

行距及密度对夏玉米产量及其构成因素的影响

崔丽娜¹, 李令伟², 崔廷臣², 张钰², 禹光媛², 杨连俊², 董树亭³

(1. 德州学院, 山东德州 253023; 2. 山东德州市农业局, 山东德州 253000; 3. 山东农业大学农学院, 山东泰安 271018)

摘要 以德利农7号为试验材料, 研究不同行距及密度对夏玉米产量及其相关因素的影响。试验结果表明, 不同行距条件下, 玉米产量随着密度的增加规律不一致。在60和70 cm行距下, 玉米产量随着密度的增加呈先增加后减少的趋势。穗数、千粒重和产量方差分析显示, 行距、密度及行距与密度的交互效应均达极显著水平; 穗粒数方差分析结果显示, 仅有密度差异的处理达到显著水平。在75和80 cm行距处理下, 玉米产量随着密度的增加而增加。行距75 cm、密度90 000株/hm²处理的玉米产量最大。

关键词 行距; 密度; 玉米; 产量

中图分类号 S513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)13-0029-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.13.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID): **Row Spacing and Density on Grain Yield and Its Component Factors of Summer Maize (*Zea mays* L.)**CUI Li-na¹, LI Ling-wei², CUI Yan-chen² et al (1. Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023; 2. Dezhou Agricultural Bureau, Dezhou, Shandong 253000)

Abstract With Delinong 7 as the test material, we researched the effects of row spacing and density on grain yield and its component factors of summer maize (*Zea mays* L.). The results showed that the increase law of maize yield was not consistent with that of density under different row spacing. The grain yield of maize increased first and then decreased with the increase of density under the row spacing of 60 and 70 cm. The variance analysis of panicle number, 1 000-grain weight and yield showed that the interaction effects of row spacing, density and row spacing and density reached a extremely significant level. The analysis of the variance of grain number of panicle showed that only the interaction effects density reached a significant level. The grain yield of corn increased with the increase of density under the row spacing of 75 and 80 cm. The treatment of 75 cm row spacing and 90 000 plants/hm² density had the highest maize yield.

Key words Row spacing; Density; Maize (*Zea mays* L.); Yield

20世纪80年代以来, 为了提高复种指数和单位面积产量, 我国广泛开展了小麦/玉米吨粮田的套作栽培技术研究, 并取得了重大成果^[1-5]。高产超高产玉米的栽培技术措施研究也应运而生, 而栽培措施中重要的内容就是密度及行株距的选择^[6-11], 吕丽华等^[12]研究表明, 过高或过低的种植密度都会影响玉米的最终产量; 杨吉顺等^[13]研究表明, 在较高密度条件下, 宽窄行80 cm-40 cm的配置有助于扩大光合面积、增加穗位叶层的光合有效辐射、提高群体光合速率、减少群体呼吸消耗, 从而提高籽粒产量。因此, 通过密度及行距的调整能提高玉米产量。鉴于此, 笔者以黄淮海普遍种植的玉米品种德利农7号为试验材料, 研究不同行株距和密度对夏玉米产量和其相关因素的影响, 以期对夏玉米最佳行株距的选择提供理论基础。

1 材料与方

1.1 试验地概况 试验在德州市开发区进行, 该地块有代表该区域特点的壤土地、水浇田、高产地块。

1.2 试验材料 供试材料为德利农7号。

1.3 试验方法 该试验为大区试验, 小区长15 m、宽10 m, 面积为150 m²。玉米品种采用德利农7号(用地面积150 m×5 m=750 m², 不含行间走道)。小区之间留1 m的过道, 试验田块之间留2 m的走廊。试验采取裂区试验设计, 以行株距

为主区, 以密度为副区。在各自的裂区内采用完全随机设计。行距有4个水平(60、70、75、80 cm); 密度有5个水平(60 000、67 500、75 000、82 500、90 000株/hm²)。不同处理方法见表1。

