

前作和施氮量对玉米 – 大豆套作体系下大豆干物质积累及产量的影响

刘国丹,王小春,文熙宸,蒲 甜,杨文钰

(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 温江 611130)

摘 要:为完善以玉米 – 大豆套作系统为核心的三熟模式配套栽培技术,提高玉米 – 大豆套作体系下大豆的产量,研究了小麦(A1)、豌豆(A2)、蚕豆(A3)及马铃薯(A4)4种前作处理和施氮0(B1),30(B2)和60(B3) kg·hm⁻²3种水平对大豆农艺性状、干物质积累及产量的影响。结果表明:前作豌豆和蚕豆处理与前作小麦相比,提高了大豆茎粗、分枝数和R2、R8期的单株干物质积累量,降低了株高,其中,前作为蚕豆处理的大豆茎粗、分枝数、单株干物质积累量比前作为小麦处理的高3.5%、5.9%和5.7%,产量也较小麦前作平均高197.94 kg·hm⁻²;不同前作下各施氮处理对大豆农艺性状及产量的影响表现不一致,前作蚕豆、豌豆处理,大豆株高和分枝数随施氮量的增加而升高,茎粗和产量随施氮量的增加呈先增后降的趋势;而前作小麦和马铃薯处理的大豆株高、茎粗、分枝数和产量则均随施氮量的增加而提高;所有处理中以A3B2处理组合大豆农艺性状较好,产量最高,即前作蚕豆和施氮30 kg·hm⁻²时有利于玉米 – 大豆套作体系下大豆农艺性状的改善和产量的提高。

关键词:不同前作;施氮量;大豆;产量

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.03.0408

Effect of Different Preceding Crops and Nitrogen Fertilizer on Dry Matter Accumulation and Yield of Soybean

LIU Guo-dan, WANG Xiao-chun, WEN Xi-chen, PU Tian, YANG wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Cultivation in Southwest, Ministry of Agriculture, Wenjiang 611130, China)

Abstract: The relay-sowing system of maize-soybean is a new cultivation technique in hilly area of southwest China. Field experiments were conducted to determine the optional preceding crop and nitrogen fertilizer. Four different interplanting preceding crops of wheat (A1), peas (A2), beans (A3) and potato (A4) and 0 kg·hm⁻² (B1), 30 kg·hm⁻² (B2) and 60 kg·hm⁻² (B3) three kinds of nitrogen levels were set to analyze the effect on soybean agronomic traits, dry matter accumulation and yield. The results showed that among the different preceding crops treatments, the yield of soybean increased with the treatment of preceding crop beans. Under the conditions of preceding crop beans, the soybean reached the highest yield, followed by treatment peas. Compared with its preceding crop wheat (A1), the treatment of peas and beans increased the soybean stem diameter, number of branches and dry matter accumulation of period R2, R8, decreased plant height. Among four preceding crops treatments, compared with the preceding crop wheat, under the conditions of preceding crop beans (A3) the soybean stem diameter increased 3.5%, number of branches per plant increased 5.9%, dry matter accumulation increased 5.7%, the soybean yield exceeded 197.94 kg·ha⁻¹. Plant height, number of branches and plant dry matter accumulation of soybean increased with the increases of nitrogen level in different preceding crops treatments. Effects of the different nitrogen fertilizer treatments on the different preceding crops were different. Under the treatments of preceding crop broad bean and pea, the plant height, number of branches and plant dry matter accumulation increased with increasing nitrogen level. Under the preceding crops treatments of peas and beans, soybean field with increasing nitrogen rate increased firstly and then decreased. It can reach the highest field with the nitrogen level 30 kg·ha⁻¹. Preceding crops treatments of wheat and potato, the soybean field with increasing amount of nitrogen is increased, The highest field of soybean combination was A3B2. It was beneficial to improve the dry matter accumulation and yield in relay-sowing system of maize and soybean with proper preceding crop (beans) and proper nitrogen fertilizer level (30 kg·ha⁻¹).

