

Kükürt Gübrelemesi ile Kolzada Tokoferol İçeriğinin Değişimi Üzerine Bir Not

Cem Ömer EGESEL^{1*} Fatih KAHRIMAN² Muhammet Kemal GÜL³

¹Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 17020, Çanakkale

²Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 17020, Çanakkale

³K+S Nitrogen GmbH, Büyükdere Cad. No:7 GİZ 2000 Plaza; 34398 Maslak-Şişli, İstanbul

*Yazışma adresi: cegesel@comu.edu.tr

Geliş tarihi: 06.02.2011, Yayına kabul tarihi: 13.02.2012

Özet: Kolza tohumunda doğal olarak bulunan tokoferoller antioksidan ve E vitamini özellikleri nedeniyle sağlık açısından önemli bileşiklerdir. Kolzada tokoferol içeriğinin geliştirilmesi yağ kalitesine olumlu etkiler yapabilir. Kükürtlü gübrelemenin kolza tohumundaki tokoferol içeriğine etkisini inceleyen araştırma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmada kükürdün kolzada tokoferol miktarı ve bileşenleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Denemede kontrol (S0: 24 kg da) ile birlikte iki farklı (S1:24 kg da N + 10 kg da S, S2: 24 kg da N + 20 kg da S) kükürt dozu, beş ayrı genotipe tarla şartlarında uygulanmış ve alınan örneklerde toplam yağ oranı ile yağda bulunan tokoferol içeriği ile ilgili gözlemler yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre gübre uygulamalarının delta tokoferol içeriği dışında diğer tokoferol bileşenleri üzerine önemli derecede etki ettiği anlaşılmıştır. Kullanılan genotipler tokoferol bileşenleri bakımından önemli bir değişim göstermemiştir. Araştırma bulguları farklı oranlarda kükürt uygulamasının kolzada tokoferol içeriğine olumlu etkileri olabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Brassica napus*, sağlık, antioksidanlar

A Note on the Change of Tocopherol Content in Rapeseed with Sulphur Fertilization

Abstract: Tocopherols are naturally occurring compounds in rapeseed and have important health benefits owing to their antioxidant and vitamin E activity. Enhancing tocopherol concentration would positively affect the quality of rapeseed oil. There has been a limited amount of research on the effects of sulphur fertilization on rapeseed. This study aimed to investigate the effect of sulphur on the concentration and composition of tocopherol compounds in rapeseed. In the field trial, two different doses of fertilization (S1:24 kg da N + 10 kg da S, S2: 24 kg da N + 20 kg da S) were applied along with the control (S0: 24 kg da N) onto five rapeseed genotypes, and data were collected on total oil concentration as well as the tocopherol concentrations in the oil. Data indicated a significant fertilization effect on tocopherol compounds, except for delta-tocopherol. Genotype was not a significant source of tocopherol variation. Results of this study suggest different doses of sulphur application may have favorable effects on tocopherol concentration in rapeseed.

Key words: *Brassica napus*, health, antioxidants.

Giriş

Ülkemizde kolza yağının kullanımı gün geçtikçe artış göstermekte ve buna bağlı olarak yağ kalitesinin geliştirilmesine ilişkin çalışmalar da önem kazanmaktadır. Yağ kalitesi, yağ asitlerinin kompozisyonu ve yağ içerisinde bulunan diğer bazı

bileşenlerin oransal dağılımları ile ilişkilidir. Yağın raf ömrü ve kalitesi, ticari bakımdan büyük öneme sahiptir. Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin yağların depolanması esnasında bu yağlar oksijenle kolay şekilde reaksiyona girerek, aldehit ve keton türevleri

olan istenmeyen bazı bileşikler oluşturabilmektedir. Tokoferoller bu oksidasyon sürecini engelleme veya geciktirmede rol oynayan önemli bileşenlerdendir.

Kolza yağında, yağ asitleri kompozisyonunun yanında tokoferoller E vitamini etkileri ve antioksidan özellikleri nedeniyle yağ kalitesine etki etmektedir.

