

有机物料土地利用对土壤生态系统的短期影响研究进展^①和苗苗^{1,2}, 田光明², 梁新强², 徐向红³, 周根娣¹

(1 杭州师范大学生命与环境科学学院, 杭州 310036; 2 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310029;

3 国家环境保护总局辐射环境监测技术中心, 杭州 310012)

摘 要: 有机物料土地利用在改善土壤理化性质、增强供肥能力、提高农作物产量的同时, 也给土壤生态系统带来了短期风险, 但目前并未得到足够重视。本文重点就有机物料施用对土壤微生物、生源要素周转、以及重金属迁移转化的短期影响进行综述, 并将土壤生态系统的短期响应与土壤健康联系, 以期有机物料土地利用引起的短期环境效应得到关注, 进而在机理上深入研究, 为正确使用有机肥, 更好地提高土壤质量, 快速发展有机农业打下基础。

关键词: 有机物料; 土地利用; 短期影响; 微生物; 土壤健康

中图分类号: X53

随着人们对有机肥的推崇, 秸秆、动物粪便及各种有机固体废弃物堆肥等有机物料的农田施用在世界范围内成为一种时尚。大量研究表明, 长期施用有机物料, 特别是腐熟的堆肥, 可改善土壤理化性质、提高农作物产量、增强土壤稳定性^[1-5], 同时对土壤中的C、N有固定作用, 减少温室气体的排放^[6-7]。然而, 近年来一些学者发现^[8-10], 施用有机物料后农田系统中CO₂、N₂O等温室气体的排放量、以及N、P等污染物的流失量均在短期内成百甚至上千倍地增加, 影响了周围大气与水环境。因此, 在研究有机物料土地利用的长期风险的同时, 其短期环境效应也需要得到关注, 这对有机物料的合理使用以及农田土壤质量的可持续维持和发展具有重要意义。

1 土壤微生物对有机物料土地利用的短期响应

土壤微生物在C、N、P、S以及水分循环中起重要作用^[11], 各种作物秸秆、畜禽粪便及其堆肥等有机物料的长期使用可增加土壤微生物的数量和功能多样性, 使土壤更加肥沃^[12-15]。但是大部分有机物料的C、N等营养成分含量远远高于农田背景值, 且有机物料中含有大量易被分解的小分子有机物, 将其土地利用即增大了对土壤微生物的养分供给, 势必激起微生物的强烈活动, 使微生物数量、活性以及种群结构在短期内发生显著变化^[16-17]。我国学者朱祖祥早在上个世

纪60年代就提出土壤施用绿肥的“起爆效应”(现通称激发效应), 认为绿肥耕埋后土壤微生物的活性会在短时间内增强^[18]。这在国外一些研究数据中也有体现。Criquet等^[19]将污水污泥土地利用后, 土壤酸性磷酸酶、碱性磷酸酶、以及磷酸二酯酶在施用后第25天的含量明显高于第87天。Stark等^[20]在不同土壤中添加绿肥后发现, 微生物碳量(MBC)与脱氢酶酶活(DHH)均在20天内变化显著, 同时PCR-DGGE的结果表明土壤微生物种群结构在添加绿肥后10天内迅速变化, 而在随后80天的观察中无显著改变。

土壤微生物的作用不仅仅限于养分循环, 还与土壤生态系统平衡的维持存在很大联系^[11]。由于养分冲击暂时打破了土壤系统的平衡, 因此土壤微生物数量并没有随时间呈指数增长, 而是在短期内不断波动变化, 并在振荡中逐渐进入新的平衡^[21-23]。Zeleney等^[23]认为这是由于新鲜养分的添加使土壤微生物迅速繁殖, 但大量微生物的生长会导致土壤生态系统暂时缺氧, 从而致使一部分微生物死亡, 而死亡的生物体又能作为营养源促进其他微生物的繁殖。在反复的“繁殖-死亡”过程后, 土壤微生物数量达到新的平衡, 且均比施用有机物料前有所增加。微生物的种群多样性也在施用有机物料后短期内呈现波动变化。De Vos和van Bruggen^[24]利用分子生物学方法对添加绿肥土壤中的细菌种群结构进行分析, 发现随着细菌数量的波

