

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

## Potasyum Uygulamalarının Yüksek Sıcaklığa Hassas Fasulye Genotiplerinde Klorofil İyon ve Enzim Aktivite Değişimlerine Etkileri

Turgay KABAY

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş Meslek Yüksekokulu, Van, Türkiye  
e-posta: tkbay@yyu.edu.tr

**Öz:** Serada yetiştiriciliğindeki en önemli problemlerin başında yüksek sıcaklığın olumsuz etkisi gelmektedir. Sera fasulye yetiştiriciliğinde yüksek sıcaklık verimi ve kaliteyi olumsuz etkileyen stres faktörlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada üretim dönemindeki yüksek sıcaklık nedeniyle fasulyede oluşacak verim ve kalite kayıplarını azaltmak amaçlanmıştır. Potasyum uygulamalarının etkinliğinin araştırıldığı çalışmada yüksek sıcaklık stresine hassas olan Zulbiye çeşidi ile önceki çalışmalarda yüksek sıcaklığa hassas olduğu belirlenen V71 genotipi kullanılmıştır. Fasulye tohumları 2:1 oranında torf perlit karışımı içeren 2 litrelik saksılara ekilmiştir. Potasyum (K) dozları: 0 (kontrol) ppm, 500 ppm, 1000 ppm ve 2000 ppm şeklinde yer almış olup, çalışma dört tekrarlı ve her tekrarda 4 saksı ve her saksıda iki bitki olacak şekilde tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Tohumlar ekilip deneme sonlandırılmaya kadar Hoagland besin çözeltisiyle sulanmıştır. Tohum ekiminden itibaren 24. güne geldiğinde kontrol bitkilerinin sıcaklığı serada 20 - 25 °C arasında değişirken, yüksek sıcaklık uygulanan bitkiler ise sera içinde ek bir tünele alınmıştır. Stres uygulanan 24 günlük fasulye bitkilerinde stres etkisinin değerlendirilmesi için katalaz (CAT), süperoksitdismutaz (SOD), askorbatperoksidaz (APX), malondialdehit (MDA), Klorofil-a, Klorofil-b, toplam klorofil, K, Ca ve Mg içerikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, özellikle 1000 ppm K dozunun yüksek sıcaklığın olumsuz etkilerini azaltmada kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Besin elementi, Enzim, Klorofil, *Phaseolusvulgaris*, Yüksek sıcaklık stresi

### Effects of Potassium Applications on Changes of Chlorophyll, Ion and Enzyme Activity in Heat Sensitive Bean Genotypes

**Abstract:** One of the most important problems in greenhouse production is the negative effect of high temperature. High temperature that is one of the stress factors negatively affects quality and yield in the cultivation of greenhouse bean. This study aimed to reduce yield and quality losses due to high temperature during production period. In this study, which investigated the effectiveness of potassium applications, Zulbiye bean variety were used that it is sensitive to high temperature stress and the V71 genotype investigated in our previous studies were used that it is sensitive to high temperature stress. Bean seeds were planted in 2-liter pot containing a 2: 1 mixture of peat and perlite. Doses of potassium (K) were in the form of 0 (control) ppm, 500 ppm, 1000 ppm and 2000 ppm, and the study was performed in the four repetitions and four pots in each repetition, and two plants in each pot, according to the factorial experimental design. Plants were irrigated with the Hoagland nutrient solution from bean seeds were planted to the end of the study. When it reaches 24 days from planting, the temperature of the control plants varies between 20 - 25 °C in the greenhouse, whereas plants applied high temperature were taken an additional tunnel in the green house. In order to be able to see the effect of stress on the bean plants, in the bean genotypes, CAT, SOD, APX, MDA, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, K, Ca and Mg contents changes were examined. In conclusion, in the study investigating the effect of different doses K applications on tolerance to high temperature in beans, especially 1000 ppm K dose might be used to reduce adverse effects of high temperature.

