozigotluğun elde edilmesini sağlayarak, çeşit gelişimini hızlandıracak ve değişen pazar gereksinimlerine zamanında yanıt verilmesini sağlayacaktır (Grewal ve ark., 2009)

Doubled haploid teknolojisi, tek nesilde tamamen homozigot bitkilerin üretilmesine olanak tanır ve bu, geleneksel ıslah yöntemleriyle kendi kendine üretilerek homozigota yakın hatların üretimine kıyasla çok verimli ve hızlı bir yöntemdir. Bununla birlikte, tane baklagillerinin, çift haploidi için in vitro yaklaşımların çoğu için inatçı olduğu bilinmektedir (Abdollahi ve Seguí-Simarro, 2021). Yapılan bir çalışmada baklagillerin sürdürülebilir tarım sistemlerinde ve insan beslenmesinde oynadığı büyük role rağmen, haploid baklagil bitkilerin rutin üretimi konusunda sorunların olduğu ve bu soruna yönelik olarak döllenmemiş erkek gametlerden androjenezin in vitro indüksiyonu, haploid popülasyonların üretimi için en yaygın kullanılan yöntemin nohut üzerinde kullanıldığı belirtilmiştir (Croser ve ark., 2011).

Haploitlerin ve dihaploitlerin çok sayıda üretimi bitki ıslahçıları için çok önemlidir (Sangwan ve Sangwan-Norreel, 1990). Haploid bitkiler, döllenme olmaksızın erkek veya dişi gametlerden geliştikleri için hücresel totipotensin mükemmel bir örneğini sağlarlar (Powell, 1990). Bitki üreme biyolojisi, üretkenlik üzerinde büyük etkisi olan önemli bir

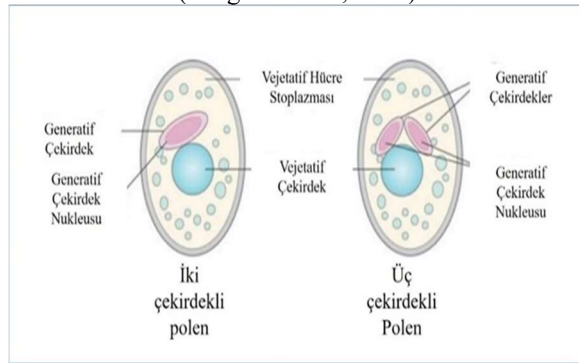
gelişim sürecidir. Polen tanelerinin oluşumu, anter içindeki polen ana hücrelerin vejetatif ve generatif hücrelere farklılaşmasını içeren karmaşık bir süreçtir. Polenin gelişimi ve dışının stigmatında çimlenmesi, sıcaklık, su durumu, UV-b radyasyonları ve besin kaynağı gibi çeşitli çevresel koşullar tarafından belirlenir (Pandey ve ark., 2006).

Bu derlemenin amacı, Dünyada ve ülkemizde önemli bir tarımsal ürün olan nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin ıslahında polen özelliklerinin etkisi ve polen gelişimine etki eden faktörlerin etki mekanizmalarını ortaya koyarak bitki ıslahında kullanılan anter ve polen kültüründe avantaj sağlayabilecek uygulamaları tartışmaktır.

2. NOHUT POLEN MORFOLOJİSİ

Polen kelimesinin Yunanca da “serpmek-yaymak” anlamına gelen paluno veya palunein kelimesinden geldiği düşünülmektedir (Grant-Downton, 2009). Polen taneleri, eşeyli üreme için gerekli olan erkek gametleri üreten tohumlu bitkilerin mikro gametofitleridir (erkek eşey hücreleri). Polen hücrelerini oluşturmak için birkaç hücre bölünmesini tamamlayan endosporik bir mikrogametofitin sporofitik tutulması ve hücre duvarının farklılaşması ile gymnospermlerin (açık tohumlular) ve angiospermlerin (kapalı tohumlular) sahip oldukları polen şekline sahip olmuşlardır. Angiospermlerde polen olgunlaştığında iki çekirdekli (bicellular) veya üç (tricellular) çekirdekli haploid şeklindedir (Şekil 2). Her iki polen türü de tek bir kompakt üretici (veya germ) hücre veya iki sperm hücresi içeren büyük bir vejetatif hücreye sahiptir (Borg ve Twell, 2011).

