

Study of Preventive Measures for Continuous Cropping Obstacles in Vegetable Facility Gardening

Zigao Jiao¹, Ke'an Wang¹, Junshan Qi², Fengjuan Yang³, Shufen Wang¹, Xuhua Li³, Ning Yang¹

¹Institute of Vegetable Research, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan

²Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan

³Shandong Agricultural University, Taian

Email: zigaojiao5@163.com

Received: Nov. 7th, 2013; revised: Nov. 20th, 2013; accepted: Dec. 2nd, 2013

Copyright © 2014 Zigao Jiao et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Zigao Jiao et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: Focusing the continuous cropping obstacles in vegetable facility gardening, we summarize the results of study of the rootstocks and their grafting techniques, rotation methods, and the controlling of soil-borne disease such as root knot nematode disease, which provides the technical basis for overcoming continuous cropping obstacle.

Keywords: Vegetable Facility Gardening; Continuous Cropping Obstacles; Preventive Measures

设施蔬菜连作障碍防控技术探讨

焦自高¹, 王克安¹, 齐军山², 杨凤娟³, 王淑芬¹, 李絮花³, 杨宁¹

¹山东省农业科学院蔬菜研究所, 济南

²山东省农业科学院植物保护研究所, 济南

³山东农业大学, 泰安

Email: zigaojiao5@163.com

收稿日期: 2013年11月7日; 修回日期: 2013年11月20日; 录用日期: 2013年12月2日

摘要: 本文针对设施蔬菜连作障碍问题, 总结了包括砧木及嫁接技术、轮作方式、根结线虫等土传病害防治方面的研究结果, 为克服连作障碍提供技术依据。

关键词: 设施蔬菜; 连作障碍; 防控技术

1. 引言

设施蔬菜是山东蔬菜的重点和特色, 具有高投入、高产出的特点。但由于农民普遍采取同种蔬菜连茬种植, 并过量使用化肥、农药, 导致连作障碍日趋严重, 严重制约了设施蔬菜产业的发展^[1-6]。针对设施蔬菜连作障碍这一难题, 我们开展了嫁接抗病砧木和嫁接技术研究, 轮作模式效应及修复机理的研究, 硝酸盐积累规律与氮肥施用研究, 土传病害防治研究等,

本文对研究结果进行了系统总结。

2. 主要设施蔬菜抗土传病害嫁接砧木的筛选及嫁接技术研究

嫁接栽培是克服设施蔬菜各种土传病害的重要途径之一^[1,2,4,5]。随着设施蔬菜连作年限的增加, 根结线虫病等土传病害发生逐渐加重, 但生产上缺乏适用的抗土传病害(尤其是根结线虫病)和嫁接亲和性好的

砧木。嫁接砧木抗土传病害的原因是因为砧木生长势强，根系发达，植株根系生理代谢不易被病虫害侵袭。品种之间存在差异，所以要开展砧木的筛选。同时，抗病虫害的砧木还必须与相应的蔬菜(接穗)有良好的亲和性，才能在生产上应用。

砧木筛选与嫁接技术研究

通过对番茄、茄子、辣椒、黄瓜等蔬菜苗期接种鉴定、田间抗病性鉴定、嫁接亲和性鉴定，以及砧木对接穗产量、品质影响的研究，筛选出了茄子抗根结线虫的嫁接砧木 5 个，托鲁巴姆、托托斯加、粘毛茄、CRP、温棚茄砧；番茄抗根结线虫嫁接砧木 6 个，坂

砧 2 号、托鲁巴姆、JZM-1、粘毛茄、千禧、耐莫尼塔，见表 1。黄瓜耐根结线虫嫁接砧木 3 个，砧木 1 号、2 号和 3 号，见表 2。还筛选出了茄子抗黄萎病嫁接砧木 2 个，托鲁巴姆、托托斯加；辣椒抗根腐病嫁接砧木 4 个，布野丁、威壮贝尔、砧木 1 号、砧木 2 号。

还研究完善了黄瓜、番茄、茄子、辣椒等主要设施蔬菜嫁接育苗技术。通过研究与示范证明，瓜果类砧木宜采用劈接、靠接、斜接法嫁接，瓜类砧木采取插接或靠接法嫁接。选择合适的砧木和嫁接方法可以大幅度提高嫁接成苗率和壮苗率。

