

生物有机无机复合肥效应的初步研究

张 辉¹, 李维炯¹, 倪永珍¹, 杨合法²

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

摘 要:进行了化肥、有机肥、生物堆肥、有机无机复合肥和生物有机无机复合肥的田间比较试验。初步试验结果表明, 施用生物有机无机复合肥可以改善土壤结构, 增进土壤肥力, 提高土壤供肥能力, 提高土壤生物活性。表现为与试前土壤比较, 土壤容重下降 0. 17, 总孔隙度提高 1. 45%, 有机质增加 0. 1%, 全量养分和速效养分都有不同程度的提高, 三大类微生物总量增加 1. 64 倍, 蔗糖酶、脲酶和磷酸酶活性也有不同程度的提高。同时施用生物有机无机复合肥还可以促进植株生长发育, 提高产量, 改善作物品质。与不施肥处理相比较, 增产 83. 54%, 达极显著水平; 硝酸盐下降 113. 024 7 mg · kg⁻¹; 维生素 C 提高 0. 288 0 mg · g⁻¹。结果表明, 生物有机无机复合肥综合效果优于其它肥料, 具有明显的经济效益和生态效益。

关键词:生物有机无机复合肥; 土壤性质; 微生物数量; 土壤酶; 品质

中图分类号:S143. 6 **文献标识码:**A **文章编号:**1000 – 0267(2002)04 – 0352 – 04

Preliminary Studies on Efficiency of Biological – Organic – Inorganic Compound Fertilizer

ZHANG Hui¹, LI Wei-jiong¹, NI Yong-zhen¹, YANG He-fa²

(1. College of Resources and Environment, CAU, Beijing 100094, China; 2. Quzhou Experimental Station, CAU, Handan 057250, China)

Abstract: A test was conducted in field to compare efficiencies for chemical fertilizer, organic manure, biological compost, organic – inorganic compound fertilizer and biological organic and inorganic compound fertilizers. The results showed that: applying the biological – organic – inorganic compound fertilizer could improve the structures of soil, ameliorate fertility of soil, raise the nutrition providing capacity in soil and increase soil biological activity. Compared with that of soil before test, soil B. D. decreased by 0. 17, total porosity increased by 1. 45%, organic matter increased by 0. 1%, total N, P, K and available N, P, K increased by different degree, total number of three sorts of microorganisms increased by 1. 64 times, the activities of invertase, urease and phosphatase increased, respectively. Meanwhile, applying biological – organic – inorganic compound fertilizer also could promote the plant growth and development, enhance yield, improve the quality. Compared to the treatment of no fertilizer, increased yield by 83. 5%, the difference was great significant, the contents of nitrates decreased by 113 mg · kg⁻¹, the contents of vitamin C increased by 0. 29 mg · kg⁻¹. The results indicated that the comprehensive functions of the biological – organic – inorganic compound fertilizer was prior to the other sorts fertilizer, the economic and ecological benefit was obvious.

Keywords: biological – organic – inorganic compound fertilizer; soil property; microorganism number; soil enzyme activity; quality

现代农业生产中, 长期大量施用化肥, 会使土壤理化性质变劣, 作物减产, 农产品品质下降, 而且化肥利用率低, 流失后会严重污染环境。有机肥料的施用, 可以改善土壤结构和质地, 协调水肥气热。而且其肥效稳长, 与化肥配合施用, 可以提高化肥利用率, 提高作物产量, 改善产品品质。但传统有机肥有效养分含量低, 肥效慢, 施用量大, 在制造和施用过程中耗

费大量的人力和物力, 经济效益低。生物肥料通过大量有益微生物的活动, 可以增进土壤肥力, 刺激和调控作物生长, 增强抗逆和抗病能力, 提高作物品质。但由于其本身不含营养元素, 是一种间接型肥料, 不能完全代替化肥和有机肥。针对三种肥料的优缺点, 在生产中分别利用三者的长处, 把它们有机地结合起来, 开发新型肥料才具有广阔的应用前景。生物有机无机复合肥以作物秸秆和鸡粪为主要原料, 加入多功能复合微生物菌剂, 配以一定比例的无机养分, 它含有丰富的有机质和多种有益微生物以及多种生物酶, 还含有一定量的速效养分, 集微生物的独特生理调节功能、无机化肥的高效性和有机肥的长效性于一体,

