

施用氨基酸肥料对连作条件下黄瓜的生物效应 及土壤生物性状的影响*

张树生^{1,2} 杨兴明¹ 黄启为¹ 徐阳春¹ 沈其荣^{1†}

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

(2 金华职业技术学院, 浙江金华 321007)

摘要 为探讨施用氨基酸肥料对连作条件下黄瓜生长及土壤微生物的影响, 本研究采用盆栽试验的方法对黄瓜 (*Cucumis sativus*) 的生物学效应及土壤微生物群落结构进行测定和分析。结果显示: 施用氨基酸肥料 (AAF) 使黄瓜生物学性状得到显著改善, 黄瓜的叶绿素增加、叶面积增大、光合作用增强, 干重提高; 同时, AAF 富含优质碳源, 施入土壤后使连作土壤的放线菌数量增加 1.57 ~ 2.18 倍, 真菌数量增加 2.22 ~ 8.43 倍, 尖孢镰刀菌明显减少, 真菌/细菌比值显著提高, 尖孢菌/真菌比值显著降低, 对枯萎病的防治率最高达 80% 以上。本研究表明, AAF 对连作黄瓜生长具有显著促进和调节作用, 对连作土壤微生物活性有激发作用, 对黄瓜的连作障碍有明显的缓解作用。但是, 从生长趋势看, 氨基酸肥料应配合施用一定量的无机肥料, 才能使黄瓜持续高产。

关键词 黄瓜 (*Cucumis sativus*); 连作障碍; 氨基酸肥料; 土壤微生物

中图分类号 S141 **文献标识码** A

黄瓜镰刀霉菌枯萎病 (*Fusarium wilt*) 是黄瓜连作栽培中一种危害最大的土传病害, 由于其发病机理非常复杂, 至今仍未完全清楚。一般认为是由于连年种植黄瓜及不合理的施肥管理方式, 还有常年或季节性大棚覆盖, 造成土壤营养失衡、盐分积累、结构恶化^[1~3]。尤其是土壤原有的微生物区系发生变化, 土壤有益微生物受抑制、有害微生物 (如枯萎病菌) 成为优势菌群, 导致黄瓜枯萎病的发生^[4~7], 严重影响了连作黄瓜的产量和品质^[8]。

从理论上说, 增加有机碳源的多样性, 可促进土壤微生物多样性的恢复^[9], 有利于抑制病原菌种群数量的增长, 因此, 国内外对施用有机肥来克服或缓解土壤连作障碍的潜力十分重视^[10, 11]。有机肥含有各种营养元素和生理活性物质, 可改善作物根系微生态环境中的理化性状以及微生物活性, 因而能提高作物的抗病害能力^[12, 13]。然而, 尽管前人在通过添加有机物料来改良土壤、优化土壤微生物区系来克服连作障碍方面做了大量有益的尝试, 但效果不尽一致^[14~16], 表明不同类型外源有机物对土壤微生物群落结构和种群数量调控的机制存在差异。

本试验所用的有机肥为微生物酶解饼粕蛋白制成的氨基酸肥料 (Amino acid fertilizer, AAF), 由于其富含氨基酸及活性多肽, 具有碳源活性高、氮素有效性高的特征。将该优质的 AAF 施入连作黄瓜土壤, 观察土壤微生物群落结构功能及黄瓜生长的变化, 以期获得克服黄瓜连作障碍的有效方法与途径。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验所用土壤为连续种植黄瓜超过 4 茬的土壤。土壤的基本理化性状为: pH 6.8, 土壤有机质含量 35.36 g kg⁻¹, 全氮 2.12 g kg⁻¹, 全磷 2.17 g kg⁻¹; 物理性粘粒含量 34%、物理性砂粒含量 66%, 属中壤土。

供试的黄瓜品种: 天津黄瓜研究所的津春 4 号。

供试 AAF 由本实验室自行研制, 以菜粕为原料, 经本实验室自行筛选的高效分泌蛋白酶的微生物分解成活性氨基酸而制成。AAF 的养分含量为: 总氨基酸含量 80 g kg⁻¹, 全氮 56.21 g kg⁻¹, 全磷