Keywords: Different preceding crops; Nitrogen fertilizer; Soybean; Yield

四川地区气候条件三熟不足,两熟有余,主要以三熟套作种植为主,三熟套作种植模式主要有麦/玉/豆和麦/玉/薯^[1-4]。而甘薯由于市场需求逐年降低,种植起来劳动强度大、费工费时等问题,逐渐被大豆所替代,目前仅四川省玉米套作大豆的面积每年达到了40万hm²左右,并且由于其效益好,农民种植积极

收稿日期:2014-02-18
基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201103001);国家重点基础研究发展计划“973计划”(2011CB100400);国家大豆产业技术体系专项(CARS-04-PS19)。
第一作者简介:刘国丹(1990-),女,硕士,主要从事大豆玉米复合种植模式研究。E-mail:liuguodanakemi@sina.com。
通讯作者:王小春(1973-),女,博士,教授,硕导,主要从事玉米大豆带状复合种植模式研究。E-mail:xchwang@sicau.edu.cn。
杨文钰(1958-),男,博士,教授,博导,主要从事玉米大豆带状复合种植模式研究。E-mail:wenyu.yang@263.net。

性高,其推广面积有上升趋势。在麦/玉/豆三熟套作体系中,由于比较效益与市场结构需求变化,“小春作物”呈现多样化特点,目前生产中主要以马铃薯^[5]、豌豆、蚕豆^[6]代替小麦的种植面积较大。

前人针对不同前作对烟草氮肥效应影响进行了研究^[7],发现前作种类不同对后作的生长具有影响,并针对大豆氮肥调控技术做了大量研究^[8-11],氮肥施用量对大豆的生长发育及产量具有显著影响,但不同冬季作物收获后对后作大豆的轮作效应及其结合氮肥调控技术鲜见报道。本研究通过设置不同前作和施氮量水平,分析不同前作和施氮量水平对套作大豆农艺性状、干物质积累及产量的影响,旨在初步明确前作和施氮量水平对大豆间套作后产生的影响,为不同作物间套作大豆体系进行调控以提高体系生产力提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2012年11月上旬至2013年10月底在四川省现代粮食产业(仁寿)示范基地进行。供试品种:玉米为川单418(株型半紧凑,株高2.69 m),由四川农业大学农学院提供;大豆为南豆12(耐阴、抗倒

性强),由四川省南充市农业科学院提供;前作:小麦为绵麦367(株型紧凑,抗倒性强),豌豆和蚕豆均为农户自留种,马铃薯为费乌瑞它(早熟,分枝数少)。供试土壤为紫色土,重壤,pH6.45,有机质含量28.8 g·kg⁻¹,全氮1.52 g·kg⁻¹,全磷0.88 g·kg⁻¹,全钾27.2 g·kg⁻¹,速效氮126.2 mg·kg⁻¹,速效磷25.9 mg·kg⁻¹,速效钾96.8 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验设计采用二因素裂区设计,3次重复,小区长5 m,宽4 m,小区面积20 m²。主因素为不同前作(A),A1:小麦;A2:豌豆;A3:蚕豆;A4:马铃薯。副因素为大豆的不同施氮水平(B),B1:0 kg·hm⁻²,B2:30 kg·hm⁻²,B3:60 kg·hm⁻²。玉米套作大豆采用2 m开厢,0.4 m/1.6 m的田间配置,玉米窄行40 cm,玉米密度为5.25万株·hm⁻²,全生育期共施氮180 kg·hm⁻²,按底肥:拔节肥:穗肥3:2:5的比例施用,底肥配施过磷酸钙600 kg·hm⁻²,氯化钾150 kg·hm⁻²。大豆在玉米吐丝期套作,密度为12万株·hm⁻²,底肥配施过磷酸钙450 kg·hm⁻²,氯化钾150 kg·hm⁻²,氮肥分别在苗期和初花期按5:5的比例施用。前作的田间管理见表1。

表1 不同前作的种植密度和施肥量

Table 1 Planting density and fertilization application of different preceding crops

前作 Preceding crops	密度 Density/10 ⁴ ·hm ⁻²	行比 Lines ratio	施肥量 Fertilization application
小麦 Wheat	150	4 行	底肥施尿素 195 kg·hm ⁻² , 过磷酸钙 450 kg·hm ⁻² , 氯化钾 150 kg·hm ⁻² ; 苗期施追肥尿素 90 kg·hm ⁻² 。
蚕豆 Broad bean	18	3 行	底肥施过磷酸钙 375 kg·hm ⁻² , 氯化钾 120 kg·hm ⁻² ; 初花期施追肥尿素 75 kg·hm ⁻² 。
豌豆 Pea	22.5	3 行	底肥亩施尿素 120 kg·hm ⁻² , 过磷酸钙 300 kg·hm ⁻² , 氯化钾 225 kg·hm ⁻² ; 始花期亩追施尿素 90 kg·hm ⁻² , 钾肥 30 kg·hm ⁻² 。
马铃薯 Potato	6	3 行	播前中沟施农家肥 51 万 kg·hm ⁻² , 配尿素 150 kg·hm ⁻² , 过磷酸钙 450 kg·hm ⁻² , 氯化钾 150 kg·hm ⁻² , 现蕾期结合培土起垄, 追施尿素 112.5 kg·hm ⁻² , 开花期施氯化钾 75 kg·hm ⁻² 。

