

生物种衣剂对绿豆生长及产量的比较研究

李 鑫^{1,2}, 王春旭¹, 赵 地¹, 李海鹏¹, 赵宏岩¹, 朱李霞¹, 韩毅强¹,
艾士奇^{1,2}, 王彦杰^{1,2}, 王伟东^{1,2}, 高亚梅^{1,2*}

(1. 黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省寒区环境微生物与农业废弃物资源化利用重点实验室, 黑龙江 大庆 163319)

摘 要:以绿豆品种小明绿为试验材料, 采用拌种方法, 对比研究 I 型生物种衣剂(T₁), II 型生物种衣剂(T₂)及商品化的化学种衣剂(T₃)对绿豆生长及产量的影响。田间试验结果显示, T₁处理在结荚期显著促进绿豆干物质的积累, 在幼苗期显著降低还原糖含量; T₂处理在幼苗期显著增加还原糖含量; T₃处理在分枝期显著增加还原糖含量。T₁、T₂、T₃处理分别比对照增产 2.88%、10.98%、13.71%。结果表明, II 型生物种衣剂能促进绿豆的生长, 对绿豆有明显的增产效果。

关键词:绿豆; 生物种衣剂; 化学种衣剂; 拌种; 产量

中图分类号: S522

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)02-0027-05

Comparative Study on the Effects of Biological Seed Coating Agent on the Growth and Yield of Mung Bean

LI Xin^{1,2}, WANG Chunxu¹, ZHAO Di¹, LI Haipeng¹, ZHAO Hongyan¹, ZHU Lixia¹, HAN Yiqiang¹, AI Shiqi^{1,2},
WANG Yanjie^{1,2}, WANG Weidong^{1,2}, GAO Yamei^{1,2*}

(1. College of Life Science and Biotechnology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319; 2. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Environmental Microbiology and Recycling of Agro-Waste in cold Region, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: This study selected the mung bean Xiaominglv as material, and compared the effect of the type I biological seed coating agent (T₁), type II biological seed coating agent (T₂) and commercial chemical seed coating agent (T₃) on the growth and yield of mung bean by seed dressing method. The results of field experiment showed that T₁ treatment promoted plant height and dry matter accumulation of mung bean, but significantly reduced the reducing sugar content in mung bean leaves. T₂ treatment increased the accumulation dry matter of mung bean and the content of reducing sugar in leaves, but inhibited the plant height of mung bean and decreased the content of chlorophyll. T₃ treatment increased the chlorophyll content of mung bean and the content of reducing sugar in the leaves, but inhibited the plant height of mung bean and decreased the accumulation of dry matter in mung bean. T₁, T₂ and T₃ treatments increased the yield by 2.88%, 10.98%, 13.71%, respectively. Above all, the field experiment primarily indicated that type II biological seed coating agent can promote the growth of mung bean, and have the positive effect on the yield of mung bean.

Key words: Mung bean; Biological seed coating agent; Chemical seed coating agent; Seed mixing; Yield

绿豆 (*Vigna radiata* L.) 属豆科蝶形花亚科豇豆属, 别名青小豆、菽豆、植豆。在我国已有 2 000

多年种植历史, 是我国重要的杂粮作物之一^[1]。绿豆具有清热解毒, 降血脂, 抗菌抑制, 增强食欲, 延长半衰期, 抗肿瘤及预防癌症等作用^[2]。2016 年中国绿豆产量达 89.26 t^[3]。黑龙江省主要杂粮作物种植区域主要集中在西部干旱和西北部高寒地区^[4]。提高绿豆产量, 增强其抗性是目前急需解决的关键问题之一。

种子包衣是将具有良好溶释性、通透性、高生物活性的种衣剂(内含杀虫剂、填充剂、种子生长

收稿日期: 2020-08-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31271652); 黑龙江省农垦总局重点研发项目(2018GN7zp1486); 学成、引进人才科研启动计划(XDB201817)

