

# 沼肥与生物有机无机复合肥在保护地蔬菜上应用效果研究

杨合法<sup>1</sup>, 范聚芳<sup>1</sup>, 牛新胜<sup>1</sup>, 李 季<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 曲周试验站, 河北 邯郸 057250; 2. 中国农业大学 资源环境学院, 北京 100094)

**摘要:** 试验研究了化肥、生物有机无机复合肥、生物有机肥、沼肥对日光温室秋冬茬黄瓜及对土壤理化性质的影响。试验结果表明, 施用沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥有改善土壤理化性状、增强土壤保水保肥能力的作用。表现为与试前土壤相比较, 土壤容重下降, 土壤总孔隙度和土壤含水量增加, 其中施用沼肥的处理影响最大, 土壤容重降低了 4.26%, 土壤总孔隙度和土壤含水量分别提高了 4.68%, 10.7%; 施用沼肥, 耕层土壤有机质、全氮、速效钾含量增加最高, 而完全施用生物有机无机复合肥的处理全磷、速效磷、碱解氮增幅最大。施用沼肥和生物有机无机复合肥可以促进黄瓜的生长和提高产量, 产量比对照(不施肥处理)分别增加了 102.8%, 123.1%。各处理除沼肥和生物有机肥两处理间产量差异不显著外, 其他处理间差异均达极显著水平。另外, 施用沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥可以提高果实中  $V_C$ 、还原糖含量, 并降低硝酸盐含量, 提高了果实品质。

**关键词:** 沼肥; 生物有机无机复合肥; 土壤性质; 黄瓜; 产量; 品质

中图分类号: S606 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)增刊-0063-05

## Study on the Effects of Application of Fen Manure and Biological\_organic\_inorganic Compound Fertilizer to Vegetable in Greenhouse

YANG He\_fa<sup>1</sup>, FAN Ju\_fang<sup>1</sup>, NIU Xin\_sheng<sup>1</sup>, LI Ji<sup>2</sup>

(1. Quzhou Experimental Station, China Agricultural University, Handan 057250, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** We researched the effects of the chemical fertilizer, biological\_organic\_inorganic compound fertilizer, biological\_organic fertilizer and fen manure, which were applied to the cucumber in greenhouse in autumn and spring, on the physiological and chemical characteristics of soil and cucumber. The result showed that using the biological\_organic\_inorganic compound fertilizer, biological\_organic fertilizer and fen manure would have effected on the improvement of the soil physiochemical properties, enforcing the ability of moisture reserve of soil. It indicated that soil bulk density decreased, soil total porosity and soil moisture capacity increased. The most significant effect was found in the treatment of applying of fen manure, with soil bulk density decreased by 4.26%, soil total porosity and increased by 4.68% and 10.7% respectively. The content of soil organic matter, total soil nitrogen and soil available potassium in the plough layer have the most level after utilization of fen manure, but it was also showed that the increased amount of soil total phosphorus, soil available phosphorus and alkali dispelled nitrogen had the highest level after using biological\_organic\_inorganic compound fertilizer. The fen manure and biological\_organic\_inorganic compound fertilizer could improve the growth of cucumber and was responsible for improvement of its product, with increasing by 102.8% and 123.1% respectively compared with the treatment of no fertilizer. No differences were found significantly between the treatment of fen manure

收稿日期: 2006-04-20

基金项目: 北京市生态学重点学科项目资助(90011107)

作者简介: 杨合法(1966-), 男, 河北邯郸人, 农艺师, 主要从事农业生态和农业固体废弃物处理的研究; 李季为通讯作者。

and the treatment of biological\_organic\_inorganic compound fertilizer, but there were the significant differences in the other treatments. In addition, applying of fen manure and biological\_organic fertilizer, biological\_organic\_inorganic compound fertilizer may improve the content of vitamin C and reducing sugar in the fruit, meanwhile with nitrate decreased, so they could improve the quality of products.

