

麦茬处理方式对夏玉米光合特性的影响

赵 霞^{1,2}, 张绍芬¹, 刘天学¹, 李潮海^{1,*}, 梅沛沛¹, 王小星¹

(1. 河南农业大学农学院/河南省作物生长发育调控重点实验室, 2. 河南省农业科学院粮食作物研究所, 河南郑州 450002)

摘要: 采用两年三点的大田试验, 研究了麦茬处理方式 (平茬、立茬、除茬) 对机播夏玉米光合特性及其产量的影响。结果表明, 不同麦茬处理方式的夏玉米光合参数存在明显差异。夏玉米 P_n 、 G_s 表现为吐丝期最大, 处理间表现为平茬 > 立茬 > 除茬; Tr 在处理间表现为除茬 > 立茬 > 平茬, 叶片水平上的 WUE 表现为平茬 > 立茬 > 除茬; 不同麦茬处理夏玉米的产量差异显著。

关键词: 麦茬处理方式; 夏玉米; 光合特性; 产量

文章编号: 1000-0933(2008)10-4912-07 中图分类号: Q142, Q945, Q948, S314, S513 文献标识码: A

Photosynthetic characteristics of Summer Maize (*Zea mays* L.) with different treatments of winter wheat residues

ZHAO Xia^{1,2}, ZHANG Shao-Fen¹, LIU Tian-Xue¹, LI Chao-Hai^{1,*}, MEI Pei-Pei¹, WANG Xiao-Xing¹

1 College of Agronomy, Henan Agricultural University/Henan Key Laboratory for Regulating and Controlling Crop Growth and Development

2 Cereal Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4912 ~ 4918.

Abstract: Light is one of the important factors affecting development and production of corn (*Zea mays* L.). Effects of different treatments of winter wheat residues (returning straw, RS; high stubble mulched, HS; zero stubble, ZS) on photosynthetic characteristics and yield of summer maize (*Zea mays* L.) were studied in North China by two-year experiment in three-places by field test during 2005 and 2006.

The results indicated as follows: Leaf area index, yield and its components of maize varied greatly under different treatments of winter wheat residues conditions. The order of the leaf area index was RS > HS > ZS. Diurnal variation of photosynthetic rates (P_n) showed differences among winter wheat residues treatments at both jointing and silk stages. The highest value appeared in RS, the lowest value in ZS. The diurnal variation of intercellular CO_2 concentration (C_i) and stomatic conductance (G_s) were also studied. Results showed that the C_i was least at noon and the G_s was very high at that time. The order of G_s under different treatment conditions was RS > HS > ZS, and their curves were single peak at both stages. The diurnal variation of transpiration rate (Tr) and water use efficiency (WUE) were also studied. Results showed that the Tr was the highest at noon. The order of Tr under different treatments conditions was ZS > HS > RS. Because of the daily changes of P_n and Tr , the order of WUE was RS > HS > ZS. Finally, yield component factors and yield were significant among all the treatments.

基金项目: 国家粮食丰产科技工程资助项目 (2004BA520A-06-6-2)

收稿日期: 2007-05-15; 修订日期: 2008-01-08

作者简介: 赵霞 (1973 ~), 女, 河南开封人, 硕士, 主要从事作物生理生态研究. E-mail: xiazhao1007@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lichaozhai2005@yahoo.com.cn

Foundation item: The project was financially supported by crop high yield technology from the national ministry of science and technology (No. 2004BA520A-06-6-2)

Received date: 2007-05-15; **Accepted date:** 2008-01-08

Biography: ZHAO Xia, Master, mainly engaged in crop ecophysiology. E-mail: xiazhao1007@yahoo.com.cn

Key Words: treatments of winter wheat residues; summer maize (*Zea mays* L.); photosynthetic characteristics; yield

