

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.01.010

余海兵,王金顺,刘正,等. 施氮量和株行距配置对鲜食糯玉米群体冠层结构和产量的影响[J]. 广西植物,2013,33(1):64–69

Yu HB, Wang JS, Liu Z, et al. Effects of nitrogen application and row-spacing on canopy structure and yield of fresh waxy maize[J]. *Guihaia*, 2013, 33(1):64–69

## 施氮量和株行距配置对鲜食糯玉米群体冠层结构和产量的影响

余海兵<sup>1</sup>, 王金顺<sup>2</sup>, 刘正<sup>1</sup>, 王波<sup>1</sup>

(1. 安徽科技学院 植物科学学院, 安徽 凤阳; 2. 安徽省黄山市农科所, 安徽 黄山)

**摘要:** 采取同一密度不同株行距配置和不同施氮量的试验处理, 分析栽培措施和施氮量对糯玉米冠层的 SPAD 值、叶面积指数(LAI)、光合势、茎叶倾角、叶向值、冠层 PAR、冠层开度、产量及产量构成要素的影响。结果表明: 在同一密度同一行距条件下, 冠层 SPAD 值、叶向值、PAR 随着施氮量增加而增加, 各处理间差异显著, 而叶倾角随着施氮量增加而减小; 不同施氮量对冠层开度影响不大, 差异不显著, 而对糯玉米产量影响差异显著。在授粉后 12~18 d, 行距 70 cm, 施氮量为  $N_3$ , 叶面积指数达最大, 光合势最强, 且较其它生育期差异明显。

**关键词:** 施氮量; 株行距; 糯玉米; 冠层结构

中图分类号: S31 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2013)01-0064-06

## Effects of nitrogen application and row-spacing on canopy structure and yield of fresh waxy maize

YU Hai-Bing<sup>1</sup>, WANG Jin-Shun<sup>2</sup>, LIU Zheng<sup>1</sup>, WANG Bo<sup>1</sup>

(1. College of Plant Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China; 2. Agricultural Institute of Anhui Huangshan, Huangshan 245011, China)

**Abstract:** With the same density, the influences of nitrogen application and row spacing on population canopy SPAD, LAI, photosynthetic power, angle and value of leaves, PAR, DIFN, yield and yield components were analyzed. The results showed that SPAD, value of leaves, PAR increased with the increasing nitrogen application amount in the same density and row spacing, but all treatments were distinctive. Angle of leaves decreased with the increasing fertilization; the influences of different fertilization amount on DIFN had little effect, and the difference was not significant, but yield of waxy maize was significant. 12–18 d after pollination, LAI was bigger, photosynthetic power was the strongest with the row spacing 70cm and  $N_3$  application, and there was obvious differences in other growth periods.

**Key words:** nitrogen application, row spacing, waxy maize; canopy structure

作物群体的受光能力和内部光分布特征影响其光合作用, 而冠层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。玉米冠层也通过其内部的水、热、气等微环境影响着群体的光合效率和生物产量。玉米冠层的结构和功能受到诸如品种、气候、

栽培措施等多种因素的调控。合理的行距可以改善冠层内的光照、温度、湿度和  $CO_2$  等微环境, 影响群体的光合效率和作物产量。另外, 氮肥施用量是影响冠层结构特征和光合特性的因素之一。随着施氮量的提高, 茎叶夹角、株高、叶面积指数和叶面积持

\* 收稿日期: 2012-07-13 修回日期: 2012-10-09

基金项目: 科技部星火计划项目; 安徽省科技厅农业成果转化基金(12040302001)(09150306012)(1104b0303003); 安徽省教育厅重点自然科学基金(KJ2008A079); 安徽战略新兴产业项目(11010301026); 安徽科技学院作物学重点学科(AKXK2010-1-1); 安徽科技学院稳定人才基金(ZRC2010264)

作者简介: 余海兵(1975-), 安徽枞阳县人, 副教授, 研究方向为玉米抗病育种, (E-mail) hsm50721@sohu.com.

\* 通讯作者: 刘正, 教授, 从事玉米育种, (E-mail) hsm8888@sina.com.

