

大豆间套作种植技术研究进展

孙明明<sup>1,2</sup>,王 萍<sup>1</sup>,吕世翔<sup>1</sup>,李智媛<sup>1</sup>,王 冠<sup>1</sup>,王晓丽<sup>3</sup>,宋 昊<sup>3</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 信息中心,黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学 大豆研究所/大豆生物学教育部重点实验室/农业部东北大豆生物学与遗传育种重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 三北种业有限公司,河北 隆化 068150)

**摘 要:**间套作技术是一种充分利用自然资源,提高土壤产出率,增加农民受益,生态环保的农业种植技术。大豆间套作历经数十年的发展,已经形成了一定的规模,在全国范围内广泛应用。文章对现有的大豆间套作技术的研究进展进行了综述,包括玉米-大豆、甘蔗-大豆、马铃薯-大豆、木薯-大豆、幼树-大豆及大豆的其它间套作类型,对各间套作体系中的品种选择、播期、行比配置、养分调节及光合特性等内容进行了总结和概括,指出耐荫性大豆品种缺乏、机械化程度不高等问题,并对大豆间套作技术的发展进行了展望,以期大豆间套作种植技术的深入研究提供参考。

**关键词:**大豆;间套作;玉米-大豆带状复合种植

**中图分类号:**S565. 1      **文献标识码:**A      **DOI:**10. 11861/j. issn. 1000-9841. 2017. 05. 0818

Advances in Planting Techniques for Soybean Intercropping

SUN Ming-ming<sup>1,2</sup>, WANG Ping<sup>1</sup>, LYU Shi-xiang<sup>1</sup>, LI Zhi-yuan<sup>1</sup>, WANG Guan<sup>1</sup>, WANG Xiao-li<sup>3</sup>, SONG Hao<sup>3</sup>

(1. Information Center of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Soybean Research Institute/Key Laboratory of Soybean Biology in Chinese Ministry of Education/Key Laboratory of Soybean Biology and Breeding( Genetics) of Chinese Agriculture Ministry, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 3. Sanbei Seed Ltd. Company, Longhua 068150, China)

**Abstract:** Intercropping technique is a kind of eco-friendly farming techniques, which make full use of natural resources, improve soil productivity and increase farmers' benefit. After decades development, soybean intercropping has been widely used throughout the country. In this paper, we mainly summarized the development of the soybean intercropping including maize-soybean, sugarcane-soybean, potato-soybean, cassava-soybean, young tree-soybean and some other kinds of soybean intercropping types, discussed the varieties selection, plating date, row numbers setting, nutrition regulation and photosynthetic characteristics, and pointed out some obstacles in development, so as to provide a reference for the further study of soybean intercropping planting technology.

**Keywords:** Soybean; Intercropping; Maize-soybean relay strip intercropping

间套作是一种充分利用光温和土壤资源,提高单位土地产出率的集约化农业栽培技术。间作是指在同一地块或同一生育期内间隔种植两种或两种以上生育期相近的作物,而套作主要是指前季作物生长后期在株行间播种或移栽后季作物的种植方式。间套作在时间和空间上有效地提高光能利用率和土地产出率,为农民实现稳产增收提供了重要的保障<sup>[1-2]</sup>。

大豆是我国重要的油料和经济作物,大豆间套作可以充分利用光温资源、提高单位面积土地收益,是适应当今农业高效集约化的产出模式。历经数十年的发展,现已形成了玉米-大豆<sup>[3]</sup>、马铃薯-大豆<sup>[4]</sup>、木薯-大豆<sup>[5]</sup>、甘蔗-大豆<sup>[6]</sup>、小麦-大豆<sup>[7]</sup>、亚麻-大豆<sup>[8]</sup>等多种大豆间套作种模式,并在南方地区得到了较好的推广应用,其中玉米-大

豆模式面积最大,近几年幼树林间作大豆模式也得到了较好的推广<sup>[9-11]</sup>。随着科技的发展,对大豆间套作的基础理论研究不断深入,尤以在光合特性、养分吸收利用方面较为突出<sup>[12-15]</sup>。本文对现有大豆间套作的多种模式及其研究进展进行了系统综述,旨在为大豆间套作的进一步深入研究及大面积推广利用奠定基础。

