

## SEL BASKINI STRESİ ŞARTLARINDA SOĞANA UYGULANAN GLİSİN BETAIN VE PROLİN UYGULAMALARININ BESİN ELEMENTİ İÇERİKLERİNE ETKİSİ

Abdullah Şamil ŞAHİN<sup>1</sup>, Ömer Burak TANRIVERDİ<sup>2</sup>, Musa SEYMEN<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Selçuklu/Konya; ORCID: 0000-0001-8915-9816

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Selçuklu/Konya; ORCID: 0000-0003-3827-662X

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Selçuklu/Konya; ORCID: 0000-0002-2742-137X

### ÖZ

Prolin ve glisin betain uygulamaları kuraklığın olumsuz etkisini azaltan sonuçlar ortaya koymuştur. Bu uygulamaların sel baskını stresindeki sonuçları çok fazla irdelenmemiştir. Bu amaçla saksılarda yetiştirilen soğanlar tesadüf parselleri deneme desenine göre, bir tam sulama konusu ( $I_{100}$ ) ve bir sel baskını stres konusu olmak üzere iki sulama konusu belirlenmiştir. Diğer taraftan üç farklı prolin dozu (1, 2 ve 3  $\mu\text{M}$ ) ve üç farklı glisin betain (50, 100 ve 150  $\mu\text{M}$ ) uygulaması ve hiçbir uygulama yapılmayan kontrol çalışmanın diğer konusunu oluşturmuştur. Çalışma  $7 \times 2 = 14$  farklı çalışma konusundan oluşup, 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Sel baskını stresine kadar saksılara uygulanan sulama suyu miktarları gravimetrik toprak nemi ölçme metoduna göre uygulanmıştır. Prolin ve glisin betain uygulamaları ise, tartılan örnekler saf suda çözündürüldükten sonra bitki yapraklarına sprey yöntemiyle bütün bitki kaplanacak şekilde 26 Nisan ve 9 Mayıs tarihlerinde iki defa uygulanmıştır. 10 gün sel baskını stresine maruz bırakılan bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerden alınan yaprak örneklerinde bitki besin elementi analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, makro ve mikro elementlerin bütünü incelendiğinde 1  $\mu\text{M}$  prolin uygulaması ve 100  $\mu\text{M}$  glisin betain uygulaması stres şartlarında besin elementi alınımına katkıda bulunmuşlardır. Mevcut uygulamalar insan sağlığı ve çevre dostu uygulamalar olup, stresin olumsuz etkisini azaltmada önemli uygulamalardır.

**Anahtar Kelimeler:** Abiyotik stres, besin içeriği, biostimulant, sel baskını stres, soğan

### THE EFFECT OF GLYCINE BETAINE AND PROLINE APPLICATIONS ON NUTRITIONAL CONTENTS IN FLOODING STRESS CONDITIONS

#### ABSTRACT

Proline and glycine betaine applications have shown results that reduce the negative effects of drought. The consequences of these practices on flood stress have not been studied much. For this purpose, two irrigation subjects, one full irrigation subject ( $I_{100}$ ) and one flood stress subject, were determined according to the randomized plot design of onions grown in pots. On the other hand, three different proline doses (1, 2 and 3  $\mu\text{M}$ ) and three different glycine betaine (50, 100 and 150  $\mu\text{M}$ ) applications and a control that did not receive any application were the other subjects of the study. The study consisted of  $7 \times 2 = 14$  different study subjects and was carried out with 3 replications. The amount of irrigation water applied to the pots until the flood stress was applied according to the gravimetric soil moisture measurement method. Proline and glycine betaine applications were applied to the plant leaves twice on April 26 and May 9, after the weighed samples were dissolved in pure water, by spraying the whole plant. Plants exposed to flood stress for ten days were harvested. Plant nutrient analyzes were carried out on leaf samples taken from harvested plants. As a result of the analysis, when the macro and micro elements were examined, 1  $\mu\text{M}$  proline application and 100  $\mu\text{M}$  glycine betaine application contributed to nutrient uptake under stress conditions. Current practices are human health and environmentally friendly practices and are important practices in reducing the negative effects of stress.

