中国农学通报 2010,26(21):324-328

Chinese Agricultural Science Bulletin

不同储藏时间的土壤修复剂抑制根结线虫初步效果评价

田雅婷1，王玟琦 2，刘奇志1，周海鹰 1，谢 娜 1，王 泽1

(1中国农业大学 农学与生物技术学院/农业部生物防治重点开放试验室，北京100193；  
2中国农业大学 食品科学与营养工程学院/农业部农产品质量监督检验测试中心，北京100083)

摘 要：为确定土壤修复剂的有效储藏时间，在试验室条件下从'千秋1号’黄瓜幼苗的每10 cm根系长度 的根瘤数量、根数目、根总长、叶片面积、地上重几个方面评价了不同储藏时间的土壤修复剂对南方根结 线虫*(Meloidogyn incognita)*的抑制效果和对黄瓜生长的促进效果。结果显示：与线虫对照相比，储藏1 周和*14*周的土壤修复剂使生长*20*天的黄瓜根瘤数减少*72.82%*，根总长增长*200%*以上，各处理间无极 显著差异；储藏*14*周的土壤修复剂可使黄瓜根的数量增多*178.15%*，其结果与储藏*1*周和*42*周的无极显 著差异；储藏*14*周的土壤修复剂还可使生长*20*天的黄瓜地上部增重*30.19%*，叶片面积增加*113.12%*，极 显著优于储藏*1*周、*16*周、*37*周和*42*周的土壤修复剂。经估算，每棚使用储藏*14*周的土壤修复剂可增产 黄瓜1750 kg,增加收入3500元。

关键词：土壤修复剂；储藏时间；南方根结线虫；黄瓜；根瘤；产量估算

中图分类号:S482.5+1 文献标志码:A 论文编号：2010-1527

Evaluation of different storage period of soil amendment effect on suppressing root-knot nematode  
(*Meloidogynincognita*)

Tian Yating1, Wang Minqi2, Liu Qizhi1, Zhou Haiying1, Xie Na1, Wang Ze1

(1K e y L ab o r at o r y fo r Bi o l og i c al C on t r ol o f M i n istr y of A gric u l tu r e /L ab o r ato r y o f En t o m o l og y a n d

N e m ato l o gy - LE N , Co l l e ge o f A g ric u l t u r e an d B i otec h n o l og y , C hin a A g ric u l t ur a l U niv e r s i ty , Be i j i ng 1 00 19 3 ；

2 Cen t er o f Ag r i c u l t u ra l M i n i stry f or F oo d Q u a l i t y Su per v i s i on an d In s p ec t i o n / C o l l eg e of F ood Sc i e nc e an d

N u t ritio n E ng i n ee r i ng , Ch i na Ag r i c ul t u ra l Un i v ers i t y , B eijin g 1 0 00 83 )

Abstract: To determinate the effective storage period of soil amendment (SA, developed by the laboratory of Entomology and Nematology-LEN) on cucumber growth promotion and on root-knot nematode (Meloidogyn incognita) suppression, the evaluation was carried out in laboratory related to cucumber (Qianqiu 1 variety) leaf total area, seedling weight above the ground, number of fibrous root and total length and the number of root-knot/10 cm root length. The results demonstrated that comparing with the nematode control, stored 14 weeks'SA could increase 113.12% cucumber leaf area, 30.19% seedling weight after 20 days'growth, which were significant higher than those of SA stored for 1, 16, 37 and 42 weeks. The 14-week SA could also increase 178.15% number of fibrous roots. There was no significant difference with that of 1 week and 42-week SA. After 1 or 14 week storage, SA could increase more than 200% the total length of fibrous roots and decrease 72.80% the number of root knots. There was no significant difference among the SA in different storage period. In brief, 14-week storage was the best period for SA store.