收稿日期: 2002 – 01 – 21
基金项目: 黄淮海平原曲周试区“十五”攻关课题“黄淮海平原高产优质、高效农业结构模式与技术研究”项目资助
作者简介: 张 辉(1972—), 女, 中国农业大学生态学在读博士研究生, 主要从事固体废物处理和生物有机无机复合肥制作方面的研究。

达到种养结合和农业可持续发展的目的。而且生产有机无机复合肥可以利用微生物的特定功能将有机废弃物进行无害化处理变废为宝，使资源得到充分利用，环境得到改善和净化。本研究是“十五”攻关研究的重要组成部分，现将其应用于蔬菜生产的试验结果作一初步报道。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2001 年在中国农业大学曲周实验站进行。供试作物为菜花，品种为福州 60 日，供试土壤为治理后的盐化潮褐土，土壤肥力中等。供试生物有机无机复合肥基本性质为：pH 值 6.4、水分 45.39%、有机质 47.39%、全氮 3.55%、全磷 5.31%、全钾 5.95%、有效活菌数 2.1×10^{10} 。

1.2 试验设计

试验为随机区组设计，六个处理 3 次重复，小区面积 30 m^2 。处理 1：不施肥（对照）；处理 2：化肥，每公顷施尿素 967 kg，三料过磷酸钙 1 500 kg，硫酸钾 2 066 kg；处理 3：传统有机肥（传统堆肥），每公顷 48 333 kg；处理 4：有机无机复合肥（传统堆肥 + 化肥），每公顷 15 333 kg；处理 5：生物有机肥（生物堆肥），每公顷 39 666 kg；处理 6：生物有机无机复合肥，每公顷 11 333 kg。肥料作为基肥施用，则以生物有机无机复合肥计每公顷施用纯氮 450 kg，纯磷 600 kg、纯钾 675 kg，其余各处理在追肥时予以补齐，使总养分投入量相等。各处理除肥料种类不同外，其他栽培管理措施一致。

1.3 分析测定方法

1.3.1 土壤理化性质

采用常规测定方法。

1.3.2 土壤微生物量

采用平板稀释法^[6]。

1.3.3 土壤酶

蔗糖酶、脲酶采用关松荫法^[11]；磷酸酶采用改进的 Hoffman 法^[7]

1.3.4 植株分析

养分含量采用常规测定法；硝酸盐采用比色法；维生素 C 采用 2,6-D 染色二甲苯萃取比色法^[12]。

2 结果分析

2.1 改土培肥效应

2.1.1 对土壤物理性质的影响

从表 1 可以看出各处理较试前土壤的 pH 值都略有下降，其中处理 5 和处理 6 分别下降了 0.2 和 0.17，可能是复合微生物菌剂作用的结果，这对于改变盐化潮褐土的高 pH 值有积极作用。而化肥处理 pH 值下降幅度较大，说明化肥的作用较急速，缺乏缓冲，对土壤理化性质改变剧烈，容易造成土壤板结。除不施肥处理外，各处理土壤容重较试前也都有所下降，特别是处理 3 和处理 5，分别下降了 0.048 和 0.058，但都未达到显著水平，说明土壤物理性质的改变是一个长期的过程，需要进行长期的实验和观察。随容重的下降，总孔隙度相应得到提高。这些变化改善了土壤通气性，对保墒、保肥和水分的移动都会产生良好的影响，为植物生长创造有利的土壤环境条件。

表 1 不同肥料处理对土壤物理性质的影响

Table 1 Effect of different fertilizer treatments on soil physical characteristics

处理	pH	容重 /g · cm ⁻³	总孔隙度 /%
试前土壤	7.71	1.494	43.62
1	7.69	1.498	43.47
2	7.47	1.488	43.85
3	7.64	1.446	45.45
4	7.56	1.465	44.73
5	7.51	1.436	45.80
6	7.54	1.456	45.07

