

# 农作物秸秆改良土壤的方式与应用现状

姜洁<sup>1</sup>, 陈宏<sup>1,2</sup>, 赵秀兰<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>西南大学资源环境学院, 重庆 400716; <sup>2</sup>重庆市农业资源与环境研究重点实验室, 重庆 40716)

**摘要:** 农作物秸秆中含大量的碳、氮、磷、钾、钙、镁、硫和硅等多种营养元素, 同时富含纤维素、半纤维素、木质素和蛋白质等有机物质, 是一种可以资源化利用的固体废弃物资源。秸秆还田可以改良土壤, 具体表现在秸秆还田是氮素的重要来源; 秸秆还田可以提高土壤的保蓄性和缓冲性; 秸秆还田能够改善土壤物理性质, 改良土壤耕性; 秸秆还田具有消除农药残毒和重金属污染的作用。此外秸秆还田还可以提高农作物品质、保护农村生态环境、促进农业的生态化发展。

**关键词:** 秸秆; 秸秆还田; 土壤改良

中图分类号: S156.2 文献标识码: A

The Application Actuality and Methods of Meliorated Soil with Crop Stalks

Jiang Jie<sup>1</sup>, Chen Hong<sup>1,2</sup>, Zhao Xiulan<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716 ;

<sup>2</sup>Chongqing Key Laboratory of Agricultural Resources and Environment, Chongqing 400716)

**Abstract:** Crop stalks is rich in carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur and silicon etc, it also contains a lot of organic matter such as cellulose, hemicellulose, lignin and protein, crop stalk is a kind of solid waste that can be utilized as resource. Straw residue returned can improve soil, its concrete features are that: important source of soil nitrogen; enhance soil retention and buffer capacity; mend physical property of soil; improve the ploughed quality of soil; eliminate pesticide residue and heavy metal pollutions. Further more, the returning can also improve crop quality, protect rural ecological environment, promote the development of ecological agriculture.

**Key words:** straw stalk, straw residue returned, soil amelioration

农作物秸秆是农业生产的主要废弃物之一, 含有大量的粗纤维和无氮浸出物。秸秆中平均含碳 44%、氮 0.6%、磷 0.25%、钾 1.4% ,还含有镁、钙、硫等元素, 具有很大的综合利用潜能, 是一种重要的可再生资源<sup>[1]</sup>。

目前全世界每年产农作物秸秆 1000~2000 亿 t, 中国每年达 7 亿 t 以上。传统的处置农作物秸秆的方法是焚烧, 焚烧秸秆释放大量的二氧化碳、氮氧化物, 造成严重的大气污染, 形成的烟雾还会妨碍交通。此外, 焚烧秸秆会造成土壤水分的蒸发及土壤结构

的破坏, 造成土壤板结, 肥力下降, 土壤生态系统恶化, 作物产量下降。可见, 妥善处置农作物秸秆和实现农作物秸秆的资源化利用具有重大的意义, 其已成为亟待解决的农业问题。

秸秆还田是培肥地力, 发展农业生产的有效措施之一。农作物秸秆中含有大量的营养元素和有机物质, 这些物质在土壤中分解为腐殖质后, 可培肥地力、优化土壤理化性状、改良土壤质量促进农业生产的良性循环, 但秸秆还田时应选择秸秆在青绿时进行, 并适当补充氮素以便加快秸秆腐烂。

基金项目: 国家科技支撑计划项目(项目编号 2007BAD39B02)。

第一作者简介: 姜洁, 女, 1984 年出生, 河北承德人, 环境工程硕士研究生, 研究方向为环境生态。通信地址: 400716 重庆市北碚区西南大学(原西农校区)资源环境学院 654 信箱。Tel: 023-68250484 E-mail: xiaoheniun2007@sina.com。

通讯作者: 陈宏, 男, 1971 年生, 重庆市人, 副教授, 硕士, 主要从事土壤生态环境方面的研究, 主持、参与国家支撑计划、国家自然科学基金等项目 30 余项。通信地址: 400716 西南大学资源环境学院。Tel: 023-68250484 Email: chen hong@swu.edu.cn。

收稿日期: 2008-05-06, 修回日期: 2008-06-06。

## 1 农作物秸秆还田的利用方式

### 1.1 直接还田<sup>[2]</sup>

直接还田又可分为翻压还田和覆盖还田。秸秆直接还田可以较快提高土壤有机质含量,对培肥土壤,提高作物产量发挥着重要作用。农作物秸秆中含有大量作物生长所必须的N、P、K元素,还含有多种微量元素,能补充大量土壤所需的有机物,增加土壤有机质含量和活化土壤有机质,改善土壤物理化学性质,起到改良土壤,培肥地力的作用。秸秆还田量一般以每公顷1500~3000kg为宜。