近年来,在黄淮海一年两熟区,随着农业机械化的普及,小麦机收后残留的高茬对夏玉米生产的影响已引起人们的广泛关注。研究表明,农田覆盖和高留残茬是一项行之有效的农业节水抗旱增产措施,目前的研究大多集中在增温保墒^[1~5],增加土壤贮水量,减少土壤蒸发^[6~9]、改善小气候特征^[10],产量变化^[1~4,9~12]等多种功效上。关于不同麦茬处理方式对夏玉米光合特性的影响研究还鲜见报道。为此,本试验开展研究了不同麦茬处理方式对夏玉米光合特性日变化及产量的影响,以期筛选适于黄淮海地区夏玉米生产的适宜麦茬处理方式提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2005 ~ 2006 年进行。2005 年在河南省安阳县农场、2006 年在河南省浚县农业科学研究所试验田和浚县姜庄村进行。三点试验地均为潮土,地势平坦,排灌方便,地力均匀一致,质地中壤(试验地基础肥力情况见表 1),两年前茬小麦 6 月 5 日收获,产量 9000 kg·hm⁻²左右,收后秸秆全部还田。玉米供试品种为浚单 20 号,设平茬(Returning straw, RS)、立茬(High straw mulched, HS)、除茬(Zero straw, ZS)3 种处理(表 2),宽窄行种植,宽行 80 cm,窄行 50cm,小区长 14m,宽 4m,种植密度 75000 株·hm⁻²,重复 3 次。两年均在 6 月 11 日免耕机械化播种,2005 年 9 月 28 号收获,2006 年因生育后期遭遇大风,于 9 月 20 号收获。播种机为河北省农哈哈农具厂研制的 2BYF-3 玉米免耕播种机。播后及时浇水。2005 年在安阳县农场的试验定苗后施纯 N225kg·hm⁻²,有效 P、K 各 122.5kg·hm⁻²,2006 年在浚县农科所和浚县姜庄村的试验定苗后施纯 N450kg·hm⁻²,有效 P、K 各 225kg·hm⁻²,两年吐丝前结合灌水施尿素 255kg·hm⁻²,按高产田进行管理。

表 1 试验点基础肥力情况

Table 1 Basic fertility of the experiment land

试验点 Experiment land	有机质 Organic matter(%)	水解氮 Hydrolyze N (mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available P (mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K (mg·kg ⁻¹)
2005 年安阳县农场 2005 An-yang County Farm	1.43	70.23	23.3	90.6
2006 年浚县姜庄村 2006 Xun County Jiang-zhuang Village	1.63	76.1	24.2	140.3
2006 年浚县农科所 2006 Xun county Institute of Agricultural Sciences	1.78	89.7	29.6	92.1

表 2 试验处理

Table 2 Experimental Treatments

处理 Treatments	麦茬处理方式 Treatments of winter wheat residues
平茬 RS	小麦机械收割后(茬高 20cm)秸秆粉碎机灭茬后机播
立茬 HS	小麦机械收割后(茬高 20cm)机播后麦秸覆盖于宽行
除茬 ZS	小麦机械收割后清除秸秆后机播

1.2 测试项目与方法

1.2.1 叶面积指数

苗期每小区选有代表性的植株连续 10 株定株,在幼苗期(3 展叶)、拔节期(6 展叶)、大喇叭口期(12 展叶)、吐丝期调查叶面积指数。

1.2.2 光合速率等项目测定

在拔节期、吐丝期选晴天用英国产 CIRAS-1 型便携式光合作用测定系统测定光合速率(P_n)、细胞间隙 CO₂浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)等日变化。

除产量外,其他指标采用 2006 年浚县农科所所测数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 麦茬处理方式对夏玉米叶面积指数的影响

从图 1 可以看出,各个处理夏玉米叶面积指数均在吐丝期达到最大,之后趋于下降。总趋势表现为平茬 > 立茬 > 除茬;但不同处理在不同生育时期的差别不同。在苗期,除茬因无任何物遮挡而表现出最高,立茬因幼苗的向光生长使得叶面积指数次之,平茬最低;到拔节期各处理叶面积指数的差别逐渐减小,随着生育期的推进,平茬和立茬逐渐显示出覆盖的作用,到大喇叭口期,夏玉米叶面积指数大小已变为平茬 > 立茬 > 除茬,差异已达显著水平,这种趋势直至成熟。

