

宁南旱区有机培肥对土壤水分和作物生产力影响的研究

苏秦, 贾志宽*, 韩清芳, 李永平, 王俊鹏, 杨宝平

(西北农林科技大学干旱半干旱农业研究中心, 农业部旱地作物生产与生态重点开放实验室, 陕西杨陵 712100)

摘要:通过对宁南旱区连续两年的有机肥定位试验,研究了不同肥力梯度下有机培肥对土壤水分及作物生产力的影响。结果表明,施肥量为高、中、低处理下,第1年种胡麻,成熟期0—100 cm 土层的贮水量分别比对照处理高13%、10%和0.9%,胡麻产量分别比对照处理高11%、10%和5%,土壤水分利用效率分别比对照处理高30%、29%和11%;在第2年种冬小麦,成熟期的贮水量在0—100 cm 土层分别比对照处理高16%、14%和7%,冬小麦产量比对照处理高18%、25%和13%,土壤水分利用效率分别比对照处理高14%、15%和6%。由两年结果看出,施用有机肥可提高土壤含水量,利于土壤的扩蓄增容,且对提高作物产量和土壤水分利用效率有显著效果。

关键词:宁南旱区;有机肥;水分动态;作物生产力

中图分类号:S141

文献标识码:A

文章编号:1008-505X(2009)06-1466-04

Effects of organic fertilization on soil moisture and crop productivity in semi-arid areas of southern Ningxia

SU Qin, JIA Zhi-kuan*, HAN Qing-fang, LI Yong-ping, WANG Jun-peng, YANG Bao-ping

(The Arid and Semi-arid Areas Research Center of Agriculture, Northwest A & F University/ Key Laboratory of Crop Production and Ecology of Dryland, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Effects of organic fertilization on soil moisture and crop productivity were studied using a two year field experiment in semi-arid areas of southern Ningxia. The results show that soil water storages at 0—100 cm layer for the high-fertilizer, middle-fertilizer and low-fertilizer treatments are about 13%, 10% and 0.9% higher than that of the CK at the maturity stage of oil flax, respectively, the oil flax yields of the three treatment are 11%, 10% and 5% higher than that of the CK, and the water use efficiencies are 30%, 29% and 11% higher than that of the CK in the first experiment year, 2007. For the 2008 crop year, the soil water storages are 16%, 14% and 7% than that of the CK at the maturity stage of winter wheat, the yields of winter wheat are 18%, 25% and 13% higher than that of the CK, and the water use efficiencies are 14%, 15% and 6% higher than that of the CK. The two-year study indicates that application of organic fertilizers can improve soil moisture, expand soil water storage capacity, and increase crop yield and soil water use efficiency significantly.

Key words: semi-arid areas of southern Ningxia; organic fertilization; soil water dynamics; crop productivity

土壤水分是农作物生长的重要条件之一,也是评价土壤生产力的主要参数^[1-2]。土壤水分的改善是旱区农业可持续发展的关键^[3]。在温带半干旱气候生态环境背景下,完全依赖于天然降水的雨养农业,土壤水分供应与作物水分需求之间不协调,如何有效地充分利用有限的降水资源,提高作物水分利

用效率,一直是国内学者所关注的问题^[4-5];另一方面由于土壤肥力不足,养分亏缺失调,致使水分利用效率不高,在很大程度上限制了降水生产潜力的发挥和农业生产的持续发展^[6]。土壤肥力是决定土地生产力的基本条件,有机培肥可充分改善土壤的保水蓄水性能,并在一定程度上协调作物需水与土壤

