



张悦忠,孙继颖,田磊,等. 大兴安岭南麓带状复合种植带型对大豆玉米生长的影响[J]. 黑龙江农业科学,2023(11):46-51.

大兴安岭南麓带状复合种植带型对大豆玉米生长的影响

张悦忠¹,孙继颖²,田磊¹,刘玉龙¹,于长生¹,董津蒙¹,艾俊国¹,史生云¹

(1. 扎赉特旗农牧和科技事业发展中心, 内蒙古 兴安盟 137600; 2. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010000)

摘要:为探究不同带状种植模式下大豆玉米生长、产量特性及经济效益,通过设置 4 种带型 S2M2、S4M4、S4M2、S6M4 及单种玉米(M)、大豆(S)6 个处理对不同种植带型的大豆玉米生育进程、农艺性状、产量、土地当量比(LER)及经济效益进行分析。结果表明,带状种植条件下的大豆生育期有延迟现象,与单种大豆相比生育期延迟 2~3 d;通过主成分分析可知,玉米边际效应优势最大的 S2M2 带型,玉米穗部性状因子得分最高,为 1.22,单种玉米因子得分最低,仅为-2.27;带状复合种植条件下大豆的百粒重在 20.17~22.87 g 之间,而单种大豆百粒重仅为 19.94 g;4 种带型设置的 LER 均大于 1,其中 S4M2 带型的 LER 最大,为 1.38;与单种玉米相比,S4M4 带型纯收益最高,增收 246.95 元·hm⁻²,增收率为 1.60%,与单种大豆相比增收 11 822.07 元·hm⁻²,增收率为 101.90%。带状复合种植条件下的整体经济效益大于单种,通过土地当量比、经济效益及下一年轮作等整体分析,S4M4 带型适用于种植面积大、机械化程度高的大兴安岭南麓地区。

关键词:大豆;玉米;带型;生长发育;经济效益

我国大豆消费量位居世界第一,国内的生产量难以满足巨大的需求^[1-2]。基于此背景下,2022 年

中央一号文件提出大力实施大豆和油料产能提升工程,在黄淮海、西北、西南地区推广玉米大豆带状复合种植^[3]。大豆玉米带状复合种植是四川农业大学杨文钰教授团队在对传统玉米-大豆间套种植基础上通过选配良种,扩间增光,缩株保密等传承与创新的一套种植技术^[4-5]。在西南地区,玉米与大豆套作种植已得到了大面积推广^[6-7]。

收稿日期:2023-02-27

基金项目:扎赉特旗农业科技示范园区基金。

第一作者:张悦忠(1972—),男,学士,推广研究员,从事农业技术推广。E-mail:18847170956@163.com。

通信作者:孙继颖(1972—),女,博士,教授,从事玉米种质资源及玉米栽培生理研究。E-mail:nmsunjyiny@163.com。

Breeding Characteristics and Traits of Wheat Varieties Approved in Heilongjiang Province from 2008 to 2022

LIU Wenlin¹, TANG Jingquan¹, ZHANG Hongji¹, SUN Yan¹, YANG Shuping¹, LI Yuyao², WANG Xiangyu¹, SUN Dan¹

(1. Institute of Crop Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086 China; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to guide the direction of spring wheat breeding in Heilongjiang Province, the breeding characteristics, evolution, yield traits, quality traits, and disease resistance of 109 approved varieties from 2008 to 2022 in Heilongjiang Province were analyzed. The results showed that, the number of approved varieties had increased annually, and research and breeding institutions had become the dominant force in wheat breeding. Hybrid breeding still accounts for the majority. In terms of yield traits, yield and thousand-grain weight show a declining trend year by year, with yield showing a larger range of changes and thousand-grain weight showing a smaller range of changes. Yield were positively correlated with growth period and plant height, and negatively correlated with thousand-grain weight. From the perspective of quality indicators, stability time is positively correlated with protein content, wet gluten content, and bulk density, and protein content had a highly significant relationship with wet gluten content. National-approved wheat varieties took into account the comprehensive traits of yield, quality, and disease resistance, while Heilongjiang Province-approved wheat varieties had stricter requirements for disease resistance, and resistance to fusarium head blight and root rot must reach a moderately susceptible level or higher. The currently approved wheat varieties in Heilongjiang Province demonstrate poor resistance to diseases. Therefore, it is essential to strengthen the breeding of wheat varieties with comprehensive resistance against diseases such as fusarium head blight and root rot.

