

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 23 期 Vol.31 No.23 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

马丽,李潮海,付景,郭学良,赵霞,高超,王磊. 垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响. 生态学报, 2011, 31(23): 7141-7150.

Ma L, Li C H, Fu J, Guo X L, Zhao X, Gao C, Wang L. Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7141-7150.

垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响

马 丽^{1,2}, 李潮海^{1,*}, 付 景¹, 郭学良¹, 赵 霞¹, 高 超², 王 磊²

(1. 河南农业大学农学院/农业部夏玉米区域技术创新中心, 郑州 450002;

2. 中国农业大学农学与生物技术学院园艺植物研究所, 北京 100193)

摘要: 试验于 2006—2007 年在河南省浚县农业科学研究所试验田进行, 以传统平作为对照, 研究了垄作栽培对夏玉米光合特性和产量的影响。结果表明, 垄作提高了夏玉米光合速率 P_n 、叶片蒸腾速率 T_r 和气孔导度 G_s , 且其日变化均呈单峰曲线, 12:00 达到最大值, 而细胞间隙二氧化碳浓度 C_i 有所降低, 其日变化与 P_n 相反, 呈倒抛物线型。垄作栽培夏玉米的最大光化学效率 F_v/F_m 和实际光化学效率 Φ_{PSII} 均有所增加。与平作相比, 垄作后期叶面积衰减较慢, 籽粒蜡熟期和成熟期垄作比平作叶面积指数分别高 6.4% 和 3.7%, 减少了漏光损失, 垄作栽培延长了叶片功能期, 促进光合产物的积累及向籽粒的转移, 有利于后期玉米籽粒充实, 千粒重显著高于平作, 产量提高 9.6%。

关键词: 垄作; 栽培方式; 夏玉米; 光合特性

Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field

MA Li^{1,2}, LI Chaohai^{1,*}, FU Jing¹, GUO Xueliang¹, ZHAO Xia¹, GAO Chao², WANG Lei²

1 College of Agronomy, Henan Agricultural University/Regional Center for New Technology Creation of Corn of People's Republic of Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China

2 Institute for Horticultural Plants, College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China

Abstract: China is the largest producer and consumer of agricultural products in the world. Maize (*Zea mays* L.), including both spring and summer maize, is one of the most important food crops in China and the world. Photosynthesis is the process of converting light energy to chemical energy and storing it in the bonds of sugar, and is the most basic plant physiological process directly related to crop yield. Therefore, light is an important factor affecting plant development, especially at late developmental stages. As a C_4 plant, maize is recognized as a high light-efficiency crop and its production potential is very high. Thus it is important to study the photosynthetic characteristics of maize. Traditionally, most maize is conventionally planted on the flat. Compared with flat culture, ridge planting has the advantages of increasing the soil surface area conductive to the acceptance of light, and it can improve the soil structure of the plowed layer and raise soil temperature, which is propitious to plant growth. Moreover, ridge planting is beneficial for irrigation purposes. However, little information is available on the photosynthetic characteristics of ridge-cultured maize. In this paper, flat and ridge planting methods were compared with determine the superior planting method for promoting the formation of photosynthetic products and increasing summer maize yield. The experiment was conducted in the experimental plot of the Xunxian Agricultural Science Research Institute during 2006—2007. Comparisons of the photosynthetic capacity, dry matter accumulation and yield of summer maize grown by ridge culture and traditional flat culture methods were analyzed. The

基金项目: 国家粮食丰产科技工程资助项目 (2006BAD02A13-2-3)

收稿日期: 2010-10-17; **修订日期:** 2011-03-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lichaahai2005@yahoo.com.cn

findings provide a theoretical insight into the physiology and ecology of photosynthesis for popularizing ridge culture of summer maize. The results indicated that photosynthetic rate (P_n), leaf transpiration rate (Tr), and stomatal conductance (G_s) of summer maize were higher in ridge-cultured plants compared with those of flat-cultured plants, and their diurnal variations were represented by single-peak curves, which all reached maxima at 12:00. The diurnal variation of intercellular CO_2 concentration (C_i) was opposite to that of P_n and represented a reversed parabolic curve. The F_v/F_m ratio and $\Phi PSII$ were increased by ridge planting relative to those of flat-cultured plants. Compared with flat planting, the leaf area at late developmental stages of ridge-cultured summer maize decreased more slowly. At the jointing stage, dry matter weight did not differ significantly between treatments. However, at the silk stage, leaf and stem dry matter with ridge culture increased by 13.5% and 23.6%, respectively, compared with those of flat-cultured plants during the development of summer maize plants, and the difference declined with maturity. The leaf area index increased by 6.4% and 3.7% at the dough stage and maturity, respectively, which could efficiently increase potential light capture. This finding demonstrated that ridge planting extended the functional period of leaves, which is particularly important for accumulation of photosynthetic products and their transfer to the grain. The thousand-grain weight with ridge planting was significantly increased by 8.7% and 6.0% in 2006 and 2007, respectively, compared with flat planting, and may be the main contributor to the yield difference. Ridge planting increased yield by 9.6% compared with flat planting. Consequently, ridge planting is beneficial to achieve maximum grain-filling capacity.

