



## Yağışa Dayalı Koşullarda Yapraktan Salisilik Asit Uygulamasının Tütün Kalitesi ve Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisi

Effect of Foliar Application Salicylic Acid on Tobacco Quality and Agronomic Characteristics Under Rainfed Conditions

Dursun KURT<sup>1</sup>, Hakan ARSLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bafra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Samsun, Türkiye  
· [dursun.kurt@omu.edu.tr](mailto:dursun.kurt@omu.edu.tr) · ORCID > 0000-0001-6697-3954

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, Türkiye  
· [hakan.arslan@omu.edu.tr](mailto:hakan.arslan@omu.edu.tr) · ORCID > 0000-0002-9677-6035

### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 1 Şubat/February 2025

**Kabul Tarihi/Accepted:** 17 Mart/March 2025

**Yıl/Year:** 2025 | **Cilt-Volume:** 40 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 239-255

**Atıf/Cite as:** Kurt, D., Arslan, H. "Yağışa Dayalı Koşullarda Yapraktan Salisilik Asit Uygulamasının Tütün Kalitesi ve Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 40(2), Haziran 2025: 239-255

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Dursun KURT

## YAĞIŞA DAYALI KOŞULLARDA YAPRAKTAN SALİSİLİK ASİT UYGULAMASININ TÜTÜN KALİTESİ VE AGRONOMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

### ÖZ

Bu çalışmada kurak koşullarda salisilik asitin (SA) dışsal olarak yaprakтан uygulamasının tütün bitkisinin verim, randıman, brüt gelir, kapsül sayısı, tohum verimi, indirgen şeker, nikotin ve amonyak üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çalışma 2 farklı uygulama sayısı (1 veya 2 uygulama) ve 4 farklı doz (0 mM, 1 mM, 2 mM ve 4 mM) olacak şekilde 3 tekerrürlü yürütülmüştür. SA dozundaki artış verim, brüt gelir (\$ ha<sup>-1</sup>), bitki başına tohum sayısı, bitki başına tohum verimi, indirgen şeker, nikotin ve amonyak değerlerinde artış sağlarken, randıman üzerine herhangi bir etki göstermemiştir. Bununla birlikte iki kere SA uygulanan konularda bu parametrelerde bir kere uygulanan konulara göre önemli artışlar tespit edilmiştir. SA'nın 4 mM olarak uygulandığı konulardaki verim ve brüt gelirde sırasıyla kontrol konusuna göre %10.8 ve %13.9 oranında artış gerçekleşmiştir. Bitki başına tohum veriminde ise 1 mM, 2 mM ve 4 mM uygulanan konularda kontrol konusuna göre sırasıyla %17.5, %46.8 ve %80.4'lik bir artış olmuştur. 2 mM ve 4 mM SA uygulanan konulardaki indirgen şeker ve nikotin değerlerinde kontrol konusuna göre %17.2 ve %13.2 oranında artış gerçekleşmiştir. Bununla birlikte iki kere uygulama yapılan konularda ise tek uygulama yapılan konuya göre verimde %15.1 artış sağlanırken, brüt gelirde ise %13.4 artış olmuştur. 3. kırımdan elde edilen bitkilerdeki indirgen şeker ve nikotin değerlerinde ilk kırma göre sırasıyla %44.4 ve %99.4 oranında artış olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, SA'nın yaprak uygulamasının, özellikle yağışa dayalı bölgelerde yetiştirilen tütün üzerine olumlu etki ettiği belirlenmiş ve 4 mM dozunun iki kere uygulanmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dışsal, Güneşte Kurutulmuş, Oryantal, *Nicotiana Tabacum* L., Stres Faktörleri, Verim.



## EFFECT OF FOLIAR APPLICATION SALICILIC ACID ON TOBACCO QUALITY AND AGRONOMIC CHARACTERISTICS UNDER RAINFED CONDITIONS

### ABSTRACT

In this study, the effects of exogenous foliar application of salicylic acid (SA) on yield, quality grade index, gross income, seed pod, seed yield, reducing sugar, nicotine and ammonia of tobacco plants were investigated under dry conditions. The study was conducted in 3 replicates with 2 different application numbers (1 or 2 applications) and 4 different doses (0 mM, 1 mM, 2 mM and 4 mM). The increase in SA dose caused an increase in yield, gross income (\$ ha<sup>-1</sup>), number of seed pods per plant, seed yield per plant, reducing sugar, nicotine and ammonia values, but had no effect on quality grade index. However, there were significant increases in these parameters in the subjects treated with SA twice compared to the subjects treated once. Yield and gross income increased by 10.8% and 13.9%, respectively, in the subjects where SA was applied at 4 mM compared to the control subject. Seed yield per plant increased by 17.5%, 46.8% and 80.4% in 1 mM, 2 mM and 4 mM treatments, respectively, compared to the control. In 2 mM and 4 mM SA treatments, 17.2% and 13.2% increase was realized in reducing sugar and nicotine values compared to the control subject. On the other hand, there was a 15.1% increase in yield and a 13.4% increase in gross income in the twice application subjects compared to the single application subject. In the plants obtained from the 3<sup>rd</sup> priming, reducing sugar and nicotine values increased by 44.4% and 99.4%, respectively, compared to the first priming. As a result of the study, it was determined that foliar application of SA has a positive effect on tobacco grown especially in rainfed regions and it was determined that twice application of 4 mM dose had more suitable.

**Keywords:** Exogenous, Sun Cured, Oriental, *Nicotiana Tabacum* L., Stress Factors, Yield.



### 1. GİRİŞ

Dünyada yaklaşık 965 milyar \$ piyasasıyla (Statista, 2024) önemli gıda dışı tarım ürünlerinden olan tütünde, oriental grubun en büyük üreticisi Türkiye'dir. Referans harman karışımlarında %38 virginia, %15 burley, %12 damar (stem) ve %20 folyo (reconstitue) tütün yanı sıra %15 oriental tütün kullanılmaktadır (McKinney ve ark., 2012). Kaliteli sigaralık oriental tütünler, genetik yapı, çevresel koşullar ve bunların etkileşimlerinden kaynaklanan geniş bir varyasyona sahip olup (Kurt,

2020), verimdeki varyasyonun %87.9'u çevre kaynaklıdır (Sadeghi ve ark., 2011). Yağışın verim varyasyonundaki payı ise %80'e ulaşabilmektedir (Erskine ve Ashkar, 1993). Tütün, stresin olumsuz etkisinden kurtulmak için savunma oluştururken, verim kayıpları yaşamakta (Lambers ve ark., 2000), artan su stresi koşullarında verim azalmaktadır (Cakir ve Cebi, 2010; Guang ve ark., 2019). Tütünde verim ve kalite özelliklerinin yüksek olması, büyümenin başında yaprak gelişiminin hızıyla ilgilidir. Bu gelişim ise yeterli su ve besin ile sağlanabilecektir (Reddy ve Sreeramamurthy, 1993). Yüksek sıcak ve besin eksikliğine karşı defans mekanizması, oriental tütünlerin kalite niteliklerini geliştirmiştir (Kurt, 2020).

Bitkilerin kuraklık, hipoksi, sıcaklık, tuzluluk, soğuk gibi abiyotik streslere karşı dirençlerinin artırılması bitkisel üretim açısından önemli bir rol oynamaktadır (Kiremit ve ark., 2024). Bu nedenle farklı araştırmacılar bu streslere karşı bitkilerin direncini artırmak amacıyla dışsal uygulamalar kullanmışlardır. Birçok çalışmada melatonin (Hojjati ve ark., 2024), salisilik asit (Desire ve Arslan, 2021), askorbik asit (Javed ve ark., 2024) ve prolin (Abd-Elzaher ve ark., 2024) gibi dışsal uygulamalar farklı stres şartları altında yetiştirilen bitkilerin gelişimlerini artırmak için yapraktan uygulanmıştır.