**Keywords:** Nutrient element, Enzyme, Chlorophyll, *Phaseolusvulgaris*, High temperature stress

### Giriş

Yüksek sıcaklık, bitkilerde büyüme üzerine olumsuz etki yapar ve özellikle gövdede nekrotik berelenmelere neden olur (Aktaş 2002; Daşgan ve ark. 2006; Kacar ve ark. 2006; Özen ve Onay 2007; Wahid ve ark. 2007). Sıcaklık değişimlerinin bitkilerde fotosentez miktarı üzerine önemli etki yaptığı saptanmıştır. Bezelye bitkileri

45 °C'de 24 saat tutulduğunda fotosentezde azalma olduğu ve klorofil oranının düştüğü belirtilmektedir (Georgieva ve ark. 2007). Pamuk bitkisinin gelişimi için optimum sıcaklık 27 - 29 °C olmakla beraber, özellikle 40 °C'den itibaren fotosentezin önemli ölçüde azaldığı belirtilmektedir (Demirel 2008). Yüksek sıcaklık etkisindeki beş buğday genotipinde klorofil içeriğinin, bitki büyümesinin tüm aşamalarında azalma veya yavaşlama gözlemlendiği vurgulanmaktadır (Almeselmani 2006). Beş buğday çeşidinde geç ve çok geç tohum ekim döneminde yüksek sıcaklığın enzim ve klorofil oranlarında düşüşlere neden olduğu belirtilmektedir (Barnabas ve ark. 2008). Kuraklık ve yüksek sıcaklık etkisindeki fasulye bitkilerinde klorofil, K ve Ca miktarları düşerken, MDA, CAT, SOD ve APX aktivitelerinde artış olduğu belirtilmektedir (Terzi ve ark. 2010; Kabay ve Şensoy 2016; Kabay ve Şensoy 2017). Abiyotik streslerin sonucunda bitkilerde su alımında problemler ortaya çıkmaktadır (Bağcı 2010).

Potasyum bitkiler için zorunlu bir besin elementi olup çoğunlukla bitkilerde en fazla bulunan katyondur ve bozulmuş olan hücre içi elektrolitik dengeyi düzeltmektedir (Kacar ve ark. 2006; Yıldız ve Terzi 2007; Wang ve ark. 2013).

Kavunlarda yeşil aksam ve köklerde K ve Ca iyonu fazla olan genotiplerin stres koşullarına dayanımlarının daha da arttığı, ayrıca kuraklık stresindeki genotiplerde oksidatif ve antioksidatif enzim aktivitelerinde artışa neden olduğu belirtilmektedir (Kuşvuran 2010). Ayçiçeğinde potasyum sülfatın (%50 K<sub>2</sub>O; 0, 4, 8 ve 12 kg K<sub>2</sub>O/da) ve magnezyum sülfatın (% 16 MgO; 0, 2, 4 ve 6 kg MgO/da) etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, özellikle 12 kg K<sub>2</sub>O/da uygulaması ayçiçeğin yapraklarındaki makro- (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Zn, Mn, Cu ve B) besin elementi içeriğini diğer uygulamalara göre daha iyi arttırdığı belirtilmektedir (Ertiflik ve Zengin 2015). Serada üretilen biber bitkilerine organik ve kimyasal gübre kullanıldığında besin elementi içeriğinin önemli düzeyde yükseldiği belirtilmektedir (Özkan ve ark. 2013). Tuz ve kuraklık stresi, domates genotiplerinde K ile Ca içeriğinin azalmasına neden olduğu belirtilmektedir (Ali ve Rab 2017). Domates üretiminde toprağa uygulanan 0, 40, 80, 120 ve 160 kg K<sub>2</sub>O/ha dozlarından, en iyi etki 120 kg K<sub>2</sub>O/ha uygulamasından alındığı belirtilmektedir (Çolpan ve ark. 2013). Su ve yüksek sıcaklık stresine duyarlı fasulye genotiplerinin verimi tolerant olan fasulye genotiplerinin veriminden daha düşük çıktığı belirtilmiştir (Gonzalez ve Pastenes 2012). Domateste yüksek sıcaklık çalışmasında, bitkilerin gündüz 31 - 32 °C ve gece ise 25 - 26 °C olan sıcaklık şartlarında polen sayısı ve canlılığında azalma, tohum çimlenmesinde azalma, meyve tutumu ve meyvede tohum sayısında azalma olduğu belirtilmektedir (Zushi ve ark. 2012).