### 1 玉米-大豆间套作模式

玉米-大豆间套作是应用较早,在全国推广面积最大的一种大豆间套作种植模式。根据张冀涛等<sup>[16]</sup>的报道显示,早在20世纪50年代,玉米-大豆间套作就在全中国多地推广应用,生产实践表明其可以稳定提高单位面积产量,增进土壤肥力。但传统的玉米-大豆间作模式,也存在一定的弊端,例

收稿日期:2017-05-16  
基金项目:黑龙江省自然科学基金面上项目(C2015011)。  
第一作者简介:孙明明(1983-),女,博士,农艺师,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:soybeansmm1@126.com。  
通讯作者:韩英鹏(1978-),男,博士,教授,主要从事大豆遗传育种和分子生物技术研究。E-mail:hyp234286@diyun.com;  
李文滨(1958-),男,教授,博导,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:wenbinli@neau.edu.cn。

如田间配置不合理、种植密度偏低、低位大豆光照条件较差等问题,为有效解决这一系列问题,四川农业大学的杨文钰教授团队在传统的玉米甘薯套作和玉米大豆间作模式的基础上,改甘薯为大豆,建立了更为科学合理的玉米-大豆带状复合种植模式<sup>[3,12]</sup>。这一模式在田间实行宽窄行配置,使作物能够充分利用边行优势,有效地提高了光能利用率和土壤产出率<sup>[13-15]</sup>。近几年学者们针对玉米-大豆带状复合种植模式展开了较为系统的研究。

1.1 品种选择

间套作模式的主要特点就是利用作物在时间和空间上的分布差异提高光能利用率,促进产量提高,为满足这一要求,玉米-大豆带状复合种植模式中,玉米应选择紧凑或半紧凑型品种,增大透光率,以满足低位作物大豆对于光能的需求,促进大豆叶面积指数增大、茎粗增加、干物质积累量提高,使群体整体产量较高<sup>[17-20]</sup>;大豆品种宜选择晚熟、耐荫性较好的品种,晚熟品种的 LAI、叶绿素总含量、苗期光合速率、单株结实荚数和产量均较高<sup>[21]</sup>。此外,品种对大豆蛋白质和脂肪含量的影响大于播期,中熟品种的脂肪含量较高,晚熟品种的蛋白质含量较高<sup>[21-22]</sup>。

1.2 播期和密度

玉米适期早播有利于产量的提高,收获期提前可以缩短与大豆的共生期,保证大豆生长期适宜的株高、较大的茎粗、理想的叶面积指数和比叶重,利于大豆产量的形成<sup>[23]</sup>;玉米适当早播和适度密植有利于玉豆套作体系总产量和总产值的提高<sup>[24]</sup>。播期对套作大豆的生育期、叶片光合特性、干物质转化、可溶性糖、全氮含量、产量及品质均产生较大影响,适当晚播有利于提高大豆花后的干物质积累、群体生长率、荚果分配比率及单株粒数<sup>[25]</sup>,中晚播大豆幼叶叶绿素含量及光合速率均较高,晚播有利于单株结实荚数和百粒重的提高;品质方面,适时早播有利于蛋白质和淀粉含量的提高<sup>[21]</sup>。吴海英等<sup>[21]</sup>的研究表明,四川东北地区套作高蛋白大豆的适宜播期为 6 月中旬和下旬,晚播有利于提高脂肪含量。

玉米不同密度对大豆茎叶形态的影响主要体现在玉米收获前、后期影响效应无显著差异,但大豆在玉米高密度下的产量显著低于在玉米中、低密度下的产量;玉米产量则是以中密度下的产量最高<sup>[27]</sup>。大豆的适宜密度有利于提高花后的干物质积累、群体生长率、荚果分配比率和产量<sup>[25]</sup>。

1.3 玉豆带宽幅比配置

玉米-大豆带状复合种植模式中种植条带的

宽窄以及带上玉米、大豆的幅比直接影响两种作物的空间分布,会对群体产量产生直接影响。带宽的配置对群体的养分分配、干物质积累及产量都会产生显著的影响<sup>[28]</sup>,适宜的玉豆带宽幅比配置有利于套作大豆农艺性状改善和套作群体产量增加<sup>[29]</sup>。廖敦平<sup>[30]</sup>的研究表明:在玉米-大豆带状套作体系中,玉米的竞争能力强于大豆,但是随着窄行行距的增加,竞争强度上大豆逐渐增强,玉米减弱。适宜的带宽和幅比因品种及试验设置结果存在差异<sup>[29-31]</sup>,田间种植时应进行对比试验选择适宜配置。