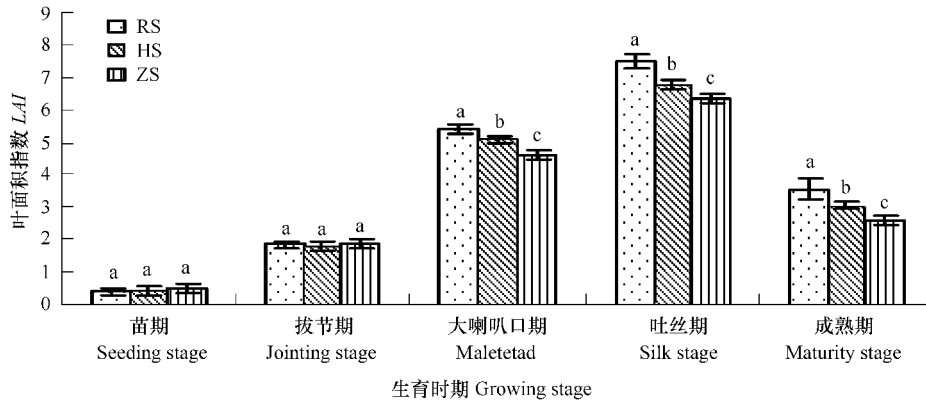


图 1 麦茬处理方式对夏玉米叶面积指数(LAI)的影响

Fig. 1 Influence of summer maize leaf area index under different treatments of winter wheat residues

小写字母表示 5% 水平的显著差异 (LSD), 下同 Different letters represented significance at $p < 5\%$

2.2 不同麦茬处理方式下夏玉米光合速率及细胞间隙 CO_2 浓度的日变化

2.2.1 光合速率日变化

从图 2 看出,不同麦茬处理方式的夏玉米光合速率日变化不同, P_n 的总趋势表现为平茬 > 立茬 > 除茬。不同生育时期处理间 P_n 存在明显差异,拔节期差异达显著水平,吐丝期差异不显著。光合速率日变化从早上开始快速上升,到 12:00 左右,达最大值,之后随逐渐下降。总体看来,平茬处理的 P_n 高于其他 2 个处理。

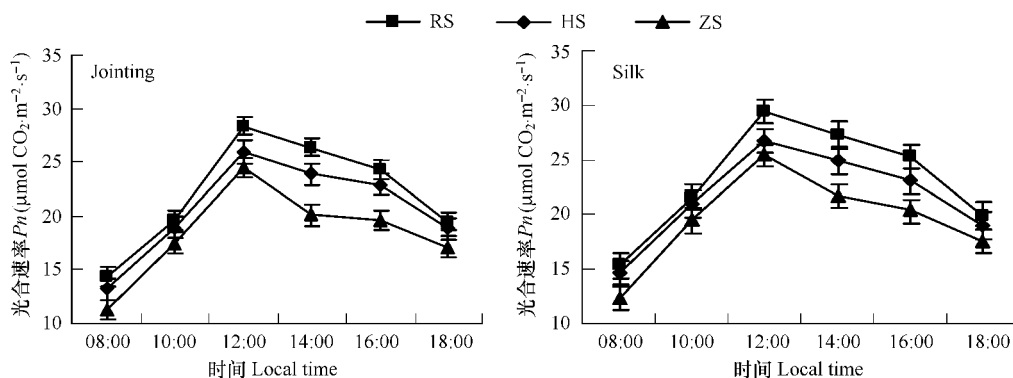


图 2 不同麦茬处理夏玉米光合速率日变化

Fig. 2 Diurnal change of P_n of summer maize under different treatments of winter wheat residues

2.2.2 细胞间隙 CO_2 浓度的日变化

从图 3 可以看出,不同处理玉米叶片的细胞间 CO_2 浓度 (C_i) 在 12:00 以前随着光合速率的提高逐渐降低,12:00 达到最低值,14:00 以后开始回升,这正是强光下光合作用对 CO_2 利用的结果。在夏玉米拔节期和吐丝期 C_i 值表现为除茬 > 立茬 > 平茬。这与同时期的光合速率变化趋势正好相反。说明麦茬覆盖尤其是平

