

土壤改良剂节水增产效应的田间试验研究

马军勇^{1,3}, 吴普特^{1,2,3}, 冯浩^{2,3}, 王百群², 杜红霞^{1,3}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 国家节水灌溉杨凌工程技术中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用田间试验, 探讨了施用土壤改良剂对冬小麦的产量及水肥利用效率的影响。结果表明, 施加土壤改良剂能降低作物生育期耗水量, 提高冬小麦的产量, 增加水肥利用效率。在不灌水条件下, 施加土壤改良剂 1 500 kg/hm², 能够使冬小麦较对照增产 15%, 水分利用效率 (WUE) 提高了 21.65%, 磷肥利用效率 (PUE) 较单施磷肥增加 2.92%。在灌水 33.3 mm 的条件下, 施加土壤改良剂较对照可增产 28.57%, 将土壤改良剂与磷肥混施增产可达到 42.86%。而且, PUE 较单施磷肥增加了 11.11%, WUE 达到 25.06 kg/(hm²·mm)。

关键词: 土壤改良剂; 冬小麦; 产量; 磷肥利用效率; 水分利用效率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)04-0072-04

中图分类号: S156.2

Field Experimental Study of the Water-saving and Production-increase Effects of Soil Conditioner

MA Jun-yong^{1,3}, WU Pu-te^{1,2,3}, FENG Hao^{2,3}, WANG Bai-qun², DU Hong-xia^{1,3}

(1. College of Resources & Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effects of the application of a new soil conditioner to grain yield, water use efficiency (WUE), and phosphorus fertilizer use efficiency (PUE) of winter wheat. Results showed that the application of the new soil conditioner could improve grain yield, WUE, and PUE. When the new soil conditioner was used at 1 500 kg/hm² in a wheat field, grain yield and WUE were increased by 15% and 21.65%, respectively. PUE was 2.92% higher than that under single application of phosphorus (P) fertilizer. Grain yield by applying the new soil conditioner with irrigating water at 33.3 mm level was 28.57% more than that under control and mixing with P fertilizer could increase grain yield by 42.86%. PUE was 11.11% higher than that by single application of P fertilizer and WUE was up to 25.06 kg/(hm²·mm).

Keywords: soil conditioner; winter wheat; grain yield; phosphorus fertilizer use efficiency; water use efficiency

土壤改良剂改良土壤是在现代化工的基础上发展起来的有别于传统土壤改良方法的新方法,其在一定程度上能够松土、保湿、改良土壤理化性状促进植物对水分和养分的吸收^[1],对土壤微生物产生积极影响,从而提高退化土壤的生产力^[2]。近年来,我国土壤改良剂的研制开发与生产应用也呈现不断上升的趋势。例如,目前研究应用较多的高分子类土壤改良剂,虽然这类改良剂吸水保水性能好^[3-7],但也存在成本较高,功能单一,反复使用性能差等缺点^[8]。虽然

改良剂的种类很多,但利用农业生产中的重要副产品——作物秸秆,工业生产中的煤矸石,日常生活中的建筑垃圾和生活炉渣等一系列废弃物研制土壤改良剂的却鲜见报道^[9-12]。如何利用现有环境废弃资源,研制开发新型低成本土壤改良剂是现代农业可持续发展中值得关注的问题之一。2007年西北农林科技大学国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心自主研制出以煤矸石、建筑垃圾、生活炉渣、页岩、二铵、磷酸二氢钾、尿素为主要原料的新型土壤改良剂,并在室

收稿日期:2008-12-10

修回日期:2009-02-23

资助项目:863 计划重点项目课题(2006AA100204); 新世纪优秀人才支持计划项目

作者简介:马军勇(1979—),男(回族),甘肃省临夏人,硕士研究生,主要从事雨水资源高效利用、水土保持研究。E-mail:maymajy@yahoo.com.cn。

