

# 密度、种植方式对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响

刘魏魏<sup>1</sup>, 赵会杰<sup>1\*</sup>, 李红旗<sup>2</sup>, 赵雪娟<sup>1</sup>, 袁立钢<sup>1</sup>, 胡巍巍<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学 生命科学学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南省农学会, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 为了提高玉米抗倒特性, 在豫北高产灌区生产条件下, 以郑单 958 和浚单 20 为试验材料, 采用了等行距、宽窄行种植方式, 设 6.75 万、7.50 万、8.25 万、9.00 万株/hm<sup>2</sup> 4 个密度处理, 研究了不同密度、种植方式对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响。结果表明: 在成熟期, 郑单 958 的平均茎折率比浚单 20 低 43.55%, 茎秆第三节间的茎粗系数、茎秆外皮穿刺强度分别比浚单 20 高 0.04、564.1 N/mm<sup>2</sup>, 宽窄行种植的玉米茎粗系数、外皮穿刺强度比等行距种植的高 0.01、59.23 N/mm<sup>2</sup>。随着密度的增加, 玉米的茎折率、空秆率和穗位系数增大, 茎粗系数和穿刺强度降低。郑单 958 在密度为 8.25 万株/hm<sup>2</sup>、采用宽窄行种植时抗倒伏能力最强, 而浚单 20 表现最好的为 7.50 万株/hm<sup>2</sup> 的宽窄行种植方式。

**关键词:** 夏玉米; 密度; 种植方式; 茎秆抗倒伏性

**中图分类号:** S513      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2011)08-0075-04

## Effects of Planting Densities and Modes on Stem Lodging Resistance of Summer Maize

LIU Wei-wei<sup>1</sup>, ZHAO Hui-jie<sup>1\*</sup>, LI Hong-qi<sup>2</sup>, ZHAO Xue-juan<sup>1</sup>, YUAN Li-gang<sup>1</sup>, HU Wei-wei<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Henan Association of Agricultural Science Societies, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** In order to improve stem lodging resistance of summer maize, effects of planting densities and modes on stem lodging resistance were studied under the ecological condition of northern Henan province. Two cultivars, Zhengdan 958 and Xundan 20, were used as materials and four densities,  $6.75 \times 10^4$ ,  $7.50 \times 10^4$ ,  $8.25 \times 10^4$ ,  $9.00 \times 10^4$  plants/ha, were adopted in the experiment with two planting modes, wide-narrow row and the same row. The results showed that the stalk breaking percentage of Zhengdan 958 was lower than Xundan 20 by 43.55% at maturity, and stem diameter coefficient of the third internode and stalk crushing strength of Zhengdan 958 were more than Xundan 20 by 0.04, 564.1 N/mm<sup>2</sup>, while these indexes under the planting mode of wide-narrow row were higher than those under the same row by 0.01, 59.23 N/mm<sup>2</sup>. With the increase of density, the stalk breaking percentage, barren stem percentage and ear position coefficient increased, but the stem diameter coefficient and stalk crushing strength decreased. The stem lodging resistance of Zhengdan 958 was the strongest at the density of  $8.25 \times 10^4$  plants/ha with wide-narrow-row planting mode. The stem lodging resistance of Xundan 20 was strong at the density of  $7.50 \times 10^4$  plants/ha with wide-narrow-row planting mode.

**Key words:** Summer maize; Planting density; Planting mode; Stem lodging resistance

收稿日期: 2011-03-14

基金项目: 国家粮食丰产科技工程资助项目(2006BAD02A07-1)

作者简介: 刘魏魏(1986-), 男, 河南洛阳人, 在读硕士研究生, 研究方向: 植物生理学。E-mail: lw185@126.com

\*通讯作者: 赵会杰(1958-), 男, 河南尉氏人, 教授, 博士, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: zhaohj303@163.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

玉米(*Zeamays* L.)作为我国第一大粮食作物,年总产量已达 1.5 亿 t。根据中国粮食发展战略规划,至 2015 年玉米总产量将上升至 1.79 亿 t<sup>[1-3]</sup>。生产实践证明,田间茎秆倒伏是影响玉米产量的主要因素之一<sup>[3]</sup>。研究夏玉米茎秆主要生物学性状、生理特性的变异规律和影响茎秆强度的内在因素是玉米生产亟待解决的关键问题。前人的研究多集中在抗倒品种的选育,以及对玉米倒伏形成原因以及抗倒指标的选择及其遗传改良<sup>[4-10]</sup>,密度对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响等研究较少。本试验在高产栽培条件下,设置不同密度、种植方式,研究不同密度、不同种植方式下茎秆的株高、茎粗系数、茎秆硬皮穿刺强度的变化规律,以期对玉米抗倒品种选育和高密度丰产栽培体系的建立提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2008—2010 年在河南省焦作市温县祥云镇平安科技公司试验田进行。选用郑单 958 和浚单 20 为试验材料,试验地土壤为中壤质潮土,0~20 cm 土壤有机质含量 10.59 g/kg、碱解氮 50.25 mg/kg、速效磷 41.4 mg/kg、速效钾 90.87 mg/kg,pH 值为 6.6。