**Key words:** Fen manure; Biological\_organic\_inorganic compound fertilizer; Soil physiochemical properties; Cucum-ber; Products; Quality

为实施农业可持续发展战略, 2000 年以来, 农业部门在全国推行了生态家园计划, 开展“一池三改”, 其中的“一池”即指沼气池的建设<sup>[1]</sup>。而沼气池的建设与使用, 必将产生大量的沼肥。沼肥是畜禽粪便、作物秸秆、垃圾等废弃物入沼气池发酵后所得沼渣、沼液等的总称<sup>[2]</sup>。沼肥中不仅含有 N, P, K 等营养元素, 而且含有丰富的腐殖酸、有机质、氨基酸、生长激素、抗生素、微量元素等营养物质, 是一种速效兼备的有机复合肥<sup>[3]</sup>。合理使用沼肥可提高作物产量, 改善产品品质<sup>[4-6]</sup>。生物有机肥是指畜禽粪便、秸秆、农副产品和食品加工的固体废弃物、有机垃圾以及城市污泥等经微生物发酵、除臭和腐熟后加工而成的肥料<sup>[7]</sup>。生物有机肥集中了生物肥和有机肥的诸多优点, 施用生物有机肥可以提高作物的产量和品质<sup>[8, 9]</sup>。本试验研究了沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥、无机肥(化肥)在日光温室栽培蔬菜上的应用效果, 尤其是在相同养分条件下不同肥料对土壤理化性状、及对保护地蔬菜的影响, 为培肥地力和提高蔬菜产量和品质提供技术保证。

# 1 材料和方法

## 1.1 试验地点及供试土壤本底养分状况

试验于 2005 年在中国农业大学曲周实验站日光温室进行, 温室东西长 52 m, 南北宽 8 m 钢架结构。供试土壤为治理后的盐化潮土, 前茬蔬菜作物番茄。试验前土壤耕层养分状况见表 1。

表 1 供试土壤本底养分状况

Tab. 1 Back ground value of nutrients in tested soil						
pH 值	有机质 (mg/g) Organic matter	全氮 (ng/g) Total N	全磷 (ng/g) Total P	碱解氮 (mg/kg) Alkali_ hydrolyzable N	速效磷 (mg/kg) Avaikable P	速效钾 (ng/kg) Available K
7.75	17.30	1.59	1.68	87.29	22.9	123

## 1.2 供试作物

黄瓜, 品种为日光温室专用的津春 3 号, 性能为耐低温、耐弱光能力强适合日光温室越冬及秋冬茬栽培。

## 1.3 供试肥料

沼肥为人粪尿、猪粪尿, 其中主要以猪粪尿为发酵基料, 且正常产气 3 个月以上的沼渣和沼液。生物有机肥、生物有机无机复合肥均为自制。生物有机肥其主要原料为牛粪、鸡粪、农作物秸秆等农业废弃物, 经微生物发酵处理加工而成的肥料。生物有机无机复合肥是在生物有机肥的原料基础上添加一定量的化肥, 加工而成。沼渣、沼液、生物有机肥、生物有机无机复合肥养分状况见表 2。试验用化肥为尿素(N 46%)、普通过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)、硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)。

表 2 几种供试肥料的养分含量

Tab. 2 Nutrient contents of several fertilizers used for trial				
项目 Item	有机质 (mg/g) Organic matter	全氮 (mg/g) Total N	全磷 (mg/g) Total P	全钾 (mg/g) Total K
沼渣	281.0	7.85	6.93	10.14
沼液	28.5	0.81	0.62	3.16
生物有机肥	275.0	12.10	10.58	16.63
生物有机无机复合肥	246.0	100.10	52.00	80.10

## 1.4 试验设计

试验为随机区组设计, 共 5 个处理, 每一处理 3 次重复, 小区长 6 m、宽 1.3 m, 面积为 7.8 m<sup>2</sup>, 每小区种植 2 行定植 41 株(折合 5.25 万株/hm<sup>2</sup>), 宽窄行种植, 宽行 80 cm, 窄行 50 cm, 株距 30 cm。于 2005 年 9 月 21 日定植, 11 月 2 日开始采收, 2006 年 1 月 20 日拉秧。因小区面积较小为防止相邻小区间的相互影响, 小区与小区之间设同样面积的保护行。处理 1: 不施肥(对照); 处理 2: 化肥; 处理 3: 生物有机无机复合肥; 处理 4: 生物有机肥; 处理 5: 沼肥。各处理栽培管理措施相同, 每次按小区采收分别计算产量。