①基金项目: 国家自然科学基金项目(40871101), 浙江省自然科学基金一般项目(Y5100030)与杭州市科技发展计划项目(20080213A21)资助。
作者简介: 和苗苗(1982—), 女, 山东济宁人, 博士, 助理研究员, 主要从事固体废物堆肥资源化及其土地利用的生态风险方面的研究。E-mail: hemiaomiao0343@126.com

动, 种群结构的变化呈现演替过程, 即土壤细菌种群结构随时间不断重复循环, 且循环次数与微生物数量的波动次数相同。

然而, 并不是所有土壤微生物都能迅速响应外来干扰。土壤系统中, 有些微生物的生长对生源要素的变化非常敏感, 对自然或人为的干扰能做出迅速反应, 比如富养微生物 (copiotrophic bacteria, CB)。而在另外相对稳定静态的微生物库中, 生物体对外界干扰的反应相对较慢, 但它们是维持土壤生态系统平衡的重要生物因素, 其生物多样性也远远大于前者^[25-26], 如贫养微生物 (oligotrophic bacteria, OB)。Zelenev 等^[23]利用高碳与低碳培养基分别对土壤中的 CB 菌与 OB 菌进行培养, 在添加绿肥后每天监测其菌落数 (colony-forming units, CFUs), 发现土壤 CB 菌数量在施用绿肥后 30 天内出现多个“升高-降低”的波动过程, 而 OB 菌落数的波动迟于 CB 菌, 且频率和幅度均较小。细菌数量的波动会直接影响其他食菌微生物数量与活性的变化。Zelenev 等^[22]也研究了食菌线虫对绿肥土地利用的短期响应, 发现食用线虫的增长速率也随时间呈波动变化, 且与 CB 菌数量的波动周期相同。可见, 活性微生物在土壤生态系统对有机物料施用的短期响应中起着重要作用^[27]。

2 有机物料土地利用对生源要素周转的短期影响

有机物料施用后, 各种功能微生物数量、活性及种群结构在短期内的剧烈变化必然影响土壤养分的周转^[16-17]。Lundquist 等^[28]在土壤中添加绿肥一周后, 发现在土壤细菌与线虫的活性显著提高的同时, C 和 N 的矿化过程也大大加快。van Bruggen 和 Semenov^[21], 以及 Zelenev 等^[23]也都发现, 土壤中溶解性有机 C、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 含量在施用有机物料后一周内波动变化十分剧烈, 且与微生物数量的变化显著相关。

土壤中生源要素的快速周转, 势必引起农田污染物的大量排放, 这在有机物料土地利用后温室气体排放、土壤淋溶等方面的研究数据中有所体现。Dittert 等^[29]发现土壤施入牛粪后一天内, N_2O 的排放通量就从 $10 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 增长到 $400 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 而随后 4 天 N_2O 的排放通量呈波形分布, 均值一直高达 $300 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。李琳等^[30]也发现 N_2O 与 CH_4 的排放通量在秸秆还田后 20 天内有很大波动。在生源要素的土壤淋溶方面, 王良梅和周立祥^[31]曾报道, 污水污泥土地利用后, 土壤中溶解性有机碳 (DOC) 浓度在短时间内增加数十倍。Luo 等^[8]发现, 施用污泥后短期内 0 ~ 20 cm 土层土壤溶液的 NO_3^- 含量可高达 100 mg/L, 比土壤本底值高 5

~ 10 倍。张维理等^[32]也认为农田施用厩肥容易在短期内造成土壤硝酸盐淋溶以及地下水污染。虽然土壤微生物对这些污染物在短期内排放的影响机制还不清楚, 但可以推断各种功能微生物在施肥后活性的增强, 是引起土壤污染物在短期内大量排放的“起爆点”。