表1 不同处理试验设计

Table 1 Desin of different treatments

处理编号 Treatment code	行距 Row spacing//cm	密度 Density//株/hm ²
①	60	60 000
②	60	67 500
③	60	75 000
④	60	82 500
⑤	60	90 000
⑥	70	60 000
⑦	70	67 500
⑧	70	75 000
⑨	70	82 500
⑩	70	90 000
⑪	75	60 000
⑫	75	67 500
⑬	75	75 000
⑭	75	82 500
⑮	75	90 000
⑯	80	60 000
⑰	80	67 500
⑱	80	75 000
⑲	80	82 500
⑳	80	90 000

基金项目 国家自然科学基金(31171497, 30871476); 玉米现代产业技术体系(nyhyzx07-003); 国家重大基础研究(2011CB100105); 山东省重大农业研究项目。

作者简介 崔丽娜(1981—), 女, 山东潍坊人, 讲师, 博士, 从事玉米高产与品质研究。

收稿日期 2018-12-11

单粒播种, 基施复合肥(N-P-K: 16%-16%-16%) 300 kg/hm², 大喇叭口期追施尿素 675 kg/hm², 田间管理同

高产田。试验期间玉米生长发育正常,分别于每年的10月18日收获。地力状况:播种前、收获前采集试验地0~20 cm

的土壤,化验分析土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾的含量(表2)。测定穗数、穗粒数、千粒重、产量。

表2 试验田地力状况比较

Table 2 Comparison of the fertility of experimental field

采样时间 Sampling time	有机质 Organic matter//%	全氮 Total N//%	碱解氮 Available N//mg/kg	有效磷 Available P//mg/kg	速效钾 Rapidly available K//mg/kg
播种前 Before sowing	1.20	0.14	82	25	103
收获后 After harvesting	1.21	0.13	83	26	105

1.4 数据处理 用 Excel 进行数据处理,采用 DPS 数据分析程序进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同行株距对玉米产量的影响 由表3可知,不同行距条件下,德利农7号玉米籽粒产量随密度增加规律表现为不一致性,行距为60和70 cm时表现为规律一致性,随密度增加产量先增加后降低;行距为75和80 cm时表现为规律一致性,随密度增加而增加;因此增加行距对于德利农7号玉米产量有较好影响。

在所有处理中,75 cm行距、密度为90 000株/hm²处理的德利农7号玉米籽粒产量最高,为14 455.5 kg/hm²。

2.2 不同行株距对玉米穗数的影响方差分析 由表4可知,不同重复之间差异不显著,行距、密度和交互效应均达极显著水平。

2.3 不同行距及密度对玉米穗粒数影响方差分析 由表5可知,不同重复之间差异不显著,不同行距相同密度条件下各处理间穗粒数未达到差异显著性水平;相同行距不同密度条件下各处理间穗粒数达到差异显著性水平;行距及密度的相互作用各处理间的未达到显著性差异水平。

表3 行株距和密度对玉米籽粒产量及其构成因素的影响

Table 3 Effects of row spacing and density on yield and its component factors of maize

处理编号 Treatment code	穗数 Ear number 个/hm ²	穗粒数 Seeds per ear//个	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield kg/hm ²
①	61 338.0	587.2	329.4	10 318.5
②	67 927.5	566.0	323.6	11 134.5
③	74 815.5	564.0	319.5	12 916.5
④	81 183.0	522.7	310.8	13 534.5
⑤	87 354.0	517.3	301.3	12 460.5
⑥	61 455.0	578.1	348.8	10 021.5
⑦	67 815.0	574.0	339.9	11 101.5
⑧	74 850.0	558.7	325.1	12 334.5
⑨	81 390.0	543.3	316.7	12 972.0
⑩	87 750.0	526.7	302.6	12 231.0
⑪	61 815.0	592.7	331.9	11 280.0
⑫	68 175.0	580.0	328.4	12 202.5
⑬	75 180.0	572.2	323.5	13 261.5
⑭	82 335.0	566.4	319.1	13 306.5
⑮	88 515.0	542.1	310.8	14 455.5
⑯	61 800.0	600.0	332.5	10 791.0
⑰	67 650.0	579.3	329.3	10 855.5
⑱	74 970.0	560.7	327.1	11 881.5
⑲	81 420.0	542.7	301.7	12 628.5
⑳	88 815.0	524.0	257.7	13 413.0