## 1.5 施肥量及施肥方法

除处理 1 不施肥外, 其他处理按当地传统施肥量设计, 投入的总养分基本相等, 即每公顷施纯 N 400 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 350 kg、K<sub>2</sub>O 550 kg。具体施肥种类与施肥方法: 处理 2 每公顷施尿素 870 kg、过磷酸钙 2 917 kg、硫酸钾 1 100 kg, 其中磷肥、钾肥全部作底肥一次性施入, 氮肥总量的 50% 作底肥, 其余 50% 分 3 次

作追肥施入; 处理 3 每公顷底施生物有机无机复合肥 4 000 kg, 磷肥、钾肥不足用化肥补齐。处理 4 每公顷底施生物有机肥 33 058 kg。处理 5 每公顷底施沼渣 49 100 kg, 沼液 18 000 kg 作追肥分 3 次随浇水施入。

1.6 测定方法

土壤理化性质测定, 采用常规测定方法。果实品质测定: 维生素 C 采用 2, 6\_二氯靛酚滴定法; 还原糖采用碘量法; 硝酸盐的测定方法为硫酸\_水杨酸法; 可溶性固形物采用折光仪法进行测定。

2 结果与分析

2.1 不同处理对耕层土壤物理性状及对土壤养分的影响

2.1.1 不同肥料处理对耕层土壤物理性状的影响

从表 3 可以看出, 经过一个生长期的培肥后, 供试土壤的物理性状发生了不同的变化。处理后 pH 值与试验前相比均有不同程度的降低, 降幅为 0. 26% ~ 2. 71%, 不施肥降幅最小, 仅为 0. 26%, 与试验前土壤 pH 值基本相同, 而降幅最大的为处理 2, 说明使用化肥能较快降低盐碱地 pH 值, 但化肥是生理酸性肥料, 大量长期使用易造成土壤板结, 使土壤的可耕性降低。沼肥、有机肥、有机无机复合肥也能不同程度降低土壤的 pH 值, 一是这些肥料呈微酸性, 二是这些肥料含大量的有机质和微生物, 有机质经微生物分解产生有机酸的原因。从土壤容重的变化结果分析, 各处理除处理 1 比试验前土壤略有增加外, 其他处理均有不同程度的下降, 降幅最大的是处理 5, 比试验前降低了 4. 26%, 其次是处理 4 比试验

前降低了 3. 46%, 土壤容重降低由大至小的顺序为, 处理 5> 处理 4> 处理 3> 处理 2。土壤容重的降低相应的使土壤总孔隙度、土壤含水量得到不同程度提高, 处理 5 土壤总孔隙度和土壤含水量分别比试前土壤增加 4. 36% 和 10. 7%。本研究表明, 在等养分条件下, 施用沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥有改善土壤性状、增强土壤保水保肥能力的作用, 为植物生长提供了适宜的土壤环境条件。

2.1.2 不同肥料处理对耕层土壤养分含量的影响

不同肥料处理对 0~ 20 cm 耕层土壤养分的影响如表 4 所示。土壤中有有机质含量处理 1 和处理 2 比本底都降低了, 降幅分别为 3. 76% 和 1. 33%, 尤其以不施肥处理降幅最高, 而处理 3, 4, 5 有机质含量比本底均有不同程度的增加, 增幅在 3. 87% ~ 6. 94%, 处理 5 增幅最高, 比本底增加 6. 94%, 有机质变化的总体趋势是处理 5> 处理 4> 处理 3> 处理 2> 处理 1。这说明单施化肥对增加土壤有机质含量作用不明显, 而施用沼肥可以明显提高土壤有机质含量, 这与沼肥富含有机质和腐殖酸有关。

表 3 不同肥料处理对耕层土壤物理性状的影响

Tab.3 Effects of treatments of different fertilizers on the physical properties of the plough layer of soil				
处理 Treatment	pH	土壤容重 (g/ cm <sup>3</sup> ) Soil bulk density	土壤总孔隙度(%) Soil total porosity	土壤含水量(%) Soil moisture capacity
本底养分	7. 75	1. 386	47. 70	21. 5
1	7. 73	1. 390	47. 55	20. 9
2	7. 54	1. 382	47. 85	19. 6
3	7. 67	1. 351	49. 02	21. 8
4	7. 62	1. 338	49. 51	23. 4
5	7. 59	1. 327	49. 93	23. 8