除了土壤微生物, 有机物料及土壤类型也是生源要素在短期内快速周转的重要因素。由于绿肥中可被微生物直接利用并分解的营养成分较多, 施用到土壤后往往会大幅度增加溶解性有机物的含量, 进而增强对污染物的活化。王良梅和周立祥^[33]就在研究中发现, 施用绿肥土壤中 NO_3^- -N、水溶性 P 在短期内的含量显著高于施用猪粪的土壤。另外, 当土壤黏粒含量较高时, 土壤颗粒中有机质的吸附能力较强, 这会减少 N、P 的溶出浓度; 而土壤 pH 值较高时, 有机物料的溶解性增强, 这使生源要素在气、液、固相中的周转加快^[34]。因此, 在施用有机物料前应了解土壤性质, 选择适合的腐熟度高、性质稳定的有机物料, 特别是在营养贫瘠的土壤、或长期使用化肥的土壤中, 更应适量地使用有机物料, 从而减少施肥后短期内营养元素的大量损失与排放风险。

3 有机物料土地利用对重金属迁移转化的短期影响

尽管多数研究者认为, 土壤重金属很难在短期内被微生物分解, 且易被表层土壤吸持、不随水迁移^[35], 但仍有一些研究结果表明, 有机物料施用后, 土壤重金属有明显活化及下移的现象出现。Kaschl 等^[36]将 $65 \text{ Mg}/\text{hm}^2$ 的固体废弃物堆肥施用于土壤, 发现 Cu、Ni、Zn 有明显的下移现象, 其中 Cu 在 25 cm 土层中的淋溶浓度最高可达 $100 \mu\text{g}/\text{L}$ 。Egiarte 等^[10]甚至发现, 在 $\text{pH} < 5.0$ 的土壤表层施用污泥, 可使 60 cm 深土壤溶液中的 Zn、Cd、Pb 含量在 5 天内达到最高值, 分别为 2.4 mg/L、 $1.6 \mu\text{g}/\text{L}$ 和 $9 \mu\text{g}/\text{L}$, 是空白处理的 2 倍、8 倍和 5 倍; Ni 在 60 cm 深土壤沥出液中的含量于第 12 天达到最高, 为 $16 \mu\text{g}/\text{L}$; 而 Cu 的淋出量则呈波动变化, 分别在第 1、18 和 27 天出现峰值。He 等^[37]将污泥或污泥堆肥土地施用后, 发现土壤中重金属 Zn 和 Cu 的有效性大大提高, 使植物在短期内对 Zn 和 Cu 的吸收量增加。

重金属在施用有机物料后短期内迁移活性增强的现象可能有以下几方面原因。首先, 一些有机物料中重金属含量较高, 施用到农田后, 由于土壤孔隙度增大所产生的“优先流”促进了重金属的下移^[38]。其次, 有机物料中的溶解性有机物 (dissolved organic matter,

DOM)可充当重金属的运移载体^[39-40],大大促进土壤重金属的迁移活性(包括在土壤中活性通常较低的Pb)。Zhou和Wang^[41]将从污泥中提取出的溶解性有机碳(DOC)放入土壤,发现DOC浓度达到10 mg/L时就会使土壤Cu的活性提高20%~30%。另外,重金属的迁移活性还与其结合形态有关,有机物料土地利用后短期内加速了微生物对有机物的分解,这可能会释放有机络合基与重金属的结合位点,进而转化为迁移性和生物有效性均较强的水溶态或离子交换态重金属^[42-43],使重金属在有机物料施用后容易在短期内淋溶量增大。特别是重金属与DOM含量均较高的有机物料(动物粪便及污泥等),土地利用后增加了土壤中DOM与重金属的绝对数量,造成水溶态及交换态重金属的直接淋溶以及重金属被DOM活化后淋溶的双重污染,进而增大重金属在短期内进入地下水环境以及食物链的潜在风险^[10,44-45]。

