

文章编号: 1005-0906(2007)03-0015-04

新的玉米显性矮秆基因的发现及初步分析

张素梅¹, 刘凤军², 刘保申¹, 王立静¹, 董树亭¹

(1. 山东农业大学农学院, 山东 泰安 271018; 2. 禹城市农业局, 山东 禹城 251200)

摘要: 玉米杂交种 CLI077 中的矮秆突变体 52333 与 5 个高秆自交系进行杂交, 对 P_1 、 P_2 、 F_1 、 F_2 、 BC_1 和 BC_2 群体株高变异进行分析。结果表明, 正反交杂种 F_1 均表现为矮秆, 没有显著差异; F_2 代矮株与高株的分离比为 3:1, 杂种 F_1 与高秆自交系回交后代的分离比为 1:1, 与矮秆突变体回交的后代全为矮株, 证明该矮秆材料的矮秆性状受一对显性矮秆基因控制, 且不受细胞质的影响。对纯合矮秆植株及杂种 F_1 芽期和苗期进行赤霉素处理, 结果表明, 此矮秆基因对赤霉素敏感, 表明与以前报道的所有矮秆基因不同, 此矮秆基因可能是一新的矮秆基因, 并将此矮秆基因初步定名为 $D(t)$ 。

关键词: 玉米; 矮秆基因; 突变体; 赤霉素**中图分类号:** S513.024**文献标识码:** A

Discovery of a New Dominant Dwarf Gene in Maize and Its Preliminary Study

ZHANG Su-mei¹, LIU Feng-jun², LIU Bao-shen¹, et al.

(1. College of Agricultural, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018;

2. Yucheng Agronomy Bureau, Yucheng 251200, China)

Abstract: Based on the analysis of the population variations of plant height in hybrids including P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , BC_1 (backcrossed to dwarf parent) and BC_2 (backcrossed to tall parents) derived from five cross combinations between a dwarf mutant of 52333 and tall inbred lines, the F_1 individuals were as short as the short parent, and having no notable differences in contrast to control, and the segregation of the F_2 generation appeared to be 3 : 1, the dwarf F_1 hybrids with the new dwarf gene were backcrossed with the tall inbred lines, the approximately segregation ratio of BC_1 populations was 1 : 1, and the off springs derived from that the combination of F_1 with 52333, were all dwarf plants, so the dwarfing effect of this new gene was confirmed, indicated that the dwarf trait of 52333 was controlled by one dominant gene and its expression could not be affected by cytoplasm. Treating the pure dwarf plant and hybrid F_1 with exogenous gibberellic acid at the sprout and seedling stages, the result proved that the dwarf gene was sensitive to gibberellin, so the dwarf gene maybe a new dwarf gene, and named it as $D(t)$.

Key words: Maize; Dwarf gene; Mutant; Gibberellin

玉米(*Zea mays* L.)株高是衡量一个优良品种的重要标志。近年来, 培育正常的高秆杂交种提高玉米单产, 增产的幅度越来越小, 且越来越难。矮化玉米植株矮、株型紧凑, 上疏下密利于通风透光, 较适于密植, 增产的潜力大, 矮秆玉米杂交种能实现高秆玉米难以达到的高产目标。明确玉米矮秆的遗传方

式, 对于正确地利用矮秆基因非常必要。

矮秆玉米的遗传机制有单基因矮秆体系和多基因矮秆体系, 表现为数量性状遗传特点的矮秆性状是由微效多基因累加作用决定的。现有的矮秆资源大多属于隐性单基因, 目前已知的矮秆单基因有 20 个左右, 其中的 17 个矮秆基因已经进行了比较细致的遗传研究, 并且确定了它们在染色体上的位置, 如 *br*、*br-2*、*bv*、*ct*、*d1*、*d2*、*d3*、*d5*、*D8*、*D9*、*mi*、*nal*、*na2*、*py*、*rd1*、*rd2*、*yd* 等, 这些基因除 *D8* 和 *D9* 外都是隐性的, 它们与普通的高秆玉米杂交, 后代表现为质量性状的遗传特点。但这些矮秆材料大多数农艺性状差、

