

溴甲烷土壤灭菌对大豆苗期根系生长的影响

阮维斌¹, 王敬国¹, 张福锁^{1*}, 李小鸣², 王玉峰², 宿庆瑞²

(1. 中国农业大学植物营养系, 北京 100094; 2. 黑龙江省农业科学院土壤与肥料研究所, 哈尔滨 150086)

摘要: 利用溴甲烷田间土壤灭菌, 研究灭菌对正茬、重茬大豆苗期根系生长和产量的影响。试验结果表明, 灭菌处理后重茬(连续种植 3a)地大豆根系生长良好, 根系形态明显改善, 总根长、主根长、植株鲜重和根瘤数增加、孢囊线虫孢囊数为 0。而灭菌处理后, 正茬地大豆根系前期生长受到一定抑制, 主根长、总根长、植株鲜重和侧根数有降低的趋势, 但随时间推移, 抑制幅度降低。溴甲烷处理促进大豆结瘤。灭菌后, 重茬大豆与正茬大豆根系生长差异减少。溴甲烷灭菌处理可作为克服大豆连作障碍问题措施之一。

关键词: 大豆; 溴甲烷; 灭菌; 连作障碍。

Effect of sterilization with CH_3Br on root growth of soybean seedlings

RUAN Wei-Bin¹, WANG Jing-Guo¹, ZHANG Fu-Suo¹, LI XIAO-Ming², WANG Yu-Feng², SU Qing-Rui² (1. Department of Plant and Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Institute of Soil and Fertilizer, Agricultural Academic of Heilongjiang, Harbin 150086, China)

Abstract: A field experiment was conducted to verify the effect of soil sterilization with CH_3Br on root and seedling growth of soybean (*Glycine max* (L.)) in both normal cropping and soybean continuous cropping for three years. The growth of continuous cropped soybean plants was significantly improved after sterilization, as indicated by the increase in root growth, nodule number, plant fresh weight, primary and total root length, and disappearance of cyst of soybean cyst nematode. The growth of normally cropped soybean crops was slightly inhibited after sterilization. Sterilization with CH_3Br would be an efficient measure for cultivation in continuous soybean cropped system.

Key words: Soybean, CH_3Br , Sterilization, Continuous cropping problem

文章编号: 1000-0933(2001)05-0759-06 中图分类号: S154.4, S565.1 文献标识码: A

生产中连作障碍较为普遍^[1], 如大豆、石刁柏、西瓜、黄瓜、豌豆、辣椒、水稻等均存在连作障碍问题^[2,3], 连作影响蔬菜、瓜类、药用植物、粮食作物等的生产。其中, 对大豆连作减产的原因有多种解释, 大豆孢囊线虫危害、根腐病发生、养分亏缺和土壤中有毒物质积累等均可能都起一定的作用^[4~8]。例如, 大豆重茬后, 真菌总数特别是病原菌数量增加、细菌数量下降, 从大豆根际土壤分离的真菌之一紫青霉菌 891, 接种其代谢产物 5mg/kg 就明显抑制大豆生长^[9]。常规灭菌, 改变土壤结构等环境因子, 使试验的结果受到一些人为外加因素的干扰, 且室内灭菌的结果, 与大田实际情况有一定的差异。本试验拟在田间条件下, 研究溴甲烷原位灭菌对正茬、重茬大豆根系生长的影响, 初步探讨大豆连作减产机理。

