

## Bezelye (*Pisum sativum* L.) Tohumlarında NaCl ile Yapılan Priming Uygulamaları için En Uygun Protokolün Belirlenmesi\*

Bülent ŞENTÜRK, H. Özkan SİVRİTEPE\*

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,  
Görükle Yerleşkesi, Nilüfer 16059 Bursa  
\*E-posta: ozkan@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 26.08.2015; Kabul Tarihi: 22.10.2015

**Özet:** Dual ve Spring bezelye çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişiminin ilk aşamalarında tuza toleranslarının artırılması amacıyla, NaCl ile yapılan priming uygulamalarının kullanım olanakları araştırılmıştır. Her iki bezelye çeşidine ait tohumlarda 16°C’de, NaCl’in çeşitli konsantrasyonları (0, 50, 100, 150, 200 ve 300 mM) kullanılarak, farklı sürelerde (1, 2 ve 3 gün) priming uygulamaları yapılmıştır. Uygulama yapılmayan tohumlar ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Priming uygulamaları sonunda bezelye tohumları 25°C’de yüzeysel olarak kuru hale getirilmiş ve ulaştıkları nem kapsamları belirlenmiştir. Daha sonra tohumlar orijinal nem kapsamlarına gelinceye kadar geriye kurutulmuştur. Normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve elektriksel iletkenlik parametreleri bakımından kontrol grubu ile farklılık göstermeyen 16°C’de 150 mM NaCl ile 2 günlük uygulamanın, bezelye tohumlarında yapılan priming için en uygun protokol olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Pisum sativum* L., NaCl, priming, normal çimlenme, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, elektriksel iletkenlik.

### Determination of Optimum Protocol for NaCl Priming in Pea (*Pisum sativum* L.) Seeds

**Abstract:** Possibilities of using priming treatments with NaCl were investigated to increase salt tolerance of pea seeds (cvs. Dual and Spring) during germination and early seedling growth. Priming treatments in seeds of both pea cultivars were conducted at 16°C by the use of various concentrations (0, 50, 100, 150, 200 and 300 mM) of NaCl for different periods (1, 2 and 3 days). Untreated seeds were evaluated as the control. Following priming treatments, the seeds were surface dried at 25°C and seed moisture contents were calculated. Then, the seeds were dried back to the original seed moisture content. From the point of view of normal germination, mean germination time, germination index

\* Yüksek Lisans tezinden alınmıştır.

and electrical conductivity parameters, the priming treatment at 16°C with 150 mM NaCl for 2 days, which did not show any difference compared with control, was determined as the optimum protocol for pea seeds.

**Key Words:** *Pisum sativum* L., NaCl, priming, normal germination, mean germination time, germination index, electrical conductivity.

## Giriş

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, tarımsal üretim alanlarında toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran en önemli sorunlardan birisidir. Toprak tuzluluğu çoğunlukla yağış miktarı az, yüksek sıcaklık derecelerine sahip olan kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmakta ve böyle alanlarda ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır (Munns ve Termaat, 1986; Umezawa ve ark., 2000).

Tarımsal ya da peyzaj sulama uygulamalarının yanlış yapılması, özellikle doğal drenaj koşullarının kötü olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Ekmekçi ve ark., 2005). Toprak ya da sulama suyunda yüksek oranda tuz bulunması; bitkilerin büyüme ve gelişmesini engellediği gibi kullanılabilir tarım alanları ve su kaynaklarının tükenmesine de yol açmaktadır.

Toprakta bulunan çözünebilir tuzların miktarı, bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan miktarın üzerine çıktığında bazı sorunlar yaşanmaya başlar. Toprakta tuz içeriği arttıkça bitkinin su alımı kısıtlanmaktadır. Tuz konsantrasyonu kullanılabilir su potansiyelini 0.5-1.0 bar düşürmeye yetecek kadar yüksek ise bitki strese girer ki, bu da “Tuz Stresi” olarak adlandırılmaktadır (Levitt, 1980).

Bitkilerin tuzdan etkilenme durumlarının genetik olarak kontrol edilebilen bir özellik olduğu bilinmektedir. Ashraf (1994)’a göre yüksek oranlarda çözülebilen tuz içeren ortamlarda bitkilerin büyüme ve gelişmesini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanan “Tuza Tolerans”, bitkilerde farklı biçimlerde kendini gösterebilmektedir.

