



# 仿生包衣装置对大豆发芽与苗期植株性状的影响

曲芳, 陈海涛, 王洪飞, 明向兰, 史乃煜

(东北农业大学 工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:** 为了提高大豆种子的包衣质量, 促进包衣种子的发芽与苗期生长, 实现苗齐苗壮, 增加产量。以黑农 48 大豆种子为供试材料, 对仿生包衣装置处理和现有包衣装置处理的大豆种子进行单因素田间试验, 以未包衣大豆种子为对照组 CK, 仿生包衣装置处理的大豆种子为处理 1, 现有包衣装置处理的大豆种子为处理 2, 测定大豆种子发芽情况和苗期植株性状, 比较 2 种包衣装置的包衣效果。结果表明: 处理 1 和处理 2 的大豆种子发芽指标和苗期植株性状指标均高于对照组 CK, 处理 1 较处理 2 的发芽指数增长 20. 21%, 根鲜重增长 11. 26%, 主根长增长 11. 15%, 且处理 1 和处理 2 的发芽指数、根鲜重、主根长差异显著。仿生装置处理较正常包衣处理种子生长状况更好的原因为仿生搅拌叶片更能减少搅拌叶片对大豆种子种皮和胚的损伤, 增加大豆包衣的均匀性, 进而提高了种子的包衣质量。通过田间试验验证了仿生包衣装置较现有包衣装置在包衣效果上的优越性, 研究结果可为包衣设备改进优化提供数据支持和实用参考。

**关键词:** 大豆; 仿生包衣装置; 现有包衣装置; 苗期; 包衣处理

## Effects of Bionic Coating Device Treatment on Soybean Germination and Plant Characters at Seedling Stage

QU Fang, CHEN Hai-tao, WANG Hong-fei, MING Xiang-lan, SHI Nai-yu

(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Use of coating device on coat soybean seeds can improve the quality of seed coating, promote the germination and plant growth at seedling stage, promote the growth of underground roots, facilitate the seedling rooting, shape roots, achieve seedling vigor and increase yield. The Heinong 48 soybean seed was used as the test material, and the soybean seed treated with the bionic coating device and the existing coating device was subjected to a single-factor field test, and the uncoated soybean seed was used as the control group, the soybean seed treated by the bionic coating device was treatment 1, and the soybean seed treated by the existing coating device was treatment 2, the germination rate, germination potential and germination index which reflecting the germination index of soybean seeds and the stem diameter, seedling height, fresh weight, root fresh weight, main root length, root-shoot ratio which reflecting the plant traits at the seedling stage were used as experimental indicators, and the coating effects of the two coating devices were compared. The results showed that treatment 1 and 2 were higher than CK in seed germination index and seedling character index, treatment 1 was 20. 21% higher than treatment 2 in germination index, 11. 26% higher in fresh root weight and 11. 15% higher in main root length. There were significant differences between treatment 1 and 2 in germination index, fresh root weight and main root length. The reason for the significant difference between the treatments was that the bionic mixing blade can reduce the damage of the agitation leaves on the seed coat and embryo of the soybean seeds, increase the uniformity of the soybean coating, and further improve the quality of the seed coating. The field test proved the superiority of the bionic coating device compared with the existing coating device. The research results can provide data support and practical references for the improvement and optimization of the coating equipment.

**Keywords:** Soybean; Bionic coating device; Existing coating device; Seedling stage; Coating treatment

种子处理技术是保证和提高种子质量的重要手段, 在大农业时代, 对农业机械化、现代化及农业可持续发展具有重要作用<sup>[1]</sup>。种子包衣是发达国家普遍采用的种子处理技术, 这种技术以种衣剂为原料<sup>[2]</sup>, 以种子为载体, 以种子包衣机为处理设备, 实现种子的包衣处理, 可防治苗期病虫害<sup>[3]</sup>, 提高种子的抗逆性和抗病性<sup>[4]</sup>, 促进种子苗期生长发育<sup>[5]</sup>。

