

# 不同生物有机肥对绿豆生长与生理特性的影响

薛仁风, 丰明, 赵阳, 李韬, 庄艳, 葛维德\*

(辽宁省农业科学院作物研究所, 沈阳 110161)

**摘要:**本研究比较了5种不同生物有机肥对绿豆产量、相关农艺性状和生理特征的影响, 从中选出对绿豆增产增收效果最好的肥料, 为提高绿豆产量、促进节本增效和绿色环保的生产模式奠定基础。结果表明, 微生物复合菌剂处理的效果明显, 植株鲜重达172.0 g, 植株干重达45.7 g, 地上部鲜重达164.0 g, 地上部干重达到40.0 g, 根瘤数量为18.8个, 根瘤鲜重0.20 g, 根瘤干重0.05 g。TBK复合微生物原菌剂和微生物复合菌剂处理的产量最高, 达到2 077.3 kg/hm<sup>2</sup>、1 938.3 kg/hm<sup>2</sup>。因此, TBK复合微生物原菌剂和微生物复合菌剂可以有效促进绿豆的生长和发育, 激发相关生理生化反应, 显著提升绿豆产量。

**关键词:**绿豆; 生物有机肥; 生长发育; 生理特性; 产量

中图分类号: S522

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2019)04-0009-04

## Effects of Different Bio-Organic Fertilizers on Growth and Physiological Characteristics of Mung Bean

XUE Renfeng, FENG Ming, ZHAO Yang, LI Tao, ZHUANG Yan, GE Weide\*

(Crop Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** This study compared The effect of 5 bio-organic fertilizers on the yield, agronomic traits and physiological characteristics of mung bean was compared in the study to select the best fertilizer in order to increase the yield, improve the efficiency of the mung bean production and promote the green production mode. The results showed that the effect of composite microbial agent was significant, plant fresh weight was 172.0 g, plant dry weight was 45.7 g, the fresh weight of plant above ground part was 164.0 g, the dry weight of above ground part reached 40.0 g, the number of nodules was 18.8, nodule fresh weight was 0.20 g and the dry weight of the nodules was 0.05 g. The highest yield was 2 077.3 kg/ha and 1 938.3 kg/ha, which was in TBK composite microbial original bacteria and composite microbial agent treatment. Therefore, TBK composite microbial original bacteria and composite microbial agent can effectively promote the growth and development of mung bean, stimulate the relevant physiological and biochemical reactions, significantly enhance the yield of mung bean.

**Key words:** Mung bean; Bio-organic fertilizer; Growth and development; Physiological characteristics; Yield

我国现有耕地约1.2亿hm<sup>2</sup>, 年需化肥约1.5亿吨, 是世界上最大的化肥进口国、氮肥生产国和肥料使用国<sup>[1]</sup>。我国贫瘠土壤面积巨大, 长期过度开发利用土地资源, 无节制的掠夺式生产模式使得土壤营养元素严重缺失, 土地生产能力显著下降, 因此不断提高化肥的施用量, 加大除草剂、杀虫剂使用量是目前我国农业生产上提高产量的主

要方式。长期大量使用化肥, 破坏了土壤结构, 造成土壤肥力下降, 引发严重的农业资源浪费和生态环境污染等问题。生物肥料具有改良土质、增进土壤肥力、促进作物的营养吸收、增强作物抗病和抗逆能力、提高农产品的产量和品质等重要作用, 为农业的发展提供了新的选项<sup>[2-4]</sup>。

刘东林等<sup>[5]</sup>研究表明, 应用埃姆泌(MB-97)生物菌肥能促进大豆根瘤形成, 增强固氮能力, 增强抗逆性, 降低根腐病、根蛆、孢囊线虫的发生危害率, 增加大豆株高、荚数、粒数等, 具有抗重茬增产作用。荣良燕<sup>[6]</sup>将前期研制的菌肥和一种引进的菌肥在减少20%~30%化肥的基础上, 测定其对豌豆和玉米生长的影响。结果表明: 在不减

