

张楠, 陈婷, 李小凤, 李武, 肖汉祥, 李高科. 54份鲜食玉米品种草地贪夜蛾抗虫性鉴定与评价[J]. 广东农业科学, 2021, 48(12): 25-32.

54份鲜食玉米品种草地贪夜蛾抗虫性鉴定与评价

张楠¹, 陈婷², 李小凤¹, 李武¹, 肖汉祥², 李高科¹

(1. 广东省农业科学院作物研究所/广东省农作物遗传改良重点实验室, 广东 广州 510640;

2. 广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要:【目的】鉴定评价54份鲜食玉米品种(组合)对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 的抗性级别, 为鲜食玉米抗虫育种提供参考依据。【方法】在草地贪夜蛾大爆发的自然条件下, 于2020年春季、秋季对54份鲜食玉米品种(组合)的叶片和果穗开展其对草地贪夜蛾抗虫性鉴定和评价, 综合两季结果分析鲜食玉米品种(组合)对草地贪夜蛾的抗虫性。【结果】大部分鲜食玉米的叶片和穗部对草地贪夜蛾表现为感或高感, 无高抗和抗虫品种(组合), 仅有粤五彩甜糯品种的穗部和叶片抗性表现为中抗, 占1.85%。粤鲜糯2号、粤白甜糯5号、粤甜33号等14份品种(组合)只在穗部表现为中抗, 占25.93%。【结论】综合54个鲜食玉米品种(组合)的叶片和果穗的初步鉴定结果, 鲜食玉米抗虫资源较少, 草地贪夜蛾对不同品种(组合)叶片和果穗偏好性不同。不同类型玉米在叶片抗性无显著差异, 糯性玉米和具有热带血源的甜玉米果穗存在一定程度抗虫性, 在抗虫新品种选育时可加以利用。

关键词: 鲜食玉米; 草地贪夜蛾; 危害级别; 叶片抗性; 果穗抗性

中图分类号: S433.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2021)12-0025-08

Identification and Evaluation of Resistance of 54 Fresh Corn Hybrids to Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*

ZHANG Nan¹, CHEN Ting², LI Xiaofeng¹, LI Wu¹, XIAO Hanxiang², LI Gaoke¹

(1. Crops Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/

Guangdong Key Laboratory of Crops Genetics & Improvement, Guangzhou 510640, China;

2. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/

Guangdong Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract: 【Objective】The resistance levels of 54 fresh corn varieties (hybrids) to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) were identified and evaluated with a purpose to provide references for resistance breeding. 【Method】Leaf and ear resistance of 54 fresh corn varieties hybrids was identified and evaluated in the spring and autumn of 2020 under the natural condition of fall armyworm outbreak. The resistance of 54 fresh corn varieties (hybrids) to fall armyworm was analyzed comprehensively based on the results of two seasons. 【Result】The results showed that most of the leaves and ears of fresh corn were susceptible or highly susceptible to fall armyworm, and there were no highly resistant or resistant varieties (hybrids). Only one hybrid Yewucaitiannuo displayed medium resistance on both leaves and ears, accounting for 1.85% of total hybrids. 14 hybrids such as Yuexiannuo 2, Yuebaitiannuo 5 and Yuetian 33 showed medium resistance

收稿日期: 2021-10-28

基金项目: 广东省重点研发计划项目(2020B020223004); 广州市农村科技特派员项目(20212100070); 广东省农业科学院农业优势产业学科团队建设项目(202132TD)

作者简介: 张楠(1989—), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向为鲜食玉米病虫害抗性, E-mail: clairezn@126.com

通信作者: 李高科(1979—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为鲜食玉米育种, E-mail: ligaoke790326@163.com

on ears only, accounting 25.93% of all the hybrids. 【Conclusion】Based on the preliminary identification results of the leaves and ears of 54 fresh corn varieties, it was found that the resistant resources of fresh corn were relatively scarce, and fall armyworm preferred leaves or ears from 54 hybrids differently. There was no significant difference in leaf resistance among different sweet corn varieties, and certain degree of resistance existed in the ears of waxy corn or tropical derived sweet corn, which could be used for insect resistance breeding.

Key words: fresh corn; fall armyworm; damage level; leaf resistance; ear resistance

【研究意义】广东鲜食玉米种植面积常年在 15 万 hm^2 左右。与普通玉米相比,鲜食玉米味道鲜美、适口性好,更易受到草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*) 偏爱^[1-2]。草地贪夜蛾是近年来入侵我国的重大害虫,给我国玉米生产造成重大产量损失^[3]。我国目前尚未开放抗虫转基因鲜食玉米商业化育种,大量喷施杀虫剂不仅增加种植成本,而且会加速草地贪夜蛾抗药性的产生。因此,提升鲜食玉米品种自身的抗性水平是草地贪夜蛾综合防控中关键的环节。开展鲜食玉米品种对草地贪夜蛾抗性评价,培育抗虫新品种,具有重要的社会经济意义。【前人研究进展】草地贪夜蛾是一种原产自美洲的鳞翅目昆虫。据统计,草地贪夜蛾可以寄生 76 科 353 种植物,特别是禾本科作物^[4]。除广泛的寄主适应性外,草地贪夜蛾还具有强大的繁殖能力和迁飞能力,这些特性使草地贪夜蛾在近几年成为一种全球性重大经济害虫。2016 年草地贪夜蛾入侵非洲,然后迅速在非洲大陆扩散^[5]。2018 年 9 月,撒哈拉沙漠以南的 44 个非洲国家均受到草地贪夜蛾为害^[6]。国际农业和生物科学中心(Centre for Agriculture and Biosciences International, CABI)对非洲 12 个玉米种植国家进行评估发现,若不对草地贪夜蛾进行有效防控,每年将造成玉米产量损失 830 万~2 060 万 t,占各国玉米产量的 21%~53%^[7]。2019 年 1 月,草地贪夜蛾入侵我国云南省,同年 6 月底全国 19 个省(区)1 070 个县(市、区)见虫。截至 2020 年已入侵我国 27 个省份,作物受害面积达 127.8 万 hm^2 ^[3,8-9]。草地贪夜蛾可为害玉米整个生育期,植株多个部位均可受害。该虫生育前期主要取食玉米叶片、生长点和雄穗,后期取食果穗顶部或钻入果穗取食幼嫩穗轴和籽粒,极少钻蛀玉米茎秆^[10]。1~3 龄幼虫具有集聚、趋嫩的特性,常为害玉米心叶、生长点、果穗端部,为害叶片时取食叶肉,留下叶表皮形成“窗孔”状结构。4~6 龄幼虫食量逐渐增大,叶片形成不规则孔洞、心叶破烂,六龄幼虫进入暴食期,为