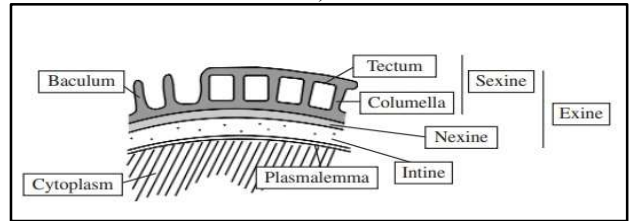
Şekil 2. Farklı Çekirdek Sayılarına Sahip Polenler (Borg ve Twell, 2011)



Canlı polen tanesinde duvar iki katmandan oluşur; dış katmana exine adı verilir ve çok sıra dışı bir madde olan ve kimyasal olarak en durağan biyolojik polimerlerden biri olan sporopollenin'den oluşur. İç katman yapı olarak selülozdan oluşan ve hücre duvarına benzeyen ve intine denilen bir maddeden

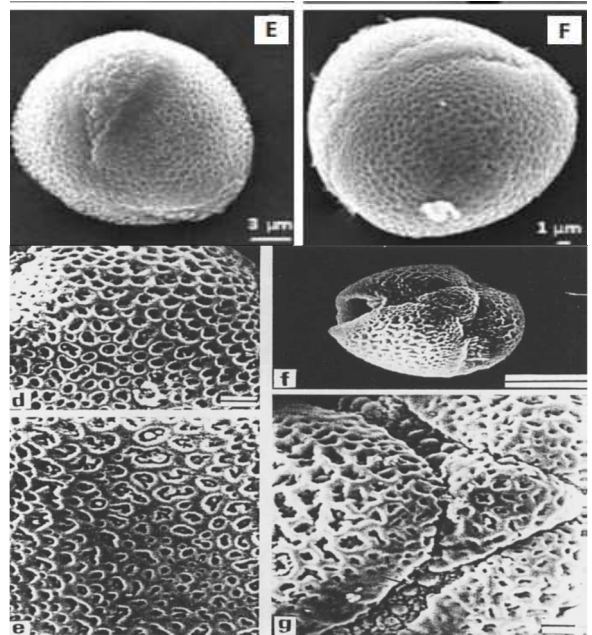
oluşmaktadır. Işık mikroskobu altında polenin tanımlanmasında kullanılan duvar kısmı exine dir ve intine üstünde bulunan sexine ve nexine adlı iki kısımdan oluşmaktadır (Frenguelli, 2004). Polen kısımları ve fonksiyonları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 1). Polen duvarında açıklık (aperture) denilen, polen duvarının morfolojisi veya anatomisi bakımından duvarın geri kalanından önemli ölçüde farklı olan ve genellikle çimlenme yeri olarak işlev gördüğü ve uyumda rol oynadığı varsayılan bir yapı bulunmaktadır (Şekil 3) (Edlund ve ark, 2004).

Şekil 3. Polen duvarı ve Kısımları (Frenguelli, 2004)



Nohut poleni 3-zonocolporate (3 adet oluk ve gözeneğe sahip) özelliği taşımaktadır. Exine yüzey süslemesi, mezokolpiyumda ağısı, fossülatretikülat veya çukurludur. Exine kalınlığı türlere göre 1 - 1.5 µm aralığında değişmektedir

Şekil 4. (Chaturvedi ve ark., 1995).



