

# 稻草还田对作物生长的影响及其生态学效应

刘开强<sup>1</sup>, 江立庚<sup>1</sup>, 周佳民<sup>1</sup>, 胡统铭<sup>2</sup>, 徐世宏<sup>2</sup>

(1. 广西大学作物栽培学与耕作学省级重点开放实验室, 广西南宁 530005; 2. 广西农业技术推广总站, 广西南宁 530022)

**摘要** 稻草生物产量约占水稻整个生物产量的50%, 含有作物生长所需要的各种营养物质。近年来, 随着免耕技术的发展和推广应用以及生态恶化、资源短缺、氮肥利用率低等方面的原因, 稻草还田方面的研究越来越多。综述了稻草品质化学、还田技术以及稻草还田对作物生长及微生态环境的影响等方面的研究进展。

**关键词** 稻草; 还田; 生长; 生态学效应

中图分类号 S157.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)06-02405-02

## Ecology Effect of Straw returning to field on Crop Growth

LIU Kai-qiang et al (Key Laboratory of Crop Cultivation and Farming System of Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005)

**Abstract** The biological production of straws about a half of all rice biomass. It contains nearly all kinds of nutrition needed by plant. It was considered that the technology of no-tillage was a significant revolution of plant cultivation technique. So there have been more and more researches on the straw returning to field. In this paper the chemical quality, cultivation technique of straw returning to field and its effect on plant growth were reviewed.

**Key words** Straw; Straw returning to field; Growth; Ecology effect

水稻秸秆是可再生的宝贵的农副产品资源, 年产量约2亿t, 约占秸秆总量的1/3<sup>[1]</sup>。稻草还田除可避免稻草焚烧所带来的环境污染外, 还可作为良好的有机肥源, 补充土壤养分, 降低生产成本。随着免耕稻草还田技术的发展和推广, 国内外更加重视稻草还田方面的理论研究与应用。稻草体内主要是纤维素、半纤维素、木质素等难溶物。稻草腐熟后含有植物所需的各种营养成分, 其中有机物56.5%、全氮1.6%、全磷1.5%、全钾43.6%、钙1.8%、镁0.3%、锌86.0 ng/kg、铁895.8 ng/kg、硫0.2%等, 是丰富的肥料资源<sup>[2]</sup>。

### 1 稻草的分解腐熟及纤维素分解菌的研究进展

环境条件在稻草分解和腐解过程中起至关重要的作用, 如适当的水分管理、良好的通气状况等。秸秆的降解是依靠微生物区系共同作用的结果。近年来对该领域的研究十分活跃, 主要侧重于纤维素分解菌的筛选, 纤维素酶活性的研究, 为稻草的资源化、产业化利用奠定了基础。

不同纤维素分解菌对稻草纤维素的分解能力有一定的差异<sup>[3]</sup>。稻草腐解过程中生成酚酸化合物主要是香豆酸和阿魏酸<sup>[4]</sup>。稻草硅以不可溶性和可溶性形式存在。不可溶硅与木质素协同作用阻碍稻草降解, 而提高可溶性硅的溶解率有利于瘤胃微生物对稻草纤维素的降解利用<sup>[5]</sup>。因此, 稻草硅溶解特性是影响稻草纤维素降解率的主要因素。

### 2 稻草还田对微生态环境及土壤养分的影响

还田稻草对作物生长和发育的影响有两种途径, 一是通过自身分解的营养成分、化学物质等直接影响作物, 二是通过影响微生态环境间接影响作物。

稻草在分解过程中产生有机酸。高浓度的有机酸一方面对作物生长产生毒害作用, 另一方面, 有机酸可通过酸溶、螯合等机制活化土壤难溶态磷, 提高磷的生物有效性。彭娜等<sup>[6]</sup>研究发现, 稻草分解对土壤有机酸积累的影响取决于水分管理模式, 施用稻草能显著提高土壤有效磷的含量。在酸

