

# 有机种植与常规种植体系的比较<sup>①</sup>

## ——基于土壤与肥料的视角

纪荣婷<sup>1,2</sup>, 董刚强<sup>3</sup>, 闵 炬<sup>1</sup>, 于 飞<sup>1,2</sup>, 施卫明<sup>1\*</sup>

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 中国科学院大学, 北京 100049; 3 安利(中国)植物研发中心, 江苏无锡 214115)

**摘要:** 有机种植体系因其安全、绿色、可持续的特点在国内外得到了普遍关注, 自其发展以来, 关于有机与常规种植体系的比较屡见不鲜, 但基于土壤与肥料视角的系统比较在国内还鲜见报道。土壤为植物提供了直接生活环境, 从土壤与肥料的角度能全面地理解有机与常规种植体系的本质不同及影响。本文综合分析了前人的研究结果, 从土壤与肥料的视角对有机和常规种植体系进行系统比较, 初步阐述了两种种植体系下作物产量、品质、土壤肥力效应、环境效应的差异及产生差异的可能原因。分析发现在作物种植初期有机体系的产量大多低于常规体系, 但增产潜力较大; 相比常规种植体系, 有机种植体系可改善土壤性质、提高土壤肥力, 且一般有助于提高农产品品质; 此外, 有机种植体系对大气环境和水环境的污染风险低于常规种植体系。产生差异的原因可能是有机种植体系下, 前期土壤氮素及速效养分释放较缓慢, 且随着种植年限的增加, 土壤固碳能力逐渐增强, 土壤微生物多样性增加, 土壤养分利用率提高。

**关键词:** 有机种植体系; 常规种植体系; 产量; 品质; 土壤肥力效应; 环境效应

**中图分类号:** S345; S158.3

IFOAM(国际有机运动联盟)成立于 1972 年, 并在后续的发展过程中逐渐规范了“有机农业”的定义, 即一种能维护土壤、生态系统和人类健康的生产体系, 它遵从当地的生态节律、生物多样性和自然循环, 而不依赖会带来不利影响的物质投入。现代有机农业的发展源于常规农业, 却高于常规农业, 是常规农业、创新思维和科学技术的结合, 它有利于保护我们所共享的生存环境, 也有利于促进包括人类在内的自然界的公平与和谐共生。近年来, 有机农业在全世界得到了普遍关注和发展。全世界约有 0.3% 的土地用于有机生产, 主要集中在发达国家; 全球最大的有机农业发展国家为美国, 面积约占农业土地的 0.3%<sup>[1]</sup>。与常规农业相比, 有机农业最大的区别在于生产过程中完全或基本不使用化学肥料、农药和生长调节剂等化学成分, 基本采用有机肥满足作物对养分的需求。有机农业涵盖有机种植业和有机畜牧业, 其中有机种植是有机农业的重要组成部分。

国内外对有机种植和常规种植体系进行了大量的比较, 内容覆盖多方面<sup>[2-4]</sup>。研究主要从可持续发展<sup>[5]</sup>、食物链<sup>[6]</sup>、农业政策<sup>[7]</sup>、多市场平衡分析<sup>[8]</sup>、经济可行性及农场盈利<sup>[9-12]</sup>等角度对比分析了有机种植和常规种植体系的不同。国外也有部分从产量<sup>[13]</sup>、作物品质<sup>[14]</sup>、环境效应<sup>[15]</sup>、土壤质量<sup>[16]</sup>等角度阐述了有机种植和常规种植体系的不同, 但系统地、从土壤和肥料的角度比较有机种植和常规种植体系的研究在国内鲜见报道。

土壤是植物生长的介质, 有机种植体系通过对土壤生物、理化性质的逐步改善而提高土壤肥力, 达到改良作物品质, 维护土壤、环境、生态系统健康发展的目的。因此, 要从本质上分析有机种植和常规种植体系的不同就要从土壤和肥料的角度进行比较。同时, 已有研究结果表明, 有机种植体系发展前期土壤养分供应不足, 产量较常规农业有所下降, 但有机种植体系对环境及作物品质等的影响还不明确。因此,

基金项目: 环保公益性行业科研专项(201309035), 国家青年科学基金项目(31201686)和安利(中国)植物研发中心有机示范农场建设与技术咨询项目(BC20150003Z)资助。

\* 通讯作者(wmshi@issas.ac.cn)

作者简介: 纪荣婷(1992—), 女, 安徽池州人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜氮素营养与环境效应的研究。E-mail: rtji@issas.ac.cn

