

密度、种植方式和品种对夏玉米群体发育特征的影响

梁书荣¹, 赵会杰^{1,*}, 李洪岐², 王俊忠², 王林华¹, 曲小菲¹, 吕淑敏¹

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

摘要:在豫北高产灌区的生产条件下,以郑单 958 和浚单 20 为试验材料,研究了不同密度和种植方式对夏玉米群体发育特征的影响。结果表明:密度和种植方式对两个品种的株高、茎粗、穗位、叶面积指数(LAI)、叶绿素含量、干物质积累量、穗部性状、籽粒产量和经济系数的影响达到极显著水平。郑单 958 在宽窄行种植方式和 90000 株/hm²的密度下产量最高,达到 14236.97 kg/hm²,浚单 20 在宽窄行种植方式和 82500 株/hm²的密度下产量最高,达到 13333.51 kg/hm²。

关键词:夏玉米;密度;种植方式;品种;群体发育特征;产量

Effects of planting densities and modes on developmental characteristics of summer maize populations in two varieties

LIANG Shurong¹, ZHAO Huijie^{1,*}, LI Hongqi², WANG Junzhong², WANG Linhua¹, QU Xiaofei¹, LÜ Shumin¹

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

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

Abstract: Effects of planting densities and modes on developmental characteristics of summer maize populations were studied in two varieties (Zhengdan 958 and Xundan 20) under high yield condition in Northern Henan Province. The results showed that plant height, stem diameter, height of ear position, leaf area index, chlorophyll content in leaves, biomass of shoots, characteristics of ear, grain yield and harvesting index were significantly influenced by planting density and mode. The yield of Zhengdan 958 was the highest (14236.97 kg/hm²) at a density of 90000 plants per hm² in wide-narrow row planting mode, while the yield of Xundan 20 was the highest (13333.51 kg/hm²) at a density of 82500 plants per hm² in wide-narrow row planting mode.

Key Words: summer maize; planting density; planting mode; variety; population developmental characteristics; yield

玉米(*Zea mays* L.)为 C₄植物,是一种高光效作物,也是重要的粮食、饲料和经济作物^[1]。随着人民生活水平的提高^[2],肉蛋奶消费不断增加,对玉米的饲料需求比重将越来越大,而可供开发的耕地面积极为有限,要确保粮食安全,增加农民收入,提高玉米单产水平是主攻方向。同时玉米的产量受遗传和环境的双重影响,由于麦收后(5月28号收割,8652kg/hm²)生长季较短、光热资源有限,玉米自我调节能力低,不适宜的种植密度会影响夏玉米正常的发育生长从而导致产量降低。佟屏亚、苏方宏^[3-4]也分别从玉米产量结构的变化上对耐密性做了大量研究。尽管随着种植密度的增加,单株产量会下降,但群体冠层的总受光量却达到了最大值,总产量增加。单位面积的籽粒产量与密度增大呈抛物线形反应^[5-8]。因此,通过调整玉米的种植方式和密度来达到高产目的是玉米生产中切实可行的办法^[9]。种植密度对夏玉米产量的影响及影响机制均有大量的研究^[10],但种植方式、密度和品种对夏玉米群体发育特征影响的研究较少,尚不能总结出一定的规律。为了进一步探索夏玉米高产潜力和增产途径,分类指导生产,本试验采用种植方式、密度和品种3因素试验对夏玉米

基金项目:国家粮食丰产科技工程资助项目(2006BAD02A07-1)

收稿日期:2009-06-22; **修订日期:**2009-11-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaohj303@163.com

群体生理特征进行研究,旨在进一步了解不同群体结构下主要发育特征及其与产量的关系,为建立合理的群体结构提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与供试土壤

以郑单 958 和浚单 20 试验材料,试验地土壤为中壤质潮土,耕层(0—20 cm)有机质含量 21.09 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 121.81 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 37.22 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 95.67 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮 1.527 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷 0.71 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH 值为 6.8。

1.2 试验设计

试验于 2008 年在河南省温县平安科技公司试验田进行。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(60cm);B2:宽窄行距(80+40cm)];副副区为密度 C(C1:6.75、C2:7.50、C3:8.25、C4:9 万株/ hm^2),重复 4 次,其中重复 4 作为取样区,其他 3 个重复为计产区。一个重复设 16 个处理,小区面积为 48 m^2 (8×0.6×10=48 m^2)。6 月 5 日播种,播种深度 5—6cm。按试验设计密度拉绳穴播,每穴 2 粒。采用普通大田高产施肥管理:氯化钾(210 kg/hm^2)和施磷酸二铵(330 kg/hm^2)^[1]在播种时作底肥一次施入;尿素 50%(185 kg/hm^2)作底肥,50%在拔节时作追肥。试验地可以灌溉。9 月 29 日收获。