4 短期影响与土壤健康的关系

Rapport^[46]曾定义健康的土壤生态系统具有以下特征:①营养循环及能量流动的完整性;②生物多样性的维持;③功能单元之间的相互联系;④遇到干扰时的稳定性与恢复力;⑤污染物和重金属的修复能力。因此,土壤中生物多样性越大、易被利用的营养物质含量越小,该生态系统就越健康^[27]。在这样的生态系统中,由于土壤本身含有大量微生物种群、稳定的有机质、且抵抗干扰的能力较强,使微生物对有机物料土地施用的响应程度降低,土壤生态系统稳定时间缩短。van Bruggen^[21]就曾将受到外界干扰后土壤微生物短期波动的频率、幅度、以及恢复到稳定状态的时间作为表征土壤健康的重要指标。例如,Zeleney等^[22]曾将植物残体分别添加到 γ 射线照射的土壤及未被照射土壤中,发现 γ 射线照射土壤中微生物数量的波动幅度和频率显著大于未被照射的土壤。Semenov等^[47]发现在有机质含量低的土壤中微生物种群的波动变化幅度显著大于有机质含量高的土壤。

土壤健康程度还体现在植物病虫害的发病率上。土传病害发病率越低,土壤的健康程度就越大。许多研究表明,施用有机物料可明显抑制或降低植物病害的发病率^[48-50]。Lewis等^[51]发现用垃圾与污泥制成的堆肥对豌豆猝倒病表现出显著的抑制作用。Cinthia等^[52]研究结果表明,堆肥可显著降低两种腐霉属病原菌引起的黄瓜猝倒病的发病率。有机物料通过增加土壤碳源等养分,促进微生物的生长和种群多样性,从而提高竞争性拮抗性微生物对土传病原菌的抑制能力,

降低农作物的发病率^[48-50]。然而,一些植物病原菌兼营腐生,对土壤C、N的响应也很迅速^[53-54],如腐霉(*Pythium*)等,它们可以在短期内与土壤微生物竞争新鲜有机质^[26],进而影响拮抗性微生物对病原菌的抑制能力。近来一些研究中的数据表明,土传病菌在施用有机物料后短期内的发病率并不稳定^[21,55]。van Bruggen等^[56]则发现,腐霉(*Pythium sp.*)及立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani AG8*)的发病率均随着小麦根的长度而波动,其中立枯丝核菌的发病率与CB的菌落数显著负相关,腐霉的发病率与CB的菌落数有相似的波动周期。可以推测,添加有机物料后土传病菌的发病率随时间也存在波动变化,且与土壤微生物的波动息息相关。因此,在利用有机物料增强土壤对土传病菌发病率的抑制能力时,应充分考虑土壤微生物对养分冲击的短期波动响应。

5 结语与展望

有机物料施用后,由于土壤微生物的快速响应,导致农田生态系统在短期内容易出现大量温室气体排放、N、P、重金属等污染物快速淋溶等环境风险、以及土壤健康问题等。随着微生物数量与活性的稳定,土壤生态系统很快又进入新的平衡,而长期使用有机物料就是在多次平衡过程中使土壤生态系统达到微生物活性与种群多样性大、有机质含量高、对病菌抵抗能力强的状态。可见,通过有机物料来增强土壤的健康程度必然要经历一系列短期风险,为解决两者之间的矛盾、同时提高有机肥料的利用率、降低污染物排放,以下两个方面需要注意:①在施用有机物料前需充分了解土壤性质,针对土壤特点选择肥料种类,例如对于有机质含量较低的土壤,应避免使用C含量高的绿肥;②尽量使用易被分解的营养成分和溶解性有机物含量低、性质稳定的有机物料,避免激起土壤微生物的大幅度波动,从而减少营养元素在施肥后短期内的大量损失、降低土传病害的发病率。

此外,深入探究土壤生态系统中关键微生物对有机物料施用的短期响应,及其引起的各生源要素的短期周转、污染物的活化与植物病害的波动变化,可能为农田污染物排放机理与控制措施、土传病菌生物防治等方面的研究开拓新思路。

参考文献:

