

玉米品种和大豆播期对冬油菜收获后玉米-大豆带状复合体系产量和效益的影响

张群¹, 王小春², 杨峰¹, 蒋利¹, 蒲甜¹, 杨文钰¹, 毛树明²

(1. 四川农业大学 农学院/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 成都 611130; 2. 四川省仁寿县农业局, 四川 仁寿 620500)

摘要:选择3个不同玉米品种(登海605、川单418、成单30)和3个不同大豆播期(5月20日、6月5日、6月20日), 通过单因素试验研究了我国西南丘陵地区油菜收获后接茬玉米-大豆带状复合种植模式的群体结构与产量表现。结果表明:3个不同玉米品种与大豆复种, 株型较紧凑的玉米品种(登海605)产量最高, 达到 $8\,788.50\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 且该品种搭配下大豆生长带透光率显著高于其他处理, 大豆农艺性状各指标表现较优, 产量达 $1\,371.05\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 玉米和大豆群体产量显著高于其他处理。6月5日播种的大豆, 营养生长和生殖生长发展协调, 产量高于其他两个播期, 且群体产出最高, 达到 $27\,561.00\text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。西南丘陵地区冬油菜收获后玉米-大豆带状复合种植技术组合为:选择株型较紧凑、生育期短的玉米品种, 大豆播期为6月5日左右。

关键词:玉米品种;大豆播期;冬油菜;玉米-大豆带状复合种植;产量;效益

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2014.03.0334

Effects of Maize Varieties and Soybean Seeding Time on Yield and Benefit of Maize-Soybean Relay-Planting System after Winter Rape Harvest

ZHANG Qun¹, WANG Xiao-chun¹, YANG Feng¹, JIANG Li¹, PU Tian¹, YANG Wen-yu¹, MAO Shu-ming²

(1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Southwest China, Ministry of Agriculture, Chengdu 611130, China; 2. Renshou Agriculture Bureau, Renshou 620500, China)

Abstract: Field experiments with three maize varieties (Denghai 605, Chuandan 418 and Chengdan 30) and three soybean seeding date (May 20, June 5 and June 20) were conducted. The results demonstrated that Denghai 605 had the highest yield which has the character of compact plant-type, and the transmittance of soybean row was significantly higher and the indexes of agronomic characters were better than other treatments, the yield of soybean was $1\,371.05\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and population yield of maize and soybean was the highest. The vegetative and reproductive growth of soybean which was sown on June 5 developed coordinately and the yield was the highest. The disposition technology combination of temporal and spatial of maize-soybean relay-planting system after winter rape harvest in hilly area of southwestern China when maize has the character of compact plant-type and short growth period, and soybean seeding date was about June 5, the total output was the highest which reached $27\,561.00\text{ yuan}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Key words: Maize varieties; Soybean seeding time; Winter rape; Relay-planting of maize and soybean; Yield; Benefit

随着人民生活水平的提高和消费能力的增强, 中国对植物油脂和动物饲料的需求快速增长, 国内大豆的需求也相应迅速提高。中国已成为全球最大的大豆进口国, 年均需求量6 000万t以上, 供需缺口5 000万t左右, 外贸依存度高达82%, 且这一进口量正逐年递增。欲缓解国内大豆日趋严重的供需矛盾, 必须提高大豆单产和扩大种植面积^[1]。东北和黄淮海大豆主产区由于水稻、玉米等大宗作物的迅速发展已难以扩大大豆种植面积, 因此在稳定北方大豆生产的基础上, 大力发展南方大豆是扩

大我国大豆种植面积的重要途径。玉米-大豆带状复合种植在传统的玉米间混大豆和玉米间套甘薯的基础上创新发展而来, 采用宽窄行田间布置方式, 充分利用边行优势, 实现玉米-大豆带状间作套种, 年际间交替轮作, 达到适应机械化作业、作物间和谐共生的一季双收种植模式。在提高复种指数、培肥地力、提高自然资源利用率^[2-5]、缓解供需矛盾等方面优势明显^[6-8]。

