

Bezelye (*Pisum sativum* L.)'de Külleme Hastalığı, Kontrolü ve Dayanıklılık Kaynakları

Muhammet TONGUÇ Arif ŞANLI Muharrem KAYA

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta

Özet

Fabaceae familyası dünya çapında insan ve hayvan beslenmesinde önemli ekonomik bitki türlerini ihtiva etmektedir. Bezelye dünyada üretimi yapılan baklagiller içerisinde dördüncü sırada yer almaktadır ve önemli bir bitkisel protein kaynağıdır. Külleme (*Erysiphe pisi*) bezelyede önemli verim kayıplarına yol açan fungal bir hastalıktır ve Dünya üzerinde bezelye üretimi yapılan tüm bölgelerde yayılım göstermektedir. Bu çalışmada hastalık etmeninin biyolojisi ve hastalığın epidemiyolojisi, hastalığı kontrol metotlarının neler olduğu ve külleme hastalığına karşı *Pisum* cinsinde mevcut olan dayanıklılık kaynakları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dayanıklılık, külleme, *Erysiphe pisi*, *Pisum sativum*

Powdery Mildew of Peas (*Pisum sativum* L.), Disease Management and Sources of Resistance

Abstract

Fabaceae family contains many economically important plant species for human consumption and animal feed worldwide. Pea is the fourth commonly grown legume species in the world and it is a good source of protein. Powdery mildew is a fungal disease of pea and it is caused by *Erysiphe pisi*. Disease causes important yield and quality losses and the fungus is found wherever peas are grown in the world. Information related to the biology of the fungus, epidemiology of the disease, control measures to combat the disease and sources of resistance present in *Pisum* was presented.

Key Words: Disease resistance, powdery mildew, *Erysiphe pisi*, *Pisum sativum*

Giriş

Baklagiller (Fabaceae) yaklaşık 700 cins ve 18.000-20.000 tür ile bitkiler alevinin dünyada en fazla türe sahip familyalardan birisidir. Baklagiller familyası genellikle tek veya çok yıllık ot, çalı ve ağaç formunda bitkileri içermekte ve insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Ayrıca Fabaceae familyası çok sayıda süs bitkisi türünü de içermektedir.

Bezelye (*Pisum sativum* L.) tarih öncesi çağlardan beri insanların bildiği ve beslenme amaçlı olarak kullandığı bir bitkidir. Yapılan arkeolojik çalışmalarda bezelyenin besin kaynağı olarak kullanımının M.Ö. 7000-6000 tarihlerine kadar uzandığı belirlenmiştir. Irak'ta bulunan bezelye örneklerinin tarihi M.Ö. 6750'ye kadar giderken, Er Baba höyüğünde bulunan bezelyelerin 5800 yıllık oldukları bulunmuştur (Erksine et al. 1994).

Baklagiller köklerinde oluşan nodüller içerisinde *Rhizobium* bakterileri ile oluşturdukları ortak yaşam sayesinde havadaki azotu fiske edebilme özelliğine sahiptirler ve gereksinim duydukları azotun yaklaşık %70'ini bu yolla karşılarlar. Bezelyede havadaki serbest azotu (N₂)

bağlayabilen bir bitkidir ve azot bağlama çimlenmeden bir ay sonra başlar ve çeşitlerin erkenci veya geççi olma durumlarına göre çiçeklenmeye veya tohum olgunlaşmasına kadar devam eder (Cousin 1997).

Dünyada en çok üretimi yapılan üçüncü yemeklik dane baklagil bitkisi bezelyedir. Bezelye genellikle taze olarak tüketilmekte, ayrıca işlenmiş konserve, dondurulmuş ürün veya kuru tohumu için üretilmektedir ve protein, vitaminler ve karbonhidrat bakımından oldukça zengin bir bitkidir. Aynı zamanda münavebe bitkisi ve hayvan yemi olarak da tarımı yapılmaktadır. Hayvan yemi olarak yeşil ve kuru silaj yapılarak kullanılmakta ve hasattan sonra kalan sap ve samanı da hayvan yemi ya da altlık olarak değerlendirilebilmektedir. Dünyada en fazla bezelye üreten ülkeler sırası ile Kanada, Çin, Rusya, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Fransa'dır (FAO 2007).