收稿日期: 2019-01-11

基金项目: 辽宁省科学事业公益研究基金(20180018); 国家食用豆现代农业产业技术体系(CARS-08-Z8)

作者简介: 薛仁风(1982-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事绿豆、小豆抗病育种工作。

通讯作者: 葛维德, 男, 硕士, 研究员, E-mail: snowweide@163.com

产的前提下,单作豌豆每公顷可减少化肥支出200~340元,单作玉米每公顷节约化肥支出570~870元,豌豆/玉米间作每公顷可减少化肥支出395~605元。梁如玉等<sup>[7]</sup>研究表明,水稻施用不同菌肥(接种剂)的根际效应差异较大,与未用菌肥的对照相比差异显著,与对照相比产量最高增产5.2%。彭守华等<sup>[8]</sup>在常规施肥的基础上,增施益美丰、重茬PK、无线生机重茬宝等生物菌肥,研究表明三种菌肥均能增加花生荚果及籽仁的产量,在花生生产中具有一定的推广应用前景。此外,卢海鹏<sup>[9]</sup>通过在大豆上施用“播可润”生物菌肥,探索其在减少化肥施用量、活化土壤有益微生物、抑制病害等方面的应用效果,总结出在大豆使用的最佳组合配方。本研究通过开展5种生物有机肥肥效小区比较试验,研究不同高效生物有机肥对绿豆产量、相关农艺性状和生理特征的影响,为今后在辽宁省绿豆生产上的应用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

供试品种为辽绿5号,由辽宁省农业科学院作物研究所选育并提供。

供试生物有机肥包括:(1)根瘤菌剂(河北益微生物技术有限公司);(2)TBK复合微生物原菌剂(上海侨基生物科技有限公司);(3)微生物复合菌剂(山东苏柯汉生物工程股份有限公司);(4)复合生物菌有机肥(河北农旺肥业有限公司);(5)豆粕生物有机肥(河北农旺肥业有限公司)。

### 1.2 试验设计

本试验于2018年6月2日播种绿豆,8月25日收获,试验地点设在辽宁省农业科学院杂粮研究室试验地,试验地为水浇地,土质沙壤土,土壤肥力中等。试验地前茬为小麦。每个试验小区行长6 m,行宽5 m,行距0.6 m,小区面积30 m<sup>2</sup>,种植密度22.5万株/hm<sup>2</sup>,采用随机区组设计,3次重复,田间常规管理。本试验共设1个对照和5个处理。对照,不施用任何肥料;处理1:施用生物有机肥(1),用量30 g肥料/kg种子,用水适当稀释后拌种;处理2:施用生物有机肥(2),用量15 kg/hm<sup>2</sup>,拌细土或肥料做基肥撒施;处理3:施用生物有机肥(3),用量30 kg/hm<sup>2</sup>,拌细土或肥料做基肥撒施;处理4:施用生物有机肥(4),用量1 500 kg/hm<sup>2</sup>,基肥撒施;处理5:施用生物有机肥(5),用量1 500 kg/hm<sup>2</sup>,基肥

撒施。

### 1.3 表型性状和产量测定

盛花期每小区中部位置随机取10株绿豆,测定植株鲜重、干重、地上部鲜重、干重、根瘤数量、根瘤鲜重、干重;成熟期每小区中部随机取10株绿豆进行考种,考种项目包括株高、结荚高度、结荚节数、有效荚数、单荚粒数、百粒重、单株产量,取样后小区测产,并折算成公顷产量。

