

小麦化肥减量增效研究

赵凤兰, 张 璐, 高红莉, 李洪涛 (河南省科学院地理研究所, 河南郑州 450052)

摘要 通过田间小区试验和室内考种分析, 研究适于小麦生长的硅包衣有机无机复混肥和复合微生物肥料在养分含量比常规小麦专用肥减少 20% 和 37% 的肥料试验效果。结果表明, 施用硅包衣有机无机复混肥的肥效, 在养分含量较常规肥料养分减少 20% 的情况下, 产量没有降低, 还改良了土壤环境, 土壤脲酶活性降低, 土壤磷酸酶活性提高; 复合微生物肥料, 养分含量减少了 37%, 产量略有下降, 但差异不显著, 且土壤环境有所改善, 所以开发生产并施用在保证作物产量的前提下, 又能减少对环境影响的新型肥料, 能够减少资源浪费, 提高土壤肥力, 是实现减肥增效的有效方法之一。

关键词 小麦; 新型肥料; 减肥增效; 土壤环境; 土壤肥力

中图分类号 S143 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)16-0109-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.16.028



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Quantity-Reduction and Efficiency-Increase of Chemical Fertilizer for Wheat

ZHAO Feng-lan, ZHANG Luo, GAO Hong-li et al (Institute of Geography, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou, Henan 450052)

Abstract Through field trials and laboratory test analysis, the effect of the silicon-coated organic-inorganic compound fertilizer and compound microbial fertilizer suitable for wheat, which reduced the nutrient content by 20% and 37% compared with conventional wheat special fertilizer, was studied. The results showed that applying silicon-coated organic-inorganic compound fertilizers did not reduce the yield when the nutrient content was reduced by 20% compared with conventional fertilizers. Moreover, the soil environment was also improved, the soil urease activity was reduced, and the soil phosphatase activity was increased. Applying compound microbial fertilizer, which the nutrient content was reduced by 37%, the yield was slightly reduced, but the soil environment has improved. Therefore, the development, production and application of the new type fertilizer that could reduce the impact on the environment while ensuring the crop yield could reduce the waste of resources, improve soil fertility. It is one of the effective methods to achieve quantity-reduction and efficiency-increase of chemical fertilizer.

Key words Wheat; New fertilizer; Fertilizer loss and efficiency increase; Soil environment; Soil fertility

河南作为全国粮食主产区之一, 用全国 1/16 的耕地, 生产了全国总产量 1/10 的粮食, 尤其是小麦生产, 河南小麦产量占全国小麦总产量的 1/4^[1], 这在很大程度上得益于大量的肥料投入。化肥的施用, 在促进粮食和农业生产发展中起到不可替代的作用^[2]。然而, 研究显示, 河南省与我国很多省份一样, 在粮食生产中普遍存在用肥不合理、化肥施用量偏高、肥料利用率偏低、面源污染严重和资源浪费等问题, 共同构成粮食和农业生产可持续发展的瓶颈^[3-5]。为提升河南粮食生产养分利用效率、土壤地力和综合效益, 2019 年, 河南省科学院启动了重大科研聚焦专项课题“河南省农作物主产区农业面源污染土壤综合防治体系建设与示范”。推广使用既能提高农作物产量又能减少对环境影响的新型肥料, 进行科学施肥, 是减少农业面源污染、提高土壤肥力、促进农业可持续发展的有效途径之一。为此开发出了功能性硅包衣加腐殖酸有机无机复混肥、复合微生物肥料等新型肥料, 为验证其施用效果, 笔者在许昌灌溉试验站小麦-玉米轮作条件下的试验田进行了硅包衣有机无机复混肥、复合微生物肥料和常规高含量复合肥的对比试验。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验设在许昌灌溉试验站小麦-玉米轮作条件下的试验田。试验地土壤的基础肥力情况: 土壤 pH 7.57, 有机质 11.2 g/kg, 全氮 0.73 g/kg, 速效磷 (P_2O_5)

13.7 mg/kg, 速效钾 (K_2O) 96.8 mg/kg。

1.2 试验材料 供试小麦品种为新麦 26。

1.3 试验设计 共设 3 个处理, 采用随机区组排列, 3 次重复, 水肥管理及防病措施等田间管理同大田管理。1 月 26 日追肥一次, 追施尿素用量 195 kg/hm²; 2 月 25 日化除作业一次: 15% 炔草酯用量 490.35 mL/hm², 35% 氯吡啶氟唑草酮用量 294.15 mL/hm²; 植保作业 2 次, 第一次于 3 月 22 日, 第二次于 4 月 25 日。

