

土壤改良剂在蔬菜上的研究进展

闫童,刘士亮,于永梅,李振玲 (临沂市河东区农业局,山东河东 276034)

摘要 综述了土壤改良剂在蔬菜上的研究进展,同时阐述了它在改善土壤结构、治理污染、提高土壤肥力、优化土壤微生物种群等方面的作用。

关键词 蔬菜;土壤;改良剂

中图分类号 S63-33 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)09-03846-02

Research Progress of Soil Amendments in Vegetables

YAN Tong et al (Hedong District Agricultural Bureau of Linyi, Linyi, Shandong 276034)

Abstract The research progress of soil amendments in vegetables was reviewed, and the functions in improving soil structure, controlling pollution, improving soil fertility, optimizing soil microbial population were elaborated.

Key words Vegetable; Soil; Amendments

蔬菜生产作为一种高投入、高产出、高收益的农业生产,已成为农民增收致富、国家出口创汇的优势产业。近年来,由于菜农缺乏全面、系统的生态科技指导,优质品种的推广面积有限,农业高新技术使用率较低,低毒、低残留的生物农药难以推广利用,化肥使用技术仍局限在传统的施用方式,蔬菜产品中农药残留大量超标^[1]。另外,蔬菜产区多在城镇近郊或工矿区附近,首先接纳污染物,故菜田成为施用化肥、农药、垃圾、污水和污泥的集中地。污染物进入菜田,可破坏菜田生态平衡,影响蔬菜生长,造成经济损失。更严重的是,含有污染物的蔬菜通过食物链危及人类健康^[2]。蔬菜田土壤污染治理的根本途径就是土壤改良,而土壤改良除传统的增肥改土、耕作改土、水利改土措施外,应用土壤改良剂是修复土壤的重要措施之一。土壤改良剂能有效地改善土壤理化性状和土壤养分状况,并且对土壤微生物产生积极影响,从而提高退化土壤的生产力^[3]。

1 蔬菜田主要污染源

1.1 农业投入品

1.1.1 化肥污染。我国化肥的生产总量和施用量均占世界第一位。化肥在平衡土壤养分、提高作物产量方面发挥巨大的作用。据我国 1981 年长期肥料定位试验资料统计,施用化肥对粮食作物的贡献率为 40%~60%。然而,我国目前化肥利用率低,氮肥、磷肥、钾肥的当季利用率分别仅为 30%~35%、10%~20%、35%~50%,低于发达国家 10~15 个百分点。不合理或过量施肥不仅肥效降低,而且带来一系列环境问题。尤其是氮肥超量施用,往往导致产品中硝酸盐富集超标和水环境污染;大量磷肥的施用导致农产品中重金属和氟污染。据报道,氮素以挥发方式进入大气的占 15%,因反硝化脱氮逸出达 7%~64%^[4],磷素以化学固定等途径,降低了肥料利用率,从而出现环境(大气、水体、土壤等)和农产品的双重污染。

1.1.2 农药污染。据统计,每年我国杀虫剂有效成分的使

用量约 30 万 t。据环保部门调查,真正作用于靶标的农药仅占 15%,有 30% 残留在作物上,其余部分进入土壤、大气、水体。近年来,长期大量地施用农药的负面影响日渐暴露出来。农药施用对土壤、大气、水体、农产品的污染,对生态环境的破坏,及其引发的食品安全和公众健康问题尤为世人关注。

1.2 工业“三废”污染 随着工业发展和壮大,工业“三废”的随意排放及不合理利用带来的大气、土壤灌溉水和农产品的严重污染事件屡有报道。酸、碱、无机盐、有机物、重金属、降尘、二氧化硫、氟化氢、臭氧等为主要的环境监测对象。

1.3 生物学污染 生物学污染主要指城镇排放的生活污水、生活废弃物(如垃圾、粪便等)的污染。在未经处理的食品、医院污水、生活垃圾及未充分腐熟的粪便中,常携带有大量的致病微生物和寄生虫卵如伤寒、寄生虫卵(如伤寒、痢疾和霍乱等),导致蔬菜污染。据农业部有关调查显示,我国 24 个省区蔬菜产品受污染程度的超标率达 22%。

