

Haşhaşın Farklı Gelişme Dönemlerinde Salisilik Asit Uygulamasının Verim ve Alkaloid Oranına Etkisi

Buket GÜRFİDAN^{1*}, Nimet KARA¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

Alınış tarihi: 19 Mayıs 2023, Kabul tarihi: 15 Eylül 2023

Sorumlu yazar: Nimet KARA, e-posta: nimetkara@isparta.edu.tr

Öz

Amaç: Araştırma, haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde salisilik asit uygulamasının, bitkisel özellikler, tohum verimi ve bazı alkaloidlerin içeriği üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada; TMO2 haşhaş çeşidi kullanılarak, geleneksel gübreleme üzerine rozet, sapa kalkma, rozet + sapa kalkma, tomurcuklanma, sapa kalkma + tomurcuklanma ve rozet+sapa kalkma+ tomurcuklanma dönemlerinde 100 ppm'lik salisilik asit uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde salisilik asit uygulamasının bitki boyu dışında incelenen özelliklere etkisi, istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$ ve $P<0.01$) olmuş ve kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bitki boyu 118.0-122.7 cm, kapsül eni 41.8-45.8 mm, kapsül boyu 38.2-41.0 mm, dal sayısı 4.8-7.0 adet/bitki, kapsül verimi 67.1-80.5 kg/da, tohum verimi 81.1 - 103.6 kg/da, bin tane ağırlığı 0.37-0.44 g, sabit yağ oranı %38.20-40.51, morfin %0.450-0.535, kodein %0.53-0.75, tebain %0.006-0.025, noskapin %0.059-0.109, oripavin %0.003-0.01 ve papaverin oranı %0.007-0.004 arasında değişmiştir.

Sonuç: Ekonomik girdi maliyetleri de dikkate alınarak, haşhaşta daha yüksek kapsül ve tohum veriminden dolayı tomurcuklanma, yağ oranı bakımından rozet yaprak + sapa kalkma ve alkaloid içeriği bakımından ise rozet dönemlerinde salisilik asit uygulaması önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Haşhaş, gelişme dönemleri, salisilik asit, alkaloid

Effect on Yield and Alkaloid Content of Salicylic Acid Treatment at Different Growth Stages of Poppy

Abstract

Objective: This research was carried out to investigate the effect on yield and alkaloid content of salicylic acid treatment at different growth stages of poppy.

Materials and Methods: In the study, 100 ppm salicylic acid was applied at rosette, stem elongation, budding, rosette + stem elongation, rosette + stem elongation + budding, stem elongation + budding stages as addition at conventional fertilizer using TMO2 poppy variety.

Results: The effect of salicylic acid treatment in different development stages of poppy were significant ($P<0.05$ and $P<0.01$), and higher values were obtained compared to the control. Plant height was 118.0-122.7 cm, capsule width 41.8-45.8 mm, capsule length 38.2-41.0 mm, number of branches 4.8-7.0 number, capsule yield 67.1-80.5 kg da⁻¹, seed yield 81.1-103.6 kg da⁻¹, 1000 seed weight 0.37-0.44 g, oil content 38.20-40.51%, morphine 0.450-0.535%, codeine 0.53-0.75%, thebaine 0.006%-0.025%, noscapine 0.059-0.109%, oripavine 0.003-0.01% and papaverine 0.004-0.007% were between varied.

Conclusion: Salicylic acid treatment can be recommended in the budding stage due to higher capsule and seed yield, in the rosette + stem elongation in terms of oil content, and in the rosette period in terms of alkaloid content considering the economic input costs.

Keywords: Poppy, growth stages, salicylic acid, alkaloid

Giriş

Haşhaş (*Papaver somniferum L.*), çok eski yıllardan beri Anadolu'da tarımı yapılan tek yıllık bir bitkidir.

