



***Lycopersicon esculentum* Mill. ve *Raphanus sativus* L. BİTKİLERİNDE ÇİMLENME ve SONRASI BÜYÜME AŞAMALARINDA Na₂SO₄ TİPİ TUZ STRESİNİN ETKİLERİ**

Güler ÇOLAK^{a*}, Öznur KESER^b, Necmettin CANER^c

^aEskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

^bEskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi

^cEskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

ÖZET

Lycopersicon esculentum Mill. ve *Raphanus sativus* L.'nin çimlenme ve ilk fide büyüme evrelerinde Na₂SO₄ tipi tuz stresi etkilerini incelemeyi amaçlayan çalışmada, fotoperiyot şartlarında *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve 11D-230 genotiplerine ait tohumların 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda tümüyle çimlenme yeteneklerini kaybettikleri gözlenirken, aynı genotiplerin 2000 ppm ve daha yüksek Na₂SO₄ konsantrasyonlarına karanlık şartlarda daha toleranslı davrandığı görüldü. Fotoperiyot şartlarında bazı genotiplerde düşük konsantrasyonlarda Na₂SO₄'ın hipokotil gelişimlerinde olumlu etkilerinden bahsetmek mümkün olsada, yüksek Na₂SO₄ konsantrasyonlarında hipokotil gelişimlerinin inhibisyonunu işaret eden görünümlemlerle karşılaşıldı. Fotoperiyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 fideciklerinin kök gelişimlerinde 2000 ppm'e kadar olan Na₂SO₄ konsantrasyonlarında artışlar izlenirken, *R. sativus* L. cv. 8TR-18'de 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla serinin en yüksek kök boyu ortalama uzunlukları elde edildi. Buna karşın fotoperiyot şartlarında *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 fideciklerinin kök boyu ortalama uzunluklarında istatistiksel anlamda hiçbir konsantrasyonda ana kök gelişimini teşvik eden özelliklere rastlanmazken, *R. sativus* L. cv. 8TR-17'de en yüksek kök boyu ortalama uzunluklarına kontrol gruplarda ulaşıldı. *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 ve *R. sativus* L. cv. 8TR-17 karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, artan konsantrasyonlarda uygulanan Na₂SO₄'ın fideciklerin lateral kök gelişimlerinde yarattığı değişimler istatistiksel anlam taşımazken, artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarının *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin kotiledon gelişimlerinde neden olduğu değişimlerinde istatistiksel anlamı yoktu.

Anahtar Kelimeler: *Lycopersicon esculentum* Mill.; *Raphanus sativus* L.; Tuz stresi; Na₂SO₄; Çimlenme.

THE EFFECTS of Na₂SO₄ TYPE SALT STRESS on *Lycopersicon esculentum* Mill. and *Raphanus sativus* L. DURING GERMINATION and SUBSEQUENT PHASES OF GROWING

ABSTRACT

The aim of this study is to examine effects of Na₂SO₄ type salt stress on *Lycopersicon esculentum* Mill. and *Raphanus sativus* L. during phases of germination and first seedling growth. While seeds of *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 and 11D-230 genotypes lost their ability to sprout in 5000 ppm Na₂SO₄ concentrations under photoperiod conditions, the same genotypes were more tolerant to 2000 ppm and higher Na₂SO₄ concentrations under dark conditions. Although it is possible to mention about positive effects of Na₂SO₄ on hypocotyle development in some genotypes in lower concentrations and under photoperiod conditions, there have been indications that hypocotyle developments are inhibited in higher Na₂SO₄ concentrations. While increases were observed in Na₂SO₄ concentrations up to 2000 ppm in root development of *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 seedlings which were applied photoperiod, the highest average root lengths of the series were obtained with *R. sativus* L. cv. 8TR-18 in 200 ppm Na₂SO₄ concentration. However, average root lengths of *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 seedlings under photoperiod conditions had no statistical aspect encouraging main root development in any concentration. On the

other hand, the highest average root lengths of *R. sativus* L. cv. 8TR-17 were obtained with the control group. While variations in lateral root development of *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 and *R. sativus* L. cv. 8TR-17 seedlings caused by increasing concentrations of Na₂SO₄ when the seedlings were incubated under dark conditions were not statistically significant, the variations caused by increasing concentrations of Na₂SO₄ on cotyledon development of *R. sativus* L. cv. 8TR-17 were also statistically insignificant.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill.; *Raphanus sativus* L.; Salt stres; Na₂SO₄; Germination.

*E-posta: gulercolak@ttmail.com

1. GİRİŞ

Toprağın tuzlanması toprakta sodyum, kalsiyum ve magnezyum tuzlarının klorürler, sülfatlar ve karbonatlar halinde birikimi olarak tanımlanır [1]. Dünya üzerindeki toplam karasal alanların yaklaşık % 6-7'sinin [2-3], sulama yapılan karasal alanların ise yaklaşık yarısının tuzdan etkilendiği [4] tahmin edilmektedir. Türkiye için, drenaj problemlili toprakların yarıdan fazlası, toplam arazinin en az % 2 kadarı veya yaklaşık olarak 1.5 milyon hektarlık arazi tuz ve/veya alkalilik sorunundan etkilenmiş olarak kabul edilir [5]. Ancak aynı kaynakta bu alanın çok daha geniş olduğu da öne sürülmektedir.

Toprakta yüksek milimolar konsantrasyonlarda sodyum çoğu yüksek bitki türü için toksik olarak kabul edilir ve dünyanın her yerinde birçok bitki türünün büyümesini inhibe ederken, tarımsal üretimde verimliliği de şiddetle azaltır [6-7]. Toprak tuzluluğu evvelce işlenmemiş karasal alanların kullanımını kısıtladığı ve ürün verimini sınırlandırdığından dolayı dünya gıda üretiminin büyük bir problemidir ve tuzluluğun yol açtığı doğal sınırlar tarımsal üretimin enerji düzeyi ve besinsel potansiyelinde de sınırlayıcıdır [8]. Yüksek tuz konsantrasyonlarının toprak çözeltisinde yaratmış olduğu olağanüstü yüksek osmotik basınç ve bunun doğal sonucu olan fizyolojik kuraklık etkileri nedeniyle bazı genotiplerde osmotik, bazı genotiplerde ise toksik olabilen etkileri vardır [9-10, 4], ancak çoğu çalışmada çimlenme ve ilk fide gelişimi dönemi bitkinin toplam hayat döngüsü içinde tuzluluğa en kritik dönem olarak değerlendirilmektedir [11-12].

Leucaena leucocephala, *Ceiba pentandra*, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Tectona grandis* ve *Gmelina arborea*'da tohum çimlenmesi üzerine farklı tuz solüsyonları (0.2 M NaCl, KMnO₄, NH₄Cl, Na₂SO₄, ZnSO₄ ve CaCO₃) ve tuz stresi (0.1-2 M NaCl) etkilerini inceleyen bir çalışmada, değerlendirme kapsamına alınan altı farklı tuzun bitki türlerinin çoğunda tohum çimlenmesi üzerine yüksek derecede anlamlı etkilerinden bahsedilmektedir [13]. 12 farklı *Hordeum vulgare* genotipini 1:1 M oranında NaCl ve CaCl₂ içeren farklı konsantrasyonlarda ve farklı elektriksel iletkenlik değerlerine sahip solüsyonlarda tuz toleransı açısından değerlendiren bir çalışmada, tohum çimlenmesi tuz konsantrasyonları artışlarıyla

anlamli olarak azalmiş, çimlenme yüzdeleri açısından tuzluluğa gösterilen reaksiyonlarda genotipler düzeyinde büyük varyasyonlar gözleendiği de kaydedilmiştir [14]. Prado ve arkadaşları'nın, *Chenopodium quinoa* tohumlarının çimlenme karakterleri üzerine NaCl tipi tuz stresi etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 0.1 M tuz konsantrasyonu çimlenmeyi önemsiz düzeylerde geciktirirken, daha yüksek konsantrasyonlar şiddetli inhibisyonlara neden olmuştur [15]. NaCl tipi tuz stresi altında (4.0, 8.0 ve 12.0 dSm⁻¹) 4 ayrı *Vigna radiata* genotipini tuzluluk toleransı açısından değerlendiren bir çalışmada tüm genotiplerin çimlenme sonrası fide hayatta kalımları tuz stresi yoluyla azalmiştir [16]. Buna karşın *Glycine max*'da tohum çimlenmesi ve ilk fide büyüme evresi özelliklerini bir seri NaCl özeltilerinde (0, 60, 100, 160, 220, 330, 420 ve 500 mMolal) inceleyen bir çalışmada, tohumların NaCl tipi tuzluluğa çimlenme evrelerinde fidelik evrelerinden çok daha dayanıklı oldukları kaydedilmiştir [17]. *Solanum melongena* ile yapılan bir çalışmada bitki tohumları 0, 35, 70 ve 140 mM NaCl etkilerine maruz bırakıldıklarında, fide evresinin tuz stresine çimlenme evresinden çok daha hassas olduğu görülmüş, tuzluluk fide büyümesini toplam çimlenme yüzdesinden çok daha şiddetle etkilerken, yüksek NaCl konsantrasyonlarında fide gelişimindeki gerilemeden sorumlu esas iki anomaliden birisi kotiledon açılmasındaki başarısızlık olarak gösterilmiştir [18]. 7 farklı konsantrasyonda hazırlanan artan tuzluluk seviyelerine (EC: 2.6-20.1 dSm⁻¹) 12 farklı *Vigna unguiculata* genotipinin büyüme tepkilerini inceleyen bir çalışmada ise, 2.6-20.1 dSm⁻¹ arasında değişen tuzluluğun fideliklerin yaprak alanı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığını anlamlı şekilde azalttığı bildirilmiştir [19].

