

王 萌,解红娥,王凌云,等. 高硫苷油菜对甘薯茎线虫病的防治效果[J]. 江苏农业科学,2022,50(11):119-123.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.11.016

# 高硫苷油菜对甘薯茎线虫病的防治效果

王 萌,解红娥,王凌云,解晓红,李江辉,吴宇浩,张鸿兴,武宗信

(山西农业大学棉花研究所,山西运城 044000)

**摘要:**为探究高硫苷油菜晋黄芥对甘薯茎线虫病的防治潜能及对植株生长的影响,通过盆栽试验和大田试验,利用生物熏蒸技术,将油菜粉碎并用塑料薄膜密封 15 d 后进行薯苗移栽,盆栽试验油菜用量为 200、300、400 g/盆,大田试验油菜用量为 75 t/hm<sup>2</sup>,移栽后采用人工接种病原线虫方式分别于接种后 30、60、90 d 统计甘薯茎部和薯块中茎线虫数量,收获期调查单株薯蔓质量、单株鲜薯质量、单株结薯数及发病情况,并计算薯块的发病率、病情指数和防治效果。结果表明,油菜处理 400 g/盆防治茎线虫病效果最佳,与线虫对照相比,接种后 90 d 甘薯茎部和薯块中线虫数量分别减少 99.58%、89.79%,发病率和病情指数分别降低了 60.00 百分点、84.00%,防治效果 81.67%,增产率 127.48%。大田试验结果表明,噻唑磷减量 20% + 油菜处理效果最佳,与对照相比,发病率和病情指数分别降低了 39.69 百分点、78.30%,防治效果 78.30%,增产率 87.70%。本研究表明,高硫苷油菜晋黄芥能显著抑制腐烂茎线虫对甘薯茎部和薯块的侵染,降低发病率和病情指数,对甘薯茎线虫病防治效果显著,同时促进了地上部和地下部的生长。

**关键词:**甘薯;腐烂茎线虫;高硫苷油菜;生物熏蒸;防治效果

**中图分类号:** S435.313+.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)11-0119-05

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 是世界上重要的粮食、饲料及工业原料作物,亦是现代社会优质的抗癌保健食品<sup>[1]</sup>。中国为世界上最大的甘薯生产国,2018 年甘薯种植面积为 237.93 万 hm<sup>2</sup>,占世界种植总面积的 29.0%,总产占世界 57.0%<sup>[2]</sup>。甘薯茎线虫病又称糠心病、空心病等,是甘薯生产上一种毁灭性病害,系我国植物检疫性病害<sup>[3]</sup>。该病害由腐烂茎线虫 (*Ditylenchus destructor*) 引起,育苗期间烂种、死苗,大田期间造成薯块糠心、腐烂,储存期间造成烂窖。一般发病地块减产 10%~20%,严重地块减产 60%~70%,连作重茬地甚至绝收,严重影响甘薯相关产业的发展<sup>[4]</sup>。

油菜属十字花科芸薹属,是我国第一大油料作物,因具有生物熏蒸作用成为“绿肥绿药作物”。生物熏蒸是芸薹属植物组织中硫代葡萄糖苷 (glucosinohes, 简称 GSLs) 在内源黑芥子酶的作用

下,水解产生异硫氰酸酯 (isothiocyanates, 简称 ITCs) 类挥发性化合物<sup>[5]</sup>。该类物质对许多有机体包括昆虫、杂草、真菌、细菌和植物寄生性线虫等具有很强的杀生作用<sup>[6-10]</sup>。目前,芸薹属植物生物熏蒸防治作物土传病害已成为美国、澳大利亚、荷兰等国家的研究热点,生物熏蒸技术也在一些国家和地区开始了大面积推广应用<sup>[11]</sup>。我国虽然有悠久的油菜种植历史,但长期以来人们对它的认识只停留在是重要的油料作物、能源作物和富含高附加值产品的作物,鲜有研究和应用高硫苷油菜及其杀菌灭虫作用。本研究利用生物熏蒸技术,探究高硫苷油菜品种晋黄芥对甘薯茎线虫病的防治潜能及对植株生长的影响,为高硫苷油菜生物熏蒸技术早日在甘薯茎线虫病防治中发挥作用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试线虫:在山西夏县牛家凹农场采集受腐烂茎线虫侵染的病薯块,一部分晾干切碎混匀后用于大田试验,另一部分带回实验室进行线虫分离后用于盆栽试验。盆栽试验线虫分离参照 Shepherd 的方法<sup>[12]</sup>,将病薯切成 1 cm<sup>3</sup> 小块放置于浅盘中,加入适量灭菌水,待线虫游出后收集。将收集到的腐烂茎线虫用 1% 硫酸链霉素消毒,离心后弃上清液,用