Tablo 1. Polen Yapısal Özellikleri ve Rollerini (Edlund ve ark., 2004)

Yapısal Özellikler	İşlevler
Polen Tane Büyüklüğü	Biyotik ve abiyotik tozlayıcı tercihi ve akışkanlar dinamiği.
Polen Sayısı/Tozlaşma Birimi	Üreme verimliliğini etkilemekte
Polen Kabuğu (duvarı)	Anterden ayrıldıktan sonra polen hücrelerini aşırı kurumaya karşı korur; UV radyasyonundan ve patojen saldırısından korur; proteinler aracılığı ile yapışkanlık, renk ve aroma, tozlaşma vektörleri ile etkileşimi etkileyebilir (yapışma, sinyalleşme ve uyumlulukla ilgili protein bileşenleri; hidrasyon için lipidler ve proteinler vb.)
Exine Tabaka	Biyotik ve abiyotik tozlaşma vektörleri ile etkileşime girer; stigma arayüzünün yüzey alanını etkiler; stigma yapışmasına aracılık eder; polen tabakasını korur; duvar mukavemetini ve elastikiyetini etkiler.
Exine Gözenekleri	Mikrokanallar, kuruma ve hidrasyon sırasında su giriş ve çıkış yerleridir; ilerleyici kuruma, polen canlılığını ve yaşam beklentisini sınırlar.
Açıklık (Aperture) büyüklüğü, sayısı ve karmaşıklığı	Kurumaya, mantar istilasına ve mekanik strese karşı çevresel hassasiyeti etkiler; hızlandırılmış kuruma polen canlılığını ve yaşam beklentisini sınırlar; hidrasyon sırasında odaklanmış su girişi bölgeleri; kuruma ve hidrasyona eşlik eden aşırı hacim değişikliklerine izin verir; çimlenme sırasında polen tüpünün çıkışı için portal görevi görür.
İntine Katmanı	Kalınlık ve karmaşıklık, ekzin ve polen kaplama özellikleri ile ters orantılıdır; deliklerdeki özel katmanlar ve kapanımlar, polen tüpünün ortaya çıkmasında ve stigma hücre duvarının tutulmasında rol oynar.

3. POLEN MORFOLOJİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Soğuk stresinin nohut üreme biyolojisine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmada kontrol sıcaklığı ($\geq 28-15$ 0C) ve düşük sıcaklık ($\leq 20-10$ 0C) koşulları oluşturulmuş ve sonucunda genel olarak, genç mikrospor aşamasında polen gelişiminin, kontrol koşullarına kıyasla stresli koşullarda ciddi şekilde etkilendiği ortaya çıkmıştır. Yine aynı çalışmada polen canlılığının, normal bitkilere (%95) kıyasla stresli koşullarda (%60) baskılandığı, stresli bitkilerde polen çimlenmesi ve polen tüpü büyümesinin engellendiği, stres altındaki bitkilerde stigmanın ya polen yükü göstermediğini ya da polen tanelerinin yüzeyinde çimlenmediği sonuçları ortaya konulmuştur (Kumar ve ark., 2010).

Melezleme çalışmalarında kullanılmak üzere soğuk stresine dayanıklı polen seçimi amacı ile yürütülen başka bir çalışmada başlangıçta polen seçimi olmadan geliştirilen mezellere kıyasla polen seçimi, mezellere üşüme toleransını iyileştirdiği ve nohutta hibridizasyonda uygulanan üşüme stresinin, stressiz hibridizasyona kıyasla döllerde üşüme toleransını artıracak hipotezimizi desteklediği belirtilmiştir (Clarke ve ark., 2004).

Bir başka çalışmada kullanılan Cicer arietinum L. cv. G 62404 hattının düşük sıcaklıklarda çok düşük bir meyve tutumu yüzdesine sahip olduğu ve doğada veya kültür koşullarında sıcaklıklar arttıkça meyve

tutumunun da arttığı görülmüştür. Sıcaklığın bu etkisinin yüzde polen çimlenmesi ve polen tüpü büyümesinde de görülebilir olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada G 62404 hattının mutanti olan M 450'nin düşük sıcaklıkta daha iyi meyve tutumu yüzdesine ve daha iyi polen çimlenmesine sahip olduğu görüldü. Bunun nedeninin ise in vitro kültür koşullarında polen çimlenmesini ve polen tüpü büyümesini artıran malik asit konsantrasyonundaki farklılıkların olabileceği düşünülmektedir (Savithri ve ark., 1980).

