

辽宁省玉米大豆带状复合种植示范研究

李春红^{1,2},王 迪¹,姚兴东¹,王海英¹,赵明哲¹,吴俊江³,宋书宏²,谢甫锦¹

(1. 沈阳农业大学 大豆研究所,辽宁 沈阳 110866; 2. 辽宁省农业科学院 作物研究所,辽宁 沈阳 110161; 3. 黑龙江省农业科学院 大豆研究所/农业部大豆栽培重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要:目前我国大豆供需矛盾突出,近 80% 的大豆依赖进口,开展玉米-大豆条带复合种植,即在不影响玉米产量的情况下,获得一定产量的大豆,是解决这一问题的有效途径。本试验选用紧凑型玉米品种(良玉 88、铁研 58、东单 6531)和耐荫型大豆品种(辽豆 32、沈农 8 号、辽豆 15)为试验材料,组配良玉 88-辽豆 32、良玉 88-沈农 8 号、良玉 88-辽豆 15、东单 6531-辽豆 32、铁研 58-辽豆 32 五个组合,进行带状复合种植,以期从中选择出适合于辽宁地区玉米-大豆带状复合种植的品种组合方式。结果表明:良玉 88-辽豆 32 组合玉米大豆总产量最高,其次为东单 6531-辽豆 32 组合和铁研 58-辽豆 32 组合。在玉米-大豆带状复合种植中,应选择单株荚数、单株粒数、单株粒重有优势的大豆品种,选择穗行数 and 行粒数有优势的玉米品种。综合考虑玉米和大豆性状的组合,良玉 88-辽豆 32 组合的综合性状较好,是适宜辽宁省玉米-大豆带状复合种植的品种组合。

关键词:玉米大豆带状复合种植;产量;产量性状

中图分类号:S359 **文献标识码:**A **DOI:**10. 11861/j. issn. 1000-9841. 2017. 02. 0219

Demonstrate Research of Maize-Soybean Belt Compound Planting in Liaoning Province

LI Chun-Hong^{1,2}, WANG Di¹, YAO Xing-Dong¹, WANG Hai-Ying¹, ZHAO Ming-Zhe¹, WU Jun-Jiang³, SONG Shu-Hong², XIE Fu-ti¹

(1. Soybean Research Institute of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Crop Institute of Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China; 3. Soybean Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Soybean Cultivation, Ministry of Agriculture P. R. China, Harbin 150086, China)

Abstract: At present, the contradiction of soybean supply and demand in China is outstanding. Nearly 80% of soybean depends on imports. Maize-soybean belt compound planting is an effective way to solve this problem, without affecting maize yield and receiving some soybean production. This experiment chose the compact corn varieties (Liangyu 88, Tieyan 58, Dongdan 6531) and shade tolerance soybean varieties (Liaodou 32, Shennong 8, and Liaodou 15) as materials. They were divided into 5 combinations: Liangyu 88-Liaodou 32, Liangyu 88-Shennong 8, Liangyu 88-Liaodou 15, Dongdan 6531-Liaodou 32, Tieyan 58-Liaodou 32. The maize-soybean belt compound planting was studied to choose a suitable variety combination of maize-soybean belt compound planting for Liaoning province. The results were as follows: The total yield of Liangyu 88-Liaodou 32 combination was the highest, followed by the Dongdan 6531-Liaodou 32 combination and Tieyan 58-Liaodou 32 combination. In maize-soybean belt compound planting, soybean varieties should be chosen which were advantaged in the number of pods per plant, seeds number per plant, weight per plant, maize varieties should be chosen which were advantaged in row number and grains per row. Considering the combination of corn and soybean traits, the comprehensive character of Liangyu 88-Shennong 8 combination was the best. It was suitable for maize-soybean belt compound planting in Liaoning province.

Keywords: Maize-soybean belt compound planting; Yield; Yield characters

大豆是我国重要的粮油兼用作物和动物饲料蛋白原料,随着人民生活水平的提高和养殖业的发展,需求量逐年攀升。然而,由于效益低,近年大豆种植面积不断下降,供需矛盾日益突出。玉米-大豆带状复合种植与清种玉米相比,可以实现玉米单位面积产量近乎不变,额外收获一定产量的大豆,大力发展玉米-大豆带状复合种植模式对于提高

