



Sıvı yosun gübresinin farklı konsantrasyonlarının tuz stresi koşullarında arpa (*Hordeum vulgare* L.) gelişimi ve rizosferdeki bazı biyolojik özelliklere etkisi

Arzu GÜLER¹, Çiğdem KÜÇÜK²✉,

¹ Biyoloji Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

² Biyoloji Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

✉: ckucuk@harran.edu.tr  <https://orcid.org/0009-0006-3327-9054>  <https://orcid.org/0000-0001-5688-5440>

Geliş (Received): 11.11.2023

Düzeltilme (Revision): 23.01.2024

Kabul (Accepted): 30.01.2024

ÖZ

Bu çalışmada, arpa gelişimi ve rizosferdeki bazı mikrobiyolojik özellikler üzerine sıvı deniz yosunu gübresinin tuz stres koşullarındaki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemede ticari olarak satılan yosun gübresi kullanılmıştır. Sıvı deniz yosun gübresi ekimle birlikte topraklara farklı konsantrasyonlarda (% 0, % 0.4, % 0.8, % 1 ve % 2 yosun gübresi) uygulanmıştır. Tuz ise farklı konsantrasyonda (0 mM, 75 mM ve 150 mM) uygulanmıştır. Sera koşullarında yetiştirilen bitkiler ekimden 12 hafta sonra hasat edilmiştir. Arpanın bitki boyu, yeşil aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu, yaprakların klorofil içerikleri kök bölgesi β -glukosidaz ve alkalik fosfataz enzim aktiviteleri incelenmiştir. Elde edilen veriler ile uygulamalar arasındaki farklılık istatistik analiz ile ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alkalik fosfataz, Arpa, β -glukosidaz, Konsantrasyon, Sıvı yosun gübresi

Effect of different concentrations of liquid seaweed fertilizer on barley (*Hordeum vulgare* L.) growth and some biological properties in the rhizosphere under salt stress conditions

ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of liquid seaweed fertilizer on barley growth and some microbiological properties in the rhizosphere under salt stress conditions. Commercially available seaweed fertilizer was used in the experiment. Liquid seaweed fertilizer was applied to the soil in different concentration (0%, 0.4%, 0.8%, 1% and 2% seaweed fertilizer) after planting. Salt was applied in different concentration (0 mM, 75 mM and 150 mM). Plants grown under greenhouse conditions were harvested 12 weeks after planting. Plant height of barley, fresh and dry weights of green parts and roots, root length, chlorophyll content of leaves and root zone β -glucosidase and alkaline phosphatase enzyme activities were examined. The difference between the obtained data and the applications was revealed by statistical analysis.

Keywords: Alkaline phosphatase, Barley, β -glucosidase, Concentration, Liquid seaweed fertilizer

GİRİŞ

Nüfusun hızla artışından dolayı daha fazla ürün elde etmek için bilinçsizce yapılan tarım uygulamaları sonucunda topraklar tuzlanmaktadır [1]. Bu nedenle küresel gıda kaynaklarının sürdürülebilir yöntemler ile izlenmesi zorunlu kılınmıştır [1]. Artan gıda talebini karşılamak için çeşitli çevresel koşulların neden olduğu ürün kayıplarının azaltılmasının önemli olduğu bildirilmiştir [2]. Kimyasal gübre ve pestisitlerin kullanımı dünya genelinde çeşitli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Aşırı kullanılan fosfatlı gübrelerin sulama suyundaki tuzluluğun ve sucul ortamdaki besin maddelerinin artmasına neden olduğu saptanmıştır. Doğal tuzluluk, tuzların toprakta ve yeraltı sularında belirli bir süre boyunca birikmesinin sonucu olduğu açıklanmıştır [3]. İnsan nüfusunun 2050 yılı sonunda yaklaşık 9.7 milyara ulaşması ve 2100 yılında ise yaklaşık 11 milyara ulaşması beklenmektedir [4]. Nüfusun hızla artması sonucu gıda güvenliğini sağlamak

için daha fazla besine gereksinim duyulacaktır. Bu nedenle bitkisel üretime ayrılan tarım arazilerinin önemli ölçüde artması da kaçınılmaz görünmektedir [4]. Organik tarım; geleneksel gübreler, kimyasal ilaç kullanmadan çevresel sürdürülebilirliği, habitatları, biyojeokimyasal döngüleri ve toprak biyolojik aktiviteyi iyileştiren kalkınma yöntemi olarak tanımlanmıştır [5]. Organik uygulamaların toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, toprağın organik maddesini yenilediği, koruduğu ve toprağın makro ve mikrobiyotasını iyileştirdiği bildirilmiştir [6]. Organik maddenin tuzdan etkilenen toprağa önemli miktarda karbon ilave ettiği, su penetrasyonunu ve mikrobiyal aktiviteyi arttırdığı yapılan çalışmada açıklanmıştır [7]. Son yıllarda, biyotik ve abiyotik stresin şiddetli etkilerini azaltmak, bitki büyümesini ve sağlığını iyileştirmek amacıyla çeşitli biyolojik gübreler geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir. Aynı zamanda toprak yapısını ve kalitesini de iyileştiren bu ürünler, toprağın gübrenmesi ve bitki koruması için yenilikçi çözümler sunmaktadır [4]. Bu biyolojik

moleküller çoğunlukla algler ve onların türev ürünleri olarak açıklanmıştır [4]. Deniz yosunlarının çeşitli biyolojik aktivitelere sahip oksin, sitokin, gibberelin vb. yüksek polisakarit, gliserol ve bitki düzenleyici içermeleri nedeniyle bitki gelişimi için değerli organik materyaller olarak kullanıldığı bildirilmiştir [8].