Key words: soil amendment; storage time;*Meloidogyneincognita*; cucumber; root nodule; yield estimation

基金项目：国家科技部863课题“昆虫线虫修复生物污染土壤技术探索”2006AA06Z354）。

第一作者简介：田雅婷，女，1984年出生，内蒙古呼和浩特人，硕士，从事蔬菜根结线虫生物防治研究。 通讯作者：刘奇志，女，教授，主要从事以昆虫、线虫为基础的有害生物综合治理研究。 E-mail：lqzzyx126@126.com。 收稿日期：2010-05-17，修回日期：2010-08-18。

0 引言 线虫是一类两侧对称、具有三胚层的假体腔的无 脊椎动物。在自然界里，线虫种类繁多，据估计约有 50万~100万种，在种类和数量上仅次于昆虫。而植物 线虫的种类约占整个线虫的10%，有200多属5000余 种［1］。据研究，引起蔬菜根结线虫病的线虫主要有4个 种，即南方根结线虫（*Meloidogyne incognita）*、北方根 结线虫（*M hapla）、*爪哇根结线虫*（M. j'avanica）*和花生 根结线虫（*M arenan'a*）［2-4］,尤其是南方根结线虫的发 生面积大、危害的蔬菜种类多*［3,5-8］*。根结线虫 （*Meloidogyne spp.* 、寄主超过 *3000* 种植物，遍及粮食、 油料、纤维、烟草、茶叶、果树、蔬菜、药材、花卉等作物。 尤其对茄科、葫芦科、十字花科等植物，根结线虫引起 的病害造成的年损失率少则 *10%*，多则*30%~50%［9-12］*。 特别是温室大棚连年种植相同作物导致的连作重茬， 根结线虫引起的病害更加严重，连续种植*2~3*年的温 室大棚，病棚率达*60%*以上，病株率 *25%*左右，种植*4* 年以上的大棚，病棚率达到 *90%*以上，病株率达到 *30%~0%*，高的可达到*75%［9-12］*。

黄瓜属于高度感病蔬菜*［13］*，对根结线虫的影响反 应尤为明显。黄瓜在受到根结线虫侵染后，根系形成 非常明显的根结，严重时根结不仅成串显现，甚至出 现复合型大串的根瘤，可见在局部几个根瘤聚集在一 起，难以分别根结的数目。在此状况下，黄瓜的生长 严重受到影响，黄瓜产量明显下降，甚至绝收。试验 结果显示，根结线虫侵染后，黄瓜生长比较缓慢，植株 矮小，叶片干重、茎干重减少*［14］*。根结线虫的侵染对 黄瓜根系有比较明显的影响。由于根结的形成，破坏 了根系的正常结构，根系活力下降，使根系吸收能力 受到了一定的影响，同时，黄瓜叶片光合能力减弱，阻 碍了黄瓜的生长，从而造成黄瓜的减产*［15］*。根结线虫 造成黄瓜的损失高达*30%~50%*，严重时减产*60%*以 上甚至绝收*［16］*。

目前根结线虫的药剂防治常采用传统的高毒、高 残留的有机磷和氨基甲酸酯类化学杀线剂，如涕灭威、 苯线磷、硫环磷等，这些杀线剂不但污染环境，还威胁 人畜安全健康，而且效果不理想，并且线虫易产生抗药 性。在此状况下，低毒、低残留的生物杀线剂的研发和 应用显得十分重要。

中国农业大学昆虫线虫学试验室研制的土壤修复 剂所含有的昆虫蛋白、脂肪、微量元素等物质是复合微 生物的优良基质，利于土壤微生物种群数量扩增和种 类多样化，进而利于土壤营养物质的补充和植物毒素 的降解，同时利于土壤中食细菌线虫、食真菌线虫、杂 食捕食线虫等有益的土壤线虫类群种群数量的扩增， 以此抑制污染生物的种群数量，减少土壤中植物线虫 的种群数量，特别是根结线虫的数量，从而修复被植物 线虫等有害生物污染的土壤*［12,17］*。

不同稀释倍数的土壤修复剂对温室番茄土壤中根 结线虫数量及其侵染根系几率的动态影响已有报道*［12］*， 其稀释倍数和施用量的研究结果已经明确，但修复剂 配制后可以在常温下存放多长时间尚未进行研究。为 此，该文对配制后不同储藏时间的土壤修复剂抑制根 结线虫的危害、促进黄瓜幼苗生长等指标进行了评价， 以明确土壤修复剂在常温下的有效存放时间。 1 材料与方法

