

大豆对豆卷叶螟抗性的主基因 + 多基因混合遗传

李广军,程利国,张国政,何小红,智海剑,章元明

(南京农业大学大豆研究所,国家大豆改良中心,作物遗传与种质创新国家重点实验室,江苏南京 210095)

摘 要:豆卷叶螟为南京地区大豆的主要食叶害虫。研究大豆对豆卷叶螟抗性的遗传规律,为其抗性机理研究、QTL 初级与精细定位、抗虫育种和分子标记辅助选择育种奠定基础。为此,在田间自然虫源条件下,以溧水中子黄豆和南农 493-1 正反交组合的 F_2 群体为材料, F_2 单株叶片损失率为抗性鉴定指标,应用亲本、 F_1 和 F_2 四个世代的数量性状主基因 + 多基因混合遗传分析方法,分析了大豆对豆卷叶螟抗性的遗传规律。结果表明,大豆对豆卷叶螟的抗性由两对加性-显性-上位性主基因 + 多基因混合遗传模型控制,主基因遗传率为 62.93%,且两对主基因间存在互作。因此,大豆对卷叶螟抗性符合 2 对主基因 + 多基因的遗传模式,说明大豆对不同虫源的抗虫性性状存在相似的遗传规律。

关键词:数量性状;豆卷叶螟;主基因 + 多基因混合遗传

Mixed Major-gene plus Polygenes Inheritance Analysis for Resistance in Soybean to Bean Pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius)

LI Guang-jun, CHENG Li-guo, ZHANG Guo-zheng, HE Xiao-hong, ZHI Hai-jian, and ZHANG Yuan-ming

(Soybean Research Institute, National Center for Soybean Improvement, and State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: The bean pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius) is one of main leaf-feeding insect species in Nanjing area. The inheritance for resistance of soybean to bean pyralid may provide the foundation for its mechanisms, coarse and fine mapping of quantitative trait loci (QTL), breeding of resistance and marker assisted selection to leaf-feeding insects. Therefore, joint segregation analysis of P_1 , F_1 , P_2 and F_2 populations derived from a cross between Lishuizhongzihuang and Nannong 493-1 in soybean was used to study the inheritance in this article. Each plant of the four populations mentioned above was further examined for its resistance to natural population of bean pyralid in the field according to its defoliation percentage per plant in 2006. There was no difference in the F_2 populations of the original and reciprocal crosses, so that there was no maternal effect and the two F_2 populations were incorporated in the joint segregation analysis. The results indicated that the resistance was controlled by two additive-dominant-epistatic major-genes plus polygenes, major-gene heritability is 62.93%, and the interaction between the two major genes was also detected. Therefore, soybean resistance to bean pyralid accords with two major genes plus polygenes and is similar to that of dissimilarity leaf-feeding insect species.

Key words: Quantitative trait; Bean pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius); Mixed major-gene plus polygene inheritance

大豆食叶性害虫(Leaf-feeding insect)是以食取大豆叶片组织从而影响大豆生长发育的一类害虫。在我国重要大豆食叶性害虫有大造桥虫、斜纹夜蛾、豆卷叶螟、豆天蛾、大豆毒蛾等(崔章林等,1995)。南京地区有 21 个科 49 个种(崔章林等,1995)。广西 22 种之多(孙祖东等,2001)。豆卷叶螟(*Lamprosema indicata* Fabricius)以幼虫卷曲大豆叶片,并

潜伏其中,取食大豆叶片组织,影响光合作用,使植株不能正常生长,是重要的大豆食叶性害虫。吉林、辽宁以南,四川以东均有发生,在南方及黄淮大豆产区一年可发生 4~5 代,危害严重。近年来,南京地区的豆卷叶螟为主要食叶害虫。