通信作者:吴普特(1963—),男(汉族),陕西省武功县人,教授,博士生导师,主要从事现代节水农业与水土保持研究。E-mail:gizwpt@vip.sina.com。

内和大田玉米试验取得了良好的改善土壤结构,提高降水利用率和作物产量的效果。本研究的目的主要是通过小麦大田试验了解和评价土壤改良剂施入农田后对冬小麦的产量和水肥利用效率的影响,以期为土壤改良剂的农田实际应用提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验小区位于陕西关中平原西部的杨凌示范区五泉乡岭后村,年平均温度 12.9℃,极端最高气温 42℃,最低气温 -19.4℃,全年无霜期 221 d,年平均蒸发量 884.0 mm,年平均降水量 637.6 mm,年内降雨分配不匀,60%以上的降雨集中在 7—10 这 4 个月。供试土壤为中等肥力轻黏土,土壤容重为 1.30 g/cm³。其 0—40 cm 土壤养分状况为有机质 9.90 g/kg,全氮 0.70 g/kg,碱解氮 185.05 mg/kg,全磷 0.74 g/kg,速效磷 14.21 mg/kg,全钾 19.90 g/kg,速效钾 125.95 mg/kg, pH 值 7.75。生育期内(2007-10-18 至 2008-06-04)降雨量为 130.29 mm。

1.2 供试材料

本实验所用的土壤改良剂是将生活建筑垃圾通过除杂晒干后加工处理成细小的粉末,然后再根据种植需求施入一定量的 N、P、K 肥料以满足作物生长需要。配比标准是作物生长的中、低养分需求量,每 50 kg 土壤改良剂中含有 10 kg 二铵,5 kg 磷酸二氢钾,12.5 kg 尿素。冬小麦品种为西农 979(早熟)。

1.3 实验设计

本试验于 2007 年 10 月 18 日至 2008 年 06 月 04 日进行。冬小麦在玉米收获、翻地后播种。试验共设 3 个因素(土壤改良剂,灌水量, P 肥施用量)。土壤改良剂(简称 J)设 2 水平:J₀ 为不施加材料;J₁ 为施加材料 1 500 kg/hm²;灌水量设 2 个水平:W₀ 为不灌水;W₁ 为限量灌水(只春灌)22.2 × 15 m³/hm²;磷肥施用量设 2 水平:P₀ 为不施;P₁ 为施 180 kg/hm²;试验采用完全随机设计,共 8 个处理,2 次重复,共 16 小区。小区面积为 3 m × 4 m 即 12 m²,每小区共 19 行,小区之间留有 40 cm 保护行。土壤改良剂和磷肥均一次性在播种前撒施,翻地后播种。

1.4 样品的采集与测定

土壤样品采集分 2 个时期进行,分别为播种前和收获期,采集深度为 200 cm,前 100 cm 每 10 cm 分层采集一次,后 100 cm 每 20 cm 分层采集一次,用土钻取土,分别装入编号的塑料袋中,烘干法测定土壤水分。小麦成熟后各小区以 1 m × 1 m 记产,每小区随机取样 20 株考种。

1.5 数据分析及计算方法

水分利用效率是指作物经济产量与耗水量之比,其公式为:

$$WUE = Y_d / E_T$$

式中:WUE——水分利用效率[kg/(hm²·mm)]; Y_d——作物经济产量(kg/hm²); E_T——作物总耗水量(mm),其计算采用农田水分平衡法计算。

磷肥利用率:采用基础产量—差减法进行,其公式为:

$$PUE = (U_P - U_C) / A_P \times 100$$

式中:PUE——磷肥利用率(%); U_P——施磷区地上植株吸磷量(kg/hm²); U_C——无磷区(对照区)地上植株吸磷量(kg/hm²); A_P——磷肥施用量(kg/hm²)(其中包括土壤改良剂中所含的磷肥)。

