

不同耕作条件下玉米光合特性的差异

张德健¹,路战远²,张向前²,王玉芬¹,智颖飙¹

(1. 内蒙古大学,内蒙古 呼和浩特 010021;2. 内蒙古自治区农牧业科学院,内蒙古 呼和浩特 010031)

摘要:为廓清不同耕作措施下玉米光合效率的差异性,利用 Li-6400 光合作用测定系统对保护性耕作和传统耕作措施下玉米净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(Tr)和胞间 CO_2 浓度(C_i)等光合性能指标的日变化进行了测定。结果表明:保护性耕作玉米和传统耕作玉米净光合速率和气孔导度最高值都出现在 11:00 时,净光合速率最高值分别为 30.61,27.30 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,气孔导度最高值分别为 0.20,0.19 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;保护性耕作玉米蒸腾速率的日变化曲线呈双峰型,2 个峰值分别出现在 11:00 和 15:00 时,其峰值分别为 5.81,6.05 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,传统耕作玉米蒸腾速率的日变化曲线呈单峰型,峰值出现在 11:00 时,其峰值为 4.82 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;在其他时间点 2 种耕作类型玉米的日变化曲线大体趋势一致。胞间 CO_2 浓度的日变化曲线呈先下降后上升的变化趋势。表明保护性耕作玉米的净光合速率明显高于传统耕作玉米。鉴于此可以推断,从光合效率的角度看,在内蒙古土默川南部保护性耕作模式可以替代常规耕作模式。

关键词:光合作用;日变化;玉米;保护性耕作

中图分类号:S513.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2014)02-0161-04

Effects of Conservation Tillage Technology Systems on Diurnal Variations of Photosynthetic Characteristics of Maize

ZHANG De-jian¹, LU Zhan-yuan², ZHANG Xiang-qian², WANG Yu-fen¹, ZHI Ying-biao¹

(1. Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China;

2. Inner Mongolia Agriculture and Animal Husbandry, Huhhot 010031, China)

Abstract: Maize were studied in this research to test the diurnal variation of photosynthetic performance, including net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate and intercellular CO_2 concentration under conservation tillage technology and conventional tillage technology, to compare the differences of photosynthetic characters of maize under different tillage types. The results showed that the maximum value of net photosynthetic rate of maize under different tillage types occurred 11:00 as well as stomatal conductance of maize under different tillage types, the maximum value of net photosynthetic rate were 30.61, 27.30 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ respectively, the maximum value of stomatal conductance were 0.20, 0.19 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ respectively; the diurnal variation of transpiration efficiency of maize under protective tillage was a bimodal curve, and the maximum value of transpiration rate of maize under technology of conservation tillage and conventional tillage occurred 15:00 and 11:00, the specific value of that were 5.81, 6.05 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, respectively; the diurnal variation of transpiration efficiency of maize under traditional tillage was only a single peak, and the maximum value of transpiration rate of maize under traditional tillage occurred 11:00, the specific value was 4.82 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, and there were no significant change between the two type tillage at other sampling points. Diurnal variation of intercellular CO_2 concentration showed decrease firstly and then increase. Net photosynthetic rate of maize under conservation tillage technology higher than conventional tillage technology. Given this, from the view of the photosynthetic efficiency, conservation tillage technology systems can replace the traditional tillage type in south Tumochuan Plain in Inner Mongolia.