对于种子包衣处理装置, 如美国拜耳 BAYER

GUSTAFSON BLT 型批处理种子包衣机, 全套系统由转鼓、空气压缩机、定时器和进料装置组成, 其注射系统和空气压缩系统可以在种子样品上提供均匀、准确的化学药剂分布, 以保证种子包衣质量。经过该机处理过的种子, 可以实现灭菌防病, 较没有进行包衣处理的种子可以实现出苗早、出苗全、出苗整齐、出苗壮、根系发达<sup>[6]</sup>, 从而有效提高农作物抵御病害、虫害的能力, 提高田间产量; 加拿大奥哈拉科技公司研制的 HVCC3015 型连续式种子包衣

收稿日期: 2019-01-29

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项 (GARS-04); 公益性行业 (农业) 科研专项经费 (201303011)。

第一作者简介: 曲芳 (1983 -), 女, 博士, 讲师, 主要从事农业机械装备研究。E-mail: qufangnihao@163. com。

通讯作者: 陈海涛 (1962 -), 男, 博士, 博导, 教授, 主要从事农业机械装备及生物质材料研究。E-mail: htchen@neau. edu. cn。

机,配备有 28 支喷枪,这些喷枪分为 5 个独立的控制区段,可缩短种子包衣时间,减少高温高湿环境下药剂的部分变性,且喷枪角度各异,可很好的减少种子包衣死角,提高种子包衣均匀性,进而提高种子包衣质量和包衣效率。

国内种子包衣机主要以连续定量供给式包衣机和批次精确供给式包衣机为主。连续式种子包衣机由 5BY-V、5BYX 等系列组成,这类种子包衣机将雾化后的种衣剂与种子混合,利用搅龙搅拌完成种子包衣,在搅拌过程中,容易造成种子的挤压、破碎,且搅拌、混合过程中,种衣剂配比不能保持恒定,导致种子包衣过程搅拌均匀性不理想,包衣合格率和破碎率偏低;而 5BY-B、5BY-P 等系列的批次精确供给式种子包衣机,搅拌时药种配比系统可由 PLC 精确调节,可有效控制药种比,使包衣过程中药种比保持恒定,但包衣过程中种子流速较快,在提高生产率的同时,也带来了种子破碎率较高的问题,影响种子包衣质量,进而导致田间出苗率偏低,种子苗期长势减弱,包衣效果不够理想。

由此可见,现有包衣装置仍存在搅拌均匀性较差、破碎率偏高、合格率偏低等问题,影响种子苗期长势和产量,而这些问题主要发生在大豆种子包衣的搅拌混合过程。本试验利用仿生原理,设计一种基于唐冠螺壳体仿生结构的大豆种子包衣装置,通过利用曲面壳体结构的仿生搅拌叶片,增加搅拌槽内大豆颗粒相互碰撞的几率,提高大豆包衣均匀性,进而提高大豆包衣合格率。同时,在曲面壳体结构的仿生搅拌叶片的柔性搅拌作用下,实现减少大豆包衣破碎率,以期提高大豆种子包衣质量,进而促进包衣处理后大豆种子发芽与苗期生长<sup>[7-8]</sup>。本研究对利用仿生包衣装置处理后的大豆种子和利用现有包衣装置处理后的大豆种子进行田间对比试验,得到 2 种包衣装置处理后的大豆种子发芽指标以及苗期植株性状特征,比较 2 种包衣装置的包衣效果,验证仿生包衣装置较现有包衣装置在包衣效果上的优越性,为包衣设备改进优化提供数据支持和实用参考。

1 包衣处理试验

1.1 材料

试验大豆种子为黑农 48,由东北农业大学工程学院生物质试验室提供。

1.2 种衣剂

种衣剂为瑞士先正达甲·咯菌腈(亮盾)型种衣剂,其中:咯菌腈含量 25.0 g·L<sup>-1</sup>,精甲霜灵含量 37.5 g·L<sup>-1</sup>,总有效成分含量 62.5 g·L<sup>-1</sup>。

