



Araştırma Makalesi

NaCl Stresinin Yem Bezelyesinin Klorofil ve Mineral İçeriğine Etkisi**

Hatice Zambı, Özlem Önal Aşçı*

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

Geliş tarihi (Received): 08.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 05.11.2020

Anahtar kelimeler:

Tuz, çeşit, tolerans

Özet. Araştırma bazı yem bezelyesi genotiplerinde tuz konsantrasyonlarının (0, 25, 50, 75, 100, 125 ve 150 mM) bitkinin klorofil ve mineral madde içeriğine etkisini belirlemek amacıyla, saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Araştırmada yaprağın SPAD değeri, toprak üstü aksamın Na, Ca, K, P konsantrasyonu, K Na⁻¹ ve CaNa⁻¹ oranı belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, P konsantrasyonu hariç incelenen diğer özellikler bakımından genotip x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresi karşısında bitkilerin klorofil, fosfor, potasyum içeriği ile K Na⁻¹ oranı azalırken, Ca ve Na konsantrasyonu artmıştır. Araştırmada incelenen genotiplerin tamamında artan tuz dozları ile birlikte, bitkinin toprak üstü aksamında biriken Na miktarı da artmış, ancak artış hızı bütün genotiplerde aynı olmamıştır.

*Sorumlu yazar

onalozlem@hotmail.com

Effect of NaCl Stress on Chlorophyll and Mineral Content of Forage Pea

Keywords:

Salt, cultivar, tolerance

Abstract. The research was carried out as a pot experiment in order to determine the effect of salt concentrations (0, 25, 50, 75, 100, 125 and 150 mM) on the chlorophyll and mineral content of some forage pea genotypes. The experiment was established in randomized plots according to factorial design with 3 replications. In the research, the SPAD value of the leaf, Na, Ca, K, P concentration, K Na⁻¹ and CaNa ratio of the aboveground components were determined. As a result of the analysis of variance, genotype x salt dose interaction was found to be statistically significant in terms of other properties except P concentration. In the face of salt stress, chlorophyll, phosphorus, potassium content and K Na⁻¹ ratio of plants decreased while Ca and Na concentration increased. In all of the genotypes studied, the amount of Na accumulated in the above-ground parts of the plant increased with increasing salt doses, but the rate of increase was not the same in all genotypes.

**Çalışma Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye (*Pisum sativum*) çeşit ve genotiplerinin bitki gelişimine etkisi başlıklı tezden üretilmiştir.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0003-3196-5772 0000-0002-9487-9444

GİRİŞ

Ülkemizde 2000'li yıllardan bu yana uygulanan desteklemelerle yem bitkileri ekim oranı %8'e kadar ulaşmasına rağmen kaliteli kaba yem açığını karşılamaktan çok uzaktır. Birçok yem bitkisi türünün rahatlıkla yetiştirilebileceği ülkemizde genellikle tek yıllık türler tercih edilmektedir. Yem bezelyesi hem kaba hem de kesif yem olarak kullanılabilen tek yıllık serin mevsim baklagil yem bitkisidir. Özellikle son zamanlarda soyanın GDO'lu olma tehlikesi nedeni ile bezelye tohumları rasyonlarda soya yerine kullanılacak değerli bir protein kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Uzun ve ark., 2012). Bu nedenlerle ülkemizde giderek üretiminin yaygınlaştığını ve bilimsel çalışmaların da arttığını görmekteyiz.

Tuzluluk ülkemiz topraklarında karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Yağış oranının az ve buharlaşmanın fazla olduğu, kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzluluk doğal olarak bulunmakta, sulanan alanlarda ise aşırı sulamayla oluşmaktadır (Keser ve ark., 2009). Ülkemizde kıyı bölgelerde yer alan tarım alanlarında ise sulama suyu olarak taban suyu ya da yer altı suyu kullanılması ile tuzluluk problemi artmaktadır. Örneğin Bafra ovasında yaklaşık 2000 ha'lık alanda tuzluluk probleminin yaşandığı bildirilmiştir (Arslan ve ark., 2008; Cemek ve ark., 2006).