* 农业部农业产业结构调整重大专项 (06-07-04B) 和农业部 948 重大项目 (2006-C62) 资助

† 通讯作者, E-mail: shenqirong@njau.edu.cn

作者简介: 张树生 (1963~), 男, 浙江金华人, 副教授, 博士研究生, 主要从事有机肥料及土壤微生物方面的研究

收稿日期: 2006-08-21; 收到修改稿日期: 2006-10-31

11.32 g kg⁻¹, 全钾 9.54 g kg⁻¹, 有机质含量 435.2 g kg⁻¹, 含水量 30%。全部养分含量以湿 AAF (含水量 30%) 计算。

1.2 试验方法

试验采用盆栽方法, 设 4 个处理, 分别为 CK(对照, 不施任何肥料)、0.5% AAF(施用土壤重量 0.5% 的 AAF)、1.0% AAF、1.5% AAF, 每个处理重复 8 次。

黄瓜种子 2006 年 2 月 27 日浸种, 3 月 7 日子叶刚展开时移栽。移栽方法: 称相当于 400 g 干土(因土壤的含水量为 7%, 所以实际称土为 438 g) 的土壤, 放入盆钵中与按量称好的 AAF 混合均匀, 转入底部有透性孔的 0.5 L 小盆钵中, 每盆移入 2 株黄瓜小苗, 浇透水。在黄瓜生长过程中只浇水不施任何肥料。

1.3 测定方法

SPAD 值用日本产 SPAD 仪测量, 在每个处理中选第一张植株完全展开叶测定 5 株以上; 光合效率用美国产 LF6400(LF6400, LFCOR; Lincoln, NE, USA) 测定; 叶面积测定采用复印称重法^[17], 在 5 月 10 日采收时将每盆黄瓜的所有叶片用标准纸(已测算了单位重量纸的面积 cm²g⁻¹ 的纸) 复印下来称重计算。微生物计数用稀释平板法^[18], 细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂平板表面涂布法, 真菌采用马丁氏(Martin) 培养基平板表面涂布法, 放线菌采用改良高氏一号培养基平板表面涂布法, 结果以每 g 鲜土所含微生物菌落形成单位数量(Colony forming unit per gram fresh soil, cfu g⁻¹ soil) 表示; 尖孢镰刀菌计数所用培养基参照 Komada 的方法^[19]。

枯萎病防治率(%) = [(CK 发病株数 - 某处理发病株数) / CK 发病株数] × 100

1.4 统计分析

本试验所有数据均运用 SAS 8.2 软件在 $p < 0.05$ 水平上进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同 AAF 施用量对黄瓜叶绿素含量的影响

图 1 反映了在不同 AAF 施用量下黄瓜叶片的叶绿素含量 (SPAD 值) 随生长期而变化的情况。由图 1 可以看出, 4 月 10 日, 也即在黄瓜生长前期, 施用 AAF 的 3 个处理叶绿素含量均高于 CK, 并且各处理间没有明显差异, 说明 AAF 是一种速效肥料。随着黄瓜不断生长, 肥料所提供的养分不断消

耗, 0.5% AAF 提供的养分已显不足, 叶色开始逐渐退绿; 而 1.0% AAF 和 1.5% AAF 处理的黄瓜有较充足的养分, 叶色逐渐变绿; 4 月 19 日以后, 黄瓜处于五叶期时, 黄瓜生长消耗了肥料提供的大部分养分, CK 和 0.5% AAF 的叶色迅速下降, 植株变黄, 表现出明显的缺肥症状。1.0% AAF 的叶色开始有所褪色, 但仍能保持正常水平, 1.5% AAF 的叶色最绿。从趋势看, 随着生长的继续, 首先 1.0% AAF, 然后 1.5% AAF 还是会表现出缺肥症状。说明 AAF 在作物生长的前期能保持很好的养分供应, 但其生长的中后期有些不足, 因此, 在黄瓜作物上施用 AAF, 还应施用少量氮肥以弥补黄瓜中后期的生长发育之需。

