

Patates siğil hastalığı etmeni (*Synchytrium endobioticum*)'nin termal ölüm derecesi ve farklı ürün desenlerinin topraktaki inokulum yoğunluğuna etkileri

Hale GÜNAÇTI¹ Ali ERKILIÇ²

¹ Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

² Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Korumu Bölümü, Adana

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: hale_esen@hotmail.com

Makale Bilgisi/Article Info
Derim, 2017/34(2):131-137
doi: 10.16882/derim.2017.296013

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 02.03.2017
Kabul Tarihi/Accepted: 06.09.2017



Öz

Çalışmada, Patates Siğil Hastalığının (*Synchytrium endobioticum*) Niğde ili Derinkuyu ve Nevşehir ili Kaymaklı ilçelerinde yıllara ve ekili ürün desenine göre sporangium miktarlarındaki değişiklikler araştırılmıştır. Denemeler, 2006-2008 yılları arasında, Derinkuyu ilçesinde 16 ve Kaymaklı ilçesinde 12 olmak üzere toplam 28 adet tarlada yürütülmüştür. Çalışmada, farklı ürün desenlerinin olduğu tarlalardan örnekleme yapmaya dikkat edilmiş ve topraklardaki inokulum yoğunluğunun yıllara ve ürün desenine göre değişiklikleri saptanmaya çalışılmıştır. Sörvey çalışmalarında ürün deseni ile sporangium seviyesindeki artış ve azalış oranları arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir. Hastalıkla mücadelede sıcaklık uygulamalarının kullanımı ve etmenin biyolojisine yönelik olarak yürütülen çalışmada, etmenin kışık sporangiumlarının farklı sıcaklık ve sürelerdeki ölüm oranlarını belirlemek amacıyla 45-70°C arasında değişen 6 farklı sıcaklık ile çalışılmıştır. Termal ölüm sıcaklığını ve ölüm oranlarını belirlemek amacıyla yapılan denemelerde 60°C'de 204 saat, 65°C'de 34 saat ve 70°C'de 8 saat sürede %100 sporangium ölümü gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kışık sporangium, Patates siğil hastalığı, Termal ölüm, Ürün deseni

Effects of different product design and the thermal death of potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) on the concentration of inoculum in the soil

Abstract

This study investigated changes in the amount of sporangium of *Synchytrium endobioticum* causing Potato Wart Disease by years and cultivated crop design in the districts of Derinkuyu in Niğde province and Kaymaklı in Nevşehir for three-years. The experiment was carried out in total of 28 fields selected 16 from the district of Derinkuyu and 12 from Kaymaklı between 2006-2008. In the study it was tried to sample from different production areas and the concentration of the inoculum in the soil was tried to be determined according to the years and the crop designs. There was no correlation between the rates of increase or decrease in the level of sporangium and crop design in the survey studies. The contaminated soil samples which were kept in six different temperatures ranging from 45-70 °C and varying durations depending on temperatures were examined in order to determine the mortality rates of the winter sporangium of *Synchytrium endobioticum* at different temperatures and durations. 100% sporangium death was observed in the duration of 204 hours at 60°C, 34 hours at 65°C and 8 hours at 70°C in the experiments conducted in order to determine the temperature of thermal death and mortality rates.

Keywords: Winter sporangium, Potato wart disease, Thermal death, Crop design

1. Giriş

Patates, Türkiye'de 128 392 hektar dikim alanı ve 4 166 000 ton üretimi ve 3 224.8 kg da⁻¹ verime sahiptir (FAO, 2014). Türkiye ekim alanı ve üretim miktarı açısından Çin, Rusya, Hindistan, Polonya, ABD ve Almanya'dan sonra 7. sırada yer almaktadır (Anonymus, 2015). Patates üretimini engelleyen birçok hastalık ve zararlı vardır. Patates Siğil Hastalığı bu hastalıklar içerisinde patates tarımını ve

verimini etkileyen en önemli karantina etmenidir. Patates Siğil Hastalığı etmeni *Synchytrium endobioticum* (Schilberszky) Percival. Chytridiomycetes sınıfına ait toprak kökenli, obligat parazit bir fungustur (Langerfeld, 1984).

