

文章编号: 1005-0906(2013)04-0094-07

豫西地区株行距配置对夏玉米 产量及灌浆特性的影响

王向阳, 孟战赢, 王育红, 席玲玲, 沈东风

(洛阳农林科学院, 河南 洛阳 471023)

摘要:以郑单 958 为试验材料, 设置两个种植密度(82 500、97 500 株/hm²)、5 个行距配置(60+60、70+50、80+40、90+30、100+20 cm)和 4 种不同留苗的株距配置(单株、单双、双株、三株)方式, 研究高密度条件下株行距配置对玉米产量及灌浆特性的影响。结果表明, 两个密度条件下均以 80+40 行距、双株留苗处理产量最高, 密度增加, 增产效果更好。宽窄行配置增加了穗行数和穗粗, 减小秃尖长, 双株留苗增加玉米穗粒数和千粒重; 80+40 行距配置、双株留苗处理改变了玉米后期的灌浆特性, 增加渐增期持续时间和累积子粒量, 增大了平均灌浆速率。因此, 在豫西地区高密度种植条件下, 采用 80+40 的种植行距, 通过双株留苗扩大株距, 有利于玉米高密度群体植株的生长和最终产量的提高。

关键词: 夏玉米; 豫西地区; 株行距; 产量

中图分类号: S513.047

文献标识码: A

Influence of Plant Row & Spacing on the Yield of Summer Maize and the Filling Characteristics in the Western Region of Henan Province

WANG Xiang-yang, MENG Zhan-ying, WANG Yu-hong, XI Ling-ling, SHEN Dong-feng

(Luoyang Academy of Agriculture and Forestry, Henan Province, Luoyang 471022, China)

Abstract: With Zhengdan958 as the experimental material, set two densities (82 500 plants/ha and 97 500 plants/ha), five row spacing (60+60, 70+50, 80+40, 90+30, 100+20 cm), and four kinds of different seedling plant spacing configurations (single, single & double, double plants, three plants), to study the effect of maize yield and grain filling characteristics of row & spacing under high density plant. The results showed that, two densities conditions with the highest yield were 80+40 processing rows spacing, double plant seedling. The breeding with the conditions could increase the number of rows per ear, increase ear diameter, reduce bald tip, and increase grain number per ear and weight. 80+40 rows spacing and 2 plants seedling will improve the plant space, change maize later grain filling characteristics, increase the cumulative duration and cumulative grain weight, increase the average filling rate. Therefore, high density planting condition, recommended using 80+40 plant densities and double plants in the western region of Henan province.

Key words: Summer maize; Western region of Henan province; Row & spacing; Yield

玉米是重要的粮、经、饲作物^[1]。持续提高玉米单产需要建立高密度、大群体, 依靠群体结构性增产、合理密植是玉米高产栽培的关键措施^[2,3]。密度的增

加需要株行距的最优配置。通过设置每穴不同留苗数, 可在密度一定条件下扩大株距, 增加玉米植株抗倒性和通透性, 有利于密度的进一步提高。随玉米机械化生产的发展, 对玉米行距有特殊的要求, 固定的最优行距配置对我国农业机械化的普及和推广具有重要意义。

研究表明, 玉米高产与行距有显著的相关性, 当行距从 100 cm 缩至 76 cm, 单位面积产量增加 5%~10%。我国黄淮海地区农民种植夏玉米多为单株定苗, 密度不同株距有所变化^[4], 平均株距为 28.3 cm,

收稿日期: 2012-11-20

基金项目: 国家玉米产业技术体系(nycyt-02)

作者简介: 王向阳(1976-), 男, 河南宜阳人, 硕士, 主要从事玉米品种评价及配套栽培技术研究。

E-mail: lynkswxy@126.com

变幅为 17~36 cm^[5];行距大多为 60 cm 等行距种植,变幅为 50~75 cm,种植模式与玉米单产持续增加对密度的要求和机械化收获不相适应。

前人在玉米株行距配置对玉米生理、生态及产量的影响有一定的研究^[6~27]。在黄淮海地区特别是豫西地区半干旱区高密度条件下株行距最优化配置研究还鲜见报道。本文通过不同的株行距配置对夏玉米产量及灌浆特性影响的研究,为夏玉米种植过程中持续高产和机械化生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2008~2010 年在洛阳农林科学院试验田进行。试验地灌排方便,地势平坦,肥力上中等且均匀,便于调节和管理。试验供试品种为郑单 958。

