

ИВАН КИРЯКОВ, ДИМИТЪР ГЕНЧЕВ
Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево

Комплексна устойчивост на линии обикновен фасул (*Phaseolus vulgaris* L.) към бактериози

Multiple Bacterial Disease Resistance of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines

I. Kiryakov, D. Gemchev
Dobrudzha Agricultural Institute, General Toshevo, Bulgaria

Abstract

Breeding and the use of resistant cultivars is the most efficient means for relatively long-lasting control of the diseases on common bean; the introduction of cultivars with multiple disease resistance in production is preferable to the use of cultivars which are resistant to one disease only. The aim of this investigation was to determine the response of 50 dry bean lines to *P. s. pv. phaseolicola* (*Psp*), *X. a. pv. phaseoli* (*Xap*) and *C. f. pv. flaccumfaciens* (*Cff*) with a view of selecting lines with multiple resistance to the three bacterial diseases. The reaction of the lines to *Psp* и *Xap* was read under field conditions, and to *Cff* – under field and greenhouse conditions. The inoculation of the leaves with isolates of *Psp* races 1 and 6 and with two *Xap* isolates was done by the multiple needle method and the inoculation of pods – with a single syringe. The inoculation of the plants with *Cff* was done with a syringe at stage primary leaves. The response of the lines was recorded 14 days after inoculation for *Psp* and *Xap*, and after 28 days – for *Cff*. Five of the investigated lines (DG 6-24-1, DG 6-24-2, DG 6-24-3, DG 6-24-5 and DG 6-26-2-5) possessed resistance to races 1 and 6 of *Psp*, to isolates XB96221 and XB99132 of *Xap* and to isolate CC 96201 of *Cff*. Lines DG 6-26-2-3, DG 6-26-2-6 and DG 6-26-3-16 were resistant to *Psp* and *Cff* and possessed a resistant phenotype of leaves to *Xap*, but the resistance of the pods to the latter bacterial disease was moderately susceptible. The above lines have erect habit type (type IIa) suitable for direct harvesting, absolute 1000 seed weight within the range 297 – 406 g, raw protein content within 17.5 – 22.6% and high resistance to linuron. Their multiple bacterial disease resistance and valuable economic properties allow using them as donors of resistance and/or including them in the Varietal List of Bulgaria.

Key words: bean, bacterial diseases, multiple disease resistance

Ореоловият пригор, бактериеният пригор и бактериеното увяхване са основен биотичен стресов фактор при производството на зрял фасул в България. Размерът на загубите, причинявани от тях зависи от вида на патогена, вирулентността и агресивността на бактериалните щамове и агрометеорологичните условия, и може да достигне до 45% от добива (Singh and Schwartz, 2010).

Ореоловият пригор, причиняван от фитопатогенната бактерия *Pseudomonas savastanoi* *pv. phaseolicola* е преобладаващо заболяване в години с влажни и хладни условия. Популацията на патогена в България е изградена от щамове, принадлежащи към пет от установените в света девет раси – раса 1, 2, 6, 7 и 9, като преобладаваща е раса 6, следвана от раса 1 (Taylor et al., 1996a; Kiryakov, 2001).

Наследяването на устойчивостта при фасула към патогена има качествен и/или количествен характер (Asensio et al., 1993; Taylor et al., 1996b; Singh and Schwartz, 2010). Установените шест расовоспецифични гени осигуряват устойчивост към една или повече раси (Taylor et al., 1996b; Proch, 2013). Четири от тях (*Pse-1*, *Pse-2*, *Pse-5* и *Pse-6*) са локализирани в десета скачена група (LG) от подобрената генетичната карта на устойчивите гени и OTL на фасула, а *Pse-3* е локализиран в LG2 (Proch, 2013; Bean Core Map, 2009). Изследванията, включващи молекулярни маркери, установяват няколко QTL определящи количествената устойчивост при фасула, които са локализирани в LGs 2, 9 и 10 (Bean Core Map, 2009).