系统地土壤和肥料的角度阐述有机种植业和常规种植体系的差异,有助于提高人们对有机种植体系的认识,加快有机耕作下的土壤培肥过程,提高有机种植体系下的作物产量,并在改善作物品质和减轻农业生产环境风险方面有所推进。

本文基于土壤与肥料的视角,对有机和常规种植体系进行了系统比较,阐述了有机种植体系对作物产量、作物品质、土壤肥力、环境效应等方面的影响及可能原因,旨在加强人们对有机种植体系的科学认识,改善有机种植体系的不足,从提高产量、改良品质、加快土壤培肥、减轻环境风险等角度推进有机种植体系的发展。

## 1 有机种植与常规种植体系下作物产量的比较

农作物产量是比较不同农业种植体系效益的最直观指标,国内外研究者对有机种植体系下的农作物产量进行了大量研究。结果表明,有机种植体系下作物产量显著低于常规种植体系。就单一作物而言,有机种植的作物产量约为常规种植的 80%<sup>[17]</sup>。Seufert 等<sup>[18]</sup>利用元数据分析表明,有机与常规种植体系的产量之比平均为 0.75。该比率因作物类型、株型、品种、生长年限而异。一般而言,果树类>油料类>谷类>蔬菜类;豆类>非豆类;多年生植物>一年生植物;大豆>玉米>西红柿>大麦>小麦。De Ponti 等<sup>[17]</sup>研究表明,该比率在不同地区也有所差异。这与不同地区的气候条件、地力水平以及田间管理措施等有关。有机与常规体系产量比率为亚洲(0.89)>中欧(0.88)>中东、北美(0.85)>南欧(0.81)>东欧(0.80)>北欧(0.70);发展中国家(0.84)>发达地区(0.79);热带地区(0.86)>非热带地区(0.80)。

国内多数研究结果也表明,有机种植体系产量显著低于常规种植体系,但不同作物减产幅度略有不同。与常规栽培相比,有机栽培西兰花、萝卜、菜豆减产较为明显,平均减产幅度达到 50%,番茄、黄瓜、芹菜平均减产幅度达 20%,毛豆、生菜减产幅度较小,约为 15%<sup>[19]</sup>。有机栽培水稻研究结果表明,不同品种减产幅度也略有不同,吉粳 81 减产 25.2%,吉粳 88 减产 41.5%<sup>[20]</sup>。这与不同作物及品种对养分的需求量和作物生长周期长短等因素有关。

有机种植体系产量显著低于常规种植体系且具有变异性的主要原因可归纳为以下方面:

1) 有机种植体系下农作物产量降低的重要原因是土壤氮的有效性限制。Palmer 等<sup>[13]</sup>研究结果表明,有机种植体系下土豆块茎氮含量比常规种植体系低

30%,氮有效性的限制是产量及收获物氮含量降低的主要原因。不同的天气状况、土壤温度、水分条件均会影响有机种植体系下土壤氮素矿化而影响作物产量水平。有机肥的氮素矿化率显著低于无机肥,土壤氮素有效性下降。

2) 有机种植体系实施前期养分释放的缓慢性。Russo 和 Taylor<sup>[21]</sup>研究结果表明,在施用腐殖质物质,将常规蔬菜种植模式转化为有机种植模式的 3 年过程中,转化前期灯笼椒、黄瓜和甜玉米的产量均显著低于常规种植模式,但后期有机种植模式产量与常规差异逐渐缩小,最终高于常规种植模式。说明有机种植体系实施前期虽因养分供应不足导致农作物产量下降,但产量提高潜力较大。此外,Liebardt 等<sup>[22]</sup>在 1981 年开始的常规种植模式向有机种植模式转化的试验中发现,1981—1984 年间,有机种植体系玉米产量为常规种植体系的 75% 左右,但第 5 年差异不显著。两种种植模式相比,有机种植模式下,大豆 5 年总产量等于或略高于常规种植。

3) 有机种植体系中未使用各种杀菌剂、杀虫剂和农药,导致体系中害虫和杂草迅速繁殖,干扰了作物的生长。欧洲有机种植体系下土豆产量一般为常规种植体系的 70% 左右,造成该差异的原因主要是有机种植体系下害虫和疾病(特别是晚疫病)的发病率显著高于常规种植体系<sup>[23]</sup>。

综上所述,在有机种植体系实施前期,由于氮素有效性限制、速效养分供应不及时及害虫杂草的影响,农作物产量较常规体系往往有所下降。但随着种植年限的增加,土壤肥力不断增强、土壤生态环境不断改善,农作物产量表现出持续增长。