Keywords: Heilongjiang Province; wheat varieties; breeding characteristics; trait analysis

作物群体光能的高效利用是解决个体间资源竞争的有效手段^[8-9],大豆玉米行数及行间距合理配比可以改善作物生长环境^[10]。王贝贝等^[11]研究表明,随着窄行距增加,玉米竞争强度减小而大豆竞争强度增加,各配置于窄行距 40 cm 处系统竞争达到相对平衡。刘姗姗等^[12]通过设置 30,45,60 和 75 cm 4 种玉豆间距,进行大豆根瘤及鲜重比较,发现玉豆间距 60 cm 处理表现最优。刘鑫^[13]在玉米大豆行比 2:2,玉米行距 0.4 m(玉米带间距 1.6 m,玉豆行距 0.6 m)下土地当量比(LER)最大,为 1.42,经济优势指数为 1 338 美元·hm⁻²,且带状间作(玉米大豆行比 2:2)在作物种间竞争和 LER 方面均优于传统的间作(玉米大豆行比 1:1)。杨欢等^[14]研究表明,与单作相比玉米大豆套作籽粒产量提高了 3 274.36 kg·hm⁻²,LER 大于 1。杨峰等^[15]研究发现在 4 种间距设置中玉玉间距 40 cm,玉豆间距 60 cm 处理的 LER 和经济收益最大。雍太文等^[16]研究表明,与单作和玉米大豆套作等行距种植相比,玉米大豆套作带状种植下玉米产量降低,但大豆产量显著提高。李雪等^[17]研究发现,与传统种植模式(玉米-大豆单行套作、单作玉米和单作大豆)相比,玉米-大豆带状套作模式可以提高包括经济效益在内的综合效益。前人多集中在玉米大豆间行距的变化对作物生长发育、产量的影响,不同玉米大豆行数配比对作物生长发育、产量及经济效益的影响却鲜有报道,并且这些研究多为在西北丘陵地区背景下进行的,而适合东北地区种植面积大、机械化程度高的玉米大豆带型设置仍需要进一步探索。本研究旨在通过设置垄作条件下不同大豆玉米行数带型对大豆玉米的生长发育、产量及不同带型间的经济效益进行比较,构建出适宜东北地区的带型模式,为大豆玉米带状复合种植技术在东北地区大面积推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验设在扎赉特旗农业科技示范园区内(位于扎赉特旗音德尔镇新立嘎查境内),试验年限为 2022 年。试验地土质为草甸土,前茬为玉米茬,土壤有机质含量 3.56%,全氮含量 1.9 g·kg⁻¹,有效磷含量 7.6 mg·kg⁻¹,速效钾含量 97 mg·kg⁻¹,土壤 pH7.7 左右,有灌溉条件,常年≥10℃有效积温 2 600℃左右,年降雨量 400 mm 左右,2022 年试验

