

种子出苗率对玉米个体生长和群体产量的影响

任利沙¹ 顾日良¹ 贾光耀¹ 于晓芳² 杨晓军³ 王建华^{1*}

(1. 中国农业大学 农学院/种子科学与技术中心/北京市作物遗传育种重点实验室/

农业部种子全程技术研究北京创新中心,北京 100193;

2. 内蒙古农业大学农学院,呼和浩特 010019;

3. 陕西省榆林市农业科学研究院,陕西 榆林 719000)

摘要 为研究精量播种条件下玉米出苗率对产量的影响,采用‘郑单 958’、‘京科 968’和‘晋单 73’3 个玉米杂交种,在田间单粒播种条件下设置 80%、85%、90%、95% 和 100%,5 种出苗率,测定群体产量的变化。结果发现,3 个品种的株高和穗位高不受出苗率影响,但果穗单穗重和穗长随出苗率的降低而增大,相反秃尖长度则减小。3 个品种的产量在出苗率为 100% 时最高,随着出苗率的降低,产量呈现先轻微下降后显著下降的趋势,‘郑单 958’和‘京科 968’在出苗率低于 95% 时产量开始显著下降,而‘晋单 73’则在低于 90% 时才显著下降。因此,为保障单粒播种玉米的高产稳产,‘郑单 958’和‘京科 968’的种子出苗率应该达到 95% 以上,‘晋单 73’应达到 90% 以上。

关键词 玉米;出苗率;生长;产量

中图分类号 S513

文章编号 1007-4333(2017)04-0010-06

文献标志码 A

Effects of seedling emergence ratio on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.)

REN Lisha¹, GU Riliang¹, JIA Guangyao¹, YU Xiaofang², YANG Xiaojun³, WANG Jianhua^{1*}

(1. Center for Seed Science and Technology, College of Agronomy and Biotechnology/Beijing Key Laboratory of Crop Genetic Improvement/Beijing Innovation Center for Seed Technology (MOA), China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China;

3. Shaanxi Province Yulin Academy of Agricultural Sciences research, Yulin 719000, China)

Abstract To clarify the effect of seedling emergence ratio on grain yield in maize, maize cultivars ‘Zhengdan 958’, ‘Jingke 968’ and ‘Jindan 73’ were selected as experimental materials. After seedling setting, plants were thinned to densities of 80%, 85%, 90%, 95% and 100% of the full density for each cultivar, which mimicked the corresponding seedling emergence. The growth and population yield of individual plant were investigated. The results showed that: The plant and ear height of three cultivars were not affected by thinning, while the weight and length of the ear increased, and the length of bare tip decreased when the seedling emergence ratio decreased; The yield reached the highest at 100% density for all three cultivars, and decreased with the decreasing of seedling emergence ratio. For cultivars Zhengdan 958 and Jingke 968, the yield decreased slightly when seedling density decreased from 100% to 85%, and the yield decreased significantly when the seedling density decreased further. Meanwhile, the yield of cultivar Jindan 73 slightly decreased when the seedling density decreased from 100% to 90%, and then decreased significantly when the seedling density decreased further. This research suggested that the seedling emergence ratio should be higher than 95% for cultivars Zhengdan 958 and Jingke 968, and higher than 90% for cultivar Jindan 73 to guarantee high crop yield.

Keywords maize; seedling emergence ratio; growth; yield

收稿日期: 2016-04-13

基金项目: 农业部公益类行业(农业)科研专项(201303002); 国家玉米产业技术体系重点研发任务(CARS-08)