## 2 有机种植和常规种植体系下作物品质的比较

有机种植体系的发展初衷是提高农产品品质,为人们创造一种健康绿色的生活方式。有机种植体系通过对土壤养分含量、土壤酶体系、微生物群落的影响,改变作物的生长条件及代谢途径<sup>[24]</sup>,改善农产品的营养及其他品质。

大量研究结果表明,和常规农产品相比,有机农产品含有更少的硝酸盐、亚硝酸盐和农药残留,富含更多的维生素 C、磷素和钾素营养<sup>[25-26]</sup>。蔡莉莉<sup>[27]</sup>对比了不同的栽培方式对蔬菜品质的影响,结果发现较常规栽培,有机栽培黄瓜硝酸盐含量降低了 54.4%,维生素 C 含量提高了 44.6%,可溶性糖含量提高了 6.7 倍。但也有部分研究报道了不同的结果。

Gravel 等<sup>[28]</sup>在为期 3 年的栽培方式对温室番茄品质的影响试验中发现,有机与常规栽培番茄品质并无明显差别,品种对番茄品质的影响大于栽培方式的影响。造成该结果的原因可能是试验周期较短,有机种植体系和土壤之间的平衡尚未建立。此外,不同种植体系对作物的次生代谢产物也有影响,Mitchell 等<sup>[14]</sup>通过 10 年的田间定位试验研究,结果表明有机种植体系下的番茄品质较常规体系有显著改善,黄酮类次生代谢物含量显著提高,其中槲皮素增加 78.8%,柚皮素增加 31.1%,山萘酚增加 97.4%。

除营养品质外,有机种植体系对农作物的其他

品质也有影响。有机种植体系主要施用有机肥,土壤的总施氮量低于常规种植体系<sup>[29]</sup>。研究表明,有机种植体系下,水稻籽粒氮含量下降,因蛋白质含量和碳水化合物含量成反比,籽粒碳水化合物含量提高,稻米口感变好<sup>[30-31]</sup>。与常规种植体系相比,有机种植体系水稻的稻米整精米率提高 7.3%,垩白米率和垩白度分别降低 31.3% 和 9.3%<sup>[32]</sup>。此外,较常规种植体系,有机种植体系降低了土豆的外观品质,土豆块茎有整体偏小的趋势(表 1)<sup>[13]</sup>,这与 Maggio 等<sup>[33]</sup>的研究结果相似。其原因可能是有机种植体系下土壤有效养分释放较慢,作物前期需求养分供应不足。

表 1 常规种植和有机种植体系下土豆块茎大小比例分布<sup>[13]</sup>  
Table 1 Weight tubers of different sizes of potatoes under organic and conventional farming systems

种植体系	不同大小土豆块茎所占比例(%)			
	>85 mm	65 ~ 85 mm	45 ~ 65 mm	<45 mm
有机	0.19 ± 0.08	13.8 ± 1.4	66.5 ± 1.0	14.6 ± 1.1
常规	0.73 ± 0.21	26.6 ± 1.6	59.8 ± 1.3	7.9 ± 0.6

### 3 有机种植和常规种植体系下土壤肥力效应的比较

#### 3.1 土壤肥力状况的比较

研究表明,有机种植体系对土壤肥力的改善效果显著优于常规种植体系,长期化肥施用导致土壤质量退化<sup>[34]</sup>。就土壤氮、磷养分盈亏率而言,有机水稻生产体系的氮素和磷素盈余量分别比常规体系高 60% 和 80% 左右<sup>[35]</sup>。与常规蔬菜种植体系相比,种植三茬蔬菜后,有机种植体系 0 ~ 20 cm 土层土壤的有机质、全氮、全磷、速效钾含量分别提高了 48.5%、25.4%、130.1%, 20 ~ 40 cm 土层土壤的有机质、全氮、速效钾含量分别提高了 35.2%、5.7%、94.9%<sup>[36]</sup>。说明有机种植体系下土壤肥力的增加效果主要表现在 0 ~ 20 cm 的耕层土壤,且有机种植对土壤肥力的改善需要一定的时间。此外,Padole 等<sup>[37]</sup>的试验结果也表明,和常规种植体系相比,有机种植体系可显著改善土壤 pH 和体积质量(容重),同时土壤全磷和速效磷、速效钾的含量逐渐提高。除提高土壤养分含量外,有机种植还可改善土壤孔隙结构,提高土壤结构稳定性。姜璐等<sup>[38]</sup>研究表明,相比常规种植,有机种植下各试验区土壤水稳性大团聚体含量提升 1% ~ 15%,且改良效果随有机种植年限增加逐渐显著。