1 材料方法

1.1 试验地状况 黑龙江省农业科学院土肥所试验地, 正茬(1996 年、1997 年分别种植玉米、小麦), 重茬

基金项目: 国家重点基础规划研究(G. 1999011709)和国家自然科学基金(No. 39870488)资助项目

收稿日期: 1999-04-14; 修订日期: 2000-05-12

作者简介: 阮维斌(1972-), 男, 陕西人, 博士, 讲师。现在天津南开大学生命科学学院工作, 主要从事化学生态学研究。

* 通讯作者

- (1995 年、1996 年、1997 年分别种植大豆-大豆-大豆)。
- 1.2 供试土壤性状 土壤属典型黑土,有机质 2.83%,全 N 0.159%,速效 N 16.9mg/kg,速效 P 33mg/kg,速效 K 157mg/kg。
- 1.3 供试网袋 400 目尼龙网袋,直径为 8.2cm,高度分别为 23、30、37、50cm 圆柱型网袋。
- 1.4 供试品种及来源 黑农 38 号,由黑龙江省农业科学院大豆所提供。
- 1.5 土壤灭菌 将 0~30cm 耕层土松翻,搭上塑料拱棚用土密封,棚顶距地面 70cm 左右,将一专用锥形开起器放在一块 20×20cm² 塑料纸上,塑料纸放在较平整的地方,保证液体溴甲烷能缓慢的释放在空气中,然后沉入土体中,灭菌 72h 后,打开塑料拱棚,7d 后播种。
- 1.6 装袋及采样 大田灭菌后,分别从各处理区取土壤,按不同土壤层次装袋后。1998 年 4 月 29 日播种,分别在 6 月 6 日(播种后 22d,22days after planting,22DAP)、6 月 13 日(29DAP)、6 月 20 日(36DAP)、6 月 27 日(43DAP)采样。采样时将网袋周围的土取走,将网袋从土中取出放入一水池浸泡 30min,然后用淋浴喷头缓慢冲洗,直至将根系冲洗干净,对根系进行扫描制图。试验采用 4 次重复,共调查 4 次。
- 1.7 测定指标 样品收获后对根瘤数、孢囊数、主根长、总根长、侧根数、鲜重等指标进行调查,并在收获期进行考种。总根长的测定,采用十字交叉法, $L = \text{根鲜重} \times (a + b) \times 11 / (14 \times \text{取样量}) (\text{cm})$; L : 总根长 (cm), a 、 b 分别为根长系与纵向、横向的交叉点数。
- 1.8 本灭菌试验 1999 年进行年际重复试验,在黑龙江省农业科学院土肥所试验地轮作区进行,地理位置和土壤类型与 1998 年相同,正茬(1996 年、1997 年、1998 年分别种植玉米、小麦、小麦),重茬(1995 年、1996 年、1997 年、1998 年分别种植大豆-大豆-大豆-大豆)。灭菌方法与 1998 年相同,1999 年 5 月 6 日播种,1999 年 9 月 23 日收获,并进行测产。供试品种为合丰 25,试验设 4 次重复。文中图表中未标明年份的均为 1998 年数据,标明的为 1999 年数据。
- 1.9 所有数据均采用 SAS(1985)进行分析,平均值采用 LSD($P < 0.05$)进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 大豆根系孢囊线虫孢囊数

由表 1 中 36DAP 调查表明,无论正茬还是重茬,灭菌后均未在根系发现孢囊。重茬根系线虫孢囊数显著高于正茬处理。重茬灭菌处理与正茬处理差异显著,43DAP 有部分孢囊脱落,趋势与 36DAP 结果相同,灭菌使根系孢囊数量为 0。

表 1 溴甲烷灭菌对大豆根部孢囊线虫孢囊数的影响
(个/株)

Table 1 The number of SCN cysts in soybean root treated with CH₃Br(No per plant)

处理	播种后天数(DAP)			
	22	29	36	43
Treatment				
NRS	nd	nd	nd	nd
NR	nd	nd	1.5b ¹⁾	4.25b
RS	nd	nd	nd	nd
R	nd	nd	21.5a	13.25a

注 NRS、NR、RS、R 分别表示正茬灭菌、正茬、重茬灭菌、重茬(下同);1)字母相同者表示差异不显著,字母不同表示差异显著 Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

2.4 大豆主根长

各个时期调查表明重茬灭菌处理主根长均高于重茬处理(表 3)。与正茬灭菌处理几乎没有差异。22DAP 结果表明正茬主根长显著大于重茬。36DAP 结果表明,正茬灭菌处理的主根长低于正茬处理。随着时间的推移,差异逐渐减小甚至在 43DAP 超过后者,这表明灭菌处理初期对正茬大豆主根生长的抑制逐

2.2 大豆根系形态

图 1~图 4 为 36DAP 各处理大豆根系生长状况,重茬大豆根系生长最差,侧根长较短,二级侧根数很少,生物量较小。重茬灭菌与正茬大豆根系生长无明显的差别。22d、29d 和 43d 的根系生长调查结果有同样趋势。重茬根系生长比其它 3 个处理大豆根系生长差。前期似乎看到灭菌处理对正茬大豆有一定的抑制作用。随着时间推移,这种抑制作用逐渐消失。

