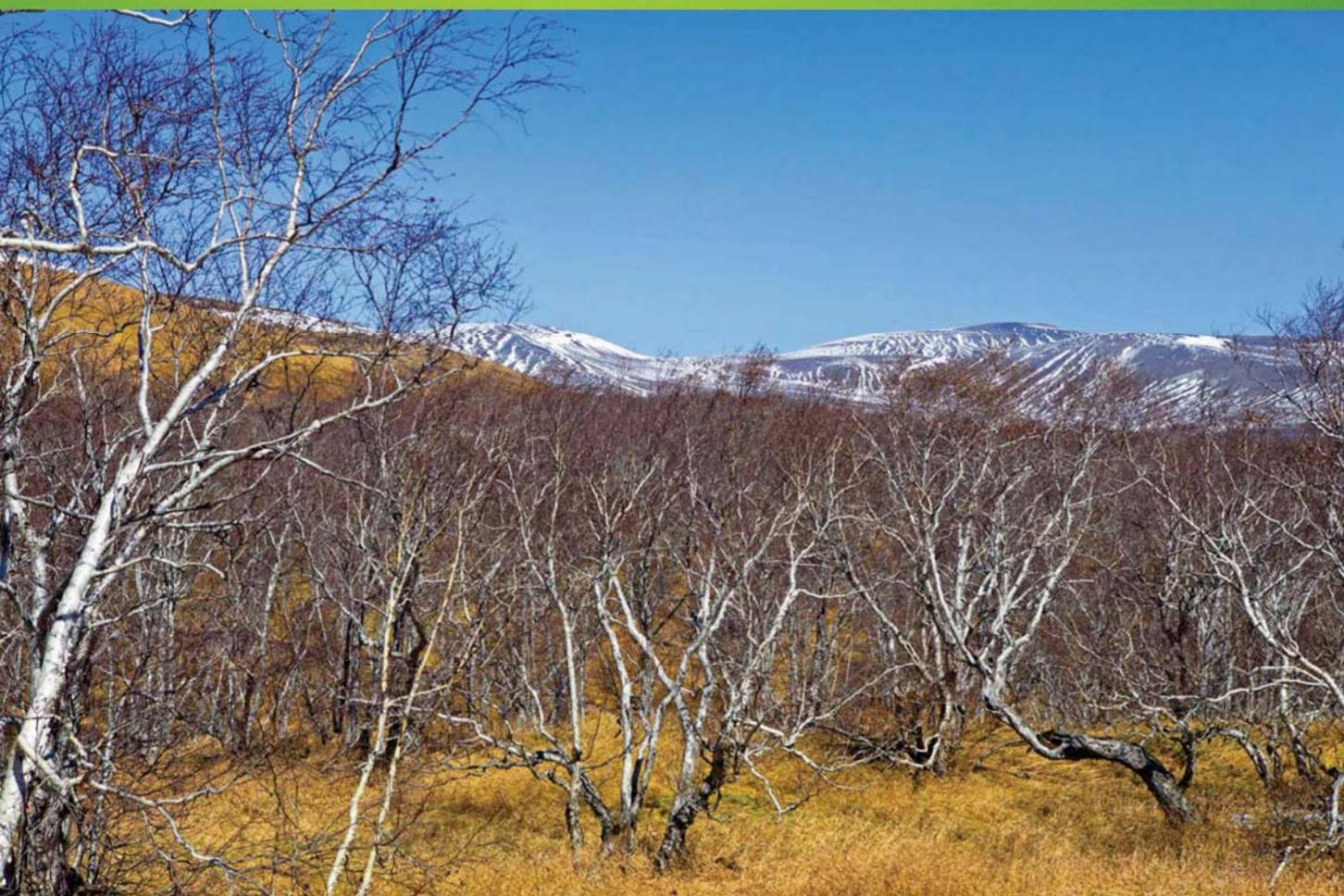


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第12期 Vol.33 No.12 **2013**

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33卷第12期 2013年6月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

森林低温霜冻灾害干扰研究综述..... 李秀芬,朱教君,王庆礼,等 (3563)

碱蓬属植物耐盐机理研究进展..... 张爱琴,庞秋颖,阎秀峰 (3575)

个体与基础生态

中国东部暖温带刺槐花期空间格局的模拟与预测..... 徐琳,陈效速,杜星 (3584)

长白山林线树种岳桦幼树叶功能型性状随海拔梯度的变化..... 胡启鹏,郭志华,孙玲玲,等 (3594)

油松天然次生林居群遗传多样性及与产地地理气候因子的关联分析..... 李明,王树香,高宝嘉 (3602)

施氮对木荷3个种源幼苗根系发育和氮磷效率的影响..... 张蕊,王艺,金国庆,等 (3611)

围封对内蒙古大针茅草地土壤碳矿化及其激发效应的影响..... 王若梦,董宽虎,何念鹏,等 (3622)

干热河谷主要造林树种气体交换特性的坡位效应..... 段爱国,张建国,何彩云,等 (3630)

生物降解对黑碳及土壤上苯酚脱附行为的影响..... 黄杰勋,莫建民,李非里,等 (3639)

3个树种对不同程度土壤干旱的生理生化响应..... 吴芹,张光灿,裴斌,等 (3648)

冬小麦节水栽培群体“穗叶比”及其与产量和水分利用的关系..... 张永平,张英华,黄琴,等 (3657)

不同秧苗素质和移栽密度条件下臭氧胁迫对水稻光合作用、物质生产和产量的影响.....

..... 彭斌,李潘林,周楠,等 (3668)

根域限制下水氮供应对膜下滴灌棉花叶片光合生理特性的影响..... 陶先萍,罗宏海,张亚黎,等 (3676)

光照和生长阶段对菖蒲根系泌氧的影响..... 王文林,王国祥,万寅婧,等 (3688)

植物病原菌拮抗性野生艾蒿内生菌的分离、筛选和鉴定..... 徐亚军,赵龙飞,陈普,等 (3697)

不同生物型棉蚜对夏寄主葫芦科作物的选择..... 肖云丽,印象初,刘同先 (3706)

性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响..... 曾宾宾,邵明勤,赖宏清,等 (3712)

种群、群落和生态系统

基于干扰的汪清林区森林生态系统健康评价..... 袁菲,张星耀,梁军 (3722)

洞庭湖森林生态系统空间结构均质性评价..... 李建军,刘帅,张会儒,等 (3732)

景观、区域和全球生态

川西米亚罗林区不同海拔岷江冷杉生长对气候变化的响应..... 徐宁,王晓春,张远东,等 (3742)

2001—2010年内蒙古植被净初级生产力的时空格局及其与气候的关系.....

