

Farklı Tuzluluk Stresi Koşullarının *Lycopersicon esculentum* Mill.'in Bazı Fizyolojik Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri

Güler ÇOLAK^{1*}, Sabahat Töre YAMAN², Necmettin CANER³

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Eskişehir

² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

³ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Eskişehir

Özet *Lycopersicon esculentum* Mill.'in bazı fizyolojik gelişim parametreleri üzerine Ca(NO₃)₂ ve MgSO₄ tipi tuzluluğun etkilerini incelemeyi amaçlayan çalışmada, fotoperiyodik indüksiyon altında *L. esculentum* Mill. cv. H-2274'ün çimlenme oranlarında tuz stresi etkilerinin ilk görülmeye başlandığı konsantrasyon değerleri her iki tuz tipi için de 2000 ppm'di. Karanlık şartlarda Ca(NO₃)₂ tuzluluğu 2000 ppm, MgSO₄ tuzluluğu 5000 ppm'den itibaren toksik etkilerini hissettirdi. Aynı konsantrasyon değerleri etiolasyonun teşvik edildiği inkübasyon ortamlarında *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 içinde geçerliydi. Fotoperyot şartlarında ise Ca(NO₃)₂ tuzluluğu 200 ppm, MgSO₄ tuzluluğu 500 ppm'den itibaren indirgeyici özelliklere sahipti. *L. esculentum* genotiplerine ait fideciklerde hipokotil, kök ve kotiledon yaş ağırlıklarında artan Ca(NO₃)₂ ve MgSO₄ konsantrasyonlarının etkileri her iki tuz düzeyinde tüm konsantrasyon serileri açısından genel olarak değerlendirildiğinde, H-2274 fideciklerinde fotoperiyodik indüksiyon altında hipokotil (t=3,187; p=0.002), kök (t=3,232; p=0.002) ve kotiledon yaş ağırlıklarında (t=2,168; p=0.034), karanlık şartlarda hipokotil yaş ağırlıklarında (t=2,879; p=0.005) Ca(NO₃)₂ uygulamaları ile MgSO₄ uygulamalarından daha yüksek ortalama değerler elde edildi. Karanlık şartlarda kök yaş ağırlıkları da Ca(NO₃)₂ uygulamaları ile daha yüksek olmakla birlikte, bu grupta Ca(NO₃)₂-MgSO₄ uygulamaları arasındaki farklılığın istatistiki değeri yoktu (t=1,086; p=0.281). Karanlık şartlarda 11D-230 fideciklerinde Ca(NO₃)₂ uygulamaları ile MgSO₄ uygulamalarından daha yüksek kotiledon yaş ağırlıklarına ulaşıldı (t=2,665; p=0,011).

Anahtar Kelimeler: MgSO₄ ve Ca(NO₃)₂, tuz stresi, *Lycopersicon esculentum* Mill.

The Effects of Different Salinity Stress Conditions on Some Physiological Growth Parameters of *Lycopersicon esculentum* Mill.

Abstract The aim of this study is to examine effects of Ca(NO₃)₂ and MgSO₄ type salinity stress on some physiological growth parameters of *Lycopersicon esculentum* Mill. concentration values for both salt types were 2000 ppm when effects of salt stress were first observed in germinating rates of *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 under photoperiodic induction conditions. Toxic effects of Ca(NO₃)₂ and MgSO₄ salinities were seen as of 2000 ppm and 5000 ppm respectively under dark conditions. The same concentration values were also effective for *L. esculentum* Mill. cv. 11D-230 under incubation conditions encouraging etiolation. Ca(NO₃)₂ salinity acquired reducing properties as of 200 ppm and MgSO₄ salinity had the same properties as of 500 ppm under photoperiodic conditions. Upon general evaluation of the effects of increasing Ca(NO₃)₂ and MgSO₄ concentrations in hypocotyl, root and cotyledon fresh weights of seedlings of *L. esculentum* genotypes in terms of all concentration series for both salts, Ca(NO₃)₂ applications yielded higher mean values than MgSO₄ applications for H-2274 seedlings in hypocotyl (t=3,187; p=0.002), root (t=3,232; p=0.002) and cotyledon fresh weights (t=2,168; p=0.034) under photoperiodic induction and hypocotyl fresh weights (t=2,879; p=0.005) under dark conditions. Although root fresh weights under dark conditions were higher with Ca(NO₃)₂ applications, there was no statistical significance of the difference between Ca(NO₃)₂-MgSO₄ applications within this group (t=1,086; p=0.281). Higher cotyledon fresh weights were obtained with Ca(NO₃)₂ applications for 11D-230 seedlings under dark conditions when compared to MgSO₄ applications (t=2,665; p=0,011).

Key Words: MgSO₄ and Ca(NO₃)₂, salt stress, *Lycopersicon esculentum* Mill.

Giriş

Dünya üzerindeki toplam karasal alanların yaklaşık % 6-7'sini etkilediği tahmin edilen toprak tuzluluğu [1, 2], sulamalı tarımın en yaygın ve en genel problemleri arasında yer almakta [3], kurak ve yarı kurak arazilerde de zirai gelişimin başlıca sınırlayıcı faktörlerinden biri olarak değerlendirilmektedir [4]. Bir görüşe göre, yeryüzündeki işlenmiş karasal alanların yaklaşık % 20'si, sulama altındaki karasal alanların ise yaklaşık yarısı tuzluluktan etkilenmektedir [5].

Tuzlu topraklar her biri bitkilerin başlangıç büyümesi üzerinde farklı bir etkiye sahip olabilen çözünebilir tuz bileşenlerinin bir çok tipini içerebilirken [6], tuzlu tarla topraklarında Na^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} gibi çözünebilir katyonların dengesi fide hayatta kalımını saptamada son derece kritik bir faktör olabilmekte, özellikle toprakta çözünebilir Mg^{+2} 'un yüksek ve/veya çözünebilir Ca^{+2} 'nin düşük oranı bazı bitki türlerinde fide gelişimini tümüyle inhibe de edebilmektedir [7].

Tohumlar ve fidecikler toprak yüzeyinde ya da yakınında çok daha aşırı çevresel değişimlere maruz kalabildiklerinden, strese erişkinlerden daha az dayanıklı olabilmekte, bu nedenle de tohum çimlenmesi ve fide büyümesi çoğu kez yüksek ölüm oranlarına eğilimli kritik yaşam evreleri olarak tanımlanmaktadır [8]. Nitekim Cuartero ve Munoz'un, iki ayrı araştırmacı grubunu referans alan görüşlerine göre, daha genç evrede, gelişmenin henüz fidecik evresinde tuza maruz kalan bitkilerde sürgün büyümesi çok daha zayıf olmakta, çiçeklenme ve meyvelenme evrelerindeki domates bitkileri onları fidecik evresinde iken öldürmeye yeterli NaCl konsantrasyonlarına direnebilmektedirler [9]. Bu yüzden daha çok tohum çimlenmesi ve bitkicik tesisi üzerindeki kritik etkileriyle tanımlanan tuzluluk, osmotik ve/veya spesifik iyon etkileri yoluyla özellikle imbibisyon, çimlenme ve kök uzaması gibi vital prosesler üzerinde son derece etkin olabilmekte [10], substrat su potansiyelini azaltarak kökler vasıtasıyla su ve besin alınımını sınırlandırmakta, bitkilerde iyonik dengesizlik ve toksisiteye de neden olmakta [11], ancak tohum çimlenmesi ve bitki başlangıç büyümesi üzerinde gözlenen tüm bu etkiler bitki türleri, tuzluluk seviyesi ve toprak çözeltisindeki tuz mevcudunun iyonik kompozisyonu ile değişebilmektedir [12].

Bu çalışma ile çimlenme ve başlangıç büyüme evrelerindeki *Lycopersicon esculentum* Mill.'in bazı fizyolojik gelişim parametreleri üzerine MgSO_4 ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tipi tuzluluğun etkilerinin belirlenmesi, böylelikle daha çok sodyum katyonu ürünü tuzlanma etkilerine karşı orta derecede tolerant olarak tanımlanan bitkinin farklı tuzluluk stresi koşullarına, farklı tuz kaynak ve konsantrasyonlarına olan hassasiyet veya toleransındaki varyasyonun genotipler düzeyinde ve tuza en hassas olunan dönemde tespiti amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmanın araştırma materyalini *Solanaceae* familyası üyelerinden olan ve tuza orta derecede tolerant olarak tanımlanan [9, 13] *Lycopersicon esculentum* Mill. oluşturdu. Tuzluluğa gösterilen reaksiyonlarda genotipler düzeyinde ortaya çıkabilecek varyasyonları test etmek amacıyla *L. esculentum*'un 2 farklı kültür varyetesi incelendi. Çalışmanın araştırma materyalini teşkil eden bitki genotiplerine ait tohumlar (*L. esculentum* cv. H-2274 ve 11D-230) Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edildi.