#### 3.2 土壤生物多样性的比较

有机种植体系中,有机肥料的投入为土壤提供了大量碳源,同时,土壤理化性质改善为土壤微生物的繁殖提供了适宜的营养条件<sup>[39]</sup>。有机种植体系下,土

壤微生物功能多样性提高,土壤碳素利用率增加<sup>[40]</sup>。Tu 等<sup>[41]</sup>研究表明,有机种植体系下土壤微生物生物量碳、微生物生物量氮含量分别比常规种植体系高 45% 和 52%,土壤微生物呼吸率分别比常规种植高 83% 和 66%。有机种植体系还可提高土壤酶活性,有机种植体系下土壤蛋白酶、脲酶、脱氢酶、 $\beta$ -葡糖苷酶活性均显著高于常规种植体系<sup>[42]</sup>。此外,有机耕作还可改善土壤微生物群落。有机种植方式可影响细菌的 16S rDNA 和 rRNA,显著增加土壤细菌群落多样性,有机和常规种植体系下细菌生物量分别为 12.6 nmol/g 和 7.3 nmol/g<sup>[43]</sup>。在有机茶园中,随着种植年限的增加,土壤中霉菌、细菌、可培养微生物总量、好气性与嫌气性自生固氮菌、好气性与嫌气性纤维分解菌等微生物数量均显著提高<sup>[44]</sup>。

由于有机种植体系中化学肥料、杀虫剂、除草剂的禁止使用,有机种植体系中物种多样性和丰度往往高于常规种植体系,尤其在耕作土壤中<sup>[45]</sup>。Brown<sup>[46]</sup>发现有机农田蚯蚓的密度为常规农田的 2 倍,Wu 等<sup>[47]</sup>发现有机种植体系显著提高了美国 Oregon 土壤鞭毛虫、变形虫以及线虫的密度和多样性。此外,有机蔬菜种植模式下,土壤功能群数目、连通度、食物链长度及食物网多样性均高于常规模式<sup>[48]</sup>。

### 4 有机种植和常规种植体系下环境效应的比较

#### 4.1 有机和常规种植体系下温室气体排放量的比较

大量研究表明,有机种植可减轻全球变暖趋势。

Robertson 等<sup>[49]</sup>比较了 8 年期间美国中西部有机和常规种植下玉米-大豆-小麦轮作体系的 GWP(全球变暖潜能值),结果表明常规种植体系的 GWP 为 114,而有机种植体系的 GWP 值仅为 41。但种植体系对不同的温室气体(CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)排放量的影响有所不同。

**4.1.1 有机和常规种植体系下 CO<sub>2</sub> 排放量的比较** CO<sub>2</sub> 排放量主要受土壤碳库和微生物活动的影响<sup>[50-51]</sup>。有机种植体系下土壤 CO<sub>2</sub> 排放量显著减少的原因主要有: 有机生产较常规生产能明显减少能源消耗, 能量利用效率提高, 因农药、化肥合成造成的 CO<sub>2</sub> 间接排放量减少<sup>[52]</sup>; 有机生产中, 有机肥的使用及保护性耕作措施的应用, 显著改善了土壤结构和理化性质, 提高了土壤的固碳能力, 减少了土壤碳的侵蚀损失及向大气的排放<sup>[53]</sup>。另一方面, 因有机种植体系中灌溉、除草机械等使用造成的能源消耗增加及土壤微生物活性增强, 土壤碳素利用率提高造成的呼

吸排放, 均增加了土壤 CO<sub>2</sub> 排放<sup>[39-40]</sup>。但总体上, 有机生产体系下, 土壤 CO<sub>2</sub> 排放仍显著降低。

Küstermann 等<sup>[15]</sup>研究表明, 冬小麦种植条件下, 有机体系单位面积 CO<sub>2</sub> 排放量为 1 669 kg CO<sub>2</sub> eq/hm<sup>2</sup>, 常规体系为 2 333 kg CO<sub>2</sub> eq/hm<sup>2</sup>, 同比减少 28%; 但有机体系单位产量 CO<sub>2</sub> 排放量为 496 kg CO<sub>2</sub> eq/t, 常规体系为 355 kg CO<sub>2</sub> eq/t, 同比增加 40%。虽然有机种植体系下单位面积 CO<sub>2</sub> 排放量较少, 但因有机种植产量显著低于常规种植, 导致单位产量的 CO<sub>2</sub> 排放量显著高于常规种植体系。Tuomisto 等<sup>[54]</sup>利用元数据分析研究欧洲有机种植体系下温室气体排放时, 也得到了类似结果。大量关于有机和常规种植体系下土壤 CO<sub>2</sub> 排放量的研究表明, 在不同轮作方式和不同作物中, 较常规体系而言, 有机种植体系可较大程度地减少单位面积 CO<sub>2</sub> 排放量, 但单位产量的 CO<sub>2</sub> 排放量有所上升(表 2)。