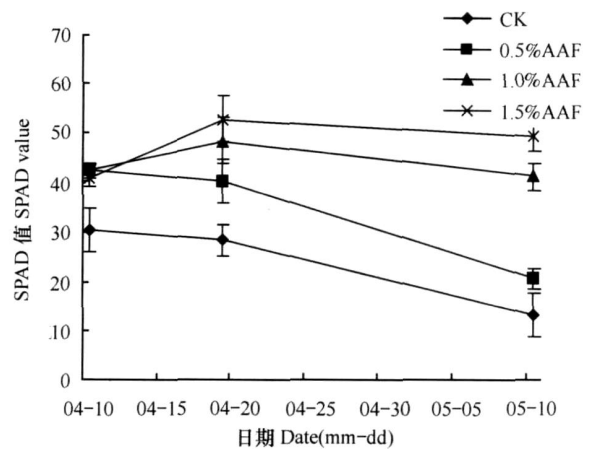


图 1 不同 AAF 施用量在黄瓜生长期间 SPAD 值的变化特点
Fig. 1 Effect of AAF application rate on SPAD value of cucumber leaves in growth

2.2 不同 AAF 施用量对黄瓜株高与叶面积的影响

在黄瓜生长初期, CK 处理黄瓜生长极为缓慢, 0.5% AAF 处理生长较快, 株高大于 1.0% AAF 和 1.5% AAF 处理。五叶期后, 0.5% AAF 处理黄瓜生长变得迟缓, 1.0% AAF 和 1.5% AAF 处理加速生长。至 5 月 10 日止, 不同 AAF 施用量间黄瓜株高 SAS 软件检验差异达显著水平 ($p < 0.05$) (图 2)。

叶面积的大小在一定程度上可以反映黄瓜的养分供应与生长状况, CK 的叶面积很小, 积累的光合产物很少; 1.5% AAF 叶大色浓, 植株生长迅速, 各处理间叶面积差异均达到显著水平, 其叶面积呈 1.5% AAF > 1.0% AAF > 0.5% AAF > CK 变化趋势 (图 3)。

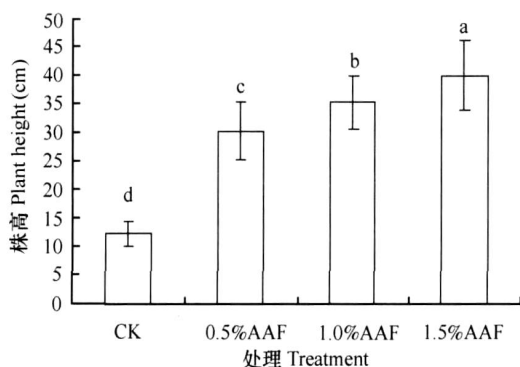


图2 不同 AAF 施用量对黄瓜株高的影响

Fig. 2 Effect of AAF application rate on plant height of cucumber plants

注:不同小写字母间表示LSD 检验差异达显著水平 ($p < 0.05$) (下图同)

Note: The different low-case letters indicate significant difference at $p < 0.05$ level according to the Fisher's LSD test (the same in the following figures)

2.3 不同 AAF 施用量对黄瓜光合速率和物质积累的影响

表1表明,不同 AAF 施用量光合速率有显著差异,随着施用量的增加,光合速率显著增加,气孔导度和蒸腾速率也同步增加,光合速率、气孔导度与蒸

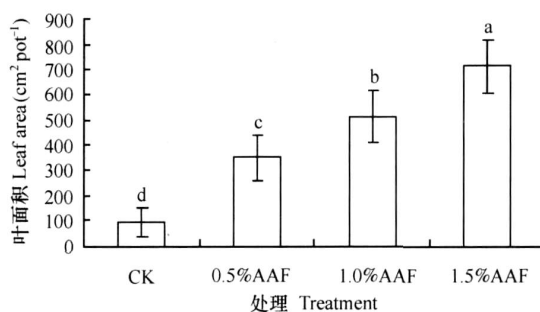


图3 不同 AAF 施用量对黄瓜叶面积的影响

Fig. 3 Effect of AAF application rate on leaf area of cucumber plants

腾速率间有极好的相关性,但胞间 CO_2 浓度没有表现出规律性。

较高的 AAF 施用量,可以明显加速植株的生长,提高黄瓜的光合速率,增加植物光合产物的积累和储藏,因而提高了黄瓜的生物量。与对照比较,黄瓜植株的干重呈梯度显著增加(图4),1.5% AAF 增加 4.05 倍,1.0% AAF 增加 2.47 倍,0.5% AAF 也增加了 1.82 倍。