对食叶害虫的研究始于 20 世纪 60 年代末, van Duyn 等(1971)以叶片损失率为指标,通过鉴定和

收稿日期(Received):2007-08-05;接受日期(Accepted):2007-12-11

基金项目:国家自然科学基金项目(30470998,30671333);教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NECT-05-0489);教育部“长江学者和创新团队发展计划”(IRT0432);教育部和人事部留学回国人员基金项目;南京农业大学人才基金项目

作者简介:李广军(1961-),男,副教授,博士,研究方向为大豆遗传育种;程利国为同等贡献作者。

通讯作者(Corresponding author):章元明,教授,博士。Tel: 025-84399091;E-mail: soyzhang@njau.edu.cn

筛选,发现了 PI171451、PI227687、PI229358 三份抗墨西哥豆甲的抗虫种质。我国从 1983 年起逐步开展了大豆害虫种类调查、抗源鉴定、抗性机制、抗性遗传、分子标记和相关基因的克隆等研究(崔章林等,1995,1997;盖钧镒和崔章林,1997;刘华,2005;刘华等,2005;龙丽萍等,2004;孙祖东等,1999a,1999b,2001,2005;王慧等,2004;吴巧娟等,2004;吴业春等,2003;詹秋文等,2001;朱成松等,1999),其中对斜纹夜蛾研究更为深入,而对豆卷叶螟的研究比较少,对它的遗传规律研究更少。大豆抗虫性属于数量性状,主要受 2 对或 3 对加性主效等位基因控制(Sisson et al.,1976)。盖钧镒等(2003)认为主基因 + 多基因混合遗传模型为植物数量性状的通用性模型,单纯主基因或单纯多基因模型为其特例,由此发展了适合植物数量性状 QTL 体系检测的遗传试验方法和统计分析方法。本文在对大豆对豆卷叶螟抗性了解的基础上,利用亲本、 F_1 和 F_2 四个世代数量性状分离分析法(章元明等,2000)研究大豆对豆卷叶螟抗性的遗传规律,为以后的抗性机理研究和抗虫育种、害虫防治、QTL 定位直至基因精细定位和分子标记辅助选择育种(MAS)奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

溧水中子黄豆(P_1) × 南农 493-1(P_2) 杂交组合

表 1 溧水中子黄豆 × 南农 493-1 杂交组合各群体对豆卷叶螟抗性的次数分布

Table 1 Frequency distributions for resistance of soybean to bean pyralid for parents, F_1 and F_2 populations derived from the cross between Lishuizhongzihuang and Nannong 493-1

世代 Generation	单株叶片损失率 Defoliation percentage per plant										\bar{x}	s^2
	0 -	0.10 -	0.20 -	0.30 -	0.40 -	0.50 -	0.60 -	0.70 -	0.80 -	0.90 -		
P1	37	15	7	16	17	7	0	1			0.24	0.0342
P2								1	3	96	0.99	0.0012
F1								2	2	3	0.86	0.0045
ZF2	14	38	35	27	39	34	41	24	30	9	0.48	0.0613
FF2	11	34	32	35	25	45	47	31	24	16	0.51	0.0622

利用亲本、 F_1 和 F_2 群体的主 + 多基因混合遗传方法,研究大豆对豆卷叶螟抗性的遗传规律。首先,通过程序计算 24 个遗传模型的极大对数似然函数值及其 AIC 值,其结果见表 2;然后,根据 AIC 值最小原则选择较适宜的遗传模型。从表 2 可知,遗传模型 E-1(两对加性-显性-上位性主基因 + 加性-显性多基因混合遗传模型)和 E(两对加性-显性-上位性主基因 + 加性-显性-上位性多基因混合遗传模型)的 AIC 值较低,可能是比较适合的遗传模型;第

得到正反交 F_1 和 F_2 群体,于 2006 年同亲本一起种植于南京农业大学江浦试验农场,适时田间食叶性害虫大爆发,以豆卷叶螟危害最严重。观察发现,两亲本对豆卷叶螟的抗感差异明显,溧水中子黄豆对豆卷叶螟高抗,南农 493-1 对卷叶螟高感。