Key Words: ridge planting; planting pattern; summer maize; photosynthetic characteristics

随着科技进步,世界粮食产量持续增长,但由于人口的不断增加,从 20 世纪 90 年代以来,人均产量的增长基本持平^[1],在未来几十年里,世界将面临粮食持续短缺的问题^[2]。我国人口预计到 2030 年将达到 16 亿,粮食需求量必然增加,而耕地面积却在急剧减少,2030 年将降至 $0.075 \text{ hm}^2/\text{人}$ ^[3],这样的矛盾变化就要求我国未来粮食生产必须大幅度提高单产水平。每公顷高产田的产量相当于 $1.42\text{—}3.83 \text{ hm}^2$ 中产田或 $2.09\text{—}6.00 \text{ hm}^2$ 低产田的产量,高产田对我国粮食的贡献率为 54.09%^[3],未来粮食增产的关键仍然为中高产田^[4]。因此,大力发展作物超高产是实现中国未来粮食安全保障的基本技术途径。玉米是我国也是全世界最重要的粮食作物之一,在我国国民经济可持续快速发展中具有重要地位。玉米是 C_4 作物,能够高效集约利用光热等资源,高产潜力大^[5]。因此,依靠科技进步大幅度提高玉米产量,进行玉米超高产研究,是解决粮食安全问题的必然选择。

垄作栽培在小麦、玉米、大豆、水稻等作物上已经取得了较为广泛的推广应用,并取得了不同程度的增产效果,这是因为垄作栽培有利于扩大土壤表面积,改善了根际土壤的通气性,有利于田间的通风透光,改善了玉米冠层的小气候条件,加厚了适宜作物生长的熟土层,土壤不易板结,提高了土壤温度,更有效地协调了土、水、肥、气、热、光、温等关系^[6-7]。栽培方式是通过协调高密度条件下通风透光、营养状况并最终影响产量的因素之一^[8]。王法宏等通过对小麦垄作栽培的生理生态效应研究指出,垄作扩大土壤表面积 40% 左右,从而增加了光的截获量,另外垄作改大水漫灌为小水沟内渗灌,有利于土壤微生物和作物根系的活动,垄作使施肥深度相对增加,提高肥料利用率 10%—15%^[9]。垄作能明显提高土壤水分含量,垄作处理的土壤容重比平作减少 $0.05\text{—}0.08 \text{ g/m}^3$,孔隙度增加,土壤有机质及有效养分含量增加^[10],为作物生长创造了一个良好的生态环境。干物质积累是玉米产量形成的基础,而光合作用是干物质积累的核心,也是作物产量形成的主要机制,提高光合速率是取得作物高产的主要途径^[11]。杨克军等对寒地春玉米的研究表明,大垄双行栽培能够改善玉米的群体结构和光照条件,减少株间竞争,提高了群体光合性能和光能利用率^[12]。合理的宽窄行比例同样有利于群体内的通风透光,增加光的截获和光能的利用^[13]。前人对光合作用本身变化的研究报道较多,从栽培方式的角度研究夏玉米光合生理特性方面也有报道^[14-15],但对垄作栽培的研究,多数从田间小气候和土壤性状的改善及资源有效利用方面证明了其优越性^[6,10],而垄作对夏玉米光合特性的影响报道较少。本文采用

垄作小麦收获后在垄上直播夏玉米的方法,探讨垄作对夏玉米光合特性的影响,同时为黄淮海地区的夏玉米高产探索新的途径。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2006—2007 年在河南省鹤壁市浚县农业科学研究所试验田进行,该区位于黄淮海中部($35^{\circ}41'N$, $114^{\circ}33'E$),海拔 61.5 m,年平均气温 $13.7^{\circ}C$,2a 中夏玉米生长季节气候生态条件见表 1,其中 2006 年播种期为 6 月 7 日,拔节期为 7 月 1 日,吐丝期为 7 月 31 日,收获期为 9 月 25 日;2007 年播种期为 6 月 10 日,拔节期为 7 月 7 日,吐丝期为 8 月 5 日,收获期为 10 月 1 日。试验地为潮土,地势平坦,排灌方便,地力均匀一致,质地中壤,肥力上等,播种前土壤基础肥力:有机质 1.63%,水解氮 76.1mg/kg ,速效磷 29.6mg/kg ,速效钾 92.1mg/kg 。

表 1 夏玉米生长季节气候生态条件

Table 1 Climatic ecological conditions in period of summer maize growth

时期 Period	2006 年			2007 年		
	平均温度/ $^{\circ}C$ Average temperature	降雨量/mm Amount of precipitation	日照时数/h Hours of sunshine	平均温度/ $^{\circ}C$ Average temperature	降雨量/mm Amount of precipitation	日照时数/h Hours of sunshine
6 月中旬 Mid Jun	28.4	3.2	10.1	24.4	15.8	8.7
6 月下旬 Late Jun	25.8	88.9	8.1	26.1	24.4	8.8
7 月上旬 Early Jul	26.4	81.9	7.6	26.6	1.2	8.7
7 月中旬 Mid Jul	27.6	31.0	8.2	26.1	64.9	6.1
7 月下旬 Late Jul	25.0	33.1	6.9	24.7	33.9	7.4
8 月上旬 Early Aug	25.6	44.7	9.0	26.2	5.6	6.6
8 月中旬 Mid Aug	26.1	17.0	9.0	25.1	9.7	9.2
8 月下旬 Late Aug	23.2	164.5	4.2	23.8	42.7	6.3
9 月上旬 Early Sep	19.9	30.0	6.9	21.4	27.6	7.8
9 月中旬 Mid Sep	20.4	4.2	7.2	21.7	0.3	6.8
9 月下旬 Late Sep	20.9	7.5	4.9	18.6	10.2	7.8
10 月上旬 Early Oct	20.4	0.2	3.5	14.3	2.4	6.7