Doğada birçok tuz formu bulunmakla birlikte, en çok NaCl bulunduğundan (Kuşvuran, 2010) tuzluluk denildiğinde ilk olarak akla NaCl gelmektedir. Tuz stresi bitkilerde stomaların kapanması, klorofilin yapısının değişmesi ve fotosentetik mekanizmasının bozulmasına neden olarak fotosentetik aktiviteyi olumsuz etkilemektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Yanısıra Cl⁻ ve Na⁺ iyonları bitkilerin topraktan NO₃⁻, K⁺ ve Ca⁺ alımını azaltırlar (Kacar ve ark., 2009). Bunun sonucunda bitkide besin elementi eksikliği, mineraller arası dengenin bozulması yaşanır. Yıldırım ve ark., (2008) 75 mM NaCl uygulandığında bezelyenin hem köklerinde hem de gövdesinde Ca içeriğinin kontrol bitkilerine göre arttığını belirlemişlerdir. Shahid ve ark. (2011) farklı bezelye genotiplerinde NaCl stresinin bitkilerin klorofil içeriklerini azaltırken, Na birikimini arttırdığını ve Na:K oranını değiştirdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca yapraklarında daha az Na, daha fazla P ve K konsantrasyonuna sahip genotiplerin tuza daha toleranslı olduklarını bildirmişlerdir. Kaymak ve Acar (2020), orman üçgülü ile yürüttükleri çalışmalarında, topraktaki tuz yoğunluğu arttıkça yapraklardaki klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

Bu çalışma; bazı yem bezelyesi çeşit ve genotiplerinde farklı NaCl konsantrasyonlarının bitkinin klorofil ve mineral içeriğine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi serasında 2014 yılında saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Araştırmada yem bezelyesinin Töre, Gölyazı, Özkaynak, Ürünlü çeşitleri ile yemlik kullanıma uygun 2 yerel popülasyona (Çaybaşı ve Turnasuyu) ait tohumlar kullanılmıştır.

Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulan denemede, çeşitlere 0, 25, 50, 75, 100, 125 ve 150 mM NaCl uygulanmıştır. Elenmiş 2.5 kg toprakla doldurulan saksılara, 15 Kasım 2014 tarihinde her saksıda 8 adet tohum olacak şekilde ekim yapılmıştır. Ekimle beraber her saksıya 50 ppm N, 100 ppm P ve 125 ppm K (Korkmaz, 2014) temel besin maddesi olarak verilmiştir. Çimlenmeden sonra her saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmış, bitkilerin 4. gerçek yaprakları çıktığında ise tuz uygulaması yapılmıştır (Yıldırım ve ark., 2008). Yüksek tuz dozlarının bitkide şok etkisini yaratmasını önlemek amacıyla tuz dozları tek seferde uygulanmamıştır. İlk tuz uygulamasında kontrol hariç tüm saksılara 25 mM NaCl verilmiş, diğer tuz uygulamaları ikişer gün arayla kademeli olarak tamamlanmıştır. Tuz dozlarının bitkiler üzerindeki etkileri görülmeye başlandığında deneme sonlandırılmıştır.

Araştırmada gövde üzerindeki ilk iki yaprakta (Yıldırım ve ark., 2008) SPAD metre ile ölçüm yapılarak bitkinin klorofil içeriği SPAD cinsinden belirlenmiştir. Ayrıca toprak üstü aksamın Na, Ca, K ve P içerikleri belirlenmiştir. Mineral analizinin yapılabilmesi için öncelikle kurutulup öğütülen bitki örneklerinden alınan 200 mg materyal kül fırınında 550 °C'de yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında geriye kalan kül üzerine 2 ml 1/3'lük HCl asit çözeltisi + 18 ml saf su ilave edilmiştir. Elde edilen karışım filtre kağıdından süzildükten sonra mineral madde analizi için örnekler hazır hale gelmiştir. Örneklerinin Na ve K içeriği Flame metrede, Ca içerikleri Atomik absorpsiyon spektrofotometrede, P içerikleri ise spektrofotometrede belirlenmiştir. Belirlenen Na, K ve Ca değerleri ile toprak üstü aksamda K Na⁻¹ ve Ca Na⁻¹ oranları hesaplanmıştır. Söz konusu oranların hesaplanmasında mEq değeri kullanılmamıştır.