Bezelyenin ilk olarak Habeşistan ve Afganistan Bölge'lerinde ortaya çıktığı ve daha sonra ise Akdeniz havzasına geldiği tahmin edilmektedir. Akdeniz havzasında toplanmaya ve tarımı yapılmaya başlanan bezelye daha sonra Avrupa ve Asya'ya

yayılmıştır. Yabani türler sadece morfolojik karakterler bakımından kültürü yapılan bezelye çeşitlerinden farklılık göstermektedirler (Cousin 1997).

Pisum cinsi Viceae oymağına dahildir ve Papilionoideae alt familyasının içerisinde sınıflandırılmaktadır. Viceae oymağı ayrıca yemeklik baklagillerden bakla (*Vicia faba*) ve mercimek (*Lens culinaris*) olmak üzere iki önemli türü daha ihtiva etmektedir. Bezelye cinsinde kromozom sayısı $2x=2n=14$ 'tür. Günümüzde *P. formosum*, *P. transcausicum*, *P. aethiopicum*, *P. arvense*, *P. humile*, *P. elatius* türleri *P. sativum*'un alt türleri veya botanik varyeteleri olarak sınıflandırılmaktadırlar (Hoey et al. 1996). Diğer bezelye türleri ise yabani formda olan *P. fulvum* ve *P. abyssinicum*'dur. *P. sativum*'un botanik varyetelerinin kendi aralarında ve *P. abyssinicum* arasında yapılan melezlemeler F_1 döllerinde hiçbir kısırlığa sebep olmamaktadır. *P. fulvum* ile yapılan melezlemelerde ise bu tür polen anacı olarak kullanılmalıdır.

Külleme hastalığı ve hastalık etmeni: Bezelye virüs, bakteri, fungus, nematotlar ve böceklerle karşı oldukça hassas bir bitkidir. Bitki fungal hastalıkları otuzdan fazla fungus türü ile bezelyede önemli zararlara neden olmaktadır. Bu hastalıklardan bezelye bitkisinin yapraklarında, gövdesinde ve meyvelerinde enfeksiyonlara yol açan külleme (*Erysiphe pisi* D.C) en önemli hastalıklardan birisidir.

Külleme etmeni olan fungus dünyada bezelye tarımının yapıldığı tüm bölgelerde görülmekte ve çevre şartları hastalığın gelişmesi ve yayılmasına uygun olduğu ve külleme hastalığı kontrol edilmediği zaman önemli verim kayıplarına yol açmaktadır (Reiling 1984). Hastalık etmeni olan fungus obligat parazittir. Hastalık bitki başına bakla sayısı, her bir bakladaki tohum sayısı ve baklanın boyu, bitki boyu, boğumların sayısı ve aralarındaki mesafe, toplam biomass ve verimde önemli düşüşler meydana getirmekte, tohumların ve meyvenin kalitesini ve besin değerini düşürmektedir (Gritton and Ebert 1975).

Hastalık özellikle gündüzleri sıcak ve kurak ve gecelerin soğuk olduğu zaman daha fazla ürün kaybına neden olmaktadır. ABD'de sadece hastalığa dayanım geni bakımından farklılık gösteren hatlarla yapılan bir çalışmada, hastalığın hassas hatlarda dayanıklı hatlara nazaran %24-96 arasında verim kaybına neden olduğu bulunmuştur (Gritton 1972). Hindistan'da hastalığın duyarlı

çeşitlerde tohum oluşumu tamamen engelleyebildiği ve oluşan tohumlarda da tohum ağırlığı kaybının %47'ye ulaştığı ve toplam verim kaybının hassas çeşitlerde %50 azaldığı bildirilmiştir (Ram and Prasad 1994). Pakistan'da ise verim kaybının %10-18 arasında değiştiği bildirilmiştir (Mahmood et al. 1983).