Patates Siğil Hastalığının belirtileri yumrular üzerinde değişen ölçülerde karnabahar benzeri siğiller şeklindedir. Başlangıçta beyaz ve yeşil renkli siğiller, hastalığın ilerlemesiyle birlikte

siyah kahverengi renk alır (Hampson, 1981). Hastalık, patatesin kökler hariç tüm toprak altı organlarında belirti oluşturur (Hampson ve Haard, 1980). Hastalığın yayılması bulaşık toprak, sulama suyu, toprak işleme aletleri ve infekteli bitki materyalleri ile olmaktadır (Hampson, 1995).

Genellikle serin iklimleri tercih eden hastalığın bugün 43 ülkede varlığı bilinmektedir (Baayen vd., 2006). Fungusun 18 ayrı patotipi mevcut olup bunlardan en yaygın olanları Patotip 1 (Avrupa ırkı)'dir (Bojnansky, 1984). Siğil Hastalığı nedeniyle oluşan ürün kaybı %50 ila %100 arasında değişmektedir (Hampson 1993; Melnik 1998). Patojenin dayanıklı formunun toprakta en az 40 yıl canlı kalabildiği rapor edilmiştir (Langerfeld, 1984; Laidlaw, 1985; Hampson, 1996; EPPO/CABI, 1997). Hastalıkla etkili bir kimyasal mücadele olmadığı, ancak uygulanacak sıkı karantina tedbirleri ile önlenebileceği, bunun için yumru ve toprak analizleri yapılarak etmenle bulaşık alanların tespit edilmesi gerekmektedir. Tarlada tek bir spor ya da tek bir hastalıklı bitki görülmesinde bile tarla bulaşık kabul edilmekte ve patates tarımına kapatılmaktadır (EPPO, 1999).

Bu çalışma ile Türkiye'de bulaşık olan alanlarda sörveyler yapılmış, belirlenen lokasyonlardan 3 yıl boyunca örnekleme yapılarak yıllara ve ürün desenine göre sporangium miktarındaki değişiklikler belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma bu yönüyle literatürdeki ilk çalışma niteliğindedir. Ayrıca patojenin biyolojisine yönelik olarak hangi sıcaklık aralığında sporangium ölümünün gerçekleştiği belirlenmiş böylece hastalıkla mücadelede sıcaklık uygulamalarının uygulanabilirliği tartışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, 2006-2008 yılları arasında, Nevşehir ve Niğde illerinde 28 adet tarlada yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini hastalıklı toprak örnekleri, topraktan izolasyon için kullanılan laboratuvar malzemeleri oluşturmuştur.

2.2.Yöntem

2.2.1. Nevşehir ve Niğde illerinde *Synchytrium endobioticum*'un topraktaki sporangium yoğunluğu ve ürün deseni arasındaki ilişkinin saptanması

Sörvey çalışmaları, 2006, 2007 ve 2008 yıllarında Nevşehir ve Niğde illerinde, hastalıklı olduğu belirlenen tarlalarda basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılarak yürütülmüştür (Bora ve Karaca 1970). Toprak örnekleri Patates Siğil (*Synchytrium endobioticum*) Hastalığı Uygulama Talimatında belirtildiği gibi yapılmıştır. Çalışmada, sörvey için belirlenen alanlarda, farklı ürün desenlerinin olduğu tarlalardan örnekleme yapmaya dikkat edilmiş, böylelikle hastalıklı topraklardaki inokulum yoğunluğunun yıllara ve ürün desenine göre değişiklikleri saptanmaya çalışılmıştır.

Üç yıl boyunca yapılan sörvey çalışmalarında elde edilen toprak örnekleri, Mygind (1954), Nelson ve Olsen (1964) ve Pratt (1976)'nın canlı sporangiumların doğrudan mikroskopik incelenmesi için geliştirdikleri, daha sonra Zelya ve Melnik (1988) tarafından modifiye edilmiş ve EPPO standartlarında kullanılan yöntemle göre sporangium düzeyleri belirlenmiştir.

