

Salisilik Asitin Soya (*Glycine max.* (L.) Merr.) Tohumlarının Çimlenme ve Gelişimine Etkisi

Mahmut DOĞAN^{1*}, Ayşe TURA², Ceren ODABAŞIOĞLU³, Yağmur SEDETALTUN⁴,
M. İlhan ODABAŞIOĞLU⁵

^{1,4}Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye

³Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

⁵Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adıyaman, Türkiye

^{1*}dogan@harran.edu.tr, ²ayse.caglayan@hotmail.com.tr, ³odabasiogluceren@gmail.com, ⁴yagmuraltun99@outlook.com,

⁵milhanodabasioglu@gmail.com

(Geliş/Received: 19/01/2021;

Kabul/Accepted: 06/04/2021)

Öz: Çalışmada soya (*Glycine max.* (L.) Merr.) tohumlarında salisilik asidin farklı konsantrasyonları (kontrol, %25, %50, %75 ve %100 mM) kullanılarak çimlenme denemesi yürütülmüştür. Kontrollü koşullarda salisilik asidin, soya tohumları üzerindeki çimlenme ve gelişmeye etkisi izlenmiş ve denemenin 6.gün, 12. gün ve 18. gün hasatları yapılarak bitki örnekleri alınmıştır. Elde edilen örneklerde salisilik asidin çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme zamanı (gün) ve çimlenme indeksi, kök-gövde uzunluğu, klorofil, MDA ve prolin miktarları incelenmiştir. Buna göre salisilik asit uygulamasının çimlenme indeksi, kök-gövde uzunluğu klorofil, MDA ve prolin ile pozitif yönde anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Salisilik asidin %75 ve %100 mM konsantrasyonunun soya tohumlarına uygulanması ile çimlenme indeksine, büyüme ve gelişmesine katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Soya, salisilik asit, klorofil, prolin, MDA.

The Effect of Salicylic Acid on Germination and Development of Soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) Seeds

Abstract: In the study, germination experiment was carried out using different concentrations of salicylic acid (control, 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1.0% mM) in soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) seeds. The effect of salicylic acid on germination and development on soybean seeds was observed under controlled conditions, and plant samples were harvested on the 6th, 12th and 18th days of the experiment. Germination percentage (%), average germination time (days) and germination index, root-stem length, chlorophyll, MDA and proline amounts of salicylic acid were examined in the samples obtained. Accordingly, it was determined that salicylic acid application had a significant positive effect on the germination index, root-stem length, chlorophyll, MDA and proline. It was concluded that the application of 0.75% and 1.0% mM concentration of salicylic acid to soybean seeds contributed to the germination index, growth and development.

Key words: Soybean, salicylic acid, chlorophyll, proline, MDA.

1. Giriş

Dünya nüfusundaki sürekli artış, insanoğlunun gıda ihtiyacını arttırmaktadır. Buna bağlı olarak kısa sürede maksimum verim elde edebilmek için bilim insanları bu alanda çalışmalarını sürdürmektedir. Gelişmekte olan teknoloji ve bilim her gün ilerleme göstermektedir. Güneş ışığının yetersiz kaldığı yerlerde yapay güneş ışığı, yağmur yağmayan kurak arazilerde su sistemleri bunlara örnektir.

Soya fasulyesi *Fabales* takımı, *Fabaceae* familyasına ait olan tek yıllık bir kültür bitkisidir. Soya fasulyesi, köklerinde toprağın serbest azotunu bağlayabilen *Rhizobium japonicum* bakterisinin bulunması nedeniyle kendi besin ihtiyacını karşılamasıyla beraber toprağı da azotça zenginleştirerek tarımsal açıdan büyük fayda sağlayan bir bitkidir [1].

Dünya'da baklagiller arasında önemli bir yerde olan soyanın, unu ve küspesi protein yönünden zengindir. Soya unu ve soya küspesi, soyanın yağı çıkarıldıktan sonra elde edilir ve gıda sanayilerinde kullanılır. Soya tohumları % 40- 45 aralığında protein ile % 18-20 oranında yağ ihtiva eder. En fazla üretilen yağ, soya yağı olmakla beraber en fazla kullanılan soya küspesi de yem sanayilerinde ilk sırada yer alır. Soya bitkisi yüksek protein içermesi dışında lif, magnezyum ve kalsiyumda bulundurulur. Fazla sayıda vitamin, değerli aminoasit içermesi ve organik madde ile toprağı azot kazandıran bir bitki olması sebebiyle değerlidir [2].

*Sorumlu yazar: dogan@harran.edu.tr Yazarların ORCID Numaraları: ¹0000-0002-4377-2751, ²0000-0003-1395-6389, ³0000-0002-0552-3113, ⁴0000-0002-9994-2983, ⁵0000-0001-8060-3407

Yapılan araştırmalara göre Türkiye’de yağ ithalatı bakımından; ilk sırada 175 bin ton ile soya yağı yer almaktadır. Ayrıca, 1.5 milyon ton soyalı ürünler ülkemize ithal edilmektedir [3]. Bu durum soyanın tüketiminin ülkemizde giderek çoğaldığını ve alışkanlıklar arasına girdiğini göstermektedir. Soya, hem verimli hem de yararlı bir baklagil bitkisidir. Ekilen toprağa azot vererek, kendisinden sonra ekilecek olan ürünün verimini artırır ve gübreten tasarruf ettirir. Bu sebeple ekim nöbetinde yer verilen önemli bitkiler arasında yer almaktadır [4-6].

Salisilik asit (S.A.) uygulanan bitkinin aynı koşullarda yetişen bir diğer bitkiye göre daha verimli olduğu yapılan birçok çalışmada görülmektedir. Örneğin, salisilik asidin, tuz stresi altındaki buğdayda büyümeyi ve verimi arttırdığı [7], toprağa uygulamanın hem normal hem de tuzlu koşullarda mısır bitkisi gelişimini arttırdığı [8] belirtilmektedir. S.A.’in köklenme üzerinde meydana gelen etki mekanizması şimdiye kadar tam net olarak anlaşılamamıştır. Ama diğer fenolik bileşiklerin köklenme sürecindeki meydana gelen etkilerine benzer etkide olduğuna inanılmaktadır [9]. S.A.’in stres altında bulunan bitkide, fotosentez ile bitki büyümesi üzerine yararlı etkileşimde bulunduğu da aktarılmaktadır [10-13].