Nohut üreme biyolojisi ve ısı etkileşiminin tarla ve kontrollü şartlardaki durumunu inceleyen çalışmada, üreme esnasında yüksek sıcaklığın nohut verimini sınırlayan önemli bir faktör olduğunu, söz konusu yüksek sıcaklığa karşı oluşturulan tepkiler bakımından erkek üreme dokusunda (anter ve polen), işlevinde (polen çimlenmesi ve tüp büyümesi) ve bakla kümesinde genetik manada çeşitliliğin olduğunu ifade etmişlerdir. Yine çalışmada nohut poleni tanelerinin hem tarlada hem de kontrollü ortamlarda stigmaya göre yüksek sıcaklığa daha duyarlı olduğu gözlenmiştir (Devasirvatham ve ark., 2013).

Berger ve ark., (2012) nohut kaynaklarını taramak suretiyle üşüme stresine dayanıklı hatları belirleme amacıyla yürüttükleri çalışmalarında düşük düzeyde üşüme dayanımı olan nohutlarda yumurta döllenesinin bozulma yaşandığı, araştırılan genotiplerin büyük oranda düşük suğuk stresi dayanımına sahip olduğu ve C. arietinum ile

melezleme yapılabilen *C. echinospermum* türünün üşümeye dayanıklılık özelliği bakımından genitör olabileceği belirtilmiştir.

Düşük sıcaklıkta anterlerde karbonhidrat ve prolin metabolizmasının bozulmasının nohutta polen kısırlığına olan etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada, düşük sıcaklığın gamet gelişimini ve polen sterilitasını tetikleyerek nohutta çiçek kısırlığı meydana getirdiği, bununla birlikte, nohutta düşük sıcaklık kaynaklı polen kısırlığını yöneten moleküler mekanizmaların bilinmediği söylenmiştir. Çalışmada prolin ve antioksidanların bitkileri düşük sıcaklık stresinden koruduğu ve ayrıca karbonhidrat metabolizmasının bozulmasını düşük sıcaklığın neden olduğu hasarla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Kiran ve ark., 2021).

Özellikle terminal kuraklık olarak bilinen generatif evrede ortaya çıkan kuraklık dünyanın birçok yerinde nohut verimini sınırlayan bir faktördür (Fang ve ark., 2010). Stomatal iletkenlik, aba ve tohum teşekkülü üzerinden terminal kuraklığın nohuda olan etkisinin araştırıldığı çalışmada terminal kuraklığın kısır çiçek yüzdesini, bakla dökülmesini ve boş bakla sayısını en az iki katına çıkardığı, toprakta kullanılabilir suyun %18 ve altında olduğu durumlarda polen canlılığı ve çimlenmesinin azalışı gösterdiği ifade edilmiştir (Pang ve ark., 2017). Sıcaklık stresi beraberinde kuraklık ve tuzlulaşma ile birlikte küresel iklim değişikliği nedeni ile nohut verimini daha da sınırlayıcı bir faktör haline gelecektir. İki stresin (kuraklık ve ısı) aynı anda ortaya çıkmasının etkisi, üreme süreçlerinin erken dönemlerinde, özellikle mikro ve mega sporojenez, polen ve stigma işlevi, tozlaşma, polen tüpü büyümesi, döllenme ve erken embriyo gelişimi sırasında bireysel strese kıyasla daha belirgindir (Sehgal ve ark., 2018).

Sera koşullarında eksik (0.2 uM) ve yeterli (1 uM) çinko kaynağı ile kum kültüründe yetiştirilen nohutlarda yapılan çalışmada polen ve stigma yapısı, bunların döllenme ve tohum verimine olan etkileri incelenmiştir. Çalışmada çinko eksikliği, çiçek kısırlığına, polen ve yumurta kısırlığını indükleyerek düşük tohum oluşumuna ve nihayetinde düşük verime neden olduğu sonucuna varılmıştır (Pathak ve ark., 2012).

Tuzluluğun döllenme biyolojise olan etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada tuza duyarlı genotiplerde boş bakla oranı daha yüksek bulunmasına rağmen polen canlılığı, in vitro polen çimlenmesi ve in vivo polen tüpü büyümesi, tuza toleranslı veya tuza duyarlı genotiplerde tuzluluktan etkilenmediği görülmüştür (Turner ve ark., 2013).