表1 不同 AAF 施用量对黄瓜光合速率的影响

Table 1 Effect of AAF application rate on photosynthesis of cucumber plants

处理 Treatment	光合速率 Photosynthetic rate Pn ($\text{CO}_2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	气孔导度 Stomatal conductance Gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	胞间 CO_2 浓度 Intercellular CO_2 concentration Ci ($\text{CO}_2 \mu\text{mol mol}^{-1}$)	蒸腾速率 Transpiration rate Tr ($\text{H}_2\text{O mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
CK	5.6 d	0.071 d	262 a	1.79 d
0.5% AAF	10.1 c	0.232 c	271 a	4.38 c
1.0% AAF	17.4 b	0.364 b	250 a	6.11 b
1.5% AAF	20.0 a	0.557 a	286 a	8.66 a

注:表中数据为 4 个重复的均值,同一列不同小写字母间表示 LSD 检验差异达显著水平 ($p < 0.05$) Note: The figures in the table are means of 4 replicates. The different low-case letters following the data in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$ level according to the Fisher's LSD test

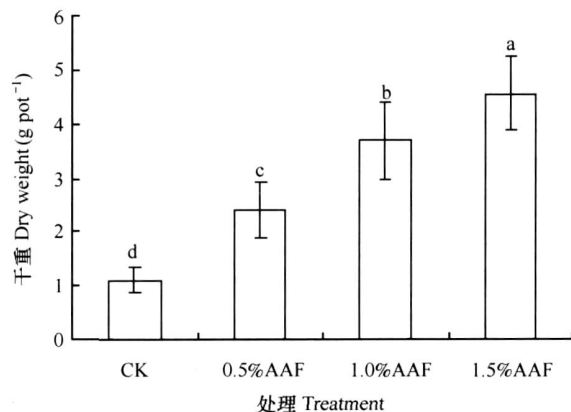


图4 不同 AAF 施用量对黄瓜干重的影响

Fig. 4 Effect of AAF application rate on dry weight of cucumber plants

2.4 不同 AAF 施用量对连作黄瓜土壤微生物及致病菌数量的影响

与对照比较(表2),施用 AAF 后细菌数量明显增加;放线菌的数量有显著增加,增加幅度为 1.57 ~ 2.18 倍;改变最大的是真菌,增加幅度为 2.22 ~ 8.43 倍;尖孢镰刀菌则明显减少。从表2还可以看出,真菌/细菌比值在施用 AAF 后显著提高,尖孢镰刀菌/真菌比值则显著降低。也就是说,施用 AAF 后,土壤微生物群落中真菌的百分含量显著增加,而细菌和尖孢镰刀菌的百分含量则显著下降。

表2 不同 AAF 施用量对连作黄瓜土壤微生物数量的影响

Table 2 Effect of AAF application rate on number of microorganisms in the soil under continuous mono-cropping of cucumber

处理 Treatment	细菌 Bacteria (10 ⁵ cfu g ⁻¹ soil)	放线菌 Actinomycetes (10 ⁵ cfu g ⁻¹ soil)	真菌 Fungi (10 ⁴ cfu g ⁻¹ soil)	尖孢镰刀菌 <i>F. oxysporum</i> (10 ² cfu g ⁻¹ soil)	真菌/细菌 Fungi/Bac. (10 ⁻²)	尖孢菌/真菌 <i>F. oxy.</i> / Fungi (10 ⁻²)
CK	7.98 ±0.27 a	1.55 ±0.24 c	1.43 ±0.33 c	3.75 ±0.95 a	1.76 ±0.41 d	2.88 ±1.50 a
0.5%AAF	8.65 ±0.45 a	2.43 ±0.25 b	3.18 ±0.88 c	2.75 ±0.96 ab	3.92 ±1.09 c	0.99 ±0.68 b
1.0%AAF	9.75 ±0.50 a	3.38 ±0.35 a	7.35 ±0.75 b	2.00 ±0.82 bc	9.07 ±0.93 b	0.28 ±0.12 b
1.5%AAF	9.80 ±0.61 a	3.23 ±0.21 a	12.05 ±1.11 a	1.00 ±0.82 c	14.88 ±1.37 a	0.09 ±0.07 b