地降水量及积温见图 1。

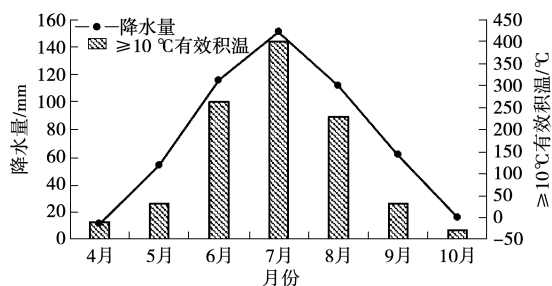


图1 2022年试验地降水量及≥10℃有效积温

1.2 材料

玉米品种:金诚 316;大豆品种:东生 77。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 采取单因素随机区组设计,垄作,共设 4 种带型,即 S2M2(玉米行距 50 cm,玉米大豆间距 65 cm,大豆大行距 50 cm,小行距 15 cm,总带宽 260 cm)、S4M4(玉米行距 80 cm,小行距 50 cm,玉米大豆间距 65 cm,大豆大行距 50 cm,小行距 15 cm,总带宽 520 cm)、S4M2(玉米行距 50 cm,玉米大豆间距 65 cm,大豆大行距 50 cm,小行距 15 cm,总带宽 390 cm)、S6M4(玉米行距 80 cm,小行距 50 cm,玉米大豆间距 65 cm,大豆大行距 50 cm,小行距 15 cm,总带宽 650 cm),各带型玉米株距 14.65 cm,大豆株距 12.82 cm,另设单种玉米(M)、单种大豆(S),共计 6 个处理,每个处理 3 次重复,每个处理带长 100 m。玉米带及玉米清种施底肥复合肥(17-17-17)450 kg·hm⁻²,追施尿素 450 kg·hm⁻²;大豆带及大豆清种施底肥复合肥(17-17-17)300 kg·hm⁻²。

1.3.2 测定项目及方法 玉米生育进程调查:记录出苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、成熟期;大豆生育进程调查:记录出苗期、开花期、结荚期、鼓粒期、成熟期。

植株形态特征测定:玉米在成熟期每个处理随机选取长势一致的植株 3 株,测量茎粗、株高;在成熟期每个处理随机选取均匀一致的雌穗 10 穗,考察其穗粒数、穗粗、穗长、秃尖长、百粒重。大豆在成熟期每个处理随机选取长势一致的植株 3 株,测量株粒数、株荚数、百粒重、株高,形态特征各处理均 3 次生物学重复。

作物产量测定:玉米、大豆产量测量均采用实收测产法,取样面积均为 33.32 m²,测定其范围内的穗(株)数,玉米选取 20 穗进行配穗,脱粒、称量、测量含水量;大豆随机选取长势一致的植株 50 株进行脱粒、称量、测量含水量。

玉米产量=单位面积穗数×20 穗籽粒质量/20×
(1-含水量/100)/0.86

大豆产量=单位面积株数×50 株籽粒质量/50×
(1-含水量/100)/0.87

土地当量比(LER)= $\sum_{i=1}^m \frac{Y_i}{Y_{ii}}$ ^[18]

式中,m 代表作物数;Y_i 代表单位面积内间、
混作中第 i 个作物的产量;Y_{ii} 代表同等面积内单
作时第 i 个作物的产量。

生产资料投入及市场售价:主要包括种子、化
肥、农药在内的物质投入及机械、人工投入,并准
确记载粮食市场价格。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2016 和 SPSS 22.0
中进行数据整理和统计分析,采用 LSD 法(P<

0.05)检验显著性,采用主成分分析法对玉米穗部
性状进行评价,用 Excel 2016 进行作图。

2 结果与分析

2.1 生育进程

由表 1 可知,各带型之间及复合种植与单种
之间玉米的生育进程没有差异,均在 5 月 24 日出
苗,9 月 29 日成熟,生育期 128 d。

各带型与复合种植及单作之间大豆生育期稍
有差异,其中 S2M2 大豆的生育期为 119 d,其他
带型和单种相比生育期延长 2 d,为 118 d。不同
复合种植带型较单作结荚期稍有延后,且除
S2M2 外,另 3 种带型边行大豆落叶较中间行和
单种晚 2~3 d,大豆生育进程也略有延迟。