收稿日期:2021-08-04

基金项目:国家甘薯产业技术体系建设专项(编号:CARS-10-C2);山西省农业科学院农业科技创新工程(编号:YGC2019FZ4);山西省科技成果转化引导专项(编号:201904D131049)。

作者简介:王 萌(1990—),女,山西运城人,硕士,助理研究员,从事甘薯育种、栽培及脱毒技术研究。E-mail:mkswangmeng@126.com。

通信作者:解红娥,研究员,从事甘薯育种、栽培及脱毒技术研究。E-mail:xieheyb@126.com。

灭菌水冲洗 3 次,4 ℃ 保存备用。

供试甘薯:晋甘薯 9 号,由山西农业大学棉花研究所提供。供试油菜:晋黄芥,为当地传统种植油菜品种,硫苷质量浓度为 106.31  $\mu\text{mol/g}$ 。供试药剂:噻唑磷颗粒剂。

## 1.2 试验设计

1.2.1 盆栽试验 将自然田间土与 1/3/盆的细沙混合成沙壤土,在 121 ℃ 下湿热灭菌 1 h,分装入直径 18 cm、深 20 cm 的花盆中,用土量 4 kg/盆。2018 年 10 月 16 日播撒油菜种子,油菜盛花期采集整株新鲜油菜粉碎,称取定量油菜与灭菌土混合均匀,塑料薄膜密封 15 d。噻唑磷穴施。然后选择生长健壮一致的薯苗进行扦插,每盆移栽 1 株,扦插深度为 5 cm。扦插后采用灌根法接种病原线虫,使土壤中的线虫量为 100 头/g。完成接种后,将甘薯盆栽移入未受茎线虫侵染的防虫网棚内。盆栽试验共设 6 个处理,每个处理重复 10 次,共 60 盆,详见表 1。

表 1 盆栽试验处理

名称	处理
CK-1(空白对照)	蒸馏水
CK-2(线虫对照)	线虫液
CK-3(化学杀线剂对照)	线虫液 + 噻唑磷颗粒剂 0.01 g/盆
You-1	线虫液 + 油菜 200 g/盆
You-2	线虫液 + 油菜 300 g/盆
You-3	线虫液 + 油菜 400 g/盆

1.2.2 大田试验 试验田选择在山西夏县牛家凹农场无病甘薯田。2019 年 10 月 12 日,甘薯收获后撒播油菜种子,播种量为 15 kg/hm<sup>2</sup>。油菜盛花期将油菜用秸秆粉碎机破碎并旋耕 15 cm 深,旋耕前油菜鲜质量达到 75 t/hm<sup>2</sup>。按 450 t/hm<sup>2</sup> 水量浇水,使土壤含水量达到 20% ~ 30%。覆盖薄膜 15 d 后按常规方法进行薯苗栽植,薯苗栽植时每穴均匀接种带线虫的病薯,田间管理与大田相同。每小区栽种 250 株,5 行区,行距 0.5 m、株距 0.25 m。试验设 3 次重复,随机区组排列,小区之间间隔 1 m。大田试验共设 4 个处理,详见表 2。

表 2 大田试验处理

名称	处理
对照	未施药或作其他处理
甘薯复种油菜	油菜熏蒸
噻唑磷减量 20% + 油菜	噻唑磷穴施(24 kg/hm <sup>2</sup> ) + 油菜熏蒸
噻唑磷减量 40% + 油菜	噻唑磷穴施(18 kg/hm <sup>2</sup> ) + 油菜熏蒸