Külleme hastalığının etmeni olan fungus, Ascomycetes sınıfı mantarların Erysiphales takımı Erysiphaceae familyası içerisinde yer alır. Fungus, Fabaceae ailesi içindeki pek çok türde yaşayabilmekte ve gelişebilmekte (Reiling 1984, Cook and Fox 1992, Braun 1995), ancak sadece bezelye bitkisinde külleme hastalığına neden olmaktadır. Reiling'e (1984) göre fungusun sadece bezelye formu bezelye bitkilerinde hastalığa neden olurken, Braun (1995)'a göre *Lathyrus*, *Lupinus*, *Trigonella* ve *Vicia*'da hastalığa yol açan fungus bezelyede de hastalığa neden olabilir. Külleme hava yolu ile taşınan bir hastalıktır. Bitkinin tüm vejetatif aksamı hastalığa karşı duyarlıdır ve etmen organizma kışık sporlar olarak kleistothesiumlar içerisindeki askosporlar ve konidiosporlar ile enfeksiyonlar yapabilmektedir. Çevre şartları sporların çimlenme, gelişmesi ve hastalığın oluşmasında üzerinde çok etkilidir. Konidiosporlar 10-30°C'lik sıcaklıklar arasında çimlenebilmektedirler, ancak, çimlenme için optimum hava sıcaklığı 20°C civarındadır (Singh and Singh 1988). Diğer birçok sporun aksine *E. pisi* konidiosporları daha az nem içeren havada çimlenebilirler. Farklı dalga boylarındaki ışık sporların gelişmesi üzerinde etkilidir, fakat hastalık oluşumu üzerinde etkili değildir.

Sporlar konukçu bitki üzerine kondukları zaman çimlenir ve çimlenme tüpü oluştururlar ve daha sonra çimlenme tüpü gelişerek appressoryumu oluşturur. Appressoryum daha sonra penetrasyon çivisi oluşturarak hücre duvarını delmekte ve epidermis hücrelerine ulaşmaktadır. Fungus hücre içine girdikten sonra konukçu bitkinin sitoplazmasından beslenebilmek için haustoryum olarak adlandırılan yapıları oluşturmaktadır. Bitki üzerinde görülen miselyumlar beyaz olarak görülürler ve birbirlerine bağlı hiflerden oluşmaktadırlar. Bitkilerde bahar aylarında görülen ilk enfeksiyonları kleistothesiumlar içerisinden salınan askosporlar yapmaktadır. Sonraki enfeksiyonlar ise konidioforlarda üretilen konidiosporlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Konidiosporlar tek tek üretilmektedirler ve mikroskop altında

iplikçikler şeklinde görülmektedirler ve sabahın erken saatlerinde üretilen konidiosporlar salınmaktadır. Sporların salınma hızı ve taşınma mesafesi rüzgar şiddetine bağlıdır.

Bitkilerde hastalığın ilk belirtileri olgun yapraklar üzerinde renksiz lekeler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Koloniler büyüdükçe renksiz lekeler şeklinde ortaya çıkan belirtiler beyaz-krem şeklinde görülmeye başlamakta ve tüm yaprak yüzeyini kaplamaktadır. Daha sonra hastalık genç yapraklara, gövdeye, çiçeklere ve varsa meyvelere yayılmaktadır. Dayanıklı ve hassas bezelye çeşitlerinde sporların çimlenmesi ve aprosoryum oluşturulması bakımından önemli bir farklılık meydana gelmemektedir, ancak, miselyumun büyümesi ve spor oluşturulması dayanıklı bezelye çeşitlerinde gözlenmemektedir (Falloon et al. 1989, Viljanen-Rollinson et al. 1998). Bezelye bitkisinde hastalık yapan külleme etmeninin ırk yapısı tam olarak bilinmemektedir, ancak, farklı bölgelerden toplanan bazı izolatların dayanıklı çeşitlerde hastalığa neden olduğu bildirilmiştir (Tiwari et al. 1997a).