Biz de bu çalışma ile ölkemizde tarımsal değeri büyük olan ve tuza orta derecede tolerant ve hassas olarak tanımlanan [20], 2 farklı kültür bitkisinde tuzlu toprakların en önemli tuz bileşenlerinden biri olan Na₂SO₄'ın etkilerini, çimlenme ve ilk fide büyüme evrelerindeki bazı fizyolojik ve makromorfolojik büyüme parametreleri üzerinde ayrı ayrı ele alarak değerlendirdik, böylelikle bitkilerin toplam hayat döngüsü içinde tuza en hassas dönem olarak tanımlanan bu iki farklı evrede bitkilerin hassasiyet veya tolerans gösterdikleri tuz miktarlarını tayin etmeyi, bitkilerin Na₂SO₄ tipi tuzluluğa karşı olan hassasiyet veya toleranslarındaki varyasyonu genotipler düzeyinde ortaya koymayı amaçladık. Ayrıca, NaCl ve Na₂SO₄ tuzlu topraklarda en yaygın olarak bulunan tuzlar olsalar da [21], Na⁺ katyonu kaynaklı tuzluluk stresine yönelik çalışmalarda daha çok NaCl tipi tuz stresi üzerinde yoğunlaşıldığı için, Na₂SO₄ tipi tuz stresini tuza toleransı farklı 2 ayrı kültür bitkisinde ve tuza en hassas olunan dönemde genotipler düzeyinde ele almanın, bitkilerde Na⁺ katyonu kaynaklı tuzluluğa yönelik çalışmalara küçük de olsa bir katkı yapabileceğini düşündük.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmanın araştırma materyalini *Solanaceae* familyası üyelerinden olan ve tuza orta derecede tolerant olarak tanımlanan *Lycopersicon esculentum* Mill. ile *Brassicaceae* (*Cruciferae*) familyası üyelerinden olan ve tuza hassas olarak tanımlanan *Raphanus sativus* L. [20] oluşturdu. Çalışmanın araştırma materyalini teşkil eden bütün bitki genotiplerine ait tohumlar (*L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve 11D-230 ile *R. sativus* L. cv. 8TR-17 ve 8TR-18) Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edildi.

Araştırma materyalini teşkil eden bitki tohumlarının sterilizasyonu için standart doku kültürleri prosedürlerinde izlenen ve önerilen teknikler [22] modifiye edilerek uygulandı. Sterilizasyon işlemleri tamamlanan bitki tohumları içlerinde steril filtre kağıtları bulunan steril petri kaplarına steril bir ortamda ve steril pensler yardımıyla 50'şer adet olmak üzere ekildi. Çalışmada her genotip ve her uygulama için 50'şerli gruplar halinde 400'er adet tohumun ekimi sağlandı. Ancak inkübasyon süreleri sona erdiğinde, her genotip ve her uygulama için tamamen tesadüfi olarak seçilen 50'şerli gruplar halinde toplam 200'er adet tohum, fotoperiyot ve karanlık uygulamaları bünyesinde değerlendirme kapsamına alındı.

Çalışmada araştırma materyalini teşkil eden bitki tohumlarına Na_2SO_4 7 farklı konsantrasyonda uygulandı. Bu konsantrasyonlar 5, 20, 50, 200, 500, 2000 ve 5000 ppm şeklinde idi. Ayrıca bütün serilerde bir de kontrol grup bulunduruldu. Kontrol grubu oluşturan bitki tohumlarına ise araştırma süresince yalnızca steril saf su verildi (0 ppm). Sterilizasyon ve ekim işlemleri tamamlanan bitki tohumlarında iki farklı uygulama gerçekleştirildi. Bunun için aynı genotipe ait olan ve her bir konsantrasyon serisi için 50'şerli gruplar halinde 400'er adet olarak ekimi yapılan tohumların yarısı 25 ± 1 °C sıcaklığı olan bir kültür odasında 16 saat ışık, 8 saat karanlık şeklinde düzenlenen bir fotoperiyodik indüksiyona maruz bırakıldılar. Burada petri kapları düzeyindeki ışık şiddetinin 11000 ± 100 lüks civarında olmasına özen gösterildi. Aynı genotipe ait olan ve aynı deneysel işlemlerden geçen bitki tohumlarının diğer yarısı ise 25 °C sıcaklığı olan bir etüvde karanlık şartlarda inkübasyona alındılar.

L. esculentum Mill. cv. H-2274 ve 11D-230 ile *R. sativus* L. cv. 8TR-17 ve 8TR-18 için on ikişer gün olarak tespit edilen inkübasyon süreleri sonunda tohumlarda öncelikle çimlenme oranları açısından bir değerlendirme yapıldı. Çimlenme inkübasyon süreci boyunca her 24 saatte bir kaydedildi. Bu aşamada tohumun testasından radikulanın kendini göstermesini çimlenmenin başlangıcı için yeterli kriter olarak [23, 24] değerlendirdik. Sonraki aşamada çimlenen tohumlarda kotiledon açılma frekans pozitifliği belirlendi. 12 gün yaşlı genç fideciklerin kökçük, hipokotil ve kotiledonları kesilerek birbirlerinden izole edildi. Kökçük, hipokotil ve kotiledonlarda makromorfolojik gözlemler gerçekleştirildi. Fideciklerin

köklerindeki lateral kök sayıları belirlendi. Ancak tek bir petrideki işlemler uzun sürdüğü için, 12 günlük inkübasyon süreleri sona erdiğinde çalışılacak diğer petriker buzdolabında +4 °C’de muhafaza edildi.

Çimlenme deneyleri ve çimlenen tohumlarda kotiledon açılma frekans pozitifliğini belirlemeye yönelik fizyolojik çalışmalarda istatistiksel bir değerlendirme yapabilmek için, çeşitli konsantrasyon değerlerindeki çimlenme sayıları ve kotiledon açılma frekans tablolarına kontenjans tabloları yapılarak, non-parametrik testlerden X² testi uygulandı. Makromorfolojik gözlemler için verilerin değerlendirilmesi bilgisayarda SPSS paket programında yapıldı. Ortalamalar, standart hatalar ve yüzdelik değerler hesaplandı. Grupların karşılaştırılmasında istatistiki testlerden ANOVA tek yönlü varyans analizi ve Student’s t testi uygulandı.

3. BULGULAR

3.1. Çimlenme Oranları

Çalışmamızda, fotoperiyodik indüksiyon altında artan konsantrasyonlarda Na₂SO₄ uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 genotipine ait tohumların çimlenme oranları 500 ve 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarıyla önemli düzeylerde azalırken, 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda tohumlarda çimlenme gerçekleşmedi. Aynı genotipin karanlık şartlarda inkübasyona alınması durumunda, çimlenme oranlarında istatistiki açıdan anlamlı düşüşler 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla elde edildi. Fotoperiyot ve karanlık uygulanan tohumların kontrol grup dahil inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerinde çimlenme oranları yüksekti ve birbirine benzer değerler verdi. Fotoperiyodik indüksiyon altında *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230’un Na₂SO₄ etkilerine maruz bırakılması durumunda, tohum çimlenme oranlarında 20 ve 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında anlamlı düşüşler saptanırken, 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda tohumlarda çimlenme gerçekleşmedi. Kontrol grup dahil Na₂SO₄ uygulanan diğer tüm serilerin çimlenme oranları istatistiki açıdan benzerdi. 20 ppm değeri ise düzensiz düşme eğilimi olarak değerlendirildi. Artan konsantrasyonlarda Na₂SO₄ uygulamaları karanlık şartlarda inkübasyona alınan tohumların çimlenme oranlarında anlamlı değişimler oluşturamadı (Tablo 1.1).

