



Determination Effects of Sulfur Applications on Some Fungal Diseases of Potato Tubers (*Solanum tuberosum* L.)[#]

Arif Şanlı^{1,a,*}, Hülya Özgönen Özkaya^{2,b}

¹Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

²Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 18.10.2022 Accepted : 25.11.2022</p> <p>Keywords: Antifungal activity <i>F. Solani</i>, Potato <i>R. solani</i> Sulfur application</p>	<p>This study was carried out in order to determine the antifungal effects of elemental sulfur applications on <i>Rhizoctonia solani</i>, <i>Fusarium solani</i> in potatoes in 2011-2012. Elemental sulfur was applied in 0, 2, 4, 6, 8 and 10 kg S/da doses with 3 different methods (seed tuber, soil (seed bed) and potato leaf). For both infections, seed tuber and soil applications showed higher antifungal effects than foliar applications. The effects of the application methods were different depending on the doses, and 6 kg/da and above S in seed tuber applications, 10 kg/da S in soil applications, and 6-8 kg/da S doses in foliar applications showed a higher antifungal effect. Infected tuber ratio and the infection severity with <i>R. solani</i> decreased to 18.8% and 6.0%, respectively with 10 kg/da S soil applications. The mean infection severity and infected tuber rate with <i>F. solani</i> decreased to 6.8% and 6.0%, respectively, with 8 kg/da S seed tuber applications. Sulfur applications showed high antifungal effect on both fungal pathogens, and this effect was higher on <i>R. solani</i>. With sulfur applications, a significant resistance can be created against <i>R. solani</i> and <i>F. Solani</i> infections, which have high economic damage in the potato plant. It was concluded that the application of sulfur to the soil or seed tuber was much more effective than the foliar application and 6-8 kg/da S applications may be sufficient to control of fungal diseases.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2656-2661, 2022

Patates (*Solanum tuberosum* L.)'te Kükürt Uygulamalarının Bazı Fungal Hastalıklar Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 18.10.2022 Kabul : 25.11.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Antifungal aktivite <i>F. Solani</i>, Kükürt uygulaması Patates <i>R. solani</i></p>	<p>Bu çalışma, patatesten elementel kükürt uygulamalarının <i>Rhizoctonia solani</i>, <i>Fusarium solani</i> üzerine antifungal etkilerinin belirlenmesi amacıyla 2011-2012 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada elementel toz kükürt 0, 2, 4, 6, 8 ve 10 kg S/da dozlarında tohumluk yumrulara, toprağa ve bitki yapraklarına olmak üzere 3 farklı yöntemle uygulanmıştır. Çalışmada her iki enfeksiyon için de tohumluk yumrulara ve toprağa yapılan uygulamalar yapraklardan yapılan uygulamalara göre daha yüksek antifungal etki göstermiştir. Tohumluk yumrulara ve toprağa yapılan uygulamalarda 6 kg/da ve üzeri, topraktan yapılan uygulamalarda 10 kg/da, yapraklardan yapılan uygulamalarda ise 6-8 kg/da S dozu daha yüksek antifungal etki göstermiştir. <i>R. solani</i> enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti oranları toprağa yapılan 10 kg/da S uygulamaları ile sırası ile %18,8 ve %6,0'ya, <i>F. solani</i> ile enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti oranları ise tohumluk yumrulara yapılan 8 kg/da S uygulamaları ile sırası ile %6,8 ve %6,0'ya kadar düşmüştür. Kükürt uygulamaları her iki fitopatojen üzerine de yüksek derecede antifungal etki göstermiş, ortaya çıkan etki <i>R. solani</i> üzerine daha kuvvetli olmuştur. Kükürt uygulamaları ile patates bitkisinde ekonomik zararı yüksek <i>R. solani</i> ve <i>F. Solani</i> enfeksiyonlarına karşı önemli bir direnç oluşturulabileceği, kükürdün toprağa ya da tohumluk yumrulara uygulanmasının yapraklardan uygulamaya göre çok daha etkili olduğu ve fungal hastalıklarla mücadele için 6-8 kg/da S uygulamalarının yeterli olabileceği sonucuna varılmıştır.</p>

^a arifsanli@isparta.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-5443-2082>

^c hulyaozgonen@isparta.edu.tr

^d <https://orcid.org/0000-0003-3802-3876>



Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.) zengin besin kompozisyonu ile dünyada giderek büyüyen açlık sorunu ve dengeli beslenme ihtiyacına cevap verebilecek en önemli bitkilerin başında gelmektedir. Günümüzde çok geniş kullanım alanına sahip olan patates içerdiği nişasta ve protein nedeniyle dünyanın besin gereksinimini karşılayan en önemli ürünlerden birisi olup, karbonhidrat kaynaklı besin maddeleri arasında buğday, çeltik ve mısırdan sonra 4. sırada yer almaktadır (Eppendorfer ve Eggum, 1994). Ülkemizde 2021 yılı verilerine göre 138 bin ha alanda yaklaşık 5,1 milyon ton patates üretimi yapılmış, birim alan verimi ise 3.671 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2021).