Levitt (1980)’in açıkladığı iki farklı mekanizma, daha sonraki yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından da geliştirilerek anlatılmıştır. Buna göre bir bitkide tuzdan sakınım (exclusion) ve tuzu kabullenme (inclusion) mekanizmalarından birisi iyi gelişmiş ise, bu bitki genotipinin tuza toleransı yüksek olmaktadır. Tuzdan sakınım mekanizmasına sahip olan bitkiler, tuzun alınmasını sınırlama yoluyla toksisiteyi önleme yolunu kullanmaktadırlar. Bu bitkiler tuzu bünyesinden uzak tutarak hücre içindeki tuz konsantrasyonunu sabit olarak koruyabilmektedirler. Tuzu kabullenme mekanizmasına sahip bitkiler ise Na ve Cl iyonlarına doku toleransı göstermektedirler. Bitki Na iyonunu fazlaca aldığı halde, zararlanma belirtisi göstermiyor veya çok az etkileniyorsa doku toleransından söz edilebilir. Bu tip bitkilerde tuzun hücreler içinde tutulduğu ve tuz bezleri gibi özelleşmiş hücrelerde biriktirildiği bilinmektedir. Bu iki tolerans mekanizması esas anlamda kabul ediliyor olsa da, tuza karşı toleransın mekanizması henüz tam olarak açıklanabilmiş değildir (Babourina ve ark., 2000).

Çoğu Akdeniz ülkesinde su kıtlığı ve su kalitesinin bozulması tarımsal gelişimi kısıtlayan en temel faktörlerden biridir. Bu ülkelerde hatırı sayılır bir miktarda düşük kaliteli su bulunmaktadır. Özellikle denizler ile iç içe olmaları sebebiyle bu ülkelerde tuzlu sular yaygındır ve bunların tarım için kullanımı bir zorunluluktur. Bu nedenle tuzlu

koşullarda üretim için daha fazla bilgi, yeni teknolojiler ve yeni tekniklerin araştırılması gerekmektedir (Chartzoulakis ve Loupassaki, 1997).

Bitkisel üretimde birim alandan alınan verimin artırılması ve kaliteli bir yetiştiriciliğin elde edilmesi için başlangıç materyali olan tohumun da kaliteli olması gerekmektedir. Kültür sebzeleri yetiştiriciliğinde, tohumun sağlıklı olması, kısa sürede çimlenmesi ve performansının iyi olması tohumun kalitesi ile ilişkilidir (Sivritepe ve Şentürk, 2011). Tohumların daha hızlı ve uygun bir şekilde çimlenebilmeleri ya da fide çıkışı sağlayabilmeleri için ekim öncesi bazı uygulamalar yapılmaktadır. Ekim öncesi yapılan en önemli uygulamalardan birisi de tohumların ozmotik çözeltilerde tutulmasıdır. Priming ya da ozmotik koşullandırma olarak adlandırılan bu tekniğin esası; tohumların ozmotik potansiyeli ayarlanmış sıvılarda yüksek nem kapsamlarına çıkarılarak, uzun bir süre çimlenmeden tutulabilmesine dayanmaktadır (Sivritepe, 1999).

Çoğunlukla ozmotik solüsyonlarla (inorganik tuzlar, şekerler, büyüme düzenleyici maddeler ve polietilen glikol) yapılan priming, tohumlarda performansın iyileştirilmesi ile daha hızlı ve eş zamanlı çimlenmeyi sağlayan önemli teknolojik uygulamalardan biridir. Bu genel amaçlarının dışında NaCl ile yapılan priming uygulamalarının; hıyarda (Passam ve Kakouriotis, 1994; Esmailpour ve ark., 2006; Ghassemi-Golezani ve Esmailpour, 2008), şeker pancarında (Shannon ve Grieve, 1999), kavunda (Sivritepe ve ark., 1999; 2003; 2005; 2008; Guzman ve Olave, 2006), soğanda (Sivritepe, 2000; Sivritepe ve Sivritepe, 2007), domates ve marulda (Perez-Alfocea ve ark., 2002), biberde (Çay, 2005; Amjad ve ark., 2007), domateste (Şahin ve ark. 2011) ve mısırdaki (Bakht ve ark. 2011) tuza toleransı arttırdığı tespit edilmiştir.

Ancak, tuza dayanıklılık açısından doğada familyalar, cinsler, türler ve hatta aynı türe dahil olan çeşitler arasında da geniş bir varyasyon vardır (Maas, 1984). Ayrıca tuza dayanıklılık ya da hassasiyet, bitkilerin gelişme dönemlerine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Önemli olan, priming uygulamalarında her bitki tür ve çeşidi için tohumların canlılığını düşürmeyen ve tuzlu ortamlara adaptasyonu sağlayan uygun NaCl konsantrasyonu ile uygulama sıcaklığı ve süresini belirleyebilmektir (Sivritepe, 2000).

Bu çalışmada, Dual ve Spring çeşitlerine ait bezelye tohumlarında çimlenme ve fide gelişiminin ilk aşamalarında tuza toleransın artırılması amacıyla, NaCl ile yapılan priming uygulamalarında bezelye tohumları için en uygun protokolün geliştirilmesi hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür ve çalışmalarda Dual ve Spring bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin tohumları kullanılmıştır. Bursa'daki MayAgro Tohumculuk San. Tic. A.Ş. firmasından temin edilen bezelye tohumları, uygulamalarda kullanılmaya kadar hermetik olarak kapatılmış cam kavanozlarda ve buzdolabında  $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.