Бактерийният пригор, причиняван от бактерията *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* има доминиращо разпространение в години с влажни и топли условия. Популацията на патогена в България е изградена от нормални и фускусни щамове, като доминиращо разпространение имат нормалните щамове (Киряков, 1999). Устойчивостта към патогена се наследява количествено, с широк адетивен ефект, ниска до средна наследяемост и трансгресивна сегрегация (Aggour and Coyne, 1989; Arnaud-Santana et al., 1994; Silva et al., 1989; Valladares-Sanchez et al., 1979; 1983). Изследванията, включващи молекулярни маркери, идентифицират над 20 QTL с главен или второстепенен ефект, разположени в единадесетте скачени групи от интегрираната генетична карта на фасула (Singh and Schwartz, 2010; Bean Core Map, 2009). Установен е различен генетичен контрол на листата и бобовете към щамове на патогена (Genchev and Kiryakov, 2001). Проучвайки вирулентността на 108 щамове на бактерията към 10 сорта фасул, Kiryakov and Genchev (2000) установяват взаимодействие между генотип и щам, което предполага щамова специфичност на устойчивостта. Наскоро Zapata et al. (2011) идентифицира доминантен ген, контролиращ устойчивостта на фасула към щамове на патогена, предполагащ съществуването на расовоспецифичен контрол на болестта при фасула.

Бактерийното увяхване, причинявано от фитопатогенната бактерия *Curtobacterium flaccumfacien* pv. *flaccumfaciens* се наблюдава спо-

родично в България основно при условия на воден стрес и екстремни температури. Популацията на патогена е изградена основно от щамове с жълта пигментация (Киряков, 1999). Установена е различна степен на устойчивост при фасула по отношение на двата основни признака на болестта – увяхване и потискане на растежа (Киряков и др., 2010). Устойчивостта на фасула към патогена се наследява както качествено, така и количествено (Coyne et al., 1965; 1966). Според Balasubramanian and Miklas (2012-BIC) устойчивостта в линии от кръстоски Raven/I9365-31 и Aztec/ND88-106-04 се контролира от два QTL с главен ефект, разположени съответно в региони Pv2 и Pv7 на съставената интервална карта.

Тъй като причинителите на трите бактериози са семеннопреносими патогени, използването на здрав посевен материал е от съществено значение за краткосрочен контрол на бактериите болести по фасула. Селекцията и използването на устойчиви сортове се приема за най-ефикасната мярка за относително продължителен контрол на болестите по фасула, като внедряването в производството на сортове с комплексна устойчивост към болести е за предпочитане пред използването на сортове с устойчивост към една болест. През последните години беше постигнат значителен напредък в селекционната програма по фасула в ДЗИ – Генерал Тошево, в това направление. Сорт Елексир притежава висока до средна устойчивост на раси 1, 6 и 9 на ореоловия пригор, средна устойчивост на бактериен пригор, имунност на бактериено увяхване и високоустойчив на раси 2, 6, 22 и 54 на антракнозата (*Colletotrichum lindemuthianum*) (Генчев и др., 2010а). Сорт Беслет е високоустойчив на раси 1, 6 и 9 на ореоловия пригор, бактериен пригор, раси 2, 6, 22 и 54 на антракнозата и установените в България 9 раси на ръждата (*Uromyces appendiculatus*) (Генчев и др., 2010b).

Целта на настоящото изследване беше да се проучи комплексната устойчивост на 50 линии зрял фасул към ореолов и бактериен пригор, и бактериено увяхване с оглед директното им включване в производството и/или използването им като донори на устойчивост в по-нататъшната селекционна работа.

Материал и методи

Изследването е проведено през периода 2012 – 2014 г. в ДЗИ – Генерал Тошево при полски (за трите патогена) и оранжерийни (за бактериюно увяхване) условия.

Растителен материал. В изследването са включени 50 линии зрял фасул (F_{6-8}) от осем междусортови кръстоски (табл. 1). За устойчив и/или чувствителен стандарт са използвани четири сорта фасул (табл. 2).