Günümüzde yoğun tarım uygulamaları bitkisel üretimde kullanılan gübre miktarını önemli ölçüde arttırmış, özellikle kısa sürede topraktan önemli miktarda besin maddesi kaldıran patatesten yoğun bir gübre kullanımı başlamıştır. Fakat bu artış özellikle azot ve fosforlu gübre kullanımında gerçekleşmiş, bu besin maddelerinin bitki tarafından alınımını ya da bitkilerin azot ve fosfor'a tepkilerini artırabilecek nitelikte olan kükürt gibi diğer önemli makro besin maddeleri göz ardı edilmiştir. Kükürt, bitkiler için önemli bir makro besin elementidir ve birçok biyolojik fonksiyona sahiptir (Leustek ve ark., 2000; Nikiforova ve ark., 2003). Elementel kükürdün H₂SO₄'e oksidasyonu bir yandan alkali topraklarda pH'nın düşürülmesini sağlarken, diğer yandan toprağa SO₄ sağlamak suretiyle besin elementlerini daha kullanılabilir forma dönüştürmektedir. Bunlara ilave olarak elementel kükürdün bazı bitki türlerinde hastalıklara dayanıklılığın bir bileşeni olduğu da bilinmektedir (Williams ve Cooper, 2003, 2004). Kükürt yönünden eksik olan topraklarda ürün kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesi ve verimde önemli azalmalar meydana gelmesinin yanı sıra, yaprak lekesi (*Alternaria alternata*) ve mildiyö (*Phytophthora infestans*) gibi bazı fungal hastalıklara karşı dayanıklılığın da artırdığı bilinmektedir (Schnug ve ark., 1995; Bourbos ve ark., 2000).

Fungal hastalıklar tarımsal üretimde verimi sınırlandıran önemli etmenlerden birisidir. Patates, büyüme mevsimi boyunca *R. solani*'nin neden olduğu gövde kanseri ve *F. solani*'nin neden olduğu kuru çürüklük gibi önemli hastalıklara neden olan bitki patojenlerinin saldırısına maruz kalmaktadır. Kök boğazı nekrozu ve siyah kabukluluk hastalığı olarak bilinen *R. Solani*, yumru üzerinde siyah siğiller, çatlamalar ve şekil bozukluklarına neden olarak pazar değerinin azalmasına, bitkinin stolon ve gövdesinde çürüklüklere yol açarak da bitkide besin maddelerinin organlara taşınmasının engellenmesine neden olmaktadır (Anonim, 2000). *Fusarium* spp., patates yumrusunda kuru çürüklük (Romberg ve Davis 2007) ve solgunluk hastalığı oluşturmaktadır (Altınok, 2013). Her iki hastalık da yumru verimi ve kalitesini büyük ölçüde etkilemekte ve pazar değerini azaltmaktadır. Toprakta sklerotia veya organik maddede miselyum olarak uzun yıllar hayatta kalabilen her iki patojenin kontrolü kültürel uygulamalar ve fungusit kullanımı ile sağlanabilmektedir (Cooper ve Williams, 2004).

Sentetik pestisitler tarım ürünlerindeki hastalık ve zararlıların savaşımında etkinlikleri yüksek kimyasal maddelerdir (Turabi, 2007). Bununla birlikte, uzun süreli

ve bilinçsiz pestisit kullanımı biyolojik olarak yavaş parçalanmaları nedeniyle çevre kirliliği başta olmak üzere hedef dışı organizmalar için toksisite, çeşitli fungusit türlerine karşı yaygın direnç gelişimi ve üründe kalıntı bırakması gibi birçok soruna neden olmaktadır (Durmuşoğlu ve ark., 2010). Kükürt, birçok fungal patojene karşı yüksek antifungal aktivite gösterdiği bilinen ve birçok bitki türünde fungal hastalıklarla mücadelede kullanılan önemli bir elementtir (Güneş ve Sönmez, 2019).