Fotoperiyodik indüksiyon altında *R. sativus* L. cv. 8TR-17 genotipine ait tohumlarda en yüksek çimlenme oranlarına kontrol gruplarda ulaşıldı. 5-500 ppm değerleri benzerdi. 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla yeniden başlayan anlamlı düşüşler 5000 ppm’de belirginleşti. Aynı genotipin tohumları karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, 50 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla elde edilen düzensiz düşme eğilimi hariç, 5000 ppm’e kadar olan diğer serilerde izlenen değişimler istatistiki açıdan anlamlı değildi. Fotoperiyodik indüksiyon altında olduğu gibi bu grupta da özellikle 5000 ppm’de saptanan belirgin düşme dikkat

çekiciydi. Fotoperyodik indüksiyon altında *R. sativus* L. cv. 8TR-18'in çimlenme özellikleri kontrol grup sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, sadece 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile elde edilen düşüşün istatistiksel açıdan diğer tüm serilerden farklı olduğu görüldü. Kontrol grup ve tuz uygulanan diğer tüm serilerde elde edilen çimlenme oranları benzerdi. *R. sativus* L. cv. 8TR-18 karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, 5 ve 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarındaki çimlenme oranlarının kontrol grup değerine benzer olduğu görüldü. 50 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan anlamlı düşüş 500 ppm ve daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam etti. 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundaki hafif yükseliş eğilimi ise istatistiksel anlam taşıyordu (Tablo 1.2).

Tablo 1.1.

L. esculentum Mill. tohumlarında artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranları ve çimlenen tohumlarda kotiledonların açılma frekansları (%)

Na ₂ SO ₄ (ppm)	<i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274				<i>L. esculentum</i> Mill. cv. 11D-230			
	Fotoperyot		Karanlık		Fotoperyot		Karanlık	
	Çimlenen Tohumla rın Kotiledo n Açılma Frekans	Tohum Çimlenm e Oranları	Çimlenen Tohumlar ın Kotiledon Açılma Frekans	Tohum Çimlen me Oranları	Çimlenen Tohumlar ın Kotiledo n Açılma Frekans	Tohum Çimlenm e Oranları	Çimlenen Tohumlar ın Kotiledon Açılma Frekans	Tohum Çimlen me Oranları
0	83,3	90	16,5	97	73,5	83	26,5	83
5	78,7	94	11,6	95	79,2	77	38,6	88
20	87,1	93	27,3	88	86,8	68	36,6	93
50	84,9	93	20,7	92	86,7	75	43,0	86
200	100	96	26,6	94	98,8	86	48,2	83
500	92,8	83	21,9	96	58,5	82	32,1	84
2000	89,8	49	16,7	90	43,3	60	20,5	78
5000	--	--	1,4	69	--	--	8,1	86
İstatisti ki Analiz	x ² = 25.365 p= 0.000	x ² =425.9 48 p= 0.000	x ² = 26,564 p= 0.000	x ² =64.5 94 p= 0.000	x ² =83.75 4 p= 0.000	x ² =248.3 08 p= 0.000	x ² = 45.954 p= 0.000	x ² =10.4 94 p= 0.162

3.2. Çimlenen Tohumlarda Kotiledonların Açılma Frekansları

Fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 fideciklerinin artan konsantrasyonlarda Na₂SO₄ etkilerine maruz bırakılan serileri 200 ve 500 ppm Na₂SO₄ uygulamalarında en yüksek kotiledon açılma frekanslarını verdiler. İnceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerde kotiledon açılma frekansları yüksekti ve birbirine benzer değerler verdi. Aynı genotipin karanlık şartlarda yetiştirilen serileri sadece 5000 ppm Na₂SO₄ uygulamasında anlamlı bir düşüş sergilediler. Kontrol grup dahil diğer tüm serilerde elde edilen değerler istatistiki açıdan benzerdi (Tablo 1.1). Fideciklerin kotiledon açılma frekansları üzerine Na₂SO₄ uygulamalarının etkileri karşılaştırıldığında, fotoperyot şartlarındaki kotiledon açılma frekanslarının (% 88) karanlık şartlardakinden (% 18.3) çok daha yüksek olduğu tespit edildi.

L. esculentum Mill. cv. 11D-230 fideciklerinde en yüksek kotiledon açılma frekans pozitifliğine 200 ppm Na₂SO₄ uygulamasıyla ulaşıldı. Fotoperyodik indüksiyon altında, 200 ppm'e kadar olan Na₂SO₄ konsantrasyonlarında izlenen artışlar kontrole göre istatistiki anlamlılık vermedi. 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan anlamlı düşüşler 2000 ve özellikle karanlık şartlarda 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında belirginleşti (Tablo 1.1). Fideciklerin kotiledon açılma frekansları artan Na₂SO₄ uygulamalarında kontrol grup verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, genel anlamda fotoperyodik indüksiyonun olumlu etkileri dikkati çekmektedir (% 76.3). Karanlık şartlarda fideciklerin kotiledon açılma frekansları (% 31.9) düşüktür.

Fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan *R. sativus* L. cv. 8TR-18 fideciklerinin kotiledon açılma frekans pozitifliği artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarında kontrol grup verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, anlamlı bir farklılık tespit edilemedi. İnceleme kapsamına alınan tüm serilerde kotiledonlar çok yüksek düzeylerde açılmalar gösterdiler. En düşük değerin elde edildiği 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda dahi % 93.2 düzeyinde açılmalar sergilediler. Bu serinin genel kotiledon açılma frekans pozitifliği ise % 98.1 düzeyinde gerçekleşti. *R. sativus* L. cv. 8TR-18 karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, kotiledonlar Na₂SO₄ uygulanan tüm serilerde % 100 düzeyinde açılma özelliği gösterdiler. Serinin en düşük kotiledon açılma frekansı her ne kadar kontrol gruplarda elde edilse de (% 98.6) farklılık anlamlı değildi. Serinin genel kotiledon açılma frekans pozitifliği ise % 99.7 düzeyinde gerçekleşti. Na₂SO₄ uygulamaları *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin kotiledon açılma frekanslarında da anlamlı bir farklılık oluşturmadı (Tablo 1.2). Genel bir değerlendirme yapıldığında, fotoperyot şartlarındaki kotiledon açılma frekanslarının (% 99.2) karanlık şartlarda elde edilen değerlerden (% 83.1) yüksek olduğu görüldü.

Tablo 1.2.

R. sativus L. tohumlarında artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranları ve çimlenen tohumlarda kotiledonların açılma frekansları (%)

Na ₂ SO ₄ ppm	<i>R. sativus</i> L. cv. 8TR-17				<i>R. sativus</i> L. cv. 8TR-18			
	Fotoperyot		Karanlık Uygulaması		Fotoperyot		Karanlık Uygulaması	
	Çimlenen Tohumların Kotiledon Açılma Frekansları	Tohum Çimlenme Oranları	Çimlenen Tohumların Kotiledon Açılma Frekansları	Tohum Çimlenme Oranları	Çimlenen Tohumların Kotiledon Açılma Frekansları	Tohum Çimlenme Oranları	Çimlenen Tohumların Kotiledon Açılma Frekansları	Tohum Çimlenme Oranları
0	100,0	90	83,0	47	100	88	98,6	71
5	98,5	68	74,0	50	97,5	79	100	63
20	100,0	69	78,4	51	98,6	74	100	55
50	100,0	79	84,4	32	98,8	84	100	42
200	100,0	87	77,8	36	96,5	85	100	49
500	96,0	75	94,6	56	100	85	100	41
2000	100,0	45	88,9	36	98,8	81	100	13
5000	100,0	19	83,3	18	93,2	59	100	9
İstatistik Analiz	x ² = 14.021 p= 0.051	x ² =167.2 91 p= 0.000	x ² = 10.690 p= 0.153	x ² =45.6 21 p= 0.000	x ² = 12.874 p= 0.075	x ² =37.0 09 p= 0.000		x ² =139.8 35 p= 0.000

3.3. Morfometrik Parametreler

Çalışmamızda fotoperyodik induksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 fideciklerinde en yüksek hipokotil boyu ortalama uzunluklarına kontrol gruplarda ulaşıldı. 20-500 ppm değerleri benzerdi. 2000 ppm'de hipokotil boyu ortalama uzunluklarında tekrar istatistiki anlamlılık veren bir düşme gerçekleşti. Karanlık şartlarda ise 5 ve 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında kontrole göre düzenli artışlar belirlendi ve 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile serinin en yüksek hipokotil boyu ortalama

uzunluklarına ulaşıldı. 50, 200 ve 500 ppm değerleri 5 ppm değerine benzerdi. Bu inkübasyon koşullarında da 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile hipokotil boyu ortalama uzunluklarında anlamlı düşüşler başladı. 5000 ppm’de de belirginleşerek devam etti.

Fotoperyodik indüksiyon altında fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile elde edilen artışlar kontrole göre istatistiki anlamlılık vermedi. 200 ppm’e kadar olan Na₂SO₄ konsantrasyonlarında elde edilen ortalama değerler de 5 ppm değerine benzerdi. Fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan anlamlı artışlar 500 ppm’de de benzer bir değerle devam etti. 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile birlikte her ne kadar kök boyu ortalama uzunluklarında anlamlı düşüşler izlense de buradaki düşüşler kontrole göre istatistiki anlamlılık vermedi. Ancak karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında 2000 ppm’den itibaren çok belirgin ve düzenli düşüşler elde edildi. Daha düşük Na₂SO₄ konsantrasyonlarında ise ana kök gelişimini teşvik eden görünümlemlerle karşılaşıldı (Tablo 2.1).