害最重^[9-10]。草地贪夜蛾的防控需采取物理、化学、生物等多种手段进行综合防治。Rwomushana 等在加纳和赞比亚针对不同防治措施的效果进行调查,91.2% 的加纳农户和 97.0% 的赞比亚农户认为喷施杀虫剂效果最佳^[6]。吴孔明院士也建议在草地贪夜蛾入侵初期,我国应实施以化学防治为主的综合防治策略解决应急防控问题^[11]。美国、巴西、阿根廷、加拿大等世界主要玉米生产国家通常采用种植 Bt 转基因玉米的方法,提高玉米品种对草地贪夜蛾的抗性^[12]。2019 年,农业农村部向 2 个转基因玉米品种颁发了安全证书,允许 Bt 转基因饲料玉米在国内种植^[11]。但转 Bt 鲜食玉米尚未允许商业化种植,我国仍主要采取化学防控的方法对鲜食玉米进行虫害防治。【本研究切入点】广东省地处热带、亚热带,冬季温暖湿润,1 月平均温度在 10℃ 以上,是草地贪夜蛾周年发生区^[11]。对广东地区的草地贪夜蛾进行防控,不仅可以在本地降低草地贪夜蛾造成的为害,还可有效控制春季成虫迁飞的源头,减少向长江流域及其以北地区的迁飞数量,在全国范围内降低草地贪夜蛾造成的损失。鲜食玉米以直接食用为主,抗虫品种的种植还可减少化学农药的使用,降低消费者对食品安全的担忧。因此,培育具有抗虫性的鲜食玉米品种是解决草地贪夜蛾综合防治策略中的关键环节。本研究对现有鲜食玉米品种(组合)进行抗性资源的鉴评,为草地贪夜蛾综合防控提供支撑。【拟解决的关键问题】本研究在草地贪夜蛾发生的田间条件下,对创制的 54 个鲜食玉米品种(组合)开展叶片、穗部的抗性进行初步鉴定与分析,以期评价材料抗性,为鲜食玉米抗虫育种提供基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本次调查的鲜食玉米品种共 54 份,包括糯玉米 7 份、甜糯玉米 6 份、甜玉米 41 份,其中粳甜试 1~24 为最新组配的杂交甜玉米组合,均为

广东省农业科学院作物研究所玉米研究室自主创制。本试验对照品种为饲草玉米1号、饲草玉米2号,为湛江地区农家品种,在前期田间调查中抗虫性等级表现为抗(R),并在大规模的田间示范试验中表现稳定(未发表),由广东省农业科学院植物保护研究所提供。

1.2 抗虫性调查

所有玉米品种(组合)分别于2020年4月、8月播种于广东省农业科学院白云基地。每个小区种植2行,行距65 cm,株距28 cm,共种植30株左右。设置3次重复,随机区组排列。玉米生长过程中除日常水、肥、杂草管理外不进行任何草地贪夜蛾防治处理,田间虫害自然发生。植株生长到大喇叭口期对叶片抗性进行调查,根据叶片损伤程度将叶片受害情况分为1~9级:1级,无肉眼可见的叶片损伤;2级,1~2片老叶上有少数针孔大小伤口;3级,少数(<5片)叶片上有针孔状或长孔状伤口;4级,多数(6~8片)叶片上出现针孔、圆孔或长矩形伤口(1.3 cm左右);5级,多数(8~10片)叶片出现的不规则伤口(>3 cm),叶片膜结构被消化;6级,叶片出现几个长矩形伤口(>3 cm)或不规则形状伤口;7级,叶片出现多个大小不同的长矩形伤口(>30 cm)或不规则形状伤口,50%的叶片受到损伤;8级,绝大多数叶片出现大型长矩形(>30 cm)或规则伤口,70%的叶片受到损伤;9级,叶片几乎完全被破坏,植株死亡^[13-14]。

在收获期对果穗抗性进行调查,根据籽粒受损和穗部受害面积所占比重将果穗受害情况分为1~9级:1级,穗部无明显损伤;2级,少数(<5颗)籽粒受到损害,穗部受害面积小于5%;3级,少数(6~15颗)籽粒受到损害,穗部受害面积小于10%;4级,16~30颗籽粒受到损害,穗部受害面积小于15%;5级,31~50颗籽粒受到损害,穗部受害面积小于25%;6级,51~75颗籽粒受到损害,穗部受害面积在35%~50%之间;7级,76~100颗籽粒受到损害,穗部受害面积在50%~60%之间;8级,超过100粒籽粒受到损害,穗部受害面积在60%~100%之间,未达到100%;9级,100%的籽粒受到损害^[14]。

