

三种微生物肥料对春小麦产量及养分积累量的影响

卢秉林¹,王文丽¹,李娟¹,郭天文²

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070;

2. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了验证甘肃省农科院土壤肥料与节水农业研究所微生物研究室研制的三种微生物肥料(生物氮肥、生物磷肥、复合菌肥)的肥效,通过大田试验,对它们在春小麦上的应用效果进行研究,结果表明,生物氮肥在替代一半化学氮肥时,春小麦籽粒和生物产量高于同量化肥和载体配施处理 11.77% 和 12.42%,同时穗粒数增加 13.80%,穗长增加 6.20%,养分积累量提高 17.38%~25.37%,与全量化肥配施时对春小麦产量无明显影响,但是可以提高养分积累量 4.78%~14.30%。生物磷肥和复合菌肥与半量和全量化肥配施时,对春小麦增产效果不明显,但是生物磷肥与半量化学磷肥配施时,可以提高春小麦养分积累量 4.03%~6.04%,与全量化肥配施时只对全磷的累积具有促进作用,而复合菌肥对春小麦的养分累积无明显影响。说明在供试的三种微生物肥料中,生物氮肥对春小麦产量和养分累积具有较强的促进作用,而且与半量化肥配施要优于与全量化肥配施,而生物磷肥和复合菌肥在春小麦上的应用效果不佳。

关键词: 生物氮肥;生物磷肥;复合菌肥;春小麦

中图分类号: S144 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0183-04

近年来,由于化肥的大量施用而带来的化肥利用率下降、环境污染加剧等负效应已不容忽视^[1,2]。而施用微生物肥料,在提高作物生物固氮能力,发挥土壤潜在肥力,改良土壤质量,刺激和调控植物生长,增强植物抗病、抗逆能力,改善农作物品质,降低环境污染和提高作物产量等方面具有重要作用^[3]。正是因为化肥的负面效应和微生物肥料的优点,致使各国的科学家们越来越重视微生物肥料的研究应用^[4~10]。本研究通过大田试验,验证甘肃省农科院土壤肥料与节水农业研究所微生物研究室研制的三种微生物肥料在春小麦上的应用效果,为其推广施用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验于2008年3~7月在甘肃省农科院土壤肥料与节水农业研究所白云试验站进行,地理位置 38°37'N, 102°40'E, 海拔 1 504 m, 无霜期 150 d 左右, 年降雨量 150 mm, 年蒸发量 2 021 mm, 年均气温 7.7℃, 年日照时数 3 023 h, ≥ 10℃ 的有效积温为 3 016℃, 年太阳辐射总量 140~158 kJ/cm²。供试土壤为石灰性灌漠土, 耕层(0~20 cm)土壤 pH 值为 8.01, 含有机质 20.65 g/kg、全氮 1.43 g/kg、全磷 0.69 g/kg、

全钾 30.20 g/kg、速效氮 70.0 mg/kg、速效磷(P₂O₅) 38.6 mg/kg、速效钾(K₂O) 139.52 mg/kg。前茬作物为单作油菜。

1.2 试验设计与方法

试验采用随机区组排列,共设 12 个处理(见表 1), 3 次重复, 小区面积为 18 m²(4.5 m × 4 m)。供试小麦品种为永良四号, 播量为 450 kg/hm²。试验氮素用尿素、磷素用过磷酸钙, 施肥全量按 N 150 kg/hm², P₂O₅ 120 kg/hm² 计算, 其中磷肥和 70% 氮肥作为基肥于播种前撒施地表, 翻入土壤; 其余氮肥在第一次灌水时施入, 微生物肥料(生物氮肥、生物磷肥、复合菌肥)和载体的施用量均为 120 kg/hm², 采用土施法随种子一起施入播种沟, 并及时覆土, 避免阳光暴晒, 其中载体为菌种吸附剂, 三种微生物肥料的有效活菌数均超过 1 亿个/g, 田间管理同大田。试验于 2008 年 3 月 23 日播种, 7 月 10 日收获。

1.3 测定与计算方法

小麦成熟后, 各小区收获中央 3 m × 3 m, 脱粒风干计产, 并且各小区随机收获 20 株进行常规考种, 籽粒和秸秆中全氮、全磷和全钾含量分别采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 奈氏比色法; 钼钒黄比色法和火焰光度计法进行测定^[11], 并按下列公式计算养分积累量:

收稿日期: 2009-05-07

基金项目: 甘肃省生物技术专项(GNSW-2006-07); 甘肃省科学技术攻关计划项目“甘肃省主要农作物根际有益高效微生物的筛选与应用”(2GS042-A41-001-06)

