

# 种植密度对玉米生长期叶片叶绿素含量和产量的影响

鹿红卫, 王昌亮, 卢瑞乾, 李建军, 李保峰, 吴勇, 章慧玉, 苏玉杰 (鹤壁市农业科学院, 河南鹤壁 458031)

**摘要** 为研究种植密度与玉米叶片叶绿素含量的相关性及其与玉米产量的关系, 选取3个夏玉米品种浚单29、浚单509、浚单3136作为参试品种, 通过设置5.25万~9.00万株/hm<sup>2</sup> 6个种植密度, 研究玉米叶片叶绿素含量和产量与种植密度的关系。结果表明: 随着种植密度的增加玉米单株叶片叶绿素含量相应减小, 但减幅较小; 随着种植密度的增加玉米产量呈先增后减的趋势, 3个参试品种的最适种植密度分别为6.75万~7.50万株/hm<sup>2</sup>、6.25万~6.75万株/hm<sup>2</sup>、7.50万~8.25万株/hm<sup>2</sup>; 玉米叶绿素含量随种植密度的变化对玉米产量的影响还不够明显, 有待于进一步研究。

**关键词** 玉米; 种植密度; 叶绿素含量; 产量

**中图分类号** S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)35-13503-03

## Effects of Planting Density on Leaf Chlorophyll Content and Yield of Maize

LU Hong-wei et al (Hebi Academy of Agricultural Sciences, Hebi, Henan 458031)

**Abstract** To study the correlation between planting density of maize and leaf chlorophyll content as well as that between leaf chlorophyll content and maize yield, 3 summer maize varieties, Xundan 29, Xundan 509 and Xundan 3136 were taken as the test materials, by setting 6 planting densities, 52 500-90 000 plants/hm<sup>2</sup>. The results showed that leaf chlorophyll content reduced slightly with the increasing planting density; maize yield increased first and then decreased with the increasing density; the optimal planting density of 3 test varieties (67 500-75 000 plants/hm<sup>2</sup>, 62 500-67 500 plants/hm<sup>2</sup>, 75 000-82 500 plants/hm<sup>2</sup>); changes of leaf chlorophyll content with the changing density showed no obvious influence on the yield.

**Key words** Maize; Planting density; Chlorophyll content; Yield

夏玉米产量的形成与其群体光合作用有着密不可分的联系, 形成产量的有机物都直接或间接来自光合产物, 所以说光合作用是物质生产的基础<sup>[1]</sup>。而叶片中叶绿素含量则是衡量叶片光合作用的标准, 叶绿素 a (Chla) 和叶绿素 b (Chlb) 分别作为光合作用中心色素分子和聚光色素, 共同影响着光合作用速率<sup>[2]</sup>。叶片是玉米的主要光合器官, 也是玉米物质积累的主要来源之一, 光合作用是叶绿素利用二氧化碳和水把光能转化成化学能的过程, 所以玉米叶绿素含量的多少与玉米产量形成有着密切的关系。赵士诚等研究表明, 不同种植密度对玉米功能叶片的叶绿素含量有较大影响, 随着种植密度增加, Chla、Chlb 和 Chla + Chlb 含量都有所下降<sup>[3]</sup>。也有研究表明, 玉米产量与叶绿素含量呈正相关<sup>[4-7]</sup>。为此, 笔者研究不同种植密度对不同玉米品种生长过程中功能叶片叶绿素含量的影响, 进而揭示其对玉米产量和果穗性状的影响。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地基本情况** 试验于2012年在鹤壁市农业科学院高效示范园区(地理位置114°33'E、35°41', 海拔61.5 m)进行。该区属于黄淮海玉米主产区, 半湿润性季风气候, 四季分明。该区历年玉米生长期(6~9月份)平均气温24.9℃, 降水量456.1 mm, 日照时数787.3 h; 2013年该区玉米生长期(6~9月份)平均气温24.3℃, 降水量244.8 mm, 日照时数824.4 h(来自鹤壁市气象站)。该区地下水资源丰富, 灌溉条件良好, 试验地0~25 cm土层有机质含量为15.6 g/kg, 碱解氮含量为68.2 mg/kg, 速效磷含量为11.5 mg/kg, 速效钾含量为135.0 mg/kg, 前茬为小麦。