试验主区设两个种植密度处理,为 82 500、97 500 株/hm²;副区 I 为 5 个行距配置,即 60+60(对照)、70+50、80+40、90+30 和 100+20 cm,82 500、97 500 株/hm² 种植密度下株距分别为 20.2、17.1 cm;副区 II 为 4 种留苗处理,即单株(DD)、单双株(DS)、双株(SH)和三株(SA),以单株为对照,82 500 株/hm² 种植密度下株距分别为 20.2、30.3、40.4、60.6 cm,97 500 株/hm² 种植密度下株距分别为 17.1、25.6、34.2、51.3 cm,共计 18 个处理,4 次重复,其中,第 4 重复为取样区,不计产量。试验小区面积为 16.5 m²。分别

在苗期、拔节期、大喇叭口期 3 个时期按 4:2:4 比例进行追施肥,共施入纯氮、纯磷、纯钾分别为 270、150、270 kg/hm²,浇水、除草、病虫害防治等田间管理同一般大田。田间有防倒伏措施。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 测产考种

收获时收取中间两行,收获后按照大小排序,挑取 10 穗进行考种,测定穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、千粒重等,考种后脱粒测产。

1.2.2 子粒灌浆过程测定

玉米抽丝期选择生长健壮一致的植株挂牌标记,在授粉后每隔 6 d 每小区取 3 个果穗的中部子粒 100 粒,称其鲜重和干重。以开花后天数(*t*)为自变量,以开花后每隔 6 d 测得的千粒重为因变量(*W*),参照朱庆森和顾世梁的方法,通过 CurveExpert 1.3 软件进行拟合,得到 logistic 方程参数 A、B、C(A 为终极生长量;B 为初值参数;C 为生长速率参数),并对所获数据用拟合分析。

用 Microsoft Excel 2003 处理数据,用 DPS3.01 统计软件进行方差分析,用 Duncan's 新复极差法进行不同处理间多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同行距处理对夏玉米产量及产量构成因素的影响

表 1 不同行距配置对夏玉米产量及产量构成因素的影响

Table 1 The effects of different row spacing configurations on the yield of summer maize and yield factors

种植密度 (株/hm ²) Density	处 理 Treatment	产 量 (kg/hm ²) Yield	穗行数 (行) Rows per ear	行粒数 (粒) Grains per row	穗 长 (cm) Ear length	穗 粗 (cm) Ear diameter	秃尖长 (cm) Bald tip length	千粒重(g) 1 000-grains weight
82 500	60+60(CK)	12 258.0 cd B	14.9	32.7	16.9	4.9	2.1	314.17
	70+50	12 228.0 cd B	15.0	31.8	17.0	5.0	1.8	317.49
	80+40	12 942.0 abc AB	15.3	32.6	17.1	5.1	1.8	331.32
	90+30	12 187.5 d B	15.2	30.4	17.0	5.1	1.8	322.72
	100+20	12 520.5 abcd AB	14.7	32.8	16.8	4.9	1.9	328.09
97 500	60+60(CK)	12 937.5 abc AB	14.7	36.0	16.3	4.8	2.3	312.15
	70+50	13 060.5 ab AB	14.8	34.8	16.5	4.8	2.2	329.88
	80+40	13 159.5 a A	15.0	35.1	16.1	5.0	2.1	326.25
	90+30	12 346.5 bcd AB	14.7	33.9	16.1	4.8	2.4	310.65
	100+20	12 873.0 abcd AB	14.3	35.6	15.7	4.7	2.1	314.21

注:表中不同大、小写字母分别表示在同一密度下不同行距配置间在 1%、5%水平上差异显著。下表同。

Notes: Different small letters indicated significant difference at the 5% probability level in the same density and different row spacing configurations, different big letters indicated that at the 1% probability level. The same below.

