

西北灌区西瓜套作大豆高产高效模式群体配置技术研究

陈光荣¹, 杨 国², 张国宏¹, 王立明², 杨如萍², 杨桂芳³

(1. 甘肃省农业科学院 旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省靖远县农牧局, 甘肃 靖远 730600; 3. 甘肃环科雅农业科技有限公司, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:以西北一熟制灌区当前生产中广泛种植且间套作优势明显的西瓜/大豆套作方式为研究对象,通过 5 年田间试验,对影响该复合群体产量及效益的带幅比、品种、密度及播期 4 个主要群体配置因子进行系统的试验研究。结果表明:带幅 1.6 m,西瓜、大豆带幅比 1.2/0.4 模式为西瓜套作大豆最优带幅配置;不同熟期大豆品种套作西瓜,大豆产量差异达到显著水平,齐黄 36、冀豆 12 和陇黄 2 号产量显著高于其它品种;带幅 1.6 m,西瓜、大豆带幅比 1.2/0.4 模式下,大豆品种齐黄 36 适宜密度为 15 万~18 万株·hm⁻²,适宜播期在 5 月下旬。
关键词:西瓜套作大豆;带幅比;大豆品种;播种密度;播期
中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2016.02.0245

Optimal Allocation Technology for Compound Population of Relay-intercropping Watermelon with Soybean in Northwest Irrigation Districts

CHEN Guang-rong¹, YANG Guo², ZHANG Guo-hong¹, WANG Li-ming², YANG Ru-ping², YANG Gui-fang³
(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Farming and Animal Husbandry Bureau of Jingyuan County, Jingyuan 730600, China; 3. Gansu Central Keya Green Agriculture Technology Ltd. Co., Lanzhou 730070, China)

Abstract: In this study, taking watermelon-soybean intercropping system with wildly-use and apparent yield advantage in Northwest irrigation districts as the research object. A field experiment was conducted in five consecutive seasons (2011-2015), and investigated the influence of field population structure, including stripe pattern, different soybean varieties, sowing date and planting density, on the yield and economic return of intercropping of watermelon with soybean. The results showed that yields were the highest and economic returns were the maximum when the bandwidth was 160 cm, and the ratio of watermelon rows to soybean rows was 120:40 cm. There was significant difference of soybean yield in different soybean varieties in watermelon/soybean intercropping systems, the yield of Qihuang 36, Jidou 12 and Longhuang 2 soybean varieties were higher than other varieties. Under the bandwidth with 160 cm (the ratio of watermelon rows to soybean rows was 120:40 cm) of intercropping of watermelon with soybean Qihuang 36, the optimum planting density was from 1.5 × 10⁴ plants·ha⁻¹ to 1.8 × 10⁴ plants·ha⁻¹. The optimum sowing date was in late May. Experiments showed the population configuration effect on watermelon-soybean intercropping system and the mechanism of good harvest formed the technology system of high-yield of watermelon-soybean intercropping system whose core technology was colony configuration.
Keywords: Intercropping of watermelon with soybean; Bandwidth ratio; Soybean varieties; Planting density; Sowing date

西瓜 [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] 在中国主产区的播种总面积达 181.3 万 hm²,总产量达 6 817.9 万 t,其产值已占蔬菜产业总产值的 10% 以上^[1-4]。西瓜在促进农民快速增收和满足人民日益增长的生活需求方面发挥了巨大作用。改革开放以来,我国西瓜产业得到了长足的发展,成为世界上最大的西瓜生产国和消费国^[5-6]。随着西瓜种植面积的不断扩大,使得西瓜同粮食、大豆和蔬菜等作物争夺耕地的矛盾日益突出,要有效地解决这一矛盾,就应根据各地的生态条件挖掘多种形式的高效多熟制种植方式增加作物生产潜力。生产实践表明,西瓜生长后期套作大豆不影响

主茬西瓜,还增收一茬大豆,充分利用西北地区光、热、水、土等自然资源,提高了土地生产率和农民收入,是一种高产高效种植模式。但是,作者在大面积生产中调研发现,西瓜套作大豆模式还存在诸多问题,制约了该模式发展潜力。一是生产中缺乏适宜西瓜套作的高产大豆优良品种;二是种植模式不规范,主要表现在幅宽及带幅比不合理,大豆种植播期及密度不科学。针对以上问题,2011-2015 年国家大豆产业体系甘肃镇原综合试验站在甘肃沿黄灌区开展了西瓜套作大豆模式品种搭配、行穴配置、适宜播期等主要栽培因子试验研究,初步形成了该区西瓜套作大豆复合群体配置技术,为大面积