收稿日期:2008-12-31 接受日期:2009-03-18

基金项目:“十一五”国家科技支撑课题“农田集雨保水关键技术研究”(2006BAD29B03);“节水共性技术研究”(2007BAD88B10)资助。

作者简介:苏秦(1982—),男,内蒙古达拉特旗人,硕士研究生,主要从事旱地农业研究。* 通讯作者 E-mail: zhikuan@tom.com

供水之间的矛盾^[7]。合理调配水分和养分能够起到以肥调水,以水促肥的增产作用^[8]。有关干旱少雨、土壤贫瘠的宁南旱区,通过有机培肥提高土壤水分利用效率及作物产量影响的研究报道较少,相应的技术模式也未形成。为此,于 2007~2008 年在宁南旱区进行定位试验,通过设置不同的肥力梯度研究长期施用有机肥对土壤水分变化和作物生产力的影响,为该区作物生产及土壤扩蓄增容提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2007~2008 年在宁夏固原市彭阳县的西北农林科技大学试验基地进行。该试验基地位于宁夏回族自治区南部六盘山东麓,属温带半干旱气候,年平均气温 6~8.5℃,无霜期 147~168 d,年降雨量 350~450 mm。试验地耕层土壤有机质含量 10.42 g/kg、全氮 0.862 g/kg、速效钾 97 mg/kg、速效磷 2.39 mg/kg、碱解氮 54.425 mg/kg。

试验设:施有机肥 90000 kg/hm²(高肥 HF)、有机肥 60000 kg/hm²(中肥 MF)、有机肥 30000 kg/hm²(低肥 LF)和不施有机肥(对照 CK)4 个处理,3 次重复,随机区组排列,小区面积为 18 m²。有机肥为牛粪,其有机质含量为 35.36 g/kg、全氮 3.532 g/kg、全磷 0.1522 g/kg、全钾 1.8748 g/kg。各个处理播前均施用 60 kg/hm² 磷酸二铵(N≥17%,P₂O₅≥45%)。2007 年 4 月 8 日种植胡麻,品种为宁亚 17 号,收获于 2007 年 8 月 5 日;2007 年 9 月 15 日种冬小麦,品种为西峰 26 号,收于 2008 年 6 月 23 日。田间管理按常规。

1.2 测定项目与方法

土壤含水量采用烘干法,从供试作物播种前到收获各生育期测定,测定深度为 0—200 cm,每 20 cm 一层;供试作物收获时各处理实收计产(kg/hm²)。

土壤贮水量的计算 $W = h \times a \times b \times 10/100$
式中:W 为土壤贮水量(mm);h 土层深度(cm);a 土壤容重(g/cm³);b 土壤含水量(质量%)。

土壤耗水量的计算: $ETa = W_1 - W_2 + P$
式中:ETa 为土壤耗水量(mm);W₁ 播前土壤贮水量(mm);W₂ 收获后的贮水量(mm);P 生育期有效降水量(mm),式中土壤贮水量及耗水量均以 2 m 土层含水量计算。

水分利用效率 $WUE = Y/ETa$
式中:WUE 为水分利用效率[kg/(mm·hm²)];Y 为作物子粒产量(kg/hm²)。

试验数据采用 DPSv7.55 软件专业版进行分析,用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果分析

2.1 胡麻田土壤含水量的动态分析

图 1 看出,胡麻播前的土壤贮水量由表层到下层逐渐升高,在胡麻生长的不同时期土壤贮水量在表层 0—100 cm 变化较大;在开花期各施肥处理的土壤贮水量变化趋势一致且差异不显著,只是施肥处理与对照处理间的差异显著,高肥处理土壤贮水量比对照处理高 16%,中肥处理土壤贮水量比对照处理高 15.6%,低肥处理土壤贮水量比对照处理高 14.8%。在胡麻灌浆期由于受降雨的影响,各处理间土壤贮水量的差异不显著。胡麻进入成熟期后,

