

Research Progress of Soil Organic Fertilization and Thoughts on the Current Situation of Organic Fertility in Southern Ningxia

Zihui Yue¹, Yongjun Liu²

¹Ningxia Hydraulic Research Institute, Yinchuan Ningxia

²Yinchuan Municipal Construction and Integrated Corridor Investment Construction Management Limited Company, Yinchuan Ningxia
Email: shuibaoyzh@163.com

Received: Aug. 26th, 2017; accepted: Sep. 7th, 2017; published: Sep. 13th, 2017

Abstract

This paper summarizes the research progress of organic fertilization in physical, chemical, biological traits of soil and crop growth. Based on the analysis of the present situation of organic fertilization in Southern Ningxia, we put forward some suggestions on the development of organic fertilizer in Southern Ningxia.

Keywords

Soil, Organic Fertilizer, Progress, Current Situation, Southern Ningxia

土壤有机培肥研究进展及对宁南山区有机培肥现状的思考

岳自慧¹, 刘永军²

¹宁夏回族自治区水利科学研究院, 宁夏 银川

²银川市市政建设和综合管廊投资建设管理有限公司, 宁夏 银川
Email: shuibaoyzh@163.com

收稿日期: 2017年8月26日; 录用日期: 2017年9月7日; 发布日期: 2017年9月13日

摘要

本文对土壤有机培肥在物理、化学、生物学上的性状、作物生长等方面的研究进展进行了全面的综述, 在分析宁南山区有机培肥现状的基础上, 对其发展方向提出了相应的建议。

关键词

土壤, 有机培肥, 进展, 现状, 宁南山区

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土壤是人类赖以生存的基础, 土壤质量的根本是土壤肥力, 提高土壤肥力的关键就是要进行合理的土壤培肥, 从而保证土壤资源的可持续利用。随着化学肥料投入后各种弊端的增加, 土壤有机培肥的呼声越来越高, 通过施用有机肥料或有机物料来改良和培肥土壤、提高作物产量、改善品质, 是实现农业可持续发展战略的主要措施。目前, 国内外关于土壤有机培肥对物理、化学、生物学的性状、作物生长等方面的研究有较多报道, 笔者对有机培肥研究进展进行了全面综述, 在分析宁南山区有机培肥现状的基础上, 对其发展方向提出了相应的建议。

2. 有机培肥对土壤物理性状的影响

土壤的物理性状直接影响土壤肥力的高低, 土壤紧实, 土壤容重大, 孔隙度低, 微生物活动差, 土壤养分有效性程度低, 对作物的生长发育都会带来不利影响。而适当施用有机物料有利于形成良好的土壤结构, 从而改善土壤的物理性状。有机肥施入土壤后即增加了土壤中有机质的含量, 经微生物分解作用后形成腐殖酸, 其主要成分是胡敏酸, 能够将松散的土壤胶结为土壤团聚体, 促进土壤中水稳性团粒结构的形成, 从而可以协调土壤中水、肥、气、热的矛盾, 降低土壤容重, 增大土壤孔隙度, 改善土壤粘结性和粘着性, 使土壤耕性变好。

土壤容重是评价土壤物理性状好坏的重要指标, 较小的土壤容重和较高的土壤总孔隙度可以促进土壤中微生物活动和土壤养分利用, 并最终促进作物的生长和农业生产力的提高。王立刚等研究表明, 有机肥施入土壤后大量地增加了土壤的有机质含量, 有机质经过微生物的分解形成了腐殖酸, 它可以使松散的土壤单粒胶结成土壤团聚体, 使孔隙度增大, 土壤容重变小, 易于截留吸附渗入土壤中的水分和释放出的营养元素离子, 使有效养分元素不易被固定[1]。土壤团聚作用是贮存和保护土壤有机碳库的重要手段, 所保存的土壤有机碳组分对作物养分库的活化起到重要作用[2]。Mikha 等进行了不同耕作措施和添加有机肥料对土壤团聚体分布以及结合态碳、氮影响的研究, 结果发现施用有机物料能够提高被大团聚体保护的不稳定性碳和氮的数量[3]。马俊永等的试验研究表明, 有机无机相结合的施肥处理能够改善土壤物理性状, 显著的降低土壤容重, 增加土壤孔隙度[4]。安婷婷等研究表明, 增施有机肥能够促进土壤团粒结构的形成, 可以在一定程度上缓解耕作措施对土壤结构的破坏[5]。高飞等采用有机培肥措施对宁南旱农区进行试验发现, 施用有机肥有利于改善土壤孔隙状况, 能够提高土壤保水能力, 促进土壤结

