

保护地土壤生态问题及其防治措施的研究

郑子成¹, 李廷轩¹, 何淑勤², 张锡洲¹, 夏建国¹

(1. 四川农业大学土地资源系, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学林学院园艺学院, 四川 雅安 625014)

摘 要: 从土壤次生盐渍化、土壤板结、土壤酸化、土壤病虫害等方面分析了目前规模化的保护地中出现的土壤生态问题, 提出了相应问题的具体防治措施, 并在此基础上指出了该领域今后应加强的研究方向。
关键词: 保护地; 土壤生态问题; 防治措施
中图分类号: S 156 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006) 01-0018-03

Research of Ecological Problems and
Countermeasures on the Soil of Greenhouse

ZHENG Zi-cheng¹, LI Ting-xuan¹, HE Shu-qin², ZHANG Xi-zhou¹, XIA Jian-guo¹
(1. Department of Land and Resource, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China;
2. College of Forestry and Gardening, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

Abstract: On the basis of the studies on soil salinization, harden, acidification and disease, soil ecological problems were analyzed in the greenhouse and the countermeasures were put forward. At the same time, problems and trends of research in the field were indicated.
Key words: greenhouse; soil ecological problem; countermeasures

保护地土壤不同于其它露地土壤, 由于其内部高温、缺少雨水淋洗、蒸发强烈, 再加上大量施肥等因素的影响, 使表层土壤盐分积累, 且随着保护地使用年限的增加, 土壤次生盐渍化、土壤板结、酸化及病虫害等生态问题日益加重, 故常引起各种作物的生理障碍^[1~5]。目前, 因蔬菜经济效益显著, 保护地的种植主要以蔬菜为主, 其种植面积达 1 600 多万 hm^2 , 约占世界种植面积的 35%。在设施蔬菜生产迅猛发展的同时, 引发了一系列生态问题, 严重影响了蔬菜生产和农民收益, 日本相马晓研究表明^[6], EC 值的上升伴随着对营养元素吸收量的降低和生长的抑制。因此, 对于保护地土壤的生态问题, 已成为农业生产上亟待解决的一大问题。

1 保护地土壤生态问题的表现

就环境因素而言, 保护地处于一封闭环境, 其内气温、土温、土壤湿度较外部高, 因而原生矿物风化强烈, 矿物中离子释放加快; 从人为管理措施角度看, 保护地内施肥量相当高, 每年投入大量的化肥, 同时还有大量有机肥的投入, 作物对肥料都存在选择吸收, 不能被吸收的成分不受雨水直接冲刷, 则会残留在土壤中而产生积累。因此, 就其生态问题主要表现在以下几方面。

1.1 土壤次生盐渍化

次生盐渍化土壤是指由于人为因素的影响引起含盐地下水位的上升, 使非盐渍化土壤或已经得到改良的盐渍化土壤经过演变成为盐渍化土壤。对于引发保护地次生盐渍化的原因归纳起来主要有两个方面。

其原因之一是由于化肥用量大, 利用率低, 残留土体中多。

在保护地中, 据联合国粮农组织统计资料表明, 化肥增产作用约占 40% ~ 60%, 我国农业部也认为在 40% 左右。但氮、磷、钾利用率分别在 13% ~ 15%、8.9%、30% ~ 40%。在一些地区, 往往较长时间内偏施某一肥料, 尤其以盐分较多的鸡粪为主, 进而将一些盐分带到土壤中。设施内环境与露地差异较大, 由于雨水冲刷时间短, 温度较高, 土壤水分被植被植株吸收量和蒸发量较大, 地下水中盐分随水带到耕层而积累。孙松发等^[7]研究发现, 温室土壤次生盐渍化成因中的主要因素是土壤得不到雨水淋洗, 温室中表层土壤盐分含量与大气积温有很好的相关关系。据肖千明等研究^[8], N 素施用量与土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 呈正相关, 是土壤发生次生盐渍化的主要原因。