1.3 试验设计

大豆种子的包衣处理试验于 2018 年 5 月 1 日开

始,称取 10 kg 黑农 48 大豆种子,按照药种比 1:250 进行包衣处理,包衣装置分别为仿生包衣装置和现有包衣装置,如图 1、2 所示,仿生搅拌叶片和平面搅拌叶片如图 3a、b 所示。在对黑农 48 大豆种子进行包衣作业时,单次包衣时间 20 s。包衣时,先将大豆种子均匀倒入搅拌槽 1 中,至填充量达到 30%,再均匀喷洒种衣剂,在电动机的带动下,搅拌槽主轴沿着逆时针方向旋转,搅拌槽随动轴沿顺时针方向旋转,在仿生搅拌叶片和平面搅拌叶片的作用下,包衣大豆被搅拌均匀,包衣后通过卸料升降装置将搅拌槽 1 一端升起,至倾斜 23°,使大豆种子从卸料口排出,通风干燥并阴干 48 h 后装入自封袋,保持其水分以备使用。

以仿生包衣装置处理后的大豆种子为处理 1,以现有包衣装置处理后的大豆种子为处理 2,以包衣合格率、包衣破碎率为试验指标,进行单因素试验。

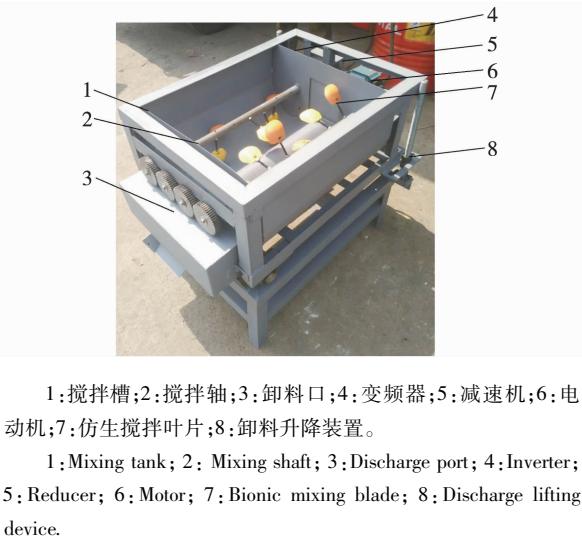


图 1 仿生包衣装置  
Fig 1 Bionic coating device

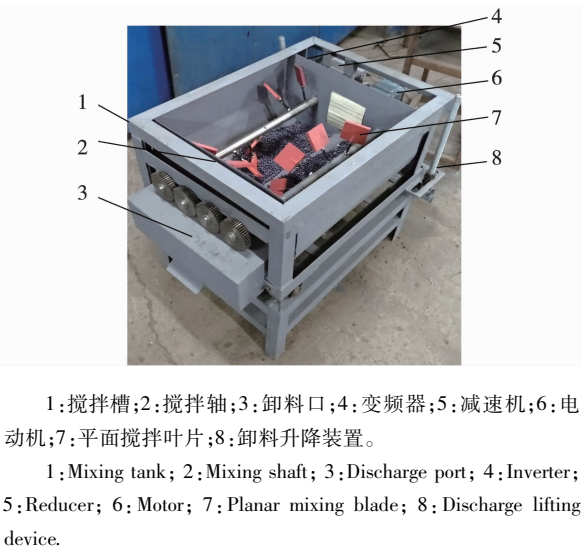
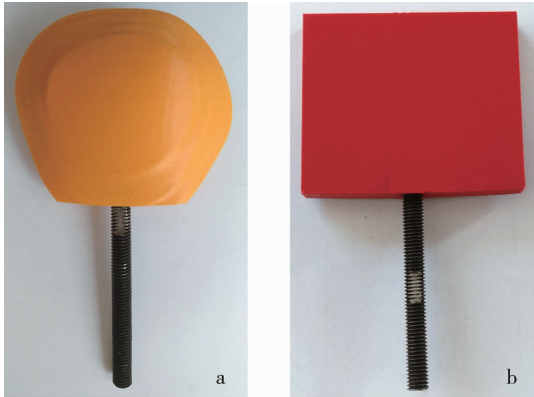


图 2 现有包衣装置  
Fig. 2 Existing coating device



a: 仿生搅拌叶片; b: 平面搅拌叶片。  
a: Bionic mixing blade; b: Planar mixing blade.