第一作者: 任利沙, 硕士, E-mail: renlisha422@163.com

通讯作者: 王建华, 教授, 主要从事种子科学研究, E-mail: wangjh63@cau.edu.cn

玉米是我国的主要粮食作物,其产量直接关系到农业安全和经济发展。玉米产量受品种、环境条件^[1-2]、栽培措施^[3-6]和种子活力等因素的影响,其中种子活力是影响产量最重要的要素。种子活力是指在田间条件下,决定种子迅速整齐出苗并长成正常幼苗潜在能力的总称^[7],是检验种子质量的重要生理指标^[8]。种植高活力的种子,出苗迅速,均匀一致,可实现全苗、壮苗和保证种植密度,为丰产打下良好的基础^[9]。近年来,随着玉米免耕单粒播种技术的逐步推广,生产上对种子质量的要求也越来越高^[10]。虽然国家农作物种子质量标准规定,玉米种子的发芽率应不低于85%,但对田间出苗率并没有明确规定,而且生产中到底多高的种子出苗率可以保证玉米稳产,迄今还未有定论。本研究通过分析不同品种的玉米种子出苗率对玉米个体生长和群体产量的影响,旨在明确对产量影响不显著的种子最低出苗率要求,为玉米单粒播种技术的推广提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试品种为‘郑单958’、‘京科968’和‘晋单73’3个玉米杂交种,均由北京德农种业有限公司提供。

1.2 田间试验

试验于2015年在北京市海淀区中国农业大学上庄试验基地进行,试验地地势平坦、灌溉方便和肥力中等。参照品种审定公告,确定供试品种的适宜种植密度,‘郑单958’和‘京科968’为60 000株/hm²,行距65 cm,株距25.6 cm;‘晋单73’为57 000株/hm²,行距65 cm,株距26.9 cm。每品种设置80%、85%、90%、95%和100%,5种出苗率,当幼苗长到三叶一心时,按行按比例进行间苗。在田间按照随机区组排列,每个出苗率5次重复,共75个小区,小区面积43.2 m²。5月16日播种,9月21日收获,按照传统的田间管理方式进行施肥和灌溉。

1.3 室内试验

试验前测定供试种子的活力,避免或减少因种子活力可能对试验结果可能产生的系统误差。

1.3.1 标准发芽率(SG)测定

将发芽纸在121℃高压蒸汽灭菌锅中灭菌30 min,充分吸水达饱和状态后备用。随机数取200粒净种子,1.0%次氯酸钠消毒5 min,然后用去

离子水冲洗至无味。下铺2层发芽纸,用数种板在发芽纸上播种50粒种子,然后将另外一张充分浸透水分的发芽纸覆盖在种子上。将纸卷疏松卷起,两端整平,竖直装入12号自封袋,4次重复,最后放入25℃恒温光照培养箱中,7 d后统计发芽率。

1.3.2 人工加速老化(AA)测定

随机取200粒种子放入金属丝网的老化盒中,置于温湿度(温度45℃,湿度100%)恒定的老化箱中,72 h后取出再按照标准发芽试验的步骤测定种子的发芽率。

1.3.3 冷浸(ST)测定

随机取200粒种子,按照标准发芽试验的方法将纸卷卷好,纸卷上下两端用皮筋扎紧后放入与纸卷等长的金属框架中,竖直放入预先调好的4℃种子处理恒温循环槽内处理72 h后,取出放在盛有去离子水的容器中浸泡2 min,以终止冷害作用。将纸卷沥干至水流不成串,去掉皮筋后将纸卷竖直放入自封袋,移至25℃的人工气候箱中,7 d后统计每样品的发芽率^[11]。

1.4 测定项目

收获时测量每小区中间2行植株的株高和穗位高。

果穗性状测定:每小区选取均匀一致的果穗20穗,测定指标包括:单穗重、秃尖果穗率、出籽率、穗长、秃尖长、穗粗、穗行数、行粒数和百粒重。

含水量为14%时的产量测定:产量,kg/hm²=单穗重×每公顷株数×出籽率×(1-实测水分)/(1-14%)。

1.5 统计方法

以田间出苗率(80%、85%、90%、95%和100%)为试验处理因素,按照单因素随机区组试验设计的方法,用DPS统计软件进行方差分析,不同出苗率下各指标的平均值在P=0.05显著水平上用LSD法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 供试品种种子活力