盐分在土壤垂直剖面上分布的不均匀性是盐分积累和土壤次生盐渍化发生的另一重要原因。据调查, 温室内土壤溶液的电导率从下层向地表方向呈梯度递增, 表层土壤的电导率一般较下层土壤高 1 ~ 3 倍。李文庆等人^[9]研究, 保护地盐分在土体中的分布一般是表层含量高, 向下逐渐减少, 在不同土壤上盐分的组成有一定差异。其中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 占阴离子总量的 70% 左右, 其含量达 300 ~ 400 mg/kg , 有的高达 700 mg/kg ^[10]。李先珍等^[11]也研究认为, 硝酸根是保护地土壤盐渍化增加最多的成分, 形成了多种硝酸盐, 从而提高了土壤溶液的盐浓度和渗透压。通过在西南区域实地调查发现, 与露地土壤相比, 不管利用年限如何, 保护地土壤硝酸盐含量均显著增加, 盐分随着硝酸盐含量的增加而增加。薛继澄等报道^[12], 0 ~ 5 cm 土壤含盐量在 0.1% ~ 0.5%, 高的可达 0.88%。栽培 5 年的保护地, 表层盐分含量比露地增加了 4 ~ 5 倍。

1.2 土壤板结

¹ 收稿日期: 2005-02-22
基金项目: 四川省科技厅应用基础项目(编号 03JY029- 0301); 四川省教育厅重点项目(编号 2003A022) 资助
作者简介: 郑子成(1976-), 男, 内蒙古乌盟人, 讲师, 主要从事水土保持土壤生态环境建设方面的研究。

由于长期施入磷酸二铵、尿素、硫酸铵,加之用水不合理,灌水次数频繁,引起地下水位进一步上升,矿化度增大,土壤团粒结构被破坏,大孔隙减少,通透性变差,毛管作用增强,盐分表积逐渐加剧,造成不同程度的土壤板结。主要表现是土壤容重增大,土壤通气孔隙比例相对降低,耕作层变浅,土壤通气透水性变差,物理性状不良^[13,14]。

1.3 土壤酸化

为了追求保护地单产,长期施用化学肥料和有机肥,尤其是生理酸性肥料和没有腐熟完全的有机肥料,致使土体中有机肥施用不足,有机质含量降低,土壤的缓冲性减弱,进而导致保护地土壤的酸化。许多研究表明^[8,15-17],保护地蔬菜土壤 pH 值随种植年限的增加呈逐年下降的趋势。种植 36 年的保护地土壤, pH 值比露地土壤降低了 0.5 个单位;种植 13 年的保护地,土壤酸度值最低的已经降到 pH 4.31,土壤酸化现象非常严重。严重时产生酸害,使作物生长缓慢,有时发生生长点坏死和死苗等现象。

造成上述原因是低 pH 值下、H⁺ 会对作物产生直接危害、破坏生物膜使其透性增加、降低土壤微生物活性、影响作物根系发育,严重时造成根尖死亡。同时、低 pH 值下、游离铝和交换性铝浓度过高、还原态锰浓度过大、铝、锰等元素过多,影响酶的活性,抑制根细胞分裂和膜结构,影响矿质养分的吸收、运输和生物功能。而且,土壤养分有效性下降、引起氮、磷、钾、钙、镁、铝等多种养分的缺乏。

1.4 土壤微生物与病虫害

由于保护地所处的特殊环境,使得土壤有益微生物的生长受到抑制,有害微生物大量繁殖,土壤微生物区系发生了很大变化,导致了微生物和无机物的自然平衡破坏,造成肥料分解转化过程受阻,土壤病菌和病害蔓延。同时,随着连作年限和次数的增多,细菌的种类和数量减少,而有害真菌的种类和数量增加,寄生型长蠕孢菌大量滋生,作物病害严重^[13,16,18,19]。造成这一原因是由于保护地土壤微生物区系失衡,有害微生物增加,土传病害严重。

有关调查表明^[20],引起蔬菜连作障碍 70% 的地块是由于病虫害所导致,由于大量化肥的使用,病原拮抗菌大量减少,导致病虫害的进一步蔓延。保护地栽培比露天栽培能提高土壤微生物的数量。但随着连作年限的增加,土壤中有害真菌数量也增加,而细菌、放线菌的数量随大棚种植年限的增加而减少。保护地栽培条件下土壤微生物数量高于露地;在保护地中,种植年限长的土壤微生物数量低于种植年限短的。

