

Bazı beyaz baş lahana hatlarının kök ur hastalığına (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) karşı reaksiyonlarının belirlenmesi

İlyas DELİGÖZ^{1*} Beyhan KİBAR² Onur KARAAĞAÇ¹
Hayati KAR¹ Aydın APAYDIN¹

¹ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

² Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Bahçe Bitkileri
Bölümü, Bolu

Alınış Tarihi: 11 Ocak 2016 Kabul Tarihi: 15 Haziran 2016

Öz

Plasmodiophora brassicae Wor. tarafından oluşturulan lahana kök ur hastalığı dünyada lahanagillerin en önemli toprak kökenli hastalığıdır. Yoğun olarak bulaşık topraklarda hastalık nedeniyle %100 verim kaybı oluşabilmektedir. Kimyasal mücadelenin etkisiz olması nedeniyle hastalıkla mücadele oldukça zor olup, tarlaya etmenin bulaşmasının önlenmesi, kültürel önlemlerle birlikte dayanıklı çeşitlerin kullanılması mücadelede en etkili yoldur. Bu çalışmada 114 lahana ıslah hattının kök ur hastalığına karşı reaksiyonları test edilmiştir. Her bir beyaz baş lahana hattı 10 tekerrürlü olacak şekilde *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkı ile inokule edilmiştir. Sonrasında hatların reaksiyonları 0-3 skalasına göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda test edilen hatların tamamı hassas olarak belirlenmiştir. Dayanıklı kontrol olarak kullanılan Tekila F1 ve Kilaton F1 beyaz baş lahana çeşitleri ile Clapton F1 karnabahar çeşidi de etmenin ECD 16/31/31 ırkına karşı hassas olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Beyaz baş lahana, Kök ur hastalığı, ECD 16/31/31 ırkı, Dayanıklılık

Screening of some white cabbage lines for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Abstract

Clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae* is serious soil-borne disease of cruciferous crops in the world. Yield reductions due to disease may be up to 100% if soil is heavily infested with clubroot. Clubroot is extremely difficult to control as there is no chemical treatment against clubroot in practice. Preventing the introduction of clubroot to clean fields, combining cultural practices with using resistant cultivars is the best method to control clubroot. A total of 114 white cabbage breeding lines

* Sorumlu yazar (Corresponding author): ilyasdeligoz@yahoo.com

were evaluated reaction to clubroot disease in this study. Ten plants of each cabbage breeding lines were inoculated with ECD 16/31/31 race of *P. brassicae* and all plants evaluated according to 0-3 scale. Results showed that all cabbage breeding lines and resistant control cultivars (Tekila F1, Kilaton F1 and Clapton F1) were susceptible to ECD 16/31/31 race of *P. brassicae*.

Keywords: White cabbage, Clubroot, ECD 16/31/31 race, Resistance

1. Giriş

Lahanagil sebzeleri, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de geniş alanlarda yetiştirilerek insan beslenmesine önemli katkılar yapmaktadır. Ülkemizde yetiştirilen serin iklim sebzeleri içerisinde lahanagil sebzeleri üretim miktarı bakımından %34 pay ile 1. sırada yer almaktadır. Toplam lahana sebzeleri (beyaz, kırmızı ve yaprak) 248 000 da alanda 764 000 ton üretim miktarına sahiptir. Bu grupta beyaz baş lahana, 514 000 ton miktar ile ilk sıradadır. Karadeniz Bölgesi'nde 34 000 da alanda 115 000 ton beyaz baş lahana üretilmektedir. Önemli üretim merkezleri Samsun (105 212 ton), Niğde (86 000 ton) ve Sakarya (32 000 ton) illeri olup, bu iller toplam beyaz baş lahana üretiminin yaklaşık %43'ünü karşılamaktadırlar (TÜİK, 2016).