**Keywords:** Abiotic stress, nutrient content, biostimulant, flooding stress, onion

### GİRİŞ

Bitkiler tüm yaşam dönemleri boyunca kuraklık, tuz stresi, yüksek-düşük sıcaklıklar, mineral beslenme bozuklukları, sel baskınları gibi birçok abiyotik stres koşullarına maruz kalmaktadır [23]. Abiyotik stres, dünya çapında tarımsal üretimde ciddi kayıplara neden olan ve tarım alanlarının miktarını

azaltan, tarımın şu anda karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir ve stres koşulları bitkilerde %50'lere varan verim kaybına sebep olmaktadır [16, 6, 17].

İklim değişikliği, etkili olduğu geniş alanlarda abiyotik stresin yaygınlığını ve bitkilere olumsuz etkilerini her geçen gün artırmaktadır. FAO tarafından elde edilen veriler ışığında dünyadaki

\*Sorumlu yazar / Corresponding author: mseymen@selcuk.edu.tr

tarım alanların %95'inden fazlası küresel ısınma nedeniyle abiyotik stres koşullarından etkilendiği görülmektedir. Atmosferde bulunan sera gazlarının yoğun miktarda artışı nedeniyle yüzey sıcaklığı artmakta ve yağış düzeni de değişmektedir [7]. Yüzey sıcaklıklarında meydana gelen 1°C'lik artış bitkilerin su ihtiyacını %4-4.5 oranında artırdığı yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur [24]. Diğer taraftan, küresel iklim değişikliği kuraklık olarak karşımıza çıkmasının yanı sıra, kısa zamanda meydana gelen yoğun yağışlar sel baskını riskin artırmaktadır. Gün geçtikçe sel baskını olaylarının artması sonucu sel baskını stresi bitki gelişimini sınırlandıran önemli stres faktörü haline gelmektedir.

Sel baskını, meydana gelme sıklığı ve zamanlaması açısından değişken olmasına rağmen, ekosistemlerdeki toprak yapısını ve besin dinamiklerini değiştirir [5, 13]. Küresel boyutta incelendiğinde, günümüzde tarım arazilerinin %10'u sel baskınlarından etkilenmekte ve bu durum tarımsal üretime getirilen en önemli kısıtlamalardan biridir. Sel baskınları nedeniyle yaşanan verim kayıpları tür, toprak tipi ve strese maruz kalınan süreye bağlı olarak %15 ile %80 arasında değişmektedir [15, 19].

Sel baskınlarının bitkiler üzerindeki metabolik ve fizyolojik etkileri, esas olarak aerobik kök solunumunun bozulmasından ve ardından oksijen yoksunluğundan kaynaklanmaktadır. Toprakta bulunan fazla su, toprak redoks potansiyelinde büyük ölçüde düşüğe sebep olarak toprak element profilinde önemli değişikliklere neden olur. Serbest oksijen tükendiğinde, azot, toprak mikroorganizmaları tarafından solunumda alternatif bir elektron alıcısı olarak kullanılır. İlerleyen aşamalarda mangan (Mn) oksitler, demir ve sülfat elektron alıcısı olarak görev yapar. Bunun sonucunda da genellikle toprak çözeltisindeki çözünür demir ( $Fe^{2+}$ ) ve  $Mn^{2+}$  miktarında toksik seviyelerin üzerinde bir artış meydana gelir. Ayrıca sel baskını sırasında toprakta engellenen gaz değişimi nedeniyle kök bölgesinde yüksek kısmi  $CO_2$  basıncı oluşur ( $pCO_2$ ) ve bu da kök büyümesi ve metabolizma için bazı ciddi sonuçlar doğurur [15]. Biostimulant olarak kullanılan prolin ve betain uygulamaları stres şartlarında bitki gelişiminde önemli katkı sağladığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur [3, 18]. Uygun dozda uygulanan prolinin su kullanım etkinliğini artırmasının yanı sıra bitki gelişiminde önemli katkılar sağladığı bilinmektedir [10].

Prolin, bir ozmolit olarak işlevine ek olarak, reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikmesine karşı hücre korunmasında görev alır ve böylece hücrenin redoks homeostazını modüle edebilir ve bir enerji kaynağı olarak ve stres dönemlerinde diğer metabolik yollar ile etkileşime giren bir sinyal molekülü olarak

çalışabilir [12, 14, 20, 22]. Prolinin aksine, glisin betain (GB) abiyotik stresler boyunca doğrudan ROS süpürülmesinde görevli değildir [2]. Ancak, GB abiyotik stresler sırasında oksidatif hasara karşı hücreleri korumaktadır. GB stres sırasında kloroplastlarda bol miktarda bulunur ve tilakoid membranının ayarlanması ve korunmasında görev alarak fotosentez etkinliğinde rol alır [4].