作者简介: 李 鑫(1997-), 女, 在读硕士, 主要从事微生物资源开发与利用研究。

通讯作者: 高亚梅, 女, 博士, 教授, E-mail: gaoyym800@126.com

调节剂等促进种子萌发的相关药剂)附在种子外表面,形成一层均匀的药膜^[5]。利用种子包衣技术能很好地防治苗期病虫害,提高幼苗出芽率及成活率,是农业生产中用途较广的增产技术^[6]。将微生物加入种衣剂中用于农业病虫害防治近年来越来越受到重视,该方法不仅可有效防治病害,还可保护生态环境,保障食品安全和健康,符合我国农业可持续发展政策^[7-9]。

放线菌(Actinobacteria)广泛存在于自然界中,可产生丰富的次生代谢产物^[10],尤其是定殖在植物根围土壤中的菌群,能有效抑制植物病原菌^[11]。在农业生物防治应用中,放线菌及其代谢产物对根腐病、线虫病等病虫害有较好抑制作用。应用生物种衣剂对大豆生长及产量具有明显的促进效果^[12-14]。研究发现生物种衣剂中的微生物繁殖力和活性在环境中均明显降低。目前关于绿豆种衣剂的研究报道并不多。本研究将从土壤中筛选培养得到具有良好生物防治作用的防线菌M1-13、解磷菌和解钾菌复配成两种生物种衣剂。放线菌M1-13对诸多病原菌有良好的抑制作用,包括引起绿豆根腐病的镰刀菌,其对尖孢镰刀菌抑菌率为34%,对燕麦镰刀菌抑菌率为32%,对禾谷镰刀菌抑菌率为40%,对茄腐镰刀菌抑菌率为18%,对小麦赤霉菌抑菌率为21%,对大豆疫霉抑菌率为49%。本研究以绿豆品种小明绿为试验材料,采用拌种方法,对比研究I型生物种衣剂(T₁)、II型生物种衣剂(T₂)及商品化化学种衣剂(T₃)对绿豆生长及产量的影响,旨在为绿豆的生物种衣剂开发与应用提供指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试绿豆品种:小明绿,由黑龙江省杂粮工程技术研究中心种质资源库提供。

供试生物种衣剂的微生物菌株:枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、胶质芽孢杆菌(*Bacillus mucilaginosus*)、淡紫拟青霉(*Paecilomyces lilacinus*)由黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院微生物实验室保藏。放线菌M1-13从内蒙古大山山坡采集的土样中分离得到,其环境特点为植被丰富,土壤肥沃。枯草芽孢杆菌和胶质芽孢杆菌分离自土壤。供试化学种衣剂的组成:拌可丰悬浮种衣剂,有效成分为10%多菌灵和6%克百威,由山东海而三利有限公司生产。

I型生物种衣剂:由放线菌M1-13、解磷菌和

解钾菌按1:1:1的比例复配而成,标记为T₁;II型生物种衣剂:由M1-13、枯草芽孢杆菌、胶质芽孢杆菌和淡紫拟青霉按1:1:1:1的比例复配而成,标记为T₂;化学种衣剂:拌可丰悬浮种衣剂,标记为T₃;药种比为1:60。

1.2 方法

1.2.1 田间试验

试验地点为黑龙江省大庆市林甸县宏伟乡吉祥村黑龙江八一农垦大学试验地,东经125°00',北纬47°21',海拔156.0 m。土壤类型为草甸黑钙土,前茬为玉米。选择平坦、整齐、肥力均匀的玉米茬口地块,起垄施肥(磷酸二铵90 kg/hm²、尿素20 kg/hm²、硫酸钾20 kg/hm²混合而成的复合肥)。试验设置3个处理组和1个对照组,对照(不做任何处理,标记为CK)、I型生物种衣剂、II型生物种衣剂、化学种衣剂每组设4个重复。田间试验设计采用6行区,行距65 cm,行长5 m,株距7 cm,随机区组排列。5月20日播种,采用人工点播,管理措施依据当地高产模式。