ПОЛСКИ ЕКСПЕРИМЕНТ

Устойчивост към ореолов и бактериен пригор

Растенията са отгледани в редове с дължина 3 m при 0.30/0.10 m междуредово/вътрередово разстояние в две повторения за всяка линия и сорт. Устойчивостта на листата е установена чрез инокулиране по метода на многобройните игли във фаза бутонизация за ореоловия пригор и цъфтеж – за бактериюния пригор (Киряков, 1999). Устойчивостта на бобовете е установена чрез инокулиране с 1 ml спринцовка във фаза нарастване на боба. За всяка линия се заразени по два листа и два боба от 10 растения за всяка комбинация патоген/линия, като всеки орган е заразен с използваните бактериюни щамове. За инокулум е използвана бактериюна суспензия 10^8 cfu/ml от 24 - 48h култури на щамове PB 9941/раса 1 и PB 9921/раса 6 на *P. s. pv. phaseolicola* и XB 96221 и XB 99132 на *X. a. pv. phaseoli* върху хранителната среда YDC. Реакцията на бобовете и листата е отчетена 14 дни след инокулиране по 9-бална скала (Киряков, 1999). Изчислен е среден индекс на нападение (MDI) по формулата $MDI = \sum(n \times DI)/N$, където n е брой растения, DI - бална оценка, N - общ брой растения. $MDI \geq 3.0$ се приема за устойчива, а $MDI = 3.1 - 5.0$ – за средно устойчива реакция.

Устойчивост към бактериюно увяхване

Полските изследвания за устойчивост към *S. f. pv. flaccidifaciens* са проведени през 2013 година. Растенията са отгледани в редове по 1 m при разстояние 0.5 m x 0.1 m междуредово/вътрередово разстояние по два реда от всяка линия/сорт. Инокулацията е осъществена 10 след поникване чрез инжектиране на бактериюна суспензия във възела на семеделите

с 1 ml спринцовка (Киряков и др., 2010). За инокулум е използвана бактериюна суспензия 10^8 cfu/ml от 48h култура на изолат CC 96201, култивирана върху YDC хранителна среда. Като контрола за симптома на потискане са използвани растенията от прилежащия ред на съответната линия, инжектирани със стерилна вода. Реакцията на линиите е отчетена 28 – 30 дни след заразяване по 9-бална скала за всеки симптом. Изчислен е индексът на увяхване (PWI), индекс на потискане на растежа (PSI) и среден индекс на нападение (MDI) (Киряков и др., 2010). За устойчив фенотип се приема реакция с $MDI \geq 3.0$.

Стопански качества. Стопанските качества на линиите са определени по методиката на Генчев (2007), а устойчивостта към линогон – по Genchev (2013).

ОРАНЖЕРИЙНИ ЕКСПЕРИМЕНТИ

Осем линии, показали комплексна устойчивост към трите бактериюни болести при полски условия бяха тествани за устойчивост към бактериюното увяхване при оранжерийни условия. Растенията са отгледани в съдове с вместимост 5 l почвено/торфена смес по четири растения в съд, три повторения за фасулева линия. Като чувствителен стандарт е използван сорт Лудогорие, а за устойчива – сорт Елексир. По три растения от съд бяха заразени чрез инжектиране на бактериюна суспензия 10^6 cfu/ml от 48 h култура на изолат CC 96201, култивирана върху YDC хранителна среда във фаза отваряне на несъщинските листа. По едно растение от съд беше инжектирано със стерилна вода като негативна контрола. Растенията са поставяни при 26 – 28 °C дневна температура и 24 – 25 °C нощна температура. Една седмица преди отчитане на резултатите растенията са подложени на воден стрес. Резултатите са отчетени 28 дни след инокулиране по 9-бална скала (Киряков и др., 2010с).