1.2 试验设计

采用三因素裂区设计,主区为品种 A(A1:郑单 958;A2:浚单 20);副区为种植方式 B(B1:等行距(60 cm);B2:宽窄行(80 cm+40 cm));副副区为密度 C(C1:6.75 万株/hm<sup>2</sup>,C2:7.50 万株/hm<sup>2</sup>,C3:8.25 万株/hm<sup>2</sup>,C4:9 万株/hm<sup>2</sup>)。重复 4 次,其中重复 4 作为取样区,其他 3 个重复为计产区。1 个重复设 16 个处理,小区面积为 48 m<sup>2</sup>。6 月上旬播种,9 月底收获。严格按密度拉绳穴播,每穴 2 粒。采用普通大田的高产施肥管理:氯化钾(210 kg/hm<sup>2</sup>)和磷酸二铵(330 kg/hm<sup>2</sup>)在播种时做底肥一次性施入,尿素 50%(185 kg/hm<sup>2</sup>)做底肥,50%在拔节时作为追肥。其他管理按一般高产田进行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 倒伏调查 于 9 月 28 日,对全部小区倒伏情况进行调查,统计茎秆倒伏的株数以及空秆株数。

1.3.2 主要生物学性状 田间定点定株(每小区 10 株)进行生育期的调查。在每小区选取 5 株生长一致、能代表各个小区长势的玉米分别于抽雄期(8 月 5 日)、成熟期(8 月 27 日)测量第 1、2、3 节的茎粗、节间长度。茎粗系数=茎粗/节间长度×100。于抽雄期、成熟期测量穗位高、株高。穗位系数=穗

位高/株高×100。

1.3.3 茎秆硬皮穿刺强度 于 8 月 23 日,用 3YJ21 型玉米茎秆硬度计,将一定横断面积(如 0.01 cm<sup>2</sup>)的测头,在茎秆节间中部垂直于茎秆方向匀速缓慢插入,读取穿透茎秆表皮的最大值<sup>[11]</sup>。

采用 DPS(3.01)数据处理系统进行 SSR 检验和 Duncan 法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对夏玉米茎秆倒伏率和空秆率的影响

对 2 个品种收获前的茎折率和空秆率进行方差分析(表 1)表明,采取宽窄行种植的茎折率和空秆率都小于等行距种植,但 2 种植方式之间差异不显著。随着密度的增加玉米的茎折率和空秆率均增加,2 种方式下,郑单 958 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 与 9.00 万株/hm<sup>2</sup> 均达显著水平( $P<0.05$ )。

表 1 不同处理间夏玉米的茎折率和空秆率

品种	种植方式	密度/ (万株/hm <sup>2</sup> )	茎折率/ %	空秆率/ %
郑单 958	等行距	(4 个密度平均)	32.47a	1.36a
	宽窄行	(4 个密度平均)	29.48a	1.34a
浚单 20	等行距	(4 个密度平均)	79.29a	1.24a
	宽窄行	(4 个密度平均)	71.53a	1.41a
郑单 958		6.75	16.42b	0.80b
		7.50	26.04bc	0.98b
		8.25	32.10b	1.34ab
		9.00	58.32a	2.11a
浚单 20		6.75	65.26bc	0.97b
		7.50	72.32b	1.16b
		8.25	83.09a	1.61a
		9.00	92.53a	1.78a

注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同

2.2 不同处理对夏玉米穗位系数的影响

穗位系数是玉米育种中衡量品种抗倒能力的一个重要指标,一般认为,穗位系数低的品种,穗位节折断的几率低,相应的抗倒伏能力强,反之则弱。对不同处理穗位系数进行方差分析(表 2)表明,郑单 958 除了成熟期外,2 个品种的宽窄行种植与等行距种植穗位系数的差异都达到了显著水平,宽窄行的穗位系数略低,相应的抗倒伏能力强,与表 1 中的宽窄行倒伏率低相对应。穗位系数随着密度的增加而升高,说明密度的增大促进了植株的纵向伸长,植株升高,穗位系数增大。由表 2 可知,郑单 958 的穗位系数在 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 和 9.00 万株/hm<sup>2</sup> 2 个密度之间差异显著,而 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 与 8.25 万株/hm<sup>2</sup> 之间差异不显著,则合理密度应为 8.25 万株/hm<sup>2</sup>;浚单 20 合理密度应为 7.50 万株/hm<sup>2</sup>。