**1.2 供试材料** 玉米品种分别为浚单29、浚3136、浚509, 由河南省鹤壁市农业科学院提供。

**1.3 试验方法** 3个品种均采用随机区组设计, 设置6个种植密度, 分别为5.25万、6.00万、6.75万、7.50万、8.25万、9.00万株/hm<sup>2</sup>。每个密度设置3次重复, 小区面积为4 m × 6 m, 6行区, 行距66.7 cm、等行距种植, 各处理根据种植密度调节种植株距。于6月8日机械开沟, 2粒/穴, 人工播种, 27日人工定苗。播种时免施基肥, 7月10日一次性随水滴灌“禾苗壮”(33-6-11)750 kg/hm<sup>2</sup>。于6月13日喷施玉米田专用除草剂进行土壤封闭, 玉米生长期适时喷施化学药剂防治病虫害, 其他田间管理措施与玉米大田生产一致。为避免人为干扰, 确保试验准确, 3次重复考种计产。于10月11日统一收获, 3次重复每个小区收中间4行。

## 1.4 测定项目及方法

**1.4.1 生长期测定指标及方法。** 对各处理小区第2行的第4、5、6棵玉米进行标记, 采用浙江托普仪器有限公司的TYS-3N植物养分速测仪测定标记植株的叶片叶绿素含量(SPAD值)。于7月23日(大喇叭口期)测定标记植株的第12片叶(第12片叶完全展开), 于8月10日(吐丝期)、8月30日(吐丝后20 d)、9月19日(吐丝后40 d)测定标记植株的穗位叶, 所测叶片分叶基、叶中、叶尖3个部分, 每部分随机取5点进行测定, 结果取平均值。

**1.4.2 收获后测定指标及方法。** 对各小区中间4行进行全株收获, 记录实收穗数、株数和空秆数。各小区取有代表性的10个穗(平均穗)进行考种, 记录穗长、穗粗、秃尖、穗行数、行粒数、轴粗等。子粒风干后, 称重、测量水分、称千粒重, 按14%含水量折合小区产量, 换算单位面积产量, 计算出子率。

**1.5 数据分析方法** 所有数据采用Excel表格进行处理、作图。

**作者简介** 鹿红卫(1978-), 男, 河南商丘人, 副研究员, 从事玉米育种及高产栽培研究。

**收稿日期** 2013-11-25

## 2 结果与分析

### 2.1 种植密度对夏玉米生长期叶绿素含量的影响

**2.1.1 对不同生育时期叶绿素含量的影响。**由图 1~3 可知,在不同种植密度下,浚单 29、浚 509、浚 3136 喇叭口期叶片叶绿素含量均明显低于测试的其余 3 个时期,其中吐丝期叶绿素含量最高,吐丝后 20、40 d 3 个参试品种叶绿素含量

差距较小,且吐丝后 20 d 比吐丝后 40 d 的叶绿素含量略高。3 个参试品种喇叭口期叶片 SPAD 值范围分别为 3.91~6.45、2.50~4.34、4.03~6.20;吐丝期、吐丝后 20 d、吐丝后 40 d 叶片 SPAD 值分别为 14.71~18.20、16.06~19.43、14.87~18.48,说明参试 3 个玉米品种单株叶片叶绿素含量吐丝前变化明显,吐丝后无明显变化。