2 土壤改良剂在蔬菜上的应用情况

2.1 天然改良剂

2.1.1 天然矿物。天然矿物类土壤改良剂主要有石灰石、沸石、膨润土、蛭石、珍珠岩、粉煤灰、石膏等,对土壤的改良效果主要表现在以下方面。一是调节土壤酸碱度。陈艳霞等^[5]研究表明,石灰和沸石混用能提高土壤 pH。另外,蛭石、石膏也能在不同程度调节土壤酸碱度。二是降低重金属有效性。一方面,沸石、膨润土和蛭石能吸附土壤重金属(如 Pb、Ni、Cu、Zn、As、Sb、Cd 等),降低其有效性^[6-8];另一方面,石灰和沸石的使用能提高土壤 pH,降低 Cd、Pb 的有效性^[9-10]。三是改良土壤结构,提高土壤保水能力。有研究表明,由于膨润土具有一定的膨胀性、分散性及黏着性,施入土壤可增加团聚体数量,增大土壤孔隙度,从而降低土壤容重^[11]。沸石所具有的天然架装结构具有贮水能力。姜淳等^[12]研究表明,土壤中施入沸石后土壤含水量提高 1%~2%。李吉进等^[13]用膨润土改良砂土,发现它可使土壤含水量增加。四是提高土壤保肥能力,增加土壤肥力。有研究表明,天然土壤改良剂如沸石等可以通过其特有的结构特点和高的阳离子交换量,吸附、交换和活化土壤中养分为植物吸

作者简介 闫童(1980-),男,山东菏泽人,中级农艺师,硕士,从事蔬菜栽培、土壤肥料方面的研究,E-mail:398014361@qq.com。

收稿日期 2013-03-22

收利用;一些天然土壤改良剂本身(如膨润土、蛭石)具有植物所需的常量元素及微量元素(Ca、Mg、K、Fe等),能够满足植物生长的需要^[14-15]。

2.1.2 天然有机物。天然有机物主要有作物秸秆、豆科绿肥、泥炭、甲壳素、木质素、腐殖酸、壳聚糖、纤维素等。其作用主要有以下方面。一是改善土壤物理性质,提高土壤保水能力,改善和提高土壤的通气性、透水性、保水性、耐浸蚀性和易耕性。牛瑞生等^[16]研究表明,壳聚糖还能有效改善土壤的团粒结构,减少重茬对作物生长发育的不良影响。二是增加土壤肥力。杨巍^[17]研究表明,添加秸秆能显著增加沙质土壤有效磷含量,对沙质土壤中磷素起到活化作用,并且沙质土壤对磷的总平均吸附率显著增加。三是优化土壤微生物种群。李晓磊等^[18]研究发现,施用秸秆后土壤放线菌数量显著增加,土壤 *B*(细菌)/*F*(真菌)值显著提高,土壤微生物种群得到优化。此外,种植绿肥^[19]、应用壳聚糖^[20]对优化土壤微生物种群和调节土壤酶活性均有一定的作用。四是改善土壤盐渍化状况。在夏季高温季节休闲时种植苏丹草或采用轮作种植或使用土壤生物改良剂等均对改善土壤盐渍化有较好的效果^[21]。

2.2 人工合成改良剂 合成改良剂是模拟天然改良剂人工合成的高分子有机聚合物。国内外研究和应用的人工合成土壤改良剂有聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM)、聚丙烯酰胺、聚乙烯醇、聚乙二醇、脲醛树脂等,其中 PAM 是最受人们关注的人工合成土壤改良剂。PAM、聚丙烯酰胺、聚乙烯醇、聚乙二醇、脲醛树脂对土壤的改良作用主要表现在以下方面^[22]:①改善土壤物理性状,增强土壤的保水保土能力;②对肥料的吸附与释放作用;③对土壤微生物和酶活性的影响。