表 2 不同处理夏玉米穗位系数、穿刺强度的变化

品种	种植方式	密度/ (万株/hm <sup>2</sup> )	穗位系数		穿刺强度(N/mm <sup>2</sup> )		
			抽雄期	成熟期	第 2 节	第 3 节	穗位节
郑单 958	等行距	(4 个密度平均)	0.45a	0.60a	3420.33b	3323.92a	2302.22b
	宽窄行	(4 个密度平均)	0.43b	0.59ab	3770.41a	3398.83a	2410.39a
浚单 20	等行距	(4 个密度平均)	0.49a	0.73a	2835.07a	2781.53a	2000.75b
	宽窄行	(4 个密度平均)	0.47b	0.67b	2803.42a	2812.94a	2284.34a
郑单 958		6.75	0.41b	0.55c	3975.39a	3689.06a	2576.95a
		7.50	0.44ab	0.59bc	3655.11b	3400.00ab	2493.56a
		8.25	0.45ab	0.60b	3511.00b	3289.22b	2299.95b
		9.00	0.46a	0.64a	3240.11bc	3067.23bc	2054.78b
浚单 20		6.75	0.46bc	0.66cd	3304.28a	3116.22a	2451.67a
		7.50	0.48b	0.69c	3142.67ab	2950.28a	2230.61ab
		8.25	0.49b	0.75ab	2536.06c	2625.11b	1818.62c
		9.00	0.52a	0.76a	2296.00c	2497.34bc	1579.28d

2.3 不同处理对夏玉米茎秆外皮穿刺强度的影响

玉米茎秆倒伏主要集中在基部第 1、第 2、第 3 节和穗位节,茎秆外皮穿刺强度是决定茎秆是否抗倒的重要因素。从表 2 可以看出,2 种植方式相比,郑单 958 的穿刺强度在第 2 节和穗位节上表现显著性差异,而浚单 20 只在穗位节上表现显著性差异,两者都是宽窄行优于等行距。表明种植方式的改变对玉米穗位节间的发育有明显影响。茎秆表皮穿刺强度随着密度的增加而减小,但随着节位的上升减小的幅度变小,如郑单 958 种植密度 9.00 万株/hm<sup>2</sup> 比 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 的第 2 节、第 3 节、穗位节的穿刺强度分别减小了 735.28、621.83、522.17 N/mm<sup>2</sup>。表明密度的增加对茎秆基部节间的外皮穿刺强度的作用较为明显。

2.4 不同处理对夏玉米基部各节间茎粗系数的影响

茎粗系数是茎秆中茎节宽与茎节长的比值,茎粗系数越大,说明茎秆粗壮,抗倒伏能力越强。从表 3 可见,茎节从下往上茎粗系数逐渐降低,成熟期低于抽雄期。不同的种植方式对玉米基部茎粗系数的

影响不同。在相同密度下,采用宽窄行种植的茎粗系数比采用等行距的大。但两品种的表现方式不一样:郑单 958 表现为茎粗系数随着节位的上升两者的差距逐渐减小,如第 1 节宽窄行与等行距有显著性差异,但第 2 节和第 3 节者没有显著性差异,因此,种植方式改变对郑单 958 第 1 节的影响比第 2、第 3 节的影响大;浚单 20 则表现为随着生育期的推进两者的差距减小,如在第 1、2、3 节在抽雄期两者差异显著,而在成熟期差异不显著,因此,种植方式对浚单 20 的影响在整个生育期内逐渐降低。密度的增加使茎粗系数逐渐降低,但各节位减小的幅度不一致,郑单 958 的第 1 节在 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 与 8.25 万株/hm<sup>2</sup> 之间达到显著性差异,而第 2、第 3 节在 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 与 9.00 万株/hm<sup>2</sup> 之间才达到显著性差异;浚单 20 的第 1、第 2、第 3 节在 6.75 万株/hm<sup>2</sup> 和 8.25 万株/hm<sup>2</sup> 均达到了显著性差异。因此郑单 958 的合理密度应为 8.25 万株/hm<sup>2</sup>,而浚单 20 不应超过 7.5 万株/hm<sup>2</sup>。