行距对高产玉米产量的影响如表 1 所示。从表中可以看出,两个密度均以 80+40 株行距配置产量

最高,分别较 CK 增产 5.6%和 1.8%,随密度的增加产量也增加。密度为 82 500 株/hm² 株行距配置产量

以 100+20 处理水平居第 2 位,70+50 处理和 90+30 处理产量基本持平,相差不显著。密度为 97 500 株 hm^2 株行距配置产量以 70+50 处理居第 2 位,较 CK 处理增产 1.0%; 90+30 处理最低,与 70+50、100+20 和 90+30 处理未达极显著水平。

从产量构成因素分析,密度为 82 500 株 hm^2 条件下 80+40 处理穗行数最多,穗长最长,穗粗最粗,秃尖长最短,千粒重最大,其中,穗行数为 15.3 行,比穗行数最低的 100+20 处理多出 4.1%; 千粒重较 CK 处理增加 5.5%。密度为 97 500 株 hm^2 条件下 80+40 处理穗行数最多,穗粗最粗,秃尖最短,其中,穗行数为 15.0 行,较最低的 100+20 处理多出 4.9%; 穗粗较 CK 处理增加 0.2 cm。穗长和千粒重以 70+50 处理最大,其中,穗长较 CK 处理长 0.2 cm,千粒重较 CK 处理增加 5.7%。

随密度的增加各处理穗行数减少,行粒数略有增加,穗长变短,穗粗变细,秃尖长增加,千粒重减小。随密度从 82 500 株 hm^2 增至 97 500 株 hm^2 ,CK 处理穗行数减少 0.2 行,行粒数增加 3.3 粒,穗长减

短 0.6 cm,穗粗减小 0.1 cm,秃尖长增加 0.2 cm,千粒重减少 2.02 g。

2.2 不同株距配置对夏玉米产量及产量构成因素的影响

从表 2 可以看出,不同年际间不同密度下各处理产量差异较大,密度由 82 500 株 hm^2 增加至 97 500 株 hm^2 产量增加,2010 年差异较大,2009 年差异较小。同一密度下不同处理间产量差异也较大,在 82 500 株 hm^2 密度下 SH 处理两年产量均最高,且与 CK 处理差异达极显著水平,其次为 DS 处理和 SA 处理,两个处理产量差异不显著,但与 CK 处理达极显著水平。在 97 500 株 hm^2 密度下,SH 处理两年产量均最高,且与 CK 处理差异达极显著水平,2010 年 SA 处理产量最低,2009 年 CK 处理产量最低,2010 年 SH 处理和 DS 处理的产量与 SA 处理差异显著,而 2009 年差异不明显。说明随密度增加产量有所增加,不同年际间有所不同,同一密度下 SH 处理产量最高,其次为 DS 处理,然后是 SA 处理。

表 2 不同株距配置对夏玉米产量的影响

Table 2 The effects of different planting distance configurations on the yield of summer maize

kg/hm^2

种植密度(株 hm^2) Density	处 理 Treatment	2009 年		2010 年	
82 500	CK	7 422.3	d E	8 104.6	e E
	DS	7 781.5	bc DE	8 511.8	cd CD
	SH	7 918.2	b BCD	8 767.7	c BC
	SA	7 596.4	cd DE	8 559.7	cd CD
97 500	CK	7 805.5	bc CDE	9 093.9	b B
	DS	8 239.7	a ABC	9 077.8	b B
	SH	8 538.6	a A	9 815.4	a A
	SA	8 338.8	a AB	8 331.9	de DE

表 3 不同株距配置对夏玉米产量构成因素的影响

Table 3 The effects of different planting distance configurations on yield factors of summer maize

种植密度(株 hm^2) Density	处 理 Treatment	千粒重(g) 1000-kernels weight	穗粒数(粒) Kernels per ear	穗长(cm) Ear length	穗粗(cm) Ear diameter	秃尖长(cm) Barren length	出籽率(%) Kernel rate
82 500	CK	370.08	408	13.6	5.0	1.4	88.4
	DS	381.51	415	14.2	5.1	1.4	88.8
	SH	382.04	416	14.5	5.1	1.4	88.4
	SA	365.78	401	14.2	5.0	1.7	87.4
97 500	CK	371.58	404	13.4	5.0	1.7	87.6
	DS	380.97	408	13.6	5.0	1.6	88.2
	SH	381.57	410	13.8	5.0	1.5	88.8
	SA	373.15	377	13.5	5.1	1.9	88.0

