

Tohumculuk Açısından Priming Uygulamalarının Önemi

İhsan EMİRALİOĞLU^{1*} Ramazan ACAR²

¹Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-3131-4083>

²<https://orcid.org/0000-0002-3347-6537>

*Sorumlu yazar: emiralihsan@gmail.com

Geliş Tarihi: 15.03.2022, Kabul Tarihi: 31.03.2022

To Cite: Emiralioğlu, İ., ve Acar, R. (2022) Tohumculuk Açısından Priming Uygulamalarının Önemi. International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research, 5(1):20-36.

Özet

Tohumluk kullanımı tarımın başlangıcından bu yana tarımsal faaliyetlerin en temel unsurlarının başında yer almaktadır. Ancak bazı tohumlar çimlenme problemi yaşamakta ya da iyi çimlenme ve gelişme gösterebilmek için bazı özel koşullara ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle etkin çimlenme koşullarının sağlanabilmesi için bazı tohumluklar çimlenme öncesinde ön uygulamalara ihtiyaç duyar. Priming adı verilen bu ön tohum uygulamalarının birçok farklı şekli vardır. Bu uygulamalar bitki türüne ve çeşidine göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle özellikle sert tohumluluk özelliği gösteren, çimlenme problemleri yaşanan ya da daha küçük tohumlu bitkilerde en iyi çimlenme koşullarını bilinmesi tohumculuk açısından son derece önemlidir. Bu makalede primingin ne demek olduğu ve priming yöntemlerinin yanında bazı özel seçilmiş tohumluklarda uygulanan priming yöntemleri özet olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tohumluk, Priming, Çimlenme, Uygulama

The Importance of Priming Applications For Seed Production

Abstract

The use of seeds has been one of the most basic elements of agricultural activities since the beginning of agriculture. However, some seeds have germination problems or need some special conditions in order to germinate and develop well. For this reason, some seeds need preliminary applications before germination in order to provide effective germination conditions. There are many different forms of these pre-seed applications called priming. These applications differ according to the plant type and variety. For this reason, it is extremely important to know the best germination conditions for plants with hard seeds, germination problems or smaller seeds. In this article, what priming means and priming methods applied in some specially selected seeds are summarized as well as priming methods.

Keywords: Seed, priming, germination, application

1. Giriş

İnsanoğlu, tarımın başlangıcından itibaren bitki yetiştiriciliği için tohum kullanmaya ve tohumların kendilerine has bazı özelliklerini fark etmeye başlamıştır. Bunun sonucunda birçok bitki tohumunun kolay ve homojen bir şekilde çimlenmediğini gözlemlemiştir. Yunan Theophrastus (yaklaşık MÖ 372–287) tohum fizyolojisini araştırmış ve çimlenme sürecinin geçici olarak kesintiye uğrayabileceğini öne sürmüştür (Evenari ve ark. 1984). Romalı doğa bilimci Gaius Plinius Secundus tarafından bildirildiği gibi, baklagil tohumlarının ekimden önce ön hidrasyonu, çimlenme oranını artırmak ve çimlenmeyi senkronize etmek için ilk kez Romalı çiftçiler tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Birkaç yüzyıl sonra, bu teknikler Fransız ziraatçı Olivier de Serres'e (1539-1619) göre çok çeşitli türler için de kullanılm alanı bulmuştur (Evenari ve ark. 1984). Ekim öncesi muamelenin bir sonucu olarak nihai çimlenmeyi etkileme olasılığı, 1970'lerde çok sayıda ekilebilen bitki türü için çok çeşitli ampirik yöntemlerin gelişmesine de yol açmıştır (Khan ve ark., 1981).

Tohum kalitesini etkileyen en önemli faktörler arasında; hasat öncesi ana bitkinin beslenme durumu, hasat dönemi ve sonrası patojenik etkiler, hasat sırasındaki mekanik hasarlar, hasat sonrası ise depolama koşulları (depo sıcaklığı, tohum nemi, oksijen) gelmektedir. Ayrıca tohumun kalitesi saflık, canlılık, güç, nem içeriği ve genetik özelliklerine de bağlıdır. Bu özellikler tohumun üretim esnasında yapılan gübreleme, sulama, ilaçlama, uygun ekim ve hasat zamanı, hasadın yapılış şekli, tohumları kurutma şekli, sınıflandırma ve depolama gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Herhangi birinden kaynaklanan yetersizlik, tohumun istenen kalitede olmasını engelleyecektir. Tohumda hasat öncesi yapılan bu işlemler kadar hasat

sonrasında yapılan işlemler de tohumun canlılığını korumak, çıkış ve çimlenme gücünü artırmak ve depo ömrünü uzatmak için büyük önem taşımaktadır (McDonald, 1999; Okçu, 2005; Kaya, 2008).

Bitkisel üretimde iyi ürün ve yeterince verim elde edebilmenin en temel unsuru kaliteli tohumluk üretiminden geçmektedir. Kaliteli bir tohumluk, iyi bir çimlenme ile yüksek verimli ve istenilen standartta ürün elde edilmesinde önemli bir başlangıç sağlar. Kaliteli bir tohumluk kullanılmamış ve yeteri kadar tohum çimlenmesi sağlanamamışsa diğer tüm üretim faktörleri doğru yapılsa bile verimli bir ürün elde edilmesi mümkün olamamaktadır. Verimli bir üretim gerçekleştirilebilmesi, birim alandan istenilen sayıda bitki elde edilecek kadar çimlenmenin sağlanabilmesi ve çimlenen fidelerin hızlı ve sağlıklı bir şekilde büyümelerine bağlıdır. Tohumlarda çimlenmeyi etkileyen önemli konulardan bir tanesi de “dormant” tohumlardır. Dormant tohum kabuğu; yonca türleri (*Medicago* ssp.), üçgüller (*Trifolium* ssp.) ve diğer baklagiller (*Fabaceae*) de görülürken, gazları geçirmeyen “testa” ise kahve (*Gymnocladus dioica* Lyabanî yulaf (*Avena* ssp.), dişbudak (*Fraxinus* ssp.) ve bazı çam türleri (*Pinus* ssp.)’nde görülür (Soya ve Geren, 1999).

