ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 9(2): 457-469, 2025
ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 9(2): 457-469, 2025
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15017959

Sıvı Solucan Gübresi, Salisilik Asit ve Prolin Uygulamasının Taze Soğan Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Haydar BALCI [1*], Muhsin YILDIZ [1], Murat KARA [1]
[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Van
[*]Sorumlu Yazar (Corresponding author): haydarbalci@yyu.edu.tr

Özet
Bu çalışma, sıvı solucan gübresi (SSG), salisilik asit (SA) ve prolin (PR) uygulamalarının taze soğan (*Allium cepa* L.) üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nin ısıtmasız cam serasında, tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülen araştırmada, bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı, toplam yaş ve kuru ağırlık ile SPAD değeri incelenmiştir. Deneme sonuçları, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0.05$). SSG1+SA1+PR1 kombinasyonu, bitki boyu (29.81 cm), toplam yaş ağırlık (187.33 g) ve kuru ağırlık (22.68 g) açısından en yüksek değerleri sağlamıştır. Ancak, SPAD değeri (60.13) bireysel uygulamalara göre daha düşük bulunmuştur. Prolinin bireysel uygulamalarda SPAD değeri (67.70) ve kök uzunluğu (14.64 cm) üzerindeki olumlu etkileri kombinasyonlarda yeterince ifade edilememiştir. Ayrıca, SA ve SSG'nin yüksek dozları bazı kombinasyonlarda büyümeyi baskılamıştır. Kümelenme analizi ve PCA sonuçları, sinerjik etkilerin yanı sıra antagonistik etkileşimleri de ortaya koymuştur. Sonuç olarak, %2 SSG + 0.1 mM SA + 50 ppm PR (SSG1+SA1+PR1) kombinasyonu, bitki gelişimi ve verimi artırmak için en uygun doz olarak belirlenmiştir. Ancak, doz optimizasyonu ve açık saha koşullarında uygulanabilirliği araştırılmalıdır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi :18.11.2024
Kabul Tarihi :29.12.2024

Anahtar Kelimeler
Taze soğan
prolin
sıvı solucan gübresi
salisilik asit
bitki büyüme düzenleyicileri

Effects of Liquid Vermicompost, Salicylic Acid, and Proline Applications on the Growth of Green Onion

Abstract
This study was conducted to evaluate the effects of liquid vermicompost (LVC), salicylic acid (SA), and proline (PR) applications on the growth and development of fresh onion (*Allium cepa* L.). The research was carried out in the unheated glass greenhouse of Van Yüzüncü Yıl University using a randomized block experimental design. Parameters such as plant height, root length, stem diameter, leaf number, total fresh and dry weight, and SPAD value were examined. The experimental results revealed statistically significant differences among the treatments ($p<0.05$). The SSG1+SA1+PR1 combination exhibited the highest values in terms of plant height (29.81 cm), total fresh weight (187.33 g), and total dry weight (22.68 g). However, its SPAD value (60.13) was lower compared to individual applications. The positive effects of proline on SPAD value (67.70) and root length (14.64 cm) in individual applications were not sufficiently expressed in combinations. Additionally, high doses of SA and SSG inhibited growth in certain combinations. Cluster analysis and PCA results indicated that while synergistic effects were observed, antagonistic interactions also emerged. In conclusion, the application of 2% SSG + 0.1 mM SA + 50 ppm PR (SSG1+SA1+PR1) was determined to be the most suitable dose for enhancing plant growth and yield. However, further research is needed to optimize the doses and assess their applicability under open-field conditions.

Research Article

Article History
Received :18.11.2024
Accepted :29.12.2024

Keywords
Green onion
proline
liquid vermicompost
salicylic acid
plant growth regulators

1. Giriş

Taze soğan (*Allium cepa* L.), dünya genelinde önemli bir sebze ürünü olup, zengin vitamin, mineral ve antioksidan içeriği sayesinde insan beslenmesinde stratejik bir rol oynamaktadır (Şensoy ve ark., 2001; Griffiths ve ark., 2002; Brewster, 2008). Dünya genelinde yıllık yaklaşık 100 milyon tonluk üretim gerçekleştirilirken, Türkiye 2.2 milyon tonluk üretimiyle bu alanda önemli bir yere sahiptir (FAO, 2023; TÜİK, 2023). Bununla birlikte, artan nüfus ve iklim değişikliğine bağlı çevresel stresler, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından yeni yaklaşımların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolin gibi biyostimülanlar, bitki büyümesini destekleme, stres toleransını artırma ve verimi iyileştirme açısından dikkat çeken uygulamalardır. Sıvı solucan gübresi, toprağın mikrobiyal aktivitesini artırırken, kök gelişimini teşvik etmekte ve makro-mikro element içerikleri sayesinde bitki büyümesini doğrudan desteklemektedir (Edwards ve ark., 2011; Arancon ve ark., 2004a). Salisilik asit, bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere karşı savunma mekanizmalarını aktive eden önemli bir sinyal molekülü olarak fotosentez etkinliğini artırmakta ve büyüme süreçlerine katkı sağlamaktadır (Khan ve ark., 2015; Shah, 2003). Prolin ise osmotik düzenleme, su kaybını önleme ve serbest radikalleri etkisiz hale getirme gibi işlevleriyle stres koşullarında bitki dayanıklılığını artıran temel bir amino asittir (Ashraf ve Foolad, 2007; Szabados ve Savouré, 2010).