Tokoferollerin doğada yaygın olarak dört farklı formda (alfa, beta, gama, delta) bulunduğu ve bu formlardan en yüksek biyolojik aktiviteye sahip olan formun alfa tokoferoller olduğu bildirilmiştir (Ujie et al., 2005). Tokoferoller çoklu yağ asitlerinin peroxidasyonunu önlemekte (Kamal-Eldin and Appleqvist, 1996) ve yağın raf ömrünü uzatmaktadır (Weber, 1987). Kolzada toplam tokoferol miktarı değerlendirildiği farklı çalışmalarda kolza yağında 300 ile 800 mg/kg arasında tokoferol bulunduğu rapor edilmiştir (Goffman and Becker, 1998). Bu değer diğer yağlık bitkilerde bulunan toplam tokoferol miktarından düşük (Goffman and Becker, 2001) olduğu gibi aynı zamanda kolzanın alfa tokoferol içeriği de diğer bitkisel yağlardan düşüktür.

Şeker ve ark. (2008) tarafından yürütülen farklı zeytin ve kolza çeşitlerinin tokoferol miktarının karşılaştırıldığı çalışmada, toplam tokoferol içeriğinin kolzada 83.9 ile 173.8 mg/kg, zeytinde 52.1 ile 213.1 mg/kg arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada zeytine göre kolzanın alfa tokoferol içeriğinin önemli ölçüde düşük olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla tokoferol içeriğini artırıcı tarımsal uygulamalar ve benzeri araştırmaların artırılması önem arz etmektedir.

Brassica türlerinde kalite özelliklerinden yağ ve protein oranı (Chaudhary, 1992) ile yağ asitleri kompozisyonu (Ahmad and Abdin, 2000) üzerine gübreleme uygulamalarının etkilerini inceleyen farklı çalışmalar bulunmaktadır. Buna karşın kolzada tokoferol içeriğine gübreleme uygulamalarının etkisini inceleyen araştırma sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu amaçla yürütülen ve azot gübrelemesinin kolzada tokoferol içeriğine etkisini inceleyen önceki bir araştırmamızda, azot uygulamasının tokoferol oranını genotiplere göre farklı miktarlarda artırdığı

belirlenmiştir (Egesel ve ark., 2008). Kükürdün azot alınımına olan olumlu etkisi göz önünde bulundurulduğunda, azot ile birlikte uygulanan kükürt gübrelemesinin tohum kalite özelliklerine ve özellikler tokoferol içeriğine muhtemel etkilerini incelemek kayda değer bulgular elde edilmesine imkan sağlayabilir. Nitekim kükürt uygulamasının *Brassica rapa* L. ekotiplerinin antioksidan özellikleri ve fenolik bileşik kompozisyonlarına olumlu etkileri rapor edilmiştir (De Pascale et al., 2007).

Yağ kalitesinin yanı sıra kükürtlü gübrelemenin şalgamın hazır gıda olarak tüketiminde bazı avantajlar sağladığı rapor edilmiştir. Özellikle depolama veya market safhasında gün ışığına maruz kalan taze tüketim ürünlerinin antioksidan aktivitesini geliştirmede kükürtlü gübrelemenin önemli bir avantaj sağladığı belirtilmiştir (Barbieri et al., 2009).

Bu araştırmanın amacı, azotlu gübre ile birlikte uygulanan farklı dozlarda kükürt gübrelemesinin kolza yağında tokoferol bileşenleri üzerine etkisinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Denemede tesadüfen seçilen Triangle (G1), Talent (G2), Express (G3), Adder (G4), Alesi (G5) genotipleri materyal olarak kullanılmıştır. .

Deneme 2005-2006 yetiştirme sezonunda Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Dardanos Araştırma ve Uygulama Birimi'nde kurulmuş ve yürütülmüştür. Ekim yapılmadan önce toprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir (Çizelge 1).

Ekim işlemi Ekim ayının ikinci haftasında 1.2 x 5 m büyüklüğündeki parsellere el ile dört sıralı olarak yapılmıştır.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan beş genotip üç farklı uygulama ile gübrelenmiştir. Gübreleme programında farklı oranlarda kükürt ve sabit oranda azot uygulaması yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Deneme alanlarının toprak özellikleri.