Külleme hastalığının kontrolü:

Külleme hastalığının mücadelesinde kültürel önlemlerden erken ekim, damlama ve yağmurlama sulama sistemi uygulamaları, fungusit ve bitki ekstraktı uygulamaları ve dayanıklı çeşitlerin ıslahı ve kullanımı yöntemleri uygulanmaktadır. Kültürel uygulamaların hastalığı önlemede başarısı bezelye tarımı yapılan bölgelerin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. ABD'de erken ekim yolu ile bezelye bitkilerini hastalıktan korumak mümkün olmaktadır (Gritton and Ebert 1975).

Küllemeyi kontrol etmekte başarı ile kullanılan pek çok fungusit mevcuttur ve aynı zamanda kükürt veya kükürt içeren bileşiklerde hastalık kontrolü için etkin bir şekilde kullanılabilir (Chupp and Sherf 1960). Sentetik fungusitlerden tridemorph (calixin), dinocap (karathene), triadimefon (bayleton), kükürt (sulfex) hastalıkla mücadele etmekte kullanılan fungusitlerdir (Maheshwari et al. 1992). Tarlaya ekilecek bezelye tohumlarının benomyl ile muamelesinin de hastalığın kontrolünde etkin olduğu bildirilmiştir (Jhooty and Behar 1972). Zencefil ve sarımsaktan elde edilen ajone'nin ve neem ağacından elde edilen neemazal'ın da hastalığa karşı başarı ile kullanılabileceği bildirilmiştir (Singh et al. 1991, Singh et al. 1995, Singh and Prithiviraj 1997). Doğal yollarla elde edilen bitki ekstraktlarının hastalığı önlemede etkin ve ucuz olmaları, insan ve çevre sağlığına

olumsuz etkilerinin olmaması gibi avantajları varsa da, bitki ekstraktlarının bezelye üretim alanlarında kullanımı yaygın değildir.

Diğer bir korunma metodu ise çapraz korumadır. Arpada külleme hastalığına neden olan *E. graminis* fsp. *hordei* bezelyede antifungal bir bileşik olan pisatin sentezini *E. pisi* izolatlarına göre çok daha erken başlatmaktadır. Dayanıklı bezelye çeşitlerinde pisatin üretimi hassas çeşitlerdekine göre daha fazladır ve pisatin üretiminin dayanıklılık mekanizmalarından biri olduğu düşünülmektedir. Bezelyede hastalığa yol açmayan diğer külleme funguslarının (*Oidium* spp., *Phyllactinia corylea* ve *P. delbergiae*), bezelyede dayanıklılık mekanizmalarını aktif hale getirdiği ve daha sonra bitkiye gelen *E. pisi*'ye karşı korunma sağladığı bildirilmiştir (Singh et al. 2003). Fakat zaman içinde külleme karşı olan koruma düşüş göstermektedir. Dayanıklı çeşitler fenolik maddeler ve fenolik maddeleri parçalayan enzimleri de hassas çeşitlere nazaran daha fazla üretmektedirler ve fenolik madde üretimi ve parçalanması dayanıklılık mekanizmalarıyla bağlantılı bir olaydır (Dixon ve Harrison 1990).

Hastalığın kontrolü için kullanılacak diğer bir yöntemde hastalığa dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. Dayanıklı çeşitlerin kullanılması verim kayıplarının önüne geçerken, zirai ilaçların insan ve çevre üzerinde oluşturdukları olumsuz etkileri ortadan kaldırır.

Külleme hastalığı dayanıklılık

kaynakları: Küllemeye karşı dayanıklılık geni ilk kez Peru'dan toplanan bir *P. sativum* ekotipinde bulunmuştur. Bulunan dayanıklılık tek resesif genle kontrol edilmektedir ve *er* olarak adlandırılmıştır (Harland 1948). Dayanıklılığın kalıtımı başka araştırmacılar tarafından da çalışılmış ve dayanıklılığın resesif bir gen tarafından kontrol edildiği kanıtlanmıştır (Tiwari et al. 1997b).

