

调 查 研 究

Investigations

野生大豆(*Glycine soja*)抗斜纹夜蛾资源鉴定

吴 倩^{1,2}, 黄志平¹, 蒋成功², 李 智², 于 伟²,
李杰坤¹, 胡国玉¹, 张丽亚¹, 张 磊^{1*}

(1. 安徽省农业科学院作物研究所, 安徽省农作物品质改良重点实验室,
合肥 230031; 2. 安徽省阜阳市农业科学院, 阜阳 236065)

摘要 近年来斜纹夜蛾已发展为影响大豆生产的世界性虫害。对大豆抗斜纹夜蛾种质资源进行鉴定是开展抗虫育种的基础。野生大豆是栽培大豆祖先种, 遗传多样性远远超过栽培大豆, 从野生种质中发掘斜纹夜蛾抗性资源可以拓宽抗虫育种遗传基础。采用室内饲养斜纹夜蛾幼虫的方法, 以幼虫重和蛹重为指标, 鉴定了 35 份野生大豆和 20 份栽培大豆对斜纹夜蛾的抗性。结果显示: 不同种质饲喂下, 幼虫重、蛹重和幼虫历期在种质间差异极显著, 遗传变异幅度较大, 幼虫重和蛹重极显著相关。采用标准品种分级法对抗性鉴定结果进行划分, 从 55 份供试资源中筛选出 6 份高抗种质, 均来自野生大豆; 5 份高感材料, 1 份来自野生大豆。本研究为大豆抗斜纹夜蛾育种提供了原始材料, 同时有助于大豆抗虫遗传研究与新基因发现。

关键词 野生大豆; 种质资源; 斜纹夜蛾; 抗性鉴定

中图分类号: S 565.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.02.029

Identification of soybean resistance to common cutworm (*Prodenia litura*) in *Glycine soja*

Wu Qian^{1,2}, Huang Zhiping¹, Jiang Chenggong², Li Zhi², Yu Wei²,
Li Jiekun¹, Hu Guoyu¹, Zhang Liya¹, Zhang Lei¹

(1. Crop Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences/Key Lab of Crop Quality Improvement of Anhui Province, Hefei 230031, China; 2. Fuyang Academy of Agricultural Sciences, Anhui 236065, China)

Abstract Common cutworm (CCW) has become one of main pests for soybean throughout the world. The resistant germplasm screening is the foundation for insect resistance breeding. Wild soybean is the original ancestor of the cultivated soybean, and its genetic diversity far exceeds that of the cultivated soybean. The utility of resistant gene in wild soybean is favorable to broaden the genetic background for breeding. Thirty-five wild soybean accessions and 20 cultivated soybean accessions were identified for their resistance to CCWs. The results showed that the larval weight, pupal weight and duration of larval stage were all significantly different among high resistant and high susceptible materials, and moreover larval weight is positively related to pupal weight. According to standard-variety grade system, six accessions identified to be highly resistant to CCWs were all from wild soybean; Among five accessions highly susceptible to CCWs, only one was from wild soybean. Our study will supply original breeding material for soybean resistance breeding to CCWs and also be helpful for inheritance research and novel resistance genes' discovery.

Key words wild soybean; germplasm source; common cutworm; resistance identification

大豆[*Glycine max* (L.) Merr.]为人类提供了优质的植物蛋白和脂肪, 是一种重要的粮食、油料、饲料等多用途兼用作物。大豆在整个生长周期中, 常常受到多种有害生物的伤害, 导致产量和品质严

收稿日期: 2015-02-04 修订日期: 2015-04-27

基金项目: 国家自然科学基金(31401402); 安徽省自然科学基金(1508085QC53); 南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室开放基金(ZW2014004); 安徽省农业科学院院长青年创新基金(14B0217); 国家现代农业大豆产业技术体系(CAR-04); 安徽省科技攻关项目(1501031107)

* 通信作者 E-mail: leizh66@163.com

重下降,其中虫害损失占世界大豆总产量的26%~29%^[1]。斜纹夜蛾(*Prodenia litura* Fabricius)属鳞翅目(Lepidoptera),夜蛾科(Noctuidae),是一种分布极广的世界性食叶性害虫,其在我国的为害区主要分布于长江流域和黄河流域的中、下游及南方各省。近年来,斜纹夜蛾已上升为常发性、暴发性的主要农业害虫之一^[2]。目前斜纹夜蛾的防治仍以化学防治为主,但化学防治成本高且带来一系列问题,如环境污染、抗药性增强以及杀伤天敌等。大量实践表明,抗虫种质资源是进行农作物抗虫育种的基础,对抗性资源进行鉴定和利用,最终育成抗虫品种是经济、有效的虫害防治途径,同时对农业可持续发展和环境保护也具有重要意义^[3]。