1.3 测定项目与方法

在大豆苗期(7月14日)开始取样,分别在苗期(V4)、分枝期(R1)、盛花期(R2)、成熟期(R8)取样共4次;干物质按叶、茎(包括叶柄)、荚果分装,于烘箱中105℃杀青30 min,转至70℃烘干至恒重,称重。

大豆成熟时每个处理选其中一带连续取10株进行考种,调查株高、茎粗、分枝数等农艺性状,调查结荚数、荚粒数、百粒重等产量构成因素,测定实际产量。

1.4 数据分析

采用Excel 2003和DPS V6.55进行相关数据的计算和统计分析。

2 结果与分析

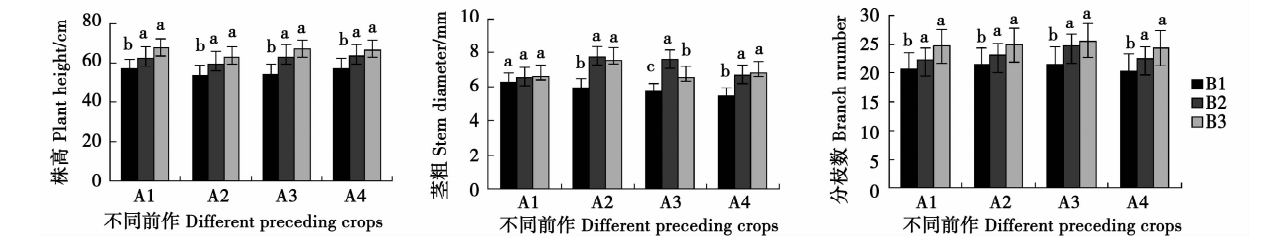
2.1 前作和施氮量对大豆农艺性状的影响

前作和施氮量处理对大豆株高有显著影响,不同前作处理间,A4前作处理大豆平均株高最高,较平均株高最低的A2前作处理高3.62 cm,A1前作处理次之;大豆平均株高随施氮量的增加而增加,其中,前作A2处理下,B2和B3处理的大豆株高比B1处理的显著高9.9%和15.0%;前作A3处理下,B2和B3处理的大豆株高比B1处理的显著高13.9%和18.7%。

从大豆茎粗来看,前作处理的表现 A2 > A3 > A4 > A1,前作为 A1 和 A4 时,随施氮量的增加,大豆

茎粗呈上升趋势(图 1),前作为 A2 和 A3 时,在减氮施肥 B2 处理下,茎粗相对较粗。即减氮施肥下和前作为 A2、A3 时有利于大豆茎粗增加,增强其抗倒伏能力。不同施氮量下,前作为 A2 时,大豆茎粗相对较粗,分别比前作为 A1、A3、A4 处理高 8.7%、6.6% 和 11.1%;不同前作下,施氮量为 B2 时,大豆茎粗相对

较粗,分别比 B1 和 B3 处理高 18.3% 和 3.9%。不同前作下,随施氮量的增加,结荚高度呈增高趋势(图 1),前作为 A4 时,随着施氮量的增加,结荚高度增幅最大。不同施氮量下,前作为 A3 时,结荚高度最高,比 A4 高 5.3%~8.8%。各施氮量间的结荚高度变化规律比较一致。



不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同。
Different small letters indicate significant at 0.05 level. The same below.