1.2 试验设计

试验设 2 个处理,分别为垄作(Ridge planting, RP)和平作(Flat planting, FP),3 次重复。小区面积为 $13\text{ m} \times 4\text{ m}$,小区之间无间隔。供试品种为浚单 20。垄作和平作均采用宽窄行种植,宽行为 50 cm,窄行为 33 cm,株距 30.6 cm,密度为 $78750\text{ 株}/\text{hm}^2$,三角定株,垄作垄幅为 83 cm,垄面宽 53 cm,垄沟宽 30 cm,垄高 15 cm(图 1),玉米播种于垄面。生育期间施肥情况:苗期施干鸡粪 $15000\text{ kg}/\text{hm}^2$,N、 P_2O_5 、 K_2O 含量均为 15%的复合肥 $1650\text{ kg}/\text{hm}^2$,大喇叭口期追施尿素 $600\text{ kg}/\text{hm}^2$,均采用穴施后灌溉的方法进行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积指数

苗期每小区连续 5 株定株,在拔节期、吐丝期、灌浆期、蜡熟期和成熟期测定单株叶面积,根据叶面积计算叶面积指数。

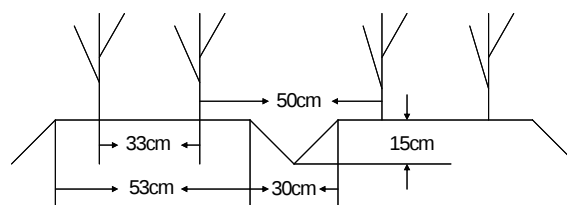


图 1 垄作栽培种植方式

Fig. 1 Chart of ridge planting

1.3.2 干物质测定

分别在拔节期、吐丝期和成熟期,每小区取3株,分部位测定地上部干物质积累量,拔节期分叶片和茎秆(除叶片外的部分)2部分测定,成熟期分叶片、籽粒和茎秆(除叶片和籽粒外)3部分测定。

1.3.3 光合参数测定

分别在玉米拔节期、吐丝期每小区选3株,选择晴天采用英国产 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 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)。拔节期测定部位为第6片展开叶,吐丝期测定部位为穗位叶。

1.3.4 荧光参数测定

采用英国 Hansatech 公司生产的 FMS2 型脉冲调制式荧光仪,分别在玉米拔节期、吐丝期每小区选3株,测定植株荧光动力参数 F_o 、 F_m 、 F_m' 、 F_s ,测定部位同 1.2.2。计算 PS II 最大光化学效率 $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ 、PS II 实际光化学效率 $\Phi_{PS II} = (F_m' - F_s)/F_m'$ 。

1.3.5 空秆率调查及考种计产

收获中间6行,每行连续收20株,自然晒干,脱粒称重,然后换算成产量。收获的同时调查空秆率。随机选取其中10穗考种。

1.3.6 统计方法

采用 Excel 数据分析库中的描述统计和方差分析,对试验数据进行统计分析。

2006—2007 年 2a 均测定了以上指标,趋势大致相同,因篇幅所限,除产量性状及干物质积累采用 2a 数据外,其余均采用 2007 年所测数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 垄作栽培对夏玉米叶面积指数和产量的影响

2.1.1 对叶面积指数的影响

叶面积指数的大小直接决定着作物光能捕获量以及 CO_2 的吸收面积,因此对光合作用有重要的影响。从表 2 可以看出,不同栽培方式下,垄作与平作处理下的玉米叶面积变化动态相似。吐丝期达最大值,之后趋于下降。两种栽培方式总体表现为垄作>平作,拔节期至灌浆期两处理叶面积指数相差不大,但后期二者差异增大,蜡熟期和成熟期垄作比平作叶面积指数分别提高 6.4% 和 3.7%,且蜡熟期二者差异达到显著水平。

表 2 垄作与平作栽培夏玉米叶面积指数比较

Table 2 Comparison on summer-maize leaf area indexes by flat planting and ridge planting

栽培方式 Planting method	拔节期 Jointing	吐丝期 Silk	灌浆期 Filling	蜡熟期 Dough	成熟期 Maturity
平作 FP	0.48±0.01a	6.07±0.05a	5.76±0.08a	3.29±0.03b	1.09±0.01a
垄作 RP	0.51±0.04a	6.17±0.16a	5.77±0.07a	3.50±0.04a	1.13±0.02a

小写字母表示在 0.05 水平上差异显著;大写字母表示在 0.01 水平差异显著

表 3 垄作与平作栽培夏玉米干物质积累比较

Table 3 Comparison on dry matter accumulation of summer maize by flat planting and ridge planting

年份 Year	栽培方式 Planting method	拔节期 Jointing		吐丝期 Silk		成熟期 Maturity		
		叶 Leaf	茎秆 Stem	叶 Leaf	茎秆 Stem	叶 Leaf	茎秆 Stem	籽粒 Grain
2006	平作 FP	519.5±23.6a	177.0±9.2a	2642.9±21.7B	4632.3±154.1b	2765.5±128.8a	7452.9±335.2a	12090.5±523.5a
	垄作 RP	508.6±11.8a	188.3±4.7a	2999.6±67.7A	5953.2±288.2a	2835.1±154.0a	7830.1±377.6a	12551.2±341.1a
2007	平作 FP	529.4±24.6a	189.9±2.9a	2854.2±44.9B	5627.6±243.7b	2911.1±56.1b	8423.8±152.0a	13707.4±147.3b
	垄作 RP	542.7±35.9a	197.4±9.0a	3238.9±58.8A	6679.8±89.5a	3165.7±59.2a	8705.3±174.7a	14526.9±191.6a

