

种植密度对夏玉米冠层光合特性的影响

胡巍巍¹, 赵会杰^{1*}, 李洪岐², 袁利刚¹, 赵雪娟¹, 郑静静¹

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

摘要: 以夏玉米品种郑单 958 和浚单 20 为材料, 研究了不同密度条件下夏玉米群体冠层辐射特征和光合特性。结果表明, 郑单 958 玉米叶面积指数随种植密度增加而升高, 两品种吐丝期叶面积指数均在 82 500 株/hm² 处理时最高。透光率随密度增加而减小, 冠层顶部透光率显著高于冠层底部。吐丝期两品种叶绿素 a 和叶绿素总含量表现为 75 000 株/hm²、82 500 株/hm² 处理高于 67 500 株/hm²、90 000 株/hm² 处理。穗位上第 3 叶 Fv/Fm、qP 高于穗位叶和穗位下第 3 叶, NPQ 低于穗位叶和穗位下第 3 叶。随生育进程茎粗在吐丝期达到最大值, 浚单 20 茎粗随密度增加而减小。郑单 958 在密度为 90 000 株/hm² 时产量最高, 为 12 166. 070 kg/hm², 而浚单 20 则在 82 500 株/hm² 时产量最高, 为 9 705. 709 kg/hm²。

关键词: 玉米; 密度; 叶面积指数; 透光率; 叶绿素荧光参数

中图分类号: S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)01-0023-05

Effect of Planting Density on Canopy Photosynthesis of Summer Maize

HU Wei-wei¹, ZHAO Hui-jie^{1*}, LI Hong-qi², YUAN Li-gang¹,

ZHAO Xue-juan¹, ZHENG Jing-jing¹

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

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

Abstract: The summer maize cultivars Zhengdan 958 and Xundan 20 were selected to study the effects of planting densities on the photosynthesis properties of canopy with four density treatments. The results showed that LAI of Zhengdan 958 increased with the increase of planting density. The light transmission of canopy was significantly higher in upper layer than in the lower layer. The chlorophyll content increased with the increase of planting density at first, then decreased when the density exceeded 82 500 plants/ha. Fv/Fm and qP were higher in the third leaf above ear than those in the ear leaf and the third leaf below ear, but NPQ was converse. With the advancing of development stages, the stem diameter increased first and then decreased, reaching the maximum in silking stage. The stem diameter of Xundan 20 decreased with the increase of density. The highest yield was obtained under the density of 90 000 plants/ha for Zhengdan 958 and 82 500 plants/ha for Xundan 20, and the highest yield of two cultivars were 12 166. 070, 9 705. 709 kg/ha, respectively.

Key words: maize; density; leaf area index; light transmission; chlorophyll fluorescence parameters

玉米(*Zea mays* L.)作为我国主要粮食作物, 年总产量已达 1.5 亿 t。根据我国粮食发展战略规划, 至 2015 年玉米总产量将上升至 1.79 亿 t^[1-2]。玉米

的光合能力与作物群体内部光分布特征密切相关, 而冠层形态结构是影响作物群体光分布与光合特性的因素之一^[3]。目前, 玉米生产大部分田块光能利

收稿日期: 2012-06-11

基金项目: 国家粮食丰产科技工程项目(2006BAD02A07-1)

作者简介: 胡巍巍(1987-), 男, 河南新县人, 在读硕士研究生, 研究方向: 植物生理生态。E-mail: ways-hu@163.com

* 通讯作者: 赵会杰(1958-), 男, 河南尉氏人, 教授, 博士, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: zhaohj303@163.com

用率仅为 0.5%~1.4%, 高产田块也仅有 2.0%。而能充分利用光能进行光合作用有效群体的光能利用率可达 4.4%~6.2%^[4]。因此, 玉米生产潜力还很大。虽然前人对密度控制下玉米冠层的光合特性有大量研究^[6-12], 但针对不同密度群体不同冠层光合特性的研究较少。鉴于此, 本试验通过对夏玉米群体不同冠层光合特性的研究, 探讨不同密度下玉米叶面积、叶绿素荧光参数和株高、茎粗变化规律, 以期对夏玉米模式化栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2011 年进行, 试验地点设在河南省温县(北纬 34°52′~35°02′, 东经 112°51′~113°13′)祥云镇试验基地。2011 年 6—9 月份平均气温为 24.7℃, 合计降雨量为 544.7 mm, 合计日照时数为 635.3 h。供试土壤为中壤质潮土, 耕层(0~20 cm)有机质 19.09 g/kg、碱解氮 121.81 mg/kg、速效磷 37.22 mg/kg、速效钾 89.67 mg/kg。