Bu çalışma, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolinin, hem bireysel hem de kombinasyon halinde taze soğan bitkilerinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, bu uygulamaların doz ve kombinasyonlarının sinerjik veya antagonistik etkilerini belirleyerek literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi ısıtmasız cam seralarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada materyal olarak arpacık soğanı (*Allium cepa* L.) kullanılmıştır. Arpacık soğanları, 15 gözlü viyoller içerisine 1:2 oranında perlit/torf karışımından oluşan yetiştirme ortamlarına ekilmiştir. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre, kontrol dahil 9 farklı uygulama ve 3 tekerrürlü olarak toplam 27 viyol ve 405 bitki ile yürütülmüştür. Her bir viyol için eşit ağırlıkta arpacık soğanı tartılarak denemeye dahil edilmiştir. Soğan ekimleri yapıldıktan sonra, belirlenen dozlardaki uygulamalar sulama suyu ile birlikte bitkilere verilmiş ve standart yetiştirme yöntemlerine uygun şekilde bakım işlemleri yapılmıştır. Uygulamalar haftalık olarak düzenli aralıklarla gerçekleştirilmiş, deneme süresi boyunca bitkilerin gelişimi dikkatlice gözlemlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Ayrıca, yetiştirme sürecinde seradaki maksimum sıcaklık 32.8 °C, minimum sıcaklık -7.5 °C, maksimum nem oranı %84 ve minimum nem oranı ise %10 olarak kaydedilmiştir.

2.1. Uygulama grupları

Sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolin uygulamaları ile bunların farklı oranlardaki kombinasyonları aşağıda belirtilen dozlarda uygulanmıştır:

- ✓ K: Hiçbir uygulama yapılmadan yetiştirilen soğan bitkileri.
- ✓ Sıvı Solucan Gübresi uygulaması: SSG1 (%2), SSG2 (%4)
- ✓ Salisilik Asit uygulaması: SA1 (0.1 mM), SA2 (1 mM)
- ✓ Prolin uygulaması: Pr1 (50 ppm), Pr2 (100 ppm)

✓ Kombinasyon Grupları: SSG1 (%2) + SA1 (0.1 mM) + Pr1 (50 ppm), SSG2 (%4) + SA2 (1 mM) + Pr2 (100 ppm).

2.2. Bitki gelişim parametrelerinin ölçümü

Bitkiler, yaklaşık 90 günlük olduklarında hasat edilerek tüm ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, her uygulama grubundaki bitkilerden aşağıdaki parametreler değerlendirilmiştir:

✓ **Bitki boyu (cm):** Bitkilerin toprak yüzeyinden en yüksek yaprak ucuna kadar olan uzunluğu ölçülmüştür.

✓ **Kök uzunluğu (cm):** Yetiştirme ortamlarından çıkartılan bitkilerin kök uzunlukları ölçülmüştür.

✓ **Gövde çapı (mm):** Gövdenin yetiştirme harcı yüzeyine yakın kısmındaki çap ölçülmüştür.

✓ **Toplam yaş ağırlık (g):** Bitkilerin hasat edildikten sonra taze ağırlıkları hassas teraziyle tartılmıştır.

✓ **Yaprak klorofil miktarı (SPAD değeri):** Portatif bir klorofil ölçer (SPAD 502; Konica Minolta) kullanılarak rastgele seçilen 5 bitkiden alınan yaprak ölçümlerinin ortalaması alınmıştır.

2.3. İstatistiksel analiz

Elde edilen veriler STATGRAPHICS 15.1 paket programı kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) uygulanmış ve istatistiksel anlamlılık Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %5 önem seviyesinde ($p<0.05$) değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolin uygulamalarının taze soğan (*Allium cepa* L.) bitkilerinin büyüme, gelişim ve verim parametreleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmamızda; bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı, toplam yaş ağırlık, toplam kuru ağırlık ve SPAD değeri gibi parametreler değerlendirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.

3.1. Bitki boyu

Tablo 1 ve Şekil 1'de sunulan bitki boyu verilerine göre, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek bitki boyu, 29.81 cm ile SSG1+SA1+PR1 uygulamasında elde edilmiştir. Bu sonuç, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolinin sinerjik etkilerle bitki büyümesini teşvik ettiğini göstermektedir. Öte yandan, en düşük bitki boyu değeri 25.61 cm ile SA1 uygulamasında kaydedilmiş olup, bu durum salisilik asidin düşük dozlarının (0.1 mM) büyüme üzerindeki etkisinin sınırlı olabileceğini göstermektedir. Diğer uygulamaların bitki boyu değerleri ise 25.61 cm ile 27.60 cm arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar, literatürdeki birçok çalışma ile uyum göstermektedir. Örneğin, Idrees ve ark. (2011), domates bitkilerinde salisilik asidin büyüme üzerinde olumlu etkileri olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde, Arancon ve ark. (2004b) ve Edwards ve ark. (2006), solucan gübresinin içeriğindeki büyüme düzenleyici hormonların (auksin ve sitokinin) hücresel büyümeyi teşvik ettiğini ve bitki boyunu artırdığını belirtmiştir. Ayrıca, Ali ve ark. (2007) ile Khedr ve ark. (2003), prolinin osmotik dengeyi düzenleyerek ve hücresel büyümeyi teşvik ederek bitki boyunu artırdığını rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolinin kombinasyonlarının, bireysel uygulamalardan daha etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, SSG2+SA2+PR2 gibi bazı kombinasyonların beklenen etkinin altında kalması, uygulama dozlarının etkisi veya bileşikler arasındaki antagonistik etkileşimlerle açıklanabilir. Örneğin,