..... 穆少杰,李建龙,周伟,等 (3752)

地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响..... 侯明行,刘红玉,张华兵,等 (3765)

毛乌素沙地南缘植被景观格局演变与空间分布特征..... 周淑琴,荆耀栋,张青峰,等 (3774)

贵州白鹇湖沉积物中孢粉记录的5.5 kaB. P. 以来的气候变化..... 杜荣荣,陈敬安,曾艳,等 (3783)

典型河谷型城市春季温湿场特征及其生态环境效应..... 李国栋,张俊华,王乃昂,等 (3792)

秦岭南北近地面水汽时空变化特征..... 蒋冲,王飞,喻小勇,等 (3805)

露天矿区景观生态风险空间分异..... 吴健生,乔娜,彭建,等 (3816)

基于 Holdridge 和 CCA 分析的中国生态地理分区的比较 孔艳,江洪,张秀英,等 (3825)

资源与产业生态

中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的 SBM 模型分析 潘丹,应瑞瑶 (3837)

舟山市东极大黄鱼养殖系统能值评估..... 宋科,赵晟,蔡慧文,等 (3846)

不同基因型玉米间混作优势带型配置..... 赵亚丽,康杰,刘天学,等 (3855)

气候与土壤对烤后烟叶类胡萝卜素和表面提取物含量的影响..... 陈伟,熊晶,陈懿,等 (3865)

城乡与社会生态

成都市沙河主要绿化树种固碳释氧和降温增湿效益 张艳丽,费世民,李智勇,等 (3878)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-06



封面图说: 长白山南坡的岳桦林——长白山岳桦林位于海拔约 1700—2000m 之间的山坡。这种阔叶林分布在针叶林带的上面,成为山地森林的上缘种类,在世界山地森林中实属罕见。岳桦能够顽强地抗御长白山潮湿、寒冷、强风等恶劣气候因素,在严酷的环境条件下形成纯林,是与其独特的生长发育机理密切相关的。岳桦的枝干颇具韧性,在迎风处,由于风吹雪压,树干成片地向背风侧倾斜,这种特性使它能不畏风雪,顽强生存。随着海拔的升高,岳桦林也逐渐矮化,这是岳桦林保护自身生存,适应大自然的结果。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201211131593

赵亚丽, 康杰, 刘天学, 李潮海. 不同基因型玉米间混作优势带型配置. 生态学报, 2013, 33(12): 3855-3864.

Zhao Y L, Kang J, Liu T X, Li C H. Optimum stripe arrangement for inter-cropping and mixed-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(12): 3855-3864.

不同基因型玉米间混作优势带型配置

赵亚丽^{1,2}, 康 杰¹, 刘天学^{1,2}, 李潮海^{1,2,*}

(1. 河南农业大学农学院, 郑州 450002; 2. 农业部玉米区域技术创新中心, 郑州 450002)

摘要: 为了确定不同基因型玉米间混作的优势带型配置, 采用高矮秆玉米豫单 610 || 郑单 958 (YD610 || ZD958) 间混作和株高相近玉米登海 662 || 浚单 20 (DH662 || XD20) 间混作, 研究不同间混作带型配置模式对两个玉米间混作群体的产量、抗逆性、光合性能及田间小气候的影响。结果表明: YD610 || ZD958 和 DH662 || XD20 间混作群体均比单作有显著的增产效果。高矮秆玉米 YD610 || ZD958 间混作以行比 2:4 (I2:4) 的土地当量比 (LER) 最高, I2:4 的 LER 分别比行比 1:1 (I1:1)、行比 2:2 (I2:2) 和混作 (M) 高 8.1%、2.1% 和 1.2%。株高相近玉米 DH662 || XD20 间混作以行比 2:2 的 LER 最高, I2:2 的 LER 分别比 I1:1、I2:4 和 M 高 6.2%、4.0% 和 9.3%。间混作群体增产的主要原因在于增强了群体的抗病和抗倒伏能力, 改善了群体的通风、透光状况, 使群体叶面积指数和光合速率提高。因此, 当高矮秆玉米品种搭配间混作时, 宜采用行比 2:4 间作带型模式 (2 行高秆品种, 4 行低秆品种); 而株高相近玉米品种搭配间混作时, 宜采用行比 2:2 间作带型模式。

关键词: 玉米; 间混作; 带型; 基因型; 土地当量比

Optimum stripe arrangement for inter-cropping and mixed-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes

ZHAO Yali^{1,2}, KANG Jie¹, LIU Tianxue^{1,2}, LI Chaohai^{1,2,*}

1 Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

2 Regional Center for New Technology Creation of Corn of Department of Agriculture of People's Republic of China, Zhengzhou 450002, China

Abstract: Inter-cropping and mixed-cropping can increase the yield and stress resistance of maize. The inter- and mixed-cropping of different maize cultivars with different mature plant heights can improve aeration and transmittance conditions and increase the leaf area index, marginal effect, and rate of photosynthesis, all of which can increase grain yield. The inter- and mixed-cropping of different maize cultivars with different levels of resistance to disease, pests, lodging, and drought can also increase yield size and stability. The yield of maize can also be increased by inter- and mixed-cropping of different maize genotypes. In all these cases, suitable stripe arrangements are vital to success—here defined as creating a larger, more stable yield. However, previous studies on inter- and mixed-cropping have mainly focused on 1:1 stripe arrangements. There is currently a dearth of research into optimal stripe arrangements for inter- and mixed-cropping of maize. For these reasons, the present study was designed to investigate the effects of stripe arrangement on inter- and mixed-cropping outcomes with respect to maize yield, resistance to disease and lodging, photosynthesis capability and microclimate, and establish optimum stripe arrangement for inter- and mixed-cropping of different maize genotypes.

A study with four maize cultivars: Yudan 610 (YD610, 281 cm, high resistance to *Curvularia* Leaf Spot), Zhengdan 958 (ZD958, 246 cm, susceptibility to *Curvularia* Leaf Spot), Denghai 662 (DH662, 254 cm, high resistance to

基金项目: 国家现代玉米产业技术体系专项 (nycytx-02-19)

收稿日期: 2012-11-13; 修订日期: 2013-03-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lichaohai2005@163.com

lodging), and Xundan 20 (XD20, 249 cm, susceptibility to lodging) was conducted during 2010 and 2011. The inter- and mixed-cropping system YD610 || ZD958 incorporates the YD610 and ZD958 cultivars, which differ markedly in height. This system was implemented in Luohe and Zhengzhou. The treatments were an inter-cropping row ratio of 1:1 (I1:1), inter-cropping row ratio of 2:2 (I2:2), row ratio of 2:4 (I2:4), mixed-cropping (M), and two monoculture cultivars (YD601S and ZD958S). The inter- and mixed-cropping system DH662 || XD20, which incorporates DH662 and XD20, which are similar in height, was implemented in Anyang and Xinxiang. Six treatments were used in each inter- and mixed-cropping system. Specifically, these treatments were an inter-cropping row ratio of 1:1 (I1:1), inter-cropping row ratio of 2:2 (I2:2), row ratio of 2:4 (I2:4), mixed-cropping (M), and two monoculture cultivars (DH662S and XD20S). The effects of stripe arrangement yield, land equivalent ratio (LER), resistance to disease and lodging, photosynthesis, and microclimate were studied in both inter- and mixed-cropping systems.

The results showed the yields of YD610 || ZD958 and DH662 || XD20 inter- and mixed-cropping systems to be significantly higher than that of either monoculture system. The LER of row ratio of 2:4 (I2:4) of YD610 || ZD958 inter-cropping system was 8.1%, 2.1%, and 1.2% higher than the treatments with I1:1, I2:2, and M. The LER of row ratio of 2:2 (I2:2) of DH662 || XD20 inter-cropping system was 6.2%, 4.0%, and 9.3% higher than the treatments of I1:1, I2:4, and M. Higher resistance to disease and lodging, better aeration and transmittance condition, larger leaf area index (LAI), and photosynthetic rate (P_n) of inter- and mixed-cropping systems were found to be the main causes of the increase in yield. The results suggested that a row ratio of 2:4 (2 rows for the taller cultivar and 4 rows for the shorter cultivar) was the optimum stripe arrangement for maize inter- and mixed-cropping systems incorporating cultivars of different heights, while the row ratio of 2:2 was the optimum stripe arrangement for maize inter- and mixed-cropping systems incorporating cultivars of similar heights.

