



Haşhaşın (*Papaver somniferum* L.) Sabit Yağ ve Alkaloid İçeriklerine Azotlu Gübre Formları ve Hümk Asit Uygulamalarının Etkisi

Halil ALTINTAŞ¹, Nimet KARA^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: nimetkara@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 09/07/2021

Kabul tarihi: 08/11/2021

Anahtar Kelimeler: Gübre, Haşhaş, Hümk asit, Morfin

ÖZET

Araştırma, farklı azotlu gübre formları (amonyum sülfat, nitropower ve üre) ve bunların hümk asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ ve alkaloid içeriğine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme; Isparta koşullarında "Ofis 4" haşhaş çeşidi kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur.

Azotlu gübre formları ve hümk asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ içeriğine etkisi istatistiksel olarak ($p < 0.01$) önemli olmuş, kontrol (azotsuz) ve yalnız hümk asit uygulamalarına göre sabit yağ içeriği daha yüksek olmuştur. Sabit yağ oranı bakımından, azot formlarının hümk asit ile birlikte uygulamalarında kendi aralarındaki farklılıkları istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Haşhaşın sabit yağ oranı %42.72-44.41, morfin %0.588-0.789, kodein %0.090-0.152, oripavin %0.024-0.032, tebain %0.028-0.092, papaverin %0.003-0.005 ve noskapin oranı %0.022-0.096 arasında değişmiştir. Sonuç olarak; daha yüksek sabit yağ ve alkaloid içeriğinden dolayı haşhaşta hümk asit destekli her üç azotlu gübre formu da uygulanabilir ve bunlar arasında amonyum sülfat + hümk asit kombinasyonu önerilebilir.

The Effect of Nitrogen Fertilizer Forms and Humic Acid Treatments on Fixed Oil and Alkaloid Contents of Poppy (*Papaver somniferum* L.)

ARTICLE INFO

Received: 09/07/2021

Accepted: 08/11/2021

Keywords: Nitrogen fertilizer, Poppy, Humic acid, Morphine

ABSTRACT

The research was carried out to investigate the effects of different nitrogen fertilizer forms (ammonium sulfate, nitropower and urea) and their treatments with humic acid on the fixed oil and alkaloid content of poppy. Experiment was set up according to the randomized complete blocks design by using the "Ofis 4" poppy variety in Isparta conditions

Effect on fixed oil content of poppy of fertilizer forms and their treatments with humic acid were statistically ($p < 0.01$) significant, and the oil content was higher compared to control (nitrogen-free) and alone humic acid treatments. In terms of fixed oil content, themselves differences among alone nitrogen forms and their treatments with humic acid were not statistically significant. The fixed oil content between 42.72-44.41%, the morphine 0.588-0.789%, the codeine 0.090-0.152%, the oripavine 0.024-0.032%, the thebaine 0.028-0.092%, the papaverine 0.003%-0.005%, and the noscapine content 0.022-0.096% of poppy varied. As a result; all three forms of nitrogen fertilizer with humic acid in poppy can be applied due to the higher fixed oil and alkaloid content, and among these ammonium sulfate + humic acid combination can be recommended.

1. Giriş

Haşhaş tohumları pasta ve çörek gibi unlu gıdalarda, yağı yemeklik olarak, boya, sabun vb. endüstriyel alanlarda, kapsülleri ise içerdiği alkaloidlerden dolayı ilaç hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Türkiye yasal haşhaş tarımının yapıldığı önemli ülkelerden biridir. Haşhaş tohumlarının içerdiği yağın %40-50 oranındaki yağın, ortalama %11.0 palmitik, %0.4 palmitoleik, %1.9 stearik, %15.0 oleik, %71.3 linoleik ve %0.6 linolenik yağ asitlerinden oluşmaktadır (Atakişi, 1999). Haşhaş tohumlarının yağı alındıktan sonra kalan küspesi de değerli bir hayvan yemi olup, %36 ham protein, %12 dolayında da ham yağ içermektedir (Erdurmuş, 1989).

