

大豆叶茸毛着生状态的变异及其与豆卷叶螟抗性的相关性

邢光南,赵团结,王柬人,盖钧铭

(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:大量观察发现大豆叶柄茸毛着生状态有别于叶片茸毛着生状态。根据对 392 份来自全国各生态区的代表性样本的观察,将叶片茸毛着生状态分为匍匐、半匍匐和斜立 3 类,将叶柄茸毛着生状态分为紧贴、倾斜和直立 3 类。发现茸毛着生状态与地理来源有关,纬度增大,斜立型叶片茸毛和直立型叶柄茸毛有增加的趋势。叶片和叶柄茸毛着生状态存在极显著相关性, χ^2 为 164.72。叶片茸毛着生状态和叶柄茸毛着生状态与豆卷叶螟抗性等级间也存在极显著相关, χ^2 分别为 187.46 和 123.44。匍匐、半匍匐叶片茸毛和紧贴、倾斜叶柄茸毛是抗虫性状,而斜立叶片茸毛和直立叶柄茸毛是感虫性状。卷叶率、虫包在叶片和叶柄茸毛着生状态间都存在显著差异。匍匐型、半匍匐型叶片茸毛能分别降低 32.25% 和 3.72% 的虫包数,51.37% 和 6.89% 的卷叶率。紧贴型、倾斜型叶柄茸毛能分别降低 25.93% 和 46.40% 的虫包数,42.20% 和 62.81% 的卷叶率。大豆叶茸毛着生状态可作为豆卷叶螟抗性的指示性状,用于大豆抗豆卷叶螟的种质筛选和育种。

关键词:大豆;叶茸毛着生状态;豆卷叶螟;抗虫性;选择效率

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2009)05-0768-06

Variation of Leaf Pubescence Status and Its Association with Resistance to Bean Pyralid(*Lamprosema indicata* Fabricius) in Soybean

XING Guang-nan,ZHAO Tuan-jie,WANG Jian-ren,GAI Jun-yi

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

Abstract:It was found that the pubescence status on leaf blades was different from that on leaf petioles. According to a survey on 392 cultivars from all the six eco-regions of soybeans in China,the status of pubescence on leaf blade was classified as prostrate,semi-prostrate and skewed and that on leaf petiole as appressed,semi-appressed and erect. It was found that the ratio of skewed leaf blade pubescence and erect leaf petiole pubescence increased along with the increase of geographic latitude,indicating the status of leaf pubescence being related with their geographic sources. Significant correlations were detected between status of leaf blade pubescence and that of leaf petiole pubescence,between status of leaf blade pubescence and resistance to bean pyralid(*Lamprosema indicata*),and between status of leaf petiole and resistance to bean pyralid,with χ^2 values as 164.72,187.46 and 123.44, respectively. There showed significant differences of percentage of rolled leaves (PRL)and number of rolled leaves(NRL)between different leaf blade and petiole pubescence types. The PRL of prostrate and semi-prostrate leaf blade pubescence were 51.37% and 6.98% lower than,while those of NRL were 32.25% and 3.72% lower than the skewed leaf blade pubescence,respectively. The PRL of appressed and semi-appressed leaf petiole pubescence were 42.20% and 62.81% lower than,while those of NRL were 25.93% and 46.40% lower than the erect leaf petiole pubescence,respectively. Therefore,the results showed both the leaf blade pubescence type and the leaf petiole pubescence type can be used as the indicators of resistance to bean pyralid in germplasm evaluation and breeding programs.

