

# 种衣剂对红小豆碳代谢和产量的影响

夏春阳, 朱李霞, 李海鹏, 何其吉, 汪江, 黄银, 阮晓, 杜吉到, 韩毅强\*  
(黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319)

**摘要:** 试验采用I型生物种衣剂( $T_1$ )、II型生物种衣剂( $T_2$ )和化学种衣剂( $T_3$ )处理红小豆种子, 研究种衣剂对红小豆碳代谢和产量的影响。结果表明: I型生物种衣剂和化学种衣剂处理在分枝期显著降低株高, II型生物种衣剂在分枝期及开花结荚期显著增加株高; 所有种衣剂处理在幼苗期显著降低淀粉含量, 在分枝期显著增加蔗糖和总糖含量; I型生物种衣剂和化学种衣剂处理的红小豆单株粒数分别提高29.48%、71.91%, II型生物种衣剂处理降低25.8%; II型生物种衣剂和化学种衣剂处理显著降低百粒重; I型生物种衣剂、化学种衣剂处理分别增产29.69%、23.32%。这表明I型生物种衣剂能有效优化红小豆的生长状况, 增加产量。该研究为红小豆的品质改良和生物种衣剂在杂粮方面的应用提供了前期理论依据。

**关键词:** 生物种衣剂; 红小豆; 碳代谢; 产量

中图分类号: S521

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)03-0051-04

## Effect of Seed Coating on Carbon Metabolism and Yield of Adzuki Bean

XIA Chunyang, ZHU Lixia, LI Haipeng, HE Qiji, WANG Jiang, HUANG Yin, RUAN Xiao, DU Jidao,  
HAN Yiqiang\*

(Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** The test was carried out by using type I biological seed coating agent ( $T_1$ ), type II biological seed coating agent ( $T_2$ ) and chemical seed coating agent ( $T_3$ ) to study the effect of seed coating agent on carbon metabolism and yield of red bean. The test showed that the treatment of type I biological seed coating agent and chemical seed coating agent significantly reduced the plant height during the branching stage, and the type II biological seed coating agent significantly increased the plant height during the branching stage and flowering and pod-forming stage; all the coating agents were treated at The seedling stage significantly reduced the starch content, and significantly increased the sucrose and total sugar content during the branching period; the number of grains of the red bean per plant treated by the type I biological seed coating agent and the chemical seed coating agent increased by 29.48% and 71.91%, respectively. The treatment of the coating agent was reduced by 25.8%; The treatment of the type II biological seed coating agent and the chemical seed coating agent significantly reduced the 100-grain weight; the treatment of the type I biological seed coating agent and the chemical seed coating agent increased the yield by 29.69% and 23.32%, respectively. This indicates that the type I biological seed coating agent can effectively optimize the growth of red bean and increase the yield. This study provides a preliminary theoretical basis for the quality improvement of red bean and the application of biological seed coating in the direction of miscellaneous grains.

**Key words:** Biological seed coating; Adzuki bean; Carbon metabolism; Yield

随着国家对农业供给侧结构性改革措施大力推动及杂粮作物具有耐旱、耐瘠薄等优势, 杂粮

杂豆的种植面积显著增多。红小豆(*Vigna angularis*)是豆科豇豆属一年生草本植物, 含有淀粉、蛋白质、钙、铁和维生素B族等多种营养成分, 具有较高的食用和药用价值<sup>[1]</sup>。近年来对红小豆的需求量不断增加, 对其产量的要求也不断增加, 但在生产中存在着品种杂、产量低等问题使得农民种植红小豆积极性不高, 制约红小豆规模化发展<sup>[2-4]</sup>。而红小豆的发芽率、出苗率及病虫害是

收稿日期: 2019-12-17

基金项目: 大庆市指导性科技计划项目(zd-2017-30); 国家自然科学基金项目(31271652); 学成、引进人才科研启动计划(XDB201817)