Araştırma materyalini teşkil eden bitki tohumlarının sterilizasyon ve ekim işlemleri için, standart doku kültürleri işlemlerinde izlenen ve önerilen teknikler [14, 15] esas alındı. Sterilizasyon ve ekim işlemleri tamamlanan bitki tohumlarında iki farklı inkübasyon ortamı tercih edildi. Bu amaçla 1. etap çimlenme fizyolojilerinin gözlenmesine yönelik çalışmalarda, aynı genotipe ait olan ve her bir seri 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 \pm 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. 2. etap kantitatif değerlendirmelere yönelik çalışmalarda

da benzer işlemler tekrar edildi. Ancak bu kez 5000 ppm'e kadar olan konsantrasyon serilerinde her bir petri kabına 100'er adet tohumun ekimi sağlandı. 5000 ve 10000 ppm'lerde ise ekimler her bir petri kabına ayrı ayrı 50x2 tohum olacak şekilde gerçekleştirildi. Böylelikle her bir konsantrasyon serisi ve ışık düzeneği için toplam 200'er adet tohum değerlendirme kapsamına alınmış oldu. Kantitatif değerlendirmelere yönelik ikinci etap çalışmalarda tüm işlemler en az 5 tekrür olacak şekilde düzenlendi. Bu aşamada (2. etap kantitatif değerlendirmeler esnasında da) tohumların çimlenme fizyolojilerine yönelik gözlem ve analizlere devam edildi ve bu etapların sonuçları da çimlenme fizyolojilerine yönelik istatistiki değerlendirmelerde yer aldı.

Araştırma materyalini teşkil eden bitki tohumları için, magnezyum ve kalsiyum elementlerinin sülfat ve nitrat tuzları ile hazırlanan $MgSO_4$ ve $Ca(NO_3)_2$ çözeltileri besi ortamları olarak kullanıldılar. $MgSO_4$ bitki tohumlarına $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ formunda ve toplam 7 farklı konsantrasyonda (5, 20, 50, 200, 500, 2000 ve 5000 ppm) uygulandı. $Ca(NO_3)_2$ bitki tohumlarına $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ formunda ve toplam 8 farklı konsantrasyonda (5, 20, 50, 200, 500, 2000, 5000 ve 10000 ppm) uygulandı. Ayrıca bütün serilerde bir de kontrol grup bulunduruldu. Kontrol grubu oluşturan bitki tohumlarına araştırma süresince yalnızca steril saf su verildi (0 ppm).

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 Başaran [16], Önder ve Yentür [17] gibi biz de çimlenmenin başlangıcı için yeterli kriter olarak değerlendirdik. 2. etap kantitatif değerlendirmelere yönelik çalışmalarda, 12 gün yaşlı genç fideciklerin kökçük, hipokotil ve kotiledonları kesilerek birbirlerinden izole edildi. Fideciklerde kökçük, hipokotil ve kotiledon yaş ağırlıkları belirlendi. 2000 ppm'den daha yüksek konsantrasyonlar kantitatif değerlendirmelere yönelik istatistiki analizlerde yer almadı.

Çimlenme oranlarını belirlemeye yönelik fizyolojik çalışmalarda istatistiki bir değerlendirme yapabilmek için, çimlenme deneyleri sonucunda tüm tekrürlerin ortalaması alındı ve her bir konsantrasyon serisi için ortalama tohum ve çimlenen tohum sayıları belirlendi. Çimlenen ve çimlenmeyen tohum sayıları ile kontenjans tabloları yapılarak, her bir genotip, tuz ve ışık düzeneği için konsantrasyonlar arası farklılığı test etmek amacıyla non-parametrik testlerden X^2 testi uygulandı. Kantitatif değerlendirmeler için verilerin analizi 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.

Sonuçlar

Çimlenme oranları

Fotoperyodik indüksiyon altında ve karanlık şartlarda artan konsantrasyonlarda $Ca(NO_3)_2$ etkilerine maruz bırakılan *L. esculentum* cv. H-2274 tohumlarının çimlenme oranlarında 2000 ppm $Ca(NO_3)_2$ konsantrasyonu ile başlayan düşüşlerin daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam ettiği görüldü. Aynı genotipin fotoperyot ortamında artan $MgSO_4$ konsantrasyonlarında inkübasyona alınan serileri de 2000 ppm $MgSO_4$ konsantrasyonundan itibaren düşüşler sergilediler. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan tohumların çimlenme oranlarında benzer nitelikteki anlamlı düşüşlere 5000 ppm $MgSO_4$ konsantrasyonunda rastlandı (Tablo 1, 2).

Fotoperyodik indüksiyon altında *L. esculentum* cv. 11D-230 tohumlarının artan $Ca(NO_3)_2$ konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme özellikleri incelendiğinde, tohumların çimlenme oranlarında 200 ppm $Ca(NO_3)_2$ konsantrasyonundan itibaren düşüşlerle karşılaşıldı. Karanlık şartlarda benzer nitelikteki anlamlı düşüşler 2000 ppm $Ca(NO_3)_2$ konsantrasyonu ile başladı. Fotoperyodik indüksiyon altında 11D-230 genotipine ait tohumların çimlenme oranlarında 500 ppm $MgSO_4$ konsantrasyonundan itibaren düşüşler söz konusu iken, karanlık şartlarda

çimlenme oranları sadece 5000 ppm MgSO₄ konsantrasyonu ile anlamlı olarak azaldı (Tablo 1, 2).

Tablo 1. Fotoperyot ve karanlık uygulanan *L. esculentum* cv. H-2274 ve 11D-230 tohumlarında artan Ca(NO₃)₂ konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranları (%).

Ca(NO ₃) ₂	<i>L. esculentum</i> cv. H-2274 Çimlenme Oranları		<i>L. esculentum</i> cv. 11D-230 Çimlenme Oranları	
	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık
0 ppm	92.9	95.3	85.7	71.3
5 ppm	95.4	96.9	86.3	78.7
20 ppm	95.4	96.7	89.6	82.1
50 ppm	96.2	96.7	80.3	83.5
200 ppm	96.2	96.6	72.0	80.8
500 ppm	93.6	95.5	64.0	76.5
2000 ppm	38.6	75.6	30.7	30.9
5000 ppm	22.0	24.0	24.0	18.0
10000 ppm	14.0	12.0	14.0	12.0
İstatistikî değerlendirme	$\chi^2 = 330,897$; p= 0,000	$\chi^2 = 344,894$; p= 0,000	$\chi^2 = 196,690$; p= 0,000	$\chi^2 = 190,648$; p= 0,000

Tablo 2. Fotoperyot ve karanlık uygulanan *L. esculentum* cv. H-2274 ve 11D-230 tohumlarında artan MgSO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranları (%).