图 1 不同前作和施氮量对大豆株高、茎粗和分枝数的影响

Fig. 1 Effect of different preceding crops and nitrogen levels on plant height and stem diameter and branches number of soybean

2.2 前作和施氮量对大豆干物质积累的影响

由表 2 可知,各处理大豆干物质质量随着生育进程不断增加。苗期各处理之间地上部干物质质量互有差异,且达到显著水平,可见,不同前作和施氮量对大豆苗期干物质积累有显著影响。随着生育时期的推进,肥料对大豆生长促进作用逐渐明显,同一前作下,施肥处理干物质积累量均显著高于不施肥处理。前作

为 A1、A2 和 A4 时,均在 B3 施肥量下,大豆地上部干物质质量达到最大;但前作为 A3 时,在 B2 施肥量下达到最大。前作为 A2 和 A3 时,大豆地上部干物质积累显著高于前作为 A1 和 A4,大豆成熟期各处理间干物质积累差异显著,前作为 A3,大豆单株干物质积累量达到最大值,分别比 A1、A2、A4 高 5.7%、3.4% 和 7.1%。

表 2 不同处理下大豆单株地上部分干物质积累量

Table 2 Dry matter accumulation of different above-ground parts of single soybean plant

处理 Treatment		大豆不同生育时期干物质积累量 Dry matter accumulation at different growth stages of soybean/g per plant			
		V4	R1	R2	R8
A1	B1	0.83 ab	7.17 b	13.97 b	52.35 a
	B2	0.83 ab	7.24 b	16.21 a	53.44 a
	B3	0.92 a	7.97 a	10.48 c	54.67 a
	平均 Mean	0.86 a	7.46 b	13.55 b	53.49 c
A2	B1	0.51 c	8.06 b	12.25 c	54.34 b
	B2	0.74 b	9.30 a	14.13 b	54.45 b
	B3	0.81 a	9.23 a	17.84 a	55.32 a
	平均 Mean	0.63 b	8.86 a	14.74 a	54.70 b
A3	B1	0.48 c	8.33 b	18.00 a	53.98 c
	B2	0.57 b	8.98 a	10.59 c	56.77 ab
	B3	0.74 a	8.32 b	14.52 b	58.94 a
	平均 Mean	0.52 c	8.54 a	14.37 a	56.56 a
A4	B1	0.48 b	6.56 b	10.32 a	51.65 b
	B2	0.47 b	7.20 a	9.24 b	52.68 b
	B3	0.68 a	6.47 b	8.27 c	54.11 a
	平均 Mean	0.54 c	6.74 b	9.28 c	52.81 c

同列数据后不同小写字母表示同主因素 0.05 差异显著水平。下同。
Different lowercase letters show significant difference at 0.05 level. The same below.

对不同前作和施氮量处理成熟期大豆干物质在不同器官中的积累和分配进行了统计(表3),可以看出,前作为 A3,施氮量为 B2 时,茎干物质积累达到最大;从干物质积累量的平均值来看,前作为 A2 时,茎干物质积累达到最大,分别比前作 A1、A3 和 A4 提高 6.3%、7.8% 和 15.4%。前作为 A2 和 A3 时,随着施氮量的增加,茎干物质积累呈现先增加后下降的趋势,且前作为 A3 时,下降幅度大于前作 A2。荚皮的干物质积累规律与茎干物质积累一致。籽粒干物质积累在前作为 A1、A2 和 A3 下,差异不显著。

在不同前作和施氮量处理下,大豆成熟期干物质在各器官中的分配也具有显著差异(表3),前作为

A2,施氮量为 B2 时,茎干物质所占地上部干物质质量达到最大。从分配比例平均值来看,前作为 A2 时,茎干物质所占地上部干物质质量达到最大,分别比前作 A1、A3 和 A4 提高 3.9%、11.6% 和 11.4%。前作为 A1,茎和荚皮干物质分配均在施氮量 B1 处理时达到最大,分别比施氮量 B2 和 B3 处理增加 0.63%、0.31% 和 4.0%、2.7%,籽粒干物质分配随施氮量的增加而增加。前作为 A4,荚皮在施氮量 B2 处理时达到最大,茎和籽粒干物质分配在施氮量 B3 时达到最大。前作为 A2 时,籽粒在大豆成熟期干物质分配高于 A3 和 A4。

表 3 不同处理对成熟期大豆干物质在不同器官中积累和分配的影响

Table 3 Effect of mature soybean under different treatments on dry matter accumulation and distribution in different organs