2.1.2 对土壤养分的影响

土壤供肥能力的大小在一定意义上可反映土壤物理、化学、生物、生化等特性的变化^[4]。表 2 数据表明，不施肥处理的土壤各项养分指标比试前都略有下降，尤其是速效磷下降幅度较大，这与菜花吸磷量大有关。表 2 中处理 3 和处理 5 有机质比试前土壤增加了 27.9% 和 28.1%，比化肥处理高 31%，增加幅度较大，这一方面是由于这两种肥料中有机成分较多，能为土壤提供大量的有机质，另一方面也是由于微生物的活动所致。处理 6 比试前土壤全氮增加 22.2%，全

表 2 不同肥料处理对土壤养分含量的影响

Table 2 Effect of different fertilizer treatments on soil fertilities

处理	有机质 /%	全氮 /%	全磷 /%	碱解氮 /mg · kg ⁻¹	速效磷 /mg · kg ⁻¹	速效钾 /mg · kg ⁻¹
试前土样	1.350	0.090	0.160	59.93	42.3	95
1	1.287	0.087	0.143	55.60	31.7	93
2	1.317	0.093	0.153	63.25	55.3	109
3	1.727	0.103	0.163	65.73	63.4	150
4	1.400	0.097	0.167	70.57	65.3	117
5	1.730	0.113	0.160	71.45	65.0	163
6	1.450	0.110	0.180	77.03	68.2	120

磷增加 12.5%，碱解氮增加 28.5%，速效磷增加 61.3%，速效钾增加 26.3%，说明生物有机无机复合肥不仅可以增加土壤养分储量，而且还可以促进土壤中难溶解养分的释放，提高土壤供肥能力，有利于作物全面吸收营养。

2.1.3 对土壤微生物的影响

细菌、放线菌和真菌是土壤中的三大类微生物，它们对土壤中有有机物的分解、氮和硫营养元素及其化合物的转化具有重要作用^[5]。

从表 3 可以看出除不施肥外，各处理微生物数量均比试验前有所提高，其中处理 6 效果最为明显，细菌增加了 2 倍，真菌增加了 2.21 倍，放线菌增加了 1.27 倍，总量增加了 1.64 倍。微生物数量增加的总趋势为：复合肥> 单施有机肥> 单施化肥，说明增施有机肥可以增加土壤微生物，但有机无机相结合作用更明显。微生物数量的大幅度提高将促进有机质的分解和有效养分的释放，提高养分的有效性和利用率。从表 3 还可以看出，除处理 5 和处理 6 外，各处理细菌增加的比例大于真菌和放线菌，而土壤中养分的转化主要靠细菌来完成，细菌比例的提高加速了土壤中养分的转化，提高了养分的有效性。处理 5 和处理 6 真菌增加的比例最高，可能是由于其中加入了复合微生物菌剂，从而提高了真菌的数量，真菌数量的提高将直接促进有机质的分解和腐殖质的合成，同时还可以改善土壤通气状况。

表 3 不同肥料处理对土壤微生物数量的影响

Table 3 Effect of different fertilizer treatments on soil microorganism number							
处理	细菌(×10 ⁷)		真菌(×10 ⁴)		放线菌(×10 ⁷)		总量(×10 ⁷)
	含量	+/-	含量	+/-	含量	+/-	含量 +/-
试前土壤	1.38	-	2.99	-	1.37	-	2.75 -
1	1.04	-0.34	1.28	-1.71	1.17	-0.20	2.21 -0.34
2	1.43	+0.05	3.01	+0.02	1.42	+0.05	2.85 +0.10
3	2.25	+0.87	3.35	+0.36	1.46	+0.09	3.71 +0.96
4	2.52	+1.14	3.54	+0.55	1.58	+0.21	4.10 +1.35
5	2.55	+1.17	5.17	+2.18	1.61	+0.24	4.17 +1.42
6	2.76	+1.38	6.60	+3.61	1.74	+0.37	4.51 +1.76

2.1.4 对土壤酶活性的影响

土壤酶活性反映了土壤中进行的各种生化过程的方向和强度，是影响土壤供肥能力变化的因子，在一定情况下可以表征土壤肥力水平的高低^[3]。表 4 数据表明试验后土壤各种酶活性都有所提高，不施肥处理的酶活性提高是由于季节变化所致。蔗糖酶变化的顺序为：单施有机肥> 复合肥> 单施化肥，这主要是由于处理 3 和处理 5 富含秸秆，为蔗糖酶提供了丰富