收稿日期: 2007-03-01; 修回日期: 2007-03-30

作者简介: 张素梅(1981-), 女, 山东曹县人, 在读硕士, 主要从事作物遗传育种研究。Tel: 13853847933

E-mail: zhangsume0612@163.com

生长势弱、植株过矮、株型不理想、存在隐性致死或发育不良等现象,育种上利用价值不大。这不仅限制了玉米产量的进一步提高,而且还使育成品种的遗传基础日益狭窄,遗传多样性降低,不利于玉米的产量和品质提高。所以创造或筛选新的矮源和矮秆基因,丰富育种家的亲本圃对玉米育种和生产都具有重要的意义。本文介绍了新发现的一个玉米矮秆材料及其初步的遗传和生理分析。

1 材料与方法

1.1 供试材料

玉米自交系 382-2、郑 58、381、178、9058、昌 7-2、A19、春 09 和矮秆突变体 52333。

1.2 试验设计及方法

1.2.1 田间调查

2005 年夏于山东农业大学试验基地种植玉米矮秆突变体 52333,以玉米常规自交系 382-2、郑 58、381、春 09、9058、A19 为母本,52333 为父本进行杂交,并进行部分材料的反交。2005 年冬在海南种植杂种 F₁,常规田间管理,成熟期于田间全面调查亲本及杂种 F₁ 各群体的株高,对株高数据进行 t 检验,并进行 F₁ 的自交,部分杂种与常规自交系及矮秆突变体进行了回交,获得 BC₁ 和 BC₂ 群体。2006 年春在山东农业大学试验基地种植 F₂ 代及回交群体,田间调查株高分离比例。依据 F₁ 株高表现和 F₂ 群体株高分离数据进行统计分析,研究该矮秆突变体矮秆性遗传特点,确定矮秆基因的显隐性、基因数目和遗传模式。

1.2.2 矮秆材料幼苗的 GA₃ 处理方法

GA₃ 处理参照 Gale 和 Worland 的方法并稍作修改。将矮秆突变体 52333 及 382-2/52333 和 178/52333 杂种 F₁ 浸种催芽,待种子萌动后置入 4℃冰箱处理 2 d,以促使出苗整齐,待整个胚芽鞘长出后,将发芽种子单粒播种于盛有细沙的瓷盘内。每个处理 25 株苗,分别用适量的清水(对照)、30 mg/kg、40 mg/kg 和 50 mg/kg GA₃ 溶液每天浇灌 1 次,在室温中培养,在两叶期、3 叶期调查幼苗的株高,研究此矮秆基因对赤霉素的反应。

2 结果与分析

2.1 矮秆突变体 52333 的发现及初步分析

2003 年在杂种 CL1077 自交后代一个株系的 22 株中发现有 15 株株高 1 m 左右的矮秆材料,上部叶片平展,下部节间较短,气生根较多,表现为植

株抗倒性明显提高,甚至难以在基部将植株折断,22 个单株单独收获。2004 年按株系种植,15 株矮秆材料自交后代出现大约 3/4 的矮株或全部是矮株,而 7 株高秆单株则不发生株高性状的继续分离,表明矮秆性状并非由于生理原因或粗缩病造成,高矮秆比例的分析初步判断为显性矮秆材料。通过 2004 年当地和海南的自交于 2005 年获得稳定的矮秆株系,将此矮秆突变体以稳定株系的行号命名为 52333。依据以上观察,推断该矮秆材料为控制该性状基因的显性突变所致。

2.2 矮秆突变体 52333 及其杂种 F₁ 株高分析

2005 年冬季于海南种植的矮秆突变体 52333 的株高为 116 cm,正反交杂种 F₁ 及另一自交系的株高调查结果见表 1,从表中数据可以看出,杂种 F₁ 株高表现为矮秆而与矮亲株高相似。对株高进行 t 检验,结果表明,杂种 F₁ 与 52333 的株高差异均不显著。显然,这一矮秆材料和常规自交系杂交时,矮秆表现为显性,高秆则为隐性。正反交的株高之间差异也不显著,表明不存在细胞质效应。

表 1 矮秆突变体 52333 与常规自交系的杂种 F₁ 株高表现
Table 1 Plant height of F₁ progenies derived from the crossing 52333 with other inbred lines

杂交组合 Cross	正交 F ₁ (cm) Obverse cross F ₁	反交 F ₁ (cm) Inverse cross F ₁	母本(cm) Female parent
郑 58/52333	121	119	154
381/52333	119	120	165
9058/52333	121	122	158
382-2/52333	125	128	142
昌 7-2/52333	123	115	160
春 09/52333	124		180
178/52333	119		178