抗土传病害的嫁接砧木筛选及设施蔬菜嫁接技

Table 1. Resistance of the different grafted plants of tomatoes to root knot nematode disease
表 1. 不同番茄嫁接苗对根结线虫病的抗性

砧木 Root stock	接穗 Scion	供鉴株数 Total plant number	病情指数 Disease index	抗性评价 Resistance evaluation
砧木一号	HA-189	40	65.8	S
砧木二号	HA-189	40	54.5	S
坂砧 1 号	HA-189	40	55.9	S
坂砧 2 号	HA-189	40	8.9	HR
JZM-1	HA-189	40	9.2	HR
托鲁巴姆	HA-189	40	5.8	HR
兴津 BF-101	HA-189	40	46.3	MR
粘毛茄	HA-189	40	7.6	HR
千禧	HA-189	40	16.2	R
耐莫尼塔	HA-189	40	18.1	R

Table 2. Incidence of root knot nematode disease and resistance of the different grafted cucumber plants to the disease
表 2. 不同黄瓜嫁接苗发病率和对根结线虫病抗性

砧木 Root stock	接穗 Scion	发病率(%) Incidence	病情指数 Disease index	抗性评价 Resistance evaluation
圣砧一号	冬美 205	100	4.75	HS
博大嫁接王	冬美 205	100	4.73	HS
砧木 1 号	冬美 205	100	3.17	S
砧木 2 号	冬美 205	100	3.43	S
砧木 3 号	冬美 205	100	3.56	S
砧木 5 号	冬美 205	100	4.71	HS
强力绿光	冬美 205	100	3.67	S
黑籽南瓜	冬美 205	100	5.12	HS
掘金龙	冬美 205	100	5.32	HS
全能铁甲	冬美 205	100	5.22	HS

术研究, 为设施蔬菜嫁接栽培提供了技术支撑, 筛选出的嫁接砧木成为目前设施蔬菜嫁接育苗工厂应用的主要砧木, 番茄、茄子砧木生产的嫁接苗占目前我省设施蔬菜嫁接苗的 50% 以上。

结合砧木和嫁接技术研究, 制定了《番茄集约化嫁接育苗技术规程》和《甜(辣)椒集约化嫁接育苗技术规程》, 两个规程均已作为山东省地方标准发布实施。

3. 轮作克服土壤连作障碍的效应及其机理研究

3.1. 轮作降低设施土壤硝酸盐积累的效果

为提高日光温室氮素利用率, 减少硝态氮累积, 在黄瓜、番茄等拔秧后的夏季休闲期种植玉米、水稻, 研究了玉米、水稻对日光温室土壤残留硝态氮素的影响。分两种轮作模式, 即日光温室黄瓜 + 玉米轮作、日光温室黄瓜 + 水稻轮作, 以常规休闲为对照。两种模式的日光温室黄瓜已分别连续种植 5 年和 6 年。夏季休闲期不施肥, 其它管理按常规方法管理。夏季

种植轮作物前、收获后, 分 3 个土层(0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm)取土样测定其硝酸盐含量。试验结果表明(表 3), 经玉米、水稻轮作后显著降低了土壤硝酸盐含量, 且在 0~20 cm 土层降低效果最为明显, 比轮作前分别降低了 69.7% 和 70.9%。因此, 种植玉米、水稻大大降低了硝酸盐积累、淋失和污染地下水的风险, 而且可在日光温室休闲期内获得一茬粮食收入, 示范区种植一茬夏玉米亩产量达到 600 千克以上, 种植一茬水稻的亩产量达到 500 千克以上。

3.2. 轮作克服土壤连作障碍的机理研究

在寿光市对连作 8 年黄瓜的日光温室, 开展了不同轮作模式对连作土壤修复机理的研究。设玉米 - 黄瓜、大葱 - 黄瓜两种轮作模式, 以休闲 - 黄瓜为对照(ck), 连续轮作 4 年, 在轮作第 5 年研究比较了 3 个处理(休闲 - 黄瓜、玉米 - 黄瓜和大葱 - 黄瓜)的土壤理化性状、根结线虫、土壤微生物和土壤酶活性等情况, 探讨了轮作和休闲对连作土壤的修复作用。

