

## Enerji Amaçlı Aspir Tarımında Farklı Fosfor Uygulamalarının Biyodizel Kalitesine Etkileri\*

Hüseyin ÖĞÜT<sup>1</sup> Hidayet OGUZ<sup>2\*\*</sup> Seda ŞAHİN<sup>1</sup> Sait GEZGİN<sup>1</sup>  
Fatih AYDIN<sup>3</sup> Didem ÖZEN<sup>4</sup> Suat ÖZDEMİR<sup>4</sup> Ramis DAYIOĞLU<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya

<sup>2</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Konya

<sup>3</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Mühendislik ve Doğa Bil. Fak., Konya

<sup>4</sup>Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Geçit Kuşağı Tarımsal Araş. Ens.

E-posta \*\*: hidayet@konya.edu.tr;

Geliş Tarihi: 24.04.2015; Kabul Tarihi: 26.06.2015

**Özet:** Aspir; Genetik kaynağı Anadolu olan ve Türkiye’de biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılmaya başlanan bir bitkidir. Üretimi giderek artan aspirin, Remzibey 05 ve Balcı çeşitlerinin tarımı yapılmaktadır. Bu çalışmada da farklı fosfor gübrelemesi yapılmış Remzibey 05 ve Balcı çeşitlerinden elde edilen yağlardan biyodizel üretimi yapılmıştır. Bu amaç için önce yağdaki fosfor uzaklaştırılmıştır. Çalışma, tohum ve yağdaki fosfor oranını azaltarak biyodizel üretim maliyetini düşürmeyi hedeflemektedir. Fosfor gübrelemesinde 0, 2, 4, 6, 8 ve 10 kg/ha normları kullanılmıştır. Tohumlardan elde edilen yağların asit kompozisyonu belirlenmiş ve üretilen biyodizelin teknik özellikleri ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Aspir, Remzibey05, Balcı, biyodizel, fosfor, ester oranı.

### Effects of Different Phosphorus Application on Quality of Biodiesel in The Cultivation of Safflower

**Abstract:** Safflower whose genetic origin is Anatolia was forgotten in time; however, it started to attract attention again as a raw material supply when biodiesel was started to be used in Turkey. Thus, its production has increased. The species like Remzibey 05 and Balcı were cultivated. In this study Remzibey 05 and Balcı species safflower oil was extracted from this safflower and biodiesel was produced from this oil. Phosphorus removal process is applied to crude oils used, whether for food or biodiesel purposes. The present study aims to bring the cost of phosphorous removal process down to the lowest levels, a process that has been shown to increase the cost of biodiesel production, by means

\* Bu yayın Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen “TAGEM-A13P04” nolu projenin verileri kullanılarak yapılmıştır.

of decreasing the amount of phosphorus in the seeds of safflower. The safflower plant will be exposed to P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> phosphorous in the doses of 0, 2, 4, 6, 8 and 10 kg/ha respectively. Oil acid components and some fuel characteristics of the biodiesel produced were examined.

**Key Words:** Safflower, Remzibey05, Balcı, biodiesel, phosphor, ester content.

## Giriş

Artan enerji talebi, enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması, enerji güvenliği ve çevrenin korunması gibi faktörler alternatif enerji arayışlarını hızlandırmıştır. Biyodizel de dizel motorlar için düşünülen, kullanılabilirliği ispatlanmış ticarileşmiş alternatif bir yakıttır. Ancak Türkiye’de gerek mevzuat eksikliği gerekse uygulanan yaptırımlar biyodizel üretiminde, kullanımında ve satışında istenilen başarıya ulaşılmasına engel olmuştur. Bu olumsuz gidişattan diğer sektörler gibi tarım kesimi de olumsuz etkilenmiş ve sonuçta ham madde temininde sorunlar yaşanmıştır. Yağ bitkileri konusunda ithalatçı konumunda olan Türkiye, yağ bitkileri üretimini artırma çalışmalarına öncelik vermiştir. Bu bitkilerin başında aspir gelmektedir.

Aspir, genellikle 80-100 cm arasında boylanabilen, dikenli ve dikensiz formları olan, sarı, kırmızı, turuncu, beyaz gibi değişik renklerde çiçeklere sahip, tohumlarda %30-45 arasında yağ bulunan yazlık karakterde ve ortalama 130-150 gün arasında yetişebilen tek yıllık bir uzun gün yağ bitkisidir (Öğüt ve ark., 2007).

