

文章编号:1003-8701(2009)06-013-03

吨粮田玉米与常规田玉米叶片光合特性的比较研究

孟祥盟¹, 赵洪祥¹, 孙宁², 边少锋^{1*}

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 吉林大学植物科学学院, 长春 130062)

摘要:通过对吨粮田玉米和常规田玉米叶片的光合特性进行比较研究。结果表明,吨粮田玉米采用高密度种植、二次追肥和化控技术,延长了生育后期光合功能高值持续期,从而实现超高产。

关键词:玉米;吨粮田;光合特性

中图分类号:S513.01

文献标识码:A

Comparing of Photosynthetic Characteristics of Maize Leaves in Ton-grain Field and Control Field

MENG Xiang-meng¹, ZHAO Hong-xiang¹, SUN Ning², BIAN Shao-feng^{1*}

(1. Research Center of Agricultural Environment and Resources, Academy of Agricultural Science of Jilin Province, Changchun 130033; 2. College of Plant Sciences, Jilin University, Changchun 130062, China)

Abstract: Photosynthetic characteristics of maize leaves in ton-grain field and normal field were studied. The results showed that high planting density, the secondary fertilizer application and chemical control techniques were adopted in ton-grain field, photosynthetic duration of leaves were prolonged in late growth stages by these methods, thus ton-grain field came into being.

Keywords: Maize; Ton-grain field; Photosynthetic characters

玉米作为 C₄ 植物,其高产潜力大,单产居禾谷类作物之首,能高效集约利用光热等资源。前人已经从光合性能与物质生产、源库关系、养分管理与逆境适应等多个角度对玉米产量形成规律做过大量研究,但这些研究大多是在产量 15 000 kg/hm² 以下的情况下进行的。

吉林省是我国的玉米生产大省,我们在长期高产栽培集成研究的基础上,创制了雨养条件下春玉米吨粮田栽培技术,在桦甸市建立了高产示范区,并于 2006~2009 年连续 4 年创建了雨养条件下春玉米吨粮田(1 000 kg/667 m² 以上)。

本文通过对雨养条件下春玉米吨粮田和常规田植株光合特性的比较研究,探索吨粮田的产

量形成机制,以期为进一步完善吨粮田栽培技术,提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点在吉林省桦甸市金沙乡民隆村(北纬 42.58°,东经 126.44°),年平均气温 3.9℃,10℃以上活动积温 2 730℃·d,日照年平均为 2 379 h,日照率为 54%。年平均降水 748.1 mm,多集中在 7~8 月份,无霜期 127 d 左右。试验地土壤物理性状的特点为耕层土壤容重低,中粉砂-粘粒含量少。土壤容重 0~20 cm 耕层为 1.21~1.28 g/cm³,21~40 cm 耕层为 1.19~1.27 g/cm³,0~40 cm 耕层中粉砂-粘粒含量占 40%左右。

1.2 供试品种及试验方法

供试玉米品种为先玉 335。于 2006、2007 和 2008 年进行田间试验,对吨粮田栽培方法和常规栽培技术进行比较研究,吨粮田采取高密度种植(吨粮田种植密度为 6 000 株/667 m²,常规田种植

收稿日期:2009-10-26

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目粮食丰产科技工程(2006BAD02A10)

作者简介:孟祥盟(1964-),女,副研究员,主要从事作物栽培学与耕作学方面的研究。

通讯作者:边少锋,男,研究员,E-mail:bsf8257888@sina.com

密度为 4 500 株 /667 m²),两次追肥(拔节期和吐丝期)和利用化控技术防止倒伏,其它田间管理方法相同。3 年间均于 10 月 9 日测产,将子粒含水率折算为 14%后计算产量。

1.3 测定指标

分别于苗期、拔节期、吐丝期、灌浆期、乳熟期、蜡熟期(吐丝期前取最上完全展开叶,吐丝期后取穗位叶)测定各指标。叶绿素含量测定采用分光光度法,然后用 Arnon 公式计算,比叶重测定用打孔烘重法。

在各个时期的上午 9 :00~11 :00,用 LI-6400 型便携式光合作用测定系统,采用固定红蓝光源,光量子通量密度为 1 500 μmol·m⁻²·s⁻¹。测定净光