续期均增大,叶片衰老延缓。适量供氮有利于光合速率和籽粒产量的提高,也是塑造高效冠层结构,提高冠层光合性能和后期干物质生产,从而提高产量的重要途径之一。虽然种植措施和施氮量影响糯玉米光合特性和产量开展了许多研究工作,但对冠层结构的影响研究较少。本研究采取同一密度下,不同株行距配置和不同施氮量的实验处理,分析栽培措施和施氮量与糯玉米冠层的 SPAD 值、叶面积指数(LAI)、光合势、茎叶倾角、叶向值、冠层 PAR、冠层开度、产量及产量构成要素之间的变化规律,旨在为糯玉米高产优质栽培技术提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与处理

供试材料为安徽科技学院选育的新品种凤糯 2062,基肥采用史丹利复合肥(NPK=18:18:18),追肥采用安徽省安庆市生产的尿素( $P_2O_5 \geq 45\%$ )。

### 1.2 田间试验设计

试验在安徽科技学院种植园进行,耕作层土壤有机质含量 11 980 mg/kg,碱解氮为 71 mg/kg,速效磷为 28 mg/kg,速效钾为 136 mg/kg。园内试验地为多年玉米育种田,平整,肥力均衡。种植密度每公顷为 52 500 株,田间试验行距配置分为 50、60、70、80 cm,分别用字母  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  表示;肥料运筹为  $N_1$ :基肥 300 kg/hm<sup>2</sup>、追肥 300 kg/hm<sup>2</sup>;  $N_2$ :基肥 375 kg/hm<sup>2</sup>、追肥 375 kg/hm<sup>2</sup>;  $N_3$ :基肥 450 kg/hm<sup>2</sup>、追肥 450 kg/hm<sup>2</sup>。12 个处理,3 次重复,共 36 个小区,每小区面积 4 m×3 m,设 5 条垄供播种。

### 1.3 测定项目

1.3.1 糯玉米冠层的 SPAD 值的测定 在授粉后 6、12、18、24 d 选择有代表性的植株 10 株,用 SPAD-502 叶绿素仪分别测定上层、中层和下层展开叶绿素相对值(SPAD 值)。

1.3.2 鲜食糯玉米叶面积指数测定方法 鲜食糯玉米叶面积指数分别在授粉后 8、12、18、24 d,选有代表性的植株 10 株,测定棒三叶叶片长宽值,求其平均值,单叶叶面积=长×宽×系数(系数为 0.75),叶面积指数=单株叶面积×单位面积植株数/单位土地面积。

1.3.3 光合势的测定 光合势(LAD)是单位土地面积上叶面积持续时间,单位是 m<sup>2</sup>·d/m<sup>2</sup>。LAD=(LA2-LA1)×(t2-t1),LA1、LA2 分别为时间

t1、t2 时单位土地面积上的叶面积(m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)。

1.3.4 茎叶倾角、叶向值的测定 茎叶倾角是叶平面伸展方向与垂直方向的夹角;叶向值  $COV = \sum (90-\theta)D/L$ ,其中  $\theta$  为叶片着生方向与茎杆的夹角,D 为叶片最高点到叶环的距离,L 为叶片的长度。

1.3.5 冠层 PAR、冠层开度的测定 在糯玉米授粉后 6、12、18、24 d,在晴天的 8:00、14:30 和 20:00 进行冠层内 PAR 分布的测定。测定时,利用 SunScan 冠层分析仪,在各处理小区内随机选择糯玉米植株作为观测点进行测定。

### 1.4 统计方法

采用 Excel 和 SPSS13.0 进行统计方差分析,LSD 多重比较( $\alpha=0.05$ ),判断处理间差异的显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 对 SPAD 值的影响

从图 1 看出,鲜食糯玉米群体冠层 SPAD 值随授粉后生育延迟先升后降;在同一行距条件,冠层 SPAD 值随着施氮量增加而增加。从表 1 看出,增幅相对大的是行距 80 cm 时授粉后 18、12 d 以及行距 60 cm 时授粉后 6 d,增幅分别为 24.46%、20.53%和 20.40%;授粉后 6 d 时,群体冠层 SPAD 值增幅为 32.4%,授粉 12 d 后,群体冠层 SPAD 值增幅为 46.08%,授粉后 18 d 后,群体冠层 SPAD 值增幅为 31.99%,授粉 24 d 后,群体冠层 SPAD 值增幅为 35.53%;且各处理间差异呈显著性。在同一施氮水平下,各行距间处理差异显著。

