

免耕和施肥对玉米光合速率的影响

陈甲瑞¹, 梁银丽^{1,2}, 周茂娟¹, 熊亚梅¹, 翟 胜³

(1. 西北农林科技大学资环学院; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;

3. 山东聊城大学 环境与规划学院, 山东 聊城 252059)

摘 要: 依据在陕西安塞进行的田间试验, 研究了黄土丘陵旱农区传统翻耕和免耕及化肥和有机肥对玉米光合速率和气孔导度的影响。结果表明, 免耕措施下玉米的光合速率、气孔导度、水分利用效率均高于传统翻耕, 气孔导度的日变化与光合速率显著相关。在黄土丘陵区实施免耕既有利于作物对有限降水的高效利用, 提高作物产量, 也可促进农田系统生产力可持续提高。

关键词: 免耕; 水分利用效率; 光合作用; 气孔导度

中图分类号: S513; Q945.11

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)06-0072-03

The Influence of No-tillage and Fertilizer on the Photosynthesis of Maize

CHEN Jia-rui¹, LIANG Yin-li^{1,2}, ZHOU Mao-juan¹, XIONG Ya-mei¹, ZHAI Sheng³

(1. Northwest Sie-tech University of Agriculture and Forestry;

2. Institute of Soil and Water Conservation, The Chinese Academy of

Sciences and Ministry of water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Environment and Programming, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252059, China)

Abstract: According to the filed experiments in Ansai, Shaanxi, this article referred to the influence of conventional tillage, no-tillage, fertilizer and organic fertilizer on photosynthesis and stomata conductance of maize in hilly and gully arid region of Loess Plateau. The result showed that the photosynthesis, stomata conductance and WUE of no-tillage practices were higher than conventional tillage. The photosynthesis was positively correlated with stomata conductance.

Key words: no-tillage; WUE; photosynthesis; stomata conductance

目前保护性耕作和三高农业(高效、高产、高质量)已经成为现代农业发展的方向。在当今强调以人为本和社会可持续发展前提下, 以保护性耕作为主要内容的一系列研究生态环境可持续发展问题迅速兴起, 这些研究工作有助于缓解发展生产与保护环境之间的矛盾, 促进农业生产的可持续发展。

玉米是一种高产作物, 其干物质产量的 90% 以上是由光合作用生产的, 在自然环境下, 玉米光合作用具有随环境变化而变化的不稳定性, 但光合特性的日变化有一定的规律性和可塑性。国内外许多学者^[1~4]在这方面已做了大量的研究。但由于各地区地理条件及耕作措施的不同, 造成玉米生境上的差异, 所以学者们在光合速率和气孔导度方面得出的结论也不尽相同。本文从耕作措施入手, 研究传统翻耕、少免耕、化肥、有机肥对玉米光合作用的影响, 探讨免耕措施下的节水效果, 旨在提出科学合理的农田耕作措施, 为提高农田系统生产力, 实现食品安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试区概况

试验采用沈单 10 号玉米品种, 于 2004~2005 年在中国科学院安塞水土保持实验站进行。试验地前茬作物为大豆。试验站位于黄土高原中部, 北纬 36°51'30", 东经 109°19'23", 海拔 1 068~1 309 m。年均气温 8.8℃。年均降雨量

500 mm, 属典型的梁峁状丘陵沟壑区, 一年一熟, 玉米、谷子、大豆、马铃薯等分布较广。

1.2 实验设计

试验共设 6 个处理(NF-免耕化肥, CF-翻耕化肥, NM-免耕有机肥, CM-翻耕有机肥, NO-免耕无肥, CO-翻耕无肥), 随机区组排列, 3 次重复, 共 18 个小区, 小区面积 3 m×5 m。N-免耕: 上季作物收获后留茬, 不进行土壤扰动; C-翻耕: 玉米播种时人工铁锹深翻 20 cm。M-有机肥: 羊粪肥 16 675 kg/hm², 作底肥于播种前一次全部施入; F-化肥: 施纯 N (尿素, 46%N) 230 kg/hm², P₂O₅ 150 kg/hm², 播种前施入一半, 另一半于 6 月 10 日追施。每年 4 月中旬播种, 株距 33 cm, 行距 60 cm, 整个生育期按常规管理, 实行旱作农业, 不进行人工灌溉。

1.3 测定指标与方法

叶片光合速率和气孔导度测定: 光合速率(P_n)和蒸腾速率(Tr /mmol/(m²·s⁻¹))测定采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 型便携式光合作用测定系统, 于玉米抽雄始期, 选晴天(2002 年 7 月 23 日 9:00~16:00)进行活体测定, 测定部位为玉米穗位叶中部。每区随机选取 3 株, 每株穗位叶测定 3 次, 测定间隔时间为 1 h。