数据分析采用 Excel 和 DPS 2005 软件。

2 结果与分析

2.1 对冬小麦产量的影响

冬小麦于 6 月 4 日收割,每小区以 1 m × 1 m 记产。张燕等^[13-14]研究表明,适量施用土壤改良剂可以提高作物发芽出苗率,促进作物生长发育,最终提高作物产量。从表 1 可以看出,单施土壤改良剂、单施磷肥和只灌水这 3 种处理的产量差别不大,都比对照的产量有所增加。单加土壤改良剂与只灌水处理增产效果差别不大,分别较对照增产 15% 和 14.29%;但是比单施磷肥的增产效果好。土壤改良剂与磷肥混施、土壤改良剂配以灌水以及施用磷肥并配以灌水的产量差别不大,但比对照以及各种单施处理的产量要高。土壤改良剂与磷肥混施再配以灌水的产量最高,与其它各处理之间均存在显著差异。说明土壤改良剂有明显的增产效果。土壤改良剂配以灌水增产效果要比土壤改良剂与磷肥混施和磷肥配以灌水增产效果好。而且土壤改良剂与磷肥混施的增产效果要比磷肥配以灌水的增产效果好,经方差分析它们之间为显著性差异。土壤改良剂与磷肥混施再配以灌水的增产效果明显,较对照增产 42.86%。说明土壤改良剂与肥料混施并配以灌水不仅不影响各自的增产效果,还能产生交互作用,增产效果更加明显。用 DPS 软件方差分析显示为极显著差异。

2.2 对磷肥利用效率的影响

由表 2 可知,施磷对冬小麦有明显的增产效果,在都施用磷肥的情况下,施用土壤改良剂和灌水对冬小麦的增产效果相同,但比单施磷肥的增产效果好,磷肥利用效率分别较单施磷肥增加了 2.92% 和 6.92%。施用磷肥并配以灌水处理磷肥利用效率

要高于磷肥与土壤改良剂混施处理,这是因为灌水处理水分充足,而土壤改良剂只是具有一定的保水性,促进了降水向土壤有效水分转化,减少了土壤无效蒸发,但不能完全替代灌水。将磷肥与土壤改良剂混施并配以灌水的增产效果最显著,植株吸磷量最高,磷肥利用效率也最高,磷肥利用效率较单施磷肥增加了 11.11%。说明施用土壤改良剂不但可以提高冬小麦产量,而且可以显著提高磷肥利用效率。

表 1 不同处理对冬小麦产量的影响

处理	籽粒产量/(kg·hm ⁻²)	产量较对照增加/%
CK	5 950d	—
J ₁	6 843c	15.00e
W ₁	6 812c	14.29e
P ₁	6 588c	10.71f
J ₁ W ₁	7 650b	28.57b
J ₁ P ₁	7 395b	24.29c
W ₁ P ₁	7 225b	21.43d
J ₁ W ₁ P ₁	8 500a	42.86a

注:同列数据后字母相同者表示差异不显著($P>0.05$),字母不同者表示差异显著($P<0.05$)。下同。

2.3 对耗水量和水分利用效率的影响

由表 3 可知,在不灌水条件下,单施磷肥和单施

表 3 不灌水条件下土壤改良剂对水分利用效率的影响

处理	生育期降水量/mm	土壤耗水量/mm	总耗水量/mm	籽粒产量/(kg·hm ⁻²)	水分利用效率 WUE/(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
CK	130.29	216.14a	346.43a	5 950c	17.18c
J ₁	130.29	197.03c	327.32c	6 843b	20.90ab
P ₁	130.29	209.61b	339.90b	6 588b	19.38bc
J ₁ P ₁	130.29	193.11d	323.40d	7 395a	22.87a