1.2 试验指标

豆卷叶螟在危害大豆时,通常将叶片卷曲,形成卷包,有别于其它食叶性害虫的危害症状。在 2006 年 9 月 16 日,同时调查正交 F_2 植株 291 株,反交 F_2 植株 300 株, F_1 植株 7 株,亲本各 100 株,以盖钧镒和崔章林(1997)提出的大豆抗食叶性害虫育种的鉴定方法与标准为依据,统计单株受害叶片数和总叶片数,计算单株病害叶片数与其总叶片数的比例即单株叶片损失率,以鉴定上述群体单株的抗感情况。

1.3 遗传分析方法

采用章元明等(2000)利用 P_1 、 F_1 、 P_2 和 F_2 世代的主基因 + 多基因混合遗传分析法进行分离分析。其中,分析数据为百分数经反正弦转换后的角度。

2 结果与分析

亲本、 F_1 和 F_2 群体对豆卷叶螟抗性的次数分布见表 1。方差分析结果表明,亲本间差异显著, F_2 群体正反交群体平均值间和方差间均表现差异不显著,即无母体效应,可将正反交 F_2 群体合并成一个 F_2 群体进行遗传分析。

三,通过适合性检验进一步确定较适遗传模型。通过 24 个遗传模型的适合性检验(未全列出),E 和 E-1 模型的适合性较好,发现 E 有 7 个统计量差异显著,E-1 也有 7 个统计量差异显著,说明两个模型的适合性检验结果可能相当,比较难区分哪一个模型更适合。结合 AIC 值的结果,说明这两模型是较适合的遗传模型。最后,估计适宜遗传模型的遗传参数。在 E 模型中,第一个主基因的加性效应为 -13.9554,而第二个基因的加性效应也为 -3.10641,

说明感病亲本对后代抗病性影响比较大,在育种实践中要求适当提高感病亲本的抗病性,以提高后代的抗病性。两个基因的显性效应为 -3.65549 和 3.09929 ,加性效应小的基因的显性效应为负值,这就验证了感病亲本对后代抗病性的影响比较大,选择时应注意。同时存在上位性效应,加性 \times 加性互作为 3.10641 ,显性 \times 显性互作为 6.45756 ,说明亲本是集中型亲本。势能比值 (Potential ratio) 是 -0.0326 ,说明后代具有负向中亲优势。

在 E-1 模型中,第一个主基因的加性效应为 -4.76167 ,而第二个基因的加性效应为 4.7616 ,二者作用几乎可以互相抵消,第一个主基因的显性效应为 -22.0108 ,而第二个主基因的显性效应也为 -12.5604 ,说明隐性基因对后代感病所起的作用比较大,选择时应选取纯合显性的后代。同时存在上位

性效应,加性 \times 加性互作为 12.5855 ,显性 \times 显性互作为 36.4213 ,显性互作效应比较大,并且同为负向,今后育种过程中,去杂工作一定要做好。势能比值 (Potential ratio) 是 -0.5558 ,说明后代具有较强的负向中亲优势。

表 2 联合分离分析的遗传模型及其 AIC 值
Table 2 Genetic models and their Akaike's information criterion (AIC) values in the joint segregation analysis

模型 Model	AIC	模型 Model	AIC	模型 Model	AIC
A-1	6743.07	B-5	6670.64	D-4	6591.91
A-2	6771.00	B-6	6668.64	E	6510.12
A-3	6840.50	C	6527.02	E-1	6506.71
A-4	7052.84	C-1	6589.90	E-2	6579.94
B-1	6561.88	D	6514.16	E-3	6576.18
B-2	6623.86	D-1	6593.89	E-4	6580.05
B-3	6696.65	D-2	6591.90	E-5	6607.19
B-4	6694.65	D-3	6591.91	E-6	6580.19

表 3 遗传模型 E 和 E-1 的适合性检验
Table 3 Tests for goodness-of-fit for genetic models E and E-1