Key Words: maize; inter-cropping and mixed-cropping; stripe arrangement; genotype; land equivalent ratio

间混作是农业生产中一种增产效果明显的栽培方式^[1]。合理的作物间混作通过构建生态位互补的作物群体来协调作物间的竞争与互补关系,不仅可以充分利用自然资源,减轻病虫害危害,减少环境污染,降低生产成本,还能有效提高群体产量和整体经济效益^[2-4]。由于同种作物不同品种间的生态位也不尽相同^[5],利用玉米种内遗传多样性进行不同基因型玉米间混作的试验报道日渐增多。研究表明,不同玉米杂交种间混作可以提高玉米产量^[6-7]。高、矮不同的玉米杂交种间作,可改善群体的通风透光条件,增加群体光合面积,提高光能利用率,增加边际效应,群体产量显著提高^[8-9]。抗性不同的玉米杂交种间作,可以增强群体抗病虫、抗倒伏和对干旱的适应能力,并且在后期可维持较高的叶面积和光合速率,有利于实现玉米的高产和稳产^[5,10]。不同基因型玉米间混作可以提高复合群体的产量和抗逆性,而创建合理的间混作模式是发挥间混作系统高产和稳产的关键。但以往不同基因型玉米间作研究的带型大都采用行比 1:1 或行比 2:2 的单一模式,关于间混作带型配置的研究很少。本试验在前期研究的基础上,探讨不同间混作带型配置模式对玉米产量、抗逆性、生理效应和田间小气候的影响,以期确立双基因型玉米间混作的优势带型模式及其生产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010—2011 年在河南省漯河、郑州、新乡和安阳 4 市进行。4 个试验地的主要气象数据见表 1。其中,漯河和郑州两地玉米生育后期雨水较多,玉米易发生叶部病害;新乡和安阳两地玉米生育后期大风较多,玉米易发生倒伏。

1.2 试验设计

试验设单作(S)、间作(I)和混作(M)3 种植方式。其中,间作按照行比设 1:1 (I1:1)、2:2 (I2:2) 和 2:4 (I2:4) 配比模式;混作为隔穴播种,保证同一行内两品种的株数相同。供试玉米品种为:豫单 610 (YD610)、郑

单 958 (ZD958)、登海 662 (DH662) 和浚单 20 (XD20)。其中, 豫单 610 株高 281 cm, 高抗弯孢菌叶斑病; 郑单 958 株高 246 cm, 高感弯孢菌叶斑病, 二者组合构成高矮相间的抗病性互补间混作群体 YD610 || ZD958, 在漯河和郑州进行试验。YD610 || ZD958 间混作群体的组合分别标记为: YD610S (YD610 单作)、ZD958S (ZD958 单作)、I1:1 (间作行比 1:1)、I2:2 (间作行比 2:2)、I2:4 (间作行比 2:4) 和 M (混作)。登海 662 株高 254 cm, 穗位高 89 cm, 抗倒性强; 浚单 20 株高 249 cm, 穗位高 113 cm, 抗倒性较差, 二者组合构成株高相近的抗倒性互补间混作群体 DH662 || XD20, 在新乡和安阳进行试验。DH662 || XD20 间混作群体的组合分别标记为: DH662S (DH662 单作)、XD20S (XD20 单作)、I1:1 (间作行比 1:1)、I2:2 (间作行比 2:2)、I2:4 (间作行比 2:4) 和 M (混作)。

表 1 漯河、郑州、新乡和安阳地理位置及主要气象数据

Table 1 Geographical positions and main meteorological data at the study sites of Luohe, Zhengzhou, Xinxiang and Anyang

地点 Site	地理位置 Geographical position	经纬度 Longitude and latitude	无霜期 Frost-free period/d	年平均日照时数 Annual average sunshine duration/h	年平均气温 Annual average temperature/°C	年平均降水量 Annual average rainfall/mm
漯河	河南省中部偏南	113°27'—114°16' E 33°24'—33°59' N	225	2359	14.7	786
郑州	河南省中部偏北	112°42'—114°14' E 34°16'—34°58' N	220	2400	14.3	640
新乡	河南省北部	113°30'—115°30' E 34°55'—35°50' N	210	2384	14.0	607
安阳	河南省最北部	113°37'—114°58' E 35°12'—36°22' N	200	2229	13.2	569

随机区组试验设计, 3 次重复。南北方向种植, 每小区种植 12 行 (I2:4 处理种植 18 行), 行距 60 cm, 密度 67500 株/hm², 小区面积为 7.2 m × 10 m (I2:4 处理小区面积 10.8 m × 10 m)。两年均于 6 月 20 日播种, 10 月 2 日收获。每公顷施 N 270 kg, P₂O₅ 135 kg, K₂O 135 kg。其中, 磷肥和钾肥在播前作基肥一次性全部施入, 而氮肥则按 4:6 比例分别在拔节期和大喇叭口期施入。播种后浇蒙头水, 出苗后保证水分供应, 其它管理同一般大田。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 群体透光率和温湿度测定

玉米吐丝期, 每小区随机选择有代表性的 10 个位点, 用 LAI-2000 植物冠层分析仪测定玉米群体中部和下部的透光率。同时, 用 LI-6400 便携式光合仪测定群体内部温度和湿度变化。

1.3.2 叶面积指数和净光合速率测定

玉米吐丝期, 每小区各品种选择 10 株植株, 采用活体法测定叶面积, 并计算叶面积指数。同时, 各品种分别选择 3 株植株, 用 LI-6400 便携式光合仪测定活体植株棒三叶的净光合速率 (P_n)。

1.3.3 病害及倒伏情况调查

2011 年 9 月中旬, 调查新乡和安阳地区玉米倒伏情况。单作连续调查 20 株, 间作处理加倍并按不同品种进行调查。以茎秆与垂直方向大于 45° 为倒伏^[11]。2011 年 9 月下旬, 调查漯河玉米叶斑病发生情况。单作连续调查 20 株, 间作处理加倍并按不同品种进行调查。按照公式计算病情指数^[12]:

$$\text{病情指数} = [\sum (\text{各级病株数} \times \text{相应级数}) / \text{调查总株数} \times \text{最高级数}] \times 100\%$$

1.3.4 计产和土地当量比 (LER) 的计算

收获时每小区取中间 4 行计产 (I2:4 处理收获中间 6 行计产), 间混作分品种收获计产。按照以下公式计算土地当量比:

$$\text{LER} = \sum y_i / \sum y_{ii}$$

式中, y_i 是单位面积内间套作中的各品种的实际产量, y_{ii} 代表该品种在同样单位面积上单作时的产量^[13]。

1.4 数据统计分析

利用 Excell 进行数据处理,利用 SPSS 17.0 对试验数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 间混作模式对土地当量比和玉米产量的影响

土地当量比(LER)能较好地衡量土地利用效率^[14]。高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体的 I2:2、I2:4 和 M 处理的 LER 大于 1,均比单作增产(表 2)。4 个间混作处理中,以 I2:4 处理(行比 2:4)的 LER 最大。YD610 || ZD958 间混作群体的 I2:4 处理的平均 LER 分别比 I1:1、I2:2 和 M 处理高 8.1%、2.1% 和 1.2%。虽然 2011 年安阳和新乡地区玉米出现了严重的倒伏,但株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体的 LER 均大于 1,表现出了良好的稳产性(表 3)。4 个间混作处理中,以 I2:2 处理(行比 2:2)的 LER 最大。DH662 || XD20 间混作群体的 I2:2 处理的平均 LER 分别比 I1:1、I2:4 和 M 处理高 6.2%、4.0% 和 9.3%。