通过标准发芽、人工加速老化和冷浸测定,结果表明3个品种虽产自不同的年份,但标准发芽率均在90%以上,人工加速老化和冷浸发芽率均在85%以上(表1),完全符合国家农作物种子质量标准。因此,在研究种子出苗率对玉米生长和产量的影响时,可排除种子自身活力差带来的影响。

表1 3个玉米品种实验室测定的种子活力

Table 1 Seed vigor of three maize cultivars measured in laboratory %

品种 Cultivar	年份 Production year	标准发芽率 Standard germination	老化发芽率 Accelerated aging germination	冷浸发芽率 Cold water soaking germination
郑单 958 Zhengdan958	2013	100.0±0.0	88.5±4.4	85.0±1.2
京科 968 Jingke 968	2014	92.5±1.9	84.5±1.9	86.5±4.1
晋单 73 Jindan73	2014	95.0±3.5	90.0±2.8	92.5±1.9

2.2 种子出苗率对玉米株高和穗位高的影响

3个品种的株高和穗位高差异很大,‘郑单 958’的株高较低,平均只有 238 cm,相应的穗位高也低,为 104 cm,而‘京科 968’和‘晋单 73’的株高则分别为 292 和 309 cm,穗位高为 113.4 和 114.5 cm

(表 2)。但方差分析结果表明,3个品种的株高和穗位高均不受种子出苗率的影响,即同一品种在不同出苗率条件下的株高和穗位高均无显著差异(表 2),说明田间出苗率并不影响玉米植株的个体长势。

表2 不同品种在不同出苗率下的株高和穗位高

Table 2 Height of plant and ear of different maize cultivars with different seedling emergence ratio cm

出苗率/% Seedling emergence ratio	郑单 958 Zhengdan 958		京科 968 Jingke 968		晋单 73 Jindan 73	
	株高	穗位高	株高	穗位高	株高	穗位高
	Plant height	Ear height	Plant height	Ear height	Plant height	Ear height
80	238.1 a	103.8 a	290.1 a	109.8 a	308.9 a	112.2 a
85	236.6 a	101.7 a	297.7 a	117.4 a	309.6 a	115.2 a
90	241.2 a	107.1 a	292.3 a	113.4 a	309.9 a	116.9 a
95	234.0 a	102.4 a	291.7 a	117.1 a	308.5 a	112.1 a
100	244.1 a	105.5 a	290.6 a	109.4 a	309.3 a	115.9 a

注:不同字母表示同一性状下不同出苗率间在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。

Note: Different letters within a trait represent significant difference at $P < 0.05$ among different seedling emergence.

2.3 种子出苗率对果穗性状的影响

与较高的株高、穗位高相对应,‘京科 968’和‘晋单 73’的单穗重、穗长都比‘郑单 958’大(表 3)。与植株生长不受出苗率影响的结果不同,3个品种的果穗性状受到出苗率的影响,但各自表现有所不同。随着田间出苗率的提高,‘郑单 958’的单穗重和穗长逐渐减少,但在出苗率大于 90%之后不再明显减少,变化趋于平缓;而它的秃尖果穗率和秃尖长度则随出苗率提高逐渐增大;出籽率、穗粗、穗行数、行粒数和百粒重则不随出苗率改变而改变。与‘郑单 958’相似,‘京科 968’的单穗重和穗长随出苗率的提高逐渐减少,在出苗率大于 90%之后变化不明显;秃尖果穗率和秃尖长度逐渐增大;而其他性