Verilerin normal dağılım kontrolü Kolmogorov-Smirnov testi, alt grupların varyanslarının homojenlik kontrolü Levene testi ile yapıldıktan sonra, elde edilen veriler tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre

analiz edilmiştir. Farklı ortalamaların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda ve yorumlamalarda %5 önem düzeyi kullanılmıştır. Tüm hesaplamalar Minitab 17 istatistik paket programı ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

SPAD değeri bitkinin klorofil içeriği hakkında bilgi vermektedir. Tuz stresinin bitkilerde kloroplastların sayısını azalttığı, yapısını değiştirdiği ve klorofillerin parçalanmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2011). Araştırmada elde edilen SPAD değerlerine yapılan varyans analizi sonucunda çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çizelge 1. incelendiğinde görüleceği üzere, Töre ve Ürnlü çeşitlerinde 150 mM tuzu uygulaması, klorofil içeriğini önemli derecede azaltırken, tuz dozları Gölyazı çeşidi ile Çaybaşı popülasyonunda SPAD değerini istatistiki olarak etkilememiştir. Turnasuyu popülasyonunda ise kontrol ile 100 mM arasındaki tuz uygulamalarında belirlenen SPAD değerleri istatistiki olarak aynı grupta yer almışken, tuz dozu 100 mM'den 125 mM'e çıkınca SPAD değeri önemli derecede azalmıştır. Bu durum araştırmada incelenen genotiplerin kontrol şartlarında sahip oldukları klorofil miktarlarının farklı olması yanında farklı tuz dozlarında tepkilerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim kontrol grubunda en düşük SPAD değeri Çaybaşı popülasyonunda belirlenirken, 150 mM dozunda ise Ürnlü çeşidinde belirlenmiştir. Çalışmamızla benzer olarak Acar ve ark. (2011), 0-100 mM NaCl dozlarının bezelyede klorofil içeriğini etkilemediğini, Najafi ve ark. (2006) 100 ve 150 mm NaCl uygulamasının bezelyede klorofil içeriğini kontrole göre önemli derecede azalttığını ve bahsedilen dozların klorofil içeriği üzerine etkisinin benzer olduğunu, Ozturk ve ark., (2012) bezelyenin klorofil içeriğinin tuz dozu arttıkça azaldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde belirlenen SPAD değerleri.

Table 1. SPAD value of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	52.30 Aab	47.87 ABab	52.77 Aa	50.47 Aa	50.47 Aa	48.17 Aab	34.37 Bb
Gölyazı	53.63 Aa	48.13 Aab	50.50 Aa	50.57 Aa	45.03 Aa	46.97 Aab	52.90 Aa
Özkaynak	52.97 Aab	52.37 Aa	52.57 Aa	48.90 Aa	48.20 Aa	47.70 Aab	44.10 Aab
Ürnlü	43.73 Aab	44.67 Aab	45.67 Aa	43.33 Aab	46.53 Aa	51.10 Aa	2.50 Bc
Çaybaşı	40.00 Ab	38.13 Ab	40.10 Aa	35.43 Ab	31.53 Ab	37.00 Abc	40.30 Aab
Turnasuyu	47.70 Aab	50.87 Aab	43.27 ABa	47.13 Aab	49.80 Aa	31.07 Bc	45.60 Aab