Fotoperyodik indüksiyon altında *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 fideciklerinde en yüksek değerlerle temsil edilen kotiledon gelişimlerine 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile ulaşıldı. Tuz uygulanan diğer tüm serilerde elde edilen değerler kontrol grup değeri benzerdi. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda kontrol grup değerine benzer bir ortalama değer elde edildi. 20 ppm’deki anlamlı yükselişle serinin en yüksek değerlerle temsil edilen kotiledon gelişimlerine ulaşıldı. 50, 200 ve 500 ppm değerleri de 20 ppm değerine benzerdi. Kotiledon gelişimlerinde 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan anlamlı düşüşler 5000 ppm’de daha da belirginleşti (Tablo 2.1).

5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274’de kontrole benzer lateral kök gelişimleriyle karşılaşıldı. 20 ppm’den 2000 ppm’e kadar olan serilerde kontrole göre anlamlı artışlar izlenmekle birlikte, 20-50 ppm değerlerinin birbirinin aynı olduğu, 200-500 ppm değerlerinin ise istatistiki açıdan benzer olduğu saptandı. 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda lateral kök gelişimlerinde ani bir düşüş başladı. 2000 ppm değerinin inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerden farklı olduğu görüldü. Karanlık şartlarda gelişmeye terk edilen fideciklerde 5, 500 ve 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında izlenen lateral kök gelişimlerinin kontrol grup değerinden anlamlı farklılıklar oluşturamadığı gözlemlendi. 20, 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında kontrole göre anlamlı olarak yüksek, ancak istatistiki açıdan birbirine benzeyen değerler elde edildi. 5000 ppm’de ise fideciklerin lateral kök gelişimlerinde ani bir inhibisyon dikkati çekmekteydi.

5 ve 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 fideciklerinin hipokotil boyu ortalama uzunluklarında düzenli artışlar tespit edildi. 20, 50 ve 200 ppm değerleri istatistiki açıdan benzer değerlerdi. Hipokotil boyu ortalama uzunluklarında 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı düşüşler 2000 ppm'de de belirginleşerek devam etti.

Tablo 2.1.

L. esculentum Mill. cv. H-2274 genç fideciklerinde artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil, ana kök ve kotiledon gelişimleri (cm)

Na ₂ SO ₄ ppm	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. cv. H-2274							
	Hipokotil Boyu		Kök Boyu		Kotiledon Boyu		Kotiledon Eni	
	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık
0	1,45±0,0 3	2,32±0,0 7	2,86±0,16	3,05±0,1 1	0,71±0,0 2	0,09±0,0 2	0,17±0,0 1	0,02±0,0 0
5	1,23±0,0 3	2,75±0,0 8	3,29±0,18	3,55±0,1 3	0,64±0,0 4	0,07±0,0 2	0,15±0,0 1	0,01±0,0 0
20	1,34±0,0 3	3,36±0,1 0	3,43±0,20	3,94±0,1 9	0,72±0,0 3	0,20±0,0 4	0,16±0,0 1	0,04±0,0 1
50	1,26±0,0 3	2,55±0,0 7	2,99±0,22	3,12±0,1 5	0,70±0,0 3	0,14±0,0 3	0,16±0,0 1	0,03±0,0 1
200	1,40±0,0 3	2,86±0,0 8	4,23±0,22	3,53±0,1 6	0,79±0,0 2	0,19±0,0 3	0,20±0,0 1	0,04±0,0 1
500	1,41±0,0 3	2,78±0,0 9	4,06±0,21	3,59±0,1 8	0,77±0,0 3	0,15±0,0 3	0,18±0,0 1	0,03±0,0 1
2000	1,21±0,0 4	2,11±0,0 6	2,34±0,14	2,27±0,1 0	0,76±0,0 4	0,10±0,0 3	0,20±0,0 2	0,02±0,0 0
5000	--	1,18±0,0 6	--	1,36±0,0 6	--	0,01±0,0 1	--	0,001±0,00
İstatisti ki Analiz	F= 9,979 p< 0.001	F= 60,227 p< 0.001	F= 9,709 p< 0.001	F= 29,787 p< 0.001	F= 2,735 p= 0,013	F= 4,806 p< 0.001	F= 4,432 p< 0.001	F= 5,113 p< 0.001

Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde 5 ve 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarıyla elde edilen hipokotil boyu ortalama uzunluklarının kontrol grup değerine benzer olduğu görüldü. 50 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı artışlar 200 ppm’de de devam etti. Fotoperyodik indüksiyon altında izlendiği gibi bu inkübasyon ortamında da 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı düşüşler daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam etti (Tablo 2.2).

Fotoperyot şartlarında *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 fideciklerinin kök boyu ortalama uzunluklarında 5, 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarıyla elde edilen ortalama değerlerin kontrol grup değerine benzer olduğu görüldü. 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla birlikte fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında anlamlı bir düşüş gerçekleşti. 20 ppm değeri düzensiz düşme eğilimi olarak değerlendirildi. *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, 5 ve 20 ppm değerlerinin kontrol grup değerine benzer olduğu görüldü. 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında istatistiki anlamlılık veren düzenli artışlar gerçekleşti. Fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı düşüşler daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam etti. Düşüşler 2000 ppm’den itibaren kontrol grup içinde anlamlıydı (Tablo 2.2).

L. esculentum Mill. cv. 11D-230 fideciklerinde 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla elde edilen kotiledon boyu ortalama uzunluklarının kontrol grup değerine benzer olduğu görüldü. 20, 50 ve 200 ppm’lerde kontrole göre anlamlı artışlar vardı. 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundan itibaren de kotiledon boyu ortalama uzunluklarında düzenli düşüşler saptandı. Fideciklerin kotiledon eni ortalama uzunluklarında 5, 20 ve 50 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonları kontrole göre anlamlı artışlar oluşturdu. 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundaki anlamlı artış ise serinin en yüksek kotiledon eni ortalama uzunluklarını verdi. 200 ppm değeri inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerden istatistiksel anlamda farklı idi. Fideciklerin kotiledon eni ortalama uzunluklarında 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı düşüşler 2000 ppm’de de belirginleşerek devam etti. 2000 ppm değeri de inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerden istatistiksel anlamda farklı idi. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde 5, 20 ve 50 ppm değerlerinin kontrol grup değerine benzer olduğu görüldü. 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda serinin en yüksek kotiledon boyu ortalama uzunluklarına ulaşıldı. 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı düşüşler daha yüksek konsantrasyonlarda da devam etti. Düşüşün derecesi özellikle 5000 ppm’de dikkat çekiciydi. 2000 ppm’e kadar olan Na₂SO₄ konsantrasyonları fideciklerin kotiledon eni ortalama uzunluklarında kontrole benzer ortalama değerlerin elde edilmesine neden oldu. 2000 ppm

Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan anlamlı düşüş 5000 ppm'de çok daha belirginleşerek devam etti (Tablo 2.2).

Tablo 2.2.

L. esculentum Mill. cv. 11D-230 genç fideliklerinde artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil, ana kök ve kotiledon gelişimleri (cm)

Na ₂ SO ₄ ppm	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. cv. 11D-230							
	Hipokotil Boyu		Kök Boyu		Kotiledon Boyu		Kotiledon Eni	
	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık
0	1,35±0,04	4,37±0,18	2,64±0,17	4,22±0,30	0,54±0,04	0,20±0,03	0,12±0,01	0,04±0,01
5	1,51±0,03	4,59±0,17	3,07±0,24	4,38±0,37	0,64±0,04	0,24±0,03	0,16±0,01	0,05±0,01
20	1,67±0,03	4,38±0,16	2,01±0,16	4,41±0,26	0,74±0,04	0,23±0,03	0,16±0,01	0,04±0,01
50	1,67±0,04	5,01±0,18	2,58±0,21	5,13±0,38	0,70±0,04	0,28±0,04	0,16±0,01	0,05±0,01
200	1,69±0,03	5,32±0,18	2,53±0,15	6,00±0,41	0,87±0,02	0,31±0,04	0,21±0,01	0,05±0,01
500	1,25±0,04	3,93±0,18	1,99±0,15	4,19±0,29	0,45±0,04	0,20±0,03	0,10±0,01	0,04±0,01
2000	0,99±0,05	3,35±0,13	1,81±0,13	3,11±0,20	0,32±0,05	0,11±0,03	0,07±0,01	0,02±0,00
5000	--	2,25±0,10	--	2,25±0,11	--	0,05±0,02	--	0,01±0,00
İstatistik i Analiz	F= 49,012 p< 0,001	F= 35,913 p< 0,001	F= 6,054 p< 0,001	F= 13,926 p< 0,001	F= 22,613 p< 0,001	F= 7,610 p< 0,001	F= 23,974 p< 0,001	F= 6,090 p< 0,001

Fotoperyodik indüksiyon altında 5, 20, 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında kontrole göre daha yüksek değerlerle temsil edilen lateral kök gelişimlerine tanık olundu. 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda lateral kök gelişimlerinde düşüşler başladı. 2000 ppm'de de belirginleşerek devam

etti. Aynı genotip karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, artan Na₂SO₄ konsantrasyonları fideciklerin lateral kök gelişimlerinde istatistiksel anlamı olan değişimler oluşturamadı (F= 2.000; p= 0.053).