Yazlık olarak ekilen diğer yağ bitkilerine oranla kurağa ve soğuğa toleranslı olan aspir; özellikle kuru tarım alanlarında münavebeye girebilecek bir bitki olması nedeniyle bitkisel yağ açığımızın kapatılmasında üzerinde önemle durulması gereken bitkilerden birisidir (Kolsarıcı ve ark., 2007.; Pourghasemin and Zahedi, 2009.; Beyyavas, ve ark., 2011).

Aspir yağının en bariz özelliği, doymuş yağ asitleri oranının düşük, doymamış yağ asitleri oranının yüksek bulunması olup, yağ asitleri kompozisyonunda çok az veya hiç linoleik asit bulunmadığından renk koyuluğu görülmemekte, bu özelliğiyle batılı ülkelerde margarin, mayonez ve salata yağı olarak tüketilmektedir. Yarı kuruyan yağlar grubunda yer alan aspir yağı, ayrıca boya, vernik, cila ve sabun yapımında da değerlendirilmektedir (Öğüt and Oğuz, 2006; Dajue, and Mündel, 1996).

*Compositae* familyasının bir üyesi olan aspir (*Carthamus tinctorius* L.) dünyadaki toplam ekim alanı 1.121.212 ha’dır. 700.000 ha alanı ve 400.000 ton üretimi ile Hindistan ilk sırada yer almaktadır ve dünya aspir üretiminin yaklaşık %70’ini karşılamaktadır. Bunu ABD, Meksika ve Çin izlemektedir (Katmer et all. 2005).

Ülkemizde uzun zamana kadar 3 aspir çeşidi mevcuttu. Bu çeşitlerden 2 tanesi (Yenice ve Dinçer), 1983 yılına kadar tescil edilen çeşitler olup, 1 tanesi ise 2005 yılında tescil edilmiştir. Daha önceki yıllarda, 5-154 olarak üretimi yapılan hat, 2005 yılında Remzibey-05 ismiyle tescil edilmiştir. Bu çeşitler, Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir (Babaoğlu, 2005).

Bu bağlamda yağ oranı bakımından mevcut çeşitlerden üstün, kurağa dayanıklı, dikenli aspir çeşidi Balcı çeşit kamuoyuna tanıtılmıştır ve Türkiye’de tarımı yapılan aspir çeşit sayısı Balcı çeşit ile beraber 4 e çıkmıştır. Çalışmalar devam etmiş Linas ve Ayaz çeşitleri geliştirilerek çeşit sayısı 6 ya yükselmiştir. Türkiye’de tarımı yapılan aspir çeşitlerinin karşılaştırılması Tablo 1’de verilmiştir.

Biyodizelin bazı özellikleri elde edildiği hammaddeye bağlı olmaktadır. Biyodizel üretiminde kullanılan yağ asitleri doymuş, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinden yapılabilir bu nedenle biyodizel üretilecek yağın bünyesindeki tekli doymamış yağ oranının yüksek olması arzu edilir (Öğüt ve Oğuz, 2006; Darnoko and Cheryan, 2000).

Aspirin Yağ Asidi Bileşenleri Tablo 2’de verilmiştir. Aspire ait doymamış yağ asidi miktarı % 96 olup, oleik asit miktarı % 13.25, linoleik asit miktarı ise % 76.80’dir.

**Tablo 1.** Türkiye’de tarımı yapılan aspir çeşitlerinin karşılaştırılması

Çeşit	Dikenlilik	Çiçek Rengi	Bitki Boyu (cm)	Tane Rengi	Yağ Oranı (%)	1000 Tane Ağırlığı (g)
Yenice	Dikensiz	Kırmızı	100-120	Beyaz	24-25	38-40
Diğer	Dikensiz	Turuncu	90-110	Beyaz	25-28	45-49
Remzibey 05	Dikenli	Sarı	60-80	Beyaz	35-40	46-50
Balcı	Dikenli	Sarı	55-70	Krem	38-40	40-48
Linaz	Dikenli	Turuncu	85-90	Krem	37-38	42-45
Ayaz	Az Dikenli	Turuncu	60-120	Beyaz	22-26	42-44