栽培大豆在长期人工定向选择下,遗传基础狭窄,缺乏丰富的基因源,导致大豆抗虫育种难以取得突破性进展。野生大豆是栽培大豆的原始祖先种,遗传多样性远远超过栽培大豆,蕴藏着多种优异抗性基因^[4]。许多研究者相继开展了野生大豆利用研究,将野生大豆有益基因融合到栽培大豆中,促进野生种质向栽培大豆遗传渗透,从而改良栽培大豆^[5]。我国占有世界总数90%的野生大豆资源,一系列野生大豆抗性资源的挖掘和利用工作相继展开。杨振宇等^[6]对野生大豆抗蚜性进行重复鉴定,发现了高抗蚜虫的材料‘85-32’;来永才等^[7]从989份野生大豆资源中筛选出8份高抗大豆孢囊线虫的材料,5份高抗大豆花叶病毒的材料和381份高抗大豆食心虫的材料;此外,研究者还在野生大豆中发现了耐旱和耐盐的种质^[8]。上述例子表明,野生大豆中存在栽培大豆所没有的抗性资源,挖掘和利用野生大豆抗病虫基因,是大豆种质遗传改良的一条重要途径。

近年来,对大豆抗斜纹夜蛾资源的鉴定和遗传机制的研究进展很快。目前,大豆种质对斜纹夜蛾抗性的鉴定方法有3种:田间自然虫源鉴定、网室人工接虫鉴定和实验室生物鉴定。田间鉴定是利用自然虫源,用目测抗性等级的方法筛选抗性资源。盖钧铭等^[9]提出以小区为目测单位,采用50%叶片数为基数的抗性指数目测标准来估计叶片损失率。网室人工接虫鉴定是将不同大豆材料种于网室或温室,于一定时期接种人工继代培养或采卵孵化的幼虫,根据大豆品种受害情况来鉴定抗虫性^[10]。实验室生物鉴定是将Hatchett等提出的生物鉴定方法(bioassay technique)进行改进,目前已成为一种普遍接受的大豆抗生性研究方法^[11-13]。生物鉴定所用

大豆材料要求生长状况一致且无病虫害,测定时取相同部位叶片饲喂人工继代培养的健康、生理状态一致的害虫。记录叶片损失重量或面积,以及虫重变化,观察害虫龄期发展,记录化蛹率、羽化率及死亡率等情况。生物测定的优点是可重复性好,不受自然条件和自然虫源的限制,适用于大规模品种鉴定。吴巧娟等^[14]采用实验室生物鉴定的方法,根据大豆种质资源对斜纹夜蛾单一虫种的抗性表现,从45份材料中鉴定出4份高抗材料‘黄皮小青豆’、‘日本’、‘矮秆黄’、‘PI227687’和3份高感品种‘监利牛毛黄’、‘沔阳白毛豆’、‘大浦大粒黄’。

目前对斜纹夜蛾抗性的鉴定多集中于对栽培大豆的研究,而对野生大豆抗斜纹夜蛾资源的挖掘及利用比较鲜见。充分发掘野生大豆抗斜纹夜蛾资源的潜力,找到人工驯化过程中流失的优异抗虫基因,加快抗性品种育成,已成为大豆抗性育种的重要研究领域。本研究旨在通过实验室生物鉴定,完善野生和栽培大豆种质对斜纹夜蛾的抗性鉴定和优异种质筛选,获得稳定高抗和高感的材料。本研究为大豆抗虫新基因发掘与抗虫机制研究奠定了基础,同时也为大豆抗虫育种提供了宝贵的育种材料,对促进抗虫大豆品种的育成,以及我国大豆产业发展和环境保护具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

用于斜纹夜蛾抗性鉴定的35份野生和20份栽培大豆种质由安徽省农业科学院作物研究所和南京农业大学国家大豆改良中心提供。35份野生大豆来自于我国长江中下游及南方的11个省份。斜纹夜蛾虫卵购自河南省济源白云实业有限公司,养虫室温度控制在 $(26\pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为60%~70%,光照条件为L//D=16 h/8 h。将供试材料随机编号,于2014年6月15日播种于安徽省农业科学院试验基地。野生大豆采用穴播,行距1.00 m,穴距0.60 m,每穴留苗3株。栽培大豆采用条播,行距0.40 m,株距0.10 m。播前撒10%吡虫啉可湿性粉剂杀灭地下害虫及上年虫蛹,整个生长期不施任何药剂。

1.2 试验设计与方法

自由选择取食试验:将一张用灭菌水浸湿的滤纸放入一个铝制托盘(60 cm×40 cm),滤纸中间区域为接虫区。随机选择野生大豆和栽培大豆各15份,取初花期完全展开叶片,用软毛刷清除叶面灰尘和虫卵,分别置于托盘左右两边。将30头3龄斜纹