2.3 生物改良剂 生物改良剂主要有生物控制剂、微生物接种菌、菌根、好氧堆制茶、蚯蚓等,其主要作用有以下方面。一是改善土壤物理性质。有研究表明,丛枝菌根(AM)含有丰富的菌丝体,能提高土壤中有机质含量^[23]。丛枝菌根真菌(AMF)根外菌丝能产生一种细胞外糖蛋白,与菌丝网一起促进土壤团粒结构的形成,提高土壤稳定性,增强土壤通透性。许永利等^[24]研究表明,蚯蚓粪的应用能够改善番茄连作土壤环境,提供作物所需的养分,并能有效地避免因肥料施用过多而造成的环境污染。二是活化土壤营养元素,促进植物对养分吸收。AM 在低磷土壤中可提高植物吸磷能力。目前,已在洋葱、韭菜、番茄、茄子、辣椒、黄瓜、葛芭、石刁柏、菜豆等蔬菜作物上证实这一点^[25]。此外,在植物缺乏微量元素时,AM 菌根可促进植物对微量元素的吸收^[26],而当微量元素浓度过高时,AM 对重金属元素的毒害具有一定的缓解作用^[27]。三是增强作物抗逆性。有研究表明,丛枝菌根能增强作物根系吸水能力而提高植株抗旱性^[28]。土壤水分亏缺状态虽不利于植物生长,但对菌根侵染和菌丝发育的影响不大。AMF 可以通过菌丝的吸收作用,改善植株矿质营养(尤其是磷)及内源激素(提高细胞分裂素含量,影响叶片气孔开度)平衡状况,从而影响植物的水分代谢,提高植物的耐

旱力。另外,丛枝菌根具有增强植物耐盐碱的作用。有研究表明,丛枝菌根能使洋葱和辣椒在盐碱地上保持较好生长,并能克服叶片黄化失绿现象^[29]。*Glomus etunicatum* 和 *Glomus A7* 能减缓黄瓜在不同浓度的 NaCl 溶液中的萎蔫速度,而在蒸馏水中加快恢复。冯固等^[30]研究表明,随着盐胁迫强度的增加,丛枝菌根真菌对植物生长的促进作用也相应增大。这意味着盐胁迫虽然限制菌根的形成,但不抑制丛枝菌根真菌对植物生长的促进作用,相反在盐胁迫下,丛枝菌根真菌与植物之间的共生关系得到加强。

3 展望

随着经济的发展,人们对生活质量的要求也不断提高。环境恶化的危害也日益被人们关注。人们对“无公害蔬菜”“绿色食品”及“有机食品”的需求与日俱增。土壤改良、培肥地力作为一项确保食品安全的民生工程,越来越受到国家的重视。土壤改良除传统的增肥改土、耕作改土、水利改土措施外,生化改土成为未来的新趋势。土壤改良剂的研究与应用使人们找到了有别于传统改良土壤的新方法。随着土壤改良剂生产技术、应用研究的不断发展,土壤改良剂在改善土壤理化性状和蔬菜连做障碍、增强作物抗逆性、提高作物品质方面的作用逐渐被人们所认识,使得土壤改良剂在遏制蔬菜田土壤退化、改良中低产田、增容扩蓄等方面的应用也变得越来越广泛。