Farklı gelişim dönemlerinde (çimlenme sırasında veya çiçek tomurcuğu başlama aşamasından önce), ve miktarlarda tuz uygulaması ve NAA (Naftalin Asetik Asit) ve BAP (6-Benzylaminopurin) uygulaması yapılan nohut çeşitlerinde polen gelişimi incelenmiştir. Sonuçlar tuzun polen çimlenmesi üzerinde marjinal bir inhibitör etkiye sahip olduğunu bununla birlikte, polen tüpü büyümesinin tuz uygulaması ile azaldığı, azalmanın çimlenme aşamasında tuz uygulanan bitkilerin polenlerinde sonraki aşamalarda alanlara göre daha fazla olduğu

göstermiştir. Yine NAA ve BAP uygulamalarının tuz uygulaması yapılmamış bitkilerin polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı, 5 ppm'de uygulanan BAP her iki tuz uygulamasına maruz bırakılan bitkilerin polenleri için inhibitör etkide bulunduğu ortaya konulmuştur (Chhabra ve ark., 1995).

Prolin ve putresin hormonlarının polen çimlenmesi üzerine olan etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada her iki hormonun polen çimlenmesini etkilemediği ancak polen tüpü büyümesini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Öte yandan bir prolin analogu ve hidroksiprolin olan Azetidin-2-karboksilik asit, çimlenmeyi marjinal olarak kontrol ettiği, ancak polen tüpü uzamasını önemli ölçüde baskıladığı durumu diğer bulgulardan olmuştur (Dhingra ve ark., 1995).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Nohut polen morfolojisine yönelik çalışmalar genellikle yüksek veya düşük sıcaklık, hormon ve bazı iz elementlerine yoğunlaşmıştır. Literatürler irdelendiğinde polen gelişimi üzerinde genotip ve çevrenin önemli oranda etkili olduğu görülmektedir. Nohut ıslah çalışmalarında geleneksel ıslah yöntemleri genetik tabanın darlığından dolayı uygulama sorunları yaşamaktadır. Bu sorunların aşılması adına doku, anter, polen ve yumurtalık kültürü ve gen aktarımları gibi yöntemler kullanılmaktadır. İn vitro yaklaşımların çoğuna karşı inatçı yapıları ile iyi bilinen baklagillerde double haploid uygulaması baklagil yetiştirme programlarında giderek daha yaygın olarak kullanılmamaktadır. Nohut ıslahında başarıyı arttırmak adına polen morfolojisinin ve polen gelişimini etkileyen faktörlerin bilinmesi önemlidir. Çevre şartlarını iyileştirme ile biyoteknolojik uygulamaların daha sağlıklı yürütülebileceği görülmektedir. Yapılan literatür taramalarında ekim zamanı, makro ve mikro gübre uygulamaları ile ilgili fazla bir çalışmaya rastlanmaması bu alandaki yeni çalışmalara daha fazla ihtiyacın olduğunu bizlere göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abdollahi, M. R., ve Seguí-Simarro, J. M., 2021. Anther Culture of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In *Doubled Haploid Technology* (pp. 289-299). Humana, New York, NY.
- Ahmad, F, Gaur, P, Croser, J., 2005, Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Genetic Resources, Chromosome engineering ve crop improvement-Grain Legumes, Vol. 1 Singh, R. ve Jauhar, P., (eds), USA, CRC Press, pp. 185-214.
- Akçin, A., 1988, Yemeklik Tane Baklagiller, Selçuk Üniversitesi Yayınları:43, Ziraat Fakültesi Yayınları:8. 1988, Konya
- Berger, J. D., Kumar, S., Nayyar, H., Street, K. A., Sandhu, J. S., Henzell, J. M., ve Clarke, H. C. 2012. Temperature-stratified screening of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genetic resource collections reveals very limited reproductive chilling tolerance compared to its annual wild relatives. *Field Crops Research*, 126, 119-129.
- Borg, M., ve Twell, D., 2011. Pollen: structure ve development. eLS. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0002039.pub2>.
- Chaturvedi, M., Yunus, D., ve Datta, K.,1995. Pollen morphology of *Cicer L.*-wild ve cultivated annual species. *Feddes Repertorium*, 106(1-5), 29-37.
- Chhabra, S., Kajal, N., Dhingra, H. R., ve Varghese, T. M., 1996. Effect of foliar application of NAA ve BAP on in-vitro pollen germination ve tube elongation in chickpea raised under saline conditions. *INDIAN JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, 38, 168-170.
