

# 一个无叶舌玉米育种新材料的利用研究

吴凤新, 张 好, 谢 利, 王 丹, 杜金洹, 孙志超, 蔡鑫茹, 张 艳, 路 明,  
邢跃先\*, 孙传波\*

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

**摘 要:**本研究从黄早四回交群体的自交后代发现了无叶舌单株, 自交获得隐性无叶舌自交系吉 D69。采用回交转育的方法, 把吉 D69 的无叶舌基因导入到杂交种吉单 513 的两个亲本吉 V203 和吉 V152 中, 获得无叶舌自交系吉 V203/lg 和吉 V152/lg。2017 年用吉 V203 和吉 V152 及其对应的无叶舌自交系吉 V203/lg 和吉 V152/lg 配制杂交种吉单 513、吉单 513/lg、吉单 513/sm 和吉单 513/sf, 2018 年进行性状调查并对杂交种进行测产。发现无叶舌自交系株型收敛, 果穗普遍变小; 当杂交种的双亲均为无叶舌自交系时, 由于果穗太小而减产, 而当杂交种的一个亲本为无叶舌自交系时, 由于耐密性提高而增产。无叶舌育种新材料在耐密育种中具有较大的应用价值。

**关键词:**玉米; 无叶舌育种材料; 耐密育种

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)06-0011-03

## Study on the Utilization of a New Liguleless Maize Breeding Material

WU Fengxin, ZHANG Yu, XIE Li, WANG Dan, DU Jinhuan, SUN Zhichao, CAI Xinru, ZHANG Yan,  
LU Ming, XING Yuexian\*, SUN Chuanbo\*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** This study found a liguleless plant from the self-crossing offspring of backcross group of Huangzao4, and obtained the recessive liguleless inbred line Ji D69. Using the method of backcross conversion, the liguleless gene of Ji D69 was introduced into Ji V203 and Ji V152, the two parents of the hybrid Jidan 513, and obtained the liguleless inbred lines Ji V203/lg and Ji V152/lg. In 2017, the hybrids Jidan 513, Jidan 513/lg, Jidan 513/sm and Jidan 513/sf were prepared by using Ji V203 and Ji V152 and their corresponding liguleless inbred lines. The characters were investigated and the yield of the hybrids was measured in 2018. We found that the plant type of the liguleless corn converged and the ear size was generally smaller; when the parents of one hybrid are both liguleless inbred lines, the yield of the hybrid was reduced because of the small ear size, while when one of the parents of the hybrid was a liguleless inbred line, the yield was increased due to the improvement of density tolerance. Therefore, the new liguleless breeding material has a great application value in dense resistance breeding.

**Key words:** Maize; Liguleless breeding material; Dense resistance breeding

粮食增产离不开良种的研发与推广<sup>[1]</sup>。近年来, 玉米产量不断提高, 除了育种上重视抗病外, 还与生产上普遍使用耐密品种有关<sup>[2]</sup>。目前我国主推品种的种植密度已经普遍较高, 一般在每公

顷 6 万 ~ 7 万株, 与其他国家相比还有一定的差距, 例如美国玉米生产田种植密度每公顷 8 万 ~ 9 万株<sup>[3]</sup>。因此, 在现有的高产量水平上继续创造超高产, 必须增加种植密度<sup>[4]</sup>。

耐密玉米种质是耐密玉米育种的基础<sup>[5]</sup>。开展耐密玉米种质挖掘、创新利用与研究对拓展玉米种质基础, 提高耐密育种水平意义重大。以往研究表明, 玉米无叶舌性状能使叶片直立、叶夹角变小、光合面积变大、光能利用率提高, 对发展耐密种植模式和提高群体产量都具有重要作用<sup>[6]</sup>。关于玉米无叶舌性状的研究报道较少, 许多有叶舌材料耐密性也很强, 所以对无叶舌性状

收稿日期: 2019-03-27

基金项目: 创新研究群体科学基金(CXGC2018ZY007); 农业农村部公益行业专项(201503112-5)