Haşhaş kapsülleri de ihtiva ettiği alkaloidler nedeniyle tıbbi amaçlı kullanılmaktadır. Morfin, kodein, tebain, papaverin ve noskapin başta olmak üzere 40'tan fazla farklı alkaloid içeren (Dingermann vd., 2004) haşhaş kapsüllerinde alkaloid oranı %10-25 arasında değişmektedir (Tanker & Tanker, 2003). Morfinin çok önemli hastalıklarda oluşan ağrılarda ağrı kesici olarak, kodeinin ve noskapin ise daha az aktif olmasına karşın daha hafif ağrılarda ve öksürük kesici olarak, papaverin ise kas gevşetici olarak kullanılmaktadır. Tebain doğrudan terapötik olarak kullanılmamakta fakat endüstriyel olarak diğer ağrı kesicilere dönüştürülmektedir. (Gürkan vd., 2003; Dittbrenner vd., 2009). Bunlardan morfin, kodein ve tebain uyuşturucu özellikte olmasına rağmen noskapin ve

papaverin uyuşturucu özellik taşımamaktadır (Özgen vd., 2017).

Dünyada ticari amaçla haşhaş ekimi yapan, ülkelerde morfin oranı %2 dolayında seyrederken (Amir, 2015), Türkiye’de yapılan çalışmalarda, Aytekin & Önder (2006) %0.74, Gümüşcü vd. (2008) %0.110-1.140, İnan vd. (2016) %0.56-0.92, Günlü & Öztürk (2008) %0.51-0.65, Kara (2017) %0.47-1.00, Yazıcı vd. (2017) %0.15-0.60 ve Ayhan & Yıldırım (2021) sonbahar ekimlerinde %1.07-1.17 ve ilkbahar ekiminde %1.29-1.46 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ülkemizdeki morfin oranının diğer ülkelere nazaran oldukça düşük olduğu görülmektedir. Haşhaşa kalite kriteri olan alkaloid içeriği, bitki genotipi ve çevresel koşullar tarafından etkilenmektedir (Valizadeh & Arslan, 2013). Tarımsal üretimde organik madde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştiren ana etmenlerden birisi (Bozkurt, 2005) olup, ürün verimini etkilemektedir. Kimyasal gübreler verimi artırsa da uzun yıllar kullanımı toprakta kalıntılara neden olmakta (Yağmur & Okur, 2017), çevre ve insan sağlığı üzerine tehdit oluşturmaktadır. Türkiye topraklarının özellikle sulama yapılmayan alanların büyük bir kısmının organik madde içeriğinin düşük olması nedeniyle organik maddesi yüksek materyaller ile bunlardan ekstrakte edilen hümitik asitler tarımda kullanılmaya başlamıştır (Özkan, 2008). Hümitik maddeler özellikle iyon değiştirme, ağır metalleri tutma ve antioksidan özelliklerinden dolayı (Sönmez & Türkaslan, 2015) tarım, hayvancılık, sağlık, kozmetik ve endüstri alanında kullanılan değerli bir organik maddedir. Toprağa veya bitkiye doğrudan uygulanabilen hümitik asit, toprakta uzun süre kalmakta ve zaman içinde yavaş yavaş parçalanmaktadır. Hümitik asit

toprağın havalanmasını ve su tutmasını iyileştirmekte, toprak mikroorganizmalarının gelişimi ve çoğalmasını, bitkilerin stres koşullarına hastalık ve zararlılara dayanıklılığını sağlamakta (Çelik, 2003), bitki biyokütlesini arttırmakta ve özellikle kök gelişiminde etki gösterdiği ifade edilmektedir (Sözüdoğru vd., 1996). Yıldırım & Hatipoğlu (2020) hümitik asit ve yetiştirme ortamlarının safran kormlarının gelişimleri üzerine etkilerinin farklı olduğunu; korm sayısı 19.67–25.33 adet arasında değiştiğini ve en fazla torf ortamında ve 2.60 g/m² hümitik asit uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Arslan & Sarihan (2021) lavantada hümitik asit uygulamasının bitki gelişmesine olumlu katkısının olduğunu ve 3-6 kg/da azotlu gübre dozunun uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Bu araştırma, farklı azotlu gübre formları ve hümitik asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ ve alkaloid oranına etkisi araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, Isparta koşullarında “Ofis 4” haşhaş çeşidine azotun üç farklı formu (amonyum sülfat, nitropower ve üre) ve bunların hümitik asit ile birlikte kombinasyonları uygulanarak 2018-2019 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Deneme alanı karasal iklim özelliğine sahip olup, uzun yıllar ortalama yağış miktarı 522.2 mm dolayındadır. Denemenin yürütüldüğü vejetasyon döneminde (Ekim’den Ağustos’a kadar) ortalama sıcaklık 12.3 °C ve toplam yağış miktarı 529.5 mm ile uzun yıllar ortalamasından (sırasıyla 11.6 °C ve 522.0 mm) yüksek olmuştur.

