



长期配施有机肥对大豆产量的影响

严 君, 陈 旭, 邹文秀, 邹 狮

(中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘 要: 为了明确长期化肥配施有机肥对大豆产量及其构成因素的影响, 该研究依托中国科学院海伦农业生态实验站长期定位试验, 不施肥、施化肥、化肥配施不同量有机肥处理, 对比研究不同处理对大豆株高、单株荚数、单株粒数、单株粒重及产量的影响。结果表明: 与不施肥处理相比, 只施化肥和化肥配施不同量有机肥均增加大豆产量、株高、单株荚数、单株粒数、单株粒重及百粒重。大豆单株荚数对大豆产量的贡献最大。大豆产量和单株荚数均随着配施有机肥量增加而增加, 增加的幅度逐渐下降。随着配施有机肥施用量的增加, 大豆产量较施化肥处理分别增加了 12.8%、25.6% 和 30.5%, 有机肥对大豆产量的贡献分别达 11.35%、20.36% 和 23.36%, 对大豆单株荚数的贡献逐渐增加, 分别为 24.61%、40.68% 和 47.81%。本研究结果表明化肥对大豆产量贡献大小取决于有机肥的施用量, 在低量有机肥施用条件下, 化肥作用比较显著, 反之化肥作用下降, 但有机肥并不能完全取代化肥的作用。

关键词: 大豆; 黑土; 有机肥配施; 产量

Effects of Long-Term Organic Manure Application on Yield of Soybean

YAN Jun, CHEN Xu, ZOU Wen-xiu, ZOU Shi

(Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, China)

Abstract: The long-term fertilization experiments were conducted to evaluated the contribution of chemical fertilizer and organic manure to soybean yield and yield components in Hailun Agroecology station. The plant height, pod number, seed number, seed weight and yield were determined to clear the effects and contribution of long-term chemical fertilizer and organic manure application on soybean yield and yield components. Results showed that soybean height, pod number, seed number, seed weight and yield was increased with the application of chemical and chemical combined with organic manure. The pod number per plant had the most contribution to the soybean yield for the treatments with the long-term chemical fertilizer combined with organic fertilizer. Soybean yield and pod number per plant were increased with the organic manure application rate while the increasement was decreased. With the increase of organic fertilizer application rate, the soybean yield were 12.8%, 25.6% and 30.5% higher than that in the treatment of chemical fertilizer, respectively. The contribution of organic manure were 11.35%, 20.36% and 23.36%, respectively, with the increase of organic manure application rate. The soybean yield were 24.61%, 40.68% and 47.81% higher than that in the treatment of chemical fertilizer, respectively. Therefore, the contribution of chemical fertilizer were determined by the organic manure application rate, the contribution of chemical fertilizer were higher under the low amount organic manure application rate, while the contribution of chemical fertilizer were decreased under the high amount organic manure application rate.

Keywords: Soybean; Black soil; Organic fertilizer application; Yield

大豆生长所需的氮、磷、钾肥高于其它作物, 一般认为每生产 100 kg 大豆, 需吸收氮(N) 5.3 ~ 7.2 kg, 磷(P_2O_5) 1.0 ~ 1.8 kg, 钾(K_2O) 1.3 ~ 4.0 kg, 因此为大豆提供充足且适宜的养分是大豆高产的前提^[1]。然而大豆产量是一个受多基因控制的复杂数量性状, 容易受环境条件影响, 尤其是施肥措施的影响。因此国内外研究人员一直在探寻更有效

的大豆高产施肥模式。

肥料按照化学成分及作用效果可分为无机肥和有机肥两种。无机肥主要指化肥, 如各种氮、磷、钾肥或复合肥等。化肥具有养分含量高、易施用和见效快的特点, 适量施用化肥有利于大豆产量增加, 但不合理的施用化肥会导致大豆减产、肥料利用率降低、土壤酸化^[2]及土壤养分含量下降等一系

收稿日期: 2019-05-15

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD1000905); 黑龙江省应用技术与开发入库项目(GA19B101)。

第一作者简介: 严君(1982-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事大豆生理与栽培研究。E-mail: yanjun@iga.ac.cn。

通讯作者: 邹文秀(1982-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事大豆栽培研究。E-mail: zouwenxiu@iga.ac.cn。