* 收稿日期: 2006-01-26

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX1-06-02-01); 中国科学院水土保持研究所领域前沿项目(SW04302); 国家科技攻关项目(2001BA508B14)资助

作者简介: 陈甲瑞(1977-), 男, 生态学硕士, 主要从事农业生态以及作物生态生理研究。

试验数据用 SAS V8 做方差分析, 采用 DUNCAN 氏方法进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 不同处理下玉米光合速率的日变化。

作物生产的实质是光合产物的生产、积累及向不同器官的分配, 这一过程受作物本身的遗传特性和环境条件共同制约。合理密植、施肥、耕作措施即水肥条件等环境调控措施可使这一过程向有利于高产的方向发展。

图 1 显示, 玉米光合速率随光强的增大而迅速增大, 在 11:00 左右时达到一个高点, 从 11:00~15:00 上升缓慢, 到 15:00 左右达最大值, 形成一个高峰, 而后开始降低。不同处理的光合速率有明显的差异。在 11:00 左右 CN 和 NM 处理下的玉米光合速率明显低于其它处理, 而 NF 处理却明显高于其它处理。而当到达玉米光合速率的最高点(下午 14:00)时, 虽各处理差异不是很显著, 但 NF、CF 处理下的光合速率仍然位于最高值。从整体的变化曲线看, CN 处理下的光合速率都明显低于其它处理。虽然都是无肥处理但, NO 处理下的光合速率却显著高于 CO, 尤其是在光合速率

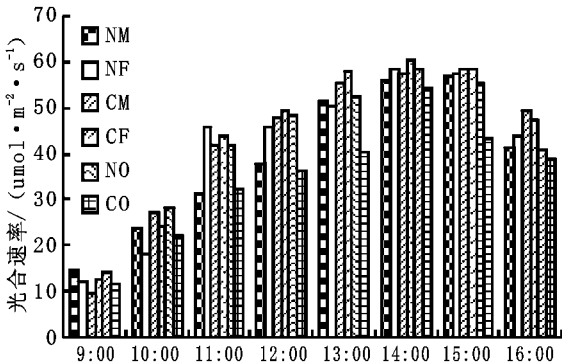


图 1 不同处理下玉米光合速率的日变化

总体上化肥处理的玉米气孔导度变化最为明显, NF、CF 的影响变化最大, 显著高于其它处理。而 CO 和 NO 无肥处理下的气孔导度明显低于其它处理, 而 CN 则是最低, 与 NN 的差距较大。对于有肥的 4 种处理(NF、CF、NM、CM) 虽然他们之间差距不是很明显, 但 NF、CF 两种处理始终高于其它处理。从平均值来看, 4 种处理其气孔导度的大小依次应是: NF> CF> NM> CM, 这与上述的光合速率结果一致。

而气孔导度在中午下降后又回升, 我们认为这是由于中午前光强适宜, 气孔开张, 气孔导度增大; 中午 12:00 时, 光照太强, 气温太高, 植物蒸腾速率加强, 根系水分供应不足,

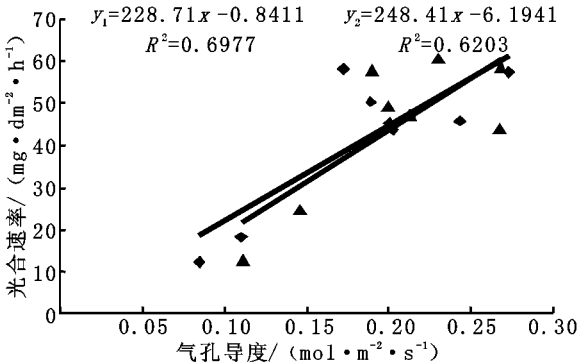


图 3 光合速率与气孔导度的关系(NF(y₂)、CF(y₁))

* (▲表示 CF 处理下的相关关系; ◆NF 表示处理下的相关关系)

2.4 玉米水分利用效率

水分利用效率(WUE, μmol/mmol)是指植物或叶片每蒸腾一定量的水分所同化的二氧化碳的量, 即光合速率和蒸

较高的 11:00~13:00 期间。

由此可见, 不同耕作措施及化肥都对玉米的光合有明显的影响。从有肥的四个处理(NF、CF、NM、CM) 来看化肥处理明显高于有机肥处理, 从平均值来看, 4 种处理其光合速率的大小依次应是 NF> CF> NM> CM。而对于无肥处理的 NO 和 CO, NO 的处理下的光合速率则明显高于 CO。也就是说, 免耕光合速率显著高于翻耕, 化肥处理高于有机肥, 免耕配合化肥, 对于提高玉米的光合速率有明显的促进效果。