Ascophyllum nodosum'un domates ve tatlı bibere uygulanması ile yapraklardaki klorofil içeriğinin arttığını, bu artışın ise; ekstrakta bulunan betainlerin etkisinden kaynaklandığı açıklanmıştır [9]. Deniz yosunlarının içeriğindeki betain bileşiklerinin klorofil bozulmasının engellemesi ile fotosentetik kaybı azalttığı yapılan başka bir çalışmada da belirtilmiştir [9]. Deniz yosunu ekstraktları domates, biber, fasulye gibi çeşitli ürünlerin erken çimlenmesini tetiklemiş, meyve tutumunu arttırmıştır [10]. Çiçek sayısı ve meyve tutumundaki bu artışlar, verimi de arttırmıştır. Di Stasio ve ark. [11] tarafından yapılan bir çalışmada domates fidelerine deniz yosunu ekstraktlarının uygulanması ile bitkide çiçeklenme artmış, meyve sayısı ve büyüklüğünde de önemli artışların olduğu açıklanmıştır. Deniz yosunu uygulanması ile verim artışının, ekstraktlarda bulunan sitokinler, konakçı bitkinin hormon sentezinin indüksiyonu gibi çeşitli fitohormonların etkilerinin sonucu olduğu düşünülmüştür [12]. Deniz yosunu ekstraktlarının ve bileşenlerinin oksin, sitokin ve gibberellin gibi büyüme hormonlarının endojen biyosentezinden sorumlu genlerin ekspresyonunu modüle edebildiği rapor edilmiştir [9]. Ali ve ark. [9] ayrıca hasat edilebilir ürün verimini arttırmanın yanı sıra ekstraktların domates, biber, marul, ıspanak, hıyar, çileğin besin kalitesini de arttırdığını açıklamışlardır. *Macrocystis pyrifera* ekstraktları hıyar fidelerine uygulanmış, meyvelerde toplam fenol, antioksidan kapasite, C vitamini içeriği önemli ölçüde artmıştır [9]. Yosun gübresinin bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri bilinmekle birlikte, toprak özellikleri, yetiştirilme koşulları, bitki türü, uygulanan gübre çeşiti ve konsantrasyonları toprak enzimleri üzerinde farklı etki göstermektedir. Bu nedenle, çalışmamızda topraktan uygulanan ticari sıvı yosun gübresinin farklı konsantrasyonları ile tuz uygulamalarının arpanın kök bölgesinin bazı mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkileri ile arpa gelişimine olan etkisinin araştırması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmamızda arpa (*Hordeum vulgare* L.) Akhisar 98 çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar GAP Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Denemede kullanılan sıvı yosun gübresi (Sea Plus) ticari gübre satılan yerden alınmıştır. Kullanılan sıvı yosun gübresinin organik madde içeriği %12, suda çözünür potasyum oksit %3, Aljinit asit miktarı %0.3, EC; 13.56 dS/m, pH içeriği 6'dır. Saksı denemesinde kullanılan toprak, kampüs alanından daha önce herhangi bir uygulamanın yapılmadığı yerden alınmıştır. Toprak örneklerinin pH'ı 8.13, EC 0.96 dS/m, organik madde içeriği %1.69, azot

içeriği %0.03, kireç içeriği %22.6, fosfor 4.86 kg/da, potasyum 118.6 kg/da olup killi bünyeye sahiptir.

Saksı denemesinin kurulumu

Toprak örnekleri 2 mm'lik elekten elenmiş, 3 kg'lık saksılara doldurulmuştur. Her bir saksıya 10 arpa tohumu ekilmiş, çimlenme sonunda bitkiler 3'e seyreltilmiştir. Ekim ile birlikte, yosun gübresi saksılara % 0 (kontrol), % 0.4, % 0.8, % 1 ve % 2 olacak şekilde ayrı ayrı uygulanmış, her bir saksıya 50 ml olarak verilmiştir. Çimlenme sonrası tuz (NaCl), 0 mM (kontrol), 75 mM ve 150 mM olmak üzere ayrı ayrı saksılara, sulama suyu ile verilmiştir. Tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulan deneme 3 paralelli olarak yürütülmüştür. Saksılara uygulanan tuz; çimlenme sonrası 15 gün sonra ara ile sulama gerektiğinde sulama suyu ile uygulanmıştır. Bitkiler ekimden 12 hafta sonra hasat edilmiştir.

Bitki boyu, kök uzunluğu

Hasat edilen arpa boyları cetvel ile ölçülmüştür. Bitkinin toprakla temas ettiği kök boğazından bitki yaprağının uç kısmına kadar bitki boyu ölçülmüştür. Hasat edilen bitkiler kök boğazından kesilmiş, musluk suyu ile kökler yıkanarak topraklardan arındırılmıştır. Cetvel yardımı ile her bir uygulamadaki bitkilerin kök uzunluğu ölçülmüştür [4].