1.2 试验设计

供试玉米品种为郑单 958(A1)和浚单 20(A2)。设 4 个密度处理, 即 67 500(B1)、75 000(B2)、82 500(B3)、90 000(B4)株/hm²。裂区试验, 品种为主区, 密度为副区, 重复 5 次。其中重复 4 为田间定点定株(小区内 5 株连续, 具代表性)调查区, 重复 5 作为取样区, 其他 3 个重复为计产区。试验小区面积 48 m², 8 行区, 行长 10 m, 行距 60 cm, 保护行 2 m, 重复间设走道 1 m。6 月 13 日播种, 9 月 29 日收获。采用拉绳穴播, 每穴 2 粒。通过株距控制密度。采用统一的超高产水平施肥、管理。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 叶面积指数(LAI) 每处理分别于苗期

(7 月 6 日)、拔节期(7 月 20 日)、大口期(7 月 28 日)、吐丝期(8 月 7 日)选取连续 5 株代表性植株定点测定叶片长、宽值。LAI=单位土地上的叶面积/土地面积。单叶叶面积=长×宽×0.75。

1.3.2 透光率 采用照度计测定透光率, 分别在定点植株上测定顶层、穗位层和底层的光照强度。透光率=测定层光强/冠层顶层光强×100%。

1.3.3 叶绿素含量 在吐丝期选取穗位叶, 采用乙醇直接浸提法, 用 UFIC-2700 型可见分光光度计测定 OD 值^[5]。

1.3.4 叶绿素荧光参数 用 FMS-2 型脉冲调制式叶绿素荧光分析仪(英国 Hansatech 公司生产)测定穗位上第 3 叶、穗位叶、穗位下第 3 叶的叶绿素荧光参数, 测定前暗适应 15 min。

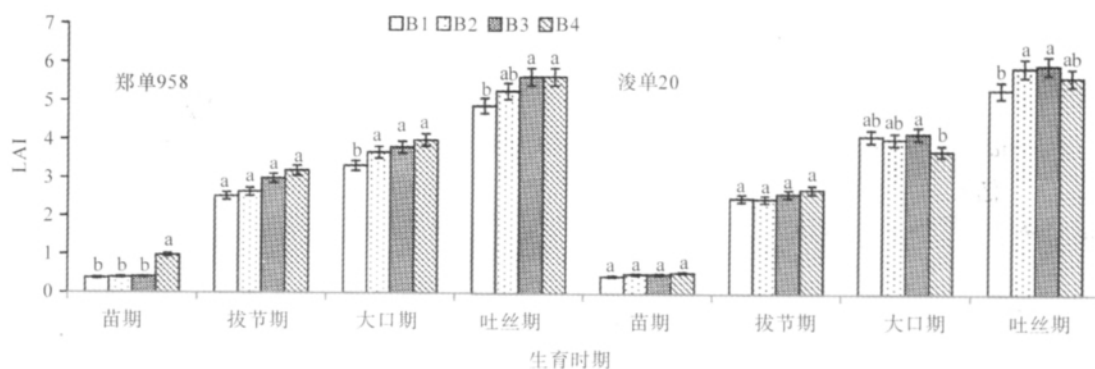
1.3.5 株高和茎粗 分别于 7 月 11 日(苗期)、7 月 28 日(大口期)、8 月 7 日(吐丝期)、8 月 25 日(灌浆期)、9 月 22 日(成熟期)用米尺和游标卡尺定点定株分别测定株高和茎粗。

1.3.6 产量 在收获期进行考种, 计算穗数、穗粒数、千粒重、理论产量, 并测定小区实际产量。采用 DPS 9.50 数据处理系统进行 SSR 检验, 用 Duncan 法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 密度对玉米 LAI 的影响

由图 1 可见, 不同密度处理下 LAI 从苗期到吐丝期都随生育进程呈增长趋势, 在各时期郑单 958 LAI 随密度的增加而升高, 而浚单 20 LAI 随密度变化不明显。说明郑单 958 比浚单 20 对密度更敏感。两品种吐丝期 LAI 均在密度为 B3(82 500 株/hm²)时达到最大值(5.83 和 5.99)。说明 B3 密度是提高两品种玉米 LAI 的最适密度。



同一品种同一时期柱状图上不同字母表示差异达 5% 显著水平

图 1 不同生育时期玉米 LAI 变化

2.2 密度对玉米透光率的影响

由表 1 可以看出,两品种的透光率随密度增加呈减小趋势,与群体叶面积指数随密度增加而增加相反。由不同冠层透光率平均数可以看出,从顶部到底部透光率差异显著,说明提高两品种夏玉米冠层底部的光照强度具有很大潜力。但若想避免冠层上部的漏光损失,则应减小透光率。