2.1.2 对干物质积累的影响

从表 3 可以看出,两处理干物质的积累量都随着生育进程的推进不断增加,尤其在吐丝期前叶片和茎秆

干重增加的幅度比较显著。拔节期,叶片和茎秆干重处理间 2a 差异均不明显,吐丝期垄作比平作的干物质积累量显著增加,其中叶片干重垄作比平作 2a 平均高 13.5%,差异均达到极显著水平;茎秆干重垄作比平作 2a 平均高 23.6%,差异显著。成熟期,各器官干物质 2a 总体趋势一致,均表现为垄作>平作,与拔节期和吐丝期相比,叶片和茎秆干重处理间差异减小,2006 年成熟期各器官干重处理间均差异不显著,2007 年成熟期,垄作叶片干重比平作高 8.7%,籽粒干重比平作高 6.0%,均达差异显著水平。

2.1.3 对产量的影响

由 2a 的平均产量性状来看(表 4),与平作相比,垄作栽培 2a 均表现增产趋势,2a 分别增产 6.4% 和 12.7%,平均增产 1163.6 kg/hm²,平均增产幅度为 9.6%,二者差异达到显著或极显著水平。两年度处理间亩穗数、双穗率及空秆率均无明显差异。与平作相比,穗粒数和千粒重均增加,其中穗粒数 2a 差异均不显著,千粒重 2a 分别较平作增加 11.5 g 和 22.3 g,差异达到显著或极显著水平,这可能是造成产量差异的最主要原因。

表 4 垄作与平作栽培夏玉米产量性状比较

Table 4 Comparison on yield characters of summer-maize by flat planting and ridge planting

年份 Year	栽培方式 Planting method	穗数/hm ² Ear number	双穗率/% Double spike rate	空秆率/% Barren ratio	穗粒数 Grains per spike	千粒重/g 1000-grain weight	产量/(kg/hm ²) Grain yield
2006	平作 FP	78312.5±437.5a	0.8±0.0a	1.4±0.6a	560.5±14.1a	269.1±2.4b	11877.5±239.1b
	垄作 RP	78093.6±378.9a	0.6±0.3a	1.4±0.3a	573.5±11.2a	280.6±2.7a	12635.4±157.7a
2007	平作 FP	77656.3±218.8a	0.3±0.3a	1.7±0.5a	517.9±9.6a	336.5±1.9B	12331.1±154.0B
	垄作 RP	77875.0±218.8a	0.3±0.3a	1.4±0.3a	544.3±10.5a	358.8±3.5A	13900.4±211.6A

2.2 垄作栽培对夏玉米光合速率 P_n 及胞间 CO_2 浓度 C_i 的日变化的影响

2.2.1 对光合速率日变化的影响

图 2 为夏玉米不同栽培方式光合速率日变化情况。不同生育时期比较看,两处理均表现为吐丝期>拔节期,且均表现为从早上开始逐渐上升,在 12:00 左右 P_n 达到最高值,之后随时间的推移而又逐渐下降。两个时期均表现为 12:00 之前两处理差异较小,12:00 之后差距加大,且垄作明显高于平作,到 18:00 左右二者差异又减小。不同栽培方式相比,拔节期和吐丝期 P_n 的总趋势均表现为垄作>平作,说明夏玉米垄作栽培在拔节期已表现出光合能力的优势。

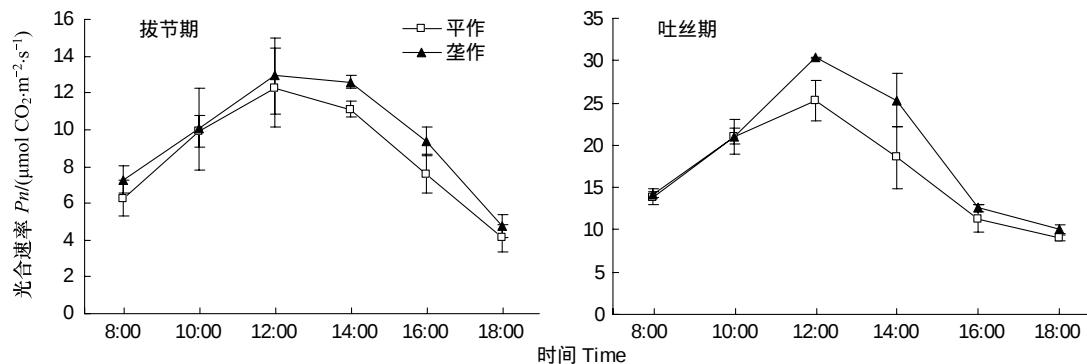


图 2 垄作与平作栽培夏玉米光合速率 P_n 日变化比较

Fig.2 Comparison on diurnal changes of P_n of summer maize by flat planting and ridge planting

2.2.2 对胞间 CO_2 浓度日变化的影响

从图 3 可以看出,不同处理玉米叶片的胞间 CO_2 浓度在 8:00 之后逐渐降低,12:00 达到最低值,之后开始逐渐回升,呈现倒抛物线趋势,与光合速率的变化趋势相反,这也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 值均表现为平作>垄作。说明垄作改善了玉米叶片不同生育时期 CO_2 的利用效率, 导致光合速率和产量的提高。

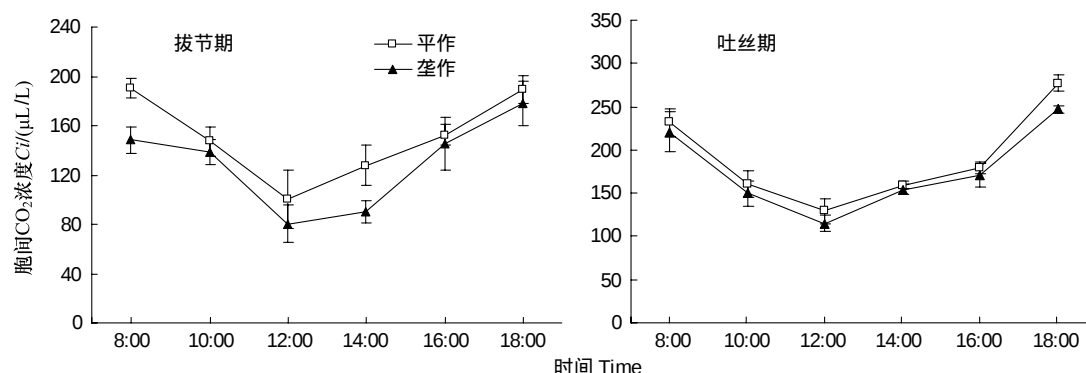


图3 垄作与平作栽培夏玉米细胞间隙 CO_2 浓度日变化比较

Fig.3 Comparison on diurnal changes of C_i of summer maize by flat planting and ridge planting