构的优化, 从而可以提高作物产量[6]。王荣萍等研究了多肽有机肥对土壤物理性质的影响, 结果表明多肽肥与化肥配施可以降低白云区和南海里试验点的土壤容重, 提高土壤总孔隙度, 同时可提高土壤持水量[7]。马俊艳等研究增施有机肥对设施菜地土壤特性的影响, 结果显示施用有机肥可显著降低土壤容重, 且以深翻配施有机肥和秸秆处理的效果最为显著[8]。卫婷等通过对渭北旱塬农田土壤环境的试验研究, 进一步证明了施用有机肥对土壤团聚体大小及数量的影响有一定的积极作用, 并且随施入土壤的有机质及秸秆还田量的增加而增加[9]。王芳研究表明: 作物秸秆并配施化肥, 可以调节土壤容重及土壤团聚体的分布和稳定性, 并有效提高土壤团聚体结合态碳含量, 从而显著改善旱地土壤结构和提高土壤肥力[10]。

秸秆还田可增加土壤有机质, 因而有利于改善土壤物理性状, 使土壤容重降低, 增加持水量和耕层深度, 通气孔隙和大颗粒微团聚体增加, 耕层土壤较为疏松, 并在防止土壤板结、提高土壤养分含量等方面具有较明显的效果, 对土壤物理性状能起到明显的改善作用[11]。秸秆还田可以形成有良好团聚体结构的土壤, 具有高度的孔隙性、持水性和通透性, 在植物生长期能很好的调节植物对水、肥、气、热诸因素的需要, 以保证作物高产。秸秆还田后, 在它的腐解过程中, 促进了土壤微粒的团聚作用, 改善了土壤结构以及水、肥、气、热状况。苏秦连续两年有机培肥结果表明, 有机肥可以提高不同作物产量及水分利用效率, 且效果显著, 胡麻增产 6%~10%、水分利用效率提高 12.8%~42%, 连续施用有机肥小麦增产 13.9%~34%、水分利用效率提高 6%~18.1%; 秸秆还田处理下, 玉米增产 14.8%~18.1%、水分利用效率提高 10.3%~12.9%, 连续秸秆还田谷子增产 10.6%~67.3%、水分利用效率提高 1.2%~59.4% [12]。

3. 有机培肥对土壤化学性状的影响

土壤养分是作物生长的物质基础, 培肥地力、提高土壤养分含量或维持土壤养分基本平衡, 是夺取高产、保证农业生产良性循环的重要前提[13]。有机肥料作为农田土壤养分的主要来源, 不仅含有作物生长所需的 N、P、K 等元素, 而且还含有铁、铜等植物所需微量元素[14] [15] [16] [17] [18]。与化肥不同, 长期施用有机肥可长期持续的提高土壤有机质含量及土壤酶活性[19] [20]。