表 1 不同大豆玉米复合种植带型对作物生育进程的影响

作物	处理	播种期	出苗期	拔节期	大口期	抽雄期	成熟期	生育期/d
玉米	S2M2	5 月 10 日	5 月 24 日	6 月 18 日	7 月 14 日	7 月 23 日	9 月 29 日	128
	S4M4	5 月 10 日	5 月 24 日	6 月 18 日	7 月 14 日	7 月 23 日	9 月 29 日	128
	S4M2	5 月 10 日	5 月 24 日	6 月 18 日	7 月 14 日	7 月 23 日	9 月 29 日	128
	S6M4	5 月 10 日	5 月 24 日	6 月 18 日	7 月 14 日	7 月 23 日	9 月 29 日	128
	M	5 月 10 日	5 月 24 日	6 月 18 日	7 月 14 日	7 月 23 日	9 月 29 日	128
作物	处理	播种期	出苗期	花期	结荚期	鼓粒期	成熟期	生育期/d
大豆	S2M2	5 月 12 日	5 月 24 日	7 月 3 日	7 月 18 日	7 月 30 日	9 月 20 日	119
	S4M4	5 月 12 日	5 月 24 日	7 月 3 日	7 月 17 日	7 月 30 日	9 月 19 日	118
	S4M2	5 月 12 日	5 月 24 日	7 月 3 日	7 月 17 日	7 月 30 日	9 月 19 日	118
	S6M4	5 月 12 日	5 月 24 日	7 月 3 日	7 月 16 日	7 月 30 日	9 月 19 日	118
	S	5 月 12 日	5 月 24 日	7 月 3 日	7 月 16 日	7 月 30 日	9 月 17 日	116

2.2 玉米穗部性状

由表 2 可知,S2M2 的穗部性状表现为,有较
多的穗粒数及较长的穗长、百粒重;S6M4 相较其
他带型秃尖较为明显;S4M2 则表现为穗粗较大,
达到了 4.73 cm,但与其他处理相比无显著性差异;

而 S4M4 与其他带型相比穗部性状表现的较为均
衡;M 的穗部性状均表现较差,通过主成分分析也
验证了这点,各处理因子得分表现如下:S2M2>
S4M2> S4M4> S6M4>M,各处理间无显著性
差异。

表 2 不同大豆玉米复合种植带型对玉米穗部性状的影响

处理	穗粒数	穗粗/cm	穗长/cm	秃尖/cm	百粒重/g	因子得分
S2M2	593.28 a	4.68 a	17.30 a	0 a	32.33 a	1.22 a
S4M4	586.59 a	4.68 a	16.65 a	0 a	31.12 a	0.60 a
S4M2	578.82 a	4.73 a	17.08 a	0 a	30.58 a	0.61 a
S6M4	563.72 a	4.65 a	16.72 a	0.03 a	30.60 a	-0.16 a
M	562.10 a	4.33 b	16.08 a	0 a	28.60 a	-2.27 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.3 大豆农艺性状

由表 3 可知,S 表现出较高的株粒数,但百粒重较低,在各带型中 S6M4 的株粒数及株荚数最低,但与其他处理无显著性差异;在各处理中,S2M2 的百粒重最大,为 22.87 g,且与 S 相比差异显著;对于株高而言,在所有带型中 S4M2 株高最低,为 88.20 cm,株高最高的是 S4M4,为 103.73 cm,与 S 处理相比显著提高 16.12%。

表 3 不同大豆玉米复合种植带型对大豆表型性状的影响

处理	株粒数	株荚数	百粒重/g	株高/cm
S2M2	64.97 a	30.77 a	22.87 a	103.40 a
S4M4	78.10 a	32.17 a	20.75 b	103.73 a
S4M2	68.80 a	28.87 a	21.65 ab	88.20 b
S6M4	57.97 a	24.70 a	20.17 b	94.67 b
S	80.22 a	28.67 a	19.94 b	89.33 b

