



鲁中地区肥料与根瘤菌合理配施对大豆生长的影响

李国清¹, 丛新军¹, 李国瑜¹, 赵娜¹, 张丹丹², 刘相阳³

(1. 泰安市农业科学院, 山东 泰安 271000; 2. 莒县农业农村局, 山东 莒县 276500; 3. 陕西枫丹百丽生物科技有限公司, 陕西 宝鸡 721100)

摘要:为探索鲁中地区不同肥料配施根瘤菌时大豆的生长情况,本研究以该地区主栽品种齐黄34为材料,设置了6个不同有机肥与复合肥配施根瘤菌处理,研究其对大豆农艺性状及产量的影响。结果显示:株高、底荚高度均在T2(100%有机肥+根瘤菌拌种)处理下最高,主茎节数在T6(100%复合肥+根瘤菌拌种)处理下最多,而单株荚数、有效荚数、单株粒数、单株粒重和产量均在T4(50%复合肥+50%有机肥+根瘤菌拌种)处理下最高。施用有机肥与复合肥处理的大豆产量均高于不施肥对照组,有机肥与复合肥配比为1:1时大豆产量显著提高,比单施有机肥提高2.22%,比单施复合肥提高23.37%。因此,在鲁中地区50%复合肥+50%有机肥+根瘤菌拌种为大豆生产合理肥料配比,可以促进节肥增产。

关键词:大豆;有机肥;复合肥;根瘤菌;农艺性状;产量

Effects of Rational Combined Application of Fertilier and Rhizobium on Soybean in Central Shandong Province

LI Guo-qing¹, CONG-Xin-jun¹, LI Guo-yu¹, ZHAO Na¹, ZHANG Dan-dan², LIU Xiang-yang³

(1. Tai'an Academy of Agricultural Sciences, Tai'an 271000, China; 2. Agricultural and Rural Bureau of Juxian County in Shandong Province, Juxian 276500, China; 3. Shaanxi Fontaine Belle Biological Technology Co. Ltd, Baoji 721100, China)

Abstract: The effects of different fertilization with rhizobium treatments on agronomic traits and yield of soybean were studied, we used Qihuang 34 as the experimental material and set up six different treatments. The results showed that the plant height and podding height were the highest under T2 (100% organic fertilizer + rhizobia seed dressing) treatment, the number of main stem nodes was the highest under T6 (100% compound fertilizer + rhizobia seed dressing) treatment, and the pods number per plant, effective pods number, seeds number per plant, seeds weight per plant and yield were the highest under T4 (50% compound fertilizer + 50% organic fertilizer + rhizobia seed dressing) treatment. The yield of soybean with organic fertilizer and compound fertilizer was higher than that of the control group without fertilization. The ratio of organic fertilizer and compound fertilizer was 1:1, which could significantly increase the yield of soybean, 3.22% higher than that of organic fertilizer alone and 23.37% higher than that of compound fertilizer alone. So the treatment of 50% compound fertilizer + 50% organic fertilizer + rhizobia can provide a basis rational fertilization, and increase the yield of the soybean in central Shandong Province.

Keywords: Soybean; Organic fertilizer; Compound fertilizer; Rhizobium; Agronomic traits; Yield

大豆是世界第四大作物,是我国传统的粮食油料作物之一,在我国食物生产和消费系统中扮演了非常重要的角色。近几年来,随着我国居民消费结构的不断升级以及国家政策的调整,对国产大豆的需求量日益增加,产需缺口不断扩大^[1]。因此,大豆的优质高产成为大豆生产的主要目标之一^[2]。在生产上可以通过适宜的栽培管理措施使品种的优良特性得到最大发挥^[3]。肥料作为大豆生长发育的主要养分供给,直接参与协调大豆的营养代谢与循环,从而影响其品质和产量。