Heekyung *et al.* 研究结果显示, 有机物料施入土壤后, 不但通过自身释放磷素养分, 而且能够刺激土壤微生物活化磷素养分, 从而提高土壤磷的有效性[21]。廖佳丽等就宁南山区不同的水肥管理对土壤水分及土壤肥力的影响进行研究发现, NPK 与有机肥配施对提高土壤有机质含量效果明显, 并且能够缓解土壤碱解氮下降的速度[22]。杨希等就有机无机培肥对黑土肥力的影响研究发现, 增施有机肥能够显著提高土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷及速效钾的含量, 并且有机质及几种速效养分含量变化规律基本相同[23]。林治安、卫婷等研究均表明, 施用有机肥可提高土壤肥力, 增加土壤各种养分含量[9] [24]。徐学前等通过长期定位试验对不同施肥组合的培肥效果进行研究发现, 施用厩肥对土壤的培肥效果最为显著, 秸秆与厩肥配合施用对土壤的培肥效果尤为突出[25]。邢素丽等针对太行山山前平原生态类型区土壤有机质及养分含量较低进行有机无机相结合培肥土壤, 研究结果表明: 化肥配合有机肥施用, 培肥效果优于化肥配施含等量养分的秸秆直接还田, 并且能够提高土壤有机质、土壤全氮、土壤全磷、土壤速效磷、碱解氮及速效钾的含量, 对小麦产量有一定量的增加[26]。高飞研究表明: 经过三年的有机肥处理后, 在小麦返青期 0~60 cm 土层土壤贮水量施肥处理较对照存在显著差异, 土壤养分显著增加, 较对照的土壤有机质平均增加 7.8%、全 N 增加 7.3%, 其他全效养分含量和对照相比差异较小。速效养分中, 速效 P 及速效 K 的含量变化较为灵敏, 分别较对照平均增加 40.4%和 15.3% [27]。

国内外试验均表明, 秸秆还田后土壤有机质和养分含量明显增加, 尤以表层最为显著[28] [29] [30] [31]。但秸秆还田对土壤有机质的具体增幅是多少, 是不是还田量越多对有机质的累积就越多, 目前的各种研究报道结果不一, 秸秆翻压还田后土壤理化性状发生改变的机理也不明确。

4. 有机培肥对土壤生物学性状的影响

土壤培肥不仅仅是土壤物理性质的改善与土壤养分含量的提高, 与土壤生物学性状更是密切相关。土壤酶是由微生物、动植物活体分泌及由动植物残体、遗骸分解释放于土壤中的一类具有催化能力的生物活性物质, 是土壤的重要组成成分之一, 在土壤各生物化学反应过程中起着非常重要的作用。有机肥料中含有许多种酶, 在施用有机肥的同时会把大量的微生物及酶带入土壤, 从而为土壤提供了大量的养分以及酶促基质[32], 丰富了微生物的生长环境, 大大的促进微生物的生长繁殖, 改善土壤理化性状并增强酶的活性, 从而达到提高土壤养分含量, 培肥土壤的目的。土壤微生物主要是指土壤中那些个体微小的生物体, 主要包括细菌、真菌、放线菌等。土壤微生物是土壤生态系统中非常重要的组成部分, 微生物群落结构组成及变化在一定程度上反映了土壤质量及健全性是否良好[33], 土壤微生物在植物残体的降解、腐殖质的形成及养分转化与循环中起着非常重要的角色[34]。