2.4 大豆、玉米产量性状

由表 4 可知,在 4 种带型中,S4M4 带型的玉米产量最高,为 7 770.75 kg·hm⁻²,其次是 S2M2 带型,产量为 7 527.45 kg·hm⁻²,S6M4 带型产量最低,为 5 545.80 kg·hm⁻²;对于大豆产量而言,S4M2 带型最高,为 1 826.85 kg·hm⁻²,S2M2 带型产量最低,为 966.00 kg·hm⁻²。通过计算各带

型的土地当量比可知,各带型的当量比均>1,变化范围为 1.14~1.38,具体表现为 S4M2>S4M4>S6M4>S2M2,但均未到显著水平。

表 4 不同大豆玉米复合种植带型对大豆、玉米复合种植产量及当量比的影响

处理	玉米产量/ (kg·hm ⁻²)	大豆产量/ (kg·hm ⁻²)	土地当量比
S2M2	7527.45 b	966.00 c	1.14 a
S4M4	7770.75 b	1191.15 c	1.27 a
S4M2	6067.20 c	1826.85 ab	1.38 a
S6M4	5545.80 c	1492.65 bc	1.19 a
单种	10410.15 a	2345.70 a	—

2.5 经济效益统计分析

由表 5 可知,各带型的总产量均显著低于 M,而显著高于 S,各带型处理总产量变化范围为 7 038.43~8 961.90 kg·hm⁻²,而 M 总产量则达到了 10 410.10 kg·hm⁻²。

各带型处理的物资、地租投入均低于 M,而高于 S,在机械、人工投入中各带型处理均高于 M、S,其中 S2M2 带型的机械、人工投入最高,达到了 2 100.00元·hm⁻²,与单种相比机械、人工投入增加了 40.00%。

表 5 各处理总产量、总产值及其投入

处理	总产量/(kg·hm ⁻²)	总产值/(元·hm ⁻²)	物资、地租投入/(元·hm ⁻²)	机械、人工投入/(元·hm ⁻²)
S2M2	8493.43 b	25077.40 a	9481.50	2100.00
S4M4	8961.90 b	26993.71 a	9481.50	1800.00
S4M2	7894.06 bc	26187.77 a	8790.00	1950.00
S6M4	7038.43 c	22927.19 a	9160.20	1800.00
M	10410.10 a	27066.26 a	10101.00	1500.00
S	2345.64 d	13370.14 b	7980.00	1500.00

由图 2 可知,4 种带型的总产值及纯收益与 M 相比差异均不显著,其中 S4M4 带型纯收益最高,为 15 712.21 元·hm⁻²,与 M 相比增收 246.95 元·hm⁻²,增收率 1.60%,与 S 相比增收 11 822.07 元·hm⁻²,增收率 101.90%,且差异显著。在 4 种带型中,S2M2 带型的玉米纯收益占比最大,达到了 97.26%,而大豆纯收益则在 S4M2 带型中占比最大,为 41.13%。与收益最高的 S4M4 带型相比,S4M2、S6M4 带型收益低是因为玉米收益占比较低,而 S2M2 带型纯收益较低是因为大豆收益占比过低,仅为 2.74%。