土地利用效率,扩大大豆生产,实现玉米、大豆双丰收等方面具有重要意义,同时进行带状轮作,有利于农业的可持续发展^[1-2]。

玉米-大豆带状复合种植技术是四川农业大学经过十多年研究形成的一项创新型栽培方法,拥有独立的 3 大核心技术:“选、扩、缩”,即“选配良种,扩大玉米宽行和玉米行与大豆行的间距,适当

收稿日期:2016-12-20
基金项目:辽宁省自然科学基金(201602658);国家重点研发计划(2016YFD0300203-2)。
第一作者简介:李春红(1974-),女,博士,讲师,主要从事作物遗传育种研究。E-mail:1942739026@qq.com。
通讯作者:谢甫锦(1966-),男,博士,教授,主要从事大豆栽培育种研究。E-mail:soybean@sohu.com;
宋书宏(1964-),男,博士,研究员,主要从事大豆栽培育种研究。E-mail:sshun@163.com。

缩小玉米和大豆株距”。由于玉米对大豆的遮荫影响,要选择株型紧凑型玉米品种和耐荫型大豆品种,以利于玉米大豆双丰收^[3]。该栽培模式可采用2 m开厢,玉米宽窄行种植,宽行1.55 m,窄行0.45 m,第二年玉米和大豆换茬轮作,经过多年多个生态点的试验、示范、推广,获得了明显的增产增收效果^[4]。在四川盆地地区,采用紧凑型玉米品种“登海605”和耐荫型大豆品种“南豆12”按照2:2玉米-大豆带状套作、1:1玉米-大豆传统套作、玉米单作、大豆单作这4种栽培模式进行试验,作物籽粒能值产出和总能值均表现为玉米-大豆带状套作显著高于其它3种栽培模式^[5];射洪县农业技术推广站采用该项技术“选配良种,扩大玉米宽行和玉米行与大豆行的间距,适当缩小玉米和大豆株距,增加种植密度”,使玉米产量达到7 500 kg·hm⁻²以上、大豆达到2 250 kg·hm⁻²以上,产值达到30 000元·hm⁻²以上,实现了玉米-大豆双高产^[6];可见,玉米-大豆带状复合种植“选、扩、缩”3大技术的实际应用情况良好。另外,为了大面积推广该项技术,在机械方面经过研究和试验,已形成了以Mini小四轮拖拉机为动力的带状复合种植机械化生产系统,在“100-100”模式下以方便玉米播种作业,玉米为

表1 玉米品种的主要特征

Table 1 Characters of the experimental maize cultivars

品种 Cultivars	生育期 Maturity /d	株高 Plant height /cm	穗位高 Ear height /cm	穗长 Ear length/cm	穗行数 Row number
良玉88 Liangyu 88	132	302	116	19.1	16~20
东单6531 Dongdan 6531	130	299	107	18.8	16~20
铁研58 Tieyan 58	128	290	129	23.0	16~18

表2 大豆品种的主要特征

Table 2 Characters of the experimental soybean cultivars

品种(系) Cultivar(line)	生育期 Maturity/d	株高 Plant height/cm	结荚习性 Growth habit	主茎节数 Main stem nodes	分枝数 Branch
沈农8号 Shennong 8	136.0±2.5	66.4±3.8	有限 Determinate	16.4±2.4	1.9±0.5
辽豆15 Liaodou 15	128.0±3.5	92.2±5.6	有限 Determinate	19.7±0.9	2.1±1.1
辽豆32 Liaodou 32	122.0±2.9	84.9±4.2	亚有限 Semideterminate	17.6±0.7	3.4±0.8

1.2 试验设计

试验地点在辽中县四方台镇西余村,试验地共计2 hm²,其中1 hm²前茬为大豆,另外1 hm²前茬为玉米。本试验设5个组合:良玉88-辽豆32为组合1,良玉88-沈农8号为组合2,良玉88-辽豆15为组合3,东单6531-辽豆32为组合4,铁研58-辽豆32为组合5(表3)。采用玉米-大豆带状复合种植技术,玉米与大豆行比为2:2,行长为400 m,以宽窄行种植,扩大宽行距使玉米宽行距达到1.8 m,

2行,行距40 cm,大豆为2行,行距40 cm。该系统适应西南地区带状复合种植及丘陵小地块的特点,基本实现了带状复合种植模式下的耕地、播种、管理和收获等农业生产环节的机械化作业,效率高,质量好^[7]。