Heringa et al. (1969) Tiwari et al. (1997b), Kumar and Singh (1981) farklı dayanıklı ve hassas bezelye hatları ile yaptıkları çalışmalarda küllemeye karşı dayanıklılık sağlayan diğer bir resesif genin bulunduğunu bildirmişler ve yeni bulunan gen *er2* olarak adlandırılmıştır. İlk olarak Heringa et al. (1969) tarafından bulunan *er2* geninin küllemeye karşı tam koruma sağlayıp sağlamadığı konusunda herhangi bir bilgi verilmemiştir. Kumar and Singh (1981)'e göre küllemeye karşı tam koruma için iki dayanıklılık geninin de çeşitlerde bulunması gerekirken, Tiwari et al. (1997b) ise sadece

er1 geninin küllemeye karşı hem tarla hem de sera şartlarında tam koruma sağlamak için yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Küllemeye karşı *er2* dayanıklılık genini taşıyan JI 2184 hattının ise sadece tarla şartlarında hastalığa karşı dayanıklılık sağladığı fakat bu hatta mevcut olan dayanıklılığın sera koşullarında hastalığa karşı dayanıklılık sağlamadığı bildirilmiştir (Tiwari et al. 1997b). *er2* geni tarafından sağlanan dayanıklılığın kırılmasında sıcaklık ve bitkinin olgunlaşma evrelerinin etkili olduğu bildirilmiştir (Fondevilla et al. 2006).

Bitki ıslahçıları kalıtımı basit olan dayanıklılık genleri ile çalışmayı, kantitatif direnç sağlayan genlere göre aktarılmasındaki kolaylıktan dolayı tercih etmekte ise de; patojenler bu tip direnç mekanizmalarına karşı kolaylıkla adapte olabilmektedir. Bundan dolayı yeni dayanıklılık kaynaklarının bulunması ve kullanılması gerekmektedir. Küllemeye karşı dayanıklılık sağlayan yeni bir genin bezelyenin yabani bir akrabası olan *P. fulvum* ekotiplerinde bulunduğu bildirilmiştir (Fondevilla et al. 2007a). Yeni bulunan gen diğerlerinin aksine dominanttır ve *ER3* olarak adlandırılmıştır. *ER3* geni sıcaklık ve bitki gelişim evrelerinden etkilenmemekte ve hem tarla hem de sera koşullarında dayanıklılık sağlamaktadır (Fondevilla et al. 2007b).

Moleküler markır tekniklerinin geliştirilmesine kadar ıslahçılar istenilen özellikleri yeni çeşitlere aktarmak için klasik ıslah metotlarından faydalanmışlardır. İstenilen özellikler bir kaynaktan diğerine aktarmak için çok sayıda geri melezlemeler yapmak ve her melezlemeden sonra ise elde edilen bireylerin test edilmesi gerekmektedir. Bitkileri hastalık etmenleri ile test etmek zaman alıcı ve zor bir işlemdir ve tarama şartları çevre şartlarından etkilenmektedir ve bazı duyarlı bitkiler tarama testlerinde tanımlanmayabilir. Yukarıda sıralanan olumsuzluklar moleküler markır teknikleri kullanılarak aşılabilir. Morfolojik, biyokimyasal ve moleküler markırlar kullanılarak günümüzde pek çok bitki türü için genetik haritalar geliştirilmiştir. Moleküler markırlar kullanılarak istenen özelliklere ait markırlar geliştirilebilmekte ve bu markırların bağlı olduğu karakterlerin yeri genetik haritalar üzerinde belirlenebilmektedir (Weeden et al. 1994).