Key words:Soybean;Pubescence status;*Lamprosema indicata*(Fabricius);Resistance to insects;Selection effect

收稿日期:2009-06-03

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20060307028);国家重点基础研究发展规划资助项目(2004CB7206,2006CB101708,2009CB118404);国家高技术研究发展计划资助项目(2006AA100104);农业部公益性行业专项资助项目(200803060);教育部高等学校创新引智计划资助项目(B08025)。

作者简介:邢光南(1980-),男,讲师,博士,研究方向为大豆抗虫育种和种质资源。E-mail:xinggn@njau.edu.cn。

通讯作者:盖钧铭,教授,中国工程院院士。E-mail:sri@njau.edu.cn。

近年南京、南宁、福州和荆州等地的调查表明豆卷叶螟 *Lamprosema indicata* (Fabricius) 是我国南方大豆的主要食叶性害虫^[1-4]。崔章林等^[5]提出由于豆卷叶螟危害的卷叶特点明显,有别于以蚕食方式造成孔洞或缺刻的其它咀嚼式口器食叶性害虫,可对豆卷叶螟危害情况在田间单独进行抗性指数目测记录;并鉴定出 6 个高抗和 6 个高感品种。孙祖东等^[6]分别以“虫包”数与虫口密度为指标评价了大豆种质对豆卷叶螟的抗性。龙丽萍等^[6]研究了大豆品种对豆卷叶螟的抗性机制。邢光南等^[8]对大豆抗豆卷叶螟单一虫种进行了抗性遗传分析,发现大豆对豆卷叶螟的抗性受两对主基因 + 多基因控制。

国外对大豆的茸毛类型及其遗传已有一些研究^[9]。Bernard^[10]研究认为紧贴型大豆茸毛受双基因控制,突变体使叶上表皮的茸毛紧贴叶表面而植株其它部位的茸毛保持直立。Lee 等^[11]的研究认为大豆茸毛着生状态是数量性状存在广泛的变异,并对茸毛着生状态进行了 QTL 定位。

Broersma 等^[12]观察到相对于正常茸毛密度和高茸毛密度近等基因系,微茸毛近等基因系的马铃薯叶蝉 *Empoasca fabae* (Harris) 种群密度更高。认为茸毛着生状态比茸毛密度对抗虫性的影响更大。微茸毛近等基因系是紧贴型的与正常茸毛密度和高茸毛密度近等基因系有相似的茸毛密度。Turnipseed^[13]的研究显示不管茸毛密度,茸毛长而直立的大豆品种比茸毛短而紧贴的品种对马铃薯叶蝉有更高的抗性。Lee 等^[14]描述马铃薯叶蝉附着大豆叶面的机制和活动,发现茸毛妨碍其在叶面上产卵和取食时正常附着,这可以用来解释多茸毛大豆对马铃薯叶蝉完全免疫而无茸毛大豆对该虫易感的机理。Hulburt 等^[15]证实尖茸毛末端显著地减少了玉米穗螟、黎豆夜蛾和甜菜夜蛾的危害和减轻了玉米穗螟幼虫的体重,从而认为把尖茸毛末端性状引入优良的大豆品种中是有益的。国内,刘学义等^[16]认为大豆致密及较长的茸毛有助于红蜘蛛牢固的附着于叶片而实现有效保护。徐冉等^[17]发现叶片茸毛性状是决定大豆对烟粉虱抗性的主要因素之一,叶片无茸毛是抗性性状。茸毛紧贴也是抗性性状,但其抗性水平低于无茸毛类型,优于茸毛倾斜型和茸毛直立型。筛选抗烟粉虱大豆种质资源可首先从茸毛形态入手。Zhao 等^[18]用重组自交系群体研究了茸毛密度与抗大豆食心虫的关系,发现低茸毛密度

较抗大豆食心虫。

研究大豆叶片、叶柄茸毛着生状态的特征,在我国地方品种群体中的变异及其与品种抗豆卷叶螟的关系,为抗螟性育种提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为来源于全国 24 个省份不同地理季节生态类型的栽培大豆代表性地方品种 392 份,与参考文献[19]基本相同,略有差异。在各生态区^[20]的分布见表 2。

1.2 田间试验

2008 年在南京农业大学江浦试验站进行。随机区组设计,3 次重复,穴播,每穴留苗 8 株,穴距 0.70 m × 0.80 m,试验地四周种一行保护行。大豆生长期间不施用任何杀虫剂,在田间自然危害条件下对豆卷叶螟进行抗性鉴定。