1.2.2 测定项目

在幼苗期、分枝期及开花结荚期测定绿豆株高,叶干重,茎干重,叶绿素含量,还原糖、蔗糖及总糖含量。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株进行考种,考种项目包括株高、单株总粒数,每小区选取没有霉变和破裂的绿豆,称量百粒重。进行小区测产并折算成公顷产量^[15]。理论产量依据公式计算:理论产量(kg/hm²)=公顷株数×株粒数×百粒重×10^{-2[16-17]}。

1.2.3 测定方法

1.2.3.1 叶干重、茎干重的称量方法

试验田中随机取样,将绿豆植株放于清水中,缓慢冲洗干净,取出整株绿豆,将其茎、叶、根分开,使用滤纸将各组分表面的水吸干,用废报纸包好,置于105℃烘干箱中杀青30 min,调至80℃烘干至恒重,电子天平分别称重,记录^[18]。

1.2.3.2 叶绿素含量的测定方法

使用丙酮法^[19]萃取绿豆叶片中的叶绿素,采用三色法测定^[20],计算叶绿素含量。

1.2.3.3 总糖,蔗糖,还原糖含量的测定方法

采用蒽酮比色法测定可溶性总糖含量^[21],在620 nm波长处测定其吸光值,并绘制标准曲线。总糖含量=标准曲线还原糖含量×(提取液总量/测定时提取液用量)/样品重。

采用间苯二酚光度法测定蔗糖含量^[22],在480 nm波长处测定其吸光值,并绘制标准曲线。

蔗糖含量=标准曲线蔗糖含量×(提取液总量/测定时提取液用量)/样品重。

采用 3, 5-二硝基水杨酸法测定还原糖含量^[23], 在 520 nm 波长处测定其吸光值, 并绘制标准曲线。还原糖含量=标准曲线还原糖含量×(提取液总量/测定时提取液用量)/样品重。

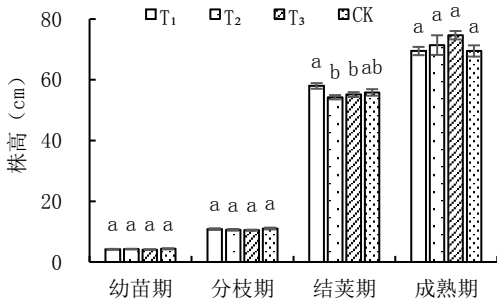
1.3 数据分析

应用 Office Excel 2013、SPSS 21.0 软件进行数据处理分析, 采用 ANOVA 分析 Duncan’s 法检验。

2 结果与分析

2.1 不同种衣剂对不同生长时期绿豆株高的影响

由图 1 可知, 在幼苗期和分枝期, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低株高, 各处理与对照差异不显著; 在结荚期, I 型生物种



注: 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 下同

图 1 不同种衣剂在不同生长时期对绿豆株高的影响

衣剂使株高增加, II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低株高, 但与对照差异不显著, 高低顺序为: $T_1>CK>T_3>T_2$; 在成熟期, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂、化学种衣剂增加株高, 各处理与对照差异不显著。

2.2 不同种衣剂对不同生长时期绿豆干物质积累量的影响

协调各器官干物质的分配比例是农作物获得高产的重要途径^[24]。随绿豆的生长, 干物质累积也随之增加。如表 1 所示, 在幼苗期, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低叶干重, I 型生物种衣剂增加茎干重, II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低茎干重, 但与对照差异均不明显, 高低顺序为: $T_1>CK>T_2>T_3$; 在分枝期, I 型生物种衣剂增加叶干重, II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低叶干重, 但与对照差异不明显, 高低顺序为: $T_1>CK>T_2>T_3$, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低茎干重, 但与对照差异不显著; 在结荚期, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂、化学种衣剂增加叶干重, 均与对照差异不显著, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂增加茎干重, 其中 I 型生物种衣剂显著增加茎干重, II 型生物种衣剂与对照差异不显著, 化学种衣剂则降低茎干重, 但与对照差异不显著, 高低顺序为: $T_1>T_2>CK>T_3$ 。综上所述, I 型生物种衣剂能在结荚期促进绿豆干物质的积累。