MgSO ₄	<i>L. esculentum</i> cv. H-2274 Çimlenme Oranları		<i>L. esculentum</i> cv. 11D-230 Çimlenme Oranları	
	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık
0 ppm	92.9	95.3	85.7	71.3
5 ppm	96.5	96.5	87.8	70.0
20 ppm	96.5	96.7	87.5	71.4
50 ppm	95.7	96.3	87.5	67.5
200 ppm	95.1	96.3	86.3	65.9
500 ppm	93.3	95.3	70.4	65.9
2000 ppm	33.3	91.7	36.7	63.4
5000 ppm	12.0	66.0	12	16.0
İstatistikî değerlendirme	$\chi^2 = 345,416$; p= 0,000	$\chi^2 = 65,156$; p= 0,000	$\chi^2 = 188,614$; p= 0,000	$\chi^2 = 54,817$; p= 0,000

Fotoperyodik indüksiyon altında ve karanlık şartlarda çimlenme oranlarının karşılaştırmalı analizi

L. esculentum cv. H-2274 tohumlarının çimlenme özellikleri artan Ca(NO₃)₂ konsantrasyonlarında tüm konsantrasyon serileri ve her iki inkübasyon ortamı açısından genel olarak değerlendirildiğinde, tohumların çimlenme oranlarının karanlık şartlarda (% 81.8) fotoperyot şartlarından (% 75) anlamlı düzeylerde yüksek olduğu görüldü ($\chi^2 = 8,828$; p= 0,003). H-2274 genotipi artan MgSO₄ konsantrasyonlarında da karanlık şartlarda (% 93.2) fotoperyot şartlarından (% 80.1) daha yüksek çimlenme oranları sergiledi ($\chi^2 = 47,951$; p= 0,000). Buna karşın artan Ca(NO₃)₂ konsantrasyonlarında 11D-230'un fotoperyot (% 63.7) ve karanlık uygulanan (% 63.3) tohumlarının çimlenme oranlarında anlamlı farklılıklar tespit edilemedi ($\chi^2 = 0,026$; p= 0,872). Artan MgSO₄ konsantrasyonlarında ise tohumlar fotoperyodik indüksiyon altında (% 71.6) karanlık şartlarda izlenenden (% 63.4) daha yüksek çimlenme oranlarına sahipti ($\chi^2 = 9,430$; p= 0,002).

Artan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve MgSO_4 konsantrasyonlarına bağlı olarak tohumların çimlenme oranlarında izlenen değişimler, her iki tuz düzeyinde tüm konsantrasyon serileri açısından genel olarak değerlendirildiğinde, fotoperyot şartlarında *L. esculentum* cv. 11D-230'un çimlenme oranlarında $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (% 68.1) ve MgSO_4 (% 71.6) uygulamalarının neden olduğu değişimlerin anlamlı farklılıklar oluşturmadığı görüldü ($\chi^2 = 1,833$; $p = 0,176$). Aynı genotip karanlık şartlarda inkübasyona alındığında, her ne kadar tohumlar $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulamalarıyla (% 67.5) MgSO_4 uygulamalarından (% 63.4) daha yüksek çimlenme oranları sergileseler de, farklılıkların istatistiki değeri yoktu ($\chi^2 = 2,21$; $p = 0,136$). *L. esculentum* cv. H-2274'ün karanlıkta inkübasyona alınan tohumlarında MgSO_4 uygulamalarıyla (% 93.2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulamalarından (% 87.4) daha yüksek çimlenme oranlarına tanık olundu ($\chi^2 = 11,974$; $p = 0,001$). Buna karşın fotoperyodik indüksiyon altında $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (% 80.2) ve MgSO_4 (% 80.1) uygulamalarının neden olduğu değişimlerin istatistiki değeri yoktu ($\chi^2 = 0,004$; $p = 0,949$).

Kantitatif Değerlendirmeler

Fotoperyodik indüksiyon uygulanan *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinin hipokotil yaş ağırlıkları üzerine artan MgSO_4 konsantrasyonlarının etkileri incelendiğinde, 5 ppm MgSO_4 konsantrasyonundaki anlamlı artışla serinin en yüksek değerine ulaşıldığı görüldü. 20 ppm'de istatistiki anlamlılık veren bir düşme söz konusu iken, 20, 50 ve 200 ppm değerlerinin birbirine ve kontrol grup değerine benzer olduğu saptandı. 500 ppm'de tekrar başlayan anlamlı düşüş 2000 ppm'de çok daha belirginleşerek devam etti. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde ise yalnızca 500 ve 2000 ppm değerlerinin kontrol grup değerinden farklı olduğu saptandı (Tablo 3).

Tablo 3. *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinde artan MgSO_4 konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil ve kök yaş ağırlıkları (g/fide).

MgSO_4	<i>L. esculentum</i> cv. H-2274			
	Hipokotil Yaş Ağırlığı±Standart Hata		Kök Yaş Ağırlığı±Standart Hata	
	Fotoperyot	Karanlık	Fotoperyot	Karanlık
0 ppm	0.0075±0.00016	0.015±0.00029	0.0058±0.00024	0.0022±0.00016
5 ppm	0.0090±0.00042	0.015±0.00035	0.0059±0.00022	0.0024±0.00012
20 ppm	0.0078±0.00038	0.014±0.00074	0.0057±0.00025	0.0023±0.00004
50 ppm	0.0084±0.00018	0.016±0.00036	0.0040±0.00022	0.0023±0.00009
200 ppm	0.0074±0.00034	0.014±0.00049	0.0045±0.00024	0.0021±0.00012
500 ppm	0.0063±0.00029	0.012±0.00043	0.0031±0.00023	0.0016±0.00010
2000 ppm	0.0017±0.00025	0.0060±0.00080	0.00058±0.00016	0.0013±0.00016
İstatistiki değerlendirme	F= 43,274; p< 0,001	F= 34,871; p< 0,001	F= 56,156; p< 0,001	F= 11,828; p< 0,001

Fotoperyot şartlarında inkübasyona alınan *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinin kök yaş ağırlıklarının 5 ve 20 ppm MgSO_4 konsantrasyonlarında kontrol grup değerine benzediği saptandı. 50 ppm'de istatistiki anlamlılık veren bir düşme söz konusu iken, 200 ppm değerinin de 50 ppm değerine benzediği görüldü. Fideciklerin kök yaş ağırlıklarında 500 ppm MgSO_4 konsantrasyonuyla tekrar başlayan anlamlı düşüş özellikle 2000 ppm'de daha da belirginleşti. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde ise sadece 500 ve 2000 ppm MgSO_4 konsantrasyonlarıyla elde edilen kök yaş ağırlıklarının kontrol grup değerinden farklı olduğu saptandı (Tablo 3).

Artan MgSO_4 ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonları karanlık şartlarda inkübasyona alınan *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinin kotiledon yaş ağırlıklarında istatistiki anlamı olan değişimlere yol açmadı (MgSO_4 ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulamaları için sırasıyla: $F = 1,773$; $p = 0,135$ ve $F = 1,535$; $p = 0,197$). Fotoperyodik indüksiyon altında 500 ppm MgSO_4 konsantrasyonu kotiledon yaş ağırlıklarında anlamlı bir düşme oluşturdu ($F = 5,491$; $p < 0,001$). $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ etkilerine maruz bırakılan fideciklerde ise yalnızca 2000 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonuyla elde

edilen kotiledon yaş ağırlıklarının kontrol grup değerinden farklı olduğu saptandı. 2000 ppm'de çok belirgin ve istatistiki anlamlılık veren bir düşme vardı ($F= 4,651$; $p= 0,001$).

Fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* cv. H-2274 fidecikleri 5 ve 20 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarında kontrol grup değerine benzer hipokotil yaş ağırlıkları verdiler. 50 ve 200 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarında artışlar izlendi. 500 ppm'de de 200 ppm değeriyle aynı olan bir ortalama değer elde edildi. 2000 ppm'de ise çok belirgin ve istatistiki anlamı olan bir düşme vardı. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde 5, 20 ve 50 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarıyla elde edilen hipokotil yaş ağırlıkları kontrol grup değerine benzerdi. 200 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonunda serinin en yüksek hipokotil yaş ağırlıkları elde edildi. 2000 ppm'de ise çok belirgin ve istatistiki anlamı olan bir düşme vardı (Tablo 4).

Tablo 4. *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinde artan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil ve kök yaş ağırlıkları (g/fide).