### 1.4 酶液的制备和活性测定

绿豆盛花期时,取叶片0.5 g于预冷的研钵中,加入1 mL 0.05 mol/L磷酸缓冲液(pH 7.0),冰浴上研磨成浆,加3 mL缓冲液清洗3次。将研磨液体倒入离心管中,4℃,10 000 r/min离心20 min,取上清液测定丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)的活力,试验共设3个重复。MDA含量、SOD活性和POD活性测定参照李合生等的方法<sup>[10]</sup>。CAT活性测定参考路明等的方法<sup>[11]</sup>。

### 1.5 数据统计分析

采用DPS和Excel软件对试验数据进行分析。

## 2 试验结果分析

### 2.1 不同生物有机肥对绿豆生长的影响

如表1所示,处理1~处理5的绿豆叶长和叶宽均大于清水对照,其中处理5植株的叶长最大,达16.7 cm,叶宽最大,为14.3 cm;各生物肥处理植株的叶面积均大于对照,处理3植株的叶面积最大,为167.2 cm<sup>2</sup>;各处理绿豆叶片鲜质量和干质量均高于对照,其中处理5植株的叶片鲜质量和干质量均最大,分别达17.3 mg和3.4 mg,试验结果表明各生物有机肥处理对绿豆叶片的生长和物质积累均有影响。

如表2所示,处理1~处理5的绿豆植株根长均大于对照,其中处理3和处理4的植株根长最大,分别为26.7 cm和25.1 cm,处理2根半径最大,达15.4 mm。各个处理根体积、根鲜质量、根干质量等均大于对照,其中处理5的根体积、根鲜质量和根干质量最大,分别为15.3 cm<sup>3</sup>,15.4 g和12.2 g。结果表明,不同生物有机肥处理对绿豆根组织的生长存在一定影响。

如表3所示,处理5的植株盛花期鲜重、植株干重、地上部鲜重和干重最高,分别为257.3 g、62.3 g、242.7 g、57.3 g,根瘤数量达到27.3个,根瘤鲜重和干重分别达到0.26 g和0.07 g,显著高于对照和其他处理。由试验结果可以看出,不同菌肥

处理对绿豆的生长均具有显著的促进作用,但处理5出苗率偏低,仅为其他处理和对照的40%~50%。在出苗整齐的前提下,处理1、处理2、处理3的效果均比较显著,各项数据均显著大于对照,

其中处理3的效果最明显,植株鲜重达172.0 g,植株干重达45.7 g,地上部鲜重达164.0 g,地上部干重达到40.0 g,根瘤数量为18.8个,根瘤鲜重0.20 g,根瘤干重0.05 g。

表1 不同生物有机肥对绿豆叶片的影响

| 名称  | 叶长 (cm)    | 叶宽 (cm)    | 叶面积 (cm <sup>2</sup> ) | 叶片鲜质量 (mg) | 叶片干质量 (mg) |
|-----|------------|------------|------------------------|------------|------------|
| 处理1 | 13.6±3.3a  | 13.4±1.3b  | 131.7±12.1ab           | 8.4±1.4c   | 2.6±0.6ab  |
| 处理2 | 13.5±1.7a  | 14.0±1.4bc | 123.4±15.6ab           | 4.2±0.8ab  | 2.2±0.7ab  |
| 处理3 | 16.2±2.3ab | 12.4±2.2ab | 167.2±18.5c            | 16.1±1.6e  | 3.2±0.5b   |
| 处理4 | 15.8±1.4ab | 12.4±1.7ab | 157.4±16.2c            | 13.2±1.3d  | 3.1±1.0b   |
| 处理5 | 16.7±2.1ab | 14.3±1.6bc | 155.3±15.2c            | 17.3±0.6e  | 3.4±0.7b   |
| 对照  | 12.3±2.0a  | 11.2±1.4a  | 113.8±12.4a            | 3.3±0.6a   | 1.9±0.4a   |