Amerikan yerlileri ve eski Yunanlılarında ağrılara ve ateşe iyi geldiği için kullanıldığı, 1828'de Johann Buchner tarafından söğüt ağacı kabuğundan ilk kez izole ettiği, adı latince *Salix* (söğüt) sözcüğünden gelen salisilik asit, ilk ticari üretimi 1874 yılında Almanya'da yapılmıştır (Ozeker, 2005). Salisilik asit (SA), bitkilerde yaygın bir sinyal bileşiği olarak hareket eden ve onları bir dizi biyotik ve abiyotik zorluğa karşı koruyan bir hormon olarak kabul edilir (Khalil ve ark., 2022). Bitkilere salisilik asit püskürtmek veya tohumları salisilik asit ile ön uygulamaya tabi tutmak bitkilerin strese karşı toleransını artırabilmektedir (Ghahremani ve ark., 2023). Salisilik asidin fizyolojik süreci düzenlediği ve biyoaktif bileşik içeriğinde önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir (El-Hady ve ark., 2021). SA'nın bitkilerde fotosentez hızı, hücre zarı geçirgenliği, pigment içeriği ve iyon alımı gibi çeşitli fizyolojik süreçleri düzenlemektedir (Abreu, 2009). SA, kuraklık, tuzluluk ve aşırı sıcaklık gibi farklı abiyotik streslere karşı bitki toleransını artırır (Khaleqzaman ve ark., 2024; Ilyas ve ark., 2024; Ahmed ve ark., 2024). Su kısıtı şartları altında yapraktan SA uygulamasının domateste çiçek dökülmesini azalttığını ve meyve verimini artırdığı belirlenmiştir (Aires ve ark., 2022).

Tütün bitkisinin kalite parametreleri üzerine iklimin ve çeşidin etkisi ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak dışsal uygulamaların tütün üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma ile yağışa dayalı olarak yetiştirilen tütün bitkisine farklı doz ve farklı uygulama zamanlarında yapraktan salisilik asit uygulamanın bitkinin agronomik ve kimyasal içeriği üzerine etkileri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Bitki Materyali ve Büyüme Koşulları

Araştırma 2022 yılında, Samsun-Bafra ilçesi Aktekke köyünde, 41°32'29"N, 35°53'05"E koordinat ve 37 metre rakımda, çiftçi koşullarında sulamasız olarak yürütülmüştür. Vejetasyon döneminde sıcaklık uzun yıllara göre bir derece artmış, yağış ise %53 azalarak toplam 132 mm düşmüştür. Uzun yıllara göre çok kurak bir sezon geçirilmiş, özellikle çiçeklenme döneminde kuraklık etkisi en yüksek düzeyde olmuştur. Kumlu-tınlı toprak yapısı ile arazi, tütün yetiştiriciliği için uygun tekstüre sahiptir. Toprak, hafif alkali karakterli, hafif tuzlu, az kireçli, düşük organik madde, fosfor ve bor ile yeterli potasyum, magnezyum, çinko, mangan ve bakır seviyesine sahip olup, demir içeriği fazladır.

Bitkisel materyal olarak, karakteristik kuruma rengi ve aroması ile bilinen, üreticiler tarafından yoğun ilgi gören tescilli *Nicotiana tabacum* L. var. OZE-S2 çeşidi kullanılmıştır. Oriental tütünler özelinde bu çeşit, uzun boylu (142-150 cm), orta sıklıkta yaprak sayısına sahip (34-36 adet/bitki), yaprak şekli dar (hafif) eliptik, geçici, açık pembe çiçek rengine, 11-15 cm yaprak eni, 24-28 cm yaprak boyuna, yüksek verim ve randıman ile dengeli nikotin/şeker oranına sahiptir (Kınay ve Kurt, 2022).

Fideler, 20.10.10 NPK+mikro kompozene (0.4-0.4-0.4 Fe-Mn-Zn), havuz suyuna 500 g ton<sup>-1</sup> hesabıyla katıldığı float sistemde, torf ortamında, köpük viyollerde yetiştirilmiştir. 4-6 yapraklı, 12-15 cm boya ulaşmış, pişkin duruma gelen fideler, hazırlanan parsellere şaşırtılmıştır. Dört metre boyunda dört sıradan oluşan parsellerde dikim sıklığı 45×15 cm'dir. Şaşırtma öncesi parsellere, 60-40-60 kg ha<sup>-1</sup> NPK uygulaması yapılmıştır. Vejetasyon süreleri boyunca çapalama, dip sıyırma, boğaz doldurma ve hastalık-zararlılarla mücadele gibi bakım işlemleri yapılmıştır (Kurt, 2023).

### 2.2. Salisilik Asit Uygulamaları

Araştırmada 4 farklı SA dozu (SA1: 0 mM, SA2: 1 mM, SA3: 2.0 mM, SA4: 4 mM) ve 2 farklı uygulama sayısı (U1: Tek uygulama; U2: İki uygulama) olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bitkiler 8-10 yapraklı hale geldikten sonra ilk uygulama 24 Haziran ve ikinci uygulama ise 8 Temmuz'da olmak üzere iki hafta arayla yapılmıştır. Uygulamalar ilk kırımdan 18 gün önce tamamlanmıştır. SA uygulamaları sabah saat 08:00-10:00 saatleri arasında yapraklar tamamen ıslatılana kadar manuel bir püskürtücü ile yapılmıştır. Kontrol parsellerine her defasında saf su uygulanmıştır.

### 2.3. Bitki Analizleri

Olgunlaşan yapraklar üç elde hasat edilmiş, bir gün gölgede soldurma sonrası güneşte kurutulmuştur. Olgunlaşan tohum kapsülleri parselde rastgele 10 bitkide sayılmış, hasat edilmiş ve bitki başına tohum verimi tartılarak hesap edilmiştir. Kuruması tamamlanan yaprak tütünler tartılıp, %15 nem oranına sabitlenerek, verimleri hesaplanmış ve organoleptik gözlemleri tütün eksperleri tarafından American Grading metoduna göre yapılmıştır. Verim×fiyat hesabıyla oluşan brüt gelirde fiyat randıman esasına göre belirlenmiştir. Buna göre randımanın 55'den küçük, 55-60 arası ve 60'tan büyük olmasına göre dolar bazlı 3 farklı fiyat oluşturulmuştur ( $2.64 \$ \text{kg}^{-1} < \%55 < 2.91 \$ \text{kg}^{-1} < \%60 < 3.17 \$ \text{kg}^{-1}$ ) (Kurt, 2023). Tartılan tütünlerden kimyasal içerik analizleri için örnekler alınarak sıfır nemde öğütülmüştür. Örneklerin nikotin (Coresta, 2017) ve indirgen şeker oranları (Coresta, 2010) continuous flow analysis yöntemi ve amonyak oranları (Coresta, 2018) ise ion chromatographic yöntemine göre Öz-Ege Tütün San. Tic. A.Ş. analiz laboratuvarında yapılmıştır.

### 2.4. İstatistiksel Analiz

Bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülen çalışmada, daha hassas incelenmek istenen dozlar alt parsellere, uygulama sayıları ise ana parsellere konu edilmiştir. Piyasanın odaklandığı önemli kimyasal kalite parametrelerinden nikotin, indirgen şeker ve amonyak içerikleri, kırımlar düzeyinde örneklendirilerek, incelenmiştir. Bu verilerde, ana parsellere uygulama sayısı ve alt parsellere uygulama dozuna ek olarak, alt-alt parsellere kırım faktörü yerleştirilmiş, analiz bölünen-bölünmüş parseller deseni esaslarına göre yapılmıştır. Randıman verilerinde arcsin transformasyon uygulanmış, veriler JMP 13.0 yazılımı ile varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklar Tukey's HSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır (Kurt, 2023).

## 3. BULGULAR

### 3.1. Agronomik Özellikler

Bitkilerin agronomik özelliklerine ait istatistiksel değerlendirmeler Çizelge 1'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre verim, brüt gelir, kapsül sayısı ve bitki başına tohum ağırlığı dışsal uygulama sayısından istatistiksel olarak çok önemli düzeyde ( $p < 0.01$ ) etkilenirken, dışsal uygulama sayısı randıman üzerine herhangi bir etki etmemiştir. Salisilik asit dozu verim ve brüt gelir üzerine istatistiksel olarak önemli etki ederken ( $p < 0.05$ ), bitki başına tohum sayısı ve bitki başına tohum verimi üzerine ise çok önemli ( $p < 0.01$ ) etki etmiştir. Salisilik asit dozu ve dışsal uygulama sayısı interaksiyonunun bitkilerin agronomik parametreleri üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etkisi olmamıştır.