目前,对大豆施肥方面的研究报道较多。田艳洪等^[4]研究发现,大豆根瘤菌的固氮作用只能满足生长发育氮需求量的1/3~1/2;魏丹等^[5]研究发

现,大豆合理的氮、磷、钾施肥需求比例约为1:1:1;李伟等^[6]研究表明,控释肥和常规肥配合使用对促进作物生长、提高产量和肥料利用效率具有显著影响。然而,在生产上为了单方面追求产量,经常盲目增加化学肥料的使用量,导致肥料过剩,造成了土壤少氮、缺钾、磷过剩的情况。这样不但会导致大豆倒伏、徒长、贪青、晚熟,影响大豆产量和品质,而且无法充分发挥品种的增产优势^[7-10]。研究还发现,长期单一使用化学肥料不仅会导致农业生态环境的不断恶化以及农产品品质的下降,而且会造成土壤板结、酸化等一系列土壤恶化问题^[11-12]。Kaiser等^[13]研究发现在施肥过程中配施一定的有机肥能够有效缓解过量施用化肥带来的

收稿日期:2021-03-23

基金项目:山东省现代农业产业技术体系杂粮创新团队泰安综合试验站项目(SDAIT-15-09);泰安市科技发展计划(2019NS070)。

第一作者:李国清(1985—),男,硕士,农艺师,主要从事粮豆等作物品种选育与栽培技术研究。E-mail:wfgslgq2008@163.com。

通讯作者:丛新军(1972—),男,学士,高级农艺师,主要从事粮豆等作物品种选育与栽培技术研究。E-mail:tazaliang@126.com。

诸多问题,有机肥含有大量有机质,能够有效改良土壤,提供有机养分,改善品质。同时还可以提高土壤有机成分,提高土壤肥力,促进作物生长发育及产量增加^[14-15]。李鸣雷等^[16]研究发现,与单施化肥和不施肥相比,施用有机、无机复混肥不仅能显著提高大豆植株的植物学性状,同时能提高大豆产量及品质。

而据统计分析^[17-19],每年全球生物固氮是工业氮肥产量的 4 倍之多,其中重要的固氮方式为共生固氮。大豆与根瘤菌之间即为这种共生固氮方式,大豆每年可固定氮素达 7 000 万 t,可为豆科生长提供一半氮肥需求,这就为氮肥的减施提供了有效的途径,可从源头上大幅度减少植株对化学氮肥施用量的依赖程度。而高效的根瘤菌菌剂和正确的大田应用技术措施是发挥根瘤菌作用的重要保障之一。山东省作为大豆黄淮海主产区重要省份之一,由于长期以来大豆种植经济效益偏低,形成了在传统的大豆种植中,普遍存在不施肥或者单施农家肥或单施复合肥等粗放施肥管理措施,还有认为大豆通过根瘤菌的固氮作用能够满足自身肥料需求的错误理解^[20-21],因此,在配施根瘤菌的情况下,研究有机肥和复合肥合适配施对鲁中地区大豆的影响十分必要。齐黄 34 为国审品种,其覆盖黄淮海、长江流域、西北、西南等大豆主产区,适应性广,为该地区主栽大豆品种。为此,本研究以齐黄 34 为研究

材料,通过设置不同的有机肥与复合肥配合比例,研究有机肥和复合肥在大豆生产上的应用效果,以期为鲁中地区大豆科学施肥提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为国审夏大豆品种齐黄 34,适宜在山东中部、河南东北部等平原地区夏播种植。肥料为复合肥(N:P:K=15:15:15)、有机肥(有机质含量大于 45%)。根瘤菌由陕西枫丹百丽生物科技有限公司提供。

1.2 试验设计

试验于 2020 年在泰安市农业科学院马庄试验基地进行(35.99°N,117.00°E),设置 6 个不同的肥料处理(表 1),随机区组排列,3 次重复,小区面积为 12 m²(5.0 m×2.4 m),南北方向种植,共计 18 个小区。行距为 40 cm,株距为 12.5 cm,密度为 20 万株·hm⁻²。肥料的基础施用量为复合肥 375 kg·hm⁻²,有机肥 1 500 kg·hm²。不同处理的有机肥和复合肥均作为基肥一次性施用,播种前各处理用根瘤菌拌种。根瘤菌的拌种为用根瘤菌粉剂 25 g 加入水 500 mL 搅拌均匀,将种子浸入,摇晃使菌剂均匀粘在种子表面,取出晾干,之后再播种。6 月 19 日播种,10 月 10 日收获。其他管理方式同大田。