2 保护地土壤生态问题的相应对策

针对与上述保护地中出现的一系列土壤生态问题,可采取下列相应措施去缓解或防治其作用进一步加剧。

2.1 平衡施肥,重视微肥

施用微生物肥料、有机无机复合肥及有机肥能提高作物产量,改善作物品质,提高作物的抗病性,这已在多年的农业生产中得到充分证实。施用干鸡粪的土壤 EC 值比未施用的下降 20% ~ 25%^[3,21,22]。

因此,在集中施肥或大量施肥时,一定要考虑化肥的种类,与此同时应根据前茬残留的 NO₃⁻—N 总量和目标产量确定最佳施氮量,充分利用土壤中残留的 NO₃⁻—N,这是防治保护地土壤次生盐渍化和硝酸盐累积的重要途径。

2.2 合理用水,以水化盐

保护地土壤中累积的硝酸盐原本是作物易吸收的养分,但因为浓度过高才导致根部吸收障碍。双层暗管排水、滴灌具有很强的淋洗盐分的性能。杨建军等人^[23]研究灌水洗盐

对土壤盐渍化程度和土壤养分的利弊关系,发现灌水洗盐能很好地降低土壤盐渍化程度、减少土壤硝态氮积累。

张玉龙等^[24]研究发现,不同灌水方式对设施土壤盐分积累状况进行分析,滴灌最低,渗灌次之,沟灌最高,同时土壤 pH 值也发生变化。

2.3 增加覆盖,抑制返盐

使用作物秸秆是改良土壤次生盐渍化的主要措施。其他禾本科作物秸秆的碳氮比大,施入土壤以后,在被微生物分解过程中,能够同化土壤中的氮素,有效地降低土壤可溶盐的浓度,达到改良土壤的目的,进而可防治盐分随水分蒸发积聚于地表。

保护地内畦面覆盖地膜也有抑制表土积盐的效果。地膜覆盖可以降低土面蒸发,减少随水上移的盐分在土表积聚。张春兰等人^[25]先后对施用稻草及鸡粪在减轻保护地土壤盐分表聚中的效果进行了研究,结果表明其作用效果显著。在国外,如荷兰、加拿大、日本等常施用树皮或秸秆等类有机物来防止保护地土壤盐害的发生。据有关报道^[26],在夏季不揭膜的情况下,3 年以上保护地含盐量超过 2.08 g/kg,14 年和 36 年保护地 0~5 cm 土层含盐量可达 3.14 g/kg 和 7.11 g/kg,是露地土壤的 4~10 倍。而使用普通塑料薄膜的大棚季节性揭棚,土壤盐分全年有明显的消长过程。

2.4 采用土壤改良剂与调理剂

一些非金属矿物质(天然沸石、膨润土等)既是天然的土壤改良剂,又是均衡土壤养分的缓冲剂,施入保护地,可改善土壤结构,提高土壤养分有效性,净化农业生产环境,一般平均增产 10% 以上,可延长设施使用年限 3 年以上^[27],进而减少经济损失。

2.5 雨季揭膜

在雨季到来时,揭掉保护地上的塑料薄膜,使土壤得到充足的雨水淋洗,可使耕层土壤中多余盐分随水排走。及时排除雨水,能降低地下水位,减少土壤水蒸发积盐,这是季节性覆盖保护地最简便有效的排盐措施。

2.6 翻土与客土,合理轮作、间套种

以本土换本土是把底层含盐浓度低的土壤翻至表层(耕作层),而把原含盐浓度高的表层土壤翻至底层。由于土壤含盐浓度高,换上的本土随即处于潜在盐渍化状态,这一方法随可在某种程度上抑制盐害。

应用间、套、轮作技术可使土壤盐分上升变缓或有所下降。据研究在萝卜地中栽辣椒和在辣椒地中套苋菜,均可有效地降低保护地土壤表层的含盐量,经过 1 个月后,表土电导率可下降 0.13~0.21 tms/cm。张春兰等研究表明^[5],在番茄地上间种植玉米、黄瓜,均较连作能有效地降低保护地土壤表层的含盐量。

2.7 生物降解(使用半腐熟有机肥)

通过种植耐盐作物如田香、苏丹草等措施进行生物除盐,较方便,但效果有限^[28]。施用半腐熟的有机肥对防治设施土壤次盐渍化更为有效,原因之一是在有机肥分解过程中、消耗了土壤盐分中的氮源,土壤微生物暂时加以固定,从而降低了土壤溶液中盐分的浓度;另一方面,有机肥还能吸收部分盐分和阻断部分毛管水流、由抑制盐分聚集的作用。