Bezelye tohumlarında nem kapsamının belirlenmesi, Uluslararası Tohum Test Birliği (International Seed Testing Association; ISTA) Kuralları'na uygun olacak şekilde Yüksek Sabit Sıcaklıktaki Fırın Yöntemi'ne göre yapılmıştır (ISTA, 2012). Priming uygulamaları ve çimlendirme testleri aşamalarında meydana gelebilecek olası patojen gelişimlerini engellemek amacıyla tüm uygulamalar öncesinde tohumlar seyreltilmiş olan %5'lik NaOCl çözeltisi içerisinde 10 dakika bekletilerek yüzeysel sterilizasyon uygulamasına tabi tutulmuştur.

Yapılan her bir sterilizasyon uygulamasından çıkarılan tohumlar 3 dakika süreyle su altında yıkanıp daha sonra da bir kez saf sudan geçirilip kâğıt havlular arasında yüzey kuruluşu sağlanana kadar 25°C'de bekletilip denemelerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

Priming uygulamalarında; 1 L hacimli PE kapların her birinin içerisine 4 kat kâğıt havlu yerleştirilmiş ve saf su ya da her bir NaCl çözeltisinden 50 mL konularak kapakları kapatılmıştır. Daha önceden tartılarak yüzey sterilizasyon işlemlerine tabi tutulmuş olan 200 adet tohum, kapların içerisinde bulunan nemli kâğıtların yüzeyine yayılmıştır. PE kaplar 16±1°C'de (Sivritepe, 1992) çalışan iklim dolabında 1, 2 ve 3 gün olmak üzere 3 farklı sürede tutulmuştur. Uygulama yapılmayan tohumlar ise kontrol olarak değerlendirilmiştir.

İlk aşamada bezelye tohumlarının priming uygulamalarına yönelik genel eğilimini belirleyebilmek amacıyla denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu denemelerin ilkinde, 16±1°C sıcaklıkta, farklı sürelerde (1, 2 ve 3 gün) ve 100 mM konsantrasyondaki NaCl çözeltisi kullanılarak yapılan priming uygulamalarında, çeşitlere bağlı olarak, 2. günün sonunda yaklaşık %2-3 oranında çimlenmeye başlayan tohumların 3. günde yaklaşık %9-10 oranında çimlendikleri belirlenmiş ve bu nedenle birinci denemeye son verilmiştir.

İkinci denemede, bezelye tohumları, yine 1, 2 ve 3 gün süre ile 200 ve 300 mM konsantrasyonlardaki NaCl çözeltileri kullanılarak priming uygulamalarına tabi tutulmuştur. Dual ve Spring çeşidi tohumlar ile yapılan 3 günlük uygulamalarda çimlenmeler meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca priming uygulamalarını takiben, yapılan çimlendirme testleri sonuçlarına göre de 300 mM NaCl ile yapılan priming uygulamalarında canlılığın belirgin bir şekilde düştüğü tespit edilmiştir. Bu veriler göz önünde bulundurulduğunda, 2 gün süre ile yapılan priming uygulamalarının Dual ve Spring çeşitlerine ait bezelye tohumlarında kullanılabileceği ve NaCl ile yapılan 300 mM'lık priming uygulamalarının toksik etki yarattığı sonucuna varılmıştır.

İkinci denemeden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, üçüncü denemede yapılan priming uygulamalarında tohumlar; 16±1°C'de çalışan iklim dolabında 2 gün süreyle 0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl çözeltilerinde tutulmuştur. Priming sonrası yıkama uygulamaları birinci ve ikinci denemelerde olduğu gibi yapılmıştır. Daha sonra tüm gruplardaki tohumlar kullanılarak ISTA Kuralları'na uygun olacak şekilde çimlendirme testleri yapılmıştır (ISTA, 2012).

Bezelye tohumlarının gücü ile ilgili analitik değerlendirmeler yapabilmek amacıyla ortalama çimlenme süresi (OÇS) hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

$$OÇS = \sum D n / \sum n$$

OÇS: Ortalama çimlenme süresi (gün)

D: Testin başlangıcından itibaren sayılan günler

n: D gününde çimlenen tohumların sayısı

Denemelerde kullanılan bezelye tohumlarında uygulamalara bağlı olarak meydana gelen performans değişimlerinin karşılaştırılması ise çimlenme indeksi (Çİ) formülü kullanılarak yapılmıştır (Copeland ve McDonald, 2001).

$$Çİ = \sum n / d$$

n: d gününde elde edilen normal fide sayısı

d: Testin başlangıcından itibaren sayılan günler

Ayrıca tohumdan sızan maddelerin elektriksel iletkenliğinin ölçümü için, orijinal nem kapsamına gelinceye kadar kurutulmuş olan tohumlar ISTA Kuralları'na uygun olacak şekilde elektriksel iletkenlik testlerine tabi tutulmuşlardır (ISTA, 2012).