综上所述,玉米-大豆带状复合种植模式方面的研究在以四川为代表的西南地区较多,从品种选择、田间配置、栽培技术以及机械化方面都比较深入,推广示范也得到认可^[8-13]。华北近年也有相关的示范推广研究^[14],而该模式在东北地区的研究相对薄弱。本研究选用适宜辽宁地区种植的大豆和玉米品种为试材,进行不同玉米-大豆品种组合的带状复合种植比较试验,以期确定适宜该模式的玉米-大豆品种组合,为玉米-大豆带状复合种植模式在东北地区的示范推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料选用紧凑型玉米品种:良玉88、铁研58、东单6531和耐荫型大豆品种辽豆32、沈农8号^[15]和辽豆15(表1和表2)。

玉米与大豆间距70 cm,缩小窄行行距,使玉米与玉米之间的窄行距为40 cm,大豆与大豆之间的窄行距为40 cm,缩小玉米株距15 cm,每穴留一株,大豆株距20 cm,采取1,2,1方式留苗。

配套机械为2BJYM-4型大豆-玉米复合式播种机,该机适应大豆-玉米带状复合种植模式(2行:2行),它是施肥播种一体化,大豆、玉米同时播种,保证了选(品种)、扩(间距)、缩(穴距)关键技术中的后两项,并提供较为便捷、可靠的调整方式。

2014 年 5 月 10 日播种,玉米施金富瑞牌掺混肥料(总养分 $\geq 55\%$,N:P₂O₅:K₂O=28:15:12)675 kg·hm⁻²,大豆不施肥,6 月 30 日玉米追施尿素 225 kg·hm⁻²,大豆不追肥。播后苗前封闭除草用 50% 乙草胺 2 250 mL·hm⁻² 和 72% 2,4-D 丁酯 750 mL·hm⁻²,兑水 225 L·hm⁻²均匀喷雾。玉米5~6 叶期玉米带中喷施氨基盖草酮除草剂 15 瓶·hm⁻²,兑水 225 L·hm⁻²均匀喷雾;大豆 4~5 叶期大豆带中

喷施禾阔锄净[氟磺胺草醚(有效成分 250 g·L⁻¹,用量 450 mL·hm⁻²,杀阔叶草)+精喹禾灵(有效成分 10.8% 乳油,用量 450 mL·hm⁻²,杀禾本科杂草)。在玉米 10 叶全展时,采用“玉米控四”(玉米控旺、玉米杀虫、玉米增产、玉米防秃)进行控旺调节,15 盒·hm⁻²(内含 60 支)兑水 225 kg·hm⁻²叶面喷施。采用“润德大力士”(沧州润德农药有限公司)进行玉米螟防治。

表 3 辽宁玉米-大豆带状复合种植组合设计

Table 3 Experiment design of relay-intercropping maize with soybean in Liaoning					
组合编号 No.	玉米品种 Maize	大豆品种 Soybean	试验面积 Area/m ²	条带数目 Relay No.	前茬作物 Fore-rotating crop
1	良玉 88 Liangyu 88	辽豆 32 Liaodou 32	7000	7	玉米 Maize
			4000	4	大豆 Soybean
2	良玉 88 Liangyu 88	沈农 8 Shennong 8	2000	2	大豆 Soybean
3	良玉 88 Liangyu 88	辽豆 15 Liaodou 15	2000	2	大豆 Soybean
4	东丹 6531 Dongdan 6531	辽豆 32 Liaodou 32	2000	2	大豆 Soybean
5	铁研 58 Tieyan 58	辽豆 32 Liaodou 32	3000	3	玉米 Maize

1.3 测定项目与方法

除组合 1 是在其中玉米茬口的 2 个条带进行取样外,其余组合都是取其中的 1 个条带进行取样。每个条带取 10 个点,每个点以 20 m 为 1 个单位,取中间 3 m 测定玉米和大豆株数、收获后风干测产,其中玉米测定水分含量,然后换算成 14% 的标准水计算产量。每个样本玉米取 5 穗,大豆取 5 株进行室内考种。大豆测定单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重、株高、节数、结荚高、分枝数、茎粗、大豆产量、密度;玉米测定穗长、穗粗、轴粗、秃尖、穗行数、行粒数、粒重、百粒重、出籽率、玉米产量、密度。

1.4 数据处理

利用 Excel 2003 对数据进行处理分析, DPS V 6.50 软件进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 各玉米-大豆组合玉米和大豆产量和密度

