烟草嫁接苗对黑胫病的抗性鉴定

王海波[1]， 时 焦[1*]， 雒振宁[1]， 陈雁兵[2]， 张艳艳[2]， 李正鹏[1]

（1. 中国农业科学院烟草研究所，烟草病虫害监测与综合治理重点实验室，青岛 266101；
2. 云南省曲靖市烟草公司陆良分公司，曲靖 655600）

摘要 嫁接技术是植物病害绿色防控的有效措施之一，为探寻抗烟草黑胫病的高抗嫁接组合，本研究以4个高抗烟草品种为砧木，生产上4个主栽品种为接穗，开展了不同嫁接组合烟苗对黑胫病的抗性鉴定。人工接种黑胫病菌后，以‘Florida 301’作砧木时烟苗发病率和病情指数分别为0～4.76%和0～2.86；以‘革新3号’作砧木时分别为0～20.71%和0～15.72；以‘Beinhart 1000-1’作砧木时分别为1.11%～13.18%和1.11～11.47；以‘L8’作砧木时分别为20.02%～65.33%和13.58～60.89，而以接穗品种‘K326’、‘云烟87’、‘NC55’和‘红花大金元’自根苗的发病率和病情指数分别为：‘K326’，39.98%和35.46，‘云烟87’，45.81%和39.18，‘NC55’39.33%和35.93，‘红花大金元’，74.67%和65.48。统计分析结果表明，以‘Florida 301’、‘革新3号’和‘Beinhart 1000-1’品种为砧木的嫁接苗发病率与病情指数均极显著低于接穗品种自根苗（$P<0.01$）；‘L8’品种为砧木时，只有‘云烟87’作接穗的发病率与病情指数极显著低于‘云烟87’自根苗（$P<0.01$）。采用平板涂布计数法，对抗、感黑胫病烟草品种根际微生物数量进行了测定，研究了抗、感病品种根际微生物群落结构，结果表明，抗、感病品种均是根际细菌＞根际放线菌＞根际真菌，且根际细菌、放线菌数量远多于真菌数量，抗病品种的根际微生物数量整体上多于感病品种。

关键词 烟草； 嫁接技术； 黑胫病； 抗性鉴定

中图分类号： S 435.72 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2017309

Resistant identification of tobacco grafted seedlings to black shank

WANG Haibo[1]， SHI Jiao[1]， LUO Zhenning[1]， CHEN Yanbing[2]，
ZHANG Yanyan[2]， LI Zhengpeng[1]

（1. *Key Laboratory of Tobacco Integrated Pest Management, Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao* 266101, *China*; 2. *Luliang Branch of Yunnan Qujing Tobacco Company, Yunnan* 655600, *China*）

Abstract The grafted technique is one of the most effective methods for plant disease control. To find the effective grafted combinations for the control of tobacco black shank, the incidence and disease index of different combinations of four disease-resistant rootstocks and four scions from commercial cultivars were determined using the self-root scion as control through artificial inoculation. The results indicated that the incidence and disease index of tobacco seedlings grafted on ‘Florida 301’ rootstock were 0－4.76% and 0－2.86, and on ‘Gexin No.3’ rootstock were 0－20.71% and 0－15.72, on ‘Beinhart 1000－1’ rootstock were 1.11%－13.18% and 1.11－11.47, on ‘L8’ rootstock were 20.02%－65.33% and 13.58－60.89, respectively. The incidence and disease index of four self-root scions (control) were 39.98% and 35.46 (‘K326’), 45.81% and 39.18 (‘Yunyan 87’), 39.33% and 35.93 (‘NC55’), 74.67% and 65.48 (‘Honghuadajinyuan’), respectively. The statistic results analyzed by Duncan’s new multiple range method showed that the incidence and disease index of tobacco seedlings grafted on ‘Florida 301’, ‘Gexin No.3’ and ‘Beinhart 1000－1’ rootstocks were significantly lower than those of their self-root scion control ($P<0.01$). When ‘L8’ was used as rootstock, only ‘Yunyan 87’ as grafting scion showed significantly lower incidence and disease index than ‘Yunyan 87’ self-root plants ($P<0.01$). The rhizosphere microbial community structure of different resistant level tobacco varieties was investigated by plate count method. The

收稿日期： 2017－08－17 **修订日期：** 2017－09－14
基金项目： 中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-TRIC04)
* 通信作者 E-mail：shijiao@caas.cn

results indicated that the quantity of bacteria and actinomycetes were far more than that of fungi, and the quantity of bacteria was more than that of actinomycetes. As to the total quantity of rhizosphere microorganism, those of resistant varieties are more than those of susceptible varieties.