Denemeler sonunda, elde edilen verilerin varyans analizleri çeşitler bazında ayrı ayrı değerlendirilerek tesadüf parsellerinde iki faktörlü faktöriyel deneme desenine uygun olacak şekilde 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Ortalamalar arası farklılıklar 0.05 önemlilik seviyesinde LSD Testi ile değerlendirilmiştir. Verilerin istatistiksel analizlerinde JMP 7.0 bilgisayar programı kullanılmıştır.

## **Araştırma Sonuçları ve Tartışma**

Tohum aşamasında priming tekniğinden faydalanılarak tuza toleransın artırılmasında, toksik iyon etkileri nedeniyle bitki tür ve çeşidine bağlı olarak öncelikle optimum NaCl konsantrasyonlarının belirlenmesi gerekmektedir (Sivritepe ve ark., 1996). Bu bakımdan, Dual ve Spring bezelye çeşitlerinin tohumlarının, priming uygulamalarına yönelik genel eğilimini belirleyebilmek amacıyla, 16°C sıcaklıkta, farklı sürelerde (1, 2 ve 3 gün) ve 100 mM konsantrasyondaki NaCl çözeltisi kullanılarak yapılan birinci denemede, kullanılan NaCl dozunun çözeltinin ozmotik potansiyelini yeterince düşürememesi nedeniyle, bir sonraki denemede daha yüksek dozların kullanılmasına karar verilmiştir.

İkinci denemede farklı süre (1, 2 ve 3 gün) ve daha yüksek konsantrasyonlardaki NaCl çözeltileri (200 ve 300 mM) kullanılarak yapılan priming uygulamaları sonrasında her iki bezelye çeşidinde de uygulama süresi arttırıldıkça tohum nem kapsamlarında artış olduğu gözlenmiştir (Çizelge 1 ve 2).

Genel olarak 1 ve 2 günlük priming uygulamalarında yüksek çimlenme oranları kaydedilmiştir. Kontrol grubu tohumlar Dual çeşidinde %94.0, Spring çeşidinde ise %98.0 oranında normal çimlenme göstermiştir. Her iki çeşitte de özellikle 300 mM'lık NaCl'ün etkisiyle 2 ve 3 günlük sürelerde normal çimlenme oranında önemli düşüşler meydana gelmiştir. Ancak bu düşüşler Dual çeşidi tohumlara kıyasla çeşit özelliğine bağlı olarak Spring çeşidi tohumlarda daha az oranda gerçekleşmiştir.

Ortalama çimlenme süreleri açısından her iki çeşitte de priming uygulamalarının etkisiyle kısaltmalar meydana gelmiştir. Dual ve Spring çeşidi tohumlarda, kontrol grubu tohumlara kıyasla 200 mM NaCl çözeltisiyle yapılan priming uygulamalarının etkisiyle ortalama çimlenme süreleri oldukça kısaltılmıştır. Ancak 300 mM NaCl uygulanmış tohumlarda söz konusu iyileşmeler gerçekleşmemiştir. 200 mM'lık uygulamaların aksine, 300 mM'lık NaCl ile yapılan priming uygulamaları ortalama çimlenme süresini kısaltmamış ve hatta 3 günlük uygulama nedeniyle ortalama çimlenme süresi uzayarak Dual'de 5.3 ve Spring'de 5.2 gün olarak gerçekleşmiştir.

Çimlenme indeksi açısından da normal çimlenme oranı ve ortalama çimlenme süresi eğilimlerine benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Artan NaCl konsantrasyonu etkisiyle Dual çeşidinde kontrol grubunda 36.5 olan Çİ değeri 9.8'e kadar gerilemiştir. Ancak bu düşüş Dual çeşidi tohumlara kıyasla Spring çeşidi tohumlarda daha az oranda gerçekleşmiştir. Kontrol grubunda 39.4 olan Çİ değeri 300 mM 3 gün uygulamasında 20.2'ye kadar düşmüştür.

**Çizelge 1.** Dual çeşidi bezelye tohumlarında farklı NaCl çözeltileri ile yapılan priming uygulamalarının tohum nem kapsamı, normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi (OÇS) ve çimlenme indeksi (Çİ) üzerine etkileri.

Priming Dozu (mM)	Priming Süresi (gün)	Priming Sonrası Tohum Nem Kapsamı (%)	Normal Çimlenme Oranı (%)	OÇS (gün)	Çİ
Kontrol	0	10.1	94.0 a <sup>a</sup>	5.2 a	36.5 c
200	1	45.3	93.5 a	4.6 c	41.6 b
	2	47.5	94.0 a	4.2 de	45.0 a
	3	--- <sup>b</sup>	88.0 a	4.1 e	43.2 ab
300	1	41.6	92.5 a	5.0 b	37.0 c
	2	45.4	78.0 b	5.0 b	31.2 d
	3	--- <sup>c</sup>	29.0 c	5.3 a	9.8 e
Priming Dozu (A)			*	*	*
Priming Süresi (B)			*	*	*
A x B			*	*	*

<sup>a</sup> Farklı harfler uygulama serileri arasındaki farkı göstermektedir (P<0.05)

<sup>b</sup> Tohumlarda yaklaşık %8 oranında çimlenme meydana geldiği için nem kapsamı hesaplanamamıştır.