**Tablo 2.** Balcı aspir çeşidine ait yağ asidi bileşenleri

Yağ	%
Miristik asit	Eseri
Palmitik	6,44
Palmitoleik asit	0,10
Heptadecanpik asit	0,03
Heptadecanoik asit	0,04
Stearik asit	2,26
Oleik asit	13,25
Linoleik asit	76,80
Linolenik asit	0,07
Araşidik asit	0,31
Erusik asit	-
Trikosenoik asit	0,05
Lignoserik asit	0,06

Linoleik asit miktarı yüksek yağlarda yeniden esterleşme işlemi daha kolay olmaktadır. Ham yağların gerek gıda amaçlı gerekse biyodizele işlenmesi sırasında kaliteli biyodizel elde edebilmek için fosfor giderme işlemi yapılmaktadır. Biyodizel üretimi yapılacak yağın fosfor oranının 10 ppm’i geçmemesi gerekmektedir (El-Nakhlawy,1991.; Fohse et all, 1991; Vance et all, 2003). Nötralizasyon ve Degum (fosfor giderme) işlemleri sırasında kostik kullanıldığı için bitkisel yağda yaklaşık % 2-3 kadar bir kayıp meydana gelmektedir. Ham yağın bu kayıp değerleri asitlik ve fosfor değerlerine göre değişmektedir. Nötralizasyon ve Degum (fosfor giderme) işlemlerinin kimyasal ve enerji maliyeti oldukça yüksektir. Biyodizel üretiminde ton başına enerji maliyeti 91 ile 109 TL/ton, kimyasal

maliyeti ise 2,933 TL/ton'dur. Bu çalışma, aspir tanesindeki fosfor oranını düşürerek fosfor ayrıştırma ve biyodizel üretimin maliyetini azaltmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada linoleik asit oranı yüksek iki farklı aspir çeşidi kullanılarak, 0, 2, 4, 6, 8, 10 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulaması ile tesadüf blokları deneme desenine göre sulu ve kuru şartlarda dört tekerrürlü olarak Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde 2013 – 2015 yılları arasında yürütülen projenin ilk yıl sonuçları değerlendirilmiştir. Yetiştirme periyodunda fosfor gübrelemesinin etkisi araştırılmıştır.

## **Materyal**

Araştırma, Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde yürütülmüştür. Araştırma yeri toprakları derin ve killi tınlı bünyeli olup, 7,6 – 7,7 arasında hafif alkali, orta kireçlidir. % 1–1,7 organik maddeye sahiptir, bitkiye yarayışlı fosfor miktarı az sınıfında yer almaktadır.

Araştırmada kullanılacak olan aspir çeşitleri Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünün geliştirdiği çeşitler olup Remzibey aspir çeşidi, dikenli, sarı renkte çiçeklere sahip, bitki boyu 90 – 110 cm. civarında ve tane rengi ise beyaz olan bir çeşittir. Dikenli bir yapıya sahip olan çeşide ait bin tane ağırlığı 45–49 gr. kabuk oranı % 46, protein oranı % 14, yağ oranı ise % 28–32 arasındadır. Çeşide ait kuru şartlarda ortalama dekara verimler 100 – 250 kg, sulu şartlarda 350 – 450 kg arasındadır (Özel ve ark., 2004; Boyacı, 2007). Remzibey aspir çeşidi genelde kurağa dayanıklı ve sulu şartlarda da verim potansiyeli olan bir bitkidir.

Balcı çeşidinin bitki boyu 55 – 70 cm'dir. Sarıçiçekli ve dikenli tohum rengi kremdir. Yazlık tabiatlıdır. Kurağa oldukça dayanıklı olup bu şartlarda verim düzeyi 120–240 kg/da arasında değişmektedir. Yağ oranı ise % 38–40. Çeşide ait doymamış yağ asidi miktarı %96 Oleik asit miktarı % 16 Linoleik asit miktarı ise % 77, 1000 tane ağırlığı: 40–48 g, İç oranı % 57–59 dur.

## **Yöntem**

Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 6 konulu ve 4 tekerrürlü ve yağ oranı yüksek Balcı ve Remzibey çeşitleri ile sulu ve kuru şartlarda Araştırma Enstitüsü arazisinde kurulmuştur.