—大喇叭口期 —吐丝期 —吐丝口 20 d —吐丝后 40 d

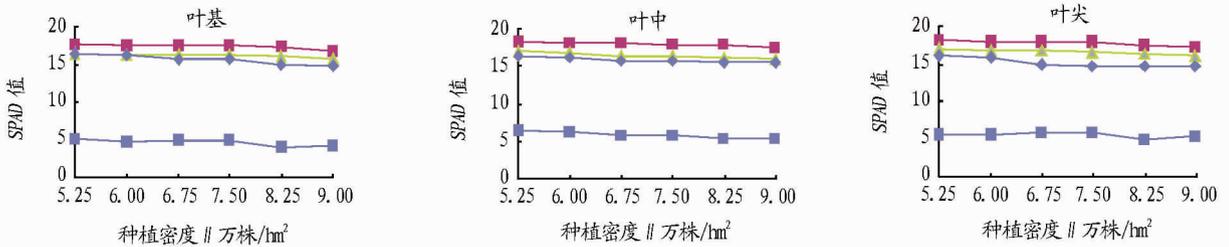


图 1 不同种植密度下浚单 29 叶绿素含量 SPAD 值

—大喇叭口期 —吐丝期 —吐丝口 20 d —吐丝后 40 d

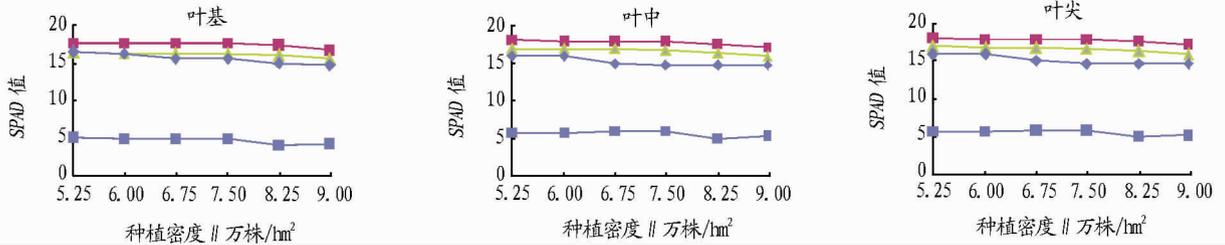


图 2 不同种植密度下浚 509 叶绿素含量 SPAD 值

—大喇叭口期 —吐丝期 —吐丝口 20 d —吐丝后 40 d

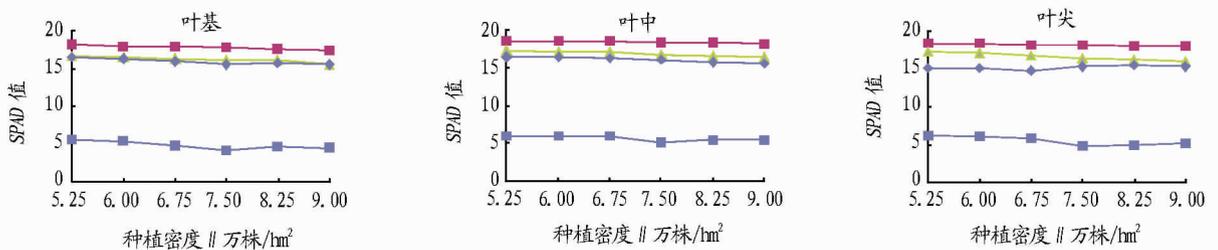


图 3 不同种植密度下浚 3136 叶绿素含量 SPAD 值

**2.1.2 对叶片不同部位叶绿素含量的影响。**图 1 可知,在不同种植密度下,3 个参试品种叶基、叶中、叶尖叶绿素含量基本为叶中>叶尖>叶基,但差别不大,只有少部分有差异。因此,种植密度对 3 个参试品种叶片叶绿素含量影响较小。

**2.2 种植密度对夏玉米产量及其构成的影响**由表 1 可知,3 个参试品种穗部性状变化趋势基本一致,穗长、穗粗、穗行数、行粒数及轴粗均随种植密度的增加呈下降趋势,而秃尖呈上升趋势。其中与产量形成有关关系的出子率和千粒重随种植密度的增加也呈下降趋势。这说明,种植密度对夏玉米穗部性状的影响基本一致。

产量结果显示,浚单 29 产量变化范围为 9 955.17~11 679.80 kg/hm<sup>2</sup>,产量随种植密度的变化符合方程  $y = -361.896 02x^2 + 4 945.807 76x - 5 220.517 35$ ;浚 509 产量