2.1.1 各玉米-大豆组合的玉米产量 由表 4 可见,组合 1 玉米产量最高,为9 600 kg·hm⁻²,明显高于其余组合产量。玉米品种均为良玉 88 的 3 个组合中,组合 2 和组合 3 的产量相差不大,比组合 1 产量约低1 500 kg·hm⁻²。其可能原因:一是组合 1 的玉米密度比组合 2 和组合 3 的密度大;二是组合 1 为玉米茬口,而组合 2 和 3 为大豆茬口,产量的差异可能与前茬的土壤养分残留量有关系;三是不同大豆品种在条带种植中对玉米产量的影响不同也可能是导致玉米产量差异的原因之一。

2.1.2 各玉米-大豆组合的大豆产量 各组合大豆产量相差较大。大豆品种为辽豆 32 的 3 个组合的大豆产量均较高,组合 1 和组合 5 大豆的产量分别为 632 kg·hm⁻²和 620 kg·hm⁻²,组合 4 产量为 462 kg·hm⁻²;组合 2 和组合 3 的大豆产量较低。原因一是组合 1 和组合 5 为玉米茬口,而组合 4 为大豆茬口,除了土壤养分含量对产量有影响之外,组合 4 的大豆由于重茬也是减产不可忽视的原因;二是辽豆 32 的生育期比辽豆 15 和沈农 8 号短,2014 年的伏旱,正值辽豆 15 和沈农 8 号的开花期,对产量影响很大,造成严重减产。

2.1.3 各玉米-大豆组合的玉米和大豆的总产量 组合 1 总产量最高,为10 232 kg·hm⁻²。组合 4 和组合 5 总产量次之,分别为9 093和9 037 kg·hm⁻²。组合 2 和组合 3 产量较低,分别为 8 215 和 8 310 kg·hm⁻²。从各组合产量效果来看,良玉 88-辽豆 32 为最佳玉米大豆带状复合种植的组合。

2.1.4 各玉米-大豆组合玉米和大豆的密度 由表 4 可见,在玉米-大豆带状复合种植模式下,各组合玉米密度差异不大,大豆密度差异较大。大豆品种同为辽豆 32 的 3 个组合中,组合 4 和组合 5 密度较大,组合 1、组合 3 密度居中,分别为 87 915 和 83 656 株·hm⁻²,组合 2 密度最低,只有 66 705 株·hm⁻²。2014 年恰逢春旱,辽豆 32 的百粒重(18.1 g)低,出苗情况相对较好,而沈农 8 号和辽豆 15 的百粒重(分别为 24.7 和 24.3 g)大,出苗情况差导致密度降低。

表 4 各玉米 – 大豆组合玉米的产量和密度
Table 4 Yield and density of maize in different treatment

组合 编号 No.	组合名称 Treatment	玉米产量 Maize yield /(kg·hm ⁻²)	玉米密度 Maize density /(plant·hm ⁻²)	大豆产量 Soybean yield /(kg·hm ⁻²)	大豆密度 Soybean density /(plant·hm ⁻²)	总产量 Total yield /(kg·hm ⁻²)
1	Liangyu 88-Liaodou 32	9600	65138	632	87915	10232
2	Liangyu 88-Shennong 8	8147	64230	68	66705	8215
3	Liangyu 88-Liaodou 15	8121	63960	189	83565	8310
4	Dongdan 6531-Liaodou 32	8631	65025	462	102570	9093
5	Tieyan 58-Liaodou 32	8417	63060	620	101550	9037

2.2 不同玉米 – 大豆组合玉米和大豆的产量性状

由表 5 可见,在玉米 – 大豆带状复合种植模式下,大豆品种同为辽豆 32 的 3 个组合中,玉米茬口的 2 个组合(组合 1 和组合 5)大豆的单株荚数和单株粒数多,分别为 29.27 和 30.06;单株粒重大,分别为 10.02 和 10.19 g,株高较高,主茎节数较多,结荚高度比较低,茎秆较粗。而大豆茬口的组合 4 与上述 2 个组合的单株荚数少大约 10 个,单株粒数少大约 20 个,单株粒重少 3.8 g 左右,株高降低约 18 cm,主茎节数少约 0.5,结荚高度升高约 10 cm,茎粗减少约 0.6 cm,可见,同一个大豆品种的不同玉米组合的产量性状受茬口的影响较大,大豆茬口由于上茬种大豆时施入土壤中的肥料较少,虽然有大豆的根瘤固氮,但是土壤中的养分与玉米茬口比仍然有差距,导致种植在大豆茬口的大豆由于养分的差异,与此同时还受到重茬的影响,从而株高降低,茎秆比较细,分枝数减少,结荚高度升高,单株荚数减少,单株粒数下降,最终导致单株产量降低。