Key words tobacco; grafted seedling; black shank; disease resistant identification

烟草黑胫病 *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* (Breda de Hean) Tuker 是世界烟草生产上的一种毁灭性病害[1-3]。重病区发病率高达 30%以上,有的田块甚至绝产[4]。现有的防治方法尚不能有效控制烟草黑胫病的发生,生产上迫切需要一种高效防治黑胫病的绿色环保措施。嫁接技术已成功应用于多种蔬菜、果树等土传病害的防治,该技术能够提高植株抗病力,减少产量损失[5]。烟草作为高效经济作物,植株高大,种植密度较低,采用嫁接技术防治其土传病害具备一定的优势。兰绍华等曾经利用嫁接技术防治烟草土传病害黑胫病[6]。但该项技术在生产上仍然存在着一些有待解决的问题,如嫁接烟株的抗病性不高,因此探索新的高抗嫁接组合是该项技术推广应用的关键。

植物品种抗病机理研究是植物病害防治的重要内容,植物根部病害的发生与根际微生物有着紧密的联系。已有研究表明,水稻、小麦、棉花、大豆、黄瓜等多种作物根际微生物数量与根际微生物群落结构与植物品种抗性有着紧密的联系[7]。植物土传病害的发生是根际土壤微生物相互作用的结果,根际环境生物多样性是影响土传病害的重要因素,根际微生物群落结构越丰富,多样性越高,病原菌越难存活[7]。

本研究以高抗黑胫病的烟草品种为砧木,生产上主栽烟草品种为接穗,获得不同嫁接组合的嫁接苗,人工接种鉴定嫁接苗对黑胫病的抗性,获得了对黑胫病高抗的嫁接组合。在此基础上,对抗感黑胫病烟草品种的根际微生物进行研究,从而探究不同抗性烟草品种对黑胫病抗性的机理。

1　材料与方法

1.1　材料

供试病菌:烟草黑胫病菌 *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* 0 号生理小种,由中国农业科学院烟草研究所植物保护研究室保存。

供试烟草 *Nicotiana tabacum*:黑胫病抗病品种'Florida 301'、'Beinhart 1000-1'、'革新 3 号'和'L8';生产上主栽烟草品种'K326'、'NC55'、'云烟 87'和'红花大金元',以及黑胫病感病品种'小黄金 1025'。在温室中按常规育苗方法育苗,育苗工具、土壤、水和肥料均严格消毒。烟苗培育至 6～7 片真叶期,用于试验。

供试培养基:燕麦培养基、孟加拉红固体培养基、LB 固体培养基、改良高氏一号培养基[8-9]。

1.2　方法

1.2.1　烟草苗嫁接

分别以'K326'、云烟 87'、'NC55'和'红花大金元'品种的烟苗作接穗,以'Florida 301'、'Beinhart 1000-1'、'L8'和'革新 3 号'4 个品种的烟苗作砧木,每个接穗都与这 4 个砧木进行嫁接,共设 16 个嫁接组合,并以接穗品种'K326'、'云烟 87'、'NC55'和'红花大金元'自根苗作对照。

嫁接方法:分别培育作为砧木和接穗的烟草品种的烟苗,当烟苗长至 5～6 片真叶时,利用劈接法进行嫁接,烟茎嫁接口距离地面约 6～8 cm。嫁接后于温度 20～25℃、湿度 RH 80%～90%遮光保湿培养。7 d 后逐步通风与见光,进行炼苗。炼苗 5～7 d 后移栽至小花盆中(直径×高=11 cm×8 cm),于无菌温室中正常栽培管理。

1.2.2　烟草嫁接苗黑胫病抗性鉴定

采用菌谷法[10]人工接种每个嫁接组合 6～7 片真叶期的烟苗,一次每个组合接种 12 株,重复 3 次。试验烟苗发病后参照 GB/T 23222-2008[11]进行调查,以后每隔 7～10 d 调查 1 次,共调查 5 次,计算发病率与病情指数[12]。