Özellikle alkali karaktere sahip topraklarda kükürtlü gübre uygulamalarının topraktaki besin elementlerinin yararıyla arttığı, toprak ıslahında önemli bir rol oynadığı ve aynı zamanda çeşitli hastalık etmenlerine ve böceklere karşı bitkide bir savunma mekanizması oluşturarak bitki verim ve kalitesini önemli derecede arttırabileceği düşünülmektedir (Zenda ve ark., 2017; Shoja ve ark., 2018). Bu çalışmada, değişik şekillerde ve dozlarda yapılan kükürt uygulamalarının patatesten yumru verimi ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen *R solani* ve *F. solani* üzerine antifungal etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada ülkemizde yaygın olarak tarımı yapılan Agria patates çeşidi ile elementel toz kükürt (%98 S) materyal olarak kullanılmıştır. Denemeler, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında 2011 ve 2012 yıllarında yürütülmüştür.

Araştırma Yerinin İklim Ve Toprak Özellikleri

Tekstür bakımından tınlı özellikte olan araştırma alanı topraklarında organik madde miktarı % 1,3 (Walcey-Black metoduna göre), toplam azot %0,29 (Makro Kjeldhal yöntemine göre), kullanılabilir fosfor 16,7 mg/kg (Olsen metoduna göre), değişebilir potasyum 179 mg/kg, elverişli sülfat 17,3 mg/kg (Tubidimetrik yöntemine göre) ve pH 8,2 (1:2,5) olarak belirlenmiştir. Vejetasyon döneminde toplam yağış miktarı 2011 ve 2012 yıllarında sırası ile 201 mm ve 226 mm, ortalama günlük sıcaklık ise sırası ile 18,8°C ve 19,7°C olarak gerçekleşmiştir.

Yöntem

Denemeler, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Planına göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Dikim, 2011 ve 2012 yıllarında sırası ile Nisan ayının 2. ve 3. haftasında sıra arası 70, sıra üzeri 30 cm olacak şekilde yarı otomatik dikim makinesi ile yapılmıştır. Çalışmada, her parsel 7,7 m uzunluğunda 4'er sıra olacak şekilde dikilmiş, bu şekilde her blokta 18 parsel (6 doz x 3 uygulama) oluşturulmuştur. Parseller arasında 1 m, bloklar arasında ise 2 m'lik mesafe bırakılmış ve bu şekilde çalışma toplamda 1827 m² lik bir alanda kurulmuştur.

Gübreleme, toprakta mevcut olan N, P ve K miktarları göz önüne alınarak toplamda 32 kg/da N, 10 kg/da P ve 20 kg/da K gelecek şekilde yapılmıştır. Tohum yatağı hazırlığı sırasında tüm parsellere 66 kg/da Kompoze gübre (%15 N, %15 P₂O₅ ve %15 K₂O) uygulanmıştır. Azot ve potasyumun kalan kısmı boğaz doldurma ve çiçeklenme dönemlerinde amonyum nitrat (%33 N) ve potasyum nitrat

(%45,5 K2O) gübrelere kullanılarak uygulanmıştır. Fosforun tamamı tohum yatağı hazırlığı sırasında uygulanmıştır. Her iki deneme yılında da yabancı ot mücadelesi, boğaz doldurma ve sulama gibi gerekli bakım işlemleri yapılmıştır. Vejetasyon dönemi içerisinde patates böceğine karşı ilaçlı mücadele edilmiş, hastalıklara karşı fungusit uygulaması yapılmamıştır.

Denemede elementel toz kükürt (% 98 S) 0, 2, 4, 6, 8 ve 10 kg S/da dozlarında (i) dikimden önce toprağa uygulama (dikimden hemen önce toprak hazırlığı esnasında), (ii) dikim sırasında yumru üzerine uygulama (iii) bitki yapraklarına uygulama (çıkıştan yaklaşık 2 hafta sonra) şeklinde uygulanmıştır.

Bitkilerin yeşil aksamalarının alttan itibaren sararmaya ve kurumaya başladığı dönemde her parselde kenarlardan 1'er sıra ve başlardan 1'er ocak kenar tesiri olarak atıldıktan sonra ortadaki iki sıra makine ile hasat edilmiştir. Her parselden hasat edilen yumrular (100 yumru) gözle müşahede ile gövde kanseri için 0 - >%25 ve solgunluk için 0 - >%50 arasında enfeksiyon gösteren yumrular 1-9 arasında skala kullanılarak gruplandırılmıştır (Roztropowicz ve ark., 1984). Bu sınıflandırma planına göre enfeksiyon oranı ve şiddeti aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$IR (\%) = \left(\frac{A}{B} \right) * 100 \quad IS = \left(\frac{\sum_{n=1}^8 A_n * B}{B} \right)$$

