

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

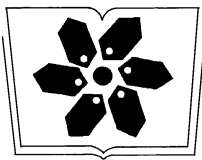
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
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 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化

卫 丽¹, 熊友才^{2,3}, Baoluo Ma³, 马 超¹, 张慧琴¹, 邵 阳¹, 李朴芳²,
程正国², 王同朝^{1,3,*}

(1. 河南农业大学农学院, 河南郑州 450002; 2. 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 甘肃兰州 730000;
3. 加拿大农业部东部谷物与油料研究中心, 安大略省渥太华 K1A 0C6)

摘要: 大田试验以夏玉米为试料, 采用裂区试验设计, 密度设计包含 75000、90000、105000 株/hm² 3 个密度作为主区, 每个密度处理包括: ①等行距 60 cm×单株留苗, ②等行距 60 cm×双株三角留苗, ③宽窄行距(宽行 70 cm + 窄行距 50 cm)×单株留苗和 ④宽窄行距×双株三角留苗共 12 种方式进行处理, 测定光合及叶绿素荧光参数。研究不同群体结构对夏玉米灌浆期群体光合特性的影响。结果表明, 在吐丝期, 随着种植密度的增加, 群体光合速率提高; 蜡熟期以 90000 株/hm² 最高, 种植方式上表现为宽窄行大于等行距种植, 双株留苗种植方式大于单株种植方式, 差异均达到显著水平; 随着种植密度的提高, 群体内 3 个层次叶片最大光能转换效率(F_v/F_m)、光化学猝灭系数(qP)逐渐降低, 种植方式基本表现为宽窄行大于等行距, 留苗方式表现为双株大于单株。试验条件下, 以 90000 株/hm², 宽窄行, 双株三角留苗产量最高。

关键词: 夏玉米; 群体; 光合; 荧光; 产量

Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities

WEI Li¹, XIONG Youcai^{2,3}, Baoluo Ma³, MA Chao¹, ZHANG Huiqin¹, SHAO Yang¹, LI Pufang², CHENG Zhengguo², WANG Tongchao^{1,3,*}

¹ Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

² MOE Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

³ Eastern Cereal and Oilseed Research Center, Agriculture and Agri-Food, Ottawa K1A 0C6, Ontario, Canada

Abstract: Population structure is one of the important factors affecting photosynthetic efficiency and yield formation of crop plants. A 3 × 4 factorial field experiment with maize (*Zea mays* L.) was arranged in a split plot design with 4 replications. Three population densities (75000, 90000, 105000 plants/hm²) were assigned in the main plots, each of which was divided into four subplots to host the planting patterns: 1) even plant spacing in a conventional 60 cm row, 2) double plants in a triangle arrangement in the same 60 cm row spacing, 3) even plant spacing in a twin-row arrangement with 50 cm within each twin-row and 70 cm row spacing between two twin-rows, and 4) similar to 3), but with double plants in a triangle arrangement within each row in the twin-row arrangement. During the grain filling period, photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters were measured. The results showed that under the high plant density, canopy apparent photosynthesis of double-plant planting pattern in the twin-row treatment was higher ($P < 0.05$) than that of the even plant spacing in the conventional 60 cm row spacing. With increasing plant densities, the values of F_v/F_m , and qP were all reduced slightly to significantly, there were larger reductions in the chlorophyll fluorescence parameters in twin-row than in single row planting patterns, and in double-plant planting pattern than in the equal-distance single row plant spacing. The 90000 plants/hm² density in double-plant planting pattern and twin-row spacing arrangement had the greatest canopy

基金项目: 河南省高校科技创新人才支持计划(2009HASTT006); 公益性行业(农业)科研专项(200903007-04); 河南省基础与前沿技术研究计划(30200063); 河南省重大公益性科研招标项目(091100910100); 河南商丘农田生态系统国家野外科学观测研究站开放基金

收稿日期: 2010-10-21; 修订日期: 2011-02-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wtewrn@126.com

photosynthetic productivity and greater yield.

Key Words: summer maize (*Zea mays* L.); population; photosynthetic performance; fluorescence; yield

种植密度的高低是影响玉米产量的重要因素之一。据报道,玉米种植密度由 55000 株/hm² 增加到 88000 株/hm²,玉米干物质积累增加 6%—40%^[1]。大量研究结果表明现代玉米生产在单位面积上的增产,应归因于密度的适宜提高而不是单株产量的增加^[2]。因此,在一定的生产条件基础上,适当增加种植密度是夺取玉米高产的一条重要途径。但随着种植密度的增加,群体内植株间相互遮阴,竞争加剧,下部叶片容易早衰,叶片功能期缩短,导致群体光合能力下降^[3-5]。