注:同列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同

表2 不同生物有机肥对绿豆根组织的影响

| 名称  | 根长 (cm)    | 根半径 (mm)  | 根体积 (cm <sup>3</sup> ) | 根鲜质量 (g)  | 根干质量 (g)   |
|-----|------------|-----------|------------------------|-----------|------------|
| 处理1 | 22.2±2.3ab | 11.9±2.3a | 11.3±2.2a              | 10.3±1.2b | 7.8±1.1b   |
| 处理2 | 22.4±6.9ab | 15.4±1.2b | 12.1±2.2ab             | 11.2±2.4b | 8.1±2.4b   |
| 处理3 | 26.7±1.2b  | 10.3±2.1a | 14.3±2.4b              | 12.6±1.4b | 10.2±2.5bc |
| 处理4 | 25.1±6.2ab | 11.6±2.3a | 12.4±1.3ab             | 10.3±1.5b | 7.2±1.2b   |
| 处理5 | 22.6±4.3ab | 14.2±2.1b | 15.3±1.8b              | 15.4±1.3c | 12.2±1.2c  |
| 对照  | 18.4±3.4a  | 12.3±3.3a | 11.2±1.4a              | 7.2±1.6a  | 4.1±3.4a   |

表3 不同生物有机肥对绿豆整株生长的影响

| 名称  | 植株鲜重 (g)     | 植株干重 (g)    | 地上部鲜重 (g)    | 地上部干重 (g)  | 根瘤数量 (个)   | 根瘤鲜重 (g)    | 根瘤干重 (g)     |
|-----|--------------|-------------|--------------|------------|------------|-------------|--------------|
| 处理1 | 162.0±32.2bc | 44.3±10.1b  | 153.3±22.8b  | 40.0±8.3ab | 20.2±2.6b  | 0.23±0.04b  | 0.06±0.01bc  |
| 处理2 | 158.7±41.2b  | 39.3±7.9ab  | 149.3±24.2b  | 36.7±7.2ab | 17.5±3.3b  | 0.17±0.05b  | 0.04±0.008ab |
| 处理3 | 172.0±22.1c  | 45.7±11.1b  | 164.0±26.7bc | 40.0±6.9ab | 18.8±2.5b  | 0.20±0.08b  | 0.05±0.004b  |
| 处理4 | 135.3±20.8b  | 34.1±9.3a   | 125.3±19.3ab | 31.3±5.8a  | 14.6±3.3ab | 0.14±0.04ab | 0.04±0.008ab |
| 处理5 | 257.3±43.2d  | 62.3±12.6bc | 242.7±34.1c  | 57.3±6.5b  | 27.3±3.6c  | 0.26±0.02bc | 0.07±0.006c  |
| 对照  | 99.3±20.2a   | 28.5±8.1a   | 93.3±18.3a   | 25.3±8.8a  | 12.3±1.2a  | 0.11±0.02a  | 0.03±0.01a   |

2.2 不同生物有机肥对成熟期绿豆农艺性状和产量的影响

如表4所示,处理2绿豆植株高度最大,结荚高度也最高,分别达到54.9 cm和35.0 cm,处理1和处理4植株的结荚节数最多,分别为3.9和3.8,处理2和处理5的有效荚数最多,分别为28.2和28.1,处理3和处理5的单荚粒数最大,分别为8.9和9.3,处理2和处理4的百粒重最大,均达到6.3 g,处理2和处理5的单株产量最高,分别为13.8 g和15.6 g,处理2的产量最高,达到2 077.3 kg/hm<sup>2</sup>,处理3次之,达到1 938.3 kg/hm<sup>2</sup>。

2.3 不同生物有机肥对绿豆生理特性的影响

如表5所示,处理5 绿豆植株MDA含量最低,仅为14.4μmol/g,处理1最高,达到25.7μmol/g;处理2和处理3的植株叶片SOD活性、CAT活性和POD

活性均处于较高水平,显著高于对照,其中处理2的SOD活性最大,达135.3U/g,处理3植株的CAT活性和POD活性最高,分别达到15.2U/(g·min)和13.9U/(g·min)。