Haşhaş bitkisinin kapsüllerinden elde edilen morfin, tebain, oripavin, papaverin ve noskapin gibi alkaloidlerin tıp alanında kullanılması ekonomik açıdan değer taşımaktadır. Ayrıca tohumlarından pasta, çörek, kek gibi hamur işlerinde, yağının çabuk kurumasından dolayı boya sanayisinde ve küspesinden hayvan yemi olarak çok amaçlı yararlanılmaktadır.

Haşhaşta ekolojik hava koşulları ve gübreleme, ekim ve seyreltme zamanı gibi kültürel uygulamalar rozet dönemin uzunluğuna etki etmektedir. Ekimin gecikmesi, rozet yapraklılık döneminin kısalmasına ve kapsüllerin gelişimini olumsuz etkileyerek verimde azalmalara neden olmaktadır (Rezaei, 2015). Haşhaş genellikle kuru tarım alanlarında yetiştirilen bir bitki olduğu için sonbahar yağışlarının geciktiği yıllarda ekim gecikebilmekte ve bu da verimi etkilemektedir. Özellikle tarımsal ürünlerin kritik dönemlerinde meydana gelen yağış düzensizliği ve kuraklık tane veriminde önemli kayıplara yol açmaktadır. Tomurcuklanmadan sonra yağın yağmurlar ise döllenmede aksaklıklara sebep olduğu için tohum verimini düşürmekte ve vejetasyon süresince havanın kapalı geçmesi yüksek rutubetin oluşmasıyla birlikte hastalıkların özellikle de mildiyö (*Peronospora arborescens*)'nün yayılmasına neden olmaktadır (Anonim, 2015). Kuraklığın ve yağış düzensizliğinin bu gibi olumsuz etkilerine karşı bitki

gelişimini teşvik edecek büyüme düzenleyicisi uygulamaları verim ve kalite açısından etkili olabilmektedir. Bitki büyüme düzenleyicileri, bitkinin kalitesi ve verimini arttırdığından tercih edilmektedir (Culpan, 2015; Moghadam ve Mohammadi, 2014). Tarımsal üretimde istenen verim ve kalitenin ortaya çıkmasında, büyüme düzenleyicilerinin seçimi, uygun konsantrasyonun belirlenmesi ve uygulama dönemi etkili olmaktadır. Salisilik asit, bitkilerde birçok metabolik ve fizyolojik olayları ve dolayısıyla bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen içsel bir bitki büyüme düzenleyicisidir (Hayat ve ark., 2010).

Bu çalışma, Isparta koşullarında haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde (rozet, rozet+ sapa kalkma, rozet+sapa kalkma+tomurcuklanma, sapa kalkma, sapa kalkma+ tomurcuklanma, tomurcuklanma) salisilik asit uygulamasının kapsül ve tohum verimi, kapsül özellikleri, sabit yağ oranı ve alkaloid içeriğine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, Isparta koşullarında TMO2 haşhaş çeşidi kullanılarak 2019-20 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü yılda Ekim'den Ağustos'a kadar ortalama sıcaklık 12.3 °C ve toplam yağış miktarı 536.4 mm ile uzun yıllar ortalamasından (sırasıyla 11.6 °C ve 522.0 mm) yüksek olmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Haşhaşın gelişme periyodunda sıcaklık ve yağış değerleri*

İklim fak.	Yıllar	Aylar											Top./Ort.
		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	
Ortalama sıcaklık (°C)	2019-20	13.8	9.1	3.4	2.5	4.5	7.4	9.9	18.4	19.8	23.3	23.22	12.3
	Uzun yıllar	12.9	7.4	3.5	1.9	2.9	6.2	10.7	15.6	20.2	23.6	23.2	11.6
Yağış (mm)	2019-20	30.6	48.6	107.1	97.0	55.4	40.3	50.8	62.9	29.4	4.1	10.2	536.4
	Uzun yıllar	38.0	46.3	84.9	72.2	64.7	54.2	56.0	51.4	29.8	14.6	10.5	522.26

*Isparta Meteoroloji Müdürlüğü kayıtları

Deneme alanı toprağının yapısı; kumlu-tınlı, organik madde içeriği orta, hafif alkali ve kireç oranı orta düzeydedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Deneme alanı toprağının bazı özellikleri

Derinlik (cm)	pH (%)	Kireç (%)	Organik madde (%)	Bünye
0-60	7.4	6.19	2.09	Kumlu tınlı

Deneme 25 Ekim 2019 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak, her parsel 4 sıradan sıra arası 40 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde kurulmuş ve markörle açılan sıralara 1-2 cm derinliğinde elle ekim yapılmıştır.