的含碳基质。而脲酶和磷酸酶的变化趋势为：复合肥> 单施有机肥> 单施化肥，这是由于一方面化肥促进作物根系代谢，使根系分泌物增多，从而有利于提高土壤酶活性；另一方面有机肥本身含有一定数量的酶，这二者结合起来，表现出效果最佳。还可以看出三种酶活性都是处理 5> 处理 3，处理 6> 处理 4，从而表明接种复合微生物菌剂，有益微生物的增殖对于提高土壤酶活性有积极作用。

表 4 不同肥料处理对土壤酶活性的影响

Table 4 Effect of different fertilizer treatments on soil enzyme activity

处理	蔗糖酶	脲酶	磷酸酶
	/glucose mg·kg ⁻¹	/NH ₃ -N mg·g ⁻¹	/phenol mg·g ⁻¹
试前土样	0.794 0	0.550 6	0.270 1
1	0.802 3	0.628 0	0.303 7
2	0.819 4	0.730 5	0.304 0
3	0.929 5	0.764 3	0.414 6
4	0.871 0	0.788 0	0.543 8
5	1.055 7	0.798 6	0.419 2
6	0.895 3	0.836 1	0.561 7

2.2 促进生长,增加产量,改善品质

2.2.1 对菜花生物学特性的影响

表 5 数据表明贯穿于整个发育期，处理 6 生物有机无机复合肥的菜花长势都明显优于不施肥处理，也高于其他处理。在田间表现为植株高大粗壮，叶子肥大，叶色浓绿。说明生物有机无机复合肥整个生育期

表 5 不同生育期菜花的生物学特性

Table 5 The biological characters of cauliflower at different growth stage

处理	生育期	株高 /cm	叶片数	叶面积 /cm ²	球径 /cm
1	幼苗期	12.72	7.0	164.09	4.74
	莲座期	34.28	17.1	2 077.11	
	花球生长期	49.42	25.8	5 319.09	
2	幼苗期	13.55	7.3	221.04	5.33
	莲座期	36.55	17.2	2 525.71	
	花球生长期	56.84	26.8	6 302.86	
3	幼苗期	12.95	7.2	179.75	5.92
	莲座期	35.28	17.4	2 078.47	
	花球生长期	60.75	27.2	6 308.26	
4	幼苗期	13.60	7.4	222.66	6.37
	莲座期	36.55	17.8	2 968.05	
	花球生长期	64.67	27.3	6 941.53	
5	幼苗期	12.90	7.3	195.157	6.33
	莲座期	35.72	18.0	2 557.20	
	花球生长期	63.50	27.8	828.907	
6	幼苗期	14.03	8.3	284.01	9.17
	莲座期	42.22	19.4	3 727.39	
	花球生长期	71.09	28.3	9 926.21	

养分平衡释放,缓急相济。营养生长期植株生长旺盛,形成较大的叶面积,为生殖生长积累了充足的营养物质。花球生长期,花球直径几乎是对照的 2 倍,说明后期营养供应仍然充足,且各种营养比例协调,尤其是磷的供应,因为花球的形成与磷的供应密切相关。处理 3 和处理 5 前期较化肥处理生长缓慢,后期生长加速,与有机肥肥效慢但肥效稳长的性质相符。各项数据还表明添加复合微生物菌剂的处理,有益微生物的活动起到了调节作物生长,促进养分释放的作用。

2.2.2 对菜花产量的影响

表 6 说明处理 6 和处理 4 的增产作用是明显的,分别比对照增产 83.54% 和 69.23%,达极显著水平。处理 5 比对照增产 46.69%,也达到显著水平。而化肥的增产作用不明显,主要是该试验地长期大量施用化肥,化肥的增产效果越来越差。表中数据充分说明生物有机无机复合肥发挥了三元合一的优势,既改良了土壤,又增加了养分供应,养分全面合理,缓急相济,从而促进了植株生长,极大地提高了产量。