Yapılan çalışmada yüksek sıcaklığa duyarlı (Zulbiye ve V71) fasulye genotiplerinde potasyumun (K) farklı dozlarının enzim aktivitesi, klorofil ve besin maddesi miktarında oluşturduğu değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Fasulye tohumları 2:1torf + perlit + potasyum dozları (0, 500 ppm, 1000 ppm ve 2000 ppm) karışımı içeren 2 lt'lik saksılara ekilmiştir. Çalışma her saksıda iki bitki olacak şekilde dört tekrarlı ve her tekrerde 4 saksı şeklinde tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. Tohumlar ekilip deneme sonlandırılmaya kadar bitkiler Hoagland besin çözeltisiyle sulanmıştır. Bitkiler 24 günlük olunca kontrol bitkilerinin sıcaklığı serada 20 - 25 °C'de değişirken, yüksek sıcaklık uygulanan bitkiler ise 24 günlük iken sera içinde ek bir tünele alınmıştır. Tünelin sıcaklığı ve nemi Hobo data logger ile ölçülmüş olup, sıcaklığın 33 - 37 °C'de değiştiği gözlenmiştir. Fasulye bitkileri 34 günlük olduğunda çalışma sonlandırılıp şu analizler yapılmıştır.

### *Mineral element analizleri*

Tohum ekiminden itibaren 34. gün sonunda çalışma sonlandırılmıştır. Sonlandırılan çalışmada alınan bitki örnekleri etüv içinde 65 °C sıcaklıkta 48 saat kurutulmuştur. Kuruyan bitkilerin yaprak ve sürgünlerinden 200 mg öğütülmüş bitki örnekleri etil alkolle ön yakma yapıldıktan sonra 550 °C kül fırınında kül oluşuncaya kadar yakılmıştır. Elde edilen kül, % 3.3'lük HCl'de çözülmüş ve mavi bantlı filtre kağıdında süzülükten sonra K, Ca ve Mg okumaları Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Uygulama Merkezinde atomik absorpsiyon cihazında yapılmıştır (Kacar 1994; Kuşvuran 2010; Bağcı 2010).

### *Klorofil miktarı*

Fasulye yaprağından alınan 0.25 g örnekler % 80'lik solüsyon haline getirilerek 663 nm ve 645 nm dalga boyunda okunup aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır (Lichtenthaler 1983; Zengin 2007; Amira 2011).

Klorofil a (mg/g) = (12.7\*663 nm) – (2.69\*645 nm) \* V/W\*10000

Klorofil b (mg/g) = (22.91\*645 nm) – (4.68\*663 nm) \* V/W\*10000 Toplam Klorofil = Klorofil a + Klorofil b

#### *MDA*

Fasulye bitkisinin alttan 3. yaprağından alınan 0.5 g yaprak örneğinin 532 ve 600 nm dalga boyunda absorpsiyonu belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik ile malondialdehit (MDA) içeriği hesaplanmıştır (Heath ve Packer 1968, Sairam ve Saxena 2000):

MDA (nmol/ml) = [(A532-A600)/155 000] 106 383

#### *Antioksidatifenzim aktivitelerinin belirlenmesi*

Bitkilerden APX, CAT ve SOD içeriklerinin tespiti amacıyla 1 g yaprak örneği 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mMNa-EDTA karışımı (pH: 7.5) ile homojenize edildikten sonra analizler yapılmıştır (Jebara ve ark. 2005; Bağcı 2010).

CAT, 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınarak 1 dakika içinde absorpsiyondaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Jebara ve ark. 2005; Bağcı, 2010).

SOD, aktivitesi ünite olarak NBT' un % 50'sini indirgeyen aktivite olarak belirlenmiştir (Rahnama ve Ebrahinzadeh 2005).

APX 290 nm dalga boyunda askorbik aside bağlı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin indirgenmesi ölçülmüştür (Sairam ve ark. 2005).