在种植密度为 82 500 株 hm^2 水平下,SH 处理千粒重最大,较 CK 处理增加 3.2%,DS 处理千粒重

最小,较 CK 处理减小 1.2%; 穗粒数、穗长均以 SH 处理最大,秃尖长以 SA 处理最长,出籽率以 DS 处

理最大。种植密度为 97 500 株 hm^2 水平下 SH 处理千粒重最大,较 CK 处理增加 2.7%,DS 处理千粒重最小,较 CK 处理减小 0.4%,SH 处理穗粒数最大,穗长最长,秃尖长最短,出籽率也较 CK 处理增加了 1.2 个百分点。说明 SH 处理对玉米千粒重的增加起到了一定的有利作用,随密度的增加作用有所降低。SH 处理产量较高主要是增加了穗粒数、穗长和出籽率,降低了秃尖长,随密度的增加其增加作用更加明显。

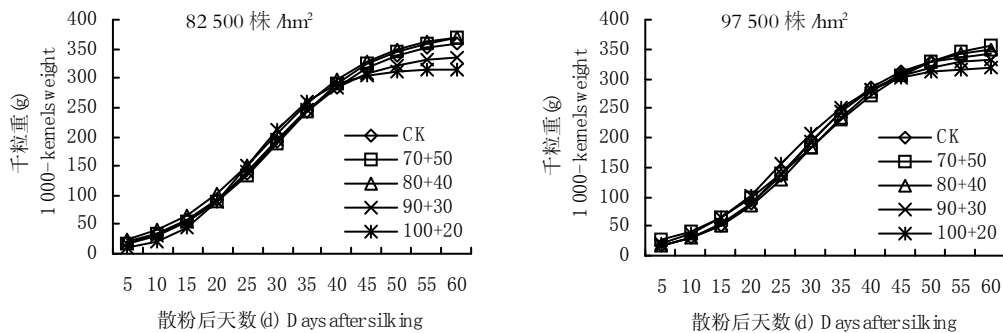


图 1 不同密度下不同行距配置处理千粒重动态变化

Fig.1 The 1 000-kernels weight increasing process under different row spacing treatments

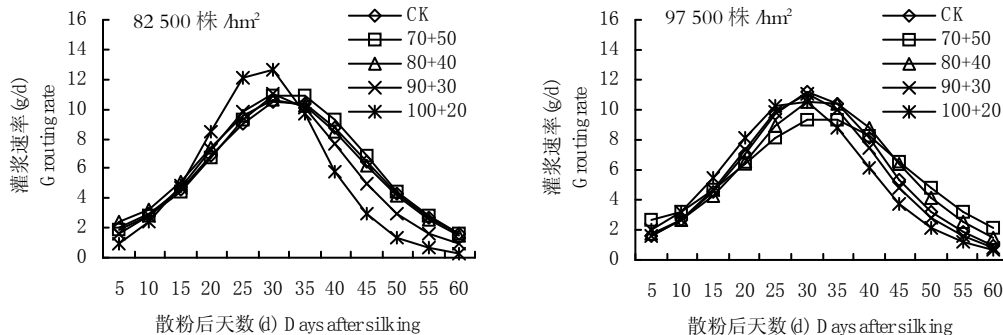


图 2 不同密度下不同行距配置处理灌浆速率动态变化

Fig.2 The compare of filling rate under different row spacing treatments

从图 2 可以看出,100+20 处理灌浆速率波动较大,散粉 35 d 后均低于其他处理,不同密度下略有差异。82 500 株 hm^2 密度下 100+20 处理散粉后 15~35 d 灌浆速率均大于其他处理,散粉 35 d 后则最小;其他处理散粉 35 d 前差异较小,散粉 35 d 后 70+50 处理较大,100+20 处理最小。97 500 株 hm^2 密度下各处理间差异相对较小,CK 处理峰值最大,散粉 45 d 后 70+50 处理灌浆速率最大,100+20 处理最小。

不同行距灌浆参数表现,82 500 株 hm^2 密度条件下 80+40 处理渐增期和速增期持续时间最长,缓增期持续时间最短,渐增期累积子粒量最大,渐增期灌浆速率最大,灌浆总天数最长;97 500 株 hm^2 密

