



秸秆还田及其研究进展

杨滨娟¹, 钱海燕^{2,3}, 黄国勤¹, 樊哲文², 方 豫²

(¹江西农业大学生态科学研究中心, 南昌 330045; ²江西省山江湖委办公室, 南昌 330046;

³中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要:在目前提倡高产、高效和生态农业的大背景下, 秸秆还田作为一项有效的农业措施得到了大力地推广应用。为此, 从秸秆还田的基本概念开始, 综合阐述了国内、国外秸秆还田的研究进展情况, 重点分析了秸秆还田对土壤有机质、土壤容重和毛管孔隙度、土壤温度、土壤微生物、稻草腐解规律、水稻稻米品质以及作物杂草情况等的影响, 指出了秸秆还田在生理生态效应方面的广泛应用, 提出了秸秆还田的未来发展方向及研究重点。以期在保护农业生态环境, 促进现代农业的可持续发展方面提供一定的理论依据。

关键词: 秸秆还田; 国内; 国外; 研究进展

中图分类号: S3

文献标志码: A

论文编号: 2011-0889

Research Progress and Rice-straw Returning

Yang Binjuan¹, Qian Haiyan^{2,3}, Huang Guoqin¹, Fan Zhewen², Fang Yu²

(¹Research Center on Ecological Science, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China;

²Jiangxi Mountain River Lake Committee Office, Nanchang 330045, Jiangxi, China;

³Nanjing Institute of the Chinese Academy of Sciences Soil, Nanjing 210008, Jiangsu, China)

Abstract: In the current promotion of high-yield, efficient and ecological context of agriculture, rice-straw returning as an effective measure has been vigorously promoted. So from the basic concept of rice-straw returning, comprehensively elaborate domestic and foreign research progress of rice-straw returning, and focus on the study the effects of the rice-straw returning on soil organic matter, soil bulk density and capillary porosity, soil temperature, microorganisms in soil, decomposition characteristics of rice, rice quality and weeds. It pointed out the straw in the physiological and ecological effects of the broader applications, and made of straw and the future direction of research priorities. So as to protect agricultural ecological environment and promote the sustainable development of modern agriculture provides theoretical basis.

Key words: Rice-straw Returning; Domestic; Abroad; Research Progress

0 引言

鄱阳湖区是一个重要农业产区, 每年产生大量的秸秆, 占作物生物产量的50%左右^[1]。大量研究表明, 稻草作为一种廉价的有机肥料, 含有丰富的有机碳和大量的氮、磷、钾、硅等矿质营养元素, 以及大量微量元

素和有机物^[2], 从现有的秸秆产量计算, 6亿t秸秆中, 氮、磷、钾养分含量相当于尿素300万t以上, 过磷酸钙70万t以上, 硫酸钾700万t以上^[3]。而且秸秆还田能够有效增加土壤中有机质的含量, 改善土壤肥力状况, 提高农田生态环境质量, 特别对缓解中国氮、磷、钾肥

基金项目: 国家科技支撑计划项目“江南丘陵区农田循环生产综合技术集成研究与示范”第3专题(2007BAD89B18-03); 江西省科技支撑计划项目“秸秆不同还田方式对农田生态系统环境质量影响及机理研究”(2009BNA09300)。

第一作者简介: 杨滨娟, 女, 1985年出生, 山东淄博人, 在读博士, 研究方向为农业生态学。通信地址: 330045 江西省南昌市昌北经济开发区 江西农业大学生态科学研究中心, Tel: 0791-83828143, E-mail: bolatuyoyo@sina.com。

通讯作者: 黄国勤, 男, 1962年出生, 江西余江人, 江西农业大学生态科学研究中心主任(所长)、首席教授、博士生导师, 博士后, 研究方向为作物栽培学与耕作学。通信地址: 330045 江西省南昌市昌北经济开发区江西农业大学生态科学研究中心, Tel: 0791-83828143, E-mail: hgqjxnc@sina.com。

收稿日期: 2011-10-21, **修回日期:** 2012-01-23。



比例失调的矛盾, 弥补磷、钾化肥不足有十分重要的意义^[2,4-5]。随着农村生活水平的逐步提高和现代农民经济意识的解放, 传统的秸秆利用方式效益低、费工、费时、劳动强度大, 而秸秆利用的现代科技手段滞后, 造成在部分地区, 尤其在一些城郊地区农作物秸秆被大量无效焚烧^[2], 使得土壤肥力逐年下降, 农田生态平衡遭受破坏, 而且严重污染空气, 对农业生态环境造成严重影响。因此探索秸秆还田的优化方式势在必行, 任务艰巨。