Sonuç

Şu ana kadar küllemeye karşı dayanıklılık sağlayan genlerden haritalanan sadece *er1* genidir. Bu dayanıklılık geni bezelye genetik haritasının VI. grubunda (LG VI) moleküler, biyokimyasal ve morfolojik markırlar kullanılarak haritalanmıştır (Timmerman et al. 1994). Bunun haricinde farklı gruplar tarafından *er1* genine bağlı moleküler markırlarda geliştirilmiştir (Tiwari et al. 1998, Janila and Sharma 2004, Ek et al. 2005). *er2* genine bağlı moleküler markırlar varlığı Tiwari et al. (1999) ve *er3* genine bağlı moleküler markırların varlığı Fondevilla et al. (2008) tarafından bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Braun, U. 1995. The Powdery Mildews (Erysiphales) of Europe. Gustav Fischer Verlag, New York, N.Y. pp.337.
- Cook, R.T.A. and R.T.V. Fox, 1992. *Erysiphe pisi* var. *pisi* on fababeans and other legumes in Britain. Plant Pathology, 41: 506-512.
- Cousin, R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.) Field Crops Research 53: 111-130.
- Chupp, C. and A.F. Sherf, 1960. Pea Diseases. In :Vegetable Diseases and Their Control. The Ronald Press Company, New York, N.Y. pp:422-453.
- Dixon, R.A. and M.J. Harrison, 1990. Activation, structure, and organization of genes involved in microbial defense in plants. Adv. Genet., 28: 165-234.
- Ek, M., Eklund, M., R. von Post, C. Dayteg, T. Henriksson, P. Weibull, A. Ceptilis, P. Issac and S. Tuvesson, 2005. Microsatellite Markers for Powdery Mildew Resistance in Pea (*Pisum sativum* L.). Hereditas, 142: 86-91.
- Erskine, W., J. Smartt and F. Muehlbauer, 1994. Mimicry of Lentil and the Domestication of Common Vetch and Grass Pea. Economic Botany, 48: 326-332.
- FAO, 2007. FAO Production year book. (www.fao.org)
- Falloon, R.E., P.W. Sutherland and I.C. Hallett, 1989. Morphology of *Erysiphe pisi* on leaves of *Pisum sativum*. Can. J. Bot., 67: 3410-3416.
- Fondevilla, S., A.M. Torres, M.T. Moreno and D. Rubiales, 2007a. Identification of a new gene for resistance to powdery mildew in *Pisum fulvum*, a wild relative of pea. Breed. Sci., 57: 181-184.
- Fondevilla, S., T.L.W. Carver, M.T. Moreno and D. Rubiales, 2006. Macroscopic and histological characterisation of genes *er1* and *er2* for powdery mildew resistance in Pea. Eur. J. Plant Pathol., 115: 309-321.