Key words: Photosynthesis; Diurnal variations; Maize; Conservation tillage technology

收稿日期:2013-10-15

基金项目:内蒙古自治区科学技术厅科技计划项目(20110709)

作者简介:张德健(1972-),男,内蒙古赤峰人,副教授,博士,主要从事保护性耕作及早作农业技术研究。

通讯作者:路战远(1964-),男,内蒙古赤峰人,研究员,博士,博士生导师,主要从事保护性耕作及早作农业技术研究。

作物生产的实质是干物质的积累,作物通过光合作用形成的有机物占作物总干质量的 95% 左右^[1]。已有的研究表明,植物叶片光合性能与其生产能力呈正相关关系^[2-3]。我国玉米种植主要以传统翻耕耕作方式为主,但这种传统耕作制度土壤翻耕次数频繁,容易引起风蚀水蚀,随着种植年限的累加暴露出了明显的弊病^[4],因此,具有保水、保肥、保土、保护环境的耕作技术越来越受到人们的关注^[5]。保护性耕作技术是对农田实施免耕、少耕,同时利用作物秸秆、残茬覆盖地表,减少土壤风蚀、水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的一种先进农业耕作技术^[6]。国内外关于 C₄ 植物玉米叶片光合特性的研究报告较多^[7-14]。但关于保护性耕作条件下玉米光合特性的研究较少。为此,本研究通过比较传统耕作和保护性耕作对玉米生育后期光合特性日变化影响,为保护性耕作技术在玉米生产上的应用提供一定理论依据和案例借鉴。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

研究区位于内蒙古中部的和林格尔县(E111°26′~112°18′, N39°58′~40°41′),海拔 967.8~1 013.6 m,地处土默川平原与西北黄土高原及阴山山脉向南延伸的蛮罕山支脉的结合部,兼有山地、黄土丘陵和平原三大土地系列。气候属中温带半干旱大陆性季风气候,兼有山地气候的特点,年平均气温 5.6℃,≥10℃积温 2 769℃,无霜期 118 d,日照时数 2 947.9 h,光能资源丰富,热量充足,年降水量 417.57 mm。该地区属草原荒漠地带,土壤以栗钙土和黄绵土为主,pH 值 8.6,属碱性土壤。

1.2 试验材料

本研究以普通玉米杂交种哲单 7 号为供试材料。

1.3 试验方法

试验于 2011-2012 年在内蒙古呼和浩特市和林格尔县试验田进行。供试土壤肥力条件较好,全生育期小区管理同大田。试验采用单因子试验设计,共设 2 个处理,分别是传统耕作(CK)和保护性耕作(免耕结合秸秆覆盖),传统耕作每年秋季作物收获翻耕一次,第 2 年春天耙磨平整后,传统种植;保护性耕作每年秋季作物收获后不翻耕,并且留有一定的秸秆残茬覆盖,第 2 年春天利用动土性较小免耕播种机进行播种。每个处理设 3 个重复,共 6 个小区,随机区组排列,小区面积 3.0 m × 20.0 m。

光合参数的测定:每年 8 月下旬选晴朗无风天,采用 Li-6400 (LI-COR,美国)便携式光合仪进行光

合参数测定。测定时使用开放气路,利用 6400PS 提供光照,叶室温度为(25 ± 1)℃,光量子通量密度(PFD)为 700 μmol/m²,细胞间隙 CO₂ 浓度(Ci)由光合测定系统直接读出。日变化的所有光合参数于 10:00 至 17:00 测定,选择植株中上部叶片,对叶片靠近叶尖的 1/2 部分进行测量,避开中脉,每隔 1 h 测定 1 次,每次 4 个重复。