秸秆还田与土壤肥力状况、作物生长品质以及农田生态环境保护等密切相关, 已经成为可持续农业和生态农业的重要内容^[2], 具有广阔的发展和研究前景。笔者从秸秆还田的基本概念入手, 综合阐述了国内、国外秸秆还田的研究进展情况, 并重点分析了秸秆还田对土壤养分状况、有机质、土壤结构、稻田生物学效应、稻田生态学效应以及水稻农艺性状、生理特性等方面的影响, 以期在保护农业生态环境, 促进现代农业的可持续发展方面提供一定的理论依据。

1 秸秆还田概述

秸秆还田是一种把不适宜直接作饲料的秸秆(玉米秸秆、水稻秸秆等)直接或堆积腐熟后施入土壤中的方法^[6]。关于秸秆还田的方式有多种分类, 中国主要的秸秆还田方式有4种, 即秸秆覆盖还田、秸秆粉碎还田、秸秆堆肥还田和秸秆过腹还田。

1.1 秸秆覆盖还田

秸秆覆盖还田就是将秸秆整秆覆盖, 随着时间的延长, 秸秆逐渐腐解于土壤中, 腐解后能够增加土壤中有机质的含量, 补充土壤N、P、K和微量元素的含量, 改善土壤的理化性状, 有利于加速土壤物质的生物循环, 而且秸秆覆盖还田可使土壤饱和导水率提高, 土壤蓄水能力增强, 能够调控土壤供水, 提高水分利用率, 促进植株地上部分生长。秸秆在覆盖情况下, 能够形成低温时的“高温效应”和高温时的“低温效应”2种双重效应, 调节土壤温度, 有效缓解气温激变对作物生长的伤害^[2,7-11]。

1.2 秸秆粉碎还田

采用机械化作业将田间直立或铺放的秸秆直接粉碎还田的生产效率比普通的秸秆利用方式可提高40~120倍。秸秆粉碎还田后, 能够加速秸秆在土壤中的腐解速度, 从而被土壤快速吸收, 改善土壤的团粒结构和理化性状, 增加土壤肥力, 促进农作物持续增产增收^[2,7,9-11], 节约化肥用量, 促进农业可持续发展。秸秆覆盖还对于旱地区的节水农业有特殊意义。

1.3 秸秆堆肥还田

秸秆堆肥还田就是将作物茎秆、绿肥、杂草等植物性物质与泥土、人粪尿、垃圾等混合堆置, 经好气微生物分解而成的肥料, 可提供多种营养元素并改良土壤理化性状, 尤其对改良砂土、粘土和盐渍土有较好效果, 具有良好的经济效益、社会效益和生态效益^[12]。秸秆堆肥还田是解决中国当前有机肥源短缺的主要途径, 也是中低产田改良土壤、培肥地力的一项重要措施。

1.4 秸秆过腹还田

过腹还田就是将作物秸秆作为家畜饲料喂养家畜, 通过家畜消化吸收, 以粪尿形式归还土壤, 从而增加土壤中的养分, 改善土壤状况。目前, 普遍推广应用的主要有青贮氨化过腹还田技术, 实现了秸秆—饲料—牲畜—肥料—粮食的良性循环^[2,9-11,13]。

2 国内外秸秆还田研究进展

2.1 国外秸秆还田的研究进展

世界上各农业发达国家都非常重视土地的用养结合和发展生态农业, 秸秆还田和农家肥占施肥总量的2/3。因此秸秆还田作为一项先进的保护性耕作技术, 在世界上各农业发达国家得到了足够的重视和支持。其中美国把秸秆还田当作一项农作制中的一项关键技术, 坚持常年实施秸秆还田, 不但玉米、小麦等秸秆大量还田, 而且像大豆、番茄等秸秆也尽量还田^[2]。英国的洛桑试验站每年每公顷翻压玉米秸秆7~8 t, 18年后土壤有机质含量提高了2.2%~2.4%, 该试验站经过连续18年的试验还发现, 作物秸秆直接还田的效果优于堆腐后再还田, 并且随着地力的改善, 农作物产量的提高, 可供还田的秸秆量也相应增加^[2,14-15]。