Bitkilerin yeşil aksam ve kök kuru ağırlıkları

Hasat sonunda her bir uygulamaya ait saksılardaki yeşil aksam ve kök kısımları kesilmiş, ayrı ayrı terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen örnekler ayrı ayrı kese kağıtlarına konulmuş, sabit ağırlığa gelinceye kadar 65°C'lik etüvde kurutulmuş, tartılmış kuru ağırlıkları alınmıştır [4].

Yaprak örneklerinde klorofil tayini

Her bir uygulamadan alınan yaprak örneklerinde klorofil tayini yapılmış, sonuçlar g/l olarak aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır [4,13].

Klorofil a (g/l): 0.0127 x A663-0.00269 x 645

Klorofil b (g/l): 0.0229 x A645-0.00468 x A663

Kök bölgesi topraklarında bazı mikrobiyolojik analizler

Hasat sonunda her bir uygulamadaki köklere yapışan topraklar alınmış, bu topraklardaki β-glukosidaz ve alkalın fosfataz enzim aktiviteleri incelenmiştir.

β-glukosidaz enzim aktivitesi

Alınan toprak örneğine; toluen, tris-aminometan, p-nitrofenil, β-D-glukopironosid eklenerek 37°C' de 1 saat

inkübe edilmiştir. İçeriğe CaCl_2 ve THAM çözeltisi eklendikten sonra 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür [14].

Alkalin fosfataz enzim aktivitesi

Örnekler; toluen, MUB tamponu, p-nitrofenilfosfat ile karıştırılarak 37°C 'de 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda açığa çıkan p-nitrofenol 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür [15].

İstatistik analiz

Her bir analiz 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Deneme sonunda uygulamalardan elde edilen sonuçlar, JMP istatistik programı kullanılarak incelenmiştir.

TARTIŞMA

Çalışmamızda, farklı konsantrasyonlarda yosun gübresi ve tuz konsantrasyonları topraklara uygulanmış ve rizosferdeki bazı enzim aktiviteleri ile arpa gelişimi üzerine olan etkileri sera koşullarında değerlendirilmiştir. Yosun gübresinin farklı konsantrasyonları arpa yaş ağırlığı üzerinde farklı etki göstermiştir. Tuz stresi koşullarında uygulanan % 0.4'lük yosun gübresi uygulaması, uygulanan diğer yosun gübresi konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında bitki yeşil aksam yaş ağırlığını arttırmıştır. En yüksek ağırlık %0.4 konsantrasyondaki yosun gübresi ve 75 mM NaCl uygulamasından (0.73 g) alınırken, en düşük ağırlık %2'lik uygulanan yosun gübresi ve 150 mM NaCl'nin birlikte uygulanması sonucu elde edilmiştir (Tablo 1). Yaş ağırlık 0.30 – 0.73 g/saksı arasında değişmiştir. Yosun gübresi uygulamasının, bitkilerin gelişimine olan olumlu katkılarının temel besin maddelerinin alınmasına, toprak yapısının iyileştirilmesi ve su tutma kapasitesinin artmasına bağlanabilir. Deniz yosunu özütleri hem çevre dostu hem de toksik olmadıkları için geleneksel gübrelere göre düşük maliyetli alternatifler olarak ilgi görmektedir [16]. Yosunlardan elde edilen biyogübrelerin bitkilerin kök morfolojisini geliştirdiği yapılan çalışmada belirlenmiştir [16]. Araştırmacılar, yosun gübresi ile yapılan uygulamaların bitkilerin daha derin toprak katmanlarından besin maddelerini yeterince alınabilmesini sağlayarak kök çoğalmasını, çimlenmesini ve büyümesini teşvik ettiğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca yosun gübresinin metabolizmayı hızlandırırken, enerji depolamayı iyileştiren yapısal olmayan karbonhidratların oluşumunu indüklediği, yaprakların su tutması, membran geçirgenliği ve osmotitlerin/iyonların taşınmasını artırarak yaprak büyümesini geliştirdiği ve abiyotik strese karşı toleransını arttırdığı açıklanmıştır [17]. Yosun gübresi uygulamalarının en önemli etkilerinden biri, güçlü kök sisteminin oluşturulmasıdır [18]. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, yosun gübresinin topraklara uygulanması ile arpanın kök uzunluğu ve kök ağırlığının kontrole göre oldukça iyi olduğunu göstermiştir. Çalışmamızda kök uzunluğu üzerinde uygulamalar etkili olmuş, en fazla kök uzunluğu tuz

uygulamaları (75 mM ve 150 mM) ile birlikte % 0.8 yosun gübresinin birlikte uygulanması ile elde edilmiştir. Benzer olarak, yapılan bir çalışmada marulun yedi günlük gelişiminde yosun gübresi uygulamalarının etkili olduğu, kök gelişimini arttırdığı rapor edilmiştir [18]. Yosun gübresi ve NaCl uygulamaları ayrı ayrı uygulandığında bitki boyu üzerinde etkileri incelenmiştir. 75 mM tuz uygulaması ve yosun gübresinin % 0.4'lük konsantrasyonu ile en yüksek bitki boyu alınırken, bunu %1'lik yosun gübresi konsantrasyonu izlemiştir. Farklı NaCl uygulamalarının bitki boyu üzerine etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yosun özütlerinin bitkiler üzerindeki olumlu etkilerinin betainler, poliaminler, oligosakkaritler, aminoasitler, vitaminler gibi çeşitli bitki büyümesini düzenleyici maddeleri içermesinden kaynaklandığı açıklanmıştır [19].