表 5 不同玉米 – 大豆组合大豆产量性状
Table 5 Yield traits of soybean in different treatments

组合 编号 No.	组合名称 Treatment	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seed weight per plant /g	百粒重 100-seed weight /g	株高 Plant height /cm	节数 Node No.	结荚高 Podding high /cm	分枝数 Branching number	茎粗 Stem diameter /mm
1	Liangyu 88-Liaodou 32	29.27	61.83	10.02	16.09	92.16	17.2	15.89	1.0	4.80
2	Liangyu 88-Shennong 8	10.30	17.62	3.61	20.39	59.01	15.6	20.58	0.0	9.20
3	Liangyu 88-Liaodou 15	13.14	26.00	6.88	26.31	105.0	18.9	27.28	2.0	4.87
4	Dongdan 6531-Liaodou 32	20.31	41.58	6.32	15.43	75.95	16.9	26.30	0.6	4.06
5	Tieyan 58-Liaodou 32	30.06	60.62	10.19	15.75	95.06	17.8	16.64	1.1	4.58

由表 6 可见,玉米 – 大豆带状复合种植模式下,大豆产量与单株荚数和单株粒数极显著正相关,与单株粒重显著正相关;密度与茎粗显著负相关;单株荚数与单株粒数和单株粒重极显著正相关。单株粒数与单株粒重极显著正相关。株高与节数和

玉米品种同为良玉 88 的 3 个组合中,组合 2 和组合 3 与组合 1 相比单株荚数和单株粒数明显减少,单株粒重下降,其原因一是可能和生育期有关系,辽豆 32 的生育期比沈农 8 号和辽豆 15 短,开花早,受玉米的荫蔽胁迫相对较小;组合 3 大豆的百粒重最大,组合 2 次之,组合 1 较小,百粒重的这种变化更多的是和品种特性有关(辽豆 32 的百粒重为 18.1 g,而沈农 8 号和辽豆 15 的百粒重分别为 24.7 和 24.3 g);组合 3 大豆株高最高,为 105.0 cm,组合 1 次之,为 92.16,组合 2 最矮,为 59.01 cm;组合 3 大豆的主茎节数最多,组合 1 次之,组合 2 最少;3 个大豆品种的株高和主茎节数的这种变化主要是和品种的特性有关(表 2);组合 3、组合 2 与组合 1 相比,大豆的结荚高度明显增高;组合 3 大豆的分枝数最多,为 2 个,组合 1 次之,约为 1 个,组合 2 几乎没有分枝;组合 2 大豆的茎粗为 9.2 mm,其它 2 组合茎粗差距不大(表 5)。

分枝数极显著正相关。节数与分枝数极显著正相关。由此可见,在玉米 – 大豆带状复合种植中,应该选择单株荚数、单株粒数、单株粒重有优势的大豆品种,能够获得较高的产量。

表 6 各玉米 – 大豆组合大豆各性状相关性分析

Table 6 Correlation analysis of soybean traits in different treatments

相关系数	亩产	密度	单株荚数	单株粒数	单株粒重	百粒重	株高	节数	结荚高	分枝数	茎粗
Correlation coefficient	Yield	Density	Pods per plant.	Seeds per plant	Weight per plant	100-seed weight	Plant height	Node No.	Podding high	Branching number	Stem diameter
产量 Yield	1										
密度 Density	0. 718	1									
单株荚数 Pods per plant	0. 986 **	0. 638	1								
单株粒数 Seeds per plant	0. 988 **	0. 639	0. 996 **	1							
单株粒重 Weight per plant	0. 912 *	0. 586	0. 938 **	0. 944 **	1. 000						
百粒重 100-seed weight	- 0. 765	- 0. 549	- 0. 743	- 0. 736	- 0. 477	1					
株高 Plant height	0. 446	0. 431	0. 368	0. 473	0. 722	0. 209	1				
节数 Node No.	0. 208	0. 417	0. 196	0. 213	0. 488	0. 409	0. 945 **	1			
结荚高 Podding high	- 0. 596	0. 009	- 0. 701	- 0. 693	- 0. 618	0. 6	- 0. 049	0. 638	1		
分枝数 Branching number	0. 172	0. 290	0. 164	0. 188	0. 476	0. 475	0. 952 **	0. 983 **	0. 223	1	
茎粗 Stem diameter	- 0. 708	- 0. 873 *	- 0. 623	- 0. 653	- 0. 705	0. 301	- 0. 733	- 0. 683	- 0. 045	- 0. 627	1

* 在 0. 05 水平上显著相关; ** 在 0. 01 水平上显著相关。下同。
* significant at the 0. 05 level; ** significant at the 0. 01 level. The same below.