列问题^[3]。有机肥主要指农家肥,比如粪便、腐烂的动物尸体或腐熟的植物等。有机肥具有原料来源广、数量大、养分全等优点,对大豆产量并没有显著的影响^[4-5]。鉴于化肥和有机肥不同特点,将二者配合施用能充分发挥各自的优势,满足大豆生长对养分的需求。Choudhary 等^[6]研究表明长期施用氮肥和施用氮磷钾肥处理下大豆产量较不施肥处理分别增加了-4.6%和30.4%,而单施有机肥和化肥配施有机肥处理下大豆产量较不施肥处理分别增加了49%和70%,可见合理配施有机肥对于提高大豆产量具有显著作用^[7]。而大豆株高、粒数、粒重等产量构成因素也随着有机肥的配施有显著增加。目前有关化肥配施有机肥条件下大豆产量及产量构成因素相关的研究较多,而研究化肥及配施的有机肥对大豆产量及产量构成因素的贡献的系统研究还较少。本研究以长期不施肥处理、不施有机肥处理为对照,对比研究长期(18年)化肥配施不同量有机肥对大豆产量和产量构成因素的影响和贡献,为指导大豆生产提供数据支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于中国科学院海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站(47°26'N,126°38'E)。该站处于我国东北大豆主产区的中心,海拔高度240 m左右,属于温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,四季分明,雨热同季,年平均气温1.5℃,活动积温2 600~2 800℃,无霜期125~135 d,年降雨量500~600 mm。试验区地形较为平坦,供试土壤为典型黑土,土壤母质为第四纪黄土状母质。土壤的基础肥力:有机质含量28.01 g·kg⁻¹,全氮含量2.12 g·kg⁻¹,全磷含量0.72 g·kg⁻¹,全钾含量21.2 g·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验开始于2001年,5个处理:①CK,完全不施肥;②化肥(NPK);③化肥+有机肥1(NPK+OM1,有机肥7.5 t·hm⁻²);④化肥+有机肥2(NPK+OM2,有机肥15 t·hm⁻²);⑤化肥+有机肥3(NPK+OM3,有机肥22.5 t·hm⁻²),每个处理3次重复。小区大小为12 m×5.6 m,随机区组排列。种植方式为玉米-大豆轮作种植,大豆的施肥量:N 20.2 kg·hm⁻²、P₂O₅ 51.7 kg·hm⁻²、K₂O 30 kg·hm⁻²;玉米的施肥量N 120 kg·hm⁻²、P₂O₅ 60 kg·hm⁻²、K₂O 30 kg·hm⁻²。氮肥为尿素,磷肥为磷酸二铵,钾肥为硫酸钾。有

机肥于上年秋收后撒施于地表,然后由机械翻耕进入土壤。2001-2011年,有机肥为腐熟猪粪,猪粪中的养分平均含量:有机碳含量265 g·kg⁻¹,全氮含量21 g·kg⁻¹,全磷含量2.6 g·kg⁻¹,全钾含量2.4 g·kg⁻¹。2012年至今有机肥为玉米秸秆堆肥,在堆肥前按照秸秆:玉米籽:大豆粒=5:1:1的比例添加,增加玉米秸秆的养分含量,玉米秸秆堆肥后的养分平均含量:有机碳含量235 g·kg⁻¹,全氮含量30.2 g·kg⁻¹,全磷含量5.9 g·kg⁻¹,全钾含量9.7 g·kg⁻¹。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 产量及其构成因素 于2018年大豆收获期每个小区随机取20株,风干后进行室内考种,调查单株性状(株高、单株荚数、单株粒数和单株粒重);收获整个小区实测百粒重,并根据实测籽粒产量换算出每公顷大豆产量。

1.3.2 肥料贡献率 CK处理由于无化肥和有机肥的投入,其产量主要来自于土壤肥力本身,因此将该处理产量设为定值。肥料对大豆产量的贡献率为:

$$\begin{aligned} \text{化肥贡献率}(\%) &= \frac{Y_{NPK} - Y_{CK}}{Y_{NPK}} \times 100 \\ \text{有机肥贡献率}(\%) &= \frac{Y_{NPK+OM_X} - Y_{NPK}}{Y_{NPK+OM_X}} \times 100 \end{aligned}$$