1.4 施肥特性

郭凯<sup>[32]</sup>研究表明,玉米大豆套作体系中适宜的磷肥浓度( $P_2O_5$ :0~17 kg·hm<sup>-2</sup>)下,增施钾肥有利于改善套作大豆的基部节间形态,增强茎秆的抗倒性能,促进大豆的干物质运转和积累,有利于提高营养器官向荚果的钾素输出量和输出率,提高套作大豆的单株荚数、籽粒充实率和产量。施磷处理能够增加大豆籽粒蛋白质含量和粗脂肪含量,施钾处理大豆籽粒蛋白质含量明显增加而粗脂肪含量则明显下降。在施钾量 K<sub>2</sub>O 为 0~75 kg·hm<sup>-2</sup> 范围内增施磷肥有利于籽粒蛋白质的积累,而在不施钾的情况下增施磷肥有利于籽粒脂肪含量的提高。董茜<sup>[15]</sup>结合套作模式的特点,设计了将玉米大喇叭口期追肥和大豆基肥同时施用的“减量一体化施氮”技术,并对施氮量和施肥距离进行优化调整,结果表明:玉米-大豆减量一体化施氮促进了玉米、大豆植株地上部干物质的积累,加大了干物质向籽粒的转运,灌浆速率加快,单株粒数和单粒重提高;促进了植株对肥料氮素的吸收与积累,降低了作物对土壤氮素的吸收,提高了氮肥利用率;有利于促进大豆的根系生长和提高大豆根瘤固氮能力;提高了玉米和大豆的产量及群体总产量。

1.5 光合特性

玉豆带状复合种植体系中,不同品种选择、带宽幅比的配置等因素直接导致系统的群体光分布产生差异,对套作大豆的光合特性、干物质积累及产量造成影响。不同的玉豆套作品种组合的光合有效辐射、透光率、净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、叶绿素含量,大豆的叶面积指数、干物质重、产量及其构成因素均存在显著性差异,适宜的株型配置可以改善套作大豆生长的光照环境、提高其光合效率和产量<sup>[3,12]</sup>。不同玉豆间距条件下,大豆群体的 LAI、叶倾角、株高、光能截获量、光能利用率均呈现显著差异,说明适宜的玉豆间距可以优化植株

形态特征,实现光能在大豆群体内的均匀分布,有利于提高大豆的光能利用效率优化大豆群体冠层结构、提高光能利用率和产量<sup>[12]</sup>。间作条件下,玉米由于株高的原因在群体光合系统中属于优势作物,对大豆生育后期的生长、光合特性的影响直接导致大豆产量及构成因素的下降,随着玉米对大豆弱光胁迫程度的加剧,大豆产量呈现降低趋势。因此,在玉米-大豆带状间作种植模式下,要提高间作大豆产量,需降低大豆生育后期玉米荫蔽程度<sup>[13,19]</sup>。

2 甘蔗-大豆间套作

甘蔗是我国的主要糖料作物之一,广西和云南是主要的甘蔗产地,甘蔗幼苗期为100 d左右,生长较为缓慢,且种植距离较宽,光能利用率较低,杂草滋生严重,田间管理较为困难,甘蔗间套种大豆是提高光能和土地利用率的有效方式,因此在南方地区得到广泛的推广应用。间作条件下,大豆的产量较单作有所下降,但根瘤固氮酶活性提高57.4%,籽粒糖分、蛋白质和油分含量分别提高27.23%、0.81%和1.73%<sup>[33]</sup>。间作大豆对甘蔗的萌芽、分蘖影响较小<sup>[34]</sup>,但间作条件下,甘蔗的总生物量及含糖量均得到提高<sup>[33]</sup>。品种选择上,间套种的甘蔗品种要求株型紧凑、叶片窄直、分蘖力强、丰产性好,且抗倒伏;大豆品种要求具备早熟、高产、耐阴性强等特性;播种期是影响甘蔗-大豆间套种的关键因素,大豆应在甘蔗出苗初期播种,播种春大豆时,应在保证大豆前期出苗不受低温阴雨影响的前提下,尽可能早播,以延长春大豆的营养生长期,增加光合物质的积累和减少后期湿涝危害影响;种植方式上,据甘蔗的行间距,大豆种植可分为单行种植和双行种植两种方式<sup>[35]</sup>,具体密度及行间距需根据品种特性等条件进行配置<sup>[36]</sup>。甘蔗-大豆套作,在保证甘蔗高产稳产的条件下,整体经济效益提高,且大豆的根瘤固氮特性,可以减少施肥量,提高地力,是生态友好型的农业种植模式<sup>[37]</sup>。