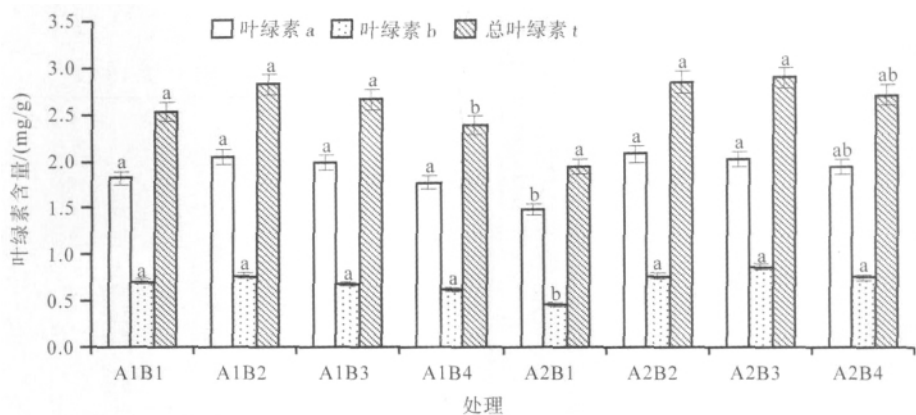
2.3 密度对玉米叶绿素含量的影响

由图 2 可以看出,吐丝期两品种叶绿素 a 和叶绿素总量表现为 B2、B3 处理高于 B1、B4 处理。叶绿素 a 含量均高于叶绿素 b 的含量。不同密度间叶绿素含量差异表现为浚单 20 比郑单 958 明显。

表 1 不同冠层下玉米的透光率 %

品种	密度	底部	穗位层	顶部
郑单 958	B1	0.098 0a	0.321 6b	0.632 3a
	B2	0.090 0a	0.273 7ab	0.611 7a
	B3	0.069 4b	0.273 2ab	0.584 2a
	B4	0.046 9c	0.258 3b	0.575 9a
浚单 20	B1	0.102 7a	0.293 3a	0.588 9a
	B2	0.084 6a	0.287 5a	0.584 5a
	B3	0.082 8a	0.273 5a	0.575 3a
	B4	0.082 2a	0.259 0a	0.546 5a
平均		0.079 8c	0.280 0b	0.587 4a

注:除平均数外,同品种同列不同小写字母表示同一部位不同密度在 5%水平上差异显著。



同一品种同一指标不同密度间小写字母不同表示差异达 5%显著水平
图 2 不同密度下玉米吐丝期穗位叶的叶绿素含量

2.4 密度对玉米叶绿素荧光参数的影响

由表 2 可以看出,两品种各密度下,穗位上第 3 叶 PSⅡ原初光化学效率(Fv/Fm)、光化学猝灭系数(qP)高于穗位叶和穗位下第 3 叶,热耗散(NPQ)低于穗位叶和穗位下第 3 叶。两品种 Fv/Fm、qP、NPQ 随密度变化不明显,这可能是密度因素没有冠层因素影响大而被忽略。

2.5 密度对玉米茎粗和株高的影响

由图 3 可以看出,两品种各处理下茎粗均在吐丝期达到最大值。浚单 20 茎粗随密度增加而减小。
由图 4 可以看出,株高随生育进程不断增加,到灌浆期达到最高。浚单 20 在大口期和吐丝期株高随密度增加而逐渐降低,而在苗期和灌浆期株高随密度增大,其影响被弱化。