收稿日期:2015-12-03
基金项目:现代农业产业技术体系(nycyt-004);甘肃省农业科学院中青年基金(2015GAAS20);兰州市农业科技专项(2015-3-37)。
第一作者简介:陈光荣(1980-),男,博士,助理研究员,主要从事作物高产高效栽培理论与技术研究。E-mail:chengr516@163.com。
通讯作者:张国宏(1964-),男,研究员,主要从事作物遗传育种工作。E-mail:zhangguohong223@163.com;
杨国(1969-),男,硕士,高级农艺师,主要从事农业生产技术工作。E-mail:yangguo5518@163.com。

示范推广提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2011-2015年在甘肃省会宁县郭城镇进行,地处N35°37'、E105°13',海拔1 627 m,年平均气温6.7℃,年均降雨量263.1 mm,其中7~9月份占全年降雨量的60%左右,年蒸发量达1 600 mm,是平均降水量的5倍,≥10℃的有效积温3 244℃,气候四季分明,日照充足,土壤为灰钙土和灌淤土。

1.2 试验设计

1.2.1 西瓜套作大豆带幅比试验 2011年开展西瓜套作大豆带幅比试验,供试西瓜品种为西农1号,大豆品种为晋豆23,试验共设5个处理:A1总带幅1.8 m,带幅比1.2/0.6(西瓜/大豆);A2总带幅1.6 m,带幅比1.0/0.6(西瓜/大豆);A3总带幅1.6 m,带幅比1.2/0.4(西瓜/大豆);A4总带幅1.4 m,带幅比1.0/0.4(西瓜/大豆);A5总带幅1.2 m,带幅比0.8/0.4(西瓜/大豆)。随机区组设计,重复3次,所有处理均为2行西瓜套作2行大豆,4月10日种植西瓜,各处理种植密度均为1.5万株·hm⁻²,行距0.55 m。5月25日种植大豆,各处理密度均为12万株·hm⁻²,行距0.35 m,肥水及大田管理同当地生产水平。

1.2.2 套作大豆品种筛选试验 2012-2013年连续2年开展套作大豆品种筛选试验,随机区组设计,重复3次,小区面积(4.8 m×6 m),本研究中西瓜选用当地广泛种植的西农1号,引进大豆品种12个,分别是河北省农林科学院粮油作物研究所选育品种冀豆17和冀豆12,山西省农业科学院经济作物研究所选育品种晋豆19和晋豆23,中国农业科学院作物科学研究所选育品种中黄30,甘肃省农业科学院旱地农业研究所选育品种陇黄2号、作物所选育的陇豆2号,黑龙江省农业科学院佳木斯分院选育合丰42和合丰57,山东省农业科学院作物研究所选育品种齐黄36。西瓜套作大豆带幅1.6 m,1.2 m种2行西瓜,播期是4月10日,密度1.5万株·hm⁻²,行距0.45 m。5月25日种植大豆,密度为12万株·hm⁻²,行距0.35 m,肥水及大田管理同当地生产水平。

1.2.3 套作大豆群体优化配置 2014年开展西瓜套作大豆复合群体优化配置试验,供试西瓜品种为西农1号,大豆品种为齐黄36,试验采用随机区组设计,在西瓜种植密度不变的前提下,共设6个大豆密度处理,B1~B6分别为9,12,15,18,21和24万

株·hm⁻²,设3次重复,18个小区,小区面积40 m²(8 m×5 m)。采用带幅1.6 m,带幅比1.2/0.4(西瓜/大豆)种植模式,西瓜播期是4月7日,1.2 m种植2行西瓜,密度1.5万株·hm⁻²,行距0.45 m。5月20日按试验处理密度种植大豆,行距0.35 m,肥水及大田管理同当地生产水平。