2.3 杂种分离世代株高的遗传分离

在 CL1077 的分离世代中,通过调查分析初步得出,高矮秆杂合体自交后代矮株与高株的分离比为 3:1,可初步推断此矮秆性状的基因为显性单基因突变。为进一步验证此结论,2006 年春在山东农业大学试验站种植各个组合杂交和回交后代的群体,因多数株系中不同单株可从表型上非常明显的区分为高矮两类,对以上群体植株不再具体测量株高,而直接按高矮分类,各个组合杂交和回交后代的田间调查结果分别列于表 2 和表 3。从表 2 可以看出,各个组合的 F₂ 均表现 3 矮:1 高的一对基因分离,通过 X² 检验,表明矮秆性状的分离符合 3:1 比例。因此,可以推断矮秆突变体 52333 的矮秆性表达受一对独

立遗传的显性核基因控制;对回交后代株高分离比例进行 X^2 检验,表明以常规自交系为回交亲本的回交后代均符合 1:1 的分离比例,而以矮秆突变体

为回交亲本的组合,后代没有分离,所有单株均表现矮秆性状,表明 52333 的矮秆性受一对显性基因控制。

表 2 52333 与各自交系杂种 F₂ 代株高分离结果

Table 2 Segregation of the plant height of F₂ populations derived from the crossing of 52333 with other inbred lines

名 称 Name	高秆株数 No. of high plants	矮秆株数 No. of dwarf plants	比 例 Ratio	X^2
(郑 58/52333)F ₂	37	136	1:3	1.20
(381/52333)F ₂	124	383	1:3	0.08
(A19/52333)F ₂	35	121	1:3	0.55
(9058/52333)F ₂	46	154	1:3	0.43
(春 09/52333)F ₂	27	78	1:3	0.03

注: $X^2_{0.05}(1)=3.84$, $X^2_{0.01}(1)=6.63$ 。

表 3 52333 与各自交系杂种的 BC₁ 和 BC₂ 世代株高分离结果

Table 3 Segregation of the plant height of BC₁ and BC₂ populations derived from the crossing of 52333 with other inbred lines

名 称 Name	高秆株数 No. of high plants	矮秆株数 No. of dwarf plants	比 例 Ratio	X^2
382-2/52333//382-2	212	224	1:1	0.33
382-2//382-2/52333	202	214	1:1	0.35
郑 58// 郑 58/52333	66	62	1:1	0.13
郑 58/52333// 郑 58	158	146	1:1	0.47
381//381/52333	98	89	1:1	0.43
9058//9058/52333	158	154	1:1	0.05
178//178/52333	35	36	1:1	0.01
昌 7-2/52333// 昌 7-2	70	75	1:1	0.17
382-2/52333//52333	0	121		
381/52333//52333	0	183		
9058/52333//52333	0	58		
178/52333//52333	0	72		

注: $X^2_{0.05}(1)=3.84$, $X^2_{0.01}(1)=6.63$ 。

2.4 52333 及其杂种幼苗期对外施赤霉素的反应

不同的玉米矮秆基因对赤霉素的反应有明显的差别,前人也有不少的研究。为进一步了解 52333 显性矮秆基因的性质,对纯合矮秆植株 52333 及杂交种 382-2/52333、178/52333 室内进行幼芽期赤霉素

处理,结果胚芽鞘和苗高都明显增长(表 4)。由表 4 可以看出,不同 GA₃ 浓度处理的株高均高于对照,经 t 检验,差异都达到极显著水平,证明此矮秆基因为赤霉素敏感型,而各浓度之间同一时期株高相差不大。

表 4 GA₃ 处理对 52333 及其杂种幼苗生长的影响

Table 4 Effect of GA₃ on elongation of the seedling of 52333 and hybrid strains

材料 Material	时期 Period	不同处理的苗高(cm) Seedlings height with different treatments			
		0(CK)	30 mg/kg	40 mg/kg	50 mg/kg
52333	两叶期	4.85	8.69**	10.29**	9.51**
	3 叶期	7.17	12.21**	14.30**	10.84**
382-2/52333	两叶期	5.89	9.19**	9.05**	9.72**
	3 叶期	8.69	14.62**	13.95**	14.80**
178/52333	两叶期	5.96	10.21**	10.26**	11.40**
	3 叶期	7.80	14.91**	13.42**	14.10**