玉米品种对草地贪夜蛾抗性评价标准:高抗HR,为害级别为1.0~2.0;抗R,为害级别为2.1~

4.0;中抗MR,为害级别为4.1~6.0;感S,为害级别为6.1~8.0;高感HS,为害级别为8.1~9.0。

逐株调查每个品种(组合)的叶片、果穗损伤级别,根据调查统计情况,计算叶片、果穗危害程度级别的平均值。根据春季、秋季各玉米品种的抗性评价结果进行综合分析。若两季抗虫性鉴定结果相同,则以该级别作为玉米品种(组合)对草地贪夜蛾的抗性水平;若两季抗虫性鉴定结果不同,则以两季中的更高级别作为该玉米品种(组合)对草地贪夜蛾的抗性水平。

2 结果与分析

2.1 54份鲜食玉米品种(组合)叶片抗虫性鉴定

54份鲜食玉米品种(组合)叶片对草地贪夜蛾抗性鉴定结果见表1。从表1可以看出,对照品种饲草玉米1号春季、秋季田间表现与田间经验结果表现一致,叶片抗性表现为抗虫(R),饲草玉米2号在春季田间表现为中抗(MR),与前期田间观察结果相比抗性等级降低。本试验以饲草1号为实际对照品种。参试品种(组合)中,30份材料春季、秋季抗性鉴定结果相同,19份材料抗性级别相差1个等级,1份材料相差2个等级,1份材料相差3个等级,3份材料未在秋季种植。以春季、秋季鉴定结果中危害级别最高(抗性等级最低)的为标准。54份材料中,无高抗(HR)和抗虫(R)材料,中抗(MR)材料2份(粤五彩甜糯、粤甜试18),感虫(S)材料30份,高感材料(HS)22份。

2.2 54份鲜食玉米品种(组合)果穗抗虫性鉴定

54份鲜食玉米品种(组合)果穗对草地贪夜蛾抗性鉴定结果见表2。从表2可以看出,除粤甜试13外,两季玉米穗部性状病害等级均存在显著或极显著差异。其中,粤甜试2果穗秋季危害级别高于春季,其余49份参试品种(组合)与对照品种秋季为害级别普遍低于春季。以春季、秋季鉴定结果中为害级别最高(抗性等级最低)的为标准,54份材料中,无高抗(HR)材料,抗虫(R)材料1份,中抗(MR)材料15份,感虫(S)材料31份,高感材料(HS)8份。表现为中抗的15份材料中,有5份为糯、甜糯等糯性品种(粤五彩甜糯、粤鲜糯2号、粤白甜糯5号、粤白甜糯6号和粤白甜糯7号);10份为甜玉米,其中5份为具有热带血缘的甜玉米品种(粤甜33号、粤

表 1 54 份鲜食玉米品种（组合）叶片抗性级别鉴定结果
Table 1 Identification results of leaf resistance levels
of 54 fresh corn varieties (hybrids)

序号 No.	品种（组合） Variety（Hybrid）	2020 年为害级别 Damage level in 2020		抗性级别 Resistance level	序号 No.	品种（组合） Variety（Hybrid）	2020 年为害级别 Damage level in 2020		抗性级别 Resistance level
		春季 Spring	秋季 Autumn				春季 Spring	秋季 Autumn	
1	粤多彩鲜糯	8.8 ± 0.12	6.8 ± 0.40**	HS	29	粤双色 5 号	6.8 ± 1.10	7.8 ± 0.62	S
2	粤紫糯 5 号	7.8 ± 0.84	6.1 ± 1.65	S	30	粤双色 6 号	6.8 ± 0.73	8.2 ± 0.45*	HS
3	粤彩糯 2 号	6.4 ± 0.36	7.2 ± 0.21	S	31	粤双色 7 号	6.2 ± 0.78	7.8 ± 0.35	S
4	粤鲜糯 6 号	7.9 ± 1.33	6.4 ± 0.81	S	32	粤双色 8 号	7.6 ± 0.57	7.4 ± 0.23	S
5	粤鲜糯 2 号	6.4 ± 0.50	8.4 ± 0.45**	HS	33	粤甜试 1	6.8 ± 0.35	8.2 ± 0.25*	HS
6	粤白糯 6 号	7.8 ± 1.55	7.2 ± 0.83	S	34	粤甜试 2	8.4 ± 1.26	8.8 ± 0.25	HS
7	粤白糯 7 号	7.2 ± 0.20	8.6 ± 0.35*	HS	35	粤甜试 3	7.6 ± 0.27	9.0*	HS
8	粤五彩甜糯	5.9 ± 0.73	5.4 ± 0.35	MR	36	粤甜试 4	6.6 ± 0.94	6.8 ± 0.61	S
9	粤白甜糯 5 号	4.2 ± 0.71	9.0**	HS	37	粤甜试 5	7.4 ± 1.15	7.7 ± 0.34	S
10	粤白甜糯 6 号	6.2 ± 0.94	7.8 ± 0.80	S	38	粤甜试 6	7.4 ± 0.36	8.2 ± 0.06*	HS
11	粤白甜糯 7 号	7.7 ± 0.41	—	S	39	粤甜试 7	7.2 ± 0.49	7.2 ± 0.49	S
12	粤白甜糯 8 号	7.2 ± 0.53	—	S	40	粤甜试 8	7.7 ± 0.05	7.2 ± 0.38	S
13	粤白甜糯 9 号	7.8 ± 0.76	8.5 ± 0.50**	HS	41	粤甜试 9	6.4 ± 0.40	7.6 ± 0.46	S
14	粤甜 13 号	6.8 ± 0.73	6.7 ± 0.41	S	42	粤甜试 10	7.8 ± 1.55	8.2 ± 0.35	HS
15	粤甜 16 号	8.6 ± 0.39	7.0 ± 0.55*	HS	43	粤甜试 11	6.2 ± 0.48	8.0 ± 0.31*	HS
16	粤甜 26 号	6.4 ± 0.50	7.4 ± 1.43	S	44	粤甜试 12	7.2 ± 0.28	—	S
17	粤甜 27 号	7.8 ± 0.20	5.9 ± 0.21*	S	45	粤甜试 13	7.4 ± 0.92	7.2 ± 0.15	S
18	粤甜 28 号	8.4 ± 0.42	8.0 ± 0.47	HS	46	粤甜试 14	6.8 ± 0.36	8.7 ± 0.35*	HS
19	粤甜 29 号	7.2 ± 0.28	6.9 ± 0.25	S	47	粤甜试 15	4.6 ± 0.35	7.2 ± 0.45*	S
20	粤甜 30 号	7.2 ± 0.35	8.2 ± 0.10*	HS	48	粤甜试 16	6.8 ± 0.68	6.6 ± 0.18	S
21	粤甜 35 号	7.8 ± 1.10	8.0 ± 0.89	S	49	粤甜试 17	6.0 ± 0.78	9.0**	HS
22	粤甜 36 号	7.5 ± 0.31	8.4 ± 0.45*	HS	50	粤甜试 18	5.2 ± 0.94	5.6 ± 1.63	MR
23	粤甜 33 号	7.8 ± 1.26	7.4 ± 0.51	S	51	粤甜试 19	6.2 ± 0.58	7.6 ± 0.16	S
24	粤甜 37 号	8.4 ± 0.38	8.5 ± 0.30	HS	52	粤甜试 20	8.2 ± 1.13	7.4 ± 0.41*	HS
25	粤甜 38 号	6.6 ± 0.77	6.2 ± 0.21	S	53	粤甜试 21	3.8 ± 0.63	8.6 ± 0.37**	HS
26	粤甜 39 号	6.4 ± 0.64	7.6 ± 0.42	S	54	粤甜试 22	6.9 ± 0.26	6.0 ± 1.65	S
27	粤甜 40 号	7.6 ± 1.73	7.8 ± 0.06	S	55	饲草 1 号	3.0 ± 0.45	3.7 ± 0.49	R
28	粤甜高维 E2 号	6.2 ± 0.64	8.4 ± 0.55**	HS	56	饲草 2 号	5.6 ± 0.22	—	MR