模型 Model		U12	U22	U32	nW2	Dn
E	P1	0(0.9967)	4.282(0.0385)	68.774(0)	1.6400(<0.05)	0.1976(<0.05)
	P2	0(0.9905)	0.130(0.7183)	2.218(0.1364)	0.0947(>0.05)	0.2407(>0.05)
	F1	0.636(0.4252)	1.031(0.3100)	51.108(0)	5.3695(<0.05)	0.4515(<0.05)
	F2	0.025(0.8750)	0.011(0.9174)	0.038(0.8459)	0.0501(>0.05)	0.0245(>0.05)
E-1	P1	0.018(0.8942)	4.523(0.0334)	63.863(0)	1.5563(<0.05)	0.1982(<0.05)
	P2	3.100(0.0783)	2.468(0.1162)	0.286(0.5929)	0.3893(>0.05)	0.4527(>0.05)
	F1	1.034(0.3093)	0.626(0.4289)	50.441(0)	5.4047(<0.05)	0.4578(<0.05)
	F2	0.081(0.7757)	0.097(0.7549)	0.021(0.8848)	0.0727(>0.05)	0.0265(>0.05)

表 4 遗传模型 E 和 E-1 的遗传参数估计值
Table 4 Estimates of genetic parameters under genetic models E and E-1 for resistance of soybean to bean pyralid

一阶参数		估计值 Estimates		一阶参数		估计值 Estimates		二阶参数		估计值 Estimates	
1st-order parameter		E	E-1	1st order parameter		E	E-1	2nd-order parameter		E	E-1
$m(m_1)$		40.58	44.41	h_b		3.10	-12.56	σ_p^2		253.9750	253.9750
m_2		63.00		i		3.11	12.59	σ_e^2		94.1394	97.3379
m_3		67.59		j_{ab}		-3.10	-4.79	σ_{mg}^2		159.8356	156.6371
m_4		43.44		j_{ba}		-7.19	-4.86	σ_{pg}^2		0	0
d_a		-13.96	-4.76	l		6.46	36.42	$h_{mg}^2(\%)$		62.93	61.67
d_b		-3.106	4.76	$[h]$			16.99	$h_{pg}^2(\%)$		0.00	0.00
h_a		-3.655	-22.01	$[d]$			-30.56				

两个模型的主基因的遗传率分别为: E 模型中 $h_{mg}^2 = 62.93\%$, E-1 模型中 $h_{mg}^2 = 61.67\%$ 。说明大豆对豆卷叶螟的遗传以主基因为主。

3 讨论

目前,对大豆斜纹夜蛾抗性遗传规律的研究比

较深入,主要符合 2 对主基因 + 多基因的遗传模型。孙祖东等(1999)利用分离世代 F_2 单株及 $F_{2,3}$ 家系,初步研究了大豆抗食叶性害虫的遗传,指出抗性为一对主基因 + 多基因遗传。詹秋文等(2001)分析表明大豆抗斜纹夜蛾单一虫种植株反应的遗传符合两对主基因 + 多基因的遗传模型。吴业春(2003)

认为大豆对斜纹夜蛾抗生性表现为两对主基因 + 多基因的遗传模式。斜纹夜蛾幼虫重表现为两对加性一上位性 × 加性上位性主基因 + 多基因模型。刘华等 (2005) 指出斜纹夜蛾抗性遗传表现为两对加性上位性效应的主基因 + 多基因的混合遗传, 其抗性主要表现为主基因的遗传。两对主基因间加性效应一正一负, 效应值相差较大。同时两对主基因间还存在着上位性效应。本文的研究结果同以上的结果相似, 大豆对卷叶螟抗性的遗传规律也符合 2 对主基因 + 多基因的遗传模型。说明大豆对不同虫源的抗性性状存在相似的遗传规律。