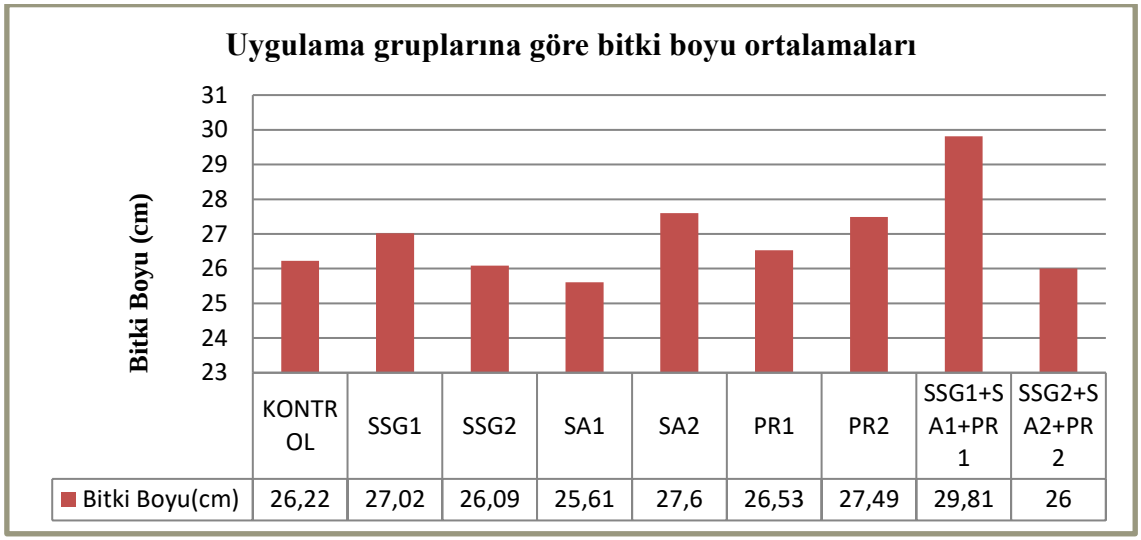
yüksek dozlarda salisilik asit (1 mM) veya sıvı solucan gübresinin (%4) osmotik baskıya neden olduğu ve bu durumun büyümeyi sınırlandırabileceği düşünülmektedir.

Tablo 1. Bitki boyu, kök uzunluğu, gövde çapı ve yaprak sayısı ile ilgili veri tablosu

Table 1. Data table on plant height, root length, stem diameter, and leaf number

Uygulama Grupları	Bitki boyu	Kök uzunluğu	Gövde çapı	Yaprak sayısı
Kontrol	26.22 ± 0.80 b	13.42 ± 0.44 abc	5.29 ± 0.14 a	4.31 ± 0.18
SSG1	27.02 ± 0.89 b	12.19 ± 0.38 cd	5.03 ± 0.12 abc	3.93 ± 0.16
SSG2	26.09 ± 0.97 b	11.00 ± 0.40 de	5.13 ± 0.15 abc	4.15 ± 0.17
SA1	25.61 ± 0.77 b	12.90 ± 0.55 bc	4.82 ± 0.13 cd	4.07 ± 0.15
SA2	27.60 ± 0.81 b	14.44 ± 0.53 a	4.55 ± 0.20 d	4.23 ± 0.20
PR1	26.53 ± 0.83 b	14.19 ± 0.61 ab	4.84 ± 0.13 cd	4.00 ± 0.16
PR2	27.49 ± 0.65 b	14.64 ± 0.52 a	5.21 ± 0.09 ab	4.22 ± 0.16
SSG1+SA1+PR1	29.81 ± 0.68 a	13.42 ± 0.47 abc	4.86 ± 0.13 bcd	4.28 ± 0.17
SSG2+SA2+PR2	26.00 ± 0.69 b	10.22 ± 0.38 e	5.10 ± 0.12 abc	4.00 ± 0.09
Toplam	26.98 ± 0.27	13.00 ± 0.18	4.97 ± 0.05	4.13 ± 0.05
P değeri	0.0067 *	0.0000 *	0.0044 *	0.6921

Sütunlardaki harfler p<0.05 anlamlılık düzeyinde Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir.



Şekil 1. Uygulama gruplarına göre bitki boyu ortalamaları

Figure 1. Average plant height by treatment groups

3.2. Kök uzunluğu

Tablo 1'de yer alan kök uzunluğu verileri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı bir farkın olduğu belirlenmiştir. En uzun kök uzunluğu 14.64 cm ile PR2 uygulamasında elde edilirken, en kısa kök uzunluğu ise 10.22 cm ile SS2+SA2+PR2 uygulamasında kaydedilmiştir. PR2 uygulaması ile birlikte Kontrol, SA2, PR1 ve SSG1+SA1+PR1 uygulamalarının istatistiksel olarak aynı önemlilik grubunda (a) yer aldığı tespit edilmiştir. Öte yandan, SS2+SA2+PR2 ve SSG2 uygulamalarının en düşük kök uzunluğu değerlerine sahip olduğu ve aynı önem grubunda (e) bulunduğu belirlenmiştir. Khan ve ark. (2003) yaptığı çalışmada, düşük dozda SA uygulamalarının kök büyümesini teşvik ettiğini, ancak yüksek dozların kök gelişimini baskıladığını bildirmiştir. Atiyeh

ve ark. (2002), solucan gübresi uygulamalarının çimlenme sonrası kök büyümesini teşvik ettiğini göstermiştir. Khedr ve ark. (2003) yaptığı çalışmada, prolinin osmotik düzenleyici olarak kök büyümesini artırdığı ve kök hücre bölünmesini teşvik ettiği bildirilmiştir. Çalışmada da PR2 grubunda en uzun kök gelişimi gözlenmiştir ve bu bulgu literatürle uyumludur. Ancak, SA ve SSG'nin belirli kombinasyonları kök gelişimini beklenenden düşük seviyede tutmuştur. Bu durum, doz bağımlı etkilere veya bileşiklerin antagonistik etkileşimine bağlı olabilir.