式中,Y_{NPK}:化肥处理的大豆产量;Y_{NPK+OM_X}:化肥配施有机肥处理的大豆产量;Y_{CK}:对照处理大豆产量。

1.4 数据分析

运用Excel 2003和Origin 8.5进行数据整理分析与绘图。

2 结果与分析

2.1 长期化肥配施有机肥对大豆产量及其构成因素的影响和相关性分析

2.1.1 对大豆产量及其构成因素的影响 长期施用化肥及化肥配施不同量有机肥能显著提高大豆产量及大豆株高、株荚数、株粒数、株粒重和百粒重,但对大豆产量及产量构成因素的提升幅度存在差异(表1),其中大豆株高、株荚数、株粒重及大豆产量均以NPK+OM3处理最高。NPK处理较CK处理的大豆产量增产13.85%。化肥配施不同量有机肥处理,大豆产量及产量构成因素随着配施有机肥量的增加呈逐渐增加的趋势。其中大豆产量较NPK处理产量分别增加12.8%、25.6%和30.5%,NPK+OM3处理与NPK+OM2处理间无显著差异,

但与 NPK 和 NPK + OM1 处理间差异显著 ($P < 0.05$)。方差分析结果表明,化肥及化肥配施有机肥除对百粒重影响不显著外,对其它产量构成因素影响显著($P < 0.05$)。

表 1 长期化肥配施有机肥对大豆产量及其构成因素的影响

| Table 1 Effects of the application of combined chemical and organic fertilizer on yield and yield components of soybean | | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--|
| 处理 Treatment | 株高 Plant height /cm | 单株荚数 Pods number per plant | 单株粒数 Seeds num ber per plant | 单株粒重 Seeds weight per plant/g | 百粒重 100-seed weight/g | 产量 Yield /(kg·hm ⁻²) |
| CK | 86.3±4.4 c | 22.3±3.6 d | 54.6± 7.3 d | 11.2±2.1 e | 20.5±0.4 a | 2288.4±183.1 d |
| NPK | 98.1±7.4 b | 32.3±6.5 c | 76.7±19.1 d | 16.5±2.9 d | 21.1±0.3 a | 2605.2±233.9 c |
| NPK + OM1 | 101.9±4.4 b | 43.7±9.2 b | 109.2±23.1 c | 23.5±6.4 c | 21.4±0.6 a | 2938.7± 85.0 b |
| NPK + OM2 | 107.1±5.0 a | 55.7±7.2 a | 147.1±31.1 b | 28.2±5.4 b | 21.5±0.2 a | 3271.2± 17.5 a |
| NPK + OM3 | 117.0±4.4 a | 62.8±8.2 a | 174.8±25.4 a | 35.7±4.7 a | 21.6±0.5 a | 3399.1± 67.4 a |

同一列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。
Different lowercase in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$) between treatments.

2.1.2 大豆产量与其构成因素的相关性 根据原始数据标准化处理计算出对应的关联系数(表 2),关联系数大小反映长期施用化肥及化肥配施有机肥处理下各产量构成因素对大豆产量的贡献。长期施用化肥及化肥配施不同量有机肥处理下,大豆产量主要构成因素株高、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重与产量的关联度分别为 0.899,0.931,0.877,0.894 和 0.830,关联度大小表现为:单株荚数 > 单株粒重 > 株高 > 单株粒数 > 百粒重,其中单株荚数是影响大豆产量的最关键因素。

表 2 大豆产量与产量构成因素的关联度分析

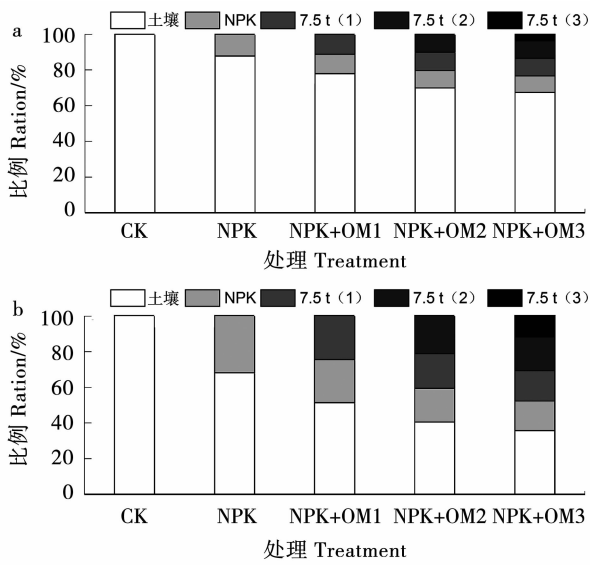
| Table 2 Correlation analysis between yield and yield components | | | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 处理 Treatment | 株高 Plant height | 单株荚数 Pods number per plant | 单株粒数 Seeds number per plant | 单株粒重 Seeds weight per plant | 百粒重 100-seed weight |
| CK | 0.897 | 0.926 | 0.848 | 0.896 | 0.983 |
| NPK | 0.784 | 0.955 | 0.889 | 0.924 | 0.953 |
| NPK + OM1 | 0.937 | 0.924 | 0.871 | 0.954 | 0.616 |
| NPK + OM2 | 0.900 | 0.949 | 0.928 | 0.854 | 0.600 |
| NPK + OM3 | 0.974 | 0.899 | 0.847 | 0.838 | 0.998 |
| 关联度 Relational degree | 0.899 | 0.931 | 0.877 | 0.894 | 0.830 |
| 关联序 Order | 3 | 1 | 4 | 2 | 5 |