处理 Treatment		干物质积累量 Dry matter accumulation/g per plant			分配比例 Distribution rate/%		
		茎 Stem	荚皮 Pod husk	籽粒 Seed	茎 Stem	荚皮 Pod husk	籽粒 Seed
A1	B1	8.33 a	8.51 a	21.90 b	15.91	16.26	41.83
	B2	8.45 a	8.34 a	22.40 ab	15.81	15.61	41.92
	B3	8.67 a	8.65 a	23.60 a	15.86	15.82	43.17
	平均 Mean	8.48 b	8.50 a	22.60 a	15.86	15.89	42.31
A2	B1	8.72 b	8.32 a	22.70 b	16.05	15.31	41.77
	B2	9.23 a	8.86 a	23.90 a	16.95	16.27	43.89
	B3	9.09 ab	8.77 a	21.10 c	16.43	15.85	38.14
	平均 Mean	9.01 a	8.65 a	22.57 a	16.48	15.81	41.25
A3	B1	8.03 b	8.18 ab	19.40 c	14.88	15.15	35.94
	B2	9.38 a	9.03 a	24.60 a	16.52	15.91	43.33
	B3	7.66 b	7.89 ab	23.80 ab	13.00	13.39	40.38
	平均 Mean	8.36 b	8.37 a	22.60 a	14.77	14.79	39.96
A4	B1	6.11 b	7.03 b	18.40 c	11.83	13.61	35.62
	B2	8.34 a	8.44 a	21.80 ab	15.83	16.02	41.38
	B3	8.98 a	8.36 a	22.80 a	16.60	15.45	42.14
	平均 Mean	7.81 c	7.94 b	21.00 b	14.79	15.04	39.77

2.3 前作和施氮量对大豆产量及产量构成因素的影响

不同前作处理下,各处理的产量构成表现不同(表4)。前作处理 A3 的大豆单株结荚数最大,且大豆百粒重最高,分别比 A1、A2 和 A4 高 6.0%、2.4% 和 11.0%。前作为 A1 和 A4 时,大豆荚粒数相对较低,比 A3 前作低 2.8% 和 5.1%。不同施氮量处理下,单株结荚数随着施氮量的增加而增加,施氮量为 B3 处理时,大豆单株荚数最高,分别比施氮量为 B1

和 B2 高 15.6% 和 8.6%。施氮量对大豆荚粒数和百粒重有一定影响,但差异不显著。不同前作和施氮量互作下,大豆的单株结荚数差异显著,前作为 A1、A3 和 A4 时,单株结荚数随施氮量的增加呈上升趋势。前作为 A3 时,增幅最大,达到 13.5%。分别比前作为 A1 和 A4 高 2.9% 和 3.1%。说明在各前作处理下,适当增加施氮量,有利于单株结荚数和荚粒数的形成,对大豆百粒重影响不显著。

表4 不同前作和施氮量对大豆产量构成因素的影响

Table 4 Effect of nitrogen application and preceding crops on yield components of soybean

处理 Treatments	单株结荚数 Pods per plant				荚粒数 Seeds per pod				百粒重 Weight of 100-seed/g			
	B1	B2	B3	Mean	B1	B2	B3	Mean	B1	B2	B3	Mean
A1	65.00 b	67.20 b	75.13 a	69.11 b	1.66 b	1.78 a	1.69 b	1.71 a	18.39 b	20.09 a	20.52 a	19.67 b
A2	67.20 c	72.07 a	69.60 b	69.62 b	1.73 a	1.75 a	1.78 a	1.75 a	20.36 a	20.22 a	20.48 a	20.35 a
A3	64.87 c	70.63 b	81.67 a	72.39 a	1.68 c	1.77 b	1.82 a	1.76 a	20.39 b	21.02 a	21.12 a	20.84 a
A4	50.93 b	54.07 b	60.33 a	55.11 c	1.61 c	1.67 b	1.72 a	1.67 b	18.92 a	18.85 a	18.57 a	18.78 b
平均 Mean	62.00 c	65.99 b	71.68 a		1.67 a	1.74 a	1.75 a		19.52 a	20.05 a	20.17 a	