## 1.3 测试项目

1.3.1 盆栽试验 (1)甘薯茎部和薯块中茎线虫数量统计。接种后每隔 30、60、90 d 各取样 1 次,每次随机取 3 株。采用浅盘法分离甘薯茎部(5 cm 长地下茎部和 5 cm 长地上茎部线虫数量之和)和薯块中线虫,24 h 后收集线虫,弃上清液,转移至 2 mL 离心管中以 3 000 r/min 离心 2 min。弃上清液后将底层少量线虫混合液滴于载玻片上,显微镜下计数。

(2)甘薯地上部、地下部及发病情况调查。接种后 90 d 随机取 3 株,分别统计各处理单株薯蔓质量(g)、单株结薯数(个)、单株鲜薯质量(g)及发病情况,计算薯块的发病率、病情指数和防治效果。具体调查方法参照马代夫等的方法<sup>[13-14]</sup>。

发病率 = 病薯数/薯块总数  $\times 100\%$ ;

病情指数 = [  $\sum$  (各级别薯块数  $\times$  相应级数) / (总薯块数  $\times$  最高级数) ]  $\times 100\%$ ;

防治效果 = [ (对照区病情指数 - 处理区病情指数) / 对照区病情指数 ]  $\times 100\%$ 。

1.3.2 大田试验 2019 年 10 月下旬调查各小区中间 3 行发病情况和产量,计算薯块的发病率、病情指数及防治效果。

## 1.4 统计方法

采用 DPS 数据处理系统对试验结果进行分析,不同处理间经方差分析统计差异显著后再用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 高硫苷油菜对甘薯茎部和薯块中茎线虫数量的影响

由表 3、图 1、图 2 可知,与 CK-2 处理(线虫对照)相比,油菜处理 200、300、400 g/盆甘薯茎部和薯块中茎线虫数量显著减少,接种后 30、60、90 d 茎部线虫数量分别减少 42.71% ~ 75.25%、84.86% ~ 95.40%、97.52% ~ 99.58%,接种后 60、90 d 薯块线虫数量分别减少 67.10% ~ 89.20%、50.10% ~ 89.79%。可见,油菜处理可显著抑制甘薯茎线虫的侵染,油菜剂量越大,抑制效果越明显,以油菜处理 400 g/盆甘薯茎部和薯块中线虫数量最少,与 CK-3 处理(化学杀线剂对照)处理效果相当。

### 2.2 高硫苷油菜对甘薯茎线虫病的防治效果

由表 4 可知,高硫苷油菜可显著降低甘薯茎线虫病的发病率和病情指数,防病效果显著。盆栽试验结果表明,与 CK-2 处理(线虫对照)相比,油菜

表 3 盆栽条件下高硫苔油菜对甘薯茎部和薯块腐烂茎线虫数量的影响

处理	接种后腐烂茎线虫数量(头)					
	薯茎			薯块		
	30 d	60 d	90 d	30 d	60 d	90 d
CK-1	0.0 ± 0.00e	0.0 ± 0.00d	0.0 ± 0.00b	0	0.0 ± 0.00d	0.0 ± 0.00e
CK-2	29.5 ± 1.73a	371.8 ± 4.58a	5 147.0 ± 118.88a	0	38.9 ± 1.83a	104.8 ± 2.09a
CK-3	5.6 ± 0.45d	13.7 ± 1.96c	17.4 ± 1.32b	0	3.5 ± 0.23cd	7.2 ± 0.19d
You-1	16.9 ± 0.88b	56.3 ± 1.63b	127.8 ± 0.84b	0	12.8 ± 1.65b	52.3 ± 0.94b
You-2	10.1 ± 0.92c	21.5 ± 1.88c	28.7 ± 0.94b	0	5.6 ± 0.47c	17.2 ± 0.55c
You-3	7.3 ± 0.59cd	17.1 ± 0.40c	21.8 ± 0.93b	0	4.2 ± 0.19cd	10.7 ± 0.24d