表 3 不同处理夏玉米茎粗系数的变化

品种	种植方式	密度/ (万株/hm <sup>2</sup> )	第 1 节		第 2 节		第 3 节	
			抽雄期	成熟期	抽雄期	成熟期	抽雄期	成熟期
郑单 958	等行距	(4 个密度平均)	0.21b	0.20b	0.20a	0.16a	0.19ab	0.12a
	宽窄行	(4 个密度平均)	0.24a	0.23a	0.22a	0.18a	0.21a	0.13a
浚单 20	等行距	(4 个密度平均)	0.18b	0.19a	0.17b	0.11a	0.16b	0.09a
	宽窄行	(4 个密度平均)	0.21a	0.20a	0.19a	0.12a	0.18a	0.10a
郑单 958		6.75	0.26a	0.25a	0.24a	0.15a	0.23a	0.14a
		7.50	0.23ab	0.22ab	0.21ab	0.14a	0.20ab	0.13a
		8.25	0.21b	0.20b	0.20ab	0.14a	0.19ab	0.13a
		9.00	0.19c	0.16c	0.17bc	0.12b	0.17c	0.11b
浚单 20		6.75	0.22a	0.22a	0.20a	0.13a	0.20a	0.10a
		7.50	0.20ab	0.19ab	0.19a	0.12a	0.19a	0.10a
		8.25	0.18b	0.17bc	0.16b	0.10b	0.15b	0.09b
		9.00	0.17bc	0.15c	0.16b	0.09b	0.14b	0.08ab

### 3 结论与讨论

#### 3.1 2 个玉米品种抗倒伏的适宜密度和种植方式

从茎秆抗倒伏能力看, 郑单 958 抗倒伏的合理密度为 8.25 万株/hm<sup>2</sup> 的宽窄行种植, 其在密度增至 9.00 万株/hm<sup>2</sup> 时倒伏明显增加, 茎折率达到 58.32%; 而浚单 20 抗倒伏的适宜密度为 7.50 万株/hm<sup>2</sup> 宽窄行种植, 在密度增至最大 8.25 万株/hm<sup>2</sup> 时, 茎秆倒伏最为严重, 在此密度条件下反应也最敏感。在以上种植密度和种植方式下, 群体和个体发育较协调, 茎秆的抗倒伏能力最为协调, 抗性也得到充分发挥。

#### 3.2 不同玉米品种、种植方式、密度间茎秆抗倒伏性综合比较

郑单 958 茎秆的茎折率、株高小于浚单 20, 茎粗系数则大于浚单 20; 整体来看, 郑单 958 的抗倒伏能力优于浚单 20, 对于抗倒伏品种选育来说, 郑单 958 较适于作为抗倒伏品种。对于种植方式来说, 穿刺强度选用宽窄行种植优于等行距种植; 在其他抗倒指标上种植方式之间差异不显著。但总体来看, 选用宽窄行种植的品种茎秆抗倒能力还是优于等行距的。茎秆的抗倒指标在密度之间多数表现出极显著差异, 随着密度的增加, 玉米的茎折率、空秆率、穗位系数增加, 茎粗系数和穿刺强度减少, 这与勾玲等<sup>[3]</sup>的研究结果一致。

本试验是在大田条件下从品种、种植方式、密度三方面对茎秆倒伏进行研究, 以期对茎秆防倒伏措施提供理论依据。但玉米的根倒伏也是玉米倒伏的一个重要部分<sup>[12]</sup>, 具体三因素下对根倒伏的影响还有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 梁书荣, 赵会杰, 李洪歧, 等. 密度、种植方式和品种对夏玉米群体发育特征的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(7): 37-41
- [2] 陈印军, 肖碧林, 王勇, 等. 中国谷物发展态势、展望与对策[J]. 农业经济问题, 2008(7): 27-31.
- [3] 勾玲, 黄建军, 张宾, 等. 群体密度对玉米茎秆抗倒力学和农艺性状的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(10): 1688-1695
- [4] 丰光, 刘志芳, 李妍妍, 等. 玉米茎秆耐穿刺强度的倒伏遗传研究[J]. 作物学报, 2009, 35(11): 2133-2138
- [5] 赵仁全, 张启东, 蹇淑红, 等. 玉米抗倒能力的差异及倒伏对穗部性状的影响[J]. 耕作与栽培, 2004(3): 20-23
- [6] 黄建军, 赵明, 刘娟, 等. 不同抗倒能力玉米品种物质生产与分配及产量性状研究[J]. 玉米科学, 2009, 17(4): 82-88, 93
- [7] 袁公选, 杨金慧, 李雅文, 等. 玉米倒伏成因及预防[J]. 西北植物学报, 1999, 19(5): 72-76
- [8] 李得孝, 员海燕, 周联东, 等. 玉米抗倒伏性指标及其模拟研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(5): 53-56
- [9] 勾玲, 赵明, 黄建军, 等. 玉米茎秆弯曲性能与抗倒能力的研究[J]. 作物学报, 2008, 34(4): 653-661
- [10] 李得孝, 员海燕, 武玉华, 等. 玉米抗倒伏性状的遗传分析[J]. 西北农业学报, 2004, 13(2): 43-46
- [11] 李景安, 冯芬芳. 3y c-1 型玉米根茬拔出测力仪、3y J-1 型玉米茎秆硬度计的研究报告[J]. 玉米科学, 1994, 2(4): 76-78
- [12] 丰光, 黄长玲, 邢锦丰. 玉米抗倒伏的研究进展[J]. 作物杂志, 2008(4): 12-15