**Çizelge 1.** Bölünmüş parseller desenine göre uygulamalar, dozlar ve interaksyonlarının önemi için ANOVA tablosu.

**Table 1.** The ANOVA table for the significance of treatments and their interactions according to split plots design.

| Kaynak   | SD | Verim     |       | Randıman |      | Brüt gelir |        | Bitki başına tohum kapsülü |      | Bitkide tohum verimi |      |
|----------|----|-----------|-------|----------|------|------------|--------|----------------------------|------|----------------------|------|
|          |    | KO        | SH    | KO       | SH   | KO         | SH     | KO                         | SH   | KO                   | SH   |
| Blok     | 2  | 3154.45   |       | 11.27    |      | 47063.20   |        | 1.6437                     |      | 0.0709               |      |
| Uyg. (U) | 1  | 217755*   | 17.63 | 212.3    | 1.18 | 1712111*   | 49.50  | 25.297**                   | 0.13 | 0.8664**             | 0.03 |
| Hata 1   | 2  | 3729.11   |       | 3.739    |      | 29406.70   |        | 0.1933                     |      | 0.0059               |      |
| Doz (D)  | 3  | 25865.5** | 26.30 | 5.112    | 0.67 | 379202.0** | 85.70  | 96.203**                   | 0.63 | 6.1453**             | 0.02 |
| U × D    | 3  | 847.824   | 37.20 | 2.419    | 0.95 | 26416.90   | 121.20 | 6.5692                     | 0.89 | 0.6855               | 0.13 |
| Hata 2   | 12 | 4151.60   |       | 7.089    |      | 44066.00   |        | 2.3737                     |      | 0.1091               |      |

(\*\*), (\*): %1, %5 önemlilik. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, SH: Standart hata.  $Q_{0.05}$ : D için; 2.97, U × D için; 3.62.

Tütün verimi salisilik asit dozu ve uygulama sayısındaki artış ile birlikte önemli derecede artış göstermiştir. En yüksek verim SA4 konusunda ( $1452.86 \text{ kg ha}^{-1}$ ) elde edilirken, en düşük verim ise SA1 konusunda ( $1311.8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) olarak elde edilmiştir. SA4 dozundan elde edilen verimde kontrol konusuna göre %10.7 oranında bir artış sağlanmıştır. İki kere SA (U2) uygulanan konulardaki brüt gelirde bir kere uygulanan konulara göre %15.1'lük bir artış olmuştur (Çizelge 2).

SA dozundaki artış brüt gelirde önemli derecede artışa neden olmuştur. En yüksek gelir 4 mM dozunun uygulandığı konuda ( $4605.6 \$ \text{ ha}^{-1}$ ) ve en düşük gelir ise SA uygulamasının yapılmadığı kontrol konusundan ( $4042.9 \$ \text{ ha}^{-1}$ ) elde edilmiştir. SA1, SA2 ve SA3 konularındaki brüt gelirlerde istatistiksel olarak bir farklılık oluşmamıştır. Dışsal uygulama sayısındaki artış brüt gelirde %13.4'lük bir artışa neden olmuştur.

Her bir bitkideki kapsül sayısı, SA dozundaki artış ile önemli derecede artış göstermiş ve kontrol konusuna göre SA2, SA3 ve SA4 konularında sırasıyla %20.6, %42.0 ve %66.9 oranında artmıştır. Uygulama sayısındaki artış, bitkideki kapsül sayısında artışa neden olmuş ve U2 konusunda, U1 yapılan konulara göre %11.7 oranında artış olmuştur.

SA dozundaki artış bitkideki tohum ağırlığında önemli artışa neden olmuştur. Kontrol konusuna 4 mM SA ve 2 mM SA uygulanan konularda tohum ağırlıklarında sırasıyla %46.8 ve %80.4 oranında artış olmuştur. Bununla birlikte SA1 ve SA2 konuları arasında ise istatistiksel olarak bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Uygulama sayısındaki artış, tohum ağırlığında %10.3 oranında artışa neden olmuştur.

**Çizelge 2.** Salisilik asit seviyelerinin ve uygulama zamanlamasının tütünün agronomik özellikleri üzerine etkisi

**Table 2.** Influence of salicylic acid levels and application timing on tobacco agro-nomic characteristics

| Dozlar<br>(D)       |           | Verim<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Randıman<br>(%) | Brüt Gelir<br>(\$ ha <sup>-1</sup> ) | Bitki başına<br>tohum kapsülü | Bitkide tohum<br>verimi (g) |
|---------------------|-----------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| SA1                 | (Kontrol) | 1311.77 b                       | 63.68           | 4042.92 b                            | 13.97 d                       | 1.43 c                      |
| SA2                 |           | 1316.37 b                       | 64.01           | 4111.56 b                            | 16.85 c                       | 1.68 c                      |
| SA3                 |           | 1349.95 ab                      | 63.27           | 4213.95 b                            | 19.84 b                       | 2.10 b                      |
| SA4                 |           | 1452.86 a                       | 61.91           | 4605.56 a                            | 23.31 a                       | 2.58 a                      |
| Uygulamalar (U)     |           |                                 |                 |                                      |                               |                             |
| U1                  | (Bir kez) | 1262.48 b                       | 66.19           | 3976.41 b                            | 17.47 b                       | 1.85 b                      |
| U2                  | (İki kez) | 1452.99 a                       | 60.24           | 4510.59 a                            | 19.52 a                       | 2.04 a                      |
| D × U İnteraksiyonu |           |                                 |                 |                                      |                               |                             |
| SA1                 | U1        | 1219.41                         | 66.10           | 3762.87                              | 13.23                         | 1.51                        |
|                     | U2        | 1404.12                         | 61.26           | 4322.97                              | 14.72                         | 1.35                        |
| SA2                 | U1        | 1221.32                         | 66.77           | 3871.58                              | 17.17                         | 1.66                        |
|                     | U2        | 1411.43                         | 61.26           | 4351.54                              | 16.53                         | 1.70                        |
| SA3                 | U1        | 1267.48                         | 66.10           | 4017.91                              | 17.81                         | 1.78                        |
|                     | U2        | 1432.42                         | 60.43           | 4410.00                              | 21.87                         | 2.41                        |
| SA4                 | U1        | 1341.73                         | 65.80           | 4253.28                              | 21.65                         | 2.46                        |
|                     | U2        | 1452.99                         | 58.02           | 4957.84                              | 24.96                         | 2.71                        |

Aynı sütunda aynı harfle takip edilen ortalamalar Tukey HSD'ye göre anlamlı derecede farklı değildir (p<0.05).

### 3.2. Kimyasal İçerikler

Uygulamalar ve interaksiyonlarına ait ANOVA analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Tütün kimyasal bileşenleri SA dozu, uygulama sayısı ve bunların interaksiyonlarından önemli ölçüde (p<0.01 veya p<0.05) etkilenmiştir.

Salisilik asit dozundaki artış, tütün bitkisindeki indirgen şeker değerinde çok önemli artışlara neden olmuştur. En düşük değer SA2 konusunda %6.5 ve en yüksek değer ise SA3 konusunda %8.5 olarak ölçülmüştür. Kontrol konusuna göre SA3 ve SA4 konularında indirgen şeker oranları %19.7 ve %17.2 oranında artış göstermiştir. Uygulama sayısındaki artış, şeker değerinde %43.4'lük bir artışa neden olmuştur. Çalışmada kırım aralarında bitkideki indirgen şeker oranlarındaki değişimler incelenmiştir. İlk kırımdaki şeker oranı %5.83 iken, ikinci ve üçüncü kırımdaki şeker oranlarında birinci kırıma göre sırasıyla %46.48 ve %44.52'lik bir artış olmuştur. İkinci ve üçüncü kırım aralarındaki şeker oranlarında ise istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır.

**Çizelge 3.** Bölünen bölünmüş parseller desenine göre uygulamalar, dozlar, kırımlar ve interaksyonlarının önemi için ANOVA tablosu.

