

## TUZZLULUK, SICAKLIK VE IŞIĞIN TOHUM ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa YILDIZ, Elvan KASAP, Muhsin KONUK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,  
Biyoloji Bölümü, ANS Kampusu, 03200 Afyonkarahisar

### ÖZET

Çimlenme, bitkilerin yaşam döngüsünde kritik bir evredir. Çimlenme hücre bölünmesi ve hücre uzamasını takiben radikulanın çıkışını kapsayan kompleks bir olaydır. Çimlenmede Faz I, su alımının olduğu evredir. Faz II genellikle tohum kabuğundan radikula çıkışı ile son bulur. Faz III, çimlenmenin sonlanması ve fide büyümesinin başlangıcı ile ilişkilidir. Çimlenme tuzluluk, sıcaklık, ışık gibi birçok çevresel veya tohuma ait faktörlere bağlıdır. Bu derlemede, kritik bir büyüme evresi olan tohum çimlenmesi üzerinde bu abiyotik faktörlerin tek tek veya birlikte etkileri değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tohum, çimlenme, tuzluluk, sıcaklık, ışık

### EFFECTS OF SALINITY, TEMPERATURE AND LIGHT ON SEED GERMINATION

### ABSTRACT

Germination is a critical stage in the life cycle of plants. Germination is a complex phenomena containing cell division and cell expansion, following by radicle protrusion. In germination, Phase I is a stage of water uptake. Phase II concludes generally when the radicle protrudes through the seed coat. Phase III is related to the end of germination and the beginning of seedling growth. Germination depend on many environmental factors such as salinity, temperature, light or related to seed. In this review, individual effects of these abiotic factors and their interactions on seed germination which is a critical growth phase were evaluated.

**Keywords:** Seed, germination, salinity, temperature, light

## GİRİŞ

Tohum çimlenmesi bitki yaşamının önemli fazlarından biridir [1]. Tohumların çimlenmesinde şişme, enzim aktivasyonu, embriyo büyümesinin başlaması, tohum kabuğunun kırılması ve fide çıkışı olayları birbirini takip eder [2]. Çimlenme tuzluluk, sıcaklık, ışık, besidoku, nem, patojenlerden kurtulma, tohum kalitesi (çimlenme kapasitesi ve canlılık) ve dormansiden kurtulma gibi koşullara bağlıdır [3]. Tuz toleransı, bitkilerin tuzlu koşullar altında normal büyüme ve gelişmelerini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanır [4]. Doğada, bitkiler tuza tolerans kapasiteleri dikkate alındığında, halofitler (tuzcul bitkiler) ve glikofitler (tuza karşı duyarlı bitkiler) olarak iki grupta sınıflandırılır [5]. Na<sup>+</sup> tuzlarının yüksek konsantrasyonlarında yetişebilen bitki türlerini tanımlamak için “halofit” terimi, yetişemeyen veya zarar gören bitki türlerini tanımlamak için ise “glikofit” terimi kullanılmaktadır [6]. Çimlenme evresinde tuzluluk toleransı, sadece yüksek tuzluluklarda çimlenme yeteneği olarak değil, aynı zamanda NaCl’e maruz kaldıktan sonra çimlenme ve iyileşme (recovery) yeteneği olarak da dikkate alınmalıdır [7]. Sıcaklık çimlenme için önemli bir çevresel faktördür ve sıcaklık etkisinin analizi zordur; çünkü sıcaklık geniş aralıklarda hızla değişmektedir. Buğday, arpa ve sorgum bitkilerinin çimlenmesi için düşük sıcaklık (15°C) ve tuzluluk etkileşim içerisindedir [8]. Yüksek sıcaklık birçok tohumda çimlenmenin azalmasına veya inhibisyonuna neden olmaktadır [9]. Işıқта tohum çimlenmesinin stimülasyonu (fotoblastizm) büyük bir biyolojik öneme sahiptir. Direkt gün ışığında bol bulunan kırmızı ışık, fotoblastik tohumların çimlenmesini teşvik eder [10].

Bu derlemede, tohum çimlenme fizyolojisi ve çimlenme üzerine tuzluluk, sıcaklık ve ışık gibi abiyotik faktörlerin tek tek ve birlikte etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### 1. Çimlenme Fizyolojisi

Tohum çimlenmesi bitki yaşamının önemli fazlarından biridir [1]. Döllenme ve bunu takip eden ilk gelişmelerden sonra embriyo büyümesinin durduğu döneme dormansi denir. Embriyonun yeniden büyümesi çimlenme ile başlar. Tohumun çimlenmesi için birinci koşul tohumun olgunlaşmış olmasıdır. Yani tohumu oluşturan bütün kısımların [tohum örtüsü (integüment + muhtemelen perikarp) + endosperm + embriyo] morfolojik olarak tamamen farklılaşmış olması gerekir [11].

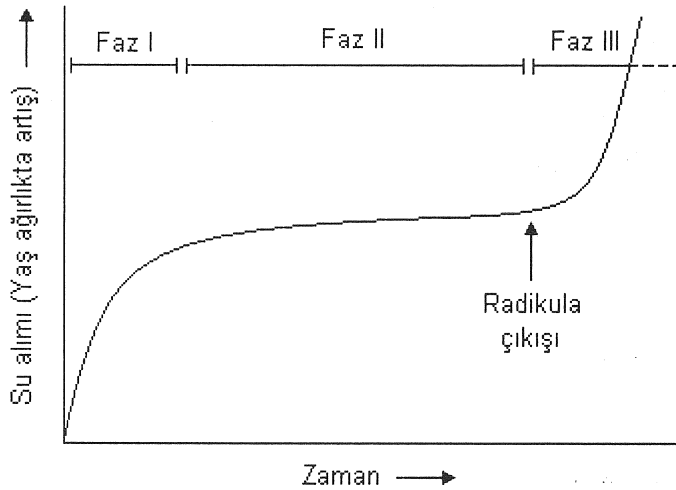
Tohum çimlenmesi ile ilgili farklı tanımlamalar yapılmıştır:

- a) Çimlenme hücre bölünmesi ve uzamasının başlaması ve radikulanın çıkmasıdır [12].
- b) Çimlenme, birçok fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri içeren ve embriyonun aktivasyonuna neden olan kompleks bir olaydır [13].
- c) Çimlenme dormansiden sonra embriyonun aktif büyümesinin yeniden başlamasıdır [13].
- d) Çimlenme olayı, tohum kabuğunun kırılması ve genç bitkinin çıkışı ile sonuçlanır [2].
- e) Çimlenme, uygun koşulların bulunması halinde tohum embriyosundan normal bir bitki oluşturma yeteneğine sahip bir taslağın, tohum kabuğunu delerek dışarı çıkması olayıdır [14].
- f) Çimlenme, kolay elde edilebilir su ve oksijen kadar sıcaklık, ışık, endojen inhibitör ve stimülatör etkileşimleri gibi birçok kompleks çevresel uyarılarla tetiklenen büyümenin yeniden aktive olmasıdır [15].