Çimlenmenin sıcaklık, nem, toprak tuzluluğu, kaymak tabakası gibi çevresel faktörlerden etkilenmesi (Kantar ve Elkoca, 1998) bir taraftan tohumdan kaynaklanan bazı faktörler (genetik yapı, tohum olgunluğu, sert kabuklu türler, tohum büyüklüğü) homojen çimlenmeye ve çıkışa engel olmaktadır (McDonald, 2000). Bu nedenle çimlenmede bitkilerin istediği ideal şartların tespit edilmesi ve her bitki türü için en uygun çimlenme ortamının sağlanması verimliliği artırıcı bir faktör olacaktır (Elkoca, 2007).

Olumsuz çevre faktörlerine veya doğrudan tohum kalite ve yapısına bağlı olarak çimlenme ve çıkış esnasında yaşanabilecek sorunları en aza indirmek, kısa sürede homojen fide çıkışı ve kuvvetli bir fide gelişimi sağlamak ve stres şartlarına dayanıklılığı artırmak amacıyla ekim öncesinde tohuma yapılan ön çimlendirme uygulamaları genel anlamda “Priming” olarak adlandırılmaktadır (Khan, 1992; Parera ve Cantliffe, 1994; Heydecker ve Gibbins, 1978). Priming, ekim öncesinde tohuma yapılan çeşitli uygulamalar olup, çimlenme için gerekli metabolik aktiviteyi başlatacak, ancak kök çıkışına imkân tanımayacak seviyedeki kontrollü su alımı olarak tanımlanmaktadır (Heydecker ve Gibbins, 1978).

2. Çimlenmeyi Etkileyen Faktörler

2.1. Su

Su, tohumda çimlenmenin başlaması ve çimlenen genç bitkilerin büyümesi için ilk ihtiyaç duyduğu faktördür. Topraktaki osmotik potansiyel bulunan tuzların varlığı suya bağlıdır. Çimlenme ortamında yüksek tuz bulunması ortamda nem düşük olduğunda çimlenmeye olumsuz etki yapabilmektedir. Bazı tohumlar bünyelerinde çimlenmeyi engelleyici madde bulundurmaları ve müsilaçlı madde ile kaplı olmaları nedeniyle yıkanmaya gerek duymaktadırlar (Hartmann ve ark., 1990).

2.2. Sıcaklık

Çimlenmenin zamanını ve süresini belirleyen diğer önemli etkenlerden birisidir. Dormansinin kontrolünde doğrudan ilişkilidir. Düşük sıcaklıklarda çimlenme oranı genellikle düşüktür. Ilıman iklimdeki bitkilerin tohumları optimum 24-30 °C'de çimlenirken, 4.5-40 °C arasında geniş sıcaklık aralığında çimlenebilme yeteneğine sahiptirler. Ayrıca bu kuşaktaki bitkilerin tohumlarının çimlenebilmesi için tür ve çeşide göre değişen belli sürelerde düşük sıcaklıkta (3-4 °C) katlamaya tabi tutulmaları gerekmektedir (Hartmann ve ark., 1990).

2.3. Oksijen

Çimlenme ortamı ve embriyo arasındaki gaz alışverişi hızlı ve üniform çimlenme için çok önemlidir. Oksijen çimlenen tohumların solunum sürecinde rol oynamaktadır. Oluşan metabolik aktivite miktarı arttığında oksijen alımı da artmaktadır. Ortamda aşırı su olduğunda oksijen birikimi sınırlanmaktadır (Hartmann ve ark., 1990).

2.4. Işık

Yapılan araştırmalarda bazı bitkilerde dormansiye uyarırken, bazı bitkilerde bu etkiyi kaldırdığı belirlenmiştir. Tohumlarda ışığa tepkinin temel mekanizmasının, kimyasal olarak aktif bir pigment olan fitokron ile ilişkili bir durum olduğu yapılan çalışmalar sonucu saptanmıştır. Kırmızı ve kızıl ötesi ışınların marul ve *Arabidopsis* tohumlarında GA biyosentezi üzerine etki gösterdiği belirlenmiştir (Georghiou ve ark., 1982; Yamaguchi ve ark., 2002). Yapılan çalışmalarda suda bir süre bekletilen tohumların kırmızı ışığa maruz bırakıldıklarında çimlenme oranlarında artış olduğu, kızıl ötesi ışığın ise engelleyici etki yaptığı belirlenmiştir. Bitkilerde tohum kabuğu ve embriyonun ışığa hassasiyet gösteren sensör özelliğinde oldukları, bunların uzaklaştırıldıklarında ışığın etkisinin kaybolduğu saptanmıştır (Hartmann ve ark., 1990).

3. Priming ve Uygulamaları

Çimlenmedeki en son fizyolojik aktivite kök çıkışı olup, kök çıkışı faaliyeti için tohum yüksek su içeriğine ihtiyaç duymaktadır. Priming uygulamaları tohumda bulunan depo maddelerinin parçalanmasını sağlayan enzimleri aktive ederek depo maddelerinin optimum şekilde kullanımını sağlamaktadır (Demir ve ark., 1994). Priming uygulamasından sonra tohumlar yıkanmakta, kurutulmuş tohumlar hemen ekilebileceği gibi ekim zamanına kadar depolanabilmekte ve depolandıktan sonra ekildiklerinde tohum uygulaması yapılmamış olanlara kıyasla daha hızlı ve üniform çıkış gösterebilmektedirler (Elkoca, 2007).

4. Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Priming Yöntemleri

Tohumların çimlenme gücünü artırmak, çevresel stresleri azaltarak verimliliği artırmak amacıyla çeşitli tohum hazırlama yöntemleri geliştirilmiştir. Çimlendirme uygulamalarının verimliliği, büyük ölçüde bitki türlerine, türler arasındaki çeşit farklılığına ve seçilen uygulamaya göre farklılık gösterebilir. Yaygın olarak kullanılan bazı priming yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