2.3 不同行距配置对夏玉米灌浆特性的影响

从图 1 中可以看出,82 500 株 hm^2 密度下各处理间灌浆前期差异不大,散粉 45 d 后 80+40、70+50 处理大于 CK 处理;97 500 株 hm^2 密度下散粉 45 d 前各处理差异较小,散粉 45 d 后差异较大,70+50、80+40 处理大于 CK 处理。散粉 45 d 后千粒重在 82 500 株 hm^2 密度下以 80+40 处理最大,97 500 株 hm^2 密度下以 70+50 处理最大,两种密度下 100+20 处理均最小。

度条件下 70+50 处理增期和速增期持续时间最长,缓增期持续时间最短,渐增期累积子粒量最大,灌浆总天数最长,其次为 80+40 处理(表 4)。

2.3 不同株距配置对夏玉米灌浆特性的影响

从图 3 可以看出,千粒重随散粉后时间的推移不断增加,呈 logistic 曲线趋势。82 500 株 hm^2 密度下各处理间差异不大,散粉 45 d 后 DS、SH、SA 处理均大于 CK 处理;97 500 株 hm^2 密度下散粉 35 d 前各处理差异较小,散粉 35 d 后差异较大。两种密度下散粉后期 SH 处理千粒重均最大,82 500 株 hm^2 密度下 CK 处理最小,97 500 株 hm^2 密度下 SA 处理最小。说明扩大株距对灌浆后期千粒重的增加具有重要意义。

表 4 不同行距配置对夏玉米灌浆参数的影响

Table 4 The effects of different rowspacing treatment configurations on summer maize's filling index

种植密度(株 hm^2) Density	处 理 Treatment	T_1	T_2	T_3	w_1	w_2	w_3	V_1	V_2	V_3	T	V_a
82 500	60+60	39.92	22.87	6.66	284.16	78.16	4.17	7.12	3.42	0.63	69.44	5.33
	70+50	39.12	22.30	7.50	282.86	87.45	5.28	7.23	3.92	0.70	68.92	5.50
	80+40	40.74	23.21	5.27	302.56	70.54	3.05	7.43	3.04	0.58	69.22	5.49
	90+30	34.58	20.19	8.23	240.92	89.40	6.36	6.97	4.43	0.77	62.99	5.40
	100+20	26.87	15.94	10.72	173.34	125.69	14.60	6.45	7.89	1.36	53.53	5.92
97 500	60+60	34.76	20.21	8.66	241.66	94.62	7.04	6.95	4.68	0.81	63.63	5.45
	70+50	45.27	25.89	4.22	306.90	60.63	1.97	6.78	2.34	0.47	75.38	4.95
	80+40	38.05	21.94	8.08	262.19	87.98	5.74	6.89	4.01	0.71	68.07	5.28
	90+30	33.95	19.87	8.55	233.92	92.02	6.87	6.89	4.63	0.80	62.37	5.39
	100+20	33.51	19.78	6.90	239.02	76.28	4.75	7.13	3.86	0.69	60.20	5.37

注: T_1 为灌浆渐增期持续时间; T_2 为灌浆速增期持续时间; T_3 为灌浆缓增期持续时间; w_1 为灌浆渐增期累积子粒重; w_2 为灌浆速增期累积子粒重; w_3 为灌浆缓增期累积子粒重; V_1 为灌浆渐增期平均灌浆速率; V_2 为灌浆速增期平均灌浆速率; V_3 为灌浆缓增期平均灌浆速率; T 为灌浆总天数; V_a 为平均灌浆速率。下表同。

Note: T_1 , Duration at filling cumulative period; T_2 , Duration at filling rapid increase period; T_3 , Duration at filling slowly increase period; w_1 , Accumulated grain weight at filling cumulative period; w_2 , Accumulated grain weight at filling rapid increase period; w_3 , Accumulated grain weight at filling slowly increase period; V_1 , Average filling rate at filling cumulative period; V_2 , Average filling rate at filling rapid increase period; V_3 , Average filling rate at filling slowly increase period; T , Total days of filling; V_a , Average filling rate. The same below.