### 2.2 对叶面积指数(LAI)与光合势的影响

不同施氮量和不同株行距配置下,糯玉米叶面积指数均随授粉后生育期延迟,呈现先上升后下降的趋势(图 2),且授粉后 18 d,各处理叶面积指数值为最高;在授粉后 18 d,行距为 70 cm,施氮量为  $N_3$ ,叶面积指数达到最大,其原因可能是,授粉 18 d 后,糯玉米叶片本身不再进行较强光合作用了,开始将养分提供给穗部趋于衰老,下层叶片变黄而枯死。

众所周知,光合时间越长,一定范围内光合势越大,植株积累的光合产物就越多;不同株行距配置都呈现随施氮量的增加,糯玉米的光合势也同步增加;在授粉后前期,糯玉米的光合势呈增加趋势,但在授粉 18 d 后,糯玉米群体中下部叶片开始衰老,光合势也开始下降(图 3),而光合势下降,不利于产量的提高。图 3 还可知,在授粉后 12~18 d 时,光合势

是最强的,而且较其它生育期差异明显。

### 2.3 对茎叶倾角和叶向值的影响

叶倾角是叶与茎之间夹角,叶向值是衡量糯玉米株型的一个综合指标,紧凑型叶片由于茎叶夹角小,挺直上冲,所以紧凑型比平展型叶向值要大,叶向值越大,投影面积越小,遮光越少,通风透气越好。叶倾角和叶面值本来是糯玉米品种的属性,但通过施氮量和株行距配置试验,发现对糯玉米的叶倾角和叶向值有一定的影响(表 2),即在不同株行的配置下,叶倾角随着施氮量的增加而减小,而叶向值则随着施氮量的增加而增加,表明施氮有利于糯玉米叶挺直上冲,有利于群体通风透光,提高光合效率。其中在授粉后 18 d,行距为 70 cm 时,施氮量为  $N_3$ ,叶向值为最大值 66.67,较最低值增加了 50.8%,且各处理间差异显著,表明栽培措施和施肥方式也能

表 1 施氮量和株行距配置对 SPAD 值的影响

Table 1 Effects of N application and row spacing on the SPAD

株行距配置 Row spacing	施氮量 Nitrogen fertilizer	授粉后天数 Days after pollination			
		6 d	12 d	18 d	24 d
$H_1$	$N_1$	36.1d	39.5c	38.8c	34.9d
	$N_2$	38.4c	44.2b	40.0c	37.8c
	$N_3$	40.6bc	46.1b	43.9b	36.7d
$H_2$	$N_1$	39.7bc	43.7b	42.1b	37.5c
	$N_2$	43.8b	49.2 ab	45.7ab	41.6b
	$N_3$	47.8a	51.7ab	47.3ab	41.9b
$H_3$	$N_1$	43.6b	53.9a	44.7b	39.6bc
	$N_2$	45.7ab	55.2a	46.4ab	42.8b
	$N_3$	47.2a	57.7a	49.1a	47.3a
$H_4$	$N_1$	38.3c	41.4c	37.2d	35.8d
	$N_2$	39.0bc	49.5 ab	46.3ab	39.3bc
	$N_3$	42.6b	49.9 ab	46.2ab	42.3b

a/b/c/d/e 代表 0.05 水平上差异。下同。

a/b/c/d means significant difference at 0.05 level. The same below.