Lahana kök ur hastalığı (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) dünyada 60'tan fazla ülkede görülmekte olup, %10-15 verim kaybına neden olabilmektedir (Dixon, 2009). Tamamen bulaşık alanlarda ise verim kayıpları %100 olabilmektedir (Hwang vd., 2012a). Hastalık etmeni ilk olarak 1852 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde belirlenmiş (Karling, 1968), Woronin isimli Rus araştırmacı tarafından 1875 yılında tanımlanarak *Plasmodiophora brassicae* adı verilmiştir. Etmen *Cruciferae* familyasına dahil bütün sebzeler (lahana, karnabahar, turp, şalgam, ve Çin lahanası) ile kolza ve hardal gibi bitkilerde enfeksiyon oluşturabilmektedir (Porth vd., 2003; Hwang vd., 2012a). Etmen obligat biyotrofik protist (bitki, hayvan ve fungus karakterlerine sahip organizmalar) olup (Kageyama ve Asano, 2009) ökaryotik süpergrup Rhizaria altında sınıflandırılmaktadır (Burki vd., 2010).

Drenaj suyu, hareket halindeki hayvanlar, bulaşık toprak, hastalıklı bitki parçaları, hastalıkla bulaşık alet ve ekipman, hastalıklı fide ve bitkilerle taşınabilen etmen (Porth vd., 2003) Türkiye'de ilk olarak İstanbul'da tespit edilmiş olup (Akdoğan ve Beyazıt, 1960; Gülsoy, 1978) daha sonraları, Ordu (Apaydın vd., 2010) ve Samsun illerinde belirlenmiştir.

Ürün rotasyonu, gübre kullanımı, hastalıklı bitki artıklarının uzaklaştırılması gibi kültürel önlemlerin yanında bazı fungusitlerin

kullanılması hastalığın kontrolünde kullanılmaktadır (Donald ve Porter, 2009). Sözü edilen yöntemlerin yeterince etkili ve ekonomik olmaması ve çevresel bulaşmaların oldukça fazla olması (Voorrips, 1995) nedeniyle hastalığa karşı en etkili mücadele yöntemi dayanıklı çeşitlerin kullanılması ile sağlanabilmektedir (Hirai, 2006; Diederichsen vd., 2009).

Etmenin çok sayıda ırk/patotipi bulunmakta olup, yaygın ırk ve patotipler ülkelere göre farklılık göstermektedir. Irk sınıflandırmaları etmenin Brassica türlerine ait 15 farklı konukçu bitkideki reaksiyonlara göre (Avrupa Kök Ur Hastalığı Irk Ayırım Seti-European Clubroot Differential= ECD) (Buczacki vd., 1975), patotip sınıflandırması ise Brassica türlerine ait 4 farklı bitkideki reaksiyonlara göre (Williams, 1966) yapılabilmektedir.

Etmenin Çin'de patotip 1, 2, 4, 7, 9, 10, 11 ve 13 olmak üzere 8 patotipi (Shen vd., 2009; Ding vd., 2013; Ji vd., 2013; Peng vd., 2013; Zhao vd., 2013) belirlenmiştir. Kanada'da ECD 14/02/31 ve ECD 16/02/30 ırklarının yaygın ırk olduğu bildirilmiştir. Almanya'da ise özellikle kolzalarda patotip 1'in yaygın olduğu bildirilmiştir (Zamani, 2014).

Türkiye'de ise *P. brassicae*'nin ırklarının belirlenmesi üzerine "Avrupa Kök Ur Hastalığı Irk Ayırım Seti" kullanılarak tek bir çalışma yapılmış olup, bu çalışmada Ordu ilinde beyaz baş lahanalarda etmenin ECD 16/31/31 ırkı belirlenmiştir (Apaydın vd., 2010). Hastalığa karşı genetik dayanıklılık *B. juncea* ve *B. carinata* hariç önemli Brassica türlerinin tamamında belirlenmiştir (Diederichsen vd., 2009).