玉米生产过程是一个群体生产过程,不是单纯个体的总和。玉米群体结构包括群体的几何性状、数量性状和大田切片。群体光合作用也不再是单叶光合的累加,它较之单叶光合更为复杂,与干物质生产更为密切。群体光合作用还受植株冠层结构的影响。在单叶光合能力相同的情况下,叶面积大小和空间配置合理,更能有效利用太阳辐射能,形成较多的同化产物^[6-8]。因此如何改善群体与个体的关系,建立良好的群体结构以提高光能利用率成为玉米高产栽培技术的首要问题。本试验在密度栽培条件下,通过配置不同种植方式,研究不同群体结构对夏玉米群体光合及叶绿素荧光参数和产量的影响,以期玉米高产超高产栽培提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008 年 6—10 月在河南农业大学科教园区(113°38'39"E, 34°47'51"N)进行。前茬为小麦,土壤质地为壤土,耕层(0—25cm)土壤有机质含量 17.3g/kg,全氮 0.95g/kg,碱解氮 55.8mg/kg,速效磷 17.6mg/kg,速效钾 132.8mg/kg,pH 值为 7.2,土壤田间持水量 23.4%。

供试品种为郑单 958。试验采用裂区设计,主区为种植密度:分别为 75000、90000、105000 株/hm²,用 D1、D2、D3 表示;裂区为种植方式:分别为等行距种植(行距 60cm)和宽窄行种植(宽行距 70cm,窄行距 50cm),用 P1、P2 表示;裂区为留苗方式:单株留苗,双株三角留苗(每穴留两株,双株之间距离为 2—3cm),用 R1、R2 表示,共有 12 个处理组合(D1P1R1、D1P1R2、D1P2R1、D1P2R2、D2P1R1、D2P1R2、D2P2R1、D2P2R2、D3P1R1、D3P1R2、D3P2R1、D3P2R2),东西行向。

1.2 测定项目及方法

从吐丝期开始,挑选晴朗无风的天气于 8:30—

11:30 时进行取样测量。穗位叶为中部叶,穗位叶上第 4 片叶为上部叶,穗位叶下第 4 片叶为下部叶。取样及测量时选取有代表性植株,且受光方向一致的叶片进行,每小区测定 5 株,取其平均值。

1.2.1 群体光合速率测定

参照董树亭介绍的方法并稍加改进^[9-10]。分别于吐丝期、蜡熟期用 GXH-305A 型红外线 CO₂ 分析仪 9:00—11:00 时在田间直接测定,测定时间为 60s 左右,3 次重复。同化箱用铝合金制成,外罩为透明聚乙烯有机玻璃板,同化箱长 1.2m,宽 1.3m,高 1m,共 3 层,每层内 0.5m 处对角线安装 4 只 14 瓦轴流风机以搅匀同化箱内空气。群体光合速率计算公式如下:

$$P(\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}) = \frac{\Delta C \times V \times \frac{60}{t} \times \frac{44}{22.4} \times \frac{273}{273 + T}}{S} \times 10^{-6} \times 6.313$$

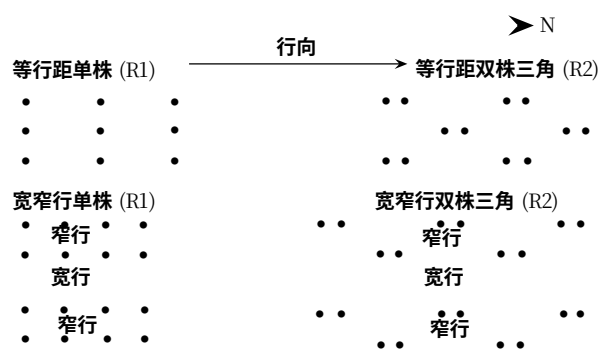


图 1 试验处理种植示意图

Fig. 1 The diagram of experimental treatments of maize planting

式中, ΔC 为测量前后二氧化碳浓度之差 ($\mu\text{L/L}$); V 为同化箱体积 (L); t 为测定时间 (min); T 为同化箱内温度 ($^{\circ}\text{C}$); S 为同化箱所罩土地面积 (m^2);

1.2.2 叶绿素含量测定

采用白宝璋的方法稍加改进^[11], 于吐丝后 0d、吐丝后 13d、吐丝后 26d、吐丝后 39d、吐丝后 52d 分别对 3 个层次的叶片进行测定, 选取代表性植株, 中部叶测定穗位叶, 上部叶测定穗位叶以上第 5 片叶, 下部叶测定穗位叶以下第五片叶 (下同), 每小区测定 5 株取平均值, 将索取样品用剪刀剪至宽 1mm 的碎屑, 称取 0.2g 装入 25mL 棕色容量瓶中, 95% 乙醇定溶, 避光保存一周左右于分光光度计下比色并计算含量。

1.2.3 荧光参数测定

用英国 Hansatech 公司的 FMS2 脉冲调制式荧光仪测定经过暗适应 15min 的最大荧光 (F_m)、初始荧光 (F_o)、光照条件下最大荧光 (F_m'), 每次测定时间为 9:30 到 12:00, 15:00 到 17:00, 测定时期及植株同光合测定相同。并计算 PS II 量子效率、PS II 最大光能转换效率 (F_v/F_m)、光化学猝灭系数 (qP)。分别按下列公式计算: $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$, $\Phi\text{PS II} = (F_m' - F_s)/F_m'$, $qP = (F_m - F_s)/(F_m - F_o)$ 。

1.3 数据处理与分析

试验数据采用 Microsoft Excel (Office 2003) 和 SAS8.1 软件进行统计分析, 用 LSD 检验法处理之间显著水平 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