由表 4 可知,在灌水条件下,土壤改良剂配以灌水和磷肥配以灌水的产量比只灌水的产量高,而土壤改良剂配以灌水的土壤耗水量比只灌水和磷肥配以灌水的土壤耗水量少,只灌水和磷肥配以灌水的土壤耗水量之间差别不大。土壤改良剂配以灌水的水分利用效率优于只灌水和施用磷肥并配以灌水的处理。土壤改良剂配以灌水的水分利用效率较只灌水的水分利用效率增加了 21.06% [3.90 kg/(hm²·mm)],但是和施用磷肥并配以灌水之间的差异不大。施用磷肥并配以灌水与只灌水处理之间的土壤耗水量和水分利用效率差异不大。说明灌水条件下土壤改良剂的使用减少了土壤耗水量,增加了水分利用效率。而施用土壤改良剂配以灌水与施用磷肥配以灌水之间的水分利用效率差异不显著。这是因为在有限灌

土壤改良剂都对冬小麦有增产作用,而且他们的水分利用效率分别较对照提高了 12.81% [2.20 kg/(hm²·mm)],21.65% [3.72 kg/(hm²·mm)]。虽然它们之间的水分利用效率差别不大,但是单施土壤改良剂的耗水量比单施磷肥的耗水量少。不灌水时将磷肥与土壤改良剂混施对冬小麦的增产效果最为显著,耗水量最少,水分利用效率也最高,水分利用效率较对照提高了 33.12% [5.69 kg/(hm²·mm)]。说明土壤改良剂的使用提高了对降水资源的利用效率,促进了降水向土壤有效水分转化,减少了土壤无效蒸发,从而使水分利用效率显著提高。而土壤改良剂与磷肥混施增加了冬小麦的产量的同时又降低了水分消耗,所以能够显著提高水分利用效率。

表 2 施磷处理下土壤改良剂对磷肥利用效率的影响

处理	植株吸磷量/(kg·hm ⁻²)	籽粒产量/(kg·hm ⁻²)	磷肥利用率 PUE/%
CK	64.29e	5 950d	—
P ₁	74.54d	6 588c	8.53d
J ₁ P ₁	91.77b	7 395b	11.45c
W ₁ P ₁	82.83c	7 225b	15.45b
J ₁ W ₁ P ₁	111.42a	8 500a	19.64a

溉条件下,配合适量的养分,能够使水分得到更有效利用^[15-16],磷肥的施用提高了作物适应适度水分亏缺的能力^[17]。磷肥与土壤改良剂混施并配以灌水的土壤耗水量最少,产量最高,水分利用效率也最高 [25.06 kg/(hm²·mm)],也与其它处理之间存在显著差异。这是由于土壤改良剂与施用磷肥和灌水之间产生了交互作用,使增产效果更为明显,水分消耗也较少。

3 结论

(1) 在供试土壤条件下,施加土壤改良剂能提高冬小麦产量,产量较对照增加了 15%,且配以灌水时效果增产更佳,产量较对照增加了 28.57%,如再增施磷肥,较对照增产 42.86%,增产效果极为显著。

表4 灌水条件下土壤改良剂对水分利用效率的影响

处理	生育期降水量/ mm	灌水量/ mm	土壤耗水量/ mm	总耗水量/ mm	籽粒产量/ (kg·hm ⁻²)	水分利用效率 WUE/ (kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
W ₁	130.29	33.30	204.22a	367.81a	6.812c	18.52c
J ₁ W ₁	130.29	33.30	177.67b	341.26b	7.650b	22.42b
W ₁ P ₁	130.29	33.30	209.67a	373.26a	7.225b	19.36bc
J ₁ W ₁ P ₁	130.29	33.30	175.62b	339.21b	8.500a	25.06a

(2) 施用土壤改良剂可以提高冬小麦的磷肥利用效率。在供试土壤条件下,施用磷肥并配以灌水的磷肥利用效率要比土壤改良剂与磷肥混施的磷肥利用效率高 4.46%。而将土壤改良剂与磷肥混施并配以灌水可以使磷肥利用效率大幅提高,较单施磷肥磷肥利用效率增加了 11.11%。