4.1. Hidropriming

Hidropriming, tohumların ekimden önce saf suda ıslatılması ve yeniden kurutulmasına dayanan en basit tohum hazırlama yöntemidir. Su dışında ek kimyasal maddelerin kullanılmaması, bu yöntemi düşük maliyetli ve çevre dostu uygulama olarak ön plana çıkartır. Hidropriming yönteminin dezavantajı tohumların kontrolsüz su alımıdır. Hidropriming sırasında tohumlar, tohum dokusunun yapısına bağlı olarak su alım miktarında değişiklik göstermektedir (Taylor ve ark., 1998). Ayrıca bu yöntemde, tohumlarda eşit olmayan şekilde su aldıklarında metabolik aktivasyonda farklılıklar oluşabilir ve böylece senkronize bir çıkış sağlanamayabilir (McDonald, 1999). Bu durumda hidropriming yönteminde sınırlayıcı faktörler olarak göz önüne alındığında, tohum tarafından istenen seviyede su alımını ve üniform çimlenmeyi sağlamak için uygulama süresinin, ortam sıcaklığının ve su hacminin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Tüm bu zorluklara rağmen, nohut, mısır (Rahman ve ark. 2011), buğday (Basra ve ark. 2002), kanola (Omidi ve ark. 2009), ayçiçeği (Kaya ve ark. 2006), çeltik (Goswami ve ark., 2013), kırmızı biber (Patade ve ark. 2012) ve makarnalık buğday (Fercha ve ark., 2013) gibi birçok farklı türde hem optimal hem de stres koşulları altında tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde hidropriming yönteminin faydalı etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

4.2. Osmoprining

Osmoprining, tohumların potasyum nitrat (KNO_3), potasyum klorür (KCl), polietilen glikol (PEG) veya sodyum klorür ($NaCl$) gibi kimyasallar içeren çözeltilerde ıslatılması şeklinde yapılan uygulama yöntemidir (Fercha ve ark., 2014). Osmoprining uygulamasında, su alımını düzenlemek ve çimlenmeyi kontrol etmek için çoğunlukla polietilen glikol veya tuz çözeltisi (Anosheh ve ark., 2011) potasyum klorür (KCl), potasyum nitrat (KNO_3), sodyum klorür ($NaCl$), hidrofosfat (KH_2PO_4), magnezyum sülfat ($MgSO_4$), potasyum fosfat (K_3PO_4), kalsiyum klorür ($CaCl_2$) ve potasyum kullanılır. Osmoprining, daha hızlı ve tek tip çimlenme sağlamada ve ortalama çimlenme süresinin azalmasında başarılı bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Osmoprining özellikle küçük tohumlarda başarılı bir şekilde uygulanırken, soya fasulyesi (Helsel ve ark., 1986) ve tatlı mısır (Bennett ve Waters, 1987) gibi büyük tohumlu bitkilerde etkisinin azaldığı belirlenmiştir.

4.3. Hormoprining

Hormoprining uygulamasında, tohum çimlenmesinde, tohum metabolizması üzerinde doğrudan etkisi olabilen bitki büyüme düzenleyicileri kullanılır. Hormoprining için yaygın olarak, absisik asit, oksinler, giberellinler, kinetin, etilen, poliaminler ve salisilik asit (SA) gibi bitki büyüme düzenleyicileri kullanılır. Gibberellic asit (GA_3) ve PEG (Polyethylene Glycol) hazırlama, fotosentetik özellikleri, antioksidan sistemi, fide oluşumunu ve ağır metalle kirlenmiş toprakta beyaz yonca tohumlarının çimlenmesinde olumlu katkı sağlamıştır (Galhaut ve ark., 2014).

4.4. Diğer priming uygulamaları

Biyoprimeleme, tohumun bakterilerle aşılınması ile yapılan çimlendirme uygulamasıdır (Callan ve ark. 1990). Kimyasallarla yapılan priming uygulamasında farklı kimyasal çözeltilerle oluşturulan solüsyonlar tohuma uygulanmaktadır. Nutripriming, tohumların saf su yerine bazı besin maddelerini içeren solüsyonlarla ıslatılmasıyla uygulanan bir tekniktir. Bu yöntemin amacı, tohum kalitesini, çimlenme parametrelerini ve fide oluşumunu iyileştirmek için biyokimyasal avantajları ile birlikte besinsel etki elde etmektir (Farooq ve ark., 2012). Çinko (Zn) ile tohum hazırlama; nohut ve buğdayın verimliliğini (Arif ve ark., 2007), çeltiğin çimlenmesini ve erken fide büyümesini (Abbas ve ark., 2014), düşük kök bölgesi sıcaklıklarına maruz bırakılan mısır fidesinin gelişimini ve kök büyümesini (Imran ve ark., 2013) iyileştirmiştir. Bazı beslenme teknikleri, tohum şirketleri tarafından tohum üretimi ve yetiştiriciler için hazırlama sürecinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

5. Priming Uygulamalarının Tarımsal Üretimdeki Yeri

Priming uygulamaları pek çok bitki türünde, özellikle düşük sıcaklık gibi uygun olmayan koşullarda, çimlenme-çıkış oranını ve hızını artırmakta ve buna bağlı olarak, kısa sürede istenilen sıklıkta fide tesisinin sağlanmasına imkan tanımaktadır (Zheng ve ark., 1994). Priming uygulanmış tohumlar, uygulanmamış tohumlara kıyasla daha geniş sıcaklık aralığında çimlenebilmekte (Bray, 1995) ve oksijen eksikliğine daha az hassasiyet göstermektedirler (Corbineau ve Come, 1989). Farklı priming uygulamalarının nohut bitkisinin çimlenme performansı üzerindeki etkilerini araştıran Elkoca (2006) priming uygulanmayan kontrol grubunda 40.8 gün olan toplam sıcaklık isteğinin priming uygulamalarında önemli bir azalışla 10.5-22.7 gün arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Priming uygulamaları pek çok bitki türünün tohumlarında enzim seviyesini artırmasına rağmen (Smith ve Cobb, 1992; Sung, 1993), buğdayda osmopriming uygulamasının kök çıkışı ile ilişkili olan enzimlerde azalışa sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Tohum yaşlanması tohumun biyolojik değerini düşürerek stres şartlarına dayanıklılığı ve çimlenme oranını azaltmaktadır. Ancak, priming uygulaması yaşlanmanın tohum üzerindeki bu olumsuz etkilerini de hafifletmektedir (Elkoca, 2007). Priming uygulamasının tarla şartlarında nohut, mısır ve çeltikte fide tesisi, bitki gelişimi ve buna bağlı olarak tohum verimini artırdığı bildirilmektedir (Harris ve ark., 1999). Nem stresi koşullarında, farklı priming uygulamalarının nohutta kök ve sürgün gelişimini priming uygulanmayan kontrol bitkilerine kıyasla 2-3 kat artırdığı ve priming uygulanmış fidelerde amilaz, sukroz sintaz ve sukroz fosfat sintaz aktivitesinin önemli artış gösterdiği belirlenmiştir (Kaur ve ark., 2002).