Soya bitkisinin ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve sınırlı tarım alanlarından mümkün olduğunca en fazla verimin alınması amacıyla sürekli çalışmalar yapılmaktadır [14-16]. Bu noktadan hareketle yaptığımız çalışmanın amacı, salisilik asidin soya fasulyesi üzerinde çimlenme ve gelişimine olan etkisini gözlemlemek ve etkilerinin önemini ortaya çıkarmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada sağlam ve aynı büyüklükte seçilmiş olan soya (*Glycine max.*) tohumlarında; Ellis’in [17] belirtmiş olduğu yüzeysel sterilizasyon yapılmış ve çimlendirme işlemi 25 ± 2 sıcaklığa ayarlı iklim dolabında karanlıkta gerçekleştirilmiştir. Çimlenen tohumların 2. 4. 6. 8. ve 10. günde sayımları yapılmıştır. Çimlenme için Karasu ve ark. [18] ile Güllüoğlu ve Arıoğlu’nun [19] bildirdikleri yöntem; radikulanın testadan çıkmış olması esas alınmıştır. Çimlenmiş olan soya fideleri iklim odasında perlitli saksılara alınmış, 25 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem sabit tutularak, 14500 lüks ışık şiddeti olacak şekilde büyütülmüştür. İlk gerçek yaprakların çıktığı 12. günde, kültür çözeltisiyle beraber salisilik uygulaması yapılmıştır. Kontrol grubuna $\frac{1}{2}$ kuvvette hoagland besin çözeltisi, diğer gruplara $\frac{1}{2}$ kuvvette hoagland besin çözeltisi ile S.A.’in farklı konsantrasyonları uygulanmıştır. [20-21] ve [22] tarafından daha önce yapılmış olan çalışmalar esas alınarak; araştırmada uygulanacak S.A. konsantrasyonları %25, %50, %75 ve %100 mM olarak belirlenmiştir. Fideler, iki gerçek yaprağa sahip olduklarında %25, %50, %75 ve %100 mM S.A. (Salisilik Asit $C_7H_6O_6S \times 2H_2O$ 5-sülfö salisilik asit dihidrat olarak, 0.2 mM), içeren su bir defa yaprakların her iki yüzeyini tamamen ıslatacak şekilde püskürtülmüştür. Bitkilerden 6. günde, 12. günde, 18. günde, olmak üzere 3 farklı zamanda 3’er defa örnek alınmıştır.

Çimlenme yüzdesini belirlemek için, [23]’ün bildirdiği yöntem uygulanmıştır. Buna göre; 2. 4. 6. 8. ve 10. günlerde çimlenen tohumlar sayılmış ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Onuncu günde toplam çimlenen tohumlar sayılarak çimlenme yüzdesi (%) belirlenmiştir. Çimlenme hızını belirlemek amacıyla ortalama çimlenme süresi (OÇS); Ellis ve Roberts’in [24] bildirdiği yöntemle hesaplanmıştır. Çimlenme indeksi (GI) = $(10 \times n_1 + 9 \times n_2 + \dots + 1 \times n_{10}) / (\text{toplam çimlendirme gün sayısı} \times \text{çimlendirmede kullanılan tohum sayısı})$ formülüyle hesaplanmıştır [25]. Formülde $n_1, n_2, n_3 \dots n_{10}$, 1. gün, 2. gün 3. gün...10. günde çimlenen tohum sayısını ifade etmektedir.

Kök ve gövde boyu ölçümlerinde, toprak seviyesinden başlayarak bitkinin tepe noktasına kadar olan mesafe dikkate alınmıştır. Kök boğazından sürgün ucuna kadar olan kısım gövde, kök boğazından kök ucuna kadar olan kısmı kök olarak kabul ederek, 6., 12. ve 18. günde olmak üzere 3’er defa cm/bitki boyları ölçülmüştür.

Klorofil miktarı; Luna ve ark.’nın [26] uyguladığı yöntemle göre belirlenmiştir. Taze örnekler %80’lik 10 ml etanol içinde porselen havanda öğütülerek tüplere konulmuş, su banyosunda 80°C’de 20 dakika bekletilmiştir. Su banyosundan çıkarılan örnekler oda sıcaklığına geldikten sonra 654 nm’de absorbans (A) değerleri spektrofotometrik olarak okunmuş, $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A. olarak hesaplanmıştır.

Lipit peroksidasyonu (MDA); Lutts ve ark. [27] yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemle göre -80°C’de dondurulmuş yaprak örneklerinden 200 mg örnek alınarak, üzerine 5 ml %0.1’lik Trichloro Acetic Acid (TCA) ilave edilmiş ve elde edilen karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml’lik ekstraktdan 3 ml süpernatant alınarak, üzerine %20’lik Thio Barbütüric Acid (TBA) bulunan %0.1’lik 3 ml TCA ilave edilmiştir. Daha sonra karışım 90 °C’deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Su banyosundan çıkarılan örnekler oda sıcaklığına geldikten sonra 532 ve 600 nm’ de absorbans değerleri (A) spektrofotometrik olarak $\mu\text{mol}/\text{g}$ T.A. olarak hesaplanmıştır.

Prolin analizi; Bates ve ark.’nın [28] geliştirdiği yöntemle yapılmıştır. Buna göre yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği 10 ml %3’lük Sulfosalisik asit ile homojenize edilmiştir. Filtre edilen örnekler 1 saat süresince 90 °C’ye ayarlı su banyosunda ninhidrin ile reaksiyona sokulmuş ve devamında örnekler buz banyosuna alınarak reaksiyon

tamamlanmıştır. Soğutulmadan sonra ortam toulen ile ekstrakte edilmiş ve pembemsi-kırmızı renkte, standart olarak L prolin kullanılarak 520 nm’de spektrofotometrik olarak $\mu\text{mol/g}$ T.A. hesaplanmıştır.

Araştırma sonunda elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme deseninde faktöriyel düzene göre 3 tekerrürlü olarak MSTAT-C paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Yüzde değerler arcsin transformasyonu yapılarak analiz edilmiş, tabloda gerçek değerler verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem düzeylerini belirleyebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır [29].