(3) 无灌水条件下,施用土壤改良剂能提高冬小麦的产量和 WUE,产量较对照增加了 15%,WUE 较对照增加了 21.65% [3.72 kg/(hm²·mm)],充分说明了土壤改良剂能够有效地将降雨转化成土壤有效水,并且减少了无效蒸发。将磷肥与土壤改良剂混施的增产效果和 WUE 最为显著,产量较对照增加了 24.29%,WUE 较对照增加了 33.12% [5.69 kg/(hm²·mm)]。在灌水 33.3 mm 的条件下,施用土壤改良剂能同样提高了冬小麦的产量和 WUE,产量较对照增加了 28.57%,WUE 较只灌水增加了 33.12% [3.90 kg/(hm²·mm)],并且将土壤改良剂与磷肥混施并配以灌水可以使冬小麦的 WUE 和产量呈现出极显著差异,较对照增产 42.86%,WUE 较只灌水增加了 6.54 kg/(hm²·mm)。

综上所述,施用土壤改良剂能减少土壤耗水量,增加作物水肥利用效率,提高作物产量。而施用土壤改良剂对作物品质,土壤质量的影响以及长期施用土壤改良剂与氮磷肥配施的最佳用量还有待深入研究。

[参 考 文 献]

- [1] 张黎明,邓万刚.土壤改良剂的研究与应用现状[J].华南热带农业大学学报,2005,11(2):32-34.
- [2] 吴增芳.土壤结构改良剂[M].北京:科学出版社,1976:24-34.
- [3] 龙明杰,张宏伟,曾繁森.高聚物土壤结构改良剂的研究 I:淀粉接枝共聚物改良赤红壤的研究[J].土壤学报,2001,38(4):584-588.
- [4] 龙明杰,张宏伟,谢芳,等.高聚物土壤结构改良剂的研究:高聚物对土壤肥料的作用[J].土壤肥料,2000(5):13-17.
- [5] 龙明杰,张宏伟,陈志泉,等.高聚物对土壤结构改良的研究 III:聚丙烯酰胺对赤红壤的改良研究[J].土壤通报,2002,33(1):9-13.
- [6] 吴淑芳,吴普特,冯浩,等.高分子聚合物防治坡地土壤侵蚀模型试验研究[J].农业工程学报,2004,22(2):19-21.
- [7] 吴淑芳,吴普特,冯浩.高分子聚合物对土壤物理性质的影响研究[J].水土保持通报,2003,23(1):43-45.
- [8] 王爱勤,张俊平,李安.保水剂研究开发现状与发展趋势[M]//贾敬敦,余健.中国节水农业发展战略研究与实践.北京:中国农业科学技术出版社,2006:391-393.
- [9] 李美蓉,谢瑞强,江燕航,等.建筑垃圾的资源化利用是保护生态的有效途径[J].新疆环境保护,2006,28(3):40-43.
- [10] 李琦,孙根年.略述我国煤矸石资源的再生利用途径[J].粉煤灰综合利用,2007,(3):51-53.
- [11] 郑凤英,张英珊.我国秸秆资源的利用现状及其综合利用前景[J].西部资源,2007(1):25-26.
- [12] 许晓平,汪有科,冯浩,等.土壤改良剂改土培肥增产效应研究综述[J].中国农学通报,2007,23(9):331-334.
- [13] 张燕,冯浩,汪有科,等.土壤结构改良剂在节水农业中的研究与应用[J].中国农学通报,2007,23(9):595-598.
- [14] 张燕,冯浩,汪有科,等.新型土壤结构改良剂水分特性及其对玉米苗期的影响研究[J].节水灌溉,2008(5):6-9.
- [15] 刘奉觉.用快速称重法测定杨树蒸腾速率的技术研究[J].林业研究,1990,3(2):162-165.
- [16] 宋炳煜.几个主要地面因子对草原群落蒸发蒸腾的影响[J].植物生态学报,1996,20(6):485-493.
- [17] 王孟本,李洪建.树种蒸腾作用、光合作用和蒸腾效率的比较研究[J].植物生态学报,1999,23(5):401-410.