

长期施用EM 生物有机肥对冬小麦生产的影响

周莉华, 李维炯, 倪永珍

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

摘要: 施用不同肥料处理十年后, 通过小区对比试验, 分析EM 生物有机肥、普通堆肥、化肥、不施肥对小麦生产的效果差异。结果表明, EM 生物有机肥比普通堆肥增产8.4%~8.9%, 比化肥增产17.2%~32.4%。分析产量差异的原因, 得到: EM 生物有机肥土壤的有效氮、磷、钾含量显著提高, 充足的肥料供给使植株的N、P、K 含量增加, 机体的功能得到改善, 小麦功能叶片的叶绿素含量和光合速率提高。光合作用的增强促使植株干物质积累量增加, 孕穗期小麦植株干物质积累量比其他处理高1.5%~19.2%。前期良好的干物质积累和灌浆期的光合能力强, 为灌浆打下坚实的基础, 与其他处理相比小麦籽粒平均灌浆速率提高6.6%~16.4%。此外, 在品质方面, 小麦籽粒粗蛋白含量提高4.9%~19.9%。综合来看, 长期施用EM 生物有机肥不但可以提高冬小麦的产量, 还能有效地改善品质。

关键词: EM 生物有机肥; 普通堆肥; 化肥; 冬小麦; 产量; 品质

中图分类号: S141.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)ZK-0221-04

0 引言

现代科学技术的应用, 特别是化肥的广泛使用, 极大地促进了农业的发展, 但同时化肥的过度施用以及不合理施用, 也带来了严重的不良后果^[1]。土壤板结、环境破坏、农产品污染等问题日益突出^[2,3]。农业生态环境的恶化和土壤可持续生产能力的下降, 使得人们更加关注对农业生态系统的研究。

由于微生物广泛地存在于自然界中, 与土壤肥力和作物微生态环境关系密切, 所以许多学者将微生物与农业联系起来, 开创了微生物农业工程。各类微生态制剂的研究与应用技术不断被报道^[4], EM 就是其中之一。EM (Effective Microorganisms) 即有效微生物群, 是20世纪80年代初期由日本研制出来的一种新型的复合微生物菌剂, 它是由10个属的多种微生物复合而成的多功能菌群。自20世纪80年代进入市场后, 先后在日本、美国、巴西、泰国等90多个国家和地区推广和应用, 产生了显著的经济效益、生态效益和社会效益, 受到了广泛的关注^[5]。EM 技术自20世纪90年代初引进我国开始, 我国科研工作者一直在致力于对其研究, 已在种植业、养殖业和环境保护等多个领域取得了显著的作用效果^[6]。

对于EM 有机堆肥的应用研究多集中在作物生长状况和土壤理化性质的研究^[7,8], 对品质的研究较少, 尚无对籽粒灌浆速率、植株养分含量方面的报道。本文在前人长期定位实验的基础上, 侧重对小麦品质、籽粒灌浆速率及植株养分含量方面的研究, 进一步深入探讨EM 堆肥对冬小麦的作用机理, 对前人的工作进行补充与总结, 为EM 生物有机肥的应用提供理论依据, 以期

在我国农业可持续发展中达到如下效果: 在一定的区域内, 基本不用化肥和农药, 保持较高的作物产量, 减少因化肥过度施用以及不合理施用造成的农业内源性污染; 充分利用农业有机废弃物, 变废为宝, 以求农业生态系统的物质能多层次循环利用, 减少养分损耗和能量散失; 生产优质、高效、无污染的农产品, 为无公害农产品、绿色食品、有机食品的生产提供有效、安全的肥源。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

地点是中国农业大学曲周实验站, 位于河北省邯郸市曲周县北部, 地处暖温带半湿润大陆性季风气候区, 年平均气温为13.1℃, 无霜期210 d, 年降水量为556.2 mm。年降水的60%以上集中在6~9月, 年蒸发量为年降水量的3倍。试验区为改良后的盐化潮土, 肥力均匀。冬小麦—夏玉米一年两熟制是当地典型的种植方式。