2.3 垄作栽培对夏玉米蒸腾速率和气孔导度日变化的影响

2.3.1 对蒸腾速率日变化的影响

图4表明,夏玉米不同时期两处理叶片蒸腾速率日变化均表现为从早上开始逐渐上升,到12:00时达到最大值,之后又开始下降,在相同的时间段内表现出与 P_n 变化(图2)一致的趋势。总的来看垄作处理的叶片 T_r 值高于平作。不同生育时期处理间 T_r 的差异表现一致,但拔节期 T_r 值普遍低于吐丝期,拔节期垄作和平作 T_r 最高值分别达到2.20和1.99 $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,而吐丝期最高值分别为4.01和3.64 $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

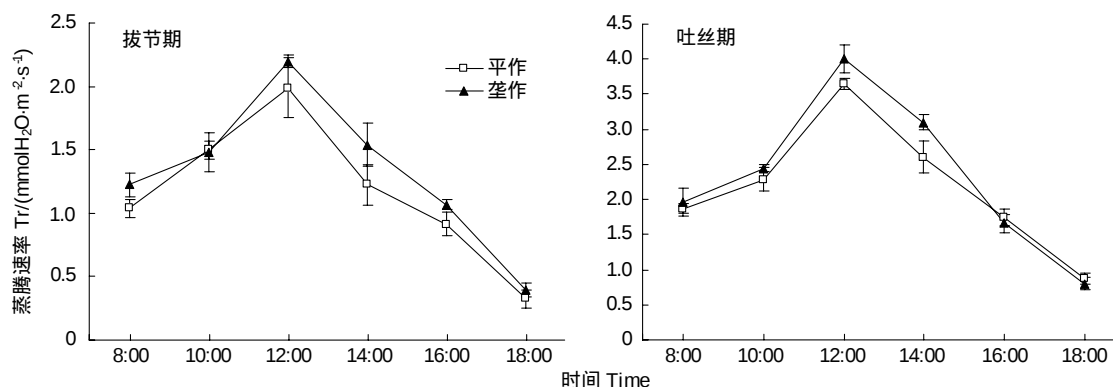


图4 垄作与平作栽培夏玉米蒸腾速率 T_r 日变化比较

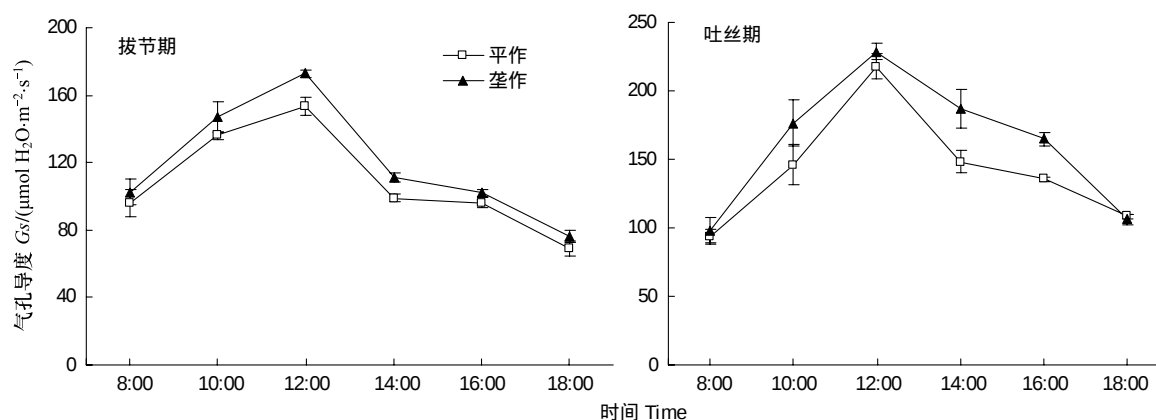
Fig.4 Comparison on diurnal changes of T_r of summer maize by flat planting and ridge planting

2.3.2 对气孔导度的日变化的影响

不同生育时期,夏玉米不同处理叶片气孔导度日变化均表现为垄作>平作(图5),这说明夏玉米实行垄作栽培,通风透光良好,田间空气湿度降低,蒸腾速率增加,有利于气体交换。各处理夏玉米叶片 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,之后下降。不同时期相比较,吐丝期整体气孔导度相对于拔节期有所升高。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。气孔导度的这种变化趋势同蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度变化相似。

2.4 垄作与平作夏玉米荧光参数分析

F_v/F_m 表示暗适应下 PS II 最大光化学效率,反映了 PS II 反应中心最大光能转换效率,表示原初光能转化效率,它和光合电子传递活性成正比^[16];在非环境胁迫条件下变化极小,不受物种和生长条件的影响。而