前人对土壤培肥方面的研究主要集中于不同类型土壤的肥效肥力、不同类型肥料和作物产量等影响方面的研究, 却忽略了土壤最活跃的土壤微生物的研究。Dick 研究发现, 长期施用有机肥的土壤表现出较高的酶活性, 不同的施肥量对酶的影响也不同[35]。William A. 等认为施用有机肥能够刺激微生物的生长, 增加细菌、真菌等的数量[36]。土壤酶作为土壤组分中最活跃的有机成分之一, 不仅可以表征土壤物质能量代谢旺盛程度, 而且可以作为评价土壤肥力高低、生态环境质量优劣的一个重要生物指标[37]-[42]。已有研究指出, 增施有机肥可提高土壤有机质和微生物量碳的含量, 并影响土壤酶的活性, 有机肥能增加土壤蓄水保墒能力, 在一定程度上协调作物需水与土壤供水之间的矛盾, 持续地供给作物养分方面具有化肥不可替代的优势[43] [44] [45] [46] [47]。何炎森等研究认为, 有机无机肥料的施用为脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶、蛋白酶提供底物, 并且在一定范围内, 底物越多, 酶活性越强[48]。Liang 及 Bohme *et al.* 均研究表明, 施用有机肥料可以提高土壤中微生物数量和多种土壤酶活性, 有利于土壤养分的转化, 可以有效提高土壤肥力, 因此土壤酶活性可以作为客观评价土壤生物活性和土壤肥力的指标[49] [50]。韩晓日等研究表明: 长期施用有机肥显著提高土壤的过氧化氢酶、转化酶、脲酶和碱性磷酸酶活性[51]。贾伟等的研究发现, 长期单施有机肥和有机无机肥配施可使土壤碱性磷酸酶和脲酶活性增加, 碱性磷酸酶活性随施肥量的增加而减小, 脲酶活性随施肥量的增加而呈减小趋势[52]。马晓丽研究发现, 施用有机肥对土壤脲酶、蔗糖酶、碱性磷酸酶活性有显著的改善作用, 秸秆还田、施有机肥及单施化肥均降低了土壤脲酶含量, 土壤蔗糖酶和碱性磷酸酶活性均随着秸秆还田及厩肥施用量的增加而增强, 与施用厩肥相比, 秸秆还田能更好的增强土壤中蔗糖酶和磷酸酶的活性[53], 虽然通常认为, 生态系统的功能是由土壤不同微生物群落来支撑的, 而且土壤生物多样性和生态系统功能之间的关系是提升土壤质量的基础, 但是什么因素起主导关键作用, 引起了土壤物理和化学性状的变化? 怎么变化? 秸秆翻压还田后的功能和作用机制是什么? 目前的研究尚不明确。

5. 有机培肥对作物产量的影响

有机肥料作为一种缓效肥料, 含有植物生长所必需的营养元素和植物生长调节物质, 有助于刺激种子发芽和根系生长, 增强作物呼吸和光合作用, 促进作物生长发育, 所以施用有机肥可以提高土壤对作物的供肥能力, 从而提高作物产量。

李科江、孔庆波等研究指出, 施用有机肥后通过提高土壤养分的生物有效性来提高小麦分蘖数, 增加小麦成穗数, 从而提高小麦产量[54] [55]。周莉华等研究指出, 各有机肥处理较化肥处理均可提高小麦产量, 增幅 8.6%~32.5%, 玉米增产幅度达 9.1%~36.4% [56]。劳秀荣等研究也指出, 长期秸秆还田可优化作物根系的生态环境, 培肥地力, 为作物高产提供良好的土壤环境, 对提高土壤有机质积累, 改善土

壤结构, 减缓地力衰竭, 培肥土壤有极显著的效果[57]。禹盛苗等试验结果表明, 有机肥培肥处理主要通过降低水稻无效分蘖、提高成穗率、增加籽粒饱满度等来达到增产目的[58]。韩晓增研究长期施用有机肥对黑土肥力及作物产量的影响发现, 与无肥处理相比, 施用化肥、化肥配施低量有机肥和化肥配施高量有机肥的土壤玉米生物量分别增加 80.4%, 101.6%和 124.1%, 表明施用有机肥能够显著提高黑土的生产能力, 施用有机肥的土壤中含有丰富的有机质和各种养分, 它不但是作物养分的直接给源, 而且可以活化土壤中的潜在养分, 增强生物学活性和增加作物的生物量[59]。

秸秆还田在提高土壤肥力保障作物的正常生长发育过程中有着重要的作用。秸秆具有保水蓄墒、增加土壤有机质含量的同时, 对促进土壤中原有氮素的矿化有着密切的关系, 干物质的积累明显优越于无秸秆还田处理。有关资料表明许多秸秆还田的地区, 一般情况下, 当年粮食增产达 10%左右, 连续三年还田的低产田可增产 20%~30%, 高产田可增产 10%~15% [60]。