1.2.4 套作大豆播期试验 2015年开展套作大豆播期试验,供试西瓜品种为西农1号,大豆品种为齐黄36。试验设6个水平(C1:5月10日,C2:5月20日,C3:5月30日,C4:6月10日,C5:6月20日,C6:6月30日),3次重复,共18个小区,小区面积40 m²(8 m×5 m)。采用带幅1.6 m,西瓜、大豆幅比1.2/0.4种植模式,西瓜播期是4月7日,密度1.5万株·hm⁻²,行距0.45 m。大豆种植按试验处理播期进行,种植密度为15万株·hm⁻²,行距0.35 m,肥水及大田管理同当地生产水。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 西瓜产量调查 成熟时每小区取10株进行考种,并计算各小区产量。

1.3.2 大豆产量及其相关性状调查 成熟时每小区取15株进行考种。测定株高、主茎节数、底荚高度、分枝数、无效荚数、有效荚数、单株粒数、百粒重,并计算各小区产量。

1.3.3 补偿效应分析 单株粒数或单株粒重随密度降低的增长率减去密度逐渐降低的百分比来表示个体补偿效应,用因密度降低而个体生产力增加的产量与因密度降低而减少的产量之差或比值表示群体补偿效应。

1.3.4 生产资料价格调查 农业生产资料的价格数据来源于当地的市场调查和农户访问。

1.4 数据分析

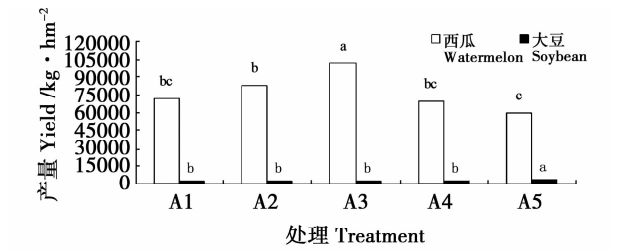
用Excel 2007和DPS 7.05统计软件进行试验数据汇总与统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同带幅比对西瓜套作大豆产量与效益的影响

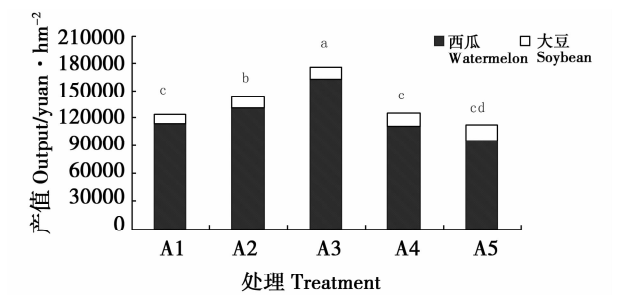
如图1所示,不同带幅比处理对套作西瓜产量差异显著,随带幅比的变化西瓜产量呈先增后减的趋势,在总带幅1.6 m,西瓜、大豆带幅比1.2/0.4处理(A3)下产量最高,产量达101 458 kg·hm⁻²,比A1、A2、A4、A5处理分别显著提高42.4%、22.9%、45.5%和70.7%。不同带幅比对套作大豆产量的影响相对较小,A1、A2、A3、A4各处理间差异不显著,但显著低于A5处理,其产量为3 356.1 kg·hm⁻²,比其他各处理增产26.1%~58.5%。如图2所示,

不同带幅比处理对西瓜套作大豆复合群体效益影响差异显著,在 5 个带幅比处理下,A3 处理复合群体产值最高,为176 227.2 元·hm⁻²,较 A1、A2、A4、A5 处理分别提高了51 231.4,32 130,51 038.8 和 63 668.8 元·hm⁻²,增收效益显著。



不同小写字母代表处理间 0.05 水平差异显著。下同。
Different lowercase letters in the figure indicated the significance at 0.05 probability level among different treatments. The same below.

图 1 不同带幅比对西瓜套作大豆复合群体产量的影响
Fig. 1 Yield of watermelon and soybean under different treatments



西瓜价格及大豆籽粒价格分别按市场价 1.6 和 5.2 元·kg⁻¹ 计算。

Watermelon price and soybean seed price was counted based on the market price 1.6 and 5.2 yuan·kg⁻¹.