3.3. Gövde çapı

Tablo 1'de yer alan gövde çapı verileri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek gövde çapı değeri 5.29 mm ile Kontrol grubunda elde edilmiş olup, bu sonuç, kontrol grubunda dışsal bir uygulama olmadan yetiştirilen bitkilerde doğal büyüme süreçlerinin etkili olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, SSG1 (% 2 sıvı solucan gübresi), SSG2 (%4 sıvı solucan gübresi), PR2 (100 ppm prolin) ve SSG2+SA2+PR2 uygulamaları, gövde çapı bakımından kontrol grubuna yakın değerler sunmuş ve istatistiksel olarak aynı önemlilik grubunda yer almıştır. Bu uygulamalarda gövde çapı değerleri 5.03 mm ile 5.21 mm arasında değişmiştir. En düşük gövde çapı değeri ise 4.55 mm ile SA2 (%1 salisilik asit) uygulamasında kaydedilmiştir. Ayrıca, SA1 (0.1 mM salisilik asit), PR1 (50 ppm prolin) ve SSG1+SA1+PR1 uygulamaları da benzer şekilde daha düşük gövde çapı değerleri göstermiştir. Bu durum, salisilik asidin yüksek dozlarının büyüme üzerinde baskılayıcı bir etkiye sahip olabileceğine işaret etmektedir. Literatürde de bu bulgu desteklenmiştir; Jayakumar ve ark. (2014), SA'nın düşük dozlarda büyümeyi desteklediğini, ancak yüksek dozlarda hücresel bölünmeyi ve büyümeyi yavaşlattığını rapor etmiştir. Sıvı solucan gübresinin gövde çapı üzerindeki olumlu etkileri, topraktaki mikrobiyal aktiviteyi artırarak ve bitki kök sistemlerini destekleyerek büyümeyi teşvik etmesiyle açıklanabilir. Edwards ve ark. (2006), solucan gübresinin içeriğindeki büyüme düzenleyicilerin (auksin, sitokinin) hücresel büyüme ve bölünme süreçlerini desteklediğini bildirmiştir. Prolin ise osmotik dengeyi koruyarak hücre zarlarını stabilize eder ve bu sayede hücresel dayanıklılığı artırarak gövde çapını koruyabilir (Kavi Kishor ve ark. 2005). Çalışmanın dikkat çeken bir bulgusu, bazı kombinasyonların (örneğin, SSG1+SA1+PR1) gövde çapı üzerinde beklenenin altında etkiler göstermesidir. Bu, kombinasyon gruplarında kullanılan bileşikler arasındaki olası antagonistik etkileşimlerle açıklanabilir. Özellikle yüksek dozlarda SA (%1) gibi stres faktörlerinin, gövde kalınlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği düşünülmektedir. Bu tür doz bağımlı etkiler, uygulama protokollerinin optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

3.4. Yaprak sayısı

Tablo 1'de yer alan yaprak sayısı verileri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p<0.05$). Yaprak sayısı değerleri birbirine oldukça yakın olup, tüm gruplarda 3.93 ile 4.31 arasında değişmiştir. En yüksek yaprak sayısı 4.31 adet ile Kontrol grubunda belirlenmiş, en düşük yaprak sayısı değeri ise 3.93 adet ile SSG1 (%2 sıvı solucan gübresi) uygulamasında kaydedilmiştir. Diğer grupların yaprak sayısı değerleri arasında çok küçük farklılıklar görülmüş, ancak bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Literatürde, yaprak sayısını etkileyen faktörlerin bitki türüne ve çevresel koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği bildirilmektedir. Örneğin, Khan ve ark. (2003), düşük dozlarda

salisilik asidin yaprak büyümesini teşvik edebileceğini, ancak yüksek dozlarda yaprak gelişimini baskılayabileceğini rapor etmiştir. Benzer şekilde, Edwards ve ark. (2006), sıvı solucan gübresinin yaprak gelişimini dolaylı olarak etkileyebileceğini, ancak bu etkinin bitki türüne göre değişebileceğini belirtmiştir. Prolin uygulamalarının ise genellikle fotosentetik aktiviteyi ve kök büyümesini desteklediği, yaprak sayısı üzerinde sınırlı bir etkisinin olduğu bilinmektedir (Kavi Kishor ve ark. 2005). Çalışmada, tüm uygulama gruplarının yaprak sayısı bakımından birbirine yakın değerler göstermesi, bu bileşiklerin yaprak sayısını artırmak yerine, diğer büyüme parametrelerini (örneğin, bitki boyu veya toplam yaş ağırlık) daha fazla etkilediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, yaprak sayısının doğrudan çevresel koşullara (ışık, nem, sıcaklık) duyarlı olduğu ve bu nedenle uygulamalardan bağımsız olarak benzer kalabileceği düşünülmektedir.

3.5. Toplam yaş ağırlık

Tablo 2'de sunulan toplam yaş ağırlık verileri incelendiğinde, uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte, en yüksek toplam yaş ağırlık değeri 187.3 g ile SSG1+SA1+PR1 kombinasyon grubunda elde edilmiştir. Bu sonuç, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolinin birlikte uygulanmasının sinerjik bir etki yaratarak toplam yaş ağırlığı artırabileceğini göstermektedir. En düşük toplam yaş ağırlık değeri ise 141.33 g ile Kontrol grubunda ölçülmüştür. Bu iki değer arasındaki fark yaklaşık %32.5 olarak hesaplanmıştır. Diğer uygulamalara bakıldığında, yaş ağırlık değerleri 150.67 g (SSG2) ile 175.33 g (PR2) arasında değişim göstermiştir. Bu durum, bireysel uygulamaların (örneğin, PR2 ve SA2) kombinasyon uygulamalarına kıyasla daha düşük, ancak kontrol grubuna göre daha yüksek bir verim artışı sağladığını ortaya koymaktadır. Literatürde, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolin gibi bileşiklerin toplam yaş ağırlık üzerindeki olumlu etkileri sıklıkla rapor edilmiştir. Koç (2023), salisilik asit ve prolin uygulamalarının, bitkilerde toplam yaş ağırlıkta %35'e varan artış sağlayabileceğini bildirmiştir. Noreen ve ark. (2019), prolin uygulamalarının bitkilerin osmotik dengeyi düzenlemesine ve verim artışına katkıda bulunduğunu belirtmiştir. Hadid ve ark. (2023), buğday bitkilerinde prolin ve salisilik asit kombinasyonlarının toplam biyokütle üretimini artırdığını rapor etmiştir. Bu çalışmada, SSG1+SA1+PR1 kombinasyonunun en yüksek toplam yaş ağırlık değerine ulaşması, literatürdeki bu bulgularla uyumludur. Ancak, kombinasyon grubunun aksine bireysel uygulamalarda beklenenden daha düşük yaş ağırlık değerleri gözlenmiştir. Bu durum, uygulama dozlarının optimize edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