使用半腐熟有机肥,以肥压盐^[21,29]。主要是在体闲季节,埋施半腐熟有机肥或作物秸秆,因其 C/N 比较大,在进一步腐熟过程中,土壤微生物吸收土壤溶液中的氮素,并加以固定,从而降低了保护地土壤中硝酸盐的含量及渗透压。

2.8 烟雾剂熏蒸和土壤消毒灭菌

烟雾剂熏蒸可有效减轻蔬菜病虫害危害,减少化学农药

的残留。在保护地内部用硫磺粉拌锯末点燃进行烟雾熏蒸,可防治白粉虱、红蜘蛛及白粉病等。当前使用的烟雾剂由农药原药和发热剂、助燃剂等采用特殊方式配制而成,可起到杀菌防虫的作用。

另外,蒸汽消毒法可通过高压密集的蒸汽,杀死土壤中的有害生物,改善土壤团粒结构,提高土壤通透性和排水性,无污染。蒸汽消毒的方法有地表覆膜消毒法、埋设地下管道法以及负压消毒法。发达国家已开发出专用土壤消毒的可移动全自动蒸汽消毒机,在高效经济作物栽培中应用。

2.9 调节土壤酸碱度

保护地内土壤酸化是比较普遍和严重的障碍,因连作和施肥不合理,土壤中 H^+ 离子含量常比正常土壤高出 10 多倍,严重影响了作物生长。增施有机肥,提高土壤对酸碱的缓冲能力;尽量不用过磷酸钙、氯化钾等酸性和生理酸性肥料,改用钙镁磷肥、硫酸钾等,这样既可以调节土壤酸度,又可以补充钙、镁等元素;同时可使用石灰,明显提高土壤 pH 值,并且能杀死土壤中的病菌。

3 保护地土壤生态问题需要进一步研究的内容

综上所述,对于保护地土壤生态问题上,虽然取得了一定的成就,但就以下问题,还需进一步研究。

3.1 设施土壤水盐转移机制及其规律

土壤次生盐渍化本质上是一个水盐不平衡的问题,是盐分的重新分配所引起。水分是土壤盐分运移的载体,如何将水盐平衡理论应用与保护地中,并提出不同区域相应的水盐均衡指数,建立盐水土地处理系统,指导保护地水分的管理。因此,对于保护地中水盐平衡理论的正确运用,是揭示保护地次生盐渍化本质和有效防治其危害的重要途径。

3.2 设施土壤的平衡施肥

薛继澄认为^[22] 根据前茬残留硝态氮来确定氮肥用量是防止设施土壤次生盐渍化和硝酸盐累积的最有效的措施。根据对保护地不同作物的需肥量和土壤中肥料的残留量的测

参考文献:

[1] 李文庆,李光德,骆洪义,等. 大棚栽培对土壤盐分状况影响的研究[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26(2): 165– 169.

[2] 梁成华. 蔬菜保护地土壤肥力特征及调控研究[M]. 沈阳: 沈阳农业大学, 1996.

[3] 薛继澄,毕德义,李家金,等. 保护地栽培蔬菜生理障碍的土壤因子与对策[J]. 土壤肥料, 1994, (1): 4– 9.

[4] 孟鸿光. 沈阳近郊温室土壤特性调查研究[J]. 土壤通报, 2000, 31(2): 70– 72.

[5] 张春兰,张耀栋,周权锁,等. 不同作物茬口对减轻蔬菜保护地土壤盐害及连作障碍的作用[J]. 土壤通报, 1995, 16(6): 257– 259.

[6] 李廷轩,张锡洲,王昌全,等. 保护地土壤次生盐渍化的研究进展[J]. 西南农业学报, 2001, (14): 103– 107.

[7] 孙松发,陈建中,盛建国,等. 温室土壤次生盐渍化的研究[J]. 上海农学院学报, 1992, 10(2): 132– 140.

[8] 肖千明,杨永华. 辽宁省蔬菜保护地土壤肥力现状分析[J]. 辽宁农业科学, 1997, (3): 17– 21.