Kök ur hastalığına karşı genetik dayanıklılığın monogenik dominant genler tarafından sağlandığı (Kuginuki vd., 1994; Suwabe vd., 2003; Hirai vd., 2004) ve bu genlerin çoğunluğunun ırk ya da patotiplere spesifik olduğu bildirilmiştir (Toxopeus vd., 1986). *Cruciferae* türlerine ait bazı sebzelerde (Hirai, 2006; Saito vd., 2006; Sakamoto vd., 2008; Kamei vd., 2010) ve kolzada (Diederichsen vd., 2006) hastalığa dayanıklı çeşitler geliştirilmiştir. Ancak patojenin güçlü seleksiyon baskısı nedeniyle (Oxley, 2007; Jubault vd., 2008) dayanıklılık genlerini zayıflatması, dayanıklılığın kırılması ile sonuçlanabilmektedir (Buczacki vd., 1975; Hwang vd., 2012b).

Bu çalışmada yurt dışında farklı gen merkezlerinden elde edilen beyaz baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata*) hatları ve Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (KTAE) tarafından geliştirilen bazı beyaz baş lahana hatlarının *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkına karşı reaksiyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Beyaz baş lahana hatları

Çalışmanın materyalini KTAE tarafından geliştirilen 37 ve yurt dışında farklı gen merkezlerinden elde edilen 77 olmak üzere toplam 114 adet beyaz baş lahana hattı oluşturulmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan beyaz baş lahana hatları ve orijinleri

Hat adı	Orijini	Hat adı	Orijini
CGN 17256	CGN-Hollanda	518	KTAE-Türkiye
CGN 11144	CGN-Hollanda	522	KTAE-Türkiye
CGN 20188	CGN-Hollanda	523	KTAE-Türkiye
CGN 17254	CGN-Hollanda	524	KTAE-Türkiye
CGN 15147	CGN-Hollanda	530	KTAE-Türkiye
CGN 17255	CGN-Hollanda	538	KTAE-Türkiye
CGN 11145	CGN-Hollanda	541	KTAE-Türkiye
CGN 11150	CGN-Hollanda	542	KTAE-Türkiye
CGN 20190	CGN-Hollanda	531-1	KTAE-Türkiye
CGN 11130	CGN-Hollanda	531-2	KTAE-Türkiye
CGN 15122	CGN-Hollanda	531-3	KTAE-Türkiye
CGN 11141	CGN-Hollanda	YBB23	KTAE-Türkiye
CGN 15146	CGN-Hollanda	PI141574	USDA-ABD
CGN 14078	CGN-Hollanda	PI164954	USDA-ABD
CGN 15229	CGN-Hollanda	PI165067	USDA-ABD
4	KTAE-Türkiye	PI165086	USDA-ABD
134	KTAE-Türkiye	PI169039	USDA-ABD
136	KTAE-Türkiye	PI169040	USDA-ABD
140	KTAE-Türkiye	PI169044	USDA-ABD
145	KTAE-Türkiye	PI169045	USDA-ABD
148	KTAE-Türkiye	PI169046	USDA-ABD
150	KTAE-Türkiye	PI169047	USDA-ABD
155	KTAE-Türkiye	PI169051	USDA-ABD
156	KTAE-Türkiye	PI169052	USDA-ABD
160	KTAE-Türkiye	PI169053	USDA-ABD
166	KTAE-Türkiye	PI169054	USDA-ABD
169	KTAE-Türkiye	PI169055	USDA-ABD

CGN: Centre for Genetic Resources, P.O.Box:16/6700 AA Wageningen/The Netherlands
USDA: United States Department of Agriculture-National Plant Germplasm Resources, 10300
Baltimore BLVD RM.102, BLDG. 003, BARC-WEST Beltsville, MD 20705
KTAE: Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tekkeköy, Samsun

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan beyaz baş lahana hatları ve orijinleri (devamı)