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。



图1 盆栽条件下接种腐烂茎线虫后 90 d 甘薯茎部图示

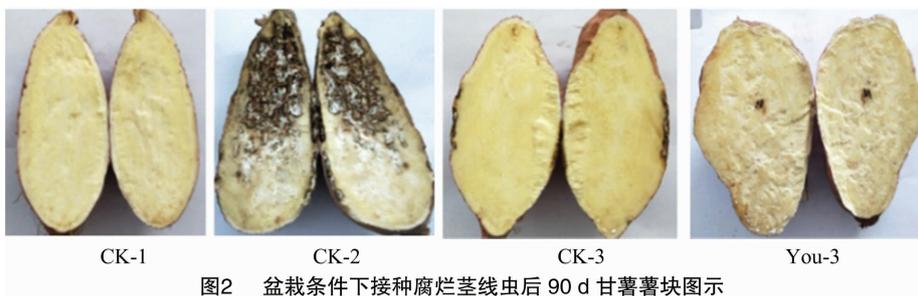


图2 盆栽条件下接种腐烂茎线虫后 90 d 甘薯薯块图示

处理 200、300、400 g/盆薯块发病率和病情指数分别降低 38.89 ~ 60.00 百分点、55.00% ~ 84.00%，防治效果可达 45.83% ~ 81.67%，以油菜处理 400 g/盆效果最佳，发病率 23.33%，病情指数 13.33，防治效果在 80% 以上，与 CK-3 处理(化学杀线剂对照)防治效果相当。大田试验结果表明，甘薯复种油

菜、噻唑磷减量 20% + 油菜及噻唑磷减量 40% + 油菜处理薯块发病率和病情指数较对照分别降低 33.09 ~ 39.69 百分点、72.48% ~ 78.30%，防治效果可达 72.55% ~ 78.30%，以噻唑磷减量 20% + 油菜处理效果最佳，发病率 26.81%、病情指数 17.90，防治效果可达 75% 以上。

表4 高硫苷油菜对甘薯茎线虫病的防治效果

试验	处理	发病率 (%)	病情指数	防治效果 (%)
盆栽试验	CK-1			
	CK-2	83.33 ± 6.67a	83.33 ± 0.17a	
	CK-3	15.00 ± 7.64b	8.33 ± 0.04b	88.33 ± 6.01a
	You-1	44.44 ± 5.56ab	37.50 ± 0.07b	45.83 ± 23.20a
	You-2	27.78 ± 2.78b	18.75 ± 0.04b	72.92 ± 11.60a
	You-3	23.33 ± 1.67b	13.33 ± 0.01b	81.67 ± 5.83a
大田试验	对照	66.50 ± 2.04a	82.50 ± 2.50a	
	甘薯复种油菜	33.41 ± 4.62b	22.70 ± 2.79b	72.55 ± 1.11a
	噻唑磷减量20% + 油菜	26.81 ± 2.23b	17.90 ± 1.71b	78.30 ± 1.85a
	噻唑磷减量40% + 油菜	29.57 ± 2.00b	21.00 ± 4.16b	74.44 ± 5.81a

### 2.3 高硫苷油菜对甘薯生物量的影响

由表5可知,高硫苷油菜能显著促进甘薯地上部和地下部生长。盆栽试验结果表明,与CK-2处理(线虫对照)相比,油菜处理200、300及400 g/盆单株薯蔓质量、单株鲜薯质量、单株结薯数分别增加233.86%~461.17%、37.28%~127.48%、76.92%~230.77%,以油菜处理400 g/盆时薯蔓增质量最为明显,地下部产量最高,结薯数可达到

CK-3处理(化学杀线剂对照)水平。大田试验结果表明,与对照相比,甘薯复种油菜、噻唑磷减量20%+油菜及噻唑磷减量40%+油菜处理单株薯蔓质量、单株鲜薯质量、单株结薯数分别增加71.21%~82.05%、75.73%~87.70%、88.46%~103.85%,以噻唑磷减量20%+油菜处理效果最佳,单株薯蔓质量514.1 g、单株鲜薯质量641.2 g、单株结薯数5.3个。