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı miktarda S.A. uygulamasıyla soya tohumlarında çimlenme yüzdesinin incelendiği araştırma sonucunda, artan S.A. uygulamasının ve artan gün sayısının çimlenme yüzdesini artırdığı tespit edilmiştir (Tablo 1). Özellikle %75 mM ve %100 mM S.A. uygulaması soya tohumlarında yüksek oranda çimlenme özelliği göstermiştir. [30] mercimekte, [31] buğdayda çimlenme ile ilgili yaptığı çalışmalarda farklı sonuçlar elde ettiklerini rapor etmişlerdir. [32] çimlenme döneminde farklılığın çeşitten kaynaklandığını bildirmesine rağmen, bulgularımız S.A. uygulamasının çimlenmede etkili olduğunu göstermiştir. Elde edilen veriler sonucunda; çimlenme yüzdesinin 8. gün sonunda %75 mM S.A. uygulamasında %62’den %72’ye, 10. gün sonunda %100 mM S.A. uygulamasında %87’den %95’e yükseldiği görülmüş, yüksek çimlenme kabiliyetinin S.A. ile arttığı [33]’ün sonuçları ile paralellik gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 2).

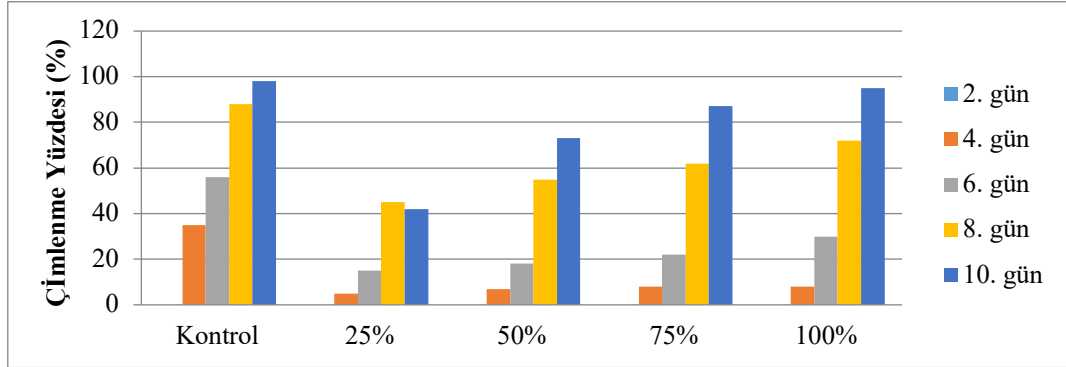
Tablo 1. S.A. uygulamasına bağlı olarak 100 dane soya tohumunda çimlenme yüzdesi (%) (Değerler üç tekrarın ortalaması \pm standart hata olarak verilmiştir)

	Kontrol	%25	%50	%75	%100
2. gün	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0 ^y	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0d ^y
4. gün	35 \pm 1c	5 \pm 1d	7 \pm 1d	8 \pm 1d	8 \pm 2d
6. gün	56 \pm 2b	15 \pm 1d	18 \pm 2d	22 \pm 2c	30 \pm 3c
8. gün	88 \pm 2a	45 \pm 2b	55 \pm 2b	62 \pm 1b	72 \pm 3a
10. gün	98 \pm 3a	42 \pm 2b	73 \pm 1a	87 \pm 2a	95 \pm 2a
SA önemlilik	***	***	***	***	***

^y:Sütun içinde her özellik Duncan testine göre 0,05 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

^y: Bu gün ve oranlarda çimlenme olmamıştır

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli



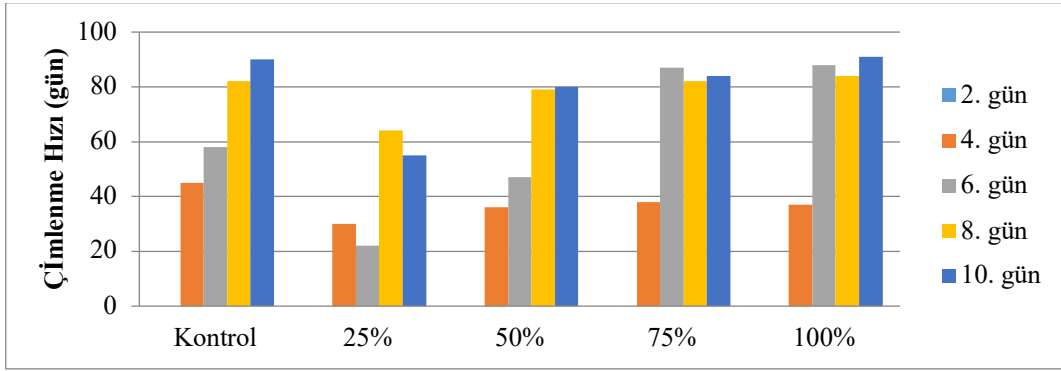
Şekil 1. S.A. uygulamasına bağlı olarak 100 dane soya tohumunda çimlenme yüzdesi (%)

Tablo 2. S.A. uygulamasına bağlı olarak 100 dane soya tohumunda ortalama çimlenme hızı (gün) (Değerler üç tekrarın ortalaması \pm standart hata olarak verilmiştir)

	Kontrol	%25	%50	%75	%100
2. gün	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0d ^y	0 \pm 0d ^y
4. gün	45 \pm 1b	30 \pm 2c	36 \pm 1c	38 \pm 1c	37 \pm 2c
6. gün	58 \pm 2b	22 \pm 1c	47 \pm 2b	87 \pm 2a	88 \pm 2a
8. gün	82 \pm 2a	64 \pm 2a	79 \pm 2a	82 \pm 3a	84 \pm 2a
10. gün	90 \pm 3a	55 \pm 1b	80 \pm 2a	84 \pm 2a	91 \pm 3a
SA önemlilik	***	***	***	***	***

^y: Bu gün ve oranlarda çimlenme olmamıştır

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli



Şekil 2. S.A. uygulamasına bağlı olarak 100 dane soya tohumunda ortalama çimlenme hızı (gün)

Ortalama çimlenme hızı, S.A. uygulamasına bağlı olarak daha hızlı çimlenmeye sebep olmuştur. Sonuçlarımıza göre, en yüksek S.A. uygulamasının çimlenme yüzdesi daha yüksek, ortalama çimlenme süresi daha hızlı bulunmuştur. Araştırma sonuçları arasındaki bu paralelliğin, artan S.A. uygulamasından kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır. [34] osmotik potansiyelin, uygulamalarla tohumlar arasında istatistiksel fark oluşturabileceğini bildirmiştir.