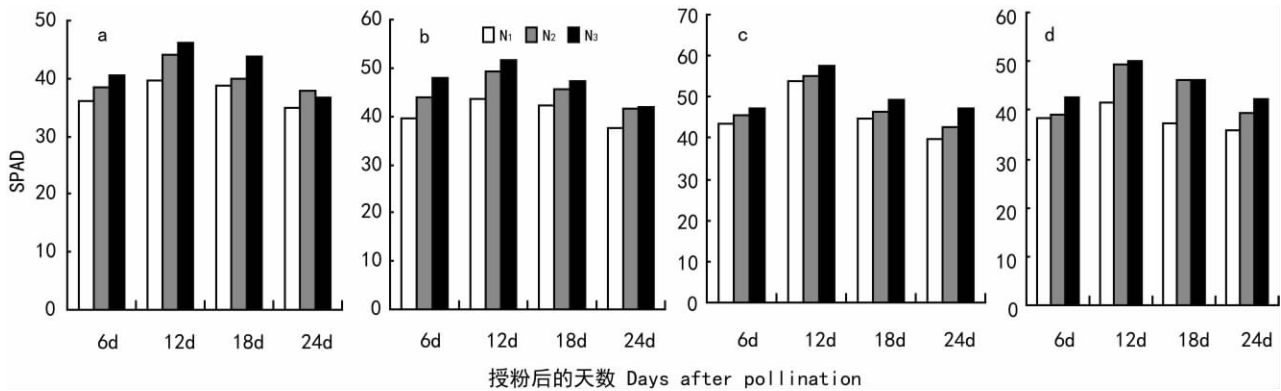


图 1 施氮量和株行距配置对 SPAD 值的影响(a,  $H_1$ , b,  $H_2$ , c,  $H_3$ , d,  $H_4$ )

Fig. 1 Effects of N application and row spacing on the SPAD

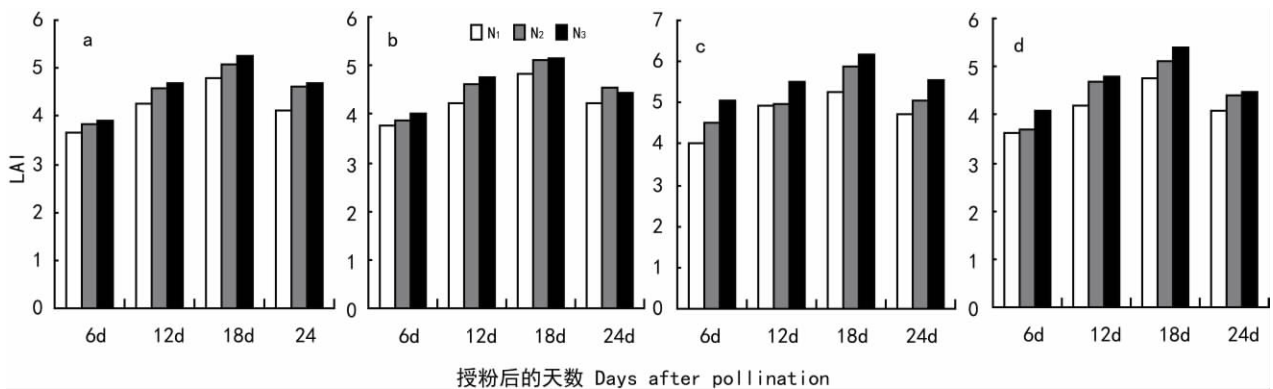


图 2 施氮量和株行距配置对叶面积指数(LAI)的影响(a,  $H_1$ , b,  $H_2$ , c,  $H_3$ , d,  $H_4$ )