*1.1* 试验材料

土壤修复剂由中国农业大学昆虫线虫学试验室配 制*［12］*。黄瓜品种为千秋*1* 号，北京食根种业有限公司 生产，种子商店购买。南方根结线虫为该试验室纯化 后继续扩繁的虫源。72孔穴（12孔x6孔）育苗盘花卉 市场购买。穴盘大小为28cmx53cm,穴口大小 3.8 cmx3.8 cm,穴底大小 2.0 cmx2.0 cm,穴深3.8 cm。

1. 试验方法
2. 试验设计 试验共设清水对照（仅施清水、不加线 虫）、根结线虫对照（加线虫并施清水）和5个不同储藏 时间的土壤修复剂处理（加线虫并施不同储藏时间的 土壤修复剂）。常温下土壤修复剂的不同储藏时间分 别为1周、14周、16周、37周和42周。每处理或对照12 个重复,每株黄瓜为 1 个重复。
3. 试验方法 根据该试验设计的各处理和对照,在 准备好的育苗盘中,每穴分别装入试验室存放的2008 年种植过桃苗的根际重茬土壤40 mL,使土壤含水量 保持在20%~30%之间。

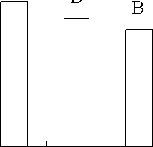
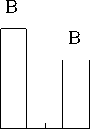
待黄瓜种子出芽后,用小木棍在每个装有土壤的 种植穴中央扎孔,孔深约1.8 cm,直径约0.5 cm,将刚 出芽的黄瓜种子放入孔中,之后（除清水对照外）用移 液枪将根结线虫（4条/mL 土壤）注入孔中（160条/穴）, 用穴内周围土填孔。然后根据试验设计,在每个处理 的穴内分别施入不同储存时间、稀释125倍的土壤修 复剂10 mL,对照的穴内施入等量清水。最后在其上 覆少量穴内土。

将播种和处理完毕的育苗盘放入光照培养箱中培 养20天。光照培养箱设定周期为:每天28七温度下光 照14 h,20七温度下黑暗10 h。20天后小心取出整株 幼苗,测量记录幼苗的叶片总面积、地上部重量、须根 总数、根系总长、每10 cm根系长度根瘤数目。叶片总 面积采用方格纸法［18］进行测量。用SPSS11.5软件进行数据统计分析。

1. 结果与分析

2.1 不同储藏时间土壤修复剂对黄瓜幼苗根瘤数每 10 cm根长度

用每10 cm根长的根瘤个数可以反映出根结线虫 的危害程度，进而反映出各土壤修复剂对根结线虫污 染的土壤的修复效果。图1表明，不同储藏时间的土 壤修复剂处理的黄瓜，每10 cm根长的幼苗根瘤个数 都在10个以下，最少的4个（储藏14周处理），最多的9 个（储藏16周处理）。方差分析显示，各处理间无极显 著差异。线虫对照的是16个根瘤/10 cm根长,与各处 理的差异极显著（图1）。

C1 T1 T2 T3 T4 T5

18.00

16.00

14.00

12.00

10.00

8.00

6.00

4.00

2.00

0.00

B

C1：线虫对照；T1：储藏1周的修复剂；T2：储藏14周的修复剂；T3：储 藏16周的修复剂；T4：储藏37周的修复剂；T5：储藏42周的修复剂。 以下同。

图 **1** 不同储藏时间的土壤修复剂对黄瓜幼苗

根瘤数目**/10cm**根长度的影响

* 1. 不同储藏时间的土壤修复剂对黄瓜幼苗根数目的 影响

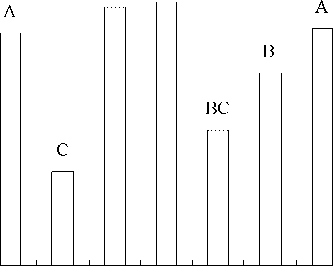
图2显示，储藏1周、14 周和42周的土壤修复剂 对根系的作用效果极显著高于线虫对照，平均每株黄 瓜幼苗的根数目分别为17.83条、18.08条和16.25条 与线虫对照的（6.50条）差异极显著，而与清水对照的 16.00 条）无显著差异。