Priming uygulamasının hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık sağladığına ilişkin araştırma sonuçları da rapor edilmektedir. Priming uygulamasının maş fasulyesi (*Vigna radiata*) üzerindeki etkisi ile ilgili yapılan çalışmada (Rashid ve ark. 2004), priming uygulanan tohumların daha hızlı ve yüksek oranda çıkış yapmalarının yanı sıra, priming uygulanmış bitkilerde sarı mozaik virüs hastalığı semptomlarında önemli bir azalış gösterdiğini (belirti görülme sıklığı priming uygulanmayanlarda %70, uygulananlarda %14) ve buna bağlı olarak tohum veriminde %400'e varan artış sağlandığını saptamışlardır. Benzer şekilde, nohutta priming uygulaması gövde çürüklüğü (*Sclerotium rolfsii*) hastalığının şiddetini azaltmış ve priming uygulanmayan şartlara kıyasla verimde %33'lük artış sağlamıştır (Musa ve ark., 2001). Diğer taraftan, priming uygulaması nohutta yeşil kurt zararını azaltmıştır (Harris ve ark., 1999). Araştırmacılar, priming uygulamalarında hastalık ve zararlılara karşı ortaya çıkan bu

dayanıklılığın erken fide çıkışı ve buna bağlı olarak kuvvetli fide ve bitki gelişiminden kaynaklanmış olabileceğine vurgu yapmışlardır. Priming uygulanan tohumlardan meydana gelen fidelerde hızlı ve kuvvetli bir kök gelişimi meydana gelmekte (Danneberger ve ark., 1992), hızlı ve derin kök sistemi oluşturan bitkiler ise özellikle kurak şartlarda daha verimli olmaktadır (Singh ve ark., 1988). Priming uygulaması ayrıca baklagillerde kök nodül oluşumunu artırmaktadır (Musa ve ark., 2001; Elkoca 2006)

Priming uygulanmış tohumlarda genellikle çimlenme oranı ve çimlenme homojenliği daha fazla olmaktadır. Gelişmiş ve düzgün bir fide çıkışı, bitkilerin daha sonraki gelişme dönemlerine de olumlu katkı sağlamaktadır (Galhaut ve ark., 2014). Şeker pancarında olduğu gibi hızlı bir çıkış ve fide gelişimi, kültür bitkilerinin yabancı otlara karşı rekabetini artırmada fayda sağlamıştır (Jalali ve Salehi, 2013). Maş fasulyesinde, priming uygulamalarından kaynaklanan daha hızlı bir fide oluşumu, toplam verimde %45'e varan bir artış meydana getirmiştir (Rashid ve ark., 2004).

Bazı priming uygulamalarının tohumda çimlenme özellikleri, tane verimi ve ekmeklik buğdayın çeşitli agromorfolojik özellikleri incelenmiştir. Yaygın olarak yetiştirilen Adana-99 ve Panda ekmeklik buğday çeşitleri ile yapılan çalışmada Adana-99'un tohumları ve Panda buğday çeşitleri, (1) damıtılmış su, (2) 100 ppm indol-3-asetik asit (IAA), (3) %2,5 potasyum klorür (KCl), (4) %1 potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), (5) %10 polietilen glikol (PEG-6000) veya (6) giberellik asit (GA3, sadece saha deneyleri için kullanılır) ile uygulamaya tabi tutulmuş ve her iki çeşidin de tohumları tarla koşullarında iki farklı tarihte ekilmiştir. PEG, IAA ve distile su uygulamaları tohum çimlenme yüzdesini artırdığı, fide çıkış yüzdesi ve fide büyüme hızı, PEG, KCl ve hidropriming uygulamalarının olumlu sonuç verdiği görülmüştür. Çalışmada kullanılan farklı priming uygulamaları arasında PEG, KCl ve hidropriming en etkili uygulamalar olarak tespit edilmiştir. (Toklu ve ark., 2015)

Çimlenmesi geç ve zor olan küçük embriyolu bazı sebze tohumlarının olumsuz toprak koşullarında çimlenmelerini iyileştirmek ve homojen fide çıkışını sağlamak amacıyla yapılan çalışmalarda, havuç başta olmak üzere kereviz, pırasa, soğan ve maydanoz gibi sebze tohumlarının ekim öncesi bazı tohum uygulamaları sonunda özellikle düşük ve yüksek toprak sıcaklıklarında hem çimlenme hem de çıkış oranlarının arttığı, hem de erken ve homojen fide çıkışı sağlandığı belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada 273 g/L, -10 bar'lık osmotik basınca sahip PEG-6000 ve 70g/L, -20 bar'lık osmotik basınca sahip KH_2PO_4 15 °C'de 10 gün süre ile havuç tohumlarında yapılan uygulamada çimlenme oranlarında artış belirlenmiştir (Duman, 2006).

Çayır üçgülü (*Trifolium pratense* L.) genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmada artan tuz konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesi, çıkış yüzdesi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve fide yaş ağırlığı değerlerinde düşüş olduğu; ortalama çimlenme süresi, ortalama çıkış süresi ve kuru maddedeki Na⁺ ve Cl⁻ değerlerinde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tolan ve ark., 2017). Nohut geveninde çeşitli tohum kabuğu inceltme yöntemlerinin sert tohumluk üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda nohut geveninde sert tohumluk etkisini azaltmak için mekanik aşındırma yöntemi ve sıcak uygulamaları veya her ikisinin kombinasyonlarının en iyi yöntem olduğu tespit edilmiştir. (Efe ve Ünal, 2019)

Mekanik ve asit uygulamasının, üç çeşit CMV (*Astragalus cicer*) ve Laramie medic tohumunun sert tohumunu büyük ölçüde azalttığı, tohumların soğukta veya oda sıcaklığında sekiz aylık depolanması da CMV'nin (*Astragalus cicer*) sert tohumunu azalttığını, bununla birlikte, depolama süresi ile sert tohum arasındaki etkileşimin olup olmadığını araştırmak için daha fazla çalışma gerektiğini belirtmişlerdir (Kimura ve Islam, 2012).