Soğan (*Allium cepa* L.) taze ve kuru olarak insan beslenmesinde tüketilen önemli sebze türlerindedir. 2020 yılı kayıtlarına göre dünyada 208.347 ha alanda 4.452.347 ton yeşil soğan üretiminin yapıldığı bildirilmektedir. Türkiye'de ise 7.797 ha alanda 129.023 ton yeşil soğan üretimi yapılmıştır. Türkiye'de taze soğan olarak kış dönemlerinde örtü altı yetiştiriciliği şeklinde, bahar dönemlerinde ise geçiş ikliminin olduğu bölgelerde kaliteli olarak yetiştirilmektedir. Bu dönemlerde yağışların yoğun yağması soğan yetiştiriciliği yapılan arazilerde sel baskını stresini ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple bu dönemlerde oluşabilecek sel baskını stresine karşı uygulanabilecek prolin ve glisin betain uygulamalarının stresinin olumsuz etkisini azaltmasına yönelik uygulamalar önemli yaklaşımlardır. Soğanda sel baskını stresi şartlarında prolin ve glisin betain uygulamalarının etkisinin belirlenmiş olduğu bilimsel çalışmalar kısıtlıdır. Bu sebeple mevcut çalışmada, prolin ve glisin betain uygulamalarının soğanda sel baskını stresi şartlarında yapraktaki besin elementi içerikleri belirlenerek beslenme açısından etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Deneme 24 Şubat-19 Mayıs 2022 tarihleri arasında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait cam seralarda yürütülmüştür. Denemede yaklaşık hacmi 13 litre olan plastik saksıların her birine 10 kg toprak dijital tartı ile tartılarak konulmuştur. Kullanılan fide harcı karışım olarak hazırlanmış olup, yapılan analizler sonucunda organik maddesinin iyi ve killi tınlı yapıda olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan toprak pH 8.05, EC 1050  $\mu S/cm$ ,  $CaCO_3$  %13 ve besin içeriği yönünden iyi bir karışım olduğu ortaya çıkmıştır. Tarla kapasitesi ve solma noktası sırası ile %25.12 ve %12.4 olarak belirlenen deneme toprağının soğan yetiştiriciliği açısından herhangi bir kısıtlayıcı etkinin olmadığı görülmektedir. Bitkisel materyal olarak Bursa Tohum firmasına ait olan BT-BUR-TOP soğan çeşidi kullanılmıştır.

Tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulan çalışmada, bir tam sulama konusu ( $I_{100}$ ) ve bir stres konusu ( $I_{150}$ ) olmak üzere iki sulama konusu oluşturulmuştur. Diğer taraftan üç farklı prolin dozu

(1, 2 ve 3 µM) ve üç farklı glisin betain (50, 100 ve 150 µM) uygulaması ve kontrol çalışmanın diğer konusunu oluşturmuştur. Çalışma 7×2=14 farklı çalışma konusundan oluşmuş olup, 3 tekrarlamalı ve her tekrarda toplam 2 saksı yer almıştır. Saksılara belirli aralıklarla toplam on tohum elle ekilmiştir. Belirli büyüklüğe ulaşan soğan fideleri her saksıda beş bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır.

Tohum ekiminden sel baskını stresi uygulanana kadar tüm saksılara eşit miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Saksılara uygulanan sulama suyu miktarları gravimetrik toprak nemi ölçme metoduna göre belirlenmiştir. Bu amaçla, tanık konu olarak seçilen kontrol I<sub>100</sub> konusundaki faydalı su kapasitesi %40-45'e düştüğünde sulama yapılmış ve her defasında toprak nemi tarla kapasitesine ulaştırılmıştır. Sel baskını stresi 9 Mayıs tarihinde uygulanmış olup stres konusunda bulunan tüm saksıların drenaj kanalları kapatılmıştır. Tam sulama konularına normal programlı sulamalar yapılır iken stres konularındaki saksılara ise her gün eksilen su tamamlanarak sel baskını stresi oluşturulmuştur. Sel baskını stresi saksılarında toprak yüzeyinde 2-3 cm su kalacak şekilde sulama suyu uygulanmıştır.