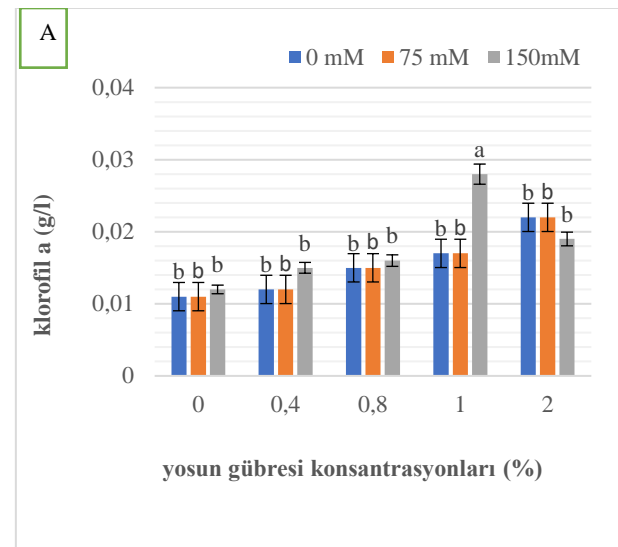
Tablo 1. Yosun gübresi ve tuz uygulamalarının arpanın bazı bitki özelliklerine etkileri

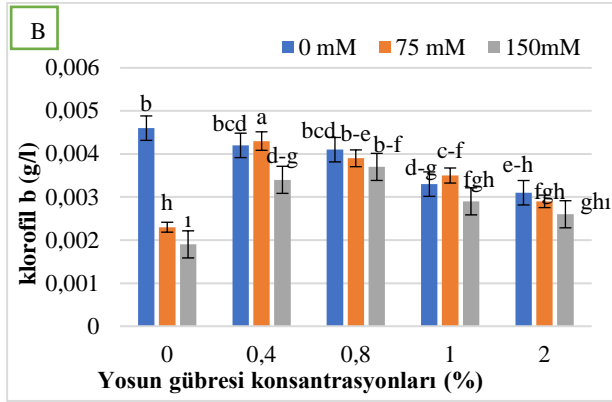
Yosun gübresi uygulaması (%)	NaCl uygulaması (mM)		
	Kontrol	75	150
Bitki yeşil aksam kuru ağırlık (g/bitki)			
0	0.47±0.02bcd	0.37±0.02cd	0.37±0.03 cd
0.4	0.33±0.02 d	0.73±0.05 a	0.53±0.04 bc
0.8	0.37±0.03 cd	0.47±0.01 bcd	0.43±0.01 bcd
1	0.60±0.07 ab	0.47±0.01 bcd	0.43±0.01 bcd
2	0.33±0.02 d	0.43±0.01 bcd	0.30±0.06 d
Arpa boyuna etkileri (cm)			
0	38.87±0.02a-d	38.47±0.02a-d	39.50±0.03 abc
0.4	34.10±0.03d-h	42.50±0.04 a	37.87±0.02a-f
0.8	29.60±0.04h	33.17±0.05 e-h	31.23±0.02 fgh
1	40.93±0.07ab	35.37±0.01c-g	36.23±0.02b-f
2	31.03±0.03fgh	30.70±0.01 gh	29.73±0.02 h
Kök kuru ağırlık (g/bitki)			
0	0.007±0.04 gh	0.007±0.02gh	0.008±0.04 e-h
0.4	0.006±0.04 h	0.008±0.02 fgh	0.011±0.06 d-g
0.8	0.013±0.03 bcd	0.019± a	0.013±0.06 bcd
1	0.015±0.05 bcd	0.014±0.05 bcd	0.017±0.05 ab
2	0.016±0.05 abc	0.012±0.03 c-f	0.012±0.03cd e
Kök uzunluğu (cm)			
0	10.3±0.07abc	10.5±0.05bc	11.7 ±0.05 b
0.4	10.7±0.05abc	8.7±0.02c	11.7±0.04 ab
0.8	12±0.03ab	13.2±0.04a	13.2±0.04a
1	11.03±0.01abc	10.90±0.05abc	10.03±0.06bc
2	9.60±0.01 bc	11.77±0.04ab	8.83±0.0 c