作者简介: 吴凤新(1966-), 女, 副研究员, 从事玉米育种工作。

通讯作者: 邢跃先, 男, 硕士, 研究员, E-mail: xingyuexianzy@163.com

孙传波, 男, 硕士, 副研究员, E-mail: chuanbosun@163.com

的关注程度不高。我国从20世纪70年代开始无叶舌自交系的转育研究,但成效不显著,分析原因,首先是未能克服无叶舌植株出现的抽雄不畅,进而影响传粉;其次是无叶舌植株茎秆质地软,易出现倒伏等不良性状;另外,用作自交系导入的无叶舌基因遗传背景狭窄,在重组中获得有利基因的频率低<sup>[7]</sup>。研究发现,利用无叶舌材料与综合种重组时,后代可得到茎叶夹角小的株系,对创造耐密植育种材料意义重大<sup>[8]</sup>。

2008年,本课题组在黄早四×吉1037回交群体的自交后代中发现了无叶舌变异株,自交保留获得了稳定的无叶舌自交系,定名为吉D69。与正常黄早四相比,吉D69的生育期晚1~2d;株高、穗位均有所增高;抗叶斑病、丝黑穗病能力增强;果穗比黄早四略小;株型收敛,茎秆与叶片夹角小,叶片下部包裹在茎秆上;雄穗外露近1/2,分枝少,散粉通畅程度一般。2010年开始分别以K10、吉V203、吉V152等骨干自交系为轮回亲本,吉D69为非轮回亲本进行杂交,连续回交并自交,获得了无叶舌后代,为耐密育种研究增添了新的种质资源。2014年利用5对无叶舌性状的近等基因系通过SNP芯片测序方法,将无叶舌基因定位在2号染色体的2.01bin上,物理距离为645kb,并已开发出可用于回交转育辅助选择的分子标记。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 供试自交系

供试自交系6个,分别是黄早四、吉V203、吉V152以及它们对应的无叶舌自交系吉D69、吉V203/lg和吉V152/lg,自交系性状及来源见表1。

表1 供试自交系来源及叶舌表现

名称	血缘	来源	叶舌
黄早四	塘四平头	塘四平头天然杂株	有叶舌
吉D69	塘四平头	黄早四×吉1037回交后代	无叶舌
吉V203	X偏reid	国外杂交种二环系	有叶舌
吉V152	塘四平头	四-287×吉98107自交后代	有叶舌
吉V203/lg	X偏reid	吉V203×D69回交后代	无叶舌
吉V152/lg	塘四平头	吉V152×D69回交后代	无叶舌

#### 1.1.2 供试杂交种

供试杂交种4个,分别是吉单513(双亲正常)、吉单513/lg(双亲均为无叶舌)、吉单513/sf(仅母本为无叶舌)和吉单513/sm(仅父本为无叶舌),杂交种性状及亲本来源见表2。

表2 供试杂交种亲本来源及叶舌表现

名称	母本	父本	叶舌
吉单513	吉V203	吉V152	有叶舌
吉单513/lg	吉V203/lg	吉V152/lg	无叶舌
吉单513/sf	吉V203/lg	吉V152	有叶舌
吉单513/sm	吉V203	吉V152/lg	有叶舌

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 无叶舌自交系选育

分别以吉V203、吉V152为母本,吉D69为父本进行杂交,然后用吉V203、吉V152做轮回亲本进行回交。由于最初没有开发分子标记,只能回交一代再自交一代,费时费力。2014年开发了可用的分子标记,冬季在海南开始只需用PCR检测植株幼苗叶片,选择含有无叶舌单株授粉留种即可,节省了很多人力、物力和时间。回交至BC<sub>6</sub>时自交,选择无叶舌单株自交留种,经配合力筛选后,2016年获得了无叶舌自交系吉V203/lg和吉V152/lg,选育过程见表3。