2.2 长期化肥配施有机肥对大豆产量及其构成因素的影响

长期施用化肥及化肥配施不同量有机肥处理对大豆产量的影响有差异(图 1a)。CK 处理的大豆产量完全来自于土壤本身的肥力,将 CK 处理的产量设为定值,与 CK 处理相比 NPK 对产量的贡献为 12.16%。长期化肥配施不同量有机肥处理中,NPK + OM1 处理大豆增产量为 333 kg·hm⁻²,对大豆产量的贡献为 11.35%;NPK + OM2 处理较 NPK + OM1 处理增施 7.5 t·hm⁻²有机肥,其产量增加 263

kg·hm⁻²,对大豆产量的贡献增加 10.17%;在此基础上继续增施 7.5 t·hm⁻²有机肥,其增产量为 128 kg·hm⁻²,对大豆产量的贡献增加 3.76%。增施的量相同,但对大豆产量的贡献增加幅度下降。整体上,随着配施有机肥量的增加,土壤、NPK 对大豆产量的贡献比例下降,来自有机肥的贡献比例增加,分别占大豆产量的 11.35%、20.36% 和 23.36%。
NPK + OM1 处理,OM1 对大豆荚数的贡献为 24.61%;NPK + OM2 处理较 NPK + OM1 处理增施

7.5 t·hm⁻² 有机肥, OM2 对大豆荚数的贡献为 40.68%, 增施的 7.5 t·hm⁻² 有机肥的贡献为 21.33%; 在此基础上继续增施 7.5 t·hm⁻² 有机肥, 增施的 7.5 t·hm⁻² 有机肥对大豆荚数的贡献增加 12.01%。增施的量相同, 但对大豆产量的贡献增加幅度在下降。随着有机肥施用量的增加, 来自土壤的贡献比例呈下降的变化趋势, 且当有机肥施用量达到 15 t·hm⁻² 时, 来自土壤贡献的比例低于 50%。此时有机肥对单株荚数的贡献显著上升, 分别为 24.61%、40.68% 和 47.81%。



7.5 t(1): OM1 中有机肥施加量; 7.5 t(2): OM2 较 OM1 增加的有机肥施用量; 7.5 t(3): OM3 较 OM2 增加的有机肥施用量。

7.5 t(1): The application of organic fertilizer in OM1; 7.5 t(2): The increase of OM2 over OM1; 7.5 t(3): The increase of OM3 over OM2.

图 1 长期化肥配施有机肥对大豆产量 (a) 及单株荚数 (b) 的影响

Fig. 1 Effect of the combined chemical and organic fertilizer on soybean yield (a) and seeds number per plant (b)

3 讨论

本研究中长期施用化肥和化肥配施不同量有机肥能有效提高大豆产量, 与前人的研究结果相似^[3, 8-10], 主要是由于化肥配施有机肥能使有机肥更好的释放有机酸, 提高微生物数量, 加快微生物的活性, 进而有利于化肥、水分的吸收和利用, 充分满足大豆各个时期的营养需要, 进而有利于大豆产量的提高^[11]; 另一方面长期化肥配施有机肥促进土壤团聚体的形成, 增加土壤孔隙度比例, 改善了耕层土壤结构, 增加黑土有机碳和全氮含量, 这种促