以四川省为代表的西南丘陵地区是我国冬油菜第二大产区, 2012年该产区冬油菜总产近400

收稿日期:2013-12-20

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201103001);四川省育种攻关项目(2011NZ0098-15-2);国家“十二五”科技支撑计划丰粮工程(2012BAD04B13-2)。

第一作者简介:张群(1989-),男,在读硕士,主要从事带状复合种植玉米田间配置技术研究。E-mail:758135858@qq.com。

通讯作者:王小春(1972-),女,博士,副教授,主要从事带状复合种植玉米高产栽培技术和理论研究。E-mail:xchwang@sicau.edu.cn。

杨文钰(1958-)男,博士,教授,主要从事玉米大豆带状复合种植模式研究。E-mail:wenyu.yang@263.net。

万 t, 种植面积达 200 万 hm^2 , 且随着小麦种植面积不断萎缩, 面积和总产还有进一步扩大的趋势。冬油菜收割时间集中在 4 月底 5 月初, 旱地冬油菜 80% 以上接茬轮作玉米, 较玉米传统春播时间延迟一个月。借鉴该地区春玉米-大豆带状复合种植技术, 发展迟播玉米与大豆带状复合种植成为进一步提高土地利用率和增产增收的有效手段。目前该新型种植模式存在的主要问题有: 玉米播期延迟导致生育期内所处气候条件发生改变, 部分品种表现出不适应性, 较春播明显减产; 玉米大豆共生期变长, 玉米对大豆影响增强, 大豆产量参差不齐等。为解决以上矛盾, 现开展玉米品种筛选和大豆播期

调控研究, 以期初步探明该新型复种模式下的较优时空配置技术, 为西南丘陵地区油后玉米-大豆带状复合种植技术的规范和推广提供理论和技术指导。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆供试材料为南豆 12(四川省南充市农业科学研究所提供), 夏播生育期 140 ~ 150 d, 适宜在四川省中部、东部夏播套作种植。玉米供试品种及其特征见表 1。

表 1 供试玉米品种特征
Table 1 Characteristics of maize varieties

品种 Variety	株高 Plant height/cm	穗位高 Ear height/cm	穗位叶叶夹角 Ear leaf angle/°	生育期 Growth period/d
登海 605 Denghai 605	219.98 ± 2.42 aA	76.72 ± 3.66 cB	15.83 ± 0.44 cC	103
川单 418 Chuandan 418	247.98 ± 2.20 bB	101.9 ± 1.39 bA	41.48 ± 0.55 bB	108
成单 30 Chengdan 30	263.09 ± 1.82 cC	111.81 ± 2.01 aA	50.31 ± 0.37 aA	111

同一列中标以不同大小写字母表示品种间达 1% 和 5% 显著水平。下同。

Values within the same row followed by different capital and lowercase letters are significant difference between treatments at $P=0.01$ and $P=0.05$, respectively. The same below.

1.2 试验设计

试验于 2011 年在四川省仁寿现代农业示范基地进行, 位于 $29^{\circ}59'N$, $104^{\circ}08'E$, 海拔 482 m, 属亚热带季风湿润气候, 年均气温 17.4°C , 年均降雨 1 009.4 mm, 年均日照 1 196.6 h, 无霜期 312 d。供试紫色土有机质 1.19% 、全氮 $0.33\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 $0.32\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全钾 $6.05\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效氮 $51.34\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $37.14\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $135.81\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。油菜收获后玉米-大豆带状复合种植, 玉米宽窄行种植, 窄行距 50 cm, 宽行距 150 cm, 大豆复种于玉米宽行中间, 玉米大豆之间间距 60 cm, 大豆行距 30 cm。