Table 1. Soil characteristics of experimental plots

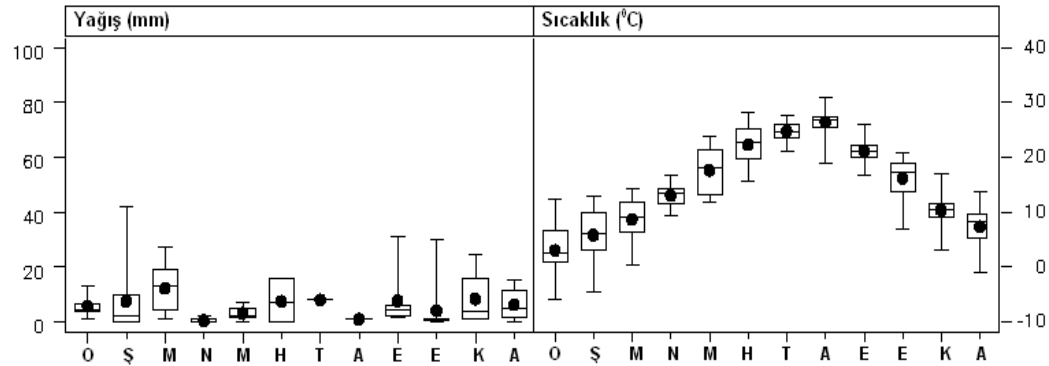
Parametre <i>Parameter</i>	Birim <i>Unit</i>	Değer <i>Value</i>
pH	--	6,4
Kireç <i>Lime</i>	%	2,6
Tuz <i>Salt</i>	%	0,025
Kum <i>Sand</i>	%	44
Organik Madde <i>Organic matter</i>	%	2,1
Toplam Azot <i>Total nitrogen</i>	%	0,106
Kükürt <i>Sulphur</i>	(ppm)	55,6

Çizelge 2. Azot ve kükürt gübrelemenin oranları.

Table 2. Nitrogen and sulphur application rates

Uygulamalar <i>Treatments</i>	Doz (kg/da) <i>Dose (kg/da)</i>	
	Azot <i>Nitrogen</i>	Kükürt <i>Sulphur</i>
S0 (Kontrol) S0 (Control)	24	+ 0
S1	24	+ 10
S2	24	+ 20

Kükürtlü gübre uygulaması elemental (% 99 toz) saf kükürt halinde Şubat ayının son haftasında bitkiler rozet formunda iken sıra aralarına verilmiştir. Azotlu gübreleme ise 1/3'ü ekim sırasında DAP formunda, 2/3'ü ise Mart ayının ilk haftasında üre formunda uygulanmıştır. Deneme sezonunda aylık sıcaklık ve yağış verilerinden oluşturulan iklim grafiğinde görüldüğü gibi yağışlı ve günlük sıcaklıkların 30 °C'yi aşmadığı serin bir yıl yaşanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Denemenin yürütüldüğü sezonda aylık sıcaklık ve yağış durumu.

Figure 1. Monthly mean temperature and precipitation in the period study carried out

Haziran ayının üçüncü haftasında parsellerin kenarındaki iki sıra bırakılarak her parselin orta iki sırası hasat edilmiştir. Elde edilen tohum örnekleri laboratuvar analizleri ve diğer ölçümler için +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Tohumda yağ oranının tespiti, NIRs (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) cihazı ile, Velasco et al. (1997) tarafından uygulanan yöntemle göre Göttingen Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Yaklaşık 300 mg kolza tohumundan oluşan her bir örnek, autosampler ünitesine sahip

NIR (model 6500) cihazında analiz edilmiştir (NIR Systems, Inc., Silver Springs, MD, USA). Tokoferollerin analizi amacıyla, kolza örnekleri Thies (1997)'ye göre hazırlanmıştır. Yaklaşık 1 g kolza tohumu kahve değirmeninde 10 s kadar öğütülmüştür. Buradan alınan 50 ± 5 mg'luk kısım 5 mL hacimli PE-test tüplerine aktarılmıştır. İç standart olarak, izooktandaki % 0,001 oranında β-tocopherol bulunduran 0,5 mL solüsyon (w/v) eklenmiştir (Calbiochem Inc., San Diego, CA, USA). Daha sonra 1.5 mL isooktan eklenen tüpler

PE kapakla kapatılıp vortex karıştırıcıda 2-3 saniye çalkalanmıştır. Karanlıkta ve oda sıcaklığında 15 saatlik bekletmeden sonra tekrar çalkalanan tüpler 5000 g'de 7 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Üst fazdan 0,8 mL berrak kısım 0,45 µm'lik filtreden geçirildikten sonra 0,8 mL'lik HPLC tüplerine aktarılmıştır. HPLC (high-performance liquid chromatography) sistemine yüklenen bu tüplerden 10 µL örnek kullanılarak tokoferollerin analizi gerçekleştirilmiştir.