Hat adı	Orijini	Hat adı	Orijini
173	KTAE-Türkiye	PI205993	USDA-ABD
177T	KTAE-Türkiye	PI205994	USDA-ABD
177Ç	KTAE-Türkiye	PI225859	USDA-ABD
180	KTAE-Türkiye	PI229470	USDA-ABD
186	KTAE-Türkiye	PI230721	USDA-ABD
195	KTAE-Türkiye	PI233194	USDA-ABD
212	KTAE-Türkiye	PI235043	USDA-ABD
217	KTAE-Türkiye	PI235045	USDA-ABD
227	KTAE-Türkiye	PI245016	USDA-ABD
235	KTAE-Türkiye	PI245023	USDA-ABD
236	KTAE-Türkiye	PI250422	USDA-ABD
501	KTAE-Türkiye	PI255562	USDA-ABD
506	KTAE-Türkiye	PI261600	USDA-ABD
PI263067	USDA-ABD	PI343586	USDA-ABD
PI275003	USDA-ABD	PI343629	USDA-ABD
PI280067	USDA-ABD	PI357382	USDA-ABD
PI281547	USDA-ABD	PI357404	USDA-ABD
PI281550	USDA-ABD	PI379110	USDA-ABD
PI281551	USDA-ABD	PI406310	USDA-ABD
PI285597	USDA-ABD	PI419067	USDA-ABD
PI285598	USDA-ABD	PI419172	USDA-ABD
PI285599	USDA-ABD	PI419176	USDA-ABD
PI303629	USDA-ABD	PI419178	USDA-ABD
PI329199	USDA-ABD	PI432767	USDA-ABD
PI330390	USDA-ABD	PI436606	USDA-ABD
PI343488	USDA-ABD	PI436664	USDA-ABD
PI343516	USDA-ABD	PI508411	USDA-ABD
PI343545	USDA-ABD	PI508412	USDA-ABD
PI343559	USDA-ABD	PI508413	USDA-ABD
PI343560	USDA-ABD	PI518837	USDA-ABD

CGN: Centre for Genetic Resources, P.O.Box:16/6700 AA Wageningen/The Netherlands
 USDA: United States Department of Agriculture-National Plant Germplasm Resources, 10300
 Baltimore BLVD RM.102, BLDG. 003, BARC-WEST Beltsville, MD 20705
 KTAE: Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tekkeköy, Samsun

Hassas kontrol olarak Apaydın vd. (2010) tarafından ECD 16/31/31 ırkına karşı hassas olduğu bilinen Dürme çeşidi, dayanıklı kontrol olarak ise Tekila F1 ve Kilaton F1 beyaz baş lahana çeşitleri (Syngenta), Clapton F1 karnabahar çeşidi (Syngenta) ve ECD-01 şalgam hattı (*Brassica rapa* var. *rapifera* line aBBCC) kullanılmıştır.

2.1.2. *P. brassicae* ırkı

Lahana hat ve çeşitlerinin test edilmesinde Ordu ilinden elde edilen *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkı kullanılmıştır. Sözü edilen ırk, Apaydın vd. (2010) tarafından Avrupa Kök Ur Hastalığı Irk Ayrım Seti (Buczacki vd., 1975) kullanılarak belirlenmiştir.

2.2. Yöntem

İnokulasyon işlemi için 7.5 cm çapında gözlere sahip plastik viyollerin 1/2'si yıkanmış kum, 1/2'si hastalıkla bulaşık toprakla doldurularak, her bir göz içine enfekteli bitkilerin urlu köklerinden 1 g koyulmuştur. Daha sonra hatlara ait tohumlar 10 tekerrürlü olacak şekilde bu gözlere ekilerek üzeri kumla kapatılmıştır. Zoospor oluşumunu hızlandırmak için viyoller 2-3 gün sulanmıştır. Viyoller 20-25°C sıcaklık içeren sera koşullarında inkübasyona bırakılmıştır (Gerrik ve Duffus, 1988; Apaydın vd., 2010). Tohum ekiminden 70 gün sonra lahana kökleri incelenerek 0-3 skalası yardımıyla (Çizelge 2) hastalık değerlendirilmesi yapılmıştır (Porth vd., 2003; Apaydın vd., 2010).

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada 114 lahana ıslah hattı *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkına karşı test edilmiştir. Çalışma sonucunda test edilen hatların tamamında ana kökün büyük bir bölümünde ur oluşumu görülmüş (Şekil 1) ve hatlar hassas olarak belirlenmiştir.