Bu bileşiklerin bitki sürgün ve kök dokusunun büyümesini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir [19]. Deniz yosunu gübresindeki zengin mineraller, organik

asitler, aktif madde, besinlerin bitkiler tarafından emilimini, taşınmasını ve kullanımını teşvik edebilmiştir [20]. Stres altındaki bitkilere uygulanan yosun ekstraktlarının tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin biyokütlesinden daha iyi etki gösterdiği açıklanmıştır [21]. Bizim çalışmamızda da yosun gübresinin uygulanması ile tuz stres koşullarında kontrole göre kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yeşil aksam ağırlığının artması araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir. Deniz yosunu ekstraktları uygulamaları tarımsal üretimde bitkilerin gelişimi ve verimi için oldukça yararlı bulunmuştur [22,23]. Chen ve ark. [24] tarafından yapılan bir araştırmada ise, *Ascophyllum nodosum*'dan ekstre edilen yosun gübresinin mısır gelişimi, rizosfer toprak üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, gübreleme sonunda mısır fidelerinin biyomasının arttığını belirlemişlerdir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *Ascophyllum nodosum* ekstraktlarının uygulandığı fidelerin boy uzunluğu, yeşil aksam ağırlıklarının önemli olarak arttığı rapor edilmiştir [24]. Bu sonuçlar bizim çalışmamızdaki sonuçları desteklemektedir. Uygulamaların kök uzunlukları üzerine etkileri incelenmiş, farklı konsantrasyonlarda uygulanan yosun gübresinin % 0.8'lik konsantrasyonu kontrole göre kök uzunluğunu arttırmıştır. Yosun gübresinin % 0.8'lik konsantrasyonu ile birlikte 75 mM NaCl uygulaması ve yosun gübresinin %0.8'lik konsantrasyonu ile 150 mM NaCl uygulaması diğer uygulamalara göre önemli bulunmuştur. En yüksek kök kuru ağırlığı % 0.8 yosun gübresi ile 75 mM NaCl'nin birlikte uygulanması ile elde edilmiştir. Çalışmamızda da yosun gübresi uygulamalarının arpa yeşil aksam yaş ağırlığı, kök ağırlığı, bitki boyu ve kök uzunluğu üzerine etkilerinin, rizosfer toprağında yosun gübrelerinin topraktaki besini arttırmasından kaynaklanabilir. Tuzluluk stresi fotosentezde bozulmaya neden olduğundan bitki gelişimi ve verimini azalmaktadır. Yapılan bir çalışmada *Sargassum angustifolium* ekstraktının tuz stresinin etkisini hafifletme yeteneğini doğrulamak amacıyla *Calotropis procera* yapraklarının klorofil içeriği ölçülmüş, sonuçlar tuz stresinin yapraklardaki klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir [21]. Araştırmacılar; tuz stresi altında (15 dS/m NaCl ve daha düşük konsantrasyonlarda) *Sargassum angustifolium*'un %0.5'lik konsantrasyonunun kontrole göre klorofil içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir [21]. Yaprak klorofil değerinin, tuzluluk stresine yanıt olarak tuz toleransının bir göstergesi olduğu bildirilmiştir [25]. Uygulanan yosun gübresinin %1'lik konsantrasyonu ile en yüksek klorofil a içeriği alınırken, % 0.4'lük konsantrasyon ile en yüksek klorofil b içeriği elde edilmiştir. Uygulanan yosun gübresinin farklı konsantrasyonları klorofil a ve b içeriğine farklı etki göstermiştir. Klorofil a içeriğine %1'lik yosun gübresi dozu ile 150 mM NaCl uygulaması etkili bulunmuştur. Klorofil b içeriği üzerine en yüksek değer 75 mM NaCl ile % 0.4 yosunun birlikte uygulanması ile elde edilmiştir (Şekil 1). Sonuçlarımız araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir. Buna göre çeşitli raporlar yosun gübresi uygulamasının tuz stresi ve kuraklık stresi

koşulları altında klorofil içeriğini arttırdığını göstermiştir [20, 26]. Tuzluluğun neden olduğu artan oksidatif stresin; klorofil yapısını etkilediği ve klorofil içeriğini azalttığı bildirilmiştir [27,28]. Çalışmamızda da klorofil a ve b arasındaki farklılığın nedeni klorofil içeriğindeki azalmanın tuzun membran stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklandığı, tuz uygulaması ile klorofilin kesintiye uğraması sonucu pigmentasyondaki azalmaya neden olması, Mg^{+2} birikiminin azalmasından kaynaklanabileceği, tuz uygulamaları ile klorofilazın yavaş sentez veya hızlı parçalanma ile klorofil a ve b sentezini etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Yosun ekstraktları uygulanan bitkilerin, sağlıklı ve verimli gelişmesinin diğer nedeni ise; ekstraktlar tarafından etkilenen topraktaki yararlı mikrobiyal popülasyonu da uyarak, kök bölgesi aktiviteyi uyarması olabilir. Topraklarda, rizosferik enzimatik aktiviteyi antibiyotikler, pestisidler, ağır metaller, tarla yönetimi, organik atıklar gibi önemli faktörler etkileyebilmektedir [26,30]. Toprak enzim aktiviteleri toprakta mikrobiyal gelişmenin indikatörleri olarak sık sık kullanılmaktadır. Toprak enzimleri besin döngüsü ile ilişkilidir ve faaliyetleri toprağın verimliliğinin korunması için gereklidir [7]. Yosun gübresi ve tuzun farklı konsantrasyonları toprağın alkalın fosfataz aktivitesi üzerinde farklı etki göstermiştir (Şekil 2). Yosun gübresinin artan konsantrasyonları alkalın fosfataz aktiviteyi arttırmıştır. En yüksek aktivite % 2 yosun gübresi uygulamasından alınmıştır. Farklı NaCl konsantrasyonları ve yosun gübresi uygulamalarının birlikte uygulanmaları; topraktaki aktivite üzerinde de etkili bulunmuştur. 150 mM NaCl uygulamasında alkalın fosfataz aktivite en düşük olarak bulunmuştur (1.09 μ g PNP/g toprak). Yosun gübresinin farklı konsantrasyonları rizosfer toprağında β -glukosidaz aktive üzerinde etkili bulunmuştur. En düşük β -glukosidaz aktivite yosun gübresinin uygulanmadığı topraklardan alınırken, en yüksek aktivite yosun gübresinin en yüksek konsantrasyonunda elde edilmiştir. Tuz uygulamalarına artan yosun gübresinin ilavesi ile aktivitenin kontrole göre arttığı gözlemlenmiştir.