2.3 大豆侧根数

灭菌对大豆侧根数的影响不明显。从表 2 可看出,与正茬处理相比,重茬处理各个时期侧根数均有减少的趋势。无论正茬还是重茬,灭菌后侧根数受到一定抑制,但差异不显著。

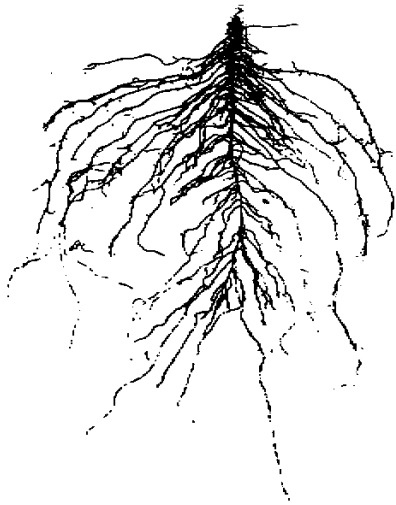


图 1 重茬大豆根系形态

Fig. 1 The root growth of continuous cropped soybean plants on 36 DAP

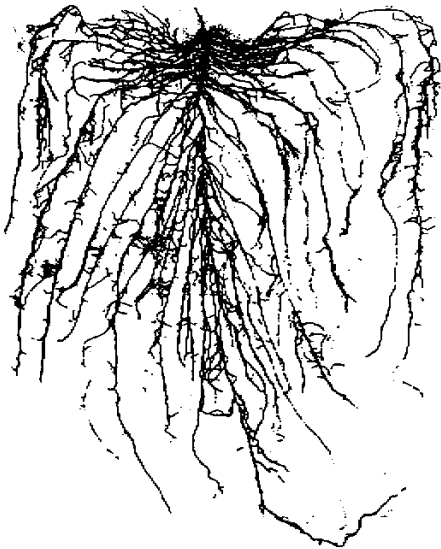


图 2 溴甲烷灭菌对重茬大豆根系生长的影响形态

Fig. 2 The effect of sterilization with CH_3Br on root growth of continuous cropped soybean plants on 36 DAP

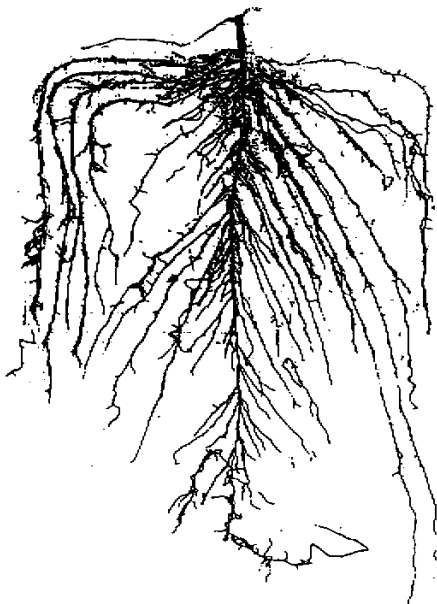


图 3 正茬大豆根系形态

Fig. 3 The root growth of normally cropped soybean plants on 36 DAP

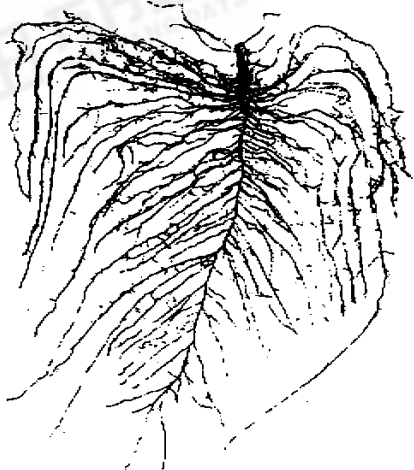


图 4 溴甲烷灭菌对正茬大豆根系生长的影响

Fig. 4 The effect of sterilization with CH_3Br on root growth of normally cropped soybean plants on 36 DAP

渐消失。重茬处理大豆主根生长受到抑制,灭菌后主根长有增加趋势。

表 2 溴甲烷灭菌对大豆侧根数的影响(条/株)

表 3 溴甲烷灭菌对大豆主根长的影响(cm)