在今后的研究中, 将进一步增加世代数量, 提高遗传分析的准确性, 同时, 由于斜纹夜蛾和豆卷叶螟抗性遗传规律相似, 通过 SSR 分子标记对其进行 QTL 定位, 并与大豆抗斜纹夜蛾的 QTL 位点进行比对, 以发现两者的相关性, 并找出大豆各抗虫基因之间的关联性。从而进行基因的克隆, 以便为今后进行基因精细定位和 MAS 奠定基础。

4 结论

大豆对豆卷叶螟抗性无母体效应并符合 2 对主基因 + 多基因的遗传模式。这与大豆对其它虫源的抗性遗传规律相似。

References

- Cui Z L. 1995. Analysis and identification of soybean resistance on main leaf-feeding insect species in Nanjing area. Dissertation for Ph D, Nanjing Agricultural University, Supervisor: Gai J Y (崔章林. 1995. 南京地区大豆食性害虫重要种类分析与抗性鉴定, 博士学位论文, 南京农业大学, 导师: 盖钧镒)
- Cui Z L, Gai J Y, Ji D F, and Ren Z J. 1997. A study on leaf-feeding insect species on soybeans in Nanjing area. *Soybean Science*, 16(1): 12-20 (崔章林, 盖钧镒, 吉东风, 任珍静. 1997. 南京地区大豆食性害虫种类调查与分析. *大豆科学*, 16(1): 12-20)
- Gai J Y, and Cui Z L. 1997. A study on methods and criteria of identification of resistance to leaf-feeding insects in soybean breeding. *Acta Agronomica Sinica*, 23(4): 400-407 (盖钧镒, 崔章林. 1997. 大豆抗食叶性害虫育种的鉴定方法与标准. *作物学报*, 23(4): 400-407)
- Gai J Y, Zhang Y M, and Wang J K, eds. 2003. Genetic system of quantitative traits in plants. Science Press, China, Beijing, pp. 169-223 (盖钧镒, 章元明, 王建康. 2003. 植物数量性状遗传体系. 中国科学出版社, 中国, 北京, pp. 169-223)
- Liu H. 2005. Inheritance analysis of resistance to cotton worm (*Prodenia litura*, fabricius), QTL mapping and cloning of related genes in soybean. Thesis for M S, Nanjing Agricultural University, Supervisor: Yu D Y, pp. 35-41, 48-56 (刘华. 2005. 大豆对斜纹夜蛾抗性的遗传分析、抗性 QTL 的定位及抗虫基因的克隆, 硕士学位论文, 南京农业大学, 导师: 喻德跃, pp. 35-41, 48-56)
- Liu H, Wang H, Li Q, Xu P, Gai J Y, and Yu D Y. 2005. Inheritance analysis and mapping QTLs related to cotton worm resistance in soybeans. *Scientia Agricultura Sinica*, 38(7): 1369-1372 (刘华, 王慧, 李群, 徐鹏, 盖钧镒, 喻德跃. 2005. 大豆对斜纹夜蛾抗性的遗传分析及相关 QTL 的定位. *中国农业科学*, 38(7): 1369-1372)
- Long L P, Yang S Z, Chen H Z, Qin J L, Li C Y, and Sun Z D. 2004. Effects of different genotypes of soybean varieties on the experimental population of bean pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius). *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 26(3): 67-70 (龙丽萍, 杨守臻, 陈怀珠, 覃建林, 李初英, 孙祖东. 2004. 不同基因型大豆品种对豆卷叶螟实验种群的影响. *中国油料作物学报*, 26(3): 67-70)
- Sisson V A, Miller P A, Campbell W V, and van Duyn J W. 1976. Evidence of inheritance of resistance to the Mexican bean beetle in soybeans. *Crop Science*, 16: 835-837
- Sun Z D, and Gai J Y. 1999. The mechanism of resistance of soybeans to leaf-feeding insects. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 21(2): 60-63 (孙祖东, 盖钧镒. 1999. 大豆对食叶性害虫抗性机制的研究. *中国油料作物学报*, 1999, 21(2): 60-63)
- Sun Z D, Gai J Y, and Cui Z L. 1999. Preliminary studies on inheritance of resistance of soybeans to leaf-feeding insects. *Soybean Science*, 18(4): 300-305 (孙祖东, 盖钧镒, 崔章林. 1999. 大豆抗食叶性害虫遗传的初步研究. *大豆科学*, 18(4): 300-305)
- Sun Z D, Yang S Z, Chen H Z, and Wei D W. 2001. A study on leaf-feeding insect species on soybeans in Nanning area. *Guangxi Agricultural Science*, (2): 104-106 (孙祖东, 杨守臻, 陈怀珠, 韦德卫. 2001. 南宁大豆食叶性害虫种类调查. *广西农业科学*, (2): 104-106)
- Sun Z D, Yang S Z, Chen H Z, Li C Y, and Long L P. 2005. Identification of soybean resistance to bean pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius) and oviposition preference of bean pyralid on soybean varieties. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 27(4): 69-71 (孙祖东, 杨守臻, 陈怀珠, 李初英, 龙丽萍. 2005. 大豆对豆卷叶螟的抗性鉴定. *中国油料作物学报*, 2005, 27(4): 69-71)
- van Duyn J W, Turnipseed S G, and Maxwell J D. 1971. Resistance in soybeans to the Mexican Bean Beetle I; Source of resistance. *Crop Science*, 11: 572-573
- Wang H, Yu D Y, Wu Q J, and Gai J Y. 2004. Characterization of resistance genes to cotton worm with SSR markers in soybean. *Soybean Science*, 23(2): 91-95 (王慧, 喻德跃, 吴巧娟, 盖钧镒. 2004. 大豆对斜纹夜蛾抗生性基因的微卫星标记 (SSR) 的研究. *大豆科学*, 23(2): 91-95)
- Wu Q J. 2004. Evaluation of soybean resistance to leaf-feeding insects, cloning of insect resistance genes and CAPS analysis. Thesis for M S, Nanjing Agricultural University, Supervisor: Yu D Y, pp. 50-52 (吴巧娟. 2004. 大豆对食叶性害虫抗性的鉴定和抗虫相关基因的克隆及其 CAPS 标记, 硕士学位论文, 南京农业大学, 导师: 喻德跃, pp. 50-52)