Çizelge 1. Haşhaşın gelişme periyodunda sıcaklık ve yağış değerleri*

Table 1. Temperature and rainfall data in growing period in poppy

İklim fak.	Yıllar	Aylar											Top./Ort
		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	
Ortalama sıcaklık (°C)	2018-19	13.8	9.1	3.5	2.5	4.5	7.4	9.9	17.0	20.6	23.4	24.4	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)	2018-19	30.6	48.6	107.1	97.0	55.4	40.3	50.8	34.2	53.3	9.5	2.7	529.5
	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 (%2.02), hafif alkali (pH: 7.6) ve kil oranı orta (%8.23 CaCO₃) düzeydedir.

Deneme, 6 Ekim 2018 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak 40 cm sıra aralığında markörle açılan sıralara 1-2 cm derinliğinde birli bir miktarda tohum atılmış daha sonra sıra üzeri 15 cm olacak şekilde seyreltilmiştir. Ekimle birlikte saf olarak 6 kg/da fosfor hesabıyla P₂O₅ (TSP formunda) ve 8 kg/da saf azot hesabıyla (Koç vd., 2012) amonyum sülfat (%21), nitropower (%33) ve üre (%46) formları uygulanmıştır. Azotun yarısı ekimle birlikte kalan yarısı ilkbahar ayında üst gübre olarak uygulanmıştır. Hümitik asit ise önerilen dozda 10 kg/da olarak (toplam organik madde %10, hümitik+fülvik asit %12, K₂O %2.0 ve pH 7-8) ekimle birlikte toprağa uygulanmıştır. Araştırmada gübreleme uygulamaları; 1. Azotsuz parsel (kontrol-yalnız P₂O₅ uygulanmıştır), 2. Amonyum sülfat (AS), 3. Nitropower

(NP), 4. Üre (Ü), 5. Hümitik asit (HA), 6. AS+HA, 7. NP + HA ve 8. Ü + HA olarak planlanmıştır.

Deneme alanında sulama yapılmamış, ilkbaharda bitkilerin 5-6 yapraklı olduğu rozet döneminde uygun aralık bırakılacak şekilde seyreltme ve çapalama yapılmıştır. Hasat; en alt kapsüllerinin sararıp sertleştiği dönemde yapılmış, 3 gün kurutulduktan sonra tohumlar kapsülden ayrılmış ve elekten geçirilerek tohum dışı cansız maddelerden temizlenmiştir.

Sabit yağ oranı: Her uygulama için haşhaş tohumlarının yağ oranları *NMR* (Nuclear Magnetic Resonance, Bruker mq one) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Alkaloid analizleri (%): Afyonkarahisar-Bolvadin Alkaloidleri Fabrikası İşletme Müdürlüğünde HPCL metodu ile alkaloid oranları tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler; SAS istatistik paket programından faydalanılarak varyans analizleri yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testine göre karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Amonyum sülfat, nitropower ve üre azotlu gübre formları ve hümik asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) olmuş ve en yüksek %44.41 ile AS+HA ve en düşük %42.70 ile kontrol (azotsuz) uygulamalarında belirlenmiştir. Hümik asit, yalın azotlu gübre formları ve azotlu gübrelerin hümik asit ile birlikte uygulamalarında belirlenen sabit yağ oranı, azot verilmeyen uygulamaya göre daha yüksek olmuştur. Aynı zamanda hümik asit destekli azotlu gübrelemede belirlenen sabit yağ oranı azotlu gübrelerin tek başına uygulamalarına göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Buna ilaveten hem yalın azotlu gübre formları hem de hümik asit destekli azotlu gübre formları arasında en yüksek sabit yağ oranı amonyum sülfatın içinde olduğu uygulamalardan elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu durum deneme toprağının hafif alkali olması ve asidik karakterli olan amonyum sülfat gübresinin toprağı bir miktar nötrleştirerek besin elementlerinin daha iyi alınması ile açıklanabilir. Azot ve hümik asit uygulamaları ile toprağın besin maddesi bakımından zenginleşmesi, haşhaşın yağ oranını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Bunun tersine azotsuz ve yalın hümik asit uygulamalarında düşük azot içeriği bitkinin gelişimini olumsuz etkileyerek yağ oranı ve