Araştırmada kullanılan parsel boyutları ekim denemeleri için: 10 m x 5,4 m = 54 m<sup>2</sup>, hasat deneme parselleri ölçüleri: 9 m x 5 m = 45 m<sup>2</sup> dir. Bitki sıra arası 45 cm, bitki sıra üzeri 10 cm aralıkta ekim gerçekleştirilmiştir. Gübreleme normları, dekara P<sub>0</sub>= 0 kg, P<sub>1</sub>= 2kg, P<sub>2</sub>= 4kg, P<sub>3</sub>= 6kg, P<sub>4</sub>= 8 kg P<sub>5</sub>= 10 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> olarak uygulanmıştır.

Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 6 konulu ve 4 tekerrürlü ve yağ oranı yüksek iki tohum çeşidi ile sulu ve kuru şartlarda Araştırma Enstitüsü arazisinde yürütülmüştür. Buradan elde edilen tohumlar önce kabuk kırma işleminden geçirilmiş sonra tavllanmış ve daha sonra soğuk preste yağı çıkarılmıştır. Bu yağların biyodizelleri; Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü bünyesindeki Biyodizel laboratuvarında üretilmiştir. Üretimde alkol olarak metil alkol, katalizör olarak NaOH ve üretim yöntemi olarak transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır. Üretilen biyodizellerin yakıt analizleri ve ester oranı tayinleri aynı laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 3'de

Remzibey ve Balcı çeşitlerin sulu ve kuru şartlarda 6 farklı fosfor gübresi uygulamalarında elde edilen yağlardan üretilen biyodizellerin özellikleri verilmiştir. Elde edilen değerler TSE EN 14214 standardı ile karşılaştırılmıştır.

## Sonuç ve Tartışma

Araştırma sonucunda yetiştirme tekniği açısından,

- Yağda bulunan fosfor miktarı ester oranını etkilemektedir.
- Sulu şartlarda her iki çeşitte fosfor gübreleme dozu arttıkça ester oranı düşmüştür.
- Kuru şartlarda ise bu gerçekleşmemiştir, kuru şartlarda fosfor alımının yavaşlayacağı düşünüleceğinden kuru şartlarda ester oranı düşmediği

bulgularına ulaşmıştır.

**Tablo 3.** Farklı Fosfor uygulamaları sonucu Remzibey, Balcı çeşit Aspir yağlarından elde edilen Biyodizelin Yakıt Özellikleri

Sıra No	Numune	Yoğunluk	K. Viskozite	Kalori	SFTN	Bakır Çubuk Korozyon
		kg/m <sup>3</sup>	40 °C mm <sup>2</sup> /s	cal/gr	°C	Derece
1	*RS-A	886.9	5.62	9699	-10	1a
2	RS-B	891.9	5.98	9710	7	1a
3	RS-C	888.1	4.92	9796	5	1a
4	RS-D	889.4	5.64	9788	2	1a
5	RS-E	890.4	5.29	9763	2	1a
6	RS-F	891.2	5.12	9734	2	1a
7	RK-A	890.5	4.86	9929	11	1a
8	RK-B	890.0	4.51	10066	11	1a
9	RK-C	895.2	5.73	9663	14	1a
10	RK-D	890.5	5.22	9723	6	1a
11	RK-E	891.2	5.26	9540	14	1a
12	RK-F	889.3	5.20	9435	12	1a
13	BS-A	893.4	5.30	10165	-6	1a
14	BS-B	893.7	5.61	9968	-5	1a
15	BS-C	895.5	5.72	9914	-4	1a
16	BS-D	893.8	5.33	9826	-6	1a
17	BS-E	893.8	5.65	9713	-7	1a
18	BS-F	893.8	5.44	9522	-7	1a
19	BK-A	894.8	5.46	9481	-10	1a
20	BK-B	893.7	5.21	9742	-9	1a
21	BK-C	889.0	5.28	9769	-7	1a
22	BK-D	893.7	5.30	9683	-8	1a
23	BK-E	893.1	5.23	9717	-9	1a
24	BK-F	892.6	5.20	9619	-8	1a