合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度。

水分利用效率(WUE)是按 $WUE=Pn/Tr$ 求得,式中 Pn 和 Tr 分别为同一叶片的净光合速率和蒸腾速率的平均值。

2 结果与分析

2.1 吨粮田玉米与常规田玉米产量的比较

表 1 是吨粮田和常规田栽培技术要素及测产结果,可以看出,通过提高密度、二次追肥和化控技术使产量提高了 33.37%;吨粮田玉米穗数、产量和经济系数均高于常规田玉米,但单株穗粒数、千粒重却低于常规田玉米。同时,由于密度增加,通风不良,灌浆期延长,使吨粮田玉米的子粒含水

表 1 吨粮田和常规田玉米测产结果

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
吨粮田	2006	是	是	5 712.0	29.20	582.0	347.0	0.520 6	1 122.1
	2007	是	是	5 789.0	28.76	585.0	396.4	0.528 6	1 164.6
	2008	是	是	5 768.0	29.69	549.0	365.4	0.523 4	1 089.6
	平均			5 756.0±	29.22±	572.0±	369.6±	0.524 2±	1 125.1±
					39.80Aa	0.47Aa	19.98Ab	24.97Aa	0.004 1Aa
常规田	2006	否	否	4 156.0	28.06	643.0	359.7	0.443 4	824.5
	2007	否	否	4 069.0	27.67	655.0	398.4	0.448 5	846.6
	2008	否	否	4 112.0	28.25	622.0	382.5	0.445 2	835.9
	平均			4 113.0±	27.99±	640.0±	380.2±	0.445 7±	835.7±
					43.50Bb	0.30Ab	16.70Aa	19.45Aa	0.002 6Bb

注 ①X1 处理;X2 年份;X3 二次追肥;X4 化控;X5 测产密度;X6 含水率(%);X7 穗粒数;X8 千粒重(g);X9 经济系数;X10 产量(kg/667 m²)。②同一列大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 水平显著。

率比常规田玉米高 4.39%。

2.2 两种栽培措施下玉米叶片净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度和水分利用效率的比较

图 1A 是两种栽培措施下玉米叶片净光合速率的变化。结果表明:在苗期,叶片的 Pn 差异较

小;到吐丝期两者净光合速率都有上升,差异变大,到灌浆期后叶片净光合速率开始下降,由于吨粮田玉米的二次追肥,延缓了玉米叶片的衰老,吨粮田玉米叶片 Pn 下降较慢,而常规田玉米则下降较快,至蜡熟期吨粮田玉米叶片 Pn 比常规田玉米叶片 Pn 高出 28.57%。