表 1 不同肥料处理情况

Table 1 The different fertilizer treatments

处理 Treatment	肥料施用种类和方式 Types and methods of fertilizer application	施肥量 Fertilization amount/(kg·hm ⁻²)	
		有机肥 Organic fertilizer	复合肥 Compound fertilizer
T1	不施肥 + 根瘤菌拌种	0	0
T2	100% 有机肥 + 根瘤菌拌种	1500	0
T3	70% 有机肥 + 30% 复合肥 + 根瘤菌拌种	1050	112.5
T4	50% 有机肥 + 50% 复合 + 根瘤菌拌种	750	187.5
T5	30% 有机肥 + 70% 复合肥 + 根瘤菌拌种	450	262.5
T6	100% 复合肥 + 根瘤菌拌种	0	375.0

1.3 测定项目与方法

在收获期分别测量株高、主茎节数、底荚高度、有效分枝数、单株荚数、有效荚数、单株粒数和单株粒重等指标,每个小区测量 20 株,取平均值^[15,22]。

百粒重测定为随机选取完整成熟豆粒称重 3 次,取平均值。

测定小区产量并折算为公顷产量。

1.4 数据分析

使用 Excel 2007 和 SPSS 8.0 数据处理软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同配施处理对大豆农艺性状的影响

从表 2 可知,不同肥料处理对齐黄 34 的农艺性状影响差异较大。不同处理之间株高具有显著差异,株高随有机肥比例的减少呈现降低趋势。其中株高最高的为 T2 处理,较对照组 T1 高 18.17%;株高最低的为 T6 处理,较对照组 T1 低 6.43%,较 T2 处理低 20.64%。说明有机肥能显著增加大豆株高,而过多复合肥的使用会降低株高。主茎节数整体上随着复合肥比例的增加而呈现增加趋势,其中

T6 处理较对照组 T1 增加 52.51% ,说明复合肥比例的增加能显著增加大豆主茎节数。大豆底荚高度的变化趋势同株高的变化趋势一致,随有机肥比例的减少呈降低趋势,底荚高度最高的为 T2 处理,较对照组 T1 高 2.81% ,T6 处理较对照组 T1 低 20.98% ,较 T2 处理低 22.85% 。

不同处理的有效分枝数没有显著差异。T2 ~ T6 处理的单株荚数和有效荚数均显著高于对照组 T1 ,其中 T4 处理达到最大值,这说明有机肥与复合肥 1:1 混合施肥能显著增加单株荚数和有效荚数。T4 处理的单株粒数最高,为 122.18 粒,比对照组 T1 增加 38.09% 。

表 2 不同处理的大豆农艺性状
Table 2 The agronomic traits of soybean in different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	主茎节数 Nodes number of main stem	底荚高度 Podding height/cm	有效分枝数 Effective branch number	单株荚数 Pods number per plant	有效荚数 Effective pods
T1	61.93 ± 1.94 b	8.95 ± 0.212 c	16.39 ± 2.28 a	2.89 ± 0.01 a	39.20 ± 0.42 b	36.34 ± 0.91 b
T2	73.18 ± 4.84 a	11.10 ± 0.57 bc	16.85 ± 0.92 a	3.35 ± 0.64 a	56.90 ± 4.81 a	51.76 ± 0.71 a
T3	65.25 ± 1.48 ab	10.25 ± 0.35 bc	16.80 ± 0.57 a	3.35 ± 0.07 a	51.00 ± 3.82 a	48.87 ± 1.93 a
T4	64.85 ± 2.89 ab	11.28 ± 1.81 abc	15.15 ± 0.49 ab	3.25 ± 0.21 a	57.80 ± 7.35 a	54.41 ± 7.67 a
T5	62.30 ± 5.09 b	12.35 ± 1.77 ab	15.05 ± 0.49 ab	2.90 ± 0.14 a	53.60 ± 5.37 a	51.05 ± 7.29 a
T6	57.95 ± 1.48 b	13.65 ± 0.35 a	13.00 ± 1.13 b	2.825 ± 0.11 a	54.40 ± 6.36 a	48.61 ± 7.14 a

不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$) 。下同。

Different lowercase indicate significant difference ($P < 0.05$). The same below.