图 3 搅拌叶片  
Fig. 3 Mixing blades

1.4 测定项目与方法

1.4.1 包衣合格率 按照中华人民共和国农业行业标准 NY/T 375-1999《种子包衣机试验鉴定方法》规定,测定大豆种子包衣合格率。在额定生产率状况下,根据试验物料使用种衣剂配比要求进行包衣,按规定扦样 3 次,从每份样品中分出 200 粒试样,用 5 倍放大镜观察每粒试样,选出种衣剂包敷的种子面积≥80% 和 <80% 的两类,按式(1)计算,取 3 次包衣合格率的平均值。

$$J_i(\%) = \frac{Z_d}{Z_x + Z_d} \times 100 \tag{1}$$

式中: $Z_d$  为种衣剂包敷的种子面积大于或等于 80% 的种子粒数,粒; $Z_x$  为种衣剂包敷的种子面积小于 80% 的粒数,粒。

1.4.2 包衣破碎率 包衣机破碎率  $P_j$  按照 GB/T3543. 2-1995《农作物种子检验规程扦样》规定,在卸料口取 2 500 粒种子,拣出破损粒称重,包衣机破碎率  $P_j$  按照式(2)计算,取 3 次包衣破碎率的平均值。

$$P_j * (\%) = \frac{G_{hp}}{G_{hz}} \times 100 - P_u \tag{2}$$

式中: $G_{hp}$  为卸料口取出的破损种子重量,g; $G_{hz}$  为卸料口取出的种子总重量,g; $P_u$  为包衣前种子破碎率,%。

$$P_{\mu}(\%) = \frac{G_p}{G_z} \times 100 \tag{3}$$

式中: $G_p$  为包衣前破损种子重量,g; $G_z$  为包衣前种子总重量,g。

1.5 结果与分析

如表 1 所示,处理 1 的包衣合格率均值为 96. 93%,包衣破碎率均值为 0. 067%,属于包衣一等品;处理 2 的包衣合格率均值为 93. 02%,包衣破碎率均值为 0. 098%,属于包衣合格品。在包衣合格率上,处理 1 较处理 2 提高 4. 2%,差异不显著;

在包衣破碎率上,处理 1 较处理 2 降低 31. 63%,且在  $P < 0. 01$  水平上差异显著。由试验结果可知,在相同的试验条件下,仿生包衣装置安装的仿生搅拌叶片,在对大豆种子包衣搅拌过程中,实现了柔性搅拌,降低了对种子的损伤和破坏,显著减少了大豆种子包衣破碎率,进而提高大豆种子包衣质量,且仿生搅拌叶片对包衣破碎率的影响大于对包衣合格率的影响。

表 1 两种包衣装置处理后的包衣质量  
Table 1 Coating quality after treated with two coating devices

处理 Treatment	包衣合格率 Coating pass rate/%	包衣破碎率 Coating break rate/%
1	96. 93 aA	0. 067 aA
2	93. 02 aA	0. 098 bB

不同大小写字母表示在  $P \leq 0. 01$  水平和  $P \leq 0. 05$  水平差异显著。下同。

Different lowercase and capital indicates there is significant difference at  $P \leq 0. 05$  and  $P \leq 0. 01$  level. The same below.

2 田间试验

2.1 材料

采用上节中利用两种包衣装置处理后的大豆种子和未包衣大豆种子。

2.2 试验地概况

田间试验于东北农业大学工程学院试验区(E126°43'12",N45°44'24")实施,土壤类型为中层黑土,0~15 cm 表层土壤 pH7. 01,全氮 2. 03 g·kg<sup>-1</sup>,全磷 0. 87 g·kg<sup>-1</sup>,全钾 21. 4 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮 153. 6 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷 39. 2 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 156. 4 mg·kg<sup>-1</sup>,有机质 56. 48 g·kg<sup>-1</sup>,地表温度 19. 2℃,土层深度 0~5 cm 处含水率 23. 2%,土壤硬度 420 MPa;土层深度 5~10 cm 处含水率 23. 7%,土壤硬度 675 MPa;土层深度 10~15 cm 处含水率 24. 6%,土壤硬度 810 MPa。

2.3 试验设计

包衣处理后的大豆种子和未包衣大豆种子于 2018 年 5 月 3 日播于试验区,验证 2 种包衣装置的包衣效果。垄作单行种植,每组处理重复 4 次,播种方式采用人工点播,行距 650 mm,株距 10 mm,垄长 8. 85 m,垄宽 400 mm,垄高 250 mm,总垄数 12,种植面积 42. 5 m<sup>2</sup>。以未包衣大豆种子为对照组 CK,仿生包衣装置处理后的大豆种子为处理 1,现有包衣装置处理后的大豆种子为处理 2,进行单因素田间试验。