性土壤施用稻草提高土壤有效磷的机理, 其原因除了稻草可直接矿化出部分无机磷外, 还可能是提高了土壤pH, 有利于磷酸铁、铝的溶解; 或者产生的有机酸促进土壤磷的溶解与活化。

稻草的施入能明显提高CO<sub>2</sub>浓度, 且最高CO<sub>2</sub>浓度和稻草腐解速率呈正相关<sup>[7]</sup>。这可能是由于稻草是土壤微生物活动的主要能源, 能够激发各种酶的活性, 而土壤微生物的聚集区正好是稻草与土壤充分接触的部分, 因此稻草能较快腐解, 使温室内CO<sub>2</sub>浓度迅速提高。而且随着稻草施入长度的增加温室最高CO<sub>2</sub>浓度相应增加<sup>[7]</sup>。

秸秆覆盖较翻压能明显降低土壤水分的蒸发速度, 可明显控制土壤盐分表聚, 减少土壤表层含盐量<sup>[8-9]</sup>。另外, 随着稻草施入长度的增加, 稻草腐解速率、土壤含水量及土壤碱解氮和速效P含量均相应增加。由此推断, 稻草施入方式与施入长度间存在一定的交互作用<sup>[7]</sup>。因此, 应该根据稻草的不同施入方式选择合适的施入长度。

在对土壤养分的影响上, 稻草还田能明显增加土壤表层有机碳、碱解氮、有效磷, 增加土壤微生物量<sup>[10]</sup>。周江明等<sup>[2]</sup>研究表明, 稻草还田对土壤表层培肥作用最明显的是增加了速效磷, 其次是速效氮和速效钾, 有机质也有较明显提高, 降低了土壤容重, 增加了持水量和耕层厚度, 提高了阳离子交换量。另外, 稻草还田可有效减少地表径流量<sup>[11]</sup>, 对土壤具有保湿保温、防渍作用<sup>[12]</sup>。

### 3 不同基因型水稻及稻草处理方法对稻草品质的影响

不同基因型水稻稻草的蛋白质含量有着明显的差异, 且稻草蛋白质含量与秆长呈极显著负相关<sup>[13]</sup>。各国学者对稻草的加工工艺及其对稻草品质的影响进行了深入的研究, 微贮、氨水氨化、尿素氨化和复合化学处理均可降低稻草的粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维的含量, 后三者处理可以提高稻草的粗蛋白质含量, 但真蛋白质含量变化不大<sup>[14]</sup>。刘春龙等<sup>[15]</sup>用尿素、秸秆发酵活干菌、复合酶处理稻草后, 粗蛋白质含量提高, 粗纤维含量下降。对稻草进行微波处理后, 稻草外表面包括木质素和纤维素在内的化学成分变化不明显, 而稻草内表面SiO<sub>2</sub>略有减少, 木质素和纤维素也有一

基金项目 国家自然科学基金(30560066)和广西研究生教育创新计划资助项目。

作者简介 刘开强(1980-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向: 作物生长与营养生理。

收稿日期 2007-12-06

定变化<sup>[16]</sup>。也有人用亚硫酸钠和亚硫酸铵来处理稻草以提高其营养价值<sup>[17]</sup>。为提高稻草的适口性,一般采用氨化处理。氨化处理不仅对稻草起碱化作用,有效破坏稻草的木质素结构,提高有机物质的消化率,还可补充一定的氮素,增加蛋白质营养。