表 2 有机种植和常规种植体系下 CO<sub>2</sub> 排放  
Table 2 CO<sub>2</sub> emissions under organic farming and conventional farming systems

作物类型	文献来源	单位面积 CO <sub>2</sub> 排放量(CO <sub>2</sub> , kg/hm <sup>2</sup> )			单位产量 CO <sub>2</sub> 排放量(CO <sub>2</sub> , kg/t)		
		CA	OA	OAvsCA(%)	CA	OA	OAvsCA(%)
冬小麦	[55]	826	443	-46	190	230	+21
冬小麦	[55]	928	339	-57	149	110	-21
冬小麦	[55]	1001	429	-57	145	100	-21
土豆	[55]	1661	1452	-13	46	62	+35
土豆	[55]	1437	965	-33	46	48	0
土豆	[55]	1153	958	-17	30	45	+50
梨	[55]				200	133	-34
梨	[56]	1751	1700	-3			
多作物	[15]	2717	887	-67	376	263	-30

注: CA 为常规种植体系; OA 为有机种植体系; OAvsCA 为 OA 较 CA 增加(+)/降低(-)的比率。

**4.1.2 有机和常规种植体系下 N<sub>2</sub>O 排放量的比较** N<sub>2</sub>O 主要产生于土壤硝化和反硝化作用, 由于 N<sub>2</sub>O 的 GWP 为 CO<sub>2</sub> 的 298 倍, 土壤 N<sub>2</sub>O 排放受到普遍关注<sup>[57]</sup>。Kramer 等<sup>[58]</sup>研究发现, 经 9 年有机种植后, 果园土壤 N<sub>2</sub>O 排放量较常规种植变化不大, 但 N<sub>2</sub> 排放量较高, 土壤反硝化效率显著提高。Petersen 等<sup>[59]</sup>研究表明, 与常规种植体系相比, 有机种植的 N<sub>2</sub>O 排放量显著降低, 降低幅度达 4.0~8.0 kg/hm<sup>2</sup>, 同时植株氮吸收总量从 100 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 300 kg/hm<sup>2</sup>。有机种植体系下 N<sub>2</sub>O 排放量显著降低的原因主要有:

矿质氮肥的使用减少, 土壤中易矿化氮总量降低; 单位面积土地上的动植物数量减少; 绿肥的使用改善了土壤结构; 有机管理措施显著减小土壤氮素移动性<sup>[60]</sup>。

**4.1.3 有机和常规种植体系下 CH<sub>4</sub> 排放量的比较** 一般而言, 有机种植体系下, 土壤固碳能力增强, 氧化 CH<sub>4</sub> 能力提高, CH<sub>4</sub> 排放量减少<sup>[55]</sup>。但不同土地利用方式下的土壤 CH<sub>4</sub> 排放量略有差别。Astier 等<sup>[56]</sup>在莫斯科鳄梨园中的研究表明, 有机果园的 CH<sub>4</sub> 排放量(0.59 kg/hm<sup>2</sup>)略低于常规果园(0.62 kg/hm<sup>2</sup>), 但差异不显著。但在水稻田中, 随着有机物料投入的增加, 土壤 CH<sub>4</sub> 排放量呈增加趋势<sup>[61]</sup>。秦艳梅<sup>[62]</sup>的研究结果也表明, 在不同的稻田水分管理模式下, 有机处理的 CH<sub>4</sub> 排放量显著高于常规处理 20%~25%。

#### 4.2 有机和常规种植体系下水环境效应的比较

有机种植体系可提高土壤有机质含量, 因有机质的蓄水保水作用, 土壤水的渗透性显著提高、土壤抗侵蚀的能力增强, 水土流失风险减小<sup>[63]</sup>。同时因有