表5 高硫苷油菜对甘薯生物量的影响

试验	处理	单株薯蔓质量 (g)	单株鲜薯质量 (g)	单株结薯数 (个)
盆栽试验	CK-1	649.7 ± 2.07a	470.8 ± 2.89a	5.7 ± 0.33a
	CK-2	82.4 ± 1.82e	141.9 ± 0.96f	1.3 ± 0.33d
	CK-3	500.8 ± 3.40b	372.6 ± 1.59b	4.7 ± 0.33ab
	You-1	275.1 ± 2.74d	194.8 ± 2.17e	2.3 ± 0.33cd
	You-2	452.3 ± 3.37c	308.2 ± 3.98d	3.7 ± 0.33bc
	You-3	462.4 ± 3.33c	322.8 ± 2.72c	4.3 ± 0.33ab
大田试验	对照	282.4 ± 4.20c	341.6 ± 14.64b	2.6 ± 0.25b
	甘薯复种油菜	483.5 ± 5.72b	600.3 ± 18.38a	4.9 ± 0.61a
	噻唑磷减量20% + 油菜	514.1 ± 8.07a	641.2 ± 8.39a	5.3 ± 0.36a
	噻唑磷减量40% + 油菜	500.3 ± 11.36ab	627.5 ± 7.63a	5.0 ± 0.46a

### 3 讨论与结论

针对甘薯茎线虫病生产上主要以农业防治和化学防治为主,农业防治如培育抗病新品种、轮作倒茬、深翻晒土等。但由于国内缺乏高抗甘薯品种,且腐烂茎线虫寄生范围十分广泛,因此农业防治的效果并不理想。化学杀线剂不仅造成环境污染,还易诱发线虫产生抗性,因而可选择的杀线剂品种十分有限。随着人们对食品安全重视程度的

不断提高,生物防治以其无污染、无公害、长效等优点在甘薯茎线虫病综合治理中显示出越来越重要的地位<sup>[15-16]</sup>。

植物体内含有多种天然有效活性成分可抑制或毒杀线虫,因而植物源杀线剂是甘薯茎线虫病生物防治的研究重点之一。美国、印度、墨西哥等国家有关天然杀线活性物质对寄生线虫防效的研究起步较早且成果显著,很多植物化合物已经商品化生产,我国在这方面明显落后。目前研究报道具有

杀线虫或使线虫致病活性的植物约有 300 余种<sup>[17]</sup>, 防治对象涉及根结线虫、胞囊线虫、松材线虫等多种植物寄生性线虫, 但关于甘薯茎线虫的研究很少。Handiseni 等发现, 十字花科植物种子提取液(油菜、芥菜、白芥)能显著降低狗牙根中根结线虫的数量, 并通过大田应用得到进一步验证<sup>[18]</sup>。Soheili 等发现, 油菜植株组织可显著抑制土壤和寄主植物中根结线虫活性, 降低繁殖系数, 促进番茄和土豆植株生长, 提高果实产量和品质, 建议可将油菜与番茄等易感线虫的作物进行轮作<sup>[19-20]</sup>。闫磊等发现, 银杏、马樱丹和曼陀罗植物提取物对甘薯茎线虫均有较强的毒性, 其中银杏和马樱丹的杀线虫活性都在 90% 以上<sup>[21]</sup>。本研究发现, 利用生物熏蒸技术, 高硫苷油菜晋黄芥能明显抑制腐烂茎线虫对甘薯茎部和薯块的侵染, 降低发病率和病情指数, 对甘薯茎线虫病防治效果显著, 且可促进地上部和地下部的生长。因此, 对于甘薯茎线虫病发病严重的地块, 可考虑采用轮作、间作、套种等方式种植高硫苷油菜作为绿肥, 并适时榨汁、入土、捂青。不仅能有效控制茎线虫病的发生, 而且可大大减少化学合成农药的用量, 对改善土壤结构、提高作物产量也大有裨益。

硫苷存在于植物亚细胞区室中被多价螯合, 化学性质稳定、无生物活性, 而黑芥子酶分布在液泡中, 只有当植物组织受到破坏(如机械损失、害虫侵袭、自然腐败降解等)时, 硫苷才能与黑芥子酶发生作用从而产生抑菌抗虫类生物活性物质异硫氰酸酯<sup>[22-24]</sup>。因此, 如何最大限度地使材料中硫苷水解成异硫氰酸酯, 增强硫苷及降解产物对甘薯茎线虫病的生防效果, 还有待进一步研究。

#### 参考文献:

[1] 秦 楨, 李爱贤, 侯夫云, 等. 甘薯贮藏根淀粉代谢相关基因表达分析[J]. 山东农业科学, 2019, 51(11): 8-12.