注：“—”表示秋季未种植该品种（组合），“*”表示两季调查结果差异显著，“**”表示两季调查结果差异极显著。
Note: “—” represents that the variety is not planted in autumn, “*” represents that the investigation results of two seasons are significantly different and “**” represents that the investigation results of two seasons are extremely significantly different.

甜试 11、粤甜试 12、粤甜试 13 和粤甜试 19）。
2.3 草地贪夜蛾果穗与叶片抗性综合分析

将 54 份材料叶片与穗部抗性结果进行比较，其中有 21 份材料在穗部与叶片表现出相同的抗性等级，24 份材料叶片抗性级别比穗部低 1 个等级，4 份材料叶片抗性级别比穗部低 2 个等级，5 份材料叶片抗性级别比穗部高 1 个等级，说明叶片抗性等级并不能完全代表某个品种穗部的抗性等级。仅有粤五彩甜糯的穗部和叶片抗性表现均为中抗（MR），可认定为具有中抗水平的抗虫品

种，占有所有材料的 1.85%。只在穗部表现为中抗（MR）的品种共 14 份，占总材料的 25.93%。其余品种在叶片和果穗均表现为感（S）或高感（HS）。粤鲜糯 2 号、粤白甜糯 5 号、粤白甜糯 6 号、粤白甜糯 7 号等糯 / 甜糯玉米品种，和粤甜 33 号、粤甜试 11、粤甜试 12、粤甜试 13 和粤甜试 19 等具有热带血缘的甜玉米品种，虽然叶片受草地贪夜蛾危害等级较高，但穗部抗性水平却可达到中抗。
本试验中，叶部表现为中抗（MR）、感

表 2 54 份鲜食玉米品种 (组合) 果穗抗性级别鉴定结果

Table 2 Identification results of ear resistance levels of 54 fresh corn varieties (hybrids)