1.2.1 玉米品种的筛选 采用单因素随机区组设计, 3 个不同玉米品种与大豆搭配复种, 分别为登海 605(紧凑型)、川单 418(半紧凑型)和成单 30(平展型)。玉米于 5 月 10 日播种, 密度 $60\,000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 穴植双株, 穴距 33.3 cm; 底肥配施有机肥 $24\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (含 N 0.18%, P_2O_5 0.12%, K_2O 0.08%), 过磷酸钙 $600\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (含 P_2O_5 12%), 氯化钾 $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (含 K_2O 60%)。大豆于 6 月 5 日免耕直播, 穴距 25 cm, 穴留 3 株, 种植密度为 $120\,000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 大豆基肥配施尿素 $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、过磷酸钙

$600\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、氯化钾 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、追肥为初花后施尿素 $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 其他管理同大田。

1.2.2 大豆播期的确定 采用单因素随机区组设计, 因素为大豆 3 个不同播期, 分别为 5 月 20 日、6 月 5 日和 6 月 20 日。大豆免耕直播, 穴距 25 cm, 穴留 3 株, 种植密度为 $120\,000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 玉米品种为登海 605, 于 5 月 10 日播种, 密度 $60\,000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 穴植双株, 穴距 33.3 cm。其他管理同上。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生育期记载 记录各处理大豆播期、出苗期、始花期和成熟期。

1.3.2 透光率调查 于玉米开花期选择晴朗少云的天气, 上午 9:00 ~ 11:00 采用 LAI-2000 光量子仪测定大豆生长带光强, 测量点为大豆生长带正上方(距地面约 70 cm), 每点测量 3 次求其平均值。透光率(%) = (测定层光强/冠层顶层光强) × 100。

1.3.3 大豆农艺性状调查 于大豆成熟期每小区选择 5 株长势一致的植株, 测量其主茎长、第一节间茎粗, 统计单株有效分枝数和田间倒伏株数。

1.3.4 产量调查 分别于玉米和大豆成熟期调查产量及产量构成因素。

1.4 数据处理与统计

采用 Microsoft Excel 2003 和 DPS 7.05 统计分析数据,用 LSD 法比较处理间差异。

2 结果与分析

2.1 玉米品种对大豆生长带透光率的影响

由图 1 可知不同处理间大豆生长带透光率差异显著,与登海 605 复种条件下透光率最高,达到 18.40%,其次为川单 418,与成单 30 复种时透光率最低,仅为 8.27%。表 2 相关分析结果表明大豆生长带透光率与玉米叶面积指数相关性不显著,与玉米的株高、穗位高和穗位叶叶夹角均呈极显著相关,其中穗位高和穗位叶叶夹角相关系数均达到 0.99,这可能是因为穗位叶是玉米植株叶片宽幅最大的部位,其对光的遮挡能力最强,对其下部空间接受光照射起决定性作用。

表 2 玉-豆带状复合种植模式下大豆生长带透光率与玉米株型特征的相关系数

Table 2 Correlation coefficient of soybean growing areas transmittance and maize plant type in maize-soybean relay-planting system

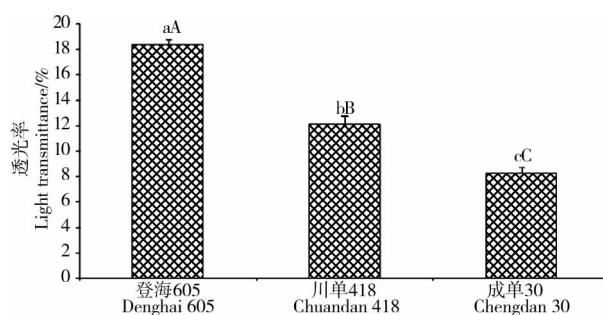
项目 Item	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗位叶叶夹角 Ear leaf angle	最高叶面积指数 LAI _{max}
透光率 Light transmittance	-0.88 **	-0.99 **	-0.99 **	-0.2

* 和 ** 分别表示差异显著性达 0.05 和 0.01 水平。

* and ** mean significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively.