* 1. 不同储藏时间的土壤修复剂对黄瓜幼苗根系总长 的影响

平均每株黄瓜幼苗的根系总长与根数目的趋势 相近。储藏1周和14周的土壤修复剂对根系的作用 效果极显著高于线虫对照，平均每株黄瓜幼苗的根总 长分别为45.91 cm和49.58 cm（图3）,极显著高于线虫 对照的根系总长（16.32cm）,是线虫对照的3倍左右。 但极显著低于清水对照的根系总长（70.42 cm）。 2.4不同储藏时间土壤修复剂对黄瓜幼苗地上部重量 的影响

图 4表明，储藏14周的土壤修复剂对黄瓜幼苗地 上部重量的作用效果最佳，生长20天的幼苗地上部分 重为0.69 g，极显著重于线虫对照的（0.48 g）和清水对 照的地上部分重量（0.53 g）。其他供试储藏时间的土 壤修复剂对幼苗地上部重量与线虫对照的和清水对照 的无极显著差异。

2.5 不同储藏时间土壤修复剂对黄瓜幼苗叶片总面积 的影响

图 5 表明，储藏14周的土壤修复剂处理的黄瓜幼 苗叶片总面积为&61 cm2,效果极显著大于其他的处 理和对照。其他各储藏时间的土壤修复剂处理的黄瓜 幼苗叶片总面积无显著差异，并且与线虫对照的以及

20.00

18.00

16.00

0

.0

8

4.00

2.00

0.00

AA

C1 C2 T1

T2 T3 T4 T5

80.00

70.00

60.00

50.00

40.00

30.00

20.00

10.00

0.00

D

A

C

CD

CD

C2 T11 T2 T3 T4 T5

图 **2** 不同储藏时间的土壤修复剂对黄瓜幼苗  
须根数目的影响

图 **3** 不同储藏时间的土壤修复剂对  
黄瓜幼苗根总长的影响

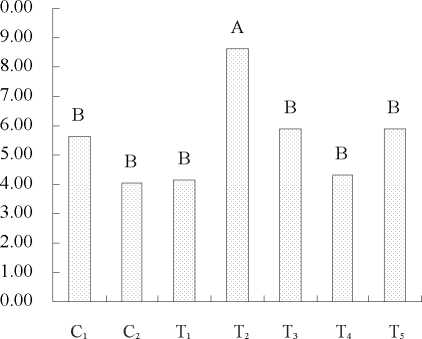
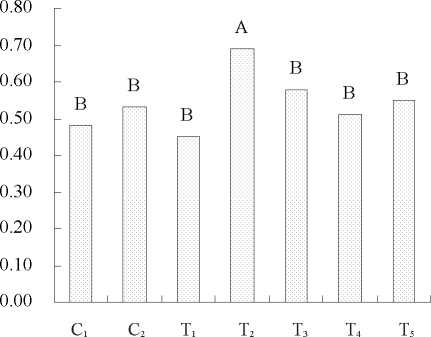
清水对照的也无极显著差异。

图 **4** 不同储藏时间的土壤修复剂对黄瓜 地上部重量的影响

日\*刪S斗耳

飞 3®E頑-w-fr

图 **5** 不同储藏时间的土壤修复剂对黄瓜幼苗叶片 总面积的影响

2.6 不同储藏时间土壤修复剂对黄瓜增产效果估算

根据文献有关叶片面积与产量关系的报道［19］,将 该试验20天时的叶片面积换算为60天时的叶片面积, 继而推算出每株的产量。结果见表1。

表1显示,与线虫对照相比,清水对照的和该试验 室研制的土壤修复剂在供试的储藏时间内都可以使黄 瓜有不同程度的增产。储藏14周的土壤修复剂使黄 瓜的增产幅度最大,每株比线虫对照的增产约0.5 kg, 是清水对照的2倍以上。储藏16和42周的土壤修复 剂使黄瓜增产的幅度与清水对照的相当,每株比线虫 对照的增产约0.25 kg。