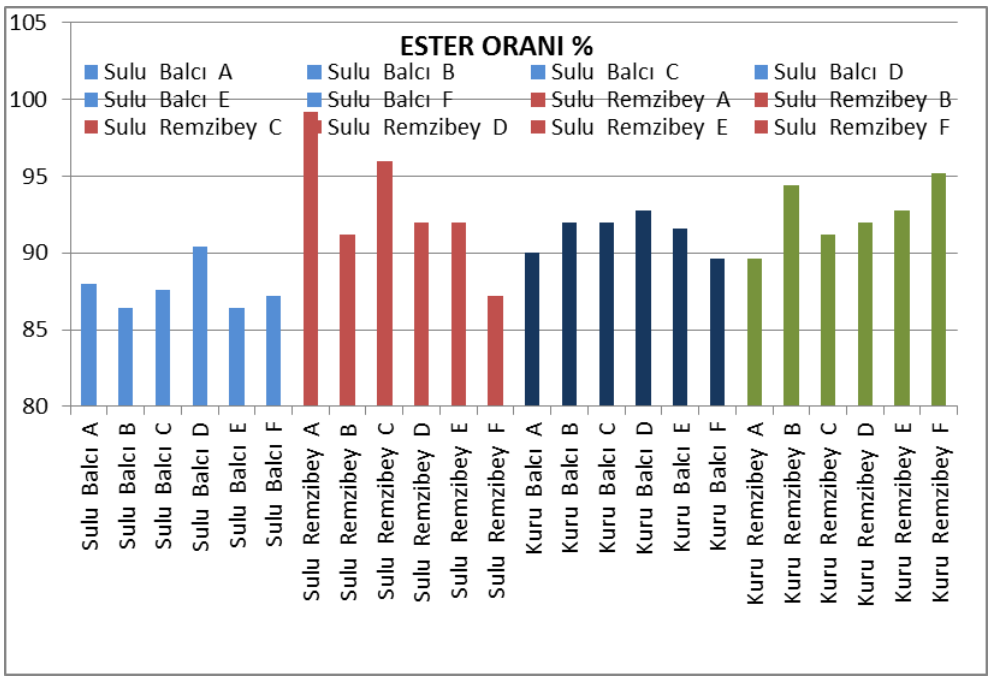
\*RS: Remzibey sulu, RK: Remzibey Kuru, BS: Balcı Sulu, BK: Balcı Kuru, A: % 0 fosfor, B: % 2 fosfor, C: % 4 fosfor, D: % 6 fosfor, E: % 8 fosfor, F: % 10 fosfor miktarını ifade etmektedir.

**Tablo 4.** Farklı oranlarda fosfor gübresi uygulaması sonucu elde edilen aspir bitkilerinin verimi ve ester oranları

	ÇEŞİT	Fosfor Gübre Miktarı	Tohum ağırlığı (kg)	Yağ ağırlığı (kg)	Verim (%)	Ester oranı (%)
Sulu	Balcı	A	10.0	2.31	23.11	88.0
Sulu	Balcı	B	10.0	2.27	22.71	86.4
Sulu	Balcı	C	10.0	2.32	23.25	87.6
Sulu	Balcı	D	10.0	2.32	23.22	90.4
Sulu	Balcı	E	10.0	2.38	23.87	86.4
Sulu	Balcı	F	10.0	2.30	23.07	87.2
Sulu	Remzibey	A	10.0	1.99	19.90	99.2
Sulu	Remzibey	B	10.0	1.90	19.06	91.2
Sulu	Remzibey	C	10.0	2.15	21.56	96.0
Sulu	Remzibey	D	10.0	1.98	19.83	92.0
Sulu	Remzibey	E	10.0	3.15	31.58	92.0
Sulu	Remzibey	F	10.0	1.94	19.43	87.2
Kuru	Balcı	A	8.0	1.67	20.92	90.0
Kuru	Balcı	B	10.0	2.53	25.36	92.0
Kuru	Balcı	C	10.0	2.03	20.34	92.0
Kuru	Balcı	D	10.0	2.41	24.19	92.8
Kuru	Balcı	E	13.5	3.39	25.14	91.6
Kuru	Balcı	F	10.4	2.49	23.96	89.6
Kuru	Remzibey	A	15.0	2.71	18.11	89.6
Kuru	Remzibey	B	14.0	2.87	20.52	94.4
Kuru	Remzibey	C	10.0	2.53	25.37	91.2
Kuru	Remzibey	D	10.0	1.77	17.76	92.0
Kuru	Remzibey	E	10.0	2.05	20.59	92.8
Kuru	Remzibey	F	17.0	3.42	20.12	95.2

Kuru şartlarda yetiştirilen bitki tohumları ve yağlara ait analiz sonuçları da (yağdaki fosfor oranının düşük olması) bunu desteklemektedir

Üretilen biyodizellerin yakıt özelliklerinden yoğunluk ve kalori değerlerinin standart değerlerde olmasına karşın viskozitelerinin sınır değer olan 5 mm<sup>2</sup>/s nin biraz üstünde olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.** Ester oranları

Tablo 4 de elde edilen veriler kullanılarak farklı çeşit ve oranlarda uygulanan fosfor gübresi neticesi elde edilen aspir bitkisinin ester oranları grafiği Şekil 1’de verilmiştir. Grafikte Remzibey çeşidinin ester oranlarının daha iyi olduğu gözükmektedir.