Tohumların çimlenmesinde şişme, enzim aktivasyonu, embriyo büyümesinin başlaması, tohum kabuğunun kırılması ve fide çıkışı olayları birbirini takip eder [2]. Şişme sırasında tohuma suyun girişi, ilk olarak tohum kabuğundaki doğal açıklıklar aracılığıyla olur. Su genellikle tüm dokularda hareket eder ve bu pasif faz olarak ifade edilir [13]. Suyun hareketindeki total hacim; tohum kabuğu, tohum bileşimi ve sıcaklığa bağlıdır. Depo bileşeni olarak, soya fasulyesi gibi çok miktarda protein içeren tohumların şişme sonundaki son hacmi, mısır gibi çok fazla miktarda nişasta içeren tohumlara göre daha büyüktür. Tohuma suyun hareketi başlangıçta fazla olduğundan solunum başlar ve şişme hızı yavaşlar [16]. Daha sonraki su hareketi, radikulanın tohum kabuğundan çıkması ile birlikte yeniden başlar. Şişme fazı, hem tohumun fiziksel özellikleri hem de tohumda meydana gelen metabolik işlevlerle düzenlenir. Su alımının aktif olması ile birlikte aktif fide büyümesi görülür. Tohumdaki hücrelerin suyla doymun hale gelmesi, tohum hacminin artması, tohum kabuğunun O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> gibi gazlara karşı çok fazla geçirgen hale gelmesi su ile sağlanır. Tohumun şişmesi ile birlikte tohum kabuğu bozulabilir, su ve gaz hareketi kolaylaşır. Genellikle kuru tohum nem içeriği taze ağırlık temelinde %5-8 arasındadır. Şişme ile birlikte tohum nem içeriği, %60-80'e kadar çıkar. Embriyonik eksen, radikula gelişimi için nem içeriğini %90'ın üzerine ulaştırmak zorundadır. Ancak tohumun diğer kısımları 12 saat şişmeden sonra %50'den daha az nem içerebilir. Bu özellikle nişastalı tohumlar için geçerlidir [2].

Çimlenmede su alımının 3 fazı vardır (Şekil 1) [13]: Faz I çok hızlı olup; genellikle 1-8 saat arasında gerçekleşir. Marul tohumları genellikle Faz I'ı 1-2 saatte tamamlar. Dormant ve dormant olmayan tohumlarda olduğu

gibi, canlı ve ölü tohumlarda da Faz I'de görülen şişmedeki su alımı, tohum kabuğu ile ilişkili değildir. Bu nedenle, bu olay pasif olarak adlandırılır. Faz II birkaç saat ile birkaç gün sürebilir. Eğer tohumlar dormantsa bu süre daha da uzundur. Faz II tohum kabuğundan radikula çıktığında son bulur. Radikulanın çıkışı tohum içinde oluşan imbibisyon basıncı sayesinde radikula hücrelerinin uzamasıyla sağlanır. Çimlenmenin tamamlanmasına neden olan en büyük olaylar Faz II'de yer alır. Dormant tohumlar dormansiden kurtuluncaya kadar Faz II'de kalır. Faz II'deki metabolik olaylar, membranın tekrar organizasyonu, enzim aktivasyonu, protein sentezi, depo materyalinin parçalanması, RNA sentezi ve enerji üretimi için şeker metabolizmasını kapsar. Faz II sırasında çoğu kez dormant tohumlar belli sentez işlevlerinde olduğu gibi solunum aktivitelerini de artırırlar. Bununla birlikte, dormansinin tipine bağımlı olarak bu tohumlar genellikle hücre bölünmesine başlamaz. Faz III su alımının en hızlı olduğu periyottur. Bu faz genellikle hücre bölünmesi ve uzaması, radikulanın çıkışı ve son olarak tohum kabuğundan hipokotil çıkışı ve uzaması ile ilişkilidir. Çimlenmenin sonlanması ve fide büyümesinin başlangıcını ifade eder [13].



**Şekil 1.** Çimlenmenin üç fazı sırasında su alımı. Faz I: Şişme. Faz II: Duraklama fazı. Faz III: Hücre uzaması ve mitoz [Bewley and Black 1994'den değiştirilerek]

Çimlenme sırasında birçok bitkisel ve çevresel faktör etkileşim halindedir. Bitkisel faktörler arasında önemli olanları, tohum kabuğu [17], tohum yaşı [18], tohum polimorfizmi [19], dormansi [20] ve fide canlılığıdır [21]. Çevresel faktörler ise sıcaklık [20], ışık [22], suyun kullanılabilirliği [20] ve oksijendir [23]. Çimlenme ve erken gelişim fazında, tohum ve fideler

fizyolojik strese, mekanik zarara ve enfeksiyona oldukça duyarlıdırlar. Bu nedenle, optimum çevresel koşulların sağlanmasındaki sekonder amaç, çimlenme evresinden fide evresine zarar görmeksizin hızlı bir geçiş sağlamaktır [3]. Yüksek sıcaklıkta ve yüksek nispi nemde depolama, hızlı bir şekilde çimlenmeyi ve fide canlılığını azaltabilir [24]. Yeterli havalandırma, optimum çimlenme sağlamada önemli bir faktör olarak dikkate alınmaktadır [25]. Toprak nemi değişken olduğundan bir tohum popülasyonundaki çimlenme farklı zamanlarda başlayabilir. Ekimi takiben, popülasyonda nem ihtiyaçları yeterli düzeyde karşılanmayan bazı tohumlar, çimlenmenin erken evrelerini başlatacak nem seviyelerine gelinceye kadar çimlenmeden bekleyebilir. Bu nedenle, popülasyondaki tüm tohumlar sonradan nemlendirilmiş olsalar bile değişik zamanlarda çimlenmeye gideceklerdir [25]. Diğer taraftan, tohum boyutu çimlenmeyi değiştirmez; fakat büyüme, gelişme ve verimi etkiler. Büyük tohumlar küçük tohumlara göre daha hızlı fide büyümesi, bitki başına fazla sayıda fertil kardeş ve yüksek tane verimi gibi avantajlara sahiptir [26].

## 2. Tuzluluk ve Tohum Çimlenmesi

Tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların, yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve evaporasyon sonucunda da toprak yüzeyinde birikmesi olayıdır [27]. Bu birikme, yüksek sıcaklık etkisiyle yüzeyden daha aşağılarda da olabilmektedir [28]. Tuz konsantrasyonu, kullanılabilir su potansiyelini düşürmeye yetecek kadar yüksek olduğunda (0.5-1.0 bar) bitki strese girer. Bu etki, “tuz stresi” olarak adlandırılır [6].

Tuz stresinden kaynaklanan birincil stres (iyon toksisitesi) zararı, ikincil stres (su stresi) zararının tersine tuzun membrandan geçtikten sonra protoplazma içine direkt toksik etkilerinden kaynaklanmakta ve zarar tuz alımı ile artmaktadır [6]. Genelde tuz ve su stresleri arasında ayırt edilmesi güç bir ilişki vardır. Topraktaki tuz seviyesinin artışı ile ozmotik potansiyel düşmekte ya da diğer bir ifadeyle, negatif yönde artmaktadır. Dolayısıyla tuz stresi, bitkide fizyolojik kuraklık stresini yaratmaktadır. Bu olay, su noksanlığı olarak da tanımlanmaktadır [29]. Fizyolojik kuraklık durumunda topraktaki su miktarı yeterli düzeyde olabilir; ancak toprak çözeltisi tarafından ozmotik olarak kuvvetli bağlanan su, bitki tarafından alınamaz [30]. Tuz stresi altındaki bitkilerde meydana gelen metabolik değişimlerden biri de ozmotik ayarlamadır. Bu olayda, hücre içerisinde serbest amino asitler, inorganik iyonlar veya organik maddeler (şekerler ve prolin) yüksek miktarda biriktirilir [31].