Fig. 2 Effects of N application and row spacing on LAI

对糯玉米叶倾角和叶向值产生影响。

### 2.4 对冠层 PAR 的影响

PAR 光合有效辐射是指太阳辐射中能被绿色

植物利用进行光合作用的那部分能量,光合有效辐射是形成生物量的基本能源,直接影响着植物的生长、发育、产量和品质。从图 4 看出, PAR 随着授粉

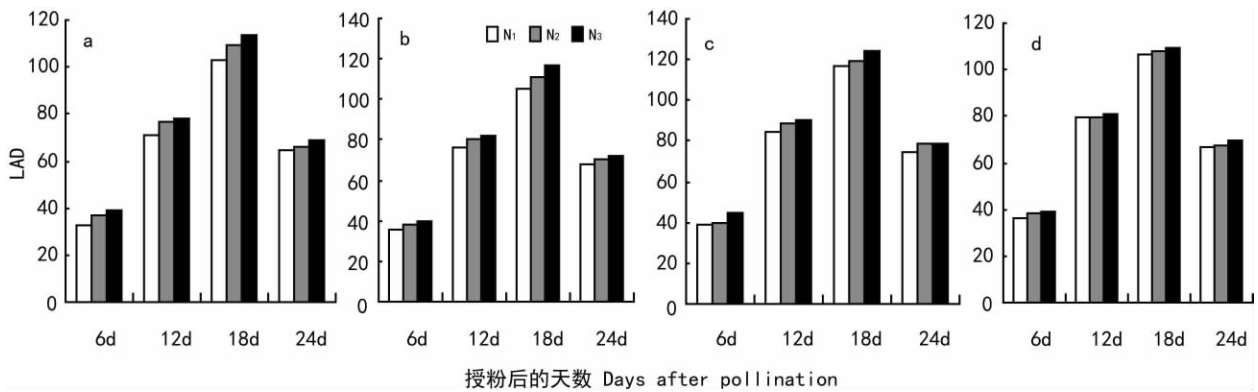


图 3 施氮量和株行距配置对光合势的影响(a, H<sub>1</sub>, b, H<sub>2</sub>, c, H<sub>3</sub>, d, H<sub>4</sub>)

Fig. 3 Effects of N application and row spacing on photosynthetic power

表 2 施氮量和株行距配置对茎叶倾角和叶向值的影响

Table 2 Effects of N application and row spacing on angle and value of leaves

株行距配置 Row spacing	施氮量 Nitrogen fertilizer	授粉后的天数 Days after pollination							
		6 d		12 d		18 d		24 d	
		叶倾角	叶向值	叶倾角	叶向值	叶倾角	叶向值	叶倾角	叶向值
H <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	34.91a	46.97d	33.82a	48.90c	32.93a	47.44c	36.04a	44.21
	N <sub>2</sub>	30.41b	50.43c	30.12b	52.10b	29.39b	53.13bc	33.19b	50.74c
	N <sub>3</sub>	29.76b	53.86b	27.97b	54.71b	28.19b	55.68b	31.02b	54.23b
H <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	28.92b	50.03c	30.21b	50.27bc	30.12ab	51.66bc	30.48b	48.67d
	N <sub>2</sub>	28.80b	52.98b	29.73b	54.18b	28.59b	57.86b	28.97bc	51.43bc
	N <sub>3</sub>	28.54b	60.53a	26.07bc	62.15a	21.28c	62.77ab	28.92bc	59.06a
H <sub>3</sub>	N <sub>1</sub>	29.05b	50.67c	24.82c	53.68b	21.24c	55.82b	31.47b	51.42bc
	N <sub>2</sub>	26.70c	57.16ab	23.17c	57.84b	19.90cd	59.12b	29.50bc	57.85ab
	N <sub>3</sub>	26.54c	61.71a	19.45d	64.99a	16.74d	66.67a	24.05c	60.95a
H <sub>4</sub>	N <sub>1</sub>	34.12a	46.77d	32.39a	49.59bc	33.74a	48.75c	35.39ab	47.66d
	N <sub>2</sub>	32.47a	53.41b	30.83b	56.08b	31.86ab	55.49b	33.29b	50.38c
	N <sub>3</sub>	30.19b	54.62b	29.04b	57.14b	30.92ab	57.01b	33.03b	53.95b

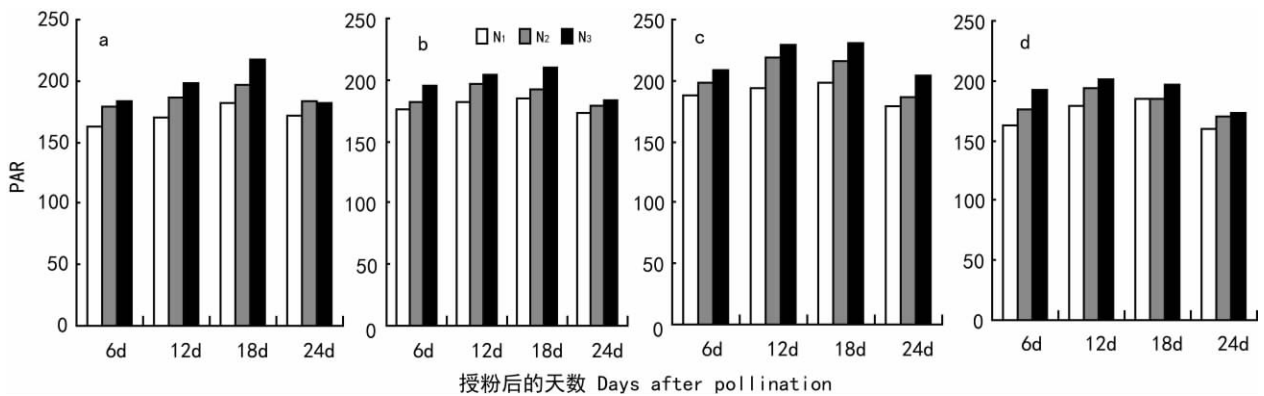


图 4 施氮量和株行距配置对冠层 PAR 的影响(a, H<sub>1</sub>, b, H<sub>2</sub>, c, H<sub>3</sub>, d, H<sub>4</sub>)