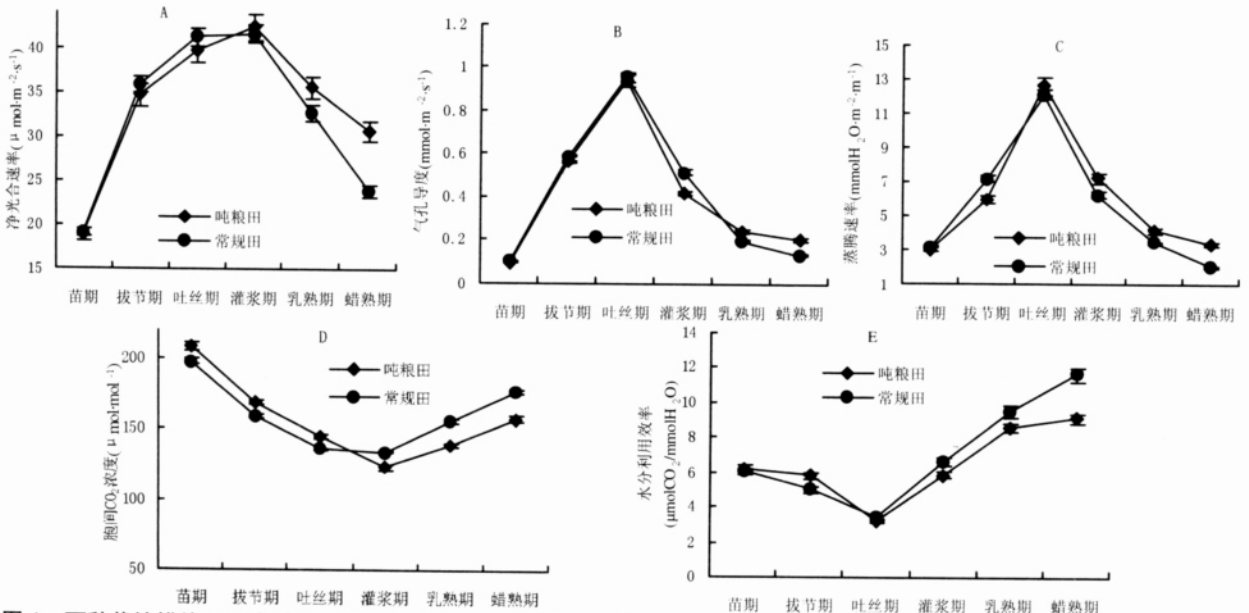


图 1 两种栽培措施下玉米叶片净光合速率(A)、气孔导度(B)、蒸腾速率(C)、胞间 CO₂ 浓度(D)和水分利用效率(E)的变化

两种栽培措施下玉米叶片气孔导度和蒸腾速率在整个生育期的变化都是单峰曲线,在吐丝期达到最大(图 1B、C),吨粮田玉米叶片气孔导度和蒸腾速率在生育后期高于常规田玉米;叶片胞间CO₂浓度和水分利用效率的变化却是从苗期不断下降,到灌浆期达到最低,此后又开始上升(图 1D、E)。吨粮田玉米叶片胞间CO₂浓度和水分利用效率在灌浆期前高于常规田玉米,灌浆期后则一直低于常规田玉米,这可能与吨粮田玉米的高种植密度与二次追肥有关。

2.3 两种栽培措施下玉米叶片比叶重和叶绿素含量的比较

图 2 是两种栽培措施下玉米叶片比叶重和叶

绿素含量的变化,可以看出,在吐丝期前,吨粮田栽培玉米叶片叶绿素含量并没有优势,但从灌浆期开始,叶绿素含量开始高于常规田玉米,到蜡熟期比常规田玉米高 18.29%。吨粮田栽培下的叶绿素含量一直高于常规栽培田,这为延长花后光合高值持续期、增加灌浆物质提供了有利保障;同时,吨粮田玉米比叶重在吐丝期后也一直高于常规田玉米,表明在生育后期的光合产物的积累上,吨粮田玉米优于常规田玉米。产生这种现象主要原因是由于吨粮田在吐丝期的二次追肥,延长了玉米叶片的功能时间,增加了光合积累,而且还有效防止后期玉米脱肥而造成的茎叶早衰,从而提高了源的能力,保证了对库的供给。

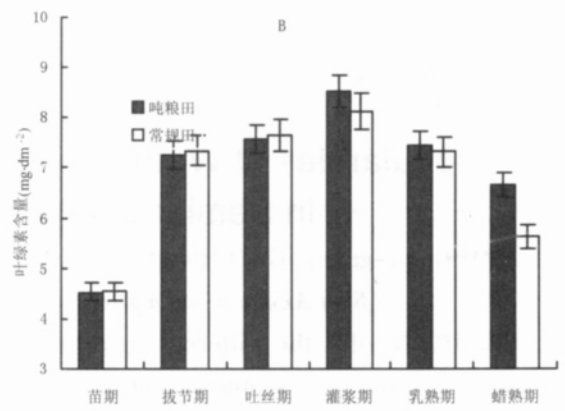
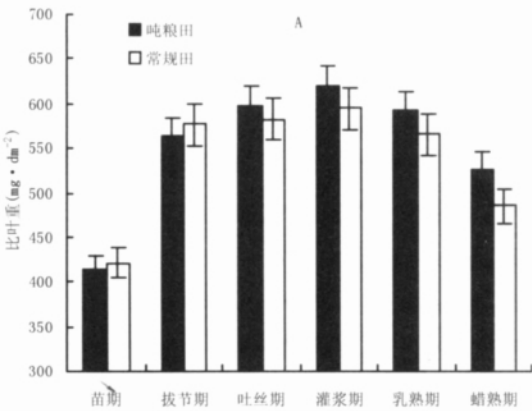