- Clarke, H. J., Khan, T. N., ve Siddique, K. H., 2004. Pollen selection for chilling tolerance at hybridisation leads to improved chickpea cultivars. *Euphytica*, 139(1), 65-74.
- Croser, J. S., Lulsdorf, M. M., Grewal, R. K., Usher, K. M., ve Siddique, K. H., 2011. Isolated microspore culture of chickpea (*Cicer arietinum* L.): induction of androgenesis ve cytological analysis of early haploid divisions. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 47(3), 357-368.
- Devasirvatham, V., Gaur, P. M., Mallikarjuna, N., Raju, T. N., Trethowan, R. M., ve Tan, D. K., 2013. Reproductive biology of chickpea response to heat stress in the field is associated with the performance in controlled environments. *Field Crops Research*, 142, 9-19.
- Dhingra, H. R., Kajal, N., Chhabra, S., ve Varghese, T. M., 1995. Proline, hydroxyproline, putrescine ve pollen tube elongation in chickpea. *INDIAN JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, 38, 90-91.
- Edlund, A. F., Swanson, R., ve Preuss, D., 2004. Pollen ve stigma structure ve function: the role of diversity in pollination. *The Plant Cell*, 16(suppl_1), S84-S97.
- El-Adawy, T.A., 2002. Nutritional Composition ve Antinutritional Factors Of Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) Undergoing Different Cooking Methods ve Germination, *Plant Foods For Human Nutrition*, 57: 83-97.
- Fang, X., Turner, N. C., Yan, G., Li, F., ve Siddique, K. H., 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, ve pistil function are reduced ve flower ve pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. *Journal of experimental botany*, 61(2), 335-345.
- Frediani, M, Caputo, P., 2005. Phylogenetic Relationships Among Annual ve Perennial Species Of The Genus *Cicer* As Inferred From ITS Sequences Of Nuclear Ribosomal DNA, *Biologia Plantarum*, 49 (1): 47-52.
- Frenguelli, G., 2004. Pollen structure ve morphology. *Advances in Dermatology ve Allergology/Postępy Dermatologii Alergologii*, 20(4), 200-204.
- Gaur, P. M., ve Gour, V. K., 2002. A gene producing one to nine flowers per flowering node in chickpea. *Euphytica*, 128(2), 231-235.
- Grant-Downton, R., 2009. Pollen terminology. *An illustrated handbook. Annals of Botany, Volume 105, Issue 2, February 2010, Pages viii-ix.* <https://doi.org/10.1093/aob/mcp289>
- Grewal, R. K., Lulsdorf, M., Croser, J., Ochatt, S., Vandenberg, A., ve Warkentin, T. D., 2009. Doubled-haploid production in chickpea (*Cicer arietinum* L.): role of stress treatments. *Plant Cell Reports*, 28(8), 1289-1299.
- Helbaek, H.,1970. *The plant husbandry at Hacilar. a study of cultivation ve domestication.* Edinburgh University Press, 189,
- Iliadis, C., 2001. Evaluation Of Six Chickpea Varieties For Seed Yield Under Autumn ve Spring Sowing. *The Journal Of Agricultural Science*, 137: 439-444.
- Ladizinsky, G., ve Adler, A., 1976. The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. *Euphytica*, 25(1), 211-217.
- Jukanti, A.K, Gaur, P.M, Gowda, C.L.L, Chibbar, R.N., 2012, Nutritional Quality ve Health Benefits Of Chickpea (*Cicer arietinum* L.), A Review”, *British Journal Of Nutrition*, 108, 11-26.
- Khan, M.A, Akhtar, N, Ullah, I, Jaffery, S., 1995. Nutritional evaluation of desi ve kabuli chickpeas ve their products commonly consumed in Pakistan. *International Journal of Food Sciences ve Nutrition Volume 46, Issue 3, 1995 DOI: 10.3109/09637489509012551*
- Kiran, A., Sharma, P. N., Awasthi, R., Nayyar, H., Seth, R., Chandel, S. S., ve Sharma, K. D., 2021. Disruption of carbohydrate ve proline metabolism in anthers under low temperature causes pollen sterility in chickpea. *Environmental ve Experimental Botany*, 188, 104500.
- Kumar, S., Nayyar, H., Bhanwara, R. K., ve Upadhyaya, H. D., 2010. Chilling stress effects on reproductive