3.6. Toplam kuru ağırlık

Tablo 2'de sunulan toplam kuru ağırlık verileri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte, uygulama grupları arasında toplam kuru ağırlık değerlerinde dikkate değer farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek toplam kuru ağırlık değeri, 22.68 g ile SSG1+SA1+PR1 kombinasyonunda elde edilmiştir. Bu sonuç, sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolinin birlikte uygulanmasının sinerjik bir etki yaratarak bitki büyümesi ve biyokütle üretimini artırabileceğini göstermektedir. SA2 (%1 mM salisilik asit) uygulaması, 22.14 g ile kombinasyon grubunu takip etmiş ve diğer bireysel uygulamalara göre daha yüksek bir kuru ağırlık değeri sağlamıştır.

Tablo 2. Toplam yaş ağırlık, toplam kuru ağırlık ve SPAD değeri ile ilgili veri tablosu
Table 2. Data table on total fresh weight, total dry weight, and SPAD value

Uygulama grupları	Toplam yaş ağırlık	Toplam kuru ağırlık	SPAD değeri
Kontrol	141.33 ± 1.76	17.15 ± 1.37	64.90 ± 0.58
SSG1	168.67 ± 8.67	21.99 ± 0.42	65.30 ± 1.89
SSG2	150.67 ± 4.81	19.20 ± 0.40	63.27 ± 0.94
SA1	154.00 ± 13.61	20.37 ± 1.60	63.80 ± 1.76
SA2	172.67 ± 8.82	22.14 ± 0.90	63.90 ± 0.61
PR1	169.33 ± 15.68	21.89 ± 1.63	67.70 ± 4.36
PR2	175.33 ± 5.46	21.83 ± 1.25	65.63 ± 2.64
SSG1+SA1+PR1	187.33 ± 11.22	22.68 ± 1.71	60.13 ± 1.53
SSG2+SA2+PR2	166.67 ± 7.86	20.55 ± 1.15	64.73 ± 0.55
Toplam	165.11 ± 3.72	20.8667	64.37 ± 0.68
P değeri	0.0839	0.1040	0.4516

En düşük toplam kuru ağırlık değeri ise 17.15 g ile Kontrol grubunda kaydedilmiştir. Bu fark, dışsal uygulamaların bitki büyümesini ve verimini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Literatürde, salisilik asit ve prolin gibi biyostimülanların kuru ağırlık üzerindeki etkileri sıklıkla vurgulanmaktadır. Barros ve ark. (2019), pamuk bitkilerinde salisilik asit ve silisyum uygulamalarının su kullanım etkinliğini artırarak bitki biyokütlesini artırdığını bildirmiştir. Noreen ve ark. (2019), prolin uygulamalarının su stresine maruz kalan bitkilerde kuru ağırlık artışını teşvik ettiğini belirtmiştir. Edwards ve ark. (2006), sıvı solucan gübresinin toprak mikrobiyal aktivitesini ve bitki kök gelişimini destekleyerek biyokütle üretimini artırdığını rapor etmiştir. Bu çalışmada da SSG1+SA1+PR1 kombinasyonunun en yüksek toplam kuru ağırlık değerine ulaşması, literatürdeki bulgularla uyumludur.

Ancak, SSG2+SA2+PR2 gibi bazı kombinasyon gruplarının beklentilerin altında kalması, uygulama dozlarının etkisine veya bileşikler arasındaki antagonistik etkileşimlere işaret etmektedir.

3.7. SPAD Değeri

Tablo 2'de yer alan SPAD değeri (klorofil içeriği) incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte, gruplar arasındaki SPAD değeri farklılıkları dikkat çekicidir. En yüksek SPAD değeri 67.70 ile PR1 (50 ppm prolin) uygulamasında elde edilmiştir. Bu sonuç, prolin uygulamasının bitkilerin fotosentetik kapasitesini artırarak klorofil içeriğini desteklediğini göstermektedir. En düşük SPAD değeri ise 60.13 ile SSG1+SA1+PR1 kombinasyon grubunda kaydedilmiştir. Bu düşüş, kombinasyon grubunda kullanılan sıvı solucan gübresi (%2) ve salisilik asidin (0.1 mM) prolinin klorofil sentezini artırıcı etkisini dengeleyebileceğini veya baskılayabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, SSG2+SA2+PR2 gibi yüksek doz kombinasyonlarında da SPAD değeri kontrol grubuna yakın bir değer (64.73) göstermiştir.

Prolin ve salisilik asidin klorofil içeriği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı birçok araştırma bulunmaktadır. Ibrahim ve ark. (2022), mısır bitkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada prolin uygulamalarının klorofil içeriğini %9-14 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Hadid ve ark. (2023), buğday bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada, farklı dozlarda uygulanan prolinin su stresi altında klorofil a, klorofil b ve toplam pigment içeriğini artırdığını göstermiştir.

