

文章编号: 1005-0906(2012)05-0147-06

华北地区夏玉米理想株型研究

黄收兵, 徐丽娜, 陶洪斌, 王云奇, 祁利潘, 王 璞

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193)

摘要: 以紧凑型玉米品种郑单 958 为材料, 使用金得乐(EC)化控试剂, 在不同密度条件下对紧凑型玉米的群体结构进一步优化, 以挖掘夏玉米的增产潜力。试验设 3 个密度, 每个密度设 4 个 EC 试剂叶面喷施处理, 不喷施为对照(CK)。结果表明, 不同化控处理下, 6 叶展期叶面喷施 EC 试剂 2.25 mL/L 与对照差异不明显; 6 叶展期喷施 2.25 mL/L、12 叶展期喷施 1.5 mL/L 夏玉米株高、穗位高降低, 叶茎夹角增大, 穗位层叶间距缩小, 株型趋向平展型; 6、8 叶展期分别叶面喷施 1.5 mL/L 夏玉米株高降低不明显, 穗位高降低, 单株叶面积、叶茎夹角缩小, 株型更为紧凑。分析结果表明, 在高密度条件下调整株型是解决群体结构郁闭突破点, 确认整体紧凑、穗位低、穗下层叶间距小、穗位层及穗上层叶茎夹角小、叶间距大、群体结构持续时间长为理想株型。

关键词: 夏玉米; 株型; 金得乐; 植物生长调节剂

中图分类号: S513

文献标识码: A

High Yield Canopy Structure of Summer Maize in North China Plain

HUANG Shou-bing, XU Li-na, TAO Hong-bin, et al.

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Canopy structure has strong effects on photosynthesis and grain yield in maize. Chemical regulator is one of the most important factors that can regulate canopy structure. The aim of this study conducted in 2009 was to improve canopy structure of compact maize under high plant population density condition, and explore summer maize yield potential, using compact maize hybrid zhengdan958, and plant growth regulator JinDeLe. The same four treatments were conducted within three planting densities which were spraying 2.25 mL/L JinDeLe(EC) at the 6th-leaf stage named T1, spraying 2.25 mL/L EC at the 6th-leaf stage and spraying 1.5 mL/L EC at 12th-leaf stage named T2, spraying 1.5 mL/L EC at the 6th-leaf stage and 8th-leaf stage, respectively, named T3, no spraying as contrast named CK. The results showed that there were different plant types under different chemical regulations. There was no significant difference between T1 and CK. Plant type T2 was a flat type with bigger leaf angles, smaller leaf spacing of ear layer, and shortened plant height and ear height. Plant type T3 was a small compact type with reduced leaf area, smaller leaf angles, and shortened ear height, but plant height was not reduced significantly. The results of path analysis among yield, rate of canopy light interception, and yield components indicated that overcrowded canopy was one of the limiting factors to yield improvement under high density. The preliminary conclusion is that ideal compact plant type should contain low ear height, small leaf spacing below ear layer, small leaf angle and large leaf spacing at ear layer and above ear layer, and a perfect sustained performance.

Key words: Summer maize; Plant type; JinDeLe; Plant growth regulator

收稿日期: 2011-12-30

基金项目: 国家“973”项目(2009CB118602)、国家玉米产业技术体系(CARS-02)

作者简介: 黄收兵(1985-), 男, 山东人, 在读硕士, 主要从事玉米高产与资源高效研究。Tel: 010-62732561

E-mail: huangshoubing@163.com

王 璞为本文通讯作者。E-mail: wangpu@cau.edu.cn

作物群体的受光能力和内部光分布特征均影响其光合作用, 而群体的形态结构是影响作物群体光分布与光合特性的重要因素^[1]。群体结构是否合理影响夏玉米光合特性, 体现在夏玉米的生物学产量及其在各器官中的分配比例^[2]。对不同作物群体构成的研究表明, 合理的群体结构有利于构建高产群体^[3~5], 而株型在调控群体结构中发挥着重要作用。因此, 在作物生产潜力的研究中, 探讨玉米株型、群体结构、