- [1] 周立祥, 胡露堂, 胡志明. 城市污泥氮磷供应特性及其环境化学行为. 农村生态环境, 1995(4): 15-17
- [2] 王斯佳, 韩晓增, 侯雪莹. 长期施肥对黑土氮素矿化与硝化作

- 用特征的影响. 水土保持学报, 2008, 22(2): 170-173, 190
- [3] 吴晓晨, 李忠佩, 张桃林. 长期不同施肥措施下红壤稻田的养分循环与平衡. 土壤, 2009, 41(3): 377-383
- [4] Liu B, Gumpertz ML, Hu SJ, Ristaino JB. Long-term effects of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39: 2302-2316
- [5] Hargreaves JC, Adl MS, Warman PR. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2008, 123: 1-14
- [6] Baily KL, Lazarovits G. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil and Tillage Research*, 2003, 72(2): 169-180
- [7] Venterea RT, Burger M, Spokas KA. Nitrogen oxide and methane emissions under varying tillage and fertilizer management. *Journal of Environmental Quality*, 2005, 34: 1467-1477
- [8] Luo YM, Qiao XL, Song J, Christie P, Wong MH. Use of a multi-layer column device for study on leachability of nitrate in sludge-amended soils. *Chemosphere*, 2003, 52: 1483-1488
- [9] Dittert K, Lampe C, Gaschec R, Butterbach Bahl K, Wachendorf M, Papen, H, Sattelmacher B, Taube F. Short-term effects of single or combined application of mineral N fertilizer and cattle slurry on the fluxes of radiatively active trace gases from grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37: 1665-1674
- [10] Egiarte G, Arbestain MC, Ruiz-Romera E, Pinto M. Study of the chemistry of an acid soil column and of the corresponding leachates after the addition of an anaerobic municipal sludge. *Chemosphere*, 2006, 65: 2456-2467
- [11] 孙波, 赵其国, 张桃林, 俞慎. 土壤质量与持续环境III. 土壤质量评价的生物学指标. 土壤, 1997, 29(5): 225-234
- [12] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. 土壤学报, 2002, 39(1): 89-95
- [13] Gelsomino A, Cacco G. Compositional shifts of bacterial groups in a solarized and amended soil as determined by denaturing gradient gel electrophoresis. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38: 91-102
- [14] Toyota K, Kuninaga S. Comparison of soil microbial community between soils amended with or without farmyard manure. *Applied Soil Ecology*, 2006, 33(1): 39-48
- [15] 王霖晓, 沈阿林, 寇长林, 郭战玲, 马政华. 小麦-玉米轮作下有机肥与氮肥配施对土壤微生物量氮及作物氮利用的影响. 河南农业科学, 2007(6): 96-99
- [16] Griffith BS, Bonkowski M, Roy J, Ritz K. Functional stability, substrate utilisation and biological indicators of soils following environmental impacts. *Applied Soil Ecology*, 2001, 16: 49-61
- [17] Priemé A, Christensen S. Natural perturbations, drying-wetting and freezing-thawing cycles, and the emission of nitrous oxide, carbon dioxide and methane from farmed organic soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33: 2083-2091
- [18] 朱祖祥. 从绿肥的起爆效应探讨它的肥效机制及其在施用上的若干问题. 浙江农业科学, 1963(3).
- [19] Criquet S, Braud A, Nèble S. Short-term effects of sewage sludge application on phosphatase activities and available P fractions in Mediterranean soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(4): 921-929
- [20] Stark C, Condon L M, Stewart A. Influence of organic and mineral amendments on microbial soil properties and processes. *Applied Soil Ecology*, 2007, 35: 79-93
- [21] van Bruggen AHC, Semenov AM. A new approach to the search for indicators of root disease suppression. *Australasian Journal of Plant Pathology*, 1999, 28: 4-10
- [22] Zelenev VV, Berkelmans R, van Bruggen AHC, Bongers T, Semenov AM. Daily changes in bacterial-feeding nematode populations oscillate with similar periods as bacterial populations after a nutrient impulse in soil. *Applied Soil Ecology*, 2004, 26: 93-106
- [23] Zelenev VV, van Bruggen AHC, Semenov AM. Short-term wavelike dynamics of bacterial populations in response to nutrient input from fresh plant residues. *Microbial Ecology*, 2005, 49: 83-93
- [24] De Vos OJ, van Bruggen AHC. Soil microbial composition as affected by grass-clover mixture incorporation in the soil. ISME-9, Amsterdam, the Netherlands, 2001, P17.077.
- [25] Beare MH, Coleman DC, Crossley Jr DA, Hendrix PF, Odum EP. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant Soil*, 1995, 170: 5-22
- [26] 郭瑞英, 陈清, 李晓林. 土壤微生物-抑病性与土壤健康. 中国蔬菜, 2005(增刊): 78-82
- [27] van Bruggen AHC, Semenov AM, van Diepeningen AD, Vos OJ de, Blok WJ. Relation between soil health, wave-like fluctuations in microbial populations, and soil-borne plant disease management. *European Journal of Plant Pathology*, 2006, 115: 105-122
- [28] Lundquist EJ, Jackson LE, Scow KM, Hsu C. Changes in microbial biomass and community structure and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of rye into three California