**Table 3.** The ANOVA table for the significance of treatments and their interactions according to split-split plots design.

| Kaynak       | SD | İndirgen Şeker |    | Nikotin |    | Amonyak |    | Q <sub>0.05</sub> |
|--------------|----|----------------|----|---------|----|---------|----|-------------------|
|              |    | KO             | SH | KO      | SH | KO      | SH |                   |
| Blok         | 2  | 0.484          | -  | 0.136   | -  | 0.0006  | -  | -                 |
| Uygulama (U) | 1  | 132.2          | ** | 0.054   | ** | 0.009   | *  | 0.0007            |
| Hata 1       | 2  | 0.105          | -  | 0.003   | -  | 0.0000  | -  | -                 |
| Doz (D)      | 3  | 16.92          | ** | 0.125   | ** | 0.036   | ** | 0.0021            |
| U × D        | 3  | 3.390          | ** | 0.177   | *  | 0.051   | ** | 0.0029            |
| Hata 2       | 12 | 0.282          | -  | 0.024   | -  | 0.0001  | -  | -                 |
| Kırım (K)    | 2  | 56.13          | ** | 0.099   | ** | 0.034   | ** | 0.0023            |
| U × K        | 2  | 19.12          | ** | 0.140   | *  | 0.048   | ** | 0.0032            |
| D × K        | 6  | 9.479          | ** | 0.198   | *  | 0.068   | ** | 0.0045            |
| U × D × K    | 6  | 11.89          | ** | 0.280   | *  | 0.096   | ** | 0.0064            |
| Hata 3       | 32 | 0.236          | -  | 0.028   | -  | 0.0001  | -  | -                 |

(\*\*), (\*): %1, %5 önemlilik. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, SH: Standart hata.

Uygulama ve doz interaksyonuna göre en yüksek şeker oranı %10.35 ile SA3×U2 konusunda ölçülürken, doz ve kırım sayısı arasındaki interaksyona göre ise en yüksek değer %10.1 ile SA4×K2 konusundan elde edilmiştir. Kırım ve uygulama sayısı interaksyonuna göre ise en yüksek indirgen şeker oranı K2×U2 konusunda %10.4 olarak ölçülürken, en düşük değer ise K1×U1 konusunda %5.5 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4).

Doz artışı, tütünde nikotin değerinde önemli artışa neden olmuş ve kontrol konusuna göre SA4 konusundaki nikotin değerinde %13.8'lik bir artış olmuştur. İki kere uygulama yapılan konulardaki nikotin değerinde %9.1 oranında artış olmuştur. Kırımlar arasında nikotin değerlerinde önemli değişimler olduğu belirlenmiştir. En düşük nikotin değeri ilk kırımda %1.7 olarak ölçülürken, en yüksek nikotin değeri ise %3.4 ile 3. kırımdan elde edilen yapraklardan ölçülmüştür. Doz, uygulama ve kırım interaksyonuna göre en düşük nikotin değeri SA1×K1×U1 konusunda %1.50 olarak ölçülmüşken, en yüksek nikotin değeri ise SA4×K3×U2 konusunda %3.78 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4).

En düşük amonyak değeri SA1 uygulamasında %0.11 ve en yüksek amonyak değeri ise %0.22 olarak ölçülmüştür. Uygulama dozundaki artış amonyak seviyesinde %101.9 seviyesine kadar artış oluşturmuştur. Uygulama sayısındaki artış amonyak seviyesinde %5.4'lük bir azalmaya neden olmuştur. Kırımlardan elde edilen bit-

kilerin amonyak değerlerinde önemli farklılıklar oluşmuş ve en düşük değer ilk kırımdan elde edilen bitkilerde %0.17 oranında olmuştur. İkinci ve üçüncü kırımlardaki bitkilerin amonyak seviyeleri kontrol konusuna göre sırasıyla 21.8 ve %20.9 oranında artmıştır. Doz ve uygulama sayısı konuları arasındaki etkileşime göre en düşük amonyak değeri %0.10 ile SA1×U1 uygulamasından elde edilirken, en yüksek amonyak değeri ise %0.24 ile SA4×U1 konusunda ölçülmüştür. Uygulama ve kırım etkileşiminde ise en yüksek değer SA4×U1 konusunda %0.25 olarak ölçülmüştür. Kırım ve uygulama etkileşiminde ise en yüksek amonyak değerleri miktarı K2×U1, K2×U2 ve K3×U2 konularında sırasıyla %0.179, %0.172 ve %0.177 olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 4.** Salisilik asit seviyelerinin, uygulama zamanlamasının ve kırımların tütünün kimyasal özellikleri üzerine etkisi

**Table 4.** Influence of salicylic acid levels, application timing and priming on tobacco chemical constituents.

| Kaynaklar           |    |    | İndirgen şekerler (%) |    | Nikotin (%) |     | Amonyak (%) |   |
|---------------------|----|----|-----------------------|----|-------------|-----|-------------|---|
| Doz (D)             | D1 |    | 7.10                  | b  | 2.47        | c   | 0.107       | d |
|                     | D2 |    | 6.48                  | c  | 2.61        | bc  | 0.137       | c |
|                     | D3 |    | 8.50                  | a  | 2.70        | ab  | 0.194       | b |
|                     | D4 |    | 8.32                  | a  | 2.81        | a   | 0.216       | a |
| Uygulama (U)        | U1 |    | 6.24                  | b  | 2.53        | b   | 0.168       | a |
|                     | U2 |    | 8.95                  | a  | 2.76        | a   | 0.159       | b |
| Kırımlar (K)        | K1 |    | 5.83                  | b  | 1.73        | c   | 0.143       | b |
|                     | K2 |    | 8.54                  | a  | 2.76        | b   | 0.174       | a |
|                     | K3 |    | 8.42                  | a  | 3.45        | a   | 0.173       | a |
| D × U<br>etkileşimi | D1 | U1 | 5.65                  | d  | 2.44        | d   | 0.096       | e |
|                     |    | U2 | 8.54                  | b  | 2.50        | cd  | 0.119       | d |
|                     | D2 | U1 | 5.68                  | d  | 2.50        | cd  | 0.148       | c |
|                     |    | U2 | 7.29                  | c  | 2.73        | bc  | 0.127       | d |
|                     | D3 | U1 | 6.64                  | c  | 2.58        | bcd | 0.188       | b |
|                     |    | U2 | 10.35                 | a  | 2.82        | ab  | 0.199       | b |
|                     | D4 | U1 | 7.00                  | c  | 2.60        | bcd | 0.239       | a |
|                     |    | U2 | 9.64                  | a  | 3.01        | a   | 0.193       | b |
| D × K<br>etkileşimi | D1 | K1 | 4.97                  | g  | 1.52        | f   | 0.082       | g |
|                     |    | K2 | 7.58                  | de | 2.67        | d   | 0.116       | f |
|                     |    | K3 | 8.73                  | bc | 3.22        | bc  | 0.125       | f |
|                     | D2 | K1 | 4.05                  | g  | 1.68        | ef  | 0.116       | f |
|                     |    | K2 | 6.93                  | ef | 2.71        | d   | 0.125       | f |