Резултати и обсъждане

Полски изследвания

Общо 35 линии показват устойчива до средно устойчива реакция на листата и бобовете към раса 1 на ореоловия пригор през двете години на изследване (табл. 2). Тридесет и девет линии са устойчиви към раса 6 на патоген-

Таблица 1. Линии фасул, включени в изследването

Table 1. Common bean lines used in the investigation

Селекционен номер на кръстоската	Кръстоска	Брой линии	Източник на устойчивост*
DG 6-2	(DG 98-53-6 / DG 98-73-6)	5	Oreol; A769, GN Star, GN Jules
DG 6-13	(DG 5-72 / DG 98-73-6)	6	Oreol; A769, GN Star
DG 6-19	(DG 98-73-6 / DG 5-1)	9	Oreol; A769, GN Star, GN Jules
DG 6-20	(DG 98-73-6 / DG 5-2)	7	Oreol; A769, GN Star, GN Jules
DG 6-24	(DG 98-73-6 / DG 5-33)	4	Oreol; A769, GN Star, GN Jules
DG 6-25	(DG 98-73-6 / DG 5-35)	3	Oreol; A769, GN Star, VAX 3
DG 6-26	(DG 98-73-6 / DG 5-36)	4	Oreol; A769, VAX 3
DG 6-34	(DG 98-73-6 / DG 0-14)	12	Oreol; A769, GN Star

* - източници на устойчивост към *P. s. pv. phaseoli* и *X. a. pv. phaseoli*.

Таблица 2. Брой линии от кръстоска с устойчива реакция при полски условия

Table 2. Number of lines from a cross with resistant reaction to the investigated pathogens under field conditions

Селекционен номер на кръстоската	<i>P. s. pv. phaseoli</i>			<i>X. a. pv. phaseoli</i>			<i>C. f. pv. flaccumfaciens</i>
	PB 9941	PB 9921	комплексно	XB96221	XB99132	комплексно	MDI \geq 3
DG 6-2	3	4	3	0	0	0	5
DG 6-13	3	4	3	0	0	0	6
DG 6-19	5	5	4	0	0	0	8
DG 6-20	6	6	6	0	0	0	5
DG 6-24	4	4	4	4	4	4	4
DG 6-25	1	2	1	0	0	0	2
DG 6-26	4	4	4	1	1	1	4
DG 6-34	9	10	9	0	0	0	9
Общо	35	39	34	5	5	5	43

Таблица 3. Реакция на линии обикновен фасул към причинителите на бактериози

Table 3. Reaction of common bean lines to the cause agents of bacterial diseases

Линия	<i>P.s. pv. phaseoli</i>				<i>X.a. pv. phaseoli</i>				<i>C.f. pv. flaccumfaciens</i>	
	PB 9941		PB 9921		XB96221		XB 99132		CC96201	
	лист leaf	боб pod	лист leaf	боб pod	лист leaf	боб pod	лист leaf	боб pod	MDI*	MDI**
DG 6-24-1	2,0	4,5	1,5	4,3	2,7	4,8	4,7	4,8	1,3	2,0
DG 6-24-2	1,5	4,5	1,5	4,3	1,4	4,6	3,5	4,0	1,2	1,0
DG 6-24-3	1,5	5,0	1,5	5,0	2,8	4,5	4,2	4,4	1,3	2,0
DG 6-24-5	1,5	4,6	1,5	4,5	2,8	4,5	3,8	4,1	2,0	2,5
DG 6-26-2-3	3,0	5,0	3,0	5,0	2,7	5,8	4,1	5,5	1,0	1,0
DG 6-26-2-5	2,2	4,0	2,3	4,0	1,6	4,6	2,2	4,5	2,0	2,0
DG 6-26-2-6	2,1	4,3	2,5	3,9	3,8	6,8	4,3	6,4	2,3	2,0
DG 6-26-3-16	2,0	5,8	2,3	4,9	3,5	5,3	4,0	5,5	2,0	1,0
Дунав 1	7,4	8,2	7,0	7,8	8,0	8,0	9,0	9,0	5,0	-
Лудогорие	4,8	3,0	5,8	3,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	7,0
Елексир	2,5	4,3	3,5	4,5	4,2	5,0	4,8	4,8	1,0	1,0
Беслет	1,0	3,5	1,0	3,5	2,7	3,0	3,0	3,8	3,6	-

*Полски изследвания/ Field studies; **Оранжерийни изследвания/ Greenhouse studies.