- Fondevilla, S., T.L.W. Carver, M.T. Moreno and D. Rubiales, 2007b. Identification and characterisation of sources of resistance to *Erysiphe pisi* Syd. in *Pisum* spp. Plant Breed., 126: 113-119.
- Fondevilla, S., D. Rubiales, M.T. Moreno, A.M. Torres, 2008. Identification and validation of RAPD and SCAR markers linked to the gene *Er3* conferring resistance to *Erysiphe pisi* DC in pea. Mol. Breed., 22: 193-200.
- Gritton, E.T. 1972. The effect of genetic resistance to powdery mildew on pea. Pisum Newslett., 4: 9-10.
- Gritton, E.T. and R.D. Ebert, 1975. Interaction of planting date and powdery mildew on pea plant performance. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100: 137-142.
- Harland, S.C. 1948. Inheritance of Immunity to Powdery Mildew in Peruvian Forms of *Pisum sativum*. Heredity, 2: 263-269.
- Heringa, R.J., A. Vannorel and M.F. Tazelaar, 1969. Resistance to powdery mildew (*Erysiphe polygoni* D.C.) in peas (*Pisum sativum* L.). Euphytica, 18: 163-169.
- Hoey, B.K., K.R. Crowe, V.M. Jones and N.O. Polans, 1996. A phylogenetic analysis of *Pisum* based on morphological characters, allozyme and RAPD markers. Theor. Appl. Genet., 92: 92-100.
- Janila, P. and P. Sharma, 2004. RAPD and SCAR markers for powdery mildew resistance gene in pea. Plant Breed., 123:271-274.
- Jhooty, J.S. and D.S. Behar, 1972. Control of powdery mildew of pea and pumpkin by seed treatment with benomyl. Indian J. Agri. Sci., 42: 505-508.
- Kumar, H. and R.B. Singh, 1981. Genetic analysis of adult plant resistance to powdery mildew in pea (*Pisum sativum* L.). Euphytica, 30: 147-151.
- Mahmood, T., I. Ahmad, S.H. Quraishi and M. Aslam, 1983. Estimation of yield losses due to powdery mildew in peas. Pak. J. Bot., 15: 113-115.
- Maheshwari, S.K., P.C. Gupta and L.S. Suhag, 1992. Management of powdery mildew of pea through fungicides. Legume Res., 15: 51-52.
- Ram, B. and C.S. Prasad, 1994. Assessment of losses by powdery mildew, *Erysiphe polygoni* (D.C.) on pea. Natl. Acad. Sci. Lett. 17: 175-177.
- Reiling, T.P. 1984. Powdery Mildew. In Compendium of Pea Diseases. Edited by D.J. Hagedorn. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota pp: 21-22.
- Singh, H.B. and U.P. Singh, 1988. Powdery mildew of pea (*Pisum sativum* L.). Int. J. Tropical Plant Dis., 6: 1-18.
- Singh, U.P. and B. Prithviraj, 1997. Neemezal, a product of neem (*Azadirachta indica*), induces resistance in pea (*Pisum sativum*) against *Erysiphe pisi*. Physiological Mol. Plant Path., 51: 181-194.
- Singh, U.P., B. Prithviraj, K.G. Wagner and K. Plank-Schumacher, 1995. Effect of ajone, a constituent of garlic (*Allium sativum*), on powdery mildew (*Erysiphe pisi*) of pea (*Pisum sativum*). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz, 102: 399-406.
- Singh, U.P., B.P. Srivastava, K.P. Singh and G.D. Mishra, 1991. Control of powdery mildew of pea by ginger extract. Indian Phytopath., 44: 55-59.
- Singh, U.P., A. Bahadur, D.P. Singh and B.K. Sarma, 2003. Non-pathogenic powdery mildews induce resistance in pea (*Pisum sativum*) Against *Erysiphe pisi*. J. Phytopathology, 151: 419-424.
- Timmerman, G.M., T.J. Frew, N.F. Weeden, A.F. Miller and D.S. Goulden, 1994. Linkage analysis of *er-1* a Recessive *Pisum sativum* gene for resistance to powdery mildew fungus (*Erysiphe pisi* D.C.). Theor. Appl. Genet., 88: 1050-1055.
- Tiwari, K.R., K.A. Penner, T.D. Warkentin and K.Y. Rashid, 1997a. Pathogenic variation in *Erysiphe pisi*, the casual organism of powdery mildew of pea. Can. J. Plant Pathol., 19: 267-271.
- Tiwari, K.R., K.A. Penner and T.D. Warkentin, 1997b. Inheritance of powdery mildew resistance in pea. Can. J. Plant Sci., 77: 307-310.
- Tiwari, K.R., K.A. Penner and T.D. Warkentin, 1998. Identification of coupling and repulsion phase RAPD markers for powdery mildew resistance gene *er-1* in pea. Genome, 41: 440-444.
- Tiwari, K.R., K.A. Penner and T.D. Warkentin, 1999. Identification of AFLP markers for the powdery mildew resistance gene *er2* in pea. Pisum Genet., 31: 27-30.
- Viljanen-Rollinson, S.L.H., R.E. Gaunt, C.M.A. Frampton, R.E. Falloon and D.L. McNeil, 1998. Components of quantitative resistance to powdery mildew (*Erysiphe pisi*) in pea (*Pisum sativum*). Plant Pathology, 47: 137-147.
- Weeden, N.F., G.M. Timmerman and J. Lu, 1994. Identifying and mapping genes of economic significance. Euphytica, 73: 191-198.