alkaloit oranının azalmasına neden olabilir. Azotlu gübreler, bitkinin yaprak, sap kök, çiçek, meyve ve tohumların daha iyi gelişmesine ve dolayısıyla büyüme ve gelişmeyi olumlu etkilemektedir. Büyüme ve gelişmesi iyi olan bitkilerin organlarında besin maddelerin sentezlenmesinde yüksek olmaktadır. Azot proteinin yapıtaşı olan aminoasitlerin yapısında yer alması ve azotlu gübreleme ile karbonhidratların daha iyi asimilasyonu nedeniyle tohumlarda daha çok protein sentezine yardımcı olur (Gudade vd., 2009). Ancak tohumlarında yağ sentezlenen bitkiler üzerinde yürütülen çalışmalarda; Poonia (2000) ayçiçeğinde belirli bir seviyeye kadar artan azot dozlarında yağ oranının yükseldiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Aytakin & Önder (2006) haşhaşa 0, 6, 12, 18 kg N/da azot uygulamalarında en yüksek yağ oranının 12 kg N/da uygulamasında (%50.86) tespit etmişlerdir. Erbaş & Şenates (2020) ayçiçeğinde artan azot dozlarına bağlı olarak tohumların yağ içeriğinin yükseldiğini ve azot verilmeyen uygulamaya göre en yüksek azot dozunda %2.1 oranında artış tespit etmişlerdir. Sonuçlarımızın aksine Mirzashahi vd. (2010) kanolada azot dozlarının yağ içeriğini etkilemediği ve Hassan vd. (2007) yağlı tohumlu bitkilere daha yüksek azot dozu uygulamalarında tohumun protein içeriğinin arttığını ve yağ oranının düştüğünü bildirmişlerdir. Varényiová & Ducsay (2016) kolzada azot dozları ile yağ içeriği arasında önemli ve negatif bir ilişki olduğunu kaydetmişlerdir. Bu farklılıklar; genotip, agronomik uygulamalar, yüksek sıcaklık (azaltıcı) ve su stresi (azaltıcı) (Walton vd., 1999) gibi faktörlerden kaynaklanabilir.

Çizelge 2. Azotlu gübre ve hümik asit uygulamalarının haşhaşın sabit yağ ve alkaloit içeriğine etkisi

Table 2. Effect on fixed oil and alkaloid content of poppy of nitrogen fertilizer and humic acid treatments

Uygulamalar	Yağ oranı (%)	Morfin (%)	Kodein (%)	Oripavin (%)	Tebain (%)	Papavarin (%)	Noskapin (%)
Kontrol	42.70 d	0.588	0.090	0.025	0.028	0.004	0.040
Amonyum sülfat (AS)	44.00 c	0.732	0.135	0.028	0.046	0.005	0.058
Nitropower (NP)	43.51 c	0.742	0.123	0.026	0.067	0.004	0.056
Üre (Ü)	43.49 c	0.759	0.145	0.030	0.069	0.005	0.067
Hümik asit (HA)	42.82 d	0.627	0.072	0.024	0.038	0.003	0.022
AS+HA	44.41 a	0.789	0.137	0.032	0.083	0.004	0.096
NP + HA	43.97 c	0.689	0.152	0.029	0.092	0.005	0.093
Ü + HA	44.17 ab	0.773	0.133	0.031	0.089	0.004	0.094
LSD değeri	0.503						
Kareler ort.	0.749						
F değeri	17.47**						
VK (%)	1.47						