注:表中数据为平均值(4次重复)±标准差 Note: The figures in the table are means(4 replicates) ± SD

2.5 不同 AAF 施用量对连作黄瓜枯萎病的防治效果

从表3可以看出,黄瓜死亡率随着氨基酸有机肥施入量的增加而减少。在整个试验过程中,对照在生长初期就开始发生黄瓜枯萎病,并随时间的延续发病不断加重,最后只剩5株(共16株)。0.5% AAF、1.0% AAF和1.5% AAF三个处理,生长初期没有发生枯萎病现象。生长至五叶期后,0.5% AAF生长变差,叶色发黄,开始有枯萎病发生。随后,1.0% AAF和1.5% AAF也开始发生枯萎病,但总体发病较轻。至5月10日试验结束止,1.5% AAF处理对枯萎病的防治效果达80%以上,0.5% AAF和1.0% AAF两个处理的防治率也达45%和54%。

表3 AAF的施用对黄瓜枯萎病的防治效果

Table 3 Effect of AAF application rate on Fusarium wilt of cucumber

处理 Treatment	活株数 Number of health plants	死株数 Number of dead plants	发病率 Incidence rate of Fusarium wilt (%)	防治率 Rate of protection (%)
CK	5	11	68.75	
0.5%AAF	10	6	37.50	45.45
1.0%AAF	11	5	31.25	54.55
1.5%AAF	14	2	12.50	81.82

3 讨论

自从Chapin等^[20]发现了无菌根北极莎草能直接吸收利用氨基酸以来,氨基酸能促进高等植物的生长的报道很多^[21~24],对作为植物生长素和激素前体的色氨酸及蛋氨酸对植物生长的影响及其机理也有很多报道^[25~28]。从本研究也可以看出,与对照比较,施用AAF的连作黄瓜的生物学性状得到明显改善,表现为植株的叶绿素含量增加、叶面积增大、光合作用增强、干重显著增加。由于氮素是植物生长需要量最

大的营养元素,从AAF施用量与黄瓜生长的关系来看,AAF有良好的供肥性能,这既可能与植物直接吸收氨基酸分子有关,更可能是氨基酸迅速矿化成无机氮而改善黄瓜的氮素营养所致。但是,从生长趋势看,即使施用1.5% AAF,要满足黄瓜整个生育期对养分的需要也是困难的。因此,如果能与无机肥料进行配合施用,充分利用AAF对植物生长的促进与调节作用,AAF的农业利用会更有意义。

AAF在克服连作障碍方面的优势,与施肥后改善微生物群落结构、抑制植物病原菌的种群数量有密切的关系。通常,施入土壤中的营养物质首先会对土壤微生物产生复杂的影响,进而对土壤的理化性质及植物生长产生影响。前人恰恰在AAF对土壤微生物群落结构及活性的影响方面缺乏研究。在本研究中发现,将AAF这种优质碳源施入黄瓜连作土壤,能显著提高土壤中原有微生物的繁殖能力与活性,改善土壤原有微生物群落结构及其功能。细菌的数量有明显增加,放线菌的数量则显著增加,特别是真菌数量、真菌/细菌比值均极显著升高,而尖孢镰刀菌/总真菌比值则显著下降。蔡燕飞^[15,16]、Doran^[29]和Bekwe^[30]的研究均表明,土壤中真菌数量以及真菌/细菌比值越高,土壤生态系统的稳定程度越高,土壤抑制病害能力越强^[31~33],与本研究的结果完全一致。由此说明,施用AAF有利于连作土壤的生态系统朝着稳定健康的方向发展,并且,土壤中病原真菌的密度大大降低,从而克服了连作土壤中的不利生物因素,抑制了病原真菌的繁殖和对植株的侵染,达到对枯萎病的控制效果。

Hasegawa等^[34]的研究发现,大豆饼的降解产物中的具有生物活性的多肽,能促进植物根系及根毛的生长,Watanabe等^[35]也曾发现了几种有植物生物活性的多肽,并且也有人发现多肽类物质对各种真菌具有抑制作用^[36]。在菜粕的降解过程中,很可能