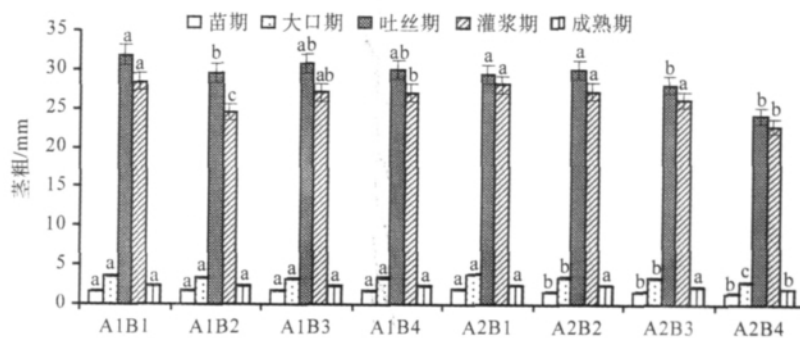
表 2 不同密度下玉米的叶绿素荧光参数

时期	品种	密度	Fv/Fm			qP			NPQ		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c
吐丝期	郑单 958	B1	0.855	0.862	0.865	0.435	0.559	0.563	1.880	1.728	1.088
		B2	0.848	0.852	0.855	0.394	0.476	0.503	1.252	0.856	0.771
		B3	0.852	0.855	0.857	0.455	0.459	0.483	1.203	0.985	0.657
		B4	0.853	0.858	0.859	0.372	0.397	0.414	0.760	0.701	0.537
	浚单 20	B1	0.862	0.865	0.868	0.296	0.311	0.312	0.523	0.478	0.397
		B2	0.858	0.863	0.867	0.274	0.354	0.362	0.760	0.612	0.328
		B3	0.862	0.863	0.869	0.361	0.388	0.415	1.397	1.003	0.846
		B4	0.858	0.862	0.863	0.342	0.369	0.392	1.050	0.907	0.741
灌浆期	郑单 958	B1	0.838	0.846	0.849	0.279	0.391	0.428	0.442	0.275	0.187
		B2	0.830	0.849	0.853	0.211	0.363	0.401	0.482	0.219	0.090
		B3	0.844	0.855	0.856	0.195	0.329	0.334	0.389	0.134	0.102
		B4	0.851	0.855	0.855	0.245	0.324	0.433	0.656	0.216	0.191

续表 2 不同密度下玉米的叶绿素荧光参数

时期	品种	密度	Fv/Fm			qP			NPQ		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c
成熟期	浚单 20	B1	0.837	0.849	0.851	0.199	0.239	0.241	0.119	0.072	0.069
		B2	0.841	0.846	0.857	0.237	0.274	0.294	0.184	0.128	0.095
		B3	0.824	0.835	0.841	0.217	0.267	0.368	0.405	0.231	0.195
		B4	0.842	0.842	0.846	0.263	0.280	0.380	0.411	0.254	0.195
	郑单 958	B1	0.786	0.825	0.842	0.182	0.314	0.330	0.286	0.146	0.104
		B2	0.813	0.814	0.820	0.140	0.182	0.309	0.373	0.068	0.033
		B3	0.738	0.790	0.821	0.225	0.289	0.385	0.351	0.200	0.163
		B4	0.771	0.781	0.820	0.297	0.328	0.614	0.815	0.424	0.245
	浚单 20	B1	0.741	0.807	0.825	0.292	0.358	0.441	0.826	0.356	0.274
		B2	0.768	0.773	0.813	0.345	0.356	0.394	0.889	0.437	0.268
		B3	0.755	0.760	0.778	0.587	0.619	0.635	1.159	1.132	0.952
		B4	0.717	0.795	0.803	0.412	0.485	0.786	1.502	0.726	0.535

注:a 为穗位下第 3 叶,b 为穗位叶,c 为穗位上第 3 叶。



同一品种同一时期不同小写字母表示 5% 水平上差异显著,下同

图 3 不同密度下玉米茎粗的变化

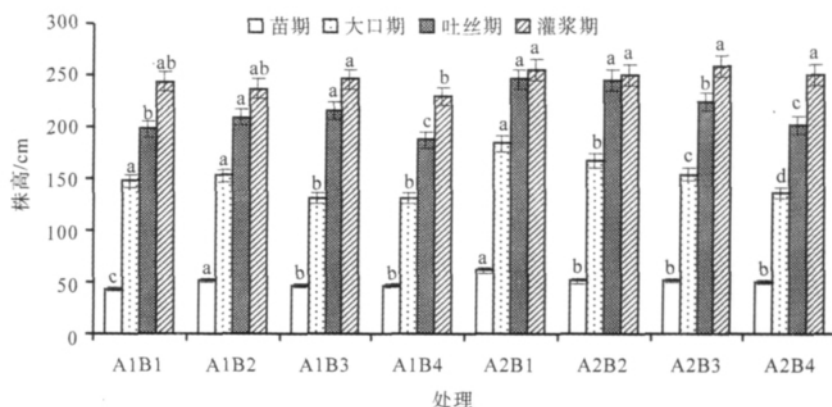


图 4 不同密度下玉米株高的变化

2.6 密度对玉米产量的影响

从表 3 可以看出,两品种在 B3 (82 500 株/hm²) 时穗粒数分别为 517.3、527.9 粒,在 B4 (90 000 株/hm²) 时穗粒数分别为 556.5、399.4 粒。说明郑单 958 在高密度 (90 000 株/hm²) 下继续保