3 结论与讨论

绿豆(*Vigna radiata*)原产于中国,营养价值丰富,药用价值也很高,是我国重要的杂粮作物之一,在东北地区广泛种植,近些年随着人们健康饮食意识的提高和市场对绿豆需求量逐年上升,绿豆种植面积也逐年扩大<sup>[12-16]</sup>。我国农业传统施肥方式的盛行使化肥的使用量激增,不但提高了生产成本,还会引起作物营养失调、土壤板结等问题,导致产量和品质下降,因此急需适合绿豆生产的高效生物有机肥以替代化学农药和肥料。

表4 不同生物有机肥对绿豆农艺性状和产量的影响

| 名称  | 株高 (cm)   | 结荚高度 (cm)  | 结荚节数      | 有效荚数       | 单荚粒数     | 百粒重 (g)  | 单株产量 (g)   | 产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) |
|-----|-----------|------------|-----------|------------|----------|----------|------------|--------------------------|
| 处理1 | 42.1±0.9a | 27.8±0.7a  | 3.9±1.0bc | 15.5±2.7a  | 7.7±0.8a | 5.8±0.5b | 8.1±1.1a   | 1192.9±120.6ab           |
| 处理2 | 54.9±2.1b | 35.0±6.8b  | 3.2±0.3b  | 28.2±2.2b  | 8.1±0.4b | 6.3±0.2d | 13.8±1.6c  | 2077.3±110.7d            |
| 处理3 | 46.5±4.6a | 28.0±6.0a  | 3.5±1.3b  | 27.6±1.4b  | 8.9±0.5d | 5.6±0.4a | 12.5±1.7bc | 1938.3±229.2cd           |
| 处理4 | 46.7±4.1a | 33.9±2.7ab | 3.8±1.4bc | 18.2±2.5ab | 8.5±0.8c | 6.3±0.3d | 11.3±2.3bc | 1844.7±210.3cd           |
| 处理5 | 49.5±2.7a | 32.8±3.0ab | 3.0±0.5b  | 28.1±5.4b  | 9.3±0.6e | 5.9±0.4c | 15.6±1.7c  | 1606.7±169.4c            |
| 对照  | 44.0±6.5a | 29.3±3.5a  | 2.9±0.5a  | 15.9±2.3a  | 8.1±1.5b | 5.8±0.1b | 8.6±0.9b   | 1034.3±173.3a            |

表5 不同生物有机肥对绿豆生理特性的影响

| 名称  | MDA 含量 (μmol/g) | SOD 活性 (U/g) | CAT 活性 U/(g·min) | POD 活性 U/(g·min) |
|-----|-----------------|--------------|------------------|------------------|
| 处理1 | 25.7±1.8c       | 101.4±11.4a  | 11.6±2.2a        | 11.2±0.8ab       |
| 处理2 | 17.2±1.3ab      | 135.3±8.3c   | 14.9±0.8b        | 12.7±1.1bc       |
| 处理3 | 16.2±1.1a       | 126.2±9.7bc  | 15.2±1.0b        | 13.9±0.7c        |
| 处理4 | 18.9±2.0ab      | 115.4±8.5b   | 13.3±1.2ab       | 10.9±0.8ab       |
| 处理5 | 14.4 ±1.9a      | 108.2±6.9ab  | 14.0±0.8ab       | 11.8±0.3b        |
| 对照  | 24.3 ± 1.2c     | 98.2±7.8a    | 11.6±1.6a        | 9.9±1.0a         |