1.2.1 群体结构对夏玉米群体光合速率影响

吐丝期群体光合速率随着种植密度的增加而增大且差异达到显著水平 ($P < 0.05$) (图 2)。同一密度不同种植方式间表现为宽窄行种植大于等行距, 双株大于单株且差异达到显著水平, 两两因素互作都达到显著水平 ($P < 0.05$), 但三因素互作差异不显著。蜡熟期群体光合速率表现为 $D2 > D1 > D3$, 且差异达到显著水平 ($P < 0.05$); 种植方式间宽窄行大于等行距, 双株大于单株且差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 两两因素互作及三因素间互作都达到显著水平 ($P < 0.05$)。由此可见, 群体光合速率在吐丝期与种植密度呈正相关, 株数越多有效光合叶面积就越多, 群体光合速率越大; 蜡熟期种植密度过大, 导致下部叶片早衰严重, 群体光合速率反而最低; 在较高密度下, 宽窄行和双株均有利于下部叶片光照条件的改善, 延长了其群体叶片功能期, 特别是中下部叶片, 对其群体光合能力增加均有正效应。

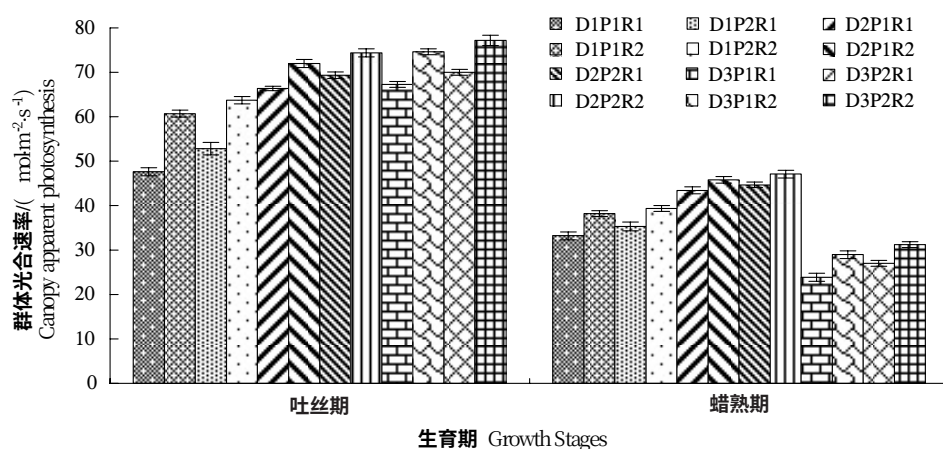


图 2 不同群体结构对夏玉米群体光合速率的影响

Fig. 2 Effects of different population structure on canopy apparent photosynthesis of summer maize

2.2 群体结构对夏玉米不同冠层叶片叶绿素含量影响

由图 3 可知, 随着种植密度的增加, 叶绿素 a+b 含量均呈降低趋势且差异达到显著水平 ($P < 0.05$); 不同种植密度间, 种植方式均表现为宽窄行大于等行距, 留苗方式基本表现为双株大于单株且差异达到显著水平

($P < 0.05$);三因素之间和两两因素之间互作未达到显著水平。上部叶叶片由于抽出时间最短,叶片中叶绿素在吐丝期还处于合成阶段,所以在吐丝期至吐丝后 13d 处于增加阶段;中部叶叶片在 D1 密度条件下,植株受光及发育情况良好,叶片叶绿素含量在吐丝期至吐丝后 13 天也处于增加阶段,而在密度 D3 条件下,由于植株内部郁蔽,光照条件较差,加之植株个体间对光合、水肥竞争激烈,使其叶绿素含量从吐丝期开始就呈逐渐减少的趋势;下部叶片由于抽出时间较长,加之长时间处于遮阴状态,长期的光“饥饿”使其呈逐渐衰老状态,叶绿素 a+b 含量呈逐渐减低的趋势。