群体内光分布和光合作用对提高玉米生产潜力具有重要意义。

玉米群体结构、功能及产量受品种、密度、气候、栽培措施等多种因素影响^[10~16]。以往有关玉米群体的研究多数与以上因素有关。化控作为调节作物生长的手段越来越受到重视,如金得乐、玉黄金、乙烯利等均在株高、穗位高、叶面积、叶间距、透光率等方面有显著的调节效果。化控处理后单株叶面积减小,耐密性增强。在塑造单株理想株型基础上,可以塑造合理的田间群体结构,避免群体过大造成相互遮荫现象,改善田间群体的光分布,提高光能利用率。“金得乐”是中国农业科学院开发的植物生长调节剂,在矮化株高、降低穗位、塑造株型、改善群体光照条件等方面具有良好效果^[7],在调控夏玉米群体结构中是较为理想的化学试剂。本研究利用金得乐化控试剂,通过不同喷施时期和喷施量在不同密度下塑造不同株型,探寻华北地区高产高效的夏玉米株型结构,进一步挖掘其产量潜力。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2010~2011 年在中国农业大学吴桥实验站(37°41'02"N, 116°37'23"E)进行,位于黑龙港流域中部。供试土壤为壤土,0~20 cm 土层内养分含量分别为有机质 11.5 mg/kg,全氮 1.1 mg/kg,速效磷 45.2 mg/kg,速效钾 187.3 mg/kg,碱解氮 56.6 mg/kg。

试验采用两因素裂区设计,密度为主区,“金得乐”喷施时间、喷施量为副区,每个处理 3 次重复,供试品种为郑单 958。根据品种在当地的表現情况(60 000 株/hm² 较为理想),2010 年设 60 000、75 000、90 000 株/hm² 3 个密度,每个密度设 4 个金得乐(EC)试剂叶面喷施处理,T1 处理为 6 叶展期叶面喷施 EC 试剂 2.25 mL/L(500 mL/hm²);T2 处理为 6 叶展期喷施 EC 试剂 2.25 mL/L(500 mL/hm²),12 叶展期喷施 1.5 mL/L(300 mL/hm²);T3 处理为 6、8 叶展期分别叶面喷施 EC 试剂 1.5 mL/L(300 mL/hm²);对照(CK)不喷施。小区面积为 6 m×7 m,各密度下均为等行距(60 cm)种植。

在 2010 年基础上,2011 年试验稍做调整,密度设 60 000、90 000 株/hm² 两个处理,T2 处理为 6 叶展期喷施 EC 试剂 2.25 mL/L,12 叶展期喷施 1.5 mL/L;T3 处理为 6、8 叶展期分别叶面喷施 1.5 mL/L;对照(CK)不喷施;其他措施与 2010 年一致。

氮肥(尿素)用量为 180 kg/hm²,分别于播种前和

大喇叭口期按 1:2 施用,基施磷肥(重过磷酸钙)105 kg/hm²,钾肥(K₂SO₄)120 kg/hm²,锌肥(ZnSO₄)15.0 kg/hm²。6 月 24 日播种,10 月 6 日收获,全生育期 105 d。

1.2 测定项目与方法

分别于吐丝期、灌浆中期测量多株株高、穗位高,取平均值。

叶面积指数(LAI):分别在拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆中期、成熟期选择有代表性植株 3 株,测顶叶片的长宽值。 $LAI = \text{单株叶面积} \times \text{单位土地面积内株数} / \text{单位土地面积}$ 。单叶叶面积 = 长 × 宽 × 系数(系数为 0.5~0.75)。穗位层及穗位层以上是指棒三叶以上包括棒三叶。

冠层透光率:用冠层分析仪 LAI-2000 测量,每个小区选取 3 块长势均匀群体,分别于拔节期、大喇叭口期在顶层、底层测量,吐丝期、灌浆中期在顶层、穗位层、底层测量。