持较高的穗粒数,而浚单 20 穗粒数在高密度 (90 000 株/hm²) 下低于其他处理。同一品种不同密度处理千粒重差异不显著,郑单 958 略高于浚单 20。郑单 958 产量总体高于浚单 20,在 B3、B4 密度时达到了 10 000 kg/hm² 以上;浚单 20 产量也在

B3 密度时显著优于其他密度。

表 3 不同密度下玉米产量及其构成

品种	密度	穗粒数/粒	千粒重/g	产量/ (kg/hm ²)
郑单 958	B1	501.7a	243.233 3a	8 529.499b
	B2	517.4a	228.055 6a	8 583.331b
	B3	517.3a	243.000 0a	10 413.070ab
	B4	556.5a	242.616 7a	12 166.070a
浚单 20	B1	471.9ab	216.072 2a	6 890.078b
	B2	512.6a	227.631 1a	8 744.758ab
	B3	527.9a	223.200 0a	9 705.709a
	B4	399.4b	228.483 3a	8 091.357ab

注:不同小写字母表示同一品种不同密度在 5%水平上差异显著。

3 结论与讨论

本试验表明,种植密度增加,群体叶面积升高,郑单 958 与浚单 20 叶面积指数在 B3(82 500 株/hm²)时最大,均接近 6,适宜群体生长。在各时期郑单 958 LAI 随密度的增加而升高,而浚单 20 随密度变化不明显。在穗位层及以下,光照相对顶层显著降低,是采取增加冠层光照截获率、减小透光率,还是增加冠层下部光照强度、增大透光率来提高作物产量还有待进一步研究^[13-14]。

本试验结果表明,叶绿素 a 和叶绿素总含量在 B2、B3 密度时高于其他密度。叶绿素 a 含量均高于叶绿素 b 的含量。浚单 20 叶绿素含量不同密度间差异比郑单 958 明显。两品种各密度下,穗位上第 3 叶 Fv/Fm、qP 高于穗位叶和穗位下第 3 叶,NPQ 低于穗位叶和穗位下第 3 叶。两品种 Fv/Fm、qP、NPQ 随密度变化不明显。

本试验结果表明,随生育进程茎粗在吐丝期达到最大值。浚单 20 茎粗随密度增加而减小。株高随生育进程不断增高,到灌浆期达到最高。浚单 20 在大口期和吐丝期株高随密度增加而逐渐降低,而在苗期和灌浆期随密度增大影响被弱化。

郑单 958 千粒重和产量略高于浚单 20。郑单 958 在密度为 90 000 株/hm² 时产量最高,为 12 166 070 kg/hm²,而浚单 20 则在 82 500 株/hm² 时产量最高,为 9 705 709 kg/hm²。

参考文献:

- [1] 刘巍巍,赵会杰,李红旗,等. 密度、种植方式对夏玉米茎秆抗倒伏能力的影响[J]. 河南农业科学,2011,40(8):75-78.
- [2] 陈印军,肖碧林,王勇,等. 中国谷物发展态势、展望与对策[J]. 农业经济问题,2008(7):27-31.
- [3] 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.
- [4] 薛吉全. 玉米高产理论和技术途径之概述与展望[J]. 作物研究,1993,7(1):46-49.
- [5] 赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1998:161-163.
- [6] 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.
- [7] 李小勇,唐启源,李迪秦,等. 不同种植密度对超高产稻田春玉米产量性状及光合生理特性的影响[J]. 华北农学报,2011,26(5):174-180.
- [8] 陈国立,刘键娜,娄麦兰,等. 郑单 958 不同密度与施氮量对产量及部分植株性状研究初报[J]. 玉米科学,2006,14(增刊):108-109,111.
- [9] 马俊峰,刘天学,董朋飞,等. 浚单 20 不同密度群体冠层微生境研究[J]. 玉米科学,2010,18(2):54-58.
- [10] 陈传永,侯海鹏,李强,等. 种植密度对不同玉米品种叶片光合特性与碳、氮变化的影响[J]. 作物学报,2010,36(5):871-878.
- [11] 张吉旺,董树亭,王空军,等. 大田遮阴对夏玉米淀粉合成关键酶活性的影响[J]. 作物学报,2008,34(8):1470-1474.
- [12] 付景,李潮海,赵久然,等. 弱光胁迫对不同基因型玉米光合色素的影响[J]. 河南农业科学,2009(6):31-34.
- [13] 申丽霞,王璞. 不同氮肥运筹方式对夏玉米产量和氮素利用的影响[J]. 山西农业科学,2009,37(2):155-159.
- [14] 赵萍萍,王宏庭,郭军玲,等. 氮肥用量对夏玉米产量、效益、农学效率及氮肥利用率的影响[J]. 山西农业科学,2010,38(11):90-93.