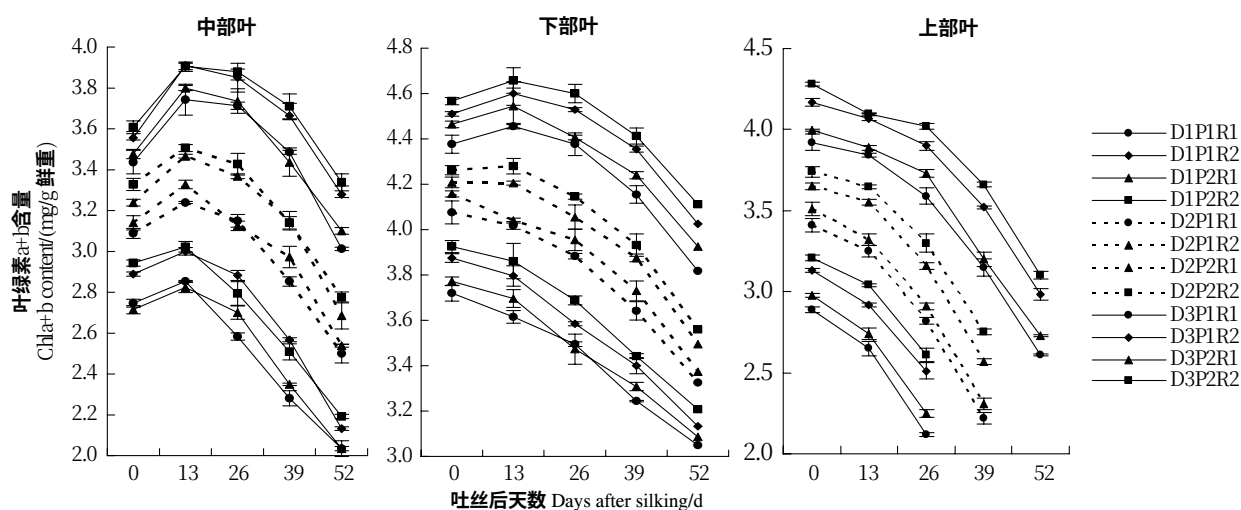


图 3 不同冠层次叶片叶绿素 a+b 含量的动态变化

Fig. 3 Changes of Chl(a+b) content of leaves at different positions in the canopy

2.3 群体结构对夏玉米不同冠层叶片 PS II 最大光能转换效率 F_v/F_m 影响

F_v/F_m 是暗适应光系统 II (PS II) 反应中心完全开放时原初光能转换效率,称为 PS II 最大光化学效率,或称最大 PS II 的光能转换效率。由图 4 可以看出,不同种植密度下 3 个层次叶片 F_v/F_m 基本随着生育期的推进呈逐渐降低的趋势,但中部叶在 D1 密度下于吐丝后 13d 略有升高;同一种植密度不同种植方式表现为宽窄行大于等行距,留苗方式表现为双株大于单株,且差异达到显著水平 ($P < 0.05$);两两因素之间和三因素互作对其影响不显著。中部叶片 F_v/F_m 始终大于上部叶片和下部叶片;在 D1 密度下于吐丝后 0d 至吐丝后 26d 表现为下部叶 > 上部叶,吐丝后 26d 至吐丝后 52d 表现为上部叶 > 下部叶;在 D2 和 D3 密度下,始终表现为上部叶 > 下部叶。这说明在高密度栽培下,由于植物的“拥挤效应”,群体内产生光胁迫,从而影响到光能转换效率。通过采用宽窄行和双株留苗方式改变植株空间分布,创造良好的通风透光条件,改善光在群体内分布和光能利用效率,提高各叶位对产量的贡献率。

2.4 群体结构对夏玉米不同冠层叶片光化学猝灭系数 qP 影响

由图 5 可知,随着灌浆进程的推进上部叶片光化学猝灭系数 qP 呈先升后降的趋势,D1 密度于吐丝后 26d 达到最大值,D2 和 D3 密度于吐丝后 13d 达到最大值;中部叶片在 D1 密度下随着灌浆期的推进也呈现先略微上升后下降的趋势于吐丝后 13d 达到最大值,D2 和 D3 两个密度呈逐渐下降的趋势;下部叶片 3 个密度均呈逐渐下降的趋势。3 个层次的叶片总体表现为中部叶片 qP 较稳定,在灌浆末期也有较高值,下部叶片在灌浆中前期大于上部叶片和中部叶片,而在灌浆中后期又小于上部叶片和中部叶片。种植方式上宽窄行大于等行距,双株大于单株,两两因素之间和三因素互作对其影响不显著。下部叶片虽然处于植株底部,光照条件较差,但其 PS II 天线色素捕获的光能转化为化学能的效率在灌浆前期很高,甚至高于上部叶片和中部叶片;在灌浆后期因为衰老的加剧,其光能转化为化学能的效率低于上部叶和中部叶,在宽窄行种植和双株留苗的情况下,下部叶片受光情况大大改善,其功能期也得到延长,光合能力显著提高,对产量的贡献加大。上部叶片虽然处于光照条件较好的植株上部,但因为其发育情况以及强光对其光合机构造成的破坏,光能转化为化