状无明显变化。‘晋单 73’与前 2 个品种表现不一样,它的所有果穗性状都不随出苗率的改变而明显改变。

2.4 种子出苗率对产量的影响

从图 1 可知,相同出苗率下,‘京科 968’的单位面积产量最高,‘晋单 73’次之,‘郑单 958’最低。在不同出苗率下,3个品种的产量均在出苗率 100%时最高,将此设为对照,发现‘郑单 958’和‘京科 968’的产量在 95%出苗率时与对照相比无显著差异,但出苗率下降到 90%及以下时产量显著降低,出苗率为 90%、85%和 80%时,2个品种的产量较对照降低了 5.48%和 9.85%、7.70%和 9.73%、6.87%和 9.76%。‘晋单 73’的产量在出苗率为 90%及以上

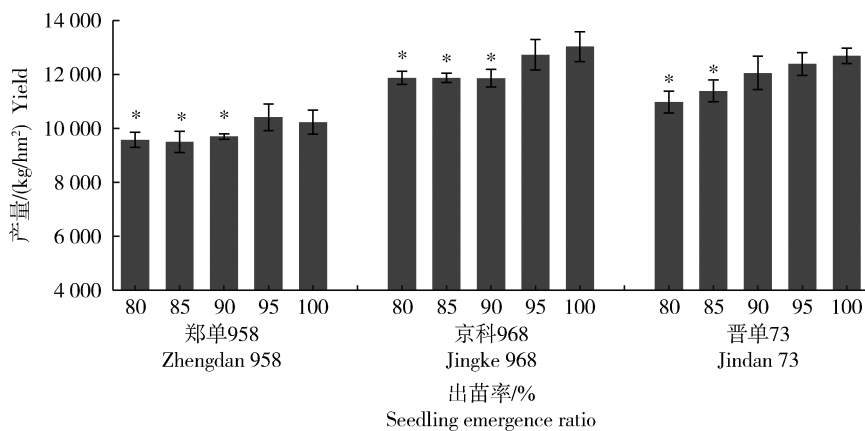
表 3 不同品种在不同出苗率条件下的果穗性状

Table 3 Ear characters of different maize cultivars with different seedling emergence

品种 Cultivar	出苗率/% Seedling emergence ratio	单穗重/kg Ear weight	穗长/cm Ear length	秃尖果 穗率/% Bald ear rate	秃尖长/cm Bare tip length	出籽率/% Seed rate	穗粗/mm Ear diameter	穗行数/行 Rows per ear	行粒数/粒 Kernels per row	百粒重/g 100-kernels weight
郑单 958 Zhengdan958	80	0.279 a	20.2 a	31.92 a	0.20 c	82.40 a	52.46 a	15.7 a	42.8 a	39.03 a
	85	0.264 ab	19.3 b	30.75 a	0.30 bc	81.35 a	51.47 a	15.6 a	41.3 b	38.83 a
	90	0.229 bc	18.6 bc	33.87 a	0.30 bc	82.58 a	50.34 a	15.4 a	40.1 bc	36.40 a
	95	0.225 bc	18.9 bc	34.62 a	0.40 ab	82.33 a	50.09 a	15.4 a	40.1 bc	35.90 a
	100	0.213 c	18.3 c	35.22 a	0.50 a	84.30 a	50.10 a	15.5 a	38.8 c	35.73 a
京科 968 Jingke968	80	0.320 a	20.6 a	41.85 a	0.40 b	81.41 a	54.59 a	16.4 a	43.5 a	40.35 a
	85	0.302 b	20.2 ab	42.99 a	0.51 b	81.45 a	54.74 a	16.3 a	42.8 a	40.15 a
	90	0.289 bc	20.2 ab	46.57 a	0.53 b	80.52 a	54.36 a	16.4 a	42.6 a	39.75 a
	95	0.291 bc	20.0 ab	53.83 a	0.56 b	81.59 a	54.36 a	16.5 a	42.5 a	39.68 a
	100	0.283 c	19.6 b	54.10 a	0.74 a	81.04 a	54.50 a	16.7 a	40.6 b	40.03 a
晋单 73 Jindan73	80	0.292 a	21.0 a	32.52 a	0.38 a	85.09 a	52.27 a	17.2 a	46.5 a	36.00 a
	85	0.273 a	20.4 a	30.26 a	0.38 a	85.09 a	51.89 a	16.9 a	45.1 a	35.18 a
	90	0.286 a	20.8 a	30.92 a	0.35 a	85.72 a	52.24 a	17.2 a	46.3 a	35.88 a
	95	0.276 a	20.4 a	29.00 a	0.40 a	86.54 a	51.70 a	17.1 a	45.1 a	35.38 a
	100	0.274 a	20.3 a	29.85 a	0.40 a	84.99 a	51.96 a	16.9 a	44.4 a	35.98 a