1.4 数理统计

采用 Microsoft Excel 软件处理数据和制图,采用 SPSS 16.0 进行 One-way ANOVA 分析。

2 结果与分析

2.1 传统耕作与保护性耕作条件下玉米净光合速率(Pn)日变化的比较

传统耕作与保护性耕作玉米净光合速率的日变化均呈现双峰曲线变化趋势,并且均出现光合“午休”现象(图 1)。传统耕作与保护性耕作玉米净光合速率的日变化趋势相似,2 种处理下的午前净光合速率均高于午后,第 1 次峰值也同时出现在 11:00 时,分别为 30.61,27.30 μmol/(m²·s),而第 2 次峰值,传统耕作的玉米出现在 14:00 时,其峰值为 21.27 μmol/(m²·s),保护性耕作的玉米则出现在 15:00 时,其峰值为 26.72 μmol/(m²·s)。2 次峰值差分别为 3.31,5.35 μmol/(m²·s)。在 13:00、15:00、16:00 和 17:00 时,保护性耕作玉米净光合速率分别比传统耕作玉米的净光合速率高出 65.3%,148.2%,32.6% 和 63.8%。图 1 还可看出,保护性耕作玉米从第 1 个峰值到第 2 峰值之间,净光合速率下降和上升都较为平缓,维持了较长的光合时间和较高的净光合速率。因此,说明保护性耕作有利于提高玉米的净光合速率。

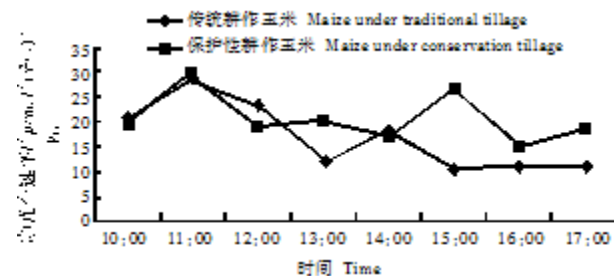


图 1 不同耕作类型玉米净光合速率日变化

Fig. 1 The diurnal variation of net photosynthetic rate of maize under different tillage types

2.2 传统耕作玉米与保护性耕作玉米气孔导度(Gs)日变化的比较

从图 2 可看出,保护性耕作与传统耕作玉米的气孔导度日变化曲线均呈双峰型,与净光合速率(Pn)的变化趋势比较相似。保护性耕作和传统耕

作玉米气孔导度日变化的第 1 次峰值均出现在 11:00 时,分别为 0.20, 0.19 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 第 2 次峰值,传统耕作出现在 14:00 时,其峰值为 0.14 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,保护性耕作出现在 15:00 时,其峰值为 0.18 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。从整体看,保护性耕作玉米气孔导度的日变化曲线无论是上升还是下降均比传统性耕作变化平缓。在大部分时间段里,保护性耕作玉米的气孔导度日变化均高于传统耕作玉米。

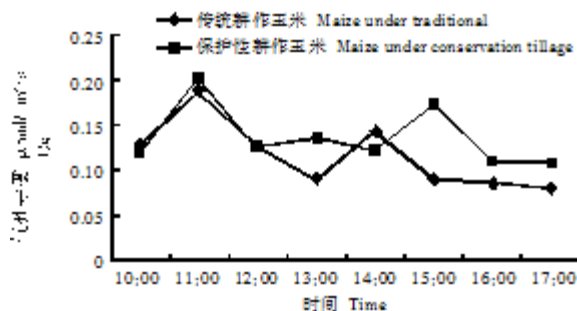


图 2 不同耕作类型玉米气孔导度日变化

Fig. 2 The diurnal variation of stomatal conductance of maize under different tillage types

在 13:00、15:00、16:00 和 17:00 时,保护性耕作玉米气孔导度 (G_s) 分别比传统耕作玉米的气孔导度高出 53.7%、96.5%、27.5% 和 35.3%,差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

2.3 传统耕作玉米与保护性耕作玉米蒸腾速率 (Tr) 日变化的比较

保护性耕作和传统耕作玉米蒸腾速率的日变化曲线见图 3 所示。保护性耕作玉米蒸腾速率的日变化曲线呈双峰型,2 个峰值分别出现在 11:00 和 15:00 时,其峰值分别为 5.81, 6.05 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,传统耕作玉米蒸腾速率的日变化曲线呈单峰型,峰值出现在 11:00 时,其峰值为 4.82 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。保护性耕作玉米的蒸腾速率在 10:00、11:00、15:00 和 16:00 时分别比传统耕作玉米的蒸腾速率高出 115.0%、20.4%、69.4% 和 52.9%。从整体变化趋势可看出,保护性耕作玉米的蒸腾速率在各个时间段均高于传统性耕作。