Haşhaşta; 1. Kontrol (geleneksel gübre uygulaması), geleneksel gübre uygulaması üzerine; 2. Rozet, 3.

Sapa kalkma, 4. Rozet + sapa kalkma, 5. Tomurcuklanma, 6. Sapa kalkma + tomurcuklanma, 7. Rozet + sapa kalkma + tomurcuklanma dönemlerinde 100 ppm'lik salisilik asit uygulanmıştır. Salisilik asidin yaprak üzerinde tutunmasını sağlamak amacıyla %1'lik Tween 20 ilave edilmiş, çözelti yukarıdaki gelişme dönemlerinde tüm yaprakların alt ve üst yüzeyleri tamamen ıslanacak şekilde sprey şeklinde uygulanmıştır.

Denemede 6 kg/da P₂O₅ (TSP-triple süper fosfat) ve 8 kg N/da (amonyum sülfat) hesabıyla, fosforun tamamı ve azotlu gübrenin yarısı ekimle, azotun kalan yarısı ise ilkbaharda rozet döneminde uygulanmıştır. Araştırmada, sulama yapılmamış, bitkilerin rozet döneminde seyreltme, tekleme, çapalama ve boğaz

doldurma yapılmıştır. Bitkilerin en alt haşhaş kapsüllerinin sararıp sertleştiği dönemde kenar tesiri atıldıktan sonra kalan alan hasat edilmiş, kapsüller kesilerek taneler çıkarılmış ve eleklerden geçirilerek tohum dışı cansız maddelerden temizlenmiştir.

Araştırmada, Gümüşçü (1996) ve Karabük (2012)'ün kullandıkları yöntemler esas alınarak bitki boyu (cm), kapsül eni (mm), kapsül boyu (mm), dal sayısı (adet), kapsül verimi (kg/da), tohum verimi (kg/da) ve bin tane ağırlığı (g) incelenmiştir.

Morfin analizi (%), Afyonkarahisar-Bolvadin Alkaloidleri Fabrikasında HPCL metodu ile tespit edilmiştir.

Sabit yağ oranı (%), her uygulamada haşhaş tohumlarının yağ oranları 24 saat 70 °C'de kurutulduktan sonra NMR cihazında belirlenmiştir.

Araştırmanın istatistiksel analizleri SAS istatistik paket programından faydalanılarak varyans analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Haşhaşın farklı gelişme dönemlerinde salisilik asit uygulamasının verim ve bazı bitkisel özelliklere etkisi bitki boyu dışında istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$ ve $P < 0.01$) olmuştur (Çizelge 3). Bitki boyu 118.0-122.7 cm, kapsül eni 41.8-45.8 mm, kapsül boyu 38.2-41.0 mm, dal sayısı 4.8-7.0 adet/bitki, kapsül verimi 67.1-80.5 kg/da, tohum verimi 81.1-103.6 kg/da ve bin tane ağırlığı 0.37-0.43 g arasında değişmiştir (Çizelge 3). Kontrole göre haşhaşta salisilik asit uygulaması incelenen özellikleri pozitif etkilemiştir. Bunun nedeni salisilik asitin bitkilerde büyüme ve gelişiminde etkili olduğu, çiçek ve sürgün oluşumunu teşvik etmesinden kaynaklanabilir (Ebrahimzadeh ve