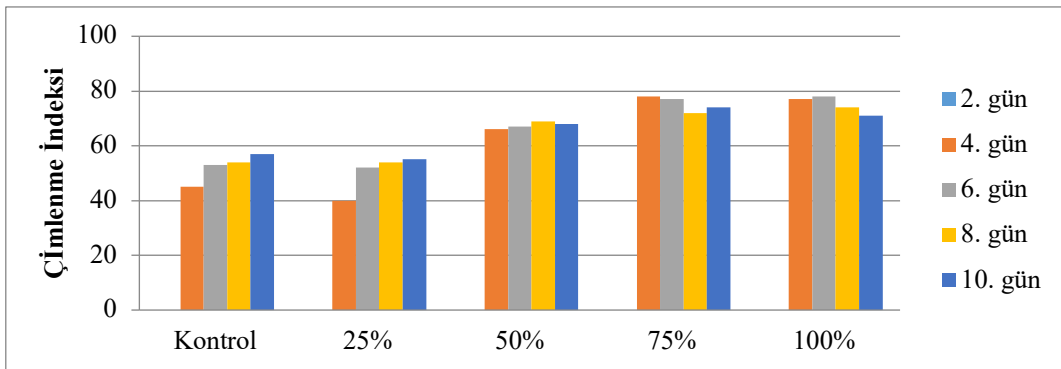
Çimlenme indeksi de artan S.A. uygulamasıyla önemli oranda artmıştır (Tablo 3). Çimlenme indeksindeki artma; tohumların canlı, sağlam ve yüksek çimlenme kabiliyeti ile uygun S.A. dozunun uygulanmasıyla anlaşılmıştır. Özellikle %100 S.A. uygulaması en yüksek çimlenme indeksini oluşturmuştur. Dolayısıyla S.A.'in az miktarlarda uygulanması çimlenmede azalmaya ve düzensiz çimlenmeye neden olmuş ve bu elde ettiğimiz sonuçlar [35]'in sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

Tablo 3. S.A. uygulamasına bağlı olarak 100 dane soya tohumunda çimlenme indeksi. (Değerler üç tekrarin ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir)

	Kontrol	%25	%50	%75	%100
2. gün	0±0c ^y	0±0c ^y	0±0c ^y	0±0c ^y	0±0c ^y
4. gün	45±1b	40±1b	66±1a	78±2a	77±2a
6. gün	53±2b	52±2b	67±1a	77±2a	78±1a
8. gün	54±1b	54±3b	69±2a	72±3a	74±2a
10. gün	57±2b	55±2b	68±1a	74±1a	71±3a
SA önemlilik	***	***	***	***	***

^y: Bu gün ve oranlarda çimlenme olmamıştır

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli



Şekil 3. S.A. uygulamasına bağlı olarak 100 dane soya tohumunda çimlenme indeksi

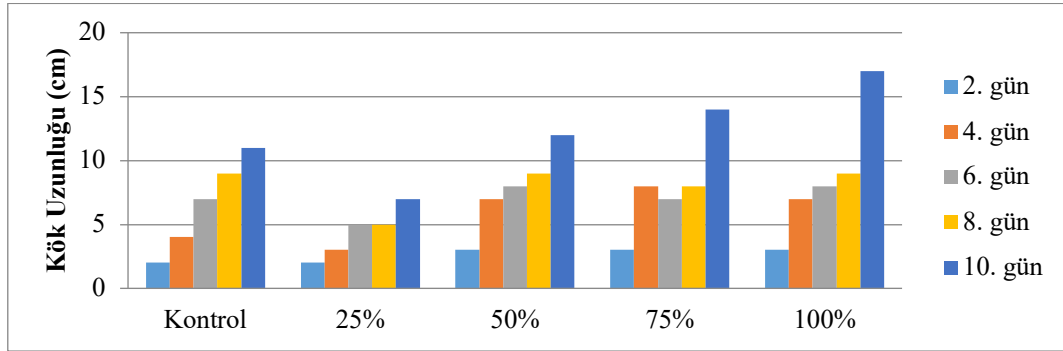
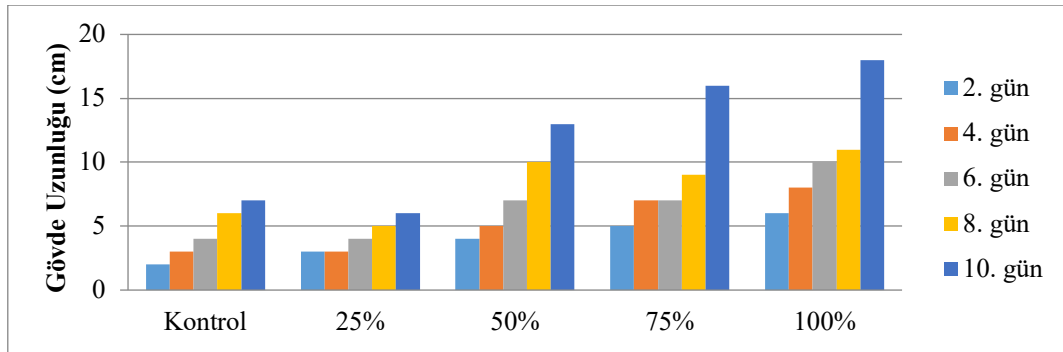
Çimlenmeden sonra S.A. uygulanması (%25, %50 %75 ve %100 mM) kök ve gövde boyunun arttığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre, S.A. (%75 ve %100 mM) uygulamasının kontrol grubuna göre kök boyunda artış meydana getirdiği görülmüştür. Kök boyu, %75 mM S.A. uygulaması sonucunda 8. günde 8 cm, 10. günde 14 cm uzamıştır. Bununla birlikte %75 mM S.A. uygulanan grubun; 4., 6. ve 8. günlerinde kök uzunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır. %100 mM S.A. uygulamasının ise, 8. günde 14 cm, 10. günde 17 cm kök boyu uzunluğunun artmasına olumlu yönde etki ettiği görülmüştür.