丹麦是世界上首先使用秸秆发电的国家。位于丹麦首都哥本哈根以南的阿维多发电厂建于20世纪90年代, 被誉为全球效率最高、最环保的热电联供电厂之一。这里的技术人员告诉记者, 农民收获粮食后, 把秸秆卖给电厂, 阿维多电厂每年燃烧15万t秸秆, 可满足几十万用户的供热和用电需求^[3,16]。与煤、油、天然气相比, 秸秆成本低、污染少, 可称得上是电厂最划算的一笔买卖。此外, 秸秆燃烧后的草木灰还可以无偿返还给农民作为肥料, 串联起了一个“黄金圈”^[3,16]。

日本把秸秆直接还田当作农业生产中的法律去执行。日本微生物学家研究出了一种秸秆分解菌技术, 可以用于秸秆肥的制作, 达到秸秆还田的目的, 具有良好的经济效益和社会效益^[2-3,16]。德国等发达国家则有严格的法律禁止焚烧秸秆, 而南亚、东南亚作物秸秆是动物饲料和燃料的主要燃料^[2]。秸秆还田的问题已经



引起各界的重视,国内外众多学者进行了广泛的研究,使得秸秆还田面积逐年扩大。实践证明,秸秆还田为发展高产优质高效农业发挥了重要的作用。

2.2 国内秸秆还田研究进展

中国利用农作物秸秆的历史悠久,20世纪80年代以来,随着农业生产的发展,粮食产量大幅提高,秸秆数量也多,加之省柴节煤技术的推广,烧煤和使用液化气的普及,使农村中有大量富余秸秆^[2],但人们没有充分利用秸秆还田的效用,大多是将其焚烧,使得土壤肥力逐年下降,环境质量逐年降低,对农业生态环境造成严重影响。因此农业部把秸秆直接还田或秸秆过腹还田作为沃土计划的主要措施,并列入全国丰收计划工程^[7],鼓励农民积极增施有机肥、种植绿肥、秸秆还田。在水稻种植地区,稻草还田对提高资源利用率,持续增加粮食作物产量具有重要的影响,是中国农业生产面临的重大现实问题,是保障国家粮食安全的重大需求。

3 秸秆还田的应用及研究进展

秸秆还田技术在当代社会推广应用广泛,笔者着重秸秆还田在土壤有机质、土壤容重和毛管孔隙度、土壤温度、土壤微生物、稻草腐解规律、水稻稻米品质以及作物杂草情况等方面的影响的研究进展。

3.1 秸秆还田对土壤有机质的影响

土壤有机质不仅是土壤中各种营养元素的重要来源,而且还能刺激植物的生长,改善土壤的理化性质^[7],而秸秆是土壤有机质的一项主要来源^[7,18]。有研究表明:以同等数量的秸秆覆盖和翻压还田,3年后,覆盖还田的土壤有机质增加30.1%,翻压还田的增加19%^[18-19]。也有学者通过对水稻高留茬还田的研究发现,还田土壤中的有机质含量明显增加,其中易氧化态有机质所占的比例为77%,由于增加的有机质主要是易氧化态有机质,从而使土壤有机质氧化稳定系数下降,土壤有机质的化学性增强,老化程度降低,有助于改善土壤质量,增强土壤养分供应^[18,20]。

3.2 秸秆还田对土壤容重和毛管孔隙度的影响

土壤容重与毛管孔隙度呈负相关,容重越小表示毛管孔隙度越大。土壤容重和毛管孔隙度都是反映土壤结构特性的重要指标^[18]。李新举等^[21]研究发现:无论秸秆覆盖还是秸秆翻压都可以增加土壤空隙度、减少土壤容重。还田3年后,秸秆覆盖土壤0~10 cm土层总空隙度增加4.16%,土壤容重减少0.11 g/cm²,翻压还田的土壤0~10 cm土层总空隙度增加3.4%,土壤容重减少0.09%。张晶^[18]、吴婕^[22]等发现秸秆覆盖处理的土壤容重降低幅度为1.86%~3.73%。这些研究都表

明,秸秆还田后土壤的孔隙度明显增加,大孔隙占总孔隙的比例较大,土壤容重降低,使得土壤疏松,通气透水条件良好,从而可以促进土壤微生物活动,增强土壤养分的供应^[20,23]。