Fig. 4 Effects of N application and row spacing on PAR

后生育期的延迟呈现先升后降的趋势,在同一株行距配置条件下,PAR 随着施氮量增加而增加,且各处理间差异显著,行距为 50 cm 时,授粉后 18 d,

PAR 增幅最大为 18.9%;行距为 60 cm 时,授粉后 18 d,PAR 增幅最大为 13.07%;行距 70 cm 时,授粉后 12 d,PAR 增幅最大为 18.45%;行距为 80 cm

时,授粉后 6 d,PAR 增幅最大为 18.03%(表 3)。

表 3 施氮量和株行距配置对冠层开度(DIFN)的影响  
Table 3 Effects of N application and row spacing on DIFN

株行距配置 Row spacing	施氮量 Nitrogen fertilizer	授粉后天数 Days after pollination			
		6d	12d	18d	24d
H <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	0.29a	0.32a	0.37a	0.39a
	N <sub>2</sub>	0.26a	0.27a	0.33ab	0.35ab
	N <sub>3</sub>	0.23a	0.27a	0.31ab	0.33ab
H <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	0.25a	0.26a	0.32ab	0.36ab
	N <sub>2</sub>	0.22a	0.25a	0.29b	0.32ab
	N <sub>3</sub>	0.20a	0.23a	0.27bc	0.29b
H <sub>3</sub>	N <sub>1</sub>	0.21a	0.26a	0.29b	0.30b
	N <sub>2</sub>	0.19a	0.24a	0.27bc	0.27bc
	N <sub>3</sub>	0.17a	0.21a	0.23c	0.24c
H <sub>4</sub>	N <sub>1</sub>	0.28a	0.31a	0.33ab	0.36ab
	N <sub>2</sub>	0.24a	0.27a	0.29b	0.32ab
	N <sub>3</sub>	0.22a	0.26a	0.30b	0.30b

表 4 施氮量和株行距配置对产量及产量构成要素的影响

Table 4 Effects of N application and row spacing on yield and yield elements

株行距配置 Row spacing	施氮量 Nitrogen fertilizer	千粒重 Grain weight	单株籽粒产量 Per grain yield	穗行数 No. of spike	行粒数 No. of line	产量 Yield (hm <sup>2</sup> )
H <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	285.3d	171.2b	16.0a	29.42ab	9937.5d
	N <sub>2</sub>	325.9a	187.4ab	16.3a	32.75a	10262.7c
	N <sub>3</sub>	305.6b	165.3c	16.2a	27.40b	11116.7b
H <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	320.5a	174.5b	16.3a	32.97a	10031.9c
	N <sub>2</sub>	312.5b	178.1b	16.2a	29.11ab	11827.1b
	N <sub>3</sub>	317.0ab	192.6a	16.3a	31.05ab	13221.8a
H <sub>3</sub>	N <sub>1</sub>	317.0ab	174.8b	16.4a	32.99a	10273.6c
	N <sub>2</sub>	299.9bc	145.4d	15.3a	25.90c	12215.2ab
	N <sub>3</sub>	311.1b	193.6a	15.8a	29.31ab	14779.5a
H <sub>4</sub>	N <sub>1</sub>	294.9c	164.2c	15.4a	27.3b	9873.8d
	N <sub>2</sub>	321.1a	182.6ab	16.4a	33.39a	10063.9c
	N <sub>3</sub>	310.4b	175.6b	16.2a	28.93b	11791.0b

因素如千粒重、单株籽粒产量、行粒数影响显著,对穗行数的影响不显著,说明对产量构成而言,穗行数更趋于品种本身的属性,而千粒重、单株籽粒产量、行粒数受外界的施氮量及种植措施影响较大。