表 6 不同肥料处理菜花产量

Table 6 The yield of different fertilizer treatments

处理	产量 /kg · hm ⁻²	增产 /kg · hm ⁻²	增产率 /%
1	12 577.5	—	—
2	13 635	1 057.5	8.41
3	15 345	2 767.5	22.00
4	21 285	8 707.5 [*]	69.23
5	18 450	5 872.5 [*]	46.69
6	22 935	10 357.5 ^{**}	83.54

*LS*D_{0.05} = 4 485.9 kg · hm⁻², *LS*D_{0.01} = 6 375 kg · hm⁻²。

2.2.3 对菜花品质的影响

蔬菜中的维生素 C 和硝酸盐含量常作为评价蔬菜质量优劣的重要指标。1973 年世界卫生组织和联合国粮农组织制定了食品中硝酸盐的限量标准,提出蔬菜可食部分中硝酸盐食品的卫生标准为 432 mg · kg⁻¹(鲜样)^[8]。处理 5 和处理 6 的硝酸盐含量低于此标准,说明这两种肥料处理对于提高蔬菜品质有一定的现实价值。施用有机肥或有机肥与化肥复合施用均可提高菜花中的维生素 C 含量,比不施肥和单施化肥有明显增加,其中以处理 6 效果最好,比不施肥处理的增加了 66.17%,比单施化肥处理的增加了 52.69%(表 7)。这是由于生物有机无机复合肥中含有丰富的有机无机养分及各种微生物产出的活性物质,所以对改善菜花品质有良好的作用。说明施用生物有机无机复合肥可以减少化肥用量,提高农产品品质,是开发新型肥料的重要途径之一。

表 7 不同肥料处理菜花硝酸盐和维生素 C 含量

Table 7 The contents of nitrate and vitamin C of different fertilizer treatments

处理	硝酸盐 /mg · kg ⁻¹	维生素 C /mg · kg ⁻¹
1	502.465 7	0.425 3
2	512.187 8	0.473 7
3	494.035 7	0.662 2
4	500.276 8	0.683 6
5	357.866 9	0.703 7
6	389.441 0	0.723 3

3 结论

(1) 生物有机无机复合肥可以降低土壤 pH 值和容重,提高土壤总空隙度,从而改善土壤通气性,提高土壤保水保肥能力。生物有机无机复合肥不仅可以增加土壤基础肥力,而且可以提高土壤供肥能力,及时满足作物生长需要。施用生物有机无机复合肥还可以增加土壤微生物数量和三种主要土壤酶活性,对于有机质的分解和养分的转化起到了直接促进的作用。

(2) 生物有机无机复合肥促进作物生长发育,株高、叶片数明显增加,花球直径明显增大。增产作用明显,比对照增产 83.54%,达极显著水平。并且对于降低花球中硝酸盐含量和提高维生素 C 含量有明显作用,从而改善了产品品质。

(3) 生物有机无机复合肥使无机肥、有机肥和微生物肥三者统一起来,互相促进,互补短长,从而可以减少化肥用量,降低农业投入,提高作物产量,改善农产品品质;同时改善了土壤结构,保护了生态环境,具有一定的经济效益、社会效益和生态效益。

参考文献:

[1] 关松荫. 土壤酶学及其研究法[M]. 北京: 中国农业出版社,1986.
[2] 李合声. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版,2000.
[3] 李 勇. 试论土壤酶活性与土壤肥力[J]. 土壤通报,1989,20(4):190-192.
[4] 任祖淦,等. 有机无机肥结合对水稻生产力和土壤肥力建设的影响Ⅱ. 对土壤微生物区系和酶活性含量的研究[J]. 福建省农科院学报,1996,11(1):60-64.
[5] 史吉平,等. 长期施肥对土壤有机质及生物学特性的影响[J]. 土壤肥料,1998,(3):7-11.
[6] 许光辉,等. 土壤微生物分析手册[M]. 北京: 中国农业出版社,1986.
[7] 赵兰坡,等. 土壤磷酸酶活性测定方法的探讨[J]. 土壤通报,1986,17(3):19-24.
[8] 庄舜尧,等. 氮肥对蔬菜硝酸盐积累的影响[J]. 土壤学进展,1995,23(3):29-35.