#### 4 还田稻草的肥效及对肥料利用的影响

稻草含有作物生长所需的多数营养物质,一定量的稻草可代替肥料的使用。稻草还田携入的钾与化学钾肥具有相同的营养功效,施稻草6 750 ~9 000 kg/hm<sup>2</sup>基本上能满足水稻对钾素的需要<sup>[18-19]</sup>。卢学兰等<sup>[20]</sup>研究了稻草还田对作物尿素肥效的作用,发现在水稻和小麦上,稻草都有增加尿素<sup>15</sup>N在土壤中的生物固持和减少其损失的效果,稻草可提高尿素<sup>15</sup>N运转到稻谷和麦粒的相对比率。而在水稻迟栽的情况下,植株对肥料的依赖性增强,因而稻草促进植株对尿素<sup>15</sup>N的吸收量和转化率更明显。同时,余冬立研究表明,稻草还田配施氮肥能显著提高水稻氮素吸收转化能力。秸秆还田和实地氮肥管理提高了氮收获指数和利用效率<sup>[21]</sup>。

#### 5 稻草还田对作物生长、产量及其生理基础的影响

稻草覆盖生产在马铃薯、玉米、油菜、烟草、花生等作物,尤其是免耕水稻上应用和研究的较多。稻草覆盖可以提高花生的叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率和产量<sup>[11]</sup>。稻草覆盖大麦则可改善大麦钾素营养,提高叶绿素含量延缓衰老,增加株高、单株重、穗粒数和千粒重,有显著增产效果<sup>[22]</sup>。麦田覆盖稻草可促进大麦早苗、壮苗、分蘖力增强并可抑制草害,起到了增产、培肥等效应<sup>[23]</sup>。

盛良学等<sup>[10]</sup>研究发现,经稻草处理的玉米生物学产量和经济产量均明显高于化肥处理。在油菜上,稻草免耕法移栽油菜与一般的稻田翻犁移栽油菜虽然在产量上没有区别,但稻草对改良土壤是极为有利的<sup>[24]</sup>。李良勇研究表明,稻草还田不仅能显著提高烤烟的生物量,改善烤烟的经济性状,还能促进其他影响元素的吸收积累。同样,适量稻草覆盖烟田不但能调节土层温度,具有明显的蓄水保水作用,促使烟株早生快长,延长大田生长期,而且还能明显提高烟叶产质量、等级结构和产值<sup>[26]</sup>。

稻草还田在水稻上的研究主要侧重于土壤微生态和产量因子。定位试验表明,稻草还田后土壤有机质和有机无机复合体数量提高,土壤主要物理性质与结构得到进一步改善,土壤速效钾、速效磷、有效磷、全氮含量也都有较大提高,土壤酶活性增强,生产力提高,水稻增产<sup>[27]</sup>。高明等<sup>[18]</sup>研究还表明,稻草还田有利于土壤微团聚体的形成,改善土壤物理状况,提高有机质、有效硅的含量,增产11.76%。李竹松<sup>[28]</sup>试验表明,稻草覆盖免耕栽培晚稻能有效降低稻田温度,有利于晚稻返青和成活,促进前期水稻分蘖、增加穗数,夺取高产;有利于土壤中细菌和真菌的生长繁殖,促进晚稻增产增收。而定位试验发现稻草还田对翌年水稻具有显著的增产作用,稻草的增产作用还随着稻草还田时间的延长而逐年升高<sup>[29]</sup>。刘义明等<sup>[30]</sup>研究了广西淡酸田生态条件下稻草直接还田免耕抛秧对杂交晚稻的影响,发现稻草还田能增加有效穗、总粒数和实粒数、千粒重,增产显著。石健康等<sup>[31]</sup>在传统牛耕和机械旋耕条件下实行稻草还田,其稻谷产量分

别增产5.2%和3.9%;在稻草还田的情况下,施N处理产量显著高于不施N处理。而Alison(2000)发现,当其他营养成分充足时,水稻籽粒产量不受不同稻草管理方式的影响。