图 2 不同带幅比对西瓜套作大豆复合群体产值的影响
Fig. 2 Yield of watermelon and soybean under different treatments

2.2 套作大豆品种筛选试验

从表 1 可知,参试大豆品种生育期为 94 ~ 124 d,合丰 42 生育期最短,为 94 d,齐黄 36 表现较晚熟,生育期为 124 d。株高在群体中以 80 ~ 85 cm 的个体分布为主,占总数的 60%,齐黄 36 最高,为 87.4 cm,合丰 42 最低,为 63.5 cm。从产量构成因素分析,有效分枝数 1.3 ~ 4 个,晋豆 23 最多,为 4 个,单株荚数 29.1 ~ 38.6 个;陇豆 2 号最多,为 38.6 个;单株粒数 46.3 ~ 65.9 粒,齐黄 36 最多,为 65.9 粒;荚粒数在 1.71 ~ 1.96 粒,齐黄 36 最多,为 1.96 粒;百粒重在 16.55 ~ 22.35 g,齐黄 36 最大,为 22.35 g。

通过对西瓜套作大豆高效种植模式下,大豆 2 年产量结果方差分析表明(表 1),不同熟期大豆品种间产量差异达到极显著水平,齐黄 36、冀豆 12 和陇黄 2 号产量显著高于其它品种,其产量分别为 3 273.3,2 867.2 和 2 630.3 kg·hm⁻²,合丰 42 产量最低,为 1 769.9 kg·hm⁻²。

2.3 套作大豆群体优化配置

2.3.1 不同密度对套作大豆产量及产量构成的影响 从表 2 可以看出,株高、主茎节数、底荚高度随大豆密度的增加而增加,而单株荚数、有效分枝数及单株粒数随密度的增加而递减,各处理差异均达到显著水平。套作大豆播种密度对其荚粒数及百粒重影响不显著,表明荚粒数、百粒重的遗传特性是相对稳定的,受品种基因控制。本试验条件下,15 万株·hm⁻²产量最高,达 3 136.03 kg·hm⁻²,与其它处理间产量差异显著。进一步对密度与产量进行回归分析,套作大豆产量(y)随其密度(x)的增加呈现二次抛物线变化规律,且达到极显著水平,西瓜套作大豆适宜密度为 15 万 ~ 18 万株·hm⁻²(图 3)。

表 1 不同大豆品种主要综合性状及产量
Table 1 Main traits and yield of different soybean varieties

品种名称 Variety	生育期 Growth period /d	株高 Plant height /cm	有效分枝数 Effective branches	单株荚数 Effective pods per plant	单株粒数 Seeds number per plant	荚粒数 Seeds number per pod	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield /kg·hm ⁻²
齐黄 36 Qihuang 36	124.0	87.4	3.2	36.1	65.9	1.96	22.35	3273.3 aA
冀豆 12 Jidou 12	120.0	74.2	2.9	36.2	60.2	1.77	21.00	2867.2 bB
陇黄 2 号 Longhuang 2	115.5	84.7	3.6	38.6	62.5	1.69	19.50	2630.3 cBC
晋豆 19 Jindou 19	109.0	80.7	3.1	30.8	51.5	1.83	21.75	2578.3 cC

续表 1

品种名称 Variety	生育期 Growth period /d	株高 Plant height /cm	有效分枝数 Effective branches	单株荚数 Effective pods per plant	单株粒数 Seeds number per plant	荚粒数 Seeds number per pod	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield /kg·hm ⁻²
晋豆 23 Jindou 23	115.5	85.1	4.0	32.7	51.2	1.74	21.35	2534.1 cC
冀豆 17 Jidou 17	114.5	85.7	2.9	33.9	61.7	1.92	18.65	2526.7 cCD
陇豆 2 号 Longdou 2	113.5	83.7	3.5	36.6	65.2	1.87	17.55	2510.7 cCD
中黄 30 Zhonghuang 30	106.0	81.5	2.0	32.7	56.1	1.86	17.90	2249.8 dDE
合丰 42 Hefeng 42	94.0	63.5	1.3	31.6	51.8	1.71	17.05	2015.8 dEF
合丰 57 Hefeng 57	99.0	71.1	1.7	29.1	46.3	1.77	16.55	1769.9 eF

表 2 不同种植密度对大豆产量及产量构成的影响
Table 2 Effect of planting density on soybean yield and yield components