Aynı çeşitte ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Aynı dozda ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Bitkiler tuz stresinden kaçınarak veya tuzlu şartlara adapte olarak hayatta kalmayı başarırlar. Bunu Na ve Cl iyonlarını bünyelerine almayarak, toprak üstü aksamlarına özellikle yapraklarına iletimini azaltarak veya hücre vakuollerinde biriktirerek (Özen ve Onay, 2007) gerçekleştirirler. Bünyesinde daha az Na biriktiren genotiplerin tuza toleransının daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Kuşvuran ve ark., 2007; Eker ve ark., 2006). Bu nedenle tuz stresi çalışmalarında bitkilerin kök ve toprak üstü aksamlarında Na konsantrasyonu belirlenmektedir. Araştırmada toprak üstü aksamda belirlenen Na konsantrasyonu değerlerine yapılan varyans analizi sonucunda çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Araştırmada incelenen genotiplerin ortama tuz ilave edilmesiyle birlikte toprak üstü aksamlarında Na iyonu biriktirmeye başladığı ve artan tuz dozlarına bağlı olarak biriktirilen Na'un da genellikle arttığı belirlenmiştir (Çizelge 2.). Bu durum araştırmada incelenen bezelye genotiplerinin fazla tuzu toprak üstü aksamda biriktirme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında Töre çeşidinde ve Turnasuyu popülasyonunda ilk önemli artış 150 mM dozunda gerçekleşirken, Gölyazı, Ürnlü, Özkaynak çeşitleri ile Çaybaşı popülasyonunda ise sırasıyla 75, 100, 125 mM tuz dozlarında gerçekleşmiştir. Nitekim hasattan hemen önce yapılan gözlemlerde bitkilerin genel durumu incelendiğinde Töre çeşidinde 150 mM tuz dozunda, Özkaynak çeşidinde 125 mM, diğer genotiplerde ise 100 mM dozundan itibaren alt yapraklarda kurumalar belirlenmiştir. Bu durum tuz toksiditesinin bir göstergesi olup toprak üstü aksamda belirlenen Na konsantrasyonu ile uyum içerisindedir. Bununla birlikte yüksek (125 ve 150 mM) tuz dozlarında genotiplerin Na konsantrasyonu bakımından farklılık olmadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 2.). Bilgili ve ark., (2011) tuz uygulamasının bezelyede toprak üstü aksamında Na oranını arttırdığını, Shahid ve ark., (2011) da tuz dozu arttıkça bezelyenin yapraklarında Na birikiminin arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen Na oranı (%).
Table 2. Na ratio (%) determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	0.17 Ba	0.37 ABa	0.47 ABa	0.15 ABb	1.01 ABb	2.62 ABa	3.21 Aa
Gölyazı	0.16 Ca	0.60 BCa	1.06 BCa	3.05 ABa	3.96 Aa	2.69 ABCa	1.74 ABCa
Özkaynak	0.12 Ba	1.00 ABa	1.52 ABa	1.09 ABab	2.15 ABab	2.81 Aa	3.67 Aa
Ürünlü	0.13 Ca	0.56 ABCa	1.11 ABCa	2.72 ABCab	3.52 Aab	3.45 Aa	3.02 ABa
Çaybaşı	0.29 Ba	0.41 Ba	1.29 ABa	1.57 ABab	2.01 ABab	3.39 Aa	3.28 Aa
Turnasuyu	0.08 Ba	0.68 ABa	2.22 ABa	1.74 ABab	2.39 ABa	2.39 ABa	3.82 Aa

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Araştırmada toprak üstü aksamda belirlenen Ca konsantrasyonu değerlerine yapılan varyans analizi sonucunda çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çizelge 3. incelendiğinde, Gölyazı çeşidi hariç artan tuz dozlarında genellikle toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonlarının arttığı görülmektedir. Gölyazı çeşidinde ise 75 mM dozuna kadar toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonu artmasına rağmen bu dozdan sonra azalmaya başlamıştır. Bununla birlikte 100 mM ve üzeri dozlarda belirlenen Ca oranı kontrol bitkilerinden düşük fakat istatistiki olarak farksızdır. Ortamda bulunan fazla Na'un bitkinin Ca alımını azalttığı bildirilmektedir (Kacar ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2011; Çulha ve Çakırlar, 2011). Töre çeşidinde 150 mM tuz dozunda Ca konsantrasyonu kontrole göre önemli düzeyde artmıştır. Ancak Töre çeşidi hariç diğer genotiplerde toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonu bakımından kontrol grubu ile tuz dozları arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir. Yıldırım ve ark. (2008) tuz uygulamasının bezelyede toprak üstü aksamında Ca oranını arttırdığını bildirirken, Bilgili ve ark. (2011) ise azaldığını ancak bu azalışın önemsiz olduğunu belirlemişlerdir. Eker ve ark. (2006) mısırdaki yaptıkları çalışmalarında NaCl uygulamasının toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonunu azalttığını belirlemişlerdir. Yanısıra araştırmada incelenen genotiplerin aynı tuz dozunda toprak üstü aksamın Ca oranı bakımından da farklılıklar olduğu görülmektedir. Kontrol, 25, 50 ve 75 mM dozlarında en yüksek Ca oranına Gölyazı çeşidi sahipken, diğer tuz dozlarında tüm genotipler Ca oranı bakımından istatistiki olarak farksız bulunmuştur.