如果按每个温室大棚栽种3500株黄瓜计算,每棚 使用储藏14周的土壤修复剂可以增产黄瓜1750 kg, 按平均每斤黄瓜批发价1.0元计算,则每棚可以增加收 入 3500 元。

产量增加量=清水对照或处理的产量-线虫对照的 产量。

增产百分率=（［ 清水对照或处理的产量-线虫对照 的产量）/线虫对照的产量］x100%。

1. 结论

经储藏14周的土壤修复剂处理的黄瓜幼苗和其 他处理的相比，每10 cm的根瘤个数减少，根数目、根 总长、地上部重量、叶片总面积显著增加。

经储藏14周的土壤修复剂处理的黄瓜幼苗根瘤 个数减少12 个/10 cm（与线虫对照比），减少率为 72.82%；根数增加11.58条,增加率为178.15%；根总长 增长33.26 cm,增长率203.8%；地上部增量0.16g,比线 虫对照的增加30.19%；叶片总面积比线虫对照的增大 4.57cm2,增长率为113.12%。因此，土壤修复剂储藏 14 周为最佳存放时间。

每棚使用储藏14周的土壤修复剂估计增产黄瓜 1750 kg,按平均每斤黄瓜批发价1.0元计算，则每棚可 以增加收入3500元。

| 处理 | 20天与60天叶片面积  换算值/（cm2/株） | 基于20天叶片面积的  60天产量估算/（g/株） | 与线虫对照比产量增加量/（g/株） | 产量增加率/% |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 240.8=5.6x43 | 701.5=(709.4x240.8)/ 243.5 | 200.4 | 40 |
| C2 | 172.0=4.0x43 | 501.1=(709.4x172.0)/243.5 | - | - |
|  | 180.6=4.2x43 | 526.2=(709.4x180.6)/243.5 | 25.1 | 5 |
| T2 | 369. 8=8.6x43 | 1077.4=(709.4x369.8)/ 243.5 | 576.3 | 115 |
| T3 | 253.7=5.9x43 | 739.1=(709.4x253.7)/243.5 | 238 | 47.5 |
| T4 | 184.9=4.3x43 | 538.7=(709.4x184.9)/243.5 | 37.6 | 7.5 |
| T5 | 253.7=5.9x43 | 739.1=(709.4x253.7)/243.5 | 238 | 47.5 |

表 **1** 黄瓜幼苗 **20** 天与 **60** 天叶片面积换算及产量估算

注: C1：清水对照；C2：线虫对照；T1：储藏1周的修复剂；T2：储藏14周的修复剂；T3：储藏16周的修复剂；T4：储藏37周的修复剂；T5：储藏42 周的修复剂。

1. 讨论 该试验室的早期研究发现，田间作物增施有机肥 可以降低植物线虫的数量[20]。在此基础上，该试验室 研制了的新药肥(即该研究中的土壤修复剂)并用于温 室黄瓜根结线虫的防治，结果显示该制剂可以明显降 低根结线虫的种群数量，不仅如此，还能增加土壤速效 磷和速效钾的含量[21]。与此同时，该试验室还在黄瓜温 室进行了使用剂量的田间效果研究，结果显示每株用 稀释125倍的土壤修复剂、每次施用500 mL能最有效 地抑制根结线虫，种群数量可以控制在30条/100 mL 土以下，并且使根系的根结率减少至40%以下，同时能 促进有益的小杆线虫*(RiabditisJ Oscheius)*spp.)种群 扩增[12]。该次研究则显示，穴盘、生长箱条件下的黄瓜 幼苗经储藏14周的土壤修复剂处理，每10 cm的根瘤 个数减少，须根数目、根总长、地上部重量、叶片总面积 显著增加(与其他储藏时间的处理及对照相比)。至 此，该试验室对其研制的土壤修复剂在田间抑制根结 线虫的施用技术进行了较为全面的研究，但仍需田间 重复验证，尤其是储藏时间部分，仅进行了穴盘条件下 的研究，需要在田间进一步证实。