Topraktaki sporangium yoğunluğunu belirlemek amacıyla 100 g toprak örneği, sırasıyla 500, 250 ve 30 µm'lik eleklerden elenmiş, petri kaplarında eterle yıkanarak kurutulmuştur. Bu homojenattan 1 g toprak tartılarak saflığı bozan maddeler, 1/1 oranında sodyum tuzu/su solüsyonu içerisinde 2 000 devirde 3 dakika santrifüj edilerek uzaklaştırılmıştır. Suyun üstünde kalan kısım tüpten uzaklaştırılmış ve santifüj tüplerinde dipte kalan kısmın üzerine 1/2 yoğunluktaki aynı tuz/su solüsyonu, toprağın üzerini kaplayınca kadar doldurulmuş ve tekrar 3 000 devirde 3 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüpünün üzerindeki tuz/su solüsyonu tekrar uzaklaştırılmış ve bu kez 1/4 oranında tuz/su solüsyonu, toprak yüzeyini örtünceye kadar ilave edilmiş ve tekrar 3 000 devirde 3 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüpündeki sıvı saat camı üzerinde, su tamamen uçuncaya kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Kurumuş bu bileşimin üzerine birkaç damla %2'lik hidrojen peroksit ilave edilerek mikroskop altında canlı ve cansız sporangium sayısı belirlenmiştir (Zelya ve Melnik,1998).

2.2.2. *Synchytrium endobioticum*'un termal ölüm sıcaklığı ve süresinin belirlenmesi

Sporangiumların termal ölüm sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla, *Synchytrium endobioticum* ile bulaşık olan toprak örnekleri

yeterli düzeyde su ile nemlendirildikten sonra 500ml'lik kapaklı cam şişeler içerisine, hacminin yarısına kadar doldurulmuş ve 45, 50, 55, 60, 65 ve 70°C sıcaklığa ayarlanan inkübatörlerde karanlık koşullarda bekletilmiştir. Sporangiumların termal ölüm sıcaklıklarını belirlemek amacıyla, toprak örnekleri 45°C'de 3, 5 ve 8 gün, 50°C'de 1, 3 ve 5 gün, 55°C'de 3, 5 ve 8 gün, 60°C'de 3, 6 ve 9 gün, 65°C'de 12, 24 ve 36 saat ve 70°C'de ise 2, 4, 6 ve 8 saat süreyle tutulmuşlardır. Bu sürenin sonunda toprak örnekleri inkübatörden çıkarılarak oda sıcaklığında 4-5 gün süreyle kurumaya bırakılmıştır. Tamamen kuruyan toprak örnekleri Zelya ve Melnik (1988)'in önerdiği yönteme göre çalışılarak sporangium yoğunlukları belirlenmiştir. Mikroskop altında yapılan sporangium sayımlarında canlı (sporangium içi dolu) ve ölü (sporangium içeriği boşalmış) sporangium sayıları belirlenmiş, böylece sporangiumların hangi sıcaklıkta, ne kadar sürede, hangi oranlarda öldüğü belirlenmiştir. Denemeler 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Elde edilen verilere varyans analizi yapılmış ve LSD çoklu karşılaştırma testi ile uygulamaların birbirinden farklılıkları belirlenmiştir. Patojen ile bulaşık topraklarda sıcaklık artışına bağlı olarak sporangiumların ölüm oranları arasındaki ilişki regresyon analizleri ile ortaya konmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Nevşehir ve Niğde illerinde *Synchytrium endobioticum*'un topraktaki sporangium yoğunluğu ve ürün deseni arasındaki ilişki