注：不同字母表示同一指标下不同处理间在 $P < 0.05$ 水平上的差异显著。

Note: Different letters within the same trait represent significant differences at $P < 0.05$ among different treatments.



* 表示各处理与对照 100% 出苗时的产量相比,在 $P=0.05$ 水平上差异显著。

* Indicates that yield of the settled seedling emergence is significantly different ($P<0.05$) to that of 100% emergence.

图 1 不同玉米品种在不同出苗率条件下的产量

Fig. 1 Yield of different maize cultivars with different seedling emergence ratio

时与对照相比无显著差异,而在 85% 及以下时产量显著降低,出苗率为 85% 和 80% 的产量较对照降低了 11.46% 和 15.63%。由此可见,‘郑单 958’和‘京科 968’在缺苗 5% (出苗率为 95%) 时对产量的影响不显著,当缺苗 10% 及以上 (出苗率低于 90%) 则会对产量产生显著的影响。‘晋单 73’在缺苗 10% (出苗率为 90%) 时对产量的影响不显著,但缺苗 15% 及以上 (出苗率低于 85%) 时对产量产生显著影响。

3 结论与讨论

随着玉米单粒播进程的推进,单位面积土地的用种量减少,对高活力种子的需求越来越大,种子出苗率成为影响植株成苗、决定作物产量高低的主要因素。赵霞等^[12]发现,种子质量对株高、单株叶面积的影响不显著,这与本研究结果一致,‘郑单 958’、‘京科 968’和‘晋单 73’3 个玉米杂交种的株高和穗位高虽品种间差异较大,但均不受出苗率影响。杨利华等^[18]和刘志新等^[19]研究显示,随密度增加,穗长缩短,秃尖长度增加。本研究也发现随着出苗率的升高,单穗重、穗长逐渐降低,而秃尖果穗率和秃尖长度则逐渐增加。

白志英^[13]等研究认为,品种不同,籽粒产量的适宜种植密度不同,随着种植密度增加,叶面积指数 (LAI) 增大,群体光合势增加,群体干物质积累量呈现升高趋势,因此提高玉米的种植密度可能是获得高产的重要途径之一^[14],但种植密度过高,会出现空秆增多、秃尖增长、倒伏和病虫害加重等问题,影响玉米高产^[15-17]。李宁等^[15]研究发现,随着种植密

度增加,产量相对提高,当种植密度增加到一定程度时,产量随密度的增加而下降。本研究中使用的‘郑单 958’和‘京科 968’的个体植株性状和群体产量性状相对较为协调的种植密度是 60 000 株/hm²,‘晋单 73’是 57 000 株/hm²,在此最适种植密度下,3 个品种均在出苗率为 100% 时产量最高。以 100% 出苗为参照,‘郑单 958’、‘京科 968’缺苗 5% 时对产量的影响未达到显著水平,而缺苗达到 10% 及以上时则对产量产生显著影响。‘晋单 73’在缺苗达到 15% 及以上时产量显著降低。因此,农业生产上,‘郑单 958’和‘京科 968’田间出苗率需要达到 95% 以上,‘晋单 73’达到 90% 以上,才不会造成显著的减产。