1.3 茸毛着生状态与抗虫性指标观察记载方法

Lee 等^[11]的研究认为大豆茸毛着生状态是数量性状存在广泛的变异。在大量观察的基础上发现大豆叶片的茸毛着生状态与叶柄的茸毛着生状态不一致。于大豆始花期,以整个小区为观察对象用肉眼估计植株倒二叶上叶片茸毛与叶片的夹角,叶柄茸毛与叶柄的夹角,以 3 个重复的平均夹角为基础进行分类。叶片茸毛与叶片夹角较难观察,可把叶片适当弯曲,对着阳光观察,采用手摸也能初步判断,夹角大有毛茸感觉。叶柄茸毛与叶柄夹角容易观察,可直接估计。大豆地方品种中叶片茸毛着生角度呈双峰态分布(图 1),在 0°与 45°处最多,将叶片茸毛着生状态分为匍匐($x < 5^\circ$)、半匍匐($5^\circ \leq x < 40^\circ$)和斜立($40^\circ \leq x \leq 45^\circ$)3 类。大豆地方品种中叶柄茸毛着生角度也呈双峰分布,在 45°与 90°处最多,角度小于 30°的品种很少,将叶柄茸毛着生状态分为紧贴($x \leq 30^\circ$)、倾斜($30^\circ < x \leq 60^\circ$)和直立($60^\circ < x$)3 类。

抗虫性指标与调查方法参考文献[8],于豆卷叶螟危害最严重的 9 月 7 日调查虫包数和卷叶率各一次。

1.4 数据分析方法

采用 SAS 统计软件进行方差分析和卡方测验,方差分析时卷叶率先进行反正弦转换。选择效应的计算方法为: $SE = \bar{x}_i - \bar{x} / \bar{x} \times 100\%$,其中 \bar{x}_i 为某类型虫包数(或卷叶率), \bar{x} 为平均虫包数(或卷叶率)。

抗性分级采用标准品种分级法,以卷叶率为指标,以多年稳定的吴江青豆 3、沔阳白毛豆、监利牛毛黄、丰平黑豆和安陆小黄豆为高抗标准品种,以 Dare、临沂糙绿豆、Bethol、莫索和皖 82-178 为高感

标准品种,根据标准品种在 2008 年同一时期的抗性表现划定以下分级标准:高抗($0 \leq x < 5.6$)、抗($5.6 \leq x < 12.8$)、中间($12.8 \leq x < 20$)、感($20 \leq x < 27.2$)和高感($27.2 \leq x$)。

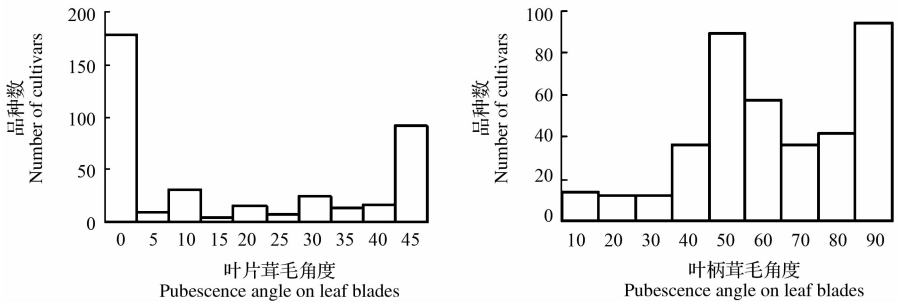


图 1 叶片茸毛着生角度和叶柄茸毛着生角度的次数分布
Fig. 1 Frequency distribution of pubescence angle on leaf blades and petioles