[2] 王 欣, 李 强, 曹清河, 等. 中国甘薯产业和种业发展现状与未来展望[J]. 中国农业科学, 2021, 54(3): 483-492.

[3] 张勇跃, 刘志坚, 孟凡奇, 等. 不同抗性甘薯品种在茎线虫病区的田间表现[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(7): 161-162, 170.

[4] 王凌云, 王 萌, 解晓红, 等. 甘薯茎线虫病研究进展[J]. 山西农业科学, 2018, 46(7): 1211-1215.

[5] Kirkegaard J, Sarwar M. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas[J]. Plant and Soil, 1998, 201: 71-89.

[6] Meyer S L F, Zasada I A, Rupprecht S M, et al. Mustard seed meal for management of root-knot nematode and weeds in tomato

production[J]. HortTechnology, 2015, 25(2): 192-202.

[7] Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al. Brassicaceae-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: a synopsis[J]. Crop Protection, 2016, 80: 21-41.

[8] Wright A J, Back M A, Stevens M, et al. Evaluating resistant Brassica trap crops to manage *Heterodera schachtii* (Schmidt) infestations in eastern England[J]. Pest Management Science, 2019, 75(2): 438-443.

[9] Ghosh P. Nematode population and activity under varying cropping ratio of wheat and mustard in Central Himalayan Agro Ecosystem[J]. International Journal of Agriculture Innovations and Research, 2015, 4: 11-16.

[10] Liu Y B, Li J S, Stewart C N Jr, et al. The effects of the presence of *Bt*-transgenic oilseed rape in wild mustard populations on the rhizosphere nematode and microbial communities[J]. Science of the Total Environment, 2015, 530/531: 263-270.

[11] 文学飞, 潘前颖, 潘幸来. “绿肥绿药美土嘉禾”农田生态新技术[J]. 园艺与种苗, 2011, 31(4): 118-121.

[12] Shepherd A M. Laboratory methods for work with plant and soil Nematodes[J]. Indian Journal of Nematology, 1987, 17(1): 154.

[13] 马代夫, 李洪民, 谢逸萍, 等. 甘薯抗茎线虫病品种的选育[J]. 作物杂志, 1997(2): 15-16.

[14] 谢逸萍, 王 欣, 李洪民, 等. 甘薯茎线虫病抗侵入和抗扩展资源评价[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(1): 136-139.

[15] 马 娟, 王容燕, 李秀花, 等. 甘薯对马铃薯腐烂茎线虫趋化性的影响[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(1): 141-147.

[16] 高 冲, 王 恳. 甘薯茎线虫病防治措施研究进展[J]. 现代农业科技, 2018(19): 150-152.

[17] 舒 洁, 张仁军, 梁应冲, 等. 植物源与微生物源生物制剂复配防治根结线虫病[J]. 生物技术通报, 2021, 37(7): 164-174.

[18] Handiseni M, Cromwell W, Zidek M, et al. Use of brassicaceous seed meal extracts for managing root-knot nematode in bermudagrass[J]. Nematropica, 2017, 47(1): 55-62.

[19] Soheili A. Suppression of Brassicaceae tissue on *Meloidogyne javanica* in a rhizosphere[J]. International Journal of Agriculture and Biology, 2017, 19(5): 1012-1018.

[20] Daneel M, Engelbrecht E, Fourie H, et al. The host status of Brassicaceae to *Meloidogyne* and their effects as cover and biofumigant crops on root-knot nematode populations associated with potato and tomato under South African field conditions[J]. Crop Protection, 2018, 110: 198-206.

[21] 闫 磊, 肖 婷, 牛洪涛, 等. 不同植物提取物对马铃薯茎线虫的活性筛选[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2008, 39(2): 223-228.

[22] Angus J F, Gardner P A, Kirkegaard J A, et al. Biofumigation: isothiocyanates released from brassica roots inhibit growth of the take-all fungus[J]. Plant and Soil, 1994, 162(1): 107-112.

[23] Smolinska U, Morra M J, Knudsen G R, et al. Isothiocyanates produced by Brassicaceae species as inhibitors of *Fusarium oxysporum*[J]. Plant Disease, 2003, 87(4): 407-412.

[24] 丁 艳. 油菜籽饼粕中异硫氰酸酯的酶法富集和提取及其抑菌活性的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.