3.3 秸秆还田对土壤温度的影响

秸秆还田对土壤温度的影响通常体现在温度的日变化幅度与季节性变化方面。首先,秸秆还田尤其是秸秆覆盖还田可以使土壤温度日变化幅度减小,另外秸秆覆盖的土壤温度的变化随着日光照射的强度强弱而有差异,白天多以降温为主,夜间则多以保温为主^[18,24];其次秸秆还田对土壤温度的季节性变化也有一定的影响,一般情况下夏季有降温作用,而冬季则有一定的保温作用^[18]。肖国华等^[25]测定,夏季采用稻草还田免耕覆盖较无草犁耙插秧水温降低3.4~4.1℃;5 cm深处土温降低1.2~4.2℃;10 cm深处土温降低1.5~2.0℃。而早春土壤含水量增加6.44%~8.58%;0~5 cm土层土壤温度提高0.7~1.0℃。稻草覆盖还田夏季降低土壤温度,早春升高土壤温度,分别有利于晚稻、早稻插后水稻秧苗的返青和分蘖。

3.4 秸秆还田对土壤微生物的影响

秸秆还田为土壤微生物的活动提供了丰富的碳源和氮源,促进了微生物的生长、繁殖,从而使土壤微生物区系、数量发生很大变化,提高了土壤的生物活性^[18]。谭周进等^[26]研究表明:水稻秸秆还田后不利于好气性的霉菌和放线菌迅速大量繁殖,覆草土壤中细菌总数要高于无草土壤,这是由于施入土壤中的水稻秸秆促进了土壤细菌的繁殖,提高了土壤细菌的活性。张晶^[18]、金海洋等^[27]的研究中也表明,秸秆还田后土壤微生物的总量由 4.0×10^7 个/g急剧上升为 1.2×10^8 个/g,而且以细菌和放线菌为主。焚烧秸秆对土壤微生物量的影响非常显著,焚烧后,土壤中的细菌、放线菌和真菌数量分别较焚烧前减少了85.95%、78.58%和87.28%。此外,焚烧秸秆所造成的土壤水分的蒸发及土壤结构的破坏,也不利于土壤微生物的生存^[28]。

3.5 秸秆腐解、养分释放的研究

秸秆腐解主要靠土壤中微生物的作用,土壤中微生物主要集中在0~10 cm土层^[3]。有学者研究得出:秸秆埋深5 cm的腐解最快,埋深15 cm的稍慢,而覆盖在表面的最慢。埋深5 cm的32周内腐解65%以上,埋深15 cm腐解62%左右,而覆盖在表面的腐解只有50%左右^[30-31]。秸秆腐解总的趋势是前期快,后期慢。秸秆腐解主要集中在前8周^[32],前4周主要分解根、叶,4周后腐解茎,16~32周基本不腐解。有机物的C/N比对于它在土壤中的分解与养分的释放有很大的影响^[33]。



稻草还田后,由于C/N比较高,秸秆分解较缓慢,氮的释放也很少,而有研究表明调节C/N比能够促进秸秆分解,但调节C/N比不是越低越好,一般认为稻草还田后C/N比调至(25~30):1即可^[34]。温度对有机物料的腐解具有很大影响。一般来说,土温在20~30℃物料分解最快,<10℃分解较弱,<5℃则基本不分解。温度过低,微生物活性减弱,物料腐解缓慢,温度过高会抑制微生物活性,甚至使土壤中的酶失去活性^[35]。

3.6 秸秆还田对水稻稻米品质的影响

顾丽^[36]研究表明,长期和短期秸秆还田能导致蛋白质含量呈上升的趋势,直链淀粉含量呈下降的趋势,在长期定位试验下,垩白度随土壤全氮的增加呈上升的趋势,短期秸秆还田中,则表现出先升后降的趋势。徐国伟^[37]、刘阳^[38]等试验研究都表明,稻草还田和实地氮素管理对稻米的加工品质没有明显的影响,但降低了垩白米粒、垩白度和直链淀粉的含量,有效地改善了稻米的外观品质和蒸煮品质;还可以使淀粉的最高粘滞度和崩解值变小,消碱值变低,有利于提高了稻米的食味品质。

3.7 秸秆还田对作物杂草情况的影响研究

韩慧芳等^[39]的试验结果表明,秸秆全量还田时,免耕显著提高杂草的总密度;无秸秆还田时,常规耕作的杂草密度高于免耕、旋耕、耙耕和深松。秸秆全量还田后,免耕和深松条件下,杂草优势种为马唐和旱稗,旋耕和耙耕条件下为马唐、旱稗和牛筋草;常规耕作条件下,优势杂草为马唐、苘麻、旱稗和香附子。无秸秆还田条件下,免耕和常规耕作增加了杂草优势种的数量。秸秆全量还田后,免耕、耙耕和深松等耕作措施导致杂草群落的物种丰富度及均匀度均较高。无论哪种耕作条件,5年连续秸秆还田能够显著提高夏玉米籽粒产量和生物学产量,其中尤以常规耕作秸秆全量还田处理产量最高,且田间杂草的生物学产量与夏玉米的生物学产量呈显著负相关关系。