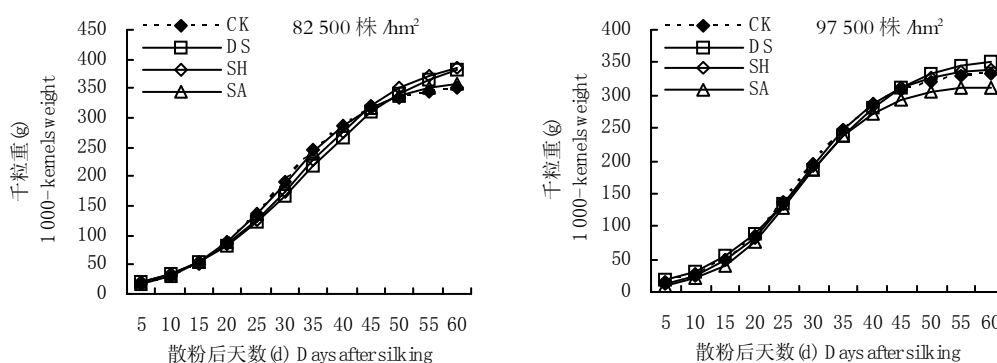


图 3 不同密度下不同株距配置处理千粒重动态变化

Fig.3 The 1 000-kernels weight increasing process under different planting distance treatments

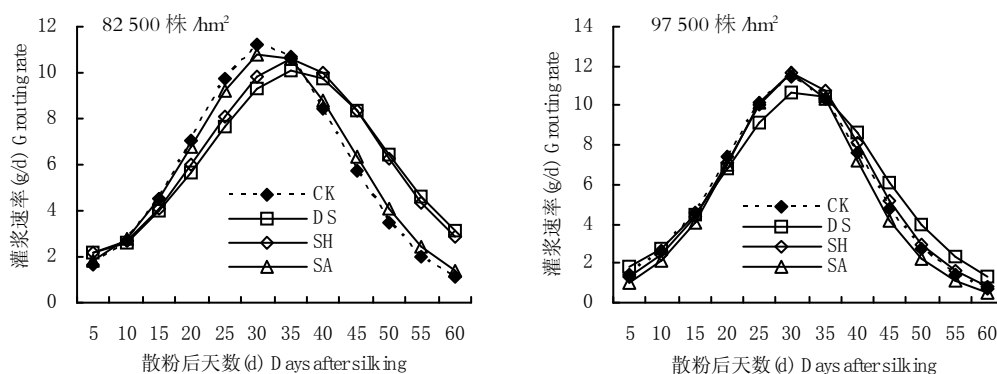


图 4 不同密度下不同株距配置处理灌浆速率动态变化

Fig.4 The compare of filling rate under different planting distance treatments

从图 4 可以看出,灌浆速率随散粉后时间的推移呈单峰曲线趋势,82 500 株 hm^2 密度下散粉 35 d 前各处理灌浆速率均较 CK 处理低,散粉 35 d 后各处理均较 CK 处理大,其中 DS 处理最大,SA 处理最

小;97 500 株 hm^2 密度下各处理间差异较小,SA 处理峰值最大,散粉 35 d 后 DS 处理灌浆速率最大,SA 处理最小。说明密度增加,株距加大,灌浆速率也增大。

表 5 不同株距配置对夏玉米灌浆参数的影响

Table 5 The effects of different planting distance configurations on summer maize's filling index

种植密度(株 hm^2) Density	处 理 Treatment	T_1	T_2	T_3	w_1	w_2	w_3	V_1	V_2	V_3	T	V_a
82 500	DD	35.53	20.53	8.53	250.65	94.91	6.87	7.05	4.62	0.80	64.60	5.51
	DS	46.85	26.30	6.26	322.17	77.27	3.48	6.88	2.94	0.56	79.41	5.13
	SH	38.05	21.86	7.71	269.84	86.97	5.46	7.09	3.98	0.71	67.61	5.41
	SA	45.29	25.39	6.47	321.55	80.55	3.84	7.10	3.17	0.59	77.15	5.32
	DD	32.71	19.14	9.20	224.57	100.47	8.29	6.87	5.25	0.9	61.05	5.51
97 500	DS	29.54	17.54	11.16	179.97	119.07	12.98	6.09	6.79	1.16	58.24	5.41
	SH	32.99	19.20	9.61	225.66	106.14	9.08	6.84	5.53	0.95	61.81	5.57
	SA	37.69	21.73	7.86	263.26	86.87	5.58	6.99	4.00	0.71	67.29	5.34
	DD	35.53	20.53	8.53	250.65	94.91	6.87	7.05	4.62	0.80	64.60	5.51
	DS	46.85	26.30	6.26	322.17	77.27	3.48	6.88	2.94	0.56	79.41	5.13