表 4 不同肥料处理对耕层土壤养分含量的影响

Tab.4 Effects of treatments of different fertilizer on nutrients of the plough layer of soil						
处理 Treatment	有机质 (mg/ g) Organic matter	全氮 (mg/ g) Total N	全磷 (mg/ g) Total P	碱解氮 (mg/ kg) Alkali hydrolyzable N	速效磷 (mg/ kg) Aavailable P	速效钾 (mg/ kg) Aavailable K
本底养分	17. 30	1. 59	1. 68	87. 29	22. 9	123. 0
1	16. 65	1. 51	1. 55	83. 99	21. 2	116. 2
2	17. 07	1. 62	1. 69	89. 48	24. 8	136. 9
3	17. 97	1. 78	1. 86	101. 72	25. 6	156. 8
4	18. 48	1. 83	1. 72	99. 47	25. 2	180. 4
5	18. 50	1. 83	1. 71	99. 40	25. 0	181. 3

从表 4 土壤全氮和碱解氮的变化结果可知, 处理 1 全氮和碱解氮比本底养分均有不同程度的减少, 而其它施肥处理, 土壤中的全氮和碱解氮均有不同程度增加。从全氮含量看, 处理 4, 5 相等, 比本底增幅最大达 15. 09%, 其次是处理 3 比本底增加 11. 95%, 处理 2 增幅最小仅为 1. 87%; 从碱解氮含

量看, 处理 3 最高, 比本底增加 16. 53%, 碱解氮增加由多到少的顺序是处理 3> 处理 4> 处理 5> 处理 2> 处理 1。综合分析, 施用沼肥可以提高土壤全氮、碱解氮的含量。

从全磷和速效磷含量可以看出, 全磷和速效磷变化趋势相同。除不施肥的处理 1 外, 其余处理全

磷比本底增幅为 0.60%~ 10.71%,完全使用化肥的处理 2 增幅最小,仅为 0.6%,处理 3 最高,比本底增加 10.71%。速效磷增幅为 8.3%~ 9.17%,完全使用化肥的处理 2 增幅最小,处理 3 速效磷增幅最大为 9.17%,但总的来看,沼肥、生物有机肥的施用也能不同程度的提高土壤中全磷、速效磷的含量。

从速效钾的变化趋势看,处理 1 比本底减少,其余处理比本底均有增加,增幅为 11.3%~ 47.40%,处理 2 增幅最小,处理 5 增幅最大。

从以上分析结果可知,随着有机肥施用量(沼渣用量是 49 100 kg/hm<sup>2</sup>,生物有机肥用量是 33 058 kg/hm<sup>2</sup>)的增加,耕层土壤有机质、全氮、速效钾含量也呈现增加趋势,处理 5 增幅最大。而全磷、速效磷、碱解氮处理 3 增幅最大,分析其原因可能是无机肥或土壤中一些难溶性磷被肥料中的微生物分解转化而致。刘杏兰等<sup>[10]</sup>认为,有机肥与化肥配施能显著提高土壤碱解氮含量,本研究也证实了这一结论。另外,化肥与有机肥配施对提高土壤全磷、速效磷作用明显<sup>[10~ 12]</sup>。

2.2 不同肥料处理对黄瓜生长、产量和品质的影响

2.2.1 不同肥料处理对黄瓜生长的影响 由表 5 可以看出,不同肥料处理对黄瓜的株高、叶片数和株干重均有不同的影响,从 10 月 14 日调查的数据看,各处理差异不明显,但随着生长发育的进行各处理之间的差异变得越来越明显。施肥处理明显高于不施

肥处理,各施肥处理中,处理 3 各项观察值都明显高于处理 2,4,5,说明生物有机无机复合肥整个生育期养分平衡释放。处理 4,5 较处理 3 前期生长缓慢,后期生长逐步加速,这与生物有机肥肥效慢、肥效稳长的性质相符合,但处理 5 优于处理 4 各个时期长势,这与沼肥是一种迟速兼备的肥料的特点相符。综合比较各处理对黄瓜生长影响的优劣顺序是,处理 3> 处理 5> 处理 4> 处理 2> 处理 1。