处理①硅包衣有机无机复混肥(小麦专用肥), $N+P_2O_5+K_2O \geq 36\%$, 有机质 $\geq 15\%$, 750 kg/hm²; 处理②复合微生物肥料(小麦专用肥), $N+P_2O_5+K_2O \geq 28\%$, 有机质 $\geq 20\%$, 有效活菌数 0.2 亿/g, 750 kg/hm²; 处理③(CK) 当地农民生产中常用小麦专用肥, $N+P_2O_5+K_2O \geq 45\%$, 750 kg/hm²。

2 结果与分析

2.1 不同处理对小麦生育进程的影响 从表 1 可以看出, 不同肥料处理对小麦生育进程无影响。

2.2 不同处理对小麦生物学性状及经济性状的影响 由表 2 可知, 不同处理对小麦出苗率的影响, 处理①和处理②略高于处理③, 差异不显著; 不同处理对小麦根系发育的影响, 单株次生根处理①和处理②高于处理③, 但差异不显著。其原因可能: 第一, 硅的营养作用^[6-7]和硅对土壤的改良作用, 硅肥能够活化疏松土壤, 改善土壤结构^[8-9]; 第二, 腐殖酸有机质对土壤的改良作用以及腐殖酸作为植物刺激剂的作用。土壤环境的改善和腐殖酸刺激植物的生长发育进程^[2], 提高了出苗率; 同时土壤环境改善, 可有效小麦根系的生长发育^[2, 10], 加上腐殖酸可刺激作物根系的侧根数量和根毛密

基金项目 河南省科学院重大科研聚焦专项(190108003)。

作者简介 赵凤兰(1963—), 女, 河南卫辉人, 高级工程师, 从事植物营养与肥料研究。

收稿日期 2021-09-07; **修回日期** 2021-10-11

度,提高了单株次生根。不同处理对小麦分蘖和小麦群体的影响,不同处理间基本一致,说明不同施肥处理对小麦分蘖和小麦群体影响差异不显著。

表 1 不同施肥处理小麦生育期

Table 1 Growth period of wheat under different fertilization treatments

处理 Treatment	出苗期 Emergence period	越冬期 Wintering period	返青期 Returning green period	起身期 Double ridge stage	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Heading period	开花期 Flowering period	灌浆期 Grouting period	成熟期 Mature period
①	10-26	12-05	02-20	03-14	03-21	04-15	04-20	05-08	06-01
②	10-26	12-05	02-20	03-14	03-21	04-15	04-20	05-08	06-01
③	10-26	12-05	02-20	03-14	03-21	04-15	04-20	05-08	06-01

表 2 不同施肥处理小麦生物学性状及经济性状

Table 2 Biological and economic characteristics of wheat under different fertilization treatments

处理 Treatment	基本苗 Basic seedling 万/hm ²	单株分蘖数 Number of tillers per plant 个	单株次生根 Secondary rooting per plant 个	最高群体 Highest group 万/hm ²
①	286.05±52.05 a	4.30±0.67 a	8.92±0.67 a	1 200.15±60.75 a
②	281.25±39.60 a	4.25±0.31 a	8.50±1.38 a	1 180.05±58.20 a
③	279.75±46.65 a	4.35±0.28 a	7.13±0.55 ab	1 185.00±34.95 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

2.3 不同处理对小麦产量及产量构成因素的影响 小麦穗数、穗粒数和千粒重是影响小麦产量的重要因素,是构成小麦产量的重要因子。由表 3 可知,不同处理间小麦穗数、穗粒数和千粒重差异不显著,穗数表现为处理①>处理③>处理②,穗粒数表现为处理②>处理①>处理③,千粒重表现为处理①>处理②>处理③,小麦产量表现为处理①>处理③>处理②,穗数、千粒重和产量均是处理①最高。

这是因为硅能促进小麦的生长发育^[11],改善其生物学性状^[12]。硅包衣有机无机复混肥养分全面,营养平衡,不仅有机无机相结合,还含有作物生长所必需的各种大、中、微量元素,满足了作物生长发育需求,有效促进小麦的生长发育^[13-15],复合微生物肥料也具有有机无机复混肥的优点,还含有生物菌剂,提高了肥料养分利用率。所以尽管养分减少了 37%,但产量未受明显影响。

表 3 不同施肥处理小麦产量及产量构成因素

Table 3 Wheat yield components and wheat yield under different fertilization treatments