- biology of chickpea. *Journal of SAT Agricultural Research*, 8, 1-14.
- Maphosa, L., Richards, M. F., Norton, S. L., ve Nguyen, G. N., 2020. Breeding for abiotic stress adaptation in chickpea (*Cicer arietinum* L.): A comprehensive review. *Crop Breeding, Genetics ve Genomics*, 4(3).
- Pandey, N., Pathak, G. C., ve Sharma, C. P., 2006. Zinc is critically required for pollen function ve fertilisation in lentil. *Journal of Trace Elements in Medicine ve Biology*, 20(2), 89-96.
- Pang, J., Turner, N. C., Khan, T., Du, Y. L., Xiong, J. L., Colmer, T. D., ve Siddique, K. H., 2017. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, ve seed set. *Journal of Experimental Botany*, 68(8), 1973-1985.
- Pathak, G. C., Gupta, B., ve Pandey, N., 2012. Improving reproductive efficiency of chickpea by foliar application of zinc. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 24, 173-180.
- Powell, W., 1990. Environmental ve genetical aspects of pollen embryogenesis. In *Haploids in Crop Improvement*, Edited by: YPS, B. 45-65. Berlin: Springer-Verlag. vol 12.
- Rheenen, H A., 1991. Chickpea breeding - progress ve prospects. *Plant Breeding Abstracts*. 61 (9). pp. 997-1007. ISSN 0032-0803
- Sangwan, R. S., ve Sangwan-Norreel, B. S., 1990. Anther ve pollen culture. In *Developments in crop science (Vol. 19, pp. 220-241)*. Elsevier.
- Savithri, K. S., Ganapathy, P. S., ve Sinha, S. K., 1980. Sensitivity to low temperature in pollen germination ve fruit-set in *Cicer arietinum* L. *Journal of Experimental Botany*, 31(2), 475-481.
- Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K. H., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., Nayyar, H., 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, ve nutritional quality. *Frontiers in plant science*, 9, 1705.
- Singh, K. B., 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field crops research*, 53(1-3), 161-170.
- Singh, F., ve Diwakar, B., 1995. Chickpea botany ve production practices. *Skill Development Series no. 16*. <http://oar.icrisat.org/2425/1/Chickpea-Botany-Production-Practices.pdf>.
- TMO, 2021. *Bakliyat Sektör Raporu, 2020*. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sectorraporlari/bakliyat2020.pdf>. Erişim Tarihi:26.08.2021.
- TUİK, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-1.Tahmini-2021-37247>. Erişim Tarihi:26.08.2021.
- Turner, N. C., Colmer, T. D., Quealy, J., Pushpavalli, R., Krishnamurthy, L., Kaur, J., ve Vadez, V., 2013. Salinity tolerance ve ion accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salt stress. *Plant ve Soil*, 365(1), 347-361.
- Yadav, S. S., ve Chen, W., 2007. Chickpea breeding ve management. CABI. Division of Genetics, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India. ISBN-13: 978 1 84593 214 5. Pg:370.
- Yahya, A. A., 2019. Identification of certain morphologic characters of some chickpeas cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Tikrit Journal for Agricultural Sciences* □□□□□□ □□□□□ □□□□ 12-6), 3(18), □□□□□□□□.
- Yorgancılar, M., Atalay, E., Bayrak, H., Hakkı, E., Önder, M., Babaoğlu, M., 2008. Issr Markörleri Kullanarak Konya Bölgesinden Toplanan Nohut (*Cicer arietinum* L.) Popülasyonları Arasında Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(46):1-5.