Table 2 The number of soybean lateral roots in soil treated with CH ₃ Br(number per plant)					Table 3 The length of soybean primary root in soil treated with CH ₃ Br				
处理	播种后天数(DAP)				处理	播种后天数(DAP)			
	22	29	36	43		22	29	36	43
NRS	89.1a	92.4a	111.0a	134.3a	NRS	29.1ab	29.8a	26.3a	41.1a
NR	92.1a	105.3a	118.8a	145.8a	NR	31.2a	36.2a	37.3a	35.4a
RS	73.0a	84.5a	121.3a	118.8a	RS	29.0ab	37.0a	32.5a	38.6a
R	91.1a	98.3a	107.0a	126.5a	R	25.8b	30.2a	24.4a	32.2a

2.5 灭菌对大豆总根长的影响

由图 5 可知,灭菌对大豆根系影响很大。整个调查过程中重茬灭菌处理总根长一直大于重茬处理。22d (DAP) 结果表明,重茬大豆总根长低于重茬灭菌、正茬灭菌和正茬处理,且与正茬灭菌、正茬处理差异显著。29DAP 调查结果表明,重茬灭菌处理总根长是重茬处理的 183.1%,差异达到显著水平,而正茬灭菌处理总根长显著低于正茬处理。重茬灭菌处理总根长大于正茬灭菌处理。36DAP 结果表明,正茬处理总根长低于重茬灭菌处理,重茬灭菌处理显著高于正茬灭菌。43DAP 结果趋势相同,所有处理中重茬灭菌处理总根长最长,其中与正茬灭菌、重茬处理差异显著,重茬处理总根长仅是正茬未灭菌处理的 75.3%,正茬灭菌总根长比正茬处理总根长有所降低,与前期调查相比,二者之间的相差幅度降低。

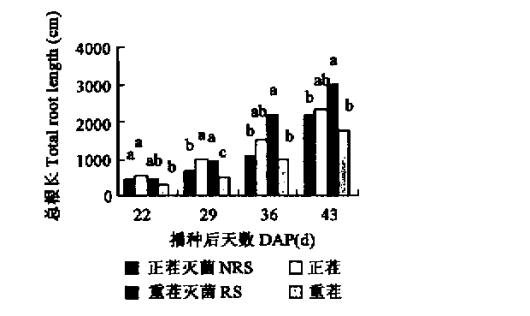


图 5 溴甲烷灭菌对大豆总根长的影响

Fig. 5 The total root length of soybean in soil treated with CH₃Br

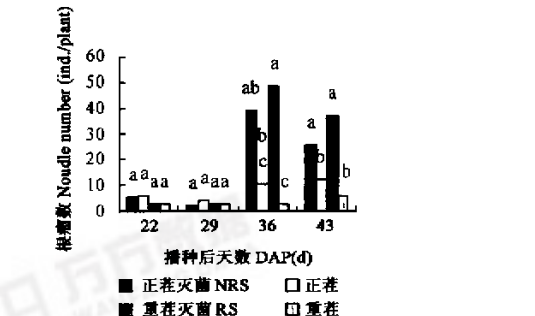


图 6 溴甲烷灭菌对根瘤数的影响

Fig. 6 The nodule number in soybean in soil treated with CH₃Br

2.6 根瘤数

由图 6 可知,22DAP 结果表明,无论灭菌还是不灭菌处理,正茬根瘤数高于重茬。而灭菌与不灭菌处理之间无差异。29DAP 的调查表明,各处理的根瘤数没有明显差异。26d(DAP)的结果表明重茬灭菌处理根瘤数为 48.7,而重茬未灭菌处理为 3.3,显著增加。正茬灭菌处理根瘤数比正茬处理增加,分别为 39.33、10.50,但由于变异系数大,差异未达到显著水平。正茬根瘤数高于重茬;灭菌处理,重茬根瘤数比正茬多,这可能由于灭菌后土壤环境更有利于根瘤菌繁殖和侵染大豆根系。43DAP 结果有同样趋势,无论正茬还是重茬,灭菌的根瘤数显著高于未灭菌处理。

2.7 灭菌对大豆鲜重的影响

由表 4 可看出,22DAP 结果表明,重茬灭菌处理鲜重比重茬处理增加,差异显著。正茬灭菌与正茬处理无差异,二者均大于重茬,而低于重茬灭菌,但差异不显著。29DAP 结果表明各处理间差异不显著,正茬灭