注: $t_{0.05}(18)=1.734$, $t_{0.01}(18)=2.552$ 。

3 讨 论

自从 1951 年发现了称作短茎 2(*br2*)的矮秆玉米品种以来,玉米中发现的矮秆基因不断增加,但由于这些矮秆基因或者与不良性状紧密连锁或者一因多效,这些矮源存在这样或那样的缺陷。除 *br2* 有少量杂交种应用于生产外,其它矮源的生产利用并不广泛,同一矮秆基因的广泛利用潜伏着由遗传单一带来的风险。因而,发掘、鉴定和利用新矮源一直是玉米遗传育种中受到广泛重视的研究内容。

通过研究,确定 52333 的矮秆特点是由显性单基因控制的。因此,可以断定此矮秆基因不同于 *br*、*br2*、*bv*、*ct*、*d1*、*d2*、*d3*、*d5*、*mi*、*na1*、*na2*、*py*、*rd1*、*rd2*、*yd* 等 15 个隐性矮秆单基因。通过进一步对纯合矮秆突变体 52333 及携带此矮秆基因的杂交种进行不同时期、不同浓度的赤霉素处理。结果表明,不同浓度处理的株高较对照都有明显的增高,说明 52333 的矮秆基因对赤霉酸表现敏感,而显性矮秆基因 *D8* 和 *D9* 是对赤霉酸不敏感的基因,表明此矮秆基因与 *D8* 和 *D9* 是非等位基因。因此,初步推断此矮秆基因不同于以往的所有已定位的玉米矮秆基因,它可能是一个新的矮秆基因,初步定名为 *D(t)*。

虽然初步断定 52333 表现为显性矮秆,但组合 382-2/52333 的株高与环境条件有关,本试验中利用 382-2/52333 作材料进行不同地点的处理,株高差别较大。另外,在调查(382-2/52333) F_2 的株高分离比例时,发现单株的株高存在中间类型,呈连续分布,这与其它组合的情况不一致,可能的原因是 382-2 内含有能与矮秆基因发生互作的基因,具体的机理有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 佟屏亚. 紧凑型玉米高产理论与技术[M]. 北京:北京科学技术文献出版社,1999.
- [2] 阎淑琴. 矮秆玉米的遗传与育种[J]. 玉米科学,2000,8(2):36-45.
- [3] 崔绍平. 玉米育种研究进展[M]. 北京:北京科学出版社,1992.
- [4] Gardiner J M, Coe E H, Melia-Hancock S. Development of a core RFLP map in maize using an immortalized F_2 population[J]. Genetics.1993, 134: 917-930.
- [5] Clive R, S, Masatomo K, Yoshihito S. The dwarf-1 (*d1*) mutant of *Zea mays* blocks three steps in the gibberellin-biosynthetic pathway [J]. Plant Biology, 1996, 93(19): 10515-10518.
- [6] Shozo F, Hisakazu Y, Cliver R S. The dominant non-gibberellin-responding dwarf mutant(*D8*) of maize accumulates native gibberellins[J]. Botany. 1988, 85: 9031-9035.
- [7] Jeffry M T, Major M G. Dwarf 8 polymorphisms associate with variation in flowering time[J]. Nature genetics, 2001(28): 286-289.
- [8] Rodney G W. Tim helentjaris dominant dwarfs[J]. MNL, 1993, 67(176): 110-111.
- [9] Gale M D, et al. The genetic control of gibberellic acid insensitivity and coleoptile length in a dwarf wheat[J]. Heredity, 1975(34): 395-399.
- [10] Worland A G, Petrovic S. The gibberellic acid insensitive dwarfing gene from wheat variety saitama 27[J]. Euphytica, 1988(38): 55-63.
- [11] 于东海,李 静,王洪刚,等. 小麦矮秆种质系山农 31504-1 矮秆基因的鉴定及其染色体定位[J]. 中国农业科学,2004,37(12): 1942-1945.
- [12] Shozo F T, Hisakazu Y, Clive R S. The dominant non-gibberellin-responding dwarf mutant(*D8*) of maize accumulates native gibberellins [J]. Proc. Nati. Acad. Sci., USA.1988(85): 9031- 9035.
- [13] 梁国华,潘学彪,顾铭洪,等. 几个矮秆基因的等位性和遗传效应研究[J]. 江苏农学院学报,1996,17(1):25-30.
- [14] Jinrong Peng, Donald E. Richards, Nigel M H. "Green revolution" genes encode mutant gibberellin response modulators[J]. Nature, 1999, 400: 256-261.

(责任编辑:朴红梅)