Çalışmanın yürütüldüğü her 3 yılda elde edilen canlı sporangium miktarları ve bir önceki yıla göre sporangium miktarındaki artış veya azalış oranları belirlenmiştir (Çizelge 1-2). Her iki çizelgede de, 1. Yıl sonunda ortaya çıkan sporangium değişim oranları temel alınmış ve diğer rakamlar bu değişime göre sıralanmıştır. Çizelge 1'de ikinci yıl yapılan örneklemelerde sporangium miktarı, sadece 4 tarlada %21-53 oranında artış gösterirken diğer 12 tarlada %13-96 arasında değişen oranlarda azalma görülmüştür. Bu tarlalarda, ekilen ürün ile sporangium miktarındaki değişim arasında herhangi bir ilişki görülmemektedir. Çalışmanın yürütüldüğü bulaşık alanlarda patates tarımının yasaklanmasına rağmen, 2006 yılında yapılan örneklemelerde, (18 ve 26 no'lu örnekler) üreticilerin kendi ihtiyaçlarına yönelik olarak patates tarımı yaptığı gözlenmiştir. Üreticilerin gizli olarak patates yetiştirilmesi ve özellikle siğilli yumruların hayvan beslenmesinde kullanılması, sporangiumların hayvan otlatması sırasında dağılmasına neden olmuştur. *S. endobioticum* sporangiumlarının çığ olarak hayvanlar tarafında tüketilmesiyle canlılıkları azalmadan sindirim sisteminden dışarıya atılmaktadır (Wallace ve Favrin 1998; Stevenson vd., 2001).

Çizelge 1. Niğde İli Derinkuyu İlçesinde *Synchytrium endobioticum* ile bulaşık alanlarda 2006-2008 yılları arasında canlı sporangium miktarları (sporangium g toprak⁻¹) ve değişim oranları (%)

Örnek no	2006*	Ekili ürün	2007*	Ekili ürün	2006'ya göre azalma (%)	2008*	Ekili ürün	2007'ye göre azalma (%)	2 yıllık azalma (%)
28	36	Mısır	55	Buğday	-53	25	Buğday	55	31
20	28	Buğday	38	Buğday	-36	22	Kabak	42	21
26	24	Patates	31	Buğday	-29	35	Kabak	-13	-46
19	19	Buğday	23	Mısır	-21	44	Yonca	-91	-132
25	30	Soğan	26	Buğday	13	20	Kabak	23	33
23	31	Buğday	24	Buğday	23	14	Buğday	42	55
17	9	Soğan	6	Buğday	33	34	Buğday	-467	-278
31	30	Fasulye	18	Mısır	40	26	Domates-Karpuz	-44	13
27	50	Buğday	27	Buğday	46	19	Buğday	30	62
21	20	Buğday	10	Buğday	50	19	Buğday	-90	5
22	28	Yulaf	13	Buğday	54	46	Buğday	-254	-64
30	28	Buğday	12	Buğday	57	208	Buğday	-1633	-643
34	28	Elma	9	Elma	68	31	Elma	-244	-11
35	40	Buğday	12	Buğday	70	19	Buğday	-58	53
18	17	Patates	2	Buğday	88	71	Buğday	-3450	-318
33	28	Buğday	1	Buğday	96	40	Buğday	-3900	-43

* *Synchytrium endobioticum*'un gram topraktaki canlı sporangium miktarı

Çizelge 2. Nevşehir İli Kaymaklı İlçesinde *Synchytrium endobioticum* ile bulaşık alanlarda 2006-2008 yılları arasında canlı sporangium miktarları (sporangium g toprak⁻¹) ve değişim oranları (%)

Örnek no	2006*	Ekili ürün	2007*	Ekili ürün	2006'ya göre azalma (%)	2008*	Ekili ürün	2007'ye göre azalma (%)	2 yıllık azalma (%)
7	15	Boş	16	Buğday	-7	8	Boş	50	47
6	22	Boş	19	Boş	14	8	Boş	58	64
15	28	Boş	17	Boş	39	6	Boş	65	79
13	21	Boş	11	Boş	48	21	Boş	-91	0
5	26	Boş	13	Boş	50	15	Buğday	-15	43
3	36	Buğday	17	Boş	53	35	Buğday	-106	3
1	50	Boş	21	Boş	58	8	Boş	62	84
9	34	Buğday	14	Buğday	59	55	Anız	-293	-62
14	36	Boş	13	Boş	64	53	Boş	-308	-47
8	32	Buğday	10	Buğday	69	76	Anız	-660	-138
4	32	Boş	10	Boş	69	31	Buğday	-210	3
2	41	Boş	10	Boş	76	31	Kabak	-210	24