Sel baskını stresi uygulanmadan önce 26 Nisan ve sel baskını uygulamasından sonra 9 Mayıs tarihlerinde iki sefer prolin ve glisin betain uygulamaları yapılmıştır. Hesaplanan uygulama dozları saf suda çözündürüldükten sonra bitki yapraklarına sprey yöntemiyle bütün bitkiyi kaplayacak şekilde uygulanmıştır. Deneme sürecinde toprağın havalandırılması, yabancı ot kontrolü gibi kültürel işlemler zamanında ve usulüne uygun şekilde yapılmıştır. Taze soğan hasat büyüklüğüne ulaşan bitkiler 19 Mayıs tarihinde hasat edilmiştir.

Hasat edilen soğan yaprakları gölgede kurutulduktan sonra etüve bırakılarak eşit ağırlığa gelene kadar kurutulmaya devam edilmiştir. Her uygulamadan kurutulmuş örnekler analiz için öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülen örnekler, balonjojeler içerisine alınarak üzerine 15 ml HNO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 5 ml HClO<sub>4</sub> eklenerek mikrodalga sistemde (CEM-Mars-5 model) yakılmıştır. Yakımı yapılan örnekler ICP-AES cihazında okunarak toplam P, K, S, Mg, Ca, B, Cu, Fe, Mn, Na ve Zn tayinleri yapılmıştır [22]. Tam sulama ve sel baskını şartlarında uygulanan prolin ve glisin betain uygulama dozlarından alınan besin elementi sonuçları JMP-14 istatistik programında analize tabi tutularak uygulamalar arasındaki önemli farklar belirlenmiş ve harflendirmeleri yapılarak yorumlanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Sel baskını stresi ve uygulanan prolin ve glisin betain dozlarının soğan yapraklarındaki P, K, Ca, Mg,

S ve Na içeriği üzerine istatistiki anlamda önemli etkilerinin olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Çizelge incelendiğinde sel baskını stresi P, K, Ca, Mg ve S içeriğinde önemli azalmalara sebep olurken Na içeriğini artırdığı görülmüştür. P içeriği incelendiğinde prolin dozlarının hepsi kontrol uygulamasına göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun yanı sıra, GB 100 dozu da kontrole göre daha yüksek P içeriğine sahip olarak en yüksek P içeren uygulamalar arasında yer almıştır. K içeriği ise Pro 3 ve GB 100 uygulamalarında kontrole beraber en yüksek K içeren uygulamalar olmuştur. Ca içeriği incelendiğinde Pro 1 ve GB 100 dozu en yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Mg içeriği incelendiğinde Ca benzer şekilde Pro 1 ve GB 100 uygulamaları en yüksek Mg içeriğini veren uygulamalar olmuşlardır. S içeriğinde sadece GB 150 dozu içeriği düşürerek diğer uygulamalardan istatistiki anlamda ayrılmıştır. Na içeriği ise Pro 1 ve GB 100 uygulamalarından en yüksek elde edilmiştir.

Her iki faktörün interaksyonu incelendiğinde, P içeriği en yüksek S<sub>100</sub>×Pro 1 ve S<sub>100</sub>×Pro 2 uygulamalarından sırası ile 3139 ve 3292 ppm olarak elde edilmiştir. En yüksek K içeriği ise S<sub>100</sub>×kontrol, S<sub>100</sub>×Pro 3 ve S<sub>100</sub>×GB 100 uygulamalarından elde edilmiştir. Ca içeriği incelendiğinde, S<sub>100</sub>×Pro 1 ve S<sub>100</sub>×GB 100 uygulamaları en yüksek değerleri vermişlerdir. En yüksek Mg içerikleri ise, S<sub>100</sub>×kontrol, S<sub>100</sub>×Pro 1, S<sub>100</sub>×Pro 3, S<sub>100</sub>×GB 100 ve SB×Pro 1 uygulamalarından elde edilmiştir. S içeriklerine bakıldığında, S<sub>100</sub>×kontrol, S<sub>100</sub>×Pro 2, S<sub>100</sub>×Pro 3, S<sub>100</sub>×GB 50 ve S<sub>100</sub>×GB 100 uygulamaları en yüksek değerleri vermişlerdir. Na içerikleri incelendiğinde, SB×Pro 1 ve SB×GB 100 uygulamaları en yüksek Na içeriklerine sahip uygulamalar olmuştur.