IR (%) = Enfeksiyon Oranı (%); A = Enfeksiyonlu Yumru Sayısı; B = Enfeksiyonsuz Yumru Sayısı

IS = Enfeksiyon Şiddeti; A = Skor Değeri (1-9); B = Enfeksiyonlu Yumru Sayısı

Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmadan elde edilen veriler SAS istatistik paket programında GLM prosedürü kullanılarak varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farklılıklar DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Rhizoctonia solani Enfekteli Yumru Oranı Ve Enfeksiyon Şiddeti

Patateste kükürdün tohum, toprak ve yaprak uygulamalarının patateste gövde kanseri ve kahverengi leke hastalığı etmeni *R. solani* ile enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddetine ait ortalama veriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kükürt uygulamalarının *R. solani* enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddetine etkileri

Table 1. Effect of sulfur applications on infected tuber ratio and severity of infection of *R. solani*

Uygulama Yöntemi	S dozları (kg/da)	Enfekteli Yumru Oranı (%)			Enfeksiyon Şiddeti (%)		
		2011	2012	yıl ort.	2011	2012	yıl ort.
Tohum Uygulama	0	63,3	49,3	56,3	39,6	31,3	35,4
	2	43,4	33,4	38,4	26,4	18,6	22,5
	4	40,0	28,8	34,4	24,7	16,3	20,5
	6	34,5	24,4	29,4	18,5	11,2	14,9
	8	32,2	21,1	26,7	14,1	5,8	10,0
	10	33,4	22,2	27,8	12,3	5,0	8,7
	Ortalama	41,1	29,9	35,5B	22,6	14,7	18,6B
Toprağa Uygulama	0	53,3	43,3	48,3	37,0	30,9	33,9
	2	53,3	41,0	47,2	28,1	19,8	24,0
	4	50,0	38,8	44,4	22,9	15,0	19,0
	6	42,2	32,1	37,2	18,5	10,1	14,3
	8	35,6	22,1	28,8	14,1	5,8	9,9
	10	22,2	15,3	18,8	8,8	3,2	6,0
	Ortalama	42,8	32,1	37,4B	21,6	14,1	17,8B
Yaprağa Uygulama	0	60,0	47,9	54,0	42,2	34,8	36,4
	2	53,3	49,1	51,2	41,4	32,5	37,0
	4	53,4	45,5	49,4	39,6	31,3	35,4
	6	44,4	38,2	41,3	41,4	31,1	36,3
	8	42,2	40,7	41,5	40,5	32,2	36,3
	10	46,7	48,4	47,6	39,6	30,3	34,9
	Ortalama	50,0	45,0	47,5A	40,8	32,0	36,4A
S dozları (kg/da)		Lsd uygulama x doz: 5,42			Lsd uygulama x doz: 3,07		
		1.yıl	2.yıl	Ort.	1.yıl	2.yıl	Ort.
	0	54,4	47,0	50,7a	39,6	32,3	36,0a
	2	52,2	40,8	46,5b	32,0	23,6	27,8b
	4	47,8	38,9	43,3c	29,1	20,9	25,0c
	6	43,4	34,0	38,7d	26,1	17,5	21,8d
	8	37,4	27,1	32,3e	22,9	14,6	18,7e
	10	32,6	26,1	29,3e	20,2	12,8	16,5f
	Ort.	44,6A	35,6B		28,3A	20,3B	
		Lsd yıl x uygulama: 3,13					

Çizelge 2. Kükürt uygulamalarının *F. solani* enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddetine etkileri
Table 2. Effect of sulfur applications on infected tuber ratio and severity of infection of *F. solani*