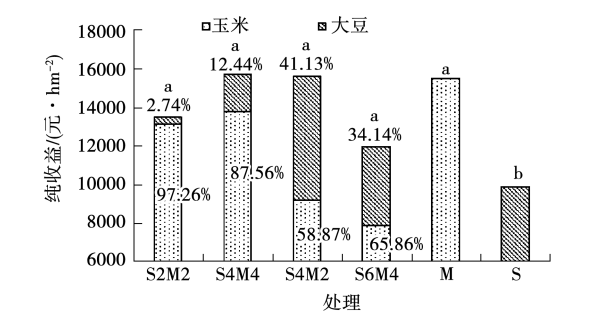


图 2 各处理纯收益及其占比

注:柱上不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。
不同数值表示大豆玉米纯收益不同占比。

3 讨论

本研究发现,在带状种植条件下,大豆有明显贪青晚熟的现象,其中大豆带宽最小的 S2M2 带型与 S 相比生育期延长最为明显,这与曹鹏鹏等^[19]研究结果一致,可能是由于在玉米遮荫的环境下,使得大豆植株群体冠层内部的光环境发生改变,植株光合能力及生长发育受阻,导致生育期延长^[20]。同时,在遮荫条件下,大豆植株发生了一系列的避荫反应,刺激了株高增加^[21-22],本研究也发现,受玉米植株遮荫影响 S2M2、S4M4 带型的大豆株高均高于 S6M4、S4M2 带型。在间套作种植条件下,遮荫是限制下位作物产量形成的原因^[23-26]。与单种玉米相比,带状种植条件下玉米群体的边际效应更强,本试验通过主成分分析得出,带状种植条件下的玉米穗部性状整体评价均高于 M,其中 S2M2 带型得分最高。本研究结果得出,带状种植的土地当量比(LER)均大于 1,不同带型配置的变化范围为 1.14~1.38,但并不是所有间套种组合都一定具有产量优势,当上下位作物竞争过大 LER 有可能会小于 1^[27-28]。在本试验中,S4M2 带型的 LER 最大,而 S2M2 带型的 LER 最小,在 S2M2 带型下,大豆受玉米荫蔽的影响过大,导致大豆在体系中产量过低 LER 偏小^[29],S4M2 带型则达到了两种作物竞争关系的平衡,4 垄大豆受玉米荫蔽的影响小保证了大豆产量,而 2 垄玉米使边际效应发挥优势更大,提高了玉米单位面积产量。李雪等^[17]研究表明,在西南地区与清种相比,玉米-大豆带状套作带型能够提高经济效益,其中玉米-大豆带状套作带型的增产幅度要优于玉米-大豆单行套作带型。本研究中,S4M4 带型经济效益最大,这与曹曼君等^[30]研究结果一致,S4M2、S6M4 带型收益低主要是因为玉米收益占比较低,而 S2M2 带型纯收益较低则是由于大豆收益占比过低,仅为总收益的 2.74%。在带状种植中玉米比例的增大,促使经济效益提高。在 4 种带型设置中,S2M2 带型玉米、大豆的苗带过窄不利于大型农机具操作,使其机械、人工投入最高,达到了 2 100.00 元·hm⁻²,因此更适用于地块小,机械化程度低的西南丘陵山地地区^[5,31];S6M4 带型土地当量比低,经济效益差,农户种植意愿低;虽然 S4M2 带型的土地当量比在 4 种带型中最大,但玉米与大豆苗带的不等会严重影响下一年的倒茬,已有大量研究表明^[32-34],大豆重茬会加重大豆胞囊线虫病的侵害,导致产量大幅下降;因此,S4M4 带型在保证

获得最大经济效益的同时,与当地的农机具结合,便于田间操作,减少了农机配套投入,同时兼顾了长期轮作的可行性,极大地提高了农户的实施积极性^[35]。

4 结论

带状复合种植条件下的整体经济效益大于单种,受玉米遮荫影响大豆生育期有延迟现象,各带型玉米穗部性状整体优于单种,通过当量比、经济效益及下一年轮作等整体分析,S4M4 带型适用于种植面积大、机械化程度高的大兴安岭南麓地区。

参考文献:

- [1] 张雅,文启宇.中美贸易摩擦下中国大豆产业发展现状与对策研究[J].农业经济,2022(11):128-130.
- [2] 周艳丽.大豆玉米带状复合种植技术的应用研究[J].种子科技,2022,40(23):40-42.
- [3] 中共中央国务院关于做好二〇二二年全面推进乡村振兴重点工作的意见[N].人民日报,2022-02-23(001).
- [4] DU J B, HAN T F, GAI J Y, et al. Maize-soybean strip intercropping: achieved a balance between high productivity and sustainability[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018,17(4):747-754.
- [5] 杨文钰,杨峰.发展玉豆带状复合种植,保障国家粮食安全[J].中国农业科学,2019,52(21):3748-3750.
- [6] HUSSAIN S, IQBAL N, BRESTIC M, et al. Changes in morphology, chlorophyll fluorescence performance and rubisco activity of soybean in response to foliar application of ionic titanium under normal light and shade environment[J]. Science of the Total Environment, 2019,658:626-637.
- [7] 任永福,陈国鹏,蒲甜,等.玉米-大豆带状种植中套作高光效玉米窄行位叶光穗合特性对弱光胁迫的响应[J].作物学报,2019,45:728-739.
- [8] 谭国波,边少锋,刘武仁,等.浅析玉米宽窄行耕作栽培技术[J].玉米科学,2002,10(2):80-83.
- [9] 李猛,陈现平,张建,等.不同密度与行距配置对紧凑型玉米产量效应的研究[J].中国农学通报,2009,25(8):132-136.
- [10] 肖特,崔阔澍,黄文娟,等.带状套作模式中土壤有机质和全氮的空间分布规律:以玉米大豆为例[J].西南农业学报,2022,35(8):1770-1775.
- [11] 王贝贝,廖敦平,范元芳,等.玉米大豆套作窄行距对作物竞争效应及物质分配的影响[J].中国油料作物学报,2020,42(5):734-742.
- [12] 刘姗姗,庞婷,袁晓婷,等.种间距对不同结瘤特性套作大豆根瘤生长及固氮潜力的影响[J].作物学报,2023,49(3):833-844.
- [13] 刘鑫.玉豆带状间作系统光能分布、截获与利用研究[D].成都:四川农业大学,2016.
- [14] 杨欢,周颖,陈平,等.玉米-豆科作物带状间套作对养分吸收利用及产量优势的影响[J].作物学报,2022,48(6):1476-1487.
- [15] 杨峰,娄莹,廖敦平,等.玉米-大豆带状套作行距配置对作物生物量、根系形态及产量的影响[J].作物学报,2015,41

(4):642-650.

[16] 雍太文,刘小明,宋春,等. 种植方式对玉米-大豆套作体系中作物产量、养分吸收和种间竞争的影响[J]. 中国生态农业学报,2015,23(6):659-667.

[17] 李雪,张霞,陈国鹏,等. 西南地区玉米-大豆带状套作成本及综合效益分析[J]. 中国油料作物学报,2023,45(2):427-436.

[18] 蔡承智,高军,陈阜. 土地当量比(LER)的计算校正探讨[J]. 耕作与栽培,2003(5):18-20.

[19] 曹鹏鹏,田艺心,高凤菊,等. 玉米-大豆间作不同带距和行距对两作物生长及产量的影响[J]. 山东农业科学,2018,50(7):78-81,87.

[20] 程彬,刘卫国,王莉,等. 种植密度对玉米-大豆带状间作下大豆光合、产量及茎秆抗倒的影响[J]. 中国农业科学,2021,54(19):4084-4096.

[21] 邓榆川,刘卫国,袁小琴,等. 套作大豆苗期茎秆纤维素合成代谢与抗倒性的关系[J]. 应用生态学报,2016,27(2):469-476.

[22] 邹俊林,刘卫国,袁晋,等. 套作大豆苗期茎秆木质素合成与抗倒性的关系[J]. 作物学报,2015,41(7):1098-1104.

[23] 强森. 玉米大豆间作条件下大豆冠层特性和养分积累规律研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.

[24] 黄其椿,李初英,吴建明,等. 不同遮光处理对菜用大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2012,31(1):81-84,91.

[25] 蔡昆争,骆世明. 不同生育期遮光对水稻生长发育和产量形成的影响[J]. 应用生态学报,1999(2):66-69.