作者简介: 夏春阳(1995-), 女, 在读硕士, 研究方向: 作物育种。

通讯作者: 韩毅强, 男, 博士, 副教授, E-mail: hyq420@163.com

影响其产量的主要因素。

种子包衣是一种将具有农药、化肥、微量元素等活性成分的种衣剂均匀地黏合于种子表面,不仅能防治苗期病虫害、提高田间成苗率,且应用方便、成本低廉。随着种衣剂的大面积使用,其安全性问题也开始受到人们的关注<sup>[5]</sup>。目前,化学种衣剂具有成分单一、有毒性残留、防治效果不理想等缺点,且对生态环境具有一定的负面影响。而生物种衣剂对环境污染小,可以最大限度地降低化学农药的使用量,从而减少化学农药对环境的污染<sup>[6]</sup>,使生物种衣剂逐步成为促进作物生长和提高产量的研究热点<sup>[7]</sup>。赵明锁等应用ZSB生物种衣剂按1:20的药种比对油菜种子包衣,显著提高种子发芽率、发芽势、发芽指数及发芽峰值,有效促进幼苗生长,作用效果优于化学种衣剂<sup>[8]</sup>。杨庆锋等利用生物种衣剂与常规种衣剂比较,发现生物种衣剂能提高玉米出苗率,防止病害发生,提高作物产量,值得推广应用<sup>[9]</sup>。刘洪军等研究发现生物种衣剂能提高田间保苗率,促进大豆苗期生长,提高大豆产量,还能有效防治大豆苗期主要病虫害<sup>[10]</sup>。已有研究表明,生物种衣剂能提高成苗率、提高秧苗素质、增强植株抗性、增产增收<sup>[11-13]</sup>,但目前红小豆大都使用其他作物的化学种衣剂<sup>[14-15]</sup>,关于红小豆生物种衣剂的研究报道较少。

放线菌通常能产生抗逆性较强的孢子,并能定植于植物根部土壤,产生各种抗生素抵抗多种植物病原体<sup>[16-18]</sup>,同时还具有提高种子萌发率和促进作物生长等功能,是研究生物种衣剂的理想材料<sup>[19-21]</sup>。研究表明,解磷菌有利于土壤微生物数量的增加和酶活性的提高,从而为作物生长创造良好的微生态环境<sup>[22]</sup>。解磷菌能提高油菜的产品品质和改善土壤的理化特性<sup>[23]</sup>。解钾菌能促进植物对钾素的吸收,使钾素在烟株体内的分配更加合理并改善其农艺性状<sup>[24]</sup>。目前,关于放线菌、解磷菌和解钾菌复配的生物种衣剂研究较少。因此,本研究利用实验室培养筛选获得具有良好防效的生防菌株M3-13,复配解磷菌和解钾菌,开发成生物种衣剂。通过田间试验,测定该生物种衣剂对红小豆的生长优化和增产效果,以期红小豆生物种衣剂和放线菌在生物种衣剂方面的应用提供前期理论基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

供试红小豆品种:珍珠红,由国家杂粮工程技

术研究中心提供。供试菌剂:放线菌M3-13(注:每毫升菌悬浮的孢子数大于1 011个),由黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院微生物研究室提供。I型种衣剂:实验室自制,由放线菌M3-13、解磷菌、解钾菌复配而成;II型生物种衣剂:由枯草芽孢杆菌、胶质芽孢杆菌、淡紫拟青霉构成,山东中新科农生物科技有限公司生产;化学种衣剂:由10%多菌灵和6%克百威构成,山东海而三利生物化工有限公司生产。

### 1.2 试验地基本情况

试验在黑龙江省大庆市林甸县吉祥村(125°0'3.84''E,47°13'8.55''N)进行。试验区属大陆性季风气候,四季温差较大,年平均降水量412 mm,年平均气温2.4℃,无霜期129 d。年内和年际间变率大,干旱灾害发生频繁。土壤类型为草甸黑钙土,前茬玉米。起垄施肥(磷酸二铵90 kg/hm<sup>2</sup>、尿素20 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾20 kg/hm<sup>2</sup>),选择平坦、整齐、肥力均匀的玉米茬口地块。

### 1.3 试验设计

试验设置三个处理组和一个对照组,每组设4个重复,对照(CK,不做任何处理)、I型生物种衣剂(T<sub>1</sub>,放线菌M3-13、解磷菌、解钾菌)、II型生物种衣剂(T<sub>2</sub>,市场购买的枯草芽孢杆菌、胶质芽孢杆菌,淡紫拟青霉)、化学种衣剂(T<sub>3</sub>,10%多菌灵和6%克百威)。田间试验设计采用6行区,行距65 cm,行长5 m,株距5 cm,4次重复,随机区组排列。5月20日播种,采用人工点播,依据当地大田管理模式管理。