<sup>c</sup> Tohumlarda yaklaşık %4 oranında çimlenme meydana geldiği için nem kapsamı hesaplanamamıştır.

\* 0.05 düzeyinde önemli fark

**Çizelge 2.** Spring çeşidi bezelye tohumlarında farklı NaCl çözeltileri ile yapılan priming uygulamalarının tohum nem kapsamı, normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi (OÇS) ve çimlenme indeksi (Çİ) üzerine etkileri.

Priming Dozu (mM)	Priming Süresi (gün)	Priming Sonrası Tohum Nem Kapsamı (%)	Normal Çimlenme Oranı (%)	OÇS (gün)	Çİ
Kontrol	0	10.2	98.0 a <sup>a</sup>	5.0 b	39.4 b
200	1	46.3	97.0 a	4.0 d	48.5 a
	2	47.9	97.0 a	4.2 cd	47.5 a
	3	--- <sup>b</sup>	93.5 ab	4.0 d	46.6 a
300	1	42.9	95.0 a	5.0 b	38.0 b
	2	45.6	85.5 b	5.0 b	34.2 c
	3	--- <sup>c</sup>	50.5 c	5.2 a	20.2 d
Priming Dozu (A)			*	*	*
Priming Süresi (B)			*	*	*
A x B			*	*	*

<sup>a</sup> Farklı harfler uygulama serileri arasındaki farkı göstermektedir (P<0.05)

<sup>b</sup> Tohumlarda yaklaşık %10 oranında çimlenme meydana geldiği için nem kapsamı hesaplanamamıştır.

<sup>c</sup> Tohumlarda yaklaşık %5 oranında çimlenme meydana geldiği için nem kapsamı hesaplanamamıştır.

\* 0.05 düzeyinde önemli fark

Denemeler sonucunda 3 günlük uygulamalarda çimlenmelerin olduğu tespit edilmiş ve nem kapsamları belirlenememiştir. Priming tekniğinin esasına göre uygulamalar esnasında tohumlarda hiç çimlenme olmaması gerektiğinden maksimum 2 günlük priming uygulamasının yeterli olabileceğine karar verilmiş; normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi parametreleri birlikte değerlendirildiğinde, priming için en uygun sürenin 2 gün olduğu belirlenmiştir.

Priming uygulaması için en uygun NaCl konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla yapılan diğer denemelerde; Dual ve Spring çeşitlerine ait tohumlar kullanılarak farklı konsantrasyonlardaki (0, 50, 100, 150 ve 200 mM) NaCl çözeltileri ile 2 gün süreyle yapılan priming uygulamalarının tohum nem kapsamı, normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi ile elektriksel iletkenlik bakımından tohum performansı üzerine etkileri Çizelge 3'te verilmiştir.

Genel olarak NaCl ile yapılan priming uygulamalarının konsantrasyonları arttıkça normal çimlenme oranında bazı değişimler görülmüştür. Ancak, tohum canlılığında meydana gelen bu değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Dual çeşidinde kontrol grubu tohumlarda normal çimlenme oranı %94.5 iken, NaCl ile yapılan priming uygulamalarında en yüksek konsantrasyon olan 200 mM'da %93.5 olarak tespit edilmiştir.

Spring çeşidinde de Dual çeşidine benzer olarak, NaCl ile yapılan priming uygulamaları nedeniyle tohum canlılığında meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Kontrol grubu tohumlarda normal çimlenme oranı %98.5 iken, NaCl ile yapılan priming uygulamalarında yine en yüksek konsantrasyon olan 200 mM'da %98.5 olarak tespit edilmiştir.

Ortalama çimlenme süresi bakımından tüm uygulama gruplarında kontrol grubu tohumlarına karşı istatistiksel olarak farklılık tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Tohumlarda ortalama çimlenme süresi bakımından farklı NaCl çözeltileri ile yapılan uygulamaların ortalama çimlenme süresini kısalttığı belirlenmiştir. Dual çeşidi kontrol grubu tohumlarda 5.2 gün olan ortalama çimlenme süresinin priming uygulamalarının etkisiyle 4.3 gün; Spring çeşidi tohumlarda ise kontrol grubu tohumlarda 5.0 gün olan ortalama çimlenme süresinin priming uygulamalarının etkisiyle 4.0 güne kadar indirilebildiği belirlenmiştir.

Tohumlara NaCl çözeltileri ile yapılan priming uygulamaları sonucunda, Dual ve Spring çeşitlerinde çimlenme indeksi açısından her iki çeşitte de belirgin artışların olduğu tespit edilmiştir. Dual çeşidinde kontrol grubunda 36.5 olan Çİ değeri 44.8'e, Spring çeşidinde ise kontrol grubunda 39.4 olan Çİ değerinin 49.5'e kadar yükseldiği belirlenmiştir.

Artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak her iki çeşitte EC değerlerinin de arttığı ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Dual çeşidi tohumlar ile yapılan denemelerde kontrol grubu tohumlarda ölçülen EC değeri  $26.9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; kontrol grubu tohumlar ile  $27.9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  olarak tespit edilen 150 mM NaCl ile priming uygulaması görmüş olan tohumların EC değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Spring çeşidi tohumlar ile yapılan denemelerde kontrol grubu tohumlarda ölçülen EC değeri  $25.5 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Spring çeşidinde de kontrol grubu tohumlar ile

25.3  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  olarak tespit edilen 150 mM NaCl ile priming uygulaması görmüş olan tohumların EC değerleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Özellikle Dual çeşidinde 200 mM NaCl konsantrasyonu nedeniyle tohumlarda meydana gelen aşırı güç kaybı neticesinde bu konsantrasyonun kullanımının olanaksız olacağı belirlenmiştir. Uygulamalar sonucu elde edilen EC değerleri konsantrasyona bağlı olarak artış eğilimi gösteriyor olsa da, her iki çeşit için de ortak noktada kesişen ve kontrol grubu tohumları ile benzer özellik gösteren uygulamanın 150 mM NaCl uygulaması olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** Dual ve Spring çeşitlerinin tohumlarında farklı NaCl çözeltileri ile yapılan priming uygulamalarının tohum nem kapsamı, normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi (OÇS), çimlenme indeksi (Çİ) ve elektriksel iletkenlik (EC) değişimi üzerine etkileri.

Çeşit	Priming Dozu (mM)	Priming Sonrası Tohum Nem Kapsamı (%)	Normal Çimlenme Oranı (%)	OÇS (gün)	Çİ	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )
Dual	Kontrol	10.1	94.5 cde <sup>a</sup>	5.2 a	36.5 e	26.9 bc
	0	48.7	95.0 cde	4.4 cd	43.9 bc	18.7 e
	50	48.4	94.5 cde	4.3 d	44.8 b	23.5 d
	100	48.0	92.0 e	4.3 d	43.2 bc	25.5 cd
	150	47.7	95.5 bcde	4.4 cd	44.7 b	27.9 b
	200	47.5	93.5 de	4.5 c	42.5 c	35.5 a
Spring	Kontrol	10.2	98.5 ab	5.0 b	39.4 d	25.5 b
	0	49.9	97.0 abcd	4.0 e	48.5 a	12.1 e
	50	48.6	99.0 a	4.0 e	49.5 a	14.5 d
	100	48.7	95.5 bcde	4.0 e	47.8 a	22.8 c
	150	48.0	97.5 abc	4.0 e	48.8 a	25.3 b
	200	47.9	98.5 ab	4.0 e	49.3 a	28.3 a
Çeşit (A)			Öd	öd	*	*
Priming Dozu (B)			*	öd	*	*
A x B			*	*	*	*

<sup>a</sup> Farklı harfler uygulama serileri arasındaki farkı göstermektedir ( $P<0.05$ )

öd: Önemli değil

\* 0.05 düzeyinde önemli fark

Elde edilen veriler sonucunda; Matthews ve Powell (1981)'ın yaptıkları derecelendirmeye göre Dual ve Spring bezelye çeşitlerine ait tohumların, sadece uygun koşullarda erken ekime uygun olduklarının belirtildiği ikinci grupta yer aldıkları tespit edilmiştir. Ancak priming uygulamalarının etkisiyle, Dual ve Spring çeşitlerinde kontrol grubu tohumlara kıyasla tohum gücünün 0, 50 ve 100 mM'da arttığı ve her türlü koşulda erken ekim için elverişli hale geldiği; 150 mM'da kontrol grubu ile istatistiksel açıdan farklılık yaratmayacak düzeyde kaldığı ( $P>0.05$ ) ve 200 mM'da ise oldukça azaldığı tespit edilmiştir.

Normal çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve EC parametreleri birlikte değerlendirildiğinde bezelye tohumları kullanılarak yapılan priming



uygulamaları için en uygun protokolün, 16°C sıcaklıkta 2 gün süreyle 150 mM konsantrasyondaki NaCl çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilen priming uygulaması olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca priming sonrasında her iki bezelye çeşidinin de tohumlarının ulaştıkları nem kapsamları hesaplanmıştır. Priming süresi arttırıldıkça tohumların nem kapsamlarında artış meydana geldiği belirlenmiştir. Tohum nem kapsamlarının %47-48 aralığında hesaplandığı denemelerde uygulanan protokolün, priming uygulamaları için optimum koşullar olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmamızda Dual ve Spring bezelye çeşitlerinde, artan NaCl konsantrasyonlarının etkisiyle normal çimlenme oranlarının azaldığı, ortalama çimlenme sürelerinin uzadığı ve elektriksel iletkenlik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Her iki çeşitte de hem tohum canlılığındaki azalma ile güç kaybı arasında hem de ortalama çimlenme sürelerindeki artış (güç kaybı) ile elektriksel iletkenlikteki artış arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Bu sonuçlar, Doijode (1990) ve Demirkaya (2006)'nın soğan tohumlarında canlılık ve güç kaybının, tohumdan madde sızıntısındaki artışla pozitif bir ilişki içerisinde olduğunu belirttiikleri çalışmaları teyit etmektedir.