作者简介: 卢秉林(1979-), 男, 甘肃民勤人, 助理, 主要从事土壤微生物的研究工作。E-mail: libhappy@163.com。

养分积累量 = 秸秆干重 × 秸秆养分含量 + 籽粒干重 × 籽粒养分含量。

试验数据采用 Excel 2003 进行统计, DPS 3.01 进行方差分析。

表 1 试验处理
Table 1 Treatment of the experiment

处理 Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
试验编号 Code	CK	Z	N _{0.5} P ₁ Z	N ₁ P _{0.5} Z	N _{0.5} P _{0.5} Z	N ₁ P ₁ Z	N _{0.5} P ₁ Nb	N ₁ P ₁ Nb	N ₁ P _{0.5} Pb	N ₁ P ₁ Pb	N _{0.5} P _{0.5} Fb	N ₁ P ₁ Fb
N (kg/hm ²)	0	0	75	150	75	150	75	150	150	150	75	150
P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	0	0	120	60	60	120	120	120	60	120	60	120

2 结果与分析

2.1 三种微生物肥料对春小麦产量的影响

由图 1 看出,生物氮肥在替代一半化学氮肥时,春小麦籽粒和生物产量增产效果显著,其中籽粒产量比不施肥处理增产 75.16%,比载体处理增产 39.40%,比同量化肥和载体的配施处理增产 11.77%,但是却显著低于全量化肥处理;生物产量比不施肥处理增产 74.76%,比载体处理增产 40.47%,比同量化肥和载体的配施处理增产 12.42%,且与全量化肥处理之间无显著差异,但是与全量化肥配施时对春小麦籽粒和生物产量的影响不明显,增幅只有 3.75%和 2.72%。生物磷肥和复合菌肥,无论是与半量化肥配施,还是与全量化肥配施,对春小麦籽粒和生物产量影响均不明显。

2.2 三种微生物肥料对春小麦产量构成要素的影响

从春小麦产量的构成要素来看(表 2),生物氮肥在替代一半化学氮肥时,对春小麦的增产效果主要表现在增加穗粒数和穗长,与同量化肥处理相比差异显著,增幅分别为 13.80%和 6.20%。虽然生物磷肥在替代一半化学磷肥时,穗粒数和穗长分别

比同量化肥处理增加 12.05%和 5.74%,差异达到显著水平,但是穗数却低于同量化肥处理。复合菌肥无论是与半量氮磷化肥配施,还是与全量化肥配施,对春小麦产量构成要素的影响均不明显。三种微生物肥料和化肥配施时的春小麦穗数、千粒重和株高与同量化肥和载体的配施处理之间差异均不显著,表明三种微生物肥料对春小麦穗数、千粒重和株高的影响不大。

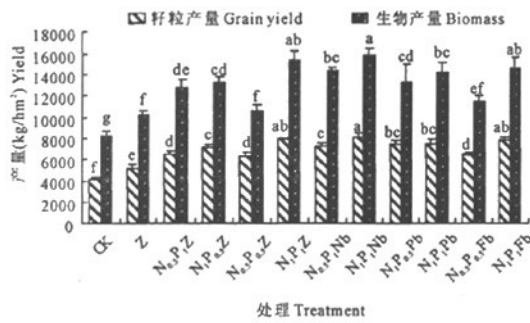


图 1 三种微生物肥料对春小麦籽粒和生物产量的影响
Fig.1 Effects of three microbial fertilizers on grain yield and biomass of spring wheat

表 2 三种微生物肥料对春小麦产量构成因素的影响
Table 2 Effect of three microbial fertilizers on spring wheat component factors of yield

处理 Treatment	穗数 (10 ⁴ /hm ²) Number of panicle	穗粒数 Grains per panicle	千粒重 (g) 1000-grain weight	株高 (cm) Plant height	穗长 (cm) Panicle length
CK	531.00d	19.27f	44.83a	60.46c	5.51g
Z	558.67cd	22.23e	45.72a	65.55bc	6.13f
N _{0.5} P ₁ Z	572.67bcd	24.75cd	47.35a	69.83ab	7.26e
N ₁ P _{0.5} Z	639.00a	25.73c	47.17a	71.09ab	7.41de
N _{0.5} P _{0.5} Z	610.33abc	23.10de	46.31a	68.58ab	7.19e
N ₁ P ₁ Z	639.00a	29.28ab	48.05a	72.62ab	7.86bc
N _{0.5} P ₁ Nb	626.00ab	28.17b	47.76a	71.26ab	7.71cd
N ₁ P ₁ Nb	646.33a	30.70a	48.16a	73.18ab	8.37a
N ₁ P _{0.5} Pb	635.00ab	28.83ab	47.67a	72.49ab	7.83bc
N ₁ P ₁ Pb	643.00a	30.22ab	48.15a	74.48a	8.15ab
N _{0.5} P _{0.5} Fb	601.67abc	24.20de	47.29a	71.10ab	7.43de
N ₁ P ₁ Fb	654.00a	30.57ab	47.88a	72.89ab	8.00abc