该研究结果显示(图2)，储藏42周的土壤修复剂 仍保持着促进黄瓜根系生长的作用，并且效果极显著 高于储藏16周和37周的效果，表明土壤修复剂可以储 藏至42周。

至于为什么储藏42周的土壤修复剂效果最佳，为 什么储藏16周和37周的土壤修复剂对黄瓜幼苗根系 生长的作用效果尚不如42周的效果，都有待进一步研 究确定。另外，储藏的最佳时间仍需要进一步细化研 究，以便更有效地指导田间使用。

参考文献

1. 冯志新•植物线虫学[M].北京:中国农业出版社,2001.
2. 秦公伟,李丽霞,王富,等.汉中蔬菜根结线虫种类的同工酶酶谱鉴 定J] •陕西理工学院学报:自然科学版,2009,25(4):37-40.
3. 毛琦，张荣，张小艳，等•陕西省温室蔬菜根结线虫的种类鉴定J] •西 北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(8):135-138.
4. 李江波,胡艳红,冯纪年.洛阳温室蔬菜根结线虫的初步鉴定及其 毒力测定J] •安徽农业科学,2008,36(36):15827-15828.
5. 张博，王会利,慕立义•蔬菜根结线虫的发生与防治J] •农药,2002,43 (9):4-5.
6. 樊颖伦，张维国，吕山花，等•山东保护地蔬菜根结线虫种类鉴定J]. 华北农学报,2009,24(增刊):262-264.
7. 董炜博,石延茂,李荣光,等.山东省保护地蔬菜根结线虫的种类及 发 生 [J].莱阳农学院学报,2004,21(2) :106-108.
8. 樊颖伦,吕山花,孙晓,等.山东聊城保护地蔬菜根结线虫种类鉴定 [J].北方园艺,2008(3):214-216.
9. 孙从法，潘兆福,董勤成•黄瓜根结线虫病的综合防治技术J] •北方 园艺,2002,(5):67-68.
10. 张博,会利,慕立义，等•蔬菜根结线虫的发生与防治J] •农药,2002, 43(9):4-5.
11. 崔林开，胡艳红，郭岩，等•蔬菜根结线虫生物防治研究进展J] •安徽 农业科学,2006,34(22):5907-5908.
12. 谢德燕,刘奇志,王建魁,等.根结线虫污染的温室番茄土壤修复-土 壤修复剂稀释倍数筛选J] •中国农学通报,2008,24(10):457-461.
13. 廖月华,陈须文,黄文生.蔬菜对番茄、黄瓜、芹菜、茄子病原根结线 虫的抗性试验[J] •江西植保,1995,18(1):14-16.
14. 李文超,王秀峰.根结线虫对日光温室黄瓜微量元素含量的影响 [J].中国农学通报,2006,15(2):91-95.
15. 邹金环，张爱萍•根结线虫对日光温室黄瓜生长和品质的影响[J]. 北方园艺,2007(11):197-199.
16. 刘庆安,甘立军,夏凯.茉莉酸甲酯和水杨酸对黄瓜根结线虫的防 治 [J] •南京农业大学学报,2008,31(1):141-145.
17. 刘奇志,边勇,谢文闻,等.甘肃天水麦田土壤线虫种群结构与土壤 健康指数初探[J].西北农业学报,2006,15(2) :81-84.
18. 李秀启，李晓林，李颜，等•黄瓜叶面积测量方法的评价J] •长江蔬菜, 2008,6b:71-73.
19. 任志雨,贺超兴,李树和,等.丛枝菌根真菌对有机栽培黄瓜生长、产 量和品质的影响[J].华北农学报,2008,23(6):135-138.
20. 赵映霞,刘奇志,曹志平,等.培肥措施对植物线虫种群数量动态的 影响 J] •植物保护,2003,29(6):19-22.
21. 谢文闻,刘奇志,李洁,等.新药肥对温室黄瓜根结线虫和土壤氮磷 钾含量动态影响评价[J] •华北农学报,2005,20(增刊):259-262.