机种植体系杜绝使用农药化肥,污染物径流入湖概率减小,水环境污染风险下降。

氮素淋失以无机态氮为主,有机氮含量占总氮3%左右,在氮素投入量相当的情况下,有机种植可减少土壤无机氮素的迁移和流失,但有机氮淋失量略有上升<sup>[64]</sup>。有机种植体系下,土壤潜在可矿化氮含量较常规种植高112%,但氮素矿化速率仅为常规种植的50%,矿质氮素的持续释放减少了养分的淋失和向地下水的迁移<sup>[65]</sup>。此外,有机种植中有效的减免耕措施以及覆盖植物的应用,减少了养分的流失<sup>[66]</sup>。研究表明,有机种植体系下,径流液中全氮、硝态氮、铵态氮含量分别较常规减少42.2%、23.1%、68.4%,侧渗液中全氮、硝态氮、铵态氮含量分别较常规减少20.1%、10.3%、87.9%<sup>[67]</sup>。就磷素而言,有机种植体系下,土壤有较好的团粒结构,团聚体对磷素的吸持能力增强,土壤可溶态磷及颗粒态磷的淋失均大大减少<sup>[68]</sup>。

## 5 结论

从土壤和肥料的角度来看,有机种植体系下作物产量具有可持续性,对土壤肥力和作物品质的提高具有较大促进作用,同时可减轻对大气环境和水环境的负面影响。但有机种植体系也存在一些问题,如:有机种植前期土壤养分供应不平衡,与作物需求不匹配导致常规种植体系向有机种植体系转变前期作物产量显著低于常规种植。因此,在有机种植中要根据植物的营养需求特征,平衡土壤养分供应,同时适时补足养分,尤其是一些特殊效应的营养元素,以实现养分供应与植物生长需求相协调。

## 参考文献:

- [1] Connor D J. Organic agriculture cannot feed the world[J]. *Field Crops Research*, 2008, 106: 187–190
- [2] Asami D K, Hong Y J, Barrett D M, et al. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2003, 51: 1 237–1 241
- [3] Woese K, Lange D, Boess C, et al. A comparison of organically and conventionally grown foods - Results of a review of the relevant literature[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1997, 74: 281–293
- [4] 席运官. 有机农业与中国传统农业的比较[J]. *农村生态环境*, 1997, 13(1): 55–58
- [5] Patil S, Reidsma P, Shah P, et al. Comparing conventional and organic agriculture in Karnataka, India: Where and when can organic farming be sustainable? [J]. *Land Use Policy*, 2014, 37: 40–51
- [6] Morgan K, Murdoch J. Organic vs. conventional agriculture: knowledge, power and innovation in the food chain[J]. *Geoforum*, 2000, 31: 159–173
- [7] Febles-González J M, Tolón-Becerra A, Lastra-Bravo X, Acosta-Valdés X. Cuban agricultural policy in the last 25 years. From conventional to organic agriculture[J]. *Land Use Policy*, 2011, 28: 723–735
- [8] Moschini G, Bulut H, Cembalo L. On the segregation of genetically modified, conventional and organic products in European agriculture: A multi-market equilibrium analysis[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2005, 56: 347–372
- [9] Pardo G, Perea F, Martinez Y, et al. Economic profitability analysis of rainfed organic farming in SW Spain[J]. *Outlook on Agriculture*, 2014, 43: 115–122
- [10] Loncaric R, Deze J, Ranogajec L. Economic aspects of organic agriculture in east Croatia[J]. *Cereal Research Communications*, 2008, 36: 335–338
- [11] Delbridge T A, Fernholz C, King R P, et al. A whole-farm profitability analysis of organic and conventional cropping systems[J]. *Agricultural Systems*, 2013, 122: 1–10
- [12] Pažek K, Rozman Č. The economic feasibility of conventional and organic farm production in Slovenia[J]. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 2008, 73: 37–41
- [13] Palmer M W, Cooper J, Tetard-Jonesa C, et al. The influence of organic and conventional fertilisation and crop protection practices, preceding crop, harvest year and weather conditions on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*) in a long-term management trial[J]. *European Journal of Agronomy*, 2013, 49: 83–92
- [14] Mitchell A E, Hong Y J, Koh E, et al. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55: 6 154–6 159
- [15] Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K J. Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems[J]. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2008, 23: 38–52
- [16] Fließbach A, Oberholzer H R, Gunst L, Mäder P. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2007, 118(1/2/3/4): 273–284
- [17] De Ponti T, Rijk B, Van Ittersum M K. The crop yield gap between organic and conventional agriculture[J]. *Agricultural Systems*, 2012, 108: 1–9
- [18] Seufert V, Ramankutty N, Foley J A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture[J]. *Nature*, 2012, 485: 229–232
- [19] 程慧林, 孙连飞, 和文龙, 等. 有机、SEQ、特别与常规栽培对8种蔬菜产量、品质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2009, 21(5): 476–480