1.2 实验材料和方案设计

试验始于1993年, 每年冬小麦—夏玉米两季。本次实验的冬小麦品种为邯郸6157, 于2002年10月19日种植, 2003年6月12日收获。

本试验为随机区组设置, 依施肥种类和用量的不同, 共设6个处理, 各处理3个重复, 每小区10.5 m × 3 m。每年每季种植前施肥, 所有肥料均作为底肥施用。

处理1: EM 生物有机肥 15000 kg/hm²;

处理2: 普通堆肥 15000 kg/hm²;

处理3: EM 生物有机肥 7500 kg/hm²;

处理4: 普通堆肥 7500 kg/hm²;

处理5: 化肥(750 kg/hm² 碳铵, 300 kg/hm² 尿素, 750 kg/hm² 过磷酸钙);

处理6: 对照(不施肥)。

2 结果与分析

2.1 历年产量

表1是历年来的小麦产量, 各处理历年的产量呈现的波动, 主要是受品种和气候因素的影响。从1997年~

收稿日期: 2004-05-10 修订日期: 2004-05-28

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2001BA 508B 01)

作者简介: 周莉华(1977-), 女, 硕士研究生, 研究方向为农业生态工程。北京海淀区 中国农业大学资源与环境学院, 100094。Email: lihuazhou4359@sina.com.cn 或 zlh4359@163.com

通讯作者: 李维炯, 教授, 博士生导师, 长期从事农业生态工程方面的研究。北京海淀区 中国农业大学资源与环境学院, 100094

2000 年,除 1998 年,由于气候原因减产外,表现出逐年增产的趋势。从多年平均产量来看,EM 生物有机肥处理比普通堆肥处理增产 8.4%~8.9%,比化肥增产 17.2%~32.4%。

表 1 不同施肥处理小麦历年产量汇总^[6,7]

Table 1 Comparative yield of winter wheat for different applied fertilizer treatments in the year 1994~2003 kg·hm⁻²

年份	处 理					
	1	2	3	4	5	6
1994*	3036.3	2739.8	2479.5	2235.0	2581.1	1984.2
1995	6202.5	5511.0	5683.5	5037.0	4575.0	3429.0
1996	6183.0	5322.0	4563.0	4216.5	3702.0	2812.5
1997	7641.0	7305.0	7249.5	6873.0	6162.0	4027.5
1998	7065.0	6817.5	6214.5	5850.0	5272.5	4242.0
1999	8115.0	7365.0	6900.0	6090.0	5685.0	2520.0
2000	8203.5	7789.5	7239.0	6859.5	6523.5	2565.0
2001	7386.0	6589.5	7018.5	5793.0	5353.5	2817.9
2002	6817.5	6420.0	6213.0	6084.0	5505.0	2086.5
2003	5871.0	5485.4	5327.9	5049.9	4890.3	2350.5
总计	66520.8	61344.7	58888.4	54087.9	50249.9	28835.1
平均	6652.1	6134.5	5888.8	5408.8	5025.0	2883.5

注: * 冬小麦品种 1994 年: 87-1; 1995 年, 1996 年: 87-5; 1997 年~2000 年: 邯鄯 3475; 2001 年~2003 年: 邯鄯 6175;
* * 表中小写字母为 $\alpha=0.05$ 的显著性检验, 下同。

表 2 不同施肥处理小麦植株的养分含量

Table 2 Plant nutrition content of winter wheat for different applied fertilizer treatments