进作用在高量有机肥配施下更为显著^[12-13], 间接对大豆生长发育和产量形成有促进作用^[14-15]。田艳洪等^[16]研究表明单施有机肥达到 15 t·hm⁻² 时大豆增产, 有机肥 ≥ 22.5 t·hm⁻² 时产量下降, 而有机肥 15 t·hm⁻² 配施 50% 常规施肥较常规施肥增产 2% ~ 4%。刘秀娟等^[17]研究表明, 化肥配施 15 t·hm⁻² 有机肥处理与配施 10 t·hm⁻² 有机肥处理间没有显著差异, 但两者与配施 5 t·hm⁻² 有机肥处理、单施化肥处理和对照处理差异显著。在本研究中有有机肥施用量 22.5 t·hm⁻² 时大豆产量最高, 较施化肥和化肥配施 ≤ 22.5 t·hm⁻² 处理增加了 30.5%。由于添加有机肥的种类和用量以及试验地点的不同, 所以不同试验中化肥配施有机肥达到的效果也不相同。

大豆单株荚数、每荚粒数和单株粒重等产量构成因子同样也会受施肥影响。化肥配施有机肥能增加株高和茎粗, 显著促进大豆茎、叶和荚的生长, 降低空秕率及大豆经济效益。本研究中长期化肥配施有机肥处理, 大豆产量除与株高相关性不显著外, 与单株荚数、单株粒数、单株粒重及百粒重之间都存在显著和极显著的正相关关系。这与前人的研究结果类似, Mandal 等^[18]研究表明大豆产量与株荚数 (r = 0.98*) 和株粒重 (r = 0.86*) 显著相关。Egli 等^[19]的研究表明单株荚数是决定大豆产量的关键。此外, 本研究灰色关联度分析结果表明化肥及化肥配施有机肥的施用对大豆产量构成因素有影响, 且对产量的贡献程度也有差异。本研究中长期化肥配施有机肥条件下单株荚数对大豆产量的影响最大, 其次是单株粒重、株高、单株粒数和百粒重。王囡囡等^[20]对大豆的不同施肥处理进行灰色关联分析, 结果表明株荚数对产量的影响作用最大, 其次是单株粒重、单株粒数, 本研究结果与之相似。虽然对大豆产量贡献的因素不同, 但各产量因素之间存在相互的关系, 这也进一步说明氮、磷、钾肥应该和有机肥配施才能更好的提高大豆的产量和品质。

大豆产量的形成主要来自于土壤。在本研究中不施肥条件下, 依靠土壤本身的肥力, 大豆产量能达到 2 288 kg·hm⁻²。施用化肥后, 大豆产量达到 2 605 kg·hm⁻², 化肥对大豆产量的贡献为 317 kg·hm⁻², 占大豆产量的 12%。化肥配施不同量有机肥, 随着有机肥施用量的增加, 添加的 7.5 t·hm⁻² 有机肥对大豆产量的贡献逐渐下降, 分别为 11%、10% 和 3.7%, 而化肥对大豆产量的贡献逐渐下降。表明有机肥配施量越低, 化肥对产量的贡献作用越显著,

而有机肥施用量越高时化肥的作用越小,当达到一定阈值可能能够代替化肥的作用^[2,4],但在本研究有机肥施用量与大豆产量呈线性关系,表明还未达到平台期。可能是由于大量的施入有机肥后,有机肥中除了含有丰富的氮、磷、钾和有机碳养分外,还能提供相当数量的中量元素、微量元素和氨基酸、核酸、微生物等有机营养成分,不仅是作物养分的直接给源,又可活化土壤中潜在养分和增强生物学活性,增加作物的生物量和黑土的生产力^[21],产生了激发效应。低量有机肥的激发效应明显,而高量有机肥由于量太大而土壤中分解有机肥的能力有限影响了大豆植株的生长发育以及产量的提升。田艳洪等^[16]研究表明,当有机肥施用量超过 $15\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,有机肥缓慢释放的养分能够满足大豆生长对养分的需要。然而朱宝国等^[22]研究认为施用有机肥不能代替化肥,分别施用当地常规施肥量50%的有机肥和化肥效果最佳。在本研究中配施有机肥均有利于产量的提升,而有机肥施用量 $\geq 15\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,有机肥的作用即开始下降,说明此时再增施有机肥只能造成浪费。