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	<i>L. esculentum</i> cv. H-2274		<i>L. esculentum</i> cv. H-2274	
	Hipokotil Yaş Ağırlığı±Standart Hata		Kök Yaş Ağırlığı±Standart Hata	
	Fotoperyot Uygulaması	Karanlık Uygulaması	Fotoperyot Uygulaması	Karanlık Uygulaması
0 ppm	0.0076±0.00025	0.0150±0.00036	0.0052±0.00014	0.0023±0.00028
5 ppm	0.0086±0.00028	0.0156±0.00035	0.0063±0.00047	0.0027±0.00045
20 ppm	0.0077±0.00055	0.0159±0.00066	0.0053±0.00063	0.0026±0.00015
50 ppm	0.010±0.00034	0.0160±0.00037	0.0077±0.00046	0.0023±0.00026
200 ppm	0.012±0.00077	0.0191±0.00069	0.0080±0.00058	0.0023±0.00035
500 ppm	0.012±0.00087	0.0175±0.00068	0.0049±0.00042	0.0019±0.00018
2000 ppm	0.0024±0.00032	0.0063±0.00043	0.0016±0.00014	0.0012±0.00012
İstatistiki değerlendirme	F= 32,686; p< 0,001	F= 54,593; p< 0,001	F= 21,208; p< 0,001	F= 3,386; p< 0,009

Fotoperyodik indüksiyon altındaki *L. esculentum* cv. H-2274 fidecikleri 5 ve 20 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarında kontrol grup değerine benzer kök yaş ağırlıkları verdiler. 50 ppm'de istatistiki anlamı olan bir artış gerçekleşti. 200 ppm değeri de 50 ppm değerine benzerdi. Fideciklerin kök yaş ağırlıklarında 500 ppm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonuyla başlayan düşüş 2000 ppm'de de belirginleşerek devam etti. Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde sadece 2000 ppm değerinin kontrol grup değerinden farklı olduğu saptandı. 2000 ppm'de çok belirgin ve istatistiki anlamlılık veren bir düşme vardı (Tablo 4).

Artan MgSO_4 konsantrasyonları fotoperyot ortamında inkübasyona alınan *L. esculentum* cv. 11D-230 fideciklerinin hipokotil yaş ağırlıklarında istatistiki anlamı olan değişimler oluşturmadı ($F= 1,321$; $p= 0,271$). Karanlıkta inkübasyona alınan fideciklerde 5 ppm MgSO_4 konsantrasyonu anlamlı bir artışa neden oldu. 20 ppm değeri de 5 ppm değerine benzerdi. 50 ppm MgSO_4 konsantrasyonunda tekrar anlamlı bir artış izlendi. 200 ve 500 ppm değerleri de 50 ppm değerine benzer ortalamalar verdiler. 2000 ppm MgSO_4 konsantrasyonu hipokotil yaş ağırlıklarında belirgin ve istatistiki anlamlılık veren bir düşme oluşturdu (Tablo 5).

Fotoperyodik indüksiyon altında artan konsantrasyonlarda MgSO_4 uygulanan fideciklerin kök yaş ağırlıklarında 5 ppm MgSO_4 konsantrasyonu anlamlı bir düşüşe neden oldu. 20, 50 ve 200 ppm değerleri de 5 ppm değerine benzerdi. 500 ppm'de tekrar başlayan anlamlı düşüş özellikle 2000 ppm'de daha da belirginleşti (Tablo 5). MgSO_4 uygulamaları karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerin kök yaş ağırlıklarında anlamlı değişimler oluşturmadı ($F= 0,487$; $p= 0,813$).

Tablo 5. *L. esculentum* cv. 11D-230 fideciklerinde artan MgSO₄ konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil, kök ve kotiledon yaş ağırlıkları (g/fide)

MgSO ₄	<i>L. esculentum</i> cv. 11D-230		
	Kök Yaş Ağırlığı (Fotoperyot Uygulaması)	Hipokotil Yaş Ağırlığı (Karanlık Uygulaması)	Kotiledon Yaş Ağırlığı (Karanlık Uygulaması)
0 ppm	0.0088±0.00059	0.0060±0.00025	0.0023±0.00017
5 ppm	0.0051±0.00043	0.0073±0.00060	0.0023±0.00010
20 ppm	0.0053±0.00044	0.0069±0.00037	0.0024±0.00013
50 ppm	0.0047±0.00044	0.0083±0.00033	0.0024±0.00017
200 ppm	0.0055±0.00027	0.0086±0.00039	0.0027±0.00009
500 ppm	0.0023±0.00030	0.0077±0.00045	0.0023±0.00009
2000 ppm	0.00064±0.00030	0.0045±0.00020	0.0015±0.00015
İstatistiki değerlendirme	F= 31,126; p< 0,001	F= 14,417; p< 0,001	F= 6,654; p< 0,001

L. esculentum cv. 11D-230 fidecikleri fotoperyot şartlarında inkübasyona alındığında, artan MgSO₄ konsantrasyonları kotiledon yaş ağırlıklarında anlamlı değişimler oluşturamadı (F= 1,108; p= 0,391). Karanlık şartlarda 5, 20 ve 50 ppm MgSO₄ konsantrasyonlarında kontrol grup değerine benzer değerler elde edildi. 200 ppm MgSO₄ konsantrasyonunda serinin en yüksek kotiledon yaş ağırlıklarına ulaşıldı. 2000 ppm'de ise istatistiki anlamlılık veren bir düşme vardı. Artan konsantrasyonlarda uygulanan Ca(NO₃)₂ fideciklerin kotiledon yaş ağırlıklarında anlamlı değişimler oluşturamadı (fotoperyot ve karanlık uygulamaları için sırasıyla: F= 1,227; p= 0,335 ve F= 2,255; p= 0,061).

Fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan *L. esculentum* cv. 11D-230 fideciklerinin hipokotil ve kök yaş ağırlıklarına yönelik incelemelerde 200 ppm'e kadar olan Ca(NO₃)₂ konsantrasyonları istatistiki değerlendirmelerde yer aldı. Fideciklerin hipokotil ve kök yaş ağırlıklarında 5, 20, 50 ve 200 ppm Ca(NO₃)₂ konsantrasyonlarının neden olduğu değişim istatistiki anlam oluşturmadı (F= 1,334; p= 0,287 ve F= 2,053; p= 0,123). Karanlık şartlarda inkübasyona alınan fideciklerde en yüksek değerlerle temsil edilen hipokotil yaş ağırlıklarına kontrol grupla ulaşılırken (F= 6,039; p< 0,001), kök yaş ağırlıkları açısından yapılan değerlendirmelerde kontrol grup değerinin sadece 2000 ppm değerinden farklı olduğu görüldü. 2000 ppm'de çok belirgin ve istatistiki anlamlılık veren bir düşme vardı (F= 5,016; p< 0,001).

Tartışma

Tuzlu topraklar tohum çimlenmesini farklı şekillerde etkileyebilen farklı tuz komponentleri içerebilirken [7], tuzluluk ya su alınımını engelleyen osmotik potansiyellere yol açmak suretiyle ya da spesifik iyonların toksik etkileri yoluyla tohum çimlenmesi üzerinde etkili olmaktadır [5]. Nitekim bir çalışmada, tuzluluk stresi ele alınan tüm örneklerde (*Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus angustissimus*, *Phaseolus filiformis*, *Phaseolus leptostachyus* ve *Phaseolus microcarpus*) çimlenmeyi değişken derecelerde geciktirebilirken, radikullar ve hipokotillerin biyokütlesi de artan tuzlulukla birlikte azalma eğilimleri sergilemiştir [18]. *Cynara scolymus*'un iki ayrı genotipinin çimlenme tepkileri üzerinde çimlenme ortamı tuzluluğunun etkilerini irdeleyen bir çalışmada, tohum çimlenme yüzdeleri çimlenme ortamının osmotik potansiyel azalışı ile azalırken, kontrol gruplarda % 96 olan fide çıkışları -0.5 MPa'da % 48'e kadar düşmüş, -1.0 MPa'da hiç fide çıkışı olmazken, -0.5 MPa'da çıkış yapan fideciklerin % 50'sinden fazlası da çıkıştan sonraki 4-5 gün içinde yaşamlarını yitirmiştir [19]. -0.8 MPa osmotik potansiyelli NaCl çözeltileri ile inkübasyona alınan *Kalidium caspicum* tohumlarında çıkış yapan genç radikullarda tuzluluğa olağanüstü yüksek hassasiyet gözlenirken, tüm radikulların 5 mm uzunluğa ulaşmadan yaşamlarını yitirdikleri bildirilmiş [20], 4 ayrı *Vigna radiata* genotipini tuzluluk toleransı açısından değerlendiren bir başka çalışmada ise, tüm genotiplerin çimlenme sonrası fide hayatta kalımları tuz stresi yoluyla azalmıştır [21]. *Aeluropus lagopoides* tohumları farklı temperatür rejimlerinde, tuzluluğun farklı seviyelerine (100-500 mM NaCl) maruz

birakıldıklarında, NaCl konsantrasyonlarındaki artışlar çimlenmeyi devamlı olarak indirgemiş, termoperyodik indüksiyonun 10/20 °C olduğu durumlarda 300 mM'ın üzerindeki NaCl konsantrasyonlarında hiçbir tohumda çimlenme görülmemiştir [22]. 6 farklı *Hordeum vulgare* genotipini çimlenme evreleri süresince tuzluluk toleransı açısından değerlendiren bir çalışmada, tohumların imbibisyonu NaCl konsantrasyonlarındaki her 100 mM artış için yaklaşık % 5 düzeyinde azalmış, genotiplerin tohum çimlenmesi üzerinde tuz stresinin olumsuz etkileri iyon toksisitesi etkilerinden çok, iç osmotik etkiler ya da kısıtlanmış imbibisyonla açıklanmıştır [23]. Othman ve arkadaşlarının [24], çimlenme evreleri süresince 12 farklı *Hordeum vulgare* genotipini farklı konsantrasyonlarda (1:1 M oranında NaCl ve CaCl₂ içeren) ve farklı elektriksel iletkenlik değerlerine (EC: 0.05-27.0 dSm⁻¹) sahip solüsyonlarda tuz toleransı açısından değerlendiren çalışmalarında da tuzluluğun çimlenme karakterleri üzerindeki etkileri hassasiyetle vurgulanmıştır.