处理	茎			叶			穗		
	全氮/%	全磷/%	全钾/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%
1	0.259a*	0.106a	2.230a	0.495a	0.226a	1.355a	1.698a	0.415a	0.417a
2	0.247b	0.104a	2.195a	0.454b	0.204b	1.341a	1.599b	0.407ba	0.388ba
3	0.242b	0.101a	2.200a	0.462b	0.202b	1.343a	1.617b	0.395bc	0.403ba
4	0.234c	0.084b	1.771b	0.428cb	0.193cb	1.132b	1.546c	0.385c	0.379ba
5	0.224d	0.082b	1.482c	0.418c	0.188c	1.007c	1.535c	0.382c	0.376b
6	0.208e	0.072c	1.042d	0.380d	0.132d	0.659d	1.416d	0.368d	0.311c

注: * 表中小写字母为 $\alpha=0.05$ 的显著性检验, 下同。

2.3 冬小麦干物质积累量

不同施肥处理的小麦干物质积累动态如图 1, 可以看出, 各处理的干物质积累动态是一致的, 说明 EM 生物有机肥的施用不改变干物质的积累规律, 而是协调小麦机体发育, 使干物质在量上增加, 来提高作物的产量。

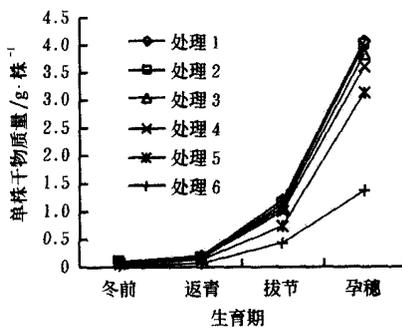


图 1 不同施肥处理的小麦干物质积累动态

Fig. 1 Dynamic of dry matter content of winter wheat for different applied fertilizer treatments

干物质是光合作用的产物, 所以植株的干物质积累与叶绿素水平密切相关。前人对冬小麦叶绿素水平动态

2.2 小麦植株养分含量

作物需求的矿质养分来自于土壤, 作物对养分的吸收与土壤养分的含量关系密切。前人对土壤养分的研究表明, 0~20 cm 和 20~40 cm 耕层中, 土壤碱解氮、速效磷、速效钾的含量为: 处理 1> 处理 3> 处理 2> 处理 4> 处理 5> 处理 6^[5]。

表 2 中列出了蜡熟期小麦各器官的养分含量。可见, 植株茎、叶、穗各器官的全氮、全磷、全钾含量与土壤中速效氮、磷、钾含量大体一致。对照的各项养分含量与其他处理相比都有显著差异, 施肥的效果是十分明显的。总体看, 在等量施肥条件下的效果: EM 生物有机肥 > 普通堆肥 > 化肥 > 对照; 在施用同种肥料处理中, 施肥量多的处理优于施肥量少的处理。从各组养分含量来看, EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 处理的效果都是最好的; 普通堆肥 15000 kg/hm² 处理与 EM 生物有机肥 7500 kg/hm² 处理互有高低, 无显著差异; 化肥效果不及有机肥。可见, 长期施用有机肥的效果优于化肥, 而有机肥中添加 EM, 更能促进有机肥养分的发挥。

变化的研究表明, 各处理的叶绿素水平在前期较低, 拔节后快速增长, 到小麦生育后期差距进一步加大, 处理 1 叶绿素含量比其他处理高 16.6%~41.93%。由图 1 可以看出, 冬前植株干物质积累量很少; 冬前至返青有缓慢增长, 各处理的干物质质量差距小; 返青到拔节期间, 叶绿素水平稳定, 干物质积累平缓增长; 拔节到孕穗期间, 叶绿素水平急速上升, 干物质积累呈现大幅度增长。到孕穗期, 植株的营养生长器官已建成, 除 EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 处理和普通堆肥 15000 kg/hm² 处理之间差异不显著外, 其他各处理间差异都达到显著水平 ($P < 0.05$)。施肥各处理 (处理 1~5) 的植株干物质积累量分别比对照高 19.42%、19.00%、17.65%、16.00%、12.69%, 施有机肥的各处理 (处理 1~4) 植株干物质积累量分别比化肥处理高 53.0%、49.7%、39.1%、26.1%。处理 1 比其他处理高 1.5%~19.42%。