ark., 2009). Farklı gelişme dönemlerinde salisilik asit uygulamaları kendi aralarında karşılaştırıldığında, kapsül eni ve boyu bakımından uygulamalar arasında fark çıkmamış ancak, dal sayısına bağlı olarak verim ve bin tane ağırlığı arasında farklılık çıkmıştır. Haşhaşta dal sayısı kadar kapsül oluşmaktadır. Bu gelişme döneminde dal sayısının düşük olması kapsül eni, boyu ve bin tane ağırlığına pozitif yansımış, ancak birim alandaki kapsül sayısının düşük olmasından dolayı tohum ve kapsül verimine negatif yönde etki etmiştir. En yüksek kapsül eni, boyu ve bin tane ağırlığı rozet + sapa kalkma döneminde salisilik asit uygulamasında elde edilmiştir. Sapa kalkma döneminde dal sayısı en yüksek olması bin tane ağırlığının düşük olmasına neden olmuş ancak yüksek kapsül sayısı verime pozitif yansımıştır. Bitkilerde dallanma, ışıktan, sıcaklıktan, besin maddeleri ve sudan faydalanmayı etkilemektedir. Genellikle az dallanan bitkilerde meyve veya tohum daha iri olurken, çok dallanan bitkilerde daha küçük olmaktadır. Haşhaşta alkaloid üretimi bakımından iri kapsül önem taşırken, gıda olarak tohum veriminin yüksek olması istenir. Salisilik asidin aspir, kişniş, tütün, mısır, buğday, mercimek ve fasulye gibi değişik bitkilerde yaprak sayısına, biyokütle artışına, klorofil içeriğine, dallanmaya, çiçek sayısına, tohum sayısına, verimine olumlu etki yaptığı bildirilmiştir (Ebrahimzadeh ve ark., 2009; Hesami ve ark., 2012; Jam ve ark., 2013; Moghadam ve Muhammedi, 2014). Değişik ekolojik koşullarda haşhaş bitkisinde yürütülen araştırmalarda kapsül ve tohum verimleri Gümüşçü ve Arslan (2008) 45.0-133.1 kg/da ve 51.2-151.1 kg/da, Koşar ve ark. (2019) 85-136 kg/da ve 108-141 kg/da ve Kara ve Baydar (2021) 69.2-80.9 kg/da ve 86.8-98.6 kg/da arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Haşhaşta farklı gelişme önemlerinde salisilik asit uygulamasının verim ve bazı bitkisel özelliklerine etkisi

Salisilik asit uygulama dönemleri	Bitki boyu (cm)	Kapsül eni (mm)	Kapsül boyu (mm)	Dal sayısı (adet)	Kapsül verimi (kg/da)	Tohum verimi (kg/da)	Bin tane ağırlığı (g)
Kontrol	119.2	41.8 c	38.2 b	5.8 abc	69.1 cd	81.1 c	0.39 b
Rozet (R)	118.3	44.9 ab	40.3 ab	5.7 abc	69.6 abc	88.7 bc	0.38 b
Sapa kalkma (SK)	121.8	43.6 abc	39.2 ab	7.0 a	76.4 ab	96.8 ab	0.37 b
R + SK	118.0	45.8 a	41.0 a	4.8 c	67.1 d	91.0 bc	0.44 a
Tomurcuklanma (T)	120.6	42.9 abc	40.0 ab	6.3 ab	80.5 a	103.6 a	0.38 b
SK + T	122.7	45.5 ab	40.5 ab	5.1 abc	74.3 abc	96.4 ab	0.43 a
R + SK + T	120.8	43.9 abc	39.6 ab	5.8 abc	70.0 bcd	90.1 bc	0.39 b
LSD değeri	6.57	2.62	2.38	1.41	7.20	11.10	0.03
Kareler ort.	10.480	6.2535	2.598	1.637	69.671	15.616	0.004
F değeri	1.510 ^{od}	5.67**	2.83*	5.12**	8.34**	7.80**	4.28*
VK (%)	2.18	2.38	2.40	9.77	3.98	4.80	9.16