夜蛾放入接虫区,让其自由选择取食,观察接虫后 2、16 h 斜纹夜蛾取食情况。

实验室生物鉴定:为保持大豆叶片鲜嫩程度一致,选用初花期完全展开叶片,采摘的叶片立即装入自封袋并封口,置于冰盒中,用于室内喂养。养虫容器为一次性大号有盖塑料盒(直径 12 cm),为保证透气,盒盖用针钻出相同数目小孔。用软毛刷将 3 龄斜纹夜蛾轻轻拨入大号塑料盒,每盒 5 头,每份种质资源 3 次重复。每 2 d 更换新鲜叶片,喂养至第 10 天,称量每盒活体幼虫总重计为幼虫重。第 10 天起,斜纹夜蛾幼虫陆续化蛹,称量蛹重并记录幼虫历期。

1.3 数据统计分析

应用 DPS V9.50 及 Excel 2010 对试验数据进行统计分析。分别以幼虫重和蛹重作为抗性鉴定指标,采用盖钧镒等^[15]提出的标准品种分级法进行抗性分级。将经供试大豆种质饲喂 10 d 得到的斜纹夜蛾幼虫重以及化蛹后的蛹重按大小依次排列,分别选取前 10 个(最抗)和最后 10 个(最感)对应的种质材料作为标准品种,按表 1 给出的分级标准将供试野生和栽培大豆材料对斜纹夜蛾的抗性分为 5 级。

表 1 抗性标准品种分级法¹⁾

抗性等级 Resistance grade	组中值 Midpoint	组限 Class limit
高抗(HR) High resistance	a	$<(a+d)$
抗(R) Resistance	$a+2d$	$(a+d)\sim(a+3d)$
中间(M) Middle	$a+4d$	$>(a+3d)\sim(a+5d)$
感(S) Susceptible	$a+6d$	$(a+5d)\sim(a+7d)$
高感(HS) High susceptible	b	$>(a+7d)$

1) a 为 10 份最抗品种饲喂 10 d 的斜纹夜蛾的平均幼虫重或蛹重; b 为 10 份最感品种饲喂 10 d 的斜纹夜蛾的平均幼虫重或蛹重, $d=(b-a)/8$ 。
a stands for the mean body weight of larva or pupa of *Prodenia litura* fed for ten days with ten most resistant varieties, and b stands for the mean body weight of larva or pupa of *Prodenia litura* fed for ten days with ten most susceptible varieties; $d=(b-a)/8$.

2 结果与分析

2.1 斜纹夜蛾对野生大豆和栽培大豆的自由选择取食差异

自由选择取食试验接虫后 2、16 h 斜纹夜蛾取

食情况及野生大豆和栽培大豆叶片损失情况如图 1 所示:野生大豆叶片损失明显小于栽培大豆叶片损失,更多的 3 龄斜纹夜蛾聚集在栽培大豆叶片一侧取食,这种不同可能是由于野生大豆和栽培大豆在气味、适口度等方面的差异所致。与野生大豆相比,斜纹夜蛾偏好取食栽培大豆,可以从野生大豆种质资源中鉴定筛选出具有斜纹夜蛾抗性的资源种质。

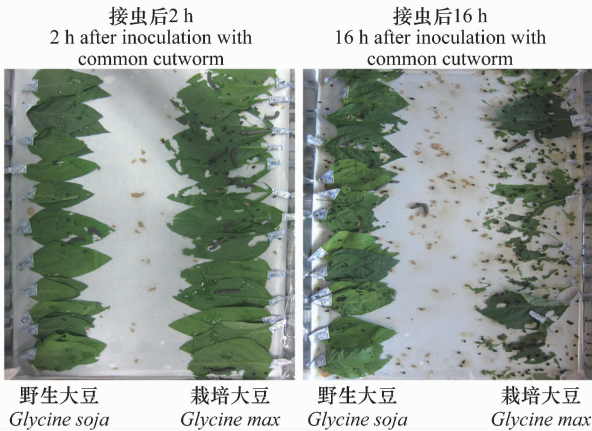


图 1 斜纹夜蛾自由取食试验

Fig. 1 Free-feeding experiment of common cutworm

2.2 野生大豆和栽培大豆对斜纹夜蛾的抗性分级和优异种质

35 份野生大豆和 20 份栽培大豆叶片喂养的斜纹夜蛾幼虫重和蛹重见表 2~3。不同地域来源的野生和栽培大豆饲喂的斜纹夜蛾幼虫重极差为 3.083(0.689~3.772),蛹重极差为 1.151(0.581~1.732),表明不同品种对斜纹夜蛾的抗性存在较大变异,这种变异是品种间存在抗虫性遗传差异的真实反应。方差分析(表 4)表明,斜纹夜蛾幼虫重和蛹重在各材料间差异均达到极显著水平(幼虫重 $F=82.286\ 3^{**}$,蛹重 $F=42.714\ 0^{**}$),而重复间差异不显著。对斜纹夜蛾幼虫重和蛹重进行相关性分析,结果显示幼虫重与蛹重间存在显著的正相关(0.902^{**}),表明幼虫重和蛹重所反映的抗、感差异是比较一致的。