2.4 小麦籽粒灌浆速率

小麦籽粒产量的形成主要来自花前茎秆中储藏物质的运转和花后光合产物积累, 其中籽粒产量的 80% 来自后者^[8]。前人对小麦灌浆期叶绿素含量和光合速率的

测定结果,发现小麦叶绿素含量的最大值出现在灌浆期,灌浆期EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 处理的叶绿素含量比其他处理高 11.2%~17.0%,光合速率比其他处理高 13.0%~69.9%^[8],为小麦灌浆提供了可靠保障。

图2 是不同施肥处理的小麦灌浆速率,总体上来看,各处理的小麦籽粒灌浆速率都呈现单峰增长,前期增长平缓,中期开始激增,达到峰值后,又急速下降。对照的最大灌浆速率为 2.003 mg·粒⁻¹·d⁻¹,明显低于施肥各处理,且峰值比其他处理明显提前,出现在花后 20~25 d。各施肥处理(1~5 处理)的峰值都出现在花后 25~30 d,最大灌浆速率分别为 2.822、2.659、2.450、2.344、2.187 mg·粒⁻¹·d⁻¹,处理 1 比其他处理高 6.1%~57.1%。

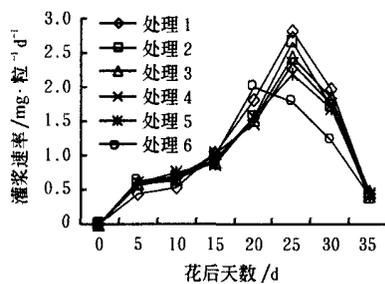


图2 不同施肥处理的小麦灌浆速率

Fig 2 Grain-filling rate of winter wheat for different applied fertilizer treatments

平均灌浆速率是决定千粒重的重要因素,各处理的平均灌浆速率分别为 1.245、1.168、1.158、1.134、1.111、1.070 mg·粒⁻¹·d⁻¹,各施肥处理(1~5 处理)的平均灌浆速率分别比对照高 16.40%、9.18%、8.27%、6.02%、3.79%,施有机肥各处理(1~4 处理)的平均灌浆速率分别比化肥处理高 12.10%、5.15%、4.27%、2.11%。EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 比普通堆肥 15000 kg/hm² 处理高 6.6%; EM 生物有机肥 7500 kg/hm² 比普通堆肥 7500 kg/hm² 处理高 2.1%; EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 比 EM 生物有机肥 7500 kg/hm² 处理高 7.5%; 普通堆肥 15000 kg/hm² 比普通堆肥 7500 kg/hm² 处理高 3.0%。处理 1 与其他处理相比增幅为 6.6%~16.4%。

2.5 产量构成因素

穗数、穗粒数和千粒重是产量构成的三要素。穗数在播种密度合理的情况下,一般与分蘖成穗率直接相关,而分蘖成穗率高低受水肥因素影响较大。穗粒数由小花数和小花结实率决定,拔节和孕穗期的充足的肥水供应是减少小花退化,提高结实率的重要措施。粒重一般受品种因素影响较大,除此以外,籽粒形成和灌浆成熟期间的光照、温度、水肥供应也会影响粒重^[9]。表3 是 2003 年度各处理的小麦产量构成因素,不同施肥处理小麦的穗数差异呈现 4 个梯度,穗粒数和千粒重均呈现差异显著 ($P < 0.05$)。总的来说,不同种肥料处理的效果相比: EM 生物有机肥 > 普通堆肥 > 化肥; 同种肥料

处理的效果相比: 施肥量高的处理优于施肥量低的治疗。可见,长期施用 EM 生物有机肥,土壤肥力比施用普通堆肥或化肥高,充足的肥料供给为穗粒数和千粒重的提高奠定了基础。

表3 2003 年不同施肥处理的冬小麦产量构成因素

Table 3 Factors constructing yield of winter wheat for different applied fertilizer treatments in 2003