Abiyotik bir tehlike olan tuzluluk, yüksek seviyelerde tohum çimlenmesini inhibe ederek veya daha düşük seviyelerde dormansinin başlamasını teşvik ederek birçok olumsuz etkiye neden olur [22, 20]. Bu etkiler, düşük ozmotik potansiyelden dolayı imbibisyonun azalması [32], toksisite nedeni ile enzimatik aktivitenin değişmesi [33], protein metabolizmasının engellenmesi [34], bitki büyüme regülatörlerinin dengesinin bozulması [35], tohumdaki besin dokusunun kullanımının azalması [36] ya da hücrelerin mitoz bölünmesinin engellenmesi [37] ile gerçekleşmektedir.

Bozcuk [37], tuzlu ortamda çimlenmeye bırakılan arpa tohumlarındaki su içeriğinin büyük oranda azaldığını ve buna bağlı olarak embriyodaki giberellin sentezinin engellendiğini bildirmiştir.

Tuz stresi, birçok türde nişastalı endosperm kaynaklarının hareketliliğini sınırlar [21]. Tohumdaki total çözünebilir şekerler stres koşullarında azalmaktadır. Nişastanın hareketi  $\alpha$ - ve  $\beta$ -amilaz aktivitelerinin sürekliliğinden kaynaklanır. Makarnalık buğdayda, tuz stresinin  $\alpha$ -amilaz aktivitesini azalttığı,  $\beta$ -amilaz aktivitesini stimüle ettiği [38] bildirilirken, pirinçte  $\alpha$ -amilaz aktivitesinin tuz stresi ile inhibe edildiği bildirilmiştir [21]. Diğer taraftan, tuz konsantrasyonunun artmasıyla  $\alpha$ -amilaz aktivitesinin mısırdaki bir miktar arttığı, fasulyede ise oldukça azaldığı bildirilmiştir [39].  $\alpha$ -amilaz çimlenmenin başlamasından sonra skutellum ve aleuron hücrelerinde *de novo* sentezlenirken, tahıllardaki  $\beta$ -amilaz tohum gelişimi sırasında sentezlenir ve gizli bir formda endospermde depolanır [40]. Das and Sen-Mandi [41], çimlenmenin ilk birkaç saatinde  $\alpha$ -amilazın *de novo* sentezi meydana gelmeden önce  $\beta$ -amilazın nişasta hareketinde önemli rol oynadığını belirtmiştir.

Tuzluluğun, *Triticum aestivum* ve *Triticum durum*'un çimlenen tohumlarının solunum hızlarında bir artışa neden olduğu bildirilmiştir [42]. Ancak, von Well and Fossey [43], iki türün çimlenen tohumlarının solunum hızında herhangi bir farklılık belirlememiştir. Araştırmacılar, solunum işlevlerinde kazanılan enerjinin, temel metabolik fonksiyonların sürdürülmesi ve büyüme için paylaştırıldığını bildirmiştir. Almansouri et al. [38], muhtemelen *T. durum* çeşitlerinde temel metabolizma için enerji gereksiniminin strese girmiş olan tohumlarda arttığı ve bunun da herhangi bir büyüme stimülasyonu veya ozmotik ayarlamadan bağımsız olan nişastanın daha fazla hareketi ile açıklanabileceğini vurgulamışlardır.

Prakashi and Sastry [44], 20°C'de, farklı tuz konsantrasyonlarına [1.9 (kontrol), 8.0, 15.0 ve 21.5 dS/m E.C] maruz bıraktıkları tuza toleranslı ve tuza hassas 22 buğday çeşidine ait tohumların çimlenme yüzdesini 5.

günün sonunda belirlemişlerdir. Ortalama çimlenme yüzdesi kontrolde %97.41 iken, 21.5 dS/m'de %94.9 olup çimlenmenin tuzluluktan az miktarda etkilendiğini belirtmişlerdir. Genotipler arasında en düşük çimlenme Raj 1114 (%89.75), en yüksek çimlenme Raj 1972'de (%99.5) bulunarak genotipler arasındaki farkın önemli düzeyde olmadığını belirtmişlerdir. Tuzlu koşullarda yetişen Raj 1972, diğer tuza toleranslı *Kharchia* 65'e göre tüm NaCl seviyelerinde daha yüksek çimlenme göstermiştir. Bununla birlikte, WL 711 ve Kalyansona gibi genotiplerde de tuzluluğun farklı düzeylerinde yüksek çimlenme (%98-100) gözlenmiştir [44].

Tuza toleransta birbirinden ayrılan iki *T.durum* Desf. çeşidine (tuza toleranslı "Belikh" ve tuza hassas "Cando") ait tohumlar, 48 saat için 24°C'de karanlıkta ve toplam 6 gün olacak şekilde 12 saat fotoperiyotta ( $120 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), farklı NaCl konsantrasyonlarında (0, 100, 200 ve 300 mM) inkübe edilmiştir [38]. Diğer taraftan, radikulası çıkmamış, fakat gövde büyümesi görülen tohumları anormal çimlenme olarak değerlendirmişlerdir. Tohum çimlenmesi bakımından incelenen çeşitler arasında önemli düzeyde farklılık belirlenmemiştir. Çimlenme 100 mM NaCl konsantrasyonundan etkilenmezken, en yüksek konsantrasyonda (300 mM) önemli düzeyde azalma göstermiştir [38]. Aynı araştırmacılar, bu çeşitlerin izole edilen embriyolarında tuzluluk artışı ile çimlenmenin önemli düzeyde azaldığını, hatta inhibe olduğunu bildirmişlerdir. İzole edilen embriyolarda çimlenme yüzdesi; kontrol, -1.24 MPa ve -1.69 MPa NaCl'de tuza hassas çeşitte sırasıyla %100, 84.2 ve 34.2 iken, tuza toleranslı çeşitte ise %93.3, 58.3 ve 19.2 olarak belirlemişlerdir. Diğer taraftan, -0.78 MPa NaCl dışındaki yüksek konsantrasyonlarda, izole embriyoların çimlenmelerinin zarar görmemiş tohumlara göre tuzluluktan daha fazla etkilendiklerini bildirmişlerdir [38]. Araştırmacılar, tuz stresine maruz kalan zarar görmemiş tohumlarda embriyonun endosperm tarafından korunduğunu ileri sürmüşlerdir [38].

NaCl'ün çimlenme yüzdesini olumsuz etkilediği ve çimlenen izole embriyolarda su alımını engellemediği ve bu durumda zararın, çimlenme işlevinin daha çok dönüşümsüz olduğu bir evrede iyon birikiminden sonra ortaya çıktığı bildirilmiştir [38]. Bu, pirincin tuz uygulamasına maruz kalmış tohumlarının yıkanarak çimlenmenin iyileştirilmesi (recovery) basamaklarında kaydedilen yüksek anormal çimlenme (radikulanın çıkmayıp, yalnızca gövde büyümesinin olduğu çimlenme) oranı ile de açıklanmıştır [45]. Bununla birlikte, 500 mM kadar olan yüksek NaCl seviyelerinde bile bazı izole embriyoların yıkamadan sonra hala çimlenme yeteneğinde oldukları bildirilmiştir [38]. Bu sonuç, çimlenme çalışmalarının daha çok halofitik türler

üzerinde yoğunlaşmış olması ve izole embriyodan ziyade zarar görmemiş tohumlarda yapılması nedeniyle tuzluluğun çimlenme üzerindeki gerçek etkilerini yansıtmamaktadır [46, 47].