表 1 不同种衣剂对不同生长时期绿豆干物质积累量的影响

g

处理	幼苗期		分枝期		结荚期	
	叶干重	茎干重	叶干重	茎干重	叶干重	茎干重
T ₁	0.84±0.06a	0.24±0.02a	5.46±0.39a	2.11±0.17a	27.21±3.78a	25.27±0.32a
T ₂	0.71±0.01a	0.21±0.01a	4.88±0.98a	2.00±0.18a	28.11±3.77a	20.77±2.14ab
T ₃	0.72±0.02a	0.20±0.01a	4.74±0.49a	1.81±0.20a	23.05±2.42a	18.61±2.08b
CK	0.86±0.13a	0.23±0.02a	5.45±0.36a	2.28±0.17a	22.36±2.40a	19.12±2.05b

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 下同

2.3 不同种衣剂对不同生长时期绿豆叶片叶绿素含量的影响

叶绿体是光合作用的主要场所, 叶绿素是其主要构成成分, 叶绿素含量多少是比较植物光合强度的一个重要指标^[25]。如表 2 所示, 在幼苗期, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低叶绿素含量, 但与对照差异不显著; 在分枝期, I 型生物种衣剂增加叶绿素含量, II 型生物种衣剂、化学种衣剂降低叶绿素含量, 但与对照差异不显著, 高低顺序为: $T_1>CK>T_2>T_3$; 在结荚

期, I 型生物种衣剂、II 型生物种衣剂降低叶绿素含量, 化学种衣剂增加叶绿素含量, 但与对照差异不显著, 高低顺序为: $T_3>CK>T_1>T_2$ 。

表 2 不同种衣剂对不同生长时期绿豆叶片叶绿素含量的影响

mg/g

处理	幼苗期	分枝期	结荚期
T ₁	9.550±1.140a	11.065±0.651a	6.409±0.201ab
T ₂	8.601±0.663a	10.362±1.057a	5.856±0.507b
T ₃	7.594±0.461a	10.033±0.504a	7.988±0.864a
CK	9.557±1.223a	10.524±0.403a	7.151±0.463ab

2.4 不同种衣剂对不同生长时期绿豆叶片糖含量的影响

由表3可知,在幼苗期,Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理增加绿豆叶片还原糖含量,其中Ⅱ型生物种衣剂处理显著增加绿豆叶片还原糖含量,化学种衣剂处理增加绿豆叶片还原糖含量,但与对照相比差异不显著,Ⅰ型生物种衣剂处理显著降低绿豆叶片还原糖含量,高低顺序为: $T_2>T_3>CK>T_1$;

表3 不同种衣剂对不同生长时期绿豆叶片还原糖含量的影响			
mg/g			
处理	幼苗期	分枝期	结荚期
T ₁	0.108±0.165c	0.692±0.132ab	0.182±0.012a
T ₂	0.275±0.031a	0.712±0.088ab	0.219±0.022a
T ₃	0.226±0.009ab	0.908±0.070a	0.184±0.011a
CK	0.182±0.031b	0.548±0.079b	0.181±0.027a

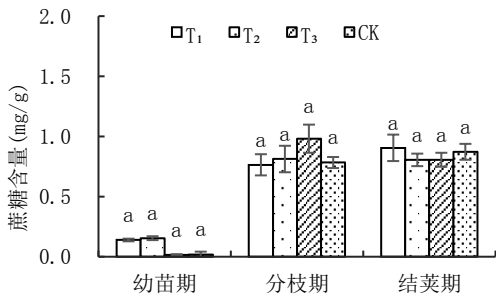
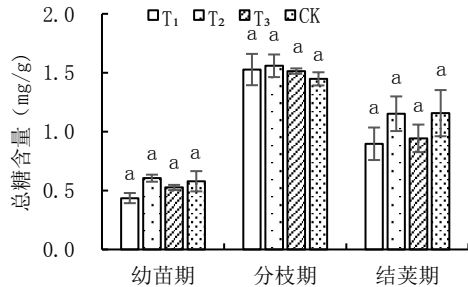