### 1.2 堆腐还田<sup>[3]</sup>

堆腐还田能提高土壤有机质含量,促进速效养分的释放,提高土壤含水量和农作物产量,具有作用最好、效果最快的特点。其方法是将粉碎的秸秆加人粪尿,堆积成堆,然后封泥,有机物在微生物作用下,逐步矿质化和腐殖化,最后腐熟,形成优质肥料。堆腐还田的缺点是沤制时间较长,一般需3个月以上。不过通过人工控制可以加速堆腐速度。在堆腐还田中通常采用催腐剂堆肥技术、速腐剂堆肥技术、酵素菌堆肥技术等控制堆腐效果。

### 1.3 过腹还田<sup>[4]</sup>

过腹还田是将秸秆作为动物饲料,先利用秸秆中的营养成分再以其排出的粪尿回归田地,这是一种传统的作法可与畜牧业的发展联系在一起。通过秸秆过腹还田,秸秆和其他饲料通过牲畜消化后,变成粪便,为优质的有机肥料。不仅养分齐全,主要元素和微量元素都有,速效养分含量高,易于被植物利用吸收。利用秸秆过腹还田对发展畜牧、促进农作物生长、形成粮食—秸秆—饲料—牲畜—肥料—粮食的良性循环和培肥土壤都起到良好作用。

## 2 国内外秸秆还田研究现状

### 2.1 秸秆直接还田研究现状

由于秸秆堆腐还田的沤制时间较长,一般需3个月以上,若要加速堆腐速度,则需要与一些技术相结合,工艺较复杂,而秸秆直接还田则能克服此缺点,故现在更致力于研究秸秆直接还田的技术与发展。

作物秸秆的直接施用,必然使土壤中大量元素和微量元素增加。首先,作物秸秆不仅含有N、P、K、Ca、Mg等大量营养元素,而且含有Fe、Cu、Zn、Mn和B等微量元素,是一种全面的、综合的植物养分供应源。其次,秸秆分解产生的有机酸等中间产物,亦使土壤中一些养分的有效性增加。再者,秸秆直接还田可避免氮素

挥发损失的发生,增加作物对氮素的吸收,而且还能增加土壤中微生物有效性C的数量,极大地刺激了土壤微生物的活动<sup>[5,6]</sup>,势必影响到土壤微生物种类、数量以及生命活动状况,而土壤微生物种类、数量的变化以及它们在土壤中的某些生物化学过程强度,在一定程度上反映了土壤有机质矿化的速度以及各种养分存在的状态,直接影响土壤的供肥状况<sup>[7]</sup>。秸秆还田后在土壤里分解形成有机质和腐殖质,土壤有机质是一种疏松多孔的有机胶体,带有大量的负电荷,能吸附大量的阳离子,如钾、铵、钙、镁等,从而提高土壤阳离子交换量(CEC),提高土壤的保水、保肥能力,秸秆分解后所形成的腐殖质疏松多孔,其粘性远远小于土壤粘粒的粘性,使粘土变得疏松,减少耕作阻力,提高了耕作质量,同时改善了土壤的通透性。其次,它可以促进土壤团粒结构的形成,提高砂土的团聚性和粘结性,改善其过松散的状态。再次,有利于改善土壤温度状况,因为秸秆直接还田后土壤有机质增多,土壤颜色变暗,增加对热量的吸收<sup>[8]</sup>。

国外十分重视采用秸秆直接还田技术培肥地力。美国在大平原土壤上每年每公顷还田秸秆和残茬1.6~1.7t,8年后土壤有机质从1.79%提高到2.0%,秸秆还田的比不施秸秆的对照区土壤中的碳、氮、硫、磷分别增加47%、37%、45%和14%;日本把秸秆直接还田当作农业生产中的法律去执行;英国的洛桑试验站每年每公顷翻压玉米秸秆7~8t,18年后土壤有机质含量提高了2.2%~2.4%。德国波恩大学试验站研究表明,每公顷施入6.5t秸秆并补施氮肥,19年后土壤有机质含量从1.02%增加到1.48%<sup>[9]</sup>。