Gülsoy (1978), dayanıklı lahana türlerini saptamak amacıyla, 18 lahana türünü yapay bulaştırma yoluyla saksılarda incelemiş, birinci yıl orta derecede dayanıklı olarak belirlenen 4 türün, ikinci yıl hassas olduklarını belirlemiştir. Grandclement ve Thomas (1996), yaprak lahana C10 hattının *P. brassicae* ECD 16/31/31 ırkına dayanıklı olduğunu belirlemişler, dayanıklı yaprak lahana C10 ve hassas karnabahar hatlarını melezleyerek F2 bireylerinde kullanışlı RAPD markörler belirlemişlerdir.

Çizelge 2. Dayanıklılık testlerinde kullanılan skala değerleri

Skala değeri	Belirti	Değerlendirme
0	Kökte urlaşma yok	Dayanıklı
1	Sadece lateral köklerde urlaşma var	Hassas
2	Ana kökte %50'den az urlaşma var	Hassas
3	Ana kökün %50'den fazlası urlu	Hassas



Şekil 1. *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkı ile inokule edilen beyaz baş lahana hatlarının köklerinde oluşan urlar

Scholze ve Hammer (1998), *Brassica oleracea*'lardan denemeye alınan 489 hattı hastalığa aşırı derecede hassas olarak değerlendirmiş ancak bu hatların içinde bazı tek bitkiler ve yüksek verimli bazı F1 hibrit bitkilerin *P. brassicae*'ye karşı dayanıklılık gösterdiğini bildirmiştir. Manzanares-Dauleux vd. (2000), INRA gen havuzunda bulunan 38 beyaz baş lahana hattının iki farklı *P. brassicae* izolatına karşı dayanıklılık durumunu araştırmışlar ve hatların tamamını her iki izolata karşı hassas olarak belirlemişlerdir. Wang vd. (2013), 44 çin lahanası çeşidi ve 46 inbred hattı *P. brassicae* patotip 4'e karşı test etmişler 4 çeşit ve 14 inbred hattın dayanıklı olduğunu belirlemişlerdir. Hassas kontrol olarak kullanılan Dürme çeşidinde köklerin büyük bir bölümünde ur oluşmuş ve çeşit hassas olarak değerlendirilmiştir (Şekil 2). Bu sonuç dayanıklılık testinde kullanılan yöntemin doğruluğunu ortaya koymuştur. Apaydın vd. (2010), yaptıkları bir çalışmada, ECD 16/31/31 ırkına karşı test ettikleri Dürme çeşidinin ve 6 farklı beyaz baş lahana çeşidinin tamamının hassas olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 2. Hassas kontrol olarak kullanılan Dürme çeşidinde *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkı ile inokulasyon sonrası köklerde oluşan urlar

Dayanıklı kontrol olarak kullanılan ECD-01 şalgam hattında (*Brassica rapa* var *rapifera* line aaBBCC) *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkı ile inokulasyon sonrasında köklerde herhangi bir ur oluşumu görülmemiş ve hat dayanıklı olarak değerlendirilmiştir. Apaydın vd. (2010)'da benzer bir şekilde ECD-01 şalgam hattının (*Brassica rapa* var *rapifera* line aaBBCC) *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkına karşı dayanıklı olduğunu ortaya koymuşlardır. Dayanıklı kontrol olarak kullanılan Tekila F1 ve Kilaton F1 beyaz baş lahana çeşitleri (Şekil 3) ve Clapton F1 karnabahar çeşidinde ise inokule edilen bitkilerin köklerinin büyük bir bölümünde ur oluşumu gözlenmiştir. Kontrol olarak kullanılan 3 çeşitte *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkına karşı hassas olarak değerlendirilmiştir.