[9] 李文庆,骆洪义,丁方军,等. 大棚栽培后土壤盐分的变化[J]. 土壤, 1995, (4): 203– 205.

[10] 黄锦法,李艾芬,马树国,等. 浙江嘉兴保护地土壤障碍的农化性状指标研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(4): 160– 162.

[11] 李先珍,王耀林,张志斌,等. 设施蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究初报[J]. 中国蔬菜, 1993, (4): 15– 17.

[12] 薛继澄,李家金,毕德义,等. 保护地栽培土壤硝酸盐积累对辣椒生长和锰含量的影响[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(1): 53– 57.

[13] 王绪奎,陈光亚. 设施农业中的土壤问题及对策[J]. 江苏农业科学, 2001, (6): 39– 42.

[14] 吴凤芝,赵凤艳,刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析与防治措施[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(3): 241– 247.

[15] 赵凤艳,吴凤芝,刘德,等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料, 2000, (2): 11– 13.

[16] 李文庆,贾继文,李贻学. 大棚种植蔬菜对土壤理化及生物性状的影响[A]. 见: 谢建昌,等. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[M]. 南京: 河海大学出版社, 1997. 76– 79.

[17] 藏壮望. 保护地土壤障碍与综合治理[J]. 蔬菜, 2002, (6): 21– 22.

[18] 吴凤芝,王伟. 大棚番茄土壤微生物区系研究[J]. 北方园艺, 1999, (1): 1– 2.

定,量化不同盐分元素对作物的贡献率,以此为基础,建立一个设施土壤的专家施肥系统,指导设施土壤肥力管理,这样既可降低成本,又可减少盐分积累。

3.3 保护地土壤的水肥热耦合状况对土壤的影响

因为保护地的土壤生态问题基本上由水、肥、热因子所导致,但各因子相互作用的结果是导致保护地土壤生态问题的出现。因此,对于从其内部的水肥热耦合状况着手研究,更能够揭示各因子对保护地土壤的影响。

3.4 设施土壤中氮氧化合物的排放对大气的环境的效应

氮氧化合物是重要的温室效应气体,它可导致全球气温升高,臭氧层破坏,再则 N_2O 的浓度在大气中可持久存在,难以得到控制,使其下降。张亚光等人研究表明^[30],设施栽培土壤 N_2O 释放通量比露地栽培土壤高 1.39 倍,灌水处理 N_2O 释放较未灌水处理高 1.17 倍。因此,对于不同区域,不同保护地的氮氧化合物排放的影响因素、排放规律及控制措施是亟待解决的问题。

3.5 设施土壤内 N、P 等元素的积累的环境效应

保护地土壤的水溶态磷的含量较相邻土壤也有显著增加,各种离子含量与 EC 值间存在显著或极显著相关性,其中以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NO_3^- 其与 EC 值的相关系数最高^[31]。

从环境角度来讲,N、P 元素的积累,一方面可造成肥料的浪费,且可导致保护地发生次生盐渍化,进而影响作物生长及土壤的利用,同时可通过农田的地表径流和农田渗漏,导致农业面源污染。对于 N、P 素的在保护地中的变化规律及积累、迁移等作用过程应进一步研究,一方面可提高氮、磷肥的利用率,同时也可使服务于面源污染的治理。

3.6 设施土壤内微生物区系及其土壤酶的变化机理

目前,用于防治保护地土壤生态问题的办法有生物降解的方法,因为土壤酶可间接了解或预测土体内部某些营养物质转化的强弱,尤其是氮、磷,但对于不同区域,就保护地土体内部微生物区系及其土壤各种酶的变化机理,研究较少。

致1 000多户人家的5万多 m² 房屋受到破坏, 地下供水、供气、排水管道也遭受破坏^[3]。

岩溶塌陷受控于岩性、构造、岩溶发育状况、上覆第四纪松散层性质、厚度和水力条件等。而隐伏岩溶的发育是形成岩溶塌陷的基础, 而人类过度抽、排岩溶区地下水是导致塌陷的根本因素。