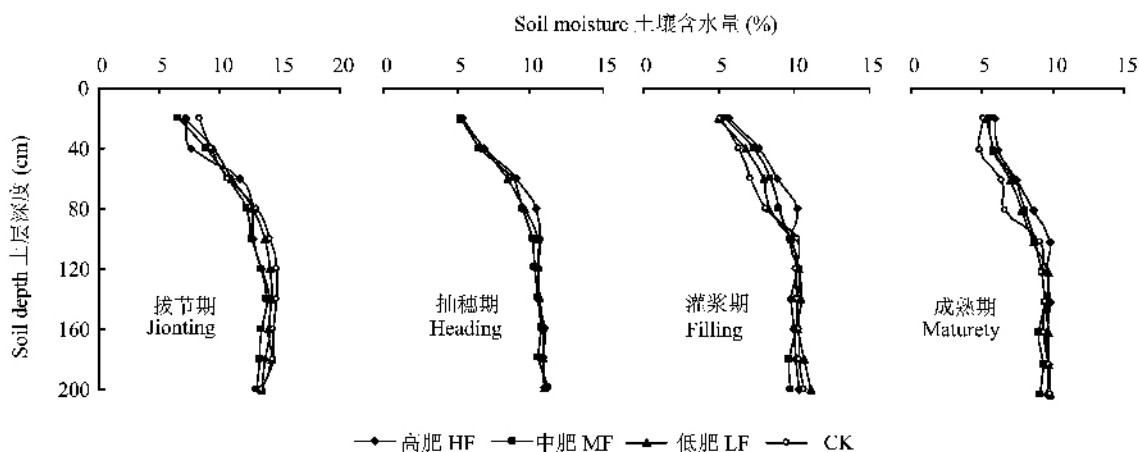


图 1 胡麻田土壤水分动态变化

Fig.1 Dynamic changes of soil moisture at the oil flax field

表层水分因土壤水分蒸发及植物吸收利用,在 0—100 cm 各处理间的土壤贮水量显现差异,尤其在 0—40 cm 处,高肥处理与中肥处理的土壤贮水量比低肥处理和对照处理高 9%~13%,差异显著,低肥处理的土壤贮水量与对照处理无显著性差异。

2.2 小麦田土壤贮水量的动态分析

小麦生育期各处理 0—200 cm 土层之间的土壤贮水量(图 2)看出,各处理 0—100 cm 土层贮水量差异较大。小麦返青拔节期对照处理比施肥处理的土

壤贮水量高 6%,抽穗期各处理土壤贮水量的差异性不明显;灌浆期高肥处理的土壤贮水量比低肥处理高 9%、比对照处理高 12%,中肥处理比低肥处理高 5%、比对照处理高 7%,差异显著;低肥处理的土壤贮水量与对照处理无显著差异。成熟期高肥处理的土壤贮水量比低肥处理高 9%,比对照处理高 16%;中肥处理的土壤贮水量高于对照处理 8%,差异显著;低肥处理比对照处理高 5%,但差异不明显。