Kanolada tuz stresini azaltmak için yapılan çalışmada SA (Salisikasit) ve AsA (askorbikasit) priming uygulamalarının, çeşitli tuz stres seviyelerinde çimlenme özelliklerini artırdığı, böylece tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmüştür. Priming uygulamaları arasında, 0.5 mM SA/AsA konsantrasyonlarında, çimlenmenin önemli ölçüde iyileştiği, çimlenme süresinin hızlandığı tespit edilmiş olup, bu durumun neticesinde bitkinin fide oluşumunu artıracak ve sağlıklı bir büyüme periyodu geçireceği bilinmektedir (Erkoyuncu ve Yorgancılar, 2020).

Priming uygulamalarının tohum çimlenme aşaması ve erken fide büyümesi üzerindeki etkisine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğu, bitki yetiştirme odalarında veya kontrollü seralarda yürütülmüştür. Priming uygulamalarının verimliliğe etkisini tespit etmek için daha uzun süreli çalışmalar yapılması gerekmektedir (Khan ve ark., 1983). Çeltikte priming uygulamalarının verim artışına katkı sağladığına ilişkin yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Shah ve ark., 2013). Mısır (Muhammed ve ark., 2015, Priya ve ark. 2011), bamya (Sharma ve ark. 2014) ve şeker pancarı (Muhammed ve ark., 2015) için de verim artışına dair umut verici veriler elde edilmeye başlanmıştır (Jalali ve ark. 2013). Janecko ve diğerleri tarafından yapılan çalışmalarda, priming uygulamaları nicel parametreler üzerindeki etkisinin yanı sıra, hasat edilen bitkilerin kalitesini de iyileştirebileceği düşünülmektedir (Janeczko ve ark., 2015).

Priming uygulaması neticesinde elde edilen fidelerin çevresel kısıtlamalara karşı dirençlerinde artmalar olduğunu göstermiştir. Çizelge 1’de bitki türleri üzerinde stres direncinin iyileştirilmesi üzerine priming uygulamalarının etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar verilmiştir. Elde edilen sonuçların fide dönemine ait olduğuyetişkin döneminde etkisini kaybetmekte olduğu belirtilmiştir. Çevresel kısıtlamalara karşı priming uygulamalarının etkileri çeşit ve tür bazında detaylı olarak çalışıldıktan sonra en uygun yöntemin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Çizelge 1. Bitki türleri üzerinde stres direncinin iyileştirilmesi ile ilgili çalışmalar

| Çevresel kısıtlama | Bitki türleri | Priming Yöntemi | Referans |
|------------------------------|--------------------------|---|--|
| Tuzluluk | <i>Brassica napus</i> | Halopriming, PEG | Omidi ve ark., 2009;Kubala ve ark., 2015 |
| | <i>Helyanthus annuus</i> | BİN ₃ | Kaya ve ark., 2006 |
| | <i>Triticum durum</i> | Askorbik asit | Fercha ve ark. 2014 |
| | <i>Medicago sativa</i> | PEG | Yacoubi ve ark., 2013 |
| | <i>Zea mays</i> | Kum Uygulaması | Zhang ve ark., 2007 |
| | <i>Triticum aestivum</i> | Nitroprussid; ABA + SA; Biopriming; Askorbik asit; KCl +CaCl ₂ | Duan ve ark., 2007; Farooq ve ark., 2009; Fallahi ve ark., 2013; Fercha ve ark., 2014; Islam ve ark., 2015 |
| | <i>Raphanus sativus</i> | Biopriming | Kaymak ve ark., 2009 |
| | <i>Gossypium arvensi</i> | Potasyum | Shaheen ve ark., 2016 |
| Kuraklık/su stresi | <i>Oryza sativa</i> | Poliaminler; KH ₂ PO ₄ | Farooq ve ark., 2009; Goswami ve ark., 2013 |
| | <i>Zea mays</i> | Üre; KNO ₃ | Anosheh ve ark., 2011 |
| | <i>Vigna radiata</i> | BABA | Jisha ve ark., 2016 |
| | <i>Triticum aestivum</i> | Askorbik asit; Silikon | Farooq ve ark., 2013; Ahmed ve ark., 2016 |
| | <i>Brassica napus</i> | Hidropriming; PEG | Ge ve ark., 2014; Kubala ve ark., 2015 |
| | <i>Glycine max.</i> | Ozmotik şartlandırma | Posmyk ve ark., 2001 |
| | <i>Cicer arietinum</i> | Osmo/hidropriming | Kaur ve ark., 2002 |
| Soğutma ve düşük sıcaklıklar | <i>Vigna radiata</i> | Hidropriming/prolin | Posmyk ve ark., 2007 |
| | <i>Zea mays</i> | Kitosan; Besin hazırlama | Guan ve ark., 2009; Imran ve ark., 2013 |
| | <i>Glycine max.</i> | Osmopriming | Sun ve ark., 2011 |
| | <i>Oryza sativa</i> | Salisilik asit | Muhammad ve ark., 2015 |
| | <i>Beta vulgaris</i> | Osmopriming | Khan ve ark., 1983 |
| | <i>Spinacia oleracea</i> | Osmopriming | Chen ve ark., 2012 |
| | <i>Nicotiana tabacum</i> | Putresin | Xu ve ark., 2011 |
| Yüksek sıcaklıklar | <i>Lactuca sativa</i> | Hidropriming | Schwember, ve ark., 2010 |
| | <i>Daucus karota</i> | PEG | Nascimento ve ark., 2013 |

| Çevresel kısıtlama | Bitki türleri | Priming Yöntemi | Referans |
|--------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Ağır metaller | <i>Trifolium repens</i> | PEG | Galhaut ve ark., 2014 |
| | <i>Poa pratensis</i> | PEG, Giberellinler | Lespinay ve ark., 2010 |
| Biyotik stresler | <i>Zea mays</i> (<i>Phythium ultimum</i>) | Biopriming | Callan ve ark., 1990 |
| | <i>Brassica napus</i> (<i>Verticillium</i>) | Biopriming | Müller ve ark. 2008 |
| | <i>Vigna radiata</i> (Sarı mozaik virüsü) | Çiftlik hazırlamada | El-Araby ve ark., 2006 |
| | <i>Solanum Lycopersicum</i> (<i>Fusarium oxysporum</i>) | Metil jasmonat | Król ve ark., 2015 |
| | <i>Brassica rapa</i> (Çift sarmallı DNA virüsü) | Biopriming | Kalischuk ve ark., 2015 |

6. Sonuç ve Değerlendirme

Priming uygulamaları, insanlık tarafından çok eski zamanlarda fark edilerek önceleri amatörce uygulanmış yöntemler olmasına rağmen bilimsel çalışmaların artmasıyla birlikte son yüzyılda tohum çimlenmesi üzerinde ve daha sonraki süreçte olan etkilerinin önemi daha iyi fark edilmeye başlanmıştır. Bu yöntemlerin verim üzerine etkileri anlaşıldıkça tohum şirketlerinin de ilgisini çekmiş ve uygulamaya aktarılma süreci hızlanmıştır.