Fotoperyot ortamında inkübasyona alınan *R. sativus* L. cv. 8TR-17’de en yüksek kök boyu ortalama uzunlukları kontrol gruplarla elde edildi. Bu grupta özellikle 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla başlayan daha yüksek konsantrasyonlarda da benzer tarzda devam eden düşüşlerin derecesi dikkat çekiciydi. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında kontrole göre anlamlılık yaratan tek farklılık 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundaki artışla sağlandı. Tuz uygulanan diğer tüm serilerde elde edilen kök boyu ortalama uzunlukları istatistiki açıdan kontrol grup değerine benzerdi. Fideciklerin hipokotil gelişimlerinde de benzer gelişim modellerine tanık olunurken, bu parametrede, fotoperyodik indüksiyon altında 50 ppm değeri düzensiz artış eğilimi olarak değerlendirildi (Tablo 2.3).

Fotoperyot şartlarında *R. sativus* L. cv. 8TR-17’de en yüksek değerlerle temsil edilen kotiledon gelişimleri kontrol gruplarda elde edildi. 50 ppm değeri kotiledon eni ortalama uzunlukları için düzensiz artış eğilimi olarak değerlendirildi. *R. sativus* L. cv. 8TR-17 karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, artan Na₂SO₄ konsantrasyonları fideciklerin kotiledon gelişimlerinde istatistiksel anlamı olan değişimler oluşturamadı (F= 1,929; p= 0.064 ve F= 1,574; p= 0.142).

Fotoperyot şartlarında *R. sativus* L. cv. 8TR-17’de en yüksek değerleri veren lateral kök gelişimleri de kontrol gruplarda elde edildi. 5 ppm’de fideciklerin lateral kök gelişimlerinde anlamlı bir düşüş görüldü. 20, 50 ve 200 ppm’lerde de 5 ppm değerine istatistiki açıdan benzer lateral kök gelişimleri izlenirken, inhibisyonun derecesi özellikle 500 ppm’den itibaren dikkat çekiciydi. 5000 ppm’de ise fideciklerde lateral kök gelişimleri olmadı. Aynı genotip karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, artan Na₂SO₄ konsantrasyonları fideciklerin lateral kök gelişimlerinde istatistiksel anlamı olan değişimler oluşturamadı (F= 1,939; p= 0.063).

5 ve 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında fotoperyot uygulanan *R. sativus* L. cv. 8TR-18 fideciklerinin hipokotil gelişimlerinde kontrol grup özelliklerine benzer görünümle karşılaşıldı. Hipokotil boyu ortalama uzunluklarında 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında anlamlı artışlar, 500, 2000 ve 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında ise düzenli düşüşler gerçekleşti. Karanlık uygulanan fideciklerde 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile kontrol grup değerine benzer bir ortalama değer elde edilirken, 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundaki düzensiz düşme eğilimi hariç, 5000 ppm’e kadar olan diğer seriler de

kontrole ve 5 ppm değerine benzer hipokotil gelişimleri sergilediler. 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda ise istatistiki anlamlılık veren çok belirgin düşme eğilimleri vardı (Tablo 2.4).

Tablo 2.3.

R. sativus L. cv. 8TR-17 genç fideciklerinde artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil, ana kök ve kotiledon gelişimleri (cm)

Na ₂ SO ₄ ppm	<i>Raphanus sativus</i> L. cv. 8TR-17							
	Hipokotil Boyu		Kök Boyu		Kotiledon Boyu		Kotiledon Eni	
	Fotoperiyot	Karanlık	Fotoperiyot	Karanlık	Fotoperiyot	Karanlık	Fotoperiyot	Karanlık
0	1,61±0,0 7	1,28±0,0 9	2,95±0,22	0,95±0,1 0	0,44±0,0 3	0,24±0,0 2	0,75±0,0 2	0,50±0,0 8
5	1,22±0,0 6	1,71±0,1 1	1,79±0,18	1,35±0,1 2	0,34±0,0 1	0,21±0,0 2	0,63±0,0 2	0,38±0,0 3
20	1,08±0,0 6	1,41±0,0 9	1,38±0,14	1,20±0,1 1	0,36±0,0 1	0,24±0,0 2	0,63±0,0 2	0,42±0,0 3
50	1,61±0,0 7	1,42±0,1 7	2,30±0,21	1,29±0,1 9	0,39±0,0 1	0,24±0,0 2	0,71±0,0 2	0,46±0,0 4
200	1,39±0,0 7	1,16±0,0 9	2,31±0,19	0,85±0,1 1	0,37±0,0 1	0,22±0,0 2	0,65±0,0 1	0,41±0,0 4
500	0,99±0,0 6	1,19±0,0 8	1,07±0,15	0,98±0,0 9	0,34±0,0 1	0,29±0,0 1	0,60±0,0 2	0,54±0,0 3
2000	0,81±0,0 3	1,45±0,1 1	0,67±0,06	1,14±0,1 3	0,35±0,0 1	0,27±0,0 2	0,63±0,0 2	0,49±0,0 3
5000	0,76±0,0 7	1,15±0,1 3	0,45±0,08	1,13±0,1 9	0,34±0,0 1	0,23±0,0 3	0,59±0,0 2	0,44±0,0 5
İstatistik Analiz	F= 19,844 p< 0,001	F= 3,247 p= 0,002	F= 17,202 p< 0,001	F= 2,049 p= 0,049	F= 4,348 p< 0,001	F= 1,929 p= 0,064	F= 8,570 p< 0,001	F= 1,574 p= 0,142

Fotoperiyodik indüksiyon altında, *R. sativus* L. cv. 8TR-18'de 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile serinin en yüksek kök boyu ortalama uzunlukları elde edildi. 200 ppm değeri inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerden istatistiksel anlamda farklı idi. 5, 20, 50 ve 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonları ise kontrol grup özelliklerine benzer ana kök gelişimleri sergilediler. 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundan itibaren de fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında anlamlı ve dikkat çekici düşüşler saptandı. *R. sativus* L. cv. 8TR-18 karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, en yüksek kök boyu ortalama uzunluklarına kontrol gruplarla ulaşıldı (Tablo 2.4).

Fotoperiyodik indüksiyon altında artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarının *R. sativus* L. cv. 8TR-18'in kotiledon boyu ortalama uzunluklarına olan etkileri incelendiğinde, sadece 5000 ppm değerinin kontrole göre anlamlı farklılık yarattığı saptandı. Na₂SO₄ uygulanan diğer tüm serilerde elde edilen değerler kontrol grup değerine benzerdi. 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda elde edilen kotiledon boyu ortalama uzunlukları tuz uygulanan diğer tüm serilerden de istatistiksel anlam oluşturacak kadar düşüktü. Fidecikler karanlık şartlarda inkübasyona alındığında da, benzer kotiledon gelişimlerine tanık olundu. Ancak bu kez 200 ppm'de kontrole göre düzensiz düşme eğilimleri vardı (Tablo 2.4).

Fotoperiyodik indüksiyona maruz bırakılan fideciklerde en yüksek kotiledon eni ortalama uzunluklarına 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile ulaşıldı. 5000 ppm'deki anlamlı düşme ile serinin en düşük kotiledon eni ortalama uzunlukları elde edildi. 5000 ppm değeri inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerden istatistiksel anlamda farklı idi. Na₂SO₄ uygulanan diğer tüm seriler kontrol grup değerine benzer ortalamalar verdiler. Fidecikler karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda kontrole göre anlamlılık veren bir düşme tespit edildi. 20 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu hariç, diğer tuz uygulanan seriler 5 ppm değerine benzer ortalamalar verdiler (Tablo 2.4).

Fotoperiyot ve artan konsantrasyonlarda Na₂SO₄ uygulanan *R. sativus* L. cv. 8TR-18 fideciklerinin lateral kök gelişimlerinde 50 ppm'de kontrole benzer bir ortalama değer elde edildi. 200 ppm'deki anlamlı artışla serinin en yüksek değerleri veren lateral kök gelişimlerine tanık olunurken, 200 ppm değerinin inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerden istatistiksel açıdan farklı olduğu görüldü. Lateral kök gelişimlerinde 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan anlamlı düşüşler daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam etti. Düşüşler 2000 ppm'den itibaren kontrol grup için de anlamlıydı. Bu seride 5 ve 20 ppm değerleri düzensiz düşme eğilimleri olarak değerlendirildi. *R. sativus* L. cv. 8TR-18 karanlık şartlarda

gelişmeye terk edildiğinde, en yüksek değerleri veren lateral kök gelişimleri kontrol gruplarda elde edildi. 5 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda kontrole göre istatistiksel anlamlılık veren bir düşme tespit edildi. Daha yüksek Na₂SO₄ konsantrasyonlarında elde edilen lateral kök gelişimleri de istatistiksel anlamda 5 ppm değerinden farklı değildi. 2000 ppm’de ise fideciklerde lateral kök gelişimleri olmadı.