3 马铃薯-大豆间套作

与玉米/甘蔗-大豆等间套作模式相比,马铃薯-大豆间套作模式中,马铃薯株高较低,大豆受荫蔽影响程度较轻,对大豆全生育期影响不大,马铃薯收获后,大豆进行补偿行增长,充分利用光温资源,光合效率补偿效应显著,且中晚熟品种补偿效果高于早熟品种<sup>[38]</sup>。2015年国家提出马铃薯主粮化战略,马铃薯种植面积不断增加,推广马铃薯

-大豆间套作可以有效提高单位面积土地产出,增加农民收入<sup>[7,39]</sup>,是值得推广的间套作模式。

4 木薯-大豆间套作

木薯是世界三大薯类之一,广泛种植于热带和亚热带丘陵地区,是重要的工业原料和公认的具有开发潜力的可再生能源。木薯-大豆间套作在我国已经有多年的种植历史,研究表明,套作后群体的复合产量高于单作的木薯和大豆<sup>[40]</sup>,种植密度对大豆和木薯的产量产生较大影响,彭坚等<sup>[41]</sup>研究表明,在木薯密度固定的情况下,套作两行大豆的效益最高。韦民政等<sup>[5]</sup>的研究显示,在固定的木薯种植规格下,以每畦2行木薯间种3行大豆的模式纯收入最高,大豆播种行数以2~3行为宜,具体设置需要依据品种及土壤条件等进行设定,大豆套种行数增加时,大豆和木薯距离太近,受木薯遮挡等因素的影响,在一定程度上影响了产量。

5 幼树-大豆间作

农林间套作是有效利用土地资源,节肥养地的生态友好型种植模式。间作系统中,特别是豆科作物间套种植的模式中,豆科作物由于具有生物固氮特性,可以增强土壤供氮能力。香蕉-大豆间作能有效提高蕉园土壤的有机质含量,改善蕉园的微生态环境,调节温湿度,并能促进香蕉的生长;还能明显减少杂草的生长和斜纹夜蛾的危害;显著提高蕉园的经济效益<sup>[42]</sup>。柑橘-大豆间作时,可增强磷的生物移动性,促进深层磷向表层迁移,提高大豆对深层磷的吸收利用,磷肥的施用深度以20 cm以内为佳<sup>[9]</sup>。油茶-大豆间作是应用较为广泛的种植模式,可以使油茶林早期就获得经济效益,并改善茶园的土壤理化性质,促进油茶幼林的生长,并可以改善土壤pH,有效提高土壤的有机质含量和氮磷钾含量,增加油茶产量<sup>[11]</sup>。桑树-大豆间作时,显著提高了桑树的光饱和点、光补偿点和最大净光合速率,降低大豆光饱和点、光补偿点和最大净光合速率,提高了桑树和大豆的表现量子效率。表明桑树-大豆间作提高了桑树对强光和g大豆对弱光的利用能力,从而对桑树和大豆的生长产生影响<sup>[43]</sup>。幼树-大豆间作,可以有效提高果园土壤利用率,提早获得收益,此外种植大豆对于改善林地的土壤结构、土壤养分状况,防治病虫害,减少杂草滋生,促进林木生长具有不可替代的作用,因此全国各地相继开展了不同类型幼树与大豆间作的推广应用。