Mercan (2018), salisilik asidin düşük dozlarda klorofil sentezini desteklediğini, ancak yüksek dozlarda bu etkinin azaldığını rapor etmiştir. Bu çalışmada PR1 uygulamasının SPAD değeri üzerindeki olumlu etkisi, literatürdeki bulgularla uyumludur.

Parametreler	Bitki Boyu(cm)	Kök Uzunluğu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Yaprak Sayısı (ad)	Toplam Yaş Ağırlık (gr)	Toplam Kuru Ağırlık (gr)	Spad Değeri
Bitki Boyu(cm)	1						
Kök Uzunluğu (cm)	0,423	1					
Gövde Çapı (mm)	-0,291	-0,345	1				
Yaprak Sayısı (ad)	0,456	0,454	0,081	1			
Toplam Yaş Ağırlık (gr)	0,804	0,317	-0,441	-0,023	1		
Toplam Kuru Ağırlık (gr)	0,625	0,330	-0,604	-0,259	0,930	1	
Spad Değeri	-0,577	0,170	0,187	-0,500	-0,248	-0,089	1

Şekil 2. İncelenen parametrelerin korelasyon matrisi

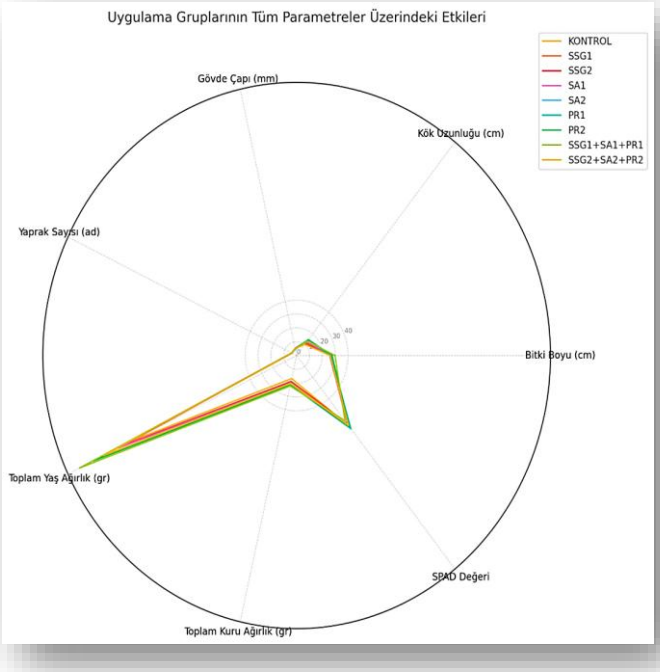
Figure 2. Correlation matrix of the examined parameters

Analiz sonuçları, bitki boyu, toplam yaş ağırlık, toplam kuru ağırlık, SPAD değeri ve gövde çapı gibi parametreler arasında çeşitli ilişkiler olduğunu göstermiştir (Şekil 2). Bitki boyu ile toplam yaş ağırlık (+0.80) arasında güçlü bir pozitif ilişki bulunmuştur. Bu, daha uzun bitkilerin genellikle daha ağır bir toplam yaş ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, bitki boyu ile toplam kuru ağırlık (+0.62) arasında orta düzeyde bir pozitif ilişki tespit edilmiştir, bu da bitki boyunun kuru ağırlığa katkıda bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca kök uzunluğu ile bitki boyu (+0.42) arasında orta düzeyde bir ilişki olduğu, bitki boyu arttıkça kök uzunluğunun da artma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Toplam yaş ağırlık ile toplam kuru ağırlık (+0.93) arasında çok güçlü bir pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Bu bulgu, yaş ağırlığı fazla olan bitkilerin genellikle daha fazla kuru ağırlık biriktirdiğini göstermektedir. Ancak SPAD değeri ile toplam kuru ağırlık (-0.09) arasında çok zayıf bir ilişki bulunmuş, bu durum klorofil miktarının kuru ağırlık üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. SPAD değeri ile bitki boyu (-0.58) arasında güçlü bir negatif ilişki tespit edilmiştir. Bu bulgu, daha yüksek SPAD değerine sahip bitkilerde bitki boyunun daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, yüksek klorofil içeriğinin enerji harcamasına bağlı bir yan etki olabileceğini düşündürmektedir. Gövde çapı ile bitki boyu (-0.29) arasında hafif bir negatif ilişki bulunmuş, bu da gövde çapı genişledikçe bitki boyunun hafifçe azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu ilişkiler arasında dikkat çeken bazı bulgular öne çıkmaktadır. Toplam yaş ağırlık ve toplam kuru ağırlık (+0.93) arasındaki güçlü pozitif ilişki, bitkilerin büyüme performansında bu iki parametrenin birbiriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Şekil 2). Benzer şekilde, bitki boyu ve toplam yaş ağırlık (+0.80) arasında tespit edilen pozitif ilişki, uzun bitkilerin daha fazla yaş ağırlığa sahip

olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında, SPAD değeri ile bitki boyu (-0.58) arasındaki güçlü negatif ilişki dikkat çekicidir. Daha yüksek klorofil içeriği (SPAD), daha kısa bitkilere işaret edebilir; bu durum, bitkilerin klorofil içeriği ile büyüme performansı arasında bir denge kurması gerektiğini düşündürmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda bazı öneriler sunulabilir. İlk olarak, SPAD değerinin bitki boyu ve kuru ağırlık üzerindeki negatif etkisi daha detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bu durum, bitkilerin klorofil içeriği ile büyüme performansı arasında bir denge kurması gerektiğini gösterebilir. İkinci olarak, bitki boyu ve toplam yaş/kuru ağırlık arasındaki güçlü pozitif ilişki dikkate alınarak, bu parametreleri daha fazla artıracak uygulamalar geliştirilebilir. Son olarak, uygulanan dozların klorofil ve büyüme üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için biyokimyasal analizlerin yapılması, gelecekteki çalışmalar için faydalı olacaktır.