Tablo 2.4.

R. sativus L. cv. 8TR-18 genç fideciklerinde artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil, ana kök ve kotiledon gelişimleri (cm)

Na ₂ SO ₄ ppm	<i>Raphanus sativus</i> L. cv. 8TR-18							
	Hipokotil Boyu		Kök Boyu		Kotiledon Boyu		Kotiledon Eni	
	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık
0	1,93±0,1 0	1,65±0,0 9	2,75±0,17	1,11±0,0 7	0,39±0,0 1	0,33±0,0 1	0,68±0,0 2	0,56±0,0 1
5	1,72±0,0 8	1,62±0,0 7	2,54±0,16	0,96±0,0 6	0,35±0,0 1	0,34±0,0 1	0,68±0,0 2	0,52±0,0 1
20	1,89±0,0 8	1,32±0,0 7	2,70±0,18	0,69±0,0 7	0,35±0,0 1	0,36±0,0 1	0,69±0,0 3	0,55±0,0 1
50	2,27±0,1 2	1,53±0,0 9	2,77±0,18	0,90±0,0 7	0,38±0,0 1	0,33±0,0 1	0,73±0,0 3	0,53±0,0 1
200	2,55±0,1 5	1,48±0,1 0	3,58±0,21	0,98±0,0 9	0,40±0,0 1	0,30±0,0 1	0,76±0,0 3	0,52±0,0 1
500	1,87±0,0 9	1,76±0,1 1	2,84±0,15	1,06±0,0 7	0,39±0,0 1	0,32±0,0 1	0,70±0,0 2	0,51±0,0 1
2000	1,48±0,0 8	1,36±0,1 1	1,85±0,14	0,85±0,1 0	0,37±0,0 1	0,34±0,0 3	0,67±0,0 2	0,54±0,0 1
5000	0,78±0,0 5	1,13±0,1 4	0,82±0,04	1,02±0,1 7	0,29±0,0 2	0,28±0,0 2	0,55±0,0 3	0,49±0,0 2
İstatistik ki Analiz	F= 24,137 p< 0,001	F= 3,132 p= 0,003	F= 20,465 p< 0,001	F= 3,289 p= 0,002	F= 6,641 p< 0,001	F= 3,281 p= 0,002	F= 5,419 p< 0,001	F= 2,684 p= 0,010

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda, fotoperiyodik induksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 genotipine ait tohumların çimlenme oranları 500 ve 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında önemli düzeylerde azalırken, 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda tohumların çimlenme yeteneklerini tamamen kaybettikleri belirlendi. H-2274 genotipinin karanlık uygulanan serilerinde istatistiki anlamı olan düşüşler ilk kez 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda gerçekleşti. Kontrol grup dahil inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerde çimlenme oranları yüksekti ve birbirine benzer değerler verdi. Fotoperiyodik induksiyon altında *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230'un çimlenme oranlarında özellikle 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonunda anlamlı düşüşler saptanırken, 5000 ppm'de tohumlarda çimlenme olmadı. *R. sativus* L. cv. 8TR-17 artan Na₂SO₄ konsantrasyonlarında inkübasyona alındığında, fotoperiyot şartlarında özellikle 2000-5000, karanlık şartlarda ise özellikle 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarındaki düşüşler dikkat çekiciydi. Fotoperiyot şartlarında kontrol grup dahil 5000 ppm'e kadar olan Na₂SO₄ konsantrasyonlarında, *R. sativus* L. cv. 8TR-18'in tohum çimlenme oranlarında anlamlı bir farklılık gözlenemezken, 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundaki düşüşün istatistiki açıdan diğer tüm serilerden farklı olduğu saptandı. Aynı genotipin tohumları karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, 50 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan anlamlı düşüşün özellikle 500 ppm ve daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam ettiği görüldü. *L. leucocephala*, *C. pentandra*, *T. superba*, *T. ivorensis*, *T. grandis* ve *G. arborea*'da tohum çimlenmesi üzerine 0.2 M Na₂SO₄ ve 0.1-2 M arasında değişen toplam 12 farklı NaCl konsantrasyonunun etkilerini inceleyen bir çalışmada da, tüm bitki türlerinde çimlenen tohumların toplam yüzdesi NaCl'in molar konsantrasyonlarındaki artışlarla olumsuz yönde etkilenirken, Na₂SO₄ tipi tuz stresi özellikle *C. pentandra* ve *L. leucocephala* tohumlarının çimlenme yeteneklerini azaltmış, 36 ve 48 saat sonra kontrol gruplarda *C. pentandra* için % 94.2 ve 97.3, *L. leucocephala* için % 91.2 ve 93.7 olarak verilen çimlenme oranlarının, *C. pentandra* için % 43.2 ve 52.1'e, *L. leucocephala* için de % 22.1 ve 34.6'a düştüğü belirtilmiştir [13]. Başka bir çalışmada, -0.4 MPa osmotik potansiyelli Na₂SO₄ çözeltilerinin *P. strombulifera* tohumlarının çimlenme yüzdeleri üzerinde bir etkisi gözlenmemiş, -1.2 MPa'da Na₂SO₄ çimlenmeyi % 60, -1.5 MPa'da Na₂SO₄ % 93 düzeylerine kadar indirgeyebilirken, -1.9 MPa'dan itibaren tohumlarda çimlenme görülmemiş, -1.2 MPa ve daha düşük osmotik potansiyelli sodyum temelli çözeltilerde SO₄⁻²'in Cl⁻'den çok daha toksik olduğu bildirilirken [4], -4.1 ve -5.1 MPa su potansiyelinde *H. ammodendron* tohumlarında final çimlenme yüzdeleri SO₄⁻² tuzları ile uygulamalarda Cl⁻ tuzları ile uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur [10]. Sekiz farklı *H. vulgare* genotipine ait tohumlar NaCl tipi tuz stresi etkilerine maruz bırakıldıklarında (3.4-59.3-133.3-216.6 ve 314.5 mM NaCl), tohumların çimlenme yüzdeleri 216.6 ve 314.5 mM NaCl konsantrasyonlarında şiddetle azalırken, 314.5 mM NaCl konsantrasyonunda inceleme kapsamına alınan

bir genotipte hiç çimlenme gözlenmediği bildirilmiştir [25]. *P. vulgaris*'in toplam 95 farklı genotipine ait tohumlar NaCl tipi tuz stresi altında (-0.9 ve -1.5 MPa) ve karanlıkta çimlendirme denemelerine alındığında, genotiplerin çimlenme yüzdeleri tuz konsantrasyonlarındaki artışlarla azalmıştır [26]. Tobe ve arkadaşları, *K. caspicum*'da tohum çimlenmesi ve radikula hayatta kalımı üzerine sodyum, kalsiyum ve magnezyum katyonu kaynaklı tuzluluğunun etkilerini değerlendirdiklerinde, Na^{+1} ve Mg^{+2} 'nin radikula üzerinde toksik etkilerini belirlemiş, çimlenmeye ait proseslerde Mg^{+2} toksisitesinin Na^{+1} toksisitesinden birkaç kat daha şiddetli olduğu sonucuna varmışlardır [27]. Tobe ve arkadaşları bir başka çalışmalarında, etiolasyonu teşvik eden inkübasyon ortamlarında *A. ordosica*, *A. adscensionis* ve *B. dasyphylla* tohumlarını NaCl, MgCl_2 ve KCl tipi tuzluluğun etkilerine maruz bıraktıklarında, NaCl, MgCl_2 ve KCl tipi tuzluluğun her üç bitki türünde de radikula çıkışı için toksik olduğunu belirlemişlerdir [9].