表4 行距及密度对玉米穗数影响的方差分析

Table 4 Variance analysis of the effects of row spacing and density on the ear number of maize

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F值 F value	P值 P value	F _{0.05}	F _{0.01}
区组 Block	1 504.933 3	2	752.466 7				
因素 A Factor A	18 455.106 3	3	6 151.702 1	130.788 0	0.000 1	5.14	10.92
误差 Error	282.215 0	6	47.035 8				
因素 B Factor B	23 745 007.048 1	4	5 936 251.762 0	260 996.426 0	0.000 1	6.94	18.00
AxB	15 068.861 1	12	1 255.738 4	55.210 0	0.000 1	3.88	6.93
误差 Error	727.826 3	32	22.744 6				
总和 Sum	23 781 045.990 2	59					

表5 行距及密度对玉米穗粒数影响的方差分析

Table 5 Variance analysis of the influence of row spacing and density on kernel number per ear of maize

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F值 F value	P值 P value	F _{0.05}	F _{0.01}
区组 Block	6 076.237 0	2	3 038.118 5				
因素 A Factor A	3 056.263 6	3	1 018.754 5	1.054 0	0.435 0	5.14	10.92
误差 Error	5 797.966 1	6	966.327 7				
因素 B Factor B	29 077.137 0	4	7 269.284 3	33.114 0	0.000 1	6.94	18.00
AxB	2 268.428 7	12	189.035 7	0.861 0	0.591 7	3.88	6.93
误差 Error	7 024.755 1	32	219.523 6				
总和 Sum	53 300.787 6	59					

2.4 不同行距及密度对玉米千粒重影响方差分析 由表 6 可知,不同重复之间差异不显著,行距、密度以及行距与密度的

的相互作用均达到极显著性水平。

表 6 行距及密度对玉米千粒重影响的方差分析

Table 6 Variance analysis of effects of row spacing and density on 1 000-grain weight of maize

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
区组 Block	3 314.222 1	2	1 657.111 1				
因素 A Factor A	2 462.170 1	3	820.723 4	45.378 0	0.000 2	5.14	10.92
误差 Error	108.518 2	6	18.086 4				
因素 B Factor B	13 763.511 7	4	3 440.877 9	106.418 0	0.000 1	6.94	18.00
AxB	4 489.900 8	12	374.158 4	11.572 0	0.000 1	3.88	6.93
误差 Error	1 034.672 6	32	32.333 5				
总和 Sum	25 172.995 6	59					

2.5 不同行距及密度对玉米产量影响方差分析 由表 7 可知,不同重复之间差异不显著,行距、密度以及行距与密度的

相互作用均达到极显著性水平。

表 7 行距及密度对玉米产量影响的方差分析

Table 7 Variance analysis of the effects of row spacing and density on maize grain yield

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
区组 Block	1 996.584 5	2	998.292 3				
因素 A Factor A	47 147.738 3	3	15 715.912 8	48.733 0	0.000 1	5.14	10.92
误差 Error	1 934.931 1	6	322.488 5				
因素 B Factor B	276 262.009 1	4	69 065.502 3	655.496 0	0.000 1	6.94	18.00
AxB	46 017.285 2	12	3 834.773 8	36.396 0	0.000 1	3.88	6.93
误差 Error	3 371.638 7	32	105.363 7				
总和 Sum	376 730.187 0	59					