参考文献

- [1] 王锦海. 健康蔬菜安全, 高效生产技术[J]. 广东农业科学, 2009(7): 84-86.
- [2] 郭文龙. 蔬菜温室土壤环境特征变化与施肥问题的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005: 12-13.
- [3] 吴增芳. 土壤结构改良剂[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 24-34.
- [4] 左建, 孔庆瑞. 沸石改良碱化土壤作用的初步研究[J]. 河北农业大学学报, 1987, 10(3): 58-64.
- [5] 陈燕霞, 唐晓东, 游媛, 等. 石灰和沸石对酸化菜园土壤改良效应研究[J]. 广西农业科学, 2009, 40(6): 700-704.
- [6] 易杰洋, 刘国道. 膨润土的土壤改良效果及其对作物生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 2209-2212.
- [7] GARCIA-SANCHEZ A, ALASTUEY A, QUEROL X. Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils[J]. The Science of the Total Environment, 1999, 242: 179-188.
- [8] 郝秀珍, 周东美. 天然蒙脱石和沸石改良剂对黑麦草在铜尾矿砂上生长的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 434-439.
- [9] 周华, 吴礼树, 洪军, 等. 几种改良剂对 Cd 和 Pb 污染土壤小白菜生长的影响[J]. 河南农业科学, 2006(5): 90-94.
- [10] 刘恩玲, 孙继, 王亮. 不同土壤改良剂对菜地系统铅镉累积的调控作用[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(27): 11992-11994.
- [11] 邵玉翠, 张余良. 天然矿物改良剂在微咸水灌溉土壤中应用效果的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 100-103.
- [12] 姜淳, 周恩湘, 霍习良, 等. 沸石改土保肥及增产效果的研究[J]. 河北农业大学学报, 1993, 16(4): 48-52.
- [13] 李吉进, 徐秋明, 张宜霞, 等. 膨润土对土壤水分和玉米植株生育性状的影响[J]. 北京农业科学, 2001(6): 18-20.
- [14] 关连珠, 张继宏, 严丽, 等. 天然沸石增产效果及对氮磷养分和某些肥力性质调控机制的研究[J]. 土壤通报, 1992, 23(5): 205-208.
- [15] 化全县, 李见云, 周健民. 天然沸石对磷、钾在红壤中迁移影响的室内模拟研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 261-263.
- [16] 牛瑞生, 樊建英, 付雅丽, 等. 壳聚糖的生化特性及其在蔬菜生产上的应用[J]. 河北农业科学, 2007, 11(4): 33-36.
- [17] 杨巍. 秸秆改良材料对沙质土壤磷的活化作用及供磷特征的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2010: 47-48.
- [18] 李晓磊, 李井会, 宋述尧. 秸秆有机肥改善设施黄瓜连作土壤微生物区系[J]. 长春大学学报, 2006, 16(6): 119-122.