#### *İstatistik analiz*

Tesadüf parselleri deneme deseni uygulanan çalışmamızda potasyumun farklı dozlarının stres ortamındaki etkisinin tespiti amacıyla elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SAS 9.0 paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur (SAS 2018).

### **Bulgular ve Tartışma**

Yüksek sıcaklıkta bitkiler, gelişmelerini sürdürebilmek için fizyolojik savunma mekanizmaları oluştururlar. Bitkide yüksek sıcaklık belirtileri genellikle yaprak ve meyvelerde sarı veya sarıya yakın lekeler oluşarak verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda bitkilerde klorofil ve iyon içeriğinde de azalmaya neden olmaktadır (Aktaş 2002; Kabay ve Şensoy 2017). Yapılan çalışmada yüksek sıcaklık stresine hassas olan Zulbiye ile V71 fasulye bitkilerine uygulanan K'nın artan dozları yüksek sıcaklık stresindeki zararı azaltma etki yapmıştır. Zulbiye fasulye çeşidinde potasyum uygulanmamış yüksek sıcaklık ortamında bulunan fasulye bitkilerinde K: % 1.45, Ca: % 1.03 ve Mg: % 0.25 iken, yüksek sıcaklık ortamında bulunan bitkilere uygulanan 2000 ppm K uygulamasında ise K: % 2.75, Ca: % 1.47 ve Mg: % 0.54 olmuştur. V71 genotipinde potasyum uygulanmamış yüksek sıcaklık bitkilerinde K içeriği % 1.64, Ca % 1.04 ve Mg % 0.23 iken, yüksek sıcaklık bitkilerine uygulanan 2000 ppm K dozunda ise K oranı % 2.63, Ca % 1.33 ve Mg % 0.37 olmuştur (Çizelge 1). Ayçiçeğinde potasyum sülfatın ve magnezyum uygulamalarının yapraklardaki besin içeriğini arttırdığı belirtilmektedir (Ertiflik ve Zengin 2015). Serada biber üretiminde organik ve kimyasal gübre kullanımının bitkinin N, P, K, Ca, Mg, Fe ve Mn miktarında artış sağladığı belirtilmektedir (Özkan ve ark. 2013). Domateste tuzluluk ve kuraklık streslerinin bitki gelişiminin olumsuz etkilediği ve bitkideki K ile Ca oranlarının azaldığı bildirilmektedir (Ali ve Rab 2017; Alp ve Kabay 2017a; Alp ve Kabay 2017b). Domateste yapılan çalışmada toprağa uygulanan 0, 40, 80, 120 ve 160 kg K<sub>2</sub>O/ha dozlarından verim üzerine en iyi etkiyi 120 kg K<sub>2</sub>O/ha uygulamasında tespit edildiği belirtilmektedir (Çolpan ve ark. 2013). Fasulyelerde su stresi ve yüksek sıcaklık, duyarlı fasulye çeşidinin gelişimini olumsuz etkilerken, tolerant çeşitte gelişimin kontrol bitkilerine yakın olduğu belirlenmiştir (Gonzalez ve Pastenes 2012; Kabay ve ark. 2017). Domateste yüksek sıcaklık çalışmasında meyve tutumu ve meyvede tohum sayısında azalma olduğu belirtilmektedir (Zushi ve ark. 2012).

Yüksek sıcaklığın oluşturduğu stres koşullarının tüm klorofil değerlerinde düşüşlere neden olduğu; bununla birlikte, potasyumun artan dozlarında klorofil dozlarının arttığı gözlenmiştir (Çizelge2). Yüksek sıcaklık şartlarında Zulbiye ve V71 fasulye genotiplerinde klorofil değerleri K dozlarından 2000 ppm dozunda daha iyi sonuç çıkmıştır. Abiyotik streslerde klorofil miktarının azaldığı vurgulanmaktadır (Bağcı 2010; Zengin 2007; Amira 2011; Georgieva ve ark. 2007; Barnabas ve ark. 2008). Abiyotik stres etkisindeki bitkilere ilave K

verildiğinde bitki ağırlığı, iyon miktarı ve klorofil içeriğinin arttığı belirtilmektedir (Georgieva ve ark. 2007; Barnabas ve ark. 2008; Demirel 2008).