由表 7 所见,在玉米 – 大豆带状复合种植模式下,大豆品种同为辽豆 32 的 3 个组合中,组合 1 与组合 4 和组合 5 相比,玉米的出籽率、穗长、穗粗、轴粗、秃尖长、穗行数和行粒数这 7 个性状值均比较高;百粒重比较低;组合 1 与组合 4 的单株粒重基本持平,而组合 5 的较低。玉米品种同为良玉 88 的 3

个组合,组合 1 与组合 2 和 3 相比玉米的出籽率、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重和单株粒重这 7 个性状值均比较高。由此可见,在玉米 – 大豆带状复合种植模式下,在良玉 88 – 辽豆 32 组合的玉米的多数性状产量性状均比其它组合有优势,进而能够获得比较高的产量。

表 7 各玉米 – 大豆组合玉米产量性状

Table 7 Yield traits of maize in different treatment

组合编号	组合名称	出籽率	穗长	穗粗	轴粗	秃尖长	穗行数	行粒数	百粒重	单株粒重
No.	Treatment	Seed rate	Ear length /cm	Ear diameter /mm	Axis diameter /mm	Bald length /cm	Row number	Grains per row	100-seed weight/g	Seed weight per plant/g
1	Liangyu 88-Liaodou 32	0. 84	19. 7	5. 15	3. 05	1. 61	18. 18	38. 24	20. 56	137. 4
2	Liangyu 88-Shennong 8	0. 84	18. 1	4. 98	3. 02	1. 46	17. 36	35. 54	18. 68	126. 4
3	Liangyu 88-Liaodou 15	0. 83	18. 9	5. 12	3. 13	1. 82	16. 87	35. 54	19. 69	125. 8
4	Dongdan 6531-Liaodou 32	0. 82	18. 8	4. 81	2. 87	0. 52	16. 58	37. 62	24. 01	137. 5
5	Tieyan 58-Liaodou 32	0. 82	17. 9	5. 09	3. 01	1. 02	16. 94	37. 45	20. 74	127. 1

由表 8 所见,玉米 – 大豆带状复合种植模式下,玉米的产量与穗行数和行粒数显著相关;出籽率与秃尖显著负相关;穗粗与百粒重在水平显著负相

关。由此可见,在玉米 – 大豆带状复合种植中,在选择穗行数和行粒数有优势的玉米品种,能够获得较高的产量。

表 8 各玉米-大豆组合玉米各性状相关性

Table 8 Correlation analysis of maize traits in different treatments

相关系数	产量	密度	出籽率	穗长	穗粗	轴粗	秃尖	穗行数	行粒数	百粒重	粒重
Correlation coefficient	Yield	Density	Seed rate	ear length	Ear diameter	Axis diameter	Bald length	Row number	Grains per row	100-seed weight	Seed weight
产量 Yield	1										
密度 Density	0.731	1									
出籽率 Seed rate	0.438	0.415	1								
穗长 Ear length	0.811	0.742	0.514	1							
穗粗 Ear diameter	0.17	-0.089	0.244	0.075	1						
轴粗 Axisdiameter	-0.226	-0.14	0.155	-0.14	0.859 *	1					
秃尖 Bald length	0.188	0.031	-0.56 *	0.422	0.625	0.558	1				
穗行数 Row number	0.817 *	0.558	0.782	0.586	0.474	0.175	0.586	1			
行粒数 Grains per row	0.826 *	0.394	-0.003	0.554	-0.16	-0.611	-0.22	0.375	1		
百粒重 100-seed weight	0.267	0.279	-0.526	0.267	-0.678 *	-0.775	-0.7	-0.368	0.639	1	
粒重 Seed weight	0.135	0.483	0.499	0.004	-0.425	-0.306	-0.12	0.345	-0.064	-0.094	1