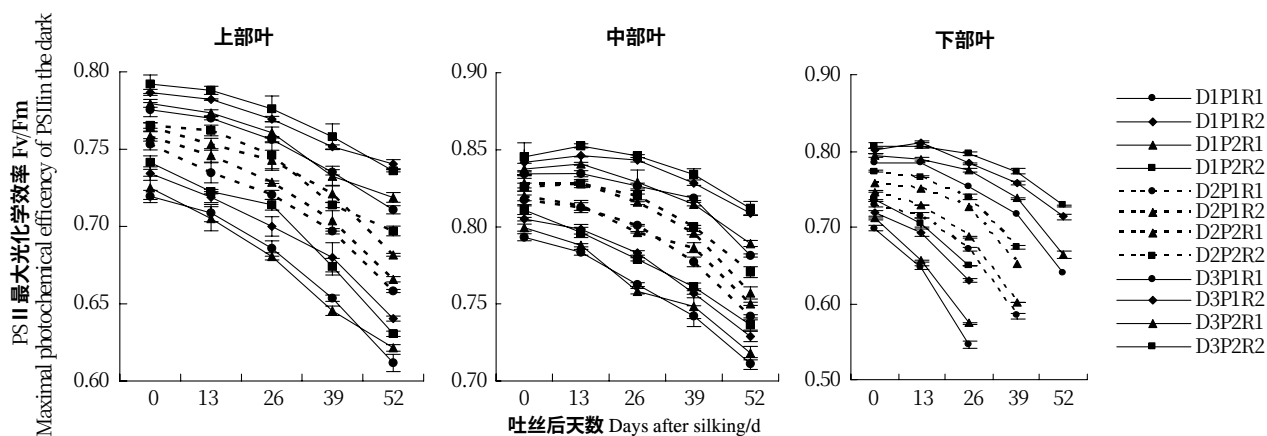


图4 不同群体结构对夏玉米不同冠层次叶片最大光能转换效率 F_v/F_m 的影响

Fig. 4 Effects of different population structures on F_v/F_m of leaves at different positions in the canopy of summer maize

学能的效率总体不高。因此,通过合理的改善冠层结构,为中下部叶片冠层营造良好的光照条件,将有利于整个群体产量潜力的发挥。

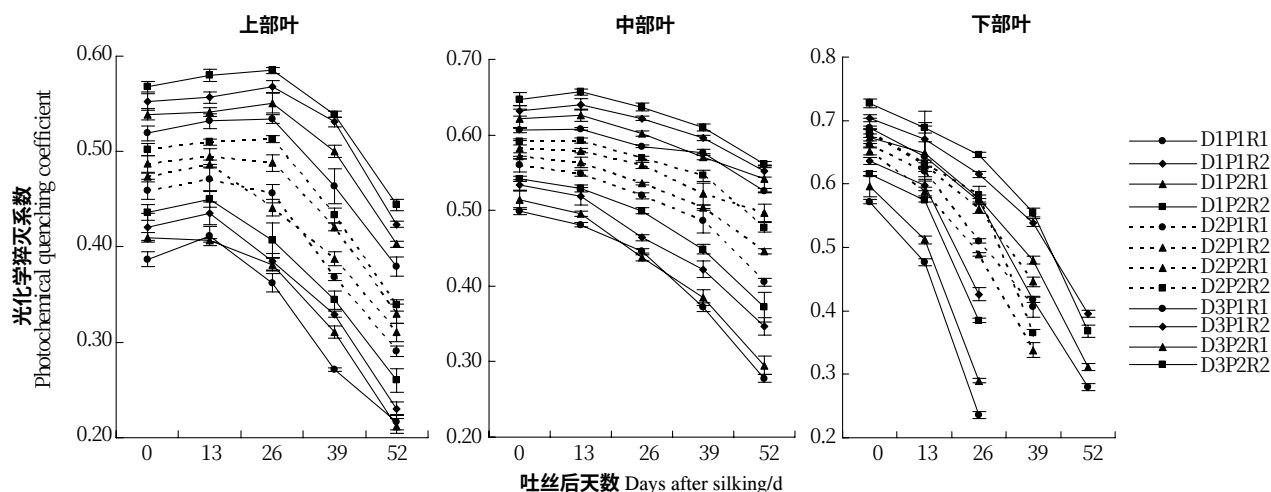


图5 不同群体结构对夏玉米不同冠层次叶片光化学淬灭系数 qP 的影响

Fig. 5 Effects of different population structures on qP of leaves at different positions in the canopy of summer maize

2.5 不同种植方式对玉米产量的影响

由表1可知,穗长和穗粗随着种植密度的增加而减小,宽窄行种植大于等行距种植,双株留苗大于单株留苗。秃尖长则随着种植密度的增加而增加,等行距种植大于宽窄行种植,单株留苗大于双株留苗。穗粒重和百粒重随着种植密度的增加而降低,宽窄行种植大于等行距种植,双株留苗大于单株留苗。密度为90000株/hm²玉米产量最高,其次分别为75000株/hm²和105000株/hm²,宽窄行种植玉米产量大于等行距种植,双株留苗大于单株留苗,差异都达到显著水平,综合不同密度和种植方式,产量以90000株/hm²、宽窄行种植和双株留苗处理组合(D2P2R2)最高。

3 讨论

作物的正相互作用是与竞争作用相反的种群生态过程。合理的种植密度应该是密度增加的群体效应要大于或等于个体库的减少总量,减少竞争效应、强化正相互作用。有关玉米种植密度的研究已有诸多报道^[12-17]。但群体结构的调节并非只有群体数量这一种影响因素,群体的几何性状及大田切片性状也是重要

表 1 群体结构对夏玉米玉米产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of different population structures on yield and yield components in summer maize