2.3 微生物肥料对春小麦养分积累的影响

从表 3 可以看出,生物氮肥与半量化学氮肥配施时,春小麦全氮、全磷和全钾的累积量分别比同量化肥与载体的配施处理增加 21.61%、17.38% 和 25.37%,而且与全量化肥配施时,也表现出了较高的促进作用,增幅分别为 14.30%、5.21%和4.78%。

生物磷肥与半量化学氮肥配施时,春小麦全氮、全磷和全钾的累积量分别比同量化肥和载体的配施处理增加 6.04%、4.30%和 4.03%,与全量化肥配施时只对全磷累积具有促进作用,增幅为9.63%。复合菌肥无论是与全量化肥配施,还是与半量化肥配施,对春小麦养分的累积量无明显影响。

表 3 微生物肥料对春小麦秸秆和籽粒养分累积量的影响
Table 3 Effect of microbial fertilizers on nutrients accumulation of spring wheat straw and grain

处理 Treatment	全氮累积量(kg/hm ²) Total nitrogen accumulation			全磷累积量(kg/hm ²) Total phosphorus accumulation			全钾累积量(kg/hm ²) Total potassium accumulation		
	秸秆 Straw	籽粒 Grain	总和 Sum	秸秆 Straw	籽粒 Grain	总和 Sum	秸秆 Straw	籽粒 Grain	总和 Sum
CK	8.46	59.34	67.80	1.66	9.30	10.96	117.92	14.81	132.73
Z	12.77	79.00	91.77	2.24	12.77	15.01	159.96	19.65	179.61
N _{0.5} P ₁ Z	15.92	98.72	114.64	3.10	16.64	19.74	205.68	27.08	232.76
N ₁ P _{0.5} Z	17.68	112.70	130.38	3.03	18.15	21.18	215.16	30.13	245.29
N _{0.5} P _{0.5} Z	15.37	97.18	112.55	2.72	16.03	18.75	188.24	26.61	214.85
N ₁ P ₁ Z	24.28	130.34	154.62	3.95	21.39	25.34	289.81	33.16	322.97
N _{0.5} P ₁ Nb	20.69	118.72	139.41	3.75	19.42	23.17	260.91	30.89	291.80
N ₁ P ₁ Nb	25.86	150.87	176.73	4.46	22.20	26.66	304.01	34.40	338.41
N ₁ P _{0.5} Pb	18.41	119.85	138.26	2.93	19.16	22.09	223.98	31.19	255.17
N ₁ P ₁ Pb	22.43	123.73	146.16	5.74	22.04	27.78	265.30	31.17	296.47
N _{0.5} P _{0.5} Pb	14.15	101.18	115.33	2.50	16.62	19.12	174.76	27.05	201.81
N ₁ P ₁ Pb	22.20	135.07	157.27	4.19	21.18	25.37	267.16	32.83	299.99

3 结论与讨论

试验结果表明,供试复合菌肥,无论是与半量化肥配施,还是与全量化肥配施,对春小麦产量和养分累积均无明显影响,说明其在春小麦上的应用效果不佳。供试生物磷肥在替代半量化学磷肥时对春小麦穗粒数和穗长的促进效果显著,增幅分别为12.05%和 5.74%,同时可以提高养分累积量4.03%~6.04%,优于与全量化肥配施。洪坚平等人在油菜上的研究表明低、中 P 水平下解磷菌群发挥的作用优于高 P 水平^[12],说明低 P 条件下解磷菌群更能促进土壤 P 素有效形态的转化^[12],土壤 P 素水平的提高,抑制了磷酸酶的活性^[8]。但是供试生物磷肥与半量化学磷肥配施时的穗数要低于同量化肥处理,从而掩盖了对籽粒和生物产量的增产效果,而穗数低于同量化肥处理是因为供试生物磷肥对春小麦的出苗或是成穗数有影响,还是由于小区试验本身所具有的偶然性所致还需要进一步试验,相应地对其在春小麦上的应用效果还需要进一步验证。

供试生物氮肥在替代一半化学氮肥时,对春小麦籽粒和生物产量的增产效果显著,与同量化肥和载体的配施处理相比,籽粒增产 11.77%,生物产量

增产 12.42%,穗粒数增加 13.80%,穗长增加 6.20%,养分累积量提高 17.38%~25.37%,与全量化肥配施时,可以提高养分累积量 4.78%~14.30%,但是对春小麦产量无明显影响,增幅只有 2.72%~3.75%。说明供试生物氮肥对春小麦产量和养分累积具有较强的促进作用,而且与半量化肥配施要优于与全量化肥配施。这进一步验证了 Galal Y G M 等人关于固氮菌剂在春小麦上的研究结果:高施氮水平会抑制固氮菌的固氮作用^[13]。郝晶等关于不同施氮水平下生物菌肥施用效果的研究表明:在中氮水平下最有利于生物菌肥肥效的发挥^[14]。