Farklı konsantrasyonlardaki NaCl çözeltileri ile yapılan priming uygulamalarını takiben gerçekleştirilen elektriksel iletkenlik testlerinde, artan konsantrasyonların etkisiyle tohumdan sızan maddelerde de artış olduğu belirlenmiştir. Yani canlılık düştükçe elektriksel iletkenliğin arttığı tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar; Pearce ve Abdel Samad (1980)'ın yerfıstığı tohumlarında, Tilden ve West (1985)'in soya fasulyesi tohumlarında, Pandey (1989a)'in fasulye tohumlarında, Pandey (1989b), Doijode (1990), İlbi ve Eser (2004) ile Demirkaya (2006)'nın soğan tohumlarında, Zeng ve ark. (2004)'nin hiyar tohumlarında yaptığı çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Bu çalışma, bezelye tohumlarında NaCl ile yapılan priming uygulamalarının tuza tolerans yeteneğinin geliştirilmesi ile ilgili olarak gerçekleştirilen ilk araştırma olmakla birlikte, ülkemizde yaygın olarak yetiştiricilikte kullanılmakta olan iki bezelye çeşidinin tuza toleranslarının ortaya konması bakımından da önemlidir. Özellikle tuza hassas olduğu bilinen, ekonomik önemi yüksek olan ve yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılan bezelye tohumlarında daha önceden bu tür bir çalışmanın hiç yapılmamış olması, bu çalışma ile ilk kez ortaya konan bezelye tohumlarında NaCl ile yapılan priming protokolünün önemini bir kat daha arttırmaktadır. Bu tür çalışmaların diğer bezelye çeşitleri ile birlikte farklı sebze türlerinde de denemesi ve uygun protokollerin oluşturulması, her geçen gün artan tuzluluk sorununun bertaraf edilebilmesi açısından önemlidir. Bunun ötesinde, NaCl ile priming uygulamalarının tuza toleransın arttırılmasında sadece çimlenme ve fide gelişimi aşamalarındaki etkileri değil, bitkinin diğer büyüme ve gelişme dönemlerine olan etkilerinin de araştırılması gerekmektedir. Ayrıca, bezelye tohumlarında priming uygulamaları ile kazanılmış olan tolerans yeteneğinin, depolama esnasında ne kadar süre korunabileceği ve diğer türlerde de nasıl bir süreç gerektiğinin belirlenmesi tohum teknolojisi açısından büyük önem taşımaktadır.

## Kaynaklar

Amjad, M., K. Ziaf, Q. Iqbal , I. Ahmad , M.A. Riaz, Z.A. Saqib. 2007. Effect of seed priming on seed vigour and salt tolerance in hot pepper. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 44(3): 408-414.

- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Crt. Rev. Plant Sci.* 13:17-42.
- Babourina, O., T. Leonova, S. Shabala. 2000. Effect of sudden salt stress on ion fluxes in intact wheat suspension cell. *Annals of Botany-London*, 85: 759-767.
- Bakht, J., M., Y. Shafi Jamal, H. Sher. 2011. Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(1): 252-261.
- Chartzoulakis, K.S., M.H. Loupassaki. 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management*, 32(3): 215-225.
- Copeland, L.O., M.B. McDonald. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA.
- Çay, S. 2005. Biberlerde (*Capsicum annum* L.) NaCl ile yapılan ozmotik koşullandırma uygulamalarının tuza tolerans üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Bursa.
- Demirkaya, M. 2006. Soğan (*Allium cepa* L.) Tohumlarında canlılık kaybı ve onarım aşamasında meydana gelen fizyolojik değişimler. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Bursa.
- Doijode, S.D. 1990. Solute leakage in relation to loss of seed viability on accelerated ageing in different onion cultivars. *Indian Journal of Plant Physiology*, 33: 54-57.
- Ekmekçi, E., M. Apan, T. Kara. 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Ellis, R.H., E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409.
- Esmailpour, B., K. Ghassemi-Golezani, F.R. Khoei, V. Gregorian, M. Toorchi. 2006. The effect of NaCl priming on cucumber seedling growth under salinity stress. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 4(2): 347-349.
- Ghassemi-Golezani K., B. Esmailpour. 2008. The effect of salt priming on the performance of differentially matured cucumber (*Cucumis sativus*) seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 36(2): 67-70.
- Guzman, M., J. Olave. 2006. Response of growth and biomass production of primed melon seed (*Cucumis melo* L. cv. Primal) to germination salinity level and n-forms in nursery. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 4(1): 163-165.
- ISTA. 2012. *International Rules for Seed Testing*. 2012 Edition. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- İlbi, H., B. Eser. 2004. Soğan tohumlarında yaşlanma ve fosfolipidlerdeki değişimler. V. Sebze Tarımı Sempozyumu. 21-24 Eylül. s. 51-57.
- Levitt, J. 1980. *Responses of plants to environmental stresses Volume II. (Physiological Ecology)*, Academic Press, New York. p. 365-490.
- Maas, E.V. 1984. Crop tolerance. *California Agriculture*, 38(10): 20-21.
- Matthews, S., A.A. Powell. 1981. Electrical conductivity test. In: *Handbook of Vigour Test Methods* (Ed. D.A. Perry), p. 37-41, ISTA, Zurich, Switzerland.
- Munns, R., A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 143-160.
- Pandey, D.K. 1989a. Amelioration of the effect of ageing in onion seeds. *Indian Journal of Plant Physiology*, 32(4): 379-382.