4 结 论

东北黑土区肥力较高,但该地区要获得大豆高产,仍然需要施用化肥和有机肥。在本研究中长期化肥配施有机肥能有效提升大豆产量,且随着有机肥施用量的增加,大豆产量分别增加了12.8%、25.6%和30.5%,但增加的幅度在下降。此外通过计算明确了化肥和有机肥对大豆产量的贡献,随着配施有机肥量的增加,有机肥对大豆产量的贡献逐渐增加,分别达11.35%、20.36%和23.36%。大豆产量与单株荚数、单株粒数、单株粒重均呈正相关关系,其中单株荚数对大豆产量的贡献最大。随着配施有机肥量的增加,有机肥对大豆单株荚数的贡献逐渐增加,分别达24.61%、40.68%和47.81%。化肥对大豆产量贡献取决于有机肥的施用量,在低量有机肥施用条件下,化肥对产量的贡献作用比较明显,而在高量有机肥施用条件下,化肥对产量的贡献作用有所下降。

参考文献

[1] 杨梦秋,丁正亮,徐小牛,等. 安徽油茶不同品种光合生理生态特性的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(3): 448-452. (Yang M Q, Ding Z L, Xu X N, et al. Eco-physiological characteristics of photosynthesis for the different varieties of *Camellia oleifera* in Anhui[J]. Journal of Anhui Agricultural University,

2011, 38(3): 448-452.)
[2] Kumari G, Thakur S K, Kumar N, et al. Long-term effect of fertilizer, manure and lime on yield sustainability and soil organic carbon status under maize (*Zea mays*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system in Alfisols[J]. Indian Journal of Agronomy, 2013, 58(2): 152-158.
[3] Bhattacharyya R, Pandey A K, Gopinath K A, et al. Fertilization and crop residue addition impacts on yield sustainability under a rainfed maize-wheat system in the Himalayas[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences India, 2016, 86(1): 21-32.
[4] 郝小雨,马星竹,周宝库. 长期单施有机肥黑土大豆产量和土壤理化性质演变特征[J]. 土壤与作物, 2018, 7(2): 222-228. (Hao X Y, Ma X Z, Zhou B K. Variation characteristics of soybean yield and soil physicochemical properties after long-term organic fertilizer application in black soil[J]. Soils and Crops, 2018, 7(2): 222-228.)
[5] 朱宝国,于忠和,王囡囡,等. 有机肥和化肥不同比例配施对大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(1): 97-100. (Zhu B G, Yu Z H, Wang N N, et al. Effect of different proportion combined application of organic and chemical fertilizer on soybean yield and quality[J]. Soybean Science, 2010, 29(1): 97-100.)
[6] Choudhary M, Panday S C, Meena V S, et al. Long-term effects of organic manure and inorganic fertilization on sustainability and chemical soil quality indicators of soybean-wheat cropping system in the Indian mid-Himalayas[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2018, 257: 38-46.
[7] Meshram N A, Ismail S, Shirale S T, et al. Impact of long-term fertilizer application on soil fertility, nutrient uptake, growth and productivity of soybean under soybean-safflower cropping sequence in Vertisol[J]. Legume Reseach, 2019, 42(2): 182-189.
[8] Bandyopadhyay K K, Misra A K, Ghosh P K, et al. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean[J]. Soil & Tillage Research, 2010, 110(1): 115-125.
[9] 汪惠芳,朱丹华,郑连光. 有机肥与无机肥配施对新垦红壤春大豆生长及产量的影响[J]. 土壤肥料, 1997(6): 35-36. (Wang H F, Zhu D H, Zheng L G. Effect of fertilization and organic manure on the growth and yield of spring soybean in newly reclaimed red soils[J]. Soil and Fertilizer Sciences, 1997(6): 35-36.)
[10] Hati K M, Mandal K G, Misra A K, et al. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in vertisols of central India[J]. Bioresoure Technology, 2008, 97(16): 2182-2188.
[11] Maheshbabu H M, Hunje R, Patil N K B, et al. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean[J]. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 2008, 21(2): 219-221.
[12] 梁尧,苑亚茹,韩晓增,等. 化肥配施不同剂量有机肥对黑土团聚体中有机碳与腐殖酸分布的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1586-1594. (Liang Y, Yuan Y R, Han X

Z, et al. Distribution of organic carbon and humic acids in aggregates of Mollisol as affected by amendments with different rates of organic manure plus mineral fertilizer[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2016, 22(6): 1586-1594.)

[13] 邹文秀, 梁尧, 郝翔翔, 等. 黑土颗粒有机碳和氮含量对有机肥剂量响应的定量关系[J]. 土壤, 2016, 48(3): 442-448. (Zou W X, Liang Y, Hao X X, et al. Effect of long-term application of organic manure in different amounts on the distribution of particulate organic matter and the contents of carbon and nitrogen in a Mollisol [J]. Soils, 2016, 48(3): 442-448.)