图2 不同种衣剂对不同生长期绿豆蔗糖与总糖含量的影响

2.5 不同种衣剂对绿豆产量及相关性状的影响

理论产量是指在各种条件最优化时,忽略各种操作误差、损耗所得出的产量^[26],一般情况下,作物的实际产量小于理论产量。理论产量是衡量作物产量的重要指标,可为生产和科研上预测单产和总产等提供参考依据^[27]。如表4所示,Ⅰ型

在分枝期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理增加绿豆叶片还原糖含量,其中化学种衣剂处理显著增加绿豆叶片还原糖含量,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂处理与对照,差异不显著,高低顺序为: $T_3>T_2>T_1>CK$;在结荚期,Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的绿豆叶片还原糖含量高于对照,但差异不显著。如图2所示,在幼苗期、分枝期及结荚期Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理绿豆叶片蔗糖含量及总糖含量与对照均无明显差异。综上所述,Ⅱ型生物种衣剂处理在幼苗期显著增加绿豆叶片还原糖含量,Ⅰ型生物种衣剂处理在幼苗期显著降低绿豆叶片还原糖含量,化学种衣剂处理在分枝期显著增加绿豆叶片还原糖含量;但3种种衣剂处理对叶片中蔗糖和总糖含量均无明显作用。



生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理的百粒重分别比对照提高0.27%、1.86%、0.53%;Ⅰ型生物种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂、化学种衣剂处理分别比对照增产2.88%、10.98%、13.71%。综上所述,化学种衣剂、Ⅱ型生物种衣剂处理明显增加绿豆产量。

表4 不同种衣剂对绿豆产量及相关性状的影响						
处理	密度(万株/hm ²)	单株粒数	百粒重(g)	理论产量(kg/hm ²)	实际产量(kg/hm ²)	增产率(%)
T ₁	13.50	273.06±27.90a	3.77±0.02ab	1 389.74	1 352.36	2.88
T ₂	15.13	267.44±21.13a	3.83±0.01a	1 549.76	1 458.83	10.98
T ₃	15.00	267.88±14.96a	3.78±0.01ab	1 518.88	1 494.72	13.71
CK	12.81	270.69±14.44a	3.76±0.02b	1 303.80	1 314.46	-

3 结果与讨论

实际生产中,作物产量及品质受诸多因素的影响,选择适宜的有效种衣剂会增产并获得高品质^[28-30]。生物种衣剂在防治作物病害方面,相较于化学防治具有安全、不污染环境等诸多优势。用巨大芽孢杆菌Sneb482、简单芽孢杆菌Sneb545、

费氏中华根瘤菌和产黄青霉菌等4株生防菌株作为有效活性物质复配成的种衣剂促进大豆幼苗生长,对大豆幼苗期孢囊线虫病和根腐病复合侵染有很好的防治作用^[31]。用蜡质芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*)、放线菌(*Actinomycete*)、产酸菌及有机质载体和化学肥料复配而成的复合微生物药肥增加秧苗抗逆酶活

性^[32]。对7种不同类型生物农药对大豆疫霉根腐病的防治效果进行比较,筛选出具有良好生防效果的种衣剂^[33]。本试验使用的M1-13是从土壤中分离的链霉菌,对引起大豆根腐病的两种病原菌大豆疫霉和镰刀菌具有较强的抑制作用。对引起小麦镰刀菌枯萎病(FHB)的致病菌小麦赤霉菌也有较强的抑制作用。为有效提高绿豆产量,笔者在种衣剂中同时复配具有解磷、解钾作用的两种芽孢杆菌,在Ⅱ型种衣剂中增加淡紫拟青霉杆菌通过侵染根结线虫的卵和雌虫来防治根结线虫,促进作物生长^[34]。