序号 No.	品种 (组合) Variety (Hybrid)	2020 年为害级别 Damage level in 2020		抗性级别 Resistance level	序号 No.	品种 (组合) Variety (Hybrid)	2020 年为害级别 Damage level in 2020		抗性级别 Resistance level
		春季 Spring	秋季 Autumn				春季 Spring	秋季 Autumn	
1	粤多彩鲜糯	6.1 ± 0.09	3.1 ± 0.12*	S	29	粤双色 5 号	7.3 ± 0.85	3.2 ± 0.21*	S
2	粤紫糯 5 号	6.9 ± 0.70	4.3 ± 0.46*	S	30	粤双色 6 号	6.1 ± 0.11	3.2 ± 0.20**	S
3	粤彩糯 2 号	6.3 ± 0.43	3.8 ± 0.21*	S	31	粤双色 7 号	5.0 ± 0.05	4.0 ± 0.26*	MR
4	粤鲜糯 6 号	6.8 ± 0.12	3.6 ± 0.22**	S	32	粤双色 8 号	8.8 ± 0.20	3.6 ± 0.23**	HS
5	粤鲜糯 2 号	5.8 ± 0.05	3.1 ± 0.65*	MR	33	粤甜试 1	5.6 ± 0.21	2.4 ± 0.20**	MR
6	粤白糯 6 号	6.9 ± 0.10	2.6 ± 0.75**	S	34	粤甜试 2	7.8 ± 0.35	8.4 ± 0.25**	HS
7	粤白糯 7 号	6.2 ± 0.80	3.3 ± 0.23*	S	35	粤甜试 3	6.2 ± 0.05	5.2 ± 0.25*	S
8	粤五彩甜糯	5.2 ± 0.20	3.2 ± 0.21**	MR	36	粤甜试 4	5.2 ± 0.35	3.0 ± 0.53*	MR
9	粤白甜糯 5 号	4.8 ± 0.21	4.0 ± 0.26*	MR	37	粤甜试 5	7.4 ± 0.50	3.0 ± 0.45**	S
10	粤白甜糯 6 号	4.9 ± 0.45	3.1 ± 0.35**	MR	38	粤甜试 6	8.5 ± 0.05	6.0 ± 0.20**	HS
11	粤白甜糯 7 号	5.8 ± 0.05	2.8 ± 0.21**	MR	39	粤甜试 7	6.1 ± 0.10	2.6 ± 0.15**	S
12	粤白甜糯 8 号	7.8 ± 0.12	—	S	40	粤甜试 8	8.2 ± 0.05	2.8 ± 0.25**	HS
13	粤白甜糯 9 号	7.2 ± 0.23	—	S	41	粤甜试 9	8.0 ± 0.25	7.6 ± 0.31*	S
14	粤甜 13 号	5.6 ± 0.15	3.8 ± 0.15**	MR	42	粤甜试 10	8.4 ± 0.37	2.6 ± 0.45**	HS
15	粤甜 16 号	6.6 ± 0.81	4.2 ± 0.29*	S	43	粤甜试 11	5.1 ± 0.79	1.2 ± 0.25*	MR
16	粤甜 26 号	6.6 ± 0.75	1.2 ± 0.26**	S	44	粤甜试 12	4.2 ± 0.46	—	MR
17	粤甜 27 号	7.1 ± 0.11	3.8 ± 1.03*	S	45	粤甜试 13	5.8 ± 0.25	5.8 ± 1.17	MR
18	粤甜 28 号	6.3 ± 0.15	2.6 ± 0.43**	S	46	粤甜试 14	9.0	8.3 ± 0.07**	HS
19	粤甜 29 号	8.6 ± 0.01	2.4 ± 0.61**	HS	47	粤甜试 15	7.8 ± 0.82	3.4 ± 0.35*	S
20	粤甜 30 号	7.8 ± 0.80	3.0 ± 0.12**	S	48	粤甜试 16	6.8 ± 0.13	4.4 ± 0.60**	S
21	粤甜 35 号	6.4 ± 0.80	3.6 ± 0.21*	S	49	粤甜试 17	6.8 ± 1.26	3.1 ± 0.21*	S
22	粤甜 36 号	7.8 ± 0.83	4.6 ± 0.15*	S	50	粤甜试 18	7.8 ± 0.40	2.2 ± 0.40**	S
23	粤甜 33 号	5.9 ± 0.75	1.8 ± 0.06*	MR	51	粤甜试 19	4.6 ± 0.20	2.2 ± 0.45*	MR
24	粤甜 37 号	6.7 ± 0.35	2.2 ± 0.26**	S	52	粤甜试 20	6.6 ± 0.85	4.4 ± 0.25*	S
25	粤甜 38 号	6.8 ± 0.61	3.1 ± 0.06**	S	53	粤甜试 21	6.4 ± 0.25	2.6 ± 0.85*	S
26	粤甜 39 号	5.8 ± 0.12	3.1 ± 0.10**	MR	54	粤甜试 22	8.4 ± 0.20	5.8 ± 0.45**	HS
27	粤甜 40 号	6.1 ± 0.21	2.2 ± 0.35**	S	55	饲草 1 号	3.2 ± 0.17	1.3 ± 0.25**	R
28	粤甜高维 E2 号	6.8 ± 0.12	4.8 ± 0.65*	S	56	饲草 2 号	5.6 ± 0.25	—	MR

注: “—” 表示秋季未种植该品种 (组合), “*” 表示两季调查结果差异显著, “**” 表示两季调查结果差异极显著。

Note: “—” represents that the variety is not planted in autumn, “*” represents that the investigation results of two seasons are significantly different and “**” represents that the investigation results of two seasons are extremely significantly different.

(S) 和高感 (HS) 的糯 / 甜糯玉米分别为 1 份、7 份和 5 份, 占参试糯 / 甜糯玉米品种的 7.69%、53.85% 和 38.46%。叶部表现为中抗 (MR)、感 (S) 和高感 (HS) 的甜玉米品种 (组合) 分别为 1 份、23 份和 17 份, 占参试甜玉米品种 (组合) 的 2.44%、56.10% 和 41.46%。糯 / 甜糯玉米和甜玉米品种中叶片抗性表现无显著差异, 草地贪夜蛾并未对特定类型的玉米叶片产生偏好性。穗部表现为中抗 (MR) 和感 (S) 的糯 / 甜糯品种分别为 5 份和 8 份, 占参试糯 / 甜糯总数的 61.54% 和 38.46%。糯 / 甜糯玉米品种在穗部无高感 (HS) 品种。甜

玉米品种 (组合) 中穗部抗性级别表现为中抗 (MR)、感 (S) 和高感 (HS) 的品种分别为 10 份、8 份和 23 份, 占全部参试甜玉米品种 (组合) 的 24.39%、56.10% 和 19.50%。糯 / 甜糯玉米穗部抗性表现优于甜玉米品种 (组合)。

3 讨论

抗草地贪夜蛾品种的培育依赖于抗虫种质资源的挖掘。美国在 1990 年已培育出抗性自交系品种 Mp708^[15], 并发现草地贪夜蛾幼虫取食后抗虫材料的叶片积累了一种 33 ku 的酪氨酸蛋白

酶^[16]。但随着转 Bt 基因玉米的广泛种植, 对抗虫资源的挖掘与抗性品种培育的力度逐渐下降。草地贪夜蛾成为全球性重大入侵害虫后, 一些研究开始对玉米资源进行抗虫性评价, 特别是未进行转基因商业化种植的鲜食玉米、爆裂玉米等特用玉米资源^[17-18]。虽然鉴定出一些抗虫资源, 但未对抗虫基因或物质进行深入解析。本次研究中用作对照的玉米品种饲草 1 号, 是在田间调查草地贪夜蛾为害情况时发现的农家品种, 农户将其作为青贮饲料种植。饲草 1 号表现出稳定的抗性, 该品种叶片表面多绒毛, 但其抗性机制尚不清楚, 可作为草地贪夜蛾抗虫基因挖掘及抗性机制研究的良好材料。