3 讨论

3.1 不同株距对玉米产量的影响 构建合理的群体结构是玉米密植高产的基础,通过不同株行距配置可以改变玉米群体的冠层和根部结构,从而改变农田小气候环境,达到增产的目的^[14-15]。玉米冠层形态结构影响作物群体的受光能力和内部光分布特征^[16-17]。在种植密度不变的情况下,适当增加株行距能够起到增产的效果,但行距过大必然导致株距减小,不但不会增加玉米产量,而且会导致玉米产量降低^[18-20]。李新彦等^[18]研究表明,行距为 70 cm 时,糯玉米群体干物质积累、群体生长率以及糯玉米蒸煮品质达到最佳,这与杨克军等^[21]、刘武仁等^[22]、吕丽华等^[23]的研究相似,均是在行距 70 cm 时指标达到最佳。王波等^[24]采用种行株距 50、60 和 70 cm 的种植模式,研究其对玉米田间小气候及产量的影响,结果表明在行距 50 cm、株距 33.35 cm 时,群体结构较合理,农田小气候中的光照、温度、湿度、风等资源配合较好,这可能与选择的品种株型、玉米植株的高矮以及玉米的抗性有关,并且不同密度下最适行距也有差异。

3.2 种植密度对玉米产量的影响 适宜的密度可改善玉米对光热资源的利用效率与库源的平衡过程,是提高玉米产量的主要措施^[25-26]。玉米产量随种植密度的增加呈现出向下抛物线趋势,种植密度为 70 000~80 000 株/hm² 时,田间有较合理的群体绿叶叶面积来吸收太阳光热资源,植株个体和

群体的生长结构、物质积累较合理,其最高产量种植密度应为 80 000 株/hm²^[27]。谭华等^[28]研究认为,产量随着种植密度的加大而先增加,后降低。李洪岐等^[29]研究发现在同等条件下,对比等行距的种植方式,2 个品种在宽窄行的种植条件产量较高;随着密度增加,产量在 8.25 万株/hm² 时达到最大值。王楷等^[30]研究发现,要达到 15 000 kg/hm² 以上的产量水平,最适种植密度为 7.15 万~14.45 万株/hm²。该试验结果显示,相同密度下,随着行距的增加,产量先增加后减小,加大行距可以增加玉米的透光透气,但在相同密度下,过大的行距势必会减小株距,增加玉米植株则加剧了光温水气的竞争,从而降低玉米产量。

4 结论

在该试验中,相同密度下,随着株距增加,产量呈先增加后减小的趋势。60 和 70 cm 行距下,玉米产量随着密度的增加呈先增加后减小的趋势;75 和 80 cm 行距下,玉米产量随着密度增加而增加。75 cm 行距、密度 90 000 株/hm² 处理的德利农 7 号玉米籽粒产量最大,为 14 455.5 kg/hm²。因此,在黄淮海地区,德利农 7 号玉米株距 75 cm、密度 90 000 株/hm² 较合适。

参考文献

- [1] 赵玉庭,刘述斌.丘陵旱区玉米高产播期研究[J].耕作与栽培,2000(5):14-15.

期和伸蕾期打顶产值高于第一朵花开期打顶。林桂华等^[10]研究指出,打顶方式对不同品种的产量和质量影响不同。总体来看,中心花开打顶处理的效果较理想。

打顶时期对烟碱含量也具有一定影响,林中麟等^[12]研究表明,打顶时期与烤烟下部叶烟碱含量无相关关系,与中部叶烟碱含量呈显著负相关,与上部叶烟碱含量呈极显著负相关。朴世领等^[13]研究表明,打顶和抹杈是对烟碱含量影响最大的农业栽培措施。打顶增加烟碱含量,早打顶的烟株烟碱含量高于晚打顶的烟株。该试验常规化学成分分析所取样品为雪茄烟中部烟叶,烟碱含量总体由高到低依次为50%烟株现蕾打顶、50%烟株中心花开打顶、50%烟株盛花打顶、不打顶,即随着打顶时期的延迟,烟碱含量也逐渐降低,这与烤烟烟碱变化规律一致。