Çizelge 3. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen Ca oranı (%).
Table 3. Ca ratio (%) determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	1.41 Bab	1.95 Bb	2.24 Bb	2.45 ABab	2.54 ABa	2.82 ABa	4.30 Aa
Gölyazı	2.97 ABa	3.83 Aa	3.93 Aa	4.13 Aa	2.46 ABa	1.83 Ba	2.86 ABa
Özkaynak	1.24 Ab	2.09 Ab	2.22 Ab	2.28 Ab	2.23 Aa	2.57 Aa	2.75 Aa
Ürünlü	2.21 Aab	2.75 Aab	2.77 Aab	2.90 Aab	3.02 Aa	2.98 Aa	2.90 Aa
Çaybaşı	1.93 Aab	2.38 Aab	2.76 Aab	2.68 Aab	3.01 Aa	3.27 Aa	2.72 Aa
Turnasuyu	2.36 Aab	2.74 Aab	2.91 Aab	1.70 Ab	2.86 Aa	3.04 Aa	2.65 Aa

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Araştırmada genotiplerin farklı tuz dozlarına verdikleri tepkiler farklı olduğundan, yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın K oranı bakımından çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Tüm çeşitlerde tuz uygulaması bitkilerin K oranını azaltmakla birlikte Töre ve Gölyazı çeşitleri hariç diğerlerinde tuz dozu arttıkça K oranı azalmıştır. Töre ve Gölyazı çeşitlerinde ise artış ve azalışlar gerçekleşmiştir. Bununla birlikte Töre çeşidinde ilk önemli azalış 50 mM dozunda, Ürünlü çeşidi ve Turnasuyu popülasyonunda 75 mM, Özkaynak çeşidinde 100 mM dozunda gerçekleşmiştir. Araştırmada incelenen diğer çeşitlerde ise toprak üstü aksamın K oranı bakımından tuz dozları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Yanısıra, kontrol grubunda çeşitlerin K oranı bakımından fark yokken, 25, 50 ve 75 mM dozlarında en düşük K oranına Töre çeşidi sahip olmuştur (Çizelge 4.). Kacar ve ark. (2009), NaCl stresinin bitkilerin topraktan K alımını azalttığını bildirmişlerdir. Shahid ve ark. (2011, 2012) bezelyeye uygulanan tuz dozu arttıkça yaprakların K konsantrasyonunun giderek azaldığını belirlemişlerdir. Eker ve ark. (2006) ise NaCl uygulamasının mısırdaki toprak üstü aksamın K konsantrasyonunu azalttığını ve azalışın çeşitlere göre değiştiğini belirlemişlerdir.

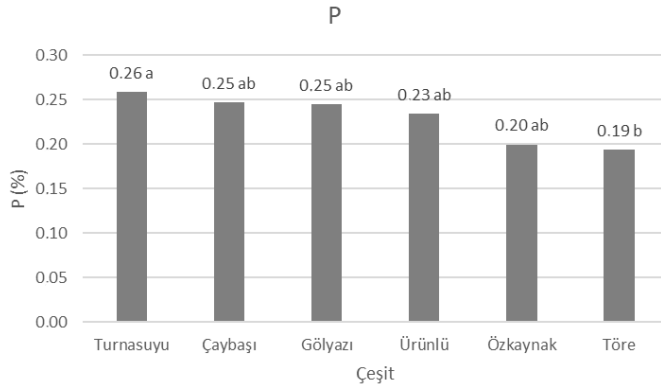
Çizelge 4. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen K oranı (%).
Table 4. K ratio (%) determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	1.64 Aa	1.12 Ab	0.07 Bb	0.11 Bb	1.00 ABa	1.26 Aa	1.42 Aa
Gölyazı	1.78 Aa	1.55 Aab	1.53 Aa	1.04 Aab	1.36 Aa	1.08 Aa	1.17 Aa
Özkaynak	2.23 Aa	2.32 Aa	1.37 ABa	1.46 ABa	1.21 Ba	1.18 Ba	1.00 Ba
Ürünü	2.41 Aa	1.89 ABab	1.32 ABa	1.16 Ba	1.18 Ba	1.28 Ba	1.16 Ba
Çaybaşı	1.80 Aa	1.60 Aab	1.32 Aa	1.33 Aa	1.11 Aa	1.22 Aa	0.91 Aa
Turnasuyu	2.26 Aa	1.84 ABab	1.61 ABa	1.12 Ba	1.31 ABa	1.14 Ba	1.30 ABa