2 结果与分析

2.1 叶片与叶柄茸毛着生状态的区别和相关性

大豆地方品种中叶片茸毛着生状态匍匐、半匍匐和斜立的品种数分别为 186、102 和 104,叶柄茸毛着生状态紧贴、倾斜和直立的品种数分别为 32、181 和 179(表 1)。大豆地方品种根据叶片茸毛着生状态和叶柄茸毛着生状态可分为 9 类(表 1)。不存在叶片茸毛斜立且叶柄茸毛紧贴的材料。叶片茸毛匍匐且叶柄茸毛倾斜类型最多有 122 个品种占总品种数的 31.12%,其次为叶片茸毛斜立且叶柄茸毛直立类型有 98 个品种占总品种数的 25.00%。Bernard^[9]认为匍匐型叶片茸毛突变体使叶片上表

皮的茸毛紧贴叶表面而植株其它部位的茸毛保持直立,而研究发现匍匐型叶片茸毛,叶柄茸毛并不一定直立,而有很多倾斜和紧贴的。

叶片茸毛着生状态和叶柄茸毛着生状态的独立性检验, χ^2 为 164.72,达极显著水平,两者有关联。叶柄茸毛倾斜的大多数叶片茸毛匍匐,叶柄茸毛紧贴的大多数叶片茸毛匍匐,叶柄茸毛直立的大多数叶片茸毛斜立。叶片茸毛较难看清楚而叶柄茸毛容易观察,可用叶柄茸毛状态协助判断叶片茸毛状态。

2.2 我国大豆地方品种叶茸毛着生状态和豆卷叶螟抗性的地理分布特点

按文献[20]的生态区划分标准,将 392 份大豆地方品种划分为 6 大生态区。叶片茸毛着生状态、叶柄茸毛着生状态分别与生态区进行的独立性检验, χ^2 值分别为 52.55 和 59.28,都达极显著水平,说明叶片和叶柄茸毛着生状态与地理来源有密切的关系。生态区 I 和 II 情况相似,叶片茸毛匍匐型少于斜立型,叶柄茸毛倾斜型少于直立型。相反,生态区 III、IV、V 和 VI 的叶片茸毛匍匐型多于斜立型,叶柄茸毛倾斜型多于直立型(表 2)。纬度增高,叶片茸毛着生角度和叶柄茸毛着生角度都有增大的趋势。

方差分析发现虫包数和卷叶率在品种间 F 值分别为 3.38 和 3.94,变异系数分别为 62.65% 和 95.37%,均有极显著差异。豆卷叶螟抗性按标准品种分级后与生态区进行独立性检验, χ^2 值为 79.08,也达极显著水平,说明豆卷叶螟抗性与地理来源也有密切的关系。生态区 I 和 II 相似,豆卷叶螟抗性高感型最多。生态区 III、IV、V 和 VI 相似,高抗型或

表 1 叶片和叶柄茸毛着生状态间的相依表
Table 1 Contingency table of pubescence status on leaf blades and petioles

叶柄茸毛 Leaf petiole pubescence	叶片茸毛 leaf blade pubescence			总和 Sum
	匍匐 Prostrate	半匍匐 Semi-prostrate	斜立 Skew	
紧贴 Appressed	30(7.65)	2(0.51)	0(0)	32(8.16)
倾斜 Semi-appressed	122(31.12)	53(13.52)	6(1.53)	181(46.17)
直立 Erect	34(8.67)	47(11.99)	98(25.00)	179(45.66)
总和 Sum	186 (47.45)	102 (26.02)	104 (26.53)	392 (100)

括号内为相应类型的百分比,下同。
In parentheses is the corresponding percentage. The same is true in later tables.