参考文献 References

- [1] 陈国平,高聚林,赵明,董树亭,李少昆,杨祁峰,刘永红,王立春,薛吉全,柳京国,李潮海,王永宏,王友德,宋慧欣,赵久然. 近年我国玉米超高产田的分布、产量构成及关键技术[J]. 作物学报, 2012, 38(1): 80-85
Chen G P, Gao J L, Zhao M, Dong S T, Li S K, Yang Q F, Liu Y H, Wang L C, Xue J Q, Liu J G, Li C H, Wang Y H, Wang Y D, Song H X, Zhao J R. Distribution, yield structure, and key cultural techniques of maize super high yield plots in recent years[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(1): 80-85 (in Chinese)
- [2] 陈亮,张宝石,王洪山,李钦德,付俊,杨海龙,常程,申卓. 生态环境与种植密度对玉米产量和品质的影响[J]. 玉米科学, 2007, 15(2): 88-93
Chen L, Zhang B S, Wang H S, Li Q D, Fu J, Yang H L, Chang C, Shen Z. Effects of plant density and ecological environment on grain yield and quality in maize[J]. *Journal of Maize*

- Sciences*, 2007, 15(2): 88-93 (in Chinese)
- [3] 刘洋, 孙占祥, 白伟, 郑家明, 侯志研, 冯良山, 杨宁. 不同耕法对土壤含水量、玉米生长发育及产量的影响[J]. 辽宁农业科学, 2011, 2(2): 10-14
Liu Y, Sun Z X, Bai W, Zheng J M, Hou Z Y, Feng L S, Yang N. Effect of soil moisture and maize growth and yield under the different cultivation method [J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2011, 2(2): 10-14 (in Chinese)
- [4] 张国合, 常建智, 李彦昌, 闫丽慧, 许冬莲, 张素芬, 艾振光. 不同耕作方式对夏玉米生长发育及产量的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(11): 14-16
Zhang G H, Chang J Z, Li Y C, Yan L H, Xu D L, Zhang S F, Ai Z G. Effect of different tillage methods on growth and yield of summer maize [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2013, 42(11): 14-16 (in Chinese)
- [5] 赵正雄, 张福琐, 赵明, 毛达如. 不同种植方式对玉米生长发育和产量的影响[J]. 农业现代化研究, 2002, 23(3): 197-199
Zhao Z X, Zhang F S, Zhao M, Mao D R. Influence of establishment on maize growth and yield [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2002, 23 (3): 197-199 (in Chinese)
- [6] 范厚明, 余菊, 余慧明. 不同种植方式对玉米生长发育及产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2003, 31(4): 25-26
Fan H M, Yu L, Yu H M. Effect of different planting methods on growth and yield of maize [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2003, 31(4): 25-26 (in Chinese)
- [7] 王春平, 张万松, 陈翠云, 张新友, 赵虹, 郭天财, 霍晓妮, 汤其林, 尹海庆. 中国种子生产程序的革新及种子质量标准新体系的构建[J]. 中国农业科学, 2005, 38(1): 163-170
Wang C P, Zhang W S, Chen C Y, Zhang X Y, Zhao H, Guo T C, Huo X N, Tang Q L, Yin H Q. Innovation of the seed production procedures and establishment of corresponding seed quality criteria in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(1): 163-170 (in Chinese)
- [8] 余小芳, 石海春. 玉米果穗不同部位种子活力测定[J]. 种子科技, 2002, 6(2): 35-36
Yu X F, Shi H C. Seed vigor of different parts of maize ear [J]. *Seed Technology*, 2002, 6(2): 35-36 (in Chinese)
- [9] 边少锋, 赵洪祥, 孟祥盟, 方向前, 谭国波, 张丽华, 杨粉团, 闫伟平. 超高产玉米品种穗部性状整齐度与产量的关系研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(4): 119-122
Bian S F, Zhao H X, Meng X M, Fang X Q, Tan G B, Zhang L H, Yang F T, Yan W P. Study on the relationship between the ear characteristic uniformity and yield of super high-yielding corn [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2008, 16(4): 119-122 (in Chinese)