处理 Treatment			穗长/cm Ear length	穗粗/cm Ear width	秃尖长/cm Barren ear tips length	穗粒重/g Ear grain weigh	百粒重/g 100-kernel weight	产量/(kg/hm ²) Yield
D1	P1	R1	13.01 c	5.27 b	0.35 c	194.62 b	35.52 bc	8106.00 de
		R2	13.32 ab	5.32 a	0.31 cd	204.84 ab	36.56 a	8237.75 c
	P2	R1	13.05 bc	5.30 a	0.32 cd	200.30 ab	35.97 b	8189.17 cd
		R2	13.37 a	5.32 a	0.29 d	207.70 a	36.89 a	8272.83 c
D2	P1	R1	12.15 d	5.16 d	0.51 b	162.59 de	34.57 e	8973.75 b
		R2	12.38 d	5.15 c	0.49 b	171.54 cd	35.27 cd	9291.00 a
	P2	R1	12.22 d	5.19 d	0.48 b	166.30 cd	34.84 de	9030.00 b
		R2	12.45 d	5.21 c	0.47 b	175.60 c	35.51 bc	9391.00 a
D3	P1	R1	11.22f	5.06 f	0.79 a	134.67 h	32.74 g	7679.00 f
		R2	11.58 e	5.08 e	0.76 a	147.25 fg	33.64 f	8013.25 e
	P2	R1	11.32 ef	5.11 f	0.77 a	139.60 gh	33.13 g	7799.75 f
		R2	11.61 e	5.15 d	0.75 a	152.60 ef	34.01 f	8226.17 cd

的影响因素。合理的群体冠层结构应追求较高的叶面积指数且使之尽早达到最佳状态、减少前期光能漏射损失的同时,保证了叶片维持较长的功能期,尤其在吐丝至乳熟期间,这将对产量起决定作用^[18]。夏玉米浚单20 随着种植密度从 60000 株/hm²增加到 90000 株/hm²,吐丝期、灌浆期群体冠层的风速、光强、温度、湿度微生境发生显著变化,严重影响到玉米叶斑病发生及产量^[19]。刘开昌等^[20]系统研究了两个玉米品种不同密度群体冠层内光合有效辐射、CO₂浓度、温度、风速、相对温度等小气候因子垂直分布及其变化,提出密度能显著影响小气候因子在群体中分布,并最终反映在群体的有效贮积能量上,通过合理密植能调节群体结构,充分利用小气候资源,获得较高有效贮积能量。本研究表明在高密度种植条件下,通过改变种植方式及留苗方式来改变群体结构,形成独特的玉米群体几何性状及大田切片性状。研究结果表明群体光合速率在吐丝期与种植密度呈正相关,株数越多有效光合叶面积就越多,群体光合速率越大;蜡熟期种植密度过大,导致下部叶片早衰严重,群体光合速率反而最低,但是通过采用宽窄行和双株配置方式,均有利于下部叶片光照条件的改善,提高 F_v/F_m 值,延长了其群体叶片功能期,群体光合能力增加均有正效应,因此,高密度下栽培改变种植方式可强化群体的密度效应,有利于群体产量提高。

叶绿素荧光参数在测定叶片光合作用过程中光系统对光能的吸收、传递、耗散、分配等方面具有独特的作用,被称为测定叶片光合功能快速、无损伤的探针^[21-23]。徐建明^[24-25]等对“棒三叶”叶片的叶绿素荧光参数研究表明,大行距双株栽培其光合能力增强,表现为实际光化学效率显著增加。杨有为^[26]等认为适宜的栽培密度有利于提高玉米叶片的光合速率、光化学猝灭系数,降低了叶片的呼吸速率和非光化学猝灭系数。在其它作物上,也有大量类似的研究结果^[27-28]。本研究表明随着种植密度的增加,夏玉米群体内 3 个层次叶片的叶绿素 a+b 含量呈降低趋势,表现为中部叶片>下部叶片>上部叶片,这说明下部叶片在灌浆前期仍有较强的光合能力。3 个层次叶片 F_v/F_m 基本随着生育期的推进呈逐渐降低的趋势,中部叶片 F_v/F_m 始终大于上部叶片和下部叶片,随着种植密度的提高, F_v/F_m 逐渐降低,种植方式基本表现为宽窄行大于等行距,留苗方式表现为双株大于单株,说明下部叶片在灌浆中前期对光能的转换效率较高,应为其创造良好的通风透光条件,提高其对产量的贡献率。上部叶片处于植株顶部,光照条件最好,但也最容易造成强光对光合机构的破坏,随着灌浆的推进,其非光化学耗散也逐渐增强;中部叶由于发育处于植株中部,发育情况及光照条件相对较好,在整个灌浆期间一直处于较高水平。下部叶片虽然处于植株底部,光照条件较差,但其 PS II 天线色素捕获的光能转化为化学能的效率在灌浆前期很高,甚至高于上部叶片和中部叶片;在灌浆后期因为衰老的加剧,其光能转化为化学能的效率低于上部叶和中部叶,在宽窄行种植和双株留苗的情况下,下部叶片受光情况大大改善,

其功能期也得到延长,光合能力显著提高,对产量的贡献加大。因此,通过改善冠层结构,为中下部叶片冠层营造良好的光照条件,将有利于整个群体产量潜力的发挥。

增加种植密度提高单位面积收获穗数和平均叶面积系数,提高玉米产量,但是密度增加导致群体内受光较差,尽管高密度栽培群体表现出自我调节的能力,改变群体穗位叶及其以上部位叶片的受光姿态,但是这种调节是很有限的,解决这一问题的关键是通过宽窄行种植及双株留苗种植方式的改变,改善群体冠层结构,优化中下部冠层叶片的光照条件,提高其光合性能及物质生产能力并且延长其功能期,有利于群体内通风,使冠层微环境与大气环境的物质与能量交换的效率得到提高,这样既保证了群体的数量,又平衡了群体内个体植株之间的对光温等生态资源的竞争。在相同群体数量条件下,宽窄行种植及双株留苗使冠层结构更加趋于合理,本试验条件下,以 90000 株/hm²,宽窄行,双株三角留苗处理组合产量最高,这为黄淮海生态区玉米高产超高产结构挖潜提供新的技术突破途径。