- [20] 侯立刚, 马巍, 孙洪娇, 等. 有机栽培对水稻产量和品质影响的研究[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(1): 1-3
- [21] Russo V M, Taylor M. Soil amendments in transition to organic vegetable production with comparison to conventional methods: Yields and economies[J]. Hortscience, 2006, 41(7): 1 576-1 583
- [22] Liebhardt W C, Andrews R W, Culik M N, et al. Crop production during conversion from conventional to low-input methods[J]. Agronomy, 1989, 81: 150-159
- [23] Finckh M R, Schulte-Geldermann E, Bruns C. Challenges to organic potato farming disease and nutrient management[J]. Potato Research, 2006, 49: 27-42
- [24] Nawrocki A, Thorup-Kristensen K, Jensen O N. Quantitative proteomics by 2DE and MALDI MS/MS uncover the effects of organic and conventional cropping methods on vegetable products[J]. Journal of Proteomics, 2011, 74: 2 810-2 825
- [25] Bourn D, Prescott J. A comparison of nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2002, 42: 1-34
- [26] Rembialkowska E. Organic farming as a system to provide better vegetable quality[J]. Acta Horticulturae, 2003, 604: 473-479
- [27] 蔡莉莉. 有机、特别和常规栽培方式下几种蔬菜产量、品质及土壤理化性质的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005
- [28] Gravel V, Blok W, Hallmann E, et al. Differences in N uptake and fruit quality between organically and conventionally grown greenhouse tomatoes[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2010, 30: 797-806
- [29] Wang L, Butterly C R, Yang X L, et al. Use of crop residues with alkaline slag to ameliorate soil acidity in an ultisol[J]. Soil Use and Management, 2012, 28(2): 148-156
- [30] 王磊, 汪玉, 田伟, 等. 有机与常规农产品营养品质差异研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(4): 569-574
- [31] 席运官, 钦佩, 丁公辉. 有机与常规种植稻米品质及安全性的分析与评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 454-458
- [32] 黄涛. 有机栽培条件下生物有机肥对稻田肥力和稻米品质的影响[D]. 儋州: 海南大学, 2010
- [33] Maggio A, Carillo P, Bulmetti G S, et al. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming[J]. European Journal of Agronomy, 2008, 28: 343-350
- [34] 万欣, 董元华, 王辉, 等. 不同种植年限番茄大棚土壤理化性质的演变——以山东海阳地区为例[J]. 土壤, 2013, 45(3): 477-482
- [35] 乔玉辉, 何菡婷, 吴文良. 有机与常规水稻生产中土壤养分平衡比较[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(3): 341-345
- [36] 刘畅. 有机、无公害与常规蔬菜生产模式的比较研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004
- [37] Padole V R, Deshmukh P W, Nikesar R J, et al. Effect of organics and inorganics on yield and quality of cotton grown on vertisol[J]. PKV Research Journal, 1998, 22: 6-8
- [38] 姜蓉, 申思雨, 吕贻忠. 华北地区有机种植与常规种植土壤质量比较研究[J]. 土壤, 2015, 47(4): 805-811
- [39] 翁伯琦, 吴志丹, 尤志明, 等. 茶树有机栽培及对土壤生态环境的影响[J]. 福建农业学报, 2008, 23(4): 429-435
- [40] Mader P, Fleisbach A, Dubois D, et al. Soil fertility and biodiversity in organic farming[J]. Science, 2002, 296: 1 694-1 697
- [41] Tu C, Louws F J, Creamer N G, et al. Responses of soil microbial biomass and N availability to transition strategies from conventional to organic farming systems[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006, 113(1/2/3/4): 206-215
- [42] 叶俊. 有机与常规蔬菜生产系统土壤微生物多样性研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2012
- [43] 汪润池. 有机、常规种植方式下土壤有机碳和微生物特性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011
- [44] 邓欣, 刘红艳, 谭济才, 等. 不同种植年限有机茶园土壤微生物群落组成及活性比较[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006, 32(1): 53-56
- [45] Gibson R H, Pearce S, Morrism R J, et al. Plant diversity and land use under organic and conventional agriculture: A whole-farm approach[J]. Journal of Applied Ecology, 2007, 44: 792-803
- [46] Brown R. Grass margins and earthworm activity in organic and integrated systems[J]. Aspects of Applied Biology, 1999, 54: 207-210
- [47] Wu S M, Hu D X, Ingham E R. Comparison of soil biota between organic and conventional agroecosystems in Oregon, USA[J]. Pedosphere, 2005, 15(3): 395-403
- [48] 李钰飞. 有机、无公害和常规蔬菜种植模式下温室土壤生物群落结构及食物网的特征研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014
- [49] Robertson G P, Paul E A, Harwood R R. Greenhouse gases in intensive agriculture: Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2000, 27: 239-254
- [50] 史然, 陈晓娟, 沈建林, 等. 稻田秸秆还田的土壤增碳及温室气体排放效应和机理研究进展[J]. 土壤, 2013, 45(2): 193-198
- [51] 黄中秋, 傅伟军, 周国模, 等. 浙江省森林土壤有机碳密度空间变异特征及其影响因素[J]. 土壤学报, 2014, 51(4): 906-913
- [52] Gomiero T, Paoletti M G, Pimentel D. Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2008, 27: 239-254
- [53] Goh K M. Greater mitigation of climate change by organic than conventional agriculture: A review[J]. Biological Agriculture & Horticulture, 2011, 27(2): 205-229
- [54] Tuomisto H L, Hodge I D, Riordan P, et al. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research[J]. Journal of Environmental Management, 2012, 112: 309-320