Bizim çalışmamızda *L. esculentum* cv. H-2274 genotipinin fotoperyodik indüksiyon altında ve karanlık şartlarda inkübasyona alınan serileri ile 11D-230 genotipinin karanlık uygulanan serilerinde 2000 ppm'den itibaren Ca(NO₃)₂'in toksik etkilerine tanık olundu, nitekim H-2274 genotipinin kontrol grupları fotoperyodik indüksiyon altında % 92.9, karanlık şartlarda % 95.3 oranlarında çimlenme özellikleri sergilerlerken, bu değerler 2000, 5000 ve 10000 ppm Ca(NO₃)₂ konsantrasyonlarında fotoperyodik indüksiyon için % 38.6-22.0-14.0, karanlık şartlar için % 75.6-24.0-12.0 şeklinde gerçekleşti. 11D-230 genotipinin karanlık şartlarda kontrol grup değeri % 71.3 iken, bu değer 2000 ppm'de % 30.9, 5000 ppm'de % 18.0, 10000 ppm'de % 12.0 düzeylerinde idi. Aynı genotipin fotoperyot ortamında inkübasyona alınan serilerinde 200 ppm Ca(NO₃)₂ konsantrasyonu ile başlayan düşüşler daha yüksek konsantrasyonlarda da belirginleşerek devam etti. Bu seride kontrol gruptan başlayarak 200, 500, 2000, 5000 ve 10000 ppm Ca(NO₃)₂ konsantrasyonları için çimlenme oranları sırasıyla % 85.7-72.0-64.0-30.7-24.0-14.0 şeklinde idi. Karanlık uygulanan genotiplerin çimlenme oranlarında 5000 ppm MgSO₄ konsantrasyonu ile düşüşlere tanık olunurken, fotoperyodik indüksiyon altında benzer nitelikteki anlamlı düşüşler daha düşük MgSO₄ konsantrasyonlarında, 11D-230 için 500 ppm, H-2274 için 2000 ppm'den itibaren gerçekleşti.

Bir çalışmada *Digitaria sanguinalis*'in tohumları CaCO₃ ya da MgCO₃ ilaveleri ile pH'sı 4.8-7.8 arasında değiştirilen toprak ile CaSO₄ uygulanan ancak bir pH modifikasyonuna gereksinim duyulmayan toprak örneklerinde inkübasyona alındığında, tohum çimlenmesi, toprak CaCO₃ ile değiştirildiğinde pH uygulamalarından etkilenmezken, MgCO₃ ile değiştirildiğinde pH artışlarıyla azalma eğilimleri göstermiş, pH değişikliklerinden bağımsız CaSO₄ uygulamalarından ise etkilenmemiştir [25]. Bir başka çalışmada *Atriplex prostrata* tohumları -0.75, -1.0, -1.5 MPa osmotik potansiyelli NaCl, KCl, Na₂SO₄ ve K₂SO₄ çözeltilerinde çimlendirme denemelerine alındığında, tohum çimlenmesinin inhibisyonu genellikle en düşük osmotik potansiyelde gerçekleşirken, çimlenme Na⁺ tuzlarıyla K⁺ tuzlarından çok daha fazla indirgenmiştir [26]. *Chenopodium glaucum*'un tohum çimlenmesi üzerinde Na⁺ ve Mg²⁺ katyonu kaynaklı tuzluluğun (Na₂SO₄, Na₂CO₃, MgSO₄, NaCl, MgCl₂) etkilerini değerlendiren bir çalışmada, maksimum çimlenme kontrol grubu oluşturan saf su örneklerinde elde edilmiş, tuzluluktaki artışlarla tohum çimlenmesi azalırken, farklı tuz tipleri yoluyla çimlenmenin inhibisyonu MgCl₂>Na₂SO₄>Na₂CO₃>NaCl>toprak ekstraktı>MgSO₄ düzeninde gerçekleşmiştir [27]. *Haloxylon ammodendron* fideciklerinin başlangıç büyümesi üzerinde NaCl, Na₂SO₄, MgCl, MgSO₄ ve CaCl₂ etkilerini sorgulayan bir araştırmada -4.1 ve -5.1 MPa su potansiyelinde tohumların çimlenme yüzdelerinin SO₄⁻² tuzları ile uygulamalarda Cl⁻¹ tuzları ile uygulamalardan çok daha yüksek olduğu kaydedilmiş, MgSO₄>Na₂SO₄>NaCl>MgCl₂>CaCl₂ tuzları için -4.1 MPa'da çimlenme oranları % 97, % 76, % 65, % 49, % 46 düzeylerinde gerçekleşmiştir [6]. *Prosopis strombulifera*'da çimlenmeye ait özellikler üzerinde NaCl, Na₂SO₄, KCl ve K₂SO₄ tuzlarının etkilerini değerlendiren bir çalışmada, -1.2 MPa ve daha düşük osmotik potansiyelli sodyum temelli çözeltilerde SO₄⁻²'in Cl⁻¹'den çok daha toksik olduğu sonucuna varılmış, -1.5 ve -1.9 MPa'lı potasyum temelli çözeltilerde de SO₄⁻²'in Cl⁻¹'den çok daha inhibitör olduğu kaydedilirken, eşlik eden anyondan bağımsız olarak bir makro besin elementi olan K⁺'un da Na⁺'den çok daha inhibitör olduğu bildirilmiştir [5]. *Kalidium caspicum*'un tohum çimlenmesi ve

radikula hayatta kalımı üzerine Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} katyonu kaynaklı tuzluluğun etkilerini inceleyen bir araştırmada, Na^+ ve Mg^{+2} 'un radikula üzerinde toksik etkileri gözlenmiş, Mg^{+2} toksisitesinin Na^+ toksisitesinden birkaç kat daha şiddetli olduğu saptanmıştır [28]. *Artemisia ordosica*, *Aristida adscensionis* ve *Bassia dasyphylla* tohumları NaCl, MgCl_2 ya da KCl içeren tuz çözeltilerinde inkübasyona alındığında, tüm tuz uygulamalarında ve test edilen türlerde radikula çıkışları ortamdaki tuz konsantrasyonu artışlarıyla koşut olarak geciktirilmiş, NaCl, KCl ve MgCl_2 'ün her üç bitki türünün de radikula çıkışı için toksik olduğu kaydedilmiş, ancak magnezyum tuzluluğunun sodyum ve potasyum tuzluluğundan çok daha toksik olduğu görülmüştür [7].