- [10] 赵霞, 王小星, 黄瑞冬, 李潮海, 唐宝军. 玉米精密播种种子质量差异研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(4): 95-100
Zhao X, Wang X X, Huang R D, Li C H, Tang B J. Differences on the quality of precision planting seeds in maize [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2012, 20(4): 95-100 (in Chinese)
- [11] 尹燕桢, 董学会. 种子学实验技术[M]. 中国农业出版社, 2008
Yin Y P, Dong X H. *Seed Experimental Technology* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008 (in Chinese)
- [12] 赵霞, 薛华政, 唐保军, 黄瑞冬, 李潮海, 凡军洲. 种子质量对免耕精播夏玉米生长及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(21): 37-42
Zhao X, Xue H Z, Tang B J, Huang R D, Li C H, Fan J Z. Effects of seed quality on seedling growth and yield of summer maize under no-tillage and precision sowing [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31 (21): 37-42 (in Chinese).
- [13] 白志英, 李存东, 郑金凤, 毕常锐, 唐光雷. 种植密度对玉米先玉335和郑单958生理特性、产量的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(S1): 166-169
Bai Z Y, Li C D, Zheng J F, Bi C R, Tang G L. The effect of plant density on the physiological characters and yield of maize Xianyu 335 and Zhengdan 958 [J]. *Agricultural Science*, 2010, 25(S1): 166-169 (in Chinese)
- [14] 薛珠政, 卢和顶, 林建新, 杨人震. 种植密度对玉米单株和群体效应的影响[J]. 玉米科学, 1999, 7(2): 53-55
Xue Z Z, Lu H D, Lin J X, Yang R Z. Effect on single plant and population efficiency by different density on maize [J]. *Journal of Maize Sciences*, 1999, 7(2): 53-55 (in Chinese)
- [15] 李宁, 翟志席, 李建民, 吴沛波, 段留生, 李召虎. 密度对不同株型的玉米农艺、根系性状及产量的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 98-102
Li N, Zhai Z X, Li J M, Wu P B, Duan L S, Li Z H. Effects of planting density on agricultural characters, root system characters and yield of different maize plant types [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2008, 16(5): 98-102 (in Chinese)
- [16] 刘巍巍, 赵会杰, 李红旗, 赵雪娟, 袁立钢, 胡巍巍. 密度、种植方式对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(8): 75-78
Liu W W, Zhao H J, Li H Q, Zhao X J, Yuan L G, Hu W W. Effects of planting densities and modes on stem lodging resistance of summer maize [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2011, 40(8): 75-78 (in Chinese)
- [17] 王娜, 李凤海, 王志斌, 王宏伟, 吕香玲, 周宇飞, 史振声. 不同耐密型玉米品种茎秆性状对密度的响应及与倒伏的关系[J]. 作物杂志, 2011(3): 67-70
Wang N, Li F H, Wang Z B, Wang H W, Lv X L, Zhou Y F, Shi Z S. Response to plant density of stem characters of maize hybrids and its relationship to lodging [J]. *Crops*, 2011(3): 67-70 (in Chinese)
- [18] 杨利华, 张丽华, 杨世丽, 马瑞昆. 不同株高玉米果穗性状对种植密度的反应[J]. 河北农业大学学报, 2008, 31(1): 12-15
Yang L H, Zhang L H, Yang S L, Ma R K. Responses of ear characters of corn with uneven plant height to planting density [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2008, 31 (1): 12-15 (in Chinese)
- [19] 刘志新, 曹敏建, 孙宏东. 种植密度对不同基因型玉米品种效应研究 II 密度对不同基因型玉米品种主要农艺性状效应研究[J]. 杂粮作物, 2009, 29(2): 101-107
Liu Z X, Cao M J, Sun H D. Studies on the effects of the plant-densities to different genotype maize hybrids [J]. *Rain Fed Crops*, 2009, 29(2): 101-107 (in Chinese)