田间试验结果表明,Ⅰ型生物种衣剂处理在结荚期促进绿豆干物质的积累;Ⅱ型生物种衣剂处理在幼苗期显著增加还原糖含量,Ⅰ型生物种衣剂处理在幼苗期显著降低还原糖含量,化学种衣剂处理在分枝期显著增加还原糖含量。生物种衣剂对绿豆产量的影响主要表现在单株粒数和百粒重方面,生物种衣剂处理可以明显提高绿豆产量,且效果远高于化学种衣剂处理。虽然本研究田间试验表明该生物种衣剂可提高小明绿产量,但种衣剂的效果普遍性需要进一步试验。

生物种衣剂也有一定的缺点,首先与培养基营养成分相比,土壤中的营养成分较少,微生物萌发时间变长,为病原菌入侵作物提供机会;其次微生物菌剂是一次性投放,属于一次性抑菌,只能短暂抑制病原菌的生长,不能发挥长效防治作用。目前针对生物种衣剂的缺点,以发酵液和多种生防微生物作为活性成分研制复合型生物制剂,其主要优点为有效解决生防微生物延滞萌发带来的病原菌的快速侵染,同时也解决了单一发酵液不持久的缺点^[35]。

综上所述,本研究使用的Ⅱ型生物种衣剂能有效提高绿豆产量,且绿色环保,对人畜没有危害,值得推广使用。

参考文献:

- [1] 纪 花,陈锦屏,卢大新.绿豆的营养价值及综合利用[J].现代生物医学进展,2006,6(10):143-144,156.
- [2] 庄 艳,陈 剑.绿豆的营养价值及综合利用[J].杂粮作物,2009,29(6):418-419.
- [3] 韩昕儒,宋莉莉.我国绿豆、小豆生产特征及产业发展趋势[J].中国农业科技导报,2019,21(8):1-10.
- [4] 项洪涛,冯延江,郑殿峰,等.黑龙江省杂粮产业现状及发展对策[J].中国农学通报,2018,34(6):149-155.
- [5] 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.
- [6] 徐 峰.种子包衣技术及发展应用[J].农业工程技术,2017,37(23):33.
- [7] 齐亚春.浅谈生物防治在农业生产中的应用[J].农业与技术,2018,38(24):35.
- [8] 罗振亚,徐 淑,林开春.枯草芽孢杆菌 Yz 菌株丸化种衣剂配方筛选试验[J].广东农业科学,2019,46(7):16.
- [9] 陈丽华,何鹏飞,袁德超,等.一种防治棉花黄萎病的生物复合种衣剂的研制[J].棉花学报,2018,30(3):282-291.
- [10] 杨 勇,李昆太.放线菌资源及其活性物质研究概述[J].生物灾害科学,2019,42(1):7-14.
- [11] 孙 辉,程东美.放线菌 A50 的鉴定及其对植物病原菌的抑制作用[J].广东农业科学,2018,45(12):82-87.
- [12] 巩海仁,张会兴,张艳超,等.一种防治大豆疫霉根腐病生物种衣剂的应用研究[J].安徽农学通报,2018,24(11):54-57.
- [13] 张维耀.生物种衣剂 SN100 田间防效及对大豆产量的影响[J].黑龙江农业科学,2018(10):61-62,67.
- [14] 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.
- [15] 朱海霞,姜丽霞,吕佳佳,等.淹水胁迫对寒地水稻产量构成因子的作用[J].自然灾害学报,2019,28(5):198-206.
- [16] 周 添.大豆应用植物生长调节剂吨田宝试验研究[J].农业开发与装备,2019(6):117,119.
- [17] 盖琼辉,张述强,张义凡,等.不同覆膜种植方式对大豆产量及土壤理化性质的影响[J].陇东学院学报,2017,28(3):52-55.
- [18] 张盼盼,郭亚宁,徐 超.烯效唑浸种对糜子幼苗农艺性状的影响[J].陕西农业科学,2019,65(7):30-34,104.
- [19] 杨彩根,宋学宏,孙丙耀.浮游植物叶绿素 a 含量简易测定方法的比较[J].海洋科学,2007,31(1):6-9.
- [20] 赵 辛.叶绿素 a 测定方法改进的探讨[J].福建分析测试,2007,16(1):31-32.
- [21] 王延琴,周大云,匡 猛,等.棉花中水溶性总糖含量的提取及测定方法研究[J].中国农学通报,2019,35(9):53-60.
- [22] 肖世远.间苯二酚光度法测定蔗糖的适宜条件[J].四川师范学院学报(自然科学版),1998,19(3):57-59.
- [23] 牛晓静,陈天朝,鲁 静,等.槐角中还原糖的含量测定[J].中医药信息,2019,36(6):18-21.
- [24] 陈青春,蓝 盾,赵新飞,等.不同生育期水稻干物质质量与产量的关系研究[J].湖北农业科学,2017,56(7):1221-1227.
- [25] 毛雪飞,何金娇,韩忠康,等.铅胁迫对金银花生长、生理及积累特性的影响[J].东北农业科学,2019,44(5):69-75,87.
- [26] 张月玲,王宜伦,谭金芳,等.氮硅配施对夏玉米抗倒性和产量的影响[J].玉米科学,2012,20(4):122-125.
- [27] 薛仁凤,丰 明,赵 阳,等.不同生物有机肥对绿豆生长与生理特性的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):9-12,71.
- [28] 余山红,王会福.2.5% 咯菌腈悬浮种衣剂防治西兰花根腐病药效研究[J].农业灾害研究,2014,4(2):12-13,58.
- [29] 任美凤,陆俊姣,李大琪,等.4 种种衣剂对红芸豆根腐病的防治效果[J].中国农学通报,2019,35(24):131-137.
- [30] 刘 铜,申永强,刘 震,等.3 种种衣剂对芸豆根腐病的防治效果[J].植物保护,2017,43(2):216-219,240.
- [31] 刘 睿,周园园,闫继辰,等.新型复合型生物种衣剂 SN102 田间防效研究[J].大豆科学,2017,36(3):435-440.