6. 宁南山区有机培肥现状及思考

宁夏南部山区(简称宁南山区)处于我国北方黄土高原半干旱区, 是全国有名的低产缺粮区, 也是全国生态最脆弱的地区之一, 土地面积为 16,783 km², 占宁夏更低面积的 72.4%, 年平均降雨量在 280~450 mm 之间, 降水量少, 变率大, 季节分布极不均匀, 土壤水分蒸发强烈, 作物生长极易受干旱威胁[61] [62] [63]。宁南山区由于山大坡陡, 导致了严重的水土流失和生态环境的恶化, 致使土壤耕层变薄, 水、肥不协调, 土壤养分供求不平衡, 土壤有机质及土壤养分的调控能力较低, 耕地肥力水平下降, 作物产量不稳定, 波动率大, 已成为宁南山区农业发展的主要制约因素。水平梯田既是宁南山区一项有效保持水土的措施, 又是当地稳定和提高作物产量的基本农田形式[64]。近年来, 为了减少水土流失, 宁南山区大力实施坡地改梯田和配套设施的建设, 截止 2015 年底, 宁南山区建设水平梯田 397.61 万亩, 已发展成为宁夏粮食主产区, 但由于新修水平梯田修建过程中大量的生土裸露, 土壤理化性状也发生了改变, 造成修建最初几年土壤肥力下降, 严重影响了作物产量, 提高新修水平梯田耕地质量已成为宁南山区农业生产亟待解决的问题。

化肥的应用对提高粮食的生产做出了巨大的贡献, 特别是旱作地区粮食生产与氮、磷化肥施用存在着密切的关系。但随着化肥投入的增加, 其负面影响也逐渐凸现出来, 养分利用率不高, 氮肥的淋溶和磷素的固定, 病虫害增加以及对产品质量的影响。长期施用化肥容易造成土壤中养分不平衡, 化学肥料肥效期短而猛, 容易造成养分流失, 污染环境造成土壤物理性状的恶化、水体污染和空气污染等[65] [66] [67] [68], 并且宁南山区经济发展水平较低, 施用化肥对于农民来讲成本较高, 直接影响了该区域新修梯田耕地质量的提升。随着有机农业的蓬勃发展, 提倡减少施用化肥和农药等化学合成物质的呼声越来越高, 通过添加有机物料, 培肥农田土壤越来越受到人们的重视。目前, 宁夏南部山区新修水平梯田主要依靠少量的化肥来维持地力, 有机培肥难度很大, 对新修梯田有机培肥的理论研究较少。通过有机培肥不但可以培肥地力, 提高土壤质量和农产品品质, 而且可以加强有机废弃物料的循环利用, 减少环境污染和化肥施用量。

宁南山区农村有机肥源主要为农家肥和作物秸秆, 近年来, 随着进城务工农民数量的增多, 劳动力的转移造成了农村养殖业规模越来越小, 农家肥数量越来越紧缺, 远远跟不上山区坡耕地改造的速度, 大部分坡改梯农田只能靠化肥来维持地力, 土壤有机培肥的难度也越来越大。但农村秸秆资源较为充足, 作物收获后产生大量秸秆, 其本身含有大量植物所必需的营养元素, 是重要的有机肥源, 秸秆还田不但被认为是促进农业节水、节成本、增产和增效的重要措施, 也是保证农业可持续发展的有效途径。如何合理利用秸秆资源提高土壤肥力, 提高土壤质量, 增加粮食产量是宁南山区新修水平梯田土壤有机培肥急需解决的问题。建议通过秸秆翻压还田来进行有机培肥, 可通过作物秸秆配施生物有机菌肥提高土壤

酶活性, 增强土壤微生物数量及活动, 从而加快作物秸秆有效养分的释放速度, 提高宁南山区耕地质量。

参考文献 (References)