Çeşitler	Dozlar	Enfekteli Yumru Oranı (%)			Enfeksiyon Şiddeti (%)		
		2011	2012	Yıl ort.	2011	2012	Yıl ort.
Tohumla Uygulama	0	13,3	8,9	11,1	16,0	12,1	14,1
	2	11,1	7,2	9,1	12,8	10,3	11,5
	4	10,5	6,8	8,7	10,4	9,5	9,9
	6	9,4	5,7	7,6	7,2	7,9	7,6
	8	8,3	5,3	6,8	5,6	6,5	6,0
	10	8,9	5,3	7,1	5,6	6,7	6,2
	Ortalama	10,3	6,5	8,4C	9,6	8,8	9,2C
Toprağa Uygulama	0	13,0	9,8	11,4	16,8	12,1	14,4
	2	12,2	8,9	10,5	14,4	11,5	13,0
	4	11,1	8,5	9,8	15,2	11,2	13,2
	6	9,3	7,9	8,6	13,6	9,9	11,8
	8	9,3	7,7	8,5	12,8	7,3	10,1
	10	8,7	8,0	8,4	13,6	8,0	10,8
	Ortalama	10,6	8,5	9,5B	14,4	10,0	12,2B
Yaprağa Uygulama	0	13,3	9,9	11,6	16,4	12,5	14,5
	2	13,7	9,8	11,7	16,0	12,3	14,2
	4	13,3	9,5	11,4	16,9	12,5	14,7
	6	14,4	9,9	12,2	16,6	12,0	14,3
	8	13,8	9,6	11,7	16,3	12,3	14,3
	10	14,4	10,1	12,3	15,9	12,1	14,0
	Ortalama	13,8	9,8	11,8A	16,4	12,3	14,3A
S dozları (kg/da)		Lsd uygulama x doz: 1,32			Lsd uygulama x doz: 1,61		
		1.yıl	2.yıl	Ort.	1.yıl	2.yıl	Ort.
	0	13,2	9,5	11,4a	16,4	12,2	14,3a
	2	12,3	8,6	10,5b	14,4	11,4	12,9b
	4	11,7	8,3	10,0bc	14,2	11,1	12,6b
	6	11,1	7,8	9,4cd	12,5	10,0	11,2c
	8	10,5	7,5	9,1d	11,6	8,7	10,1d
	10	10,7	7,8	9,2cd	11,7	8,9	10,3cd
	Ort.	11,6A	8,3B		13,5A	10,4B	
		Lsd yıl x uygulama: 0,76			Lsd yıl x uygulama: 0,93		

Uygulama yöntemleri arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuş, tohumluk yumruya ve toprağa yapılan uygulamalarda enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti değerleri yaprağa yapılan uygulamalardan daha düşük olarak bulunmuştur. Kükürt uygulamaları *R. Solani* enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddetini önemli ölçüde azaltmış, kontrolde ortalama %50,7 ve %36,0 olan enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti değerleri doz artışı ile birlikte azalarak 8-10 kg/da kükürt dozlarında sırası ile %29,3 ve %16,5'e düşmüştür. Kükürt uygulamalarının antifungal etkisi 2012 yılında daha belirgin olmuştur. Kükürt dozlarının uygulama yöntemlerine bağlı olarak gösterdiği antifungal etkileri de istatistik açıdan önemli bulunmuş, tohumluk yumrulara yapılan uygulamalarda 6-10 kg/da S, toprağa yapılan uygulamalarda 10 kg/da S, yaprağa yapılan uygulamalarda ise 6-8 kg/da S dozları en düşük enfekteli yumru oranı değerlerini vermiştir. Tohumluk yumrulara uygulanan 8-10 kg/da S ve toprağa uygulanan 10 kg/da S en düşük enfeksiyon şiddeti değerlerine sahip olurken, yapraklardan yapılan kükürt uygulamalarının enfeksiyon şiddetine etkileri kontrol ile benzer olmuştur. Çalışmada en düşük enfekteli yumru oranları toprağa yapılan 10 kg/da S uygulamalarından (%18,8), en düşük enfeksiyon şiddeti değerleri ise tohumluk yumrulara (%8,7) ve toprağa (%6,0) yapılan 10 kg/da S uygulamalarından elde edilmiş, bu uygulamalar enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddetini

kontrole göre sırası ile yaklaşık %60 ve %82 oranında azaltmıştır (Çizelge 1).

Fusarium solani enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti

Tohumluk yumrulara, toprağa ve bitki yapraklarına yapılan kükürt uygulamalarının patatesten önemli bir solgunluk hastalığı ve yumru kuru çürüklüğü etmeni *F. solani* üzerine antifungal etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Tohumluk yumrulara yapılan kükürt uygulamalarında ortalama enfekteli yumru oranı (%8,4) ve enfeksiyon şiddeti (%9,2) oranları toprağa (sırası ile %9,5 ve %12,2) ve bitki yapraklarına (sırası ile %11,8 ve %14,3) yapılan uygulamalardan daha düşük olarak belirlenmiştir. Çalışmanın 2. yılında enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti değerleri ilk yıla göre daha düşük olarak gerçekleşmiştir. Kükürt uygulaması yapılmayan parsellerde *F. solani* ile enfekteli yumru oranı %11,4 olurken, bu oran 6 kg/da S uygulamalarına kadar önemli derecede azalmış, 6-10 kg/da S dozları arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır. Kontrolde ortalama %14,3 olan enfeksiyon şiddeti değerleri 8 kg/da S dozunda %10,1'e düşmüştür. Çalışmada en düşük enfekteli yumru oranı ve enfeksiyon şiddeti değerleri tohumluk yumrulara ve toprağa yapılan 6 kg/da ve üzeri kükürt uygulamalarından elde edilirken, yapraklardan yapılan uygulamaların *F. solani* üzerine herhangi bir etkisi olmadığı saptanmıştır.