- Pandey, D.K. 1989b. Priming induced alleviation of effect of natural ageing derived selective leakage of constituents in French bean seeds. *Seed Science and Technology*, 17: 391-397.
- Passam, H.C., D. Kakouriotis. 1994. The effects of osmoconditioning on the germination, emergence and early plant growth of cucumber under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 57: 233-240.
- Pearce, R.S., I.M. Abdel Samad. 1980. Change in fatty acid content of polar lipids during ageing of seeds of peanut (*Arachis hypogea* L). *Journal of Experimental Botany*, 31: 1283-1290.
- Perez-Alfocea, F., M.E. Balibrea, M. Para, M.C. Bolarin. 2002. Increasing salt tolerance in tomato and lettuce by inducing plant adaptation: Haloconditioning. *Acta Horticulturae*, 573: 369-375.
- Shannon, M.C., C.M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78: 5-38.
- Sivritepe, H.Ö. 1992. Genetic deterioration and repair in pea (*Pisum sativum* L.) seeds during storage. Ph.D. Thesis, University of Bath, England, 227 p.
- Sivritepe, H.Ö. 1999. Sebze Tohumlarında kalite ve performansın artırılması üzerine ozmotik koşullandırmanın etkileri. Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül 1999, Ankara, s. 525-529.
- Sivritepe, H.Ö. 2000. Soğan tohumlarında ozmotik koşullandırma uygulamalarının tuza tolerans üzerine etkileri. Türkiye 3. Sebze Tarımı Sempozyumu, 11-13 Eylül, Isparta, s. 475-481.
- Sivritepe, H.Ö., N. Sivritepe. 2007. NaCl priming affects salt tolerance of onion (*Allium cepa* L.) seedlings. *Acta Horticulturae*, 729: 157-161.
- Sivritepe, H.Ö. ve B. Şentürk. 2011. Biber tohumlarının fizyolojik olarak iyileştirilmesi için su ve tuz çözeltileri ile yapılan priming ve kurutma uygulamalarının karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1): 53-64.
- Sivritepe, H.Ö., A. Eriş, N. Sivritepe. 1996. Kavun tohumlarında priming uygulamalarının tuza dayanım üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler Serisi No:16.
- Sivritepe, H.Ö., A. Eris, N. Sivritepe. 1999. The effects of priming treatments on salt tolerance in melon seedlings. *Acta Horticulturae*, 492: 77-84.
- Sivritepe, H.Ö., N. Sivritepe, A. Eriş, E. Turhan. 2005. The effects of NaCl pre-treatments on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulturae*, 106: 568-581.
- Sivritepe, N., H.Ö. Sivritepe, A. Eriş. 2003. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 97(3/4): 229-237.
- Sivritepe, N., H.Ö. Sivritepe, I. Turkan, M. Bor, F. Ozdemir. 2008. NaCl pre-treatments mediate salt adaptation in melon plants through antioxidative system. *Seed Science and Technology*, 36(2): 360-370.
- Şahin, F. İ., O.D. İşeri, M. Haberal. 2011. NaCl priming improves salinity response of tomato (*Lycopersium esculentum* Mill.) at seedling stage. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(1):46-47.
- Tilden, R.L., S.H. West. 1985. Reversal effects of ageing in soybean seeds. *Plant Physiology*, 77: 584-586.
- Umezawa, T., K. Shimizu, M. Kato, T. Ueda. 2000. Enhancement of salt tolerance in soybean with NaCl pretreatment. *Physiologia Plantarum*, 110: 59-63.
- Zeng, X.Y., R.Z. Chen, J.R. Fu, X.W. Zhang. 2004. The effects of water content during storage on physiological activity of cucumber. *Plant Cell Preview*. Published Online May 21, 2004.