Tablo 4. S.A. uygulanan soya bitkilerinin kök ve gövde uzunlukları (cm) (Değerler üç tekrarın ortalaması \pm standart hata olarak verilmiştir)

Kök	Kontrol	%25	%50	%75	%100
2. gün	2 \pm 1c ^z	2 \pm 1c	3 \pm 1c	3 \pm 1c	3 \pm 1c
4. gün	4 \pm 1b	3 \pm 2c	7 \pm 3a	8 \pm 2a	7 \pm 3a
6. gün	7 \pm 2a	5 \pm 2b	8 \pm 2a	7 \pm 2a	8 \pm 2a
8. gün	9 \pm 2a	5 \pm 2b	9 \pm 2a	8 \pm 2a	9 \pm 3a
10. gün	11 \pm 2a	7 \pm 1a	12 \pm 3a	14 \pm 3a	17 \pm 3a
Gövde	Kontrol	%25	%50	%75	%100
2. gün	2 \pm 1c ^z	3 \pm 1c	4 \pm 1b	5 \pm 2b	6 \pm 2a
4. gün	3 \pm 1c	3 \pm 2c	5 \pm 1b	7 \pm 1a	8 \pm 1a
6. gün	4 \pm 2b	4 \pm 1b	7 \pm 1a	7 \pm 2a	10 \pm 2a
8. gün	6 \pm 2a	5 \pm 2a	10 \pm 2a	9 \pm 2a	11 \pm 3a
10. gün	7 \pm 1a	6 \pm 2a	13 \pm 3a	16 \pm 3a	18 \pm 3a
<i>SA önemlilik</i>	***	***	***	***	***

^z:Sütun içinde her özellik Duncan testine göre 0,05 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli

**Şekil 4.** S.A. uygulanan soya bitkilerinin kök uzunlukları (cm)**Şekil 5.** Salisilik asit uygulanan soya bitkilerinin gövde uzunlukları (cm)

S.A. uygulanan ortamda klorofil düzeyinin kontrole göre artmış olması, yaprak dökülmelerini de büyük bir ölçüde azaltmış olduğu görülmüştür. Klorofil düzeyinin artmasında S.A.'in pozitif bir etki yaptığı görülmektedir (Tablo 5). Klorofil miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde klorofil miktarı üzerinde S.A. etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.006$).

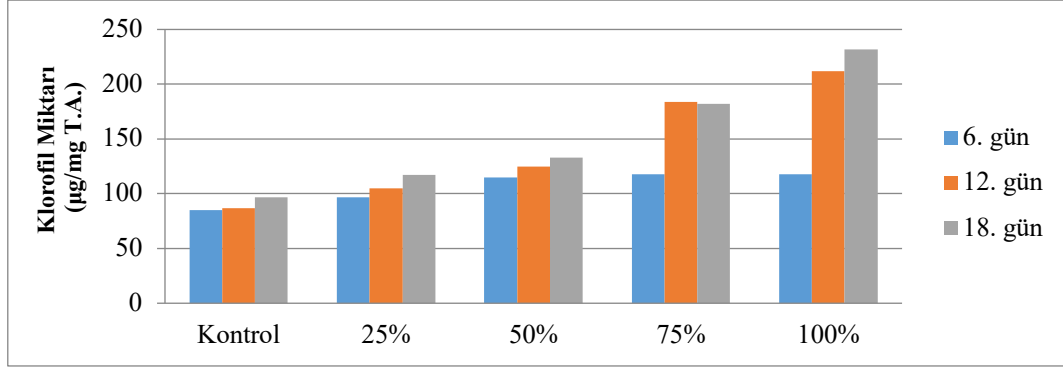
Tablo 5. S.A. uygulanan soyada klorofil miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.) (Değerler üç tekrarın ortalaması \pm standart hata olarak verilmiştir)

	Kontrol	%25	%50	%75	%100
6. gün	85 \pm 1c ^z	97 \pm 2c	115 \pm 1b	118 \pm 3b	118 \pm 2b
12. gün	87 \pm 2c	105 \pm 1b	125 \pm 1b	184 \pm 3a	212 \pm 2a
18. gün	97 \pm 2c	117 \pm 1b	133 \pm 2b	182 \pm 1a	232 \pm 3a
<i>SA önemlilik</i>	***	***	***	***	***

^z:Sütun içinde her özellik Duncan testine göre 0,05 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli

Klorofil miktarının stres etkisi süresince genel olarak olumsuz etkilendiği birçok çalışmada vurgulanmaktadır [36, 37, 38]. Bitkiler herhangi biyotik, abiyotik veya farklı bir olumsuz çevre şartlarından olumsuz yönde etkilendiğinde bitkilerde gerek klorofil gerekse verim ve kalitede azalmalar meydana gelmektedir [39]. Araştırmada S.A. stres oluşumunu ortadan kaldırmış ve klorofil miktarının artmasına neden olmuştur (Şekil 6). Elde edilen bulgular; [39] ve [40]'ın bulguları ile paralellik göstermektedir.



Şekil 6. S.A. uygulanan soyada klorofil miktarı (µg/mg T.A.)

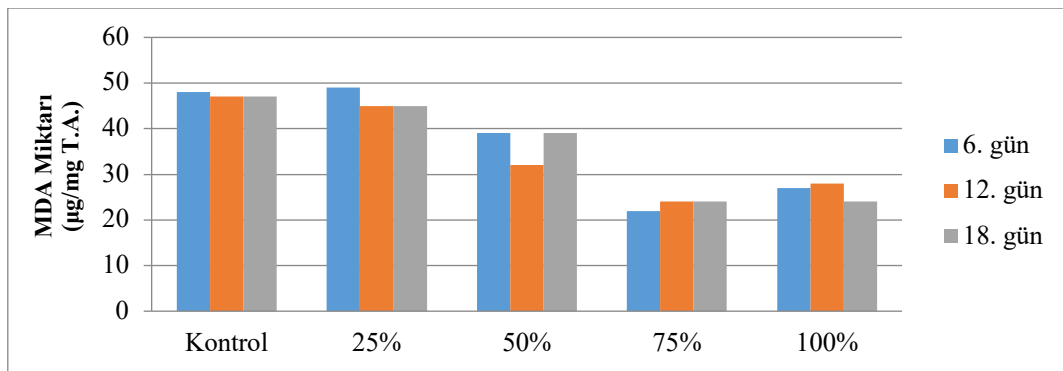
S.A. uygulaması MDA miktarında, kontrol ortamı baz alınarak belirlendiğinde, önemli görülebilecek azalışlar sağlamıştır (Tablo 6). S.A. uygulanan ortamda yetişen soya yapraklarının MDA düzeyinin, kontrole göre önemli oranda değişmiş olması, salisilik asidin hücreye zarar vermediğini, buna karşı bir iyileşme oluşturduğunu göstermektedir. Kontrol dışında lipidperoksidasyon değerlerinin düşük olması salisilik asidin olumlu bir etki yaptığının göstergesidir (Tablo 6).

Tablo 6. S.A. uygulanan soyada MDA miktarı (µg/mg T.A.) (Değerler üç tekrarın ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir)

	Kontrol	%25	%50	%75	%100
6. gün	48±1a ^z	49±1a	39±1b	22±2b	27±1b
12. gün	47±2a	45±1a	32±2b	24±3b	28±1b
18. gün	47±2a	45±1a	39±2b	24±3b	24±1b
<i>SA önemlilik</i>	***	***	***	***	***

^z:Sütun içinde her özellik Duncan testine göre 0,05 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli



Şekil 7. S.A. uygulanan soyada MDA miktarı (µg/mg T.A.)