Şekil 1. Yosun gübresi (%) ve tuz uygulamalarının klorofil a ve b (g/l) içeriğine etkileri

Çalışmada yosun gübresi ile muamelelerin arpa fidelerinin yaş ağırlığı, kök ağırlığı, bitki boyunu arttırmaları Jafarlou ve ark. [21] tarafından bildirildiği gibi topraktaki yosun gübresi ilavesi ile kazanılan besin maddelerinin bitkilerce besin maddelerinin daha fazla absorbe edilmesinden ve bitki tarafından kullanılabilmesinden kaynaklanabilir. Toprak enzim aktiviteleri inorganik besin maddelerinin formlarını etkileyebilmektedir [31] ve topraktaki besin maddelerinin; β -glukosidaz, fosfataz aktiviteyi önemli ölçüde arttırdığı açıklanmıştır [32]. Çalışmamızda ise yosun gübresinin %0.8, %1 ve %2 konsantrasyonlarının tuz stres koşullarında kontrole göre hem alkalın fosfataz hem de β -glukosidaz aktiviteyi arttırdığı belirlenmiştir (Tablo 2). Bu sonuçlar, tuz uygulamalarının enzim aktivite değerini azalttığını, yosun gübresinin yüksek konsantrasyonlarının topraklardaki toprak enzim aktivitelerini uyardığını göstermektedir. Bu sonuçlara dayanarak sıvı yosun gübresinin toprağa uygulanmasının toprak mineralizasyonunu arttırdığını, mevcut besin maddelerinin konsantrasyonunu arttırdığını düşünüyoruz. Ayrıca enzim aktivitelerindeki değişimler, muhtemelen mikroorganizmaların ve kök eksudantlarının tür ve miktarlarındaki değişimleri de yansıtmış olabilir. Organik gübre uygulamaları ile toprak enzim aktivitelerinin ilişkileri birçok araştırmacı tarafından da değerlendirilmiştir. Toprak enzim aktiviteleri üzerine ayrıca yüksek pH, düşük toprak nemi, sıcaklığı, toprakların azot düzeyleri de etkili olabilmektedir [33].

SONUÇ

Çalışmada topraktan uygulanan ticari sıvı yosun gübresinin beş farklı konsantrasyon ve sulama suyu ile verilen farklı tuz uygulamasının sera koşullarında arpa rizosfer toprağının β -glukosidaz ve alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi bölgemiz toprakları için ilk kez araştırılmıştır. Bu çalışma ile uygulanan yosun gübresi ve tuz uygulamalarının, arpa gelişim parametreleri üzerine olan etkisi değerlendirilmiş, uygulanan yosun gübresinin arpa yeşil aksam ağırlığı, kök ağırlığı, bitki boyu ve kök uzunluğuna etki ettiği, klorofil içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Hem bitki hem

de rizosferdeki mikrobiyolojik özellikler üzerine gübre ve tuz uygulamalarının etkilerinin test edilen toprak özellikleri, bitki türü, uygulama dozlarına göre değişiklik gösterdiği dikkate alındığında [4,7] sera koşullarında da rizosfer toprağının β -glukosidaz ve alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerinde etkili olduğu çalışmamızda saptanmıştır. Ayrıca uygulanan yosun gübresi, tuz uygulamalarının oluşturduğu strese karşı bitki gelişimini teşvik etmiştir. Sıvı yosun gübresinin artan konsantrasyonlarının rizosfer toprağın β -glukosidaz ve alkalın fosfataz enzim aktivitelerini arttırdığı incelenmiştir. Yosun gübresinin toprak mikrobiyal topluluğu üzerine etkilerini araştırmak, yosun gübresinin topraklara ilavesinden sonra topraktaki mikroorganizma popülasyonunun nasıl değiştiğini belirlemek ileride yapılacak çalışmalarla belirlenecektir. Çalışmamızda doğal ışık alan sera koşullarında sıvı yosun gübresinin arpa gelişimi üzerinde olumlu etkisinin; ileride yapılacak tarla denemeleri ile bitkinin besin ihtiyacının karşılanması ve veriminin artırılmasına olan katkıları belirlendikten sonra hem çevre kirliliğinin önlenmesi hem de çiftçinin ekonomik olarak tasarrufunu sağlamak amacıyla önerilebilecektir.