在稻草不同还田方法上,研究表明<sup>[32]</sup>,稻草不经堆沤直接作为基肥施用不利于烟株生长发育及烟叶品质提高,而配施白云石粉溶田不仅可以显著提高烟叶质量,还能减轻病虫害的发生,同时,稻草直接还田与稻草堆沤后作为基肥施用无明显差异。靳志丽等<sup>[33]</sup>研究表明,稻草覆盖有利于烤烟品质的提高,且对烤烟的根系活力、经济性状等的影响均较稻草翻压效果好。施用秸秆催腐剂“腐秆灵”的水沤法、堆沤法及施用石灰的石灰法均能加速稻草腐解,方便耕作,提高成穗率,显著提高产量<sup>[34]</sup>。

#### 6 综合评价

综上所述,稻草还田是养分“土壤-作物-土壤”生态循环的有效途径之一,可以提高土壤养分含量,改善土壤物理性状,增强土壤微生物和土壤酶活性,还可以提高作物产量。稻草还田的经济效益在免耕条件下考虑的较多。连年施用稻草可以提高地力<sup>[35]</sup>,有利于改善和协调作物生长与土壤肥力之间的关系。另一方面,还田稻草释放的有害物质又直接或间接影响到生态环境和作物的生长。但长期稻草还田对土壤理化性状及作物生长发育的影响,还田稻草的养分释放特性及其有效利用方面的研究较少。

#### 参考文献

- [1] 王仁振,李艳华. 秸秆粗纤维饲料的工业化加工技术的研究[J]. 饲料工业,1997,18(2):6-9.
- [2] 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.
- [3] 陈建军,陈海燕. 不同培养条件下纤维素分解菌对稻草的分解研究[J]. 微生物学,2004,24(4):5-9.
- [4] 朱林,沈其荣,张春兰,等. 稻草等有机物料腐解过程中酚酸类化合物的动态变化[J]. 土壤学报,2001,38(4):471-475.
- [5] 沈恒胜,陈君琛,倪德斌. 稻草硅化和溶解特性对稻草纤维降解率及其利用的影响[J]. 中国农业科学,2001,34(6):672-676.
- [6] 彭娜,王凯荣,BURSH R J,等. 不同水分条件下施用稻草对土壤有机酸和有效磷的影响[J]. 土壤学报,2006,43(2):347-352.
- [7] 武春成,曹霞,齐明芳,等. 稻草不同施入方法对温室土壤主要环境因子的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(3):528-530.
- [8] 李新举,张志国. 秸秆覆盖对土壤水分蒸发及土壤盐分的影响[J]. 土壤通报,1999,30(6):257-258.
- [9] 李新举,张志国,李贻学,等. 秸秆覆盖对盐渍土水分状况的影响[J]. 山东农业大学学报,1999,30(4):398-403.
- [10] 盛良学,黄道友,汪立刚,等. 稻草还田对春玉米生长发育与产量的影响[J]. 广西农业生物科学,2006,25(1):56-59.
- [11] 邱才飞,彭春瑞,周国华,等. 不同覆盖物应用在花生上的抗旱效果研究[J]. 江西农业学报,2004,16(3):18-21.
- [12] 李斌,李成,何高,等. 稻草覆盖对大麦生育特性的影响及高产配套技术[J]. 大麦科学,2004(1):16-18.
- [13] 焦爱霞,曹桂兰,郭建春,等. 不同基因型稻草蛋白质含量的差异评价[J]. 中国农业科技导报,2006,8(2):10-14.
- [14] 汤丽琳,夏先林,张丽,等. 不同处理方法对稻草营养成分影响研究[J]. 草业科学,2002(7):26-30.
- [15] CHUNLONG LIU, FENGJUN SUN, CHANGSHENG LI, et al. Effects of different treatments on the nutrition value of rice straw[J]. Journal of Science, 2002, 28(1):28-31.
- [16] 周晓燕,周定国,施登军. 微波处理对稻草表面特性的影响[J]. 林产工业,2005,32(5):28-30.
- [17] 张文举,王加启,龚月生,等. 亚硫酸钠和亚硫酸铵处理稻草提高其营养价值的效果研究[J]. 饲料工业,2002,23(3):21-24.
- [18] 高明,魏朝富,陈世正. 稻草还田对土壤性状及水稻产量的影响[J]. 西南农业大学学报,1995,17(5):281-285.
- [19] 蒋邵农,刘传桃,陈琦,等. 稻草还田量对土壤肥力和水稻生产的影响[J]. 湖南农业科学,2001(2):19-22.