Shonjani [15], pirinç (*Oryza sativa* L. cv. Al-NANTSAO), şeker pancarı (*Beta vulgaris* L. cv. Evita), mısır (*Zea mays* L. cv. Pioneer 3906) ve pamuk (*Gossypium hirsutum* L. cv. Aleppo 33) gibi tuza farklı hassasiyet gösteren dört bitki türüne ait tohumları, farklı NaCl konsantrasyonlarında (0, 50, 100 ve 200 mM) 25°C sıcaklıkta, karanlıkta ve yüksek nemde (%80'den fazla) 5 gün süreyle inkübe etmiştir. Araştırmacı, tohum çimlenmesinin (radikula uzunluğu  $\geq 2$  mm) tuz konsantrasyonunun artması ile önemli düzeyde azaldığını bildirmiştir. Çimlenmedeki azalmanın şeker pancarı ve pamukta daha fazla olduğunu belirtmiştir. Tüm bitki türleri için, 200 mM NaCl uygulamasından sonra çimlenme yüzdeleri %10 daha azalmıştır [15].

Khan and Gulzar [48], dört halofit çimen (*Aeluropus lagopoides*, *Halopoyrum mucronatum*, *Sporobolus ioclados* ve *Urochondra setulosa*) bitkisi ile yaptıkları çalışmada tohumları farklı sıcaklık, tuz ve fotoperiyotta 20 gün çimlendirmişlerdir. Sonuç olarak, tuzluluktaki artışın tüm türlerin çimlenmesini ileri düzeyde inhibe ettiğini, örneğin *H. mucronatum*'un birkaç tohumu 300 mM NaCl'ün yukarıdaki tuzlulukta çimlenirken, diğer çimenlerin tohumlarının 500 mM NaCl'ün yukarıdaki tuz konsantrasyonlarında çimlendiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, bütün türlerin çimlenmesi için optimum sıcaklık rejimi, hem ışıktaki hem de karanlıkta çimlenen tohumlar için 20/30°C olduğunu ve daha yüksek sıcaklıklarda ışık ve karanlık muameleleri arasındaki farklılıkların önemli düzeyde olmadığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, ışık yokluğunun *U. setulosa* ve *H. mucronatum* tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi olmadığını, *A. lagopoides* tohumlarında hem kontrol hem de tuz koşullarında çimlenmeyi önemli düzeyde inhibe ettiğini ve hem tuz hem de kontrolde *S. ioclados*'un ise düşük çimlenme gösterdiğini bildirmişlerdir [48].

Misra and Dwivedi [49], *Phaseolus aureus*'un tuza toleranslı T-44 çeşidini 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl ve SML-32 çeşidini ise 1, 10 ve 50 mM NaCl konsantrasyonlarında 5 gün çimlendirmişlerdir. Her iki çeşitte de tüm tuzluluk seviyelerinde tohum çimlenme yüzdesi azalmıştır. Ancak T-44 çeşidinin tohumlarında 200 mM NaCl konsantrasyonunda çimlenme gözlenirken, SML-32 çeşidinin tohumlarında ise 50 mM NaCl konsantrasyonunda çimlenme gözlenmemiştir [49].



Mısırın (*Zea mays* L.) GS 308, DK 585 ve P 3167 çeşitleri ile yapılan çalışmada, çeşitlere ait tohumlar altı tuz konsantrasyonunda (0, 75, 150, 225, 300 ve 375 mM NaCl) 6 gün için 25°C'de karanlıkta çimlendirilmiş ve tüm çeşitlerde tuzluluk artışının çimlenmeyi kademeli olarak inhibe ettiği belirtilmiştir. GS 308 çeşidinin tohum çimlenmesinin 225 mM NaCl'de, buna karşın diğer çeşitlerde 375 mM NaCl'de tamamen inhibe olduğu bildirilmiştir [50].

Birçok diğer glikofit gibi *Arabidopsis* tohumları da çimlenme evresinde tuz stresine karşı hassasiyet göstermektedir [51]. Örneğin, şişen tohumlarda stratifikasyon ile dormansi kırılrsa bile *Arabidopsis*'de 75 mM NaCl üzerindeki konsantrasyonlarda tohum çimlenmesi yavaşlamaktadır [52]. Tuz toleransı, bitkilerin tuzlu koşullar altında normal büyüme ve gelişmelerini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanır [4]. Familya, cins ve türler arasında farklılıklar bulunduğu gibi aynı türe ait çeşitler arasında da tuza tolerans yönünden farklılıkların bulunduğu bilinmektedir [53]. Çimlenme evresinde tuzluluk toleransı, sadece yüksek tuzluluklarda çimlenme yeteneği olarak değil, aynı zamanda NaCl'e maruz kaldıktan sonra çimlenme ve iyileşme (recovery) yeteneği olarak dikkate alınmalıdır [7]. Diğer taraftan, bir türün tohum boyutu tuzluluğa tepkide farklılık gösterir. Tohum boyutu büyüdükçe tuz toleransı da artar [54]. Tuza hassas olarak bilinen glikofit bitkiler çimlenme döneminde %0.5 tuzluluk seviyesinden etkilenirken, tuza toleranslı olarak bilinen halofit bitkilerinde bu sınır 10 kat daha fazladır [55]. Glikofit tohumların genellikle distile suda halofitlerle benzer sonuçlar gösterdiği; fakat yüksek tuzlulukta çimlenmelerinin birbirinden farklı olduğu bildirilmiştir [56].

### 3. Sıcaklık ve Tohum Çimlenmesi

Sıcaklık çimlenmenin farklı fazlarındaki reaksiyonları etkileyen önemli bir çevresel faktördür [57]. Sıcaklık değişimleri membran geçirgenliği, membran proteinlerin aktivitesi ve sitozol enzimleri gibi tohum çimlenmesini katalizleyen birçok biyokimyasal olayı etkilemektedir [13]. Sıcaklığın artması ile tohum çimlenmesindeki bu kimyasal reaksiyonların hızı artmaktadır [58].

Tohum çimlenmesi için minimum, optimum ve maksimum sıcaklıklar veya aralıkları vardır. Bu sıcaklıklar, bitki tür ya da çeşitleri için değişmektedir [59, 60, 61, 62]. Ancak bazı bitki tohumları bu sıcaklık aralığının dışında da çimlenebilmektedir. Diğer taraftan, ürün veren bazı bitkilerde çimlenme çok düşük sıcaklıklarda meydana gelebilmektedir. Ancak düşük sıcaklıklarda çimlenme için geçen zaman optimum sıcaklıklara göre daha