2.4 测定项目与方法

2.4.1 大豆发芽状况的测定 种子发芽试验按照国标 GB/T3543. 4-1995《农作物种子检验规程发芽试验》中规定,在砂床上种植包衣大豆种子,试验重

复4次,每次100粒种子,放置于25℃培养箱中恒温发芽,3 d后统计种子发芽势,按式(4)计算;7 d后统计种子发芽率,按式(5)计算;且每日统计种子的发芽数量,按式(6)计算种子发芽指数。

$$X(\%) = \frac{M_1}{M} \times 100$$

(4)

$$Y(\%) = \frac{M_2}{M} \times 100$$

(5)

$$Z = \sum \frac{G_i}{D_i}$$

(6)

式中: $X$ 为种子发芽势; $Y$ 为种子发芽率; $Z$ 为种子发芽指数; $M_1$ 为发芽势天数内的正常发芽粒数; $M_2$ 为发芽势天数内的全部正常发芽粒数; $M$ 为一组试样籽粒数; $G_i$ 为发芽试验终期内每日发芽籽粒数; $D_i$ 为发芽日数。

2.4.2 种子苗期植株性状的测定 对出苗15 d的3组大豆幼苗随机选取,每组10株进行茎粗、苗高、苗鲜重、根鲜重、主根长、根冠比等参数的测量,3次重复,取平均值。

2.5 结果与分析

由表2可知,处理1、处理2在大豆种子发芽率、发芽势、发芽指数上均高于CK。在发芽率指标上,处理1、处理2分别较CK增长13.42%和5.16%,处理1较处理2增长7.85%,且各处理间差异不显著;在发芽势指标上,处理1、处理2分别较CK增长10.68%和8.62%,处理1较处理2增长1.9%,且各处理间差异不显著;在发芽指数指标上,处理1、处理2分别较CK增长44.87%和20.51%,处理1较处理2增长20.21%,处理1和处理2与CK在 $P<0.01$ 水平上差异显著,处理1和处理2在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

表2 两种包衣装置处理对大豆种子发芽的影响  
Table 2 Effects of treatment with two coating devices on soybean seed germination

项目	对照	处理1	处理2
Item	CK	Treatment 1	Treatment 2
发芽率			
Germination rate/%	87.2 aA	98.9 aA	91.7 aA
发芽势			
Germination energy/%	82.4 aA	91.2 aA	89.5 aA
发芽指数			
Germination index	78.0 aA	113.0 bB	94.0 cB

两种包衣装置处理对大豆种子苗期植株性状的影响如表3所示,处理1、处理2在大豆种子茎粗、苗高、苗鲜重、根鲜重、主根长、根冠比上均高于CK,且处理1较处理2在茎粗上增长7.96%,在苗高上增长1.99%,在苗鲜重上增长7.05%,在根冠比上增长5.08%,且处理之间差异不显著;而处理1较处理2在根鲜重上增长11.26%,在主根长上增

长11.15%,处理1和处理2在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

表3 两种包衣装置处理对大豆苗期生长的影响  
Table 3 Effects of two coating devices on soybean seedling growth

项目	对照	处理1	处理2
Item	CK	Treatment 1	Treatment 2
茎粗			
Stem thick/mm	2.25 aA	3.12 bA	2.89 bA
苗高			
Seedling height/mm	131.31 aA	150.45 aA	147.52 aA
苗鲜重			
Fresh weight of seedlings/g	4.21 aA	5.01 aA	4.68 aA
根鲜重			
Fresh weight of roots/g	1.13 aA	1.68 bB	1.51 cB
主根长			
Length of main root/mm	26.47 aA	40.08 bB	36.06 cB
根冠比			
Ratio of root to crown	0.42 aA	0.62 bA	0.59 bA