叶茎夹角、节间长、叶间距:于吐丝期测量,将植株分为 3 个层次:穗位层(棒三叶)、穗上层(棒三叶以上)、穗下层(棒三叶以下),各层次分别测量取平均。

产量:每个小区收获 12 cm²,称所有果穗总鲜重,按平均鲜穗重选取 20 穗(20 穗重量 = 小区收获果穗总鲜重 / 总穗数 × 20),测定含水率,计算产量(按 14% 含水率折算产量)。

1.3 数据分析

所有数据均采用 Microsoft Excel 2007 进行分析和绘图,采用 SAS version 8e 软件 GLM(General Linear Model)程序进行方差分析、相关分析和回归分析。

2 结果与分析

2.1 夏玉米的群体结构特征

2.1.1 株高、穗位高

株高、穗位高是株型的重要组成部分,在调节群体透光率中发挥着重要作用。降低穗位高能够增强植株的抗倒伏能力,是株型调控中不可忽视的部分。由图 1 可知,T2 处理的株高、穗位高在各密度下均低于其他处理,差异显著性随密度增大而增大;T3 处理的株高在 90 000 株/hm² 密度下与其他处理差异显著,穗位高与其他处理(T2 处理除外)相比差异显著。T1 处理的株高、穗位高受影响程度不大,穗位高在 75 000 株/hm²、90 000 株/hm² 密度下与对照有差异。

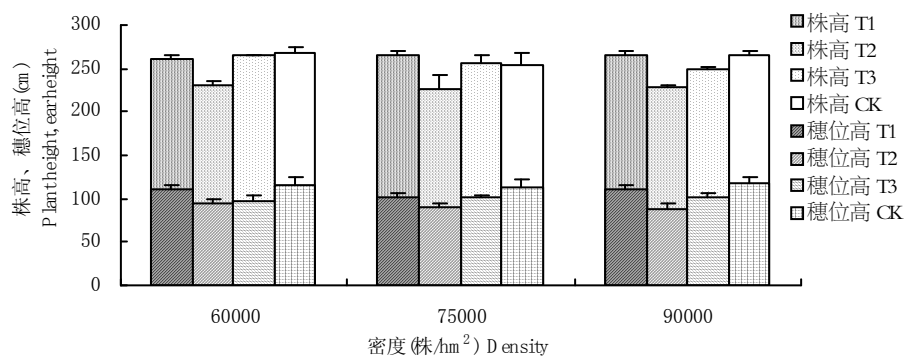
2.1.2 叶面积指数(LAI)动态

叶面积指数是夏玉米株型调控的重点,适宜的叶面积指数是保证高产的关键。华北地区夏玉米郑

单 958 在适宜密度(60 000 ~ 75 000 株 hm^2)下最大叶面积指数较低,通过增加密度可以实现叶面积指数的增加。T3 处理的全株叶面积指数在各密度下各生育期(成熟期除外)均低于其他处理,差异显著,在 75 000、90 000 株 hm^2 密度下的成熟期处于较高水平。T2 处理在 60 000 株 hm^2 密度下叶面积指数处于较高水平,在生育后期(灌浆中期至成熟期)衰老较快。随密度增大 T2 处理的最大叶面积指数降低,在生育后期衰老速度加剧。T1 处理与 CK 的株高、

穗位高没有差异,但叶面积指数低于 CK(60 000 株 hm^2 的成熟期除外)。

由表 1 可知,穗位及穗位以上叶面积指数中,除 75 000 株 hm^2 的吐丝期外,T3 处理小于其他处理,达显著水平;T2 处理在灌浆中期、成熟期叶面积指数下降幅度较大,且随密度的增大下降幅度明显;T1 处理在吐丝期、灌浆中期低于 CK,在成熟期高于 CK(60 000 株 hm^2 除外)。T2 处理在低密度下表现较好,而 T3 处理在高密度下更能发挥出优势。