* *Synchytrium endobioticum*'un gram topraktaki canlı sporangium miktarı

Ayrıca, toprak işleme, hasat ve sonrasında hem lokal olarak kendi tarlalarında bulunan sporangiumların daha geniş alanlara, hem de diğer komşu tarlalara yayılmasına neden olmuşlar, toprak işleme sırasında toprak yüzeyine çıkmış sporangiumlar bölgeye özgü rüzgar erozyonu dolayısıyla kolaylıkla yayılmıştır. Hampson (1996), patojenin kumlu topraklarda rüzgar erozyonu ile bulaşık bir bölgeden temiz bölgelere yayılabilmesinin önemini vurgulamıştır.

Nevşehir ili Kaymaklı ilçesinde ise, tarlaların boş bırakmasına rağmen, sporangium miktarında azalma görülmemesi Kaymaklı ilçesinin coğrafik yapısıyla ilişkilendirilebilir. Kaymaklı, Derinkuyu'ya göre daha fazla eğimli, yamaç arazilerle göze çarpmaktadır. Bu durumda tarlada mevcut sporangiumlar yağışların etkisi ile dağılım gösterebilmektedir (Weiss, 1922).

3.2. *Synchytrium endobioticum*'un termal ölüm sıcaklığı ve süresi

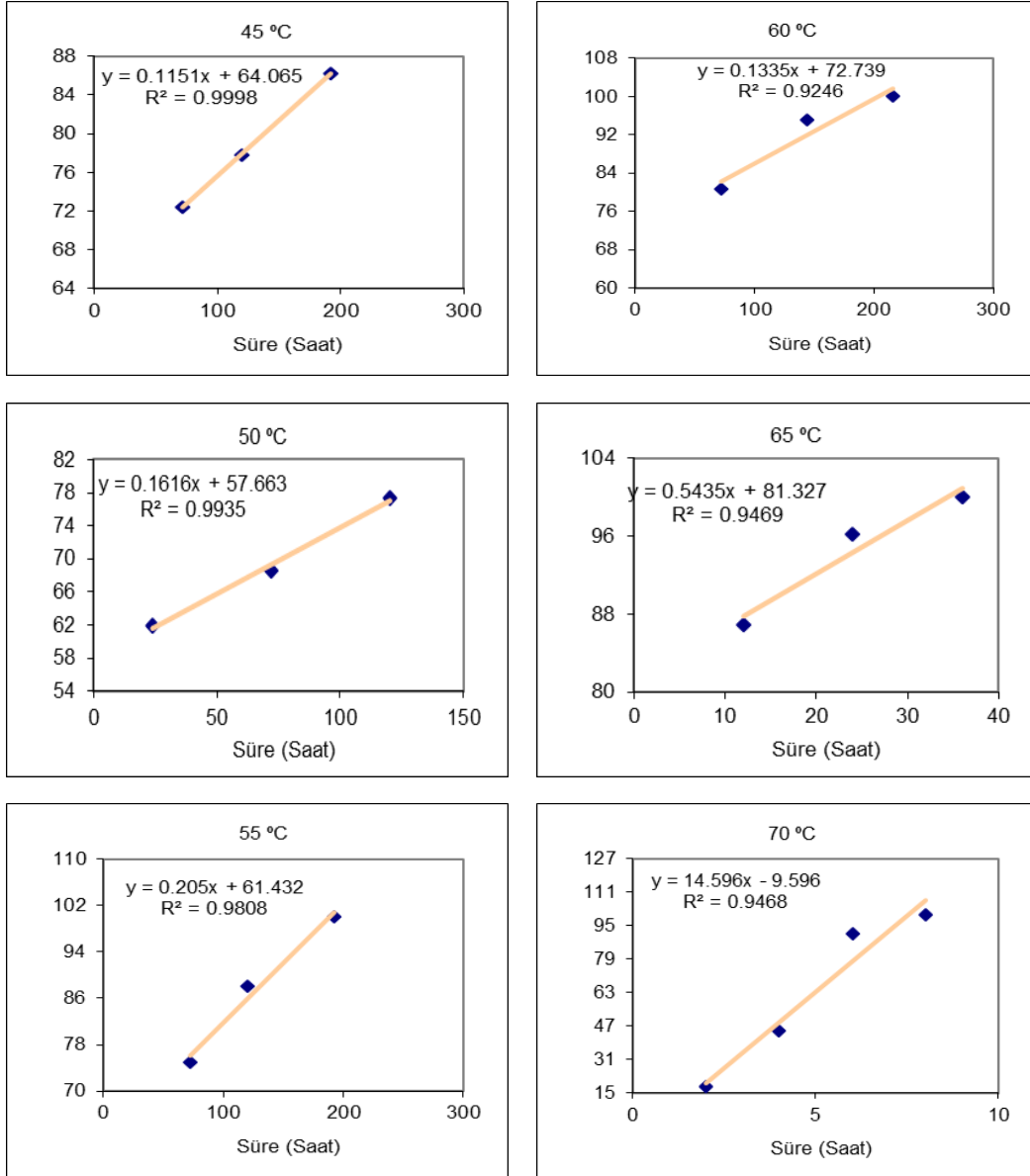
Çalışmada, farklı sıcaklık ve sürelerde tutulan topraktaki canlı-ölü sporangium sayıları ve ölüm oranları (%) hesaplanmıştır. Çizelge 3'de