3 讨论

大豆与玉米等其它高秆作物的间种套作可以提高作物对土地的利用率,带状复合种植条件下作物可以更好地利用光能、空间和时间资源,从而提高农作物产量。带状复合种植对不同作物产量的影响主要是对复合种植系统内环境的改变,玉米产量的增加主要是由于玉米株行通风透光条件,可利用光量的增加以及大豆固氮对玉米氮营养的贡献,而大豆产量的减少是由于高秆作物玉米对大豆的遮光,引起大豆植株徒长,甚至发生倒伏,进而导致大豆产量的下降。带状复合种植主要集中在我国西南各省,并已经取得了取得可喜成绩^[16]。在东北地区带状复合种植中,玉米大豆长期共生,选用适宜带状复合种植紧凑型玉米和耐荫型大豆品种,合理进行田间配置,既可以改善作物群体通风透光条件,又可以最大限度地提高大豆群体的光能截获,实现对有限光能的合理利用,从而提高大豆的产量。

在本试验中,茬口对产量的影响较大。玉米品种均为良玉 88 的 3 个组合,组合 1 在玉米茬口,玉米产量最高;而组合 2 和组合 3 在大豆茬口,二者的玉米产量比组合 1 均低约 1 500 kg·hm⁻²。同一个大豆品种的不同玉米组合的大豆产量性状受茬口的影响较大,原因一是重茬,二是大豆茬口由于上茬种大豆时施入土壤中的肥料较少,虽然有大豆的根瘤固氮,但是土壤中的养分与玉米茬口比仍然有差距,导致种植在大豆茬口的大豆由于养分的差异;所以大豆茬口的大豆株高降低,茎秆比较细,分枝数减少,结荚高度升高,单株荚数减少,单株粒数下降,最终导致单株产量降低。

玉米大豆套作高产栽培技术应以增加播种密度为核心,提高玉米有效穗数和大豆有效株数,这是玉豆复合群体高产、稳产的重要保证^[17]。在春季较干旱的条件下,百粒重大的品种出苗差^[18]。2014 年恰逢春旱,大豆品种沈农 8 号和辽豆 15 的百粒重(分别为 24.7 和 24.3 g)大,因而出苗差、产量低,说明试验存在示范品种的抗旱能力不高的问题,这为今后进一步试验提供了重要的警示与借鉴作用。2014 年是辽宁省 63 年一遇的大旱,从 7 月 20 日以后连续 20 多天没有下雨,此时正值玉米灌浆期和大豆开花结荚期,干旱使玉米-大豆带状复合种植中玉米和大豆的产量均较往年清种产量降低,组合产量潜力有待进一步试验验证。

4 结论

研究表明,在玉米-大豆带状复合种植中,良玉 88-辽豆 32 组合是玉米大豆总产量最高,其次为东单 6531-辽豆 32 组合和铁研 58-辽豆 32 组合。在玉米-大豆带状复合种植中,应该选择单株荚数、单株粒数、单株粒重有优势的大豆品种,选择穗行数和行粒数有优势的玉米品种。综合考虑玉米和大豆性状的组合,良玉 88-辽豆 32 组合的综合性状较好,是适宜玉米-大豆带状复合种植的品种组合。

参考文献

[1] 杨峰,崔亮,黄山,等. 不同株型玉米套作大豆生长环境动态及群体产量研究[J]. 大豆科学,2015,34(3):402-407. (Yang F, Cui L, Huang S. Soybean growth environment and group yield in soybean relay intercropped with different leaf type maize soybean

science [J]. 2015,34(3):402-407.)

[2] 杨文钰,杨峰,雍太文. 我国间套作大豆研究方向和发展对策研讨会纪要[J]. 大豆科技,2011(1): 35-36. (Yang W Y, Yang F,Yong T W. Workshop summary of research direction and development countermeasures of intercropped soybean [J]. Soybean Science & Technology,2011(1): 35-36.)

[3] 吕爱淑,刘坤侠,寇辉. 玉米、大豆带状复合种植技术示范与应用[J]. 基层农技推广,2015,3(1):31-32. (Lyu A S, Liu K X, Kou H. Demonstration and application of maize and strip compound planting technology of maize-soybean [J]. Primary Agricultural Technology Extension,2015,3(1):31-32.)

[4] 崔亮,杨文钰,黄妮,等. 玉米-大豆带状套作下玉米株型对大豆干物质积累和产量形成的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(8):2414-2420. (Cui L,Yang W Y, Huang N,et al. Effects of maize plant types on dry matter accumulation characteristics and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems [J]. Chinese Journal of Spliced Ecology, 2015,26(8):2414-2420.

[5] 徐敏,宋春,陈宇亮,等. 不同玉米与大豆栽培模式的能值效益分析[J]. 生态学杂志,2016(10):2667-2675. (Xu M,Song C,Chen Y L,et al. Emergy benefit analysis of different maize and soybean planting patterns[J]. Chinese Journal of Ecology,2016,35(10):2667-2675.)