注: T1 为 6 叶展期叶面喷施 EC 试剂 2.25 mL/L; T2 为 6、12 叶展期分别叶面喷施 EC 试剂 2.25 mL/L、1.5 mL/L; T3 为 6、8 叶展期分别叶面喷施 EC 试剂 1.5 mL/L; CK 为对照不喷施。

Notes: T1, sprayed with 2.25 mL/L EC reagents on the leaf surface at 6 leaves renewal; T2, sprayed with 2.25 mL/L and 1.5 mL/L EC reagents at 6 and 12 leaves renewal, respectively; T3, sprayed with 1.5 mL/L EC reagents at 6 and 8 leaves renewal; CK, control blank, no spraying.

图 1 不同株型夏玉米株高、穗位高变化(2010 年)

Fig.1 Changes of plant height and ear height of the summer maize with different plant types

表 1 不同株型夏玉米叶面积指数动态变化

Table 1 Changes of leaf area index(LAI) of the summer maize with different plant types under different planting densities

密度 (株 hm^2) Density	处理 Treatment	全 株 Whole plant					穗位层及穗位层以上 Ear layer and the above		
		拔节期	大喇叭口期	吐丝期	灌浆中期	成熟期	吐丝期	灌浆中期	成熟期
		Jointing stage	13-leaf stage	Silking stage	Mid-filling stage	Maturity stage	Silking stage	Mid-filling stage	Maturity stage
60 000	T1	1.63 a	2.97 a	3.89 a	3.25 ab	1.4 b	2.59 a	2.69 a	1.26 b
	T2	1.69 a	2.99 a	3.82 a	3.41 a	1.3 bc	2.60 a	2.49 ab	1.17 c
	T3	1.48 b	2.84 b	3.68 b	3.15 b	1.2 c	1.97 b	2.24 b	1.11 d
	CK	1.68 a	3.06 a	3.66 b	3.32 ab	2.0 a	2.38 ab	2.66 a	1.69 a
75 000	T1	2.09 ab	3.35 ab	4.91 ab	3.54 ab	1.4 ab	2.95 b	2.75 ab	1.42 b
	T2	2.06 ab	3.42 b	4.62 b	3.55 ab	1.6 a	3.25 ab	2.87 a	1.58 a
	T3	1.80 b	3.34 ab	4.53 c	3.61 b	1.6 a	3.14 ab	2.56 b	1.56 a
	CK	2.46 a	3.54 a	5.25 a	3.82 a	1.3 b	3.85 a	2.87 a	1.30 c
90 000	T1	2.10 b	3.78 b	5.19 ab	4.00 a	1.9 a	3.32 b	3.25 ab	1.61 b
	T2	2.40 b	3.95 a	5.10 b	4.03 a	1.0 c	3.59 ab	3.32 ab	0.66 d
	T3	2.13 b	3.79 b	4.78 c	3.99 a	1.8 ab	3.12 b	3.03 b	1.82 a
	CK	2.70a	3.98a	5.22a	4.06 ab	1.6 b	4.41 a	3.41 a	1.51 c

注:不同小写字母表示差异显著($n=3$), $P<0.05$ 。下表同。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level ($n=3$). The same below.

2.1.3 夏玉米群体透光率

群体透光率是反映群体整体结构的综合指标,

能够在一定程度上反映株型的优劣。由表 2 可知, 60 000 株 hm^2 密度下各处理间底层透光率以 T3 处

理最大,T2 处理最小,且达到显著水平;穗位层透光率存在相似规律,但在灌浆中期 T2 处理高于 T1 处理和 CK,表明 60 000 株 hm^2 密度下 T2 处理在灌浆中期之前群体结构较好,在灌浆中期群体透光率增大,穗位层光能截获能力减弱;75 000、90 000 株 hm^2

密度下化控处理底层、穗位层透光率高于对照,差异显著。T3 处理为穗位层透光率高于其他处理,且差异显著,但底层透光率差异不显著,表明在高密度下化控处理使群体透光性增强,提高群体的耐密性,其中以 T3 处理的株型耐密性更强。