### 3 结论与讨论

不同种植株行距配置是协调糯玉米个体通风受光条件、营养状况并最终作用于生物产量和产量构成因素之一。采用不同株行距玉米种植方式对冠层特性具有明显优势,可扩大光合面积,增大叶面积指数,增加中部冠层的透光率,充分利用不同层次的光资源,改变玉米群体冠层小气候和水分利用率。植物缺氮时,其光合性能降低,子实不饱满,营养不充分,产量下降,氮肥充足时,使玉米群体冠层温度下

### 2.5 对冠层开度(DIFN)的影响

冠层开度用于表示糯玉米群体冠层透光率,通常用来表述冠层下可见天空比例;冠层开度随着授粉后生育期延迟而增大,且在授粉后 24 d 糯玉米冠层开度最大,表明,随着生育期的推进,底部叶发黄枯死,冠层开度加大(表 4);同一行距配置,不同施氮量对冠层开度影响不大,差异不显著;在授粉后同一生育期内,各处理间差异不显著。

### 2.6 对产量及产量构成要素的影响

从表 5 看出,施氮量和株行距配置对糯玉米产量影响差异显著,其中产量最高为行距 70 cm,施氮为 N<sub>3</sub> 时产量最高为 14779.5 kg/hm<sup>2</sup>,相比行距 80 cm,施氮为 N<sub>1</sub> 时最低产量 9873.8 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为 49.68%,同一株行距配置的不同施氮量对糯玉米产量影响差异显著;施氮量和株行距配置对产量构成

降。作物的生产是一个群体的过程,而不是个体表现,要获得高产稳产,就必须使个体、群体和环境相协调达到最优化。作物群体产量最高时,其单株在田间的分布应该处于最佳状态。以上结果表明,若要使糯玉米产量和品质得到显著提高,必须要选择好株行距配置,适宜施氮量可以提高糯玉米产量和品质。在同一密度条件下,要采用合理的行距配置,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,保证糯玉米群体产量和品质的提高。

同一密度,同一行距条件下,随着施氮量的增加,糯玉米植株长势旺盛,叶绿素含量也随之增加,随着行距加大,行间通风透光效果越明显,糯玉米乳熟期时农艺性状表现良好;本试验正好证明这一观点,即冠层 SPAD 值增幅相对大的是行距为 80 cm 时,授粉后 18、12 d 以及行距为 60 cm 时,授粉后 6

d 增幅分别为 24.46%, 20.53% 和 20.40%; 叶面积指数(LAI)随着生育期的推进,先增大后减小,并随着施氮量增加,衰退减缓;冠层 PAR 随着株行距增加,透光率效果越好;本研究中叶倾角随着施氮量的增加而减小,这与前人研究有些不一致,可能与品种的属性有关。同一株行距配置的不同施氮量对糯玉米产量影响差异显著;施氮量和株行距配置产量构成因素千粒重、单株籽粒产量、行粒数影响显著,对穗行数的影响不显著,说明对产量构成而言,穗行数更趋于品种本身的属性,而千粒重、单株籽粒产量、行粒数受外界的施氮量及种植措施影响较大。