从图2可以看出,不同前作处理下,大豆产量表现为 A3 > A2 > A1 > A4,随着施氮量增加,前作为 A1 和 A4 的大豆产量均呈上升趋势,在施氮量 B3 处理下,显著高于施氮量处理 B1 和 B2,分别提高 4.3%、4.5% 和 20.9%、16.1%。前作为 A2 和 A3 的大豆产量随施氮量的增加,呈先增加后下降的趋势,在减氮处理 B2 下,显著高于施氮量为 B1 和 B3,分别提高 11.7%、6.5% 和 23.9%、21.2%。其中,施氮量相同时,前作为 A3 的大豆产量最高,显著高于其他前作。说明在同一前作处理下,调节大豆施氮量,有利于大豆产量的增加。

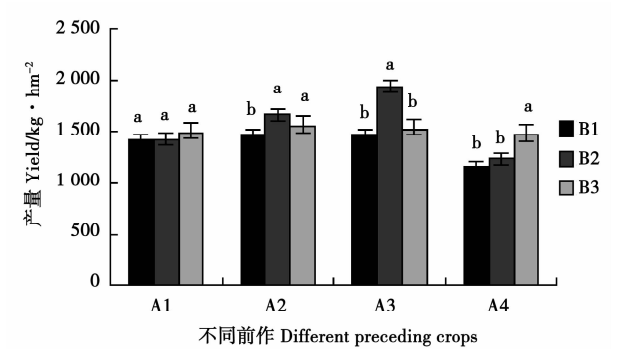


图2 不同前作和施氮量对大豆产量的影响

Fig. 2 Effect preceding crops and nitrogen levels on soybean yield

3 结论与讨论

不同前作对后作的影响是不同的,朱练峰等^[12]研究表明,适宜前作显著提高后季作物的产量,并增加后季作物前期干物质积累量。本试验研究了4种不同前作对后茬作物大豆产量的影响,前作为蚕豆和豌豆时,显著提高了大豆地上部干物质积累,最终表现为单株荚数、粒数和粒重的增加,实现大豆增产,与其研究结果一致。

不同施氮量对作物的生长影响,前人作了大量研究,其对大豆形态指标、干物质积累和产量上均有显

著影响^[13-17]。申晓慧^[8]指出,氮素水平过低,不能满足大豆生长的需求,产量较低,而氮素水平过高,抑制了大豆的固氮作用,也不利于获得较高产量。在本试验中,前作为豌豆和蚕豆时,试验结果与其一致,但在前作为小麦和马铃薯时,大豆产量随施氮量的增加而增加。这或许与不同前作和施氮量互作有关,不同前作对土壤养分残留具有影响^[18],施氮量结合不同前作对土壤养分的影响、互作效应及其调控机制等方面还需进一步研究。

从三熟套作中前作、玉米与大豆共生体系协调生长和全年增产增收的角度来考虑,前作选用固氮作物时,即蚕豆和豌豆时,施氮量为 30 kg·hm⁻²的条件下种植,在前作选用耗地作物时,即小麦和马铃薯时,施氮量为 60 kg·hm⁻²的条件下种植,有利于以玉-豆为核心的套作体系中大豆干物质积累和产量的提高。且前作为蚕豆和施氮水平为 30 kg·hm⁻²时,以玉-豆为核心的三熟套作体系大豆干物质积累以及产量达到最大。

参考文献

[1] 常汝镇,韩天富. 关于发展南方间套作大豆生产的建议[J]. 大豆科技,2008(4):7. (Chang R Z, Han T F. Suggestions for development of intercropping soybean production in South [J]. Soybean Science & Technology, 2008(4):7.)

[2] 雍太文,杨文钰,任万军,等. 发展套作大豆促进四川大豆产业发展[J]. 作物杂志,2007(6):5-8. (Yong T W, Yang W Y, Ren W J, et al. Promotion of soybean industry by popularization of relay-planting soybean in Sichuan province [J]. Crops, 2007(6):5-8.)

[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] 雍太文,任万军,杨文钰,等. 旱地新三熟“麦/玉/豆”模式的内涵、特点及栽培技术[J]. 耕作与栽培,2006(6):48-50. (Yong T W, Ren W J, Yang W Y, et al. The Meaning, character and culti-

vation technique on cropping pattern of the “wheat/maize/soybean” [J]. Tillage and Cultivation, 2006(6):78-81.)

[5] 杨才辉,陈尚洪,曾晖. “麦/玉-豆/薯(马铃薯)”高效用养结合模式及关键技术[J]. 四川农业科技, 2010(6):20. (Chen C H, Chen S H, Zeng H. “Wheat/maize - soybean/potato” efficient use a combined model and key technology [J]. Science and Technology of Sichuan Agriculture, 2010(6):20.)