Tablo 2. Farklı konsantrasyonlarda yosun gübresi ve NaCl uygulamalarının rizosfer toprağının alkalın fosfataz aktivite (μ g PNP/g toprak) ve β -glukosidaz (mg-p nitrofenol/g toprak) aktivite üzerine etkisi

Rizosfer toprağın bazı enzim aktiviteleri	Yosun gübresi (%)	NaCl konsantrasyonu (mM)		
		Kontrol	75	150
alkalın fosfataz aktivite (μ g PNP/g toprak)	0	2.85±0.01 1j	2.43±0.01 0l	1.09±0.01 0n
	0.4	2.76± 0.016k	2.43±0.02 2l	2.14±0.01 7m
	0.8	5.96±0.02 7g	5.02±0.03 4h	4.87±0.02 ı
	1	11.43±0.0 38d	11.28±0.0 32e	9.86±0.02 7f
	2	15.41±0.0 33a	13.65± 0.020b	12.28±0.0 11c
β -glukosidaz (mg-p nitrofenol/g toprak)	0	10.02±0.0 2k	9.09±0.05 m	8.15±0.07 n
	0.4	9.49±0.06 l	10.16±0.0 9k	11.24±0.0 12j
	0.8	13.95± 0.011e	13.25± 0.018g	12.83±0.0 18h
	1	15.56±0.0 21c	14.42± 0.020d	12.28±0.0 17ı
	2	18.90±0.0 23a	17.77±0.0 24b	13.61±0.0 17f