uzundur [63]. Optimum sıcaklığın aşağısındaki sıcaklıklarda çimlenme oranındaki azalmalar, kısmen sıcaklıktaki azalma ile birlikte oluşan şişme oranındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Çünkü tohuma giren su oranı, maksimum çimlenme için oldukça kritiktir. Yüksek sıcaklığa maruz kalan büyük boyutlu tohumların şişme hızı yüksektir, bu da daha hızlı radikula çıkışını sağlar [13]. Uygun olmayan sıcaklıklarda çimlenme olumsuz etkilenmektedir. Toprak sıcaklığı ortalama 15°C iken yaz tipi bitkilerin çimlenmesi yavaşlamaktadır. Bu sıcaklığın altındaki sıcaklıklar muhtemelen tohum çimlenmesi için biyolojik zararı hazırlamaktadır. Optimum toprak sıcaklığı koşullarında, çok fazla tuzluluk muhtemelen çimlenmeyi az etkileyebilir [64]. Yüksek sıcaklık birçok tohumda çimlenmenin azalmasına veya inhibisyonuna neden olmaktadır [9]. Yüksek sıcaklıklarda çimlenmenin genellikle çok düşük olması, türlerin ve bazen de varyetelerin tohum yapısından kaynaklanabilmektedir [65]. Sıcaklık su absorpsiyonunu, enzim etkinliğini ve hareket halindeki maddelerin difüzyonunu etkileyerek çimlenme olayını etkilemektedir. Genellikle sıcaklıkta meydana gelen bu değişimler, dormansinin embriyodan kaynaklandığı tohumlarda etkili olmaktadır [14]. *Lactuca sativa* (marul), *Impatiens sultanii* (cam güzeli) ve *Geranium* gibi bazı bitkilerin tohumlarında, yüksek sıcaklık uygulamasının 72 saati aşığı durumlarda “termodormansi” olarak adlandırılan ikinci bir dormansi meydana gelmektedir. *Geranium* ve cam güzeli tohumlarının çimlenmesi 25°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda inhibe olurken, marul çeşitlerine ait tohumların çimlenmesi 30°C veya üzerindeki sıcaklıklarda bile inhibe olmaz [24].

Dalgalı sıcaklıklar genellikle çimlenmeyi olumlu etkilemektedir [66]. Bazı türlere ait tohumlarda optimum çimlenmeyi sağlayabilmek için dalgalı sıcaklığa gereksinim olmaktadır [67]. Örneğin, *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae) tohumları, karanlıkta yalnızca dalgalı sıcaklıklarda çimlenirken sabit sıcaklıklarda hiç çimlenme göstermemektedir [67]. Buna karşın, *Ornithogalum longibracteatum* ve *Tulbaghia violacea* tohumlarının çimlenmesinde, optimum çimlenmenin belirlendiği sabit sıcaklıklar (20-30°C) ile dalgalı sıcaklıklar (25/20°C ve 30/15°C) arasındaki farkın önemsiz olduğu bildirilmiştir [68]. Diğer taraftan, *Bidens cernua* (Asteraceae) türünün tohumları farklı çimlenme gereksinimleri (stratifikasyon, ışık gibi) karşılandığında sadece dalgalı sıcaklıklarda çimlenirken, *B. tripartita* tohumları sabit ve dalgalı sıcaklıklarda çimlenmektedir [69]. Bu çalışmada, dalgalı sıcaklığın derecesindeki farklılık artışının (örneğin, 22/22°C'den 30/14°C'ye 16°C'lik değişim) *B. cernua* ve *B. tripartita*'nın tohum çimlenmesinde önemli düzeyde bir artışa neden olduğu da belirtilmiştir.

Buğday, arpa ve sorgum tohumlarının çimlenmesi için düşük sıcaklık (15°C) ve tuzluluk etkileşim içerisinde [8]. Arpa tohumlarında yüksek tuzluluk ve düşük sıcaklığın sinerjistik etkisinin olduğu belirlenmiştir [70]. Tuzluluk ve sıcaklıktaki artış çimlenmeyi azaltmaktadır [20]. *Sagittaria latifolia* [71] ve *Atriplex semibaccata* [22] gibi bazı türlerde tuzluluğun zararlı etkileri yüksek sıcaklıklarda daha fazla iken, *Allenrolfea occidentalis* [46] ve *Salicornia rubra* [72] gibi bazı türlerde ise düşük sıcaklıklarda fazladır. *Suaeda fruticosa* gibi bazı halofitik tohumların çimlenmesi sıcaklık değişimlerinden çok az etkilenirken [73], *Triglochin maritima* gibi diğer türler sıcaklık değişimlerine oldukça hassastırlar [74]. Bazı türlerin tohumlarının çimlenebilmesi için günlük ve mevsimsel sıcaklık değişimleri gerekir. Bazılarında ise çimlenme ışık ve sıcaklıktan etkilenir. Örneğin, kereviz eğer sabit sıcaklık ve karanlıkta tutulursa tohumlarının çimlenebilme sıcaklığı 10°C'nin aşagısında olmalıdır. Bununla birlikte, difüze ışıktaki 21°C'de veya 10 derecelik gece/gündüz değişimiyle 29°C'de çimlenecektir [75]. Diğer taraftan, *Jacaranda mimosifolia* tohumlarının çimlenmesi, farklı seviyelerdeki su stresi koşullarında 25°C sıcaklıkta, karanlık ve ışık uygulamaları arasında bir farklılık göstermezken, 30°C sıcaklıkta, ışıktaki daha fazla tohum çimlenmektedir [76].

#### 4. Işık ve Tohum Çimlenmesi

Fitokromlar tarafından algılanan ışık sinyali ile teşvik edilen çimlenme mekanizmasının genetik ve fizyolojik temelleri detaylı olarak araştırılmıştır [77]. Bitki fotoreseptörleri arasında fitokrom A ve B, düşük enerjili ışık teşvikli çimlenme ve kırmızı-kırmızı ötesi ışık dönüşümlü çimlenmenin kontrolünde önemli bir rol oynar [78]. Fitokrom iki farklı forma sahiptir: Kırmızı ışık absorplayan fitokrom (Pr), kırmızı ışık altında kırmızı-ötesi ışığı absorplayan fitokroma (Pfr) dönüşür ve kırmızı-ötesi ışıktaki Pfr'yi Pr formuna dönüştürür.

Tüm tohumlar fitokroma sahiptir ve ışık duyarlılığı mevcut fitokromun sonraki düzenlenmesinden dolayıdır [79]. Işık-kararsız (labile) olan fitokrom A, karanlıkta gerçekleşen şişme sırasında *de novo* olarak sentezlenir, ışık-kararlı (stable) olan fitokrom B ise tüm bitki dokularında bulunur [80]. Tohumlar fitokrom A'ya sahiptirler hem ışıktaki hem de karanlıkta çimlenirken, fitokrom B'ye sahip olduklarında yalnızca ışıktaki çimlenirler [79]. *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.'nin tohum çimlenmesi ilk olarak fitokrom B ve ikinci olarak fitokrom A tarafından teşvik edilir [80]. Fitokrom A aracılığıyla çimlenme, geniş bir spektrumda düşük ışık akışına tepki olarak geri dönüşümsüz meydana gelir. Fotodönüşebilir

fitokrom B aracılığıyla çimlenme, sadece düşük ışık akışına bir tepki fonksiyonu değil, aynı zamanda fotoblastik tohumlarda bulunan mevcut Pfr konsantrasyonunun da bir fonksiyonudur [77]. Işıқта tohum çimlenmesinin stimülasyonu (fotoblastizm) büyük bir biyolojik öneme sahiptir. Fotosentez için ışık enerjisi olan kırmızı ötesi ışık fotoblastik tohumlar tarafından algılanır; fakat fide gelişimi için yeterli değildir [10]. Diğer taraftan, direkt gün ışığında bol bulunan kırmızı ışık fotoblastik tohumların çimlenmesini teşvik eder.