批注 [Y1]: 页码?

- agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31: 221-236
- [29] Dittert K, Lampe C, Gaschec R, Butterbach Bahl K, Wachendorf M, Papen H, Sattelmacher B, Taube F. Short-term effects of single or combined application of mineral N fertilizer and cattle slurry on the fluxes of radiatively active trace gases from grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37: 1 665-1 674
- [30] 李琳, 胡立峰, 陈阜, 肖小平, 杨光立. 长期不同施肥类型对稻田甲烷和氧化亚氮排放速率的影响. *农业环境科学学报*, 2006, 25(增刊): 707-710
- [31] 王艮梅, 周立祥. 施用有机物料对污染土壤水溶性有机物和铜活性的动态影响. *环境科学学报*, 2003, 23(4): 452-457
- [32] 张维理, 冀宏杰, Kolbe H, 徐爱国. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 II. 欧美国家农业面源污染状况及控制. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 1 018-1 025
- [33] 王艮梅, 周立祥. 水溶性有机物对水田土壤中水溶性氮磷含量及其利用率的影响. *生态学杂志*, 2006, 25(1): 13-18
- [34] Jardine PM, Weber NL, McCarthy JF. Mechanisms of dissolved carbon adsorption on soil. *Soil Science Society of America Journal*, 1989, 53: 1 378-1 385
- [35] Barbarick KA, Ippolito JA, Saunders D. Extractable trace elements in the soil profile after years of biosolids application. *Journal of Environmental Quality*, 1998, 27(4): 801-805
- [36] Kaschl A, Römheld V, Chen Y. The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. *Science of the Total Environment*, 2002, 291(1/3): 45-57
- [37] He MM, Tian GM, Liang XQ, Wu JY, Zhou GD. Effects of two sludge application on fractionation and phytotoxicity of zinc and copper in the soil. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, 19: 1-10
- [38] 区自清, 高继红. 大孔隙和优先水流及其对污染物在土壤中迁移行为的影响. *土壤学报*, 1999, 36(3): 341-347
- [39] Johnson WP, Amy GL. Facilitated transport and enhanced desorption of polycyclic aromatic-hydrocarbons by natural organic matter in aquifer sediments. *Environmental Science and Technology*, 1995, 29(3): 807-817
- [40] 吴龙华, 骆永明, 章海波. 有机络合强化植物修复的环境风险研究 I. EDTA 对复合污染土壤中 TOC 和重金属动态变化的影响. *土壤*, 2001, 33(4): 189-192
- [41] Zhou LX, Wong JWC. Effect of dissolved organic matters derived from sludge and composted sludge on soil Cu sorption. *Journal of Environmental Quality*, 2001, 30: 878-883
- [42] 王立仙, 马文丽, 杨广怀, 刘春生. 铜在土壤中的淋溶迁移特征研究. *水土保持学报*, 2007, 21(4): 21-24
- [43] Smith SR. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environment International*, 2009, 35: 142-156
- [44] 晁雷, 周启星, 崔爽, 陈苏, 任丽萍. 堆肥对土壤重金属垂直分布的影响与污染评价. *应用生态学报*, 2007, 18(6): 1346-1350
- [45] Hao XZ, Zhou DM, Sun L, Li LZ, Zhang HL. Dynamic chemical characteristics of soil solution after pig manure application: A column study. *Journal of Environmental Science and Health. Part B--Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 2008, 43(5): 429-436
- [46] Rapport. Ecosystem health-more than a metaphor. *Environmental Values*, 1995, 4: 287-309
- [47] Semenov AM, van Bruggen AHC, Zelenev VV. Moving waves of bacterial populations and total organic carbon along roots of wheat. *Microbial Ecology*, 1999, 37: 116-128