2.2.2 不同处理对黄瓜产量的影响 从表 6 可以看出,不同肥料处理对黄瓜产量均有一定影响。不施肥处理产量最低,仅为 27 693.7 kg/hm<sup>2</sup>,处理 3 产量最高,为 61 798.0 kg/hm<sup>2</sup>,处理 3 比不施肥处理产量增加 123.1%。其次是处理 5,产量为 56 156.7 kg/hm<sup>2</sup>,比不施肥处理产量增加 102.8%。处理 3 施用生物有机无机复合肥比单施化肥增加 24.5%,施用沼肥比单施化肥增加 13.2%,而完全施用生物有机肥的处理 5 比单施化肥产量仅增加 11.9%。由产量的差异性检验分析可看出,处理 4 和处理 5 之间差异不显著,处理 1,2,3 与处理 4,5 之间差异达极显著水平。各处理产量由高到低的顺序是处理 3> 处理 5> 处理 4> 处理 2> 处理 1,由此可知,完全使用生物有机肥产量并不能达到最高产量,而生物有机肥和化肥配施可显著提高黄瓜产量。另外,使用沼肥的处理产量虽然不及生物有机无机复合肥,但明显优于单施化肥处理。

表 5 不同肥料处理对黄瓜生长的影响

Tab.5 Effect of different fertilizer treatments on the growth of cucumber

处理 Treatment	10 月 14 日			10 月 25 日			11 月 2 日			11 月 23 日			12 月 28 日		
	株高	叶数	干重	株高	叶数	干重	株高	叶数	干重	株高	叶数	干重	株高	叶数	干重
	(cm)	(片)	(g)	(cm)	(片)	(g)	(cm)	(片)	(g)	(cm)	(片)	(g)	(cm)	(片)	(g)
	Plant height	Leaf number	Dry weight	Plant height	Leaf number	Dry weight	Plant height	Leaf number	Dry weight	Plant height	Leaf number	Dry weight	Plant height	Leaf number	Dry weight
1	20.3	5.3	1.5	50.1	8.4	6.8	58.3	10.0	8.7	70.5	11.8	11.5	89.8	14.2	18.1
2	21.0	5.7	1.8	52.8	9.2	7.9	63.0	11.2	10.0	89.2	14.8	18.8	106.4	17.6	23.8
3	23.3	6.7	2.1	77.6	10.8	11.8	106.6	13.8	15.0	128.0	17.0	30.2	166.4	21.8	37.8
3	23.3	7.0	2.3	70.6	10.6	9.3	86.2	12.6	12.1	125.8	16.8	24.9	148.2	22.0	35.6
4	23.5	6.8	2.2	71.3	10.7	9.5	90.4	13.1	13.9	127.0	16.8	25.3	152.6	22.2	37.5

注:株干重是植株根、茎、叶干重的总和

表 6 不同肥料处理对黄瓜产量的影响

Tab.6 Effect of different fertilizer treatments on the yield of cucumber

处理 Treatment	小区平均 产量( kg) Average plot product	折合产量 (kg/ hm <sup>2</sup> ) Converting product	差异显著性检验 Test of significant		较对照增加( %) Increasing relate to ck	较处理 2 增加( %) Increasing relate to treatment two
			α= 0.05	α= 0.01		
1	21.6	27 693. 7	d	D	—	—
2	38.7	49 640. 2	c	C	79. 2%	—
3	48.2	61 798. 0	a	A	123. 1%	24. 5%
4	43.3	55 515. 6	b	B	100. 5%	11. 9%
5	43.8	56 156. 7	b	B	102. 8%	13. 2%

2.2.3 不同肥料处理对黄瓜品质的影响 改变蔬菜的生长环境条件, 必然能影响蔬菜产品的品质, 通过协调和改善蔬菜的营养构成, 创造蔬菜优生优育的生态环境, 控制蔬菜体内营养物质的新陈代谢平衡和库—源关系, 可以提高蔬菜的适应性, 有效地调节蔬菜品质的改善和保持优质。从表 7 不同肥料处理对黄瓜品质影响结果可以看出, 处理 3 施用有机无机复合肥对黄瓜的可溶性固形物、V<sub>C</sub>、还原糖含量比不施肥处理分别增加 6.5%, 22.2%, 49.5%, 处