Çalışmamızda, 12 günlük inkübasyon süresi boyunca 16 saat ışık/8 saat karanlık şeklinde düzenlenen bir fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve 11D-230 genotiplerine ait tohumların 5000 ppm Na_2SO_4 uygulanan serilerinde çimlenme gerçekleşmezken, tohumların özellikle 2000 ppm ve daha yüksek Na_2SO_4 konsantrasyonlarına karanlık şartlarda daha toleranslı davranması dikkat çekiciydi. *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin çimlenme oranları üzerinde fotoperyodik indüksiyonun olumlu yönde çok belirgin etkileri tespit edildi. Nitekim karanlık şartlarda *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin kontrol gruplarında sadece % 47 düzeylerinde çimlenme gerçekleşirken, aynı tohumlara fotoperyot uygulandığında çimlenme oranlarının % 90'lara ulaştığı görüldü. Fotoperyodik indüksiyonun çimlenme oranları üzerindeki olumlu etkileri tuz uygulamalarında da izlendi, ancak aynı genotipte 5000 ppm Na_2SO_4 konsantrasyonunda fotoperyot ve karanlık uygulamalarında çimlenme oranları benzer değerlerdi. *R. sativus* L. cv. 8TR-18'in inceleme kapsamına alınan tüm serilerinde fotoperyot şartlarındaki çimlenme oranlarının karanlık şartlardakinden belirgin olarak yüksek olduğu görüldü. Ancak fotoperyodik indüksiyonun çimlenme oranları üzerindeki olumlu etkileri özellikle yüksek tuz konsantrasyonlarında daha da dikkat çekiciydi. En yüksek 3 final konsantrasyon için çimlenme oranları fotoperyot şartlarında sırasıyla % 85-81 ve 59 iken, bu değerler karanlık şartlar için % 41-13 ve 9 idi. *K. wagenitzii* tohumlarının çimlenme karakterleri üzerinde tuz stresi etkilerini inceleyen bir çalışmada, bitki tohumlarına 0-400 mM NaCl, 5 farklı sıcaklık rejiminde, 24 saat karanlıkta veya 12 saat ışık/12 saat karanlık şeklinde düzenlenen bir fotoperyodik indüksiyon altında uygulandığında, çimlenme tüm sıcaklık rejimlerinde NaCl konsantrasyonlarındaki artışlarla azalmış, çalışmada 200 mM'dan düşük NaCl konsantrasyonlarında 24 saat karanlığa maruz bırakılan bitki tohumlarında çimlenme, 12 saat ışık/12 saat karanlık şeklinde fotoperyot uygulananlardan daha yüksek düzeylerde gerçekleşirken, 200 mM'ın üstündeki NaCl konsantrasyonlarında ışıkta ve karanlıkta çimlenen tohumların çimlenme yüzdeleri arasında herhangi bir farklılıktan bahsedilmemiştir [28]. 24 saat karanlıkta veya 12 saat ışık/12

saat karanlık şeklinde düzenlenen bir fotoperiyodik indüksiyon altında değişken termoperiyodik uyarılara maruz bırakılan *L. stocksii* tohumlarının çimlenme özellikleri üzerinde NaCl tipi tuz stresi (0-500 mmol/L) etkilerini inceleyen bir çalışmada, maksimum tohum çimlenmesi tüm sıcaklık rejimlerinde tuz uygulanmayan kontrollerde ışıkta elde edilirken, tam karanlıkta tuzun ilavesi çimlenme oranlarını büyük ölçüde azaltmış, inhibisyonun seviyesi sıcaklıkla farklılaşırken, tuzlu şartlar altında tam karanlıkta göreceli olarak daha düşük çimlenme oranları elde edilmiştir [29]. *G. max*'ın tohum çimlenme evresi özelliklerini bir seri NaCl çözeltilerinde ve etiolasyonun teşvik edildiği inkübasyon ortamlarında inceleyen bir çalışmada, 160 mMolale kadar olan NaCl konsantrasyonlarının final çimlenme yüzdeleri üzerinde çok önemsiz düzeylerde etkileri söz konusuysen, 160 mMolal NaCl konsantrasyonunda tohumların % 97'sinde çimlenme görülmüş, 330 mMolal'de % 81'i, 420 mMolal'de % 39'u çimlenebilirken, 500 mMolal NaCl konsantrasyonunda tohumlarda çimlenme olgusuna rastlanmadığı belirtilmiştir [17].

Çalışmamızda, fotoperiyodik indüksiyon altında artan Na₂SO₄ tipi tuzluluğa maruz bırakılan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve *R. sativus* L. cv. 8TR-17 fideliklerinde en yüksek hipokotil boyu ortalama uzunluklarına kontrol gruplarda ulaşıldı. *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin hipokotil boyu ortalama uzunluklarında özellikle 500 ppm, *L. esculentum* Mill. cv. H-2274'de ise 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarıyla başlayan düşüşler daha da dikkat çekiciydi. Buna karşın, 500 ppm'e kadar olan Na₂SO₄ konsantrasyonları *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230'un hipokotil boyu ortalama uzunluklarında artışlara neden oldu. 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarıyla *R. sativus* L. cv. 8TR-18'in hipokotil boyu ortalama uzunluklarında da anlamlı artışlar söz konusuydu. Ancak 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile birlikte aynı genotiplerin hipokotil gelişimlerinde tuzun toksik etkileri izlenmeye başlandı. Fotoperiyodik indüksiyon altında *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin ana kök gelişimlerinde de tuzun toksik etkilerine derhal tanık olundu. Nitekim *R. sativus* L. cv. 8TR-17'de en yüksek kök boyu ortalama uzunlukları kontrol gruplarda elde edildi. Hipokotil gelişimlerinde izlendiği tarzda bu parametrede de özellikle 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile başlayan daha yüksek konsantrasyonlarda da benzer tarzda devam eden düşüşlerin derecesi dikkat çekiciydi. 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile birlikte *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230'un ana kök gelişimlerinde de Na₂SO₄ tipi tuzluluğun toksik etkileri görüldü. 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu ile *L. esculentum* Mill. cv. H-2274'ün ana kök gelişimlerinde de düşüşler gözlemlense de, buradaki düşüşler kontrole göre istatistiksel anlamlılık vermedi. Üstelik aynı genotipte 200 ve 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonlarında ana kök gelişimlerinin stimülasyonunu işaret eden görünüşler de söz konusuydu. 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonu fotoperiyodik indüksiyon altındaki *R. sativus* L. cv. 8TR-18'de de serinin en yüksek kök boyu ortalama uzunluklarının elde edilmesine neden oldu. Ancak 2000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundan itibaren aynı genotipin kök boyu ortalama

uzunluklarında anlamlı düşüşler söz konusuydu. *Iris hexagona* ile yapılan bir çalışmada da tuz stresiyle bitkilerin hem toprak üstü hem de toprak altı dokularında azalmalar kaydedilmiştir [30]. *Carthamus tinctorius*'ta 3 farklı genotipin çimlenme ve fide gelişimleri üzerine farklı toprak tuzluluk seviyelerinin (0.8-2.5-5.1-8.7-13-15.2 ve 23 dSm⁻¹) etkilerini inceleyen bir çalışmada ise, kök uzunluğu tuz stresi için en önemli parametrelerden biri olarak algılanmış, özellikle ilk gelişme döneminde araştırma materyalini teşkil eden bitki köklerinin toprak tuzluluğundan daha fazla etkilendiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada genellikle artan tuzluluk seviyeleri bitki kök boylarını azaltırken, kök boylarındaki azalma oranlarının özellikle çalışılan 2 genotipte % 72.4 ve % 87.9 ile daha dikkat çekici olduğu görülmüş, genelde sürgün uzunlukları da tüm genotiplerde artan tuzluluk seviyeleri ile azalma eğilimleri gösterirken, sürgün uzunluklarındaki azalma oranları % 56.2, % 56.9 ve % 60.4 düzeylerinde gerçekleşmiştir [31]. Tuza toleransı farklı 2 ayrı *Poa pratensis* genotipi bir çalışmada, bir dizi tuzluluk seviyelerinin etkilerine (2.2, 5.2, 8.2, 11.2 ve 14.2 dSm⁻¹) maruz bırakıldığında, tuzluluğun toplam kök kütlelerini kontrole nispetle hassas genotipte yaklaşık % 55, tolerant genotipte ise % 45 düzeylerine kadar azaltabildiği saptanmıştır [32]. 8 farklı *H. vulgare* genotipinin tuza toleransını (3.4-59.3-133.3-216.6 ve 314.5 mM NaCl) inceleyen bir çalışmada, artan NaCl konsantrasyonları sürgün uzamasında anlamlı düşüşler ile sonuçlanırken, sürgün uzamasındaki azalmaların 59.3 mM NaCl konsantrasyonundan itibaren başladığı belirlenmiş, buna karşın kontrol bitkiler ile kıyaslandığında, 314.5 mM NaCl konsantrasyonu hariç, diğer tuz konsantrasyonlarında daha uzun kök boyları kaydedilirken, 314.5 mM NaCl konsantrasyonunda kök boyları yanında kök kuru madde üretiminde de şiddetli azalmalara tanık olunmuştur [25]. Cuartero ve Munoz'un çalışmalarında da domates bitkilerinde kök büyümesi sürgün büyümesine göre daha az etkilenmiş, gelişimin bütün evrelerinde tuz stresi altında büyüyen domates bitkilerinde kök/sürgün kuru ağırlık oranlarının kontrol bitkilerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir [12].