görülebileceği gibi herhangi bir sıcaklıktaki süre artışına bağlı olarak ölüm oranı artmıştır. 45°C sıcaklıkta 72-192 saat tutulan topraklarda sporangiumların ölüm oranları %72.4-86.2 arasında değişmesine karşın bu değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Toprak örnekleri 50°C sıcaklıkta 120 saat süre tutulduklarında 45°C'dekine benzer şekilde, sporangium ölüm oranları %77.4 olarak belirlenmiştir. Diğer sıcaklık uygulamaları olan 55, 60, 65 ve 70°C sıcaklıklarda sırasıyla 192, 216, 36 ve 8 saatlik süreler sonunda sporangiumların tamamı ölmüştür.

Patojen ile bulaşık topraklarda sıcaklık artışına bağlı olarak sporangiumların ölüm oranları arasındaki ilişki lineer regresyon analizleri ile ortaya konmuştur (Şekil 1). Bütün sıcaklıklarda lineer regresyon ilişkisi oldukça yüksek bulunmuş ve r^2 değerleri 0.93-1.00 arasında değişmiştir. Bu yüksek derecedeki lineer ilişkiden yola çıkarak her bir sıcaklık değerinde sporangiumların tamamının ölmesi için geçen süre lineer regresyon denklemleri ile hesaplanmıştır (Çizelge 3). 45°C sıcaklıkta sporangiumların tamamı 312 saatte ölürlenirken, bu süre 70°C sıcaklıkta 8 saat olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Regresyon analizine göre hesaplanan *S. endobioticum*'un kışık sporangiumlarının farklı sıcaklıklardaki ölüm süreleri (saat)

Sıcaklık (°C)	Ölüm oranı (%) (y)	Denklem sabiteleri	Ölüm süresi (saat) (x)
45°C	100	64.065	312
50°C	100	57.663	262
55°C	100	61.432	188
60°C	100	72.739	204
65°C	100	81.327	34
70°C	100	-9.596	8



Şekil 1. Farklı sıcaklıklarda *S. endobioticum* sporangiumlarının ölüm süreleri arasındaki lineer ilişki