Sel baskınlarının bitkiler üzerindeki metabolik ve fizyolojik etkileri, esas olarak aerobik kök solunumunun bozulmasına ve oksijen yoksunluğundan dolayı besin elementlerinin alınımını engellemektedir [15]. Yapılan birçok çalışmada sel baskını stresi şartlarında besin elementi alınımının olumsuz etkilendiği bildirilmiştir [1, 8, 9]. Yaptığımız çalışmada uygulanan sel baskını stresinin soğanda makro besin elementi içeriğinde önemli kayıplar ortaya çıkarmıştır. Biostimulant olarak kullanılan prolin ve glisin betain uygulamaları stres şartlarında bitki gelişiminde önemli katkı sağladığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur [3, 18]. Uygulanan uygun dozdaki prolinin su kullanım etkinliğini artırmasının yanı sıra besin elementi alınımına katkı sağlayarak bitki gelişimine katkı sağlamaktadır [10]. Yaptığımız çalışmada uygulanan prolin ve glisin betain uygulamalarının da besin elementi alınımına katkı sağladığı görülmüştür.

Sel baskını stresi ve uygulanan prolin ve glisin betain dozlarının soğan yapraklarındaki Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriği üzerine istatistiki anlamda önemli etkilerinin olduğu görülmüştür (Çizelge 2). Çizelge incelendiğinde sel baskını stresi Fe, Cu, Zn ve B içeriğini önemli düzeyde azaltmıştır. Fe içeriği incelendiğinde, en yüksek Fe içeriği 497 ppm ile GB 100 uygulamasından elde edilmiştir. Cu içeriği ise, Pro 1, Pro 2 ve GB 50 uygulamalarından en yüksek elde edilmiştir. Mn içeriğine bakıldığında, GB 100 uygulaması kontrol uygulaması ile birlikte en yüksek Mn değerlerini vermişlerdir.

Çizelge 1. Sel baskını stresi şartlarında soğana uygulanan prolin ve glisin betain uygulamalarının P, K, Ca, Mg, S ve Na içeriği üzerine etkileri (ppm)

Table 1. Effects of proline and glycine betaine applications applied to onions under flooding stress conditions on P, K, Ca, Mg, S and Na content (ppm)

Uygulamalar	P	K	Ca	Mg	S	Na	
Sulama (S)							
S <sub>100</sub> (tam sulama)	2974A	42196A	10895A	2085A	5660A	1458B	
SB (sel baskını)	1858B	24988B	8839B	1859B	2760B	2193A	
Prolin (Pro) ve Glisin Betain (GB)							
Kontrol	2371bc	34354a	9559b	1956b	4447a	1683c	
Pro 1	2531a	32196b	10684a	2174a	4080a	2089a	
Pro 2	2471abc	32943b	9386b	1860c	4334a	1623c	
Pro 3	2498ab	35058a	9511b	1862bc	4344a	1721bc	
GB 50	2345cd	32166b	9657b	1884bc	4275a	1890b	
GB 100	2483abc	35417a	10729a	2166a	4470a	2082a	
GB 150	2215d	33013b	9545b	1904bc	3520b	1687c	
S × Pro ve GB (Interactions)							
S <sub>100</sub>	Kontrol	2975bc	44416a	10775bc	2172ab	6093a	1390hi
	Pro 1	3139ab	38856c	11417ab	2209ab	5169bc	1514gh
	Pro 2	3292a	39910c	10539cde	2007cd	5829a	1142i
	Pro 3	3004bc	45685a	10721c	2016cd	5781ab	1448gh
	GB 50	2843c	39753c	10662c	1940de	5914a	1459gh
	GB 100	2973bc	44275ab	11578a	2239a	6022a	1683fg
GB 150	2592d	42480b	10576cd	2012cd	4808c	1598fgh	
SB	Kontrol	1767fg	24259ef	8344f	1741f	2801de	1976de
	Pro 1	1924ef	25535de	9951de	2138abc	2990d	2665a
	Pro 2	1649g	25976de	8233f	1712f	2838de	2105cd
	Pro 3	1991e	24431ef	8300f	1707f	2906d	1994de
	GB 50	1846efg	24578ef	8653f	1828ef	2637de	2321bc
	GB 100	1993e	26559d	9881e	2094bc	2918d	2481ab
GB 150	1837efg	23547f	8515f	1796f	2232e	1807ef	
LSD							
S	77	698	254	51	237	96	
Pro ve GB	144	1307	476	96	444	180	
S × Pro ve GB (Interactions)	204	1847	674	136	628	254	