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

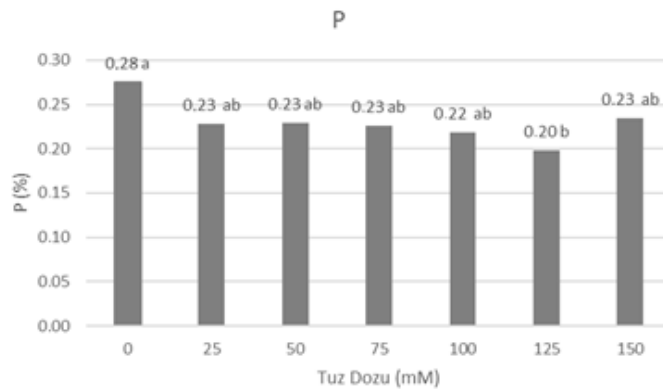
Yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın P oranı bakımından çeşitler ($p < 0.01$) ve tuz dozları ($p < 0.05$) arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz dozlarının ortalaması olarak toprak üstü aksamda en yüksek P oranına Turnasuyu popülasyonu sahip olurken, Töre çeşidi dışında kalan diğer genotipler ile arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır (Şekil 1.). Bununla birlikte bitkilerin toprak üstü aksamındaki P oranı toprağa uygulanan tuz miktarı arttıkça giderek azalmış ancak en büyük azalış 125 mM dozunda gerçekleşmiştir (Şekil 2.). Shahid ve ark (2011, 2012) tuz stresinin bezelyede yaprağın P oranını azalttığını bildirmişlerdir. Kıpçak ve ark. (2019), 25 ve 50 mm NaCl uygulamasının fasulyede bazı genotiplerde P oranını arttırmışken, bazı genotiplerde ise azalttığını belirlemişlerdir.



Şekil 1. Bazı bezelye genotiplerinde toprak üstü aksamın P oranı (%).

Figure 1. P ratio (%) of aboveground components in some pea genotypes.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($p < 0.05$).



Şekil 2. Farklı tuz dozlarında bezelye bitkisinin toprak üstü aksamında belirlenen P oranı (%).

Figure 2. P ratio (%) determined in the above-ground parts of pea plant at different salt doses.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($p < 0.05$).

Yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın K Na⁻¹ oranı bakımından çeşit x tuz dozu interaksiyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur. Araştırmada incelenen bütün genotiplerde tuz stresi K Na⁻¹ oranını azaltmış, ancak bu azalış tuz dozundaki artışa paralel gerçekleşmemiştir (Çizelge 5.). Bu durum muhtemelen çeşitlerin tuzlu koşullarda topraktan K ve Na almaları ile toprak üstü aksama Na

iletmelerindeki farklılıktan kaynaklanmıştır. Bitkiler tuzlu koşullarda yetiştirildiklerinde bünyelerine Na iyonu yerine K iyonu alıp $K Na^{-1}$ oranını yüksek tutarak (Dölek, 2009) veya topraktan aldıkları Na'u toprak üstü aksamalarına iletmeyerek tuzlu şartlara dayanıklı olmayı başarırlar. Çalışmamızla benzer olarak Yağmur ve ark. (2006) arpada, Kuşvuran ve ark. (2008) *Cucumis* sp.'de yaptıkları çalışmada, tuz stresinin bitkinin yeşil aksamında $K Na^{-1}$ oranını azalttığını belirlemiştir. Bununla birlikte araştırmada incelenen genotiplerin kontrol şartlarında bünyelerine aldıkları K ve Na oranı da farklı olduğundan, kontrol grubunda genotiplerde belirlenen $K Na^{-1}$ oranı arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli olmuştur. Bitki türleri ve çeşitleri arasında topraktan K ve Na alımı bakımından farklılık olduğu bildirilmiştir (Kacar ve ark., 2009).

Çizelge 5. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen $K Na^{-1}$.