试验结果(表 4): 一是土壤容重降低: 夏季轮作玉

Table 3. The changes of the soil nutrients after rotations of rice and maize
表 3. 水稻、玉米轮作后土壤养分变化

作物 crop		水稻 Rice			玉米 Maize		
土层 Soil thickness (cm)		0~20	20~40	40~60	0~20	20~40	40~60
硝酸盐 (mg/kg)	种前	207.5	153.2	81.2	270.7	162.6	100.9
	空闲	190.3	148.0	81.6	262.5	157.9	96.4
	种后	62.84	67.4	34.8	78.66	51.47	33.8

Table 4. Effects of rotation on the changes of the physics and chemistry characters, microbial communities and root knot nematodes
表 4. 轮作对土壤理化性质、微生物种群和根结线虫的影响

取样时间 Date of sampling	模式 (夏茬 - 越冬茬) Mode (summer-winter)	容重 Volume weight (g·cm ⁻³)	pH	EC (ms·cm ⁻¹)	过氧化氢酶活性 Catalase (0.1 mol·L ⁻¹ KMnO ₄ ml·g ⁻¹ dry soil)	细菌数量 Number of bacteria (×10 ⁶ ·g ⁻¹ dry soil)	放线菌数量 Number of actinomycetes (×10 ⁵ ·g ⁻¹ dry soil)	真菌数量 Number of fungi (×10 ⁴ ·g ⁻¹ dry soil)	根结线虫数量 Numbe of root knot nematodes (Head·100 cm ⁻³)
前茬黄瓜 拉秧后	休闲 - 黄瓜	1.28	7.43	0.39	0.22	6.59	4.51	1.65	176
	玉米 - 黄瓜	1.28	7.47	0.31	0.22	3.04	4.13	1.59	159
	大葱 - 黄瓜	1.29	7.49	0.32	0.29	5.69	4.28	1.67	172
夏茬作物 拉秧后	休闲 - 黄瓜	1.28	7.65	0.25	0.37	1.45	1.17	0.29	96
	玉米 - 黄瓜	1.23	7.69	0.20	0.35	1.92	1.35	0.22	88
	大葱 - 黄瓜	1.25	7.75	0.20	0.37	2.45	1.82	0.12	86
后茬黄瓜 拉秧后	休闲 - 黄瓜	1.27	7.44	0.30	0.59	4.09	3.32	0.59	156
	玉米 - 黄瓜	1.18	7.51	0.29	0.65	4.49	3.55	0.57	148
	大葱 - 黄瓜	1.19	7.60	0.28	0.73	4.75	3.88	0.18	126

米和大葱能降低土壤容重,增加土壤孔隙度,其中以轮作玉米的效果最显著;二是土壤 pH 升高和 EC 值下降:轮作和休闲期结束后各处理土壤 pH 值均比轮作前显著升高。经过作物吸收和夏季雨水淋洗,休闲期结束后土壤 EC 值比轮作前显著降低,其中以轮作玉米降低幅度最大,比对照降低 20.7%;三是改善了土壤微生物组成:在各处理中,由于未施肥,再加上雨水淋洗和作物吸收,使土壤养分含量降低,土壤中细菌、真菌及放线菌数量均比轮作前显著降低。但与休闲相比,温室夏季休闲期轮作玉米和大葱均能提高土壤细菌数量,降低土壤真菌数量,改善了土壤微生物组成。四是土壤中根结线虫数量降低:休闲及轮作均能降低土壤线虫数量,轮作大葱、玉米分别比轮作前降低 49.7%、44.1%。在后茬黄瓜各生育期,均以轮作大葱处理土壤线虫数量最少,休闲处理土壤线虫数量最多;五是土壤酶活性提高:轮作和休闲还提高了土壤过氧化氢酶、转化酶等的活性,其中以轮作大葱的过氧化氢酶活性最高。

4. 日光温室蔬菜连作土壤和果实硝酸盐积累规律研究

4.1. 连作土壤硝酸盐积累规律研究

选择连作蔬菜年限分别为 1~3 年、4~6 年和 7~10 年的日光温室,分 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 3 个土层深度采集土壤样品,研究了土壤硝酸盐的剖面分布特征和硝酸盐积累特点。结果表明(图 1),土层硝酸盐含量差异表现为 0~20 cm > 20~40 cm > 40~60 cm,表层硝酸盐集聚明显。随着连作年限的延长,各土层