Varyans analizi, SAS istatistik paket programının general linear model (PROC GLM) komutu kullanılarak yapılmıştır (SAS Institute, 1999). İstatistik modelde, yıllar ve tekerrürler rastgele etki, genotip ve gübre ise sabit etki olarak kabul edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçlarına göre delta tokoferol dışındaki özelliklerin tamamında gübreleme uygulamaları bakımından farklılık olduğu belirlenmiştir. Delta tokoferol içeriğinde ise genotip x gübre

İstatistik analizler şu modele göre yapılmıştır:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + G_j + F_k + G \times F_{jk} + e_{ijk}$$

Burada;

Y_{ijk} : gözlem değeri, μ : genel popülasyon ortalaması, R_i : i. tekerrürün etkisi (i = 1, 2, 3), G_j : j. genotipin etkisi (j = 1, 2, ...5), F_k : k. gübre dozunun etkisi (k = 1, 2, 3), $G \times F_{jk}$: genotip x gübre dozu interaksiyon etkisi, e_{ijk} : rastgele hatayı göstermektedir.

Ortalamalar arasındaki fark LSD çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Etki grafikleri R 2.8.1 istatistik paket programında oluşturulmuştur.

interaksiyon etkisi önemli bulunmuştur. İncelenen özellikler bakımından genotip ortalamaları arasındaki farkın ise önemli olmadığı anlaşılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tohumdaki yağ ve tokoferoller ile ilgili kareler ortalamaları ve önem düzeyleri
Table 3. Mean square and significance levels for oil and tocopherol in seed

VK	SD	Yağ	a-tok	g-tok	d-tok	top-tok	a-tok/g-tok
Variation	Degree of	Oil	α -	γ -	d -	total	α -
Source	freedom		tocophero	tocophe	tocophe	tocophero	tocopherol/
			l	rol	rol	l	γ tocopherol
Tekerrür	2	12,24	0,428	0,117	0,000	0,762	0,007
Repetition							
Genotip (G)	4	3,55	0,179	0,039	0,003	0,138	0,005
Genotype							
Gübre	2	54,97	75,170**	5,373*	0,002	42,905**	1,157**
Fertilizer		**					
G x Gübre	8	3,35	0,394	0,992	0,014*	1,266	0,008
Genotyp x							
Fertilizer							
Hata	28	3,56	0,257	1,499	0,005	2,127	0,006
Error							

*: p<0,05 düzeyinde önemlidir. **: p<0,01 düzeyinde önemlidir.

* Significance level (P<0,05) ** Significance level (P<0,01).

VK: Varyasyon kaynağı, SD: Serbestlik derecesi, a-tok: alfa tokoferol, g-tok: gama tokoferol, d-tok: delta tokoferol, top-tok: toplam tokoferoller

Tokoferoller yağda çözünen bileşenler olması nedeniyle, yağ oranı da ilgili bir özellik olarak verilerin değerlendirilmesinde

dikkate alınmıştır. Kükürt uygulamaları ile kontrol bitkileri karşılaştırıldığında en yüksek yağ oranının kontrol (S0) bitkilerden

elde edildiği görülmüştür. Kontrol uygulamasına göre yağ oranı S1 dozunda % 2.0 oranında S2 dozunda ise %3.7'lik bir düşüş göstermiştir (Şekil 2a). Kükürt gübrelemesinin yağ oranının düşüşüne neden olduğunu belirten literatür bilgileri mevcuttur (Withers and O'Donnell, 1994). Araştırmamızda da kükürt uygulaması ile yağ oranı genotiplere göre farklı oranlarda düşüş göstermiştir. Buna karşın kükürt ve azotun birlikte uygulanması durumunda yağ oranının artış gösterdiği de rapor edilmiştir (McGrath and Zhao, 1996). Örneğin, N ve S elementlerinin birlikte uygulanması ile şalgamda (*Brassica campestris* L.) yağ oranının arttığı bildirilmiştir (Fazli et al., 2005). Söz konusu çalışmada, gübre uygulamaları bizim çalışmamızdan farklı bitki gelişim dönemlerinde yapılmış, yağ ve toplam şeker oranındaki artış Acetyl-CoA konsantrasyonunun Acetyl-CoA carboxylase aktivitesini artırması ile ilişkilendirilmiştir. Yağ oranında belirlenen ve literatürde yer alan bilgilerden farklılık gösteren söz konusu değişimin açıklanabilmesi için enzimatik reaksiyonları da içeren daha detaylı çalışmaların yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