采用盖钧镒提出的标准品种分级法,以幼虫重为指标,得到高抗材料 10 份,抗性材料 13 份,表现中间的材料 7 份,感性材料 16 份,高感材料 9 份。以蛹重为指标,得到高抗材料 7 份,抗性材料 9 份,表现中间的材料 14 份,感性材料 17 份,高感的材料 8 份。综合以上,以两者为指标,均表现高抗的材料有 6 份,分别是来自江西修水、浙江天台、安徽安庆、

安徽五河、安徽芜湖、安徽马鞍山的野生大豆种质材料;均表现高感的材料有 5 份,1 份是来自云南昭通的野生大豆种质,其余均为栽培大豆,包括‘南农 502’、‘辽阳大粒黄’、‘台 75’和‘油 04-88’。表 5 列出取食高抗或高感材料的斜纹夜蛾幼虫发育历期,

数据显示高抗或高感材料喂养的斜纹夜蛾幼虫发育历期有显著差异,取食高抗材料的斜纹夜蛾幼虫表现出发育较迟缓,发育历期相对较长,而取食高感材料的斜纹夜蛾幼虫能够正常生长发育,发育历期相对较短。

表 2 基于斜纹夜蛾幼虫重的野生和栽培大豆抗性分级¹⁾

Table 2 Resistance levels of wild soybean and cultivated soybean based on larval weight of common cutworm									
材料编号 Number	材料名称 Material name	来源 Origin	幼虫重/g Larval weight	抗性级别 Resistance grade	材料编号 Number	材料名称 Material name	来源 Origin	幼虫重/g Larval weight	抗性级别 Resistance grade
51	南农 502	栽培大豆	3.643±0.039	HS	43	中作 04-12	栽培大豆	1.999±0.012	M
38	辽阳大粒黄	栽培大豆	2.990±0.044	HS	7	湖北鹤峰	野生大豆	1.982±0.029	M
16	云南昭通	野生大豆	2.800±0.036	HS	19	浙江嵊县 2	野生大豆	1.927±0.044	M
55	台 75	栽培大豆	2.714±0.049	HS	11	江苏靖江	野生大豆	1.821±0.042	M
54	油 04-88	栽培大豆	2.684±0.032	HS	49	蒙 11-3	栽培大豆	1.629±0.053	R
41	石 7625	栽培大豆	2.647±0.048	HS	50	中渦 9 号	栽培大豆	1.526±0.033	R
39	晋豆 23	栽培大豆	2.629±0.068	HS	24	安徽长丰	野生大豆	1.496±0.030	R
53	浙 4904	栽培大豆	2.586±0.012	HS	34	PI227687	栽培大豆	1.452±0.054	R
36	williams82	栽培大豆	2.557±0.056	HS	5	贵州榕江	野生大豆	1.410±0.028	R
14	四川乐山	野生大豆	2.544±0.035	S	4	广西全州	野生大豆	1.404±0.012	R
45	秋乐 1208	栽培大豆	2.522±0.040	S	2	福建连城 1	野生大豆	1.340±0.073	R
40	邯豆 5 号	栽培大豆	2.467±0.044	S	31	安徽宿州	野生大豆	1.308±0.036	R
21	安徽宁国	野生大豆	2.428±0.011	S	17	浙江丽水	野生大豆	1.285±0.034	R
8	湖北利川	野生大豆	2.405±0.047	S	25	安徽合肥	野生大豆	1.282±0.063	R
37	yourgC21075	栽培大豆	2.400±0.055	S	33	PI171451	栽培大豆	1.232±0.037	R
18	浙江嵊县 1	野生大豆	2.396±0.048	S	35	PI229358	栽培大豆	1.224±0.020	R
1	福建福州	野生大豆	2.391±0.051	S	3	福建连城 2	野生大豆	1.213±0.024	R
6	湖北崇阳	野生大豆	2.385±0.036	S	30	安徽蚌埠	野生大豆	1.126±0.006	HR
15	四川梁平	野生大豆	2.365±0.039	S	27	安徽铜陵	野生大豆	1.109±0.013	HR
47	豌豆 23	栽培大豆	2.346±0.046	S	23	安徽肥西	野生大豆	1.098±0.054	HR
42	冀豆 17	栽培大豆	2.323±0.053	S	13	江西修水	野生大豆	1.070±0.042	HR
9	湖北宜恩	野生大豆	2.310±0.073	S	29	安徽六安	野生大豆	1.029±0.019	HR
48	皖宿 1102	栽培大豆	2.301±0.050	S	20	浙江天台	野生大豆	1.025±0.067	HR
46	中黄 13	栽培大豆	2.297±0.033	S	22	安徽安庆	野生大豆	0.982±0.002	HR
52	苏豆 5 号	栽培大豆	2.269±0.055	S	32	安徽五河	野生大豆	0.832±0.040	HR
44	鲁 99011-4	栽培大豆	2.057±0.019	M	28	安徽芜湖	野生大豆	0.812±0.047	HR
10	湖南浏阳	野生大豆	2.052±0.015	M	26	安徽马鞍山	野生大豆	0.708±0.006	HR
12	江西九江	野生大豆	2.050±0.036	M					