References:

- [1] Rutger J N, Crowder L V. Effect of population and row width on corn silage yields. *Agronomy Journal-Abstract*, 1967, 59(5): 475-476.
- [2] Tokatlidis I S, Koutroubas S D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research*, 2004, 88(2/3): 103-114.
- [3] Jia S F, Dong S T, Wang K J, Zhang J W, Liu P. Effects of weak light stress on grain yield and photosynthetic traits of maize. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(11): 2456-2461.
- [4] Li C H, Zhao Y L, Yang G H, Luan L M, Wang Q, Li N. Effects of shading on photosynthetic characteristics of different genotype maize. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(6): 1259-1264.
- [5] Li C H, Zhao Y L, Wang Q, Luan L M, Li N. Effects of shading on the senescence of leaves and yield of different genotype maize. *Journal of maize Sciences*, 2005, 13(4): 70-73.
- [6] Guo J, Xiao K, Guo X Y, Zhang F L, Zhao C J. Review on maize canopy structure, light distributing and canopy photosynthesis. *Journal of Maize Sciences*, 2005, 13(2): 55-59.
- [7] Dong S T, Wang K J, Hu C H. Development of canopy apparent photosynthesis among maize varieties from different eras. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(2): 200-204.
- [8] Xu Q Z, Wang Q C, Niu Y Z, Wang Z X, Zhang J. Studies on relationship between plant type and canopy photosynthesis in maize. *Acta Agronomica Sinica*, 1995, 21(4): 492-496.
- [9] Wang Q C, Liu K C, Zhang X Q, Wang C Y. Canopy Photosynthesis of Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Maize Sciences*, 2001, 9(4): 57-61.
- [10] Xue Z Z, Lu H D, Lin J X, Yang R Z. Effect on single plant and population efficiency by different density on maize. *Journal of maize Science*, 1999, 7(2): 52-54.
- [11] Bai B Z, Zhu G F, Chen Y, Dong G H, Bai S. Rapid assay of photosynthetic pigment content in corn leaves. *Journal of maize Science*, 1994, 2(2): 77-79.
- [12] Lv L H, Wang P, Yi Z X, Wei F T, Liu M. Effects of plant density on photosynthetic character and yield trait in summer corn. *Journal of Maize Sciences*, 2007, 15(2): 79-81.
- [13] Qi Y F, Xu F Z, Zhou Z H, Xing Y J, Xu L H, Qiu D L. Effect of plant density on photosynthesis capability of new maize hybrid luyundan 22. *Acta Agricultural Nucleatae Sinica*, 2004, 18(1): 14-17.
- [14] Ruan P J, Ma J, Mei Y, Yang Y P. Effect of different density and N-application rate on maize quality. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2004, 20(6): 147-149.
- [15] Wang X M, Cui K, Liu Y L. Study on the correlation between the anthesis-silking interval and grain yield of maize in diferent planting density. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2003, 28(4): 5-7.
- [16] Yang L H, Zhang L H, Yang S L, Ma R K. Responses of ear characters of corn with uneven plant height to planting density. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2008, 31(1): 12-15, 19-19.
- [17] Maddonni G A, Otegui M E, Cirilo A G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Research*, 2001, 71(3): 183-193.
- [18] Cao N, Yu H Q, Wang S B, Yu T, Cao M J. Analysis on canopy structure and photosynthetic characteristics of high yield maize population. *Journal of Maize Sciences*, 2006, 14(5): 94-97.
- [19] Ma J H, Liu T X, Dong P F, Zhi C B, Li C H. Study on canopy microhabitat of xundan20 in different planting densities. *Journal of Maize Sciences*, 2010, 18(2): 54-58.
- [20] Liu K C, Zhang X Q, Wang Q C, Wang C Y, Li A Q. Effect of plant density on microclimate in canopy of maize (*Zea mays* L.). *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, 24(4): 489-493.