1.2.3　抗感病品种根际微生物数量的测定

分别于烟株团棵期、开花现蕾期和成熟期,采用抖根法采集抗病品种'Florida 301'、'革新 3 号',与感病品种'红花大金元'、'小黄金 1025'的根际土壤样品,混匀后分别放入无菌自封袋,4℃保存,用于根际土壤微生物菌落数量的测定[13]。

根际微生物菌落数量采用稀释平板分离方法[14-17]。称取健康烟株根际土壤 10 g,置于 250 mL 锥形瓶中;随后加入 100 mL 无菌水和几粒沸石,120 r/min 振荡 30 min;然后稀释成不同浓度的土壤悬浮液。细菌和放线菌稀释梯度为 10^{-2}、10^{-3}、

10^{-4}，真菌稀释梯度为 10^{-1}、10^{-2}、10^{-3}。吸取 100 μL 不同稀释度的土壤悬浮液，均匀涂布于 LB 固体培养基平板，于 37℃培养，测定细菌数量，重复 3 次。吸取 100 μL 不同稀释度的土壤悬浮液，均匀涂布于孟加拉红和改良高氏一号培养基平板于 28℃条件下培养，分别测定真菌和放线菌数量，重复 3 次。

1.3 数据处理

利用 DPS 数据分析软件，采用 Duncan's 新复极差法对数据进行差异显著性检验[18]。

2 结果与分析

2.1 烟草嫁接苗黑胫病抗性鉴定

2.1.1 不同嫁接组合嫁接成活率

以 4 个抗病品种为砧木的嫁接组合成活率均在 98%以上，这说明，各嫁接组合亲和性良好(表 1)。

表 1 不同砧木嫁接苗成活情况

Table 1 Grafting survival rate of different rootstocks

砧木 Rootstock	调查植株数/株 Number of investigated plant	成活株数/株 Survival plant	成活率/% Survival rate
Florida 301	100	99	99.0
革新 3 号 Gexin No. 3	100	98	98.0
Beinhart 1000-1	100	99	99.0
L8	50	49	98.0

2.1.2 嫁接苗对黑胫病的抗性鉴定

接种黑胫病菌 6～7 d 后烟株开始发病，调查分析结果列于表 2，数据显示，'Florida 301'、'革新 3 号'、'Beinhart 1000-1'为砧木的嫁接苗发病率和病情指数均显著小于相应接穗品种($P<0.05$)；而以'L8'为砧木的嫁接苗中，只有以'云烟 87'为接穗的嫁接苗发病率和病情指数显著小于'云烟 87'自根苗($P<0.05$)。

表 2 人工接种黑胫病菌后嫁接苗的发病率与病情指数[1)]

Table 2 Incidence and disease index of grafted seedlings against tobacco black shank through artificial inoculation

砧木 Rootstock	接穗 Scion							
	发病率/% Incidence				病情指数 Disease index			
	K326	云烟 87 Yunyan 87	NC55	红花大金元 Honghuadajinyuan	K326	云烟 87 Yunyan 87	NC55	红花大金元 Honghuadajinyuan
Florida 301	1.47 bB	4.76 bB	0.00 bC	0.00 cB	1.48 bB	2.86 bB	0.00 cC	0.00 bB
革新 3 号 Gexin No. 3	0.00 bB	3.69 bB	0.00 bC	20.71 bB	0.00 bB	2.66 bB	0.00 cC	15.72 bB
Beinhart 1000-1	1.11 bB	11.25 bB	13.18 bBC	—	1.11 bB	8.62 bB	11.47 bcBC	—
L8	31.54 aA	20.02 bB	30.98 abA	65.33 aA	26.92 aA	13.58 bB	21.18 abA	60.89 aA
对照 Control	39.98 aA	45.81 aA	39.33 aA	74.67 aA	35.46 aA	39.18 aA	35.93 aA	65.48 aA

1) 表中数据为 5 次调查平均值。同列数据后不同小写字母和大写字母者分别表示 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平上差异显著。下同。
表中各列的对照为对应的接穗品种自根苗。
The data in the table are average values from five survey samples. Different lowercase letters or capital letters in the same column indicate significant differences at $P<0.05$ and $P<0.01$ levels. The same below.
The controls listed in the table are self-root scions of relative tobacco varieties.