1) 根据标准品种分级法,高抗:幼虫重≤1.204 g;抗:1.204 g<幼虫重≤1.654 g;中间:1.654 g<幼虫重≤2.104 g;感:2.104 g<幼虫重≤2.554 g;高感:幼虫重>2.554 g。
According to the standard—variety grade system, HR: Larval weight≤1.204 g; R: 1.204 g<Larval weight≤1.654 g; M: 1.654 g<Larval weight≤2.104 g; S: 2.104 g<Larval weight≤2.554 g; HS: Larval weight>2.554 g.

表 3 基于斜纹夜蛾蛹重的野生和栽培大豆抗性分级¹⁾

Table 3 Resistance levels of wild soybean and cultivated soybean based on pupal weight of common cutworm									
材料编号 Number	材料名称 Material name	来源 Origin	蛹重/g Pupal weight	抗性级别 Resistance grade	材料编号 Number	材料名称 Material name	来源 Origin	蛹重/g Pupal weight	抗性级别 Resistance grade
51	南农 502	栽培大豆	1.643±0.027	HS	54	油 04-88	栽培大豆	1.386±0.005	HS
38	辽阳大粒黄	栽培大豆	1.583±0.032	HS	42	豌豆 23	栽培大豆	1.365±0.012	S
16	云南昭通	野生大豆	1.553±0.014	HS	15	四川梁平	野生大豆	1.359±0.015	S
55	台 75	栽培大豆	1.444±0.016	HS	47	冀豆 17	栽培大豆	1.358±0.004	S
21	安徽宁国	野生大豆	1.415±0.055	HS	39	晋豆 23	栽培大豆	1.335±0.010	S
8	湖北利川	野生大豆	1.403±0.011	HS	6	湖北崇阳	野生大豆	1.329±0.016	S
37	yourgC21075	栽培大豆	1.401±0.006	HS	14	四川乐山	野生大豆	1.325±0.015	S

续表 3 Table 3(Continued)

材料编号 Number	材料名称 Material name	来源 Origin	蛹重/g Pupal weight	抗性级别 Resistance grade	材料编号 Number	材料名称 Material name	来源 Origin	蛹重/g Pupal weight	抗性级别 Resistance grade
41	石 7625	栽培大豆	1.321±0.012	S	3	福建连城 2	野生大豆	1.069±0.032	M
11	江苏靖江	野生大豆	1.316±0.011	S	43	中作 04-12	栽培大豆	1.058±0.021	M
10	湖南浏阳	野生大豆	1.311±0.014	S	24	安徽长丰	野生大豆	1.049±0.031	M
53	浙 4904	栽培大豆	1.307±0.005	S	2	福建连城 1	野生大豆	1.038±0.029	M
45	秋乐 1208	栽培大豆	1.279±0.024	S	49	蒙 11-3	栽培大豆	1.004±0.016	R
12	江西九江	野生大豆	1.268±0.020	S	29	安徽六安	野生大豆	0.985±0.014	R
1	福建福州	野生大豆	1.262±0.046	S	30	安徽蚌埠	野生大豆	0.984±0.019	R
18	浙江嵊县 1	野生大豆	1.251±0.008	S	35	PI229358	栽培大豆	0.966±0.023	R
48	皖宿 1102	栽培大豆	1.229±0.005	S	25	安徽合肥	野生大豆	0.965±0.006	R
36	williams82	栽培大豆	1.223±0.020	S	34	PI227687	栽培大豆	0.952±0.034	R
7	湖北鹤峰	野生大豆	1.207±0.015	S	27	安徽铜陵	野生大豆	0.936±0.016	R
52	苏豆 5 号	栽培大豆	1.183±0.014	M	23	安徽肥西	野生大豆	0.904±0.018	R
4	广西全州	野生大豆	1.177±0.013	M	33	PI171451	栽培大豆	0.897±0.013	R
46	中黄 13	栽培大豆	1.171±0.004	M	20	浙江天台	野生大豆	0.833±0.035	HR
40	邯豆 5 号	栽培大豆	1.157±0.029	M	31	安徽宿州	野生大豆	0.786±0.014	HR
5	贵州榕江	野生大豆	1.155±0.019	M	22	安徽安庆	野生大豆	0.710±0.004	HR
44	鲁 99011-4	栽培大豆	1.142±0.020	M	13	江西修水	野生大豆	0.703±0.015	HR
17	浙江丽水	野生大豆	1.137±0.035	M	28	安徽芜湖	野生大豆	0.669±0.005	HR
9	湖北宜恩	野生大豆	1.133±0.035	M	32	安徽五河	野生大豆	0.662±0.017	HR
50	中渦 9 号	栽培大豆	1.099±0.032	M	26	安徽马鞍山	野生大豆	0.625±0.017	HR
19	浙江嵊县 2	野生大豆	1.092±0.011	M					