本试验中, 春季与秋季叶片抗虫性调查结果一致性较高, 但秋季果穗抗性显著高于春季。与叶部结果相比, 穗部性状调查稳定性较差, 这可能与性状调查时外界温度相关。温度是影响草地贪夜蛾生长发育、繁殖和分布地区的主要环境因素, 其发育阶段的发育历期随温度的升高而缩短^[19]。春季叶片、穗部危害情况调查时间为 5 月下旬、7 月上旬, 而秋季叶片、穗部调查时间分别为 10 月中旬、11 月下旬。广州市 5 月、7 月、10 月、11 月的日平均温度处于波动状态, 2020 年 7 月达到最高值, 然后开始下降。试验地所在广州市白云区 5 月 (21.6~36.2 °C) 与 10 月 (18.6~34.5 °C) 日平均温度相似, 因此叶片性状调查结果一致性较高; 而 7 月 (25.0~38.6 °C) 日平均温度显著高于 11 月 (13.2~31.6 °C), 因此草地贪夜蛾的生长与繁殖速度更快, 食用玉米籽粒速度更快, 危害级别显著高于 11 月 (温度数据来源于广州市气象台官方网站: <http://www.tqyb.com.cn/>)。不同时间下的差异表明草地贪夜蛾抗虫性鉴定受环境影响较大, 特别是温度因素。因此本次调查结果只能对 54 份鲜食玉米品种 (组合) 的抗虫性进行初步鉴定, 为后续抗虫育种提供参考。在进行抗虫性材料筛选时, 要注意进行多年、多点、不同时期的重复鉴定, 保证材料在不同时间、地点、环境下能保持稳定的抗性, 才能将其应用于抗虫性育种。

草地贪夜蛾可取食玉米植株的多个组织, 不同组织的营养成分和结构致密性影响着草地贪夜蛾的适合度^[20]。通过对叶片和穗部抗虫性鉴定结果进行比较分析发现, 只有粤五彩甜糯在叶

片与穗部均具有中抗水平。叶部性状调查结果显示草地贪夜蛾并没有对不同类型的玉米具有偏好性。杨亚军等利用甜玉米、糯玉米、甜糯玉米和普通玉米 4 种不同的玉米饲养草地贪夜蛾幼虫, 发现 4 种玉米叶片对草地贪夜蛾的生长发育与繁殖无显著影响^[21]。而戴钊萱等用 3 份甜玉米品种和 3 份糯玉米品种的叶片喂食草地贪夜蛾幼虫, 则发现取食甜质型玉米的草地贪夜蛾的幼虫存活率、蛹重、雌成虫产卵量均显著高于取食糯质型玉米, 草地贪夜蛾在甜质型玉米上生存适合度更高^[22]。徐川峰等用 2 个糯玉米品种与 3 个普通玉米品种对草地贪夜蛾进行投喂, 发现以糯质型玉米饲养的草地贪夜蛾幼虫发育历期与成虫寿命均长于取食普通玉米的个体, 但仅六龄幼虫阶段对不同玉米品种的取食偏好性存在显著差异^[2]。张艳蕾等则发现草地贪夜蛾幼虫对玉米品种的取食选择性与玉米叶片中营养物质含量具有显著的相关性且随着幼虫龄期增长, 取食选择性逐渐减弱^[23]。因各研究选用的玉米品种数量均较少, 且品种不同, 尚不能确定草地贪夜蛾叶部抗性差异与品种类型是否相关。对于穗部性状的结果分析表明, 粤鲜糯 2 号、粤白甜糯 5 号、粤白甜糯 6 号、粤白甜糯 7 号等部分糯玉米、甜糯玉米品种, 粤甜 33 号以及组合粤甜试 11、粤甜试 12、粤甜试 13 等部分具有一定热带血缘的甜玉米品种穗部的抗虫性达到中抗水平。糯玉米、甜糯玉米和热带血缘的甜玉米穗部抗性的原因可能并不相同。糯玉米、甜糯玉米籽粒具有含量较高的支链淀粉, 甜玉米则具有含量较高的可溶性糖, 更易受到草地贪夜蛾偏爱^[1]。热带血缘的甜玉米品种 (组合) 籽粒可能具有某些抗性物质或蛋白, 影响草地贪夜蛾的取食, 可作为甜玉米抗虫育种的材料加以利用。胡慧芬和李贤嘉等田间调查均发现, 草地贪夜蛾主要通过玉米果穗顶部花丝处钻蛀取食, 钻蛀玉米果穗中部和果穗基部取食的比例较低^[1,24], 因此苞叶的长度、紧实度也一定程度影响穗部性状的抗性。例如, 本试验中的粤甜试 4 号苞叶较长、果穗包裹性较好, 果穗表现为中抗。只考虑叶片抗性鉴定结果, 54 份鲜食玉米品种 (组合) 中只有 1 份中抗材料。对穗部性状鉴定后, 中抗材料可达到 15 份。因为植物的补偿作用, 取食叶片并不必然造成产量损失^[7]。因此在对草地贪夜蛾抗性进行鉴定时, 应综合考虑叶

片危害和穗部产量损失情况。对抗性品种利用时,也应分析其抗虫表现来源于营养成分、果穗形态或是抗虫基因。

4 结论

本研究在草地贪夜蛾大爆发的自然条件下对 54 份鲜食玉米品种(组合)的叶片和果穗抗虫性进行鉴定,经过 2020 年春季、秋季试验,鲜食玉米中草地贪夜蛾抗性材料较少,无抗虫或高抗品种。筛选获得叶片和果穗同时具有中等抗性的品种 1 份,为粤五彩甜糯。同时获得只在果穗达到中抗水平的鲜食玉米品种(组合)14 份。甜玉米和糯/甜糯玉米在叶片抗性上无显著差异,而糯/甜糯玉米穗部抗性程度高于甜玉米。具有热带血缘的甜玉米品种表现出一定程度的抗性。本研究结果为鲜食玉米抗虫育种提供了一定参考。