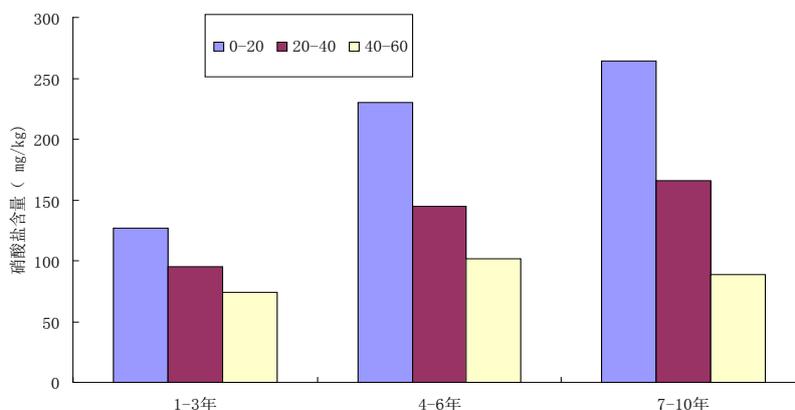


Figure 1. The nitrate accumulation in the different soil thickness and different years of continuous cropping in solar greenhouse
图 1. 不同连作年限日光温室不同土层硝酸盐积累规律

土壤硝酸盐含量均有增加,以连作 1~3 年的日光温室土壤硝酸盐含量最低,7~10 年的含量最高。

4.2. 氮肥形态和用量与土壤和果实设施蔬菜果实硝酸盐积累的关系研究

以三种形态的氮肥,即硝态氮肥(硝酸钙)、铵态氮肥(硫酸铵)和酰胺态氮肥(尿素),设置 5 个氮肥用量,即每 kg 土施用氮肥分别为 0.20 g、0.40 g、0.60 g、0.80 g、1.00 g,研究了氮肥形态和用量对设施土壤及黄瓜果实硝酸盐积累的影响。结果表明(图 2),土壤及黄瓜果实的硝酸盐含量均是随着三种形态氮肥施用量的增加而增加。在施氮量相同的情况下,施用硝态氮肥的处理黄瓜果实硝酸盐含量最高,其次是酰胺态氮肥,最低的是铵态氮肥。而在氮肥适量的前提下,施用硝态氮肥的黄瓜产量最高,但果实中 Vc 含量最低;施用铵态氮肥的黄瓜果实中 Vc 含量最高。随施氮量增加,施用各形态氮素处理的黄瓜果实中 Vc 含量均逐渐降低,所以生产上要合理使用氮素肥料,以兼顾产量和品质。

在试验研究的基础上,结合生产实践,制定了设施蔬菜合理施肥技术方案,此方案在主要设施蔬菜上应用,在产量基本一致的前提下,平均每亩减低化肥施用量 20%,投入减少 400 多元。

5. 设施蔬菜根结线虫病等土传病害防控技术研究

5.1. 土壤消毒对根结线虫防控效果研究

土壤熏蒸是防治土传病害有效的措施之一^[2,5]。课

课题组在临沂市河东区选取连作 5 年且土传病害严重的黄瓜日光温室，开展了不同消毒剂(氯化苦、威百亩、硫酰氟、阿维菌素等)土壤处理防治根结线虫病的试验。调查结果表明(表 5)，各处理根结线虫病病指和防效与未用药(ck)相比，威百亩、硫酰氟和氯化苦熏蒸区发病显著降低，防效分别达到 100%、99.70%、97.37%，且威百亩、硫酰氟和氯化苦熏蒸区的增产效果都在 200% 以上。阿维菌素在施用初期效果较好，到后期防效有较大幅度的下降，但是增产效果仍然较为显著。综上研究结果，硫酰氟防效好，但是成本较高，施用较麻烦；氯化苦消毒处理需要专用机械和设备。比较而言，威百亩防效好，施用简便，成本较低，建议推广应用。