菌和正茬均大于重茬各处理。36DAP 结果表明,重茬灭菌鲜重增加,与重茬差异显著。43DAP 结果表明,重茬灭菌大豆鲜重与正茬灭菌处理差异显著。

表 4 溴甲烷灭菌对大豆鲜重的影响(克/株)

Table 4 The fresh weight of soybean in soil treated with CH ₃ Br(g/plant)		播种后天数(DAP)			
处理	Treatment				
	22	29	36	43	
NRS	3.1ab	3.1a	4.6b	5.2b	
NR	2.9ab	4.1a	5.93ab	7.0ab	
RS	3.3a	2.9a	7.6a	8.6a	
R	2.6b	2.9a	4.2b	7.3ab	

正茬处理和重茬灭菌处理。正茬灭菌处理、正茬处理产量分别为 0.215kg/m²、0.1200kg/m²,差异达显著水平。

3 讨论

溴甲烷是一种对真核生物有明显抑制作用而对原核生物抑制作用较小的土壤消毒剂,表现在对疫病菌和腐霉菌高效的灭菌作用,但对镰刀菌、丝核菌、青枯病菌等效果有限的杀菌剂,同时也是一种非常有效的杀线剂。本试验中溴甲烷对根瘤菌没有表现出抑制作用,反而在某种程度刺激根瘤菌在根上的定殖及生长,这也许是消除了生物间的竞争作用。无论重茬还是正茬,溴甲烷灭菌后没有出现孢囊(表 1),根瘤数显著增加(图 6)。侧根数和主根长差异不明显(表 2、3)。溴甲烷灭菌后,重茬大豆苗期生长正常,对大豆根系生长有很大的改善,根系发达(见图 1、2、3 和 4,第 36 天各处理根系生长状况),根系形态明显改善,主根长、植株鲜重有一定增加(表 3、4),尤其总根长显著增加(图 5)。

灭菌后,重茬大豆与正茬大豆根系生长的差异已基本消除。重茬灭菌处理的孢囊数低于正茬处理,其根瘤数前期较少,但后期显著高于后者。重茬灭菌处理的总根长前两次结果低于正茬处理,后两次则大于后者(图 1),差异不显著。无论正茬、重茬灭菌后单株粒重、百粒重、有效荚数等产量因子有明显增加(表 5),说明灭菌对正茬、重茬大豆生长均有促进作用。1999 年灭菌后产量结果表明灭菌使重茬产量显著提高,与正茬仍存在一定的差别。这说明灭菌并不能完全消除大豆连作障碍。反证了包括化感作用在内的其它因素的存在。溴甲烷灭菌后,基本不破坏土壤结构等因素,改变了土壤生物环境,缓解了重茬对大豆生长的抑制作用,从一定程度说明,生物环境的改变是大豆重茬减产的主要原因^[10]。由此可推论重茬大豆减产的过程:首先正茬大豆产生大量根系分泌物,其中可能含对大豆生长有抑制作用的化感物质,根分泌物刺激大豆孢囊线虫卵孵化,线虫群体数量增加;同时根系分泌物改变大豆根际微生物种类和数量,这

2.8 灭菌对大豆产量构成因子的影响

从表 5 可知,与正茬相比,重茬处理大豆的 1、2、3、4 粒荚数均较少,有效荚数(1、2、3、4 粒荚数之和)、单株粒重分别为前者的 60.8%、62.7%。灭菌后,重茬大豆的 1、2、3、4 粒荚数均增加,有效荚数增加近 1 倍,百粒重增加 8%。灭菌后正茬大豆 1、2、3 粒荚数均增加,有效荚、单株粒重和百粒重分别增加 34.6%、32.1%和 9.4%。1999 年结果表明,正茬灭菌处理、正茬处理和重茬灭菌处理的大豆产量均显著高于重茬处理。正茬灭菌处理的产量显著高于正

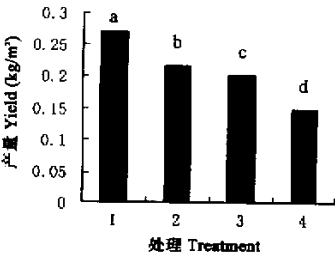


图 7 溴甲烷灭菌对大豆产量的影响(1999)

Fig. 7 The yield of soybean in soil treated with CH₃Br
1. 正茬灭菌 NRS 2. 正茬 NR 3. 重茬灭菌 RS 4. 重茬 R