Genelde fotoblastizm marul, tütün, domates, *Arabidopsis thaliana* ve yabancı türlerin çoğunu içeren küçük tohumlu bitki türlerinin ortak karakteristik özellikleri olarak bilinir [81, 82]. Uygun fide büyümesi koşulları altında, büyük tohumlu tahıl bitkileri genellikle karanlıkta veya herhangi bir dalga boylu ışık altında eşit derecede çimlenme gösterir ve böylece fotoblastik olmayan tohumlar olarak ifade edilirler [83]. Birçok türün tohumları çimlenme için ışığa gereksinim duymaz. Bununla birlikte, tütün gibi bazı bitki türlerinin tohumları çimlenme için ışığa gereksinim duyar [84]. Tohum çimlenmesi, tohum kütleindeki artış ile ışığa daha az bağımlı hale gelmektedir [82]. Bununla birlikte, fotoblastik olmayan tohumların çimlenmesi, dormant tohumlarda önceden varolan Pfr veya rehidrasyon sırasında Pfr'ye hızlı dönüşümü sayesinde ışığa gereksinim duymadan teşvik edilebilmektedir [81].

Fotoblastik olan birçok bitki türünde, ışıkla teşvik edilen tohum çimlenmesi spesifik çevresel koşullarda meydana gelir [81]. Çimlenme üzerine ışığın etkisinin diğer etmenlerle birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bu etmenler; tohumun yaşı, tohum kabuğunun durumu, oksijen ve karbondioksit miktarlarıdır [14]. Birçok türde fotoblastizm, karanlıkta şişme periyodu [85], sıcaklıktaki günlük azalma-artma [86] ve ekim derinliği gibi diğer çevresel koşullardan da etkilenmektedir [86]. Fitokrom türleri muhtemelen çimlenmedeki rollerine göre birbirinden ayrılır, çünkü ışıkla teşvik edilen mekanizmalar lokal çevresel koşullara adaptasyon için bağımsız olarak gelişir [87]. Çimlenme için ışık gereksinimi sıcaklık ile değişebilmektedir [88]. Sıcaklık ve fitokrom ilişkisi, birçok çeşidin çimlenmesinin başlamasında etkilidir [89]. Birçok durumda sıcaklık, kuru ve şişmiş tohumlarda Pfr ve Pr arasındaki dönüşümü ve toplam fitokromun Pfr seviyesini de etkilemektedir [90]. Domates tohumlarında çimlenme için Pfr gereksinimleri sıcaklıktaki artış ile azalmaktadır [91]. Fitokromlar hızlı bir şekilde sentezlenir ve hidrate olur, ancak Pfr ve Pr'nin dönüşümü yüksek sıcaklıklarda süratle meydana gelmektedir [89]. Işıқта çimlenmenin üzerine sıcaklığın etkisinde, "Grand Rapids" marul tohumlarında Pfr etkisi için optimum sıcaklık 25°C'dir [92]. 30°C'nin yukarısındaki sıcaklıklarda,

çimlenme frekansı hemen hemen sıfıra kadar düşer ve kırmızı ışığın teşvik edici etkisi ortadan kalkar [89]. Pinheiro and Borghetti [93], *Aechmae nudicaulis* tohumlarının karanlıkta tüm sıcaklık uygulamalarında çimlenmezken, kırmızı ışıkta 15°C'den 40°C'ye kadar olan sıcaklıklarda yüksek çimlenme gösterdiğini bildirmiştir. Bunun yanı sıra, aynı araştırmacılar *Streptocalyx floribundus* tohumlarının ise 40°C'de karanlıkta birkaçının çimlendiğini, fakat kırmızı ışıkta ise 15°C'den 30°C'ye kadar olan sıcaklıklarda yüksek çimlenme gösterdiğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, Veronika (*Veronica longifolia*) tohumunda ışık, düşük sıcaklıklarda çimlenmeyi arttırırken, tohumlar tam karanlık koşullarda ve yüksek sıcaklıkta eşit düzeyde çimlenme gösterebilmektedir. Buna karşılık, çayır salkım otu tohumlarında, sabit ve dalgalı sıcaklıklarda ışığın etkisi olumlu yönde görülmektedir [14].

Bazı ılıman ağaç türlerinin tohumları, ışığa hassas olarak bilinmekte ve çimlenmeleri kırmızı ışık ile teşvik, kırmızı ötesi ışık ile inhibe olmaktadır [87]. Çimlenme için dormant olmayan tohumlar ilk dormansiden kurtulduktan sonra sadece rehidrasyona gereksinim duyarken, dormant tohumlar çimlenmeleri için rehidrasyona ek olarak ışık [94], sıcaklık [91] ve kimyasallar gibi dışsal uyarıcılara [95] gereksinim duyarlar.

Işık, bazı türlerde tuzluluk ve sıcaklıkla beraber çalışırken bazı türlerin çimlenmesini de tek başına kontrol etmektedir [96, 97]. Gün uzunluğu, sıcaklık ve tuzluluğun optimum kombinasyonu sağlandığı zaman değişik halofit tohumlarında çimlenme meydana gelir [96].

Kritik bir büyüme evresi olan tohum çimlenmesi üzerinde abiyotik faktörlerin etkilerinin tek tek ya da etkileşim halinde çalışılması önemli birçok veriyi sağlayabilir. Ancak çimlenme evresinde abiyotik faktörlere karşı gösterilen davranışlar gelişimin her basamağında değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle, toleranslı genotiplerin belirlenmesinde fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Gün geçtikçe bozulan çevresel koşullar nedeniyle bu çevrelerin ıslahı kadar özellikle çevresel faktörlere karşı toleranslı genotiplerin belirlenmesi de kritiktir.

**KAYNAKLAR**

1. El-Keblawy A., Al-Rawai A, Effects of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C., J. Arid Environ., 61, 555-565, (2005).
2. Kigel J., Galili G., Seed development and germination, Marcel Dekker, New York, (1995).
3. Otsamo R., Adjers G., Kuusipalo J., Otsamo A., Susilo N., Tuomela K., Effect of nursery practices on seed germination of selected dipterocarp species, J. Trop. For. Sci., 9:(1), 23-34, (1996).
4. Ashraf M., Breeding for salinity tolerance in plants, Critical Reviews in Plant Sci., 13:(1), 17-42, (1994).
5. Flowers T.J., Salt tolerance in *Sueda maritima* (L.) Dum. The effect of sodium chloride on growth, respiration, and soluble enzymes in a comparative study with *Pisum sativum* L., J. Exp. Bot., 23, 310-321, (1972).
6. Levitt J., Responsens of Plant to Environmental Stresses, Vol.II, Water Radiation, Salt and Other Stresses, Academic Press, Inc., 2<sup>nd</sup>. Ed., 607, (1980).
7. Ungar I.A., Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae), Am. J. Bot., 83, 604-607, (1996).
8. El-Sharkawi H.M., Springuel I., Germination of some crop plant seeds under salinity stress, Seed Sci. Technol., 7, 27-37, (1979).
9. Copeland L., McDonald M.B., Principles of seed science and technology, 3rd ed., Chapman and Hall, New York, (1997).
10. Cone J.W., Kendrick R.E., Fluence-réponse curves and action spectra for promotion and inhibition of seed germination in wilde type and long-hypocotyl mutants of *Arabidopsis thaliana* L., Planta, 163, 43-54, (1985).
11. Akman Y., Küçüködük M., Düzenli S., Tuğ, G.N., Bitki Fizyolojisi, Ankara, (2001).
12. Toole E.H., Hendricks S.B., Physiology of seed germination, Ann. Rev. Plant Physiol., 7, 299-324, (1956).
13. Bewley J., Black M., Seeds: Physiology of development and germination, 2nd ed. Plenum Press, New York, (1994).
14. Kacar B., Bitki Fizyolojisi, No.1447, Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları, Toprak Bölümü, (1996).
15. Shonjani S., Salt sensitivity of rice, maize, sugar beet and cotton during germination and early vegetative growth, Institute of Plant Nutrition, Justus Liebig University, Giessen, 32 p., (2002).
16. Taylorson R., Recent advances in the development and gemination of seeds, Plenum Press, New York, (1989).
17. Esechie H.A., Partitioning of chloride ions in the germinating seed of two forage legumes under varied salinity and temperature regimes, Commun. Soil Sci. Plant Anal., 26, 3357-3370, (1995).
18. Smith S.E., Dobrenz A.K., Seed age and salt tolerance at germination in alfalfa, Crop Sci., 27, 1050-1056, (1987).