表 2 不同株型夏玉米群体透光率的变化情况

Table 2 Changes of canopy percent light transmission of the summer maize with different plant types

密度(株 hm^2) Density	处 理 Treatment	底层透光率(%) Percent transmission of bottom			穗位层透光率(%) Percent transmission of ear layer	
		大喇叭口期 13-leaf stage	吐丝期 Silking stage	灌浆中期 Mid-filling stage	吐丝期 Silking stage	灌浆中期 Mid-filling stage
60 000	T1	8.8 b	5.6 a	7.5 ab	12.4 b	11.8 b
	T2	8.7 b	5.0 b	6.8 b	11.9 b	14.9 ab
	T3	10.2 a	5.7 a	8.3 a	20.4 a	17.4 a
	CK	8.9 b	5.7 a	7.3 ab	14.7 b	12.5 b
75 000	T1	6.8 a	2.9 a	5.0 b	11.0 a	11.3 a
	T2	6.6 a	3.1 a	5.4 a	7.3 b	9.8 ab
	T3	6.3 ab	2.9 a	5.5 a	8.0 ab	12.9 a
	CK	5.8 b	2.4 b	4.8 b	7.3 b	7.9 b
90 000	T1	4.7 a	2.0 ab	4.1 a	7.4 ab	7.0 ab
	T2	3.9 b	2.2 a	3.9 a	5.4 ab	7.1 ab
	T3	4.8 a	2.0 ab	3.8 a	8.4 a	8.5 a
	CK	4.2 ab	1.8 b	3.8 a	2.9 b	6.5 b

2.1.4 群体结构各因素相关分析

由表 3 相关分析可知,群体光照截获率(LI)与叶面积指数(LAI)、叶茎夹角(LA)呈极显著性正相关($r=0.765\ 0$ 、 $r=0.623\ 6$);叶面积指数与叶长(LL)呈极显著相关($r=0.864\ 4$);茎叶夹角(LA)与株高(PH)、穗位高(EH)、节间长(IL)、叶间距(LS)呈极显著相关,其中,与节间长、叶间距的相关系数较大,分别为

$r=-0.976\ 2$ 和 $r=-0.956\ 2$;株高与节间距相关性较好($r=0.818\ 7$),其次是叶间距、穗位高,呈极显著相关;穗位高除了与节间长、叶间距呈较强相关外,与叶长(LL)也呈极显著相关($r=0.688\ 4$);节间长与叶间距、叶宽的相关系数分别为 $r=0.930\ 7$ 和 $r=0.431\ 6$,呈极显著相关。

表 3 吐丝期群体结构各因素相关分析

Table 3 Correlation analysis among components of canopy structure at silking stage

因素 Factor	LI	LAI	LA	PH	EH	IL	LS	LL	LW
LI	1.000 0	0.765 0**	0.623 6**	-0.153 1	-0.025 7	-0.066 6	0.123 4	-0.147 0	-0.448 7**
LAI		1.000 0	0.161 8	0.170 0	0.331 1*	0.185 7	0.304 1	0.864 4**	-0.277 4
LA			1.000 0	0.811 3**	0.614 8**	-0.976 2**	-0.956 2**	0.252 8	0.397 9*
PH				1.000 0	0.700 6**	0.818 7**	0.764 1**	0.458 1	0.457 9
EH					1.000 0	0.651 7**	0.620 2**	0.688 4**	0.184 9
IL						1.000 0	0.930 7**	0.343 0*	0.431 6**
LS							1.000 0	0.250 7	0.277 4
LL								1.000 0	0.284 8
LW									1.000 0

注:LI 为光照截获率;LAI 为叶面积指数;LA 为叶茎夹角;PH 为株高;EH 为穗位高;IL 为节间长;LS 为叶间距;LL 为叶长;LW 为叶宽。**, * 分别表示在 0.01、0.05 水平差异显著。

Note: LI, light intercepted; LAI, leaf area index; LA, leaf angle; PH, plant height; EH, ear height; IL, internode length; LS, leaf spacing; LL, leaf length; LW, leaf width. ** and * indicated significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively.