Çizelge 1. Yüksek sıcaklık etkisindeki fasulye yapraklarında K dozlarının K, Ca ve Mg içeriğine etkisi (%)

Genotipler	Uygulamalar (ppm)	Knt. K	Ys K	Knt. Ca	YsCa	Knt. Mg	Ys.Sck Mg
Zulbiya	0 ppm K	3.26 d*	1.45 g*	2.23 c*	1.03 f*	0.43 f*	0.25 f*
	500ppmK	3.43 c	2.38 e	2.36 b	1.22 d	0.54 d	0.38 b
	1000ppmK	3.55 a	7.72 a	2.53 a	1.41 b	0.58 c	0.39 b
	2000ppmK	3.66 a	2.75 a	2.55 a	1.47 a	0.57 c	0.54 a
V71	0 ppm K	2.87 f	1.64 f	2.04 d	1.04 f	0.46 e	0.23 f
	500ppmK	3.11 e	2.46 d	2.16 c	1.15 e	0.54 d	0.28 d
	1000ppmK	3.48 bc	2.52 b	2.18 c	1.26 d	0.64 b	0.35 c
	2000ppmK	3.48 bc	2.63 b	2.21 c	1.33 c	0.68 a	0.37 b

Knt.: Kontrol; Ys: Yüksek sıcaklık. \*(P < 0.05).

Çizelge 2. Yüksek sıcaklık etkisindeki fasulye yapraklarında K dozlarının klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b içeriğine etkisi (mg/gT.A)

Genotipler	Uygulamalar (ppm)	Knt. Klif. a	Ysklf a	Knt.Klif.b	Ysklf b	Kntklfa+b	Ysklfa+b
Z	0 ppm K	1.24 e*	0.84 g*	0.57 e*	0.33 d*	1.81 e*	1.16 e*
	500ppmK	1.92 a	1.03 f	0.68 d	0.44 c	2.61 b	1.47 d
	1000ppmK	1.73 d	1.13 d	0.72 c	0.46 b	2.45 d	1.58 c
	2000ppmK	1.79 c	1.17 c	0.74 b	0.48 a	2.53 c	1.64 b
V71	0 ppm K	1.14 f	0.81 h	0.57 e	0.32 d	1.71 f	1.12 f
	500ppmK	1.86 b	1.05 e	0.67 d	0.43 c	2.54 c	1.46 d
	1000ppmK	1.88 b	1.23 a	0.76 a	0.45 b	2.65 a	1.69 a
	2000ppmK	1.90 ab	1.21 b	0.77 a	0.47 b	2.67 a	1.67 a

Knt.: Kontrol; Ys: Yüksek sıcaklık. \*(P < 0.05).

Yüksek sıcaklık stresindeki artan K dozlarıyla MDA aktivitesinin düştüğü gözlenmiştir (Çizelge 3). Yüksek sıcaklığın antioksidatif enzim olan CAT, SOD ve APX aktivitesinde K dozlarının 0 (sıfır) ppm dozunda yüksek çıkarken artan K dozlarında ise enzim aktivitesinde düşüşler olmaktadır. Fasulye bitkisinde yüksek sıcaklığın lipid (MDA) ve antioksidant enzim aktivitesinde artış ve dokularda da zararlanmalara yol açtığı belirtilmektedir. MDA kuraklığa dayanımlarının araştırılmasıyla ilgili çalışmada, CAT, APX aktivitesindeki artışların olduğu belirtilmektedir. (Türkan ve ark. 2005; Kacar ve ark. 2006; Terzi ve ark. 2010; Sanchez ve ark. 2010; Özen ve Onay 2007).