抗型最多(表3)。随着纬度的增大,豆卷叶螟抗性有降低的趋势。

表2 不同品种生态区中茸毛着生状态的分布

Table 2 Frequency distribution of leave blade and petiole pubescence status among varietal eco-regions

品种生态区 Varietal eco-region	叶片茸毛 Leaf blade pubescence			叶柄茸毛 Leaf petiole pubescence			总和 Sum
	匍匐	半匍匐	斜立	紧贴	倾斜	直立	
	Prostrate	Semi-prostrate	Skew	Appressed	Semi-appressed	Erect	
I	18(4.95)	8(2.04)	28(7.14)	4(1.02)	16(4.08)	34(8.67)	54(13.78)
II	34(8.67)	20(5.1)	40(10.2)	2(0.51)	25(6.38)	67(17.09)	94(23.98)
III	49(12.5)	20(5.1)	8(2.04)	7(1.79)	50(12.76)	20(5.10)	77(19.64)
IV	49(12.5)	28(7.14)	15(3.83)	12(3.06)	47(11.99)	33(8.42)	92(23.47)
V	16(4.08)	13(3.32)	8(2.04)	1(0.26)	21(5.36)	15(3.83)	37(9.44)
VI	20(5.1)	13(3.32)	5(1.28)	6(1.53)	22(5.61)	10(2.55)	38(9.69)
总和 Sum	186(45.75)	102(26.02)	104(26.53)	32(8.16)	181(46.17)	179(45.66)	392(100.00)

表3 不同品种生态区中豆卷叶螟抗性的分布

Table 3 Frequency distribution of resistance to *L. indicata* among varietal eco-regions

品种生态区 Varietal eco-region	抗性级别 Resistance grade					总和 Sum
	HR	R	M	S	HS	
I	10(2.55)	11(2.81)	6(1.53)	11(2.81)	16(4.08)	54(13.78)
II	12(3.06)	22(5.61)	15(3.83)	11(2.81)	34(8.67)	94(23.98)
III	35(8.93)	21(5.36)	7(1.79)	4(1.02)	10(2.55)	77(19.64)
IV	40(10.2)	26(6.63)	13(3.32)	6(1.53)	7(1.79)	92(23.47)
V	7(1.79)	17(4.34)	6(1.53)	5(1.28)	2(0.51)	37(9.44)
VI	12(3.06)	17(4.34)	2(0.51)	3(0.77)	4(1.02)	38(9.69)
总和 Sum	116(29.59)	114(29.08)	49(12.5)	40(10.2)	73(18.62)	392(100.00)

HR = 高抗、R = 抗、M = 中抗、S = 感、HS = 高感。下同。
HR = highly resistant, R = resistant, M = mediate, S = susceptible, HS = highly susceptible. The same is true in later tables.

2.3 叶茸毛着生状态与豆卷叶螟抗性的相关性

豆卷叶螟抗性等级分别与叶片、叶柄茸毛着生状态进行独立性检验,χ²值分别为187.46和123.44,都达极显著水平,说明豆卷叶螟抗性与叶片茸毛着生状态、叶柄茸毛着生状态有相关。匍匐型、

半匍匐型叶片茸毛和紧贴型、倾斜型叶柄茸毛的抗性等级以高抗或抗为多。相反,斜立型叶片茸毛和直立型叶柄茸毛抗性等级以高感为多(表4)。随着叶片茸毛着生角度和叶柄茸毛着生角度的增大,豆卷叶螟抗性等级有降低的趋势。

表4 豆卷叶螟抗性和茸毛着生状态相依表

Table 4 Contingency table between resistance grade to *L. indicata*(Fabricius) and pubescence status on leaf blades and petioles

抗性级别 Resistance grade	叶片茸毛 Leaf blade pubescence			叶柄茸毛 Leaf petiole pubescence			总和 Sum
	匍匐	半匍匐	斜立	紧贴	倾斜	直立	
	Prostrate	Semi-prostrate	Skew	Appressed	Semi-appressed	Erect	
HR	97(24.74)	18(4.59)	1(0.26)	22(5.61)	76(19.39)	18(4.59)	116(29.59)
R	59(15.05)	41(10.46)	14(3.57)	9(2.3)	62(15.82)	43(10.97)	114(29.08)
M	18(4.59)	16(4.08)	15(3.83)	0(0)	23(5.87)	26(6.63)	49(12.5)
S	6(1.53)	14(3.57)	20(5.1)	0(0)	14(3.57)	26(6.63)	40(10.2)
HS	6(1.53)	13(3.32)	54(13.87)	1(0.26)	6(1.53)	66(16.84)	73(18.62)
总和 Sum	186(45.75)	102(26.02)	104(26.53)	32(8.16)	181(46.17)	179(45.66)	392(100.00)