2.2 不同处理对大豆产量及其相关性状的影响

从表 3 可知,不同肥料处理对齐黄 34 产量性状影响存在差异。大豆的百粒重和荚重在不同处理间没有显著差异。单株粒重方面,T4 处理与对照组 T1 呈显著差异,T4 处理的单株粒重最高,为 26.88 g。

在产量方面,T2、T3 和 T4 处理的产量间没有显

著差异,但与 T5 和 T6 处理以及对照 T1 之间均存在显著差异,且 T2 ~ T6 处理产量均高于对照。随着有机肥比例的下降产量呈正态分布,在 T4 处理下达到最高值,为 3 209.90 kg·hm²,比对照组高 29.78% ,比单施有机肥高 3.22% ,比单施复合肥高 23.37% ,这表明有机肥与复合肥 1:1 混合施肥能显著增加大豆产量。

表 3 不同处理的大豆产量性状
Table 3 The yield of soybean in different treatments

处理 Treatment	百粒重 100-seed weight/g	单株荚重 Pods weight per plant/g	粒重 Seeds weight per plant/g	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)
T1	21.67 ± 3.50 a	31.79 ± 5.79 a	20.53 ± 1.45 b	2473.30 ± 102.22 c
T2	19.81 ± 2.55 a	38.10 ± 9.05 a	21.49 ± 1.29 ab	3109.90 ± 309.35 ab
T3	21.41 ± 4.12 a	36.75 ± 7.14 a	24.52 ± 3.56 ab	3142.80 ± 309.85 a
T4	19.95 ± 3.84 a	35.90 ± 4.67 a	26.88 ± 1.59 a	3209.90 ± 256.32 a
T5	19.12 ± 1.25 a	31.25 ± 6.86 a	22.14 ± 2.78 ab	2708.10 ± 281.95 bc
T6	20.23 ± 2.21 a	39.25 ± 0.07 a	21.96 ± 1.27 ab	2601.80 ± 290.79 c

2.3 不同配施处理下大豆各性状的相关性分析

由表 4 可知,有效分枝数与株高呈显著正相关,相关性系数为 0.637;有效荚数与主茎节数呈显著正相关,相关性系数为 0.655,与单株荚数呈极显著正相关,相关性系数为 0.960;单株粒数与有效分枝数呈显著正相关,相关性系数为 0.689,与单株荚数、有效荚数分别呈极显著正相关,相关性系数分别为 0.850,0.865;地下干重与地上干重呈显著正相关,相关性系数为 0.633;百粒重与单株荚数、有效荚数

和单株粒数分别呈显著负相关,相关性系数分别为 -0.618, -0.581 和 -0.645,这表明荚数越多,单株粒数越多,则百粒重越小;百粒重与地下干重呈显著正相关,相关性系数为 0.636,表明地下干重越高,则百粒重越大,可能是由于地下根部积累了大量的供大豆种子发育成熟所需的营养物质;产量与有效分枝数、单株荚数、有效荚数以及单株粒数之间存在极显著正相关,相关性系数分别为 0.857, 0.737,0.748 和 0.877。

表 4 不同处理的大豆各指标的相关分析

Table 4 The correlation analysis of the agronomic traits of soybean in different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height	主茎节数 Nodes of main stem	底荚高度 The first pod height	有效分枝数 Effective branch number	单株荚数 Pods number per plant	单株有效荚数 Effective pods per plant	单株粒数 Seeds number per plant	地上干重 Dry weight of above ground	地下干重 Dry weight of underground	百粒重 100-seed weight	荚重 Pod weight	粒重 Seed weigh	产量 Yield
株高 Plant height	1												
主茎节数 Nodes number of main stem	-0.439	1											
底荚高度 Poding height	0.683 *	-0.704 *	1										
有效分枝数 Effective branch number	0.637 *	-0.176	0.524	1									
单株荚数 Pods number per plant	0.193	0.680 *	-0.156	0.505	1								
单株有效荚数 Effective pods per plant	0.106	0.655 *	-0.142	0.457	0.960 **	1							
单株粒数 Seeds number per plant	0.184	0.391	0.106	0.689 *	0.850 **	0.865 **	1						
地上干重 Dry weight of above ground	0.279	-0.03	-0.031	-0.278	-0.027	0.035	-0.296	1					
地下干重 Dry weight of underground	-0.052	-0.015	-0.086	-0.284	-0.135	-0.018	-0.194	0.663 *	1				
百粒重 100-seed weight	0.009	-0.466	0.201	-0.348	-0.618 *	-0.581 *	-0.645 *	0.567	0.636 *	1			
单株荚重 Pods weight per plant	-0.153	0.279	-0.376	-0.161	0.122	0.207	0.008	0.594 *	0.620 *	0.269	1		
单株粒重 Seeds weight per plant	-0.005	0.039	-0.148	0.373	0.308	0.4	0.418	0.187	0.475	0.124	0.386	1	
产量 Yield	0.491	0.081	0.405	0.857 **	0.737 **	0.748 **	0.877 **	-0.114	-0.182	-0.431	-0.015	0.429	1