2.2 玉米品种和大豆播期对大豆生育期的影响

2.2.1 玉米品种 表 3 结果表明与登海 605 搭配复种时玉米大豆共生期最短,大豆的生育期最长。具体表现为由出苗到始花期时间最短,较与川单 418 和成单 30 搭配分别减少 3 和 4 d;始花到成熟



图中各点标以不同大小写字母表示各点之间差异达 1% 和 5% 显著水平。

Different capital and lowercase letters in each point significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively.

图 1 玉-豆带状复合种植模式下玉米品种对大豆生长带透光率的影响

Fig. 1 The effects of maize variety on soybean growing areas transmittance in maize-soybean relay-planting system

表 3 玉-豆带状复合种植模式下玉米品种对大豆生育时期的影响

Table 3 The effects of maize variety on soybean growth period in maize-soybean relay-planting system

玉米品种 Maize variety	播期 SD	出苗期 ED	始花期 BD	成熟期 MD	出苗至始花 DEB/d	始花至成熟 DBM/d	全生育期 DEM/d	玉米大豆 共生期 SP/d
登海 605 Denghai 605	06-05	06-09	08-09	10-27	61	79	140	82
川单 418 Chuandan 418	06-05	06-09	08-12	10-24	64	73	137	87
成单 30 Chengdan 30	06-05	06-09	08-13	10-22	65	70	135	90

SD; Sowing date; ED; Emergence date; BD; Blooming date; MD; Maturity date; DEB; Days from emergence to blooming; DBM; Days from blooming to maturity; DEM; Days from emergence date to maturity date; SP; The symbiotic days of soybean growth with maize. The same below.

2.2.2 大豆播期 表 4 结果显示随播期延后大豆生育期变短,6 月 20 日播期处理的大豆总生育期较 5 月 20 日播期处理缩短近 20 d。各处理间生育期长短差异主要表现在营养生长阶段,其中播期为 6 月 20 时其营养生长时间显著短于其他播期,出苗到始花期天数为 51 d,较 5 月 20 日播期和 6 月 5 日播

期时间最长,较与川单 418 和成单 30 搭配分别增加 6 和 9 d。即与登海 605 复种条件下大豆营养生长迅速,较其他处理更早进入生殖生长阶段,同时成熟期较其他处理延后,生殖生长阶段持续时间更长,有利于籽粒产量形成。

期分别减少 10 和 21 d。5 月 20 日播期由始花至成熟期天数为 72 d,较 6 月 5 日播期和 6 月 20 日播期分别少 7 和 6 d。播期为 6 月 5 日时大豆生育进程较其他播期合理,营养生长和生殖生长协调发展,有利于大豆产量的提高。

表 4 玉-豆带状复合种植模式下不同播期对大豆生育时期的影响

Table 4 The effects of sowing date on soybean growth period in maize-soybean relay-planting system

播期处理 Sowing date	出苗期 ED	始花期 BD	成熟期 MD	出苗至始花 DEB/d	始花至成熟 DBM/d	全生育期 DEM/d	玉米大豆 共生期 SP/d
05-20	05-24	08-04	10-15	72	72	144	98
06-05	06-09	08-09	10-27	61	79	140	82
06-20	06-25	08-15	11-01	51	78	129	66

2.3 玉米品种和大豆播期对大豆农艺性状的影响

2.3.1 玉米品种 由表 5 可知,不同品种搭配下大豆农艺性状各指标均表现出显著差异,与成单 30 搭配大豆主茎长极显著高于其他处理,较与登海 605 搭配高 38.10%;而大豆茎粗和分枝数表现为与登海 605 搭配均极显著高于其他处理,分别较与川单 418 和成单 30 搭配高出 31.11%、22.41% 和 47.50%、37.55%;倒伏率表现为与成单 30 搭配倒伏率最高,较与登海 605 搭配增加了 27.18%。