会产生不同链长、生物活性复杂的各种多肽及氨基酸。是否就是这类物质刺激了连作土壤中原有微生物的活性,改善了连作土壤微生物群落结构与功能,以及其中的作用机理?还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 何文寿. 设施农业中存在的土壤障碍及其对策研究进展. 土壤, 2004, 36(3): 235 ~ 242. He W S. Soil problems and countermeasure in facility agriculture in China (In Chinese). Soils, 2004, 36(3): 235 ~ 242
- [2] 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124 ~ 126. Yu J Q, Du Y S. Soil-sickness problem in the sustainable development for the protected production of vegetables (In Chinese). J. Shenyang Agri. Univ., 2000, 31(1): 124 ~ 126
- [3] 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响. 中国蔬菜, 1998(4): 5 ~ 8. Wu F Z, Liu D, Wang D K, et al. Effect of continuous vegetable cropping in plastic greenhouse on the soil physicochemical properties (In Chinese). China Vegetables, 1998(4): 5 ~ 8
- [4] 尹睿, 张华勇, 黄锦法, 等. 保护地菜田与稻麦轮作田土壤微生物学特征的比较. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 57 ~ 62. Yin R, Zhang H Y, Huang J F, et al. Comparison of microbiological properties between soils of rice-wheat rotation and vegetable cultivation (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(1): 57 ~ 62
- [5] 高子勤, 张淑香. 连作障碍与根际微生态研究 I. 根系分泌物及其生态效应. 应用生态学报, 1998, 9(5): 549 ~ 554. Gao Z Q, Zhang S X. Continuous cropping obstacle and rhizospheric microecology I. Root exudates and their ecological effects (In Chinese). Chin. J. Appl. Ecol., 1998, 9(5): 549 ~ 554
- [6] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1 005 ~ 1 008. Ma Y H, Wei M, Wang X F. Variation of microflora and enzyme activity in continuous cropping cucumber soil in solar greenhouse (In Chinese). Chin. J. Appl. Ecol., 2004, 15(6): 1 005 ~ 1 008
- [7] 胡元森, 吴坤, 刘娜, 等. 黄瓜不同生育期根际微生物区系变化研究. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1 521 ~ 1 526. Hu Y S, Wu K, Liu N, et al. Studies on microbial population dynamics in the cucumber rhizosphere at different developmental stages (In Chinese). Scientia Agricultural Sinica, 2004, 37(10): 1 521 ~ 1 526
- [8] 吴凤芝, 刘德, 栾非时. 大棚土壤连作年限对黄瓜产量和品质的影响. 东北农业大学学报, 1999, 30(3): 245 ~ 248. Wu F Z, Liu D, Luran F S. Effect of duration of protected cultivation on yield and quality of cucumber (In Chinese). J. Northeast Agri. Univ., 1999, 30(3): 245 ~ 248
- [9] 陈芝兰, 张培平, 蔡晓布, 等. 秸秆还田对西藏中部退化农田土壤微生物的影响. 土壤学报, 2005, 42(4): 696 ~ 699. Chen Z L, Zhang F P, Cai X B, et al. Effect of returning straws to field on microbes of degenerated soil in central Tibet (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(4): 696 ~ 699
- [10] 于占东, 宋述尧. 稻草配施生物菌剂对大棚连作土壤的改良作用. 农业工程学报, 2003, 19(1): 177 ~ 179. Yu Z D, Song S Y. Effect of straw mixed with biopreparate on improvement of soil in greenhouse (In Chinese). Transactions of the CSAE, 2003, 19(1): 177 ~ 179
- [11] 袁飞, 彭宇, 张春兰, 等. 有机物料减轻设施连作黄瓜苗期病害的微生物效应. 应用生态学报, 2004, 15(5): 867 ~ 870. Yuan F, Peng Y, Zhang C L, et al. Effect of organic materials in controlling cucumber seedling diseases (In Chinese). Chin. J. Appl. Ecol., 2004, 15(5): 867 ~ 870
- [12] 袁飞, 张春兰, 沈其荣. 酚酸物质减轻黄瓜枯萎病的效果及其原因分析. 中国农业科学, 2004, 37(4): 545 ~ 551. Yuan F, Zhang C L, Shen Q R. Effect and mechanism of phenol compounds in alleviating cucumber Fusarium wilt (In Chinese). Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(4): 545 ~ 551
- [13] 朱林, 张春兰, 沈其荣. 施用稻草等有机物料对黄瓜连作土壤 pH、EC 值和微生物的影响. 安徽农业大学学报, 2001, 28(4): 350 ~ 353. Zhu L, Zhang C L, Shen Q R. The influence of applied organic materials in the continuous cropping soil on the soil pH and EC value and microbe (In Chinese). J. Anhui Agri. Univ., 2001, 28(4): 350 ~ 353
- [14] 马利平, 高芬, 乔雄梧. 家畜沤肥浸渍液对黄瓜枯萎病的防治及作用机理探析. 植物病理学报, 1999, 29(3): 270 ~ 274. Ma L P, Gao F, Qiao X W. Efficacy of compost extracts to cucumber wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) and its mechanisms (In Chinese). Acta Phytopathologica Sinica, 1999, 29(3): 270 ~ 274
- [15] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响. 应用生态学报, 2003, 14(3): 349 ~ 353. Cai Y F, Liao Z W, Zhang J E, et al. Effect of ecological organic fertilizer on tomato bacterial wilt and soil microbial diversities (In Chinese). Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(3): 349 ~ 353
- [16] 蔡燕飞, 廖宗文. FAME 法分析施肥对番茄青枯病抑制和土壤健康恢复的效果. 中国农业科学, 2003, 36(8): 922 ~ 927. Cai Y F, Liao Z W. Effect of fertilization on the control of tomato bacterial wilt and soil health restoration using FAME analysis (In Chinese). Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(8): 922 ~ 927
- [17] 周毅, 郭世伟, 宋娜, 等. 水分胁迫和供氮形态耦合作用下分蘖期水稻的光合速率、水分与氮素利用. 中国水稻科学, 2006, 20(3): 313 ~ 318. Zhou Y, Guo S W, Song N, et al. Effects of nitrogen form and water stress interaction on photosynthesis, utilization of water and nitrogen of rice plants at the tillering stage (In Chinese). Chinese J. Rice Sci., 2006, 20(3): 313 ~ 318
- [18] 李阜棣, 喻子牛, 何绍江. 农业微生物学实验技术. 北京: 中国农业出版社, 1996. Li F L, Yu Z N, He S J. Experiment Technique for Agriculture Microbiology (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1996
- [19] Komada H. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. Rev. Plant Protec. Res., 1975, 8: 114 ~ 125
- [20] Chapin F S, Moilanen L, Kielland K. Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. Nature, 1993, 361: 150 ~ 153
- [21] Gunes A, Inal A, Aktas M. Reducing nitrate content of NET grown winter onion plants by partial replacement of NO_3^- with amino acid in nutrient solution. Scientia Horticulturae, 1996(65): 203 ~ 208
- [22] Gunes A, Post W N K, Kirkby E A, et al. Influence of partial replace-