Çalışmamızda, fotoperyot şartlarında inkübasyona alınan *R. sativus* L. cv. 8TR-17'nin kotiledon gelişimlerinde tuzun toksik etkilerine derhal tanık olundu. Buna karşın *R. sativus* L. cv. 8TR-18'de sadece 5000 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla elde edilen kotiledon gelişimlerinin kontrolden anlamlı farklılıklar yaratacak kadar düşük olduğu gözlenirken, aynı genotipte en yüksek kotiledon eni ortalama uzunluklarına 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla ulaşıldı. Fotoperyodik indüksiyon altında *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 fideciklerinde de en yüksek değerlerle temsil edilen kotiledon gelişimlerine 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonuyla ulaşıldı. Tuz uygulanan diğer serilerde ise kontrol grup özelliklerinden farklı bir değişime rastlanmadı. 20, 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonları fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230'un kotiledon boyu ortalama uzunluklarında, 5, 20 50 ve 200 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonları kotiledon eni ortalama uzunluklarında kontrole göre anlamlı artışlar oluşturdu. Ancak 500 ppm Na₂SO₄ konsantrasyonundan itibaren de kotiledon gelişimlerinde düzenli

düşüşler söz konusuydu. *P. americana* vegetatif klonlarının sürgün büyüme hassasiyetlerinin saptanabilmesi amacıyla çok sayıda vegetatif sürgün büyüme parametresi üzerine tuz stresi etkilerini (4 mM Na^+ ve 6 mM Cl^- ile 18 mM Na^+ ve 20 mM Cl^-) inceleyen bir çalışmada, 4 vegetatif klonda yaprak büyüklüğü tuz stresi yoluyla farklı şekillerde etkilenirken, bunlardan özellikle 2 tanesinde stres altında maksimal yaprak büyüklüğündeki azalmayı teşvik eden görünümle karşılaşmıştır [7]. NaCl tipi tuz stresi altında (4.0, 8.0 ve 12.0 dSm^{-1}) 4 ayrı *V. radiata* genotipini tuzluluk toleransı açısından değerlendiren bir çalışmada, bitki başına düşen toplam fotosentetik yaprak alanı genotipler arasında en az % 63, en fazla % 82 düzeylerinde azalma eğilimleri göstermiş, yeşil trifoliat yaprak sayıları ise tüm genotiplerde tuzluluktan en çok etkilenen parametre olarak bildirilmiştir [16]. *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 tohumlarına 25, 50 ve 100 mmol NaCl uygulanması durumunda, NaCl konsantrasyonları artışlarına paralel olarak kotiledon gelişimlerinde düşüşlerden bahsedilmiş [33], buna karşın NaCl ve $CaCl_2$ 'ün eşdeğer miktarlarının ilavesi ile elde edilen, elektriksel iletkenlik değerleri 2.3-3.6 dSm^{-1} olan tuz çözeltilerinde inkübasyona alınan *L. esculentum*'da tuzluluk bitkilerin toplam yaprak alanını etkilemiş, ancak etkisi şiddetli görülmemiş ve zamanla azalmıştır [34]. Kotiledonlar bilindiği gibi epigeik çimlenen tohumlarda ilk gerçek yapraklar oluşuncaya kadar fotosentetik açıdan aktiftirler [35]. Böylelikle ilk gerçek yaprakların ortaya çıkışına hizmet eder ve hatta ilk gerçek yaprakların ortaya çıkış zamanını etkileyebilirler. Ayrıca endospermi olmayan bitki tohumlarında çimlenmekte olan genç bir embriyo için rezerv besin kaynağı olarak da düşünülebilirler. Bu yüzden çimlenen tohumlarda kotiledon açılma frekans pozitifliği tuz tipi ve miktarı ile inkübasyon şartlarına bağlı olarak bazı bitki genotiplerinin tuz stresine reaksiyonlarının değerlendirilmesinde bir parametre olarak düşünülebilir. Nitekim *S. melongena* ile yapılan bir çalışmada, bitki tohumları NaCl tipi tuz stresi etkilerine maruz bırakıldığında, fide gelişimindeki gerilemeden sorumlu esas iki anomaliden birisi kotiledon açılmasındaki başarısızlık olarak gösterilmiştir [18]. Araştırma materyalini *L. esculentum* Mill. cv. H-2274'ün oluşturduğu bir başka çalışmada, artan NaCl konsantrasyonları genç fideciklerde ilk gerçek yaprakların görünme süresini çok belirgin düzeylerde geciktirebilmiştir [33]. Bizim çalışmamızda Na_2SO_4 tipi tuz stresi etkilerine maruz bırakılan *R. sativus* genotiplerinin kotiledon açılma frekanslarında Na_2SO_4 uygulamalarına bağlı olarak istatistiksel anlamı olan farklılıklar tespit edilemezken, *L. esculentum* genotiplerinde istatistiksel değeri olan farklı görünümle karşılaşıldı.

Sonuç olarak, çimlenme ve buna ilişkin özellikler yanında ele alınan morfometrik parametrelerde de Na_2SO_4 tipi tuzluluğa tepkilerin genotipler düzeyinde çok farklı olabildiği görüldü.

Teşekkür: Çalışmamızın istatistiksel analiz ve yorumlarının gerçekleştirilmesindeki çok değerli yardım ve katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Selma Metintaş'a, araştırma materyalini oluşturan bitki tohumlarını temin ettiğimiz Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

1. M.D. Kantarcı, Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 315 (2000).
2. R. Munns, S. Husain, A.R. Rivelli, R.A. James, A.G. Condon, M.P. Lindsay, E.S. Lagudah, D.P. Schachtman, R.A. Hare, *Plant and Soil*, 247 (2002) 93.
3. R. Munns, *New Phytologist*, 167 (2005) 645.
4. L. Sosa, A. Llanes, H. Reinoso, M. Reginato, V. Luna, *Annals of Botany*, 96 (2005) 261.
5. Türkiye Toprak Su Kaynakları ve Çölleşme, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2003.
6. F. Rubio, W. Gassmann, J.I. Schroeder, *Science*, 270 (1995) 1660.
7. N. Bernstein, M. Ioffe, M. Zilberstaine, *Plant and Soil*, 233 (2001) 1.
8. S. Yokoi, R.A. Bressan, P.M. Hasegawa, *Jircas Working Report*, (2002) 23.
9. K. Tobe, L. Zhang, K. Omasa, *Seed Science Research*, 13 (2003) 47.
10. K. Tobe, X. Li, K. Omasa, *Seed Science Research*, 14 (2004) 345.
11. S. Özdemir, M. Engin, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 18 (1994) 323.
12. J. Cuartero, R.F. Munoz, *Scientia Horticulturae*, 78 (1999) 83.
13. D.A. Agboola, *Revista de Biologia Tropical*, 46 (1998) 1109.
14. Y. Othman, G. Karaki, A.R. Tawaha, A. Horani, *World Journal of Agricultural Sciences*, 2 (2006) 11.
15. F.E. Prado, C. Boero, M. Gallardo, J.A. Gonzales, *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41 (2000) 27.
16. S. Ahmad, A. Wahid, E. Rasul, A. Wahid, *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46 (2005) 135.
17. M.K. Hosseini, A.A. Powell, I.J. Bingham, *Seed Science Research*, 12 (2002) 165.
18. İ. Demir, K. Mavi, M. Özçoban, G. Okçu, *Israel Journal of Plant Sciences*, 51 (2003) 125.
19. C. Wilson, X. Liu, S.M. Lesch, D.L. Suarez, *HortScience*, 41 (2006) 225.
20. Ş. Ellialtıoğlu, R. Tıpırdamaz, *Bitkilerde Stres Fizyolojisinin Moleküler Temelleri*

- Sempozyumu Bildirileri, İzmir, (1998) 70.
21. L. Taiz, E. Zeiger, Plant Physiology, Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, (2002) 690.
 22. M. Babaoğlu, E. Gürel, S. Özcan, Bitki Biyoteknolojisi, Doku Kültürü ve Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi, Konya, (2001) 374.
 23. D. Başaran, Modern Genel Botanik, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, (1990) 427.
 24. N. Önder, S. Yentür, Bitkilerin Büyüme, Gelişme, Farklılaşma ve Hareket Fizyolojisi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (1999) 320.
 25. S.A. Bağcı, H. Ekiz, A. Yılmaz, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27 (2003) 253.
 26. E. Elkoca, F. Kantar, İ. Güvenç, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (2003) 1.
 27. K. Tobe, X. Li, K. Omasa, Australian Journal of Botany, 50 (2002) 163.
 28. A.H. Sekmen, F. Özdemir, İ. Türkan, Israel Journal of Plant Sciences, 52 (2004) 21.
 29. S. Zia, M.A. Khan, Canadian Journal of Botany, 82 (2004) 151.
 30. P.A. Van Zandt, M.A. Tobler, E. Mouton, K.H. Hasenstein, S. Mopper, Journal of Ecology, 91 (2003) 837.
 31. M.D. Kaya, A. İpek, A. Öztürk, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27 (2003) 221.
 32. Y.L. Qian, S.J. Wilhelm, K.B. Marcum, Crop Science, 41 (2001) 1895.
 33. Ö. Türkmen, S. Şensoy, İ. Erdal, T. Kabay, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12 (2002) 53.
 34. N. Katerji, J.W. Hoorn, A. Hamdy, M. Mastrorilli, Agricultural Water Management, 38 (1998) 59.
 35. A. Kadioğlu, Bitki Fizyolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, (2007) 432.