En yüksek Zn içerikleri ise, kontrol, Pro 1 ve GB 100 uygulamalarından elde edilmiştir. B içerikleri incelendiğinde GB 150 uygulaması en düşük B içeriğine sahip olarak diğer uygulamalardan istatistiki anlamda ayrılmıştır.

İnteraksiyonlar incelendiğinde, en yüksek Fe içerikleri, S<sub>100</sub>×GB 100 ve SB×GB 100 uygulamalarından sırası ile 537 ve 458 ppm elde

edilmiştir. Cu içerikleri incelendiğinde, S<sub>100</sub>×kontrol, S<sub>100</sub>×Pro 1, S<sub>100</sub>×Pro 2, S<sub>100</sub>×Pro 3, S<sub>100</sub>×GB 50 ve S<sub>100</sub>×GB 100 uygulamalarından en yüksek değerler elde edilmiştir. Mn içerikleri incelendiğinde, S<sub>100</sub>×kontrol, S<sub>100</sub>×GB 150 ve SB×GB 100 uygulamaları en yüksek Mn içeren uygulamalar olmuştur. Zn içerikleri incelendiğinde, S<sub>100</sub>×Kontrol, S<sub>100</sub>×Pro 1, S<sub>100</sub>×Pro 2 ve S<sub>100</sub>×Pro 3, uygulamaları en yüksek değerleri alan uygulamalar olmuşlardır. B içeriklerine bakıldığında, S<sub>100</sub>×Kontrol, S<sub>100</sub>×Pro 2, S<sub>100</sub>×Pro 3 ve S<sub>100</sub>×GB 100 uygulamaları en yüksek B içeriğine sahip uygulamalar olmuştur.

Çizelge 2. Sel baskını stresi şartlarında soğana uygulanan prolin ve glisin betain uygulamalarının Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriği üzerine etkileri (ppm)

Table 2. Effects of proline and glycine betaine applications applied to onions under flooding stress conditions on Fe, Cu, Mn, Zn and B content (ppm)

Uygulamalar	Fe	Cu	Mn	Zn	B	
Sulama (S)						
S <sub>100</sub> (tam sulama)	305A	12.82A	60.92	24.22A	12.39A	
SB (sel baskını)	256B	9.68B	58.19	18.30B	10.33B	
Prolin (Pro) ve Glisin Betain (GB)						
Kontrol	230bc	11.23bc	74.85a	21.96abc	11.98a	
Pro 1	249bc	11.47abc	54.58cd	22.19ab	11.22a	
Pro 2	205c	11.71ab	45.60d	20.43d	11.72a	
Pro 3	296b	11.22bc	58.13bc	21.70bcd	11.73a	
GB 50	219bc	11.97a	58.85bc	20.69cd	10.97ab	
GB 100	497a	10.95cd	65.98ab	23.16a	11.96a	
GB 150	267bc	10.23d	58.87bc	18.71e	9.98b	
S × Pro ve GB (Interactions)						
S <sub>100</sub>	Kontrol	205bcd	12.48abc	75.41a	25.97a	12.98ab
	Pro 1	250bcd	13.47a	54.87b-e	25.44a	11.97bcd
	Pro 2	265bc	12.95ab	48.31de	24.41ab	13045ab
	Pro 3	317b	12.97ab	62.38abc	24.95a	13.97a
	GB 50	256bc	12.47abc	58.88bcd	22.95b	11.98bc
	GB 100	537a	13.44a	58.73bcd	20.93c	12.95ab
GB 150	305b	11.97bc	67.86ab	20.46cd	9.48e	
SB	Kontrol	255bcd	9.97e	74.30a	17.95efg	10.97cde
	Pro 1	248bcd	9.47ef	54.30b-e	18.94de	10.47de
	Pro 2	144d	10.48de	42.90e	16.46g	9.98e
	Pro 3	276bc	9.48ef	53.89cde	18.46ef	9.48e
	GB 50	182cd	11.46cd	58.83bcd	18.44ef	9.97e
	GB 100	458a	8.47f	73.24a	20.93c	10.96cde
GB 150	229bcd	8.48f	49.89cde	16.96fg	10.48cde	
LSD						
S	42.41	0.39	Ö.D.	0.68	0.57	
Pro ve GB	79.35	0.73	9.74	1.28	1.06	
S × Pro ve GB (Interactions)	112	1.03	13.77	1.82	1.50	