Таблица 4. Стопански качества на осем линии обикновен фасул с комплексна устойчивост към бактериини заболявания

Table 4. Economic properties of eight common bean lines with multiple bacterial disease resistance

Линия	Форма на семената * Shape of seed	Абсолютно тегло на 1000 семена 1000 seed weight (g)	Време на сваряване Cooking time (min)	Съдържание на суров протеин Raw protein content (%)	Устойчивост на линорон** Resistance to linuron
DG 6-24-1	ХП	347	140	22.4	1
DG 6-24-2	Х	406	140	22.6	1
DG 6-24-3	ХПП	338	150	21.8	1
DG 6-24-5	Х	341	140	20.5	1
DG 6-26-2-3	Х	297	145	21.4	1
DG 6-26-2-5	ХПП	310	115	18.9	2
DG 6-26-2-6	ХП	341	110	17.5	2
DG 6-26-3-16	ХП	385	115	19	1

* Х - хорос/ horus; ХП - хорос х плосък/ horus x flat; ХПП - хорос х полуплосък/ horus x semi flat.

** 1 - високоустойчиви/ highly resistant; 6 – високочувствителни/ highly susceptible.

на, като линии DG 6-2-28, DG 6-13-16-14, DG 6-19-4-56 DG 6-25-13 и DG 6-34-66 притежават чувствителен фенотип към раса 1. Линия DG 6-19-4-57 проявява устойчивост на листата към раса 1, листата и бобовите на раса 6 и средна чувствителност на бобовите към раса 6. От проучваните 50 линии, 34 притежават устойчив-средно устойчив фенотип на листата и бобовите към двете раси на бактерията. Сорт Дунав 1 (чувствителен стандарт) показва чувствителна реакция на листата (MDI = 7.0 - 7.4 съответно за раса 1 и 6) и на бобовите (MDI = 7.8 - 8.2) (табл. 3).

Сортове Беслет и Елексир показват устойчива, съответно средно устойчива реакция към двата щам на *X. a. pv. phaseoli*, докато сорт Лудогорие е високочувствителен (табл. 3). Само пет линии показват устойчивост на листата и бобовите към двата щам на патогена, една при кръстоска DG 6-26 и четири – при DG 6-24 (табл. 2). Останалите три линии от кръстоска DG 6-26 имат устойчив фенотип на листата, но реакцията на бобовите е слабочувствителна (табл. 3).

При полски условия сорт Елексир показва висока устойчивост към използвания изолат на *S. f. pv. flaccumfaciens* с MDI = 1.0, а сорт Лудогорие – висока чувствителност с MDI = 9.0. Четиридесет и три линии показват MDI ≥ 3.0. Проучваните при оранжерийни условия осем линии потвърждават резултатите от полските изследвания.

Комплексна устойчивост към ореолов и бактериен пригор показват 24 от проучваните линии. Само пет от тях имат устойчив фенотип към трите патогена при MDI ≥ 5.0 (табл. 3). Линии DG 6-26-2-3, DG 6-26-2-6 и DG 6-26-3-16 са устойчиви на ореолов пригор и бактериинно увяхване и притежават устойчив фенотип на листата към бактериинния пригор, но реакцията на бобовите към последната бактериоза е слабочувствителна.

Селекцията на сортове с висока устойчивост към болести е основна стратегия за относително продължителен контрол на биотичните фактори при фасула (Singh and Schwartz, 2010). Значителен успех в това направление е постигнато през последните години в селекционната програма по фасула в ДЗИ – Генерал Тошево, резултат от целенасочена селекционна работа (Генчев, Киряков, Белева, 2010а; 2010b). Получените резултати показват, че натрупването на гени/QTL от различни донори дава възможност за постигане на комплексна устойчивост към разпространените в страната бактериинни болести. Докато постигането на устойчивост към ореолова пригор е сравнително лесен процес поради расовоспецифичния характер на наследяване на устойчивостта, то постигането на устойчивост към бактериинния пригор е затруднено поради количествения характер на наследяване и липсата на расовоспецифични гени за устойчивост. Предишно наше изследване