Table 5. $K Na^{-1}$ determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	10.05 Ac	4.31 ABa	0.34 Ba	0.74 Ba	0.95 Ba	0.49 Ba	0.56 Ba
Gölyazı	11.52 Ac	3.67 Ba	1.98 Ba	0.35 Ba	0.35 Ba	0.50 Ba	0.70 Ba
Özkaynak	18.28 Ab	2.88 Ba	1.28 Ba	1.72 Ba	0.67 Ba	0.46 Ba	0.27 Ba
Ürünlü	18.35 Ab	5.18 Ba	1.76 Ba	0.44 Ba	0.34 Ba	0.37 Ba	0.39 Ba
Çaybaşı	6.30 Ac	4.01 Aa	2.00 Aa	1.03 Aa	0.61 Aa	0.38 Aa	0.28 Aa
Turnasuyu	29.72 Aa	5.94 Ba	0.77 Ba	0.40 Ba	0.76 Ba	0.48 Ba	0.37 Ba

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın $Ca Na^{-1}$ oranı bakımından çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur. Araştırmada tuz stresi $Ca Na^{-1}$ oranını genellikle azaltmıştır (Çizelge 6). Yanısıra Töre çeşidi hariç diğer genotiplerde en yüksek $Ca Na^{-1}$ oranı kontrol grubunda yer alan bitkilerde belirlenmiştir. Bu durum araştırmada incelenen genotiplerin tuz dozlarına bağlı olarak bünyelerine aldıkları Na ve Ca miktarının değişmesinden (Çizelge 2 ve 3) kaynaklanmaktadır. Araştırma sonuçlarımızla benzer olarak Çağırğan (2015) karpuz genotiplerinde tuz uygulamasının $Ca Na^{-1}$ oranını azalttığını belirlemiştir.

Çizelge 6. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen $Ca Na^{-1}$.

Table 6. $Ca Na^{-1}$ determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	8.55 Bc	6.0 Ba	8.53 Ba	16.54 Aa	7.46 Ba	1.10 Ba	1.94 Ba
Gölyazı	19.39 Ab	9.28 ABa	4.65 Ba	1.41 Bb	0.61 Ba	0.86 Ba	1.70 Ba
Özkaynak	10.18 Ac	2.48 Aa	1.75 Aa	2.56 Aa	1.21 Aa	1.02 Aa	0.74 Aa
Ürünlü	16.69 Ac	7.36 ABa	3.54 Ba	1.07 Bb	0.86 Ba	0.86 Ba	1.00 Ba
Çaybaşı	6.65 Ac	5.90 Aa	3.71 Aa	1.98 Ab	1.70 Aa	1.01 Aa	0.90 Aa
Turnasuyu	31.06 Ac	7.77 Ba	1.37 Ba	0.98 Bb	1.64 Ba	1.28 Ba	0.74 Ba

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

SONUÇ

Araştırma sonucunda tuz stresinin yem bezelyesinin SPAD değeri ile Na, Ca, P, K içeriği, $K Na^{-1}$ ve $Ca Na^{-1}$ oranını önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Tuz stresi karşısında bitkilerin klorofil, fosfor, potasyum içeriği ile $K Na^{-1}$ ve $Ca Na^{-1}$ oranı azalırken, Ca ve Na içerikleri artmıştır. Bitkide Na içeriğinde ilk önemli artış Töre çeşidinde ve Turnasuyu popülasyonunda 150 mM dozunda, Gölyazı çeşidinde 75 mM, Ürünlü çeşidinde 100 mM, Özkaynak çeşidi ile Çaybaşı popülasyonunda ise 125 mM tuz dozlarında gerçekleşmiştir. Ayrıca Töre çeşidi 150 mM dozunda en yüksek K oranına sahip olmuştur. Tüm bu nedenlerle Töre çeşidinin tuz toleransının araştırmada incelenen diğer genotiplere göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKI BEYANI