Tartışma ve Sonuç

Kükürt uygulamaları *R. solani* enfeksiyonunun önemli derecede azalmasına neden olmuş, kontrolde yaklaşık %50'nin üzerinde olan enfekteli yumru oranı, toprağa kükürt uygulamaları ile %18.8'e enfeksiyon şiddeti ise tohuma ve toprağa 8-10 kg/da kükürt uygulamaları sonucu %36'dan %10'un altına düşmüştür. Tohuma 6 kg/da'nın üzerinde yapılan kükürt uygulamaları, *F. solani* ile enfekteli yumru oranını %11'den %7'nin altına, enfeksiyon şiddetini ise %14.0'den %6'ya kadar düşürmüştür. Yapıktan yapılan kükürt uygulamalarının her iki fitopatojen üzerine de etkisi olmamıştır. Mineral elementler ile bitki hastalıkları arasında önemli bir interaksiyon olduğu bilinmektedir (Seifi ve Bide, 2013). Elementel kükürt, sisteince zengin antifungal proteinler, glucosinolatlar (GSL) ya da fitoaleksinin gibi kükürt içeren çok sayıda bileşiğin hastalıklara dayanıklılıkta önemli rol oynadığı ve kükürt içeren bileşiklerin bitki savunma sistemini güçlendirdikleri bilinmektedir (Datnoff ve ark., 2003). Birçok bitki türünün fungal patojenlere karşı savunma sisteminin temelini oluşturan Kükürt Kaynaklı Direnç (SIR) terimi, kükürt içeren metabolik süreçlerin uyarılmasını tetikleyerek fungal patojenlere karşı bitkilerin doğal direncinin güçlendirilmesini ifade etmektedir (Haneklaus ve ark., 2003). Bitkilerin fungal hastalıklara karşı kükürt kaynaklı direnci (SIR) doğal bileşenlerin sentezinin artışı, glikozitlerin bozunmasını, yeni bileşenlerin sentezini ve hipersensitif tepkiyi içermektedir (Haneklaus ve ark., 2003). Kükürt eksikliği durumunda bitkilerin fungal patojenlere karşı hassasiyetinin artması, bu bitkilerden alınan protein ekstraktlarında dayanıklılığı sağlayan sekonder metabolitlerin bulunmaması ile açıklanmaktadır.

Kükürtlü gübreleme ile fungal patojenlere karşı dayanıklılık kazanılması arasında pozitif bir korelasyon olduğu (Schnug ve ark., 1995) ve elementel kükürdün bitkilerde hastalıklara dayanıklılığın bir bileşeni olduğu bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Williams ve Cooper, 2003, 2004). Çalışmada, tohumluk yumrularına ve toprağa yapılan kükürt uygulamaları yumrulara *R. solani* ve *F. solani* fitopatojenlerinin neden olduğu enfeksiyonların gelişimini önemli derecede azaltmış, bu azalma 6-8 kg/da S dozlarına kadar doz artışı ile birlikte artmıştır. Bununla birlikte, yapıktan yapılan kükürt uygulamaları her iki fitopatojen üzerine de önemli bir etki göstermemiştir. *F. solani* toprakta ve ölü bitki kalıntılarında, *R. solani* ise gerek toprakta gerekse tohumluk yumrularında sklerot olarak uzun süre canlı kalabilmektedir. Toprağa ve tohumluk yumrulara yapılan uygulamaların daha yüksek antifungal etki göstermeleri, çalışmada ele alınan fitopatojenlerin yumru ve toprak kökenli olmaları ve dolayısıyla uygulamaların doğrudan hastalık etmenlerinin bulunduğu toprak ya da yumru üzerine yapılması ile hastalık etmenlerinin (spor ya da sklerot) gelişiminin engellendiği/ azaltıldığı düşünülmektedir. Bulgularımıza benzer olarak, Klikocka ve ark. (2005), patatestede 5 kg/da'a kadar artan kükürt dozları ile beraber *R. solani* ve *S. scabies* enfeksiyonlarının azaldığını ve bu azalmanın elementel kükürt uygulamalarında daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Kükürtlü gübrelemenin patatestede yumru verimi ve kalitesini arttırdığı ve patates uyuzuna (*S. scabies*) karşı