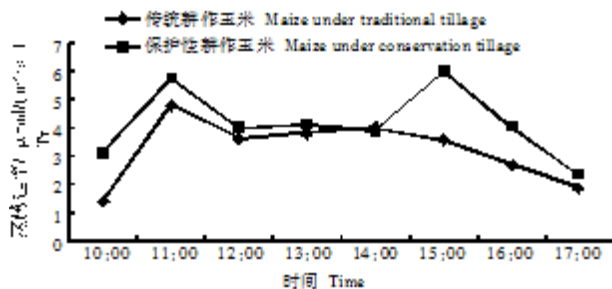


图 3 不同耕作类型玉米蒸腾速率日变化

Fig. 3 The diurnal variation of transpiration efficiency of maize under different tillage types

2.4 传统耕作玉米与保护性耕作玉米胞间 CO_2 浓度 (C_i) 日变化的比较

保护性耕作和传统耕作玉米的胞间 CO_2 浓度日变化曲线总体呈先降低后升高的变化趋势,保护性耕作胞间 CO_2 浓度最高值出现在 16:00,其值为 256.57 $\mu\text{L}/\text{L}$,传统耕作玉米的胞间 CO_2 浓度最高值出现在 17:00,其值为 264.66 $\mu\text{L}/\text{L}$ 。且在 15:00 以前的时间段内,保护性耕作玉米的胞间 CO_2 浓度均高于传统耕作玉米(图 4)。

保护性耕作玉米的胞间 CO_2 浓度在 11:00 和 14:00 分别比传统耕作玉米高出 24.70% 和 10.7%,差异显著 ($P < 0.05$)。

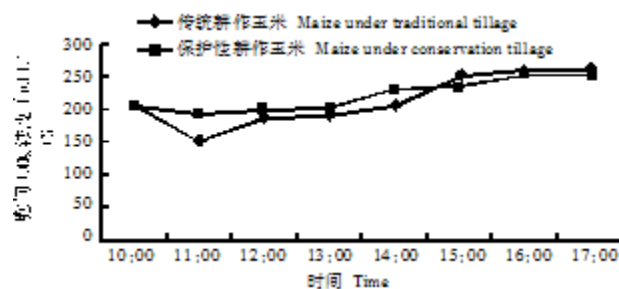


图 4 不同耕作类型玉米胞间 CO_2 浓度日变化

Fig. 4 The diurnal variation of intercellular CO_2 concentration of maize under different tillage types

3 讨论与结论

植物的光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度之间关系密切,并且它们与外界环境也有着紧密的联系,影响它们的因素也很多。上述研究表明,保护性耕作与传统耕作的玉米叶片净光合速率日变化曲线呈双峰型,对于双峰曲线所表现出的午间光合速率降低,称为“午休”现象,并将其归因于两方面,即“气孔因素”与“非气孔因素”,“气孔因素”为气孔关闭造成光合原料供应不畅,“非气孔因素”为光一直照射从而导致叶绿体光合效率下降^[15-16]。两者第一次峰值出现在 11:00,第二次峰值传统耕作玉出现在 14:00,而保护性耕作玉米出现在 15:00。保护性耕作玉米的曲线在达到最高点后下降比较缓慢,光合时间长,说明保护性耕作玉米没有明显的光饱和点,比较适合强光。保护性耕作和传统耕作玉米叶片的气孔导度日变化也呈双峰曲线,其峰值出现时间与净光合速率出现时间相同,说明气孔导度与净光合速率有着密切关系,净光合速率主要是受气孔的影响,这与前人研究结果相同^[17]。保护性耕作和传统耕作玉米胞间 CO_2 浓度日变化均呈先降低后升高的变化趋势。保护性耕作玉米蒸腾速率呈双峰曲线,峰值出现时间与气孔导度及净光合速率出现的时间相同,说明蒸腾速率与