6 其它大豆间套作类型

经过不断的探索实践,各地结合当地生产情况已经发展形成了多种作物与大豆间套作的类型,例如毛葱/大豆<sup>[44]</sup>、西瓜/大豆<sup>[45]</sup>、高粱/大豆、大蒜/大豆<sup>[44]</sup>、烟草/大豆、胡麻/大豆、食葵/大豆、孜然/大豆、甜叶菊/大豆、燕麦/大豆<sup>[8]</sup>、小麦/大豆、亚麻/大豆、豌豆/大豆<sup>[12]</sup>等。这些大豆间套作类型的推广应用,对促进农业多元化发展、提高农业比较效益、节约资源、提高农民种植积极性发挥了重要作用。

7 展 望

大豆间套作目前应用的区域主要集中在西南、华南、西北等地区,东北大豆主产区受气候等条件限制应用较少,但近几年科研工作者们针对北方春大豆区的大豆间套作技术展开了研究,玉米-大豆复合种植模式在黑龙江<sup>[46]</sup>和辽宁<sup>[47]</sup>的应用均取得了较好的效果,对于提高大豆的种植效益,增加农民的种豆积极性具有重要价值。此外,鲜食大豆<sup>[48]</sup>、鲜食玉米、糯玉米等不同品质类型的品种也应用到了间套作种植中。在品种选育上,为适应大豆间套作技术的需求,应加大耐荫性品种的育种力度,以满足生产需求。此外,应提高大豆间套作的机械水平。科研工作者们还需不断推陈出新,以适应农业发展的需求,满足农民增收的要求,以促进大豆间套作的大面积推广应用。

参考文献

[1] 苏本营,陈圣宾,李永庚,等. 间套作种植提升农田生态系统服务功能[J]. 生态学报,2013,33(14):4505-4514. ( Su B Y, Chen S B, Li Y G, et al. Intercropping enhances the farmland ecosystem services [ J ]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33 ( 14 ): 4505-4514. )

[2] 张恩和,黄高宝. 间套种植复合群体根系时空分布特征[J]. 应用生态学报,2003,14(8):1301-1304. ( Zhang E H, Huang G B. Temporal and spatial distribution characteristics of the crop root in intercropping system [ J ]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14 ( 8 ): 1301-1304. )

[3] 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. )

[4] 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,2015,26(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 Ap-

plied Ecology, 2015, 26 ( 11 ): 3345-3352. )

[5] 韦民政,熊军,唐秀桦,等. 木薯与大豆间套种模式研究与效益分析[J]. 广西农业科学,2015(3):11-14. ( Wei M Z, Xiong J, Tang X H, et al. Study on models of cassava intercropped soybean and its economic benefits analysis [ J ]. Guangxi Agritural Sciences, 2015 ( 3 ): 11-14. )

[6] 孟庆宝,方锋学,龙明华,等. 甘蔗间种菜用大豆对甘蔗产量、品质及间种后综合经济效益的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(24):169-173. ( Meng Q B, Fang F X, Long M H, et al. Effects of sugarcane intercropping with soybean on the yield, quality of sugarcane and comprehensive economic benefit [ J ]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27 ( 24 ): 169-173. )

[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,2011,30(2):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, 2011, 30 ( 2 ): 614-619. )

[8] 冯晓敏,杨永,任长忠,等. 豆科-燕麦间作对作物光合特性及籽粒产量的影响[J]. 作物学报,2015,41(9):1426-1434. ( Feng X M, Yang Y, Ren C Z, et al. Effects of legumes intercropping with oat on photosynthesis characteristics and grain yield [ J ]. Acta Agronomica Sinica, 2015, 41 ( 9 ): 1426-1434. )

[9] 周卫军,王凯荣,李合松. 大豆柑桔间作系统中磷的分配和迁移规律研究[J]. 应用生态学报,2004,15(2):215-220. ( Zhou W J, Wang K R, Li H S. Phosphorus translocation and distribution in intercroppingsystems of soybean ( *Glycine max* ) and citrus ( *Citrus poonensis* ) [ J ]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15 ( 2 ): 215-220. )

[10] 匡石滋,张金妹,田世尧. 香蕉与大豆间作效应研究[J]. 广东农业科学,2011(7):63-65. ( Kuang S Z, Zhang J M, Tian S R. Study of effects of banana-soybean intercropping [ J ]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011 ( 7 ): 63-65. )