Clapton lahana kök ur hastalığına dayanıklı olarak geliştirilmiş karnabahar çeşidi olup (Diederichsen ve Frauen, 2013) ticari olarak Avrupa ülkelerinde yetiştirilmektedir. Tekila ve Kilaton beyaz baş lahana çeşitlerinin ise *P. brassicae* patotip 6'ya karşı yüksek derecede dayanıklı oldukları daha önce yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (McDonald vd., 2011; Saude vd., 2012). Sözü edilen çeşitlerin *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkına karşı hassas olması kullanılan ırkın yüksek virüslensliğe sahip olması ya da çeşitlerin farklı ırklara/patotiplere karşı dayanıklı olması nedeniyle olabilir. *P. brassicae*'nin çoklu ırkları, farklı popülasyonları ve patotipleri farklı bölgelerde bulunabilmekte ve bu durum varyasyon kaynağı oluşturarak konukçu dayanıklılığının yitirilmesine veya azalmasına neden olabilmektedir (Williams, 1966; Buczacki vd., 1975; Hatakeyama vd., 2006). Ayrıca etmene karşı dayanıklılığın çoğunlukla tek genle yönetilmesi (Suwabe vd., 2003; Hirai vd., 2004) dayanıklılığın daha zayıf olabilmesine ve yitirilmesine neden olabilmektedir (Diederichsen vd., 2009).



Şekil 3. Dayanıklı kontrol olarak kullanılan Kilaton (A) ve Tekila (B) beyaz baş lahana çeşitlerinde *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkı ile inokulasyon sonrası köklerde oluşan urlar

4. Sonuç

Kök ur hastalığı lahanagillerin en önemli hastalıklarından birisi olup önemli ürün kayıplarına yol açabilmektedir. Hastalıkla mücadelenin oldukça zor olması nedeniyle dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve üreticiler tarafından kullanılması önem arz etmektedir. Dayanıklı çeşit geliştirme çalışmaları programlarında öncelikle bölgede var olan patojen ırklarına karşı mevcut genotiplerin dayanıklılık durumlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada 114 lahana ıslah hattı daha önce Karadeniz Bölgesi'nde belirlenmiş olan *P. brassicae*'nin ECD 16/31/31 ırkına karşı test edilmiştir. Çalışma sonucunda test edilen hatların tamamının hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dayanıklı kontrol olarak kullanılan beyaz baş lahana çeşitlerinin de ECD 16/31/31 ırkına karşı hassas oldukları ortaya konulmuştur. Sözü edilen ırka karşı farklı beyaz baş lahana dayanıklılık kaynaklarının araştırılması ya da farklı Brassica türlerinden beyaz baş lahana hatlarına dayanıklılığın aktarılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenmiştir. Beyaz baş lahana hatlarının temin edilmesinde gösterdikleri yardımlardan dolayı United States Department of Agriculture-National Plant Germplasm Resources (USDA-NPGR) ve Centre for Genetic Resources (CGN)'e teşekkür ederiz. Bu makale, 2012 yılında kaybettiğimiz, değerli bilim insanı ve araştırmacı Aydın APAYDIN'a ithaf edilmiştir.

Kaynaklar

- Akdoğan, M., & Beyazıt, S. (1960). Erenköy Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Sebze ve Yem Bitkileri Hastalıkları Laboratuvarı, Proje "E" tto: 14/66.
- Apaydın, A., Deligoz, İ., Kar, H., Kibar, B., & Karaagac, O. (2010). An investigation on clubroot disease (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) races in the Black Sea Region of Turkey. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2):57-60.
- Buczacki, S.T., Toxopeus, H., Mattusch, P., Johnston, T.D., Dixon, G.R., & Hobolth, L.A. (1975). Study of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae*: proposals for attempted rationalization through an international approach. *Transactions of the British Mycological Society*, 65(2):295-303.
- Burki, F., Kudryavtsev, A., Matz, M.V., Aglyamova, G.V., Bulman, S., Fiers, M., Keeling, P.J., & Pawlowski, J. (2010). Evolution of Rhizaria: new insights from phylogenomic analysis of uncultivated protists. *BMC Evolutionary Biology*, 10:377.