茬改善了玉米叶片 CO_2 的利用效率,导致光合速率和产量的提高。

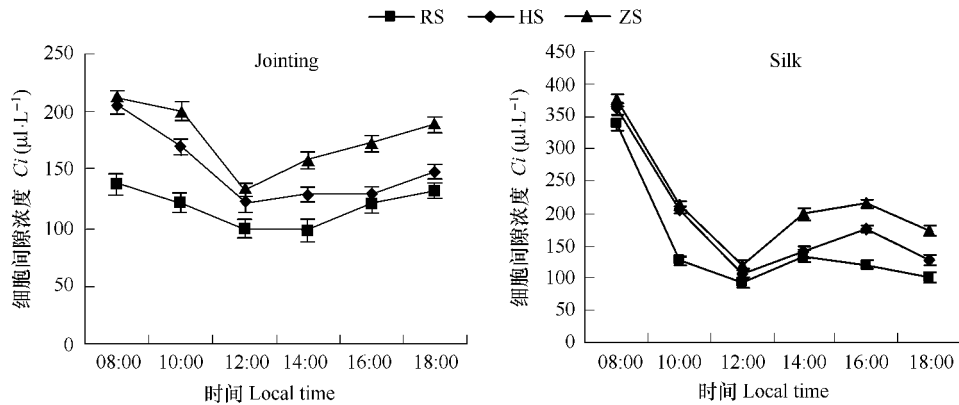


图3 不同麦茬处理夏玉米细胞间隙 CO_2 浓度日变化

Fig. 3 Diurnal change of C_i of summer maize planted under different treatments of winter wheat residues

2.3 不同麦茬处理方式下夏玉米蒸腾速率、气孔导度及水分利用效率的日变化

2.3.1 蒸腾速率日变化

图4表明, T_r 的日变化从上午早些时候开始到11:00之前,平茬和立茬的 T_r 为一段下降区间,在相同时段内表现出与 P_n 变化方向相反(图2)。除茬处理与之相反,在中午之前一直保持单调上升。3个处理的 T_r 的日变化曲线最高峰出现在12:00附近,全天平茬和立茬处理的 T_r 变化步调十分一致。总的来看,平茬处理的叶片 T_r 最低,立茬处理的次之,除茬的最高。不同生育时期处理间 T_r 的差异也不相同。拔节期,平茬与立茬差别不显著,而与除茬处理差异达极显著,但随着生育进程的推移,差异减小,到吐丝期时差异不显著;而平茬与立茬间差异较拔节期增大。与 P_n 日变化曲线有明显的不对称性,这种 P_n 和 T_r 日变化的不对称性,形成了夏玉米叶片水平上的 WUE 日变化的特征(图6)。

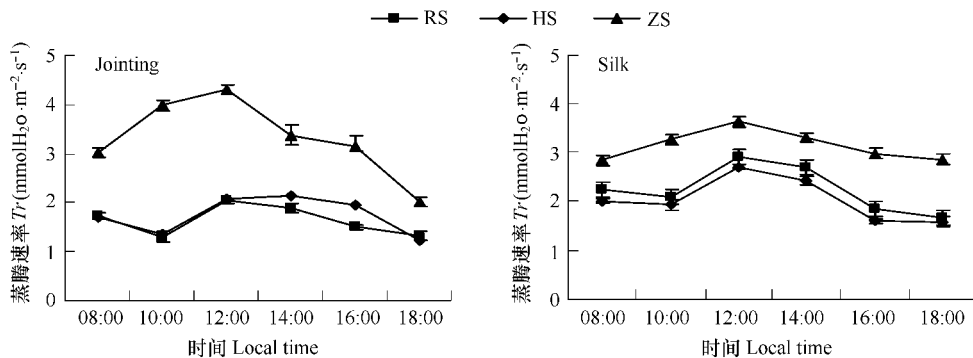


图4 不同麦茬处理对夏玉米叶片蒸腾速率的日变化

Fig. 4 Diurnal changes of T_r of summer maize under different treatments of winter wheat residues

2.3.2 气孔导度日变化

气孔作为二氧化碳和水分进行交换的门户,其开放程度势必受外界环境条件的影响,进而影响到细胞内二氧化碳的同化及水分的利用。气孔导度 G_s 的变化首先影响水分的交换,其次是 CO_2 的交换。因此, G_s 的大小对 T_r 和 P_n 均有一定程度的制约,进而影响 WUE 。如图5所示,在拔节期和吐丝期,不同麦茬处理方式相比, P_n 表现为平茬 > 立茬 > 除茬。各处理玉米叶片 G_s 的日变化呈单峰曲线,从早晨开始 G_s 逐渐增加,在12:00左右达到最高值,此时平茬、立茬与除茬处理间差异达到最大,之后下降。拔节期的平茬与立茬、立茬与除茬的差异较吐丝期小。