1.3 测定项目及方法

田间定点定株(每小区 10 株)进行生育时期调查,分别于苗期(6 月 20 日)、拔节期(7 月 6 日)、孕穗期(7 月 16 日)、抽雄期(7 月 27 日)、灌浆期(8 月 16 日)、乳熟期(9 月 15 日)测定叶面积指数、株高、茎粗、穗位、叶绿素含量等指标。从苗期开始每隔 10d 取样(每小区 5 株)测定植株地上部位干重。收获时取各小区中间 2 行测产,并各取 10 穗在室内进行考种,分别测量穗长、穗粗、秃顶长度、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重。干物质的测定^[11]是将样品在烘箱内 105℃ 条件下杀青 30 min,然后在 80℃ 条件下烘干至恒重后称重。叶绿素含量测定用乙醇直接浸提法,用 UFIC-2700 型可见分光光度计测定。前期取最新完全展开叶,孕穗后取穗位叶为样品测定生理特征。

数据通过 DPS(3.01)软件进行 SSR 检验和 Duncan 多重比较法($P<0.05$)进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同群体的产量及产量构成

玉米产量是由每亩穗数、每穗粒和粒重 3 个因素构成。玉米要获得高产,必须建立合理的群体结构,以协调产量构成三因素的矛盾,使三者的乘积达最大值^[12]。对产量结果进行方差分析(表 2)表明,品种、种植方式和密度对产量的影响差异均达到极显著水平,且三者间的交互效应达到显著水平。说明这两个品种在豫北高产灌区因种植方式和密度不同而产生明显差异,因此找出两品种合理的高产群体是关键。

由表 1 可以看出,郑单 958 的产量随着密度的增大而增大,浚单 20 的产量随着密度的增加先增大后减小,但增产的幅度都越来越小。进一步用 Duncan 法进行多重比较(表 2),品种郑单 958 在宽窄行种植方式和密度为 8.25 万株/ hm^2 时,产量达到极显著水平,其产量结构(表 1)为平均穗数 54990 穗/ hm^2 ,穗粒数 598.47 粒,千粒重 327.13 g,群体与个体发育较协调,群体生产力高,密度达 9.00 万株/ hm^2 时,出籽率下降,穗长变短,穗粒变细,秃尖长明显增长,经济系数降至 0.44,经济性状明显趋劣。浚单 20 在宽窄行和密度为 8.25 万株/ hm^2 时,产量显著高于其它密度,达到极显著水平,产量结构为平均每公顷穗数 54830 穗,穗粒数 568.89,千粒重 315.18g;若密度过低,单株生产力高,但群体过小,群体生产力不高,若密度过高,穗位增高、秃尖长变长、茎粗变细,个体生产力降低,群体与个体的矛盾得不到很好协调。表明本试验条件下,两种玉米的最适种植方式、密度可确定为:郑单 958 为 8.25—9.00 万株/ hm^2 ;浚单 20 在 8.25 万株/ hm^2 左右较佳。在上述这些密度下,群体结构较为合理,群体与个体发育较协调,产量最高。可见,合理的种植方式和密度是玉米构建良好群体结构、优化群体光合生理功能的基础。

表 1 不同处理玉米的产量和产量构成

Table 1 The yield and yield components of maize in different treatments									
处理 Treatments	出籽率/% Seed rate	穗长/cm Ear length	秃尖长/cm Baldness of ear	穗粗/cm Ear diameter	穗数 /(穗/hm ²) Ear number	穗粒数/粒 Kernel number per ear	千粒重/g 1000-kernel weight	产量 /(kg/hm ²) Yield	经济系数/% Economic coefficient
A1B1C1	0.87	19.57	1.60	5.49	45071	611.55	323.42	8991.27	0.49
A1B1C2	0.87	19.09	1.78	5.46	50039	578.90	321.42	10266.12	0.49
A1B1C3	0.89	18.60	1.85	5.45	54809	567.43	321.32	11836.67	0.46
A1B1C4	0.86	18.22	2.02	5.36	59872	565.13	317.66	11939.86	0.45
A1B2C1	0.89	19.61	1.46	5.67	45156	625.19	339.38	10075.05	0.45
A1B2C2	0.90	19.58	1.64	5.58	50175	605.20	334.52	10887.37	0.45
A1B2C3	0.91	19.48	1.73	5.54	54990	598.47	327.13	11929.04	0.45
A1B2C4	0.90	18.84	1.90	5.48	59997	584.51	327.67	12101.42	0.48
A2B1C1	0.87	18.07	0.95	5.44	44775	568.93	307.94	8793.80	0.48
A2B1C2	0.90	17.64	1.06	5.40	50008	562.53	303.40	9717.40	0.48
A2B1C3	0.91	17.62	1.17	5.36	54712	554.17	300.70	11086.30	0.46
A2B1C4	0.90	17.55	1.20	5.30	59767	543.35	300.48	11071.29	0.44
A2B2C1	0.90	18.30	0.63	5.53	44872	581.79	322.71	9311.84	0.47
A2B2C2	0.91	18.05	0.78	5.49	50213	575.73	316.19	10426.80	0.45
A2B2C3	0.92	18.03	0.81	5.44	54830	568.89	315.18	11333.48	0.44
A2B2C4	0.90	17.95	0.99	5.37	59952	554.68	313.71	11320.13	0.44