** : $P<0.01$ düzeyinde önemli

Haşhaşın morfin, kodein, oripavin, tebain papaverin ve noskapin gibi alkaloitlerin içerikleri gübre formlarına ve hümik asit ile olan kombinasyonlara göre değişmiştir. En yüksek morfin (%0.789), oripavin (%0.032) ve noskapin oranı (%0.96) AS+HA, kodein (%0.152) ve tebain oranı (0.092) NP+HA uygulamasında ve papaverin içeriği ise tüm uygulamalarda birbirine oldukça yakın (%0.003-0.005) çıkmıştır (Çizelge 2). Haşhaşa papaverin dışında tüm majör alkaloitlerin içerikleri; azotlu gübre formlarının yalın ve hümik asit ile birlikte kombinasyonlarında, azotsuz ve yalın hümik asit uygulamalarına göre daha yüksek olmuştur. Bu farklılık azotlu gübrelerin hümik asit ile birlikte uygulamasında toprağı verilen azot miktarını

yükselmesinden kaynaklanmış olabilir (Tok & Gowder, 2019). Dewick (2002) genellikle alkaloitlerin aminoasit yapısı içinde en az bir azot atomu olduğunu, Tok & Gowder (2019) haşhaş alkaloitlerin yapısında azotlu bileşiklerin bulunduğunu bildirmişlerdir. Lošák & Richter (2004) azot miktarının artışına bağlı olarak haşhaşın morfin içeriğinin %0.85'den %1.01'e yükseldiğini, Yadav vd. (2009) ise azotlu gübre miktarının belirli bir seviyeye kadar (10 kg/da) uygulanması ile haşhaşa morfin içeriğinin yükseldiğini ve daha yüksek azot dozlarında azalttığını bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Aytakin & Önder (2006) tarafından bildirilmiş olup 0, 6, 12 ve 18 N kg/da olarak uyguladıkları azot dozlarından, en yüksek

morfin oranını 12 kg/da N uygulamasında elde etmişlerdir. Savaşlı vd. (2011) haşhaşa azot dozlarının morfin oranlarında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmadığını vurgulamışlardır. Ayrıca, haşhaş alkaloidlerinin bitkide sentezlenmesi kompleks bir yapıda olup, iklim faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmekte ve gelişme dönemlerine göre alkaloidler birbirine dönüşebilmektedirler (Dittbrenner vd., 2009). Bu durum haşhaşın alkaloid içeriklerinin yetiştiriciliğine ve iklim koşullarına bağlı olarak farklılaşmasına neden olmaktadır (Ayhan & Yıldırım, 2021). Özellikle olgunlaşma döneminde sert rüzgârların esmesi ve düşük sıcaklıklardan dolayı morfin yolunun tıkanarak kodein olarak depolanabilmektedir. Morfin sentezlenmesinde morfinin öncüsünün kodein olduğunu ve daha sonra kodeinden morfine dönüştüğünü ve bazı zamanlarda ise enzimatik aktivite esnasında morfin yolu bloklanıp kodeinden morfine dönüşebildiği bildirilmiştir (Dittbrenner vd., 2009). Psenak (1998) bazı papaver türlerinde tebain veya oripavinin morfin alkaloid biyosentezinin son ürünü olduğunu, bazı türlerde ise tebain, kodeinon ve kodein üzerinden morfine dönüştüğünü, tebain kimyasal yapısına oksijen atomu bağlanmasıyla neopine ve sonrasında kodeinona ve kodeinonun indirgenmesi sonucunda ise kodein oluştuğunu bildirmişlerdir. Daha önce yürütülen araştırmalarda; haşhaşın morfin %0.312-0.817, tebain %0.035-0.147, kodein %0-0.078, oripavin %0-0.016, noskapin %0-0.439 ve papaverin oranlarını %0-0.029 arasında (Karabük, 2012), başka bir çalışmada morfin %0.102-0.493, kodein %0.044-0.159, tebain %0.003-0.189, noskapin %0.003-0.222 ve papaverin oranını %0.002-0.272 (Prajapati vd., 2002) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bulgularımız; araştırmacıların sonuçları ile değişkenlik gösterdiği söylenebilir, bu durum çeşit, iklim faktörleri ve agronomik uygulamalardan kaynaklanmış olabilir (Yadav vd., 2009, Yazıcı vd., 2017; Kara & Baydar, 2021).