以'K326'为接穗，'Florida 301'、'革新 3 号'和'Beinhart 1000-1'为砧木的嫁接苗发病率与病情指数差异不显著，但与对照('K326'自根苗)差异达到极显著水平($P<0.01$)；而以'L8'品种为砧木的嫁接苗，其发病率与病情指数都与自根苗对照相近，差异不显著。以'云烟 87'为接穗的嫁接苗，其发病率和病情指数均极显著小于对照('云烟 87'自根苗)($P<0.01$)。以'NC55'为接穗时，以'Florida 301'和'革新 3 号'为砧木的嫁接苗未发病，表现出极高的抗病性，而以'Beinhart 1000-1'及'L8'为砧木的嫁接苗发病率分别达 13.18%和 30.98%。以'红花大金元'为接穗时，以'Florida 301'为砧木的嫁接苗未发病，以'革新 3 号'为砧木的嫁接苗发病率为 20.71%，而以'L8'为砧木的嫁接苗和对照('红花大金元'自根苗)的发病率相近，分别为 65.33%和 74.67%。

2.2 抗感病品种根际微生物数量测定

2.2.1 抗感黑胫病烟草品种根际细菌数量测定

根际土壤细菌数量因品种和生育期的不同而存在差异(表 3)。除抗病品种'Florida 301'根际细菌数量随生育期的发展逐渐增加外，'革新 3 号'、'红花大金元'和'小黄金 1025'根际细菌数量均呈现先少后多的趋势。不同品种间比较发现，团棵期和开花现蕾期，抗病品种'Florida 301'和'革新 3 号'根际细菌数量均显著多于感病品种'红花大金元'和'小黄金 1025'($P<0.05$)。成熟期抗病品种'Florida 301'极显著高于感病品种'红花大金元'($P<0.01$)，但与抗病品种'革新 3 号'和感病品种'小黄金 1025'差异不显著。

表 3　不同抗性烟草品种根际细菌数量

Table 3　Bacteria numbers in rhizosphere soil of different resistant tobacco cultivars at different growth stages

品种 Cultivar	细菌数量/×10⁶ cfu·g⁻¹ Bacteria quantity		
	团棵期 Rosette stage	开花现蕾期 Blooming stage	成熟期 Mature stage
Florida 301	(61.44±1.57)abA	(72.56±1.04)aA	(73.78±1.16)aA
革新 3 号 Gexin No. 3	(72.22±1.73)aA	(53.44±1.96)bB	(61.56±2.17)abAB
红花大金元 Honghuadajinyuan	(48.67±1.52)bA	(31.00±1.02)dC	(50.11±1.72)bB
小黄金 1025 Xiaohuangjin 1025	(52.56±1.83)bA	(42.44±1.31)cBC	(64.11±1.68)aAB

2.2.2　抗感黑胫病烟草品种根际真菌数量测定

表 4 数据显示,根际土壤真菌数量因品种和生育期的不同而存在差异。对比不同品种发现,团棵期和开花现蕾期,抗病品种‘Florida 301’和‘革新 3 号’根际真菌数量显著多于感病品种‘红花大金元’和‘小黄金 1025’($P<0.05$);成熟期,‘革新 3 号’根际真菌数量显著多于其他 3 个品种($P<0.05$),‘Florida 301’也显著多于‘红花大金元’,‘小黄金 1025’和‘红花大金元’之间差异显著($P<0.05$)。

表 4　不同抗性烟草品种根际真菌数量

Table 4　Fungi numbers in rhizosphere soil of different resistant tobacco cultivars at different growth stages

品种 Cultivar	真菌数量/×10³ cfu·g⁻¹ Fungi quantity		
	团棵期 Rosette stage	开花现蕾期 Blooming stage	成熟期 Mature stage
Florida 301	(36.78±1.24)aA	(55.22±2.01)aA	(29.33±1.02)bB
革新 3 号 Gexin No. 3	(39.67±1.28)aA	(66.33±1.02)aA	(39.78±1.61)aA
红花大金元 Honghuadajinyuan	(11.67±0.97)bB	(28.00±1.46)bB	(15.44±1.02)cC
小黄金 1025 Xiaohuangjin 1025	(7.78±1.52)bB	(14.33±1.25)cB	(26.11±1.21)bB