生物菌肥在豆科作物的生产中应用广泛,具有改善土壤质量,提高土壤固氮能力,促进作物根系发育和提升产量等作用。王胜华等<sup>[17]</sup>研究发现应用微生物菌剂可以增加土壤有益菌数量,改善大豆根际环境,减少土壤板结,促进根系发达,提高肥料利用率,抑制和拮抗病原菌的生长繁殖,减少病害的发生。王睿豪<sup>[18]</sup>研究表明,在低磷肥和中低氮肥水平下,微生物菌肥拌种对小粒黑豆的生长发育和籽粒形成的促进作用较明显,然而目前还未见适合绿豆生产的高效生物菌肥的报道。本研究结果表明,根瘤菌剂、TBK复合微生物原菌剂、微生物复合菌剂三种生物肥对绿豆盛花期的生长和发育具有更加显著的促进作用,TBK复合微生物原菌剂、微生物复合菌剂、复合生物菌有机肥三种生物肥对绿豆成熟期生长和产量性状影响最大,能够显著提升绿豆产量,豆粕生物有机肥处理绿豆出苗率低,仅40%~50%,造成群体数小,营养体较其他处理生长茂盛,但综合产量却偏低,因此在生产中应用前景十分有限,不适用于绿豆种植。试验结果表明,处理2使用的TBK复合微生物原菌剂和处理3使用的复合菌剂可以有效促进绿豆的生长和发育,显著提升产量,其中TBK复合微生物原菌剂效果最好,显著提高绿豆的产量,在辽宁地区绿豆生产中具有重要的指导意义。

参考文献:

[1] 刘 戈.微生物肥料的发展现状与前景展望[J].安徽农业科学,2007,35(11):3318-3332.

[2] 张 垫,张德罡,姚 拓.PGPR菌肥制作及其对高寒牧区3种禾本科牧草苗期株高的影响[J].草原与草坪,2006(3):49-52.

[3] 李凤霞,张德罡,姚 拓.高寒地区燕麦根际高效PGPR菌培养条件研究[J].甘肃农业大学学报,2004,39(3):316-320.

[4] 姚 拓.饲用燕麦和小麦根际促生菌特性研究及其生物菌肥的初步研制[D].兰州:甘肃农业大学,2002.

[5] 刘东林,张玉英.大豆应用埃姆泌(MB-97)生物菌肥试验效果[J].大豆科技,2004(3):6.

[6] 荣良燕.复合菌肥代替部分化肥对豌豆和玉米生长的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2010.

[7] 梁如玉,傅淡如,李登煜,等.水稻施用几种菌肥的根际效应和增产效果[J].中国土壤与肥料,1994(3):31-33.

[8] 彭守华,尉继强,董向丽,等.花生施用不同菌肥的效应研究[J].农业科技通讯,2018(5):132-134.

[9] 卢海鹏.“播可润”生物菌肥在大豆生产上的应用效果[J].新农村(黑龙江),2017(33):24-25.

[10] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:184-261.

[11] 路 明,王艳东,许明丽,等.甲基茉莉酸对悬浮培养南方红豆杉细胞自由基清除系统酶的影响[J].中草药,2002,33(11):985-988.

[12] 陈 新,袁星星,陈华涛,等.绿豆研究最新进展及未来发展方向[J].金陵科技学院学报,2010,26(2):59-68.

[13] 宫香余,吴 畏.绿豆田化学除草技术[J].农民致富之友,2001(8):13.

[14] 刘 慧.我国绿豆生产现状和发展前景[J].农业展望,2012(6):36-39.

[15] 徐 宁,王明海,包淑英,等.直立型绿豆种质资源搜集、评价与种质创新[J].东北农业科学,2016,41(6):50-55.