### 1.4 测定项目

测定出苗率,在幼苗期、分枝期、开花结荚期测量株高,取功能叶片测量蔗糖、总糖和淀粉含量。在收获期统计密度,每个区组重复取中间行连续不断空的10株,测量株高、单株总粒数,每小区选取没有霉变和破裂的红小豆,称量百粒重。理论产量=亩株数×株粒数×百粒重×10<sup>-3</sup>×90%。

### 1.5 统计方法

采用Excel 2016进行数据处理;采用SPSS 21.0软件进行单因素方差分析,Duncan's法检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种衣剂对红小豆株高的影响

由表1可知,随着红小豆的生长株高逐渐增加。在幼苗期,I型生物种衣剂、化学种衣剂降低株高,II型生物种衣剂使株高增加,各处理与对照差异不显著;在分枝期,I型生物种衣剂、化学种衣剂使株高显著降低,II型生物种衣剂使株

表1 不同种衣剂对红小豆株高的影响 cm

处理	幼苗期	分枝期	开花结荚期	成熟期
T <sub>1</sub>	6.47±0.15a	13.89±0.25c	47.22±2.12b	71.85±3.62a
T <sub>2</sub>	6.62±0.16a	16.02±0.28a	55.55±1.31a	62.49±3.77a
T <sub>3</sub>	6.53±0.16a	12.36±0.31d	39.57±1.99c	46.91±2.09b
CK	6.58±0.17a	14.87±0.43b	49.40±1.26b	72.93±3.85a

注:同列小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),下同

高显著增加,高低排序为 $T_2>CK>T_1>T_3$ ;在开花结荚期,Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂使株高降低,其中Ⅰ型生物种衣剂与对照差异不显著,化学种衣剂与对照差异显著,Ⅱ型生物种衣剂使株高显著增加,高低排序为 $T_2>CK>T_1>T_3$ 。在成熟期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理后的株高均低于对照,其中化学种衣剂处理显著低于对照,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂处理与对照的株高无显著性差异。综上,Ⅱ型生物种衣剂对红小豆株高生长有促进作用,Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理抑制株高生长,有利于壮苗。

## 2.2 不同种衣剂对红小豆叶片蔗糖含量的影响

蔗糖是植物储藏、积累和运输糖分的主要形式<sup>[23]</sup>。由表2可知,在幼苗期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片蔗糖含量均低于对照,但差异不显著;在分枝期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片蔗糖含量均高于对照,其中Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理与对照差异显著,高低排序为 $T_3>T_2>T_1>CK$ ;在开花结荚期,Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片蔗糖含量低于对照,Ⅱ型生物种衣剂处理的红小豆叶片蔗糖含量高于对照,各处理与对照差异不显著,高低排序为 $T_2>CK>T_3>T_1$ 。

表2 不同种衣剂对红小豆叶片蔗糖含量的影响 mg/mL

处理	幼苗期	分枝期	开花结荚期
T <sub>1</sub>	0.118±0.011a	0.935±0.069ab	1.009±0.061b
T <sub>2</sub>	0.115±0.020a	1.094±0.071a	1.379±0.101a
T <sub>3</sub>	0.102±0.022a	1.133±0.120a	1.020±0.163b
CK	0.135±0.020a	0.822±0.014b	1.102±0.051ab

## 2.3 不同种衣剂对红小豆叶片总糖含量的影响

由表3可知,在幼苗期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片总糖含量均低于对照,其中Ⅰ型生物种衣剂与对照差异显著;在分枝期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物

表3 不同种衣剂对红小豆叶片总糖含量的影响 mg/mL

处理	幼苗期	分枝期	开花结荚期
T <sub>1</sub>	0.502±0.014b	1.801±0.029a	1.340±0.050a
T <sub>2</sub>	0.625±0.316a	1.710±0.043a	1.198±0.165a
T <sub>3</sub>	0.545±0.031ab	1.775±0.018a	1.516±0.054a
CK	0.644±0.044a	1.615±0.019b	1.480±0.123a

种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片总糖含量,高低排序为 $T_1>T_3>T_2>CK$ ,其中Ⅰ型生物种衣剂处理提高幅度最大,在开花结荚期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂处理的红小豆叶片总糖含量低于对照,化学种衣剂处理的红小豆叶片总糖含量高于对照,但三个处理与对照差异不显著。