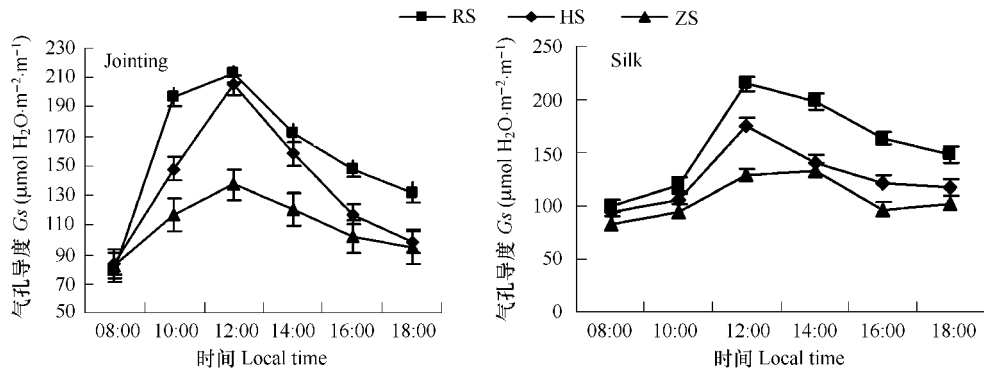


图5 不同麦茬处理夏玉米气孔导度日变化

Fig. 5 Diurnal changes of Gs of summer maize under different treatments of winter wheat residues

2.3.3 水分利用效率日变化

植物在吸收 CO_2 进行光合作用的同时,蒸腾释放一定量的水汽,单叶水平一般采用光合速率和蒸腾速率之比来表示植物的 WUE ^[17]。图6显示夏玉米叶片水平上的水分利用效率(WUE),3个处理 WUE 从早上开始逐渐升高,到12:00左右各处理的 WUE 均达到最大值,平茬处理的最高,立茬处理的次之,除茬处理最低;同时也可看出,3个处理间的差别在该时刻也达到上午的最大值。之后 WUE 逐渐下降,至14:00左右,除茬处理仍然继续缓慢下降(单调下降),而平茬和立茬处理则在缓慢下降之后有一个微弱的抬升,与处理的差距进一步扩大。下午平茬和立茬处理的 WUE 的变化趋势和数值非常接近,均明显高于除茬,并且在下午表现得更为明显。从一天看来,平茬和立茬处理的 WUE 比除茬的平均值分别高出31.6%和25.1%。在拔节期,玉米植株相对较小,平茬、立茬与除茬间差别达显著水平,随着生育的推进,差异减小,到吐丝期时差异已不显著。

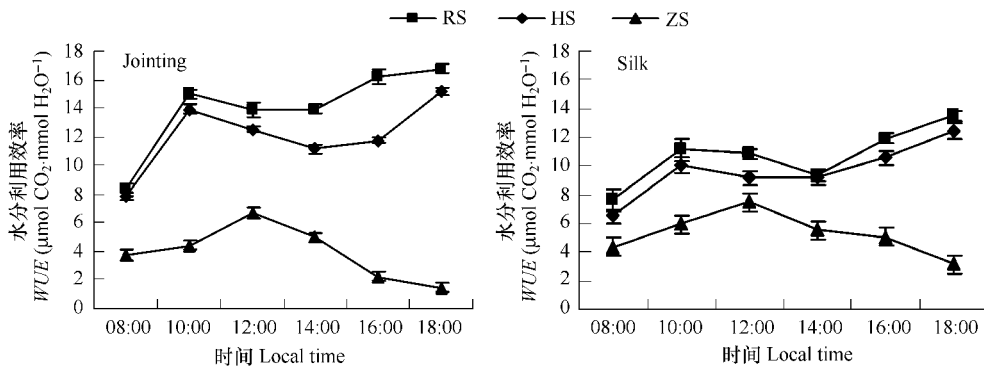
图6 叶片水分利用效率(WUE)的日变化

Fig. 6 Diurnal changes of WUE of summer maize under different treatments of winter wheat residues