En önemli tokoferol bileşenlerinden alfa tokoferol oranının kükürt uygulamaları ile önemli ölçüde değişim göstermiştir. Kükürt uygulaması bütün genotiplerde benzer bir değişime neden olmuş ve kontrol uygulamasına göre alfa tokoferol miktarını önemli ölçüde artırmıştır. S1 uygulamasında kontrol (S0) uygulamasına göre ortalama 3.4 mg/100 g, S2 uygulamasında ise 2,3 mg/100 g artış sağlanmıştır (Şekil 2b).

Gama tokoferol oranı ise alfa tokoferol içeriğinin aksine kükürt gübrelemesinden olumsuz yönde etkilenmiştir. Gama tokoferol içeriği bakımından, kontrol uygulaması ile kükürt uygulamaları arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Bu özellik bakımından kontrol ortalaması 9,59 mg/100 g olarak belirlenmiş, kükürt uygulamalarının ortalamaları ise birbirleriyle (S1:8,66 mg/100 g, S2:8,48 mg/100 g) benzer değere sahip olmuştur (Şekil 2c). Buradan da anlaşılacağı gibi, kontrol uygulaması ile kıyaslandığında S1 dozundaki artış S2 dozuna göre daha yüksektir. Burada dikkati çeken diğer bir

husus genotip faktörünün bu değişimde önemli bir yer tutmadığıdır (Çizelge 3).

Alfa tokoferol miktarının gama tokoferol miktarına oranı kolzada tokoferol kompozisyonunun tanımlanmasında kullanılan bir ölçüttür (Goffman and Becker, 2001). Yukarıda belirtilen gübreleme etkilerinin alfa tokoferol oranını artırması, gama tokoferol oranını ise düşürmesi sonucu, alfa/gama tokoferol oranı gübreleme oranına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu oranda gerçekleşen değişim daha çok alfa tokoferol miktarına bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Alfa/gama tokoferol oranı kontrol (S0) uygulamasına göre, S1 uygulamasında 2,45 kat, S2 uygulamasında ise 2,75 kat yüksek bulunmuştur (Şekil 2f).

Delta tokoferol kolza yağında en düşük oranda bulunan tokoferol formudur. Genotip ve kükürt gübrelemesinin farklı şekilde etkileşim gösterdiği bu özellik bakımından, Triangle (G1) ve Talent (G2) genotiplerinin kükürt uygulamalarından olumlu yönde etkilendiği, diğer üç genotipin ise doğrusal bir değişim göstermediği görülmektedir (Şekil 2d).

Toplam tokoferol içeriği gübreleme etkisi ile artış göstermiş, kontrol ile kükürt uygulamaları arasında önemli bir fark oluşmuştur. Toplam tokoferol içeriği bakımından kontrol uygulamasına göre S1 uygulamasında 2,3 mg/100 g artış sağlanır iken, S2 uygulamasında bu oranın 3,3 mg/100 g olduğu belirlenmiştir. Buna karşın kükürt uygulamasının S1 ve S2 dozları arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Kükürt uygulamaları ile toplam tokoferol içeriğinde oluşan artışın, baskın form olan alfa tokoferol üzerinden gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Şekil 2). Genel olarak kükürt uygulaması toplam tokoferol bakımından genotipler arasında önemli bir fark yaratmamıştır.