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Harran Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri birimi (HÜBAP) tarafından 22220 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Hirel, B., Tetu, T., Lea, P. J., Dubois, F. Improving nitrogen use efficiency in cereals for sustainable agriculture. *Sustainability*. 39: 1452-1485, 2011.
- [2] Tuomisto, H. L., Scheelbeek, P.F.D., Chalabi, Z., Green, R., Smith, R.D., Haines, A., Dangour, A.D. Effects of environmental change on population nutrition and health: a comprehensive framework with a focus on fruits and vegetables. *Wellcome Open Res.* 2: 21, 2017.
- [3] Chourasia, K. N., More, S. J., Kumar, A., Kumar, D., Singh, B. Bhardwaj, V., Kumar, A., Das, S.K., Singh, R.K., Zinta, G. Salinity responses and tolerance mechanisms in underground vegetable crops: An integrative review. *Planta*. 255: 1-25, 2022.
- [4] Bensidhoum, L., Nabti, E. Role of *Cystoseira mediterranea* extracts (Sauv.) in the alleviation of salt stress adverse effect and enhancement of some *Hordeum vulgare* L. (barley) growth parameters. *SN Applied Sciences*. 3: 116-125, 2021.
- [5] Lobley, M., Butler, A., Reed, M. The contribution of organic farming to rural development: an exploration of the socio-economic linkages of organic and nonorganic farm in England. *Land Use Policy*. 263: 723-735, 2009.
- [6] Kumari, R., Kaur, I. ve Bhatnagar, A.K. Effect of aqueous extract of *sargassum jhonstonii* Setchell Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *J. Appl. Phycol.* 233: 623-633, 2011.
- [7] Gopinath, K. A., Supradip, S. M. B. L., Pande, H., Kundu, S., Gupta, H. S., Gupta, H.S. Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during the transition to organic production. *Nutr. Cycl. Agroeco Syst.* 82: 51-60, 2008.
- [8] Hamed, M., Kalita, D., Bartolo, M.E., Jayanty, S. Capsaicinoids, polyphenols and antioxidant activities of capsicum annum: comparative study of the effect of ripening stage and cooking methods. *Antioxidants*. 8: 364-383, 2019.
- [9] Ali, O., Ramsubhag, A., Jayaraman, J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants (Basel)*. 10:531-558, 2021.
- [10] Dookie, M., Ali, O., Ramsubhag, A., Jayaraman, J. Flowering Gene Regulation in Tomato Plants Treated with Brown Seaweed Extracts. *Sci. Hortic. (Amst.)* 276(67):109715, 2020.
- [11] Di Stasio, E., Roupheal, Y., Colla, G., Raimondi, G., Giordano, M., Pannico, A., El-Nakhel, C., De Pascale, S. The Influence of Ecklonia maxima Seaweed Extract on Growth, Photosynthetic Activity and Mineral Composition of Brassica rapa L. ssp. sylvestris under Nutrient Stress Conditions. *Eur. J. Hortic. Sci.* 13(11): 2745, 2017.
- [12] Kulkarni, M.G., Rengasamy, K.R.R., Pendota, S.C., Gruz, J., Plackova, L., Novak, O., Dolezal, K., Van Staden, J. Bioactive Molecules Derived from Smoke and Seaweed Ecklonia maxima Showing Phytohormone-like Activity in Spinacia oleracea L. *N. Biotechnol.* 25: 83-89, 2019.
- [13] Arnon, D.T. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1-15, 1949.
- [14] Hoffmann, E.D., Hoffmann, G.G. Die Bestimmung Der Biologischen Tätigkeit in Böden Mit. Enzymmethoden. Reprinted from *Advances in Enzymology and Related Subject of Bio chemistry*. 28: 365-390, 1966.
- [15] Tabatani, M. A., Bremner, J. M. Use of p-nitrophenol phosphate in assay of soil phosphatase activity. *Soil. Biol. Biochem.* 1: 301-307, 1969.
- [16] Hernandez-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, Bricene-Dominguez, D.R., Filippo-Herrera, D.A.D., Hernandez-Cormona, G. Seaweed as potential plant growth stimulants for agriculture in Mexico. *Hidrobiologica*. 28: 129-140, 2018.
- [17] Dalal, A., Bourstein, R., Haish, N., Shenhar, I., Wallach, R. ve Moshelion, M. Dynamic physiological phenotyping of drought stressed pepper plants treated with productivity-enhancing and survivability enhancing biostimulants. *Front. Plant Sci.* 905: 10, 2019.
- [18] Julia, L., Oscar, M., Analia, L., Guilherme, J.Z., Virginia, L. Biofertilization with *Macrocystis pyrifera* algae extracts combined with PGPR enhanced growth in *Lactuca sativa* seedlings. *J. Appl. Phycol.* 4: 1-11, 2020.
- [19] Blunden, G., Cripps, A. L., Gordon, S. M., Mason, T. G., Turner, C. H. The characterization and quantitative estimation of betaines in commercial seaweed extracts. *Bot. Mar.* 29: 155-160, 1986.
- [20] Battacharya, D., Babohari, M. Z., Rathor, P., Prithiviraj, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci Hortic.* 30:39-48, 2015.
- [21] Jafarlou, M.B., Pilehvar, B., Modaresi, M., Mohammadi, M. Seaweed liquid extract as an alternative biostimulant for the amelioration of salt stress effects in *Calotropis procena* (Aiton) W.T. *Journal of plant Growth Regulation*. 42: 449-464, 2023.
- [22] Kumar, N.A., Vantalzarzova, B. Sridhar, S., Baluswami, M. Effect of liquid seaweed fertilizer of *Sargassum wightii* Grev on the growth and biochemical content of green gram (*Vigna radiate* (L.) R. Wilezeck). *Recent Res. Sci. Technol.* 4: 40-45, 2012.
- [23] Zodape, S.T., Gupta, A., Bhandara, S.C. Rawat, U.S., Chaudhary, D.R., Eswaran, K., Chikara, J.2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Sci. Ind. Res.* 70: 215-219.
- [24] Chen, Y., Li, J., Huang, Z., Su, G., Li, X., Sun, Z, Qin, Y. Impact of short term application of seaweed fertilizer on bacterial diversity and community structure, soil nitrogen contents, and plant growth in maize rhizosphere soil. *Folia Microbiologica*. 65: 591-603, 2020.
- [25] Awana, M., Yadav, K.Rani, K., Gaikwad, K., Praveen, S., Kumar, S., Singh, A. Insights into salt stress induced biochemical, molecular and epigenetic regulation of. Spatial responses in Pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *J. Plant Growth Regul.* 38:1545-1561, 2019.
- [26] Carillo, P., Ciarmiello, L. F., Woodrow, P., Corrado, G., Chiaiese, P., Roupheal, Y. Enhancing sustainability by improving plant salt tolerance through macro and micro algal biostimulants. *Biology*. 9:253, 2020.
- [27] Li, J., Hu, L., Zhang, L., Pan, X., Hu, X. Exogenous spermidine is enhancing tomato tolerance to salinity-alkalinity stress by regulating chloroplast antioxidant system and chlorophyll II metabolism. *BMC plant Biol.* 15: 303, 2015.
- [28] Siddiqui, S. A., Khatri, K., Patel, D., Rathore, M. S. Photosynthetic gas exchange and chlorophyll a fluorescence in *Salicornia brachiata* (Roxb.) under osmotic stress. *J. Plant Growth Regul.* 41: 429-444, 2021.
- [29] Liu, H., Chen, X., Song, L., Li, K., Zhang, X., Liu, S, Li, P. Polysaccharides from *Grateloupia filicina* enhance tolerance of rice seeds (*Oryza sativa* L.) under salt stress. *Int. J. Biol. Macromol.* 124: 1197-1204, 2019.
- [30] Sardar, K., Qing, C., El Latif, H.A., Yue, X., Zheng, H.J. Soil enzymatic activities and microbial community structure with different application rates of Cd and Pb. *J. Environ. Sci.* 19: 834-840, 2007.
- [31] Nannipieri, P., Giagnoni, L., Rennella, G., Puglisi, E., Ceccanti, B., Masciandaro, G., Formasier, F., Moscatelli, M.C., Marinari, S. Soil enzymology: classical and molecular approaches. *Biol. Fertil. Soils*. 48: 743-762, 2012.
- [32] Ajwa, H.A., Dell, C.J., Rice, C.W.1999. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass

prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. *Soil Biol. Biochem.* 31:769-777, 1999.

- [33] Ge, G.F., Li, Z. J., Zhang, J., Wang, L.G., Xu, M.G., Zhang, J.B., Wang, J.K., Xie, X.L., Liang, Y.C. Geographical and climatic differences in long term effect of organic amendolments on soil enzymatic activities and respiration in field experiment stations of China. *Ecol. Complex.* 6: 421-431, 2009.