3 讨论

现有国产大豆种子包衣机搅拌装置采用轴向流式或径向流式两种搅拌器<sup>[9]</sup>,其中轴向流式搅拌器以螺旋搅龙式为主,而径向流式搅拌器以平面式、弯叶式搅拌叶片为主。连续搅拌式5BY-V系列种子包衣机,采用螺旋搅龙式搅拌器完成种子包衣。在搅拌过程中,搅龙与搅拌槽壳体的间隙直接决定了种子包衣质量<sup>[10]</sup>,两者间隙过小,不利于种衣剂的流动和搅拌槽内壁的清洗;间隙过大,则导致种子在间隙内留存,搅拌槽底层种子无法被搅拌到,且随着搅龙的旋转推进,种子出现不断破碎的现象,增加了种子包衣破碎率,降低了种子包衣均匀性。滚筒式5BG-5系列种子包衣机,利用搅拌轴总成装有一定角度排列的平面搅拌叶片,使种子与种衣剂进一步混合后排出机外。为防止平面搅拌叶片与搅拌槽侧壁发生碰撞,对搅拌臂长度进行了调整,使搅拌臂长度缩短,增加了平面搅拌叶片与搅拌槽底的间隙,这影响了种子搅拌的均匀性。此外,种子与平面搅拌叶片碰撞后,只沿着与初速度方向相反的方向运动,与其它大豆种子继续碰撞的几率较小,碰撞后颗粒运动速度较小,种子间碰撞、搓擦、粘附种衣剂的几率减少,因此包衣合格率偏低,影响了包衣种子质量和作物后期的生长发育<sup>[11]</sup>。

此次试验结果可知,仿生包衣装置处理较现有包衣装置处理在种子发芽指数、根鲜重、主根长上差异显著。在发芽指数上差异显著,这是由于仿生包衣装置使用的仿生搅拌叶片采用了变曲率曲面设计,较现有包衣装置使用的平面搅拌叶片相比,

仿生搅拌叶片更能实现对大豆种子的柔性搅拌,减少包衣膜内大豆种子掉皮、皱缩、破损,进而减少搅拌叶片对大豆种子种皮和胚的损伤,提高种子发芽指标和种子包衣质量,这与大豆种子包衣处理试验中,在包衣破碎率上,二者在  $P < 0.01$  水平上差异显著的研究结果一致。

仿生包衣装置处理和现有包衣装置处理在根鲜重、主根长上差异显著,可能是大豆种子与仿生包衣装置采用的变曲率曲面设计的仿生搅拌叶片碰撞后,沿多方向、多角度继续运动,并与其它大豆种子继续发生碰撞,且碰撞后速度较大,完成种子间碰撞、搓擦、粘附种衣剂,增强了种子包衣均匀性,提高了种子包衣合格率,即仿生包衣装置处理的种子种衣剂包敷面积 $\geq 80\%$ 的所占比例较常规包衣高,借助种衣剂对苗期生长的作用<sup>[12-14]</sup>,仿生包衣装置处理在茎粗、苗高、苗鲜重、根鲜重、主根长、根冠比上较常规包衣处理均有增长,且在根鲜重、主根长上差异显著。

对 2 种包衣装置处理后的大豆种子实施田间试验,试验中也存在不足,未考虑包衣前种子质量对试验结果的影响,应在后续试验中加以考虑。包衣前应做好种子的清选工作,剔除种子籽粒中的病斑粒、虫食粒、破碎粒和夹杂物<sup>[15]</sup>,使种子达到一级良种指标,即纯度  $> 98\%$ ,净度  $> 97\%$ 。包衣量大时,还可以借助种子清选设备,提高清选效率。在种子包衣处理后,田间试验前,也应再次完成种子的清选工作,此次清选应人工剔除包衣后破碎、掉皮、种皮皱缩的种子,以保证田间试验时的包衣种子品质,促进种子发芽和苗期生长。

4 结 论

(1)包衣处理试验中利用仿生包衣装置和现有包衣装置分别对黑农 48 豆种进行包衣处理,仿生包衣装置处理后包衣合格率均值为 96.93%,包衣破碎率均值为 0.067%,属于包衣一等品;现有包衣装置处理后包衣合格率均值为 93.02%,包衣破碎率均值为 0.098%,属于包衣合格品,满足种子包衣质量要求。

(2)田间试验时,仿生包衣装置处理后的种子较现有包衣装置处理后的种子在发芽指数上增长 20.21%,在根鲜重上增长 11.26%,在主根长上增长 11.15%,且均差异显著。

参考文献

[1] 康志钰,王建军. 种子加工实用技术[M]. 昆明:云南大学出版社,2014:1-2. (Kang Z Y, Wang J J. Practical technology of seed processing[M]. Kunming: Yunnan University Press, 2014: 1-2.)