*, **: Sırasıyla, $P < 0.05$ ve $P < 0.01$ düzeyinde önemli, öd: Önemli değil

Salisilik asit uygulamasının sabit yağ oranına etkisi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) olmuş, en yüksek %40.51 ile SK+T döneminde yapılan SA uygulamasında ve en düşük %38.20 ile kontrolde belirlenmiştir (Çizelge 4). Culpan (2015) asipirde, düşük doz SA uygulaması (0.1 mM) ile yüksek doz GA₃ uygulamasının (300 ppm) tohumun yağ oranını

artırdığını bildirmişlerdir. Estaji ve Nikman (2020) Meryem ana bitkisinde 0.5 mM salisilik asit uygulamasının yağ oranını artırdığını bildirmişlerdir. Bu nedenle, uygun miktarda SA uygulanmasının kurak ve yarı kurak alanlarda hem endüstriyel hem de kullanım amaçlı olarak, tohum yağ kalitesini ve tohum verimini artırmak için pratik ve basit bir strateji olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Haşhaşta farklı gelişme önemlerinde salisilik asit uygulamasının sabit yağ (%) ve bazı alkaloid içeriklerine (%) etkisi

Gelişme dönemleri	Yağ oranı	Majör alkaloid içerikleri *					
		Morfin	Kodein	Tebain	Noskapin	Oripavin	Papaverin
Kontrol	38.20 c	0.462	0.053	0.008	0.094	0.003	0.005
Rozet (R)	39.93 ab	0.535	0.075	0.025	0.109	0.01	0.005
Sapa kalkma (SK)	39.05 bc	0.483	0.066	0.009	0.074	0.008	0.005
R + SK	40.51 a	0.459	0.066	0.008	0.094	0.008	0.006
Tomurcuklanma (T)	38.21 c	0.450	0.06	0.008	0.073	0.008	0.006
SK + T	39.92 ab	0.494	0.059	0.014	0.098	0.009	0.004
R + SK + T	39.57 b	0.488	0.053	0.006	0.059	0.009	0.007
LSD değeri	0.88						
Kareler ort.	2.0746						
F değeri	16.32**						
VK(%)	14.17						

** $P < 0.01$ düzeyinde önemli, *: Alkaloid içerikleri tek tekerrürlü yapıldığı için varyans analizi yapılmamıştır.

Araştırmada, morfin oranı %0.450-0.535, kodein %0.53-0.75, tebain %0.006-0.025, noskapin %0.059-0.109, oripavin %0.003-0.01 ve papaverin oranı %0.004-0.007 arasında değişmiştir. En yüksek morfin, kodein, oripavin, tebain ve noskapin değerleri salisilik asidin rozet yaprak döneminde uygulanmasında, papaverin ise rozet + sapa kalkma + tomurcuklanma döneminde elde edilmiştir. En düşük değerler ise morfin alkaloidinde tomurcuklanma döneminde, kodein, noskapin ve tebain rozet + sapa kalkma + tomurcuklanma döneminde, oripavin kontrol, papaverin ise sapa kalkma + tomurcuklanma döneminde tespit edilmiştir (Çizelge 4). Papaverin dışında diğer tüm alkaloid oranlarının rozet döneminde yapılan SA uygulamasında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bulgularına benzer olarak, Sarıhan (2004), haşhaşta gibberellik asidin rozet yaprak döneminde uygulanmasında morfin oranının daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Haşhaş alkaloidlerinin sentezlenmesi sıcaklık ve neme bağlı olarak vejetasyon döneminde birbirine dönüşebilmektedirler (Dittbrenner ve ark., 2009). Morton (1977), morfin oranının haşhaş bitkisinde çevre koşullarından etkilendiğini, Ayhan ve Yıldırım (2021), haşhaşın alkaloid içeriklerinin yetiştiricilik ve iklim koşullarına bağlı olarak farklılaşmasına neden olduğunu, Kaicker ve ark. (1978), morfin biyosentezi esnasında meydana gelen enzimatik olaylarda sıcaklık ile nispi nemin etkili olduğunu, olumlu çevre şartlarında morfin oranının yükseldiğini