[6] 刘建. 江苏沿江地区以春玉米为中心多元高效种植制度研究[J]. 中国农学通报, 2003, 12(6):105-107. (Liu J. The multiple efficient cropping system research on spring maize of the areas along the Yangtze river in Jiangsu province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2003, 12(6):105-107.)

[7] 徐照丽,杨宇虹. 不同前作对烤烟氮肥效应的影响[J]. 生态学杂志, 2008, 27(11):1926-1931. (Xu Z L, Yang Y H. Influence of different preceding crops on nitrogen fertilizer effect of flue-cured tobacco [J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(11):1926-1931.)

[8] 申晓慧. 不同氮肥施用量对大豆根际土壤微生物数量及产量的影响[J]. 大豆科学, 2014, 33(2):283-286. (Shen X H. Effect of Nitrogen Amount on rhizosphere soil microorganisms and yield of soybean [J]. Soybean Science, 2014, 33(2):283-286.)

[9] 雍太文,董茜,刘小明,等. 施肥方式对玉米-大豆套作体系氮素吸收利用效率的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(1):84-91. (Yong T W, Dong Q, Liu X M, et al. Effect of N application methods on N uptake and utilization efficiency in maize-soybean relay strip intercropping system [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(1):84-91.)

[10] 雍太文,刘小明,刘文钰,等. 减量施肥对玉米-大豆套作体系中作物产量及养分吸收利用的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(2):474-482. (Yong T W, Liu X M, Liu W Y, et al. Effects of reduced N application rate on yield and nutrient uptake and utilization in maize-soybean relay strip intercropping system [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(2):474-482.)

[11] 申晓慧,姜成,冯鹏,等. 不同水肥措施对大豆产量及农艺性状的影响[J]. 农学报, 2014, 4(1):1-3. (Shen X H, Jiang C, Feng P, et al. Effects of irrigation and fertilization on yield and agronomic traits of soybean [J]. Journal of Agriculture, 2014, 4(1):1-3.)

[12] 朱练峰,江海东,金千瑜,等. 不同粮食和牧草前作对水稻生长、产量和品质的影响[J]. 草业学报, 2007, 24(1):63-67. (Zhu L F, Jiang H D, Jin Q Y, et al. The effects of different grain and forage crops on the growth, yield and quality of rice [J]. Pratacultural Science, 2007, 24(1):63-67.)

[13] 王晓伟,闫超,万涛. 施氮水平对大豆光合作用及产量的影响[J]. 作物杂志, 2011(2):49-52. (Wang X W, Yan C, Wan T. Effect of nitrogen application on yield and photosynthesis in soybean [J]. Crops, 2011(2):49-52.)

[14] 闫艳红,杨文钰,张新全,等. 施氮量对套作大豆花后光合特性、质积累及产量的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(3):33. (Yan Y H, Yang W Y, Zhang X Q, et al. Effects of different nitrogen levels on photosynthetic characteristics, dry matter accumulation and yield of relay strip intercropping *Glycine max* after blooming [J]. Acta Prataculture Sinica, 2011, 20(3):33.)

[15] 毕远林. 大豆干物质积累与氮、磷、钾吸收与分配的研究[J]. 大豆科学, 1999, 18(4):2331-2335. (Bi Y L. Study on accumulation of dry matter and absorption and distribution of nitrogen, phosphorus and potassium in soybean [J]. Soybean Science, 1999, 17(4):2331-2335.)

[16] 戴建军,程岩. 黑龙江省南部黑土不同施氮水平对大豆产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(3):225-228. (Dai J J, Chen Y. The effect of Nitrogen rates on yield of soybean planted in black soil of Heilongjiang province [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2000, 31(3):225-228.)

[17] 邸伟,金喜军,马春梅,等. 施氮水平对大豆氮素积累与产量影响的研究[J]. 核农学报, 2010, 24(3):612-617. (Di W, Jin X J, Ma C M, et al. Effects of nitrogen application on yield and nitrogen application on soybean [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2010, 24(3):612-617.)

[18] 李生秀. 不同前作对磷肥后效的影响[J]. 西北农业大学学报, 1992, 20(6):79-83. (Li S X. Effect of phosphate delay on different preceding crops [J]. Journal of Northwest Agricultural & Forestry University, 1992, 20(6):79-83.)