2.2 不同处理下玉米气孔导度的日变化

由图 2 可知: 不同处理玉米穗位叶气孔导度的日变化为双峰型, 上午 11:00 时左右, 气孔导度形成一个高峰, 中午 12:00~13:00 略有降低, 在 14:00 开始回升, 15:00 时左右形成第二个高峰。E. Patty^[6] 等的研究认为, 在自然光照条件下, 玉米叶片的气孔导度的最大值总是在太阳辐射量的最大值之前。徐克章等人^[5] 的研究得出, 玉米 12:00 的太阳辐射量为一天中的最大值。但根据我们的研究发现, 气孔导度日变化呈双峰曲线, 与前人的研究有些差异, 这主要是因为, 玉米所处的外界环境如气温、水分、空气湿度等的差异所致。

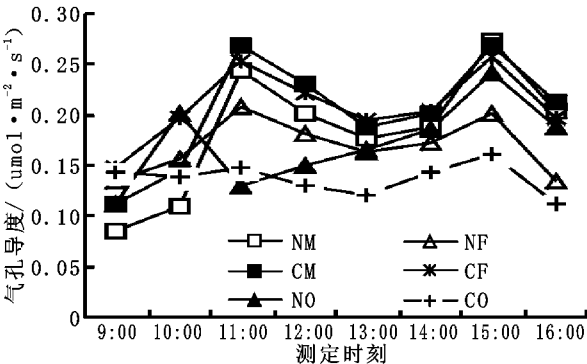


图 2 不同处理下玉米穗位叶气孔导度的日变化

使得叶片气孔关闭, 气孔导度下降; 13:00 时后光强开始减弱, 蒸腾速率下降, 气孔开张, 气孔导度增大, 形成第二个高峰。

2.3 不同处理下玉米叶片气孔导度与光合速率的日变化相关分析

将同时测定的气孔导度与光合速率的数据作相关分析(图 3) 发现, 除了 NF、CF 的光合速率与气孔导度显著相关外, 其余的他俩之间都没有相关性。CF 的相关系数为 $r = 0.835$, 在 $P = 0.01$ 时极显著, NF 的相关系数为 $r = 0.788$, 在 $P = 0.05$ 时显著相关。

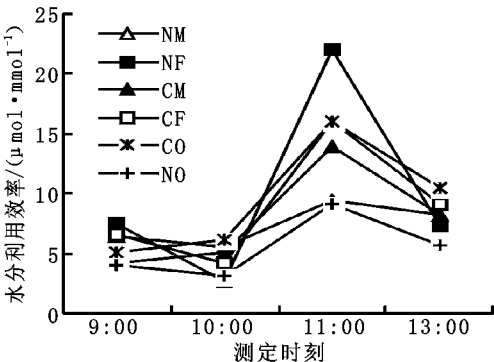


图 4 不同处理下的水分利用效率

腾速率的比值。水分利用效率(Water Use Efficiency) 能反映植株对水分的利用情况。通过水分利用效率的研究, 可以探讨光合作用与蒸腾作用的关系^[7,8]。分析不同处理下的

玉米水分利用效率(图 4),可以发现,除了 CO₂ 外,免耕均比翻耕处理的水分利用效率高。这可能是免耕增加了地表粗糙度及雨水向土体的入渗,减少了土壤扰动,大幅度降低了土面无效蒸发,增加了土壤团聚体,使水分利用效率增加[19,20]。

2.5 不同处理下的气孔导度与光合速率的差异显著性比较

表 1 不同处理下的气孔导度与光合速率的显著性比较

光合速率			气孔导度		
免耕	无肥	33.40 c	无肥	0.176 bc	
	化肥	44.32 a	化肥	0.221 a	
	有机肥	39.02 b	有机肥	0.205 ab	
翻耕	无肥	24.78 c	无肥	0.140 c	
	化肥	39.39 a	化肥	0.205 ab	
	有机肥	32.88 b	有机肥	0.190 b	

* 字母表示在 P= 0.05 水平的显著性。

从上表我们可以看出,在光合速率方面,各处理间的差异明显,根据裂区试验方差分析得知,免耕条件下的光合速率大于翻耕,化肥大于有机肥,有机肥大于无肥。在气孔导度方面,各处理都有差异,其中,免耕化肥处理最大,与其它处理间有显著差异。

3 小结与讨论

植物叶片光合作用日变化是植物生产过程中物质积累与生理代谢的基本单元,也是分析环境因素影响植物生长和代谢的重要手段。作物生产的实质是光合产物的生产、积累及向籽粒的分配。这一过程受作物本身的遗传特性和环境

参考文献:

[1] 唐薇,徐久伟.不同耐光特性植物的光合速率日变化[J].华中农业大学学报,1998,17(4):317-3201.

[2] 蔡永萍,陶汉之,程备久.对生玉米叶片蒸腾、光合若干特性的研究[J].安徽农业大学学报,1996,23(4):474-477.