3.8. Uygulama gruplarının parametreler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi

Analizler sonucunda elde edilen bulgular, uygulamaların bitki gelişim parametreleri üzerindeki etkilerini farklı düzeylerde ortaya koymuştur (Şekil 3). SSG1+SA1+PR1 kombinasyonu, bitki boyu (29.81 cm) ve toplam yaş ağırlık (187.33 g) gibi verim parametrelerinde en iyi sonuçları sağlamıştır. Aynı zamanda toplam kuru ağırlık (22.68 g) açısından da yüksek bir performans göstermiştir. Ancak, bu kombinasyon SPAD değeri bakımından (60.13) diğer uygulamalardan daha düşük bir değer sağlamış, bu da klorofil içeriği açısından sınırlı bir etki gösterdiğini ortaya koymuştur. PR2 uygulaması, kök uzunluğu (14.64 cm) açısından en yüksek değere ulaşmış ve SPAD değeri (65.63) bakımından da olumlu sonuçlar vermiştir. Bu durum, prolinin kök gelişimi ve klorofil içeriği üzerindeki olumlu etkilerini desteklemektedir. Benzer şekilde, SA2 uygulaması, bitki boyu (27.60 cm) ve kök uzunluğu (14.44 cm) bakımından iyi performans göstermiş, ancak gövde çapı (4.55 mm) gibi parametrelerde daha düşük bir değer elde edilmiştir. Kontrol grubu, gövde çapı (5.29 mm) bakımından en yüksek değeri sağlamış olsa da diğer parametrelerde (bitki boyu, yaş/kuru ağırlık) geride kalmıştır. Bu durum, dışsal uygulamalar yapılmadan doğal büyüme süreçlerinin sınırlı etkisini göstermektedir. SSG1 ve SSG2 gibi sıvı solucan gübresi uygulamaları, genel olarak dengeli bir performans sergilemiş, ancak hiçbir parametrede en yüksek değerleri sağlayamamıştır. Bu bulgular, sıvı solucan gübresinin tek başına dengeli bir büyüme sağladığını, ancak kombinasyonlar halinde kullanıldığında dozaj ayarının dikkatle yapılması gerektiğini göstermektedir. SSG2+SA2+PR2 kombinasyonu ise kök uzunluğu (10.22 cm) ve SPAD değeri (64.73) gibi parametrelerde düşük performans göstermiştir. Bu durum, bu kombinasyonda kullanılan bileşiklerin olası antagonistik etkilerinden kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 3. Uygulama gruplarının parametreler üzerindeki etkileri
Figure 3. Effects of treatment groups on parameters

Denemde SSG1+SA1+PR1 kombinasyonu, yeşil soğan verimi için ideal bir uygulama olarak öne çıkmaktadır. Prolin uygulamalarının (PR1 ve PR2), kök gelişimi ve klorofil içeriği üzerindeki olumlu etkileri dikkat çekicidir. SPAD değeri genellikle prolin uygulamalarında yüksek performans gösterirken, kombinasyonlarda düşüş göstermiştir. Bu durum, doz ve bileşikler arasındaki etkileşimlerin daha detaylı incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sıvı solucan gübresi, bireysel uygulamalarda dengeli sonuçlar sağlamış, ancak kombinasyon gruplarında dikkatli doz ayarlaması yapılması gerektiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, tarımsal verimliliği artırmak için kombinasyon uygulamalarının dikkatle optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, sıvı solucan gübresi (SSG), salisilik asit (SA) ve prolin (PR) uygulamalarının taze soğan bitkilerinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçları, özellikle SSG1+SA1+PR1 kombinasyonunun bitki boyu, toplam yaş ağırlık ve toplam kuru ağırlık gibi verim parametrelerinde önemli iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, SPAD değeri gibi klorofil içeriğini temsil eden parametrelerde kombinasyon gruplarının bireysel uygulamalara kıyasla daha düşük performans göstermesi, uygulamalar arasında olası antagonistik etkileşimlerin varlığını düşündürmektedir. Prolinin bireysel uygulamalarda kök uzunluğu ve SPAD değeri üzerinde sağladığı olumlu etkiler, kombinasyon gruplarında yeterince ifade edilememiştir. Özellikle yüksek SPAD değerine sahip bireysel PR1 uygulamasına kıyasla, kombinasyonlarda SPAD değerindeki düşüş, uygulanan dozların veya bileşiklerin birbiriyle etkileşimlerinin dikkatlice optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Benzer şekilde, SA ve SSG'nin yüksek dozlarının bazı kombinasyon gruplarında büyüme parametreleri üzerinde baskılayıcı etkileri olabileceği gözlemlenmiştir. Yapılan