表3 无叶舌自交系吉V203/lg和吉V152/lg选育过程

年份	地点	来源	世代	选育方法
2010	公主岭	吉V203×吉D69 吉V152×吉D69	F <sub>1</sub>	杂交
2011	公主岭	吉V203 <sup>2</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>2</sup> ×吉D69	BC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	回交
2011	海南	吉V203 <sup>2</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>2</sup> ×吉D69	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	自交
2012	公主岭	吉V203 <sup>3</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>3</sup> ×吉D69	BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	回交
2012	海南	吉V203 <sup>3</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>3</sup> ×吉D69	BC <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	自交
2013	公主岭	吉V203 <sup>4</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>4</sup> ×吉D69	BC <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	回交
2013	海南	吉V203 <sup>4</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>4</sup> ×吉D69	BC <sub>3</sub> F <sub>4</sub>	自交
2014	公主岭	吉V203 <sup>5</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>5</sup> ×吉D69	BC <sub>4</sub> F <sub>4</sub>	回交
2014	海南	吉V203 <sup>6</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>6</sup> ×吉D69	BC <sub>5</sub> F <sub>4</sub>	分子标记 回交
2015	公主岭	吉V203 <sup>7</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>7</sup> ×吉D69	BC <sub>6</sub> F <sub>4</sub>	分子标记 回交
2015	海南	吉V203 <sup>7</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>7</sup> ×吉D69	BC <sub>6</sub> F <sub>5</sub>	自交
2016	公主岭	吉V203 <sup>7</sup> ×吉D69 吉V152 <sup>7</sup> ×吉D69	稳定系	测定配合力

### 1.2.2 杂交组合的配制

吉单 513 是 2014 年通过内蒙古审定的中熟杂交种,正常种植密度为每公顷 6.5 万~7 万株。本研究旨在探索将吉单 513 的一个或两个亲本换成无叶舌自交系后其性状及产量变化情况,因此配制了吉单 513(吉 V203×吉 V152)、吉单 513/lg(吉 V203/lg×吉 V152/lg)、吉单 513/sm(吉 V203×吉 V152/lg)和吉单 513/sf(吉 V203/lg×吉 V152)。

### 1.2.3 田间设计

2018 年在公主岭院区试验地自交系种植 5 m 行长,1 行区,每行 20 株,2 次重复;杂交种以吉单 513 为对照品种,采用随机区组设计,3 次重复,2 行区,8 m 行长,行距 0.625 m,株距 0.21 m,密度 7.5 万株/hm<sup>2</sup>,管理措施与普通大田相同。灌浆至成熟期调查穗上叶片夹角、株高、穗位高、雄花外露百分数、穗长及秃尖。秋季收获杂交种小区全部果穗测产,并换算成公顷产量进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 自交系的性状表现

无叶舌自交系穗上叶片夹角、雄花外露百分数及穗长均小于对应的有叶舌自交系;而株高、穗位除了吉 D69 比对应的有叶舌自交系偏高外,吉 V203/lg 和吉 V152/lg 均无明显差别;在果穗秃尖方面也没有明显差别,见表 4。

表 4 自交系主要性状比较

名称	株高 (cm)	穗位 (cm)	叶夹角 (°)	雄花 外露(%)	穗长 (cm)	秃尖 (cm)
黄早四	168	72	16.51	100	13	1.2
吉 D69	181	84	2.13	50	10	1.0
吉 V203	228	81	13.22	100	16	0.3
吉 V203/lg	231	82	2.34	75	14	0.2
吉 V152	175	70	15.86	100	16	1.3
吉 V152/lg	173	71	2.47	75	15	1.1