2.2 产量及其构成因素

由表 4 可知,T3 处理玉米产量在各密度下均低于其他处理,密度在 60 000 株 hm^2 差异显著,随着密度增加差异减小。同一密度下,产量构成因素千粒重变化规律较为一致,T2、T3 处理低于 T1、CK,达

显著水平。穗粒数以 T2 处理最高,达显著水平。单位面积穗数规律不明显,差异不显著。结果表明,T3 处理具有适应高密植趋势。T2、T3 处理的千粒重较低可能是穗分化期受 EC 影响所致。

表 4 不同株型夏玉米产量及其构成因素

Table 4 Yield and yield components of the summer maize with different plant types

密度(株 hm^2)	处 理	产量(kg/ hm^2)	穗数(穗 hm^2)	穗粒数(粒)	千粒重(g)
Density	Treatment	Yield	Spike No.	Seed No. per spike	1 000-kernel weight
60 000	T1	9 051 a	60 837 a	533.9 b	290.2 a
	T2	9 047 a	60 837 a	547.2 a	279.7 b
	T3	8 583 b	60 003 a	531.9 b	274.8 b
	CK	9 185 a	60 281 a	553.2 a	290.3 a
75 000	T1	9 083 a	75 560 a	483.1 b	260.0 a
	T2	9 288 a	74 171 ab	520.7 a	257.3 a
	T3	8 819 a	73 893 ab	513.5 ab	244.4 b
	CK	9 221 a	73 059 b	506.5 ab	253.9 a
90 000	T1	8 331 a	80 559 b	422.9 b	243.3 a
	T2	8 363 a	85 838 a	465.6 a	227.1 b
	T3	8 030 a	85 283 a	424.3 b	224.9 b
	CK	8 522 a	85 560 a	438.3 ab	250.6 a

2.3 产量、群体结构、产量构成的通径分析

群体结构指标包含叶面积指数、叶茎夹角、叶向值、株高、穗位高等,指标的综合效果可通过群体光照截获能力反映。本试验以群体光照截获率代表群体结构,以产量为因变量,群体光照截获率、产量构成因素为自变量做多元回归分析,得到方程 $Y=146.021\ 15-83.791\ 83X_1+1.298\ 44X_2+0.143\ 43X_3+0.023\ 27X_4$,其 $F=5.94^{**}(P<0.001)$ 达极显著,说明 Y 关于 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的通径分析是有意义的, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别代表群体光照截获率、千粒重、穗粒数、单位面积穗数。 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 对 Y 的直接通径系数 $P_{y1}=-0.041\ 69$ 、 $P_{y2}=0.840\ 559$ 、 $P_{y3}=0.239\ 859$ 、 $P_{y4}=0.454\ 569$,从 SAS 输出结果的参数估计部分可知,只有 X_2 的回归系数达到极显著水平($P<0.004\ 7$), X_2 关于 Y 的通径系数 $P_{y2}=0.840\ 559^{**}$ 达极显著。回归方程的误差 e 关于 Y 的通径系数 $P_{ye}=0.431>30\%$,说明存在影响 Y 的重要因素未被试验所考虑。

X_1 对 Y 的直接效应 $P_{y1}=-0.041\ 69$, X_1 通过 X_2 、 X_3 、 X_4 对 Y 的间接效应 $r_{12}P_{y2}=-0.653\ 92$ 、 $r_{13}P_{y3}=-0.141\ 33$ 、 $r_{14}P_{y4}=0.366\ 269$, $P_{y1}+r_{12}P_{y2}+r_{13}P_{y3}+r_{14}P_{y4}=-0.470\ 67$,说明群体结构对产量的直接影响不显著,主要通过影响千粒重间接影响产量。由于通径系数为负值($-0.470\ 67$),说明群体结构存在着对产量不利的因素,如适宜密度下叶面积指数不足、高密度下群体过