方差分析证明叶片茸毛着生状态间、叶柄茸毛着生状态间在卷叶率和虫包数上都存在极显著差异,叶片和叶柄茸毛着生状态间无交互作用,多重比较结果见表 5。茸毛着生状态对品种抗豆卷叶螟的选择效应见表 5。匍匐型、半匍匐型和斜立型

叶片茸毛卷叶率和虫包数都依次增加。紧贴型、倾斜型和直立型叶柄茸毛卷叶率和虫包数也都依次增加。多重比较除卷叶率在紧贴型叶柄茸毛和倾斜型叶柄茸毛间不显著以外,其它都达显著水平。

表 5 叶茸毛着生状态对豆卷叶螟抗性的选择效应

项目 Item	叶片茸毛 Leaf blade pubescence				叶柄茸毛 Leaf petiole pubescence			
	匍匐	半匍匐	斜立	平均	紧贴	倾斜	直立	平均
	Prostrate	Semi-prostrate	Skew	Average	Appressed	Semi-appressed	Erect	Average
材料数 N	186	102	104		32	181	179	
虫包数 NRL	8. 57c	12. 18 b	20. 39 a	12. 65	6. 78c	9. 37 b	17. 01a	12. 65
选择效应 SE	-32. 25	-3. 72	61. 19		-46. 4	-25. 93	34. 47	
变异系数 CV	35. 48	45. 31	53. 39		45. 44	44. 76	46. 78	
卷叶率 PRL	7. 48c	14. 32 b	30. 54 a	15. 38	5. 72b	8. 89 b	23. 67a	15. 38
选择效应 SE	-51. 37	-6. 89	98. 57		-62. 81	-42. 2	53. 9	
变异系数 CV	101. 4	81. 14	71. 38		87. 4	79. 21	53. 61	

同一行数字后的不同小写字母说明叶片或叶柄茸毛着生状态间的差异显著性。
N: Number of materials; NRL: Number of rolled leaves; SE: Selection effect; CV: Coefficient of variation; PRL: Percentage of rolled leaves. Values with- in a row followed by different letters are significantly different among pubescence status on leaf blades or petioles at $P=0.05$ by Duncan’s new multiple-range test.

匍匐型叶片茸毛对虫包数和卷叶率的选择效应分别为 -32. 25% 和 -51. 37%。半匍匐型叶片茸毛对虫包数和卷叶率的选择效应分别为 -3. 72% 和 -6. 89%。斜立型叶片茸毛相反,对虫包数和卷叶率的选择效应分别为 61. 19% 和 98. 57%。紧贴型叶柄茸毛对虫包数和卷叶率的选择效应分别为 -46. 40% 和 -62. 81%, 高于匍匐型叶片茸毛。倾斜型叶柄茸毛对虫包数和卷叶率的选择效应分别为 -25. 93% 和 -42. 20%, 高于半匍匐型叶片茸毛。直立型叶柄茸毛对虫包数和卷叶率的选择效应为 34. 47% 和 53. 90%, 负向选择效率低于斜立型叶片茸毛。说明无论叶片茸毛着生状态还是叶柄茸毛着生状态都可用于抗豆卷叶螟的辅助选择,且两者可结合以加强判断的准确性,如紧贴型、倾斜型叶柄茸毛和匍匐型叶片茸毛可用于提高抗虫性,而斜立型叶片茸毛和直立型叶柄茸毛用于淘汰感虫性。因此,大豆茸毛着生状态可作为豆卷叶螟抗性的指示性状,用于抗虫种质筛选和标记辅助育种。每一类型内变异系数都较大说明豆卷叶螟的抗性除受茸毛着生状态影响外还有其它的抗虫性因子,仍需进一步研究。