1) 根据标准品种分级法,高抗:蛹重≤0.858 g;抗:0.858 g<蛹重≤1.028 g;中间:1.028 g<蛹重≤1.198 g;感:1.198 g<蛹重≤1.368 g;高感:蛹重>1.368 g。
According to the standard—variety grade system, HR: Pupal weight≤0.858 g; R: 0.858 g<Pupal weight≤1.028 g; M: 1.028 g<Pupal weight≤1.198 g; S: 1.198 g<Pupal weight≤1.368 g; HS: Pupal weight>1.368 g.

2.3 抗、感性野生大豆资源的分布

上述抗性鉴定结果显示对斜纹夜蛾抗或者高抗的种质材料更多来自于野生大豆资源;而表现感或高感的斜纹夜蛾种质材料主要来自于栽培大豆资源。用于抗性鉴定的 35 份野生大豆资源来源于我国 11 个省份(福建、浙江、江西、湖北、湖南、四川、江苏、安徽、云南、广西、贵州),同时也是斜纹夜蛾的主要为害区域,在其

中的 7 个省份(福建、浙江、江西、湖北、湖南、安徽、贵州)发现了抗或者高抗的野生大豆资源,其中来源于安徽省的表现高抗的种质资源较多,其次为浙江、江西。鉴定的高感材料中仅 1 份是野生大豆种质,来源于云南昭通。本研究鉴定出的抗、感材料可用于野生大豆对斜纹夜蛾抗性遗传机制的研究,其中的高抗种质还可以作为抗虫品种选育的亲本材料投入到育种实践中。

表 4 野生和栽培大豆种质喂养斜纹夜蛾幼虫重、蛹重方差分析¹⁾

Table 4 ANOVA of larval weight and pupal weight of common cutworm

参数 Parameter	变异来源 Source of variation	自由度 DF	平方和 SS	均方 MS	F	P—value	F crit
幼虫重 Larval weight	重复间 Repetition	2	0.016 3	0.008 2	0.487 5 ^{NS}	0.615 5	3.080 4
	品种间 Variety	54	74.313 2	1.376 2	82.286 3 ^{**}	7.662 9E-68	1.456 2
	误差 Error	108	1.806 2	0.016 7			
	总变异 Total variation	164					
蛹重 Pupal weight	重复间 Repetition	2	0.011 9	0.006 0	1.478 7 ^{NS}	0.232 5	3.080 4
	品种间 Variety	54	9.316 7	0.172 5	42.714 0 ^{**}	3.24E-53	1.456 2
	误差 Error	108	0.436 2	0.004 0			
	总变异 Total variation	164	9.764 9				

1) NS: 无显著差异; * * : 0.01 水平有显著差异。
NS: No significant difference; * * : Significant difference at 0.01 level.

表 5 取食高抗、高感材料的斜纹夜蛾幼虫历期¹⁾

Table 5 Developmental period of common cutworm larval fed with the highly resistant and susceptible materials

材料编号 Number	材料名称 Material name	抗级 Resistance grade	幼虫历期/d Larval period
13	江西修水	HR	13.0 b
20	浙江天台	HR	13.0 b
22	安徽安庆	HR	13.3 b
32	安徽五河	HR	13.7 b
28	安徽芜湖	HR	13.7 b
26	安徽马鞍山	HR	14.0 b
51	南农 502	HS	16.3 a
38	辽阳大粒黄	HS	16.7 a
16	云南昭通	HS	16.7 a
55	台 75	HS	17.0 a
54	油 04-88	HS	17.0 a

1) 同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平差异显著。
Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 probability level.

3 结论与讨论

斜纹夜蛾对大豆的危害日益加剧导致大量化学杀虫剂投入施用,提高了生产成本并且给生态环境带来了巨大破坏。大量研究和实践证明,同种作物不同品种间抗虫性是有差别的,选择抗虫品种并利用作物自身抗虫性来有效控制害虫是切实可行的^[16]。我国是栽培大豆起源地,也是野生大豆原生中心,野生大豆资源数量和类型极为丰富^[17-18]。长期人工驯化导致栽培大豆遗传基础狭窄,优异抗性基因源流失,从野生大豆中发掘斜纹夜蛾抗性资源,发挥野生大豆潜在优势是改良大豆抗虫性的一条有效途径。由于气候、生态条件和病虫害发生严重程度不同,选择压力差异很大,在长期自然选择下不同地区种质资源的抗性必然存在较大差异。鉴定出新的抗斜纹夜蛾种质,挖掘优异的斜纹夜蛾抗性基因,已成为大豆抗虫遗传育种的重要方向之一。