表 2 YD610 || ZD958 间混作群体土地当量比差异

Table 2 Differences in land equivalent ratio (LER) between different intercropping and mixed cropping systems of YD610 || ZD958

年份 Year	地点 Site	I1:1	I2:2	I2:4	M
2010	漯河	1.01±0.03 b	1.09±0.05 a	1.10±0.01 a	1.08±0.01 a
	郑州	0.97±0.07 b	1.05±0.04 a	1.05±0.02 a	1.04±0.02 a
2011	漯河	0.99±0.08 b	1.04±0.06 ab	1.09±0.08 a	1.10±0.07 a
	郑州	1.00±0.01 b	1.02±0.03 b	1.05±0.05 a	1.02±0.02 b

数据为平均数±标准误差,不同字母表示差异达 5% 显著水平

表 3 DH662 || XD20 间混作群体土地当量比差异

Table 3 Differences in land equivalent ratio (LER) between different intercropping and mixed cropping systems of DH662 || XD20

年份 Year	地点 Site	I1:1	I2:2	I2:4	M
2010	安阳	0.95±0.04 b	1.06±0.02 a	0.96±0.02 b	0.83±0.01 c
	新乡	0.93±0.02 ab	0.96±0.00 a	0.92±0.04 ab	0.91±0.03 b
2011	安阳	1.00±0.05 b	1.04±0.01 a	1.04±0.05 a	1.03±0.04 a
	新乡	1.00±0.06 b	1.06±0.07 a	1.04±0.05 a	1.00±0.05 b

数据为平均数±标准误差,不同字母表示差异达 5% 显著水平

高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体除 I1:1 处理外,I2:2、I2:4 和 M 处理的 YD610 和 ZD958 均比单作时增产(表 4)。其中,间混作群体中的 YD610 比 YD610S 平均增产 8.5%,ZD958 比 ZD958S 平均增产

表 4 YD610 || ZD958 间混作群体产量比较

Table 4 Comparison of maize yield between different intercropping and mixed cropping systems of YD610 || ZD958

年份 Year	地点 Site		I1:1	I2:2	I2:4	M	YD610S	ZD958S
2010	漯河	YD610 ZD958 产量/(kg/hm ²)	6868.1 bc	7423.0 a	7546.4 a	7361.3 a	6612.7 c	6984.0 b
		较 YD610S 增产/%	3.9	12.3	14.1	11.3		
		较 ZD958S 增产/%	-1.7	6.3	8.1	5.4		
	郑州	YD610 ZD958/(kg/hm ²)	8389.9 b	9110.2 a	9245.4 a	9047.2 a	8264.7 b	9096.6 ab
		较 YD610S 增产/%	1.5	10.2	11.9	9.5		
		较 ZD958S 增产/%	-7.8	0.2	1.6	-0.5		
2011	漯河	YD610 ZD958/(kg/hm ²)	4338.5 a	4563.5 a	4799.0 a	4533.8 a	4363.4 a	4459.3 a
		较 YD610S 增产/%	-0.6	4.6	10.0	3.9		
		较 ZD958S 增产/%	-2.7	2.3	7.6	1.7		
	郑州	YD610 ZD958/(kg/hm ²)	7757.3 b	7970.7 ab	8243.1 a	7905.0 ab	7678.6 b	7896.0 ab
		较 YD610S 增产/%	1.0	3.8	7.4	2.9		
		较 ZD958S 增产/%	-1.8	0.9	4.4	0.1		

不同字母表示差异达 5% 显著水平

3.2%。在 2011 年倒伏发生年份,株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体中的 DH662 和 XD20 同样表现出比单作增产(表 5)。其中,间混作处理中的 DH662 比 DH662S 平均增产 1.6%, XD20 比 XD20S 平均增产 4.8%。上述结果表明,抗病性互补和抗倒性互补间混作群体可以提高玉米产量,并在灾害发生年份保持稳产。其中,高矮秆玉米搭配间混作以行比 2:4 带型增产和稳产性最好,株高相近玉米搭配间混作以行比 2:2 带型的增产和稳产性最好。

表 5 DH662 || XD20 间混作群体产量比较

Table 5 Comparison of maize yield between different intercropping and mixed cropping systems of DH662 || XD20

年份 Year	地点 Site		I1 :1	I2 :2	I2 :4	M	DH662S	XD20S
2010	安阳	DH662 XD20/(kg/hm ²)	8104.7 d	9059.7 b	8475.0 c	7075.5 f	7696.9 e	9350.0 a
		较 DH662S 增产/%	5.3	17.7	10.1	-8.1		
		较 XD20S 增产/%	-13.3	-3.1	-9.4	-24.3		
	新乡	DH662 XD20/(kg/hm ²)	7902.8 bc	8162.7 b	7908.4 bc	7710.6 c	8159.7 b	8796.9 a
		较 DH662S 增产/%	-3.1	0.0	-3.1	-5.5		
		较 XD20S 增产/%	-10.2	-7.2	-10.1	-12.3		
2011	安阳	DH662 XD20/(kg/hm ²)	6627.3 b	6962.5 a	6877.7 a	6878.6 a	6811.4 a	6514.7 a
		较 DH662S 增产/%	-2.7	2.2	1.0	1.0		
		较 XD20S 增产/%	1.7	6.9	5.6	5.6		
	新乡	DH662 XD20/(kg/hm ²)	6653.7 ab	7033.4 a	6881.2 ab	6617.1 ab	6829.9 ab	6498.5 b
		较 DH662S 增产/%	-2.6	3.0	0.8	-3.1		
		较 XD20S 增产/%	2.4	8.2	5.9	1.8		

不同字母表示差异达 5% 显著水平

2.2 间混作模式对玉米群体抗倒伏和抗病能力的影响

2.2.1 群体抗倒伏能力

2011 年 9 月中旬,河南北部的安阳和新乡等地遭遇大风天气,玉米发生严重倒伏。DH662 因抗倒性强未出现倒伏,抗倒性差的 XD20 单作时倒伏严重,而株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体的倒伏率显著低于 XD20S 的倒伏率(表 6)。与 XD20S 相比,DH662 || XD20 间混作群体的平均倒伏率降低了 82.4%。DH662 || XD20 间混作群体 I2:2 处理的平均倒伏率分别比 I1:1、I2:4、M 和 XD20S 处理低 67.3%、90.4%、50.0% 和 95.7%。可见,抗倒性不同的株高相近的玉米品种间混作,可以提高间混作群体的抗倒伏能力。

表 6 不同间混作模式下玉米群体倒伏率比较

Table 6 Comparison of lodging percentage of maize under different intercropping and mixed cropping in 2011

地点 Site		I1 :1	I2 :2	I2 :4	M	S
安阳	DH662/%	0.0 c	0.0 c	0.8 b	1.9 a	0.0 c
	XD20/%	19.3 c	7.7 d	48.2 b	13.0 cd	70.0 a
	DH662 XD20/%	9.7 b	3.9 c	32.4 a	7.5 b	
新乡	DH662/%	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.4 a	0.0 b
	XD20/%	21.0 c	5.3 e	55.0 b	11.0 d	85.0 a
	DH662 XD20/%	10.5 b	2.7 d	36.7 a	5.7 c	

不同字母表示差异达 5% 显著水平

2.2.2 群体抗病能力

玉米生育后期若遭遇高温高湿天气,容易引起气传病害的发生^[15]。2011 年 9 月上中旬,河南漯河遭遇长期连续阴雨天气,玉米弯孢菌叶斑病发生严重。感弯孢菌叶斑病的 ZD958 发病严重,抗弯孢菌叶斑病的 YD610 病情指数较小,而高矮相间搭配 YD610 || ZD958 间混作群体中 YD610 和 ZD958 的病情指数均显著低