3 讨论

以往研究工作者对于叶片茸毛着生状态并未区分叶片还是叶柄,笼统分为直立、倾斜、和紧贴 3 类^[10,21],也有认为是数量性状存在广泛的变异。本研究在大量观察的基础上也发现茸毛着生状态存在数量变异,且发现叶片茸毛着生状态与叶柄茸毛着生状态并不一致,并将叶片茸毛划分为匍匐型、半匍匐型和斜立型 3 类,叶柄茸毛划分为紧贴型、倾斜型和直立型 3 类;叶片茸毛与叶片的夹角相对较小,用直立来描述不合适改为斜立;两者又存在相关。这一区分有利于全面、确切地描述大豆叶部的茸毛性状。

随着纬度的增大,大豆叶片茸毛着生角度和叶柄茸毛着生角度都有增大的趋势,豆卷叶螟抗性有降低的趋势。这可能是因为南方豆卷叶螟较多,叶片茸毛匍匐或叶柄茸毛紧贴有利于抗豆卷叶螟,被豆卷叶螟长期自然选择保存下来。

同一茸毛性状对不同害虫有不同的抗性。Turnipseed^[12]的研究显示不管茸毛密度,茸毛长而直立的大豆品种比茸毛短而紧贴的品种对马铃薯叶蝉有更高的抗性。但徐冉等^[17]发现大豆对烟粉虱抗性,

茸毛紧贴是抗性性状,其抗性水平优于茸毛倾斜型和茸毛直立型。研究发现叶片茸毛斜立的反而感豆卷叶螟,可能是斜立的茸毛有利于豆卷叶螟幼虫吐丝结包,从而更好的生存。因此,在利用茸毛性状抗虫育种时应根据当地抗虫育种目标选用合适的亲本。

参考文献

[1] 崔章林,盖钧镒,吉东风,等. 南京地区大豆食叶性害虫种类调查与分析[J]. 大豆科学,1997,16(1):12-20. (Cui Z L,Gai J Y, Ji D F, et al. A study on leaf-feeding insect species on soybeans in Nanjing area[J]. Soybean Science,1997,16(1):12-20.)

[2] 孙祖东,杨守臻,陈怀珠,等. 南宁大豆食叶性害虫调查[J]. 广西农业科学,2001,2:104-106. (Sun Z D,Yang S Z,Chen H Z, et al. A study on leaf-feeding insect species on soybeans in Nan-ning[J]. Guangxi Agricultural Science,2001,2:104-106.)

[3] 吴梅香,许开腾. 福州郊区菜用大豆害虫的初步研究[J]. 武夷科学,2002,18:27-32. (Wu M X,Xu K T. Preliminary studies on the pests of green soybean in Fuzhou suburbs[J]. Wuyi Science Journal,2002,18:27-32.)

[4] 孟国玲,邱胜桥. 荆州大豆食叶性害虫种类及主要种生态位分化[J]. 湖北植保,2002,2:3-5. (Meng G L,Qiu S Q. A study on leaf-feeding insect species on soybeans in Jingzhou and ecology lo-cation differentiation of important ones[J]. Hubei Plant Protec-tion,2002,2:3-5.)

[5] 崔章林,盖钧镒,吉东风,等. 大豆种质资源对食叶性害虫抗性的鉴定[J]. 大豆科学,1997,16(2):93-102. (Cui Z L,Gai J Y, Ji D F, et al. Evaluation of soybean germplasm for resistance to leaf-feeding insects[J]. Soybean Science,1997,16(2):93-102.)

[6] 孙祖东,杨守臻,陈怀珠,等. 大豆对豆卷叶螟的抗性鉴定[J]. 中国油料作物学报,2005,27(4):69-71. (Sun Z D,Yang S Z, Chen H Z, et al. Identification of soybean resistance to bean pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius) and oviposition preference of bean pyralid on soybean varieties[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2005,27(4):69-71.)