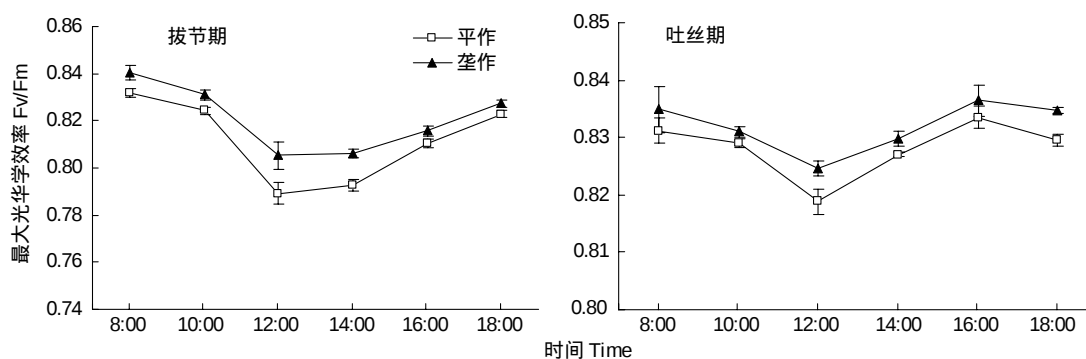
图5 垄作与平作栽培夏玉米气孔导度 G_s 日变化比较Fig. 5 Comparison on diurnal changes of G_s of summer maize by flat planting and ridge planting

受到光抑制和胁迫的叶片这一参数明显降低,它是表明光抑制和胁迫程度的良好指标和探针^[17]; Nordenkamp 等认为,在非环境胁迫下植物的 F_v/F_m 值的变化范围为 0.75—0.85^[18]。

$\Phi PS II$ 是 PS II 的实际光化学效率,反映叶片用于光合电子传递的能量占吸收光能的比例,是 PS II 和反应中心部分关闭时的光化学效率^[19],其值大小可以反映 PS II 反应中心的开放程度。

2.4.1 垄作栽培对夏玉米最大光化学效率 (F_v/F_m) 的影响

F_v/F_m 值越高,说明 PS II 反应中心的能量捕捉效率越高^[20]。由图 6 可以看出,8:00—18:00,2 个处理在拔节和吐丝期的最大光化学效率 F_v/F_m 均在 12:00 光强最高时值最低,表现为 PS II 活性下调,出现光合作用的光抑制,之后随光强减弱, F_v/F_m 逐渐回升。 F_v/F_m 日变化动态反映出中午 PS II 活性下调是 PS II 活性可逆失活的变化过程。垄作与平作相比,拔节期和吐丝期都表现为垄作 F_v/F_m 大于平作,说明垄作夏玉米 PS II 反应中心的能量捕捉效率高。

图6 垄作与平作栽培夏玉米最大光化学效率 F_v/F_m 日变化比较Fig. 6 Comparison on diurnal changes of F_v/F_m of summer maize by flat planting and ridge planting

2.4.2 垄作栽培对夏玉米实际光化学效率 ($\Phi PS II$) 日变化的影响

由图 7 可以看出,两个处理夏玉米拔节期和吐丝期 $\Phi PS II$ 的日变化呈倒抛物线型,其变化趋势和 F_v/F_m 基本一致,但拔节期最低值向后推移,吐丝期仍在 12:00 达到最低,且垄作高于平作。说明夏玉米垄作叶片光合电子传递的能量占吸收光能的比例较高,对光能的利用率较高。

3 结论与讨论

不同地区实行垄作栽培,其作用有所不同,坡耕地是为了有效地防止水土流失,改善生态环境,进而保障农业高产稳产^[21],我国北方旱地实行垄作栽培,有利于提高作物的水分利用效率和土壤温度,以达到进一步

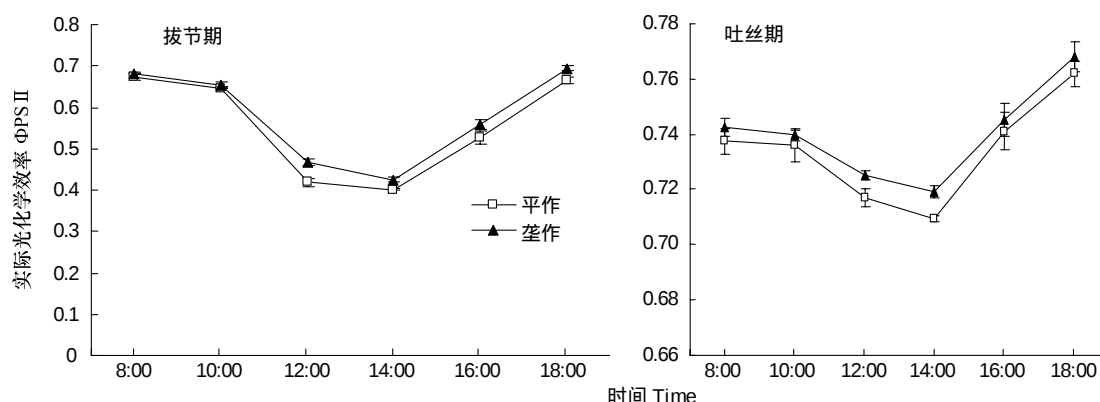


图7 垄作与平作栽培夏玉米实际光化学效率 Φ_{PSII} 日变化比较

Fig. 7 Comparison on diurnal changes of Φ_{PSII} of summer maize by flat planting and ridge planting