|                            |    |    |    |       |     |      |     |       |     |
|----------------------------|----|----|----|-------|-----|------|-----|-------|-----|
|                            |    | K3 |    | 8.47  | cd  | 3.46 | ab  | 0.171 | e   |
|                            | D3 | K1 |    | 8.32  | cd  | 1.94 | e   | 0.181 | de  |
|                            |    | K2 |    | 9.48  | ab  | 2.72 | d   | 0.212 | b   |
|                            |    | K3 |    | 7.69  | de  | 3.43 | ab  | 0.189 | cde |
|                            | D4 | K1 |    | 6.00  | f   | 1.78 | ef  | 0.195 | bcd |
|                            |    | K2 |    | 10.16 | a   | 2.96 | cd  | 0.246 | a   |
|                            |    | K3 |    | 8.80  | bc  | 3.68 | a   | 0.207 | bc  |
| K × U<br>interaksiyonu     | K1 | U1 |    | 5.51  | c   | 1.62 | f   | 0.158 | b   |
|                            |    | U2 |    | 6.16  | b   | 1.84 | e   | 0.129 | c   |
|                            | K2 | U1 |    | 6.73  | b   | 2.64 | d   | 0.176 | a   |
|                            |    | U2 |    | 10.34 | a   | 2.89 | c   | 0.172 | a   |
|                            | K3 | U1 |    | 6.49  | b   | 3.32 | b   | 0.170 | ab  |
|                            |    | U2 |    | 10.36 | a   | 3.57 | a   | 0.177 | a   |
| D × K × U<br>interaksiyonu | D1 | K1 | U1 | 4.25  | hi  | 1.54 | hi  | 0.081 | k   |
|                            |    |    | U2 | 5.68  | fgh | 1.50 | i   | 0.082 | k   |
|                            |    | K2 | U1 | 6.07  | efg | 2.59 | fg  | 0.108 | ijk |
|                            |    |    | U2 | 9.09  | c   | 2.74 | def | 0.123 | hij |
|                            |    | K3 | U1 | 6.63  | ef  | 3.18 | b-e | 0.099 | jk  |
|                            |    |    | U2 | 10.84 | b   | 3.25 | a-d | 0.151 | fgh |
|                            | D2 | K1 | U1 | 4.72  | ghi | 1.58 | hi  | 0.125 | hij |
|                            |    |    | U2 | 3.38  | i   | 1.78 | hi  | 0.108 | ijk |
|                            |    | K2 | U1 | 6.50  | ef  | 2.62 | f   | 0.122 | hij |
|                            |    |    | U2 | 7.35  | de  | 2.79 | c-f | 0.127 | hij |
|                            |    | K3 | U1 | 5.82  | e-i | 3.29 | abc | 0.197 | cde |
|                            |    |    | U2 | 11.12 | b   | 3.62 | ab  | 0.146 | gh  |
|                            | D3 | K1 | U1 | 5.86  | efg | 1.82 | hi  | 0.168 | efg |
|                            |    |    | U2 | 10.78 | b   | 2.07 | gh  | 0.194 | de  |
|                            |    | K2 | U1 | 7.14  | def | 2.68 | ef  | 0.202 | cde |
|                            |    |    | U2 | 11.82 | ab  | 2.76 | c-f | 0.221 | bcd |
|                            |    | K3 | U1 | 6.92  | def | 3.24 | bcd | 0.194 | de  |
|                            |    |    | U2 | 8.46  | cd  | 3.62 | ab  | 0.183 | ef  |
|                            | D4 | K1 | U1 | 7.20  | def | 1.56 | hi  | 0.256 | ab  |
|                            |    |    | U2 | 4.79  | ghi | 1.99 | hi  | 0.135 | ghi |
|                            |    | K2 | U1 | 7.21  | def | 2.67 | ef  | 0.273 | a   |
|                            |    |    | U2 | 13.11 | a   | 3.25 | a-d | 0.218 | cd  |
|                            |    | K3 | U1 | 6.59  | ef  | 3.57 | ab  | 0.188 | de  |
|                            |    |    | U2 | 13.11 | a   | 3.78 | a   | 0.226 | bc  |

Aynı sütunda aynı harfle takip edilen ortalamalar Tukey HSD'ye göre anlamlı derecede farklı değildir ( $p < 0.05$ ).

#### 4. TARTIŞMA

Bitkilerde SA'in koruyucu sinyal rolü tütün ve *Arabidopsis* spp. bitkilerinde araştırılmış, SA'nın bitkilerde fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev yapan, fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyicisi olduğu bildirilmiştir (Morris ve ark., 2000; Mikolajczyk ve ark., 2000; Baran ve Dogan, 2014). Tütün yapraklarında SA birikimi, bitki dokularında lokal savunma tepkilerinin ve sistemik kazanılmış direnç (SAR)'in kurulmasında gereklidir. SA'e bağlı bir direnç yolu olan SAR en fazla uyarılan dayanıklılık mekanizması olarak kabul edilmektedir (Heil ve Bostock, 2002; Koc ve Ustun, 2008). Kontrol ile iki seviyede (0.05 ve 0.1 mol L<sup>-1</sup>) verilen SA'nın burley tütün verimine etkisini çalışan araştırmacılar, en düşük verim değerinin kontrol parselinden elde edildiğini (1979 kg ha<sup>-1</sup>), yapılan uygulama ile 2392 kg ha<sup>-1</sup> verimliliğe ulaşılabileceği bildirilmiştir (He ve ark., 2020). Farklı buğday çeşitlerinin, yapraktan SA uygulamasına tepkisinin dendiği araştırmada 75 mg l<sup>-1</sup> dozunun, buğday tanesi verimini artırabileceği aktarılmıştır (Jatana ve ark., 2022). Stresörlere karşı direnç gelişimini teşvik eden dayanıklılık mekanizması verim kayıplarını telafi etmektedir. Artan dozlarda SA verdiğimiz OZE-S2 çeşidinde verim değerleri, dozların artışına paralel olarak artmış, kontrole göre dördüncü dozda %10.7 daha fazla verim alınmıştır. İki kez uygulanması da verimde bir kez uygulamaya göre %13.4 yüksek verim elde edilmiştir (Çizelge 2). Anılan literatürler ve yapılan çalışma sonuçlarına göre yapraktan SA uygulamasının tütünde verim artışına katkı koyduğu görülmüştür.

SA dozları ve uygulama sayısının önemsiz etkisine rağmen, önceki bir çalışmada (Kinay ve Kurt, 2022) %55 olarak bildirilen OZE-S2 çeşidinin randıman değeri, araştırmamızda ortalama %63 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Tepe kırımı sonrası asetil salisilik asit uygulamasının burley tütününün randıman değerlerini iyileştirmiştir (Chen ve ark., 2017). Burley tütününde yapraktan SA uygulamasının yapraklarının kurutma kalitesini iyileştirdiği, parlak bir rengin hakim olduğu ve randıman değerinin kontrolde %57 iken, 0.05 mol L<sup>-1</sup> ve 0.1 mol L<sup>-1</sup> verilmesi durumunda sırasıyla %87 ve %71 olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (He ve ark., 2020).

Yapraktan SA uygulaması ile ekonomik kayıpların azaltılabileceğinden hareketle başlatılan bir çalışmada (kontrol, 0.05 ve 0.1 mol L<sup>-1</sup> SA) brüt gelir değerleri sırasıyla 5778, 9407 ve 8738 \$ ha<sup>-1</sup> tespit edilmiş, kontrol dozuyla 0.05 mol L<sup>-1</sup> dozu arasında 3629 \$ ha<sup>-1</sup> gibi ciddi bir karlılık farkı oluşmuştur (He ve ark., 2020). Verim ve randıman değerlerinde yer alan yüksek farklılık, bu karlılığın oluşmasını sağlamıştır. Anılan araştırmadan farklı olarak mevcut çalışmada, randıman değerinde geniş bir varyasyon olmadığı için, brüt gelir değerinde verimlilik tek başına belirleyici olmuştur. Kontrol uygulaması ile ilk iki doz aynı istatistiki grupta yer almış, kontrol ile dördüncü doz arasında, brüt gelirde %13.9 farklılık olmuştur. Kontrole göre 562 \$ ha<sup>-1</sup> düzeyinde bir karlılık söz konusudur. İki kez uygulama yapılması durumunda ise brüt gelirdeki artış %13.4 oranında 534 \$ ha<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