于郁闭等。

3 结论与讨论

3.1 化控试剂对夏玉米的影响

穗分化期化控处理将会对产量及产量构成因素造成影响,如产量下降、千粒重降低、穗粒数减少等^[20,21]。6 叶展期化控处理对叶面积、株高、穗位高影响较小,对株型调控效果较为理想;8 叶展期对叶面积指数抑制作用较大,可显著降低穗位高,只有在高密度下明显降低株高;12 叶展期使叶面积抑制作用较大,同时通过缩短穗位层的长度使株高、穗位高降低,穗位层的光照截获能力增强。12 叶展期喷施 EC 会促进夏玉米后期的衰减,不利于保持群体结构。8 叶期处理使株型更为紧凑,株型变小,更适应高密种植,是高密度下较为理想株型,但 8 叶期正处于雌穗分化期,此时化控处理将会对产量构成造成一定影响。化控处理对产量有负面影响,但由于其对株型调控非常显著,因此并不影响对株型做出准确评价。

3.2 夏玉米株型结构分析

群体结构功能是叶面积、叶夹角、叶向值、株高等各结构功能的总和,群体结构通过影响光照截获和光能吸收来影响光合作用。玉米产量主要由吐丝期至乳熟期群体叶片光合特性(包括光合能力和光合时间)特别是中上部叶片光合特性决定。通过塑造

合理的群体结构提高灌浆期光合能力的高值持续期是玉米高产的潜力所在。群体结构的塑造主要从水平方向和垂直方向着手,水平方向特别是在高密度下对群体结构的调控有限;在垂直方向对群体具有较好的调控效果,如改变株高、穗位高、叶夹角等使光照在群体中合理分布,使穗位层的光照截获能力增强^[2]。本试验利用化控手段在紧凑型玉米的基础上从垂直方向入手调控株型,缩短穗下节间长、叶间距,拉伸穗位及穗上节间长度,群体透光率在高密下表现良好;不足之处为叶面积指数较小,这可能是限制产量进一步提高的因素^[23]。在 12 叶展期化控处理,缩短穗位层节间长、叶间距,使穗位层叶片之间更加紧密、叶茎夹角增大、光照截获能力增强,有利于提高穗位层叶片的光合作用,在中低密度下表现较好;不足之处为群体底层受光较差,导致穗下层叶片衰老快,难以维持群体较高的叶面积指数,制约着产量增加。

叶面积不足是制约华北地区夏玉米产量增加的主要因素^[24]。本研究中通过增加密度实现对叶面积指数的提高,但是各株型都未达到高产效果。产量、群体结构、产量构成因素的通径分析结果表明,产量与群体光照截获率的通径系数为负值($P=-0.470\ 67$),主要通过影响千粒重间接影响产量。说明高密度条件下群体结构郁闭制约着华北地区夏玉米产量的进一步增加。因此,在紧凑型株型的基础上缩小株型即“紧凑小株型”是解决这一问题的突破点,同时通过增强群体生育后期的光合能力提高千粒重,实现该地区夏玉米产量的进一步增加。

群体结构各指标相关分析结果显示,群体光截获率与叶面积指数、叶茎夹角呈显著正相关($r=0.765\ 0^{**}$ 、 $r=0.623\ 6^{**}$),因此在增加密度基础上,减小单株叶面积同时减小叶茎夹角是可取的办法。叶茎夹角与节间长、叶间距呈极显著负相关($r=-0.976\ 2$ 、 $r=-0.956\ 2$),因此可以在现有紧凑株型基础上,通过化控方式调节不同层次的节间长、叶间距,实现对叶茎夹角的调整,进而使群体结构更加合理。初步认为,高密度下夏玉米的理想株型结构应为株型紧凑、穗位低、穗下层叶间距小、穗位层及穗上层叶茎夹角小、叶间距大、群体结构持续时间长。

参考文献:

[1] 董树亭,胡昌浩,岳寿松,等.夏玉米群体光合速率特性及其与群体结构、生态条件的关系[J].植物生态学与地理植物学学报,

1992,16(4):372-378.