图 2 两种栽培措施下玉米叶片比叶重(A)和叶绿素含量(B)的变化

2.4 两种栽培措施下玉米叶片净光合速率与比叶重和叶绿素含量的关系

图 3 表明,两种栽培措施下玉米叶片净光合速率与比叶重和叶绿素含量均呈极显著正相关

($P < 0.01$),但吨粮田玉米的相关程度要高于常规田玉米。两种栽培措施下净光合速率和叶绿素含量的相关性非常接近,表达了不同措施下叶片的保绿性对光合作用相关的一致性。

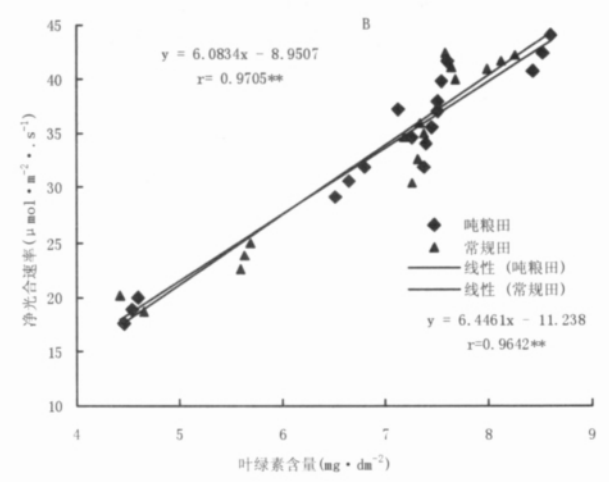
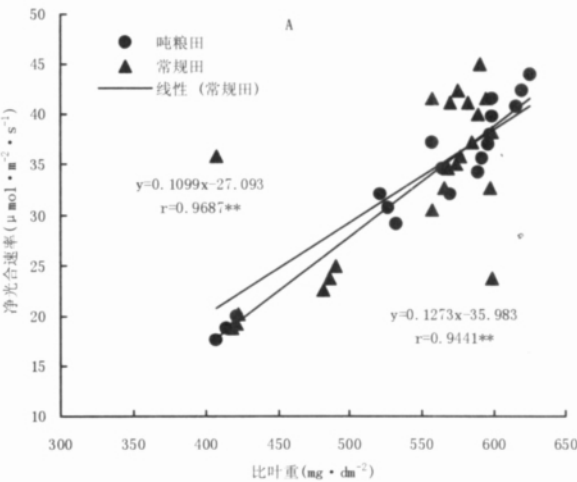


图 3 两种栽培措施下玉米叶片净光合速率与比叶重(A)和叶绿素含量(B)的关系

3 结论与讨论

董树亭等认为,延长灌浆期的群体光合速率

高值持续期是玉米高产的潜力所在,李潮海也认为,产量的高低与后期穗位叶片的光合速率密切相关。本文结果表明,吨粮田玉米(下转第 19 页)

不严重的干旱都会降低光合作用强度。本项试验结果完全证实了这一观点。从表 8 可见,不论是孕

表 8 不同喷灌水平的光合强度 $\text{CO}_2\text{mg}/\text{DM}^2/\text{h}$

	喷灌 7 次	喷灌 5 次	喷灌 3 次	不喷灌
孕穗期	40.1	36.9	24.5	14.1
抽丝期	22.9	20.9	17.1	11.4
灌浆期	29.9	23.8	15.9	12.1
平均	30.9	27.2	19.1	12.5

穗期,抽丝期还是灌浆期,喷灌 7 次处理者其光合强度都高于其它各处理区。其中,孕穗期光合强度最大 $40.1\text{CO}_2\text{mg}/\text{DM}^2/\text{h}$,抽丝期有所降低,子粒灌浆期光合强度有所回升。喷灌 7 次的光合强度平均为不喷灌的 2 倍多。这是因为当充足供应作物水分时,所有的能量均充裕地被利用于光合作用和水分蒸腾,并且与周围环境发生气体交换,避免了叶温升高,造成对植株生命活动十分有利的条件。而喷灌 3 次及不喷灌处理的则由于土壤水分不足,造成叶片缺水,气孔开度减少,甚至关闭,从而影响了植株对 CO_2 吸收,使蒸腾作用减弱引起叶温升高,呼吸消耗增多,降低了光合作用强度。子粒灌浆时期的光合强度与百粒重及产量呈极显(上接第 15 页)叶片后期净光合速率不仅高,而且高值持续时间也长。气孔导度和光合细胞羧化效率是影响植物光合速率的主要因素,且胞间 CO_2 浓度与羧化效率呈负相关。我们发现,吨粮田玉米叶片胞间 CO_2 浓度从灌浆期开始显著低于常规田玉米叶片($P \leq 0.05$),表明吨粮田玉米叶片光合细胞羧化能力得到增强。