Araştırma sonuçları; Enerji Tarım amaçlı aspir üretiminde yetiştirme teknikleri açısından fosfor gübrelemesinin önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma sonuçlarının tarafından dikkate alınması hem tarımsal hem de biyodizel üretim maliyetlerinin azaltılmasını sağlayacaktır.

## Teşekkür

1130431 kapsamındaki desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz. (Prof.Dr. Hüseyin ÖĞÜT/Doç.Dr. Hidayet OĞUZ)

## Kaynaklar

- Babaoğlu, M.2003. Aspir Tarımı. Trakya Tarımsal Araştırma Yayını, Edirne.
- Beyyavas, V., Haliloglu, H., Copur, O. and Yılmaz, A. 2011. determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars, Lines and Populations under the Semi-Arid Conditions. African Journal of Biotechnology Vol. 10 (4), pp. 527-534.
- Boyacı, H. ve Karaş, E. 2011. Eskişehir koşullarında aspirin su-verim ilişkileri, II.Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Kızılcahamam-Ankara.

- Darnoko D, Cheryan M. Kinetics Of Palm Oil Transesterification In A Batch Reactor Journal Of The American Oil Chemists Society 77 (12): 1263–1267, 2000.
- Dajue, L., And Mündel, H. H., 1996. Safflower, promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy (ISBN92-9043-297-7). 85 pp.
- El-Nakhlawy, F.S. 1991. Response of safflower to different levels of nitrogen, phosphorus and potassium. Acta Agronomica Hungarica, 40 (1-2), pp. 87-92.
- Fohse, D. Claassen, N. Jungk, A. 1991. Phosphorus Efficiency Of Plants. Plant And Soil 132: 261–27.
- Katmer, E., Derici, O., Çelikoğlu, F., Erbahadır, M.A., Balcı, A., 2005. Ülkemizde Üretilen Aspir Bitkisinden Elde Edilen Yemeklik Yağın Kalite Özelliklerinin ve Depolama Şartlarının Belirlenmesi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Gıda Kontrol ve Merkez Araştırma Enstitüsü. Proje Kod No: TAGEM/GY/02/11/08/069. Genel Yayın No:127. BURSA.
- Kolsarıcı, Ö., Gür, A., Başalma, D., Kaya, M.D. İslar, N., 2005. “Yağlı tohumlu bitkiler üretimi”. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik kongresi, 3-7 Ocak 2005, s 409-429 Ankara.
- Öğüt, H., and Oguz, H. 2006. The third millenium’s fuel: Biodiesel. No. 745, Ankara Nobel Publishing. ISBN: 975-591-730-6 190 p.
- Öğüt, H., Eryılmaz, T., Oğuz, H., 2007 Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. 1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler Ve Biyodizel Sempozyumu 28-31 P: Mayıs SAMSUN.
- Öğüt, H., Oğuz, H., 2006 Üçüncü Milenyumun Yakıtı Biyodizel, Yayın No: 745 Nobel Yayın Dağıtım ISBN: 975-591-730-6 KİTAP II. Baskı 190 s.
- Özel, A., Demürbüleğ, T., Atilla, M. ve Çopur, O. 2004. Effects of Different Sowing Date and Intrarow Spacing on Yield and Some Agronomic Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Under Harran Plains Arid Conditions. Turk J Agric For 28 (2004) 413-419.
- Pourghasemin. N. and Zahedi. M., 2009. Effects of Planting Pattern and Level of Soil Moisture on Yield and Yield Components of Two Safflower Cultivars in Isfahan. <http://www.doaj.org>.
- Vance, P. C. Ude-Stone, C. Allan, D., 2003. Phosphorus Acquisition And Use: Critical Adaptations By Plants For Securing A Nonrenewable Resource. New Phytologist 157:423–447.