[7] 龙丽萍,杨守臻,陈怀珠,等. 不同基因型大豆品种对豆卷叶螟实验种群的影响[J]. 中国油料作物学报,2004,26(3):67-70. (Long L P,Yang S Z,Chen H Z et al. Effects of different genotypes of soybean varieties on the experimental population of bean pyralid (*Lamprosema indicata* Fabricius) [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2004,26(3):67-70.)

[8] 邢光南,赵团结,盖钧镒. 大豆对豆卷叶螟 (*Lamprosema indicata* Fabricius) 抗性的遗传分析[J]. 作物学报,2008,34(1):8-16. (Xing G N,Zhao T J,Gai J Y. Inheritance of resistance to *Lam-prosema indicata* (Fabricius) in soybean[J]. Acta Agronomica Sini-ca,2008,34(1):8-16.)

[9] Boerma H R,Specht J E. Soybeans: Improvement, Production, and Uses(third edition) [M]. Madison, Wisconsin USA,2004.

[10] Bernard R L. The inheritance of appressed pubescence [J]. Soy-bean Genetics Newsletters,1973,2:34-36.

[11] Lee J M,Bush A L,Specht J E, et al. Mapping of duplicate genes in soybean [J]. Genome,1999,42:829-836.

[12] Broersma D B,Bernard R L,Luckman W H. Some effects of soy-bean pubescence in populations of the potato leafhopper [J]. Jour-nal of Economic Entomology,1972,65:78-82.

[13] Turnipseed S G. Influence of trichome density on populations of small phytophagous insects on soybean [J]. Environmental Ento-mology,1977,6:815-817.

[14] Lee Y I,Kogan M,Lersen Jr J R. Attachment of potato leafhopper to soybean plant surfaces as affected by morphology of the pretarsus [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,1986,42(2):101-107.

[15] Hulbert D J,Boerma H R,All J N. Effect of pubescence tip on soy-bean resistance to lepidopteran insects [J]. Journal of Economic Entomology,2004,97(2):621-627.

[16] 刘学义,李淑香. 大豆对红蜘蛛抗性研究[J]. 山西农业大学学报,1994,14(4):391-393. (Liu X Y,Li S X. Study on insect-re-sistance of soybean to red spider [J]. Journal Shanxi Agricultural University,1994,14(4):391-393.)

[17] 徐冉,张礼凤,王彩洁,等. 抗烟粉虱大豆种质资源筛选和抗性机制初探[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(1):56-58. (Xu R, Zhang L F,Wang C J, et al. Screening of soybean germplasm resist-ant to whitefly and the resistant mechanism [J]. Journal of Plant Genetic Resources,2005,6(1):56-58.)

[18] Zhao G Y,Wang J,Han Y P, et al. Identification of QTL underlying the resistance of soybean to pod borer, *Leguminivora glycinivorella* (Mats.) obratzov, and correlations with plant, pod and seed traits [J]. Euphytica,2008,164:275-282.

[19] 文自翔,赵团结,郑永战,等. 中国栽培和野生大豆农艺品质性-状与 SSR 标记的关联分析 I. 群体结构及关联标记[J]. 作物学-报,2008,34(7):1169-1178. (Wen Z X,Zhao T J,Zheng Y Z, et al. Association analysis of agronomic and quality traits with SSR markers in *Glycine max* and *Glycine soja* in China: I. population structure and associated markers [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008,34(7):1169-1178.)

[20] 盖钧镒,汪越胜. 中国大豆品种生态区域划分的研究[J]. 中国-农业科学,2001,34(2):139-145. (Gai J Y,Wang Y S. A Study on the varietal eco-regions of Soybeans in China [J]. Scientia Agri-cultura Sinica,2001,34(2):139-145.)

[21] 邱丽娟,常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北-京:中国农业出版社,2006. (Qiu L J,Chang R Z. Descriptors and Date Standard for Soybean (*Glycine* spp.) [M]. Beijing: China Ag-ricultural Press,2006.)