处理	穗数/万穗·hm ⁻²	穗粒数/粒	千粒重/g
1	408.9a	30.9a	46.519a
2	406.0b	29.9b	45.2b
3	404.7c	29.4c	44.8c
4	404.5c	28.1d	44.4d
5	403.6d	28.0e	43.3e
6	403.0d	14.5f	40.3f

2.6 籽粒粗蛋白含量

小麦籽粒粗蛋白含量是小麦的重要品质指标之一。国内外的研究表明,土壤肥力对籽粒蛋白质含量有明显影响。蛋白质含量随施氮量的增加而明显增加,但氮肥过多常招致产量降低;土壤磷素与籽粒蛋白质含量成负相关;钾素利于蛋白质含量的提高;微量元素对蛋白质含量有明显的正效应^[10]。前人对土壤全氮的研究结果显示,在 0~20 cm 和 20~40 cm 耕层中,土壤全氮含量: 处理 1 > 处理 3 > 处理 2 > 处理 4 > 处理 5 > 处理 6,玉米籽粒粗蛋白的含量也是这样。

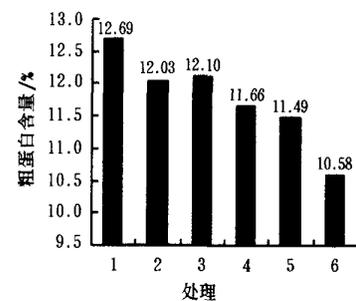


图3 不同施肥处理小麦籽粒粗蛋白含量

Fig 3 Crude protein content in grain of winter wheat for different applied fertilizer treatments

从图3 可以看出,不同处理小麦籽粒粗蛋白含量和前人对土壤全氮、玉米粗蛋白含量的研究结果趋势相同。以施用 EM 堆肥的两个处理,小麦籽粒粗蛋白含量最高。EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 的处理(处理 1)与其他各处理都有显著差异 ($P < 0.05$), EM 生物有机肥 7500 kg/hm² 的处理、普通堆肥 15000 kg/hm² 的处理分别与对照、化肥处理差异显著。施肥的各处理(处理 1~5)小麦籽粒粗蛋白含量分别比对照高 19.9%、13.7%、14.4%、10.2%、8.6%; 施有机肥的各处理(处理 1~4)小麦籽粒粗蛋白含量分别比化肥处理高 10.4%、4.7%、5.3%、1.5%; EM 生物有机肥的两个处理中,施肥量高的处理(处理 1)小麦籽粒粗蛋白含量高于施肥量低的治疗(处理 2) 4.9%,普通堆肥中,施肥量高的处理(处理 3)高于施肥量低的治疗(处理 4) 4.7%。由以上分析可见,长期施用有机肥,土壤的全氮

含量比化肥高,加上有机肥中微量元素多,养分平衡,可以提高小麦籽粒粗蛋白含量,从而改善小麦的品质。在有机肥中,EM 生物有机肥又比普通堆肥效果显著。

3 结论和讨论

1) 长期施用 EM 生物有机肥可显著提高小麦产量,EM 生物有机肥比普通堆肥平均增产 8.4% ~ 8.9%,比化肥增产 17.2% ~ 32.4%。

2) 10 年定位试验结果表明,EM 生物有机肥处理的小麦植株功能叶片的叶绿素含量在各时期都比其他处理高,植株的光合速率增加,促进植株干物质积累,在孕穗期 EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 处理干物质的积累量比其他处理高 1.5% ~ 19.4%。小麦籽粒产量的形成,20% 来自花前茎秆中储藏物质的运转,80% 来自花后光合产物的积累,由于干物质积累量的优势,加上灌浆期光合速率明显高于其他处理,EM 生物有机肥 15000 kg/hm² 处理小麦籽粒平均灌浆速率比其他处理提高 6.6% ~ 16.4%。蜡熟期,各处理小麦茎、叶、穗的 N、P、K 含量与土壤中速效氮、磷、钾含量具有一致性,施用 EM 生物有机肥的处理小麦茎、叶、穗的 N、P、K 含量比其他处理高。不同施肥处理的小麦穗数、穗粒数和千粒重的差异趋势相同。可见,长期施用 EM 生物有机肥,土壤肥力比施用普通堆肥或化肥高,充足的肥料供给促进了植株的生长发育,从而为产量的提高奠定了基础。