2.2.3　抗感黑胫病烟草品种根际放线菌数量测定

表 5 数据显示,根际土壤放线菌数量因品种和生育期的不同而存在差异。‘Florida 301’、‘革新 3 号’和‘红花大金元’根际放线菌数量随生育期的推移呈现先少后多的趋势,而‘小黄金 1025’则一直明显增加。对比不同品种发现,团棵期,抗病品种‘Florida 301’和‘革新 3 号’根际放线菌数量显著多于感病品种‘红花大金元’和‘小黄金 1025’($P<0.05$);开花现蕾期,‘Florida 301’和‘小黄金 1025’根际放线菌数量显著多于‘革新 3 号’和‘红花大金元’($P<0.05$);成熟期,‘Florida 301’根际放线菌数量显著多于其他 3 个品种,而‘革新 3 号’、‘小黄金 1025’和‘红花大金元’3 个品种间差异不显著,感病品种‘红花大金元’最低。

表 5　不同抗性烟草品种根际放线菌数量

Table 5　Actinomyces numbers in rhizosphere soil of different resistant tobacco cultivars at different growth stages

品种 Cultivar	放线菌数量/×10⁵ cfu·g⁻¹ Actinomyces quantity		
	团棵期 Rosette stage	开花现蕾期 Blooming stage	成熟期 Mature stage
Florida 301	(102.67±2.22)aA	(90.56±1.43)aA	(136.33±1.22)aA
革新 3 号 Gexin No. 3	(82.89±2.08)aAB	(55.78±2.11)bBC	(98.77±1.14)bAB
红花大金元 Honghuadajinyuan	(53.56±2.08)bB	(42.33±1.20)bC	(76.33±1.72)bB
小黄金 1025 Xiaohuangjin 1025	(49.56±1.79)bB	(76.11±1.71)aAB	(105.00±1.87)bAB

3　结论与讨论

对不同组合嫁接苗进行黑胫病抗性鉴定发现,以抗病品种‘Florida 301’和‘革新 3 号’为砧木的嫁接苗对烟草黑胫病具有很高的抗性,几个嫁接组合在人工接种压力下,发病率为零,对黑胫病表现出极高的抗病水平,可作为抗黑胫病烟草嫁接高抗砧木。尽管‘L8’品种是烟草黑胫病生理小种的鉴别寄主之一,抗 0 号生理小种,但在本研究中‘L8’品种作砧木、红花大金元作接穗的嫁接苗发病重,这可能是由于‘L8’品种茎的节间距小,因此砧木与地表的间距小,嫁接苗表现出接穗的感病性造成的。另外,‘L8’品种属于白肋烟,白肋烟是嗜氮烟草类型,需氮量大于烤烟,可能施肥量不足也间接影响了嫁接苗的抗病性。

(下转 224 页)

科学,2012(2):58-61.
[14] 牛树君,胡冠芳,刘敏艳,等. 我国胡麻田杂草防除技术综述[J]. 甘肃农业科技,2010(10):44-46.
[15] 李爱荣,胡冠芳,马建富,等. 高效氟吡甲禾灵乳油对胡麻田芦苇的防效研究初报[J]. 中国麻业科学,2012,34(5):213-215.
[16] 龚莉,杨春仓,赵晋蓉,等. 大同市胡麻田杂草发生情况及化学防控技术[J]. 山西农业科学, 2012,40(11):1217-1219.
[17] 苏少泉. 玉米田除草剂新品种与应用[J]. 农药研究与应用,2009,13(1):1-6.
[18] 王晓菁,牛艳,赵子丹,等. 二氯吡啶酸在油菜和土壤中的消解动态研究[J]. 河南农业科学,2013,42(12):94-97.
[19] 郭良芝,郭青云,辛存岳,等. 75%二氯吡啶酸可溶性粒剂防除春小麦田大刺儿菜试验[J]. 植物保护,2007,33(4):137-139.
[20] 张青,邓渊玉,杨代凤,等. 75%二氯吡啶酸可溶性粒剂防除冬油菜田阔叶杂草效果[J]. 植物保护,2006,32(2):101-103.
[21] 许建业. 30%二氯吡啶酸防除白菜型春油菜田间杂草药效试验[J]. 甘肃农业科技,2008(6):28-30.
[22] 潘晓皖. 75%二氯吡啶酸可溶粒剂 (龙拳)防除冬油菜田杂草试验效果[J]. 农药科学与管理,2006, 25(7):37-39.
[23] 高兴祥,李美,房锋,等. 硝磺草酮与二氯吡啶酸复配应用于玉米田除草效果测定[J]. 玉米科学,2015,23(3):143-148.
[24] 松生满,杨春梅,白永庆,等. 75%二氟吡啶酸对百合地多年生杂草大刺儿菜的防效[J]. 青海农林科技,2006(1):47-48.
[25] 杨永德. 30%二氯吡啶酸水剂在云杉苗圃中化学除草技术[J]. 中国农业信息,2015(2):58-59.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 171 页)