(1):28-30)

- Li X H,Zhao Z W, Ma J F, and Cui Y P. 2004. Study on screening and optimal sowing dates of vegetable soybean varieties. *Soybean Science*,23(2):118-122 (李小红,赵政文,马继凤,崔永平. 2004. 菜用大豆品种筛选与最佳播种期的研究. *大豆科学*,23(2):118-122)
- Li Z G,Zhang C Y, and Chang W S. 2006. Study on quality properties in vegetable soybeans of various sources. *Journal of Plant Genetic Resources*,7(2):183-187 (李之国,张彩英,常文锁. 2006. 不同来源菜用大豆的品质研究. *植物遗传资源学报*,7(2):183-187)
- Ma L P,Zhang C Y, and Zhang L J. 2001. Study of progress on vegetable soybean. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*,5(3):53-57(马丽萍,张彩英,张丽娟. 2001. 菜用大豆的研究进展. *河北农业科学*,5(3):53-57)
- Ma L P,Zhang C Y,Zhang L J, and Ma Z Y. 2004. Preliminary study on accumulation of main biochemical substances in potential vegetable soybeans. *Journal of Plant Genetic Resources*,5(3):262-267 (马丽萍,张彩英,张丽娟,马峙英. 2004. 预选菜用大豆主要生化物质积累特性初步研究. *植物遗传资源学报*,5(3):262-267)
- Rao M S,Bhagsari A S, and Mohamed A I. 2002. Fresh green seed yield and seed nutritional traits of vegetable soybean genotypes. *Crop Science*,42:1950-1958
- Wang X G,He P,Bu Z Y, and Xie Z M. 2006. Studies on development

traits and quality of different vegetable soybean varieties and lines. *Journal of Shenyang Agricultural University*,37(1):13-16 (王晓光,何萍,卜志英,谢振明. 2006. 不同菜用大豆品种生育特性及品质的比较. *沈阳农业大学学报*,37(1):13-16)