[11] 李云,黄永芳,叶小萍,等. 油茶幼林间种大豆对土壤养分含量的影响[J]. 经济林研究,2013,31(2):54-59. ( Li Y, Huang Y F, Ye X P, et al. Effects of intercropping soybean on nutrient contents in soil at *Camellia oleifera* young forest [ J ]. Nonwood Forest Research, 2013, 31 ( 2 ): 54-59. )

[12] 崔亮,苏本营,杨峰,等. 带状套作大豆群体冠层光能截获与利用特征[J]. 中国农业科学,2015,48(1):43-54. ( Cui L, Su B Y, Yang F, et al. Relationship between light interception and light utilization of soybean canopy in relay strip intercropping system [ J ]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48 ( 1 ): 43-54. )

[13] 范元芳,刘沁林,王锐,等. 玉米-大豆带状间作对大豆生长、光合荧光特性及产量的影响[J]. 核农学报,2017,31(5):972-978. ( Fan Y F, Liu Q L, Wang R, et al. Effects of shading on growth, photosynthetic fluorescence characteristics and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems [ J ]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences 2017, 31 ( 5 ): 972-978. )

[14] 张含彬,任万军,杨文钰,等. 不同施氮量对套作大豆根系形态与生理特性的影响[J]. 作物学报,2007,33(1):107-112. ( Zhang H B, Ren W J, Yang W Y, et al. Effects of different nitrogen levels on morphological and physiological characteristics of

relay-planting soybean root[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2007,33 (1):107-112. )

[15] 董茜. 减肥施氮对玉米-大豆带状套种系统干物质积累、转移及氮肥吸收利用特性的影响[D]. 温江:四川农业大学,2014. (Dong Q. Effect of reduced N application on dry matter accumulation and translocation and N utilization efficiency in maize-soybean relay strip intercropping system[J]. Wenjiang: Sichuan Agricultural University, 2014. )

[16] 张冀涛,陈集贤. 玉米大豆间混作栽培试验报告[J]. *陕西农业科学*, 1959(12):486-489. (Zhang J T, Chen J X. Test report of maize-soybean intercropping cultivation[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 1959(12):486-489. )

[17] 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[J]. Ya'an: Sichuan Agricultural University,2007. )

[18] 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, et al. Soybean growth environment and group yield in soybean relay intercropped with different leaf type maize [J]. *Soybean Science*,2015,34(3):402-407. )

[19] 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 Applied Ecology*,2015,26(8):2414-2420. )

[20] 刘增禹,伍晓燕,杨文钰,等. 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, et al. Effect of corn plant type on soybean nitrogen accumulation, translocation and seed protein yield under corn/ soybean relay-strip cropping system[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*,2011, 33(6):574-581. )

[21] 杨继芝. 播期对套作大豆品种生长发育特性和产量及品质的影响[D]. 雅安:四川农业大学,2006. (Yang J. Effects of sowing data on growth period characters, yield and quality of different soybean varieties in pattern of wheat/corn/soybean intercropping [D]. Ya'an:Sichuan Agricultural University,2006. )

[22] 张正翼,龚万灼,杨文钰,等. 套作模式下不同大豆品种(系)主要农艺性状与产量的关系[J]. *大豆科学*, 2007,26(5):680-686. (Zhang Z Y, Gong W Z, Yang W Y, et al. Correlation between agronomic characters and yield in relay-planting soybeans [J]. *Soybean Science*,2007,26(5):680-686. )

[23] 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 D Y, 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. )

[24] 雍太文,杨文钰,向达兵,等. 玉/豆套作模式下玉米播期与密度对大豆农艺性状及产量的影响[J]. *大豆科学*, 2009,28(3): 439-444. (Yong T W, Yang W Y, Xiang D B, et al. Effect of maize sowing time and density on the agronomic characters and yield of soybean in relay-planting system of maize and soybean [J]. *Soybean Science*,2009,28(3):439-444. )

[25] 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 intercropping system [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2014,36(5):593-601. )

[26] 吴海英,于晓波,梁建秋,等. 播期对套作专用高蛋白大豆农艺性状、产量及品质的影响[J]. *大豆科学*, 2015,34(5):801-807. (Wu H Y, Yu X B, Liang J Q, et al. Effect of sowing time on agronomic traits, yield and quality of intercropped specific high-protein soybean in maize-soybean relay strip intercropping system [J]. *Soybean Science*,2015,34(5):801-807. )