### 参考文献:

- He P (何萍), Jin JY (金继运), Lin B (林葆). 1998. Effect of N application rates on leaf senescence and its mechanism in spring maize(氮肥用量对春玉米叶片衰老的影响及其机理研究)[J]. *Sci Agric Sin(中国农业科学)*, **31**(3):66-71
- Li YZ(李言照), Dong XW(东先旺), Liu GL(刘光亮), et al. 2002. Effects of light and temperature factors on yield and its components in maize(光温因子对玉米产量及产量构成因素值的影响)[J]. *Chin J Eco-Agric(中国生态农业学报)*, **10**(2):86-88
- Lü LH(吕丽华), Tao HB(陶洪斌), Xia LK(夏来坤), et al. 2008. Canopy structure and photosynthesis traits of summer maize under different planting densities(不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性)[J]. *Acta Agron Sin(作物学报)*, **34**(3):447-455
- Paolo ED, Rinaldi M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment[J]. *Field Crops Res*, **105**:202-210
- Xu HY(徐恒永), Zhao JS(赵君实). 1995. Canopy photosynthesis capacity and the contribution from different organs in high-yielding winter wheat(高产冬小麦的冠层光合能力及不同器官的贡献)[J]. *Acta Agron Sin(作物学报)*, **21**(2):204-209
- Wu ZH(武志海), Zhang ZA(张治安), Chen ZY(陈展宇). 2005. Researched on characteristics of canopy structure and photosynthetic characteristic of maize planting in double lines at one width ridge(大垄双行种植玉米群体冠层结构及光合特性的解析)[J]. *J Maize Sci(玉米科学)*, **13**(4):62-65
- Yang GH(杨国虎), Li X(李新), Wang CL(王承莲), et al. 2006. Study on effects of plant densities on the yield and the related characters of maize hybrids(种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究)[J]. *Acta Agric Boreal-Occident Sin(西北农业学报)*, **15**(5):57-60,64
- Yang LH(杨利华), Zhang LH(张丽华), Yang SL(杨世丽), et al. 2007. Responses of some population quality indices of corn hybrids differing in plant height to planting density(不同株高玉米品种部分群体质量指标对种植密度的反应)[J]. *Acta Agric Boreal Sin(华北农学报)*, **22**(6):139-146
- Yao WS(姚万山), Song LQ(宋连启), Guo HM(郭宏敏), et al. 1999. Physiological index of summer corn high-yield cultivation(夏玉米高产群体生理动态质量指标的研究)[J]. *Acta Agric Boreal Sin(华北农学报)*, **14**(4):55-59
- Pu GZ(蒲高忠), Tang SC(唐赛春), Pan YM(潘玉梅), et al. 2010. phenotypic plasticity and modular biomass of invasive *Parthenium hysterophorus* in different habitats in South China 服务生境下表型可塑性和构件生物量[J]. *Guihaia(广西植物)*, **30**(5):641-646
- Zhang WF(张旺锋), Wang ZL(王振林), Yu SL(余松烈), et al. 2002. Effect of under-mulch-drip irrigation on canopy apparent photosynthesis, canopy structure and yield formation in high-yield cotton of Xinjiang(膜下滴灌对新疆高产棉花群体光合作用冠层结构和产量形成的影响)[J]. *Sci Agric Sin(中国农业科学)*, **35**(6):632-637
- 
- (上接第 63 页 Continue from page 63)
- Ma KP(马克平). 1994. Methods of species diversity measurement, I-species diversity(upper portion)(生物群落多样性的测度方法, I-多样性的测度方法·上)[J]. *Biodiv Sci(生物多样性)*, **2**(3):162-168
- Su ZY(苏志尧), Wu DR(吴大荣), Chen BG(陈北光). 2000. Structure and spatial pattern dynamics of dominant populations in a natural forest in North Guangdong Province(粤北天然林优势种群结构与空间格局动态)[J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **11**(3):337-341
- Tong LL(童丽丽), Guan QW(关庆伟), Xu XG(许晓岗), et al. 2006. Community characteristics of quercus acutissima forest in Wuxiang Temple Forest Park(无想寺森林公园麻栎次生林群落学特征)[J]. *J Zhejiang Fore Sci & Tech(浙江林业科技)*, **26**(5):22-27
- Tong LL(童丽丽), Tang GG(汤庚国), Xu XG(许晓岗). 2006. Floristic characteristics of Mt. Niushou, Nanjing and relationship with its circumferential floras(南京牛首山地区植物区系的特点及与邻近植物区系的关系)[J]. *J Nanjing Fore Univ: Nat Sci Edit(南京林业大学学报·自然科学版)*, **30**(5):78-82
- Xie ZQ(谢宗强), Chen WL(陈伟烈), Lu P(路鹏), et al. 1999. The demography and age structure of the endangered plant population of *Cathaya Argrophylla*(濒危植物银杉的种群统计与年龄结构)[J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **19**(4):523-528
- Zhao Q(赵清), Ding DS(丁登山), Yan CH(阎传海). 2003. Restoration and reconstruction of the forest vegetation in the Mufushan Yanziji Mountains, Nanjing(南京幕燕山地森林植被恢复重建研究)[J]. *Geogr Res(地理研究)*, **22**(6):742-750
- Zhou MZ(周明镇), Hu CK(胡长庚). 1956. The discovery of miocene epoch mammalian fossils of Fangshan, Nanjing(南京方山中新世哺乳动物化石的发现)[J]. *Acta Palaeontol Sin(古生物学报)*, **4**(4):81-90