[2] Harish K, Dubey R C, Maheshwari D K. Seed-coating fenugreek

with burkholderia rhizobacteria enhances yield in field trials and can combat fusarium wilt[J]. Rhizosphere, 2017(3):92-99.

[3] 马志强,马继光. 种子加工原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,2009:131-132. (Ma Z Q, Ma J G. Principles and techniques of seed processing[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009:131-132.)

[4] 王许玲,刘志宏. 种子加工贮藏技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2010:116-117. (Wang X L, Liu Z H. Seed processing and storage technology[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2010: 116-117.)

[5] 王宏燕,刘书宇,赵福华. 生物种衣剂对大豆发芽和苗期生长、光合作用及酶活性的影响[J]. 东北农业大学学报,2002,33(2):111-115. (Wang H Y, Liu S Y, Zhao F H. Effects of biological seed coating on soybean germination and seedling growth, photosynthesis and enzyme activity[J]. Northeast Agriculture University Journal, 2002, 33(2): 111-115.)

[6] 杨德勇,毛同艳,王春英. 种衣剂在水稻包衣上的应用效果[J]. 农业与技术,2014,34(4):94. (Yang D Y, Mao T Y, Wang C Y. Application effect of seed coating agent on rice coating[J]. Agriculture and Technology, 2014, 34(4):94.)

[7] Yang D B, Wang N, Yan X J, et al. Microencapsulation of seed-coating tebuconazole and its effects on physiology and biochemistry of maize seedlings[J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2014, 114: 241-246.

[8] Cesare A, Hamed K A, Nathan S L, et al. Biological control of aflatoxin production in corn using non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* administered as a bioplastic-based seed coating[J]. Crop Protection, 2018,107: 87-92.

[9] 陈志平,章序文,林兴华,等. 搅拌与混合设备设计选用手册[M]. 北京:化学工业出版社,2004:112. (Chen Z P, Zhang X W, Lin X H, et al. Selection manual for mixing and mixing equipment design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 112.)

[10] 王克礼. 国产种子包衣机存在的问题与对策[J]. 种子科技,1998(2):12. (Wang K L. Problems and countermeasures of domestic seed coating machine[J]. Seed Science and Technology, 1998(2):12.)

[11] 吴峰. 我国种子包衣机概况与发展思考[J]. 中国农机化学报,2017,38(10):116-120. (Wu F. Study on the general situation and development of seed coating machines in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Mechanization, 2017, 38(10): 116-120.)

[12] 黄文静,赵宏光,孙晓春,等. 种衣剂包衣对紫苏生长发育和抗病虫害的影响[J]. 种子,2018,37(6):43-48. (Huang W J, Zhao H G, Sun X C, et al. Effects of seed coating agent on growth and development of perilla frutescens and its resistance to diseases and pests[J]. Seeds, 2018, 37(6): 43-48.)

[13] 白玛旺扎. 新型种子包衣剂防治青稞黑穗病效果[J]. 植物医生,2018(9):48-50. (Bai M W Z. Effect of a new seed coating agent on controlling smut in highland barley[J]. Botanist, 2018(9): 48-50.)

[14] 黄文静,李铂,王楠,等. 种衣剂对丹参种子萌发及幼苗抗旱性的影响[J]. 种子,2018,37(7):19-23. (Huang W J, Li P, Wang N, et al. Effects of seed coating agents on seed germination and drought resistance of salvia miltiorrhiza seedlings[J]. Seeds, 2018, 37(7): 19-23.)

[15] 王木君,王登齐,王祎刚. 种子清选加工的必要性及机械的使用[J]. 中国种业,2012(7):31-33. (Wang M J, Wang D Q, Wang Y G. Necessity of seed cleaning and processing and the use of machinery[J]. China Seed Industry, 2012(7): 31-33.)