$R_{0.05}=0.576, R_{0.01}=0.707$; * 和 ** 分别代表 0.05 和 0.01 水平显著相关。
* and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 level, respectively.

3 讨 论

适宜的施肥量以及合理的施肥组配方式对作物良好的生长发育及产量的增加具有关键性作用。本研究分析了有机肥与无机肥配施根瘤菌对大豆齐黄 34 的生物学性状及产量的影响,结果显示施用肥料的 T2 ~ T6 处理的大豆产量显著高于不施肥的 T1 处理,这也证实了仅仅依靠根瘤菌转化的氮素并不能满足大豆的生长,需要额外补充其他肥料才能满足其正常生长需要^[23]。

有机肥不仅能为作物生长提供营养,还可以减

少其对复合肥,尤其是氮肥的依赖,改善土壤理化性质和农业生态环境^[24],因此在大豆生产中应适当增加有机肥的施用。为深入明确最优施肥配比,本研究设置了有机肥和复合肥的不同配比,研究发现当复合肥与有机肥混合施用时大豆产量高于单一施用有机肥或复合肥的大豆产量;同时还发现当有机肥与复合肥配比为 1:1 (50% 复合肥 + 50% 有机肥 + 根瘤菌拌种)时,大豆的产量最高,比单施有机肥提高 3.22%,比单施复合肥高 23.37%,这更进一步明确了有机、无机复混肥的最佳配施比例,能够更加有效的通过控制施肥比例来达到大豆增产的

效果,因此有机肥与复合肥配比为 1:1 (50% 复合肥 + 50% 有机肥 + 根瘤菌拌种) 可以作为鲁中地区有效的肥料配施方式。

姜磊等^[15]研究发现,大豆株高和主茎节数随氮肥量的增加而增加,氮肥影响主茎节数进而影响株高。康国战等^[25]认为,施用有机无机复混肥可以显著增加株高、茎粗、单株荚数及粒数,促进早熟,进而提高大豆产量。而在本研究中,株高与主茎节数呈负相关关系,原因可能是大量的有机肥能够促进大豆茎秆维管束中形成层的形成而抑制了促成大豆茎秆分节物质的形成,造成单施有机肥导致植株贪长分节少的现象。同时,本研究对产量构成因子的分析发现,有机肥和复合肥配施促进增产主要是由单株有效荚数、单株粒数及单株粒重提高造成。因此,在保证百粒重的前提下,增加或保持较多的单株有效荚数及单株粒数是增加大豆产量的关键。

科学合理施肥对于提高大豆产量具有极其重要的作用^[26],本研究可为指导大豆生产、优化施肥量与施肥配比,进而提高肥料利用率,切实做到节肥增产提供理论支撑。为更加精准地确定施肥配比,在今后的研究中可以进一步缩小肥料配施比例梯度,结合不同的大豆品种进行试验,同时也要考虑当地土壤基础肥力、前茬残留、降雨等综合因素。

4 结 论

本研究显示施用有机肥与复合肥的大豆产量均比不施肥的对照组产量高,有机肥与复合肥配比为 1:1 (50% 复合肥 + 50% 有机肥 + 根瘤菌拌种) 能显著提高大豆的产量,比单施有机肥提高 3. 22%,比单施复合肥提高 23. 37%,此肥料配比可以用于指导鲁中地区大豆生产。

参考文献

[1] 丁娇,韩晓增,邹文秀,等. 长期施肥对大豆生长状况及产量的影响[J]. 大豆科学,2012,31(5): 778-783. (Ding J, Han X Z, Zou W X, et al. Effect of long-term fertilization on growth and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2012, 31(5): 778-783.)