抗感黑胫病品种根际微生物数量研究发现,烟草根际微生物数量与品种抗性具有一定的相关性。试验发现团棵期和开花现蕾期,抗病品种和感病品种根际细菌数量差异显著($P<0.05$),抗病品种显著高于感病品种,这说明根际微生物细菌数量与品种对黑胫病的抗性有关,团棵期和开花现蕾期是烟草对黑胫病的两个敏感期,尤其是开花现蕾期是烟草最感病的时期,详尽的机理有待进一步研究。研究结果还表明,团棵期和开花现蕾期抗病品种'Florida 301'和'革新 3 号'根际真菌数量显著多于感病品种'红花大金元'和'小黄金 1025'($P<0.05$)。为此我们对抗病品种根际微生物的优势真菌菌落进行了研究,结果发现其对黑胫病具有抑制作用[19]。团棵期,抗病品种'Florida 301'和'革新 3 号'根际放线菌数量显著多于感病品种'红花大金元'和'小黄金 1025'($P<0.05$),成熟期烟草根际放线菌数量与品种抗性没有相关性。

本试验结果显示的团棵期与开花现蕾期烟草黑胫病抗病品种根际微生物数量多于黑胫病感病品种的结论,与根际微生物群落结构越丰富,多样性越高,病原菌越难存活[7]的观点一致。

参考文献

[1] 屈霞,李爱国,颜合洪. 烟草黑胫病研究进展[J]. 作物研究,2007,21(5):725-727.
[2] 王志愿,姜清治,霍沁建. 烟草黑胫病的研究进展[J]. 中国农学通报,2010(21):250-255.
[3] 朱贤朝,王彦亭,王智发,等. 中国烟草病害[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
[4] 陈泽斌,夏振远,雷丽萍,等. 烟草黑胫病拮抗内生细菌的分离、鉴定及防效测定[J]. 中国烟草学报,2011,17(6):94-99.
[5] 郑长英,吴文良,曹志平. 抗性砧木嫁接番茄控制土传病害的研究[D]. 北京:中国农业大学,2004.
[6] 兰绍华,杨跃,宗家泉,等. 红花大金元不同砧木嫁接效应的比较[J]. 烟草科技,2010(11):55-60.
[7] 王戈,杨焕文,赵正雄,等. 不同抗性烤烟品种根际微生物数量及多样性差异研究[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(2):451-458.
[8] 连莲香. 特殊生境真菌的分离、活性筛选和次级代谢产物研究[D]. 厦门:厦门大学,2014.
[9] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:46-50.
[10] 张洁霞. 抗烟草黑胫病分子标记的筛选及抗性遗传规律的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2009.
[11] 中国烟草总公司青州烟草研究所. 烟草病虫害分级及调查方法[S]. GB/T23222-2008.
[12] 程凯,江欢欢,沈标,等. 棉花黄萎病拮抗菌的筛选及其生物防治效果[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(1):166-174.
[13] 蔡秋华,左进香,李忠环,等. 抗性烤烟品种根际微生物数量及功能多样性差异[J]. 应用生态学报,2015,26(12):3766-3772.
[14] 韩静. 不同土壤类型烟草根际微生物动态变化及其与烟叶品质关系研究[D]. 郑州:河南农业大学,2009.
[15] 李阜棣. 土壤微生物学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:139-191.
[16] 姚占芳,吴云汉. 微生物学实验技术[M]. 北京:气象出版社,1998.
[17] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京:科学出版社,1985.
[18] 吴玉萍,邓建华,文大荣,等. 云南不同品种和产区烤烟烟碱含量的差异[J]. 烟草科技,2010(9):40-42.
[19] 王海波,时焦,雒振宁,等. 青霉菌 QMYCS-2 菌株的分离鉴定及其对烟草黑胫病的防治作用[J]. 烟草科技,2016,49(2):14-20.

(责任编辑:杨明丽)