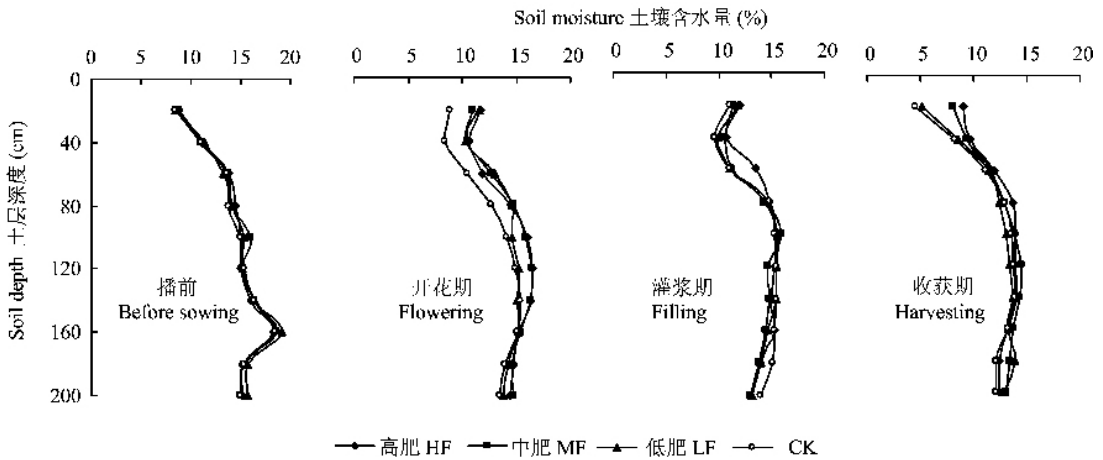


图 2 麦田土壤水分动态变化

Fig.2 Dynamic changes of soil moisture at the wheat field

2.3 产量及水分利用效率

表 1 表明,高肥处理胡麻产量与对照处理之间达到极显著差异,其中高肥处理产量比对照处理高 11%,中肥处理产量比对照处理高 10%,低肥处理产量比对照处理高 5%。施肥处理水分利用效率与对照处理达到了极显著差异 ($P < 0.01$),其中高肥处理的水分利用效率比对照处理高 30%,中肥处理的水分利用效率比对照处理高 29%,低肥处理的水分利用效率比对照处理高 11%。高肥处理的水分利用效率比低肥处理高 20.5%,中肥处理的水分利用效率比低肥处理高 20.4%,差异均达极显著水平;高肥处理的水分利用效率与中肥处理间无差异。

表 1 还看出,不同的施肥处理下冬小麦的产量差异明显,施肥处理的冬小麦产量与对照处理之间差异极显著,其中高肥处理的冬小麦产量比对照处理高 18%,中肥处理的产量比对照处理高 25%,低肥处理比对照处理高 13%;在水分利用效率上,施肥处理与对照处理差异达极显著,高肥处理的水分利用效率比对照处理高 14%,中肥处理的水分利用效率比对照处理高 15%,低肥处理比对照处理高 6%。高肥处理的水分利用效率比低肥处理高 9.1%,中肥处理的水分利用效率比低肥处理高 9.6%,达极显著差异;而高肥处理与中肥处理之间的水分利用效率无差异。

表 1 不同有机培肥下不同作物的产量及水分利用效率

Table 1 Yield and WUE of the two crops under the different treatments

项目 Items	胡麻 Flax				冬小麦 Winter wheat			
	高肥 HF	中肥 MF	低肥 LF	CK	高肥 HF	中肥 MF	低肥 LF	CK
子粒产量(kg/hm ²) Grain yield	690 aA	675 aA	648 abA	611 bB	3285 bB	3600 aA	3060 cB	2685 dC
WUE [kg/(mm·hm ²)]	7.74 aA	7.73 aA	6.15 bB	5.45 cC	20.1 aA	20.2 aA	18.2 bB	17.1 cC

注(Note): 数值后不同大、小写字母表示同种作物不同处理间差异达 1% 和 5% 显著水平 Values followed by different capital and small letters mean significant among different treatments for one crop at 1% and 5% levels.

3 讨论与结论

通过两年初步的研究结果表明,施用有机肥可提高土壤含水量,利于土壤的扩蓄增容。在第一年当胡麻进入开花期至收获后,高、中施肥处理 0—100 cm 的土壤含水量与对照有显著差异。小麦拔节期 0—100 cm 土壤含水量对照比施肥处理的土壤含水量普遍较高,这可能与施肥处理小麦苗期生长相对旺盛消耗水分较多有关,抽穗期后各处理间没有明显变化;在进入灌浆至收获期,高、中肥处理的土壤含水量均比低肥处理和对照高,且差异明显,低肥处理和对照差异不明显。表明在土壤瘠薄的黄土高原旱作区,增施有机肥料不仅能培肥地力,而且对涵养土壤水分有良好的作用^[9]。这与王才斌^[10]研究认为,小麦收获后土壤含水量随有机肥施用量的增加有上升趋势,但差异不大的结论有所不同。

旱地施用有机肥,无论是丰雨年、欠雨年还是干旱年其增产趋势一致,施肥量与产量间呈显著的正相关^[10];在一定范围内产量随有机肥使用量的增加而增加^[11]。这与本试验施肥处理与对照的产量及水分利用效率差异显著的结论基本一致。从作物水分利用效率来看,高、中和低有机培肥处理的胡麻水分利用效率分别比对照高 30%、29% 和 11%;小麦水分利用效率分别比对照高 14%、15% 和 6%。说明施用有机肥对宁南山区旱地作物增产具有显著效果,在当今重化肥轻有机肥施用的情况下,通过种养结构的调整,走“草—畜—肥—粮”之路具有重要的战略意义;同时,通过倡导有机肥的施用对促进宁南山区循环农业的可持续发展具有重要意义。