- [1] 王立刚, 李维炯, 邱建军, 邱建军, 马永良, 王迎春. 生物有机肥对作物生长、土壤肥力及产量的效应研究[J]. 土壤肥料, 2004(5): 12-16.
- [2] Bandyopadhyay, P.K., Saha, S., Mani, P.K. and Mandal, B. (2010) Effect of Organic Inputs on Aggregate Associated Organic Carbon Concentration under Long-Term Rice-Wheat Cropping System. *Geoderma*, **154**, 379-386. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.11.011>
- [3] Mikha, M.M. and Rice, C.W. (2004) Tillage and Manure Effects on Soil and Aggregate-Associated Carbon and Nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, **68**, 809-816. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.8090>
- [4] 马俊永, 李科江, 曹彩云, 郑春莲. 有机-无机肥长期配施对潮土土壤肥力和作物产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 236-241.
- [5] 安婷婷, 汪景宽, 李双异, 于树, 等. 施用有机肥对黑土团聚体有机碳的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 9(2): 369-373.
- [6] 高飞, 贾志宽, 韩清芳, 等. 有机肥对宁夏南部旱农区土壤物理性状及水分的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(7): 105-110.
- [7] 王荣萍, 李淑仪, 廖新荣, 蓝佩玲, 李国维, 张群. 水产加工废物生产多肽有机肥对豇豆生长和土壤物理性质的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(31): 233-238.
- [8] 马俊艳, 左强, 王世梅, 谷佳林, 吴建新, 邹国元. 深耕及增施有机肥对设施菜地土壤肥力的影响[J]. 北方园艺, 2011(24): 186-190.
- [9] 卫婷. 有机培肥对渭北旱塬农田土壤环境及冬小麦生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [10] 王芳. 有机培肥措施对土壤肥力和作物生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [11] 周江明, 徐大连, 薛才余. 稻草还田综合效益研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18(4): 7-10.
- [12] 苏秦. 有机培肥对宁南旱作农田土壤理化性状及作物生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [13] 党廷辉, 彭琳, 戴鸣钧, 李青. 长武旱塬春玉米氮肥效应试验研究[J]. 水土保持通报, 1995, 9(1): 55-63.
- [14] 薛坚, 赵秉强, 李凤超, 李曾嘉. 秸秆直接还田的定位研究[J]. 土壤肥料, 1993(2): 27-29.
- [15] 杨志谦, 王维敏. 秸秆还田后碳、氮在土壤中的积累与释放[J]. 土壤肥料, 1991(5): 43-46.
- [16] 迟凤琴, 宿庆瑞, 王鹤桥. 不同有机物料在黑土中的腐解及土壤有机质平衡的研究[J]. 土壤通报, 1996, 27(3): 124-125.
- [17] 宋述尧. 玉米秸秆还田对塑料大棚蔬菜连作土壤改良效果研究(初报) [J], 农业工程学报, 1997, 13(1): 135-139.
- [18] 周开芳. 强化有机质投入对土壤肥力和玉米产量影响的研究[J]. 耕作与栽培, 1999(6): 39.
- [19] 王才斌, 朱建华, 成波, 张礼凤, 孙秀山. 小麦秸秆还田对小麦、花生产量及土壤肥力的影响[J]. 山东农业科学, 2000(1): 34-35.
- [20] 向志民, 何敏. 有机肥资源质量分析与评价[J]. 陕西农业科学, 2000(5): 14-16.
- [21] Chung, H., Park, M., Madhaiyan, M., Seshadri, S., Song, J., Cho, H. and Sa, T. (2005) Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Bacteria from the Rhizosphere of Crop Plants of Korea. *Soil Biology & Biochemistry*, **37**, 1970-1974. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.025>
- [22] 廖佳丽. 水肥管理对旱地马铃薯生长和水分利用效率及土壤肥力的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [23] 杨希. 有机无机配施对黑土肥力的影响[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009.
- [24] 林治安, 赵秉强, 袁亮, Hwat Bing-So. 长期定位施肥对土壤养分与作物产量的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2809-2819.
- [25] 徐学前, 吴敬民. 不同施肥组合的土壤培肥效果研究[J]. 土壤通报, 2000, 31(1): 27-29.
- [26] 邢素丽, 刘孟朝, 等. 有机无机配施对太行山前平原小麦产量和土壤培肥的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 212-216.