表 2 不同处理的产量和产量构成的 SSR 检验和 Dunan 法多重比较

性状 Characters	品种 Variety				种植方式 Planting mode/cm			
	郑单 958		浚 20		等行距		宽窄行距	
	Zheng dan 958		Xun dan 20		Same row mode		Wide-narrow row mode	
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
出籽率 Seed rate	a	A	b	A	a	A	b	A
穗长 Earlength	a	A	b	A	a	A	b	A
秃尖长 Baldness of ear	a	A	b	A	a	A	b	A
穗粗 Ear diameter	a	A	b	B	a	A	b	A
穗数 Ear number	a	A	b	A	a	A	b	B
穗粒数 Kernel number per ear	a	A	b	A	a	A	b	B
千粒重 1000 kernel weight	a	A	b	A	a	A	b	A
产量 Yield	a	A	b	B	a	A	b	B

性状 Characters	密度 Density/(×10 ⁴ plants/hm ²)							
	6.75		7.50		8.25		9.00	
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
出籽率 Seed rate	a	A	a	AB	ab	B	b	B
穗长 Earlength	a	A	ab	A	ab	A	b	A
秃尖长 Baldness of ear	a	A	ab	AB	b	BC	c	C
穗粗 Ear diameter	a	A	a	AB	ab	AB	b	B
穗数 Ear number	a	A	a	AB	b	BC	c	C
穗粒数 Kernel number per ear	a	A	b	AB	bc	B	c	B
千粒重 1000 kernel weight	a	A	ab	A	b	A	b	A
产量 Yield	a	A	a	A	b	B	c	C

注:大写字母表示在 0.01 水平上差异显著性,小写字母表示在 0.05 水平上差异显著性

2.2 不同种植方式和密度对两个玉米品种主要生物学性状的影响

乳熟期对两个品种的主要生物学性状进行方差分析表明,品种、种植方式和密度间的各主要生物性状差异都达到显著性效果($P < 0.05$)。郑单 958(株高:272.42cm、茎粗:2.67cm、穗位:143.49cm)对环境的抵抗力

优于浚单 20(株高:285.44cm、茎粗:2.53cm、穗位:162.45cm),宽窄行种植方式明显优于等行距种植方式,密度 8.25 万株/hm²的主要生物性状最好。各品种的株高、穗位随着密度的增大而增高;基部茎粗随着密度的增加而变细。因此植株抗倒伏性随着密度增加而降低,从而影响最终产量,因此选择合理的种植方式和密度可以保证高产。

2.3 干物质积累变化规律

两品种干物质的积累量都是随着生育进程的推进不断增加,尤其在生育前期干物质积累量增加的幅度比显著,这有利于其穗子的形成和后期籽粒灌浆。在同密度条件下干物质的积累量都是宽窄行距高于等行距。干物质积累量随着密度的增加而增加,但当密度超过适宜密度时增加幅度减小。因此,只有在适宜群体时,干物质生产及转运能力较强,表现较高的群体生产力,才能获得较好的产量。本试验条件下最佳产量水平的成熟期群体干物质积累量:郑单 958 为 31103—31860kg/hm²,浚单 20 为 28154 kg/hm² 左右。