[2] 王囡囡. 不同施肥处理对大豆产量及肥料效应的影响[J]. 中国种业, 2020(6): 56-58. (Wang N N. Effects of different fertilization treatments on soybean yield and fertilizer effect[J]. China Seed Industry, 2020(6): 56-58.)

[3] 吴娜,谢皓,陈学珍,等. 不同肥料对大豆品种科丰 14 农艺性状的影响[J]. 北京农学院学报, 2011, 26(2): 4-6. (Wu N, Xie H, Chen X Z, et al. Effect of fertilizer on agronomic characters of Kefeng 14 in soybean [J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2011, 26(2): 4-6.)

[4] 田艳洪,刘元英,张文钊,等. 不同时期施用氮肥对大豆根瘤固氮酶活性及产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2008(5): 15-

19. (Tian Y H, Liu Y Y, Zhang W Z, et al. Effect of N fertilization at different stage on nitrogen aseactivity and yield of soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008(5): 15-19.)

[5] 魏丹,李艳,李玉梅,等. 氮磷钾元素对黑龙江不同地区大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2017, 36(1): 87-91. (Wei D, Li Y, Li Y M, et al. Effect of N, P, K fertilization on yield and quality of soybean in Heilongjiang Province[J]. Soybean Science, 2017, 36(1): 87-91.)

[6] 李伟,李絮花,李海燕,等. 控释尿素与普通尿素混施对夏玉米产量和氮肥效率的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 699-706. (Li W, Li X H, Li H Y, et al. Effects of different mixing rates of controlled-release urea and common urea on grain yield and nitrogen use efficiency of summer maize [J]. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38(4): 699-706.)

[7] 袁明,韩冬伟,王淑荣,等. 有机物料替代化学肥料对大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科技, 2020(6): 15-19. (Yuan M, Han D W, Wang S R, et al. Effect of organic material replacing chemical fertilizer on yield and quality of soybean[J]. Soybean Science & Technology, 2020(6): 15-19.)

[8] Bandana B, Peter G. The role of symbiotic nitrogen fixation in sustainable production of biofuels [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2014, 15(5): 7380-7397.

[9] 卢林纲. 黑龙江省大豆根瘤菌复合颗粒肥的研制及其应用技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005. (Lu L G. Developing Bradyrhizobium japonicum mixed pellet fertilizer and its application in Heilongjiang Province [D]. Beijing: China Agriculture University, 2005.

[10] 蒋迁,李磊,张风路,等. 控失肥与普通化肥对夏玉米养分积累与生长发育的影响[J]. 华北农学报, 2016, 31(4): 199-205. (Jiang Q, Li L, Zhang F L, et al. Effects of loss control and conventional fertilizer on nutrient accumulation and growth and development of summer maize [J]. Acta Agriculturae Boreal-Sinica, 2016, 31(4): 199-205.)

[11] 武升,邢素林,马凡凡,等. 有机肥施用对土壤环境潜在风险研究进展[J]. 生态科学, 2019, 38(2): 219-224. (Wu S, Xing S L, Ma F F, et al. Review on potential risk of soil environment from organic fertilizer application[J]. Ecological Science, 2019, 38(2): 219-224.)

[12] Bronick C J, Lal R. Soil structure and management: A review [J]. Geoderma, 2005, 124(1-2): 3-22.

[13] Kaiser M, Ellerbrock R H. Functional characterization of soil organic matter fractions different in solubility originating from a longterm field experiment [J]. Geoderma, 2005, 127: 196-206.

[14] 孟红旗,吕家珑,徐明岗,等. 有机肥的碱度及其减缓土壤酸化的机制[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(5): 1153-1160. (Meng H Q, Lyu J L, Xu M G, et al. Alkalinity of organic manure and its mechanism for mitigating soil acidification [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2012, 18(5): 1153-1160.)