变化范围为 8 721.45~10 293.49 kg/hm<sup>2</sup>,产量随种植密度的变化符合方程  $y = -235.999 18x^2 + 2 929.414 37x + 1 172.655 90$ ;浚 3136 产量变化范围为 9 730.64~10 955.32 kg/hm<sup>2</sup>,产量随密度的变化符合方程  $y = -172.563 39x^2 + 2 600.841 12x + 1 100.702 420$ 。上述式中  $y$  为产量,kg/hm<sup>2</sup>;  $x$  为种植密度,万株/hm<sup>2</sup>。根据方程可以得出,浚单 29、浚 509、浚 3136 的种植密度分别为 6.833 2 万、6.206 4 万、7.535 9 万株/hm<sup>2</sup> 时,各自能达到最高产量,分别为 11 677.30、10 263.23、1 0900.54 kg/hm<sup>2</sup>,而 3 个参试品种实际最高产量种植密度分别为 6.75 万、6.75 万、7.55 万株/hm<sup>2</sup>。这表明,浚单 29 在种植密度为 6.75 万~7.50 万株/hm<sup>2</sup> 时容易达到最高产量,浚 509 在种植密度为 6.25 万~6.75 万株/hm<sup>2</sup> 时容易达到最高产量,浚 3136 在种植密度为 7.50 万~8.25 万株/hm<sup>2</sup> 时容易达到最高产量。

表 1 不同种植密度下浚单 29、浚 509、浚 3136 穗部性状及产量构成

参试品种	种植密度//万株/hm <sup>2</sup>	穗长//cm	穗粗//cm	秃尖//cm	穗行数//行	行粒数//粒	轴粗//cm	出子率//%	千粒重//g	产量//kg/hm <sup>2</sup>
浚单 29	5.25	18.1	5.5	1.1	17.4	37.5	2.9	92.00	385.5	10 655.21
	6.00	17.8	5.5	1.2	16.8	37.2	2.8	91.80	366.5	11 426.07
	6.75	17.4	5.4	1.4	16.3	36.4	2.7	91.87	354.2	11 679.80
	7.50	17.0	5.3	1.8	16.1	33.9	2.6	91.87	347.8	11 520.39
	8.25	16.8	5.2	2.0	16.1	31.6	2.6	91.33	317.6	10 937.85
浚 509	9.00	16.0	5.1	2.1	15.8	30.1	2.6	90.27	311.9	9 955.17
	5.25	17.5	5.4	0.8	17.3	36.8	2.8	90.87	371.3	10 147.35
	6.00	17.1	5.3	1.0	16.7	36.4	2.7	90.63	357.7	10 273.17
	6.75	16.5	5.3	1.1	16.5	35.9	2.7	90.70	357.7	10 293.49
	7.50	16.3	5.2	1.5	16.3	33.8	2.6	90.70	356.9	10 068.31
浚 3136	8.25	15.8	5.2	1.7	15.8	31.2	2.5	90.17	344.2	9 577.63
	9.00	15.3	5.1	1.7	15.4	30.3	2.5	90.07	341.0	8 721.45
	5.25	17.8	5.6	0.7	17.7	37.2	3.0	92.87	382.3	9 998.84
	6.00	17.5	5.5	0.8	17.1	36.6	2.9	92.70	365.6	10 693.47
	6.75	17.0	5.5	1.2	16.5	35.9	2.8	92.63	352.9	10 763.96
	7.50	16.2	5.4	1.5	15.9	33.6	2.8	92.50	347.0	10 955.32
	8.25	16.2	5.3	1.5	15.6	32.8	2.7	92.07	322.2	10 612.55
	9.00	15.8	5.3	1.7	15.5	30.9	2.7	91.50	311.5	9 730.64

### 3 结论与讨论

董淑媛等研究认为,玉米叶片的 SPAD 值在品种间无差异,且 SPAD 值随生育期的进程变化趋势一致,随叶片生长增加到中期稳定,一段时间后随叶片的衰老而下降<sup>[4,6]</sup>。该试验结果表明,不同夏玉米苗期至吐丝期叶片叶绿素含量变化较小,吐丝期叶绿素含量明显增大,吐丝后基本稳定,这一结果与前人研究结果基本一致。同时试验表明,种植密度与夏玉米叶片叶绿素含量的相关性减小,但随着种植密度的增加玉米叶片叶绿素含量呈较小的减小趋势,相同种植密度下叶片不同位置的叶绿素含量差异也较小。

该试验结果表明,不同种植密度对夏玉米产量及穗部相关性状的影响明显,随着种植密度的增加,玉米产量均呈先增后减的趋势,穗部相关性状均呈减少趋势;高种植密度增加了玉米果穗数量,但与产量有关的穗部性状减少,同时倒伏的风险也相应增加,并不能达到高产效果,所以合理的种植密度能使夏玉米提高抗倒、抗病能力,发挥最大产量潜力,