19. Khan M.A., Ungar I.A., Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd., Bot. Gaz., 145, 487-494, (1984a).
20. Khan M.A., Ungar I.A., Effects of light, salinity and thermoperiod on the seed germination of halophytes, Can. J. Bot., 75, 835-841, (1997).
21. Lin C.C., Kao C.H., NaCl stress in rice seedlings: starch mobilization and the influence of gibberellic acid on seedling growth, Bot. Bull. Acad. Sin., 36, 169-173, (1995).
22. De Villiers A.J., Van Rooyen M.W., Theron G.K., Van De Venter H.A., Germination of three Namaqualand pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light, Seed Sci. Technol., 22, 427-433, (1994).
23. Wijte A.H.B.M., Gallagher J.L., Effect of oxygen availability and salinity on early life history stages of salt marsh plants. I. Different germination strategies of *Spartina alterniflora* and *Phragmites australis* (Poaceae), Am. J. Bot., 83, 1337-1342, (1996).
24. Styer R.C., Koranski D.S., Plug and transplant production, Ball Publishing, Batavia, III, (1997).
25. Cantliffe D.J., Seed germination for transplants, Hort. Technol., 8:(4), (1998).
26. Spilde L.A., Influence of seed size and test weight on several agronomic traits of barley and hard red spring wheat, J. Prod. Agric., 2, 169-172, (1989).
27. Kwiatowsky J., Salinity Classification, Mapping and Management in Alberta, Her Majesty the Queen in the Right of Alberta, (1998).
28. Ergene A., Toprak Bilgisi, Atatürk Üniv., Ziraat Fak. Yayınları, Erzurum, (1982).
29. Zhu J.K., Plant salt tolerance, Trends Plant Sci., 6, 66-71, (2001).
30. Jacoby B., Mechanisms involved in salt tolerance by plants, Ed. Pessarakli, M., Handbook of Plant and Crop Stress, New York, 97-123, (1994).
31. Marschner H., Mineral nutrition Marcel Dekker of higher plants, Academic Press, 657-680, (1995).
32. Poljakoff-Mayber A., Somers G.F., Werker E., Gallagher J.L., Seeds of *Kotyletzkyia virginica* (Malvaceae): their structure, germination and salt tolerance, Am. J. Bot., 81, 54-59, (1994).
33. Gomes Filho E., Sodek L., Effect of salinity on ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination, J. Plant Physiol., 132, 307-311, (1988).
34. Yupsanis T., Moustakas M., Domiandou K., Protein phosphorylation-dephosphorylation in alfalfa seeds germinating under salt stress, J. Plant Physiol., 143, 234-240, (1994).
35. Khan M.A., Rizvi Y., Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. *stocksii*, Can. J. Bot., 72, 475-479, (1994).
36. Ahmad J., Bano M., The effect of sodium chloride on the physiology of cotyledons and mobilization of reserved food in *Cicer arietinum*, Pak. J. Bot., 24, 40-48, (1992).
37. Bozcuk, S., Bazı kültür bitkilerinde tuzluluğun çimlenme üzerine etkisi ve tuz toleransı sınırlarının saptanması, Doğa-Tr. J. Biol., 15, 144-151, (1991).

38. Almansouri M., Kinet J.M., Lutts S., Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.), *Plant Soil*, 231, 245-256, (2001).
39. Kocaçalışkan, İ. and Kabar, K., Effect of salinity on polyphenol oxidase during seed germination, *Doğa-Tr. J. Bot.*, 15, 41-49, (1990).
40. Sugimoto N., Takeda G., Nagato Y., Yamaguchi J., Temporal and spatial expression of the  $\alpha$ -amylase gene during seed germination in rice and barley, *Plant Cell Physiol.*, 39, 323-333, (1998).
41. Das G., Sen-Mandi S., Scutellar amylase activity in naturally aged and accelerated aged wheat seeds, *Ann. Bot.*, 69, 497-501, (1992).
42. Kasai K., Mori N., Nakamura C., Changes in the respiratory pathways during germination and early seedling growth of common wheat under normal and NaCl-stressed conditions, *Cer. Res. Comm.*, 26, 217-224, (1998).
43. von Well E., Fossey A., A comparative investigation of seed germination, metabolism and seedling growth between two polyploid *Triticum* species, *Euphytica*, 101, 83-89, (1998).
44. Prakashi V., Sastry E.V.D., Effects of salinity on germination and seedling growth in wheat, *Ann. Arid Zone*, 31:(1), 71-72, (1992).
45. Lutts S., Kinet J.M., Bouharmont J., Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance, *J. Exp. Bot.*, 46, 1843-1852, (1995).
46. Gul B., Weber D.J., Effect of salinity, light, and temperature on germination in *Allenrolfea occidentalis*, *Can. J. Bot.*, 77, 240-246, (1999).
47. Weber E., D'Antonio C.M., Germination and growth responses of hybridizing *Carpobrotus* species (Aizoaceae) from coastal California to soil salinity, *Am. J. Bot.*, 86, 1257-1263, (1999).
48. Khan M.A., Gulzar S., Light, salinity, and temperature effects on the seed germination of perennial grasses, *Amer. J. Bot.*, 90, 131-134, (2003).
49. Misra N., Dwivedi U.N., Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars, *Plant Sci.*, 166, 1135-1142, (2004).
50. Yıldız M., Cenkci S., Terzi H., Konuk M., Effects of salinity on germination and some growth parameters in three cultivars of *Zea mays* L., *Afyon Kocatepe University Journal of Science*, In Press.
51. Sun W., Hauser A., Salt stress induces anatomical changes in ovules and embryos, ultimately resulting in seed abortion, *The twelve section international Meeting on Arabidopsis Research*, June 23-27, Madison USA, Abstract No:420, (2001).
52. Hasegawa P.M., Bressan R.A., Nelson D.E., Samaras Y., Rhoades D., Tissue culture in the improvement of salt tolerance in plants, *Soil Mineral Stresses, Approaches to crop improvement, Monographs on Theoretical and Applied Genetics*, Ed. Yeo A.R., Flowers T.J., Springer-Verlag, Berlin, 21, 83-125, (1994).
53. Pessaraki M., Tucker T.C., Nakabayashi K., Growth response of barley and wheat to salt stress, *J. Plant Nutr.*, 14:(4), 331-340, (1991).