MDA açısından kontrol grubu birbirine yakın, diğerleri anlamlı derecede farklıdır ($p < 0,01$). 6., 12. ve 18. günlerde MDA oranları birbirine yakındır. Klorofil ile MDA oranları pozitif bakımdan da anlamlı bulunmuştur. Salisilik asit, MDA miktarında kontrol ortamı dışında önemli görülebilecek artışlar göstermiştir (Tablo 6). Tablo 6 incelendiğinde, MDA oranının kontrolde 48 ile 49 arasında, %25 mM S.A. uygulamasında 59 ile 67 arasında, %50 mM S.A. uygulamasında 49 ile 53 arasında, %75 mM S.A. uygulamasında 64 ile 76 arasında, %100 mM S.A. uygulamasında 67 ile 76 arasında değiştirdiği görülmektedir.

S.A. uygulaması prolin miktarında kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artışlar sağlamıştır. Tablo 7 incelendiğinde prolin miktarı, kontrolde 3.7 ile 6.4 arasında, %25 mM S.A. uygulamasında 6.3 ile 13.5 arasında, %50 mM S.A. uygulamasında 7.5 ile 9.3 arasında, %75 mM S.A. uygulamasında 21.3 ile 29.1 arasında ve %100 mM S.A. uygulamasında 18.2 ile 28.5 arasında değişiklik göstermiştir.

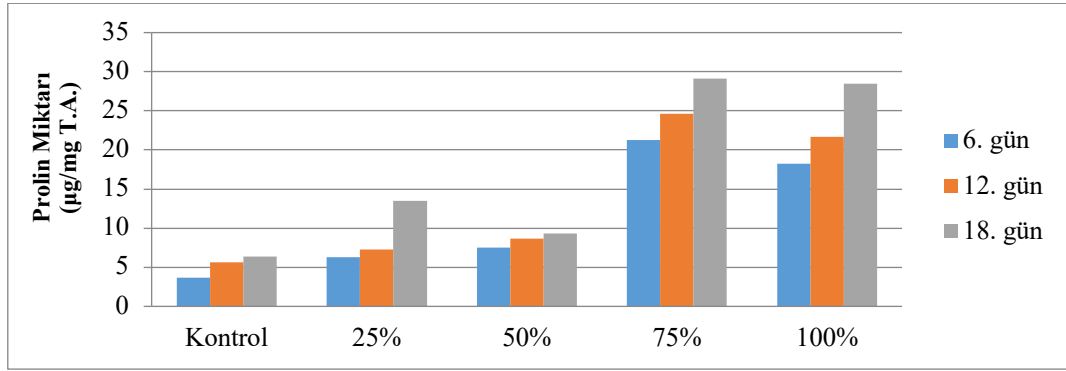
S.A. uygulanan ortamda yetişen soya yapraklarının prolin düzeyinin kontrole göre önemli değişmiş olması, hücre hasarının oluşmadığını veya en az seviyeye indiğini göstermektedir. Prolin açısından kontrol grubu birbirine yakın, diğer uygulamalar anlamlı derecede farklıdır ($p < 0,01$). 6., 12. ve 18. günlerde prolin oranları birbirine yakın meydana gelmiştir. Klorofil ile prolin oranları pozitif bakımdan anlamlı bulunmuştur ($p < 0,006$).

Tablo 7. S.A. uygulanan soyada prolin miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.) (Değerler üç tekrarın ortalaması \pm standart hata olarak verilmiştir)

	Kontrol	%25	%50	%75	%100
6. gün	3.7 \pm 2d ^z	6.3 \pm 3c	7.5 \pm 2c	21.3 \pm 2a	18.2 \pm 3a
12. gün	5.6 \pm 2c	7.3 \pm 3c	8.7 \pm 3c	24.6 \pm 3a	21.7 \pm 3a
18. gün	6.4 \pm 3c	13.5 \pm 3b	9.3 \pm 3c	29.1 \pm 3a	28.5 \pm 2a
<i>SA önemlilik</i>	***	***	***	***	***

^z:Sütun içinde her özellik Duncan testine göre 0,05 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

***: % 0,1 alfa düzeyinde önemli



Şekil 8. S.A. uygulanan soyada prolin miktarı ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.)

S.A. uygulaması sonucunda prolinin ozmotik potansiyele katkısı olmuştur. Nitekim; bitkide bağıl su miktarını ve fotosentetik performansın korunmasında ve böylece fidelerin stres koşullarında hayatta kalmasına katkı sağlamadaki önemli rolünü daha önce ortaya koyan çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde edilmiştir [41-44].

4. Sonuç

Bitki boyu, her farklı çeşit için genetik bir özellik olmasına rağmen; ışık, nem veya sıcaklık gibi çevresel etkenlerle birlikte S.A. gibi stres uygulamalarında farklılık göstermektedir.

Bitkilerde olumsuz şartlarda meydana gelen absisik asit, etilen ve brassinosteroidler gibi etkenlerin kök gelişimini farklılaştırdığı, özellikle yüksek S.A. dozlarının kök uzamasını olumlu yönde etkileyerek teşvik ettiği gibi, düşük dozlarında kök gelişimini olumsuz yönde etkileyerek azalttığı belirtilmiştir [45].

S.A. uygulamasıyla klorofil miktarında artış olması, S.A.'in olumlu bir etki yaptığı anlamına gelmektedir. Bu amaçla yapılan pek çok araştırma bu görüşümüzü desteklemektedir [46, 47].

Soya dokularında çok fazla miktarda bulunan aminoasitlerden olan prolinin, soya yapraklarında özellikli bir çözünür azot deposu olması, bununla beraber, bitkilerde serbest O² radikallerinin detoksifikasyonuna katıldığı [48] belirtilmektedir. Farklı bitkilerde S.A. uygulamalarının prolin konsantrasyonunu yükseltmesi olumlu bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Buna göre yaprak prolin içeriği ile dona karşı tolerans arasında; portakalda [49], yoncada [50], halofitlerde [51], kışık kolza ve kışık buğdayda [52] pozitif bir ilişki görülmüştür.