- ment of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NET grown winter lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 1994, 17(11) : 1 929 ~ 1 938
- [23] 陈贵林,高绣瑞.氨基酸和尿素替代硝态氮对水培不结球白菜和生菜硝酸盐含量的影响. *中国农业科学*, 2002, 35(2) : 187 ~ 191. Chen GL, Gao X R. Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on nitrate content of nonheading Chinese cabbage and lettuce in hydroponics (In Chinese). *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(2) : 187 ~ 191
- [24] 吴良欢,陶勤南.水稻氨基酸态营养效应及其机理研究. *土壤学报*, 2000, 37(4) : 464 ~ 473. Wu L H, Tao Q N. Effects of amino acid-N on rice nitrogen nutrition and its mechanism (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2000, 37(4) : 464 ~ 473
- [25] Arshad M, Frankenberger W T Jr. Response of *Zea mays* and *Lycopersicon esculentum* to the ethylene precursors, L-methionine and L-ethionine applied to soil. *Plant and Soil*, 1990, 122 : 219 ~ 227
- [26] Arshad M, Hussain A, Javer M, et al. Effect of soil applied L-methionine on growth, nodulation and chemical composition of *Albizia lebbek* L. *Plant and Soil*, 1993, 148 : 129 ~ 135
- [27] 陈振德,黄俊杰,何金明,等.土施L-色氨酸对甘蓝产量和养分吸收的影响. *土壤学报*, 1997, 34(2) : 200 ~ 205. Chen Z D, Huang J J, He J M, et al. Influence of L-tryptophan applied to soil on yield and nutrient uptake of cabbage (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1997, 34(2) : 200 ~ 205
- [28] Wu L H, Mo L Y, Fan Z L, et al. Absorption of glycine by three agricultural species under sterile sand culture conditions. *Pedosphere*, 2005, 15(3) : 286 ~ 292
- [29] Doran J W, Sarrantonio M, Liebig M A. Soil health and sustainability. *Advance Agronomy*, 1996, 56 : 2 ~ 54
- [30] Bekwe A M, Kennedy A C, Frohne P S, et al. Microbial diversity along a transect of agronomic zones. *FEMS Microbiology Ecology*, 2002, 39 : 183 ~ 191
- [31] Outi P, Susan J G, Risto H T. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soil under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Biol. Fert. Soil*, 2001, 33 : 17 ~ 24
- [32] Zhang W J, Rui W Y, Tu C, et al. Responses of soil microbial community structure and diversity to agricultural deintensification. *Pedosphere*, 2005, 15(4) : 440 ~ 447
- [33] Daniel L M, Peter D S, Jeffrey S B. Microbial biomarkers as an indicator of ecosystem recovery following surface mine reclamation. *Applied Soil Ecology*, 2002, 21 : 251 ~ 259
- [34] Hasegawa N, Fukumoto Y, Minoda M, et al. Promotion of plant and root growth by soybean meal degradation products. *Biotechnology Letters*, 2002, 24 : 1 483 ~ 1 486
- [35] Watanabe Y, Barbashov S F, Komatsu S, et al. A peptide that stimulates phosphorylation of the plant insulin-binding protein. *Eur. J. Biochem.*, 1994, 224 : 167 ~ 172
- [36] 陈刚,丘小庆,卢晓风,等.多肽 APS 体外抗病原真菌活性及其抗菌机理初探. *四川大学学报(医学版)*, 2003, 34(2) : 220 ~ 222. Chen G, Qiu X Q, Lu X F, et al. Inhibition property of a polypeptide APS against phytopathogenic fungi and the possible antifungal mechanism (In Chinese). *J. Sichuan Univ. (Med. Sci. Ed.)*, 2003, 34(2) : 220 ~ 222