5.2. 杀菌植物筛选

杂草在长期的进化过程中形成了一套抵御病原菌的机制，可能通过体内合成的次生代谢产物来抑制病原菌的活性。从自然界中广泛存在的杂草中筛选对

植物病原真菌有抑制活性的植物种类，进而分离其活性成分加以利用或改造，是植物病害的生物防治的重要途径之一。

课题组应用抑制菌丝生长速率法对 19 个科的 40 种杂草丙酮提取液对蔬菜主要土传病菌瓜果腐霉(*Pythium aphanidermatum*)、辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*)、尖镰孢菌(*Fusarium oxysporium*)、茄镰孢菌(*Fusarium solani*)的杀菌活性进行了研究。筛选出 7 种抑菌效果较好的杂草，即黄花蒿、苍耳、荔枝草、鳢肠、车前、泽漆、夏至草(表 6)。

6. 小结

1) 本研究通过对番茄、茄子、辣椒、黄瓜等田间抗病性鉴定、嫁接亲和性鉴定，以及砧木对接穗产量、品质影响的研究，筛选出了抗根结线虫的嫁接砧木，可在蔬菜嫁接中选用。

2) 日光温室蔬菜与玉米、水稻、大葱轮作证明，轮作可以降低土壤中硝酸盐积累，土壤理化性质改善，

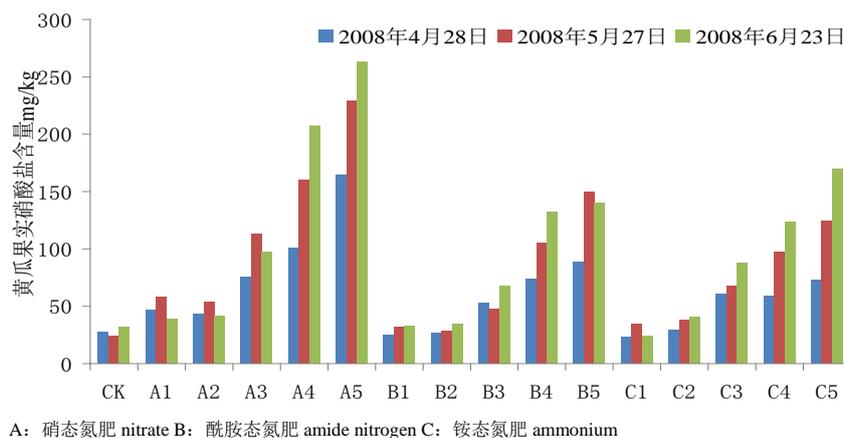


Figure 2. The nitrate accumulation in cucumber fruits with applying different form of nitrogen fertilizers
图 2. 不同形态氮肥对黄瓜果实中硝酸盐含量的影响

Table 5. The comparison of the disease index, preventive effect and yield among the different treatment for root knot nematode disease
表 5. 各处理根结线虫病病指、防效和产量比较

处理 Treatment	病株率 Disease incidence (%)	病情指数 Disease index	防治效果 Preventive effect (%)	产量 Yield (kg/667 m ²)	增产 Increased yield (%)
氯化苦	5.01	2.12	97.37 a	11190.00	204.16 a
威百亩	0.00	0.00	100.00 a	11201.50	204.47 a
硫酰氟	1.67	0.24	99.70 a	11209.50	204.69 a
阿维菌素	68.75	41.67	48.22 b	10030.50	172.64 b
未用药(ck)	100.00	85.24	-	3679.00	-

注：同列中有相同字母者表示差异不显著。

Table 6. Inhibition rate of acetone extracts from weeds against four phytopathogenic fungi
表 6. 杂草丙酮提取物对 4 种植物病原菌的活性抑制率(%)