Toprakta bulunan fazla su, toprak redoks potansiyelinde büyük ölçüde düşüşe sebep olarak toprak element profilinde önemli değişikliklere neden olur. Serbest oksijen tükendiğinde, azot, toprak mikroorganizmaları tarafından solunumda alternatif bir elektron alıcısı olarak kullanılır. İlerleyen aşamalarda mangan (Mn) oksitler, demir ve sülfat elektron alıcısı olarak görev yapar. Bunun sonucunda

da genellikle toprak çözeltisindeki çözümlü demir ( $Fe^{2+}$ ) ve  $Mn^{2+}$  miktarında toksik seviyelerin üzerinde bir artış meydana gelir [15]. Yaptığımız çalışmada ise sel baskını stresi soğanda Fe, Cu ve Zn içeriğinde azalma meydana getirmiştir. Fakat Mn içeriğinde önemli bir değişim görülmemiştir. Yapılan bir çalışmada *Alnus subcordata* fidelerinin sel baskını stresi şartlarında Zn içeriğini azaltırken, Mn ve Fe içeriğinde artış sağlayarak zararlı düzeye yükseldiği bildirilmiştir [11]. Benzer şekilde marulda yapılan bir çalışmada sel baskını stresi şartlarında Mn ve Fe içeriğinde önemli seviyede artış meydana geldiği bildirilmiştir [9]. Uygulanan prolin ve glisin betain dozları ise Fe ve Cu içeriğini artırırken, MN ve Zn içeriğinde azalmalara sebep olmuştur.

### SONUÇ

Soğanda uygulanan sel baskını stresi, bitki besin elementleri alınımını önemli derecede azaltmıştır. Sel baskını stresinin olumsuz etkisini azaltmak için uygulanan prolin ve glisin betain dozlarının besin elementi alınımına katkıları olmuştur. Makro ve mikro elementlerin bütünü incelendiğinde 1  $\mu$ M prolin uygulaması ve 100  $\mu$ M glisin betain uygulaması stres şartlarında besin elementi alınımına katkıda bulunmuşlardır. Mevcut uygulamalar insan sağlığı ve çevre dostu uygulamalar olup, stresin olumsuz etkisini azaltmada önemli uygulamalardır. Sel bakını stersine maruz kalan soğan tarımı arazilerinden bu tip biostimulantların kullanılmasının verim ve kaliteye katkı sağlayacağı aşikârdır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP Ofisi tarafından “22201006” no.lu proje ile desteklenmiş olup, Abdullah Şamil ŞAHİN’in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