4. Sonuç

Araştırmada; amonyum sülfat, nitropower, üre ve bunların hümitik asit ile birlikte uygulamaları haşhaşın sabit yağ ve majör alkaloid içeriğini kontrol (azotsuz) ve yalın hümitik asit uygulamasına göre artırmıştır. Haşhaşın yağ oranı bakımından, azot formları ve bunların hümitik asit ile birlikte uygulamalarının kendi aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmamıştır. En yüksek yağ oranının elde edildiği AS+HA uygulamasında kontrole göre %3.85 ve yalın hümitik asit uygulamasına göre ise %3.58 oranında daha yüksek olmuştur.

Papaverin dışında, azot formları ve bunların hümitik asit ile birlikte uygulamaları; haşhaşın incelenen alkaloid oranlarını pozitif etkilemiş ve genel olarak hümitik asit destekli azot uygulamalarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sonuç olarak; daha yüksek yağ ve alkaloid içeriğinden dolayı, hümitik asit destekli her üç azotlu gübre formu da uygulanabilir ve bunlar arasında ise AS+HA uygulaması önerilebilir.

5. Teşekkür

Alkaloid analizlerinin yapılmasında verilen destekten dolayı Afyonkarahisar-Bolvadin Alkaloidleri Fabrikası İşletme Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Amir, R.O. (2015). *Tescilli Haşhaş (Papaver somniferum L.) Çeşitlerinin Tarımsal Değerlerinin Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 160s.
- Atakışi K.İ. (1999). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. *Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi*, 148.
- 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. <https://www.doi.org/10.37908/mkutbd.931221>.
- Aytekin, M., & Önder, M. (2006). Azot ve fosfor dozlarının haşhaşa (*Papaver somniferum L.*) verim ve bazı verim unsurları ile kalite üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(38), 68-75.
- Bozkurt, M. (2005). *Ayrıştırma Dereceleri Farklı Peatlerin Hümitik Asit Kapsamlarının İki Ayrı Yöntemle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 39s
- Çelik, C. (2003). Tabiatın gizemli hediyesi; hümitik maddeler (II), *Hasad Dergisi*, 217.
- Dewick, P.M. (2002). *Medicinal Natural Products*. 2nd ed. England, John Wiley and Sons.
- Dingermann, T., Hiller, K., Schneider, G., & Zündorf, I. (2004). *Schneider Arzneidrogen*. 5. Aufl., Elsevier, München.
- 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.
- Erbaş S., & Şenates A. (2020). Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*)'nde azot ve kükürt gübrelemesinin verim ve kaliteye etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 217-225. <https://www.doi.org/10.19113/sdufenbed.678524>.
- Erdurmuş, A. (1989). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Hatlarında Fenolojik ve Morfolojik Karakterlerin Morfin Ve Tohum Verimiyle İlişkileri*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68s.
- Gudade, B.A., Thakur, M.R., Ulemale, R.B., Imade, S.R., & Bodhade, M.S. (2009). Nutrient uptake, soil nutrient status and quality of new sunflower varieties as influenced by fertilizer levels. *Journal of Soils and Crops*, 19(2), 355-359.
- Günlü, H., & Öztürk, Ö. (2008). Bor uygulamasının bazı haşhaş (*Papaver somniferum L.*) çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine etkisi (Kalite özellikleri ve bitki bor konsantrasyonları). *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(44), 56-63.
- Gürkan, E., Öndersev, D.V., Ulusoylu, M., Göztaş, Z. & Dinçşahin, N. (2003). *Bitkisel Tedavi*. Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Yayın No: 19, İstanbul.
- Hassan, F., Hakim, S.A., Manaf, A., Qadir, G., & Ahmad, S. (2007). Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to sulphur and seasonal variations. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(3), 499-503.
- Karabük, B. (2012). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Genotiplerinde Ekim Sıklığı İle Azotlu Gübrelemenin Tarımsal Ve Kalite Üzerine Etkileri*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 120s.
- Kara, N. (2017). The effects of autumn and spring sowing on yield, oil and morphine contents in the Turkish poppy (*Papaver somniferum L.*) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 39-46. <https://www.doi.org/10.17557/tjfc.301829>.