(下转第71页)

(上接第12页)

研究结果相符。

本研究以铁皮石斛的带节茎段为外植体,建立了铁皮石斛类原球茎途径植株高效再生体系。从茎段愈伤化发育形成类原球茎到获得苗高约5 cm的带根试管苗只需6~7个月,类原球茎诱导率、丛生芽诱导率及生根率均达到95%以上。与前人的研究结果<sup>[17-18]</sup>相比较,本研究从茎段类原球茎的诱导、增殖分化及生根等方面对铁皮石斛进行了较为系统和全面的组培快繁研究,获得了较高的类原球茎诱导率、类原球茎增殖倍数、丛生芽诱导率和生根率,缩短了组培周期,节约了组培成本。

#### 参考文献:

- [1] 中国植物志编委会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 117.
- [2] 任海虹, 王景雪, 聂 菁. 铁皮石斛原球茎高效再生体系的研究[J]. 中草药, 2017, 48(19): 4057-4061.
- [3] 周玉飞, 康专苗, 彭竹晶. 珍稀濒危铁皮石斛的研究进展[J]. 基因组学与应用生物学, 2018, 37(4): 1629-1635.
- [4] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 282-283.
- [5] Yang F, Wei N N, Gao R, et al. Effect of several medium factors on polysaccharide and alkaloid accumulation in protocorm-like bodies of *Dendrobium candidum* during bioreactor culture [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2015, 37: 94-99.
- [6] 孙 恒, 胡 强, 金 航, 等. 铁皮石斛化学成分及药理活性研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(11): 225-234.
- [7] 雷思敏, 肖 榕, 章 莹, 等. 铁皮石斛中性多糖分离纯化及其体内免疫调节作用研究[J]. 中药新药与临床药理, 2018, 29(6): 748-753.
- [8] 张雪琴, 赵庭梅, 刘 静, 等. 石斛化学成分及药理作用研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(13): 3174-3182.
- [9] 中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危植物名录[DB/OL]. <http://rep.iplant.cn/protlist>, 2013-12-16/2018-10-16.
- [10] 杨小兵, 王增利, 史 昊, 等. 光强对悬浮培养下铁皮石斛原球茎生长的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(1): 116-119.
- [11] 卢 莉, 刘晓芳, Saad A R, 等. 铁皮石斛高效快速繁殖体系研究[J]. 山西农业科学, 2018, 46(6): 885-888, 909.
- [12] 李景燕, 张丽华, 张 宇. 中药材铁皮石斛组培苗不同培养基的筛选与优化[J]. 基因组学与应用生物学, 2018, 37(6): 2551-2557.
- [13] 朱启发, 朱亚雄. 铁皮石斛茎段离体快繁研究进展[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(8): 37-38, 52.
- [14] 据淑明, 朱伟玲, 王伟亮, 等. 铁皮石斛茎段离体培养一次成苗技术研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(1): 45-48.
- [15] 欧阳凡, 董文宾, 付 瑜, 等. 铁皮石斛茎段快繁技术的研究[J]. 生物技术通报, 2016, 32(3): 63-67.
- [16] 郑子首, 孙晨瑜, 吕晓倩, 等. 铁皮石斛组培体系的建立[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2017, 48(4): 537-539, 548.
- [17] 林江波, 王伟英, 李海明, 等. 铁皮石斛茎段原球茎的诱导、分化与植株再生[J]. 福建农业学报, 2016, 31(10): 1075-1079.
- [18] 李莉梅, 魏丹璇, 蔡丹馥, 等. 不同植物生长调节剂对铁皮石斛(*Dendrobium candidum*)再生的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2018, 37(5): 2080-2089.
- [19] 孟志霞, 王春兰, 陈晓梅, 等. 铁皮石斛原球茎/类原球茎的研究与应用[J]. 中国药学杂志, 2013, 48(19): 1620-1624.
- [20] 徐路加, 华允芬. 石斛原球茎的组织培养研究进展[J]. 北方园艺, 2014(6): 191-195.
- [16] 郭中校, 王明海, 包淑英, 等. 绿豆和红小豆氮磷钾肥适宜用量初探[J]. 东北农业科学, 2010, 35(2): 24-26.
- [17] 王胜华, 张凤萍. 壮园生态菌肥在大豆上的试验初报[J]. 中国农业信息, 2016(11): 110-111.
- [18] 王睿豪. 微生物菌肥对小粒黑豆生长发育及生理特性的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.