показва, че сорт Ореол притежава устойчив фенотип към 80,9% от 105 щам на *X. a. pv. phaseoli*, което го прави подходящ донор на устойчивост към тази бактерия (Kirjakov and Genchev, 2000). Други донори като A 769 и GN Jules са устойчиви съответно към 57,7% от 45, и 80,7% от 54 щам на патогена. VAX 3, фасулева линия с пирамидално натрупана устойчивост към бактериения пригор (Singh et al., 2001) показва пълна устойчивост към 10 щам на *X. a. pv. phaseoli* от популацията на патогена в България (Kirjakov and Genchev, 2003). Успоредно с това тези сортове притежават висока устойчивост към *P. s. pv. phaseolicola* (Кирияков и Генчев, 2002). Посочените сортове са включени като донори на устойчивост в проучваните кръстоски (табл. 1), което дава възможност за отбор на линии с комплексна устойчивост към трите бактериози.

Селекцията на устойчивост към болести и

други биотични и абиотични стресови фактори трябва да бъде комбинирана със стопански признаци като висока продуктивност, качество на семената, раннозрялост, хабитус на храста и др., отговарящи на условията на отглеждане и изискванията на пазара (Singh and Schwartz, 2013). Обраните осем линии са с изправен храст (тип IIa), подходящи за директна жътва, абсолютно тегло на 1000 семена в границите от 297 до 406 g, съдържанието на суров протеин е в интервала 17,5 до 22,6% и висока устойчивост на линурон (табл. 4). Тези характеристики на линиите в съчетание с комплексната им устойчивост към бактериози дават възможност за тяхното използване като донори на комплексна устойчивост в по-нататъшната селекционна дейност. Успоредно с това тези линии са подходящи за включването им в сортовата листа на страната.

Изводи

Пет от проучваните 50 линии зрял фасул (DG 6-24-1, DG 6-24-2, DG 6-24-3, DG 6-24-5 и DG 6-26-2-5) притежават устойчивост към раси 1 и 6 на *P. s. pv. phaseolicola*, изолати XB96221 и XB99132 – на *X. a. pv. phaseoli* и изолат CC 96201 – на *C. f. pv. flaccumfaciens*.

Линии DG 6-26-2-3, DG 6-26-2-6 и DG 6-26-3-16 са устойчиви на ореолов пригор и бактериено увяхване и притежават устойчив фенотип на листата към бактериения пригор, но реакцията на бобовите към последната бактериоза е слабочувствителна.

Обраните осем линии са с изправен храст (тип IIa), подходящи са за директна жътва, с абсолютно тегло на 1000 семена в границите от 297 до 406 g, съдържанието на суров протеин е в интервала 17,5 до 22,6% и са с висока устойчивост на линурон.

Литература

Генчев, Д. 2007. Селекционно-генетични изследвания при зрелия фасул (*Phaseolus vulgaris* L.). Дисертация.

Генчев, Д., И. Кирияков, М. Белева. 2010а. Еликсир нов сорт зрял фасул (*P. vulgaris* L.). *Растениевъдни науки*, 47, 363-372

Генчев, Д., И. Кирияков, М. Белева. 2010б. Беслет – нов сорт зрял фасул (*P. vulgaris* L.). *Растениевъдни науки*, 47, 272-281

Кирияков, И. 1999. Проучвания върху бактериозите по зрелия фасул (*Phaseolus vulgaris* L.) в България и средствата за борба с тях. Дисертация.

Кирияков, И., Д. Генчев. 2002. Източници на устойчивост към основните за България болести по зрелия фасул (*Phaseolus vulgaris* L.) в колекцията на Добруджанския земеделски институт. Юбилейна научна сесия „50 години Добруджански земеделски институт“, 1 юни 2001, Добрич. Том 1, 251-260

Кирияков, И., Д. Генчев, М. Белева. 2010. Устойчивост при обикновения фасул (*Phaseolus vulgaris* L.) към симптомите на бактериеното увяхване. *Растениевъдни науки*, 47: 234-240

Aggour, A. R. and D. P. Coyne. 1989. Heritability, phenotypic correlations, and associations of the common blight disease reactions in beans. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 114: 828-833