在同样有效的产量构成情况下,供试的生物氮肥有减少化肥施用量的效果,这不仅具有经济意义,还有生态学价值,对环境保护也大有益处,但是在本试验中,与微生物肥料配施的 2 个化肥用量水平是依据盆栽试验所得(另文发表),而且生物氮肥与半量化学氮肥配时的籽粒产量仍显著低于全量化肥处理,所以其与化肥的最佳配比用量还需要进一步研究验证。另外,供试微生物肥料的菌种微生物在土壤和根圈中的动态也需要跟踪研究,进而对其应用效果提出更为可靠的依据。

参考文献:

- [1] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 1—2.
- [2] 白 木, 庚 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(1): 9—11.
- [3] 葛 诚. 微生物肥料生产应用基础[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 4—8.
- [4] 王明友, 李光忠, 陈洪美. 小麦、玉米施用微生物接种剂增产效应初报[J]. 土壤肥料, 2001, (3): 44—47.
- [5] 慈 恩, 高 明. 环境因子对豆科共生固氮影响的研究进展[J]. 西北植物学报, 2005, 25(6): 1269—1271.
- [6] 郝 晶, 洪坚平, 刘 冰, 等. 石灰性土壤中高效解磷细菌菌株的分离、筛选及组合[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(3): 404—408.
- [7] 洪坚平, 谢英荷, Neumann Guenter, 等. 不同微生物菌剂对豌豆生长和提高磷、锌利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 327—330.
- [8] 蔡 磊, 李文鹏, 张克勤. 高效解磷菌株的分离、筛选及其对小麦苗期生长的促进作用研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(1): 44—46.
- [9] Hurek T, Reinhold H B. *Azoarcus* sp. Strain B H72 as a model for nitrogen fixing grass endophytes[J]. Biotechnol, 2003, 106(2): 169—178.
- [10] Steenhoudt O, Vanderleyden J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects[J]. FEMS Microbiology Reviews, 2000, 24: 487—506.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 265—267.
- [12] 洪坚平, 郝 晶, 毕理智, 等. 不同解磷菌群对油菜土壤养分与酶活性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(5): 51—54.
- [13] Galal Y G M, El - Ghandour I A, Aly S S, et al. Non-isotopic method for the quantification of biological nitrogen fixation and wheat production under field conditions[J]. Biol Fertl Soils, 2000, 32: 47—51.
- [14] 郝 晶, 刘 冰, 谢英荷, 等. 不同氮素水平下生物菌肥施用效果研究[J]. 山西农业科学, 2006, 34(1): 50—52.

Effects of three microbial fertilizers on spring wheat yield and nutrients accumulation

LU Bing-lin¹, WANG Wen-li¹, LI Juan¹, GUO Tian-wen²

(1. Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The application effects of three microbial fertilizers (biological nitrogen fertilizer, biological phosphate fertilizer and compound bacterial fertilizer), developed by microbial research room, institute of soil, fertilizer and water saving agricultural, Gansu academy of agricultural sciences, were studied on spring wheat through field experiment. The results showed that when biological nitrogen fertilizer substituted for a half amount of nitrogen fertilizer, the grain yield and biomass of spring wheat was significantly higher than application of the same amount of fertilize combined with the carrier by 11.77% and 12.42%, while the grain yield, biomass, grain number per panicle, panicle length, nutrients accumulation increased by 13.80%, 6.20% and 17.38% ~ 25.37%, respectively. Application of biological nitrogen fertilizer combined with full amount of fertilizer had no obvious effect on yield of spring wheat, but the accumulation of nutrients of spring wheat increased by 4.78% to 14.30%. Biological phosphate fertilizer and compound bacterial fertilizer combined with a half amount of fertilizer or full amount of fertilizer had no obvious effect on increasing spring wheat yield. Biological phosphate fertilizer combined with a half amount of phosphate fertilizer increased the accumulation of nutrients of spring wheat by 4.03% to 6.04%, and biological phosphate fertilizer combined with a full amount of fertilizer increased total phosphorus accumulation. Compound bacterial fertilizer had no obvious effect on the accumulation of nutrients. It is showed that biological nitrogen fertilizer had stronger role on the nutrients accumulation and yield of spring wheat, and it with a half amount of fertilizer combined application was better than with the full amount of fertilizer, while biological phosphate fertilizer and compound bacterial fertilizer had poor application effect on spring wheat.

Keywords: biological nitrogen fertilizer; biological phosphate fertilizer; compound bacterial fertilizer; spring wheat