胡文新等研究表明,叶绿素含量与净光合速率的相关性可以反映光能利用率。比叶重是反映叶片结构和光合积累变化的一个可靠指标。本研究中,两种栽培措施下玉米叶片净光合速率与比叶重和叶绿素含量均呈极显著正相关($P < 0.01$)。

施肥是调节作物生长发育的一项基本措施,李潮海等认为,施肥对延长后期叶片功能期的效应远大于促进前期叶面积增长的效应。吨粮田的二次追肥,提高了生育后期叶绿素含量和比叶重,保证了叶片光合功能的有效进行,延长个体的生理功能高值持续期。吨粮田玉米水分利用效率在灌浆期前高于常规田玉米,灌浆期后则一直低于常规田玉米,也是由于二次追肥,光合速率高值持续期延长,比蒸腾速率降低慢,造成了水分利用效率的降低。同时采用化控技术防止倒伏,提高了群体整齐度,较好地协调了个体产量潜力与群体高产的关系。

综上,吨粮田玉米采用高密度种植补偿了个体的功能性减产,采用二次追肥和化控技术等手段,延

著正相关。试验表明,喷灌 7 次的玉米灌浆阶段每日增长量为 $1.306\text{g}/\text{百粒}/\text{d}$,高于喷灌 5 次和 3 次处理,为不喷灌的 2 倍。这充分说明,由于土壤水分适宜,而光合强度大,叶片以更高的工作效率制造有机物质,并源源不断地向子粒输送,这是获得高产的基础。

参考文献:

- [1] 东光旺. 夏玉米耗水特性与灌水指标的研究[J]. 玉米科学, 1997, 5(2):53-57.
 - [2] 赵家义,等. 春玉米耗水量研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992:153-164.
 - [3] 郑卓琳,等. 紧凑型夏玉米高产需水规律研究[J]. 玉米科学, 1994, 2(4):24-33.
 - [4] 孙景生. 夏玉米耗水规律及水分胁迫对其生长发育和产量的影响[J]. 玉米科学, 1999, 7(2):45-48.
 - [5] 杜长玉,等. 玉米不同时期缺水胁迫对产量和生理指标的影响[J]. 玉米科学, 2002, 10(增刊):64-65.
 - [6] 李彩霞,等. 控制性交替灌溉地玉米生理生态及产量的影响[J]. 玉米科学, 2007, 15(3):103-106.
 - [7] 刘明,等. 水分胁迫对玉米光合特性的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(4):86-90.
- 长玉米光合指标高值持续期,从而实现超高产。

参考文献:

- [1] Richards R A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Jour. of Experimental Botany*, 2000, 51: 447-458.
- [2] Lee E A, M Tollenaar. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield [J]. *Crop Science*, 2007, 47 (S3): S202-S215.
- [3] 董树亭,高荣岐,胡昌浩,等. 玉米花粒期群体光合性能与高产潜力研究[J]. 作物学报, 1997, 23(3): 318-325.
- [4] 董树亭,王空军,胡昌浩. 玉米品种更替过程中群体光合特性的演变[J]. 作物学报, 2000, 2(3): 33-37.
- [5] 王立春,边少锋,任军,等. 吉林省玉米超高产研究进展与产量潜力分析[J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(4): 33-36.
- [6] 张治安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2004: 75-76.
- [7] 孙世贤,顾慰莲,戴俊英. 密度对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1989, 20(4): 413-416.
- [8] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
- [9] 郑国琦,许兴,徐兆顿,等. 盐胁迫对枸杞光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 西北农业学报, 2002, 11(3): 87-90.
- [10] 胡文新,彭少兵,高荣孚,等. 新株型水稻的光合速率[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2205-2210.
- [11] 徐克章,苗以农. 大豆光合生理生态的研究第 3 报 大豆叶片形态解剖与光合作用速率[J]. 大豆科学, 1983, 2(3): 169-173.
- [12] 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(2): 265-269.