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda azot gübrelemesinin zeytin (Fernandez-Escobar, 2006; Şeker ve ark., 2008) ve kolzada (Egesel ve ark., 2008) toplam tokoferol içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Kükürt azot alınımını desteklemekte ve yapısında kükürt bulunduran bileşenlerin oranlarını artırmaktadır (Fimes et al., 2000). Bu durumun yanı sıra kolzanın diğer kültür bitkilerine kıyasla daha yüksek kükürt

ihtiyacının olması da (Hrivna et al., 2001) dikkate alınır ise, kükürtlü gübrelemenin kolzada yağ kalitesine ve tokoferol içeriğine olumlu etkisinin olması beklenebilir. Nitekim, bu çalışma sonuçları kolzada kükürtlü gübreleme uygulamalarının toplam tokoferol içeriğinde dikkate değer artışlara neden olduğunu göstermekte ve bu konuda daha detaylı çalışmaların yapılmasının gerektiğine işaret etmektedir. Kükürdün tokoferol içeriğine olumlu etkileri bulunmasına karşın, yağ oranında düşüşe neden olması önemli bir dezavantajdır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak ancak kükürtlü gübreleme neticesinde yağ oranında azalma olmayacak çeşitlerin kullanılması/geliştirilmesi ile mümkün olabilir.

Kükürdün fizyolojik olarak tokoferol akümüasyonu üzerine etkisini inceleyen bir araştırmaya rastlanmamıştır. Buna karşın

Brassica türlerindeki kükürtlü bileşiklerden glukosinolatlar (Kurilich et al., 1998) ve sinapin asit (Thiyam et al., 2006) ile tokoferoller arasında pozitif yönlü ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Kükürtlü gübrelemenin bu bileşiklerdeki artışa neden olduğu (Withers and O'Dannell, 1994) göz önüne alınır ise, kükürdün tokoferol oranında da artışa neden olabileceği sonucuna varılabilir. Antioksidan maddelerden olan tokoferollerin stres altında olan bitkilerdeki sentezinde bir artış beklenebilir. Bu durum kükürdün bitkide stres mekanizmasını tetikleyen bir etkisinin olabileceğini akla getirmektedir. Nitekim tokoferol sentezinde etkili olan genlerin, stres regülatörleri olan salisilik ve jasmonik asit gibi bileşenleri sentezleyen genler ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Munne-Bosh and Falk, 2004).