[6] 王素芬. 玉米—大豆带状复合种植技术[J]. 农业技术与装备,2015(5):35-36. (Wang S F. Banded compound planting technology of corn and soybeans[J]. Agricultural Technology & Equipment,2015(5):35-36.)

[7] 吴维雄,罗锡文,杨文钰,等. 小麦-玉米-大豆带状复合种植机械化研究进展[J]. 农业工程学报,2015,31(S1):1-5. (Wu W D, Luo X W, Yang W Y, et al. Review on mechanization of strip compound planting system of wheat-maize-soybean [J]. Transactions of the Chinese Society of Agriculture Engineering, 2015,31(S1):1-5.)

[8] 舒凯,孟永杰,帅海威,等. 四川玉米—大豆带状套作复合群体产量变异及其影响因素分析[J]. 中国油料作物学报,2015,37(6):832-837. (Shu K, Meng Y J, Shuai H W, et al. Variation of combination yield of maize and soybean under maize-soybean inter-cropping system in Sichuan province [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2015,37(6):832-837.)

[9] 伍晓燕. 不同株型玉米对套作大豆形态生理及产量品质影响的研究[D]. 雅安: 四川农业大学,2007. (Wu X Y. Effects of different plant-type maize on morphological and physiological characters and yield and quality of relay-cropping soybean [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2007.)

[10] 蒲甜,张群,陈国鹏,等. 行距对玉米—大豆套作体系中玉米产量及干物质积累与分配的影响[J]. 浙江农业学报, 2016,28(8):1277-1286. (Pu T, Zhang Q, Chen G P, et al. Effects of row spacing on yield, dry matter accumulation and partitioning of maize in maize-soybean relay strip intercropping system [J]. Acta Agricul-tural Zhejiangensis, 2016,28(8):1277-1286.)

[11] 徐婷,雍太文,刘文钰,等. 播期和密度对玉米—大豆套作模式下大豆植株、干物质积累及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014,36(5):593-601. (Xu T, Yong T W, Liu W Y, et al. Effects of sowing time and density on soybean agronomic traits, dry matter accumulation and yield in maize-soybean relay strip inter-cropping system [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014,36(5):593-601.)

[12] 陈红,尹学伟,杨明,等. 适宜重庆地区套作的大豆品种筛选[J]. 南方农业,2014,8(34):36-37. (Chen H, Yin X W, Yang M, et al. Screening of intercropping soybean cultivars in Chongqing area [J]. South China Agriculture, 2014,8(34):36-37.

[13] 朱星陶,陈佳琴,谭春燕,等. 西南山区玉米大豆 2:3 间作大豆增产栽培术[J]. 大豆科技,2016(4):45-48. (Zhu X T, Chen J Q, Tan C Y, et al. Cultivation techniques of increasing production of maize intercropping soybean 2:3 in southwest mountainous area [J]. Soybean Soybean Science and Technology, 2016(4):45-48.)

[14] 王志梁,任媛媛,张岁岐. 黄土高原不同玉米—大豆间作模式对玉米生长发育的影响[J]. 水土保持通报,2014,34(6):321-326. (Wang Z J, Ren Y Y, Zhang S Q. Effect of maize-soybean intercropping modes on maize growth on loess plateau [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2014, 34(6):321-326.)

[15] 李春红,姚兴东,鞠宝韬,等. 不同基因型大豆耐荫性分析及鉴定指标的筛选[J]. 中国农业科学,2014,47(15):2927-2939. (Li C H, Yao X D, Ju B T, et al. Analysis of shade-tolerance and determination of shade-tolerance evaluation indicators in different soybean genotypes [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014,47(15):2927-2939.)

[16] 王玉茹. “十三五”时期我国粮食安全保障策略研究[J]. 经济纵横,2016(1):82-86. (Wang Y R. China's grain security strategy research during the 13th Five-Year plan [J]. Economic Review,2016(1):82-86.)

[17] 王小春,杨文钰. 实现玉米套大豆双丰收的玉米栽培关键技术[J]. 四川农业科技,2011(4):15. (Wang X C, Yang W Y. Implement a double set of soybean corn crop of corn cultivation key technology[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology,2011(4):15)

[18] 许东河,李东艳. 大豆百粒重与抗旱性及产量的关系[J]. 中国油料, 1991(3):64-66. (Xu D H, Li D Y. The relation between 100-grain weight and drought-resistance and yield of soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Scieives, 1991(3):64-66.)