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	底荚高度 Height of the lowest pod/cm	主茎节数 Nodes of main stem	有效分枝 Effective branches	单株荚数 Effective pods per plant	单株粒数 Seeds number per plant	荚粒数 Seeds number per pod	单株粒重 Seed weight per plant/g	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield /kg·hm ⁻²
B1	68.7 dD	10.3 cD	18.6 eDE	3.7 aA	48.5 aA	96.4 aA	2.07 aA	22.8 aA	23.6 aA	2352.30 eD
B2	69.0 dD	10.5 cCD	18.4 eE	3.5 aA	38.4 bB	79.7 bB	1.89 bA	17.9 bB	22.3 bA	2864.73 dD
B3	71.7 cC	11.1 bB	18.8 dD	3.4 bA	37.9 bB	78.2 bB	1.93 bA	17.7 bB	22.2 bA	3136.03 aA
B4	73.9 bB	10.9 bBC	19.4 cC	2.8 cB	35.5 cCD	66.1 dC	1.72 cB	14.4 dCD	21.4 bA	2979.49 bB
B5	74.5 bB	11.7 aA	19.9 bB	1.6 dC	32.3 dCD	55.9 dC	1.74 cB	12.2 eD	21.6 bA	2909.02 cC
B6	77.2 aA	11.9 aA	20.6 aA	1.4 dC	28.3 eCD	41.8 dD	1.51 dC	9.7 fE	21.5 bA	2761.37 eD

同列不同大小写字母分别代表 0.01 和 0.05 水平差异显著。下同。
Different capital and lowercase letters indicate significant difference at 0.01 and 0.05 probability level. The same below.

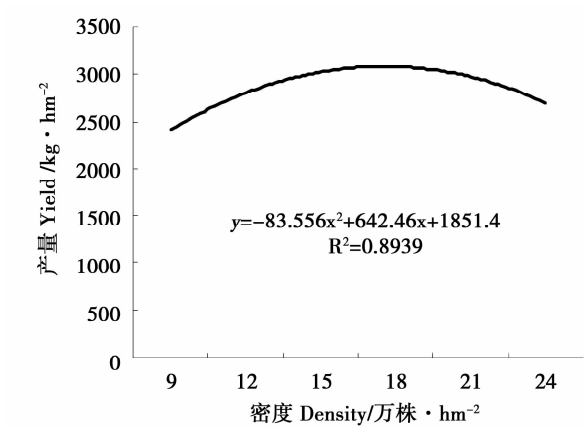


图 3 大豆密度与产量的变化关系
Fig. 3 Relationship between planting density and yield of soybean

2.3.2 不同密度产量补偿效应分析 大豆产量受群体密度和单株生产力两个因素的影响。本试验结果表明(表 3),随套作大豆密度的逐渐降低,其个

体补偿效应和群体补偿效应随之下降,当单株粒重、单株粒数的补偿效应趋近于 0,或者 W_C-W_D 趋近于 0、 W_C/W_D 趋近于 1 时(W_C :单株减产, W_D :密度增产)群体产量最高,此时密度是 15 万~18 万株·hm⁻²,与产量密度曲线回归结果一致。

2.4 套作大豆播期试验

2.4.1 不同播期对套作大豆生育期结构的影响 从表 4 看出,大豆播种~出苗的时间随播期的推迟而缩短,C6 为 8 d,C1 为 14 d,C6 比 C1 播期出苗缩短了 6 d;大豆生育期也随着播种期的推迟而缩短,C1 处理的生育期显著长于 C6,原因是 C6 生殖生长期显著(始花至成熟)缩短。C1 处理的生殖生长期为 78 d,比 C6 处理长 17 d;而 C1 处理的营养生长期(出苗至始花)为 44 d,比 C6 处理长 8 d。从大豆与西瓜的共生期来看,各处理间无差异。但从大豆的生殖生长与西瓜的共生期(简称生殖共生期)来看,随播期的推迟而缩短,且差异达到显著水平。

表 3 大豆产量补偿效应分析

Table 3 Analysis of compensation effect of soybean yield

密度 Density /万株·hm ⁻²	密度降低 Decreasing /%	粒数 Seeds number per plant			粒重 Seed weight per plant/g			产量 Yield/ kg·hm ⁻²			
		单株粒数	粒数增加	补偿效应	单株粒重	粒重增加	补偿效应	密度	单株	WG -	WG/
		Seeds number per plan	Increasing /%	Compensation effect	Seed weight per plant/g	Increasing /%	Compensation effect	增产 WD	减产 WG	WD	WD
24		41. 8			9. 7						
21	12. 5	55. 9	33. 7	21. 2	12. 2	25. 8	13. 3	291	525	234	1. 80
18	14. 3	66. 1	18. 2	4. 0	14. 4	18. 0	3. 7	366	396	30	1. 08
15	16. 7	78. 2	18. 3	1. 6	17. 7	22. 9	6. 2	432	495	63	1. 15
12	20. 0	79. 7	1. 9	-18. 1	17. 9	1. 1	-18. 9	531	24	-507	0. 05
9	25. 0	96. 4	21. 0	-4. 0	22. 8	27. 4	2. 4	537	441	-96	0. 82