- [2] 谭昌伟,王纪华,黄文江,等.不同氮素水平下夏玉米群体光辐射特征的研究[J].南京农业大学学报,2005,28(2):12-16.
- [3] 胡延吉,兰进好.山东省冬小麦品种群体结构及光截获的研究[J].中国农业气象,2001,22(3):28-32.
- [4] 郑 重,马富裕,慕白新,等.水肥因素对膜下滴灌棉花产量和棉株群体结构的影响研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(2):42-47.
- [5] 李少昆,王崇桃.作物株型和群体结构信息获取与表述方法[J].石河子大学学报(自然科学版),1997,1(3):250-256.
- [6] 薛吉全,梁宗锁,马国胜,等.玉米不同株型耐密性的群体生理指标研究[J].应用生态学报,2002,13(1):55-59.
- [7] 张旺锋,王振林,余松烈,等.膜下滴灌对新疆高产棉花群体光合作用群体结构和产量形成的影响[J].中国农业科学,2002,35(6):632-637.
- [8] 王之杰,郭天财,朱云集,等.超高产小麦群体光辐射特征的研究[J].西北植物学报,2003,23(10):1657-1662.
- [9] 吴门新,朱启疆,王锦地,等.夏玉米结构参数计算及大田玉米群体的可视化研究[J].作物学报,2002,28(6):721-726.
- [10] 黄高宝,张恩和,胡恒觉.不同玉米品种氮素营养效率差异的生态生理机制[J].植物营养与肥料学报,2001,7(3):293-297.
- [11] 吕丽华,陶洪斌,王 璞,等.不同种植密度下的夏玉米群体结构及光合特性[J].作物学报,2008,34(3):447-455.
- [12] 李少昆,赵 明.不同基因型玉米光合作用强度的调控研究[J].石河子大学学报,1998,2(3):245-250.
- [13] 段鸿飞.不同播种期对冬玉米产量的影响[J].玉米科学,2000,8(增刊):55-57.
- [14] 田志刚,田俊芹,曹治彦,等.播种期对夏玉米产量及主要性状的影响[J].河北农业科学,2006,10(4):14-15.
- [15] 李言熙,东先旺,刘光亮,等.光温因子对玉米产量及产量构成因素值的影响[J].中国生态农业学报,2002,10(2):86-88.
- [16] 李潮海,刘 奎,周苏玫,等.不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应[J].作物学报,2002,28(3):265-269.
- [17] 李 玲.植物生长调节剂对玉米生长发育的调控效应研究[D].中国农业大学硕士学位论文,2007.
- [18] 王 谦,陈景玲,孙治强.用 LI-2000 群体分析仪确定作物群体外活动面高度[J].农业工程学报,2005,21(8):70-73.
- [19] Swiader J M, Moore A. SPAD-chlorophyll II response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dry land and irrigated pumpkins[J]. Plant Nutri., 2002, 255: 1089-1100.
- [20] 赵玉路,秦连宝,赵玉兰.玉黄金和金得乐对玉米产量及其性状的影响[J].山西农业科学,2010,38(7):53-55.
- [21] 薛金涛,张保明,董志强,等.化学调控玉米抗倒及产量性状的效应研究[J].作物杂志,2008(4):72-76.
- [22] 刘 强,刘铁山,姜东元,等.喷施“金得乐”对玉米生长发育及产量的影响[J].山东农业科学,2009(7):93-94.
- [23] 曹彩云,郑春莲,李科江,等.长期定位施肥对夏玉米光合特性及产量的影响研究[J].中国生态农业学报,2009,17(6):1074-1079.
- [24] 江东岭,杜 雄,张 宁,等.种植密度对夏玉米群体库源关系的影响[J].华北农学报,2009,24(3):201-207.

(责任编辑:姜媛媛)