S.A. uygulamasının prolin miktarına negatif yönde bir etki edeceği göz önüne alınırsa, bitkilerin aynı zamanda birçok strese karşı oluşabilecek olumsuzluklara da dayanıklılığında önemli rol oynayabileceği söylenebilir. Nitekim [52], bitkilerin tuz stresine karşı yükselen toleransının, dokulardaki prolin düzeyinin artışına bağlı olarak prolin ve argininyne da tanımlanmamış başka bileşiklerin düzeylerinin artışlarıyla ilişkili olduğunu tahmin etmektedir.

S.A. uygulamasına bağlı olarak bitkilerin stomalarını açarak fotosentez aktivitesini en yüksek seviyeye çıkardığı, prolinin koruyucu bir mekanizma olduğu, stoma hareketlerinin yapraktaki birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayla bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır. S.A. uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, prolin, klorofil ve MDA değerlerinin ise S.A. uygulamasıyla değiştiği fark edilmiştir. S.A. uygulamasında klorofil ve prolin seviyesi artmış, MDA miktarı azalmış, her bir bitkinin değişik oranlarda etkilendikleri ve S.A. uygulamasına değişik tepkiler verdikleri belirlenmiştir.

S.A. bitkilerde fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev yapan fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyicisidir. Örneğin: Arumlily'de termogenesisin tabii bir indikatörü olarak görev yapar. Bitkilerin birçoğunda çiçeklenmeyi teşvik eder, kök ve stomalardan iyon alınımını kontrol eder [53]. Arabidopsis bitkisinde ise yaprak sensensi boyunca gen ifadesini düzenleyici sinyal olarak görev aldığını gösteren deneysel veriler bulunmaktadır [54].

Bu çalışmada artan S.A. uygulaması klorofil miktarlarında yükselmeye, MDA miktarında ise azalmaya sebep olmuştur. Ayrıca; bitkilerde çimlenme, büyüme, gelişme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olayın da etkilendiği anlaşılmıştır [55]. S.A. uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, MDA değerlerinin S.A. uygulaması ile değiştiği fark edilmiştir. S.A., soyada klorofil seviyesini artırmış, MDA miktarını azaltmıştır. Bitki gelişiminin ilerleyen günlerinde bu değerler değişik oranlarda etkilenmiş ve S.A. uygulamasına karşı değişik tepkiler vermişlerdir. S.A. uygulamasının MDA üzerinde etkin olduğunu, hücre hasarının azalması ile meydana gelen MDA miktarının azaldığını söyleyebiliriz.

Sonuç olarak, soya (*Glycine max.*) bitkilerine uygulanan S.A. miktarının, bitkinin fizyolojik özelliklerine ve gelişimine katkı sağladığı, en olumlu etkiyi yapan dozun %75 ile %100 mM olduğu, buna göre birim alandan, en yüksek bitkisel verim alınacağı tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje numarası: 18015) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Anaç H, Ertürk YE. Soya Fasulyesi. TEAE-Bakış 2003; ISSN 1303- 8346.
- [2] Öner T. Soya Sektör Raporu. İstanbul Ticaret Odası; 2006; <http://www.ito.org.tr>
- [3] Üstün A, Homer AD. Karadeniz Bölgesi Soya Islahı Çalışmaları. 2000 Yılı Teklif, Gelişme ve Sonuç Raporları. 2001. ss. 323-330.
- [4] Zhang L, Wang R, Hesketh JD. Effects of Photoperiod on Growth and Development of Soybean Floral Bud in Different Maturity. *Agronomy Journal* 2001; 93: 944-948.
- [5] Bayar R, Yılmaz M. Türkiye'de Soya Fasulyesi ve Önemi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* 2005; 2(1): 1-12.
- [6] Bakoğlu A, Ayçiçek M. Elazığ Şartlarında Soya Fasulyesinin (*Glycine Max. L.*) Tarımsal Özellikleri ve Tohum Verimi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2005; 17(1): 52-58.
- [7] Arfan M, Athar HB, Ashraf M. Does exogenous application of salicylic acid through herooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. *Journal of Plant Physiology* 2007; 164(6): 685-694.
- [8] Güneş A, İnal A, Alpaslan M, Çiçek N, Güneri E, Eraslan F, Güzelordu T. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays L.*). *Archives of Agronomy and Soil Science* 2005; 51(6): 687-695.
- [9] de Klerk GJ, van der Krieken W, de Jong JC. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *In vitro Cell. Dev. Biol.* 1999; 35: 189-199.
- [10] Harborne JB. Plant phenolics, In: *Secondary Plant Products*. Bell EA, Charlwood BV, (ed.). Berlin: Springer Verlag, 1980; 329-402.
- [11] Gomez L, Blanca L, Antonio CS. Evidence of the Beneficial Action of the Acetyl Salicylic Acid on Wheat Genotypes Yield under Restricted Irrigation. In: *Proc. Scientific Meeting on Forestry, Livestock and Agriculture, Mexico.*, p.112, 1993.
- [12] Raskin I. Salicylic Acid. In: *Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Davies PJ, (ed.). Kluwer Acad. Pub., London., 1995; pp.188-205.
- [13] Mikolajczyk M, Awotunde OS, Muszynska G, Klessig DF, Dobrowolska G. Osmotic Stress Induces Rapid Activation of a Salicylic Acid-Induced Protein Kinase and a Homolog of Protein Kinase ASK1 in Tobacco Cells. *Plant Cell* 2000; 12(1): 165-178.
- [14] Nazlıcan AN. Soya Yetiştiriciliği. Adana: Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 2006.