Ticari yaprak üretiminin kullanılmayan yan ürünü olan tütün tohumları, kuru ağırlığının %30-40'ı arasında değişen bir yağ verimiyle, biyolojik aktiviteye sahip biyodizel kaynağı olarak kabul edilmiştir (Lin ve ark., 2020). Bu amaçla yapılacak üretimlerde tohum verim ve kalitesini iyileştirici bazı uygulamalar yapılması gerekmektedir. Salisilik asidin çiçeklenmeyi teşvik edici etkisinin olduğuna dair ilk kanıt, *Nicotiana tabacum*'un kallus kültürlerinde tespit edilmiş, ardından *Xanthium strumarium* ve *Lemna gibba* ile devam edilen çalışmalarda çiçeklenmeyi teşvik eden madde olarak tanımlanmıştır (Ozeker, 2005). Çalışmamızda da artan SA dozlarının çiçeklenmeye olan olumlu katkısı net olarak tespit edilmiş, kontrol parseline göre dördüncü doz parselinde %67 daha fazla bitki başına kapsül sayısı tespit edilmiştir. Ayrıca yapraaktan SA uygulamasının iki kez yapılması kapsül sayısını %12 artırmıştır. Buğdayda 75 ve 100 mg l<sup>-1</sup> dozlarında SA yaprak uygulaması, tane doldurma süresi, polen canlılığı, başakta tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve tane verimini iyileştirmiştir (Jatana ve ark., 2022). Soya (*Glycine max*) bitkisine fide ve bakla doldurma aşamalarında yapraaktan uygulanan SA, tohum verimi, tohum sağlığı, çimlenme ve tohum canlılığı üzerinde olumlu etki göstermiş, bitkileri çeşitli hastalıklardan koruyarak kaliteli tohum elde etmede etkili olmuştur (Kuchlan ve ark., 2017). Çalışmamızda bitki başına tohum verimi ortalama 1.95 g olmuş, 45×10 cm dikim sıklığında, dekarda 14814 adet bitki hesabıyla ortalama tohum verimi 28.9 kg da<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. Sonuçlar artan SA seviyesi ve uygulama sayısı ile tohum veriminin değişebileceğini göstermektedir. Kontrol parseli sonucuna göre artan SA seviyelerinde tohum veriminde ki artış sırasıyla %17.50, %46.8 ve %80.4 olmuştur. İki kez uygulamada ise artış %10.3 olarak gerçekleşmiştir. Verimi yüksek ve kaliteli tütün tohumu üretimini hedefleyen yetiştiricilik programlarında SA kullanımının çiçek ve tohum özelliklerine katkısı anlaşılmıştır (Çizelge 2).

Tütün yapraklarının kimyasal bileşimindeki fark, karbon ve azot metabolizmasındaki belirli farklılıkları yansıtır. Ekolojik koşullar, kurutma, bakım, ferman-tasyon ve işleme proseslerinin birlikte etkisi, tütün yaprağına temel kalite kimliğini kazandırmaktadır (Kinay ve ark., 2022). Azotlu bileşikler ile ters ilişkiye sahip indirgen şeker oranı yüksek olan yapraklar daha iyi içime sahiptir (Hasebe ve Subara, 2009). OZE-S2 çeşidi için piyasa beklentisi %8 ve üzeri şeker içeriğidir (Kinay ve Kurt, 2022). Bu çeşidin materyal olarak kullanıldığı çalışmamızda üçüncü (%8.50) ve dördüncü (%8.32) doz, kırım seviyeleri bakımından ise ikinci ve üçüncü hasat sonuçlarının bu talebi karşıladığı gözükmemektedir. Uygulama sayısı dikkate alındığında ise iki kez SA verilmesinin %8.95 şeker içeriği ortaya çıkarmıştır. İnteraksiyonlara bakıldığında üçüncü veya dördüncü dozun iki kez uygulanması, üçlü interaksyonda ise dördüncü dozun iki kez uygulanması durumunda ikinci ve üçüncü kırım sonuçları en yüksek şeker içeriğini vermiştir (Çizelge 4). Yapraktan uygulanan SA takviyesinin tütünde indirgen şeker içeriğini artırdığı görülen çalışmamızın aksine, burley tütünlerinde yapılan çalışmada salisilik asidin püskürtme konsantrasyonunun arttırılması karbon metabolizmasını azaltmıştır (He ve ark., 2020). Oriental tütünlerin stresörlere karşı güçlü uyum kabiliyeti

nedeniyle sonuçların farklı olduğu düşünülmektedir. Salisilik asit (SA), bitkilerde sistemik-edinilmiş direncin (SAR) önemli bir bileşenidir (Ribnicky ve ark., 1998). Tütün bitkisi yapraklarına dışarıdan salisilik asit püskürtülmesi durumunda, bitkide direnç mekanizmasını harekete geçirdiği bildirilmiştir (Yalpani ve ark., 1993; Ozeker, 2005). Dechuan (2006), çalışma sonuçlarımıza paralel olarak SA'nın, karbon ve azot metabolizmasının inhibisyonu ve dumanlanmış tütünün aroma maddesi birikimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Bunu destekleyen diğer bir bulgu olarak, soğuk stresi altındaki soya fasulyesi fidelerinin yapraklarındaki çözünür şeker içeriğinin salisilik asit ile muamele edildikten sonra artacağını gösterilmiştir (Chang ve ark., 2012).

Tepe kırımı sonrası oluşan yaranın, nikotinin biyosentezini başlatabileceğinden hareketle yapılan çalışmada tepe kırımı sonrası asetilsalisilik asit uygulanmış, alkaloid oranlarında azalma bildirilmiştir (Hua ve ark., 2010; Huang ve ark., 2010). Tepe kırımı yapılmadan yetiştirilen oriental tütün üretiminde aksine bir sonuca ulaşılmıştır. Tütün, köklerinde sentezlenen nikotin sayesinde, yaprakları kullanılan bir alkaloid bitkisidir ve %1 üzeri nikotin varlığı piyasa beklentisini karşılamaktadır. Harmanlarda nikotin dengesinin sağlanmasına katkısı nedeniyle, yüksek nikotine olan eğilimin arttığı bilinmekte (Kurt, 2023), dozlar açısından en yüksek nikotin dördüncü doz ile %2.81 olarak sağlanmaktadır. Benzer olarak, karbon metabolizmasını azaltan SA uygulamasının burley tütünlerinde azot metabolizmasını arttırdığı, kontrol parselinde %2.59 olan nikotin oranının 0.1 mol L<sup>-1</sup> SA uygulaması ile %3.08'e ulaştığı aktarılmıştır (He ve ark., 2020). Bu sonuçların paralelinde bir diğer alkaloid bitkisi olan haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde SA uygulamasının alkaloid oranına etkisi incelenmiş, morfin, kodein, oripavin, tebain ve noskapi'nin rozet döneminde yapılan SA uygulamasında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Gurfidan ve Kara, 2023). Kırım seviyelerine göre kimyasal içeriklerin raporlandığı az sayıda çalışma olması, araştırma sonuçlarının kıymetini arttırmaktadır. Bitki üzerinde yaprak pozisyonuna göre alt yapraklardan yukarı çıkıldıkça nikotin oranından düzenli bir artış tespit edilmiştir. İkili interaksiyonlar açısından en yüksek nikotin iki kez dördüncü uygulamasından (%3.01) ve dördüncü dozun verildiği son kırımdan elde edilmiş, üçünün interaksiyonunun da dördüncü dozun iki kez uygulanması durumunda son kırımda %3.78 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4). Yapraktan SA uygulamasının azot metabolizmasını artırıcı etkisi belirlenmiştir.

İşlenmiş tütün yapraklarında %0.01–0.6 aralığında bulunan, dumandaki aromayı iyileştirmek ve serbest nikotin miktarını artırmak için katkı maddesi olarak da kullanılan amonyağın (Stevenson ve Proctor, 2008; van Amsterdam ve ark., 2011), kromatografik analizlerinde standart aralığı %0.05–0.6 olarak tutulmaktadır (Willems ve ark., 2006). Amerikan blendlerin ana bileşenleri olan flue cured virginia, burley, maryland ve oriental tipi tütünlerin kurutulmuş yapraklarında amonyak miktarını sırasıyla %0.02–0.16–0.13–0.11 olarak bildirmiştir (Leffingwell, 1999). Japonya'da dört tütün üreticisi tarafından üretilen 35 ticari olarak pazar-

lanan sigara markasının amonyak seviyeleri %0.02-0.16 arasında değişmektedir (Inaba ve ark., 2018). İzmir tipi olan Sarıbağlar-407 çeşidinde yapılan çalışma sonuçlarında amonyak oranı %0.057-0.107 arasında olup, artan amonyak miktarının içim kalitesine olumsuz etkisi nedeniyle maksimum eşik değeri %0.5 olarak bildirilmiştir (Karabulut ve Ekren, 2022). Anılan literatürlerle kıyaslandığında, kabul edilebilir sınırlarda kalmakla birlikte, amonyak değerlerinin artan SA seviyelerini takip ederek arttığı görülmektedir. Ancak iki kez uygulamanın amonyak miktarında azalışa neden olduğu görülmektedir. Yüksek salisilik asidin bitkilerde reaktif oksijen moleküllerinin sentezini arttırarak toksik etki yaptığı bildirilmiştir (Lee ve ark., 2010). Bu nedenle kabul edilebilir sınırlarda kalmak şartıyla, amonyak seviyesinin arttırılmasını bir kez dördüncü doz ile mümkün olabileceği görülmüştür. İkinci ve üçüncü kırım seviyelerinde amonyak miktarı benzerdir. Üçlü interakسیون değerlendirildiğinde dördüncü dozun, tek uygulamasında ikinci kırım sonuçları en yüksektir (Çizelge 4). Yapraktan SA uygulamasının amonyak miktarlarına etkisinin dozlar, uygulama sayısı ve kırım seviyelerinde ilk kez incelendiği çalışmamızda değişen SA koşullarında değişen amonyak sonuçları tespit edilmiş, amonyak miktarına dönük çalışmalar için önemli bilgilere ulaşılmıştır.