Sporangiumların tamamının öldüğünü gösteren değerler üzerinden yapılan regrasyon analizinde de doğrusal ilişki oldukça önemli bulunmuş ve r^2 değeri 0.91 olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Sonuçlar, sıcaklık artışına bağlı olarak, sporangiumların tamamının ölüm süresinin azaldığını göstermektedir. Ancak 60°C sıcaklıkta, 55°C dekine göre daha yüksek bir sürenin hesaplanmış olması, 60°C deki r^2 değerinin diğerlerine göre daha düşük olduğundan kaynaklanmaktadır. Bu varyasyon *S. endobioticum* spoangiumlarının her gram toprakta aynı miktarda olamamasından

kaynaklanmaktadır. Efremko ve Yakoleva (1981), Rusya'da yaptıkları bir çalışmada *S. endobioticum* ile enfekteli patatesleri taze hayvan gübresi ve amonyak ile kompost ettiklerinde patojeni tekrar elde edememişlerdir. Bu durum amonyağın kimyasal bir etkisinin yanı sıra taze hayvan gübresinden kaynaklanan sıcaklık artışından dolayı olabilir. Noble ve Roberts (2004), ise *S. endobioticum* sporangiumlarını içeren suyu 2 saat süre ile 60°C de tuttuklarında, sporangiumların hala canlı kaldığını belirtmişlerdir. Patojenin sıcaklıkla ölüm süresinin belirlenmesine yönelik pek fazla çalışma bulunamamasına karşın, elde ettiğimiz

sonuçlar sadece sıcaklığın çok yüksek olması değil, uzun sürelerde daha düşük sıcaklıklarda da sporangiumların ölebileceğini ortaya koymuştur. Nitekim toprak patojenlerine karşı solarizasyon uygulaması ile yüksek sıcaklıklara ulaşılamamasına rağmen, dormant haldeki sporların uzun süre içerisinde ılımlı sıcaklıklar nedeniyle aktif hale gelerek elimine edilebildiğini gösteren pek çok çalışma vardır (Pullman vd., 1979; Katan, 1980; Stapleton ve De Vay, 1986; Katan, 1989). Ancak, *S. endobioticum* gibi hareketli zoosporlara sahip funguslar, zoosporları ile toprağın daha derin katmanlarına kaçarak bu etkiden kurtulabilmektedirler. Toprakta suyun varlığında 50 cm toprak derinliğinde patojenin elde edilebilmiş olması (Anonymous, 2007) bu durumu kanıtlamaktadır. Yine de solarizasyon gibi sıcaklık uygulamaları, patojeni elemine edemese de popülasyonunu zayıflatma olasılığına sahip olabilir.

4. Sonuç

2006-2008 yılları arasında yürütülen çalışmalar sonucunda, ürün deseni ile sporangium seviyesindeki artış ve azalış oranları arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir. Hastalıkla bulaşık olan, Niğde ve Nevşehir illerinde *S. endobioticum*'un sporangium yoğunluğunun yıllara göre değişimine bakıldığında, bazı tarlaların boş bırakılmasına ve patates yerine buğday tarımı yapılmasına rağmen, yıllara göre sporangium miktarında düzenli bir değişimin görülmemesi, insan ve hayvan hareketleri, toprak işleme ve hasatta kullanılan tarım alet ve makineleri ile bölge çiftçisinin gizli patates tarımı yapması, birbirleriyle tohumluk yumru alışverişleri yapmalarının tarlalara hastalığın yayılmasına yol açtığı düşünülmektedir.

Hastalık etmeni fungusun yayılmasında bölgeye özgü rüzgar ve yağmur erozyonu önemli rol oynamıştır. Denemede 45-70°C arasında değişen 6 farklı sıcaklık ve sıcaklıklara göre değişen sürelerde tutulan bulaşık toprak örneklerinde, 60°C'de 204 saat, 65°C'de 34 saat ve 70°C'de 8 saat sürede %100 sporangium ölümü gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre, solarizasyon gibi sıcaklık uygulamalarının, patojeni elemine edemese de popülasyonunu zayıflatma olasılığına sahip olabileceği öngörülmektedir.