[27] 王竹,杨继芝,杨文钰,等. 套作模式下玉米播期和密度对后作大豆茎叶形态及产量的影响[J]. *西南农业学报*, 2014,27 (2):549-552. (Wang Z, Yang J Z, Yang W Y, et al. Effect of maize sowing time and density on stem and leaf morphological characters of soybean in relay-cropping system[J]. *Southwest Journal of Agricultural Sciences*,2014,27(2):549-552. )

[28] 卢凤芝. 不同带宽对玉米-大豆带状套作系统作物养分积累竞争和产量的影响[D]. 成都:四川农业大学,2014. (Lu F Z. Effects of different strip-widths on grain yield, crop nutrition accumulation and competitiveness in maize and soybean relay strip intercropping system[D]. Chengdu:Sichuan Agricultural University,2014. )

[29] 陈圣伦. 玉/豆套作模式的群体配置技术及其对大豆的效应研究[D]. 雅安:四川农业大学,2008. (Chen S L. Research on techniques of plant population configuration under maize/soybean relay-cropping system and their effects on soybean[D]. Ya'an:Sichuan Agricultural University,2008. )

[30] 廖敦平. 玉米-大豆带状套作下不同行距配置系统评价[D]. 温江:四川农业大学,2015. (Liao D P. Identification of advantages of maize-soybean relay strip intercropping system in different narrow-row planting patterns[D]. Wenjiang: Sichuan Agricultural University,2015. )

[31] 张明荣,何泽民,吴海英,等. 玉米套作大豆模式复合群体高产高效优化配置技术研究[J]. *大豆科学*, 2012,31(4):575-578. (Zhang M R, He Z M, Wu H Y, et al. Optimal allocation technology for compound population of relay-intercropping maize with soybean[J]. *Soybean Science*,2012,31(4):575-578. )

[32] 郭凯. 磷、钾营养对套作大豆钾素积累分配和植株抗倒伏性能的影响[D]. 雅安:四川农业大学,2009. (Guo K. Effects of phosphorus and potassium on potassium accumulation, distribution and culm lodging resistance of relay-planting soybean [D]. Ya'an:Sichuan Agricultural University, 2009. )

[33] 李秀平,李穆,年海,等. 甘蔗/大豆间作对甘蔗和大豆产量与品质的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2012,43(7):42-46. (Li X P, Li M, Nian H, et al. Effect of sugarcane/soybean intercropping on growth, yield and quality of sugarcane and soybean[J].

Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 43 ( 7 ) : 42-46. )

[34] 韦开军,周忠凤,阳康春,等. 甘蔗不同种植行间距套种大豆试验[J]. 中国糖料,2013(1):12-13,17. ( Wei K J, Zhou Z F, Yang K C, et al. Experiment of different row spacing sugarcane intercropping soybean[J]. Sugar Crops of China, 2013 ( 1 ) : 12-13,17. )

[35] 车江旅,吴建明,宋焕忠. 甘蔗间套种大豆研究进展[J]. 南方农业学报,2011,42(8):898-900. ( Che J L, Wu J M, Song J M. A review on the researches on sugarcane-soybean intercropping system[J]. Journal of Southern Agriculture, 2011, 42 ( 8 ) : 898-900. )

[36] 孟庆宝,方锋学,龙明华,等. 甘蔗间种菜用大豆对甘蔗产量、品质及间种后综合经济效益的影响[J]. 中国农学通报, 2011,27(24):169-173. ( Meng Q B, Fang F X, Long M H, et al. Effects of Sugarcane Intercropping with soybean on the yield, quality of sugarcane and comprehensive economic benefit[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27 ( 24 ) : 169-173. )

[37] 杨文亨,李志贤,赖健宁,等. 甘蔗-大豆间作和减量施氮对甘蔗产量和主要农艺性状的影响[J]. 作物学报,2014,40(3):556-562. ( Yang W T, Li Z X, Lai J N, et al. Effects of sugarcane-soybean intercropping and reduced nitrogen application on yield and major agronomic traits of sugarcane[J]. Aata Agronomica Sinica, 2014, 40 ( 3 ) : 556-562. )