- Wu T L,Tang N,Zhao Z S,Zhao X D,Cai X Z, and Jiang J Y. 2000. Study on selective standard of seed pods of vegetable soybean. *Soybean Science*,19(2):184-188 (武天龙,汤楠,赵则胜,赵晓东,蔡向忠,蒋家云. 2000. 菜用大豆粒荚选择标准的研究. *大豆科学*,19(2):184-188)
- Yang J Y, and Xu H F. 2006. Effect of sowing dates and plant densities on fresh pod yield and agronomic characters of vegetable soybean. *Soybean Science*,25(2):185-191 (杨加银,徐海风. 2006. 播期、密度对菜用大豆鲜荚产量及性状的影响. *大豆科学*,25(2):185-191)
- Zhang Y M,Zhao J M,Wang M J,Xing H, and Gai J Y. 2006. Genetic variance of nutritional quality of vegetable soybean germplasm of *Glycine max* Merr in southern china. *Soybean Science*,25(3):239-243 (张玉梅,赵晋铭,王明军,邢邯,盖钧镒. 2006. 南方菜用大豆资源营养品质性状的遗传变异. *大豆科学*,25(3):239-243)
- Zhou Y F. 2005. Factor analysis on vegetable soybean under different environments. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University*,34(3):282-285 (周以飞. 2005. 不同生境下菜用大豆产量与品质性状的因子分析. *福建农林大学学报*,34(3):282-285)

(上接 36 页)

- Wu Y C. 2003. Evaluation of soybean resistance to leaf-feeding insects and inheritance of antibiosis to cotton worm(*prodenia litura*). Thesis for M S, Nanjing Agricultural University, Supervisor: Yu D Y, and Gai J Y, pp. 59-62(吴业春. 2003. 大豆对食叶性害虫抗性的鉴定及对斜纹夜蛾抗生性的遗传研究, 硕士学位论文, 南京农业大学, 导师: 喻德跃, 盖钧镒, pp. 59-62)
- Xing G N,Zhao T J, and Gai J Y. 2006. Evaluation of soybean germplasm in resistance to globular stink bug [*Megacopta cribraria* (Fabricius)]. *Acta Agronomica Sinica*,32(4):491-496(邢光南,赵团结,盖钧镒. 2006. 大豆资源的筛豆龟蝽[*Megacopta cribraria* (Fabricius)]抗性鉴定. *作物学报*,32(4):491-496)
- Zhan Q W,Gai J Y,Zhang Y M, and Sun Z D. 2001. Development and expression process of inheritance of resistance to cotton worm(*Prode-*

nia litura) in soybeans. *Acta Genetica Sinica*,28(10):956-963 (詹秋文,盖钧镒,章元明,孙祖东. 2001. 大豆对斜纹夜蛾幼虫抗性遗传的发展表达过程. *遗传学报*,28(10):956-963)

- Zhang Y M,Gai J Y, and Zhang M C. 2000. Jointly segregating analysis of $P_1 P_2 F_1$ and F_2 or $F_{2:3}$ families. *Journal of Southwest Agricultural University*,22(1):6-9(章元明,盖钧镒,张孟臣. 2000. 利用 $P_1 F_1 P_2$ 和 F_2 或 $F_{2:3}$ 世代联合的数量性状分离分析. *西南农业大学学报*,22(1):6-9)
- Zhu C S,Zhang B L, and Wang X J. 1999. Relationship between resistance to leaf-feeding insects and morphological and agronomic traits of soybean. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*,21(1):59-62(朱成松,张宝龙,王学军. 1999. 大豆对食叶性害虫的抗性与农艺性状的关系. *中国油料作物学报*,21(1):59-62)