增产的目的^[22]。多数研究表明,垄作栽培在一定程度上改进了耕层的土壤结构,增大了土壤孔隙度,降低了土壤容重,有利于土壤腐殖质含量,长期垄作栽培可以改善作物的生长环境^[6,10,23-24]。本试验地区为黄淮海中部平原区,采用垄作小麦收获后在垄上直播夏玉米的方法,结果表明,垄作提高了夏玉米的光合速率,促进了光合产物的积累,减少了光能的漏射损失,提高了玉米的光能利用率,能获得较高的生物产量,籽粒产量增加9.55%。垄作增加了 F_v/F_m ,加大了 PS II 反应中心原初光能转化效率,提高了实际光化学效率 Φ_{PSII} ,这有利于提高叶肉细胞的光合作用能力^[25-27]。本试验中垄作栽培表现出的优势可能是改善了玉米的立地条件,促进了作物养分的吸收和利用,进而提高了叶片的光合特性。

叶片是植物截获光能的载体,而光合作用直接影响到玉米籽粒产量^[28]。本研究表明,垄作栽培提高了夏玉米叶面积指数,延缓玉米叶片衰老,延长叶片功能期,光截获量增加,漏光损失较少,促进光合产物向籽粒的转移,有利于后期玉米籽粒充实。

2006 年玉米青枯病大面积发生,这可能是由于当年 8 月下旬至 9 月上旬的高温高湿引起的,导致总体产量下降,但垄作产量仍处于较高水平。由此可见,与平作相比,垄作表现出了较好的抗逆性和稳产性,这与前人研究结论相似^[23,29]。另外,垄作与平作均可采用机器播种与收获,管理相同,由于垄作播种机的应用并没有增加成本投入,且能取得良好的增产效果,因此,垄作栽培在黄淮海地区具有很大的推广意义。

References:

- [1] Mann C C. Crop scientists seek a new revolution. *Science*, 1999, 283(5400): 310-314.
- [2] Huang X Q, Jiao D M, Li X. Characteristics of Chlorophyll fluorescence and membrane-lipid peroxidation of various high-yield rice under photooxidation conditions. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2002, 44(3): 279-286.
- [3] Liu J H, Wang Z M, Li L J, Zhang H M. Higher-yield is key technical method of maintaining future food security in China. *Research of Agricultural Modernization*, 2003, 24(3): 161-165.
- [4] Zhang L, Zhang F R, Jiang G H, Yao H M. Potential improvement of medium-low yielded farm land and guaran tee of food safety in China. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(1): 22-25.
- [5] Li S K, Wang C T. The methods of obtaining and expressing information of crop plant shape and population structure. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 1997, 1(3): 250-256.
- [6] Zhou S M, Li C H, Chang S M, Lian Y X, Liu K. Effects of ridge culture on summer maize ecological environment and growth development. *Journal of Henna Agricultural University*, 2000, 34(3): 206-209.
- [7] Xu C Z, Kong X M, Wang C, Wang F H. Effect of sowing in ridge on root system leaves and yield components of summer maize. *Journal of Maize Sciences*, 2008, 16(1): 101-103.
- [8] Wang J Y, Qi H, Liang Y, Wang X B, Wu Y N, Bai X L, Liu M, Meng X H, Xu J. Effects of different planting patterns on the photosynthesis capacity dry matter accumulation and yield of spring maize. *Journal of Maize Sciences*, 2009, 17(5): 113-115, 120.

- [9] Wang F H, Liu S J, Wang X Q, Ren D C, Cao H X, Zhang L M, Li H Y. Eco-physiological effect of wheat bed-planting culture techniques. Shandong Agricultural Sciences, 1999, (4): 4-7.
- [10] Xie W, Pan M J, Zhai J P. Effects of different ridge culture and mulch pattern on soil physico-chemical properties, water consumption feature and maize yield. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2007, 20(3): 365-369.
- [11] Li S K, Zhao M, Xu Q F, Wang S A, Wang Y P, Wang M Y, Wang C T, Cao L P. A study on photosynthetic rates of inbred lines extensively used in China. Scientia Agricultura Sinica. 1999, 32 (2): 53-59.
- [12] Yang K J, Li M, Li Z H. Effect of cultivation methods and crop community construction on photosynthetic capacity and yield of spring maize in cold region. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(5): 78-83.
- [13] Qi H, Liang Y, Zhao M, Wang J Y, Wu Y N, Liu M. The effects of cultivation ways on population structure of maize. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2010, 25(3): 134-139.
- [14] Wang T C, Wei L, Wang Y, Wang J Z. Influence of sowing on ridges and straw mulching system on summer corn yield and growth related physiological parameters. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(4): 109-113.
- [15] Yuan H W, Lu Y G, Liu J X, Qui B W. The Effects of different cultivation ways on physiology and yield of maize. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(Supplement): 140-143.
- [16] Zhang S R. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance. Chinese Bulletin of Botany, 1999, 16(4): 444-448.
- [17] Wang J C, Yan C R, Bu Y S. Effects of vary soil moisture and fertility levels on chlorophyll fluorescence characteristics in maize. Chinese Journal of Agrometeorology, 2005, 26(2): 95-98.
- [18] Bolhar-Nordenkamf H R, Long S P, Bale N R, Oquist G, Scherier U, Lechner E G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. Functional Ecology, 1989, 3: 497-514.
- [19] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochim et Biophysica Acta, 1989, 990(1): 87-92.
- [20] Yu Z W. Crop cultivation. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 376-400.
- [21] Yang A M, Sun Y K, Meng L, Shen B. A study of the benefit of water-conserving and yield-increasing in slope field ridge tillage. Agricultural Research in the Arid Areas, 1997, 15(4): 6-9.
- [22] Duan X M, Wu P T, Bai X M, Feng H. Micro-rainwater catchment and planting technique of ridge film mulching and furrow seeding of corn in dryland. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(1): 143-146.
- [23] Wang X Q, Wang F H, Ren D C, Cao H X, Dong Y H. Micro-climatic effect of raised-bed planting of wheat and its influence on plant development and yield. Chinese Journal of Agrometeorology, 2003, 24(2): 5-8.
- [24] Tang X H, Luo Y J, Zhao G, Wei C F. Impacts of long-term ridge culture on humus substances properties in paddy soil. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(20): 106-112.
- [25] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochim et Biophysica Acta, 1989, 990: 87-92.
- [26] Wang Q C, Niu Y Z, Xu Q Z, Wang Z X, Zhang J. Effect of plant-type on rate of canopy apparent photosynthesis and yield in maize (*Zea mays* L.). Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(2): 223-227.
- [27] Peterson R B, Sivak M N, Walker D A. Relationship between steady-state fluorescence yield and photosynthetic efficiency in spinach leaf tissue. Plant Physiology, 1988, 88 (1): 158-163.
- [28] Khan M N A, Murayama S, Ishimine Y, Tsuzuki E, Nakamura I. Physio-morphological studies of F_1 hybrids in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Production Science, 1998, 1(4): 233-239.
- [29] Ren X L, Jia Z K, Chen X L, Han Q F, Li R. Effects of rainwater-harvested furrow/ridge system on spring corn productivity under different simulated rainfalls. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 1006-1015.