kümelenme analizi ve PCA sonuçları, uygulama grupları arasında belirgin benzerlikler ve farklılıklar olduğunu göstermiştir. Kombinasyon gruplarının bireysel uygulamalardan tamamen ayrışmadığı, ancak özellikle büyüme parametreleri açısından sinerjik etkiler sergilediği gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ise diğer tüm uygulamalardan net bir şekilde ayrışmış, uygulamaların bitkisel büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Araştırma sonuçları ışığında, kombinasyon uygulamalarında kullanılan sıvı solucan gübresi, salisilik asit ve prolin dozlarının, antagonistik etkileri en aza indirecek şekilde yeniden ayarlanması önerilmektedir. Özellikle düşük dozların sinerjik etkileri daha etkin hale getirebileceği düşünülmektedir. Prolinin bireysel olarak sağladığı yüksek SPAD değerleri ve kök uzunluğu dikkate alınarak, bu bileşenin kombinasyon içindeki rolü daha detaylı şekilde incelenmelidir. Ayrıca bireysel ve kombinasyon gruplarının uzun vadeli etkileri karşılaştırılabilir. Çalışmada değerlendirilen parametrelere ek olarak, fotosentetik performans (net fotosentez oranı), su kullanma verimliliği ve bitkilerin biyokimyasal tepkileri (örneğin, antioksidan aktivite, enzim analizi) gibi parametrelerin de incelenmesi faydalı olacaktır. Bununla birlikte, kontrollü serada elde edilen bulguların açık saha koşullarında test edilerek kombinasyonların performansı ve ekonomik uygulanabilirliği değerlendirilmelidir. SSG, SA ve PR'nin uzun dönemli etkileri (örneğin, toprak özellikleri üzerindeki etkileri veya sonraki bitki döngüleri üzerindeki artçı etkiler) incelenebilir. Bu tür araştırmalar, yalnızca taze soğan değil, diğer sebze ve meyve türlerinde de bu uygulamaların verim ve kaliteye olan etkilerini ortaya koyabilir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

Ali, Q., Ashraf, M., Shahbaz, M., 2007. Amelioration of salt stress in maize (*Zea mays* L.) by exogenous proline application: Growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany,* 39(3): 577–587.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R., Metzger, J.D., 2004a. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology,* 93(2): 139–144.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D., Lee, S., Welch, C., 2004b. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia,* 47(5–6): 731–735.

Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany,* 59(2): 206–216.

Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Metzger, J.D., 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, 81(2): 103-108.

Barros, J., Silva, A., Fernandes, L., 2019. Effects of salicylic acid and silicon applications on water use efficiency in cotton plants. *Journal of Plant Physiology,* 234: 14–22.

Brewster, J.L., 2008. Onions and other vegetable alliums. CABI.

Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R., 2006. Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press.

Edwards, C.A., Domínguez, J., Arancon, N.Q., 2011. The influence of vermicompost on plant growth and pest incidence. *In The Dynamics of Organic Agriculture*: *International perspectives*, 83–98.

FAO. 2023. Food and Agriculture Organization Statistical Database. (http://www.fao.org) (Accessed: 10.09.2024).

Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., Smith, B., 2002. Onions a global benefit to health. *Phytotherapy Research,* 16(7): 603–615.

Hadid, M.L., Ramadan, K.M., El-Beltagı, H.S., Ramadan, A.A., El-Metwally, I. M., Shalaby, T.A., Saudy, H.S., 2023. Modulating the antioxidant defense systems and nutrients content by proline for higher yielding of wheat under water deficit. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca,* 51(3): 13291.

Ibrahim, A.E.A., Abd El Mageed, T., Abohamid, Y., Abdallah, H., El-Saadony, M., AbuQamar, S., Abdou, N., 2022. Exogenously applied proline enhances morph physiological responses and yield of drought-stressed maize plants grown under different irrigation systems. *Frontiers in Plant Science,* 13: 897027.

Idrees, M., Naeem, M., Aftab, T., Khan, M.M.A., 2011. Salicylic acid mitigates the stress generated by nickel and chromium in *Linum usitatissimum* L. *Journal of Plant Interactions,* 6(3): 231–237.

Jayakumar, K., Jaleel, C.A., Azooz, M.M., Panneerselvam, R., 2014. Impact of salicylic acid on plant growth and development. *Environmental and Experimental Botany,* 90: 20–25.

Kavi Kishor, P.B., Sangam, S., Amrutha, R.N., Laxmi, P.S., Naidu, K.R., Rao, K.R.S., 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(3): 424–438.

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A., Khan, N.A., 2015. Salicylic acid induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science,* 6: 462.

Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D.L., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology,* 160(5): 485–492.

Khedr, A.H.A., Abbas, M.A., Wahid, A.A.A., Quick, W.P., Abogadallah, G.M., 2003. Proline induces the expression of salt stress responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancratium maritimum* L. to salt stress. *Journal of Experimental Botany,* 54(392): 2553–2562.

Koç, E., 2023. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri ve dozlarının ayçiçeğinde tane verimi ve kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Mercan, N., 2018. Soya'da (*Glycine max* L.) salisilik asit'in iyon parametrelerine etkisi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa

Noreen, S., Faiz, S., Akhter, M.S., Shah, K.H., 2019. Influence of osmoprotectants to ameliorate salt stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Sarhad Journal of Agriculture,* 35(4): 1316–1325.

Shah, J., 2003. The salicylic acid loop in plant defense. *Current Opinion in Plant Biology*, 6(4): 365–371.

Szabados, L., Savouré, A., 2010. Proline: A multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*, 15(2): 89–97.

Şensoy, S., Türkmen, Ö., Kabay, T., 2001. Değişik arpacık iriliği dikim sıklığı ve derinliklerinin Van koşullarında ısıtmasız cam serada yetiştirilen yeşil soğan verimi üzerine etkileri. *6. Ulusal Seracılık Sempozyumu*. Kongre Bildiriler Kitabı, 5-7 Eylül, Muğla, s.155-159.

Tüik, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu Tarım Verileri. (https://www.tuik.gov.tr) (Erişim tarihi: 10.09.2024)

Atıf Şekli	Balcı, H., Yıldız, M., Kara, M., 2025. Sıvı Solucan Gübresi, Salisilik Asit ve Prolin Uygulamasının Taze Soğan Gelişimi Üzerindeki Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(2): 457-469. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15017959.
To Cite	Balcı, H., Yıldız, M., Kara, M., 2025. Effects of Liquid Vermicompost, Salicylic Acid, and Proline Applications on the Growth of Green Onion. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(2): 457-469. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15017959.