表 4 西瓜套作大豆不同播期对复合群体产量和产值的影响

Table 4 Influence of sowing time on yield and output value of compound population under watermelon intercropping with soybean

处理 Treatment	播期 Sowing date	出苗 Emergence date	始花 Beginning bloom date	成熟 Maturity date	播种至出苗 Soeing- emergence	与西瓜		与西瓜生		全生育期 Growth period
						出苗至始花	始花至成熟	共生期	殖共生期	
						Emergence- beginning bloom	Beginning bloom- maturity	Days of watermelon- soybean co-existence	Days of soybean reproductive growth co-existed with watermelon	
C1	05-10	5. 24	7. 08	9. 25	14	44	78	91	30 a	123 a
C2	05-20	6. 02	7. 13	9. 29	12	41	77	91	25 b	119 b
C3	05-30	6. 10	7. 21	10. 04	10	41	75	91	17 c	116 c
C4	06-10	6. 19	7. 28	10. 07	9	38	71	91	10 d	111 e
C5	06-20	6. 28	8. 06	10. 10	8	39	65	91	2 e	114 d
C6	06-30	7. 08	8. 13	10. 12	8	36	61	91	0 f	96 f

2. 4. 2 群体产量和效益分析 从表 5 可以看出,不同播期处理对西瓜套作大豆复合群体产量和效益的影响达显著水平,C3 处理复合群体产量最高,达 98 824. 9 kg·hm⁻²,其中西瓜产量为 95 863. 4 kg·hm⁻²、大豆产量为 2 961. 5 kg·hm⁻²,比其它处理复合群体增产 1. 2% ~ 17. 4%,C3 处理复合群体产

值也最高,达 166 707. 8 元·hm⁻²,其中西瓜的产值为 153 381 元·hm⁻²、大豆产值为 13 326. 8 元·hm⁻²,比其它处理产值提高 2. 2% ~ 16. 4%。因此,在 5 月 30 日种植套作大豆实现了西瓜套作大豆模式下两作物双高产高效。

表 5 西瓜套作大豆不同播期对复合群体产量和产值的影响

Table 5 Influence of sowing time on yield and output value of compound population under watermelon intercropping with soybean

处理 Treatmet	产量 Yield/kg·hm ⁻²			产值 Output value/yuan·hm ⁻²		
	西瓜	大豆	合计	西瓜	大豆	合计
	Watermelon	Soybean	Total	Watermelon	Soybean	Total
C1	81653. 0 bB	2791. 3 abA	84444. 3	130644. 8 bB	12561. 75 abA	143206. 6
C2	84712. 0 bB	2920. 0 aA	87632. 0	135539. 2 bB	13140. 00 aA	148679. 2
C3	95863. 4 bB	2961. 5 aA	98824. 9	153381. 0 aA	13326. 75 aA	166707. 8
C4	94482. 5 bB	2495. 4 bcAB	96977. 9	151172. 7 aA	11229. 75 bcAB	162402. 5
C5	94993. 0 aA	2492. 7 bcAB	97485. 7	151988. 8 aA	11216. 25 bcAB	163205. 1
C6	95396. 0 aA	2283. 0 cB	97679. 0	152633. 6 aA	10273. 50 cB	162907. 1

3 结论与讨论

众多研究表明,间套作模式下,作物带幅以及种植密度在很大程度上影响复合群体结构,进而影响到复合群体的光能利用效率和干物质积累^[7-8]。本文的研究结果表明,A3 处理下(总带幅 1.6 m,西瓜、大豆带幅比 1.2/0.4)西瓜套作大豆复合群体产量及效益最佳,为该模式最优带幅比。该模式大豆种植密度的研究表明,株高、主茎节数、底荚高度随大豆密度的增加而增加,而单株荚数、有效分枝数及单株粒数随密度的增加而递减。进一步对套作大豆产量与密度进行回归分析及补偿分析,大豆适宜套作密度在 15 万~18 万株·hm⁻²。