### KAYNAKLAR

1. Bacanamwo, M., Purcell, L.C. 1999. Soybean dry matter and N accumulation responses to flooding stress, N sources and hypoxia. *Journal of Experimental Botany*, 50(334):689-696.
2. Chen, T.H., Murata, N. 2008. Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trends in Plant Science* 13:499-505.
3. Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196:3-14 (<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>).
4. Genard, H., Le Saos, J., Billard, J.P., Tremolieres, A., Boucaud, J. 1991. Effect of salinity on lipid composition, glycine betaine content and photosynthetic activity in chloroplasts of *Suaeda maritima*. *Plant physiology and biochemistry* (Paris) 29:421-427.
5. Glazebrook, H.S., Robertson, A.I. 1999. The effect of flooding and flood timing on leaf litter breakdown rates and nutrient dynamics in a river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) forest. *Australian Journal of Ecology* 24(6):625-635 (<https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.1999.00992.x>).
6. Godoy, F., Olivos-Hernández, K., Stange, C., Handford, M. 2021. Abiotic Stress in Crop Species: Improving Tolerance by Applying Plant Metabolites. *Plants* 10(2):186 (<https://doi.org/10.3390/plants10020186>).
7. Gray, S.B., Brady, S.M. 2016. Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology* 419(1):64-77 (<https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2016.07.023>).
8. Huang, D., Wang, D., Ren, Y. 2019. Using leaf nutrient stoichiometry as an indicator of flood tolerance and eutrophication in the riparian zone of the Lijang River. *Ecological Indicators*, 98:821-829.
9. Kal, Ü., Kayak, N., Dal, Y., Yavuz, D., Türkmen, Ö., Seymen, M. 2023. Application of Nitrogen to Mitigate of Adverse Effect of Flooding Stress in Lettuce. *Journal of Plant Nutrition* (In press).
10. Kayak, N., Kal, Ü., Dal, Y., Yavuz, D., Seymen, M. 2022. Do Proline and Glycine Betaine Mitigate the Adverse Effects of Water Stress in Spinach? *Gesunde Pflanzen*, pp:1-17.
11. Kianmehr, A., Ghanbary, E., Parad, G., Tabari, M., Boor, Z. 2021. Variations of Macro and Micro Nutrient Concentration in Soil and Leaf of *Alnus subcordata* (L.). Seedlings under Flooding Stress. *Forest Research and Development* 7(3):477-492.
12. Kishor, P.B.K., Sangam, S., Amrutha, R.N., Laxmi, P.S., Naidu, K.R., Rao, K.R.S.S., Rao, S., Reddy, K.J., Theriappan, P., Sreenivasulu, N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science* 88.
13. Martínez-Alcántara, B., Jover, S., Quiñones, A., Forner-Giner, M.Á., Rodríguez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E., Iglesias, D.J. 2012. Flooding affects uptake and distribution of carbon and nitrogen in citrus seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 169(12):1150-1157 (<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.03.016>).

14. Nathalie, V., Christian, H. 2008. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids* 35:753-759.
15. Patel, P.K., Singh, A.K., Tripathi, N., Yadav, D., Hemantaranjan, A. 2014. Flooding: abiotic constraint limiting vegetable productivity. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 1(3):00016 (<http://dx.doi.org/10.15406/apar.2014.01.00016>).
16. Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird, J., Sibanda, L., Smith, J. 2017. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1):4-17 (doi:10.1007/s13280-016-0793-6).
17. Sachdev, S., Ansari, S.A., Ansari, M.I., Fujita, M., Hasanuzzaman, M. 2021. Abiotic stress and reactive oxygen species: generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, 10(2):277 (<https://doi.org/10.3390/antiox10020277>).
18. Semida, W. M., Abdelsattar Abdelkhalika, Radyb, M.O.A., Mareyc, R.A., El-Mageedd, T.A.A., 2020. Exogenously applied proline enhances growth and productivity of drought stressed onion by improving photosynthetic efficiency, water use efficiency and up-regulating osmoprotectants. *Scientia Horticulturae*, 272. (doi:10.1016/j.scienta.2020.109580).
19. Seymen, M. 2021. Comparative analysis of the relationship between morphological, physiological, and biochemical properties in spinach (*Spinacea oleracea* L.) under deficit irrigation conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(1):55-67.
20. Sharma, S., Villamor, J.G., Verslues, P.E. 2011. Essential role of tissue-specific proline synthesis and catabolism in growth and redox balance at low water potential. *Plant physiology* 157:292-304.
21. Soltanpour, P.N., Workman, S.M. 1981. Use of Inductively-Coupled Plasma Spectroscopy for the Simultaneous Determination of Macro and Micro Nutrients in NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>-DTPA Extracts of Soils. In Barnes R.M. (ed). *Developments in Atomic Plasma Analysis, USA*, pp:673-680 (<https://doi.org/10.2136/sssaj1979.03615995004300010013x>).
22. Szabados, L., Savouré, A. 2010. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in plant science* 15:89-97.
23. Teklić, T., Parađiković, N., Špoljarević, M., Zeljković, S., Lončarić, Z., Lisjak, M. 2021. Linking abiotic stress, plant metabolites, biostimulants and functional food. *Annals of Applied Biology*, 178(2):169-191 (<https://doi.org/10.1111/aab.12651>).
24. Ye, Q., Yang, X., Dai, S., Chen, G., Li, Y., Zhang, C. 2015. Effects of climate change on suitable rice cropping areas, cropping systems and crop water requirements in southern China. *Agricultural Water Management* 159:35-44 (<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.05.022>).