- 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. <https://www.doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100290>.
- Koç H., Ülker, R., Güneş, A., Gümüşçü, G., Ercan, B., Topal, İ., Kara, İ., Özdemir, F., Keleş, R., & Bayrak, H. (2012). Bazı Yerel Haşhaş Genotiplerinin Tohum ve Kapsül Verimi Açısından Değerlendirilmesi. *I. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, 255-259.
- Lošák, T., & Richter, R. (2004). Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant Soil Environments*, 50(11), 484-488.
- Mirzashahi, K., Pishdarfaradaneh, M., & Nourgholipour, F. (2010). Effects different rates of nitrogen and sulphur application on canola yield in north of Khuzestan. *Journal of Research in Agricultural Science*, 6(2), 107-112.
- Özkan, A. (2008). *Hüyük Asit İçeren Toprak Düzenleyicilerinin Hüyük Asit Kapsamlarının Uygun Yöntemlerle Belirlenmesi*. Yüksek Lisan Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40s.
- Poonia, K.L. (2000). Effect of planting geometry, nitrogen and sulfur on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of EcoPhysiology*, 3, 59-71.
- Prajapati, S., Bajpai, S., Singh, D., Luthra, R., Gupta, M.M., & Kumar S. (2002). Alkaloid profiles of the Indian land races of the opium poppy *Papaver somniferum* L. *Genetic Research Crop Evolution*, 49, 183-188.
- Psenak, M. (1998). *Biosynthesis of Morphinone Alkaloids*. Poppy. The Genus *Papaver*. Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles. Budapest. Hungary.
- Özgen, Y., Arslan, N., & Bayraktar, N. (2017). Türkiye açısından önemli bitki haşhaşın önemi ve tarımı. *Ziraat Mühendisliği*, 364, 4-8.
- Tanker, M., & Tanker, N. (1990). *Farmakognözi*, Cilt.1. Ankara Üniv., Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 65, Cilt 2, 546s. Ankara.
- Savaşlı, E., Çekiç, C., Önder, O., Dayıoğlu, R., Camcı, H., Koşar, F.Ç., Balcı, A., & Kalaycı M. (2011). Azotlu Gübrelemenin Haşhaş Tohum, Kapsül ve Morfin Oranları Üzerine Etkisi. *Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı*, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir.
- Sönmez, Y.M., & Türkaslan, M. (2015). Leonarditlerden tıp ve kozmetikte kullanılabilecek saflıkta etil fülvik ester üretim prosesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmama Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi Özel Sayı*, 11-14.
- Sözüdoğru, S., Küçük, A.C., Yalçın, R., & Usta, S. (1996). *Hüyük asidin fasulye bitkisinin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1452, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 800, Ankara.
- Tok, T.T. & Gowder, S.J.T. (2019). Structural and pharmacological properties of alkaloids with special reference to thebaine type alkaloids. *Biomed. Journal Science & Technology Research*, 17(3), 12767-12780. <https://www.doi.org/10.26717/BJSTR.2019.17.002993>.
- Valizadeh, N & Arslan, N. (2013). Haşhaş ıslahı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 86-92.
- Varenyiová, M. & Ducsay, L. (2016). Effect of increasing spring doses of nitrogen on yield and oil content in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta fytotechn zootechn*, 19(2), 29-34. <https://www.doi.org/10.15414/afz.2016.19.02.29-34>.
- Walton, G., Si, P. & Bowdwn, B. (1999). Environmental impact on canola yield and oil. Online: <http://www.regional.org.au/au/gcirc/2/136>.
- Yadav, R.L., Mohan, R., Singh, R. & Verma, R.K. (2009). The effect of application of nitrogen fertilizer on the growth of opium poppy in north central India. *The Journal of Agricultural Science*, 102(2), 361-366. <https://www.doi.org/10.1017/S0021859600042684>.
- Yağmur, B. & Okur, B. (2017). Potasyum ve humik asit uygulamalarının yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin gelişimine etkisi. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 4(3), 210-217.
- Yazıcı, L., Yılmaz, G. & Gökalg, S. (2017). Bazı haşhaş (*Papaver somniferum* L.) çeşit ve genotiplerinin alkaloid ve yağ oranlarının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmama Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20 (Özel Sayı), 313-317.
- Yıldırım, M.U. & Hatipoğlu, H. (2020). Farklı büyüme ortamı ve hüyük asit uygulamalarının safran (*Crocus sativus* L.) kormlarının gelişimine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı*, 143-151. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/52563/650502>.