表 5 玉-豆带状复合种植模式下玉米品种对大豆农艺性状的影响

Table 5 The effects of maize variety on soybean agronomic in maize-soybean relay-planting system

玉米品种 Maize variety	主茎长 Stem length/cm	茎粗 Stem diameter/cm	分枝数 Branch number	倒伏率 Lodging rate/%
登海 605 Denghai 605	52.78 ± 1.50 cC	0.59 ± 0.02 aA	9.67 ± 1.34 aA	0.35 ± 0.61 cC
川单 418 Chuandan 418	63.00 ± 1.83 bB	0.45 ± 0.01 bB	7.90 ± 0.20 bB	16.23 ± 1.47 bB
成单 30 Chengdan 30	72.89 ± 1.86 aA	0.40 ± 0.02 cB	7.03 ± 0.32 cB	27.53 ± 3.26 aA

2.3.2 播期调控 随着播期的延迟大豆植株的主茎长、茎粗和分枝数均呈降低趋势,其中茎粗和分枝数处理间差异均达极显著水平,5 月 20 日播期处理的主茎长、茎粗和分枝数较 6 月 20 日播期处理的分别高 43.31%、88.37% 和 58.53%。倒伏率与以上指标的变化趋势相反,5 月 20 日播期处理大豆植株未出现倒伏现象,6 月 20 日播期处理倒伏率达 4.79%,显著高于其他处理。说明大豆适当早播下营养生长更充分,有利于其植株形态建成,减少倒伏。

表 6 玉-豆带状复合种植模式下不同播期对大豆农艺性状的影响

Table 6 Sowing regulation on soybean agronomic in maize-soybean relay-planting system

播期处理 Sowing date	主茎长 Stem length/cm	茎粗 Stem diameter/cm	分枝数 Branch number	倒伏率 Lodging rate/%
05-20	67.11 ± 1.83 aA	0.81 ± 0.06 aA	11.89 ± 0.38 aA	0.00 ± 0.00 bB
06-05	52.78 ± 1.49 bB	0.59 ± 0.02 bB	9.67 ± 0.34 bB	0.29 ± 0.50 bB
06-20	46.83 ± 1.15 cB	0.43 ± 0.02 cC	7.50 ± 0.50 cC	4.79 ± 1.35 aA

2.4 玉米品种和大豆播期对玉米、大豆产量及其构成因素的影响

2.4.1 玉米产量比较 由表 7 可知,与登海 605 搭配,有效穗数最多,川单 418 次之,川单 418 和成单 30 之间差异不显著。不同品种间穗粒数和千粒重差异均达极显著水平,川单 418 穗粒数显著高于其他两个品种,但其千粒重显著低于其他两个品种。产量最高的为登海 605,达 8 788.50 kg·hm⁻²,较川单 418 和成单 30 分别高 10.57% 和 8.7%。

表 7 玉-豆带状复合种植模式下不同品种玉米产量及其构成因素结果

Table 7 Yield components of different maize variety in maize-soybean relay-planting system

玉米品种 Maize variety	有效穗 Ear numbers/Ear·hm ⁻²	穗粒数 Kernels per ear	千粒重 Thousand kernel weight/g	产量 Yield/kg·hm ⁻²
登海 605 Denghai 605	55002.75 ± 1000 aA	515.00 ± 8.00 cC	282.17 ± 0.41 aA	8788.50 ± 262.43 aA
川单 418 Chuandan 418	52335.95 ± 1154 bAB	563.33 ± 14.05 aA	245.37 ± 0.31 cC	7948.13 ± 111.65 bB
成单 30 Chengdan 30	50335.85 ± 577 bB	539.67 ± 7.02 bB	265.03 ± 0.31 bB	8084.42 ± 120.87 bB