Çeşitli makale, yayın ve araştırmalardan derlenen bilgilere göre priming yöntemlerinin gelişme süreci ve seçilmiş bazı bitkilerin yetiştirilmesinde hangi yöntemlerin daha aktif kullanıldığına ilişkin bilgiler mevcuttur. Bu yöntemler birçok bitki türünde etkin olarak fayda sağlamış ve çimlenmeyi üniform hale getirmiştir. İyi bir ürün elde edebilmenin de başlangıç aşaması kaliteli tohumluk kullanılması ve üniform çimlenme sağlanmasından geçmektedir. Ancak kullanılacak tohum çok iyi tanınması ve en ideal çimlenme şartlarının bilinmesi gerekmektedir. Ancak bilindiği gibi bazı tohumlar sert tohumluluk, dormansi v.b. sebepler dolayısıyla özel işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Priming yöntemleri genellikle kontrollü şartlarda yapılan uygulamalardır. Uygulama sonucunda genellikle olumlu yönde fide gelişimi sağlansa da arazi şartlarındaki süreç ile ilgili daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tohumluk üretimi ve akabinde verimli bir hasat sezonu gerçekleştirilmesi için kullanılan türün ve tür içerisindeki farklı çeşitlere ait en iyi çimlenme yönteminin bilinmesi son derece önemlidir. Bu nedenle tür ve çeşit geliştirilmesi için ülke şartlarında daha fazla araştırma

yapılması ve yapılan çalışmaların uygulamaya aktarılabilmesi son derece önemlidir. Ayrıca bazı priming yöntemlerinin bitki gelişme evresine olumlu katkı sağladığına yönelik araştırma sonuçları elde edilmiştir. Özellikle hızlı fide gelişimini teşvik eden uygulamalar yabancı otlarla mücadelede kültür bitkilerini daha rekabetçi hale getirmektedir. Bazı priming uygulamaları sonucunda da hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığın arttığına dair yapılan çalışmalarda olumlu ve ümit verici sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle tür ve çeşit bazında en başarılı priming yöntemlerinin belirlenmesi son derece önemlidir. Priming yöntemleri konusunda yapılacak çalışmalar tohumculuğa ve tarımsal üretime katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Abbas, S. Q., Hassan, M. U., Hussain, B., Rasool, T., & Ali, Q. (2014). Optimization of Zinc seed priming treatments for improving the germination and early seedling growth of *Oryza sativa*. *Advancements in Life Sciences*, 2(1): 31-37.
- Ahmed, M., Qadeer, U., Ahmed, Z.I., & Hassan, F.U. (2016). Improvement of wheat (*Triticum aestivum*) drought tolerance by seed priming with silicon. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62:299-315.
- Anosheh, H. P., Sadeghi, H., & Emam, Y. (2011). Chemical priming with urea and KNO₃ enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 14(4): 289-295.
- Arif, M., Waqas M., Nawab, K., & Shahid, M. (2007). Effect of seed priming in Zn solutions on chickpea and wheat. *African Crop Science Conference Proceedings*. pp:237-240. Seed Priming: New Comprehensive Approaches for an Old Empirical Technique <http://dx.doi.org/10.5772/64420> 35
- Basra, S. M. A., Zia, M. N., Mehmood, T., Afzal, I., & Khaliq, A. (2002). Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Pakistan Journal of Arid Agriculture*, 5(2):11-16.
- Bennett, M. A., & Waters Jr, L. (1987). Seed hydration treatments for improved sweet corn germination and stand establishment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1):45-49.
- Bray, C.M., (1995). Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: Kigel, J., Galili, G. (ed.) *Seed Development and Germination*. pp:767-789. Marcel Dekker, New York.
- Callan, N. W., Mathre, D., & Miller, J. B. (1990). Bio-priming seed treatment for biological control of *Pythium ultimum* preemergence damping-off in sh-2 sweet corn. *Plant Disease*, 74: 368-372.
- Chen, K., Fessehaie, A., & Arora, R. (2012). Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in *Spinacia oleracea* L. cv. Bloomsdale: possible role in stress tolerance. *Plant Science*, 183:27-36.
- Corbineau, F., & Come, D. (1989). Effects of priming on the germination of *Valerianella olitoria* seeds in relation with temperature and oxygen. *Acta Horticulturae*, 267:191-197.
- Danneberger, T. K., McDonald, M. B., Geron, C. A., & Kumari, P. (1992). Rate of germination and seedling growth of perennial ryegrass seed following osmoconditioning. *HortScience*, 27(1): 28-30.