Bizim çalışmamızda uygulanan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve MgSO_4 tuzluluğuna bağlı olarak çimlenme oranlarında izlenen değişimler her iki tuz düzeyinde tüm konsantrasyon serileri açısından genel olarak değerlendirildiğinde, genotip H-2274'ün karanlıkta inkübasyona alınan tohumlarında MgSO_4 uygulamalarıyla $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulamalarından daha yüksek çimlenme oranları dikkati çekmekteydi. H-2274 genotipinde MgSO_4 lehine sağlanan üstünlüğün $p=0.001$ düzeyinde anlamlı olduğu görüldü. Buna karşın fotoperyodik indüksiyona maruz bırakılan H-2274 genotipinin tohumları ile fotoperyot ve karanlık uygulanan 11D-230 genotipinin tohumlarında $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve MgSO_4 tuzluluğunun neden olduğu değişimlerin her iki tuz düzeyinde istatistiksel değeri olan farklılıklar oluşturamadığı gözlemlendi. Fotoperyodik indüksiyon altında H-2274'ün çimlenme oranlarında tuz stresi etkilerinin ilk görülmeye başlandığı konsantrasyon değerleri her iki tuz tipi için de 2000 ppm'di. Karanlık şartlarda $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tuzluluğu 2000 ppm, MgSO_4 tuzluluğu 5000 ppm'den itibaren toksik etkilerini hissettirdi. Aynı konsantrasyon değerleri etiolasyonun teşvik edildiği inkübasyon ortamlarında 11D-230 için de geçerliydi. Fotoperyot şartlarında ise $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tuzluluğu 200 ppm, MgSO_4 tuzluluğu 500 ppm'den itibaren indirgeyici özelliklere sahipti.

Tam karanlıkta veya 12 saat ışık/12 saat karanlık şeklinde düzenlenen bir fotoperyodik indüksiyon altında değişken termoperyodik uyarılara maruz bırakılan *Limonium stocksii* tohumlarının çimlenme özellikleri üzerinde NaCl tipi tuz stresi (100-500 mmol/L) etkilerini inceleyen bir araştırmada, maksimum tohum çimlenmesi tüm sıcaklık rejimlerinde tuz uygulanmayan kontrollerde ışıkta elde edilirken, tam karanlıkta tuzun ilavesi çimlenme yüzdelerini büyük ölçüde düşürmüştü, 12 saat fotoperyot altında çimlenen tohumlarla karşılaştırıldığında, tuzlu şartlar altında tam karanlıkta göreceli olarak daha düşük çimlenme oranları elde edilmiştir [29]. Aynı araştırmacı grubu, aynı araştırma materyali üzerinde, tam karanlıkta veya 12 saat ışık 12 saat karanlık şeklinde düzenlenen bir fotoperyodik indüksiyon altında, bu kez aynı elektriksel iletkenlik değerlerine sahip ($10-50 \text{ dSm}^{-1}$) NaCl ve deniz suyu etkilerini test ettiklerinde, *Limonium stocksii* tohumlarının çimlenebilmek için tuzsuz şartlarda ışığa ihtiyaç duymadığını belirlemiş, oysa ışığın yokluğu hem NaCl hem de deniz suyu uygulamalarında tohum çimlenmesini sinergistik olarak inhibe etmiştir [30]. Tuz ve osmotik strese ilaveten ışığın varlığı *Brassica tournefortii* tohumlarının düşük sıcaklıklara hassasiyetini artırırken, karanlık şartlarda çimlenme tuzluluğun düşük seviyeleriyle (80 mM NaCl) nispeten etkilenmemiş, ancak ışık/karanlık şartlarında 10 mM NaCl konsantrasyonunda bile azalma eğilimleri sergilemiştir [31].

Bizim çalışmamızda *L. esculentum* cv. H-2274 tohumlarının çimlenme özellikleri artan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarında tüm konsantrasyon serileri ve her iki inkübasyon ortamı açısından genel olarak değerlendirildiğinde, tohumların çimlenme oranlarının karanlık şartlarda fotoperyot şartlarından anlamlı düzeylerde yüksek olduğu görüldü. H-2274 genotipi artan MgSO_4 konsantrasyonlarında da karanlık şartlarda fotoperyot şartlarından daha yüksek çimlenme oranlarına sahipti. Özellikle 2000 ve 5000 ppm MgSO_4 konsantrasyonlarına karanlıkta yetiştirilen tohumların daha toleranslı davranabildiği görüldü. Buna karşın artan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ konsantrasyonlarında 11D-230'un fotoperyot ve karanlık uygulanan tohumlarının çimlenme oranlarında anlamlı farklılıklar tespit edilemezken, artan MgSO_4 konsantrasyonlarında tohumlar fotoperyot ortamında karanlık şartlarda izlenenden daha yüksek çimlenme oranları sergiledi.

Elli farklı *Sesamum indicum* genotipinin tuzluluğa toleransını köklendirme ortamlarındaki 0.5-7.0 dSm⁻¹ elektriksel iletkenlik değerlerine sahip CaCl₂ çözeltilerinde inceleyen bir araştırmada, ekimden sonraki 45 gün içinde kuru madde üretimleri için, 90 gün içinde yaprak alanı için yüksek derecede anlamlı etkilerden bahsedilmektedir [4]. Yüksek substrat tuzluluğu (0.301-16.499 g/l) etkilerine maruz bırakılan *Aster laurentianus*'ta kontrol grupların daha yüksek toplam biokütlesi mevcutken, tuzluluk toplam bitki biyokütlesini kök, gövde, yaprak kütlesini olumsuz yönde etkileyerek azaltmıştır [11]. MgSO₄, Na₂SO₄, NaCl ve CaCl₂ ilaveleriyle oluşturulan, elektriksel iletkenlik değerleri 3, 7, 11 ve 19 dSm⁻¹ arasında değişen tuzluluk stresi etkilerine maruz bırakılan *Triticum aestivum*'da, bitki taze ve kuru ağırlıkları, bitki boyu ve yaprak alanı 7 dSm⁻¹'de kontrol grup özelliklerinden farklılaşma eğilimleri göstermemiş, ancak bu başlangıcın ötesindeki elektriksel iletkenlik değerlerinde bitki büyümesi süratle kötüye gitmiştir [3]. NaCl, CaCl₂ ve MgSO₄ ilaveleriyle oluşturulan, elektriksel iletkenlik değerleri 2.6-20.1 dSm⁻¹ arasında değişen tuzluluk, *Vigna unguiculata* fideciklerinde yaprak alanı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığını anlamlı şekillerde azaltırken, sürgün, yaprak alanı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı parametrelerinde tuzun sırasıyla % 99-97-96-99 ve 96 düzeylerinde olabilen etkilerinden bahsedilmiş [32], bir başka çalışmada ise tuzluluk *Iris hexagona* biokütlesini 2 ve 4 µg⁻¹ tuzluluk düzeylerinde % 20 ve % 48 düzeylerine kadar azaltabilmiştir [33].

Yüksek düzeyde çözünebilir tuzların ve özellikle kök bölgesindeki yüksek magnezyumun *Lactuca sativa* fideciklerinde kök büyümesi için inhibitör olduğu kaydedilirken [34], 20-50 molm⁻³'in üzerindeki CaCl₂ konsantrasyonlarının da *Gossypium hirsutum* büyümesi için inhibitör olduğu belirlenmiştir [35]. NaCl tipi tuz stresi *Sporobolus ioclados*'da, sürgün kuru ağırlıklarını, sürgün taze ağırlıklarını, sürgün ve kök uzunluklarını, yaprak sayılarını indirgerken, dokuların su ve osmotik potansiyelleri ile bitkilerin basınç potansiyelleri de tuzluluktaki artışlarla birlikte azalma eğilimleri sergilemiştir [36]. Artan NaCl konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Aeluropus lagopoides*'te, 0-200 mM NaCl konsantrasyonlarında gelişen bitkilerde daha yüksek değerlerle temsil edilen bitki taze ve kuru ağırlıkları saptanırken, inkübasyon ortamlarının tuzluluk artışları (400-1000 mM) bitkilerin taze ve kuru ağırlıklarında azalmalara neden olmuştur [37]. 3 farklı tuzluluk seviyesi sergileyen 3 kıyasal tuzlu toprak 1:5 Na:Ca oranını muhafaza etmek şartıyla nitrat, klorür, sülfat ve fosfat formunda kalsiyum tuzları etkilerine maruz bırakıldıklarında, hiç ilave kalsiyum almayan *Oryza sativa*'nın yaprakları üzerinde klorozis ve nekrozis gibi tuz hasarı semptomlarından bahsedilirken, topraklara kalsiyum fosfat ve kalsiyum sülfatın ilavesi kuru madde verimleri üzerinde tuz stresinin zararlı etkilerini kısmen düzeltme eğiliminde olmuş, oysa kalsiyum klorür ve kalsiyum nitrat tuzları kuru madde verimlerinde azalmalar oluşturmuştur [38].