## 5. ÖNERİLER

Yapılan çalışmada kurak bir bölgede yetiştirilen tütün bitkisine yapraktan farklı dozlarda ve sayılarda salisilik asit uygulanmasının bitkinin büyüme ve kalite parametreleri üzerine olan etkileri incelenmiş ve en uygun salisilik asit dozu ile uygulama sayısının belirlenebilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda farklı doz ve zamanlarda uygulanan salisilik asitin tütünde verim, kalite ve tohum parametrelerini önemli ölçüde olumlu etkilediği belirlenmiştir. Normal gübrelemeye birlikte yapraktan salisilik asit uygulamasının brüt gelirden önemli artışa neden olmuş, entegre yapraktan SA verilmesi brüt gelire olumlu katkı koymuştur. Özellikle 4 mM salisilik asitin 2 kere yapraktan uygulanması tütün bitkisinin tüm parametrelerinde önemli artışa neden olmuştur. Farklı abiyotik stres altında dışsal uygulamaların tütün bitkisi üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmaların yapılması önerilmektedir.

### Teşekkür

Tarla çalışmalarında ve kimyasal analizlerin gerçekleştirilmesinde verdiği destek için Öz-Ege Tütün Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: DK (%50), HA (%50)

Veri Toplanması: DK (%60), HA (%40)

Veri Analizi: DK (%70), HA (%30)

Makalenin Yazımı: DK (%40), HA (%60)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: DK (%50), HA (%50)

## KAYNAKLAR

- Abd-Elzaher, M.A., El-Desoky, M. A., Khalil, F. A., Eissa, M. A., Amin, A.E., 2024. Exogenously applied proline with silicon and zinc nanoparticles to mitigate salt stress in wheat plants grown on saline soil. *Journal of Plant Nutrition*, 1-18. doi:10.1080/01904167.2024.2446491.
- Abreu, M.E., Munné-Bosch, S., 2009. Salicylic acid deficiency in NahG Transgenic lines and sid2 mutants increases seed yield in the annual plant *Arabidopsis thaliana*. *J. Exp. Bot.*, 60: 1261-1271.
- Ahmed, S., Ahmed, S.F., Biswas, A., Sultana, A., Issak, M., 2024. Salicylic acid and chitosan mitigate high temperature stress of rice via growth improvement, physio-biochemical adjustments and enhanced antioxidant activity. *Plant Stress*, 11: 100343.
- Aires, E.S., Ferraz, A.K.L., Carvalho, B.L., Teixeira, F.P., Putti, F.F., de Souza, E.P., Ono, E.O., 2022. Foliar application of salicylic acid to mitigate water stress in tomato. *Plants*, 11(13): 1775.
- Baran, A., Dogan, M., 2014. The effect of salicylic acid on physiological in soybean (*Glycine max* L.) under salt stress. *Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science*, 18(1): 78-84.
- Cakir, R., Cebi, U., 2010. Yield, water use and yield response factor of flue-cured tobacco under different levels of water supply at various growth stages. *Irrig and Drain.*, 59: 453-464. doi:10.1002/ird.503.
- Chang, Y. X., Xu, K. D., Chen, C., Chen, L., 2012. Salicylic acid mitigating the inhibition of low temperature stress to soybean seedlings. *Soybean Sci.*, 6: 927-931.
- Chen, C., Liu, L., Zhang, Y., Zhou, X., Lin, T., Song, Y., Li, J., Cheng, X., 2017. Acetylsalicylic acid application decreased tobacco-specific nitrosamines and its precursors but maintained quality of air-cured burley tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Industrial Crops and Products*, 104: 221-228.
- Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco, 2010. Determination of reducing carbohydrates in tobacco by continuous flow analysis method. Coresta recommended method no 38. <https://www.coresta.org/determination-reducing-carbohydrates-tobacco-continuous-flow-analysis-29164.html> (Erişim tarihi: 25.04.2025).
- Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco, 2017. Tobacco determination of the content of total alkaloids as nicotine, continuous flow analysis method. Coresta recommended method no 85. <https://www.coresta.org/tobacco-determination-content-total-alkaloids-nicotine-continuous-flow-analysis-method-using-30504> (Erişim tarihi: 25.04.2025).
- Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco, 2018. Determination of ammonia in tobacco and tobacco products by ion chromatographic analysis. Coresta recommended method no 79, Version 2. <https://www.coresta.org/determination-ammonia-tobacco-and-tobacco-products-ion-chromatographic-analysis-29202.html> (Erişim tarihi: 25.04.2025).
- Dechuan, W., 2006. Research advances in polyphenol oxidase in tobacco plants and the relations between PPO and tobacco leaf quality. *J. Anhui Agri. Sci.*, 34:1381.
- Desire, M., Arslan, H., 2021. The effect of salicylic acid on photosynthetic characteristics, growth attributes, and some antioxidant enzymes on parsley (*Petroselinum crispum* L.) under salinity stress. *Gesunde Pflanzen*, 73(4): 435-444.
- El-Hady, N.A., ElSayed, A.I., El-Saadany, S.S., Deligios, P.A., Ledda, L., 2021. Exogenous application of foliar salicylic acid and propolis enhances antioxidant defenses and growth parameters in tomato plants. *Plants*, 10(1): 74.
- Erskine, W., Ashkar, F.E., 1993. Rainfall and temperature effects on lentil (*Lens culinaris*) seed yield in the mediterranean environment. *The Journal of Agricultural Science*, 121(3): 347-354. doi:10.1017/S0021859600085543.
- Ghahremani, Z., Alizadeh, B., Barzegar, T., Nikbakht, J., Ranjbar, M. E., Nezamdoost, D., 2023. The mechanism of enhancing drought tolerance threshold of pepper plant treated with putrescine and salicylic acid. *Plant Stress*, 9: 100199.