2.4 叶面积指数(LAI)的动态变化

由整个生长季节的 LAI 数据统计显示,LAI 变化趋势呈现抛物曲线状。孕穗期时,LAI(2.90)增加量显著,吐丝期时 LAI(6.29)最大,随后出现下降趋势,乳熟后期下降到 2.15。且 LAI 随着密度的增大而增大。同品种同密度宽窄行距的 LAI 要比等行距的 LAI 大。但不是叶面积系数越大产量越高,当群体过小时,叶面积系数较低,这就表明在整个生育期内全田绿叶面积过小,光能损失大,不能获得高的产量。群体过大时,叶面积系数过大,下层叶片易变黄枯萎,仍然不能获得较理想的产量。郑单 958 的群体平均 LAI(3.38)较浚单 20 的(3.22)大,且郑单 958 在吐丝期后 LAI 下降较慢,在乳熟后期 LAI 仍能维持在 2.41 左右。从产量结果来看,吐丝期郑单 958 的高产群体 LAI 在 6.69 左右,浚单 20 的 LAI 在 6.61 左右。

2.5 叶绿素含量的变化

本实验对灌浆期穗位叶的叶绿素含量测定结果表明,同密度同种植方式下品种郑单 958 的平均叶绿素含量(4.26mg/g)高于浚单 20 的(4.11 mg/g)。两品种的叶绿素含量随种植密度的增加而降低;在高密度条件下,个体间引起较大的相互遮光,穗位叶叶绿素含量减少,光合作用降低,产量没有随着密度的增加而明显升高甚至降低(表 1)。Duncan 法多重比较结果表明:当密度在 8.25 万株/hm²以内时,不同密度之间的差异($P>0.05$)没有达到极显著水平,说明在此范围内密度的加大,密度对叶片的光合作用还未造成影响;当密度增加到 9.00 万株/hm²时,差异($P<0.01$)达到极显著水平,说明此时的群体结构已经严重影响到叶片的光合作用,进而影响到终产量。

3 小结与讨论

3.1 两个玉米品种的适宜密度和种植方式

郑单 958 的合理种植方式是密度为 8.25—9.00 万株/hm²的宽窄行距种植,其产量可突破 12101.42 kg/hm²;浚单 20 的合理种植方式是密度为 8.25 万株/hm²左右宽窄行距种植,其产量可突破 11333.48kg/hm²。总之,在以上种植方式和密度下,群体与个体发育较协调,群体生产力得到充分发挥,表明上述种植方式和密度是两个玉米品种的高产群体结构。

3.2 两个玉米品种的高产群体特征

郑单 958 的高产群体主要特征是产量结构为 8.25—9.00 万穗/hm²,穗粒数 584.51—598.47 粒,千粒重 327.13—327.67g,最大叶面积系数为 6.79,叶绿素含量为 4.65—4.92,干物质积累量 31103—31860kg/hm²,经济系数 0.45—0.49。浚单 20 的高产群体主要特征是产量结构为 8.25 万穗/hm²左右,穗粒数 568.89 粒左右,千粒重 315.18 g 左右,最大叶面积系数为 6.61—6.70,叶绿素含量为 4.89 左右,干物质积累量 28154 kg/hm²左右,经济系数 0.44—0.50。对以上指标在部分时期进行统计分析表明:密度、种植方式、品种及三者间互作产生一定影响或者达到显著水平或者极限显著水平。

3.3 两个玉米品种个体发育特征

郑单 958 和浚单 20 两个玉米品种的株高和穗位随着密度的增大而升高;秃尖长随着密度的增大而增长;

穗长、穗粗、穗粒数、千粒重、茎粗和经济系数随着密度的增大而下降;出籽率和经济系数随着密度的增大出现先升后降的变化趋势;以上生理指标都是宽窄行距下的植株优于等行距下的植株,且各性状密度间的差异都达到极显著效果。

本实验结果表明,不同密度对郑单 958 和浚单 20 两个玉米品种的影响较大的指标为产量、干物质积累量、吐丝期 LAI,这与马国胜等^[1]研究结果一致。不同密度下干物质积累动态与马瑞霞等^[13]的研究研究结果一致。不同密度对产量的形成和群体生理指标的综合影响效应,密度显著大于品种和种植方式,玉米光合性能对密度的反应较敏感,这与刘开昌^[14]的研究结果一致。本试验是在大田条件下进行的群体品种、种植方式和密度间的互作及相关性状指标的研究,具体三因素互作下夏玉米的群体总光合势、玉米叶片平均净同化率、籽粒的品质等还有待进一步研究。

References:

- [1] Ma G S, Xue J Q, Lu H D, Zhang R H, Tai S J, Ren J H. Effects of planting density and nitrogen fertilization on population physiological indexes of summer maize (*Zea mays* L.) in Guanzhong irrigated zone. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 661-668.
- [2] Wang Y H, Zhao J, Li P G. Research on the optimum Effect of plant density and nitrogen applied quantity in interplanting maize and wheat in the Area Irrigated by the Yellow River. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2007, 16(4): 87-91.
- [3] Tong P Y. Contemporary scientific and technological progress in corn//Tong P Y ed. *Progress of Contemporary Scientific and Technological in Corn*. Beijing: Chinese Scientific & Technological Press, 1993: 49-54.
- [4] Su Y H. The Expression of Mathematics and its Applications in Maize's tolerance to density. *Journal of Maize Sciences*, 1998, 6(1): 52-54.
- [5] Yue Y H, Zhou X H, Ren J. Path analysis of yield and yield characteristics of summer maize hybrids. *Journal of Maize Sciences*, 2006, 14(6): 59-61.
- [6] Zhang X, Wang Z H, Zhang Q J, Song Z L, Zhang M Y. Effects of different density on the grain yield and quality of Zhengdan21. *Journal of Maize Sciences*, 2007, 15 (S1): 104-106.
- [7] Zhang Q J, Zhang M Y, Zhang X, Wang Z H, Wei X, Wang J Z, Kong Z M. Effects of different density on the grain yield and physiological parameters for maize Zhengdan23. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(10): 248-250.
- [8] Ma X L, Guan Y X, Pang H C, Wang Q X, Ling B Y. Effects of plant population on the grain yield and quality of three maize hybrids. *Journal of Maize Sciences*, 2005, 13(3): 84-86.
- [9] Huang Z H, Wang S Y, Wu C S, Liang X H, Sun G, Shen L, Cao Y, Wu C S. Studies on dry matter accumulation and distributive characteristic in super high-yield maize. *Journal of Maize Science*, 2007, 15(3): 95-98.
- [10] Song B, Wu S L, Su L B, Liu D F, Li Y. Study on quality index of high yield colony of different plant types of corn. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2001, 20(1): 1-8.
- [11] Liu K C, Wang Q C, Zhang X Q, Wang C Y, Li A Q, Zhang H S. Study on the relationship between photosynthetic capability and their density-tolerance of new corn hybrids. *Shandong Agricultural Sciences*, 2001, 6: 25-29.
- [12] Ma R X, Zhang A Q, Liu W C. The influence of different density on yield and main Physiological Index of different types of corn variety. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(5): 171-173.

参考文献:

- [1] 马国胜,薛吉全,路海东,张仁和,邵书静,任建宏. 密度与氮肥对关中灌区夏玉米(*Zea mays* L.)群体光合生理指标的影响. *生态学报*, 2008, 28(2): 661-668.
- [2] 王永宏,赵健,李培贵. 引黄灌区套种玉米种植密度与施 N 量的最佳耦合效应. *西北农业学报*, 2007, 16(4): 87-91.
- [3] 佟屏亚. 当代玉米科技进步//佟屏亚主编. *当代玉米科技进步*. 北京: 中国科技出版社, 1993: 49-54.
- [4] 苏言宏. 玉米耐密性的数学表达及其应用. *玉米科学*, 1998, 6(1): 52-54.
- [5] 岳尧海,周小辉,任军. 夏玉米杂交种产量性状与产量的通径分析. *玉米科学*, 2006, 14(6): 59-61.
- [6] 张新,王振华,张前进,宋中立,张明友. 种植密度对郑单 21 玉米产量及品质的影响. *玉米科学*, 2007, 15(S1): 104-106.
- [7] 张前进,张明友,张新,王振华,魏昕,王金召,孔志明. 不同种植密度对玉米郑单 23 产量和生理指标的影响. *中国农学通报*, 2008, 24(10): 248-250.
- [8] 马兴林,关义新,逢焕成,王庆祥,凌碧莹. 种植密度对 3 个玉米杂交种产量及品质的影响. *玉米科学*, 2005, 13(3): 84-86.
- [9] 黄智鸿,王思远,包岩,梁焯赫,孙刚,申林,曹洋,吴春胜. 超高产玉米品种干物质积累与分配特点的研究. *玉米科学*, 2007, 15(3): 95-98.
- [10] 宋碧,吴盛黎,苏奎兵,刘德凤,李晔. 不同株型玉米高产群体的质量指标. *山地农业生物学报*, 2001, 20(1): 1-8.
- [11] 刘开昌,王庆成,张秀清,王春英,李爱芹,张海松. 玉米光合性能与耐密性关系的研究. *山东农业科学*, 2001, 6: 25-29.
- [12] 马瑞霞,张爱芹,刘文成. 种植密度对不同类型夏玉米生产力和主要生理指标的影响. *中国农学通报*, 2006, 22(5): 171-173.