[15] 姜磊,王路路,沈维良,等. 宿州地区周年肥料运筹对复播大豆农艺性状和产量的影响[J]. 大豆科学, 2020, 39(6): 919-925. (Jiang L, Wang L L, Shen W L, et al. Effects of annual fertilizer management on agronomic characters and yield of multiple cropping soybean in Suzhou area[J]. Soybean Science, 2020, 39(6): 919-925.)

[16] 李鸣雷,谷洁,高华,等. 不同有机肥对大豆植株性状、品质和

产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2007(9):67-72. (Li M L, Gu J, Gao H, et al. Effects of different organic fertilizer on plant character, quality and yield of soybean [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition),2007(9):67-72.)

[17] Santi C, Bogusz D, Franche C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants [J]. Annals of Botany,2013,111(5): 743-67.

[18] 李欣欣,许锐能,廖红. 大豆共生固氮在农业减肥增效中的贡献及应用潜力[J]. 大豆科学,2016,35(4):531-535. (Li X X, Xu R N, Liao H. Contributions of symbiotic nitrogen fixation in soybean to reducing fertilizationwhile increasing efficiency in agriculture[J]. Soybean Science,2016,35(4):531-535.)

[19] 张秋磊,林敏,平淑珍. 生物固氮及在可持续农业中的应用[J]. 生物技术通报,2008(2):1-4. (Zhang Q L, Lin M, Ping S Z. Biological nitrogen fixation and its application in sustainable agriculture [J]. Biotechnology Bulletin,2008(2):1-4.)

[20] 王政,高瑞凤,李文香,等. 氮磷钾肥配施对大豆干物质积累及产量的影响[J]. 大豆科学,2008,27(4):588-592,598. (Wang Z, Gao R F, Li W X, et al. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer combined application on dry matter accumulation and yield of soybean[J]. Soybean Science,2008,27(4):588-592,598.)

[21] 吕继龙,何萍,徐新朋,等. 我国大豆最佳施肥量和种植密度评价[J]. 中国土壤与肥料,2020(6):174-180. (Lyu J L, He P, Xu P X, et al. Assessment of the optimum fertilization rates and planting density for soybean production in China [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China,2020(6):174-180.)

[22] 张鸣浩,衣志刚,孟凡钢,等. 缺铁条件下磷素水平对不同磷效率大豆农艺性状的影响[J]. 大豆科学,2021,40(2):249-256. (Zhang M H, Yi Z G, Meng F G, et al. effects of phosphate levels on agronomic traits of soybean genotypes with different phosphate efficiency under Fe deficiency [J]. Soybean Science, 2021, 40(2):249-256.)

[23] 胥雅馨,徐明,李玲,等. 接种根瘤菌对南疆春大豆结瘤和生长的影响[J]. 大豆科学,2021,40(1):98-105. (Xu Y X, Xu Y, Li L, et al. Effects of rhizobia inoculation on nodulation and growth of spring soybean in southern [J]. Soybean Science, 2021, 40(1):98-105.)

[24] Stella A E, Max D C. Effect of soybean plant populations in a soybean and maize rotation [J]. Agronomy Journal,2001,93(2):396-403.

[25] 康国战,翟金中,张振华,等. 大豆施用有机无机复混肥的增产效果[J]. 安徽农业科学,2003,31(2):316-317. (Kang G Z, Zhai J Z, Zhang Z H, et al. Effect of organic-inorganic compound fertilizer on yield increase of soybean [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2003,31(2):316-317.)

[26] 孙振宇,李晶,段兴武,等. 氮磷钾施肥水平对大豆产量及性状的影响[J]. 作物杂志,2012,27(5):135-139. (Sun Z N, Li J, Duan X W, et al. Effects of combined fertilization of N,P and K on soybean yield and yield traits[J]. Crops,2012,27(5):135-139.)

协 办 单 位

中国作物学会大豆专业委员会
黑龙江省农业科学院大豆研究所
东北农业大学大豆研究所
吉林省农业科学院大豆研究所
南京农业大学大豆研究所
辽宁省农业科学院作物研究所
河北省农林科学院粮油作物研究所