- Demir, I., Ellialtıoglu, S., & Tipirdamaz, R. (1994). The effect of different priming treatments on reparability of aged eggplant seeds. *Acta Horticulturae*, 362:205-212.
- Duan, P., Ding, F., Wang, F., & Wang, B. S. (2007). Priming of seeds with nitric oxide donor sodium nitroprusside (SNP) alleviates the inhibition on wheat seed germination by salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 33(3): 244-250.
- Duman, İ. (2006). Domates tohumlarında çimlenme ve fide çıkışının iyileştirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Dergisi*, 56(4):447-453.
- Efe, B., & Ünal, S. (2019). Nohut Geveninde (*Astragalus cicer*) Sert Tohumluğun Azaltılması İçin Çeşitli Tohum Kabuğu İnceltme Metotları. II. Uluslararası Tarım Kongresi, Ankara
- El-Araby, M. M., Moustafa, S. M. A., Ismail, A. I., & Hegazi, A. Z. A. (2006). Hormone and phenol levels during germination and osmopriming of tomato seeds, and associated variations in protein patterns and anatomical seed features. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(4): 441-457.
- Elkoca, E. (2006). Priming: Ekim öncesi tohum uygulamaları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38 (1): 113-120.
- Erkoyuncu, M.T., & Yorgancılar, M. (2020). Tuz stresine maruz bırakılan kanola (*Brassica napus L.*)’da priming uygulamalarının (salisilik asit ve askorbik asit) çimlenme üzerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4): 3109-3121.
- Evenari, M. (1984). Tohum fizyolojisi: Antik çağlardan 20. yüzyılın başlarına kadar olan tarihi. *Botanik İnceleme*, 50(2): 119-142.
- Fallahi, J., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., Behdani, M. A., Shajari, M. A., & Amiri, M. B. (2013). Influence of seed nitrogen content and biofertilizer priming on wheat germination in salinity stress conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(6): 791-801.
- Farooq, M., Wahid, A., & Lee, D. J. (2009). Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(5): 937-945.
- Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. (2012). Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1): 125-142.
- Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., & Cheema, S. A. (2013). Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(1): 12-22.
- Fercha, A., Capriotti, A. L., Caruso, G., Cavaliere, C., Gherroucha, H., Samperi, R., Stampachiacchiere, S., & Laganà, A. (2013). Gel-free proteomics reveal potential biomarkers of priming-induced salt tolerance in durum wheat. *Journal of Proteomics*, 91: 486-499.
- Fercha, A., Capriotti, A. L., Caruso, G., Cavaliere, C., Samperi, R., Stampachiacchiere, S., & Laganà, A. (2014). Comparative analysis of metabolic proteome variation in ascorbate-primed and unprimed wheat seeds during germination under salt stress. *Journal of Proteomics*, 108: 238-257.
- Galhaut, L., de Lespinay, A., Walker, D. J., Bernal, M. P., Correal, E., & Lutts, S. (2014). Seed priming of *Trifolium repens L.* improved germination and early seedling growth on heavy metal-contaminated soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(4): 1-15.
- Ge, F. W., Tao, P., Zhang, Y., & Wang, J. B. (2014). Characterization of AQP gene expressions in *Brassica napus* during seed germination and in response to abiotic stresses. *Biologia plantarum*, 58(2): 274-282.
- Georghiou, K., C.A. Thanos, T.P. Tafas, K. Mitrakos. 1982. Tomato seed germination. osmotic pretreatment and far red inhibition. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 33, No. 5, pp. 1068-1075.

- Goswami, A., Banerjee, R., & Raha, S. (2013). Drought resistance in rice seedlings conferred by seed priming: role of the anti-oxidant defense mechanisms. *Protoplasma*, 250:1115-1129.
- Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J., & Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B*, 10(6): 427-433.
- Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothkar, P., & Sodhi, P. S. (1999). On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. *Experimental Agriculture*, 35(1): 15-29.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., & Davies Jr, F. T. (1990). *Plant propagation. Principles and practices*. Plant propagation. Principles and practices, (Ed. 5). Prentice-Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. p:647
- Helsel, D. G., Helsel, Z. R., & Minor, H. C. (1986). Field studies on osmoconditioning soybeans. *Field Crops Research*, 14: 291-297.
- Heydecker, W., & Gibbins, B. M. (1978). The 'priming' of seeds. [Conference paper]. *Acta Horticulturae (Netherlands)*. no. 83.
- Imran M, Mahmood A, Romheld V, & Neumann G. (2013) Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*, 49:141-148.
- Islam, F., Yasmeen, T., Ali, S., Ali, B., Farooq, M. A., & Gill, R. A. (2015). Priming-induced antioxidative responses in two wheat cultivars under saline stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(8): 1-12.
- Jalali, A. H., & Salehi, F. (2013). Sugar beet yield as affected by seed priming and weed control. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(2): 281-288.
- Janeczko, A., Dziurka, M., Ostrowska, A., Biesaga-Koscielniak, J., & Koscielniak, J. (2015). Improving vitamin content and nutritional value of legume yield through water and hormonal seed priming. *Legume Research*, 38(2):185-193.
- Jisha, K. C., & Puthur, J. T. (2016). Seed priming with BABA (β -amino butyric acid): a cost-effective method of abiotic stress tolerance in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Protoplasma*, 253(2): 277-289.
- Kalischuk, M. L., Johnson, D., & Kawchuk, L. M. (2015). Priming with a double-stranded DNA virus alters *Brassica rapa* seed architecture and facilitates a defense response. *Gene*, 557(2): 130-137.
- Kantar, F., & Elkoca, E. (1998). Kültür bitkilerinde tuza dayanıklılık. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (1): 163-174.
- Kaur, S., Gupta, A. K., & Kaur, N. (2002). Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. *Plant Growth Regulation*, 37(1): 17-22.
- Kaya, G. (2008). Tohum uygulamaları (priming)'nin tohum yağ asitleri kompozisyonuna etkisi ve tohum kalitesi ile ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2).
- Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Cıkılı, Y., & Kolsarıcı, Ö. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(4): 291-295.
- Kaymak, H. Ç., Güvenç, İ., Yaralı, F., & Dönmez, M. F. (2009). The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(2): 173-179.
- Khan, A.A. Peck, N.H., & Samimy C. (1981). Seed osmoconditioning: physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany*;29:133-144.