气孔导度及净光合速率有着密切的关系,而传统耕作玉米蒸腾速率呈单峰曲线,峰值出现的时间在 11:00。

保护性耕作技术具有保水、保土、保护环境的功能,从而改善了田间的生长环境,使保护性耕作玉米的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率整体高于传统耕作,并且达到峰值后下降较平缓,说明保护性耕作技术在一定程度上提高了玉米叶片的光合性能,这与练宏斌等^[18]研究的部分结果趋于一致。从光合效率的角度看,保护性耕作模式可以在该地区替代常规耕作模式,但前人研究^[19-20]结果表明,多年保护性耕作会导致土壤容重的增加和病虫害的加重,故保护性耕作模式在该地区能否长时间的应用仍有待于进一步研究和长期定位试验。

参考文献:

- [1] 崔月,辛贵东,李文,等. 不同类型玉米光合特性日变化的比较研究[J]. 吉林农业大学学报,2011,33(3):243-247.
- [2] 王满莲,韦霄,蒋运生,等. 野生与栽培黄花蒿净光合速率对光强和 CO₂ 浓度的响应[J]. 热带亚热带植物学报,2007,15(1):45-49.
- [3] 王征宏,邓西平,刘立生,等. 干旱对不同冬小麦旗叶光合产物供应能力的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(5):81-88.
- [4] 刘巽浩. 耕作学[M]. 北京:中国农业出版社,1994:210-230.
- [5] 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报,2003,19(3):1-4.
- [6] 路战远,宋小琴,张德健,等. 内蒙古保护性耕作技术发展现状和有关问题的思考[J]. 内蒙古农业科技,2009(6):1-3.
- [7] 陶磊,严俊霞,陈良富,等. 太原盆地玉米和大豆光合作用日变化和光合光响应[J]. 安徽农业科学,2011,39(5):2521-2523.
- [8] 张吉旺,董树亭,王空军,等. 大田遮荫对夏玉米光合特性的影响[J]. 作物学报,2007,29(2):216-222.
- [9] 段巍巍,赵红梅,郭程瑾,等. 夏玉米光合特性对氮素用量的反应[J]. 作物学报,2007,29(6):949-954.
- [10] 张秋英,刘晓冰,金剑,等. 水肥耦合对玉米光合特性及产量的影响[J]. 玉米科学,2001,19(2):64-67.
- [11] 葛体达,隋方功,白莉萍,等. 不同土壤水分对玉米光合特性和产量的影响[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2005,23(2):143-147.
- [12] 孙年喜,宗学凤,王三根. 不同供氮水平对玉米光合特性的影响[J]. 西南农业大学学报:自然科学版,2005,29(3):389-392,396.
- [13] 朱先灿,宋凤斌,徐洪文. 低温胁迫下丛枝菌根真菌对玉米光合特性的影响[J]. 应用生态学报,2010,20(2):470-475.
- [14] 张林春,郝扬,张仁和,等. 干旱及复水对不同抗旱性玉米光合特性的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(5):76-80.
- [15] 张守仁,高荣孚. 光诱导下杂种杨无性系叶角和叶绿体的运动[J]. 生态学报,2001,21(1):68-74.
- [16] 郑国生,王焘. 田间冬小麦叶片光合午休过程中的非气孔限制[J]. 应用生态学报,2001,11(5):799-800.
- [17] 时丽冉,刘国民. 不同光照条件下白车轴草光合日变化分析[J]. 北方园艺,2008(3):138-140.
- [18] 练宏斌,黄高宝,谢军红,等. 不同耕作措施对旱地春小麦旗叶光合特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2009(1):64-68.
- [19] 周兴祥,高焕文,刘晓峰. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报,2001,17(6):81-84.
- [20] 王林,刘景辉,李立军,等. 除草剂在农牧交错区保护性耕作燕麦田间应用效果的研究[J]. 作物杂志,2009(4):76-79.