## 2.4 不同种衣剂对红小豆叶片淀粉含量的影响

淀粉是由葡萄糖分子聚合而成,它是植物细胞中碳水化合物最普遍的储藏形式<sup>[24]</sup>。由表4可知,在幼苗期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片淀粉含量显著降低,其中化学种衣剂处理较对照降低幅度最大,高低排序为 $CK>T_2>T_1>T_3$ ;在分枝期,Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆叶片淀粉含量低于对照,但差异不显著,Ⅱ型生物种衣剂处理的红小豆叶片淀粉含量与对照持平;在开花结荚期,化学种衣剂处理的红小豆叶片淀粉含量高于对照,但差异不显著,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂处理的红小豆叶片淀粉含量均低于对照,但差异不显著,高低排序为 $T_3>CK>T_1>T_2$ 。

表4 不同种衣剂对红小豆叶片淀粉含量的影响 mg/mL

处理	幼苗期	分枝期	开花结荚期
T <sub>1</sub>	0.519±0.043b	0.056±0.006a	0.136±0.028ab
T <sub>2</sub>	0.529±0.032b	0.070±0.010a	0.090±0.144b
T <sub>3</sub>	0.315±0.038c	0.067±0.004a	0.192±0.289a
CK	0.680±0.048a	0.070±0.005a	0.174±0.033ab

## 2.5 不同种衣剂对红小豆产量及相关性状的影响

在成熟期对红小豆产量及产量相关指标性状进行调查,调查结果见表5。由表5可知,Ⅱ型生物种衣剂处理的红小豆单株粒数低于对照,但差异不显著,化学种衣剂处理的红小豆单株粒数显著高于对照;Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理抑制红小豆的出苗率,导致红小豆密度下降;Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的株高分别比对照低1.48%、14.32%、35.67%(表1);Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的单株

表5 不同种衣剂对红小豆产量及相关性状的影响

处理	密度(株/m <sup>2</sup> )	单株粒数(粒)	百粒重(g)	理论产量(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率(%)
T <sub>1</sub>	16.75	144.05±11.21b	11.94±0.07ab	4432.83±345.86a	29.69
T <sub>2</sub>	16.39	82.55±6.71c	11.43±0.07c	2375.49±190.99c	-30.50
T <sub>3</sub>	12.17	191.25±15.39a	11.73±0.07b	4215.27±352.91a	23.32
CK	16.63	111.25±7.89bc	12.05±0.07a	3418.04±236.86b	0

粒数分别比对照高29.48%、71.91%，而Ⅱ型生物种衣剂处理比对照低25.8%；Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的百粒重均低于对照，其中Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理显著低于对照；Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的红小豆产量高于对照，Ⅱ型生物种衣剂处理的红小豆产量低于对照。分别比对照低0.91%、5.14%、2.66%；Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理分别比对照高29.69%、23.32%，Ⅱ型生物种衣剂处理比对照低30.5%。

### 3 讨论

在实际生产中，红小豆的品质和产量受诸多因素的影响。不同种衣剂对作物的成苗率、秧苗素质、植株抗性和产量都有不同的影响。选择不合适的种衣剂处理可能使作物的生长受到抑制，甚至影响收成<sup>[25]</sup>。因此，确定红小豆种子的最佳包衣种衣剂对红小豆的品质优化、产量提高以及病虫害的防治至关重要<sup>[26-27]</sup>。研究表明，在播前2~3 d用种子量1%的大豆种衣剂对红小豆包衣，可有效防治苗期多种病虫害<sup>[28]</sup>。本试验过程中病虫害较轻，没有对病虫害进行统计。使用“天衣”大豆种衣剂，可有效防治病虫害，在大豆苗期及生育前期，病虫害的发病率可控制在3%，并可促进苗期根系生长发育，提高植株抗性，显著增产，平均增产12.3%<sup>[15]</sup>。本试验发现在分枝期Ⅰ型生物种衣剂和化学种衣剂处理显著降低红小豆株高，起到了壮苗的作用。在分枝期Ⅰ型生物种衣剂处理显著提高红小豆叶片总糖的积累，同时种衣剂处理对红小豆的叶干重、茎干重积累有显著的促进作用，促使植株的干重增加。说明Ⅰ型生物种衣剂能够有效地促进红小豆有机物的积累。徐宁等研究表明在不同种植密度条件下，株高、百粒重的差异不显著，分枝数、主茎节数、单株荚数和单株产量有随着密度增大而减少的趋势，种植密度10.5万株/hm<sup>2</sup>的产量最低，其他种植密度产量差异并不显著<sup>[29]</sup>。本试验发现在成熟期Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂和化学种衣剂处理