近年来,中国秸秆直接还田面积发展很快,1987年秸秆还田面积仅0.134亿多公顷(次),1996年突破0.333亿公顷(次),年平均增长10%以上,全国年秸秆直接还田量超过一亿吨,约占秸秆总量的20%。在山西省陵川县开展了多种形式玉米整秆覆盖连续10年的试验、示范,技术成熟,全县推广面积占玉米种植面积的1/3;山西全省也有大面积的推广,通过覆盖培肥土壤,改善土壤理化性状,土壤有机质年均递增0.05%~0.1%,孔隙度增加30%,减少水土流失60%~70%,增产15%~60%。在北京、河北、河南、山东等省、市的高速公路、铁路和机场周边地区大面积推广小麦—玉米两茬连作秸秆全量还田,每公顷还田鲜秸秆1~1.3t。麦秸覆盖免耕播种玉米,能有效地防止土壤侵蚀、保蓄土壤水分、抑制田间杂草生长,小麦和玉米增产率在10%

~19% 秸秆直接还田已经成为中国沃土工程和丰收计划的重要内容,但秸秆直接还田的潜力仍然很大,要切实采取措施加快推广步伐。

## 2.2 秸秆腐解研究现状

秸秆直接还田后,只有在土壤中经过土壤微生物分解后才能达到改良土壤,提高土壤肥力的目的。

2.2.1 秸秆腐解特征 秸秆腐解总的特征是前期快,后期慢,主要集中在前8周,8周后腐解相当缓慢,16~32周基本不腐解。覆盖在表层的秸秆,前两周有一个小的腐解高峰,至第4周达到最大,前4周腐解的秸秆就达到30%左右。埋深5cm和15cm的秸秆在第1周腐解最快,第2~4周腐解减慢,4周后快速减慢,前4周秸秆腐解了40%<sup>[10]</sup>。有资料表明<sup>[11]</sup>植物体分解的第一阶段,是以释放CO<sub>2</sub>的形式而引起大量C的损耗,而N为微生物吸收,秸秆还田中的C以CO<sub>2</sub>形式的损失一直延续到C/N接近10:1的水平为止。沈善敏等<sup>[12]</sup>认为大约70%的秸秆C可能在施入土壤20d内分解释放,Nyberg等<sup>[13]</sup>研究结果也认为在埋入后40d内会有70%~90%的C以微生物呼吸的形式被释放出来。

2.2.2 影响秸秆腐解的因素 作物秸秆的腐解过程是一个化学、生物化学的过程,能够影响此类反应的各种因素均能影响秸秆腐解的进程。

秸秆C/N的比值会很大程度上影响腐解速度。据研究作物秸秆的C/N比在20:1~25:1的范围内最有利于秸秆的腐解,Weatherly等<sup>[14]</sup>在常氮处理中不同年份的试验也证明植物残体中C/N越高,其分解率就越低。一般认为木质素含量较高、C/N比较大的作物秸秆,其腐殖化系数均较大,反之则较小<sup>[15]</sup>。

土壤水分状况是决定秸秆腐解速度的一个重要因素。不同水分条件下,分解秸秆的微生物区系不同,会影响到秸秆的分解速度。左玉萍等<sup>[16]</sup>研究表明,秸秆的分解率与土壤含水量呈正相关,秸秆腐解时的土壤水分适宜区间为15%~22.5%。在土壤含水量为20.0%和15.0%的条件下,秸秆分解率在第10天分别为30.73%和14.01%,在第60天分别为52.90%和43.20%<sup>[17]</sup>。

秸秆直接还田方式也影响秸秆的分解。覆盖于地表的要慢于翻埋于土中的分解速率<sup>[18]</sup>,覆盖还田,秸秆暴露于外界,分解秸秆的微生物处于好气条件下,分解效率较低。秸秆翻埋还田,使秸秆处于嫌气条件下,微生物分解秸秆效率较高<sup>[19]</sup>。翻埋5cm的秸秆腐解最快,32周内腐解65%以上,翻埋15cm的稍慢,腐解约62%<sup>[20]</sup>。

其它因素。如土壤温度、酸碱度、土壤质地以及秸

秆还田量等,它们通过直接或间接的影响土壤微生物和土壤酶的活性,而影响到秸秆的腐解速度<sup>[21]</sup>。

## 3 农作物秸秆还田的意义

首先,秸秆还田是氮素的重要来源<sup>[22]</sup>。土壤矿物质一般不含氮素,除施入氮素化肥外,秸秆还田是补充土壤氮素的重要途径。

其次,可提高土壤的保蓄性和缓冲性<sup>[23]</sup>。秸秆还田后在土壤里形成有机质和腐殖质,土壤有机质是一种疏松多孔的有机胶体,带有大量的负电荷,能吸附大量的阳离子,如钾、铵、钙、镁等。腐殖质的交换量和吸水率比土壤粘粒大几倍甚至几十倍。