参考文献:

- [2] 黄雪清, 焦德茂, 李霞. 在光氧化条件下不同类型高产稻的叶绿素荧光特性和膜脂过氧化特点. 植物学报, 2002, 44(3): 279-286.
- [3] 刘景辉, 王志敏, 李立军, 张海明. 超高产是中国未来粮食安全的基本技术途径. 农业现代化研究, 2003, 24(3): 161-165.
- [4] 张琳, 张凤荣, 姜广辉, 姚慧敏. 我国中低产田改造的粮食增产潜力与食物安全保障. 农业现代化研究, 2005, 26(1): 22-25.
- [5] 李少昆, 王崇桃. 作物株型和冠层结构信息获取与表述的方法(综述). 石河子大学学报(自然科学版), 1997, 1(3): 250-256.
- [6] 周苏政, 李潮海, 常思敏, 连艳鲜, 刘奎. 起垄栽培对夏玉米生态环境及生长发育的影响. 河南农业大学学报, 2000, 34(3): 206-209.
- [7] 徐成忠, 孔晓民, 王超, 王法宏. 垄作栽培对夏玉米根系和叶片生长发育及产量性状的影响研究. 玉米科学, 2008, 16(1): 101-103.

- [8] 王敬亚, 齐华, 梁熠, 王晓波, 吴亚男, 白向历, 刘明, 孟显华, 许晶. 种植方式对春玉米光合特性、干物质积累及产量的影响. 玉米科学, 2009, 17(5): 113-115, 120.
- [9] 王法宏, 刘世军, 王旭清, 任德昌, 曹宏鑫, 张立民, 李汉元. 小麦垄作栽培技术的生态生理效应. 山东农业科学, 1999, (4): 4-7.
- [10] 谢文, 潘木军, 翟均平. 不同垄作覆盖栽培对土壤理化性状耗水特性和玉米产量的影响. 西南农业学报, 2007, 20(3): 365-369.
- [11] 李少昆, 赵明, 许启凤, 王树安, 王玉萍, 王美云, 王崇桃, 曹连莆. 我国常用玉米自交系光合特性的研究. 中国农业科学, 1999, 32(2): 53-59.
- [12] 杨克军, 李明, 李振华. 栽培方式与作物群体结构对寒地春玉米光合性能及产量的影响. 玉米科学, 2006, 14(5): 78-83.
- [13] 齐华, 梁熠, 赵明, 王敬亚, 吴亚男, 刘明. 栽培方式对玉米群体结构的调控效应. 华北农学报, 2010, 25(3): 134-139.
- [14] 王同朝, 卫丽, 王燕, 王俊忠. 垄作覆盖对夏玉米产量及生长相关生理参数的影响. 玉米科学, 2007, 15(4): 109-113.
- [15] 远红伟, 陆引罡, 刘均霞, 崔保伟. 不同耕作方式对玉米生理特征及产量的影响. 华北农学报, 2007, 22(增刊): 140-143.
- [16] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论. 植物学通报, 1999, 16(4): 444-448.
- [17] 王建程, 严昌荣, 卜玉山. 不同水分与养分水平对玉米叶绿素荧光特性的影响. 中国农业气象, 2005, 26(2): 95-98.
- [20] 于振文. 作物栽培学各论. 北京: 中国农业出版社, 2003: 376-400.
- [21] 杨爱民, 孙彦坤, 孟莉, 沈波. 坡耕地垄作区田保水增产效益的研究. 干旱地区农业研究, 1997, 15(4): 6-9.
- [22] 段喜明, 吴普特, 白秀梅, 冯浩. 旱地玉米垄膜沟种微集水种植技术研究. 水土保持学报, 2006, 20(1): 143-146.
- [23] 王旭清, 王法宏, 任德昌, 曹宏鑫, 董玉红. 小麦垄作栽培的田间小气候效应及对植株发育和产量的影响. 中国农业气象, 2003, 24(2): 5-8.
- [24] 唐晓红, 罗友进, 赵光, 魏朝富. 长期垄作对水稻土腐殖质特性的影响. 中国农学通报, 2010, 26(20): 106-112.
- [26] 王庆成, 牛玉贞, 徐庆章, 王忠孝, 张军. 株型对玉米群体光合速率和产量的影响. 作物学报, 1996, 22(2): 223-227.
- [29] 任小龙, 贾志宽, 陈小莉, 韩清芳, 李荣. 模拟不同雨量下沟垄集雨种植对春玉米生产力的影响. 生态学报, 2008, 28(3): 1006-1015.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamyia aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元