从表 5 可以看出,不同株距的灌浆参数表现,82 500 株 hm^2 密度条件下渐增期和速增期持续时间各处理均大于 CK 处理,SH 处理最大,缓增期各处理均小于 CK 处理,DS 处理最小,DS 处理在渐增期累积子粒量最大,速增期和缓增期累积子粒量最小。说明 DS 处理前期灌浆活跃,后期受到一定的影响,渐增期、速增期和缓增期平均灌浆速率 DS 处理均最小、灌浆总天数最大、平均灌浆速率最小,因此,需重视后期田间管理以更有利于 DS 处理灌浆。97 500 株 hm^2 密度条件下,渐增期和速增期灌浆持续时间 SA 处理最大,DS 处理最小,缓增期灌浆 SA 处理最大,CK 处理最小;渐增期累积子粒量 DS 处理最大,SA 处理最小,速增期和缓增期 SA 处理最大,DS 处理最小,渐增期、速增期和缓增期平均灌浆速率趋势和累积子粒量趋势相同,最终灌浆总天数 DS 处理最大,SA 处理最小,SH 处理平均灌浆速率最大,DS 处理最小。

综合灌浆参数分析可以得出,82 500 株 hm^2 密度下双株处理、80+40 行距配置最有利于夏玉米灌浆;在 97 500 株 hm^2 密度下三株处理、70+50 和 80+40 行距配置最有利于夏玉米灌浆。

3 结论与讨论

适度增加密度可以提高产量,随行距的扩大产量有降低的趋势,窄行距、高密度的玉米植株形成叶冠较快,宽行距、密度低的玉米植株叶冠郁闭慢。宽

行距栽培条件下玉米株高、穗位高明显下降,在固定种植密度条件下,调整行距可找出不同种植密度下的适宜行距。在 70 cm 和 50 cm 行距处理下产量显著高于 65 cm 和 60 cm 行距处理,70 cm 和 50 cm 行距处理在生育后期穗位叶片保持较高的叶绿素含量和 PEP 羧化酶活性,促进了个体生长发育,减短了秃尖长度,降低了空秆率。合理的行距配置对玉米群体协调和产量提高具有重要意义。

要使玉米在高密度下获得较高产量,需用合理的行距配置,充分发挥玉米个体发育潜力,使玉米群体与个体得到协调发展,保证玉米群体质量的提高。试验结果表明,与农民种植的等行距相比,种植密度为 82 500 株 hm^2 时,80+40 处理的种植行距最有利于玉米产量的提高,协调产量构成因素,同时改善玉米群体冠层通风透光;种植密度为 97 500 株 hm^2 时,80+40 处理和 50+70 处理的种植行距均有利于玉米生长和最终产量提高。

株距的配置受播种密度的最终限制,在固定密度条件下,单株、单双株、双株以及三株留苗处理株距逐渐扩大。本试验结果表明,从产量及产量构成因素方面来说,双株处理均表现较好,产量及千粒重均最大,且均较对照增产。从灌浆特性方面来看,各处理千粒重增加趋势均较对照大,双株处理达到最大,说明扩大株距有利于玉米灌浆。同时各处理差距主要表现在灌浆 35~45 d 后,说明扩大行距主要影响玉米植株后期灌浆的进行。因此,随密度的增加,需

要扩大株距以有利于植株灌浆的进行。

从玉米产量及灌浆各方面考虑,豫西地区玉米高密度种植时可采用 80+40 行距配置,同时配以双株留苗以扩大株距更有利于玉米实现高产。特别是在高产攻关田块,采用 80+40 宽窄行种植以扩大行距,双株留苗以扩大株距,既增加了密度,又充分考虑到高密度植株田间郁闭不利于光能利用,同时双株留苗扩大株距,双株留苗还大大增强玉米抗倒性。本试验是在试验小区中进行,在 5 叶期定苗以确定密度和株距配置,为了试验数据的精确性,试验有待于在大田中进一步得到验证。