的株高分别比对照低1.48%、14.32%、35.67%；Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的单株粒数分别比对照高29.48%、71.91%；Ⅱ型生物种衣剂和化学种衣剂处理的百粒重显著降低；Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理有显著的增产效果，分别增产29.69%、23.32%，而Ⅱ型生物种衣剂处理红小豆减产30.5%。综上所述，Ⅰ型生物种衣剂、化学种衣剂处理能有效提高红小豆产量。

### 4 结论

三种种衣剂处理在幼苗期均显著降低淀粉含量，在分枝期显著增加蔗糖和总糖含量。Ⅰ型生物种衣剂和化学种衣剂能显著降低分枝期的株高和提高红小豆单株粒数和增产率，Ⅱ型生物种衣剂能显著增加分枝期及开花结荚期的株高和降低红小豆的单株粒数和增产率。Ⅱ型生物种衣剂和化学种衣剂处理显著降低百粒重。结果表明，Ⅰ型生物种衣剂能有效优化红小豆的生长状况，增加红小豆的产量，为红小豆的增产和品质改良及生物种衣剂在杂粮中的应用提供了前期基础。

### 参考文献：

- [1] 刘振兴,周桂梅,陈健,等.红小豆新品种冀红19的选育及栽培技术要点[J].种子,2019,38(1):110-112.
- [2] 周桂梅,刘振兴,陈健,等.小豆品种形态特征研究及综合评价[J].植物遗传资源学报,2014,15(5):1144-1149.
- [3] 顾和平,陈新,袁星星,等.红小豆新品种苏红1号选育及高产栽培技术[J].江苏农业科学,2011,39(4):98-99.
- [4] 吴聚兰,张海生,李秀珍,等.国审高产、优质大豆新品种晋遗30号选育[J].山西农业科学,2007,35(3):24-26.
- [5] 金哲宇,薛丽静,刘东占,等.绿豆种衣剂的研制及其防效研究[J].吉林农业科学,2015,40(6):64-69.
- [6] 陈捷,刘艳舞,辛彦军,等.生物农药防治玉米土传性病害药效的测定[J].沈阳农业大学学报,2000(5):490-493.
- [7] 刘卫星,范小玉,张枫叶,等.不同前茬和种衣剂用量对花生病虫害及产量的影响[J].作物杂志,2021(6):199-204.
- [8] 赵明锁,赵文志,张剑民,等.生物种衣剂对油菜种子发芽和幼苗生长的影响[J].种子科技,2006(2):47-48.
- [9] 杨庆锋,宋玉宝,张亚平,等.生物种衣剂对玉米病害及产量的影响[J].现代化农业,2018(12):8-9.

(下转第137页)

药害有缓解作用<sup>[12]</sup>;甜菜受药害后,可施用奈胺进行缓解<sup>[13]</sup>。蔬菜作物受到除草剂药害前,施用植物生长调节剂进行预防保护的试验鲜有报道。生长调节剂类物质在逆境伤害之前喷施可以明显降低和缓解药害的症状和程度,如矮壮素提前喷施可以使秧苗的耐低温能力提高,生根剂提前施用可以增强作物的抗旱能力等。而常规处理方式是逆境产生药害后喷施,只是针对药害后的缓解,此时已经产生较大药害。本试验中,2,4-D丁酯药害前5 d喷施4种药剂提前进行预防,结果表明2,4-D丁酯药害前施用碧护,对不同生理指标有较好的缓解效果。在除草剂药害事件经常发生的地区提前施用植物生长调节剂,作物体内可以提前产生大量抵抗逆境的生理生化反应产物,有效减轻药害症状和程度。芸苔素在某些生理指标上缓解效果也较明显,但无法全面解除2,4-D丁酯对黄瓜幼苗的胁迫,碧护的主要成分是芸苔素、赤霉素、吲哚乙酸。因此,碧护能缓解2,4-D丁酯对黄瓜幼苗的逆境胁迫,可能是碧护中的芸苔素成分起主要作用。