- [27] 高飞. 有机培肥对宁南旱区土壤理化性状及作物产量的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [28] 郑昭佩, 刘作新, 魏义长, 等. 水肥管理对半干旱丘陵陵区土壤有机质含量的影响[J]. 水土保持报, 2002, 16(4): 102-104.
- [29] 侯志研, 杜桂娟, 孙占祥, 等. 玉米秸秆还田培肥效果的研究[J]. 杂粮作物, 2004, 24(3): 166-167.
- [30] Whitbread, A., Blalr, G., Konboon, Y., *et al.* (2003) Managing Crop Residues, Fertilizers and Leaf Litters to Improve Soil C, Nutrient Balances, and the Grain Yield of Rice and Wheat Cropping Systems in Thailand and Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **100**, 251-263. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00189-0)
- [31] Singh, Y., Singh, B., Ladha, J.K., *et al.* (2004) Effects of Residue Decomposition on Productivity and 5011 Fertility in Rice-Wheat Rotation. *Soil Science Society of America Journal*, **68**, 854-864.
- [32] 陈宵宇, 周连仁, 刘妍. 有机无机配施对黑土酶活性及作物产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(2): 88-91.
- [33] 焦晓丹, 吴凤芝. 土壤微生物多样性研究方法的进展[J]. 土壤通报, 2004, 35(6): 789-792.
- [34] Kennedy, A.C. and Smith, K.L. (1995) Soil Microbial Diversity and the Sustainability of Agricultural Soils. *Plant and Soil*, **170**, 75-86. <https://doi.org/10.1007/BF02183056>
- [35] Dick, R.P. (1988) Influence of Long-Term Residue Management on Soil Enzyme Acclivity in Relation to Soil Chemical Properties of a Wheat-Fallow System. *Soil Biology and Biochemistry*, **6**, 159-164.
- [36] Wurts, W.A. (1987) State Specialist for Aquaculture Kentucky State University Cooperative Extension Program. Organic Fertilization in Culture Ponds. *World Aquaculture*, **35**, 64-65.
- [37] Marx, M.C., Wood, M. and Jarvis, S.C. (2001) A Microplate Fluorimetric Assay for the Study of Enzyme Diversity in Soils. *Soil Biology & Biochemistry*, **33**, 1633-1640. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00079-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00079-7)
- [38] Garcia-Ruiz, R., Ochoa, V., Hinojosa, M.B., *et al.* (2008) Suitability of Enzyme Activities for the Monitoring of Soil Quality Improvement in Organic Agricultural Systems. *Soil Biology and Biochemistry*, **40**, 2137-2145. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.03.023>
- [39] 张咏梅, 周国逸, 吴宁. 土壤酶学研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(1): 83-90.
- [40] 董艳, 董坤, 郑毅, 等. 种植年限和种植模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 527-532.
- [41] Yao, X.H., Min, H., Lu, Z.H., *et al.* (2006) Influence of Acetamiprid on Soil Enzymatic Activities and Respiration. *European Journal of Soil Biology*, **42**, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.12.001>
- [42] Paz Jimenez, M.D., Horra, A.M., Peuzzo, L., *et al.* (2002) Soil Quality: A New Index Based on Microbiological and Biochemical Parameters. *Biology and Fertility of Soils*, **35**, 302-306. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0450-z>
- [43] Kautz, T., Wirth, S. and Ellmer, F. (2004) Microbial Activity in a Sandy Arable Soil Is Governed by the Fertilization Regime. *European Journal of Soil Biology*, **40**, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2004.10.001>
- [44] Plaza, C., Hernandez, D., Garcia-Gil, J.C. and Polo, A. (2004) Microbial Activity in Pig Slurry-Amended Soils under Semiarid Conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, **36**, 1577-1585. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.017>
- [45] Bolan, N.S. and Adriano, D.C. (2003) Effects of Organic Amendments on the Reduction and Phytoavailability of Chromate in Mineral Soil. *Journal of Environmental Quality*, **32**, 120-128. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1200>
- [46] Gil-Stores, F., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C. and Seoane, S. (2005) Different Approaches to Evaluating Soil Quality Using Biochemical Properties. *Soil Biology and Biochemistry*, **37**, 877-887. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.10.003>
- [47] 林瑞余, 林豪森, 张重义, 等. 不同施肥条件对鱼腥草根际土壤酶活性及根系活力的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 280-284.
- [48] 何炎森, 李瑞美. 有机无机肥配施对甘蔗产量及土壤酶活性的影响[J]. 中国糖料, 2004(4): 36-38.
- [49] Liang, Y.C., Si, J., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W. and Jiang, Y. (2005) Organic Manure Stimulates Biological Activity and Barley Growth in Soil Subject to Secondary Salinization. *Soil Biology & Biochemistry*, **37**, 1185-1195. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.11.017>
- [50] Bohme, L. and Bohme, F. (2006) Soil Microbiological and Biochemical Properties Affected by Plant Growth and Different Long-Term Fertilization. *European Journal of Soil Biology*, **42**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.08.001>
- [51] 韩晓日, 王玲莉, 杨劲峰, 战秀梅, 刘小虎, 王晔青, 马玲玲. 长期施肥对土壤颗粒有机碳和酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 266-269.