- [21] Zhang S R. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance. *Chinese Bulletin of Botany*, 1999, 16(4): 444-448.
- [22] Zhao H J, Zou Q, Yu Z W. Chlorophyll fluorescence analysis technique and its application to photosynthesis of plant. *Journal of Henan Agricultural University*, 2000, 34(3): 248-251.
- [23] Zhang Y P, Yang S Z, Hong J, Zhang B, Meng F G, Gong P, Zhang Y L. Detection of weak fluorescence signal in the chlorophyll fluorometer. *Chinese Journal of Quantum Electronics*, 2005, 22(2): 169-172.
- [24] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence and the rate of photosystem II photochemistry in leaves. *Biochimical Biophysica Acta*, 1989, 900: 87-92.
- [25] Xu J M, Gao H Q, Mao S G, Wang X, Li C S, Ji Y Q, Lu W P. Effects of wide row space double plant cultivation on the characteristic of photosynthesis at later growth stage in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition*, 2008, 29(1): 66-70.
- [26] Yang Y W, Wu X D. Effect of the different planting densities on the photosynthetic characteristics. Chlorophyll fluorescence parameters and yield of waxy maize. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(18): 8403-8405.
- [27] Zhang Y L, Zhang Z Y, Li Y J, Liu H, Li J. Chlorophyll fluorescence characteristics of *Achyranthes bidentata* under different planting densities. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(7): 1089-1094.
- [28] Guo T C, Wang S L, Wang C Y, Zhang H Q, Fang B T. Effect of planting density on fluorescence induction kinetic parameters in different gluten wheat cultivars. *Journal of Triticeae Crops*, 2005, 25(3): 63-66.

参考文献:

- [3] 贾士芳,董树亭,王空军,张吉旺,刘鹏. 弱光胁迫对玉米产量及光合特性的影响. *应用生态学报*, 2007, 18(11): 2456-2461.
- [4] 李潮海,赵亚丽,杨国航,栾丽敏,王群,李宁. 遮光对不同基因型玉米光合特性的影响. *应用生态学报*, 2007, 18(6): 1259-1264.
- [5] 李潮海,王群,赵亚丽,栾丽敏,李宁. 遮光对不同基因型玉米叶片衰老和产量的影响. *玉米科学*, 2005, 13(4): 70-73.
- [6] 郭江,肖凯,郭新宇,张凤路,赵春江. 玉米冠层结构、光分布和光合作用研究综述. *玉米科学*, 2005, 13(2): 55-59.
- [7] 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. *作物学报*, 2000, 26(2): 200-204.
- [8] 徐庆章,王庆芷,牛玉贞,王忠孝,张军. 玉米株型与群体光合作用的关系研究. *作物学报*, 1995, 21(4): 492-496.
- [9] 王庆成,刘开昌,张秀清,王春英. 玉米的群体光合作用. *玉米科学*, 2001, 9(4): 57-61.
- [10] 薛珠政,卢和顶,林建新,杨人震. 种植密度对玉米单株和群体效应的影响. *玉米科学*, 1999, 7(2): 52-54.
- [11] 白宝璋,朱广塞,陈颖,董贵华,白崧. 玉米光合色素含量快速测定. *玉米科学*, 1994, 2(2): 77-79.
- [12] 吕丽华,王璞,易镇邪,魏凤桐,刘明. 密度对夏玉米品种光合特性和产量性状的影响. *玉米科学*, 2007, 15(2): 79-81.
- [13] 齐延芳,许方佐,周柱华,邢燕菊,徐立华,邱登林. 种植密度对玉米鲁原单 22 光合作用的影响. *核农学报*, 2004, 18(1): 14-17.
- [14] 阮培均,马俊,梅艳,杨远平. 不同密度与施氮量对玉米品质的影响. *中国农学通报*, 2004, 20(6): 147-149.
- [15] 王晓梅,崔坤,刘玉兰. 不同密度玉米品种雌雄穗开花间隔与产量相关性的研究. *吉林农业科学*, 2003, 28(4): 5-7.
- [16] 杨利华,张丽华,杨世丽,马瑞昆. 不同株高玉米果穗性状对种植密度的反应. *河北农业大学学报*, 2008, 31(1): 12-15, 19-19.
- [17] 曹娜,于海秋,王绍斌,于挺,曹敏建. 高产玉米群体的冠层结构及光合特性分析. *玉米科学*, 2006, 14(5): 94-97.
- [18] 马俊峰,刘天学,董朋飞,职承斌,李潮海. 浚单 20 不同密度群体冠层微生境研究. *玉米科学*, 2010, 18(2): 54-58.
- [19] 刘开昌,第秀清,王庆成,王春英,李爱芹. 密度对玉米群体冠层内小气候的影响. *植物生态学报*, 2000, 24(4): 489-493.
- [20] 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.
- [21] 赵会杰,邹琦,于振文. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用. *河南农业大学学报*, 2000, 34(3): 248-251.
- [22] 张玉平,杨世植,洪津,张彪,孟凡凤,龚平,张玉亮. 叶绿素荧光仪中微弱荧光信号的探测. *量子电子学报*, 2005, 22(2): 169-172.
- [23] 徐建明,高红权,毛善国,汪鑫,李才生,稽友权,陆卫平. 大行距双株栽培对玉米后期光合特性的影响. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 2008, 29(1): 66-70.
- [24] 杨有为,吴锡冬. 不同栽培密度对糯玉米光合特性、叶绿素荧光参数及产量性状的影响. *安徽农业科学*, 2009, 37(18): 8403-8405.
- [25] 张艳丽,张重义,李友军,刘辉,李娟. 不同密度下牛膝叶绿素荧光特性的比较. *生态学杂志*, 2008, 27(7): 1089-1094.
- [26] 郭天财,王书丽,王晨阳,张慧琴,方保停. 种植密度对不同筋力型小麦品种荧光动力学参数及产量的影响. *麦类作物学报*, 2005, 25(3): 63-66.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

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

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.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