2.7 地面裂缝

自20世纪60年代起, 我国先后在一些地区发生了地面裂缝问题^[5、6], 如西安、兰州、大同、太原、泰安、沧州、青岛等200多个县市相继发现地裂缝757处, 最严重的西安市年经济损失数亿元。西安市区有七条明显的地裂缝和三条隐藏的地裂缝, 总体走向NE70°, 呈雁行排列, 裂口上宽下窄, 可见深度达11 m, 范围达110 km²。从地裂缝的走向、形态来看, 与西安——临潼断裂一致, 说明构造活动是地裂缝发育的基础。从近期大量抽汲地下水, 造成地下水位下降, 并与地裂缝快速发展在时间上的吻合来分析, 抽汲地下水是地裂缝发生和发展的直接诱因。

对于地裂缝目前尚无抵抗地裂缝的工程措施, 只能避让。吴嘉毅、廖燕鸿等研究提出了地裂缝及其两侧进行工程建设的具体建议, 见表2^[5]。

表 2 地面裂缝带建设容许距离			
分带	与主裂缝距离/m		筑物
	上盘	下盘	
主变形带	0~5	0~3	临时建筑、简易仓库
弱变形带	5~10	3~8	四层及以下住宅、办公楼、小型场房,必须设防。
微变形带	10~20	8~15	高 24 m 以内的民用建筑,跨度 18 m 以内的单层场房,必须设防。
无变形带	> 20	> 15	各类建筑物

3 对策与建议

综上所述, 地下水资源不合理利用是造成水环境问题的主要原因。切实解决好地下水资源开发利用与水环境保护的矛盾与问题, 是我国面临的一项长期而艰巨的任务。

参考文献:

[1] 朱大奎. 环境地质学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
[2] 范宝俊. 中国自然灾害与灾害管理[M]. 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 1998.
[3] 左建, 等. 工程地质及水文地质[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
[4] 赵惠君. 城市水利环境问题及对策[J]. 长江职工大学学报, 2001, 18(2) : 13~ 15.
[5] 杨计申. 环境地质及环境工程地质问题[J]. 水利水电工程设计, 1996, 56(4) : 49~ 52.
[6] 黎青宁. 地面变形地质灾害问题[J]. 水文地质工程地质, 1990, 17(4) : 32~ 34.

(上接第20页)

[19] 李文庆, 杜秉海, 骆洪义, 等. 大棚栽培对土壤微生物区系的影响[J]. 土壤肥料, 1996, (2) : 31~ 33.
[20] 张乃明, 董艳. 施肥与设施栽培措施对土壤微生物区系的影响[J]. 生态环境, 2004, 13(1) : 61~ 62.
[21] 程美廷. 温室土壤盐分积累、盐害及其防治[J]. 土壤肥料, 1990, (1) : 1~ 4.
[22] 薛继澄, 吴志行, 李家金, 等. 设施栽培土壤氮肥施用问题的研究[J]. 中国蔬菜, 1994, (5) : 22~ 25.
[23] 杨建军, 沈根祥, 姚政, 等. 灌水洗盐对设施农业中土壤养分的影响[J]. 上海农业学报, 2004, 20(2) : 63~ 66.
[24] 张玉龙, 张继宁, 张恒明, 等. 保护地蔬菜栽培不同灌水方法对表层土壤盐分含量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(1) : 41~ 44.
[25] 张春兰, 朱建春, 王开金, 等. 干鸡粪对减轻保护地蔬菜生理障碍的作用[J]. 江苏农业科学, 1995, (6) : 39~ 42.
[26] 童有为, 陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J]. 园艺学报, 1991, 18(2) : 159~ 162.
[27] 曹晓燕, 张宝成, 张虹. 一种蔬菜保护地土壤调理剂的应用初报[J]. 中国农业生态学报, 2002, 10(2) : 115~ 116.
[28] 李云海, 王秀峰, 邢禹贤. 设施土壤盐分积累及防治措施研究进展[J]. 山东农业大学学报, 2001, 32(4) : 535~ 538.
[29] 吴志行, 石海仙. 大棚蔬菜连作障碍及土壤次生盐渍化化原因及防止[J]. 长江蔬菜, 1994, (5) : 21~ 23.
[30] 张光亚, 方柏山, 闵锐, 等. 设施栽培土壤氧化亚氮排放及其影响因子的研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1) : 144~ 147.
[31] 杜连风, 刘建玲, 刘文科, 等. 河北省藁城市大棚土壤盐分累积状况研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18(2) : 30~ 33.