郭丽琢等^[14]研究指出,随着打顶时期推迟,钾逐渐积累,这可能是因为晚打顶的烟株具有较高的顶端优势,对可移动无机营养元素的吸收较强。而舒海燕等^[15]研究指出,烟株在打顶后的50 d内,各品种打顶处理的钾含量均低于未打顶处理的钾含量,未打顶株钾积累幅度明显高于打顶株。该试验结果与郭丽琢等^[14]研究结果基本一致,雪茄烟不同打顶期钾含量由高到低依次为50%烟株盛花打顶、50%烟株中心花开打顶、50%烟株现蕾打顶,但是不打顶处理钾含量又略高于50%烟株现蕾打顶,这可能与雪茄烟品种 BES NO H382 对钾元素的吸收规律有关。

该试验通过对不同打顶期各处理的农艺性状、产量产值、化学成分协调性、评吸质量等分析得出,雪茄烟 BES NO H382 品种 50%烟株中心花开期为最佳打顶时期。考虑到

留叶数同样是影响上述指标的关键因素,应进一步研究打顶时期与留叶数对烟叶产质量等的共同影响。

4 小结

该研究结果表明,雪茄烟 BES NO H382 品种在恩施州来凤县最佳打顶时期为50%烟株中心花开期,该时期打顶的雪茄烟烟叶的产量、产值、化学成分协调性和评吸质量等都基本达到较优水平。

参考文献

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:74.
- [2] 许灵杰,陈骏,谭应举. 烟草打顶技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2018(22):15,20.
- [3] 王关安. 规范打顶 科学抑芽[J]. 山西农业,2008(8):32.
- [4] 周伯瑜,黄美槐. 烟草打顶及应注意事项[J]. 专业户,1996(6):19.
- [5] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005.
- [6] 杨铁钊. 烟草育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [7] 全国烟草标准化技术委员会. 烟草农艺性状调查方法:YC/T 142—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [8] 金敖熙. 雪茄烟生产技术[M]. 北京:轻工业出版社,1982.
- [9] 邱尧,周冀衡,黄助理,等. 打顶后供钾水平对烟草体内钾素积累分配的影响[J]. 中国烟草科学,2015,36(1):68-72.
- [10] 林桂华,周冀衡,范启福,等. 打顶技术对烤烟产质量和生物碱组成的影响[J]. 中国烟草科学,2002,23(4):8-12.
- [11] 赵光伟,刘德育,王逛会. 打顶时期与留叶数对烤烟产量与品质的影响[J]. 现代化工,1996(4):18-19.
- [12] 林中麟,石健林,周益. 烟草打顶研究进展[J]. 江西农业学报,2009,21(6):32-36.
- [13] 朴世领,李树利,金香花. 烟草烟碱调控技术研究进展[J]. 安徽农业科学,2007,35(25):7873-7874.
- [14] 郭丽琢,张福锁,李春俭. 打顶对烟草生长、钾素吸收及其分配的影响[J]. 应用生态学报,2002,13(7):819-822.
- [15] 舒海燕,常胜合,杨铁钊. 烟株打顶对钾素含量的影响[J]. 河南农业科学,2005(1):25-26.
- [16] 高鹭,陈素英,胡春胜. 喷灌条件下冬小麦冠层温度的试验研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):1-5.
- [17] 韩磊,王长发,王建,等. 棉花冠层温度分异现象及其生理特性的研究[J]. 西北农业学报,2007,16(3):85-88.
- [18] 李新彦,李有明,马现斌,等. 不同株行距配置对玉米产量的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):87-88.
- [19] 李洪,王斌,李爱军,等. 玉米株行距配置的密植增产效果研究[J]. 中国农学通报,2011,27(9):309-313.
- [20] 温日宇,郭耀东,刘建霞,等. 不同密度和种植方式对玉米产量的影响[J]. 山西农业科学,2011,39(8):814-815.
- [21] 杨克军,李明,李振华. 栽培方式与作物群体结构对寒地春玉米光合性能及产量的影响[J]. 玉米科学,2006,14(5):78-83.
- [22] 刘武仁,边少锋,郑金玉,等. 玉米宽窄行种植的土壤环境变化研究[J]. 玉米科学,2002,10(4):52-55.
- [23] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等. 不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J]. 作物学报,2008,34(3):447-455.
- [24] 王波,余海兵,支银娟. 玉米不同种植模式对田间小气候和产量的影响[J]. 核农学报,2012,26(3):623-627.
- [25] 冯海娟,张善平,马存金,等. 种植密度对夏玉米茎秆维管束结构及茎流特性的影响[J]. 作物学报,2014,40(8):1435-1442.
- [26] 杨吉顺,高辉远,刘鹏,等. 种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响[J]. 作物学报,2010,36(7):1226-1233.
- [27] 杨国虎,李新,王承莲,等. 种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究[J]. 西北农业学报,2006,15(5):57-60,64.
- [28] 谭华,韦国能,黄开健,等. 玉米桂单21号适宜种植密度探讨[J]. 广西农学报,1998(4):11-14.
- [29] 李洪岐,蔺海明,梁书荣,等. 密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响[J]. 生态学报,2012,32(20):6584-6590.
- [30] 王楷,王克如,王永宏,等. 密度对玉米产量(>15 000 kg·hm⁻²)及其产量构成因子的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(16):3437-3445.