Çizelge 3. Yüksek sıcaklık etkisindeki fasulye yapraklarında K dozlarının MDA (nmol/g TA), CAT(mmol/g TA), SOD (ünite/g TA), APX, (mmol/g T.A) içeriğine etkisi

Genotipler	Uygulamalar (ppm)	Knt. MDA	Ys. MDA	Knt. CAT	Ys. CAT	Knt. SOD	Ys. SOD	Knt. APX	Ys. APX
Z	0 ppm K	11.66 f*	36.78 b*	0.169 a*	0.828 a*	287.64 b*	981.35a*	0.665 b*	1.757 b*
	500ppmK	13.71 b	24.17 f	0.127 d	0.372 c	255.44 c	548.81d	0.555 c	1.535 c
	1000ppmK	13.32 c	21.73 h	0.129 d	0.415 c	236.23de	514.75e	0.515 d	1.223 f
	2000ppmK	14.31 a	22.53 g	0.135 c	0.384 c	231.89 f	463.42f	0.528 d	1.168 g
V71	0 ppm K	7.73 g	43.74 a	0.166 a	0.640 b	293.73 a	785.86b	0.773 a	1.868 a
	500ppmK	12.68 e	28.62 d	0.144 b	0.609 b	233.69 ef	792.71b	0.665 b	1.757 b
	1000ppmK	12.91 d	29.41 c	0.139 c	0.613 b	238.11 d	633.86c	0.435 f	1.757 b
	2000ppmK	13.01 d	26.72 e	0.137 c	0.601 b	213.77 g	376.04g	0.480 e	1.380 d

Knt.: Kontrol; Ys: Yüksek sıcaklık. \*(P < 0.05).

## Sonuç

Ülkemizin her bölgesinde üretimi ve tüketimi fazla olan fasulye abiyotik streslere hassas bir bitkidir. Abiyotik stres altındaki fasulye genotip ve çeşitlerde verim ve kalite düşmektedir. Özellikle sıcaklığı yüksek güney kesimlerde ve örtüaltı fasulye üretiminde yüksek sıcaklık zararı sıkça rastlanmaktadır.

Yapılan çalışmada potasyum uygulamadığımız bitkilerinde incelediğimiz tüm parametreler olumsuz etkilendiği görülmüştür. Ancak ilave potasyum uygulamamızda, artan K dozlarının incelediğimiz parametreler üzerine olumlu etki yaptığı görülmüştür.

Yüksek sıcaklık stres koşullarının K, Ca, Mg, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarında azalma gözlenirken, artan K dozlarıyla birlikte artışların olduğu görülmüştür. Yüksek sıcaklık şartlarında zarar gören duyarlı fasulye genotiplerinde MDA, CAT, SOD ve APX'in içerikleri yüksek çıkarken, K dozları artığında ise aktivitelere düşmelerin olduğu görülmüştür. Çalışmamızda en iyi sonuçlar 2000 ppm K uygulamasından alınmıştır.