[26] 刘贤赵,康绍忠. 番茄不同生育阶段遮荫对光合作用与产量的影响[J]. 园艺学报,2002(5):427-432.

[27] 张晓娜,陈平,杜青,等. 玉米/大豆、玉米/花生间作对作物氮素吸收及结瘤固氮的影响[J]. 中国生态农业学报,2019,27(8):1183-1194.

[28] 张晓娜. 不同氮水平下玉米-大豆、玉米-花生带状复合种植茎叶器官对产量形成的响应机理研究[D]. 成都:四川农业大学,2019.

[29] 龚万灼,吴雨珊,雍太文,等. 玉米-大豆带状套作中荫蔽及光照恢复对大豆生长特性与产量的影响[J]. 中国油料作物学报,2015,37(4):475-480.

[30] 曹曼君,王婧瑜,崔悦,等. 不同玉米大豆间作行比对大豆光合特性及产量的影响[J]. 大豆科学,2023,42(1):48-54.

[31] 王小春,杨文钰. 玉米-大豆带状间套作全程机械化迈上新台阶[J]. 大豆科技,2012(6):48-50.

[32] 阮维斌,王敬国,张福锁. 连作障碍因素对大豆养分吸收和固氮作用的影响[J]. 生态学报,2003(1):22-29.

[33] 吴海燕,远方,陈立杰,等. 大豆胞囊线虫病与大豆抗胞囊线虫机制的研究[J]. 大豆科学,2001,20(4):285-289.

[34] 新学慧,辛惠普,郑雯,等. 长期轮作和连作对土壤中大豆胞囊线虫数量的影响[J]. 中国油料作物学报,2006(2):189-193.

[35] 王光宇,胡永年,赵仁渠. 4 种多元多熟种植栽培技术的经济评价[J]. 安徽农业科学,2001,29(1):26-27.

Effects of Different Belt Types of Belt Compound Planting on the Growth and Development of Soybean and Maize in the Southern Foothills of the Great Khingan Mountains

ZHANG Yuezhong¹, SUN Jiying², TIAN Lei¹, LIU Yulong¹, YU Changsheng¹, DONG Jinmeng¹, AI Junguo¹, SHI Shengyun¹,

(1. Jalaidd Banner Agriculture, Animal Husbandry and Science and Technology Development Center, Xing'an League 137600, China; 2. College of Agriculture, Inner Mongolia Agricultural University, Ulanhot 010000, China)

Abstract: In order to explore the growth, yield characteristics and economic benefits of soybean corn under different belt planting modes. The growth process, agronomic traits, yield, equivalent ratio and economic benefits of soybean and maize with different planting belt types were analyzed by setting four belt types S2M2, S4M4, S4M2, S6M4 and six treatments of single maize (M) and soybean (S). The results showed that the growth period of soybean under the condition of strip planting was delayed, which was 2-3 days later than that of clear soybean. According to the principal component analysis, the factor score of ear traits of S2M2 type maize with the largest marginal effect advantage was 1.22, and the factor score of clear-cut maize was only -2.27; The 100-seed weight of soybean under the condition of strip compound planting was between 20.17 and 22.87 g, while the 100-seed weight of clear soybean was only 19.94 g. The LER of the four belt types was greater than 1, and the maximum LER of the S4M2 belt type was 1.38. Compared with single corn, the net income of S4M4 belt increased by 246.95 yuan·ha⁻¹, with an increase rate of 1.60%, and 11 822.07 yuan·ha⁻¹, with an increase rate of 101.90%. The overall economic benefit under the condition of belt compound planting was greater than that of seed clearing. Through the overall analysis of equivalence ratio, economic benefit and rotation in the next year, the S4M4 belt type is suitable for the northeast region with large planting area and high mechanization.

Keywords: soybean; maize; belt type; growth and development; economic performance