- [55] 刘月仙, 吴文良, 蔡新颜. 有机农业发展的低碳机理分析[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2): 441–446
- [56] Astier M, Merlin-Urbe Y, Villamil-Echeverri L, et al. Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico[J]. Ecological Indicators, 2014, 43: 281–287
- [57] Ravishankara A R, Daniel J S, Portmann R W. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century[J]. Science, 326(5949): 123–125
- [58] Kramer S B, Reganold J P, Glover J D, et al. Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2006, 103: 4 522–4 527
- [59] Petersen S O, Regina K, Pollinger A, et al. Nitrous oxide emissions from organic and conventional crop rotations in five European countries[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2005, 115(2/3): 200–206
- [60] Working Group III. A review of the evidence of agriculture's potential to combat climate change. Soil carbon and organic farming. Intergovernmental Panel on climate change, 2007. <http://www.soilassociationscotland.org>.
- [61] Yan X Y, Yagi K, Akiyama H, et al. Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice field[J]. Global Change Biology, 2005, 11: 1 131–1 141
- [62] 秦艳梅. 常规与有机生产方式下稻田和菜地温室气体(CH<sub>4</sub>和 N<sub>2</sub>O)排放研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- [63] Buerkert A, Bationo A, Dossa K. Mechanisms of residue mulch-induced cereal growth increases in West Africa[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64: 346–358
- [64] 陈国军, 陆贻通, 曹林奎, 等. 冬小麦氮素渗漏淋失规律测坑研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(3): 494–498
- [65] Poudel D D, Horwath W R, Lanini W T, et al. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2002, 90(2): 125–137
- [66] Hansen B, Kristensen E S, Grant R, et al. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems-A systems modelling approach[J]. European Journal of Agronomy, 2000, 13(1): 65–82
- [67] 封雪. 不同栽培方式对小麦产量、土壤肥力特性及养分流失的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- [68] 张晓龙, 张玉平, 高德才, 等. 不同施肥模式对旱地土壤氮磷钾径流流失的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(6): 36–40

## Comparison of Organic and Conventional Farming Systems —— From Perspective of Soil and Fertilizer

JI Rongting<sup>1,2</sup>, DONG Gangqiang<sup>3</sup>, MIN Ju<sup>1</sup>, YU Fei<sup>1,2</sup>, SHI Weiming<sup>1\*</sup>

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China; 2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3 Amway (China) Botanical R & D Center, Wuxi, Jiangsu 214115, China)

**Abstract:** Due to the safe, green, and sustainable features, organic farming systems have been received widespread concern in China and other countries. There are lots of the comparisons between organic and conventional farming systems since the organic farming system was developed, but systematic comparison based on the perspective of soil and fertilizer is little. Soil provides the direct living environment for plant, so based on the perspective of soil and fertilizer can fully understand the nature and influence of organic and conventional farming systems. In this paper, the previous research results were comprehensive analyzed about the comparison of organic and conventional farming systems based on the perspective of soil and fertilizer, and the difference and possible reasons of the crop yield, quality, soil fertility effects, environmental effects in the two farming systems were preliminary illustrated. Compared to the conventional farming system, the crop yield in organic farming system was lower at early stages, but it has great yield-increasing potential and organic farming system can improve soil properties and fertility, and generally improve crop quality, moreover, the pollution risks of atmospheric and water environment were lower in the organic farming system. The reasons for these differences may be the slowly release rate of the soil nitrogen and the available nutrients at the early stage of the organic farming system, and with the increase of the planting years, soil carbon sequestration capacity was gradually increased, soil microbial diversity was enhanced and soil nutrient utilization was improved.

**Key words:** Organic farming systems; Conventional farming systems; Yield; Quality; Soil fertility effects; Environmental effects