或次优势状态,如黄瑞木(*Adinandra millectii*)、木荷(*Shima superba*)等;灌木层主要有小叶赤楠(*Syzygium grjssii*)、栀子(*Gardenia jasminoids*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、乌饭树(*Vaccinium bracteatum*)、白栎(*Quercus fabric*)、山矾(*Symplocos caudata*)等;草本植物主要为芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、蕨(*Pteridum aquilimum*)及少量狗脊(*Woodwardia japonica*)等,层间植物有菝葜(*Smilax china*)、土茯苓(*Smilax glabra*)等;另有一定数量的荆棘植物,如山莓(*Rosa corchorifolius*)、茅莓(*R. parvifolius*)、金樱子(*Rosa laevigata*)等。

杉木林为人工林,乔木层主要是杉木,下灌木层主要有白栎、满树星(*Ilex aculeata*)、山莓(*Rubus corchorifolius*)、栀子、杜鹃等,草本层主要有狗脊、芒萁、淡竹叶(*Lophatherum gracile*)、苔草(*Carex ssp.*)等,层间植物主要有蛇葡萄(*Ampelopsis ssp.*)、菝葜、鸡血藤(*Millettia reticulata*)等。

**3.2 阔叶林** 村庄附近有少量阔叶林和针阔混交林,在“东野”分布区水系上游阔叶林非常少,而在其下游沟谷东南侧丘陵分布一定面积的次生常绿阔叶林。乔木组成树种主要有苦槠、木荷、枫香、小叶栎、马尾松、樟树、杜英(*Haecarpus decipiens*)、黄瑞木等;组成灌木主要有白栎、小叶赤楠、杜鹃、油茶(*Canellia oleifera*)、乌饭树、荚(*Viburnum dilatatum*)、山矾、栀子等;草本层主要有狗脊、淡竹叶、芒萁、苔草、土麦冬(*Liriope spicata*)等;层间植物主要有蛇葡萄、菝葜、土茯苓、鸡血藤、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)等。

**3.3 灌丛** 在“东野”分布区有大面积的灌丛,灌丛中分布有许多乔木树种的幼苗,如马尾松、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、木荷、黄瑞木、小叶栎(*Quercus chenii*)等,如加以抚育,可以向森林植被演替。主要组成植物有白栎、乌饭树、小叶赤楠、栀子、杜鹃、木

(*Loropetalum chinense*)、山矾、算盘珠(*Glochidion puberum*)、白檀(*Symplocos paniculata*);草本植物主要有桔草(*Cymbopogon goeringii*)、芒萁、茅膏菜(*Drosera peltata var. lunata*)、小二仙草(*Holoragis nicrantha*)、地蕊(*Melastoma cbeccandrum*)等;层间植物有菝葜、土茯苓等。

#### 4 小结

通过对“东野”原生地植被分布及群落学特征的研究可知,“东野”分布区的原生优势植物大多残存于局部生境较好的沟谷溪流边,呈岛状间断分布,只有耐干旱、贫瘠的植物还有较广分布,但多生长不良。为了保护野生稻,在保护好现状植被的同时,要加大原生植被的恢复力度,以恢复野生稻原生环境,真正实现野生稻的持续发展。

#### 参考文献

(上接第2406页)