[38] 陈光荣,杨文钰,张国宏,等. 薯/豆套作模式下不同熟期大豆品种的生长补偿效应[J]. 中国农业科学,2016,49(3):455-467. ( Chen G R, Yang W Y, Zhang G H, et al. Compensation effect of different soybean varieties in potato/soybean intercropping systems[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49 ( 3 ) : 455-467. )

[39] 吕军峰,张国宏,郭天文,等. 西北半干旱区大豆不同间作模式效益分析[J]. 大豆科学,2011,30(2):234-237. ( Lyu J F, Zhang G F, Guo T W, et al. Benefit analysis of different soybean intercropping models in semi-arid area [J]. Soybean Science, 2011, 30 ( 2 ) : 234-237. )

[40] 严炜,刘光华,娄予强,等. 木薯间套作栽培研究概况及产业发展对策[J]. 南方农业学报,2011,42(4):391-394. ( Yan W, Li G H, Lou Y Q, et al. Research survey on cassava intercropping cultivation and the countermeasures for developing cassava industry [J]. Journal of Southern Agriculture, 2011, 42 ( 4 ) : 391-394. )

[41] 彭坚,黄桂花,程建超. 木薯间套作春大豆不同品种筛选试验初报[J]. 广西农学报,2012,27(6):9-13. ( Peng J, Huang G H, Cheng J C. Report on variety selection experiment of spring cassava-soybean intercropping [J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2012, 27 ( 6 ) : 9-13. )

[42] 匡石滋,张金妹,田世尧,等. 香蕉与大豆间作效应研究[J]. 广东农业科学,2011(7):63-64. ( Kuang S Z, Zhang J M, Tian S R, et al. Study of effects of banana-soybean intercropping [J]. Journal of Guangdong Agricultural Sciences, 2011 ( 7 ) : 63-64. )

[43] 胡举伟,朱文旭,许楠,等. 桑树/大豆间作对其生长及光合作用对光强响应的影响[J]. 广东农业科学,2015(3):11-14. ( Hu J W, Zhu W X, Xu N, et al. Study on models of cassava intercropped soybean and its economic benefits analysis [J]. Journal of Guangdong Agricultural Sciences, 2015 ( 3 ) : 11-14. )

[44] 杨晓贺. 大豆套作大蒜、毛葱防控大豆蚜研究初探[J]. 农学报,2014,4(7):26-28. ( Yang X H. Preliminary report on the study of the control on soybean aphid with intercropping of soybean and garlic or Chinese onion [J]. Journal of Agriculture, 2014, 4 ( 7 ) : 26-28. )

[45] 陈光荣,杨国,张国宏,等. 西北灌区西瓜套作大豆高产高效模式群体配置技术研究[J]. 大豆科学,2016,35(2):245-250. ( Chen G R, Yang G, Zhang G H, et al. Optimal allocation technology for compound population of relay-intercropping watermelon with soybean in northwest irrigation districts [J]. Soybean Science, 2016, 35 ( 2 ) : 245-250. )

[46] 徐延辉,王畅,郑殿峰,等. 带状复合种植对玉米和大豆光合特性及籽粒产量的影响[J]. 大豆科学,2017,36(4):540-546. ( Xu Y H, Wang C, Zheng D F, et al. Effects of the strip compound planting system on photosynthetic characteristics and grain yield of maize and soybean [J]. Soybean Science, 2017, 36 ( 4 ) : 540-546. )

[47] 李春红,王迪,姚兴东,等. 辽宁省玉米大豆带状复合种植示范研究[J]. 大豆科学,2017,36(2):219-225. ( Li C H, Wang D, Yao X D, et al. Demonstrate research of maize-soybean belt compound planting in Liaoning province [J]. Soybean Science, 2017, 36 ( 2 ) : 219-225. )

[48] 方萍,刘卫国,邹俊林,等. 间作对鲜食大豆生长发育及产量形成的影响[J]. 大豆科学,2015,34(4):601-605. ( Fang P, Liu W G, Zou J L, et al. Influence of intercropping on growth, development and yield formation of vegetable soybean [J]. Soybean Science, 2015, 34 ( 4 ) : 601-605. )