在甘肃中部灌区西瓜套作大豆种植模式下,西瓜处于竞争优势,而大豆处于竞争弱势,因此,大豆在套作模式下高产优质问题是该模式急需解决的问题。本研究发现,早熟品种合丰 57、合丰 42 套作西瓜,共生期表现为有效分枝数较少、单株结荚数较少,西瓜收获后,因其生育期较短,恢复补偿效应发挥不显著,导致最终产量低,不适宜与西瓜套作。中晚熟品种齐黄 36、冀豆 12、陇黄 2 号、冀豆 17 等与西瓜套作,因其生育期较长,在西瓜收获后,有一段较长的独立生长期,进行补偿生长,最终产量较高,适宜该模式套作。

套作大豆生育期受播期的影响,播期早,生育期较长,生殖生长期相对较长,而共生期长不利于套作大豆光合生产及干物质积累;适当推迟播期,生育期较短,生殖生长期相对较短,共生期短,有利于大豆干物质积累及成花结实^[9-11]。从本试验结果看,大豆早播对核心作物西瓜产量影响较大,在共生期大豆处于竞争的劣势,对大豆产量也显著下降。该复合群体大豆与西瓜的共生期相同,但生殖共生期随播期推迟缩短,结合产量及产值分析表明,大豆播期为 C3 处理(5 月 30 日)时产量及产值最高。因此,套作大豆播期宜在 5 月下旬。

参考文献

[1] 苏世鸣,任丽轩,霍振华,等. 西瓜与旱作水稻间作改善西瓜连作障碍及对土壤微生物区系的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(3):704-712. (Su S M, Ren L X, Huo Z H, et al.

Effects of intercropping watermelon with rain fed rice on Fusarium wilt and the microflora in the rhizosphere soil[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(3):704-712.)

[2] de Bruin J L, Pedersen P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield[J]. Agronomy Journal, 2008, 100: 704-710.

[3] 赵姜. 中国西瓜产业发展的经济学分析[D]. 北京:中国农业科学院, 2013. (Zhao J. Economics analysis of watermelon industry in China[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013.)

[4] 阎志红. 我国西瓜间套作栽培现状与趋势[J]. 长江蔬菜, 2007(8):37-39. (Yan Z H. Status and trends of watermelon intercropping cultivation in China[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2007(8):37-39.)

[5] Ainsworth E A, Yendrek C R, Skoneczka J A, et al. Accelerating yield potential in soybean: Potential targets for biotechnological improvement [J]. Plant Cell Environment, 2012, 35(1):38-52.

[6] 黄成东. 小麦/西瓜/玉米间作体系综合分析及其优化[D]. 北京:中国农业大学, 2015. (Huang C D. Comprehensive analysis and optimization of the wheat-maize/watermelon intercropping system[D]. Beijing: China Agricultural University, 2015.)

[7] 陈光荣,张国宏,王立明,等. 西北沿黄灌区不同作物间套作大豆产出效果分析[J]. 大豆科学, 2013(5): 614-619. (Chen G R, Zhang G H, Wang L M, et al. Quantitative evaluation and analysis on different cropping patterns of soybean in Northwest irrigation districts along yellow river[J]. Soybean Science, 2013 (5): 614-619.)

[8] 黄高宝. 集约栽培条件下间套作的光能利用理论发展及其应用[J]. 作物学报, 1999, 25(1): 16-24. (Huang G B. Development of light utilization theory for wheat/corn intercropping in condition of intensive cultivation[J]. Acta Agronomica Sinica, 1999, 25(1): 16-24.)

[9] 陈光荣,杨文钰,张国宏,等. 马铃薯/大豆套作对 3 个大豆品种光合指标和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 21(11):3345- 3352 (Chen G R, Yang W Y, Zhang G H, et al. Effects of potato/soybean intercropping on photosynthetic characteristics and yield of three soybean varieties[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 21(11):3345- 3352.)

[10] Mushagalusa G N, Ledent J F, Draye X. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield [J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 64(2): 180-188.

[11] 王竹,杨文钰,吴其林. 玉/豆套作荫蔽对大豆光合特性与产量的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1502-1507. (Wang Z, Yang W Y, Wu Q L. Effects of shading in maize/soybean relay-cropping system on the photosynthetic characteristics and yield of soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(9): 1502-1507.)