[3] Pasquale Steduto, Theodore Hsiao1. Maize canopies under two soil water regimes (I) - Diurnal patterns of energy balance, carbon dioxide flux, and canopy conductance [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1998, 89: 169-184.

[4] Tadashi Hirasawa, Theodore Hsiao. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field [J]. Field Crops Research, 1999, 62: 53-62.

[5] 徐克章,武志海,王珍.玉米群体冠层内光和 CO₂ 分布特性的初步研究[J].吉林农业大学学报,2001,23(3):9-12.

[6] Patty E, Desjardins R L, Dwyer L M, et al.1 Estimation of maize canopy conductance by scaling up leaf stomata conductance [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1991, 54: 241-261.

[7] 方日尧,同延安,梁东丽,等.黄土旱塬不同覆盖对春玉米产量及土壤环境影响[J].应用生态学报,2003,14(11):1897-1900.

[8] 巩杰,黄高宝,陈顺顶,等.旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):69-73.

[9] 朱自玺,方文松,赵国强,等.麦秸和残茬覆盖对夏玉米农田小气候的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(2):19-24.

[10] 沈裕斌,莫相国,王海庆.秸秆覆盖的农田效应[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):45-50.

[11] 赵全仁,陈秉焱,毕江涛,等.旱地春小麦覆盖栽培水肥效应研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):76-80.

[12] Unger P W. Straw mulch rate effects on soil water storage and sorghum yield [J]. Soil Science Society of America Journal, 1978, 42: 486-491.

[13] Allmaras R R, Nelson W W. Corn (Zea mays L.) root configuration as influenced by some row inter row variants of tillage and straw mulch management [J]. Soil Sci-Soc Am Proc, 1971, 35: 974-980.

[14] 胡昌浩,潘子龙.夏玉米同化产物积累与养分吸收分配规律的研究Ⅰ.干物质积累与可溶性糖和氨基酸的变化规律[J].中国农业科学,1982,(1):56-64.

[15] 李素美,东先旺,陈建华.不同土壤目标含水量对夏玉米光合性能及产量的影响[J].华北农学报,1999,14(3):55-59.

[16] 刘庚山,郭安红,任三学,等.不同覆盖对夏玉米叶片光合和水分利用效率日变化的影响[J].水土保持学报,2004,18(2):152-156.

[17] 许大全,丁勇,沈允钢. C₄ 植物玉米叶片光合速率的日变化[J].植物生理学报,1993,19(1):43-48.

[18] 晋小军,黄高宝.陇中半干旱地区不同耕作措施对土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):109-112.

[19] Jones, O R, Hanser, V L. No-tillage effects on infiltration, runoff and water conservation on dry land[J]. American Society of Agriculture Engineers, 1994, 37(2):473-479.

[20] West, L T. Cropping system and consolidation effects on rill erosion in the Georgia Piedmont[J]. Soil-Sci-Soc-Am-J, 1992, 56(4):1238-1243.

条件共同制约。密植、施肥及水分条件等环境调控措施可使这一过程向有利于高产的方向发展[11-14]。已有的研究表明,免耕可以改善农田水、肥、气、热等生态环境,有利于作物生长发育及提高作物产量[9-14]。

有关玉米叶片光合速率等日变化特征研究多数集中在充分供水、调亏灌溉和其他条件下,而关于玉米 WUE 在不同条件下变化特征的试验研究多集中在宏观产量水平上。该研究从不同耕作方式的角度出发,尝试性地探讨了其对玉米叶片光合特征影响。发现光合速率的日变化均呈单峰型,气孔导度的日变化呈双峰型;光合速率与气孔导度的变化呈显著的正相关;WUE 呈单峰型,在光合速率较高的 11:00 时左右水分利用率最高。

初步试验结果表明:免耕措施对玉米的光合、气孔导度、水分利用效率等都有明显的影响,特别是提高玉米的水分利用效率影响显著。免耕化肥处理在光合速率、气孔导度、水分利用效率等方面虽然都低于传统翻耕化肥处理,但却显著高于其它处理,而对于免耕无肥和传统翻耕无肥,免耕无肥的处理下的光合速率、气孔导度和水分利用效率则明显高于传统翻耕无肥。也就是说,免耕条件下配以合理的化肥,对于提高玉米的光合速率与这明显的促进效果。由此可见,仅仅免耕一项措施就取得了显著的效果,如若再配以合理的施肥、灌溉、覆盖等技术,免耕技术将会发挥其应有的效果,达到节水、保田、保持水土、稳高稳产的效果[15-18]。在不同耕作方式下,研究作物生理日变化时段性特征及其生理生态机理,对寻求提高作物 WUE 和抗御干旱灾害新途径有一定的积极意义。