belirtmişlerdir. İnal (2015), tebain oranı bakımından zengin olan TMO T haşhaş çeşidine, fungal bir elisitör olan Metil Jasmonatın (MeJA) haşhaş kapsülüne uygulandığı araştırmada uygulama sonrasında başta tebain olmak üzere; morfin kodein ve noskapin gibi alkaloid miktarlarında kontrol bitkisine göre artış gösterdiğini bildirmiştir. Haşhaşta alkaloid içerikleri ile yapılan çalışmalarda; Yazıcı ve ark. (2020), morfin oranının %0.37-0.79, kodein %0.006-0.092, oripavine %0.00-0.00, tebain, %0.000-0.062, papaverine %0.00-0.060 ve noskapin %0.008- 0.091 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Altıntaş ve Kara (2021), morfin %0.58-0.78, kodein %0.09-0.15, oripavin %0.02-0.03, tebain %0.02-0.09, papaverin %0.003-0.005 ve noskapin oranı %0.02-0.09 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gümüştü ve ark. (2007), haşhaş kapsülündeki alkaloid oranlarının dağılımı üzerine yapmış oldukları çalışmada; 99 hattın kapsüllerinde; morfin (%0.11-1.14), kodein (%0.005-0.27), tebain (%0.005-0.134), papaverin (%0.001-0.44) ve noskapin (%0.006- 0.418) oranlarının belirtilen aralıklarda değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Haşhaş alkaloidleri çeşit, iklim ve agronomik uygulamalardan farklı seviyelerde etkilenebilmektedirler ve oranları değişebilmektedir (Yadav ve ark., 2009; Yazıcı ve ark., 2017; Kara ve Baydar, 2021).

Sonuç

Haşhaşta farklı gelişme dönemlerinde uygulanan salisilik asidin etkisi incelenen özelliklere göre değişmiş, en yüksek kapsül eni, boyu ve bin tane ağırlığı R (rozet)+ SK (sapa kalkma), dal sayısı SK, kapsül ve tohum verimi T (tomurcuklanma), sabit yağ R + SK, morfin, kodein, oripavin, tebain ve noskapin R, papaverin ise R+ SK+ T dönemlerinde belirlenmiştir.

Sonuç olarak; ekonomik girdi maliyetleri de dikkate alınarak, haşhaşta daha yüksek kapsül ve tohum veriminden dolayı T, yağ oranı bakımından R + SK ve alkaloid içeriği bakımından ise R döneminde salisilik asit uygulaması önerilebilir.

Çıkar çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazarların katkı beyanı

Araştırmanın planlanması, istatistik analizi ve yazım aşamaları B.G ve N.K, arazi aşamasının ise B.G tarafından yürütüldüğünü beyan ederler.

Teşekkür

Tohum temini ve alkaloid analizlerini yapan Afyonkarahisar Bolvadin Alkaloidleri Fabrikası Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Altıntaş, H., & Kara, N. (2021). Haşhaşın (*Papaver somniferum* L.) sabit yağ ve alkaloid içeriklerine azotlu gübre formları ve hümitik asit uygulamalarının etkisi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 103-107.
- Ayhan, A.E., & Yıldırım, M.U. (2021). Sonbahar ve ilkbahar ekimlerinin haşhaşın (*Papaver somniferum* L.) verim ve morfin içeriği üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 412-420.
- Culpan, E. (2015). *Giberellik Asit ve Salisilik Asit Uygulamalarının Aspir (Carthamus tinctorius L.)'in Tohum Verimi ve Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Dittbrenner, A., Mock, H.P., Börner, A., & Lohwasser, U. (2009). Variability of alkaloid content in *Papaver somniferum* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 103-107.
- Ebrahimzadeh, L., Farahbakhsh, H., & Arvin, S.M.J. (2009). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth and development to exogenous application

of plant growth regulators. *Plant Ecophysiology*, 2, 57-61.