EFFECT OF APPLICATION OF AMINO ACID FERTILIZER ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF CUCUMBER PLANTS AND SOIL MICROORGANISMS UNDER CONTINUOUS MONO-CROPPING

Zhang Shusheng^{1,2} Yang Xingming¹ Huang Qiwei¹ Xu Yangchun¹ Shen Qirong^{1†}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

(2 Jinhua College of Profession and Technology, Jinhua, Zhejiang 321007, China)

Abstract Pot experiments were carried out to investigate effect of application of amino acid fertilizer (AAF) on biological properties of cucumber plants (*Cucumis sativus*) and soil microorganism under continuous mono-cropping. Results show that application of AAF increased chlorophyll content, leaf area, photosynthesis rate, and dry weight of the cucumber plants. Moreover, after the application of AAF with high-quality carbon, the number of actinomycetes was increased by 1.57 ~ 2.18 folds, fungi by 2.22 ~ 8.43 folds, while the number of *Fusarium oxysporum*, a wilting disease causing fungi, was significantly decreased. The ratio of Fungi/Bacteria was significantly increased while the ratio of *F. oxy.* to fungi was significantly decreased. The rate of protection of fusarium wilt was more than 80%. The results suggested that AAF application could significantly promote the growth of cucumber plants, stimulate microbial activities in the soils, and alleviate the adverse effect of continuous mono-cropping of cucumber.

Key words Cucumber (*Cucumis sativus*); Obstacle of continuous mono-cropping; Amino acid fertilizer; Soil microorganism