第三,可改善土壤物理性质,改良土壤耕性。秸秆通过风化分解形成的腐殖质本身疏松多孔,其粘性远远小于土壤粘粒的粘性,使粘土变得疏松,减小耕作阻力,提高了耕作质量,改善了土壤的通透性<sup>[24]</sup>。同时,刺激植物根系的生长,提高根系的吸收能力,腐殖质中的腐殖酸能刺激根系的生长发育,提高植物吸收水分和养分的能力<sup>[25]</sup>。

此外,秸秆还田还可消除农药的残毒和重金属污染,腐殖酸能吸附和溶解某些农药成分,并能与重金属离子形成溶于水的络合物,使之随降雨或灌溉水排出土体,因此具有消除农药残毒和重金属污染的作用<sup>[26]</sup>。

## 参考文献

- [1] 汪芳,陈新春.农作物秸秆利用现状及综合利用技术[J].农技服务,2007,24(8):117.
- [2] 左天觉,朱尊权[译].烟草的生产、生理和生物化学[M].上海:上海远东出版社,1993:60-64.
- [3] 张志国,徐琪.长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J].土壤学报,1998,35(3):384-911.
- [4] 谢先举.我国旱地免耕研究[J].耕作与栽培,1995(1):16-271.
- [5] Recous S, Aita .C.and Mary B.In situ changes in gross Ntransformations in bare soil after addition of straw [J]. Soil Biol.&Biochem., 1999,(31):119-133.
- [6] Mary B.,Recous S.,Darwis D. and Robin D. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil[J].Plantand Soil,1996(181):71-82.
- [7] 杜秉海,李贻学,宋国菡,等.烟田土壤微生物区系分析[J].中国烟草,1996,2:30-32.
- [8] 戴厚升.农作物秸秆还田好处多[J].安徽农业科学,2002(11):8-10.
- [9] 朱玉芹,岳玉兰.玉米秸秆还田培肥地力研究综述[J].玉米科学,2004,12(3):106-108.
- [10] 李新举,张志国,李贻学.土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J].土壤学报,2001,38(1):135-138.
- [11] 张耀栋,孙维伦,宋木兰.土壤中氮素转换[M].北京:农业出版社,

- 1985,165-171.
- [12] 沈善敏.中国土壤肥力[M].北京:中国农业出版社,1998:79-81.
- [13] Nyberg G,Ekblad A,Buresh R,et al.Short-term patterns of carbon and nitrogen mineralization in a fallow field amended with green manures from agroforestry trees[J].*Biol Fert Soils*,2002,36:18-25.
- [14] Weatherly HE,Zitzer SF,Cileman J,et al.In situ litter decomposition and litter quality in a Mojave Desert ecosystem: effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and interannual climate variability [J].*Global Change Biol*,2003,9:1223-1233.
- [15] 林心雄,程励励,施书莲,等.绿肥和秸秆等在苏南地区土壤中的分解特征[J].*土壤学报*,1980,17(4):319-327.
- [16] 左玉萍,贾志宽.秸秆分解土壤水分适宜区间及临界值[J].*西北农业学报* 2003,12(3):73-75.
- [17] 左玉萍,贾志宽.土壤含水量对秸秆分解的影响及动态变化[J].*西北农林科技大学学报(自然科学版)*,2004,32(5):61-63.
- [18] MalW,Peterson G A,Ahuja I R,et al.Decomposition of surface crop residues in long-term studies of dry land agroecosystems[J].*Agronomy Journal*,1999,91: 401-409.
- [19] 李新举,张志国,李贻学.土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J].*土壤学报*,2001,38(1):135-138.
- [20] 莫淑勋.土壤养分、植物营养与合理施肥[M].北京:北京农业出版社,1983:45-63.
- [21] 王允白,计玉.山东沂水植烟土壤类型与烟叶品质关系的调查研究[J].*中国烟草科学*,2000,(2):11-15.
- [22] 沈中泉.有机与无机肥配施对烟叶品质的影响[J].*烟草科技*,1988,(6):49-53.
- [23] Zhu Zhaoliang,Wen Qixiao. Freney J R (eds). *Nitrogen in Soils of China*[M].Kluwer academic publishers,1997:43-66.
- [24] 巨晓棠,晁逢春,李春俭,等.土壤后期供氮对烤烟产量和烟碱含量的影响[J].*中国烟草学报*,2003,9(B11):48-53.
- [25] 付丽波,王毅,瞿兴,等.在高肥力秸秆和氮肥配合施用对高肥力植烟土壤理化性质的影响[J].*华中农业大学学报*,2004,23(3):295-299.
- [26] 和丽忠,张晓海,汪祿祥,等.直接施用禾本科秸秆对烤烟产量、产值和品质的影响[J].*西南农业学报*,2004,17(6):773-779.