2.4 麦茬处理方式对夏玉米产量及产量构成因素的影响

不同麦茬处理方式下夏玉米叶片光合特性的变化特征最终反映在产量和产量构成因子的变化上。两年三点的试验表明,3种麦茬处理方式玉米产量差异显著,实测产量以平茬处理的为最高;立茬和平茬处理明显促进了穗长、穗粗、千粒重;虽然秃尖长比除茬稍长,但是,秃尖长占穗长的比例比除茬小,在2005年安阳、2006浚县姜庄和2006年浚县农科所,立茬和平茬处理分别比除茬低了46.89%、6.95%、21.5%、13.4%和10.9%、5.9%。

3 结论与讨论

作物的光合特性除受地上生态因素影响外,还受种植密度、施肥及水分条件等调控措施的影响^[13~17]。叶片是绿色植物进行光合作用的器官,叶面积指数是体现作物群体有效光合面积的重要指标。本试验结果表

明,平茬、立茬和除茬3种麦茬处理方式对夏玉米群体叶面积指数的影响主要发生在大喇叭口期以后,并且保持平茬>立茬>除茬的趋势,这可能是由于平茬和立茬处理实施了秸秆还田,改善了土壤的理化性状^[18]、增加了土壤肥力^[19]、降低了叶片蒸腾速率(图4)、提高了水分利用效率(图6),从而促进了夏玉米的生长发育。同时,群体净光合速率也呈现出平茬>立茬>除茬的趋势,实际产量也以平茬处理最高。

表3 麦茬处理方式对玉米产量及产量构成因素的影响

Table 3 Effect of different treatments of winter wheat residues on yield and its components

年份及地点 Year and site	处理 Treatment	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	千粒重 (g)	秃尖长 (cm)	实测产量 (kg/hm ²)
2005 安阳 2005AY	平茬 RS	16.98a	5.78a	293.63a	1.69a	7398.413a
	立茬 HS	15.96b	5.32a	262.35b	1.23ab	7004.92b
	除茬 ZS	15.23c	4.01b	246.69b	1.15b	6117.62c
2006 浚县姜庄村 2006XJ	平茬 RS	17.88a	6.01a	341.02a	1.99a	10824.57a
	立茬 HS	16.05b	5.11b	331.3a	1.86ab	10261.07bc
	除茬 ZS	15.84c	5.06b	324.3a	1.64ab	9888.04c
2006 浚县农科所 2006XN	平茬 RS	18.12a	7.02a	325.3a	2.23a	11593.88a
	立茬 HS	16.95b	6.36b	309.9b	2.13a	11008.76bc
	除茬 ZS	15.66b	6.03b	291.9b	2.01a	10554.41c

小写字母表示 5% 水平的显著差异(LSD) Different letters represented significance at $p < 5\%$

目前华北地区小麦机收率已达 90% 以上,夏玉米机播率在 85% 左右,在华北平原不同麦茬处理方式下,研究夏玉米光合日变化时段性特征,对寻求提高该地区夏玉米产量新途径有一定的积极意义。虽然平茬处理需增加成本,但结合产量的增加来考虑,经济效益还是增加的。同时实行平茬处理,还可以克服较长麦秸对播种机的缠绕阻碍作用,有利于提高玉米机播质量,在华北地区有很大的推广价值,但关于如何实行机收机播一体化问题还需要进一步的研究。

References:

- [1] Fu G Z, Li C H, W J Z, *et al.* Effects of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize. Transactions of the CSAE, 2005, 21 (1): 52—56.
- [2] Zhang W, Wang C, Liang Y, *et al.* Effect of crop residue cover on soil temperature in cold and dry farming areas. Transactions of the CSAE, 2006, 22(5): 70—73.
- [3] Karlen D L. Tillage and planting system effects on corn emergence from Norfolk loaming sand. Appl, Agric. Res, 1989, 4: 190—195.
- [4] Shangning Ji, Paul W, Unger. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions, Soil Science Society of America Journal, 2001(65): 442—448.
- [5] Unger PW. Straw mulch rate effects on soil water storage and sorghum yield. Soil Science Society of America Journal, 1978, 42: 486—491.
- [6] Goss M J, Ehlers W, Boone F R, *et al.* Effect of soil management production on soil physical conditions affecting root growth. Agric Eng Res, 1984, 30: 131—140.
- [7] Anderson W B, Kemper W D. Corn growth was affected by aggregate stability, soil temperature, and soil moisture. Agron J, 1964, 56: 453—456.
- [8] Liu G S, Guo A H, Ren S X, *et al.* Effects of different mulching methods on diurnal variation of leaf photosynthesis and water use efficiency for summer maize. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(2): 105—109.
- [9] Chen S Y, Zhang X Y, Pei D, *et al.* Soil evaporation and soil temperature in maize field mulched with wheat straw, Journal of Irrigation and Drainage, 2004, 23(4): 32—36.
- [10] Zhu Z X, Fang W S, Zhao G Q, *et al.* Effects of straw and residue mulching on microclimate of summer corn field. Agricultural Research in the arid Areas, 2000, 18(2): 19—25.
- [11] Gao Y J, Li S X. Cause and mechanism of crop yield reduction under straw mulch in dryland. Transactions of the CSAE, 2005, 21 (7): 15—19.
- [12] Fischer R A, Turner N C. Plant productivity in the arid and semi-arid zones. Ann, Rev, Plant Physiol, 1978, 29: 277—317.
- [13] Li C H, Liu K, Zhou S M, *et al.* Response of photosynthesis to eco-physiological factors of summer maize on different fertilizer amounts, Acta