提高玉米产量,这一研究结果与相关研究一致<sup>[7]</sup>。

该研究相关结论与已有报道基本一致,但该试验中种植密度与玉米生长期叶片叶绿素含量的相关性不够明显,同时玉米叶片叶绿素含量与玉米产量的相关性也不明显,这可能与该试验所测玉米生长期叶片数量不同及测定时间间隔较长有关,这需要相关试验进行进一步验证补充。

### 参考文献

- [1] 王焱. 氮肥与密度对玉米品种和产量的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.
- [2] 郭江. 不同株型玉米品种灌浆期光合特性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2005.
- [3] 赵士诚, 何萍, 仇少君, 等. 相对 SPAD 值用于不同品种夏玉米氮肥管理的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1091-1098.
- [4] 郑强, 王志敏, 蔡永旺, 等. 夏玉米叶片叶绿素含量的时空动态及其与植株含氮率关系的研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 75-78.
- [5] 王小星, 王存纲, 张守林, 等. 种植密度对“浚单 29”产量和品质的影响[J]. 农学学报, 2012, 2(3): 6-9.
- [6] 董淑媛, 宋凤斌, 徐洪文. 玉米不同叶位叶片 SPAD 值的变化及其与生物量的相关性[J]. 核农学报, 2008, 22(6): 869-874.
- [7] 李瑞平, 刘武仁, 郑金玉, 等. 种植方式对玉米单株叶片光合性能及产量的影响[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(3): 9-11.

(上接第 13502 页)

纺穗穗, 松紧适中; 穗长 20.68 cm, 单穗重 15.51 g, 穗粒重 12.84 g; 千粒重 2.95 g; 出谷率 83.11%, 出米率 76.46%; 黄谷黄米; 熟相好。

**3.2 生物学特征** 豫谷 21 抗旱性 1 级, 耐涝性和抗倒性均为 2 级, 对谷锈病抗性为 3 级, 谷瘟病、纹枯病均为 2 级, 白发病、红叶病、线虫病发病率分别为 0.90%、0.29%、2.49%, 蛀茎率 0.78%。经多年试验鉴定, 该品种综合抗逆性强。

**3.3 品质性状** 豫谷 21 小米鲜黄、一致, 具有粥快、黏香、鲜黄等特点, 商品品质、食用品质兼优。

### 4 适宜种植区域

2012~2013 年国家谷子区域试验中, 2 年平均产量 4 786.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照冀谷 19 增产 7.51%, 居参试品种第 5 位。21 点次区域试验 15 点次增产, 增产幅度为 0.87%~22.39%, 增产点率为 71.43%。这说明它的适应性很强。

豫谷 21 熟期适中, 适宜在河南、河北、山东夏谷区晚春播或复播种植。

### 5 栽培技术要点

**5.1 适时播种** 麦收后尽量抢时播种, 作到足墒下种, 以保全苗。

**5.2 杂苗防治** 间苗前喷施拿扑净除草剂, 通过喷施除草剂可有效防除田间杂草。

**5.3 合理密植** 夏播留苗在 60 万~75 万株/hm<sup>2</sup>, 春播留苗在 45 万~60 万株/hm<sup>2</sup>。间苗定苗要在 4~5 片叶前及时完成。

**5.4 适时追肥** 播种前施复合肥 375 kg/hm<sup>2</sup>, 拔节前后追施尿素 150~225 kg/hm<sup>2</sup>。如有旱情及时浇水。

**5.5 其他** 苗期、拔节期注意防治蚜虫。及时收获。

### 参考文献

- [1] 王素英, 刘金荣, 蒋自可, 等. 高产、优质、多抗谷子新品种豫谷 13 的选育[J]. 河南农业科学, 2007(10): 57.
- [2] 程如宏, 刘正理. 谷子育种中几个主要性状选育方法的探讨[J]. 华北农业学报, 2003, 18(专辑): 145-149.
- [3] 阎宏山, 王润生, 王素英, 等. 谷子新品种豫谷 9 号的选育[J]. 河南农业科学, 2002(7): 11.
- [4] 田伯红. 优质夏谷新品种沧谷 4 号的选育[J]. 河北农业科学, 2010, 14(1): 68, 83.