参考文献 (References):

- [1] 李贤嘉, 吴吉英子, 戴修纯, 王勇庆, 王瑞飞, 张志祥, 徐汉虹. 草地贪夜蛾对不同玉米品种果穗的为害研究[J]. 华南农业大学学报, 2021, 42 (2): 71-79. DOI: 10.7671/j.issn.1001-411X.202006031.
- LI X J, WU J Y Z, DAI X C, WANG Y Q, WANG R F, ZHANG Z X, XU H H. Study on the damage of *Spodoptera frugiperda* to ears of different maize cultivars [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2021, 42 (2): 71-79. DOI: 10.7671/j.issn.1001-411X. 202006031.
- [2] 徐川峰, 萨日那, 何佳玥, 郭笑, 芦芳, 成玮, 胡高, 陈法军, 万贵钧, 赵婧妍. 草地贪夜蛾对不同品种玉米的适应性比较研究[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (4): 891-900. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0858. 2021.04.9.
- XU C F, SA R N, HE J Y, GUO X, LU F, CHENG W, HU G, CHEN F J, WAN G J, ZHAO J Y. Comparative study on the adaptability of *Spodoptera frugiperda* to different corn varieties [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (4): 891-900. DOI: 10.3969 / j.issn. 1674-0858.2021.04.9
- [3] ZHOU Y, WU Q L, ZHANG H W, WU K M. Spread of invasive migratory pest *Spodoptera frugiperda* and management practices throughout China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021, 20 (3): 637-645. DOI: 10.1016/S2095-3119 (21) 63621-3.
- [4] MONTEZANO D G, SOSA-GÓMEZ D R, PAULA-MORAES S V, SOUSA-SILVA J C, HUNT T E, SPECHT A, ROQUE-SPECHT V F, PETERSON J A. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. *African Entomology*, 2018, 26 (2): 286-300. DOI: 10.4001/003.026.0286.
- [5] GOERGEN G, KUMAR P L, SANKUNG S B, TOGOLA A, TAMÒ M. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa [J]. *PLOS ONE*, 2016, 11 (10): e0165632. DOI: 10.1371/journal.pone.0165632.
- [6] RWOMUSHANA I, BATEMAN M, BEALE T, BESEH P, CAMERON K, CHILUBA M, TAMBO J. Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa Evidence Note Update, October 2018. 2018, Report to DFID. CABI, Wallingford.
- [7] DAY R, ABRAHAMS P, BATEMAN M, BEALE T, CLOTTEY V, COCK M, COLMENAREZ Y, CORNIANI N, EARLY R, GODWIN J. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa [J]. *Outlooks Pest Man*, 2017, 28: 196-201. DOI: 10.1564/v28_oct_02.
- [8] 姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39 (2): 33-35.
- JIANG Y Y, LIU J, ZHU X M. Occurrence and invasion dynamics of *Spodoptera frugiperda* in China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 33-35.
- [9] 刘杰, 姜玉英, 吴秋琳, 赵胜园, 李虎. 我国草地贪夜蛾冬春季发生为害特点及下半年发生趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39 (7): 36-38, 49.
- LIU J, JIANG Y Y, WU Q L, ZHAO S Y, LI H. Damage characteristics in winter-spring and invasion in latter half of the year of *Spodoptera frugiperda* in China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (7): 36-38, 49.
- [10] 太红坤, 郭井菲, 张峰, 王根权, 安智燕, 张婷, 苏华亮, 许君林, 杨立秋, 王振营. 草地贪夜蛾在云南冬季甜玉米上的生物学习性及为害状观察[J]. 植物保护, 2019, 45 (5): 91-95. DOI: 10.16688/j.zwbh. 2019349.
- TAI H K, GUO J F, ZHANG F, WANG G Q, AN Z Y, ZHANG T, SU H L, XU L J, YANG L Q, WANG Z Y. Biological characteristics and damage symptom of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* on winter sown sweet corn in Yunnan province [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (5): 91-95. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019349.
- [11] 吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略[J]. 植物保护, 2020, 46 (2): 1-5. DOI: 10.16688/j.zwbh.2020088.
- WU K M. Management strategies of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 1-5. DOI: 10. 16688/j.zwbh.2020088.
- [12] HUANG F N. Resistance of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to transgenic *Bacillus thuringiensis* Cry1F corn in the Americas: lessons and implications for Bt corn IRM in China [J]. *Insect Science*, 2021, 28 (3): 574-589. DOI 10.1111/1744-7917.12826.
- [13] SISAY B, SIMIYU J, MENDESIL E, LIKHAYO P, AYALEW G, MOHAMED S, SUBRAMANIAN S, TEFERA T. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* infestations in East Africa: assessment of damage and parasitism [J]. *Insects*, 2019, 10 (7): 195. DOI: 10.3390/insects10070195.
- [14] PRASANNA B M, BRUCEA, WINTER S, OTIM M, ASEA G, SEVGAN S, BA M. Host plant resistance to fall armyworm. In fall armyworm in Africa: A guide for integrated pest management, 1st ed. PRASANNA B M, HUESING J E, EDDY R, PESCHKE V M. CIMMYT: Mexico, 2018: 45-62.