Sonuç

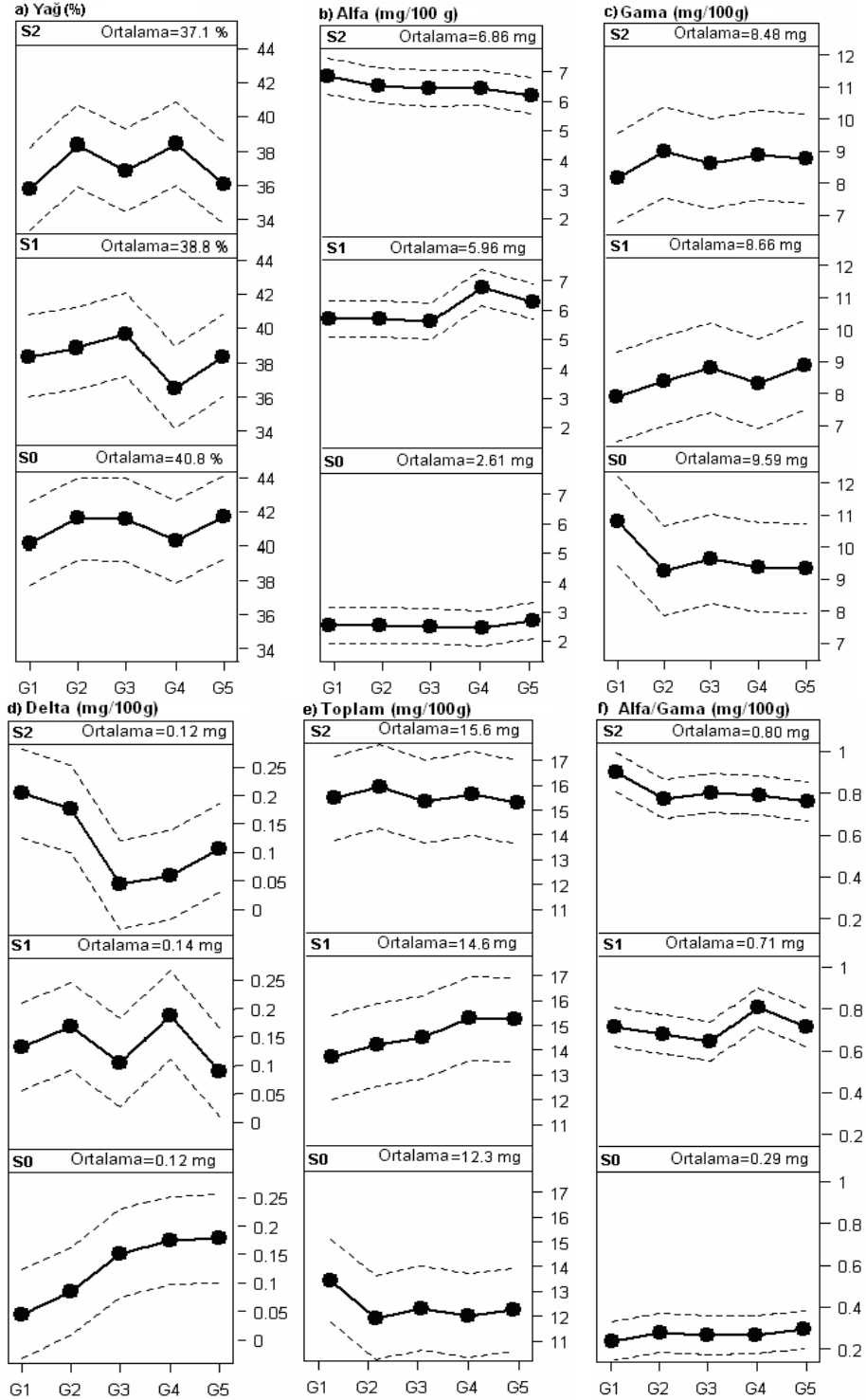
Sonuç olarak, bu araştırmada kükürt gübrelemesinin kolzada tokoferol içeriği ve kompozisyonu üzerine etkisinin bulunduğu ve özellikle alfa tokoferol miktarının artışına neden olduğu; genotip faktörünün ise bu değişimde önemli bir payının olmadığı sonucuna varılmıştır. Çevresel etmenlerden kaynaklanan değişimlerin değerlendirilmesi

amacıyla farklı lokasyon veya yıllarda ve çok sayıda çeşitle benzer denemelerin yürütülmesi yararlı olacaktır. Özellikle kükürtlü gübrelemenin enzim mekanizması ve tokoferol sentezine etkileri üzerine yapılacak çalışmaların bu konuya ışık tutabileceği söylenebilir.

Teşekkür

Bu araştırma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje no. 2006/02). Maddi destek sağlayan komisyona ve laboratuvar analizlerinin

yapılmasında yardımcı olan Göttingen Georg-Agust Üniversitesi öğretim üyeleri C. Möller ve H. Becker'e teşekkürlerimizi sunarız.



Şekil 2. Yağ ve tokoferoller üzerine gübrelemenin etkisi.

Not:Grafiklerdeki kesikli çizgiler % 95'lik olasılık aralığını, noktali kalın çizgiler ise kükrüt uygulamasından elde edilen genotip ortalamasını göstermektedir

Figure 2. Effect of fertilization on oil and tocopherols

Notice: Dashed lines show the 95 % confidence interval, bold lines show mean genotype values for sulphur fertilization.