(下转第 37 页)

- [7] 李海宾,于 嘉.烟草的种植技术与田间管理研究[J].科技创新与应用,2012(1):189.
- [8] 杨隆飞,占朝琳,郑 聪,等.施氮量与种植密度互作对烤烟生长发育的影响[J].江西农业学报,2011,23(6):46-48,53.
- [9] 李洪勋.不同施氮量和密度对烤烟产量和质量的影响[J].吉林农业科学,2008,33(3):22-26.
- [10] 王红刚,张洪博,董维杰,等.施氮量与种植密度对宁乡晒黄烟生长发育及产质量的影响[J].贵州农业科学,2018,46(5):30-34.
- [11] 吴佳溶,徐 茜,陈志厚,等.施氮量与种植密度对烟草品种CB-1生长及产质量的影响[J].贵州农业科学,2017,45(2):67-70.
- [12] 罗宝雄.种植密度、氮肥用量及留叶数综合调控措施对烤烟产量和品质的影响[D].南宁:广西大学,2017.
- [13] 苏德成,刘好宝,窦学涛.烟草栽培[M].北京:中国财政经济出版社,2000:16-21.
- [14] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:32-39,121.
- [15] 马兴华,石 屹,张忠锋,等.施氮量与基追比例对烟叶品质及氮肥利用率的影响[J].中国烟草科学,2015,36(4):34-39.
- [16] 肖艳松,钟 权,王文艺,等.菇渣发酵有机肥对烤烟产质量的影响[J].中国烟草科学,2016,37(3):34-39.
- [17] 马兴华,苑举民,荣凡番,等.施氮对烤烟氮素积累、分配及土壤氮素矿化的影响[J].中国烟草科学,2011,32(1):17-21.
- [18] 宗 会,温华东,张 燕,等.氮肥形态、用量和种植密度对香料烟光合作用的影响[J].烟草科技,2004(1):33-35.
- [19] 孙敬钊,白玉超,皮本阳,等.不同氮肥用量对烤烟生长发育及品质的影响[J].安徽农业科学,2016,44(5):42-43.
- [20] 韩富根,沈 铮,李元实,等.施氮量对烤烟经济性状、化学成分及香气质量的影响[J].中国烟草学报,2009,15(5):38-42.
- [21] 谭 军,郭芳军,孙兆旭,等.不同施氮量对烤烟产量和质量的影响[J].江西农业学报,2008,20(11):24-26.
- [22] 王付锋,赵铭钦,张学杰,等.种植密度和留叶数对烤烟农艺性状及品质的影响[J].江苏农业学报,2010,26(3):487-492.
- [23] 许海良,赵会杰,蒲文宣,等.种植密度对烟草冠层辐射和群体光合作用的影响[J].福建农业学报,2017,32(3):253-257.
- [24] 孙敬钊.不同种植密度和施氮量对烤烟生长发育及产质量的影响[D].长沙:湖南农业大学,2016.
- [25] 杜兴华,耿 伟.氮用量和种植密度对烤烟生长及产量质量的影响[J].安徽农学通报,2014,20(5):40-42.
- [26] 张喜峰,张立新,高 梅,等.密度与氮肥互作对烤烟圆顶期农艺及经济性状的影响[J].中国烟草科学,2012,33(5):36-41.