Arnaud-Santana, E., D. P. Coyne, K. M. Eskridge and A. K. Vidaver. 1994. Inheritance, low correlations of leaf, pod, and seed reactions to common blight disease in common beans, and implications for selection. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 119: 116-121

Asensio, C., E. Martin and J. L. Montoya. 1993. Inheritance of resistance to race 1 of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* in some varieties of beans. *Invest. Agrar. Prod. Prot. Veg.*, 8: 445-456

- Balasubramanian, P. and P. Miklas.** 2012. Identification of QTL for resistance to bacterial wilt in dry bean. *Ann. Rept. Bean Improvement Cooperative*, 55: 171-172
- Bean Core Map.** 2009. http://bic.css.msu.edu/_pdf/Bean_Core_map_2009.pdf
- Coyne, D. P. et al.** 1965. A genetic study of bacterial wilt (*Curtobacterium flaccumfaciens* var. *aurantiacum*). *Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 87: 279-285
- Coyne, D. P., Schuster, M. L. and Estes, L. W.** 1966. Effect of maturity and environment on the genetic control of reaction to wilt bacterium in *Phaseolus vulgaris* L. crosses. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 88: 393-399
- Genchev, D.** 2013. Variability of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to linuron. *Ann. Rept. Bean Improvement Cooperative*, 56: 5-6
- Genchev, D. and I. Kiryakov.** 2001. Genetic control of the reaction to common bacterial blight *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye) in two dry beans lines, *Phaseolus vulgaris* L. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 7, 15-21
- Kiryakov, I. and D. Genchev.** 2000. Resistance of bean cultivars and lines to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 6; 525-528
- Kiryakov, I.** 2001. Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* races in Northeastern Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 7, 315-320
- Kiryakov, I. and D. Genchev.** 2003. Leaf and pod reaction of VAX lines to Bulgarian *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* strains. *Ann. Report of the Bean Improvement Cooperative*, 46: 197-198
- Porch, T. G.** 2013. List of genes – *Ph. vulgaris* L. [http://www.css.msu.edu/bic/PDF/BeanGenes List.pdf](http://www.css.msu.edu/bic/PDF/BeanGenes%20List.pdf)
- Silva, L. O., S. P. Singh and M. A. Pastor-Corrales.** 1989. Inheritance of resistance to common bacterial blight in common bean. *Theor. Appl. Genet.*, 78, p. 619-624
- Singh, S. P., C. G. Munoz and H. Teran.** 2001. Registration of common bacterial blight resistant dry bean germplasm VAX 1, VAX 3, and VAX 4. *Crop Sci.*, 41: 275-276
- Singh, S. P. and H. F. Schwartz.** 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: A review. *Crop Science*, 50: 2199-2223
- Singh, S. P. and H. F. Schwartz.** 2013. Breeding common bean for resistance to white mold: A review. *Crop Science*, 53:1832-1844
- Taylor, J. H., N. L. Innes, C. L. Dudley and W. A. Griffiths.** 1978. Sources and inheritance of resistance to halo-blight of *Phaseolus* beans. *Ann. Appl. Biol.*, 90:101-110
- Taylor, J. D., D. M. Teverson, D. J. Allen and M. A. Pastor-Corrales.** 1996a. Identification and origin of races of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* from Africa and other bean growing areas. *Plant Pathol.*, 45: 469-478
- Taylor, J. D., D. M. Teverson and J. H. C. Davis.** 1996b. Sources of resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* races in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Pathol.*, 45: 479-485
- Valladares-Sanchez, N. E., D. P. Coyne and M. L. Schuster.** 1979. Differential reactions of leaves and pods of *Phaseolus* germplasm to strains of *Xanthomonas phaseoli* and transgressive segregation for tolerance from crosses of susceptible germplasm. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 104: 648-654
- Valladares-Sanchez, N. E., D. P. Coyne and R. F. Mumm.** 1983. Inheritance and associations of leaf, external and internal pod reactions to common blight bacterium in *Phaseolus vulgaris* L. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 108: 272-278
- Zapata, M., J. S. Beaver and T. G. Porch.** 2011. Dominant gene for common bean resistance to common bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. *Euphytica*, 179 (3): 373-382