在 6 万株/hm<sup>2</sup> 密度下,有叶舌与无叶舌自交系果穗秃尖大小没有明显差异,但在田间无叶舌植株叶片夹角小,叶片上冲,株型收敛,群体通风、

透光性明显好于有叶舌群体,见图 1 和图 2。



图 1 有叶舌自交系群体 图 2 无叶舌自交系群体

### 2.2 杂交种性状表现

与对照吉单 513 相比,其它 3 个杂交种在株高、穗位方面均无明显差别;在穗上叶片夹角方面,3 个杂交种都小于对照,其中,吉单 513/lg 最小,吉单 513/sm 和吉单 513/sf 次之;在雄花外露百分数及穗长方面,吉单 513/lg 最小,吉单 513/sm 和吉单 513/sf 与对照无明显差异;在果穗秃尖方面,吉单 513/sf 最小,见表 5。

表 5 杂交种主要性状比较

名称	株高 (cm)	穗位 (cm)	叶夹 角 (°)	雄花 外露 (%)	穗长 (cm)	秃尖 (cm)
吉单 513(CK)	278	108	15.66	100	18.2	1.2
吉单 513/lg	283	110	2.11	75	14.8	1.0
吉单 513/sm	281	110	9.98	100	18.1	0.6
吉单 513/sf	277	109	10.32	100	17.9	0.5

吉单 513/sm 和吉单 513/sf 的穗上叶片夹角与秃尖小于对照吉单 513,说明当杂交种双亲中有一个是无叶舌自交系时,其耐密性会有所提高。当双亲均为无叶舌自交系时,穗上叶片夹角及果穗长度均明显变小。

### 2.3 杂交种测产结果及分析

在 7.5 万株/hm<sup>2</sup> 密度下,吉单 513/lg 的减产幅度比较大,达到 22.7%;吉单 513/sm 和吉单 513/sf 均表现增产,见表 6。

表 6 杂交种小区产量及分析

名称	小区产量(kg)	公顷产量(kg)	超过对照(%)
吉单 513(CK)	12.756	11.968	13.042
吉单 513/lg	9.285	9.871	10.033
吉单 513/sm	12.977	12.597	13.348
吉单 513/sf	13.591	13.567	12.989
			12 588.7
			9 729.7
			12 980.7
			13 382.3
			-
			-22.7
			3.1
			6.3

(下转第 49 页)



- 工程技术(综合版),2018(4):78-80.
- [20] Mariotti Kde C, Marcelo M C, Ortiz R S, et al. Seized cannabis seeds cultivated in greenhouse: A chemical study by gas chromatography-mass spectrometry and chemometric analysis[J]. Science & justice,2016,56(1):35-41.
- [21] Borille B T, Marcelo M C A, Ortiz R S, et al. Near infrared spectroscopy combined with chemometrics for growth stage classification of cannabis cultivated in a greenhouse from seized seeds[J]. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2017, 173: 318-323.
- [22] 杨明,张亮华,钱金良.大麻冬繁加代试验[J].云南农业科技,1996(6):22-23.
- [23] W H T Loh, S C Hartsel, L W Robertson. Tissue Culture of *Cannabis sativa* L. and in vitro Biotransformation of Phenolics[J]. Journal of Plant Physiology, 1983,111(5):395-400.
- [24] 姜颖,夏尊民,韩承伟,等.工业大麻高效再生体系的初步研究[J].中国麻业科学,2015,37(3):126-129,147.
- [25] 一种工业大麻扦插繁殖的方法[J].农村实用技术,2013(8):28.
- [26] Shannon L D, George D W. Genetic variation in hemp and marijuana (*Cannabis sativa* L.) according to amplified fragment length polymorphisms[J].J Forensic Sci, 2006, 51(2): 371-375.
- [27] Kaitlin U Laverty, Jake M Stout, Mitchell J Sullivan, et al. A physical and genetic map of *Cannabis sativa* identifies extensive rearrangements at the THC/CBD acid synthase loci[J]. Genome Research, 2018, 12: 1-11.
- [28] 唐靖,臧巩固,赵立宁,等.几个大麻品种种子辐射敏感性的初步确定[J].中国麻业科学,2011,33(5):240-243.
- [29] 姜颖,孙宇峰,潘冬梅,等.  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐射对工业大麻种子萌发及幼苗生长的影响[J].农业与技术,2017,37(15):5-7.