- [52] 贾伟, 周怀平, 解文艳, 关春林, 郜春花, 石彦琴. 长期有机无机肥配施对褐土微生物生物量碳、氮及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 700-705.
- [53] 马晓丽. 旱作区有机培肥对土壤理化性状及冬小麦生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [54] 李科江, 张素芳, 贾文竹, 宋平忠, 刘树庆, 霍习良, 王玉朵. 半干旱区长期施肥对作物产量和土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(1): 21-25.
- [55] 孔庆波, 聂俊华, 张青. 生物有机肥对调亏灌溉下冬小麦苗期生长的影响[J]. 河南农业科学, 2005, 34(2): 51-53.
- [56] 周莉华. 长期施用生物有机肥对冬小麦和夏玉米生产效应的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [57] 劳秀荣, 孙伟红, 王真, 郝艳如, 张昌爱. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 618-622.
- [58] 禹盛苗, 金千瑜, 朱练峰. 绿营高 TM 有机生态肥对水稻生育和产量及经济效益的影响[J]. 中国稻米, 2007(4): 70-72.
- [59] 韩晓增, 王凤仙, 王凤菊, 邹文秀. 长期施用有机肥对黑土肥力及作物产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 67-71.
- [60] 韩战省. 澳大利亚的保护性耕作农业[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(1): 143-145.
- [61] 岳自慧, 刘平, 刘学军, 等. 宁南山区新修水平梯田土壤快速培肥技术调查研究[J]. 中国水土保持, 2015(2): 25-27.
- [62] 岳自慧, 刘永军, 刘平, 等. 宁夏南部山区新修水平梯田耕地质量提升技术研究[J]. 环境与可持续发展, 2014, 39(3): 156-157.
- [63] 苏秦. 有机培肥对宁南旱作农田土壤理化性状及作物生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [64] 蔡进军, 张源润, 火勇, 等. 宁南山区梯田土壤水分及养分特征时空变异性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 83-87.
- [65] 李楠, 刘淑霞, 宋建国, 刘伟, 刘金云. 玉米施用锌、磷及有机肥的肥效研究[J]. 贵州农业科学, 2001, 29(3): 14-18.
- [66] 张美良, 等. 有机无机氮肥配施对棉花生育特性及土壤含氮量的影响[J]. 江西农业学报, 2003, 15(3): 11-15.
- [67] 王立河, 孙新政, 赵喜茹, 谭金芳, 王喜枝, 王立秋. 有机肥与氮肥配施对日光温室黄瓜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(11): 237-242.
- [68] 杨长明, 杨林章. 有机无机肥配施对水稻剑叶光合特性的影响[J]. 生态学杂志, 2003, 22(1): 1-4.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org