54. Khan M.A., Ungar I.A., The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd., Am. J. Bot., 71, 481-489, (1984b).
55. Özdemir S., Tuzluluk stresinin bitkilere etkileri, Çukurova Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 10:(3), 69-82, (1995).
56. Ungar I.A., Seed germination and seed-bank ecology in halophytes, Ed. Kigel J., Galili G., Seed development and seed germination, New York: Marcel Dekker, 599-628, (1995).
57. Kevseroğlu, K., Çalışkan, O., Effect of different temperature degrees on germination of some industry plants seeds, Tur. J. Fac. Agric. O.M.U., 10, 23-31, (1995).
58. Şhıralı, S., Seed and Seed Technology. In Turkish, İstanbul, pp: 422, (1997).
59. Evans, L.T., Wardlaw, I.F. and Fischer, R.A., 1975, "Wheat", In: Evans, L.T.(ed.) Crop Physiology, Cambridge University Pres., USA, pp.101-149, (1975).
60. Kün, E., 1988, "Serin İklim Tahılları", Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları: 1032, Ders Kitabı: 299, 322 s., (1988).
61. Günay, A., Vegetable Growing, Vol.1, 2. Press, In Turkish, Ankara, (1992).
62. Uzun, S., Marangoz, D., Özkaraman, F., Modelling the time elapsing from seed sowing to emergence in some vegetable crops, Pak. J. Bio. Sci., 4, 442-445, (2000).
63. Baskin C.C., Baskin J.M., Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination, Academic Press, San Diego, CA, USA, (1998).
64. Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M., The use of saline waters for crop production, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Irrigation and Draniage, FAO, Rome, Italy, pp. 48, (1992).
65. Watkins J.T., Cantliffe D.J., Hormonal control of pepper seed germination, Hort Sci., 18, 342-343, (1983).
66. Badger K.S., Ungar I.A., The effect of salinity and temperature on the germination of the inland halophyte *Hordeum jubatum*, Can. J. Bot., 67, 1420-1425, (1989).
67. Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., Geneve, R.A., Plant Propagation Principles and Practices, sixth ed. Prentice Hall, New Jersey, (1997).
68. Godoi, S., Takaki, M., Effects of light and temperature on seed germination in *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae), Braz. Arch. Biol. and Technol., 47, 185-191, (2004).
69. Kulkarni, M.G., Sparg, S.G., van Staden, J., Influence of temperature and watering frequencies on seed germination and seedling growth of *Ornithogalum longibracteatum* and *Tulbaghia violacea*, Sci. Hortic., 107, 103-109, (2005).
70. Brändel, M., The role of temperature in the regulation of dormancy and germination of two related summer-annual mudflat species, Aquatic Botany, 79, 15-32, (2004).
71. Delesalle V.A., Blum S., Variation in germination and survival among families of *Sagittaria latifolia* in response to salinity and temperature, Int. J. Plant Sci., 155, 187-195, (1994).

72. Khan M.A., Gul B., Weber D.J., Effect of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia*, *Wetlands Ecol. and Manage*, 9, 483-489, (2001).
73. Khan M.A., Ungar I.A, Seed germination and dormancy of *Polygonum aviculare* L. as influenced by salinity, temperature and gibberellic acid", *Seed Sci. Technol.*, 26, 107-117, (1998).
74. Khan M.A., Ungar I.A, Seed germination and recovery of *Triglochin maritima* from salt stress under different thermoperiods, *Great Basin Naturalist*, 59, 144-150, (1999).
75. Lorenz A.A., Maynard D.N., Knott's handbook for vegetable growers, John Wiley and Sons, Wiley Interscience Publication, N.Y., (1980).
76. Shinomura T., Hanzawa H., Schafer E., Furuya M., Mode of phytochrome B action in the photoregulation of seed germination in *Arabidopsis thaliana* L., *Plant J.*, 13, 583-590, (1998).
77. Socolowski, F., Takaki, M., Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don-Bignoniaceae) Seeds: Effects of Light, Temperature and Water Stress, *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 47, 785-792, (2004).
78. Casal J.J., Sanchez R.A., Phytochromes and seed germination, *Seed Sci. Res.*, 8, 317-329, (1998).
79. Shinomura T., Nagatani A., Hanzawa H., Kubota M., Watanabe M., Furuya M., Action spectra for phytochrome A- and B- specific photoinduction of seed germination in *Arabidopsis thaliana* L., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93, 8129-8133, (1996).
80. Takaki, M., New proposal of classification of seed based on forms of phytochrome instead of photoblastism, *R. Brasil. Fisiol. Veg.*, 13, 103-107, (2001).
81. Simpson G.M., Seed dormancy in grasses, 1<sup>st</sup>, University Press, Cambridge, UK, (1990).
82. Milberg P., Andersson L., Thompson K., Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones, *Seed Sci. Res.*, 10, 99-104, (2000).
83. Gardner F.P., Pearce R.B., Mitchell R.L., *Physiology of crop plants*, 1<sup>st</sup> ed., Iowa State University Press, Ames, (1985).
84. Bradbeer J.W., *Seed dormancy and germination*, Blackie Academic and Professional, London, (1988).
85. Duke S.O., Interactions of seed water content with phytochrome-initiated germination of *Rumex crispus* L. seeds, *Plant Cell Pyhsiol.*, 19, 1043-1049, (1978).
86. Benvenuti S., Macchia M., Miele S., Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence, *Weed Res.*, 41, 177-186, (2001).
87. Toole V.K., Effects of light, temperature and their interaction on the germination of seeds, *Seed Sci. Technol.*, 1, 339-396, (1973).
88. Baskin C.C., Baskin J.M., Dormancy types and dormancy-breaking and germination requirements in seeds of halophytes, *Biology of salt tolerant plants*,

- Ed. Khan M.A., Ungar I.A., Department of Botany, University of Karachi, Karachi, Pakistan, 23-30, (1995).
89. Kristie D.N., Fielding A., Influence of temperature on the Pfr level required for germination in lettuce cv. Grand Rapids, *Seed Sci. Res.*, 4, 19-25, (1994).
  90. Kristie D.N., Bassi P.K., Spencer M.S., Factors affecting the induction of secondary dormancy in lettuce, *Plant Physiol.*, 67, 1224-1229, (1981).
  91. Yaniv Z., Mancinelli A.L., Phytochrome and seed germination: II. Changes of Pfr requirements for germination in tomato seeds, *Plant Physiol.*, 42, 1147-1148, (1967).
  92. Ikuma H., Thimann K.V., Analysis of germination processes of lettuce seed by means of temperature and anaerobiosis, *Plant Physiol.*, 39, 756-767, (1964).
  93. Thomas T.H., Some regulations on the relationship between endogenous hormones and light-mediated seed dormancy, *J. Plant Growth Regul.*, 11, 239-248, (1992).
  94. Pinheiro, F., Borghetti, F., Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schultes f.) Mez (Bromeliaceae), *Acta Bot. Bra.*, 17:(1), 27-35, (2003).
  95. Small J.G.C., Gutterman Y., Evidence for inhibitor involvement in thermodormancy of Grand Rapids lettuce seeds, *Seed Sci. Res.*, 1, 263-267, (1991).
  96. Gutterman Y., *Seed germination of desert plants*, Springer-Verlag, Berlin, (1993).
  97. Gutterman Y., Kamenetsky R., Van Rooyen M., A comparative study of seed germination of two *Allium* species from different habitats in the Negev desert highlands, *J. Arid. Environ.*, 29, 305-315, (1995).