于单作的病情指数(表 7)。与 ZD958S 相比, YD610 || ZD958 间混作群体的平均病情指数降低了 29.6%。YD610 || ZD958 间混作群体 I2:4 处理的弯孢菌叶斑病病情指数分别比 I1:1、I2:2 和 M 处理低 6.8%、4.3% 和 6.3%。表明抗病性不同的高矮秆玉米品种间混作, 可以有效提高间混作群体的抗气传病害能力。

表 7 不同间混作模式下玉米弯孢菌叶斑病病情指数比较(2011 年漯河)

组合 Combination	I1:1	I2:2	I2:4	M	S
YD610/%	25.0 b	25.3 ab	23.8 c	24.5 bc	26.0 a
ZD958/%	42.5 b	40.4 c	39.2 c	42.6 b	46.8 a
YD610 ZD958/%	33.8 a	32.9 c	31.5 d	33.6 b	

不同字母表示差异达 5% 显著水平

2.3 间混作模式对群体小气候的影响

2.3.1 群体透光率

从图 1 可以看出, 高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体的透光率均显著高于单作, 且各行比配置处理的群体透光率的差异主要在群体下层。YD610 || ZD958 间混作群体 I2:4 处理群体下层的透光率分别比 I1:1、I2:2 和 M 处理高 11.8%、13.1% 和 6.6%, 平均高 10.5%。株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体的透光率也均高于单作, 且各行比配置处理的群体透光率的差异主要在群体中层。DH662 || XD20 间混作群体 I2:2 处理群体中层透光率分别比 I1:1、I2:4 和 M 处理高 7.2%、1.7% 和 6.5%, 平均高 5.1%。表明间混作可以提高群体透光率, 且高矮秆玉米搭配间混作以行比 2:4 带型透光性最好, 株高相近玉米搭配间混作以行比 2:2 带型的透光性最好。

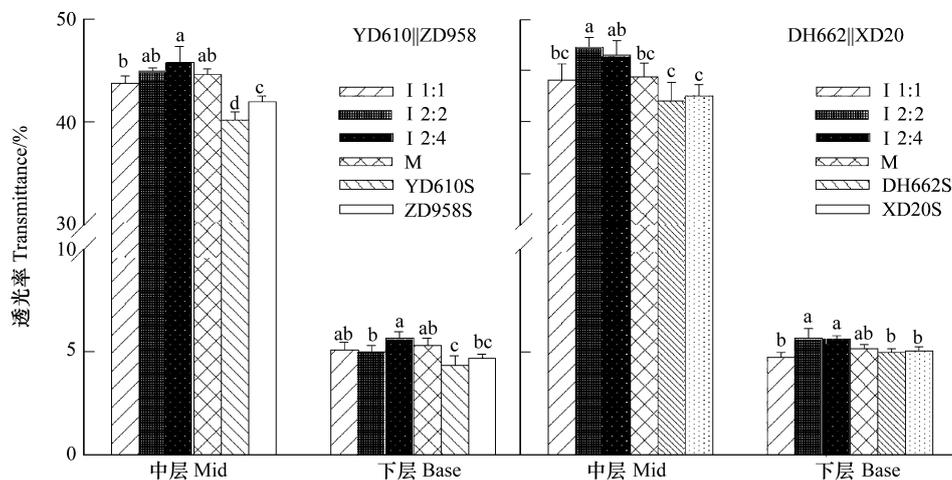


图 1 不同间混作模式下玉米吐丝期群体透光率比较

Fig. 1 Comparison of transmittance of maize under different intercropping and mixed cropping on silking

数据为平均数±标准误差, 不同字母表示差异达 5% 显著水平

2.3.2 群体温湿度

从图 2 可以看出, 高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体的温度低于单作处理。I2:4 处理群体的平均温度分别比 I1:1、I2:2 和 M 处理低 0.1%、0.3% 和 0.2%。同样, 株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体的温度也低于单作处理, 且 I2:2 处理群体的平均温度分别比 I1:1、I2:4 和 M 处理高 0.5%、0.7% 和 0.2%。间混作群体湿度的变化动态与群体温度的变化相反(图 2)。高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体的湿度高于单作处理, 且以 I2:4 处理的群体湿度最大。株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体的湿度也高于单作处理, 且以 I2:2 处理(行比 2:2)的群体湿度最大。可见, 间混作模式对群体温度和湿度具有一定的调控作用。

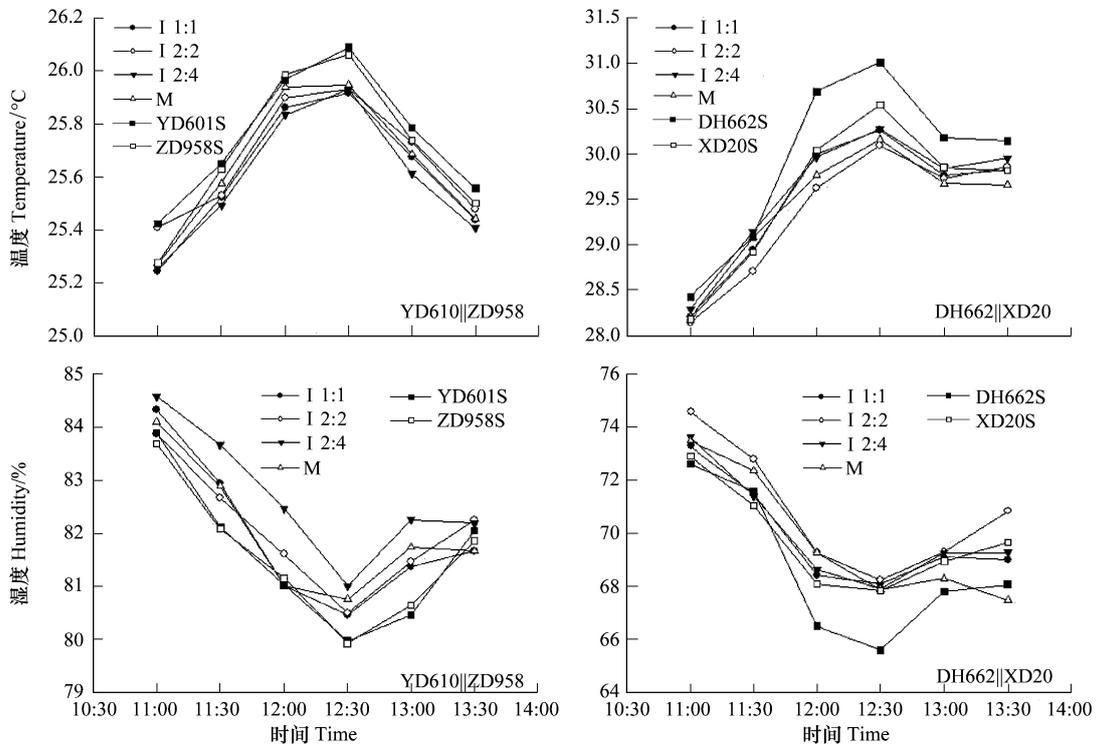


图 2 不同间混作模式下玉米吐丝期群体温湿度比较

Fig. 2 Comparison of temperature and humidity of maize under different intercropping and mixed cropping on silking

数据为平均数±标准误差,不同字母表示差异达 5% 显著水平

2.4 间混作模式对玉米光合性能的影响

2.4.1 群体叶面积指数(LAI)