参考文献:

- [1] 黄振喜,王永军,王空军,等. 产量 15 000 kg/hm² 以上夏玉米灌浆期间的的光合特性[J]. 中国农业科学,2007,40(9):1898-1906.
- [2] 陈传永,侯玉虹,孙 锐,等. 密植对不同玉米品种产量性能的影响及其耐密性分析[J]. 作物学报,2010,36(7):1153-1160.
- [3] 刘景辉,王志敏,李立军,等. 超高产是中国未来粮食安全的基本技术途径[J]. 农业现代化研究,2003,24(3):161-165.
- [4] 张世煌,李少昆. 国内外玉米产业技术发展报告[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- [5] 李 洪,王 斌,李爱均,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):309-311.
- [6] 徐建明,高红权,毛善国,等. 大行距双株栽培对玉米后期光合特性的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2008,29(1):66-70.
- [7] 杨利华,张丽华,张全国,等. 种植样式对高密度夏玉米产量和株高整齐度的影响[J]. 玉米科学,2006,14(6):122-124.
- [8] 马 超,黄晓书,李鹏坤,等. 种植密度对夏玉米果穗叶生理功能衰退的影响[J]. 玉米科学,2010,18(2):50-53.
- [9] 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(7):1737-1743.
- [10] 高亚男. 行距对玉米生理特性及产量的影响[D]. 吉林:吉林大学硕士学位论文,2011.
- [11] 李 猛,陈现平,张 建,等. 不同密度与行距配置对紧凑型玉米产量效益的研究[J]. 中国农学通报,2009,25(8):1021-1025.
- [12] 李 鹏. 行距对高产夏玉米冠层气象因子及光合特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学硕士论文,2011.
- [13] 韩海飞,曹庆均,高亚男,等. 不同行距对高产玉米品种 PEP 羧化酶活性剂产量性状的影响[J]. 吉林农业科学,2010,15(4):23-26.
- [14] 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和特性的影响[J]. 作物学报,2010,3(7):1226-1233.
- [15] 杨吉顺. 种植密度和行距配置对超高产夏玉米产量形成的影响[D]. 泰安:山东农业大学硕士学位论文,2010.
- [16] 张双利. 两种行距模式对小麦/玉米群体质量、养分积累及产量的影响[D]. 郑州:河南农业大学硕士学位论文,2010.
- [17] 张永科,孙 茂,张雪君. 玉米密植和营养改良之研究 II. 行距对玉米产量和营养的效应[J]. 玉米科学,2006,14(2):108-111.
- [18] 邹淑芳,张桂中. 不同行株距种植对鲁玉 15 号叶面积及经济性性状的影响[J]. 杂粮作物,2000,20(3):13-14.
- [19] 王楚楚,高亚男,张家玲,等. 种植行距对春玉米干物质积累与分配的影响[J]. 玉米科学,2011,19(4):108-111.
- [20] 张晓丽. 株行距配置对夏玉米生长发育及抗倒能力的影响[D]. 石家庄:河北农业大学硕士学位论文,2011.
- [21] 李 猛,蔡宗兴,万明长,等. 不同种植方式对玉米产量的影响[J]. 贵州农业科学,1999,27(增刊):53.
- [22] 肖 华,刘景德,王文静,等. 套种玉米宽窄行的光合特性与果穗性状研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2002,6(3):186-188.
- [23] 邹吉波. 玉米宽窄行交替种植技术的应用[J]. 安徽农业科学,2006,34(9):1824-1826.
- [24] 武志海,张治安,陈展宇,等. 大垄双行种植玉米群体冠层结构及光合特性的解析[J]. 玉米科学,2005,13(4):62-65.
- [25] 段巍巍,李慧玲,肖 凯,等. 密度对玉米光合生理特性和产量的影响[J]. 玉米科学,2007,15(2):98-101.
- [26] 范厚明,余 莉,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.
- [27] 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.

(责任编辑:胡 娟)