2.4.2 玉米品种对大豆产量的影响 不同品种搭配下大豆产量各构成因素和最终产量变化规律基本一致,单株荚数、单株粒数、每荚粒数、百粒重和产量均为与登海 605 搭配最高,与川单 418 搭配次

之。除每荚粒数处理间差异未达显著水平外,其他各指标处理间差异均达到极显著水平,与登海 605 搭配大豆百粒重和产量较与成单 30 搭配分别高 27.75% 和 176.95% (表 8)。

表 8 玉-豆带状复合种植模式下玉米品种对大豆产量及其构成因素的影响

Table 8 The effects of maize variety on yield components of soybean in maize-soybean relay-planting system

玉米品种 Maize variety	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	每荚粒数 Seeds per pod	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/kg·hm ⁻²
登海 605 Denghai 605	28.11 ± 0.38 aA	53.56 ± 1.39 aA	1.91 ± 0.06 aA	21.04 ± 0.08 aA	1371.05 ± 42.11 aA
川单 418 Chuandan 418	17.40 ± 0.87 bB	31.53 ± 1.53 bB	1.81 ± 0.04 abA	18.37 ± 0.05 bB	721.11 ± 34.00 bB
成单 30 Chengdan 30	12.93 ± 0.46 cC	23.07 ± 1.01 cC	1.78 ± 0.03 bA	16.47 ± 0.08 cC	495.06 ± 19.82 cC

2.4.3 大豆播期对大豆产量的影响 表 4 结果显示播期对大豆产量构成因素的影响的规律表现为:随播期延迟大豆单株荚数、单株粒数和每荚粒数呈现升高后降低趋势,大豆播期为 6 月 5 日时各项指标表现均较优,与播期为 6 月 20 日处理各指标差异

均达极显著水平。百粒重表现为随播期延迟逐渐降低,6 月 20 日播期处理百粒重仅为 16.36 g,较前两个播期分别降低 5.90 和 4.68 g。各处理最终产量表现为 6 月 5 日播种时大豆产量最高,较 5 月 20 日和 6 月 20 日播期处理增产 6.66% 和 46.68%。

表 9 玉-豆带状复合种植模式下不同播期对大豆产量及其构成因素的影响

Table 9 The effects of sowing regulation on yield components of soybean in maize-soybean relay-planting system

播期处理 Sowing date	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	每荚粒数 Seeds per pod	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/kg·hm ⁻²
05-20	26.46 ± 0.19 bA	50.11 ± 1.02 bA	1.89 ± 0.05 aA	22.26 ± 0.12 aA	1286.55 ± 34.31 bA
06-05	28.11 ± 0.38 aA	53.56 ± 1.39 aA	1.91 ± 0.06 aA	21.04 ± 0.08 bB	1371.05 ± 42.11 aA
06-20	24.00 ± 1.00 cB	37.93 ± 1.55 cB	1.58 ± 0.02 bB	16.36 ± 0.08 cC	934.69 ± 39.72 cB

2.5 玉米品种和大豆播期对复合种植体系产出的影响

由表 10 可知,以与登海 605 搭配时复合种植体系产出最高,达到 27 561.00 元·hm⁻²,较与川单 418 和成单 30 搭配分别增加 26.35% 和 32.78%。

不同大豆播期下复合种植体系产出的差异受大豆产量的影响,5 月 20 日和 6 月 5 日两个播期处理大豆产量较高。总产出最低的 6 月 20 日播期较前两个播期依次分别降低 8.46% 和 10.50%。

表 10 玉-豆带状复合种植模式下玉米品种和大豆播期对玉米-大豆复合种植体系产出的影响

Table 10 The effects of maize variety and sowing regulation on output of multiple cropping systems in maize-soybean relay-planting system