从图 3 可以看出,间混作群体中各品种的 LAI 均高于单作处理。高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体中,YD610 和 ZD958 的 LAI 均表现为相同的变化趋势: I2:4>M>I2:2>I1:1。株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体中,DH662 和 XD20 均以 I2:2 处理的 LAI 最大。I2:2 处理中 DH662 的 LAI 分别比 I1:1、I2:4 和 M 处理中 DH662 的 LAI 平均高 1.4%,而 I2:2 处理中 XD20 的 LAI 分别比 I1:1、I2:4 和 M 处理中 XD20 的 LAI 平均高 1.1%。

2.4.2 群体净光合速率(Pn)

从图 4 可以看出,除 DH662 外,间混作群体中各品种的 Pn 均高于单作处理。高矮秆搭配 YD610 || ZD958 间混作群体中 YD610 和 ZD958 的 Pn 均表现出与 LAI 相同的变化趋势:I2:4>M>I2:2>I1:1。I2:4 处理中 YD610 的 Pn 比其它 3 个行比配置处理中 YD610 的 Pn 平均高 3.7%,ZD958 的 Pn 比其它 3 个行比配置处理中 ZD958 的 Pn 平均高 4.6%。而株高相近搭配 DH662 || XD20 间混作群体 I2:2 处理中 DH662 的 Pn 比其它 3 个行比配置处理中 DH662 的 Pn 平均高 5.6%,XD20 的 Pn 比其它 3 个行比配置处理中 XD20 的 Pn 平均高 5.4%。表明间混作可以有效提高群体净光合速率;高矮秆玉米搭配间混作以行比 2:4 带型的光合速率最大,株高相近玉米搭配间混作以行比 2:2 带型

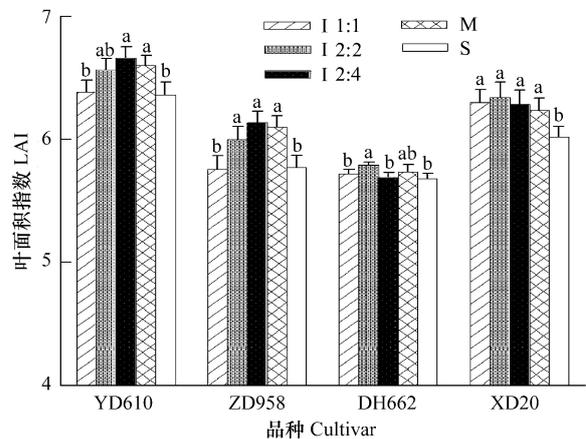


图 3 不同间混作模式下玉米吐丝期叶面积指数比较

Fig. 3 Comparison of LAI of maize under different intercropping and mixed cropping on silking

数据为平均数±标准误差,不同字母表示差异达 5% 显著水平

的光合速率最大。

3 讨论

本研究结果表明,高矮秆玉米豫单 610 Ⅱ 郑单 958 间混作和株高相近玉米登海 662 Ⅱ 浚单 20 间混作均比单作增产。这与前人研究结果一致,不同基因型玉米间作可以提高籽粒产量^[6-7,16-17],且高、矮间作种植比单作种植产量显著提高^[8,18]。此外,豫单 610 Ⅱ 郑单 958 间混作以行比 2:4 带型、登海 662 Ⅱ 浚单 20 间混作以行比 2:2 带型的土地当量比最大,增产效果最显著。故提出当高矮秆玉米品种搭配间混作时,宜采用行比 2:4 间作带型模式(2 行高秆品种,4 行低秆品种);而株高相近玉米品种搭配间混作时,宜采用行比 2:2 间作带型模式。针对前人研究间混作采用的带型多为行比 1:1 或行比 2:2 的单一模式^[5,17-18],本研究结果为确立两种基因型玉米间混作组合的优势带型模式提供了重要的理论依据。

农业生产中,由于品种单一化所表现出来的遗传基础狭窄导致群体遗传防御机制脆弱,加上长期种植感病品种造成对病原菌毒性小种的定向选择,促使其形成优势小种,使得玉米病虫害和倒伏发生日趋严重^[11,19]。同时由于我国生态条件年际间变化较大,使得产量出现较大波动^[5]。因此,人为地增加玉米群体的品种多样性,改变单一的群体结构对实现玉米大面积高产和稳产极其重要。高矮秆搭配抗病性互补间混作群体豫单 610 Ⅱ 郑单 958 和株高相近搭配抗倒性互补间混作群体登海 662 Ⅱ 浚单 20 增产和稳产的主要原因之一在于增强了群体的抗病和抗倒伏能力,并在灾害发生年份保持良好的稳产性。李潮海等研究表明,合理的间混作复合群体可通过协调作物间的竞争与互补关系使其抗病和抗倒伏能力明显增强^[5]。不同基因型玉米间作构建的复合群体,可显著提高感病基因型的抗病性,纹枯病、叶斑病和叶锈病的发病指数均显著降低^[5,10,20-21]。而根据 Wofle 和曹克强^[22-23]的研究,间混作群体抗病性增强的原因有两种:一是混合品种降低了感病植株的空间密度(密度效应),二是混合品种中抗病植株对病原菌孢子的传播所起的阻挡作用(阻挡效应)。

群体内的光分布影响群体下层叶片的光合作用,直接影响到群体的光能利用率^[24-26]。本研究结果表明,高矮秆搭配间混作群体豫单 610 Ⅱ 郑单 958 和株高相近搭配间混作群体登海 662 Ⅱ 浚单 20 增产的主要原因之二在于改善了群体的通风、透光状况,提高了群体叶面积指数和光合速率。崔俊明和史振声研究也同样表明,高矮秆品种间作增产的主要原因在于群体结构的改善^[8,18]。间作可形成波浪式冠层而混作则形成凸凹式冠层立体结构,使群体上部改平面受光为立体受光,从而使群体受光面积增加、光照增强,冠层内通气性改善,光合速率和叶面积等都有不同程度的提高^[8,27]。因此,不同基因型玉米间混作,不仅增加了群体遗传多样性,而且优化了群体结构,有效协调群体和个体之间的关系,充分发挥了边际增产效应,改善了群体的通风、透光状况,延长叶片功能期,提高光合效率,增加籽粒产量^[7-8,17-18]。

尽管国内外学者在双基因型玉米间混作方面开展了一些研究,但机理方面的研究还不深入、系统,目前尚未形成一套可以指导生产实践的理论和技术体系,直接限制了双基因型玉米间混作技术的推广和应用。生产上,应根据不同生态区域的自然条件和生产实际需要,按照生态位互补原则,除了考虑双基因型玉米生育期和品质等方面的相对一致性以外,更重要的是株高、形态、抗性等方面的差异性和协调性。此外,随着农业机械化水平的不断提高,双基因型玉米混作时还要考虑双基因玉米种子的形状、大小均匀一致,以适应机械化生产需求。而双基因型玉米间作时则需对现有播种机具进行配套的改进,即可实现双基因型玉米间混作机械化简