- Khan, A.A., Peck, N.H., Taylor, A.G., & Samimy, C. (1983). Osmoconditioning of beet seed to improve emergence and yield in cold soils. *Agronomy Journal*, 75:788-794.
- Khan, A. A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 13(1): 131-181.
- Kimura, E., & Islam, M.A. (2012). Seed scarification methods and their use in forage legumes. *Research Journal of Seed Science*, 5 (2): 38-50.
- Król, P., Igielski, R., Pollmann, S., & Kępczyńska, E. (2015). Priming of seeds with methyl jasmonate induced resistance to hemi-biotroph *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato via 12-oxo-phytodienoic acid, salicylic acid, and flavonol accumulation. *Journal of Plant Physiology*, 179: 122-132.
- Kubala, S., Wojtyła, Ł., Quinet, M., Lechowska, K., Lutts, S., & Garnczarska, M. (2015). Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seed osmopriming improvement of *Brassica napus* germination under salinity stress. *Journal of Plant Physiology*, 183: 1-12.
- Lespinay, A., Lequeux, H., Lambillotte, B., & Lutts, S. (2010). Protein synthesis is differentially required for germination in *Poa pratensis* and *Trifolium repens* in the absence or in the presence of cadmium. *Plant Growth Regulation*, 61(2): 205-214.
- McDonald, M. B. (1999). Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. *Seed Science & Technology*, 27: 177-237.
- McDonald, M.B. (2000). Seed Priming. In: Black, M., Bewley, J.D. (ed.) *Seed Technology and Its Biological Basis*. pp:287-325. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK.
- Muhammad, I., Kolla, M., Volker, R., & Günter, N. (2015). Impact of nutrient seed priming on germination, seedling development, nutritional status and grain yield of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 38(12): 1803-1821.
- Musa, A. M., Harris, D., Johansen, C., & Kumar, J. V. D. K. (2001). Short duration chickpea to replace fallow after aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. *Experimental Agriculture*, 37(4): 509-521.
- Müller, H., & Berg, G. (2008). Impact of formulation procedures on the effect of the biocontrol agent *Serratia plymuthica* HRO-C48 on *Verticillium wilt* in oilseed rape. *BioControl*, 53(6): 905-916.
- Nascimento, W. M., Huber, D. J., & Cantliffe, D. J. (2013). Carrot seed germination and respiration at high temperature in response to seed maturity and priming. *Seed Science & Technology*, 41(1): 164-169.
- Okçu, G. (2005). Sebze tohumlarında çimlenmeyi artırmak amacıyla yapılan bazı tohum uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2): 64-68.
- Omid, H., Khazaei, F., Hamzi Alvanagh, S., & Heidari-Sharifabad, H. (2009). Improvement of seed germination traits in canola (*Brassica napus* L.) as affected by saline and drought stresses. *Plant Ecophysiology*, 3:151-158.
- Parera, C. A., & Cantliffe, D. J. (1994). Presowing seed priming. *Horticultural Reviews*, 16(16): 109-141.
- Patade, V. Y., Khatri, D., Manoj, K., Kumari, M., & Ahmed, Z. (2012). Cold tolerance in thiourea primed capsicum seedlings is associated with transcript regulation of stress responsive genes. *Molecular Biology Reports*, 39(12): 10603-10613.
- Posmyk, M. M., Corbineau, F., Vinel, D., Bailly, C., & Côme, D. (2001). Osmoconditioning reduces physiological and biochemical damage induced by chilling in soybean seeds. *Physiologia Plantarum*, 111(4): 473-482.
- Posmyk, M. M., & Janas, K. M. (2007). Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6): 509-517.

- Priya, P., Patil, V. C., & Arvind Kumar, B. N. (2011). Effect of seed priming practices on growth, yield and economics of maize (*Zea mays* L.) based cropping systems under rainfed conditions in Northern Karnataka. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 2(3): 502-508.
- Rahman, M. M., Ahammad, K. U., & Alam, M. M. (2011). Effect of soaking condition and temperature on imbibition rate of maize and chickpea seeds. *Research Journal of Seed Science*, 4(2): 117-124.
- Rashid, A., Harris, D., Hollington, P., & Ali, S. (2004). On-farm seed priming reduces yield losses of mungbean (*Vigna radiata*) associated with mungbean yellow mosaic virus in the North West Frontier Province of Pakistan. *Crop Protection*, 23(11): 1119-1124.
- Schwember, A. R., & Bradford, K. J. (2010). A genetic locus and gene expression patterns associated with the priming effect on lettuce seed germination at elevated temperatures. *Plant Molecular Biology*, 73(1): 105-118.
- Shah, Z., Haq, I. U., Rehman, A., Khan, A., & Afzal, M. (2013). Soil amendments and seed priming influence nutrients uptake, soil properties, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) in alkali soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59(2): 262-270.
- Shaheen, H. L., Iqbal, M., Azeem, M., Shahbaz, M., & Shehzadi, M. (2016). K-priming positively modulates growth and nutrient status of salt-stressed cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(6): 759-768.
- Sharma, A. D., Rathore, S. V. S., Srinivasan, K., & Tyagi, R. K. (2014). Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia Horticulturae*, 165: 75-81.
- Singh, P., Singh, D. P., Kumar, A., Chaudhary, B. D., & Thakural, S. K. (1988). Response of mungbean-blackgram hybrids under water stress conditions. In: *Mungbean. Proceedings of the Second International Symposium*, Bangkok, Thailand, November 1987 pp. 263-271.
- Smith, P. T., & Cobb, B. G. (1992). Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried, and germinated pepper seeds. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 20(3): 503-513.
- Soya, H., & Geren, H. (1999). Tohumluk. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 56/2, E.Ü. Offset Basımevi, İzmir
- Sun, H., Li, L., Wang, X., Wu, S., & Wang, X. (2011). Ascorbate–glutathione cycle of mitochondria in osmoprimed soybean cotyledons in response to imbibitional chilling injury. *Journal of Plant Physiology*, 168(3): 226-232.
- Sung, F. (1993). Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. *Seed Science & Technology*, 21: 97-105.
- Taylor, A.G., Allen, P.S., Bennett, M.A., Bradford, J.K., Burris, J.S., & Mishra, M.K. (1998). Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8:245-256.
- Toklu, F., Baloch, F. S., Karaköy, T., & Özkan, H. (2015). Effects of different priming applications on seed germination and some agromorphological characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 1005-1013.
- Tolan, T., Uzun, S., Murat Kardeş, Y., Orman, D., Özaktan, H. & Uzun, O., (2017). Çayır üçgülü genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine nacl konsantrasyonlarının etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4 (2): 220-226.
- Xu, S., Hu, J., Li, Y., Ma, W., Zheng, Y., & Zhu, S. (2011). Chilling tolerance in *Nicotiana tabacum* induced by seed priming with putrescine. *Plant Growth Regulation*, 63(3): 279-290.

- Yacoubi, R., Job, C., Belghazi, M., Chaibi, W., & Job, D. (2013). Proteomic analysis of the enhancement of seed vigour in osmoprimed alfalfa seeds germinated under salinity stress. *Seed Science Research*, 23(2): 99-110.
- Zhang, C. F., Hu, J., Lou, J., Zhang, Y., & Hu, W. M. (2007). Sand priming in relation to physiological changes in seed germination and seedling growth of waxy maize under high-salt stress. *Seed Science & Technology*, 35(3): 733-738.
- Zheng, G. H., Wilen, R. W., Slinkard, A. E., & Gusta, L. V. (1994). Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. *Crop Science*, 34(6): 1589-1593.