表 5 溴甲烷灭菌对大豆产量因子等的影响

(本试验为 30 株考种结果)

Table 5 The yield factors of soybean in soil treated with CH ₃ Br		粒荚数 Pod grains					单株粒重	百粒重
处理	Treatment						Seed weight	100seed weight(g)
	1	2	3	4	0		(g/plant)	
NRS	5.9	13	8.2	0.1	1.6		32.7	19.7
NR	3.4	9.9	6.7	0.2	0.5		24.9	18.0
RS	5.2	11.1	10.1	0.1	0.8		34.8	19.6
R	2.9	5.3	4.2	0.0	0.6		15.6	18.1

万方数据

些微生物分解大豆残茬产生大量残茬分解产物和微生物代谢产物,其中也可能含有对大豆生长有抑制作用的化感物质,并且这种分解作用一直持续到下茬大豆生长周期或更长;其次,第2年再种植大豆即重茬大豆,有害微生物浸染大豆、化感物质抑制大豆生长,同时在根分泌物刺激下大豆孢囊线虫侵染大豆根系,在这3种主要原因的综合作用下,最后出现大豆生长受到抑制,产量降低等连作障碍现象。本试验灭菌后使大豆生长状况有显著的改善,说明溴甲烷灭菌在一定程度上减缓重茬条件下对大豆生长的抑制。东北土壤冬季土温低且土壤表面有冻结层,微生物数量少。春季随着气温的升高,土壤融冻,土壤结构发生物理性裂解,使可给性养分和微生物的数量增加^[11]。微生物对大豆残茬进行分解,产生大量分解产物及微生物代谢产物,其中包括一些对大豆生长有抑制的化感物质。溴甲烷灭菌后,杀死一些有害真菌,促进有益菌生长,如根瘤菌,这样可能使有害真菌不能参与土壤残茬的腐解,因此,可能导致残茬的腐解产物化学成分以及土壤微生物代谢产物种类和数量发生变化,从而使大豆生长受抑制程度降低,本试验出现促进大豆生长的现象。这与湿热灭菌结果相同^[12],但正茬灭菌在调查初期对大豆生长总根长、鲜重降低,有一定的负面影响,原因有待于进一步研究探讨。关于溴甲烷土壤灭菌处理对土壤微生物菌落改变的机理,以及灭菌后养分的释放到底如何使微生物种类和数量发生改变,都有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 计钟程,许文芝.重茬大豆减产与土壤环境变化.大豆科学,1995,14(4):321~329.
- [2] 喻景权.蔬菜生产中的化学他感作用问题及其研究.见:侯喜林,常有宏主编.园艺学进展(第2辑).南京:东南大学出版社,1998.336~343.
- [3] Chou C H and Lin H J. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. *J. Chem. Ecol.*, 1976, 2:353~367.
- [4] 于光武,许艳丽,刘晓冰,等.大豆连作障碍机制研究初探.大豆科学,1993,12(3):237~243.
- [5] 马汇泉.大豆根腐病生态学研究.中国油料,1995,6:47~48.
- [6] 杨庆凯,马占峰,李季文.黑龙江大豆重迎茬问题及对策.大豆科学,1994,13(2):157~163.
- [7] 王震宇,王英祥,陈祖任.重茬大豆生长发育障碍机制初探.大豆科学,1991,10(1):31~36.
- [8] 王光华,许艳丽.大豆根残体对大豆生长的影响.见:许艳丽,韩晓增主编.大豆重迎茬研究.哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1995.84~86.
- [9] 胡江春,王书锦.大豆连作土壤的紫霉菌 891(*Penicillium pur purogenum* stoll 891)毒素的研究.见:张宪武主编.土壤微生物研究——理论、应用、新方法.沈阳:沈阳出版社,1993.304~309.
- [10] Hassan A H el-behadli and Alassdawi I S. Citrus replant problem in Iraq I. Possible role of soil fungi and nematodes. *Plant and Soil*, 1989, 116:151~155.
- [11] 胡正嘉.土壤中的微生物.见:陈文新主编.土壤和环境微生物学.北京:北京农业大学出版社,1989.19.
- [12] 季尚宁,肖玉珍,田慧梅,等.土壤灭菌对连作大豆生长发育的影响.东北农业大学学报,1996,27(4):326~329.