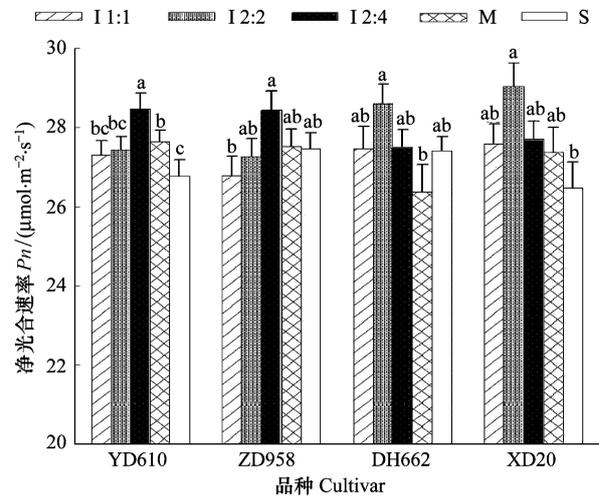


图4 不同间混作模式下玉米吐丝期净光合速率比较

Fig. 4 Comparison of P_n of maize under different intercropping and mixed cropping on silking

数据为平均数±标准误差,不同字母表示差异达5%显著水平

化种植。

4 结论

与单作相比,高矮秆玉米豫单 610 11 郑单 958 间混作和株高相近玉米登海 662 11 浚单 20 间混作均有显著的增产效果。其中,豫单 610 11 郑单 958 间混作群体以行比 2:4 带型、登海 662 11 浚单 20 间混作群体以行比 2:2 带型的土地当量比最大,抗病和抗倒伏能力最强,群体叶面积指数和光合速率最高。因此,当高矮秆玉米品种搭配间混作时,宜采用行比 2:4 间作带型模式(2 行高秆品种,4 行低秆品种);而株高相近玉米品种搭配间混作时,宜采用行比 2:2 间作带型模式。

References:

- [1] Cao M J. The farming system. Beijing: China Agricultural Press, 2002: 59-60.
- [2] Dupraz C, Simorte V, Dauzat M, Bertoni G, Bemadac A, Masson P. Growth and nitrogen status of young walnuts as affected by intercropped legumes in a Mediterranean climate. *Agro-forestry Systems*, 1998, 43: 71-80.
- [3] Jolliffe P A, Wanjan F M. Competition and productivity in crop mixtures: some properties of productive intercrops. *Journal of Agricultural Science*, 1999, 132: 425-435.
- [4] Trenbath B R. Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crops Research*, 1993, 34: 381-405.
- [5] Li C H, Su X H, Sun D L. Eco-physiological characterization of different maize (*Zea mays* L.) genotypes under mono- or inter-cropping conditions. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (12): 2097-2103.
- [6] Horkstar G J, Kannenberg L W, Christie B R. Grain yield comparison of pure stand and equal proportion mixtures for seven hybrids of maize. *Canadian Journal of Plant Science*, 1985, 65: 471-479.
- [7] Liu T X, Li C H, Ma X M, Zhao X, Liu S Y. Effects of maize intercropping with different genotypes on leaf senescence and grain yield and quality. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32 (4): 914-921.
- [8] Cui J M, Song C J, Lu D W, Yang H Y, Guo S Y, Pei Z Q, Liu Z P, Lu L Y, Sun H C, Niu Y F, Zheng L M. Planting techniques of long and short-stalked multistorey intercropping of different type maize hybrid. *Rain Fed Crops*, 2005, 25, 253-257.
- [9] Yu G X. A preliminary study on maize high-low intercropping. *Cultivation and Tillage*, 1999, 2: 8-10.
- [10] Su X H, Li C H, Sun D L, Zhang Z H. A preliminary study on inter-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Journal of Maize Sciences*, 2000, 8 (4): 57-60.
- [11] Yuan G X, Yang J H, Li Y W, Zhao X F. Reason of maize lodging and preventional measurement. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 1999, 19 (5): 72-76.
- [12] Wang X M, Dai F C. Field manual of corn diseases and pests—Diagnosis and resistance identification of diseases and pests. Beijing: China Agricultural and Scientific Press, 2002.
- [13] Liu X H, Mou Z G. The farming system in China. Beijing: Agricultural Press, 1993: 137.
- [14] Liu Y H, Zhang L F, Bian X J. Improvement and application of calculating method of land equivalent ratio. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 1999, 22 (2): 19-21.
- [15] Duan P F, Liu T X, Li C H. Regional characteristics of corn leaf spot disease occurrence in Henan. *Journal of Henan Agricultural University*, 2010, 44 (4): 196-201.
- [16] Chen G L, Song D Y, Qi L M, Liu J N, Li Y L, Li Q F. Effects of inter-cropping on resistance and yield characters. *Shandong Agricultural Science*, 2009, 6: 46-47.
- [17] Liu T X, Li C H, Fu J, Yan C H. Population quality of different Maize (*Zea mays* L.) genotypes intercropped. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (11): 6302-6309.
- [18] Shi Z S, Zhu M, Li F H, Wang Z B. Research on yield-increasing of different kinds of maize. *Journal of Maize Science*, 2008, 16 (2): 107-109.
- [19] Wu J Y, Xi Z Y, Gai J Y. Advance in genetics and breeding of maize for resistance disease. *Maize Science*, 1999, 7 (2): 6-11.
- [20] Hooker A L. Genetic diversity of maize: disease resistance maize for biological research. *Plant Molecular Biology Association*, 1982: 361-366.
- [21] Liu T X, Wang Z H, Dong P F, Li C H. Research progress of physiological and ecological effects in maize intercropping System. *Journal of Maize Science*, 2007, 15 (5): 114-116, 124.
- [22] Cao K Q, Zeng S M. Study on Wheat mixed-varieties resistant activity to strip rust, leaf rust and powdery mildew. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1994, 24 (1): 21-25.
- [23] Wolf M S. The current status and prospects of multialane cultivars and variety mixtures for disease resistance, *Annual Review of Phytopathology*,

1985, 23: 251-273.

- [24] Choudhury B J. Modeling radiation-and carbon-use efficiencies of maize, sorghum and rice. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2001, 106: 317-330.
- [25] Sinclair T R, Muchow R C. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*, 1999, 65: 215-265.
- [26] Tsubo M, Walker S, Mukhala E. Comparisons of radiation use efficiency of mono- or inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research*, 2001, 71: 17-29.
- [27] Zhu M, Shi Z S, Li F H, Wang Z B. Summary of different maize variety inter-planting and mixed cultivation. *Journal of Maize Sciences*, 2007, 15 (S1): 100-103.

参考文献:

- [1] 曹敏建. 耕作学. 北京: 中国农业出版社, 2002: 59-60.
- [7] 刘天学, 李潮海, 马新明, 赵霞, 刘士英. 不同基因型玉米间作对叶片衰老、籽粒产量和品质的影响. *植物生态学报*, 2008, 32 (4): 914-921.
- [8] 崔俊明, 宋长江, 卢道文, 杨海燕, 郭素英, 裴振群, 刘智萍, 芦连勇, 孙海潮, 牛永锋, 郑丽敏. 不同类型玉米杂交种高矮立体间作种植技术研究. *杂粮作物*, 2005, 25, 253-257.
- [9] 于桂霞. 玉米搞矮秆间作试验研究初报. *耕作与栽培*, 1999, 2: 8-10.
- [10] 苏新宏, 李潮海, 孙敦立, 张怀志. 不同基因型玉米间作研究初报. *玉米科学*, 2000, 8 (4): 57-60.
- [11] 袁公选, 杨金慧, 李雅文, 赵晓峰. 玉米倒伏成因及预防. *西北植物学报*, 1999, 19 (5): 72-76.
- [12] 王晓鸣, 戴法超. 玉米病虫害田间手册—病虫害鉴别与抗性鉴定. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.
- [13] 刘巽浩, 牟正国. 中国耕作制度. 北京: 农业出版社, 1993: 137.
- [14] 刘玉华, 张立峰, 边秀举. 土地当量比计算方法的改进与应用. *河北农业大学学报*, 1999, 22 (2): 19-21.
- [15] 段鹏飞, 刘天学, 李潮海. 河南玉米叶斑病发生的区域特征. *河南农业大学学报*, 2010, 44 (4): 196-201.
- [16] 陈国立, 宋多义, 祁丽敏, 刘建娜, 李元力, 李清峰. 不同玉米品种间作对抗性及产量性状的影响. *山东农业科学*, 2009, 6: 46-47.
- [17] 刘天学, 李潮海, 付景, 闫成辉. 不同基因型玉米间作的群体质量. *生态学报*, 2009, 29 (11): 6302-6309.
- [18] 史振声, 朱敏, 李凤海, 王志斌. 玉米不同品种间作的增产效果研究. *玉米科学*, 2008, 16 (2): 107-109.
- [19] 吴建宇, 席章营, 盖钧镒. 玉米抗病遗传育种的研究进展. *玉米科学*, 1999, 7(2): 6-11.
- [21] 刘天学, 王振河, 董朋飞, 李潮海. 玉米间作系统的生理生态效应研究进展. *玉米科学*, 2007, 15 (5): 114-116, 124.
- [22] 曹克强, 曾士迈. 小麦混合品种对条锈及白粉病的群体抗病性研究. *植物病理学报*, 1994, 24 (1): 21-25.
- [27] 朱敏, 史振声, 李凤海, 王志斌. 玉米不同品种间、混作研究综述. *玉米科学*, 2007, 15 (S1): 100-103.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 12 Jun. ,2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research on the disturbance of frost damage to forests LI Xiufen, ZHU Jiaojun, WANG Qingli, et al (3563)
Advances in salt-tolerance mechanisms of *Suaeda* plants ZHANG Aiqin, PANG Qiuying, YAN Xiufeng (3575)

Autecology & Fundamentals

- Simulation and prediction of spatial patterns of *Robinia pseudoacacia* flowering dates in eastern China's warm temperate zone
..... XU Lin, CHEN Xiaoqiu, DU Xing (3584)
Response of leaf functional traits of *Betula ermanii* saplings to the altitudinal Variation
..... HU Qipeng, GUO Zhihua, SUN Lingling, et al (3594)
Analysis of genetic diversity of chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) natural secondary forest populations and correlation with theirs
habitat ecological factors LI Ming, WANG Shuxiang, GAO Baojia (3602)
Nitrogen addition affects root growth, phosphorus and nitrogen efficiency of three provenances of *Schima superba* in barren soil
..... ZHANG Rui, WANG Yi, JIN Guoqing, et al (3611)
Effect of enclosure on soil C mineralization and priming effect in *Stipa grandis* grassland of Inner Mongolia
..... WANG Ruomeng, DONG Kuanhu, HE Nianpeng, et al (3622)
Effects of slope position on gas exchange characteristics of main tree species for vegetation restoration in dry-hot valley of Jingsha
River DUAN Aiguo, ZHANG Jianguo, HE Caiyun, et al (3630)
Impacts of biodegradation on desorption of phenol adsorbed on black carbon and soil
..... HUANG Jiexun, MO Jianmin, LI Feili, et al (3639)
Physiological and biochemical responses to different soil drought stress in three tree species
..... WU Qin, ZHANG Guangcan, PEI Bin, et al (3648)
The ear-leaf ratio of population is related to yield and water use efficiency in the water-saving cultivation system of winter wheat
..... ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, HUANG Qin, et al (3657)
Effects of ozone stress on photosynthesis, dry matter production and yield of rice under different seedling quality and plant density ...
..... PENG Bin, LI Panlin, ZHOU Nan, et al (3668)
Effects of water and nitrogen under root restriction on photosynthetic characters of cotton plants grown with under-mulch drip
irrigation TAO Xianping, LUO Honghai, ZHANG Yali, et al (3676)
The influence of light and growth stage on oxygen diffusion capacity of *Acorus calamus* roots
..... WANG Wenlin, WANG Guoxiang, WAN Yinjing, et al (3688)
Isolation, screening and characterization of phytopathogen antagonistic endophytes from wild *Artemisia argyi*
..... XU Yajun, ZHAO Longfei, CHEN Pu, et al (3697)
Performance of the two host-biotypes of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on different cucurbitaceous host plants
..... XIAO Yunli, YIN Xiangchu, LIU Tongxian (3706)
The effects of gender and temperature on the wintering behavior of Chinese merganser
..... ZENG Binbin, SHAO Mingqin, LAI Hongqing, et al (3712)

Population, Community and Ecosystem

- Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the disturbance in Wangqing forestry
..... YUAN Fei, ZHANG Xingyao, LIANG Jun (3722)
Heterogeneity evaluation of forest ecological system spatial structure in Dongting Lake
..... LI Jianjun, LIU Shuai, ZHANG Huiru, et al (3732)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Climate-growth relationships of *Abies faxoniana* from different elevations at Miyaluo, western Sichuan, China
..... XU Ning, WANG Xiaochun, ZHANG Yuandong, et al (3742)

- Spatial-temporal distribution of net primary productivity and its relationship with climate factors in Inner Mongolia from 2001 to 2010 MU Shaojie, LI Jianlong, ZHOU Wei, et al (3752)
- Influences of topographic features on the distribution and evolution of landscape in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing, et al (3765)
- Vegetation landscape pattern change and characteristics of spatial distribution in south edge of Mu Us Sandy Land ZHOU Shuqin, JING Yaodong, ZHANG Qingfeng, et al (3774)
- Climate change recorded mainly by pollen from baixian lake during the last 5.5kaB. P. DU Rongrong, CHEN Jing'an, ZENG Yan, et al (3783)
- Characteristics of temperature field, humidity field and their eco-environmental effects in spring in the typical valley-city LI Guodong, ZHANG Junhua, WANG Naiang, et al (3792)
- Spatial and temporal variation of surface water vapor over northern and southern regions of Qinling Mountains JIANG Chong, WANG Fei, YU Xiaoyong, et al (3805)
- Spatial variation of landscape eco-risk in open mine area WU Jiansheng, QIAO Na, PENG Jian, et al (3816)
- The comparison of ecological geographica regionlization in China based on Holdridge and CCA analysis KONG Yan, JIANG Hong, ZHANG Xiuying, et al (3825)
- Resource and Industrial Ecology**
- Agricultural eco-efficiency evaluation in China based on SBM model PAN Dan, YING Ruiyao (3837)
- The emergy analysis of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) aquaculture system around Dongji island in Zhoushan SONG Ke, ZHAO Sheng, CAI Huiwen, et al (3846)
- Optimum stripe arrangement for inter-cropping and mixed-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes ZHAO Yali, KANG Jie, LIU Tianxue, et al (3855)
- Effects of climate and soil on the carotenoid and cuticular extract content of cured tobacco leaves CHEN Wei, XIONG Jing, CHEN Yi, et al (3865)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Carbon sequestration and oxygen release as well as cooling and humidification efficiency of the main greening tree species of Sha River, Chengdu ZHANG Yanli, FEI Shimin, LI Zhiyong, et al (3878)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,300页,国内定价90元/册,全年定价2160元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路18号 电话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 吴文良 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33卷 第12期 (2013年6月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 12 (June, 2013)

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

主编 王如松
主管 中国科学技术协会
主办 中国生态学学会
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

出版 科学出版社
地址:北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

印刷 北京北林印刷厂
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@espg.net

订购 全国各地邮局
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

广告经营 京海工商广字第8013号
许可证

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

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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 90.00 元