(上接第31页)

- [2] 逢焕成,宋吉作,刘光亮. 小麦玉米套种共生期的气候生态效应与小麦边际效应分析[J]. 耕作与栽培,1994(4):15-16.
- [3] 白春华,闫吉治. 河西地区套种大豆播期与主要经济性状的关系[J]. 耕作与栽培,1997(3):9-10.
- [4] 东先旺,位东斌,石岩,等. 小麦、玉米 667m² 产吨粮节水配套技术研究[J]. 耕作与栽培,1999(1):16-18.
- [5] 张平,马兴亮. 不同种植密度对夏玉米产量的影响[J]. 安徽农学通报,2015,21(18):42-43,53.
- [6] 梁熠,齐华,王敬亚,等. 宽窄行栽培对玉米生长发育及产量的影响[J]. 玉米科学,2009,17(4):97-100.
- [7] 刘伟,吕鹏,苏凯,等. 种植密度对夏玉米产量和源库特性的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(7):1737-1743.
- [8] 贾春兰,刘少坤,唐世伟,等. 不同年份玉米增加密度对产量的影响[J]. 山东农业科学,2011,43(9):50-52.
- [9] 李洪梅,王西芝,蒋明洋,等. 不同种植密度对夏玉米农艺性状及产量的影响[J]. 山东农业科学,2015,47(7):59-61.
- [10] 张倩,张洪生,姜雯,等. 种植方式对夏玉米生长及产量的影响[J]. 玉米科学,2012,20(2):111-114.
- [11] 田发荣. 种植密度和种植方式对夏玉米群体根冠特性及产量的影响探讨[J]. 南方农业,2016,10(21):54-55.
- [12] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等. 不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J]. 作物学报,2008,34(3):447-455.
- [13] 杨吉顺,高辉远,刘鹏,等. 种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响[J]. 作物学报,2010,36(7):1226-1233.
- [14] 魏珊珊,王祥宇,董树亭. 株行距配置对高产夏玉米冠层结构及籽粒灌浆特性的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(2):441-450.
- [15] 长建峰,张海红,董朋飞,等. 种植模式对不同株型夏玉米品种生理生态效应比较[J]. 玉米科学,2014,22(3):115-120.