Bizim çalışmamızda ise 500 ve 2000 ppm MgSO₄ konsantrasyonlarında *L. esculentum* cv. H-2274'ün hipokotil yaş ağırlıklarında belirgin düşüşler izlendi. Ca(NO₃)₂ uygulamalarında yalnızca 2000 ppm'de çok belirgin ve istatistiki anlamlılık veren bir düşme vardı. Karanlık şartlarda yalnızca 2000 ppm MgSO₄ konsantrasyonu 11D-230'un hipokotil yaş ağırlıklarında anlamlı bir düşme oluşturdu. Aynı fiziksel koşullarda Ca(NO₃)₂ tipi tuz stresi altında en yüksek hipokotil yaş ağırlıklarına kontrol grupla ulaşıldı.

Bizim çalışmamızda 50 ppm MgSO₄ konsantrasyonundan itibaren H-2274'ün kök yaş ağırlıklarında düşüşler gözlenirken, karanlık şartlarda yalnızca 500 ve 2000 ppm MgSO₄ konsantrasyonlarıyla elde edilen kök yaş ağırlıklarının kontrol grup değerinden düşük olduğu görüldü. Aynı parametrede 500 ppm'den itibaren fotoperiyodik indüksiyon altında, 2000 ppm'de karanlık şartlarda Ca(NO₃)₂ tipi tuzluluğun toksik etkilerine tanık olundu. MgSO₄ tipi tuz stresi altında fotoperiyodik indüksiyon altındaki 11D-230 fideciklerinde en yüksek kök yaş ağırlıklarına kontrol grupla ulaşıırken, Ca(NO₃)₂ tipi tuz stresi altında karanlık şartlarda yalnızca 2000 ppm'de anlamlı bir düşme saptandı.

Başlangıç büyüme dönemlerindeki *Chenopodium quinoa* fidecik komponentlerinde bazı büyüme parametreleri üzerine NaCl tipi tuz stresi etkilerini inceleyen bir araştırmada (0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4 M), tuzlu şartlar altında bütün deneysel periyot boyunca kotiledonların boyutlarında hiçbir dikkat çekici varyasyon gözlenemediği bildirilirken, tuz stresi altında taze ağırlık değerlerinin de anlamlı farklılıklar vermediği kaydedilmiştir [39]. NaCl tipi tuz stresi altında (4.0, 8.0 ve 12.0 dSm⁻¹) *Vigna radiata* genotiplerinde, bitki başına düşen toplam fotosentetik yaprak alanı genotipler arasında en az % 63, en fazla % 82 düzeylerinde azalma eğilimleri gösterirken, yeşil trifoliat yaprak sayıları tüm genotiplerde tuzluluktan en çok etkilenen parametre olarak bildirilmiş [21], besin çözeltilerine NaCl, CaCl₂, MgSO₄ ilaveleriyle elde edilen osmotik potansiyelleri -0.075 ile -0.82 MPa arasında değişen tuzluluk *Vigna unguiculata* fideciklerinde de yaprak alanı ve yaprak kuru ağırlıklarını azaltma eğilimleri sergilemiştir [32]. Na⁺, K⁺, Ca²⁺ ve Mg²⁺un klorür ve sülfat tuzlarının oluşturduğu stres 4.1-12.2 dSm⁻¹ elektriksel iletkenlik değerlerinde *Acacia catechu* tohumlarında, 5.1-13.3 dSm⁻¹ elektriksel iletkenlik değerlerinde *Prosopis cineraria* tohumlarında çimlenme ve başlangıç büyüme dönemleri üzerinde değerlendirildiğinde, bitki organları içinde özellikle yapraklar artan tuz stresine karşılık olarak kuru kütle üretimlerindeki maksimum azalmalarla dikkati çekerlerken [40, 41], *Persea americana*'da da NaCl tipi tuz stresi altında (4 mM Na⁺ ve 6 mM Cl⁻ ile 18 mM Na⁺ ve 20 mM Cl⁻) inceleme kapsamına alınan yedi vegetatif klonun dördünde her bir dal için kümülatif yaprak taze ağırlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak alanı üretimleri tuz stresi yoluyla indirgenmiştir [42].

Bizim çalışmamızda artan MgSO₄ ve Ca(NO₃)₂ konsantrasyonları karanlık şartlarda inkübasyona alınan *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinin kotiledon yaş ağırlıklarında istatistiki anlamı olan değişimlere yol açmadı. Fotoperyodik indüksiyon altında 500 ppm MgSO₄ konsantrasyonu kotiledon yaş ağırlıklarında anlamlı bir düşme oluşturdu. Ca(NO₃)₂ etkilerine maruz bırakılan fideciklerde ise yalnızca 2000 ppm Ca(NO₃)₂ konsantrasyonu ile elde edilen kotiledon yaş ağırlıklarının kontrol grup değerinden farklı olduğu saptandı. 11D-230 fidecikleri fotoperyot şartlarında inkübasyona alındığında, artan MgSO₄ konsantrasyonları kotiledon yaş ağırlıklarında anlamlı değişimler oluşturamazken, karanlık şartlarda 2000 ppm MgSO₄ konsantrasyonunda belirgin bir düşme vardı. Artan Ca(NO₃)₂ konsantrasyonları kotiledon yaş ağırlıklarında anlamlı değişimler oluşturamadı.

Sonuç olarak fotoperyodik indüksiyon altındaki *L. esculentum* cv. H-2274 fideciklerinin hipokotil ve kotiledon yaş ağırlıkları için MgSO₄ tipi tuzluluğun 500 ppm'den itibaren, Ca(NO₃)₂ tipi tuzluluğun 2000 ppm'den itibaren toksik olduğu söylenebilir. Aynı genotipin kök yaş ağırlıklarında benzer nitelikteki toksik etkiler daha düşük tuz konsantrasyonlarında örneğin MgSO₄ tuzluluğu için 50 ppm'den itibaren söz konusudur. Aynı tuzluluk stresi fotoperyodik indüksiyon altındaki 11D-230 fideciklerinde en yüksek kök yaş ağırlıklarının kontrol grupla elde edilmesine neden olmuştur.

Fotoperyodik indüksiyon altındaki her iki genotip için de 2000 ppm değeri tohum çimlenme oranları açısından toksik olarak değerlendirilebilir. Aynı konsantrasyon değeri karanlık şartlarda Ca(NO₃)₂ tipi tuz stresi uygulanan 11D-230 genotipine ait tohumlarda da benzer toksisite belirtileri oluşturmuştur. Karanlık uygulanan diğer seriler ise 2000 ppm değerine daha toleranslı davranmıştır.

Teşekkür

Çalışmamızın istatistiki analiz ve yorumlarının yapılmasındaki çok değerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Selma Metintaş'a ve araştırma materyallerimizi oluşturan bitki tohumlarını temin ettiğimiz Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne şükranlarımızı sunarız.