处理 Treatment	穗数 Panicle number 万/hm ²	穗粒数 Number of grains per ear//个/株	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield//kg/hm ²
①	400.65±12.90 a	26.30±1.64 a	48.50±2.36 a	5 224.05±256.02 a
②	373.95±27.45 a	26.48±1.46 a	47.83±2.36 a	4 824.30±578.70 a
③	387.30±40.20 a	26.27±2.38 a	45.37±4.95 a	4 884.90±634.95 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

2.4 不同处理对土壤酶活性的影响 由表 4 可知,不同施肥处理土壤脲酶活性差异不显著,表现为处理①<处理②<处理③。不同施肥处理土壤磷酸酶活性差异不显著,表现为处理①>处理②>处理③。

分析原因,第一,硅肥和腐殖酸有机质有助于土壤团聚体稳定性,降低土壤容重,而脲酶活性与土壤团聚体稳定性及土壤容重呈显著负相关^[16],磷酸酶活性与土壤团聚体稳定性呈显著正相关;第二,增施腐殖酸会对原有条件下的土壤脲酶活性起到抑制作用^[17],对土壤酸性磷酸酶的活性具有促进作用,且腐殖酸和无机肥配合还具有累加效应,其处理对改善酸性磷酸酶活性的效果更佳^[18-19]。

脲酶是尿素分解转化的关键因素,施入土壤的尿素需要

在脲酶的参与下才能水解^[20],脲酶的活性得到抑制,延长尿素肥效,提高了尿素的养分利用率。土壤磷酸酶是一类催化土壤有机磷化合物矿化成无机磷的酶,可促进有机磷水解,提高土壤有效磷含量^[20],土壤磷酸酶活性直接影响土壤中有机磷的分解转化及其生物有效性。这也解释了处理①养分较处理③养分减少 20%的情况下不仅不减产,还略有增产。处理②养分含量较处理③养分含量减少了 37%,产量也只是略有下降。土壤酶活性是土壤肥力评价的重要指标之一,同时也是土壤自净能力评价的一个重要指标,在土壤的物质转化和能量流动过程中起着极其重要的作用^[21]。土壤酶是土壤生态系统新陈代谢的重要动力,也是土壤中各种生物化学反应良好的催化剂,其活性可以反映出不同土壤生物

化学反应的相对强度和土壤的养分状况,土壤酶活性与土壤理化特性和肥力状况有显著相关性^[22]。因此,施用有机无机复混肥和复合微生物肥料,调节酶的活性,对改善土壤生态环境、提高土壤肥力有重要意义。

2.5 经济效益分析 处理①肥料价格 2 990 元/t,处理②肥料价格 2 890 元/t,处理③肥料价格 3 090 元/t,小麦价格 2.4 元/kg。经济效益分析结果显示,产值表现为处理①>处理③>处理②,扣除肥料投入后的收入,处理②和处理③基本相同(表 5)。

表 5 不同施肥处理经济效益分析

Table 5 Analysis of economic benefits of different fertilization treatments

处理 Treatment	产量 Yield kg/hm ²	产值 Output value 元/hm ²	比对照增减 Compared with CK//元/hm ²	肥料投入 Fertilizer input//元/hm ²	收入 Income 元/hm ²	产投比 Ratio of output to input
①	5 224.05	12 537.75	813.99	2 574	9 963.75	4.87
②	4 824.30	11 578.35	-145.41	2 499	9 079.35	4.63
③(CK)	4 884.90	11 723.76	—	2 649	9 074.76	4.43

3 结论

硅包衣有机无机复混肥氮磷钾养分含量比常规复合肥降低了 20%,复合微生物肥料氮磷钾养分含量较常规复合肥降低了 37%,硅包衣有机无机复混肥和复合微生物肥料均增加了腐殖酸有机质和中微量元素等功能性元素,具有养分全、肥效期长、利用率高、改善土壤环境、调节土壤生态平衡、刺激作物生长等特点,效果明显^[23-26]。该试验结果表明,施用这 2 种新型肥料可以达到减肥增效的作用。

有机肥料和微生物肥料与无机化学肥料有机结合,加上硅包衣提供的中微量元素,促进了营养平衡,可减少化学养分用量,具有明显减肥增效效果。这 2 种新型肥料的施用及试验研究为“化肥使用零增长行动”的实施提供了物质基础和科学依据。

施用硅包衣有机无机复混肥和复合微生物肥料,减少了肥料投入和资源浪费,还改善了土壤环境,减轻了环境污染,有助于实现粮食生产减肥增效、培肥地力、“藏粮于地”的绿色可持续发展目标,对既着眼当下粮食生产减肥不减产,又考虑未来地力提升,意义深远。