- [1] 姜文正,涂英文.东乡野生稻的研究[J].作物品种资源,1988,3(1):1-4.
- [2] 潘熙淦,饶宪章.东乡野生稻观察及特征鉴定报告[J].江西农业科技,1982(7):5-9.
- [3] 李子先,刘国平,余文金.中国东乡野生稻遗传异质性的研究[J].西南农业大学学报,1989,11(3):285-287.
- [4] 陈大洲,肖叶青.江西东乡野生稻的濒危现状调查[J].江西农业大学学报,2000,22(5):29-31.
- [5] YIN CUSHAN, CHEN DAZHOU. In situ conservation of Dongxiang wild rice [J]. CRRN, 2000, 8(3):6.
- [6] 洪德元.中国野生稻种质资源[J].中国科学院学报,1995,10(4):325-326.
- [7] 高立志,周毅,葛颂,等.广西野生稻的遗传资源及保护对策[J].中国农业科学,1998,31(1):32-39.
- [8] 钱韦,谢中稳.中国疣粒野生稻的分布、濒危现状和保护前景[J].植物学报,2001,43(12):1279-1287.
- [9] 高立志,葛颂.云南粒野生稻的居群结构及其原位保护中的意义[J].中国科学C辑:生命科学,1999,29(3):297-302.
- [10] 高立志,张寿洲.中国野生稻资源调查[J].生物多样性,1996,4(3):160-166.
- [11] 陈家宽,王海洋,何国庆.江西境内珍稀植物普通野生稻和中华水韭产地的考察[J].生物多样性,1998,6(4):260-266.
- [12] 中国农学通报,2006,22(1):188-191.
- [20] 李竹松,彭晚桂,汤海涛,等.稻草覆盖免耕栽培晚稻的生态效应研究[J].湖南农业科学,2002(5):30-33.
- [29] 王玄德,石孝均,宋光煜.长期稻草还田对紫色水稻土肥力和生产力的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):302-307.
- [30] 刘义明,梁卓发,颜明,等.淡酸田稻草直接还田免耕抛秧对杂交晚稻的影响[J].土壤肥料,2005(3):58-61.
- [31] 石健康,苏时民,戴昌浩,等.不同耕作方式和施氮水平对稻草还田效益的影响[J].作物研究,2006(6):116-118.
- [32] 郭金平,邱志丹,林桂华,等.不同稻草还田方式对烟叶产质量的影响[J].中国烟草科学,2007,28(3):24-25.
- [33] 靳志丽,梁文旭,李湘翼,等.湘南烟区不同稻草还田方式和覆盖栽培对烤烟生长的影响[J].湖南农业科学,2007(3):79-82.
- [34] 江添茂,黄燕翔,郭丽芳,等.稻草不同还田方法的比较试验[J].土壤肥料,2003(2):41-44.
- [35] 成万庆.水田稻草还田的效果[J].盐碱地利用,1990(4):43-45.
- [20] 李井葵,蔡大同,卢学兰,等.稻草和稻根还田对作物的尿素肥效的作用[J].南京农业大学学报,1992,15(3):45-52.
- [21] 徐国伟,吴长付,刘辉,等.麦秸还田及氮肥管理技术对水稻产量的影响[J].作物学报,2007,33(2):284-291.
- [22] 谢凤根,龚景春,沈岳良,等.大麦田覆盖稻草的增产效果[J].土壤肥料,1995(4):18-21.
- [23] 李斌,李成,何高,等.稻草覆盖对大麦生育特性的影响及高产配套技术[J].大麦科学,2004(1):16-18.
- [24] 张玲,祝元波,郭永杰.稻草不同方式覆盖和免耕与翻犁对油菜产量影响试验总结[J].耕作与栽培,2006(3):49.
- [25] 李良勇,李帆,黄松青,等.稻草不同还田量和还田方式对烤烟养分吸收及产质的影响[J].福建农业学报,2007,22(1):10-14.
- [26] 刘红日.稻草还田方式对烤烟生长发育的影响[J].中国烟草科学,2005,26(1):31-33.
- [27] 邱孝煊,蔡元呈,林勇,等.稻草还田对红壤性水稻土肥力的影响[J].