Kaynaklar

- Ahmad, A., Abdin, M.Z., 2000. Interactive effect of sulphur and nitrogen on the oil and protein contents and the fatty acid profiles of oil in the seeds of Rapeseed (*Brassica campestris* L.) and Mustard (*Brassica juncea* L. Czern and Coss.), J. Agron. Crop Sci. 185: 49–54.
- Barbieri, G., Bottino, A., Orsini, F., De Pascale, S., 2009. Sulfur fertilization and light exposure during storage are critical determinants of the nutritional value of ready-to-eat friariello campano (*Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 89:2261-2666.
- Chaudhary, S.K., Gogulwar, N.M., Sing, A.K. 1992. effect of nitrogen and sulphur on seed yield and oil content of "Varuna" mustard (*Brassica juncea*). Indian J. Agron., 37:830-840.
- De Pascale, S., Maggio, A., Pernice, R., Fogliano, V., Barbieri, G., 2007. Sulphur fertilization may improve the nutritional value of *Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris*. Europ J Agronomy, 26:418-424.
- Egesel, C.Ö., Gül, M.K., Kahrıman, F., Özer, İ., Türk, F., 2008. The effect of nitrogen fertilization on tocopherols in rapeseed genotypes. Eur Food Res Technol, 227:871-880.
- Fazli, I.S., Abdin, M.Z., Jamal, A., Ahmad, S., 2005. Interactive effects of sulphur and nitrogen on lipid accumulation, acetyl-CoA concentration and acetyl-CoA carboxylase activity in developing seeds of oilseed crops (*Brassica campestris* L. and *Eruca sativa* Mill.). Plant Science, 168:29-36.
- Fernandez-Escobar, R., Beltran, G., Sanchez-Zamora, M.A., Garcia-Novelo, J., Aguilera, P., 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen-over fertilization. HortScience, 41:215-219.
- Fimes, J., Vong, P.C., Guckert, A., Frossard, E., 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. Eur. J. Agron., 12(2):127-141.
- Goffman, F.D., Becker, H.C., 1998. Phenotypic variability for tocopherol content and composition in seeds of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) (In German). Vortr. Pflanzenzüchtung 42:105–106.
- Goffman, F.D., Becker, H.C., 2001. Diallel analysis for tocopherol contents in seed of rapeseed. Crop Sci., 41:1072-1079.
- Hrivna, L., Richter, R., Losak, T., 2001. The effect of the content of water-soluble sulphur in the soil on the utilisation of nitrogen and on the yields and quality of winter rape. Rostlinná Výroba, 47: 18–22.
- Kamal-Eldin, A., Appelqvist, L.A., 1996. The chemistry and anti oxidant properties of tocopherols and tocotrienols. Lipids 31:671–701.
- Kurilich, A. C., Tsau, G. J., Howard, L., Brown, A., Klein, B., Jeffery, E., Kushad, M., Wallig, M., 1998. Carotenoid, tocopherol, and ascorbate variability in cruciferous vegetables. Abstracts of Papers, 95th Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science, Salt Lake, UT; American Society for Horticultural Science: Washington, DC.; Vol. 33, p 457.
- McGrath, S.P., Zhao, F.J., 1996. Sulphur uptake, yield response and the interactions between N and S in winter oilseed rape (*Brassica napus*). J.Agric. Sci., 126:53-62.
- Munne-Bosh, S., Falk, J., 2004. New insights into the function of tocopherols in plants. Planta, 218:323-326.
- SAS Institute, 1999. SAS/STAT version 8 Cary NC.
- Şeker, M., Gül, M.K., İpek, M., Toplu, C., Kaleci, N., 2008. Screening and comparing tocopherols in rapeseed (*Brassica napus* L.) and olive (*Olea europaea* L.) varieties using high liquid chromatography. International J

- of Food Sciences and Nutrition, 59(6):483-490.
- Thies, W., 1997. Entwicklung von Ausgangsmaterial mit erhöhten alpha- oder gamma-Tocopherol-Gehalten im Samenöl für die Körnerraps-Züchtung. I. Quantitative Bestimmung der Tocopherole durch HPLC. *Angew. Bot.* 71, pp. 62–67.
- Thiyam, U., Stockmann, H., Schwarz, K., 2006. Antioxidant activity of rapeseed phenolics and their interactions with tocopherols during lipid oxidation, *JOACS*, 83:523-528.
- Ujie, A., Yamada, T., Fujimoto, K., Endo, Y., Kitamura, K., 2005. Identification of soybean varieties with high a-tocopherol content. *Breeding Science*, 53:123-125.
- Velasco, L., Fernandez-Martinez, J.M., De Haro, A., 1997. Selection for high sumo il and protein in Ethiopian mustard (*Brassica carinata* Braun). *Eucarpica Cruciferae Newsl.* 19:97-98.
- Weber, E.J. 1987. Lipids of the kernel. p. 311–349. In S. A. Watson and P. E. Romstad (ed.) *Corn chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemistry, Inc. St. Paul, MN.
- Withers, P.J.A., O'Donnell, F.M. 1994: The response of double-low winter oilseed rape to fertilizer sulphur. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66, 1: 93-101.