[14] Ding X, Han X, Liang Y, et al. Changes in soil organic carbon pools after 10 years of continuous manuring combined with chemical fertilizer in a Mollisol in China[J]. Soil & Tillage Research, 2012, 122: 36-41.

[15] Jiang H, Han X, Zou W, et al. Seasonal and long-term changes in soil physical properties and organic carbon fractions as affected by manure application rates in the Mollisol region of northeast China [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2018, 268: 133-143.

[16] 田艳洪, 赵晓峰, 刘玉娥, 等. 不同有机肥用量对大豆植株生长及产量的影响[J]. 大豆科学, 2018, 37(4): 578-584. (Tian Y H, Zhao X F, Liu Y E, et al. Effects of different dosages of organic fertilizer on the growth and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2018, 37(4): 578-584.)

[17] 刘秀娟, 郭玉芳. 浅谈有机肥和化肥配施对大豆生长和产量的影响[J]. 中国新技术新产品, 2012(20): 252. (Liu X J, Guo Y F. Effects of organic fertilizer and chemical fertilizer on soybean growth and yield[J]. China New Technologies and Products, 2012(20): 252.)

[18] Mandal K G, Hati K M, Misra A K. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure [J]. Biomass & Bioenergy, 2009, 33(12): 1670-1679.

[19] Egli D B. Cultivar maturity and potential yield of soybean[J]. Field Crops Research, 1993, 32(1-2): 147-158.

[20] 王囡囡, 韩旭东, 张春峰, 等. 三江平原测土配方 TRPF 系统在大豆优化施肥中的应用[J]. 中国农学通报, 2017, 33(1): 24-28. (Wang N N, Han X D, Zhang C F, et al. Application of soil testing and formulated fertilization system TRPF on soybean optimized fertilization in Sanjiang Plain[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2017, 33(1): 24-28.)

[21] 葛家麒, 侯中田, 徐中儒. 黑龙江省大豆区域性农业生产数学模型的建立及应用[J]. 东北农学院学报, 1990, 21(4): 380-385. (Ge J Q, Hou Z T, Xu Z R. The establishment of application of mathematical model for soybean regional production in Heilongjiang province[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1990, 21(4): 380-385.)

[22] 朱宝国, 于忠和, 王囡囡, 等. 有机肥和化肥不同比例配施对大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(1): 97-100. (Zhu B G, Yu Z H, Wang N N, et al. Effect of different proportion combined application of organic and chemical fertilizer on soybean yield and quality [J]. Soybean Science, 2010, 29(1): 97-100.)

欢迎订阅 2020 年《北方园艺》

中文核心期刊(1992 – 2017)

中国农业核心期刊

美国化学文摘社(CAS)收录期刊

2015、2016、2018 年期刊数字影响力 100 强

《北方园艺》是由黑龙江省农业科学院主管,黑龙江省园艺学会、黑龙江省农业科学院主办的园艺类综合性学术期刊。创刊以来,《北方园艺》始终与时代同频,策划新栏目,报道行业热点,不断推出具有创新价值、学术价值和实用价值的科研成果,在全国园艺类核心期刊中排名第三;在新时代背景下,《北方园艺》积极推动传统媒体与新兴媒体的融合发展,探索新型出版模式,设有专属投稿网站和微信公众号,学术传播力不断提升。

为增加文章的可读性和更好的体现研究成果,本刊增加了内文和封二新品种彩版宣传;作者也可将团队试验成果以音视频形式在本刊微信公众号传播,具体事宜联系编辑部。

栏目设置: 研究论文、研究简报、设施园艺、园林花卉、资源环境生态、贮藏加工检测、中草药、食用菌、专题综述、产业论坛、农业信息技术、农业经济、农业经纬、实用技术、新品种(彩版封二)。

国际标准刊号:ISSN 1001 – 0009 **国内统一刊号:**CN 23 – 1247/S

邮发代号:14 – 150

半月刊 每月 15、30 日出版 单价:20.00 元 全年:480.00 元

全国各地邮局均可订阅,或直接向编辑部汇款订阅。

投稿网址:www. haasep. cn

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部

邮编:150086

电话:0451 – 86694145

信箱:bfyybjb@ vip. 163. com