- Diederichsen, E., Beckmann, J., Schondelmeier, J., & Dreyer, F. (2006). Genetics of clubroot resistance in *Brassica napus* 'Mendel'. *Acta Horticulturae*, 706:307-311.
- Diederichsen, E., Frauen, M., Linders, E.G.A., Hatakeyama, K., & Hirai, M. (2009). Status and perspectives of clubroot resistance breeding in crucifer crops. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(3):265-281.
- Diederichsen, E., & Frauen, M. (2013). Clubroot in Europe. *International Clubroot Workshop*, June, 19-21, 2013, Edmonton, Alberta, Canada.
- Ding, Y.H., Jian, Y.C., Yu, Y.J., Wang, W.H., Geng, L.H., & Kang, J.G. (2013). Identification of pathotype of *Plasmodiophora brassicae* on crucifer vegetables in eight provinces of China. *China Vegetables*, 16:85-88.
- Dixon, G.R. (2009). The occurrence and economical impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(2):194-202.
- Donald, E.C., & Porter, I.J. (2009). Integrated control of clubroot. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(3):289-303.
- Gerrik, J.S., & Duffus, J.E. (1988). Differences in vectoring ability and aggressiveness of isolates of *Polymyxa betae*. *Phytopathology*, 78(10):1340-1343.
- Grandclément, C., & Thomas, G. (1996). Detection and analysis of QTLs based on RAPD markers for polygenic resistance to *Plasmodiophora brassicae* Woron in *Brassica oleracea* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 93(1-2):86-90.
- Gülsoy, H.E. (1978). Marmara Bölgesi'nde lahana kök ur hastalığı (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)'nin yayılış alanı, toprak nemi ne pH'sı ile ilişkileri, ilaçlı savaş metotları ve dayanıklı lahana türlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 18:1-4.
- Hatakeyama, K., Fujimura, M., Ishida, M., Suzuki, T., & Sato, T. (2006). Classification of pathogenicity of *Plasmodiophora brassicae* field isolates in Japan based on resistance of F1 cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.) to clubroot. *Acta Horticulturae*, 706:323-328.
- Hirai, M., Harada, T., Kubo, N., Tsukada, M., Suwabe, K., & Matsumoto, S. (2004). A novel locus for clubroot resistance in *Brassica rapa* and its linkage markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 108(4):639-643.
- Hirai, M. (2006). Genetic analysis of clubroot resistance in Brassica crops. *Breeding Science*, 56(3):223-229.
- Hwang, S.F., Cao, T., Xiao, Q., Ahmed, H.U., Manolii, V.P., Turnbull, G.D., Gossen, B.D., Peng, G., & Strelkov, S.E. (2012a). Effects of fungicide, seeding date and seedling age on clubroot severity, seedling emergence and yield of canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(6):1175-1186.
- Hwang, S.F., Strelkov, S.E., Feng, J., Gossen, B.D., & Howard, R.J. (2012b). *Plasmodiophora brassicae*: a review of an emerging pathogen of the Canadian canola (*Brassica napus*) crop. *Molecular Plant Pathology*, 13(2):105-113.
- Ji, H.W., Ren, L., Chen, K.R., Xu, L., Liu, F., Sun, C.C., Li, J., Liu, S.Y., & Fang, X.P. (2013). Identification of physiological races of club root and resistance of rape