## Kaynaklar

- Aktaş H, (2002). Biberde tuza dayanıklılığın fizyolojik karakterizasyonu ve kalıtımı. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, Adana, 105 sayfa
- Almeselmani M, Deshmukh PS, Sairam RK, Kushwaha SR, Singh TP, (2006). Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. *Plant Science*, 171(3): 382-388.
- Ali SG, Rab A, (2017). The influence of salinity and drought stress on sodium, potassium and proline content of *solanum lycopersicum* L. cv. Rio Grande. *Pak. J. Bot.*, 49(1): 1-9, 2017.
- Alp Y, Kabay T, (2017a). Kuraklık stresinin yerli ve ticari domates çeşitlerinde bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 86-96.
- Alp Y, Kabay T, (2017b). Kuraklık stresinin bazı yerli ve ticari domates çeşitlerinde bitki gelişimi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3): 387-395.
- Amira MS, Qados A, (2011). Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* L. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 10:7-15.
- Bağcı E, (2010). Nohut çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stresin fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle belirlenmesi (Doktora tezi basılmamış). Ankara üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, s. 403 Ankara.
- Barnabas B, Jäger K, Fehér A, (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell Environment*, 31(1): 11-38.
- Çolpan E, Zengin M, Özbahçe A (2013). The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54(1):20-28.
- Demirel U (2008). Pamukta yüksek sıcaklık stresi ile ilişkili genlerin farklılık gösterim yöntemiyle belirlenmesi (Doktora Tezi, Basılmamış). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa.
- Daşgan HY, Koç S, Ekici B, (2006). Bazı fasulye ve börülce tiplerinin tuz stresine tepkileri. *Alatarm Dergisi* 5(1): 23-31
- Ertiflik H, Zengin M (2015). Effects of increasing rates of potassium and magnesium fertilizers on the nutrient contents of sunflower leaf. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 29(2):51-61.
- Georgieva K, Szigeti Z, Sarvari E, Gaspar L, Maslenskova L, Peeva V, Tuba Z (2007). Photosynthetic activity of homoiochlorophyllous desiccation tolerant plant *haberlandia holmsii* during dehydration and rehydration. *Planta*, 225(4): 955-964.
- Gonzalez CJ, Pastenes C (2012). Water-stress-induced thermo tolerance of photosynthesis in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants: The possible involvement of lipid composition and xanthophyll cycle pigments. *Environmental and Experimental Botany*, 77, 127-140.
- Heath RL, Packer L (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: II. role of electron transfer. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(3), 850-857.
- Jebara S, Jebara M, Limam F, Aouani ME (2005). Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 162(8), 929-936.
- Kabay T, Şensoy S (2016). Kuraklık stresinin bazı fasulye genotiplerinde oluşturduğu enzim, klorofil ve iyon değişimleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 380-395
- Kabay T, Erdinç Ç, Şensoy S (2017). Effects of drought stress on plant growth parameters, membrane damage index and nutrient content in common bean genotypes. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(3), Page: 940-952
- Kabay T, Şensoy S (2017). Enzyme, chlorophyll and ion changes in some common bean genotypes by high temperature stress. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(4): 429-437.
- Kacar, B, (1994). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı.
- Kacar B, Katkat B, Öztürk Ş (2006). Bitki fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım. 2.493-533
- Kuşvuran Ş (2010). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleranslı fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar (Doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü s. 356, Adana.

- Lichtenthaler HK, Wellburn AR (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Transac.*, 11:591-592.
- Özen HÇ, Onay A, 2007. Bitki fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım, 275-2871.
- Özkan CF, Asri FÖ, Demirtaş EI, Arı N (2013). Örtüaltı biber yetiştiriciliğinde organik ve kimyasal gübre uygulamalarının bitkinin beslenme durumu ve bitki gelişimi üzerine etkileri *Toprak Su Dergisi* (2):96-101.
- Rahnama H, Ebrahizadeh H (2005). The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedlings. *Biol. Planta.*, 49; 93-97.
- Rosales SR, Shibata JK, Acosta Gallegos JA, Trejo Lopez C, Ortiz Cereceres J, Kelly JD (2005). Carbohydrate content in plant organ and seed yield in common bean under drought stress. *Agricultura Técnica en México*, 31(2):139-151.
- Sairam RK, Saxena DC (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. and Crop Sci.*, 184; 55-61
- Sairam RK, Srivastava GC, Agarwal S, Meena RC (2005). Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, 49(1), 85.
- Sanchez-Rodriguez E, Rubio-Wilhelmi M, Cervilla LM, Blasco B, Rios JJ, Rosales MA, Ruiz JM (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178(1), 30-40.
- SAS (2018). SAS/Stat Software Hangen and Enhanced, SAS Institute Incorporation.
- Terzi R, Sağlam A, Kutlu N, Nar H, Kadioğlu A (2010). Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photosystem II and antioxidant enzyme activities of *Phaseolus vulgaris* cultivars. *Turkish Journal of Botany*, 34(1):1-10.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61(3): 199-223.
- Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *Int. J. Mol. Sci.*, 14,7370-7390; doi:10.3390/ijms14047370
- Yıldız M, Terzi H (2007). Bitkilerin yüksek sıcaklık stresine toleransının hücre canlılığı ve fotosentetik pigmentasyon testleri ile belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 23 (1-2): 47-60.
- Zengin FK (2007). Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. *Strike*) pigment içeriği üzerine bazı ağır metallerin etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*. 10(2):6-12.
- Zushi K, Kajiwara S, Matsuzoe N (2012). Chlorophyll a fluorescence OJIP transient as a tool to characterize and evaluate response to heat and chilling stress in tomato leaf and fruit. *Scientia Horticulturae*, 148: 39-46.