Agronomica Sinica, 2002, 28(2): 265—269.

- [14] Wang C Y, Guo J P, Wang X L, *et al.* The experimental study of the effects of CO₂ concentration enrichment on physiological feature of C₃ and C₄ crops, *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(6): 813—817.
- [15] Ji B H, Zhu S Q, Jiao D M. Light energy conversion efficiency and membrane lipid peroxidation in leaves of indica and japonica rice (*Oryza sativa* L.) under different temperatures and light intensities. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(6): 742—750.
- [16] Xu D Q, Ding Y, Shen Y G. Diurnal variation of photosynthetic efficiency in leaves of C₄ plant maize. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1993, 19(1): 43—48.
- [17] Wang Q, Li C H, Luan L M, *et al.* Photosynthetic characteristics of summer maize (*Zea mays* L.) during the late growth stage in different soil texture. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(5): 628—633.
- [18] Wang Y, Li Z J, Han B, *et al.* Effects of conservation tillage on soil microbial biomass and activity. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(8): 3384—3390.
- [19] Zhou H P, Yang Z P, Li H M, *et al.* Effect of straw return to field and fertilization in autumn on dryland corn growth and on water and fertilizer efficiency. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(7): 1231—1235.

参考文献:

- [1] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响, *农业工程学报*, 2005, 21(1): 52—56.
- [2] 张伟, 汪春, 梁远, 等. 残茬覆盖对寒地旱作区土壤温度的影响. *农业工程学报*, 2006, 22(5): 70—73.
- [8] 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. *水土保持学报*, 2004, 18(2): 105—109.
- [9] 陈素英, 张喜英, 裴冬, 等. 秸秆覆盖对夏玉米田间蒸发和土壤温度的影响. *灌溉排水学报*, 2004, 23(4): 32—36.
- [10] 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. *干旱地区农业研究*, 2000, 18(2): 19—25.
- [11] 高亚军, 李生秀. 旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析. *农业工程学报*, 2005, 21(7): 15—19.
- [13] 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. *作物学报*, 2002, 28(2): 265—269.
- [14] 王春乙, 郭建平, 王修兰, 等. CO₂ 浓度增加对 C₃、C₄ 作物生理特性影响的实验研究. *作物学报*, 2000, 26(6): 813—817.
- [15] 季本华, 朱素琴, 焦德茂, 等. 不同温光条件下粳稻叶片的光能转化效率和膜脂过氧化表现. *作物学报*, 2001, 27(6): 742—750.
- [16] 许大全, 丁勇, 沈允钢. C₄ 植物玉米叶片光合速率的日变化. *植物生理学报*, 1993, 19(1): 43—48.
- [17] 王群, 李潮海, 栾丽敏, 等. 不同质地土壤夏玉米生育后期光合特性比较研究. *作物学报*, 2005, 31(5): 628—633.
- [18] 王芸, 李增嘉, 韩宾, 等. 保护性耕作对土壤微生物量及活性的影响. *生态学报*, 2007, 27(8): 3384—3390.
- [19] 周怀平, 杨治平, 李红梅, 等. 秸秆还田和秋施肥对旱地玉米生长发育及水肥效应的影响. *应用生态学报*, 2004, 15(7): 1231—1235.