- cultivars to *Plasmodiophora brassicae*. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 35(3):301-206.
- Jubault, M., Lariaagon, C., Simon, M., Delourme, R., & Manzanares-Dauleux, M. (2008). Identification of quantitative trait loci controlling partial clubroot resistance in new mapping populations of *Arabidopsis thaliana*. *Theoretical and Applied Genetics*, 117(2):191-202.
- Kageyama, K., & Asano, T. (2009). Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(3):203-211.
- Kamei, A., Tsuru, M., Kubo, N., Hayashi, T., Wang, N., Fujimura, T., & Hirai, M. (2010). QTL mapping of clubroot resistance in radish (*Raphanus sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 120(7):1021-1027.
- Karling, J.S. (1968). The *Plasmodiophorales*. 2nd Ed., Hafner Publishing Company, Inc., New York, 256 p.
- Kuginuki, Y., Yoshikawa, H., & Hida, K. (1994). Breeding of Chinese cabbage with clubroot resistance in Japan. In: Abstracts, *International Symposium on Brassicas and 9th Crucifer Genetics Workshop*, Lisbon, pp 15.
- McDonald, M.R., Saude, C., Gossen, B.D., McKeown, A., & Bakker, C. (2011). Evaluation of host resistance for the management of clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) on cabbage. *HortScience*, 46(9):142-143.
- Manzanares-Dauleux, M.J., Divaret, I., Baron, F., & Thomas, G. (2000). Evaluation of French *Brassica oleracea* landraces for resistance to *Plasmodiophora brassicae*. *Euphytica*, 113(3):211-218.
- Oxley, S. (2007). Clubroot disease of oilseed rape and other Brassica crops. Technical Note TN 620. Edinburgh (UK). Scottish Agricultural College ISBN: 1854828908.
- Peng, S.S., Ren, Z.H., Huang, X.L., Liu, M.J., Sun, L.F., & Liu, E.M. (2013). Physiological race identification on clubroot of cruciferous crops caused by *Plasmodiophora brassicae* in Hunan. *Journal of Changjiang Vegetables*, 6:46-49.
- Porth, G., Mangan, F., Wick, R., & Autio, W., (2003). Evaluation of management strategies for clubroot disease of Brassicaceae crops. *Vegetable Notes*, 13:25.
- Saito, M., Kibbo, N., Matsumoto, S., Suwabe, K., Tsukada, M., & Hirai, M. (2006). Fine mapping of the clubroot resistance gene, Crr3, in *Brassica rapa*. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(1):81-91.
- Sakamoto, K., Saito, A., Hayashida, N., Taguchi, G., Matsumoto, E. (2008). Mapping of isolate-specific QTLs for clubroot resistance in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Theoretical and Applied Genetics*, 117(5):759-767.
- Saude, C., McKeown, A., Gossen, B.D., & McDonald, M.R. (2012). Effect of host resistance and fungicide application on clubroot pathotype 6 in green cabbage and napa cabbage. *HortTechnology* 22(3):311-319.
- Scholze, P., & Hammer, K. (1998). Evaluation of resistance to *Plasmodiophora brassicae*, *Alternaria* and *Phoma* in *Brassicaceae*. *Acta Horticultureae*, 459:363-372.

- Shen, X.Q., Nie, K., Wu, Q., Zhang, Y.G., & Meng, X.H. (2009). Initial research report on differentiation identification of Chinese cabbage clubroot main physiological races. *Journal of Changjiang Vegetables*, 8:59-62.
- Suwabe, K., Tsukazaki, H., Iketani, H., Hatakeyama, K., Fujimura, M., Nunome, T., Fukuoka, H., Matsumoto, S., & Hirai, M. (2003). Identification of two loci for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) in *Brassica rapa* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 107(6):997-1002.
- Toxopeus, H., Dixon, G.R., & Mattusch, P. (1986). Physiological specialization in *Plasmodiophora brassicae*: an analysis by international experimentation. *Transactions of the British Mycological Society*, 87(2):279-287.
- TÜİK, (2016). Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim Verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim tarihi:15 Mart 2016.
- Voorips, R.E. (1995). *Plasmodiophora brassicae*: Aspects of pathogenesis and resistance in *Brassica oleracea*. *Euphytica*, 83(2):139-146.
- Wang, W.H., Yu, Y.J., Ding, Y.H., Zhang, F.L., Yu, S.C., Zhang, D.S., & Lu, G.X. (2013). Physiological race identification of clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) from Changyang county, Hubei province and resistant resource screening for Chinese cabbage breeding. *Journal of Changjiang Vegetables*, 12:55-60.
- Williams, P.H. (1966). A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga. *Phytopathology*, 56:624-626.
- Zamani, N. (2014). Clubroot disease of oilseed rape: epidemics and strategies for improving resistance management. *11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology*, Krakow, Poland, p:362.
- Zhao, Y., Bai, Y.J., Miao, Z.Y., Li, Y., & Zhao, K.H. (2013). Identification of physiological races of *Plasmodiophora brassicae* causing clubroot in Chinese cabbage from Northeast China. *Journal of Hunan Agricultural University*, 39:176-178.