- [15] 周绍群.不同玉米品种对草地贪夜蛾抗性的评估及其在防治中的应用前景[J].植物保护, 2019,45(5):8-12. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019403.
- ZHOU S Q. Evaluation of resistance against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) among diverse *Zea mays* cultivars and its application prospect in pest management[J]. *Plant Protection*, 2019, 45(5): 8-12. DOI:10.16688/j.zwbh.2019403.
- [16] PECHAN T, YE L J, CHANG Y M, MITRA A, LIN L, DAVIS F M, WILLIAMS W P, LUTHE D S. A unique 33-kD cysteine proteinase accumulates in response to larval feeding in maize genotypes resistant to fall armyworm and other Lepidoptera[J]. *The Plant Cell*, 2000,12(7): 1031-1040. DOI:10.1105/TPC.12.7.1031.
- [17] CRUBELATI-MULATI N, BALERONI A G, CONTRERAS-SOTO R I, FERREIRA C J B, CASTRO C R, ALBUQUERQUE F A, SCAPIM C A. Evaluation of resistance to *Spodoptera frugiperda* in sweet and field corn genotypes[J]. *Maydica*, 2020, 64(3):1-7.
- [18] OLIVEIRA N, SUZUKAWA A K, PEREIRA C B, SANTOS H V, ALBUQUERQUE F A, SCAPIM C A. Popcorn genotypes resistance to fall armyworm[J]. *Ciência Rural*, 2018, 48(2): e20170378.
- [19] 何莉梅, 葛世帅, 陈玉超, 吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 草地贪夜蛾的发育起点温度、有效积温和发育历期预测模型[J]. 植物保护, 2019,45(5):18-26. DOI:10.16688/j.zwbh.2019409.
- HE L M, GE S H, CHEN Y C, WU Q L, JIANG Y Y, WU K M. The developmental threshold temperature, effective accumulated temperature and prediction model of developmental duration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45(5):18-26. DOI:10.16688/j.zwbh.2019409.
- [20] 唐庆峰, 房敏, 姚领, 邱坤, 郑兆阳, 金涛, 李桂亭. 取食玉米不同组织对草地贪夜蛾生长发育及营养指标的影响[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 24-27. DOI:10.16688/j.zwbh.2019510.
- TANG Q F, FANG M, YAO L, QIU K, ZHENG Z Y, JIN T, LI G T. Effects of feeding different corn organizations on growth, development and nutritional indexes of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46(1): 24-27. DOI:10.16688/j.zwbh.2019510.
- [21] 杨亚军, 徐红星, 胡阳, 韩海亮, 钱佳宁, 吕仲贤. 草地贪夜蛾在不同类型玉米苗期的生长发育与繁殖[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(6): 1345-1349. DOI: 10.7679/j.issn.2095-1353.2020.139
- YANG Y J, XU H X, HU Y, HAN H L, QIAN J N, LYU Z X. Growth development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* during the seedling stage on different types of maize [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57(6): 1345-1349. DOI:10.7679/j.issn.2095-1353.2020.139
- [22] 戴钊萱, 李子园, 田耀加, 张振飞, 王磊, 陆永跃, 李有志, 陈科伟. 不同品种玉米对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响[J]. 应用生态学报, 2020,31(10):3273-3281. DOI:10.13287/j.1001-9332.202010.020.
- DAI Q X, LI Z Y, TIAN Y J, ZHANG Z F, WANG L, LU Y Y, LI Y Z, CHEN K W. Effects of different corn varieties on development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2020,31(10):3273-3281. DOI:10.13287/j.1001-9332.202010.020.
- [23] 张艳蕾, 张克信, 马岳, 张强艳, 刘卫红, 姜红霞, 杨琳凯, 刘长仲. 草地贪夜蛾对玉米品种的取食选择性与玉米叶片中化学物质的关系[J]. 中国植保导刊, 2021,41(6):10-16,39.
- ZHANG Y L, ZHANG K X, MA Y, ZHANG Q Y, LIU H W, JIANG H X, YANG L K, LIU C H Z. Feeding selectivity of *Spodoptera frugiperda* on different maize cultivars and its relationship with chemical substances in maize leaves [J]. *China Plant Protection*, 2021,41(6):10-16,39.
- [24] 胡慧芬, 贺艳粉, 何平, 张琼, 黎斌, 韩伟君, 周文文, 罗嵘. 草地贪夜蛾对云南省不同玉米品种及果穗的危害研究[J]. 云南农业科技, 2021(1):39-41.
- HU H F, HE Y F, HE P, ZHANG Q, LI B, HAN W J, ZHOU W W, LUO R. Study on damage of *Spodoptera frugiperda* to different maize varieties and ears in Yunnan Province [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2021(1):39-41.

(责任编辑 杨贤智)



李高科, 博士, 研究员, 玉米研究室主任, 毕业于四川农业大学, 主要从事鲜食玉米遗传育种工作。主持广东省重点研发计划项目、广东省省部产学研项目、广东省产业体系育种岗、广东省农业科学院团队项目等科研项目 20 多项, 国家重点研发计划项目及国家玉米产业技术体系广州甜玉米综合试验站骨干成员, 获得广东省科技二等奖 3 项, 中华农业科技二等奖 2 项, 大北农创新二等奖 1 项, 中国产学研合作创新与促进二等奖 1 项, 获得省级以上审定品种 30 多个, 其中国审 10 多个, 新品种保护权授权 2 项, 品种经营权转让金额超过 1 000 万元, 参与出版著作 4 部, 发表科技论文 20 多篇(以第一作者或通信作者发表 10 多篇)。2014 年度获广东省农业科学院先进工作者称号, 多年获得广东省农业科学院优秀共产党员称号, 广州市珠江科技新星获得者。



张楠, 博士, 助理研究员。2016 年毕业于中国农业大学作物遗传育种专业, 长期从事甜玉米抗性遗传改良工作, 负责国家玉米产业体系广州甜玉米综合试验站玉米病害鉴定试验。在 *Nature Genetics*、*MPMI*、*Journal of Fungi* 等期刊发表论文 7 篇。以第一发明人申请发明专利 2 项, 授权 1 项。主持国家自然科学基金青年项目、广州市农村科技特派员、广州市重点研发计划等项目 3 项。