direnç oluşturarak antibakteriyel etki gösterdiği rapor edilmiştir (Singh ve Srivastava, 1993; Pavlista, 1995; Sud ve ark., 1996). Patatestede kükürt uygulamalarının yumru verimini arttırdığını bildiren çok sayıda çalışma mevcuttur (El-Fayoumy ve El-Gamal, 1998; Lalitha ve ark., 1997; Sud ve ark., 1996). Yapılan bu çalışmalarda 4 kg/da S uygulamalarının yumruların kükürt ihtiyacını karşılamak için yeterli olduğu (Mondal ve ark., 1993; Pavlista, 2008 ve Sharma ve ark., 2011), S eksikliği olan bölgelerde ise 8 kg/da dozuna kadar kükürt uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Pickny ve Grocholl, 2002; Barczak ve ark., 2013). Kükürt eksikliği bulunan topraklarda S gübrelemesinin mildiyö ve alternaria gibi bazı fungal hastalıklar üzerine önemli derecede engelleyici etkiye sahip olduğu Bourbos ve ark. (2000) tarafından da bildirilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, tohumluk yumrularına ve toprağa kükürt uygulamalarının patatestede ekonomik zararı yüksek bazı fungal enfeksiyonlara karşı önemli bir direnç oluşturulabileceği sonucuna varılmıştır. Kükürdün toprak ya da tohuma uygulanmasının yapıktan uygulamaya göre çok daha etkili olduğu ve 6-8 kg/da arasında yapılacak kükürt uygulamaları ile *R. Solani* ve *F. solani* gelişiminin önemli derecede azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından (Proje No: 2707-M-10) desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altınok HH. 2013. Fusarium species isolated from common weeds in eggplant fields and symptomless hosts of Fusarium oxysporum f. sp. melongenae in Turkey. Journal of Phytopathology, 161 (5), 335-340.
- Anonim 2000. Patates entegre teknik talimatları, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim 2021. Türkiye İstatistik Kurumu, Tedarik Sektörü Kayıtları, Www.Tuik.Gov.Tr (Son Erişim Tarihi: 22.05.2021).
- Barczak B, Nowak K, Knapowsk T. 2013. Potato yield is affected by sulphur form and rate. Agrochimica, Vol. LVII - N. 4
- Bourbos VA, Skoudridakis MT, Barbopoulou E and Venetis K. 2000. Ecological Control of Grape Powdery Mildew.
- Cooper RM, Williams JS. 2004. Elemental sulphur as an induced antifungal substance in plant defence. Journal of Experimental Botany, Vol. 55, No. 404, Sulphur Metabolism in Plants Special Issue, pp. 1947-1953.
- Datnoff L, Elmer W and Huber D. 2003. Mineral nutrition and plant diseases. St. Paul, MN: APS Press.
- Durmuşoğlu E, Tiryaki O, Can HR. (2010). Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları, VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, Bildiriler Kitabı 2:589-607.
- El-Fayoumy, ME, and El-Gamal AM. 1998. Effects of sulphur application rates on nutrients availability, uptake and potato quality and yield in calcareous soil. Egyptian Journal of Soil Science 38(1-4): 271-286.
- Eppendorfer WH, Eggum BO. 1994. Dietary Fiber, Starch, Amino Acids and Nutritional Value of Potatoes as Affected by Sulfur, Nitrogen, Phosphorus, Calcium and Water Stress. Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil Plant Sci. 44: 107-115.