- Estaji, A., & Niknam, F. (2020). Foliar salicylic acid spraying effect on growth, seed oil content, and physiology of droughtstressed *Silybum marianum* L. plant. *Agricultural Water Management*, 234, 106116.
- Gümüüşcü, A. (1996). *Seçilmiş bazı haşhaş (Papaver somniferum L.) çeşit ve hatlarının verim öğelerinin karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gümüüşcü, A., & Arslan, N. (2007). Researches on general and specific combining ability of yield and some traits of the hybrids of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) lines. *Acta Horticulturae*, 826, 105-110.
- Gümüüşcü, A., Arslan, N., & Sarihan, E.O. (2008). Evaluation of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) lines by their morphine and other alkaloids contents. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1213-1220.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68, 14-25.
- Hesami S, Nabizadeh E, Rahimi A., & Rokhzadi, A. (2012). Effects of salicylic acid levels and irrigation intervals on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*) in field conditions. *Environmental and Experimental Biology*, 10, 113-116.
- İnal, B. (2015). *Haşhaş (Papaver somniferum L.)'da Tebain Üretim Mekanizmasının Yeni Nesil Dizileme Sistemi ile Transkriptom Düzeyinde İncelenmesi*. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara.
- Jam BJ, Shekari F., & Zangani, E. (2013). Application of bio-sulfur fertilizer and seed pretreatment with salicylic acid improved photosynthetic parameters of safflower. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(11), 3068-3075.
- Kaicker, U.S., Saini, H.C., Singh, H.P., & Choudhury, B. (1978). Environmental effects on morphine content in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Bulletin on Narcotics*, 30(3), 69-74.
- Kara, N., & Baydar, H. (2021). The influence of sowing and planting seedlings at different dates in autumn on the yield and quality of the opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 21, 1-6.

- Karabük, B. (2012). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Genotiplerinde Ekim Sıklığı İle Azotlu Gübrelemenin Tarımsal Ve Kalite Üzerine Etkileri*. (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Koşar, F.Ç., Köse, A., Akın, A., & Doğan, S., (2019). Bazı Haşhaş Hat ve Çeşitlerinin Verim ve Morfin Oranları Yönünden Değerlendirilmesi. Türkiye 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi, 01-04 Kasım 2019, Antalya s: 106.109
- Moghadam A. K., & Mohammadi, K. (2014). A laboratory and glasshouse evaluation of ascorbic and salicylic acid effect on germination traits and grain yield of safflower cultivars. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 39-42.
- Morton, J.F. (1977). *Major Medicinal Plants*, Charles C. Thomas-Publisher, Springfield, Illinois, ABD, 110-120.
- Rezaei Osalou, Amir. (2015). *Tescilli Haşhaş (Papaver somniferum L.) Çeşitlerinin Tarımsal Değerlerinin Karşılaştırılması*. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış, s. 147, Ankara.
- Sarıhan, E.O. (2004). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Bitkisinin Verimi ve Bazı Özellikleri Üzerine Giberellik Asidin (GA3) Farklı Doz ve Uygulama Zamanlarının Etkisi*. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yadav, H.K., Shukla, S., & Singh, S.P. (2009). Genetic combining ability estimates in the F1 and F2 generations for yield, its component traits and alkaloid content in opium poppy (*Papaver somniferum L.*). *Euphytica*, 168(1), 23-32.
- Yazıcı, L., Yılmaz, G., & Gökalp, S. (2017). Bazı haşhaş (*Papaver somniferum L.*) çeşit ve genotiplerinin alkaloid ve yağ oranlarının belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20 (Özel Sayı), 313-317.
- Yazıcı, L., Yılmaz, G., Özyılmaz, B., & Gökalp, S. (2020). Bazı haşhaş (*Papaver somniferum L.*) çeşitlerinin Tokat koşullarında verim ve alkaloid özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(3), 693-703.