4 小结

随着低碳农业的大力推行,秸秆还田在现代持续农业和生态农业的发展中具有举足轻重的作用。稻草还田是增加土壤有机质、速效氮、磷、钾,改善土壤理化性质和提高稻谷产量的一项有效措施。秸秆还田后土壤生物活性强度得到明显提高,降低了土壤容量,改善了土壤结构,形成有机质覆盖,达到了抗旱保墒的目的。另外稻草还田必须配合施用无机肥,特别是氮素化肥,这样才能有利于稻草的分解,并能提高当年的稻谷产量。稻草的综合利用,稻草和氮肥混合施用时氮素的固定、稻草的分解,对氮磷钾的影响和利用等问题

仍有待于进一步的研究。而且在今后的研究中展开对秸秆-土壤-农作物这个复合系统的养分积累、释放和循环过程的研究非常重要。

参考文献

- [1] 黄国勤.江南丘陵区农田循环生产技术研究-江西农田作物秸秆还田技术与效果[J].耕作与栽培,2008(3):1-2,18.
- [2] 杨文钰,王兰英.作物秸秆还田的现状和展望[J].四川农业大学学报,1999,17(2):211-216.
- [3] 雷达,席来旺,李文正,等.浅析国外秸秆的综合利用[J].现代农业装备,2007(07):67-68.
- [4] 周鸣铮.土壤肥力概论[M].杭州:浙江科学技术出版社,1985:18-154.
- [5] Himanshu Pathak, Ramandeep Singh, Arti Bhatia, et al. Recycling of rice straw to improve wheat yield and soil fertility and reduce atmospheric pollution[J]. Paddy Water Environ,2006(4):111-117.
- [6] 薛玉华.玉米秸秆还田机械化技术[J].北京农业:实用技术,2010(9):39.
- [7] 卜毓坚.不同耕作方式和稻草还田量对晚稻生长发育与土壤肥力的影响[D].长沙:湖南农业大学,2007.
- [8] 贾大林,司徒淦.节水农业持续发展研究[J].生态农业研究,1994,2(2):30-36.
- [9] 卜毓坚,屠乃美.水稻秸秆还田的效应与技术及其展望[J].作物研究,2005(5):428-431.
- [10] 吕小荣,努尔夏提·朱马西,吕小莲.我国秸秆还田技术现状与发展前景[J].现代化农业,2004(9):41-42.
- [11] 高梦祥,许育彬,熊雪峰.玉米秸秆的综合利用途径[J].陕西农业科学:自然科学版,2000(7):29-31.
- [12] 陈太飞,张作跃.秸秆快速腐熟还田技术[J].农技服务,2009,26(6):135-136.
- [13] 金成龙,全允基,马永凤.稻草换天定位试验初报[J].黑龙江农业科学,1993(1):21-23.
- [14] 张贞奇.英国农作物秸秆综合利用[J].世界农业,1992(02):39.
- [15] 英国农作物秸秆的综合利用[J].科技园地,1993(2):21.
- [16] 孙永明,袁振宏,孙振钧.中国生物质能源与生物质利用现状与展望[J].可再生能源,2006(02):78-82.
- [17] 葛永红,刘颖,刘胜国.水稻机械化秸秆直接还田及机具发展趋势[J].垦殖与稻作,2000(S1):46-47.
- [18] 张晶.秸秆还田土壤中与纤维素降解相关的微生物的分子生态学[D].上海:上海交通大学,2007.
- [19] 李阜棣.土壤微生物学[M].北京:中国农业出版社,1996:143.
- [20] 徐国伟,常二华,蔡建.秸秆还田的效应及影响因素[J].耕作与栽培,2005(1):6-9.
- [21] 李新举,张志国.秸秆覆盖对土发蒸发及土壤盐分的影响[J].土壤通报,1999,30(6):257-258.
- [22] 吴婕,朱钟麟,郑家国,等.秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J].西南农业学报,2006,19(2):192-195.
- [23] 王振忠,董百舒,吴敬民.太湖稻麦地区秸秆还田增产及培肥效果[J].安徽农业科学,2002,30(2):269-271.
- [24] 李富宽,姜慧新.秸秆覆盖的作用与机理[J].牧草开发,2003(6):38-40.

(下转第28页)