Hatice Zambi ve Özlem Önal Aşçı tez çalışması çerçevesinde birlikte katkı sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi tarafından TF 1462 nolu proje olarak desteklenmiştir. Ayrıca makalede sunulan verilerin bir kısmı Hatice Zambi'nin yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Arslan, H., Hacıömeroğlu, G., & Bahadır, M. (2008). *Bafra ovasında sulama suyu tuzluluğu üzerine etkisinin ve tuzluluğun yıllık değişiminin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi*. Sulama ve Tuzlanma Konferansı, Şanlıurfa.
- Bilgili, U., Carpici, E.B., Aşık, B. B., & Celik, N. (2011). Root and shoot response of common vetch (*Vicia sativa* L.), forage pea (*Pisum sativum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) to salt stress during early seedling growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 33-38.
- Cemek, B., Güler, M., & Arslan, H. (2006). Bafra ovası sağ sahil sulama alanındaki tuzluluk dağılımının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 63-72.
- Çağırğan, Ç. (2015). *Yerel karpuz genotiplerinin tuz stresine toleranslarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 11-34.
- Dölek, M. N. (2009). *Değişik karpuz genotiplerinin tuz stresine tolerans düzeylerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Eker, S., Cömertpay, G., Konuşkan, Ö., Ülger, A.C., Öztürk, L., & Çakmak, İ. (2006). Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 365-373.
- Kacar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. (2009). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayınları, Yayın No: 848, Ankara.
- Kaymak, G., & Acar, A. (2020). Orman üçgülü (*Bituminaria bituminosa* L.) genotiplerinin tuzluluğa dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(1), 51-58.
- Keser, Ö., Çolak, G., & Caner, N. (2009). Tuza toleransı farklı iki kültür bitkisinde bazı fizyolojik ve makromorfolojik parametreler üzerine Na₂CO₃ tipi tuz stresi etkileri. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 64-80.
- Kıpçak, S., Ekinci, A., Erdinç, Ç., Kabay, T., & Şensoy, S. (2019). Tuz stresinin farklı fasulye genotiplerinde bazı besin elementi içeriği ile toplam antioksidan ve toplam fenol içeriğine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 136-144.
- Korkmaz, K., 2014. *Sözlü görüşme*. Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.
- Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Abak, K., & Yaşar, F. (2007). Bazı kavun (*Cucumis* sp.) genotiplerinin tuz stresine tepkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(4), 395-404.
- Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K., & Ellialtıoğlu, Ş. (2008). Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis* sp.'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(1), 13-20.
- Kuşvuran, Ş. (2010). *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Minitab. (2010). Minitab 17. State College, Pennsylvania.
- Najafi, F., Khavari-Nejad, R. A., Rastgar-Jazii, F., & Sticklen, M. (2006). Physiological changes in pea (*Pisum sativum* L. cv. Green Arrow) under NaCl salinity. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(5), 974-978.
- Ozturk, L., Demir, Y., Unlukara, A., Karatas, I., Kurunc, A., & Duzdemir, O. (2012). Effects of long term salt stress on antioxidant system, chlorophyll and proline contents in pea leaves. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(3), 7227-7236.
- Özen, H. Ç., & Onay, A. (2007). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayınları, Yayın No:1220, Ankara.

- Shahid, M. A., Balal, R. M., Pervez, M. A., Abbas, T., Ashfaq, M., Ghazanfar, U., Afzal, M., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., & Mattson, N. S. (2012). Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. *Australian Journal of Crop Science*, 6(5), 828-838.
- Shahid, M. A., Pervez, M. A., Balal, R. M., Ayyub, C. M., Ghazanfar, U., Abbas, T., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., Mattson, N. S., & Akram, A. (2011). Effect of salt stress on growth, gas Exchange attributes and chlorophyll contents of pea (*Pisum sativum*). *African Journal of Agricultural Research*, 6(27), 5808-5816.
- Uzun, A., Gün, H., & Açıkgöz, E. (2012). Farklı gelişme dönemlerinde biçilen bazı yem bezelyesi (*Pisum arvense*) çeşitlerinin ot, tohum ve ham protein verimlerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 27-38.
- Yağmur, M., Kaydan, D., & Okut, N. (2006). Potasyum uygulamasının tuz stresindeki arpanın fotosentetik pigment içeriği, ozmotik potansiyel, K⁺/Na⁺ oranı ile bitki büyümesine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2), 188-194.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 46-66.
- Yıldırım, B., Yaşar, F., Terzioğlu, Ö., Tamkoç, A., & Türközü, D. (2008). Effect of salinity stress on nutrient composition of field pea genotypes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(8), 944-948.