(责任编辑:王昱)

(上接第13页)

吉单513的适宜密度6万~7万株/hm<sup>2</sup>,因此在较高密度下秃尖增加,而吉单513/sm和吉单513/sf的叶片夹角比对照小,耐密性增强,穗长不变,秃尖变小,产量增加。

### 3 结论与讨论

无叶舌自交系主茎与叶片的夹角小,叶片直立,株型收敛,通风透光好,可以作为选育耐密品种的种质资源<sup>[9]</sup>。研究表明,无叶舌性状有显性和隐性2种<sup>[10]</sup>。本研究发现的无叶舌性状受一对隐性基因控制,遗传相对简单,可采用分子标记辅助选择与回交转育技术将茎叶夹角小、叶片直立等性状导入轮回亲本,快速创制出株型收敛的玉米新种质,应用于耐密育种研究。

本研究发现,当杂交种的双亲均为无叶舌自交系时,由于果穗太小而减产;而当一个亲本为无叶舌自交系时,由于耐密性提高而略有增产。从表4看出,无叶舌自交系果穗普遍变短,作为母本制种产量可能会降低,而且其叶鞘包裹比较紧,去雄也会相应困难。用无叶舌自交系做父本,虽然散粉通畅程度不如有叶舌自交系,但加大种植密度可弥补花粉量不足的缺陷,在生产中是完全可行的。山西大丰种业已经利用无叶舌自交系做父本审定了耐密玉米新品种大丰133<sup>[11]</sup>。

有叶舌玉米自交系与隐性无叶舌自交系杂交以后,虽然后代均表现有叶舌,但叶片夹角要比正常有叶舌自交系小,更有利于通风透光<sup>[4]</sup>。骨

干自交系饱和回交以后,自交分离出的纯和显性有叶舌后代也会出现叶片夹角比原来骨干系小的单株。从饱和回交后代的自交分离群体中可以获得两类可以利用的自交系:一类是有叶舌但株型收敛的后代,另一类是无叶舌后代,这两种自交系均对耐密育种具有研究和应用价值。

### 参考文献:

- [1] 焦仁海,刘兴二,徐艳荣,等.外来玉米种质在吉林省的应用与创新[J].东北农业科学,2016,41(1):1-3,19.
- [2] 王秀凤,景希强,葛立胜,等.耐密型玉米育种现状及选育途径探讨[J].杂粮作物,2010,30(1):4-6.
- [3] 王元东,段民孝,邢锦丰,等.玉米理想株型育种的研究进展与展望[J].玉米科学,2008,16(3):47-50.
- [4] 房海悦,李毅丹,曲文丽,等.玉米倒伏影响因素及其QTL定位研究进展[J].东北农业科学,2016,41(5):42-45.
- [5] 张艳红,刘兴二,仲义,等.浅谈东北地区玉米育种材料的选用及选系方法[J].东北农业科学,2020,45(4):5-8.
- [6] 苏书文,高合明,郭新林.不同叶夹角玉米杂交种产量潜力的研究[J].作物学报,1990(4):364-371.
- [7] 潘存生,郑宝林,王汉宁.玉米叶舌遗传的研究[J].甘肃农业大学学报,1986(1):42-46.
- [8] 魏宏斌,邓利爱,郭锐,等.玉米无叶舌种质与杂种优势利用研究[J].山西农业科学,2014,42(11):1153-1157,1182.
- [9] 董春林,张明义,张彦芹,等.一个玉米无叶舌突变体Y43的遗传分析[J].玉米科学,2011,19(4):35-36.
- [10] 王主选.玉米显性无叶舌基因的利用及遗传规律的初步探讨[J].新疆八一农学院学报,1979(2):1-5.
- [11] 郭锐,白琪林,郭宝德,等.玉米无叶舌种质及其杂种优势利用[J].山西农业科学,2016,44(10):1427-1432.

(责任编辑:王昱)