- Gurfidan, B., Kara, N., 2023. Haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde salisilik asit uygulamasının verim ve alkaloid oranına etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 12(2): 221-226.
- Guang, J., Shao, X., Miao, Q., Yang, X., Gao, C., Ding, F., Yuan, Y., 2019. Effects of irrigation amount and irrigation frequency on flue-cured tobacco evapotranspiration and water use efficiency based on three-year field drip-irrigated experiments. Agronomy, 9(624): 1-14. doi:10.3390/agronomy9100624.
- Hasebe, H., Subara, S., 1999. The quality estimation of different tobacco type examined by headspace vapor analysis. Contributions to Tobacco Research, 18: 213-22. doi:10.2478/cttr-2013-0685.
- He, X., Liu, T., Ren, K., Chen, J., Zhao, G., Hu, B., Xu, A., Jin, Y., Zhu, Y., Zou, C., 2020. Salicylic acid effects on flue-cured tobacco quality and curing characteristics during harvesting and curing in cold-stressed fields. Front. Plant Sci., 11: 580597. doi:10.3389/fpls.2020.580597.
- Heil, M., Bostock, R.M., 2002. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences. Annals of Botany, 89(5): 503-512. doi:10.1093/aob/mcf076ock.
- Hojjati, M., Ghanbari Jahromi, M., Abdossi, V., Torkashvand, A.M., 2024. Enhancing sweet cherry yield and quality under drought stress through melatonin foliar spraying. Applied Fruit Science, 66(6): 2239-2248.
- Hua, Y., Lin, G., Huang, W., Cheng, X., 2010. Inhibition action of acetylsalicylic acid to nitrate and nitrite contents in Tobacco. Tob. Sci. Technol., 273: 51-53.
- Huang, L., Wang, Z., Shu, J., Chen, H., Cheng, X., 2010. Inhibitory effects of acetylsalicylic acid on principal alkaloids in tobacco. Acta Tabacaria Sin., 16: 1-5.
- Ilyas, M., Maqsood, M. F., Shahbaz, M., Zulfiqar, U., Ahmad, K., Naz, N., Ali, H.M., 2024. Alleviating salinity stress in canola (*Brassica napus* L.) through exogenous application of salicylic acid. BMC Plant Biology, 24(1): 611.
- Inaba, Y., Uchiyama, S., Kunugita, N., 2018. Spectrophotometric determination of ammonia levels in tobacco fillers of and sidestream smoke from different cigarette brands in Japan. Environ Health Prev Med, 23(15): 1-7. doi:10.1186/s12199-018-0704-5.
- Jatana, B.S., Ram, H., Gupta, N., Kaur, H., 2022. Wheat response to foliar application of salicylic acid at different sowing dates. Journal of Crop Improvement, 36(3): 369-388. doi: 10.1080/15427528.2021.1971131.
- Javed, S., Anwaar, N., Zahoor, A. F., Haider, M. Z., Azeem, M., Gul, S., Aftab, A., 2024. Cadmium stress mitigation in different cultivars of spinach (*Spinacea oleracea*) with foliar application of ascorbic acid. Russian Journal of Plant Physiology, 71(1): 40.
- Karabulut, Y., Ekren, S., 2022. The effect of liquid organic fertilizer applied on tobacco seedlings in the aegean region on the yield and yield components and some quality characteristics. ISPEC Journal of Agr. Sciences, 6(2): 282-293.
- Khalequzzaman, H.U., Himanshu, S.K., García-Caparrós, P., Prasearthkul, P., Tisarum, R., Datta, A., 2024. Exogenous silicon and salicylic acid applications enhance growth, yield, and physiological traits of cotton plants under drought stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 24(3): 5947-5960.
- Khalil, H. A., El-Ansary, D.O., Ahmed, Z.F., 2022. Mitigation of salinity stress on pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Wonderful) plant using salicylic acid foliar spray. Horticulturae, 8(5): 375.
- Kinay, A., Comert, M.M., Kurt, D., 2022. Effects of supplementary irrigation and nitrogen fertilization on characteristics of sun cured tobacco in semi-arid conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 53(16): 2105-2113. doi:10.1080/00103624.2022.2070630.
- Kinay, A., Kurt, D., 2022. Heterosis and inheritance studies on morphological and chemical characters of tobacco affecting the yield and quality. Agronomy Journal, 114(2): 927-934. doi:10.1002/ajg.212024.
- Kiremit, M. S., Öztürk, E., Arslan, H., Subrata, B.A.G., Akay, H., Bakirova, A., 2024. Effects of melatonin, proline, and salicylic acid on seedling growth, photosynthetic activity, and leaf nutrients of sorghum under salt stress. Plant Direct, 8(3): e574.
- Koc, E., Ustun, A.S., 2008. Defence against pathogen in plants and antioxidants. Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology, 24 (1-2): 82-100.
- Kuchlan, P., Kuchlan, M.K., Husain, S.M., 2017. Effect of foliar application of growth activator, promoter and antioxidant on seed quality of soybean. Legume Research, 40(2): 313-318. doi:10.18805/lr.v0i0f.11302.
- Kurt, D., 2020. Stability analyses for interpreting genotype by environment interaction of selected oriental tobacco landraces. Turkish Journal of Field Crops, 25(1): 83-91. doi:10.17557/tjfc.748665.
- Kurt, D., 2023. Adaptability and stability models in promising genotype selection for hybrid breeding of sun cured tobacco. South African Journal of Botany, 154: 190-202. doi:10.1016/j.sajb.2023.01.033.
- Lambers, H., Chapin, S.F., Pons, L.P., 2000. Plant physiological ecology. Springer-Verlag, New York.
- Lee, S., Kim, S.-G., Park, C.-M., 2010. Salicylic acid promotes seed germination under high salinity by modulating antioxidant activity in Arabidopsis. New Phytologist, 188(2): 626-637.

- Leffingwell, J.C., 1999. Leaf chemistry: basic chemical constituents of tobacco leaf and differences among tobacco types. In *Tobacco: Production Chemistry and Technology*; Davis, D. L., Nielsen, M. T., Eds.; Blackwell Science: Oxford, U.K., pp 265-284.
- Lin, Y., Kong, D., Wang, Z., Chen, Y., Yang, Z., Wu, C., Yang, H., Chen, L., 2020. Nitrogen application modifies the seed and oil yields and fatty acid composition of *Nicotiana tabacum*. *HortScience horts*, 55(12): 1898-1902. doi:10.21273/HORTSCI15335-20.
- McKinney, D.L., Gogova, M., Davies, B.D., Ramakrishnan, V., Fisher, K., Carter, W.H., Karnes, H.T., Garnett, W.R., Iyer, S.S., Somani, A.A., Kobal, G., Barr, W.H., 2012. Evaluation of the Effect of Ammonia on Nicotine Pharmacokinetics Using Rapid Arterial Sampling. *Nicotine & Tobacco Research*, 14(5): 586-595. doi:10.1093/ntr/ntr257.
- Mikolajczyk, M., Awotunde, O.S., Muszynska, G., Klessig, D.F., Dobrowolska, G., 2000. Osmotic stress induces rapid activation of a salicylic acid-induced protein kinase and a homolog of protein kinase ASK1 in tobacco cells. *Plant Cell*, 12: 165-178.
- Morris, K., Mackerness, S.A.H., Page, T., 2000. Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *The Plant Journal*, 23: 677-685.
- Ozeker, E., 2005. Salicylic acid and its effects on plants. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 42(1): 213-223.
- Reddy, P.R.S., Sreeramamurthy, C.H., 1993. Yield and quality of FCV tobacco as affected by nitrogen nutrition. In: *Plant Nutrition Effects on Production and Quality of Tobacco*. Potash and Phosphate Inst. of Canada India Programme. Sector-19-Haryana.
- Ribnicky, D.M., Shulaev, V., Raskin, I., 1998. Intermediates of salicylic acid biosynthesis in tobacco. *Plant Physiology*, 118(2): 565-572. doi:10.1104/pp.118.2.565.
- Sadeghi, S.M., Samizadeh, H., Amiri, E., Ashouri, M., 2011. Additive main effects and multiplicative interactions (ammi) analysis of dry leaf yield in tobacco hybrids across environments. *African Journal of Biotechnology*, 10(21): 4358-4364. doi:10.5897/AJB09.1291.
- Statista, 2024. Tobacco Products – Worldwide. <https://www.statista.com/outlook/cmo/tobacco-products/worldwide>.
- Stevenson, T., Proctor, R. N., 2008. The Secret and Soul of Marlboro. *Am. J. Public Health*, 98: 1184-1194.
- van Amsterdam, J., Sleijffers, A., van Spiegel, P., Blom, R., Witte, M., van de Kasstele, J., Blokland, M., Steerenberg, P., Opperhuizen, A., 2011. Effect of ammonia in cigarette tobacco on nicotine absorption in human smokers. *Food Chem. Toxicol.*, 49: 3025-3030.
- Willems, E.W., Rambali, B., Vleeming, W., Opperhuizen, A., van Amsterdam, J.G., 2006. Significance of ammonium compounds on nicotine exposure to cigarette smokers. *Food Chem. Toxicol.*, 44: 678-688.
- Yalpani, N., Leon, J., Lawton, M.A., Raskin, I., 1993. Pathway of salicylic acid biosynthesis in healthy and virus-inoculated tobacco. *Plant Physiol.*, 103: 315-321.