3) EM 生物有机肥营养均衡丰富,能调节作物的生理代谢功能,不但可提高作物产量还可改善作物的品质。两个 EM 生物有机肥处理的籽粒粗蛋白含量是各处理中最高的,分别比化肥处理高 10.4% 和 5.3%,达到显

著水平。此外,EM 生物有机肥不用农药和化肥,不会造成残留,生产的农产品是无污染的,利于人们的身体健康。

4) 长期施用生物有机肥在一定的范围内取得了非常好的效果,但是,有机肥的资源有限,数量难以满足大范围需求。另外,有机肥的施用费工费时,成本高。所以,生物有机肥更适合对品质有特殊要求的农产品生产,比如有机食品的生产。综上所述,生物有机肥在局部范围内可替代化肥,但在更大的范围内,合理的化肥施用仍是必需的。

[参 考 文 献]

- [1] 白木,庾晋,子荫 切实解决我国化肥使用不当造成的污染问题[J]. 磷肥与复肥, 2003, (18): 9- 11.
- [2] 党民团 氮素化肥的污染现状与防治对策[J]. 渭南师范学院学报, 2003, (2): 50- 51.
- [3] 王鑫 化肥对土壤和农产品的污染及治理措施[J]. 甘肃农业科技, 2003, (12): 39- 40.
- [4] 刘秀梅,等 多种微生物复合的微生态制剂研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 80- 83.
- [5] 李维炯,倪永珍 EM (有效微生物群)的研究与应用[J]. 生态学杂志, 1995, 14(5): 58- 62.
- [6] 倪永珍,李维炯 EM 技术应用研究[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1998, 15- 32.
- [7] 曹慧 微生态工程技术在可持续作物生产上的应用研究[D]. 中国农业大学硕士学位论文, 1997, 13- 28.
- [8] 同小娟 EM 堆肥对作物增产机理的初步研究[D]. 北京: 中国农业大学硕士学位论文, 2001, 18- 47.
- [9] 苏广达 作物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 25- 45.
- [10] 王树安 作物栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994, 42- 44.

Effects of long-term application of EM biological-organic fertilizer on winter wheat production

Zhou Lihua, Li Weijiong, Ni Yongzhen

(Resource and Environment College, China Agriculture University, Beijing 100094, China)

Abstract The comparative trials of the effects of applying EM biological-organic fertilizer, common compost, chemical fertilizer and non-applied fertilizer (CK) in ten years on winter wheat production were conducted. The results showed that the yields of EM biological-organic fertilizer treatments were 8.4% ~ 8.9% higher than those of common compost treatments, and 17.2% ~ 32.4% higher than the yields of chemical fertilizer treatments. The main causes resulted in the yield differences are as follows: the rapid availability of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in soil applied EM biological-organic fertilizer was raised significantly, which increased the Nitrogen, Phosphorus and Potassium nutrient content in stem, leaf blade and ear, and then improved the organism function. The chlorophyll content and rate of photosynthesis of functional leaf blade were raised. The strengthened photosynthesis increased the plant dry matter content, and therefore, it was higher than other treatments by 1.5% ~ 19.4% at booting stage. All of which help to raise the mean grain-filling rate by 6.6% ~ 16.4%. In addition, on quality respect, the crude protein content of winter wheat was raised by 4.9% ~ 19.9%. To sum up, the yield could be raised, and the quality could also be improved effectively applying EM biological-organic fertilizer for a long-term.

Key words: EM biological-organic fertilizer; common compost; chemical fertilizer; winter wheat; yield; quality