参考文献

- [1] 王宁,程威.2000—2019 年河南省小麦播种面积与产量变化趋势分析[J].农业科技通讯,2021(6):234-235,322.
- [2] 窦乐,许诺,韩宗友,等.含腐植酸复合肥与同等养分配方肥在小麦应用上的肥效对比试验[J].安徽农学通报,2019,25(23):106-107.
- [3] 郭胜利,周印东,张文菊,等.长期施用化肥对粮食生产和土壤质量性状的影响[J].水土保持研究,2003,10(1):16-22.
- [4] 王刚,田红伟,赵珊珊.施肥中存在的问题及对策[J].现代农业科技,2011(19):296,301.
- [5] 叶优良.施肥不合理危害多 科学施肥刻不容缓[N].河南科技报,2011-02-22(B07).
- [6] 周青,潘国庆,施作家.硅肥对小麦群体质量和产量的影响[J].江苏农业科学,2001,29(3):47-52.

表 4 不同施肥处理土壤脲酶和磷酸酶活性

Table 4 Soil urease and phosphatase activities of different fertilization treatments

处理 Treatment	脲酶活性 Urease activity mg/(kg·h)	磷酸酶活性 Phosphatase activity mg/(g·d)
①	66.26±2.24 ab	7.64±0.15 a
②	71.78±4.99 a	7.57±0.06 a
③	74.50±1.76 a	7.50±0.10 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

- [7] 郝立冬,于立河,郭伟,等.硅肥对春小麦生长发育及产量的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2013,25(2):1-4,16.
- [8] 蔡德龙.硅肥及施用技术[M].北京:台海出版社,2000.
- [9] 赵凤兰,文春波,侯怀恩,等.硅钾肥在番茄上的应用效果[J].河南农业科学,2007(8):95-97.
- [10] 周丽平,袁亮,赵秉强,等.腐植酸促进作物根系生长机理的研究进展[J].腐植酸,2019(2):13-18.
- [11] 韩金玲,杨晴,周印富,等.旱地施用锌肥对冬小麦干物质积累和产量的影响[J].麦类作物学报,2010,30(2):358-361.
- [12] 陈风华,吕玉亮,温晓慧,等.小麦基施硅肥增产效应研究[J].江苏农业科学,2001,29(1):47-49.
- [13] 林葆,林继雄,李家康.长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J].植物营养与肥料学报,1994(1):6-18.
- [14] 竟丽丽,崔仁仁,武文明.不同类型肥料及耕作制度对土壤肥力的影响[J].现代农业科技,2011(15):275-277.
- [15] 韩霜.土壤、施肥及气候因素对作物产量贡献的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [16] 李东坡,武志杰,陈利军.土壤生物学活性对施用有机肥料的响:土壤酶活性的响应[J].土壤通报,2003,34(5):463-468.
- [17] 彭正萍,门明新,薛世川,等.腐植酸复合肥对土壤养分转化和土壤酶活性的影响[J].河北农业大学学报,2005,28(4):1-4.
- [18] 刘兰兰,史春余,张海腾,等.腐植酸肥料对生姜土壤磷酸酶活性及磷素吸收的影响[J].腐植酸,2009(3):9-12.
- [19] 董睿潇,莫力闻,刘丹阳,等.腐植酸对土壤微生物和酶活性的影响[J].腐植酸,2020(4):21-27.
- [20] 王利宾,王曰鑫.腐植酸肥对土壤养分与微生物活性的影响[J].腐植酸,2011(4):6-9.
- [21] 关松荫,张德生,张志明.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [22] 陈恩凤.土壤酶的生物学意义(代序)[C]//中国科学院林业研究所,中国科学院土壤肥料研究所,吉林农业大学.全国土壤酶学论文集.沈阳:辽宁科学技术出版社,1988:2-5.
- [23] 刘志伟,邱国军,王世国,等.高效腐植酸复合肥在作物上的应用效果[J].现代化农业,2000(8):14-15.
- [24] 刘士勇.腐植酸复合肥在水稻、小麦、玉米上的应用效果[J].东北农业大学学报,2005,36(5):672-674.
- [25] 薛世川,刘秀芬,邓景华.施用腐植酸复合肥对小麦抗旱防衰能力的影响及其机理[J].中国生态农业学报,2006,14(1):139-141.
- [26] 石元亮.新型肥料的种类与应用[J].农民科技培训,2013(2):30-32.