处理 Treatment	玉米产出 Maize output		大豆产出 Soybean output		总产出 Total output/yuan·hm ⁻²
	产量	产出	产量	产出	
	Yield/kg·hm ⁻²	Output/yuan·hm ⁻²	Yield/kg·hm ⁻²	Output/yuan·hm ⁻²	
登海 605 Denghai 605	8788.50 ± 262.43 aA	19334.70	1371.05 ± 42.11 aA	8226.30	27561.00
川单 418 Chuandan 418	7948.13 ± 111.65 bB	17485.89	721.11 ± 34.00 bB	4326.66	21812.55
成单 30 Chengdan 30	8084.42 ± 120.87 bB	17785.72	495.06 ± 19.82 cC	2970.36	20756.08
大豆播期 Sowing date	05-20	8788.50	1286.55 ± 34.31 bA	7719.30	27054.00
	06-05		1371.05 ± 42.11 aA	8226.30	27561.00
	06-20		934.69 ± 39.72 cB	5608.14	24942.84

2011 年玉米、大豆收获季节市场价格分别为 2.2 和 6 元·kg⁻¹。

The market prices of maize and soybean were 2.2 and 6 yuan·kg⁻¹ in 2011, respectively.

3 结论与讨论

西南丘陵地区 4~7 月份水热资源占全年的 70%,且该区季节性干旱频发,其中 5 月中下旬出现的夏旱和 7 月下旬 8 月上旬的伏旱对玉米和大豆生长影响较大。玉米品种不同,其耐旱能力、生育期

长短、叶片形态结构和叶片光合生产能力不仅影响玉米产量,对其共生作物大豆产量潜力的发挥影响也较大。本研究中 3 个玉米品种中紧凑型品种登海 605 产量显著高于其他两个品种,这与登海 605 株型紧凑,叶片形态结构合理,叶片光合能力和抗旱能力强有关。

与平展型玉米相比,紧凑型玉米下的大豆生长带具有良好的光照条件和较高温度^[9]。良好的光照条件有利于大豆积累更多的同化物,为高产提供物质基础^[10]。前人研究表明与玉米等高秆作物间套作过程中,复合群体内,低有效光合辐射和低红光远红光比例是影响大豆形态建成的重要因素^[11]。本研究结果与前人一致,株型较紧凑的登海 605 复种条件下大豆生长带透光率显著高于其他两个品种,大豆植株主茎长变短,茎粗变粗,分支数增多,倒伏率显著降低,形态建成较合理,最终产量较川单 418 和成单 30 复种条件下显著升高。

不同播期对大豆产量潜力的发挥有直接影响^[12-13]。在间套作条件下,适时播种能充分利用自然条件,协调前后茬作物的共生期,优化大豆的生育期结构,出苗后到开花前植株能稳健生长,保持良好的植株形态,花后营养器官和生殖器官协调生长,达到增荚增粒的目的,从而使套作大豆获得高产^[14]。本研究结果表明 5 月 20 日播种大豆营养生长期最长,植株出现旺长。营养生长过于旺盛影响大豆后期结荚和鼓粒,单株荚数、单株粒数和最终产量均低于 6 月 5 日播期。而 6 月 20 日播期的大豆生育期明显缩短,尤其是营养生长期明显短于其他处理,大豆植株主茎短,茎粗细,田间倒伏株数多,结实器官发育不良,最终产量低。

本研究最终结果表明登海 605 与大豆复种,大豆播期为 6 月 5 日时玉米和大豆产量均为最高,复合种植系统产出达 27 561.00 元·hm⁻²,是值得推广的较优时空配置技术。冬油菜接茬玉米-大豆带状复合种植模式在我国西南地区发展潜力巨大,本研究仅为初步探索,相关技术和理论体系有待完善。