- sitoids *Hymenoepimecis bicolor* and *H. robertsae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) [J]. *Ethology Ecology & Evolution*, 2010, 22: 1–15.
- [37] 杨明旭. 寄生蜘蛛卵的三种姬蜂[J]. *植物保护*, 1993, 19(5): 46–48.
 - [38] KROGMANN L, AUSTIN A D. Systematics of Australian *Agenioideus* Ashmead (Hymenoptera: Pompilidae) with the first record of a spider wasp parasitizing *Latrodectus hasselti* Thorell (redback spider) [J]. *Australian Journal of Entomology*, 2012, 51(3): 166–174.
 - [39] FULLAWAY D T. Three new species of *Eurytoma* (Hymenoptera: Eurytomidae) [J]. *Proc Hawaiian Entomol Soc*, 1952, 15(1): 33–36.
 - [40] WASBAUER M S, POWELL J A. Host records for some North American spider wasps, with notes on prey selection (Hymenoptera: Pompilidae) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1962, 35(4): 393–401.
 - [41] WILSON J S, PITTS J P. New host associations for New World spider wasps (Hymenoptera: Pompilidae) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 2007, 80(3): 223–228.
 - [42] FINCH O D. Spider wasps (Hymenoptera, Pompilidae) as predators of a spider taxocenosis [J]. *Proc. 16th Europ. Coll. Arachnol*, 1997, 10(3): 83–89.
 - [43] GWYNNE D T. Nesting biology of the spider wasps (Hymenoptera: Pompilidae) which prey on burrowing wolf spiders (Araneae: Lycosidae, *Geolycosa*) [J]. *Journal of Natural History*, 1979, 13(6): 681–692.
 - [44] MCQUEEN D J. Interactions between the pompilid wasp *Anoplius relativus* (Fox) and the burrowing wolf spider *Geolycosa domifex* (Hancock) [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 1979, 57(3): 542–550.
 - [45] GONZAGA M O, VASCONCELLOS-NETO J. Nesting characteristics and spiders (Arachnida: Araneae) captured by *Auplopus argutus* (Hymenoptera: Pompilidae) in an area of Atlantic forest in southeastern Brazil [J]. *Entomological News*, 2006, 117(3): 281–287.
 - [46] ENDO T, ENDO A. Prey selection by a spider wasp, *Batozonellus lacerticida* (Hymenoptera: Pompilidae): effects of seasonal variation in prey species, size and density [J]. *Ecological Research*, 1994, 9(2): 225–235.
 - [47] CONLEY M R. Predation versus resource limitation in survival of adult burrowing wolf spiders (Araneae: Lycosidae) [J]. *Oecologia*, 1985, 67(1): 71–75.
 - [48] MARTINS R P. Nesting behavior and prey of *Poecilopompilus algidus fervidus* and *Tachypompilus xanthopterus* (Hymenoptera: Pompilidae) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1991, 64(2): 231–236.
 - [49] RAYOR L S. Attack strategies of predatory wasps (Hymenoptera: Pompilidae; Sphecidae) on colonial orb web-building spiders (Araneidae: *Metepira incrassata*) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1996, 69(4): 67–75.
 - [50] MATSUMOTO T, SHIMIZU I, KONISHI K. The first record of parasitism on *Neoscona scylloides* (Araneae: Araneidae) by *Eriostethus rufus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) [J]. *Acta Arachnologica*, 2002, 51(1): 5–6.
 - [51] BAARLEN P, TOPPING C J, SUNDERLAND K D. Host location by *Gelis festinans*, an egg sac parasitoid of the linyphiid spider *Erigone atra* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1996, 81: 155–163.
 - [52] EDGAR W D. Aspects of the ecology and energetics of the egg sac parasites of the wolf spider *Pardosa lugubris* (Walckenaer) [J]. *Oecologia*, 1971, 7(2): 155–163.
 - [53] BOWERS J P, RICHMAN D B, ELLINGTON J J. *Pardosa sternalis* (Thorell), a new host record for *Hidryta frater* (Cresson) in the Mesilla Valley, Dona Ana County, New Mexico [J]. *The Southwestern Entomologist*, 1998, 23(1): 91–92.
 - [54] NISHIDA E. A new *Hidryta* parasite of the spider's egg-sac in Japan (Hymenoptera, Ichneumonidae) [J]. *Kontyu*, Tokyo, 1982, 50(4): 635–637.
 - [55] EBERHARD W G. Under the influence: webs and building behavior of *Plesiometa argyra* (Araneae, Tetragnathidae) when parasitized by *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera, Ichneumonidae) [J]. *The Journal of Arachnology*, 2001, 29: 354–366.
 - [56] EBERHARD W G. Recovery of spiders from the effects of parasitic wasps; implications for fine-tuned mechanisms of manipulation [J]. *Animal Behaviour*, 2010, 79: 375–383.
 - [57] SOBCZAK J F, LOFFREDO A P S, PENTEADO-DIAS A M, et al. Two new species of *Hymenoepimecis* (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae) with notes on their spider hosts and behaviour manipulation [J]. *Journal of Natural History*, 2009, 43(43/44): 2691–2699.
 - [58] MATSUMOTO R, KONISHI K. Life histories of two ichneumonid parasitoids of *Cyclosa octotuberculata* (Araneae): *Reclinervellus tuberculatus* (Uchida) and its new sympatric congener (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae) [J]. *Entomological Science*, 2007, 10(3): 267–278.
 - [59] TAKASUKA K, MATSUMOTO R, OHBAYASHI N. Oviposition behavior of *Zatypota albicoxa* (Hymenoptera, Ichneumonidae), an ectoparasitoid of *Achaearanea tepidariorum* (Araneae, Theridiidae) [J]. *Entomological Science*, 2009, 94(3): 223–227.
 - [60] TANAKA K. Seasonal life cycle of *Zatypota albicoxa* (Hymenoptera: Ichneumonidae), an ectoparasitoid of *Achaearanea tepidariorum* (Araneae: Theridiidae), in northern Japan [J]. *Entomological Science*, 2007, 10(4): 421–423.
 - [61] TAKASUKA K, MATSUMOTO R. Infanticide by a solitary koinobiont ichneumonid ectoparasitoid of spiders [J]. *Naturwissenschaften*, 2011, 98(6): 529–536.
 - [62] KORENKO S, PEKÁR S. A parasitoid wasp induces overwintering behaviour in its spider host [J]. *PLoS One*, 2011, 6(9): 24628.
 - [63] LOIÁCONO M S, MARGARIA C B. Las especies del género *Baeus* (Hymenoptera: Scelionidae) endoparasitoides de ootecas de arañas en la Región Neotropical [J]. *Acta Zoologica Mexicana*, 2004, 20: 83–90.
 - [64] PEMBERTON C E, ROSA J S. Notes on the life history of *Baeus californicus* Pierce, an egg parasite of the black widow spider [J]. *Hawaiian Planters' Record*, 1940, 44(2): 73–80.
 - [65] MARGARÍA C B, LOIÁCONO M S, GONZAGA M O. A new species of *Baeus* (Hymenoptera: Scelionidae) from Brazil, parasitoid of *Cyclosa morretes* (Araneae: Araneidae) [J]. *Entomological News*, 2006, 117(2): 181–187.
 - [66] DOZIER H L. A new scelionid egg parasite of the black widow spider [J]. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 1931, 33: 27–28.
 - [67] HUBER B A, WUNDERLICH J. Fossil and extant species of the genus *Leptopholcus* in the Dominican Republic, with the first cases of egg-parasitism in pholcid spiders (Araneae: Pholcidae) [J]. *Journal of Natural History*, 2006, 40(41/43): 2341–2360.
 - [68] GUARISCO H. Description of the egg sac of *Mimetes epeiroides* (Araneae: Mimetidae) and egg parasitism by *Baeus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) [J]. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 2001, 104(3/4): 237–238.
 - [69] AUSTIN A D. A taxonomic revision of the genus *Mirobaeoides* Dodd (Hymenoptera: Scelionidae) [J]. *Aust J Zool*, 1986, 34: 315–337.
 - [70] COVILLE R E, GRISWOLD C. Nesting biology of *Trypoxylon xanthandrum* in Costa Rica with observations on its spider prey (Hymenoptera: Sphecidae; Araneae: Senoculidae) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1983, 56(2): 205–216.