- [48] Lumsden RD, Lewis JA, Millner PD. Effect of composted sewage sludge on several soilborne plant pathogens and diseases. *Phytopathology*, 1986, 73: 1 543-1 548
- [49] Hiddink GA, van Bruggen AHC, Termorshuizen AJ, Raaijmakers JM, Semenov AV. Effect of organic management of soils on suppressiveness to *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and its antagonist, *Pseudomonas fluorescens*. *European Journal of Plant Pathology*, 2005, 113: 417-435
- [50] Bailey KL, Lazarovits G. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil and Tillage Research*, 2003, 72: 169-180
- [51] Lewis JA, Lumsden RD, Milner PD. Suppression of damping-off of pea and cotton in the field with composted sewage sludge. *Crop Protection*, 1992, 11: 260-266
- [52] Cinthia L, Philippe L, Nathalie C. Effect of chitin waste-based composts produced by two-phase composting on two oomycete plant pathogens. *Plant and Soil*, 2001, 235: 27-34
- [53] Descalzo RC, Punja ZK, Lévesque CA, Rahe JE. Glyphosate treatment of bean seedlings causes short-term increases in *Pythium* populations and damping off potential in soils. *Applied Soil Ecology*, 1998, 8: 25-33
- [54] van Diepeningen AD, de Vos OJ, Zelenev VV, Semenov AM, van Bruggen AHC. DGGE fragments oscillate with or counter to fluctuations in cultivable bacteria along wheat roots. *Microbial Ecology*, 2005, 50: 506-517
- [55] Leon, MCC, Stone, A, Dick, RP, 2006. Organic soil amendments: Impacts on snap bean common root rot (*Aphanomyces euteiches*)

- and soil quality. *Applied Soil Ecology*, 31, 199–210
- [56] van Bruggen AHC, Semenov AM, Zelenev VV. Wavelike distributions of infections by an introduced and naturally occurring root pathogen along wheat roots. *Microbial Ecology*, 2002, 44: 30–38

Review in Short-term Effects of Organic Materials Application on Soil Ecosystem

HE Miao-miao^{1,2}, TIAN Guang-ming², LIANG Xin-qiang², XU Xiang-hong³, ZHOU Gen-di¹

(1 *Institute of Life and Environmental Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China*; 2 *Department of Environment and Resource, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*; 3 *Radiation Environmental Monitoring Center, Hangzhou 310012, China*)

Abstract: Agricultural application of organic materials can improve soil characters and fertility, increase crop yields, but it may also bring the short-term risks to soil ecosystem. However, the risks have not got enough attention. This paper focused on the short-term changes of soil microorganism, turnover of nutrient elements and transformation of heavy metals after organic materials applications, and also discussed the risks in a view of soil health in order to attract high and more attentions to this issue. It hoped to strengthen the mechanisms study of the risks for more reasonable application of organic fertilizers to further improve soil quality and develop organic farm.

Key words: Organic material, Land application, Short-term effect, Microorganism, Soil health