- [27] 刘天波,段淑辉,李建勇,等.密度与有机氮水平互作对长沙烟区烤烟产质量的影响[J].作物研究,2017,31(2):146-151.
- [28] 李 帆,钟越峰,裴晓东,等.肥料增效剂对浏阳烟区烤烟生长发育与产量产值的影响[J].作物研究,2013,27(6):627-629.
- [29] 裴晓东,李 帆,钟越峰,等.施氮量与氮磷钾配比对浏阳烟区烤烟农艺性状与产量的影响[J].湖南农业科学,2014(1):37-39.
- [30] 黎 娟,裴晓东,李 帆,等.浏阳烟稻轮作区烤烟适宜施氮量研究[J].中国农学通报,2016,32(10):58-63.
- [31] 胡瑞文,刘勇军,荆永锋,等.深耕条件下生物炭对烤烟根系活力、叶片SPAD值及土壤微生物数量的动态影响[J].江西农业大学学报,2018,40(6):1223-1230.
- [32] 刘智炫,周清明,黎 娟,等.湖南烟区不同年份烤烟化学成分的变化[J].浙江农业学报,2015,27(11):1877-1881.
- [33] 邓小华,肖志君,于庆涛,等.田间摘除不适用鲜烟叶对烤烟化学成分影响的模糊分析[J].吉林农业大学学报,2016,38(4):391-397.
- [34] 仲 义,代秀云,侯宗运,等.不同密度及施氮水平对青贮玉米生理特性的影响[J].吉林农业科学,2013,38(5):22-24,28.
- [35] 刘朝科,王 军,谢玉华,等.种植密度与施氮量对烤烟光合特性及代谢酶活性的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(4):458-464.
- [36] 陈百翠,魏峭嵘,石 瑛,等.SPAD值在马铃薯氮素营养诊断和推荐施肥中的研究与应用[J].吉林农业科学,2014,39(4)26-30,38.
- [37] 王 竹,杨文钰.不同施氮量对套作大豆碳氮代谢及产量的影响[J].吉林农业科学,2014,39(3):22-26,87.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第31页)

- [32] 张立峰,程 茁,丁 伟.复合微生物药肥对水稻秧苗几种抗逆酶活性的影响[J].东北农业科学,2016,41(4):49-52.
- [33] 申宏波,姚文秋,于永梅,等.不同类型生物农药对大豆疫霉根腐病的防治效果[J].大豆科学,2011,30(6):1054-1056.
- [34] Dai Jianying, Yang Yu, Dong Yuesheng, et al. Solid-state co-

cultivation of *Bacillus subtilis*, *Bacillus mucilaginosus*, and *Paecilomyces lilacinus* using tobacco waste residue[J]. Appl Biochem Biotechnol, 2020, 190(3): 1092-1105.

- [35] 张广洋.大豆根腐病复合型生物种衣剂的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.

(责任编辑:王 昱)