理 4 和处理 5 比不施肥处理可溶性固形物增加最多达 10.9%, 维生素 C 和还原糖也有不同程度的增加。从硝酸盐含量看, 单施化肥最高, 比对照增加 63.2%, 处理 3, 4, 5 比对照也分别增加了 28.9%, 15.4%, 18.4%, 这可能与施入较高的氮肥及大量的生物有机肥和沼肥, 也可能是与冬季温度较低, 降低了微生物活性有关。总之, 施用沼肥、生物有机无机复合肥、生物有机肥比单施化肥可以显著提高产品品质。

表 7 不同肥料处理对黄瓜品质的影响

Tab. 7 Effect of different fertilizer treatments on the quality of cucumber

处理 Treatment	可溶性固形物 Total soluble solids		维生物 C Vitamin C		还原糖 Reducing sugar		硝酸盐 Nitrate	
	含量(%)	比对照(±%)	含量(%)	比对照(±%)	含量(%)	比对照(±%)	含量(%)	比对照(±%)
1	4.6	—	5.49	—	2.20	—	201	—
2	4.4	— 4.3%	5.56	+ 1.3%	2.51	+ 14.1%	328	+ 63.2%
3	4.9	+ 6.5%	6.71	+ 22.2%	3.29	+ 49.5%	59	+ 28.9%
4	5.1	+ 10.9%	6.23	+ 13.5%	3.25	+ 47.7%	232	+ 15.4%
5	5.1	+ 10.9%	6.24	+ 13.7%	3.24	+ 47.3%	238	+ 18.4%

注: 进行品质测定的黄瓜取自采收中期的果实

3 结论

施用一定量的沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥可以降低土壤 pH 值和土壤容重, 提高土壤总空隙度, 改善土壤物理性状, 增强土壤保水保肥能力的作用, 对土壤物理性状的改变尤以沼肥效果最为显著。

施用一定量的沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥可以显著提高土壤耕层有机质、土壤全量养分和速效养分含量。沼肥、生物有机肥、生物有机无机复合肥不仅可以培肥地力, 而且可以提高土壤供肥能力。

施用沼肥、生物有机肥、生物有机复合肥不但可以提高黄瓜产量, 改善品质, 而且还可以极大的消除有机废弃物及沼渣和沼液对农村环境污染, 减少无机化肥的用量, 降低生产成本, 增加农民收入。

参考文献:

[1] 方 炎. 生态家园建设与县域农村经济可持续发展[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 395– 400.  
[2] 赵京音. 厌氧发酵残留物对土壤中某些微量元素活化作用的初步研究[J]. 中国沼气, 1994, (2): 15.

[3] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料资源[M]. 北京: 中国农业出版社. 1999: 102– 119.  
[4] 徐福利, 梁银丽, 张成娥, 等. 施肥对日光温室黄瓜生长和土壤生物学特性的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(7): 1227– 1230.  
[5] 王 琪, 刘雪颖, 王玉刚. 沼肥对日光温室黄瓜施用效果的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(3): 75– 77.  
[6] 李 全. 沼渣的改土作用及其对稻麦产量和品质影响的研究[J]. 中国沼气, 1992, 10(1): 7– 17.  
[7] 姜瑞波, 张晓霞, 吴胜军. 生物有机肥及其应用前景[J]. 磷肥与复肥, 2003, 18(4) 7.  
[8] 李梦梅, 龙明华, 黄文浩, 等. 生物有机肥对提高番茄产量和品质的机理初探[J]. 中国蔬菜, 2005, (4): 18– 20.  
[9] 李建设, 高艳明, 李文娆, 等. 不同肥料配合对温室迷你黄瓜硝酸盐含量及品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005, (4): 36– 39.  
[10] 刘杏兰, 高 宗, 刘存寿, 等. 有机—无机肥配施的增产效应及对土壤肥力影响的定位研究[J]. 土壤学报, 1996, 33(2): 138– 147.  
[11] 顾益初, 钦绳武. 长期施用磷肥条件下潮土磷素的积累、形态转化和有效性[J]. 土壤, 1997, 29(1): 13– 17  
[12] 郑铁军. 黑土长期施肥对土壤磷的影响[J]. 土壤肥料, 1998, (1): 39– 41.