Kaynakça

- Anonymous (2007). Recovery Plan for Potato Wart Disease. <http://www.ars.usda.gov/>. Accessed date: 06 February, 2017.
- Baayen, R. P., Cochiuș, G., Hendriks., Meffert, J. P., Bakker, J., & Bekker, M. (2006). History of potato wart disease in Europe – a proposal for harmonisation in defining pathotypes. *European Journal of Plant Pathology*, 116(1): 21-31.
- Bojnansky, V. (1984). Potato wart pathotypes in Europe from an ecological point of view. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 14(2): 141-146.
- Bora, T., & Karaca, İ. (1970). Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı, No: 167, İzmir.
- Efremko, T.S., & Yakoleva, V.A. 1981. Disinfection of waste products of potato processing industries against *Synchytrium endobioticum*. *Mykologiya i Fitopatologiya*, 15:501-504.
- EPPO (1999). EPPO Standards PM 3/59. *Synchytrium endobioticum*: Soil Tests and Descheduling of Previously Infested Plots. OEPP/EPPO Bulletin 29: 225–231.
- FAO (2014). <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home>. Accessed date: 02 February, 2017.
- Hampson, M.C. (1981). Potato sprouts and potato wart disease. *Canadian Agriculture*, 26(3):30-31.
- Hampson, M.C. (1993). History, biology and control of potato wart disease in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 15(4): 223-244.
- Hampson, M. C. (1996). A qualitative assessment of wind dispersal of resting spores of *Synchytrium endobioticum* the causal agent of wart disease of potato. *Plant Disease*, 80(7):779-782.
- Hampson, M.C., & Haard, N.F. 1980. Pathogenesis of *Synchytrium endobioticum*: 1. Infection responses in potato and tomato. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2(3):143-147.
- Katan, J. (1980). Solar pasterization of soils for diseases control: status and prospects. *Plant Disease*, 64(5):450-454.
- Katan, J. (1989). Soil Solarization: present status and future projects. *Internal Symposium on New Applications of Solar Energy in Agriculture*, No:1.
- Langerfeld, E. (1984). *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Zusammenfassende Darstellung Des Erregers Des Kartoffelkrebses Anhand Von Literaturberichten Mitteilungen Aus Der Biologischen Bundesanstalt Für Land-Und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem 219:1–142 (in German).
- Laidlaw, W.M.R. (1985). A Method for the Detection of the resting sporangia of the potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) in the soil of old outbreak sites. *Potato Research*, 28(2):223-232.

- Melnik, P.A. (1998). Wart Disease of Potato, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Eppo Technical Documents No. 1032. Eppo, Paris.
- Mygind, H. (1954). Methods for the detection of resting sporangia of potato wart: *Synchytrium endobioticum* in infested soil. *Acta Agriculture Scandinavica*, 4(1):317-343.
- Nelson, G.A., & Olsen, O.A. (1964). Methods for estimating numbers of resting sporangia of *Synchytrium endobioticum* in soil. *Phytopathology*, 54(2):185-186.
- Noble, R., & Roberts, S.R. (2004). Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: A review. *Plant Pathology*, 53(5):548-568.
- Pratt, M.A. (1976). A wet-sieving and flotation technique for the detection of resting sporangia of *Synchytrium endobioticum* in soil. *Annals of Applied Biology*, 82(1):21-29.
- Pullman, G. S., De Vay, J. E., Garber, R. H., & Weinhold, A. R. (1981). Soil solarization and thermal death: A logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. *Phytopathology* 71:959-964.
- Stapleton, J.J., & De Vay, J.E. (1986). Soil solarization: a nonchemical approach for management of plant pathogens and pest. *Crop Protection*, 5(3):190-198.
- Stevenson, W.R., Loria, R., Franc, G.D., & Weingartner. (2001). Compendium of Potato Diseases. 2nd Edition, New York: Mcgraw-Hill, pp.
- Wallace, S., & Favrin, R. (1998). Canadian Food Inspection Agency-Plant Pest Information www.inspection.gc.ca. Accessed date:12.07.2014
- Weiss, F.A., (1922). Conditions of Infection in Potato Wart. PhD Thesis, Cornell University, New York.
- Zelya, A.G., & Melnik, P.A. (1998). Detections Metods for *Synchytrium endobioticum*. *EPPO Bulletin*, 28(4):543-544.