以往对大豆抗斜纹夜蛾种质的鉴定多集中于栽培大豆中,而对野生大豆优异的抗性资源鉴定研究得很少。本研究鉴定的种质材料包括我国 11 个省的 35 份野生大豆和 20 份栽培大豆资源。在自由选择取食试验中,斜纹夜蛾偏好取食栽培大豆,即野生大豆叶片的损失显著少于栽培大豆,野生大豆对斜纹夜蛾抗性普遍好于栽培大豆。在进一步的实验室生物鉴定研究中,斜纹夜蛾幼虫重和蛹重在材料间差异达到极显著水平,幼虫重与蛹重存在显著正相

关,幼虫重和蛹重所反映的抗、感差异比较一致。高抗和高感材料喂养的斜纹夜蛾幼虫发育历期有显著差异,用高抗品种喂养的幼虫历期显著大于高感品种。不同地域来源的野生和栽培大豆饲喂的斜纹夜蛾的幼虫重和蛹重存在较大变异,以幼虫重和蛹重为指标的抗性划分结果表明,野生大豆资源中存在更多对斜纹夜蛾抗或者高抗的种质材料,栽培大豆资源中感或高感材料较多,而且鉴定出的高抗材料比前人研究的抗性材料具有更好的斜纹夜蛾抗性。在 35 份野生大豆资源中,来源于安徽省的表现高抗的种质资源较多,其次为浙江、江西。在我国,长江中下游以及南方各省区是斜纹夜蛾的主要为害区,来自于这些地区的野生大豆受到更大的选择压力,因此从来源于这些地区的大豆资源中鉴定出的抗、感性材料具有科学性和代表性。

利用野生资源改良作物抗虫性在生产上得到了一定的应用,如福建农业科学院稻麦研究所育成的品种‘长晚 60 号’抗褐飞虱^[19];李光发等^[20]利用野生大豆种间杂交材料回交培育出抗食心虫且高产的品种‘通农 12’。本研究初步鉴定了野生大豆对斜纹夜蛾的抗感性资源,后续研究将继续对野生大豆抗感斜纹夜蛾的材料进行深入研究,以挖掘出更多抗性好且稳定的斜纹夜蛾抗性资源。本研究为探索野生大豆抗斜纹夜蛾机制提供了基础,后续工作可以利用人工杂交以及遗传工程手段导入野生大豆抗斜纹夜蛾基因,培育出抗虫性好的优质大豆新品种;此外,还可以从野生大豆中提取抗虫活性成分,开发生物农药,对提高经济效益和环境保护都具有重要意义。

参考文献

[1] Oerke E C. Crop losses to pests [J]. Journal of Agricultural Science, 2006, 144(1): 31-43.

[2] 秦厚国,叶正襄.斜纹夜蛾灾变规律与控制[M].北京:中国农业科技出版社,2007.

[3] 吴倩.大豆丙二烯氧化物环化酶基因(GmAOC)家族克隆、进化与功能研究[D].南京:南京农业大学,2011.

[4] 胡小梅,张必弦,朱延明,等.野生大豆资源的研究与利用[J].安徽农业科学,2011,39(22):13311-13313.

[5] Wei Yuanyuan, Chen Shuang, Yang Pengcheng, et al. Characterization and comparative profiling of the small RNA transcriptomes in two phases of locust [J]. Genome Biology, 2009, 10(1): 6-18.

[6] 杨振宇,本多健一郎,王曙明,等.中国东北抗蚜野生大豆重复鉴定的研究[J].吉林农业科学,2004,9(5):3-6.