- Güneş A, Sönmez O. 2019. Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Hıyar Bitkisinin (*Cucumis Sativus* L.) Antioksidant Enzim Aktivitesindeki Değişimler. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(2), 1186-1192.
- Haneklaus S, Bloem E and Schnug E. 2003. Interactions of sulfur and plant disease. In *Mineral nutrition and plant diseases*, eds. L. Dattnoff, W. Elmer, and D. Huber. St. Paul, MN: APS Press.
- Klikocka H, Sachajk J. 2007. Influence of Sulphur Fertilization on Commercial and Seed Tuber Yield of Potato. *Acta Agrophysica*, 10(2), 383-396.
- Klikocka H, Haneklaus S, Bloem E, Schnug E. 2005. Influence of Sulfur Fertilization on Infection of Potato Tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*. *Journal of Plant Nutrition*. 28(5): 819-833.
- Klikocka H. 2005. The Influence of Sulphur Fertilization on the Yield Value and Infection Rate of Potato Tubers by *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Fragmenta Agronomica*. 26(4): 38-50.
- Lalitha B, Sharanappa SS and Hunsigi G. 1997. Balance Sheet of Available Potassium and Sulphur as Influenced by K and S Application in Seed Tuber and True Potato Seed Raised Crop. *Journal Indian Potato Association* 24(3-4): 171-173.
- Leustek T, Martin MN, Bick JA, Davies JP. 2000. Pathways and Regulation of Sulfur Metabolism Revealed Through Molecular and Genetic Studies. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 51:141-165.
- Locci R. 1994. Actinomycetes as Plant Pathogens. *Eur. J. Plant pathol.* 100: 179-200.
- Mondal SS, Chettri M, Sarkar S and Mondal TK. 1993. Integrated nutrient management with sulphur bearing fertilizer, FYM and crop residues in relation to growth and yield of potato. *Journal Indian Potato Association* 20(2): 139-143.
- Nikiforova V, Freitag J, Kempa S, Adamik M, Hesse H and Hoefgen R. 2003. Transcriptome Analysis of Sulfur Depletion in *Arabidopsis thaliana*: Interlacing of Biosynthetic Pathways Provides Response Specificity. *Plant J.* 33:633-650.
- Pavlista AD. 1995. Kontrolle des Kartoffelschorfes mit Schwefel und Ammoniumsulfat (in German). [Control of common scab by sulphur and ammonium sulphate.] *Kartoffelbau* 46: 154-157.
- Pavlista AD. 2008. Sulfur and Marketable Yield in Potato. In: *Sulfur: A Missing Link between Soils, Crops, and Nutrition* (Jez J., ed.). *Agronomy Monograph #50*. ASA/CSSA/SSSA, Madison, USA, pp. 171-182 (2008).
- Pickny J and Grocholl j. 2002. Kartoffelschorf—Lässt sich der Befall durch eine Schwefel“ungung vermindern? (in German) [Reduce of common scab by sulphur fertilization?] *Kartoffelbau* 3(53): 76-78.
- Romberg MK, Davis RM. 2007. Host range and phylogeny of *Fusarium solani* f. sp. *eumartii* from potato and tomato in California. *Plant Disease*, 91 (5), 585-592.
- Roztropowicz S, Bartoszek W, Czerko Z, Gastol J, Goc K, Gojski B, Kubicki K, Rudkiewicz F and Somorowska K, 1984. *Metodyka Obserwacji Pobierania Prob W agrotechnicznych Doswiadczeniach Ziemiakami.* (in Polish). [Methodology of Observation and Taking Samples in Agrotechnical Experiments with Potato.] *Biul. Inst. Ziemn.* 31: 129-138.
- Schnug E, Booth E, Haneklaus S and Walker KC. 1995. Sulphur Supply and Stress Resistance in Oilseed Rape. *Proc. 9th Int. Rapeseed Congress* 1: 229-231.
- Seifi S, Bide AK. 2013. Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. *World Applied Programming*, 3 (4): 137-141.
- Sharma DK, Kushwah SS, Nema PK and Rathore SS. 2011. Effect of sulphur on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int. J. Agric. Res.* 6, 143-148.
- Shoja T, Majidi M, Rabiee M. 2018. Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 111(1), 73-84.
- Singh JP and Srivastava OP. 1993. Irrigation water as a source of sulphur and its critical concentration for potato (*Solanum tuberosum*) crop. *Indian Journal of Agricultural Science* 63(4): 237-239.
- Sud KC, Sharma RC and Verma BC. 1996. Evaluation of levels and sources of sulphur on potato nutrition in Shimla hills. *Journal of the Indian Potato Association* 23(3-4): 134-138.
- Turabi MS. 2007. Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması. *Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi, TMMOB Zir. Müh Odası ve TMMOB Kimya Müh Odası, Bildiriler Kitabı*, s:50-61.
- Williams JS, Cooper RM. 2003. Elemental Sulphur is Produced by Diverse Plant Families as a Component of Defence Against Fungal and Bacterial Pathogens. *Physiol Mol Plant Pathol* 63:3-16.
- Williams JS, Cooper RM. 2004. The Oldest Fungicide and the Newest Phytoalexin – a Reappraisal of the Fungitoxicity of Elemental Sulphur. *Plant Pathol* 53:263-279.
- Zenda T, Liu S, Yao D, Liu Y, Duan H. 2017. Effects of sulphur and chlorine on photosynthetic parameters, antioxidant enzyme activities and yield in fresh corn grown under field conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 11(6): 32-45.