参考文献

- [1] 尹宗伦. 担起重振我国大豆产业的任务[J]. 中国食品学报, 2006, 6(4): 1-5. (Yin Z L. Undertaking the task for revitalization of our soybean[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(4): 1-5.)
- [2] 杨文钰, 雍太文, 任万军, 等. 发展套作大豆, 振兴大豆产业[J]. 大豆科学, 2008, 27(1): 1-7. (Yang W Y, Yong T W, Ren W J, et al. Develop relay-planting soybean, revitalize soybean industry[J]. Soybean Science, 2008, 27(1): 1-7.)
- [3] 杨文钰, 雍太文. 旱地新三熟麦/玉/豆模式的内涵与栽培技术[J]. 四川农业科技, 2009(6): 30-31. (Yang W Y, Yong T W. Meaning and characteristic and cultivation technique of "wheat/maize/soybean"[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2009(6): 30-31.)
- [4] 吴迅, 张明荣, 吴海英, 等. 我国南方耐荫大豆的现状 & 前景[J]. 黑龙江农业科学, 2009(5): 148-150. (Wu X, Zhang M R, Wu H Y, et al. The status and prospects of soybean with great tolerance to shading in southern of China[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2009(5): 148-150.)
- [5] 刘广才. 不同间作系统间营养竞争的差异及其机制[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005. (Liu G C. Difference and its mechanism of interspecific nutrition competition in different intercropping systems[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2005.)
- [6] 李萍, 张永成, 田丰. 马铃薯/蚕豆间作系统的生理和生态效益评价的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(27): 13313-13314. (Li P, Zhang Y C, Tian F. Research progress on the physiology and ecology and benefit evaluation of potato/faba bean intercropping system[J]. Journal Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(27): 13313-13314.)
- [7] 李彩虹, 吴伯志. 玉米间套作种植方式研究综述[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 85-89. (Liu C H, Wu B Z. Summary of planting patterns on intercropping maize[J]. Journal of Maize Science, 2005, 13(2): 85-89.)
- [8] 肖靖秀, 郑毅. 间套作系统中作物的养分吸收利用与病虫害控制[J]. 中国农学通报, 2005, 21(3): 150-154. (Xiao J X, Zheng Y. Nutrients uptake and pests and diseases control of crops in intercropping system[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(3): 150-154.)
- [9] 王竹, 杨文钰, 伍晓燕, 等. 玉米株型和幅宽对套作大豆初花期形态建成及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 323-329. (Wang Z, Yang W Y, Wu X Y, et al. Effects of maize plant type and planting width on the early morphological characters and yield of relayplanted soybean[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(2): 323-329.)
- [10] 刘增禹, 伍晓燕, 杨文钰. 玉米株型对套作大豆氮素积累、转运和籽粒蛋白质产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(6): 574-581. (Liu Z Y, Wu X Y, Yang W Y. The effects of maize plant type on Intercropping soybean nitrogen accumulation, transport and protein yield[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011, 33(6): 574-581.)
- [11] 刘卫国, 蒋涛, 余跃辉, 等. 大豆苗期茎秆对荫蔽胁迫响应的生理机制初探[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(2): 141-146. (Liu W G, Jiang T, She Y H, et al. Preliminary study on physiological response mechanism of soybean (*Glycine max*) stem to shade stress at seedling stage[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011, 33(2): 141-146.)
- [12] Scott G, Egli D B, Reicosky D A. Physiological aspects of yield improvement in soybean[J]. Agronomy Journal, 1980, 72: 387-391.
- [13] 王继安, 王雪峰. 不同播期对极早熟大豆产量及农艺性状的影响[J]. 大豆科学, 2001, 20(2): 149-152. (Wang J A, Wang X F. Effects of planting times on the yield and agronomic characters of extremely early soybeans[J]. Soybean Science, 2001, 20(2): 149-152.)
- [14] 王竹, 贺阳冬, 杨继芝, 等. 套作模式下播期对不同熟性大豆茎叶形态及产量的影响[J]. 河南农业科学, 2009(8): 40-45. (Wang Z, He Y D, Yang J Z, et al. Effects of different sowing date and maturing cultivars on stem and leaf morphological characters and yield of soybean under relay-cropping system[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2009(8): 40-45.)