(上接第 3847 页)

- [19] 高玲, 刘国道. 绿肥对土壤的改良作用研究进展 [J]. *北京农业*, 2007(36): 29–33.
- [20] 牛瑞生, 樊建英, 付雅丽, 等. 壳聚糖的生化特性及其在蔬菜生产上的应用 [J]. *河北农业科学*, 2007, 11(4): 33–36.
- [21] 徐刚, 张振华. 苏南设施栽培中土壤养分与盐分调查及对策 [J]. *南京农专学报*, 2002, 18(4): 29–31.
- [22] 陈义群, 董元华. 土壤改良剂的研究与应用进展 [J]. *生态环境*, 2008, 17(3): 1282–1289.
- [23] 李涛, 赵之伟. 从枝菌根真菌产球囊霉素研究进展 [J]. *生态学杂志*, 2005, 24(9): 1080–1084.
- [24] 许永利, 张俊英, 袁跃广, 等. 设施番茄连作土壤的改良措施研究 [J]. *北方园艺*, 2010(5): 60–62.
- [25] 包兰春, 陈贵林, 丁平海. 蔬菜 VA 菌根研究进展 [J]. *中国蔬菜*, 2000(2): 47–50.
- [26] DOSSKEY M G, ADRIANO D C. Trace element toxicity in VA mycorrhizal cucumber grown on weathered coal fly ash [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1993, 25(11): 1547–1552.
- [27] BARBARA D, HANNES S P. Influence of VA mycorrhizae on the uptake and distribution of heavy metals in plants [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1989, 29: 79–83.
- [28] 吕桂云. 从枝菌根化育苗对大棚黄瓜生长发育和果实品质的影响 [D]. 保定: 河北农业大学, 2001: 5–10.
- [29] ROSENDAHL C N, ROSENDAHL S. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glmus spp.*) on the response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salt stress [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1991, 31(3): 313–318.
- [30] 冯固, 白灯莎, 杨戊秋, 等. 盐胁迫对 VA 菌根形成及接种 VAM 真菌对植物耐盐性的效应 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10(1): 79–82.