Kaynaklar

- [1]. Munns, R., Husain, S., Rivelli, A.R., James, R.A., Condon, A.G., Lindsay, M.P., Lagudah, E.S., Schachtman, D.P., Hare, R.A., **Avenues for Increasing Salt Tolerance of Crops and the Role of Physiologically Based Selection Traits**, Plant and Soil, 247, 93-105, (2002).
- [2]. Munns, R., **Genes and Salt Tolerance: Bringing Them Together**, New Phytologist, 167, 3, 645-663, (2005).
- [3]. Wilson, C., Read, J.J., Abo-Kassem, E., **Effect of Mixed Salt Salinity on Growth and Ion Relations of a Quinoa and Wheat Variety**, Journal of Plant Nutrition, 25, 12, 2689-2704, (2002).
- [4]. Ramirez, R., Gutierrez, D., Villafane, R., Lizaso, J.I., **Salt Tolerance of Sesame Genotypes at Germination, Vegetative and Saturation Stages**, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36, 17-18, 2405-2419, (2005).
- [5]. Sosa, L., Llanes, A., Reinoso, H., Reginato, M., Luna, V., **Osmotic and Specific Ion Effects on the Germination of *Prosopis strombulifera***, Annals of Botany, 96, 261-267, (2005).
- [6]. Tobe, K., Li, X., Omasa, K., **Effects of Five Different Salts on Seed Germination and Seedling Growth of *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae)**, Seed Science Research, 14, 345-353, (2004).
- [7]. Tobe, K., Zhang, L., Omasa, K., **Alleviatory Effects of Calcium on the Toxicity of Sodium, Potassium and Magnesium Chlorides to Seed Germination in Three Non Halophytes**, Seed Science Research, 13, 47-54, (2003).
- [8]. Dodd, G.L., Donovan, L.A., **Water Potential and Ionic Effects on Germination and Seedling Growth of Two Cold Desert Shrubs**, American Journal of Botany, 86, 8, 1146-1153, (1999).
- [9]. Cuartero, J., Munoz, R.F., **Tomato and Salinity**, Scientia Horticulturae, 78, 83-125, (1999).
- [10]. Katembe, W.J., Ungar, I.A., Mitchell, J.P., **Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Two *Atriplex* Species (Chenopodiaceae)**, Annals of Botany, 82, 167-175, (1998).
- [11]. Houle, G., Morel, L., Reynolds, C.E., Siegel, J., **The Effect of Salinity on Different Developmental Stages of An Endemic Annual Plant, *Aster laurentianus* (Asteraceae)**, American Journal of Botany, 88, 1, 62-67, (2001).
- [12]. Iqbal, M.Z., Yasmin, N., Shafiq, M., **Salt Tolerance Variation in Some Common Trees**, Acta Botanica Hungarica, 44, 1-2, 67-74, (2002).
- [13]. Ellialtıoğlu, Ő., Tıprıdamaz, R., **Doku Kùltürünün Tuz Stresine Dayanıklılıktaki Kullanımı**, Bitkilerde Stres Fizyolojisinin Molekùler Temelleri Sempozyumu, İzmir-1998, s: 70-81, (1998).
- [14]. Babaođlu, M., Gürel, E., Özcan, S. **Bitki Biyoteknolojisi, Doku Kùltürü ve Uygulamaları**, Selçuk Üniversitesi Yayınları, Konya, (2001).
- [15]. Başaran, D., **Bitki Doku Kùltürü**, Dicle Üniversitesi Yayınları, Diyarbakır, (1990).
- [16]. Başaran, D., **Modern Genel Botanik**, Dicle Üniversitesi Yayınları, Diyarbakır, (1990).
- [17]. Önder, N., Yentür, S., **Bitkilerin Büyüme, Gelişme, Farklılaşma ve Hareket Fizyolojisi**, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, (1999).
- [18]. Bayuelo-Jimenez, J.S., Craig, R., Lynch, J.P., **Salinity Tolerance of *Phaseolus* Species During Germination and Early Seedling Growth**, Crop Science, 42, 1584-1594, (2002).
- [19]. Mauromicale, G., Licandro, P., **Salinity and Temperature Effects on Germination, Emergence and Seedling Growth of Globe Artichoke**, Agronomie, 22, 443-450, (2002).
- [20]. Tobe, K., Li, X., Omasa, K., **Seed Germination and Radicle Growth of a Halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae)**, Annals of Botany, 85, 391-396, (2000).
- [21]. Ahmad, S., Wahid, A., Rasul, E., Wahid, A., **Comparative Morphological and Physiological Responses of Green Gram Genotypes to Salinity Applied at Different Growth Stages**, Botanical Bulletin of Academia Sinica, 46, 135-142, (2005).

- [22]. Gulzar, S., Khan, M.A., **Seed Germination of a Halophytic Grass *Aeluropus lagopoides***, *Annals of Botany*, 87, 319-324, (2001).
- [23]. Al-Karaki, G.N., **Germination, Sodium and Potassium Concentrations of Barley Seeds as Influenced by Salinity**, *Journal of Plant Nutrition*, 24, 3, 511-522, (2001).
- [24]. Othman, Y., Karaki, G., Tawaha, A.R., Horani, A., **Variation in Germination and Ion Uptake in Barley Genotypes Under Salinity Conditions**, *World Journal of Agricultural Sciences* 2, 1, 11-15, (2006).
- [25]. Pierce, G.L., Warren, S.L., Mikkelsen, R.L., Linker, H.M., **Effects of Soil Calcium and pH on Seed Germination and Subsequent Growth of Large Crabgrass (*Digitaria sanguinalis*)**, *Weed Technology*, 13, 2, 421-424, (1999).
- [26]. Egan, T.P., Ungar, I.A., Meekins, J.F., **The Effect of Different Salts of Sodium and Potassium on the Germination of *Atriplex prostrata* (*Chenopodiaceae*)**, *Journal of Plant Nutrition*, 20, 12, 1723-1730, (1997).
- [27]. Duan, D., Liu, X., Khan, M.A., Gul, B., **Effects of Salt and Water Stress on the Germination of *Chenopodium glaucum* L. Seed**, *Pakistan Journal of Botany*, 36, 4, 793-800, (2004).
- [28]. Tobe, K., Li, X., Omasa, K., **Effects of Sodium, Magnesium and Calcium Salts on Seed Germination and Radicle Survival of a Halophyte, *Kalidium caspicum* (*Chenopodiaceae*)**, *Australian Journal of Botany*, 50, 163-169, (2002).
- [29]. Zia, S., Khan, M.A., **Effect of Light, Salinity and Temperature on Seed Germination of *Limonium stocksii***, *Canadian Journal of Botany*, 82, 151-157, (2004).
- [30]. Zia, S., Khan, M.A., **Comparative Effect of NaCl and Seawater on Seed Germination of *Limonium stocksii***, *Pakistan Journal of Botany*, 34, 4, 345-350, (2002).
- [31]. Chauhan, B.S., Gill, G., Preston, C., **African Mustard (*Brassica tournefortii*) Germination in Southern Australia**, *Weed Science*, 54, 5, 891-897, (2006).
- [32]. Wilson, C., Liu, X., Lesch, S.M., Suarez, D.L., **Growth Response of Major U.S. Cowpea Cultivars. 1. Biomass Accumulation and Salt Tolerance**, *Hort. Science*, 41, 1, 225-230, (2006).
- [33]. Van Zandt, P.A., Tobler, M.A., Mouton, E., Hasenstein, K.H., Mopper, S., **Positive and Negative Consequences of Salinity Stress for the Growth and Reproduction of the Clonal Plant *Iris hexagona***, *Journal of Ecology*, 91, 837-846, (2003).
- [34]. Montgomery, J.A., Wien, H.C., **Evaluation of Solid Artificial Media on Lettuce Seedling Germination and Growth**, *ASGSB Annual Meeting Abstracts*, 28, (2004).
- [35]. Gorham, J., Bridges, J., **Effects of Calcium on Growth and Leaf Ion Concentrations of *Gossypium hirsutum* Grown in Saline Culture**, *Plant and Soil*, 176, 2, 219-227, (1995).
- [36]. Gulzar, S., Khan, M.A., Ungar, I.A., Liu, X., **Influence of Salinity on Growth and Osmotic Relations of *Sporobolus ioclados***, *Pakistan Journal of Botany*, 37, 1, 119-129, (2005).
- [37]. Gulzar, S., Khan, M.A., Ungar, I.A., **Effects of Salinity on Growth, Ionic Content, and Plant-Water Status of *Aeluropus lagopoides***, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 11-12, 1657-1668, (2003).
- [38]. Alam, S., Imamul Hug, S.M., Kawai, S., Islam, A., **Effects of Applying Calcium Salts to Coastal Saline Soils on Growth and Mineral Nutrition of Rice Varieties**, *Journal of Plant Nutrition*, 25, 3, 561-576, (2002).
- [39]. Prado, F.E., Boero, C., Gallardo, M., Gonzales, J.A., **Effect of NaCl on Germination, Growth and Soluble Sugar Content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds**, *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, 27-34, (2000).
- [40]. Ramoliya, P.J., Patel, H.M., Pandey, A.N., **Effect of Salinization of Soil on Growth and Macro and Micro Nutrient Accumulation in Seedlings of *Acacia catechu* (*Mimosaceae*)**, *Annals of Applied Biology*, 144, 3, 321- 332, (2004).

- [41]. Ramoliya, P.J., Patel, H.M., Joshi, J.B., Pandey, A.N., **Effect of Salinization of Soil on Growth and Nutrient Accumulation in Seedlings of *Prosopis cineraria***, Journal of Plant Nutrition, 29, 2, 283-303, (2006).
- [42]. Bernstein, N., Ioffe, M., Zilberstaine, M., **Salt Stress Effects on Avacado Rootstock Growth. 1. Establishing Criteria for Determination of Shoot Growth Sensitivity to the Stress**, Plant and Soil, 233, 1-11, (2001).