- 类和有性世代的研究[J]. 植物病理学报, 1985, 15(3): 139-143.
- [17] Sneh B, Burpee L, Ogoshi A. Identification of *Rhizoctonia* species [M]. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 1991: 18-78.
- [18] Bång U. Screening of natural plant volatiles to control the potato (*Solanum tuberosum*) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani* [J]. Potato Research, 2007, 50(2): 185-203.
- [19] 吴文君. 植物化学保护实验技术导论[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1988.
- [20] Carling D E, Lcincr R H. Isolation and characterization of *Rhizoctonia solani* and binucleate *R. solani*-like fungi from aerial stems and subterranean organs of potato plants [J]. Phytopathology, 1986, 76(7): 725-729.
- [21] Jeger M J, Hide G A, Van Den Boogert P H J F, et al. Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato [J]. Potato Research, 1996, 39(3): 437-469.
- [22] Yanar Y, Yilmaz G, Csmeli I. Characterization of *Rhizoctonia solani* isolates from potatoes in Turkey and screening potato cultivars for resistance to AG-3 isolates [J]. Phytoparasitica, 2005, 33(4): 370-376.
- [23] Bandy B P, Leach S S, Tavantzis S M. Anastomosis group 3 is the major cause of *Rhizoctonia* disease of potato in Maine [J]. Plant Disease, 1988, 72(7): 596.
- [24] Mulder A, Turkensteen L J, Bouman A. Perspectives of green-crop-harvesting to control soil-borne and storage diseases of seed potatoes [J]. Netherlands Journal of Plant Pathology, 1992, 98: 103-114.
- [25] Gallou A, Cranenbrouck S, Declerck S. *Trichoderma harzianum* elicits defence response genes in roots of potato plantlets challenged by *Rhizoctonia solani* [J]. European Journal of Plant Pathology, 2009, 124(2): 219-230.
- [26] 董锦艳, 李钊, 张克勤. 粘帚霉属真菌代谢物的研究进展[J]. 微生物学通报, 2006, 33(2): 124-131.
- [27] Jager G, Velvis H. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 2. Sprout protection against soil-borne *R. solani* through seed inoculation with *Verticillium biguttatum* [J]. Netherlands Journal of Plant Pathology, 1984, 90(1): 29-33.
- [28] Bains P S, Bennypaul H S, Lynch D R. *Rhizoctonia* disease of potatoes (*Rhizoctonia solani*): fungicidal efficacy and cultivar susceptibility [J]. American Journal of Potato Research, 2002, 79(2): 99-106.
- [29] 邱广伟. 马铃薯黑痣病的发生与防治[J]. 农业科技通讯, 2009(6): 133-134.
- [30] Errampalli D, Johnston H W. Control of tuber-borne black scurf (*Rhizoctonia solani*) and common scab (*Streptomyces scabies*) of potatoes with a combination of sodium hypochlorite and thiophanate-methyl preplanting seed tuber treatment [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2001, 23(1): 68-77.
- [31] Wicks T J, Morgan B, Hall B. Chemical and biological control of *Rhizoctonia solani* on potato seed tubers [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1995, 35(5): 661-664.
- [32] Kataria H R, Verma P R, Gisi U. Variability in the sensitivity of *Rhizoctonia solani* anastomosis groups to fungicides [J]. Journal of Phytopathology, 1991, 133(2): 121-133.
- [33] Woodhall J W, Lees A K, Edwards S G, et al. Infection of potato by *Rhizoctonia solani*: effect of anastomosis group [J]. Plant Pathology, 2008, 57(5): 897-905.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 164 页)

- [7] 来永才, 林红, 方万程, 等. 野生大豆资源在大豆种质拓宽领域中的应用[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(3): 184-188.
- [8] 庄炳昌. 中国野生大豆研究二十年[J]. 吉林农业科学, 1999, 24(5): 3-10.
- [9] 盖钧镒, 崔章林. 大豆抗食叶性害虫育种的鉴定方法与标准[J]. 作物学报, 1997, 23(4): 400-407.
- [10] 徐春晓. 大豆对食叶性害虫抗性的植株反应和虫体反应及其在资源鉴定、遗传与选育中的应用[D]. 南京: 南京农业大学, 2000.
- [11] Hatchett J H, Beland G L, Hartwig E E. Leaf-feeding resistance resistance to bollworm and tobacco budworm in three soybean plant introductions [J]. Crop Science, 1976, 16(2): 277-280.
- [12] Reynolds G W, Smiths C M. Effect of leaf position, leaf wounding, and plant age of two soybean genotypes on soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) growth [J]. Environmental Entomology, 1985, 14(4): 475-478.
- [13] Layton M B, Boehetl D J. Resistance to adult bean and banded cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in soybean [J]. Journal of Economic Entomology, 1987, 80(1): 151-155.
- [14] 吴巧娟, 吴娟娟, 吴业春, 等. 大豆资源对斜纹夜蛾的抗性鉴定[J]. 大豆科学, 2006, 25(4): 409-413.
- [15] 盖钧镒, 夏基康, 崔章林, 等. 我国南方大豆资源对豆秆黑潜蝇抗性的研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(4): 115-121.
- [16] 吴业春. 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[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [17] Dong Y S, Zhuang B C, Zhao L M, et al. The genetic diversity of annual wild soybeans grown in China [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2001, 103(1): 98-103.
- [18] 徐豹, 庄炳昌, 徐航, 等. 中国野生大豆(*G. soja*)脂肪含量的多样性及地理分布[J]. 大豆科学, 1993, 12(4): 269-274.
- [19] 林世成, 闵绍楷. 中国水稻品种及其谱系[M]. 上海: 上海科技出版社, 1991: 255-262.
- [20] 李光发, 张健, 崔永实, 等. 大豆新品种通农 12 的选育[J]. 作物杂志, 2000(6): 35.

(责任编辑: 杨明丽)