#### 参考文献:

- [1] 杨镇,景希强.东北玉米[M].北京:中国农业出版社,2007:2-3.
- [2] 卢宗志,祝彦海,李洪鑫,等.不同施药方式对玉米田杂草防除效果及玉米安全性的影响[J].东北农业科学,2017,42(5):36-39.
- [3] 赵滨,卢宗志.莠去津在吉林省的应用和残留现状调查[J].东北农业科学,2018,43(3):28-31.
- [4] 梁志刚,赵秀军.除草剂残留与飘移缓解药害[J].养殖技术顾问,2010(6):76-77.
- [5] 张伟.除草剂药害产生的原因及补救措施[J].吉林农业,2011(11):83.
- [6] 赵善欢.植物化学保护[M].北京:中国农业出版社,2000:461-466.
- [7] 杨贝贝,杨敬先,李作信.玉米除草剂对蔬菜的为害及其防治对策[J].科学种养,2009(10):29.
- [8] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008:60-176.
- [9] 张志良.植物生理学实验指导(第3版)[M].北京:高等教育出版社,2003:78-79.
- [10] 白宝璋,王景安,孙玉霞,等.植物生理学测试技术[M].北京:中国科学技术出版社,1993:37-38,150-151.
- [11] 马江黎,李长根,孙兴祥.5种缓解剂对西瓜草甘膦药害的恢复效果[J].中国瓜菜,2018,31(6):26-29.
- [12] Hoffman O L. Inhibition of auxin effects by 2,4 trichlorophenoxyacetic acid [J]. Plant Physiology, 1953, 28(4): 622-628.
- [13] 付志坤.除草剂药害产生原因及防治对策[J].北方园艺,2009(5):170.
- [14] 杨镇,景希强.东北玉米[M].北京:中国农业出版社,2007:2-3.
- [15] 刘洪军,李亚萍,牛兆红.农大生物种衣剂在大豆上的应用效果试验[J].现代化农业,2007(5):11.
- [16] 梁建红.生物种衣剂在杂交水稻种子上的应用效果[J].种子科技,1999(2):33-34.
- [17] 戎聪敏.不同条件下药剂浸种对油菜发芽率及幼苗长势的影响[D].武汉:华中农业大学,2013.
- [18] 张亚平,杨庆锋,杜迎辉.生物种衣剂在玉米上的应用效果[J].现代化农业,2015(11):68-69.
- [19] 薛仁凤,陈剑,赵阳,等.不同种植密度和种衣剂处理对小豆生长和生理特性的影响[J].河北农业大学学报,2015,38(2):13-18,24.
- [20] 郭激.黑豆红小豆种衣剂药效比较试验[J].农业开发与装备,2013(6):49-50,43.
- [21] Hamdali H, Hafidi M, Virolle M, et al. Growth promotion and protection against damping-off of wheat by two rock phosphate solubilizing actinomycetes in a P-deficient soil under greenhouse conditions[J]. Applied Soil Ecology, 2008, 40(3): 510-517.
- [22] 尹莘耘,荀培琪,林声远,等.5406抗生素肥料作用机制的研究Ⅱ.产生抗菌物质的分析研究[J].微生物学报,1965,11(2):270-274.
- [23] 刘占文.那拉提土壤拮抗放线菌鉴定及次生代谢产物初探[D].阿拉尔:塔里木大学,2019.
- [24] 高杉.微生物种衣剂的研制及其对盐胁迫下小麦幼苗生长的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2021.
- [25] 陶天申,岳莹玉,梁绍芬,等.5406抗生素—泾阳链霉菌新种[J].微生物学报,1979,19(3):249-254.
- [26] 赵娟,杜军志,薛泉宏,等.3株放线菌对甜瓜幼苗的促生与抗性诱导作用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(2):109-116.
- [27] 杜雷,陈钢,王素萍,等.解磷菌剂对生菜根际土壤微生物数量和酶活性的影响[J].湖北农业科学,2019(11):70-74.
- [28] 贺立虎,李娟丽.解磷菌对油菜品质及土壤理化性质的影响[J].陕西农业科学,2018,64(8):47-50.
- [29] 李鑫,周冀衡,李强,等.枸橼性钾肥与解钾菌液配施对烤烟生长及钾素营养状况的影响[J].烟草科技,2016,49(11):1-6.
- [30] 王晓勇,杨今胜.种子包衣技术研究进展[J].农业科技通讯,2018(12):230-232.
- [31] 王新国.东北地区红小豆栽培技术[J].科学种养,2017(12):15-17.
- [32] 冷阳.种衣剂(FS)的产业化技术开发[J].世界农药,2016,38(2):1-5,29.
- [33] 王绍强,彭志祥,孙彦斌,等.红小豆栽培技术[J].现代化农业,1999(8):22-23.
- [34] 徐宁,王明海,王桂芳,等.小豆(*Vigna angularis*)不同种植密度效应研究[J].作物杂志,2009(4):63-67.

(责任编辑:王昱)

(责任编辑:刘洪霞)