- [15] Kuşvuran Ş. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2010.
- [16] Kang G, Li G, Xu W, Peng X, Han Q, Zhuy, Guo T. Proteomics reveals the effects of salicylic acid on growth and tolerance to subsequent drought stress in wheat. *J Prot Res* 2012; 11(12): 6066-6079.
- [17] Ellis., 1995. Estimation of cardinal temperature and thermal time requirements for nationally registered cultivars of phaseolus beans. PhD, 26, 2:105.
- [18] Karasu A, Öz M, Göksoy T. Bazı Soya Fasulyesi (*Glycinemax* L. merill) Çeşitlerinin Bursa Koşullarına Adaptasyonu. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.* 2002; 16(2): 25-34.
- [19] Güllüoğlu L, Arıoğlu HH. Farklı Yetiştirme Koşullarında Uygulanan Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Soyada (*Glycinne* Max. L.) Bakla Çatlama Oranı ve Verim Kaybı Üzerine Etkileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2005; 9(1): 37-42.
- [20] Senaratna T, Merrit D, Dixon K, Bunn E, Touchell D, Sivasithamparam K. Benzoic Acid May Act as The Functional Group in Salicylic Acid and Derivatives in The Induction of Multiple Stress Tolerance in Plants. *Plant Growth Regulation* 2003; 39: 77-81.
- [21] Korkmaz A, Tiryaki İ, Nas MN, Özbay N. Inclusion of Plant Growth Regulators into Priming Solution Improves Low Temperature Germination and Emergence of Watermelon Seeds. *Canadian Journal of Plant Science* 2004; 84(4): 1161-1165.
- [22] Korkmaz A. Inclusion of Acetyl Salicylic Acid and Methyl Jasmonate into The Priming Solution Improves Low Temperature Germination and Emergence of Sweet Pepper. *Hortscience* 2005; 40(1): 197-200.
- [23] Anonim. T.C. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Çeşit Kataloğu. Ankara, 2000. 31s.
- [24] Ellis RH, Roberts EH. Towards a Rational Basis for Testing Seed Quality. In: *Seed Production* Hebblethwaite PD, (Ed.). Butterworths, London, 1980; pp. 605-635.
- [25] Mares DJ, Mrva K. Mapping quantitative trait loci associated with variation in grain dormancy in Australian wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 2001; 52(12): 1257-1265.
- [26] Luna C, Seffino LG, Arias C, Taleisnik E. Oxidative Stress Indicators as Selection Tools for Salt Tolerance in *Chloris gayana*. *Plant Breeding* 2000; 119(4): 341-345.
- [27] Lutts S, Kinet JM, Bouharmon J. NaCl-Induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance. *Annals of Botany* 1996; 78(3): 389-398.
- [28] Bates LS, Waldren RP, Teare ID. Rapid Determination of Free Proline for Water- Stress Studies. *Plant and Soil* 1973; 39(1): 205-207.
- [29] Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II). Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. 1021: Ankara, 1987, 381s.
- [30] Al-Karaki G. Seed size and water potential effects on water uptake, germination and growth of lentil. *Journal of Agronomy and Crop Science* 1998; 181(4): 237-242.
- [31] Mian MAR, Nafziger ED. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. *Crop Science* 1994; 34(1): 169-171.
- [32] Dutt NRG, Sharma RK. Screening chickpea cultivars with polyethylene glycol for drought tolerance during germination. *International Chickpea Newsletter* 1982; 7: 11.
- [33] Esehie HA, Al-Saidi A, Al-Khanjari S. Effect of sodium chloride salinity on seedling emergence in chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science* 2002; 188(3):155-160.
- [34] Soltani A, Galeshi S, Zeinali E, Latifi N. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Sci. and Technol.* 2002; 30(1): 51-60.
- [35] Day S, Kaya MD, Kolsarıcı Ö. Bazı Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Genotiplerinin Çimlenmesi Üzerine NaCl Konsantrasyonlarının Etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi* 2008; 14(3): 230-236.
- [36] Güneri Bağcı E. Nohut Çeşitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [37] Zengin FK. Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) pigment içeriği üzerine bazı ağır metallerin etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 2007; 10(2): 164-172.
- [38] Amira MS, Qados A. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of The Saudi Society of Agricultural Sciences* 2011; 10: 7-15.
- [39] Kabayı T, Şensoy S. Kuraklık Stresinin Bazı Fasulye Genotiplerinde Oluşturduğu Enzim, Klorofil ve İyon Değişimleri. *YYÜ Tar. Bil. Dergisi* 2016; 26(3): 380-395.
- [40] Kabayı T, Şensoy S. Yüksek Sıcaklığın Fasulyede Enzim, Klorofil ve İyon Değişimine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 2017; 54(4): 429-437.
- [41] Silva-Ortega CO, Ochoa-Alfaro AE, Reyes-Agüero JA, Aguado-Santacruz GA, Jiménez-Bremont JF. Salt stress increases the expression of P5CS gene and induces proline accumulation in cactus pear. *Plant Physiol. Biochem.* 2008; 46: 82-92.
- [42] Rejeb KB, Abdelly C, Savouré A. How reactive oxygen species and proline face stress together, *Plant Physiol. Biochem.* 2014; 80: 278-284.
- [43] Turkyilmaz UB, Aktas LY, Guven A. Effects of salinity on antioxidant enzymes and proline in leaves of barley seedlings in different growth stages. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2014; 20: 883-887.
- [44] Aktaş LY, Akça H. Prolin Uygulamasının Defne Fidelerinin Kuraklık Toleransının Uyarılması Üzerine Etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)* 2015; 36(1): 17-27.

- [45] Julkowska MM, Hoefsloot HCJ, Mol S, Feron R, de Boer GJ, Haring MA, Testerink C. Capturing Arabidopsis root architecture Dynamics with ROOT-FIT reveals diversity in responses to salinity. *Plant Physiology*, 2014; 166(3): 1387-1402.
- [46] Srivastava MK, Dwivedi UN. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science* 2000; 158(1-2): 87-96.
- [47] Simaei M, Khavarinejad RA, Saadatmand S, Bernard F, Fahimi H. Interactive Effects of Salicylic Acid and Nitric Oxide on Soybean Plants under NaCl Salinity. *Russian Journal of Plant Physiology* 2011; 58(5): 783-790.
- [48] Bohnert HJ, Sheveleva E. Plant stress adaptations-making metabolism move. *Current Opinion in Plant Biology* 1998; 1(3): 267-274.
- [49] Yelenosky G, Vu JCV. Ability of Valencia sweet orange to cold-acclimate on cold-sensitive citron rootstock. *HortScience* 1992; 27(11): 1201-1203.
- [50] Paquin R. Effet des basses températures sur la résistance au gel de la luzerne (*Medicago media* Pers.) et son contenu en proline libre. *Physiol. Veg.* 1977; 15(4): 657-665.
- [51] Popp M, Albert R. Jahreszeitlich und altersbedingte Variationen im Stickstoffhaushalt von Halophyten. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 1981; 94(1): 171-180.
- [52] Stefl M, Tracka I, Vratny P. Proline biosynthesis in winter plants due to exposure to low temperatures. *Biologia Plantarum* 1978; 20(2): 119-128.
- [53] Raskin I. Role of Salicylic Acid in Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biology* 1992; 43(1): 439-463.
- [54] Morris K, Mackerness SAH, Page T, John CF, Murphy AM, Carr JP, Wollaston VB. Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *The Plant Journal* 2000; 23(5): 677-685.
- [55] Bressan RA. Stres Fizyolojisi, Bitki Fizyolojisi. Taiz L, Zeiger E. (Ed.) (Çev. Ed. Türkan İ.). Palme Yayıncılık, Ankara, 2008; ss.591-620.