植物 Weeds	辣椒疫霉 <i>Phytophthora capsici</i>	瓜果腐霉 <i>Pythium aphanidermatum</i>	尖镰孢菌 <i>Fusarium oxysporium</i>	茄镰孢菌 <i>Fusarium solani</i>
苦菜	25.26	14.17	4.84	14.51
野塘蒿	7.71	50.14	20.52	24.35
艾蒿	20.53	40.33	15.03	21.24
小飞蓬	18.41	82.52	18.88	38.60
苣荬菜	19.47	97.28	45.01	38.99
鳢肠	82.89	88.17	61.87	47.85
刺儿菜	0.00	20.34	11.11	19.88
黄花蒿	75.53	100	80.80	72.66
苍耳	82.11	100.00	82.32	88.60
荠菜	-2.63	28.88	24.49	8.03
播娘蒿	23.68	69.21	21.43	28.76
小花糖芥	-2.83	15.19	16.92	23.32
野燕麦	-2.83	39.54	6.14	11.40
早熟禾	-4.37	20.63	22.98	21.44
看麦娘	-3.34	6.30	5.05	24.15
鹅观草	0.00	32.66	7.32	17.72
齿果酸模	6.94	71.35	27.02	38.85
酸模叶蓼	1.00	31.23	26.01	30.45
篇蓄	-3.34	27.79	6.82	27.35
蓼	40.10	85.67	15.4	37.27
附地菜	33.42	29.70	59.90	28.76
麦家公	0.00	11.46	8.08	25.82
车前	-3.34	37.82	37.41	20.57
大车前	-2.31	58.74	8.55	28.61
荔枝草	72.11	100.00	67.86	58.03
夏至草	15.79	66.67	58.33	21.77
曼陀罗	-2.63	45.88	13.61	12.06
龙葵	0.00	25.79	33.87	56.69
牛繁缕	-2.89	6.09	8.69	17.97
藜	6.32	22.22	13.78	25.32
玄参科				
地黄	24.74	67.30	10.59	60.51
猪殃殃	1.32	-9.54	4.05	12.95
苘麻	-4.21	23.30	18.55	31.65
打碗花	-2.89	-0.72	15.43	14.94
马齿苋	-1.80	36.68	38.52	33.61
泽漆	9.20	14.33	34.37	26.33
水芹	11.94	51.00	24.24	33.86
朝天委陵菜	0.00	1.43	6.57	30.71
菎草	-1.80	34.67	33.86	29.8
乌薺莓	17.46	-31.54	44.62	33.16

如土壤容重降低,土壤孔隙度增加,pH升高和EC值下降,根结线虫数量降低,因此轮作对连作土壤有很好的修复作用。

3) 通过不同轮作年限及不同土层深度硝酸盐含量测定证明,硝酸盐在表层硝酸盐集聚明显,随着连作年限的延长,各土层硝酸盐含量均有增加。

4) 设施土壤及黄瓜果实硝酸盐积累受氮肥形态和用量影响显著,随着硝态氮肥(硝酸钙)、铵态氮肥(硫酸铵)和酰胺态氮肥(尿素)施用量的增加而增加。在施氮量相同的情况下,施用硝态氮肥的处理黄瓜果实硝酸盐含量最高,其次是酰胺态氮肥。

5) 通过土壤熏蒸药剂筛选证明,威百亩防效好,施用简便,成本较低,建议推广应用。

6) 杂草提取物对瓜果腐霉、辣椒疫霉、尖镰孢菌、茄镰孢菌等的抑菌效果实验表明,黄花蒿、苍耳、荔

枝草、鳢肠、车前、泽漆、夏至草等7种杂草提取物抑菌效果好,可进一步开发制成产品用于病虫害防治。

参考文献 (References)

- [1] 孙光闻,陈日远,刘厚诚 (2005) 设施蔬菜连作障碍原因及防治措施. *农业工程学报*, **21**, 184-188.
- [2] 郝永娟,刘春艳,王勇,王万立,魏军 (2007) 设施蔬菜连作障碍的研究现状及综合调控. *中国农学通报*, **8**, 396-398.
- [3] 贺丽娜,梁银丽,高静,熊亚梅,周茂娟,韦泽秀 (2008) 连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, **5**, 155-159.
- [4] 徐鹏飞 (2009) 设施蔬菜栽培连作产生障碍的原因及防治措施. *牡丹江师范学院学报(自然科学版)*, **2**, 51-52.
- [5] 李海燕 (2009) 设施蔬菜土壤连作障碍及治理措施. *天津农林科技*, **6**, 12-13.
- [6] 闵红,陈磊,呼世斌,郭文姬,景岳龙 (2010) 大棚果蔬连作土壤肥力限制性因子研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, **8**, 160-166.