一般而言,旱地作物产量较高时消耗土壤水分也相应较多,因此通过改善土壤水分条件是提高旱作农田产量的关键技术环节。本试验表明,高、中肥处理的土壤水分条件较对照有显著改善,因而相应的供试作物产量也较对照有显著提高。高、中肥处理的土壤水分在作物生长后期依然高于对照,其原因可能是高、中肥处理的土壤水分利用效率较高和作物生长后期降雨较多条件下,高、中肥处理具有较强蓄墒能力有关。试区降雨记录表明,在胡麻收获前的 2007 年 7 月下旬降雨 35.5 mm,冬小麦收获前的 2008 年 6 月中旬降雨 23 mm,该时期作物对土壤水分的消耗已不占主导地位,土壤蒸发是水分消耗的主要途径,有机培肥通过改善土壤物理性状可有效保蓄水分。

参考文献:

- [1] 朱祖祥. 土壤水分的能量概念及其意义[J]. 土壤学进展, 1979 (1): 1-21.
Zhu Z X. The energy concept of soil moisture and its significance[J]. Progr. Soil Sci., 1979, (1): 1-21.
- [2] 陈志雄, 汪任真. 中国几种主要土壤的持水性质[J]. 土壤学报, 1979, 1(3): 24-27.
Chen Z X, Wang R Z. The moisture retention of several important soils in China[J]. Acta Pedol. Sin., 1979, 16(3): 24-27.
- [3] 李凤民, 徐进章. 黄土高原半干旱地区集雨型生态农业分析[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 102-103.
Li F M, Xu J Z. Rainwater collecting eco-agricultural in semi-arid region of Loess plateau[J]. Chin. J. Eco-Agric., 2002, 10(1): 102-103.
- [4] 李凤民, 赵松林. 黄土高原半干旱区作物水分利用研究新途径[J]. 应用生态学报, 1997, 8(1): 104-109.
Li F M, Zhao S L. New approaches in researches of water use efficiency in semi-arid area of Loess Plateau[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 1997, 8(1): 104-109.
- [5] 山仑, 陈国良. 黄土高原旱地农业的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 83-91.
Shan L, Chen G L. Theory and practice of dryland agriculture in Loess Plateau[M]. Beijing: Science Press, 1993. 83-91.
- [6] 曹靖, 胡恒觉. 不同肥料组合对冬小麦水分供需状况的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 713-717.
Cao J, Wang H J. Effect of different fertilizer combinations on water supply-demand status of winter wheat[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2000, 11(5): 713-717.
- [7] 黄东迈. 有机肥养分循环与利用研究回顾[J]. 土壤通报, 1994, 25(7): 2-3.
Huang D M. The retrospect of organic fertilizer on nutrient cycle and utilization review[J]. Chin. J. Soil Sci., 1994, 25(7): 23.
- [8] 汪德水, 程宪国, 姚晓晔, 等. 半干旱地区麦田水肥效应研究[J]. 土壤肥料, 1994 (2): 1-4.
Wang D S, Cheng X G, Yao X Y *et al.* Study on soil water and fertilizer wheat field in semi-arid areas[J]. Soils Fert., 1994(2): 1-4.
- [9] 唐小明. 有机肥的保水培肥效果及对冬小麦产量的影响[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 131-132.
Tang X M. Effects of manure on soil water-conservation and fertilizer betterment winter wheat yield in Loess Plateau dryland[J]. Res. Soil Water Conserv., 2003, 10(1): 131-132.
- [10] 王贵寅, 张兰松, 宋加杰, 等. 有机肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理研究[J]. 河北农业科学, 2002, 6(2): 26-27.
Wang G Y, Zhang L S, Song J J *et al.* Study on the mechanism of the role of organic fertilizer in increasing crop water use efficiency[J]. J. Hebei Agric. Sci., 2002, (2): 26-27.
- [11] 王才斌, 郑亚萍, 成波, 等. 有机肥不同用量与分配方式对小麦花生两作产量的影响[J]. 山东农业科学, 2004 (2): 54-55.
Wang C B, Zheng Y P, Cheng B *et al.* Effects of organic fertilizer on different dosage and mode of distribution about winter wheat yield[J]. Shandong Agric. Sci., 2004, (2): 54-55.