

纤维分解菌对稻草田间腐解和水稻生长发育的影响

汤海涛, 李明德, 张一扬, 汤 睿, 余崇祥, 何英豪, 郭志强

(湖南省农业科学院土壤肥料研究所, 湖南 长沙 410125)

摘 要:通过室内模拟试验、发酵试验和 2 年稻田水稻栽培试验验证了自选纤维分解菌的腐草效果。结果表明, 环境条件在稻草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、较高土壤肥力和生物活性等有利于稻草快速降解。所选纤维分解菌在 3 种试验条件下均能明显的促进稻草快速腐解, 且不同菌种混合接种的腐草效果好于单一菌种接种。室内模拟试验中施用纤维分解菌的稻草腐解率比未施用的 30 d 内提高 12.6% ~ 22.8%。在较好的培养条件下, 接种纤维分解菌的稻草腐解率比模拟田间条件下的自然腐解率 30 d 内提高 42.7% ~ 59.9%。田间试验表明, 稻草翻埋并接种纤维分解菌的稻草腐解率比稻草翻埋不接种的对照 60 d 内提高 3.5%, 稻草覆盖并接种纤维分解菌的稻草腐解率比稻草覆盖不接种的对照 60 d 内提高 10.7%。连续 2 年的田间试验表明稻草还田结合此菌剂的施用, 可减轻和防止多量稻草还田给水稻生长带来的不利影响, 提高水稻的结实率、千粒重和每穗总粒数, 从而提高水稻的产量, 以稻草覆盖的产量提高较明显。

关键词:纤维分解菌; 稻草; 腐解; 水稻

中图分类号:X131 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 – 2043(2004)04 – 0753 – 04

Effects of Cellulose Decomposition Microbes on Rice Straw Decomposition and Growth of Rice

TANG Hai-tao, LI Ming-de, ZHANG Yi-yang, TANG Rui, YU Chong-xiang, HE Ying-hao, GUO Zhi-qiang

(Institute of Soil and Fertilizer, Hunan Academy of Agricultural sciences, Changsha 410125, China)

Abstract: Based on organic resource waste and pollution of environment resulting from the superfluous rice straw, we have screened some favorable cellulose decomposition microbes from paddy soil and residua of firedamp pool in order to enhance decay of rice straw returned into paddy field. The effects of favorable cellulose decomposition microbe consortia on decaying rates of rice straw were tested under indoor simulation, ferment and field trials conditions. The results showed that environment conditions were very important in decomposition of rice straw. Proper moisture, better ventilate and higher fertility of soil were propitious to decomposition of rice straw. Addition of favorable cellulose decomposition microbe consortia enabled rapid decomposition of rice straw under three conditions and decomposition rate of rice straw with mix inoculation of different microbes was higher than that with inoculation of single microbe. We have selected better microbes combined and tested its effects on decomposition of rice straw, the results showed that compared with the comparison simulated paddy field natural condition, addition of microbes increased the decomposition rate of rice straw by 12.6% ~ 22.8% in 30 – day simulation trial and 42.7% ~ 59.9% in 30 – day ferment trial, compared with each control treatment, while addition of microbe consortia increased the sixty – day decomposition rate of rice straw by 3.5% with rice straw returned in soil and 10.7% with rice straw returned on soil surface in field trial. Our test indicated that the combined application of rice straw and favorable cellulose decomposition microbe consortia in paddy field can prevent rice plant from bad influence of toxicants resulting from rice straw decomposition, accelerate growth of rice, increase rice yield mainly due to improving rice economic properties, namely increasing rice fertility, 1000 – grain weight and grains/ear in continual two – year field trial. The combined application of rice straw and favorable cellulose decomposition microbe consortia in paddy field can save labour and energy, increase agriculture production efficiency, as well as enable rapid decay of rice straw in paddy field and quicker nutrient release, reduce fertilizer cost and environment pollution, that is a simple, applied agriculture produce measure and has very wide popularizing and using foreground.

Keywords: cellulose decomposition microbes; rice straw; decomposition; rice

收稿日期: 2003 – 12 – 23

基金项目: 湖南省农业科学院重点学科基金资助项目(2003 – 14)部分内容

作者简介: 汤海涛(1968—), 男, 副研究员, 主要从事土壤资源、土壤微生物和生态农业等方面的工作。E – mail: tangsoil@ 163. com

随着水稻高产施肥技术的发展和复种指数的提高,我国大部分地区稻田施肥存在“重化肥,轻有机肥”倾向,长期偏施化肥,单位化肥的增产量日趋下降^[1],土壤肥力退化,更严重的是造成地下水污染问题日益突出。稻草中含有 C、N、P、K 以及各种微量元素,还田后可使水稻吸收的大部分营养元素归还稻田,增加土壤有机质,对维持土壤养分平衡起着积极的作用,同时还可改善土壤团粒结构和理化性状,提高地力,增加水稻产量,节约化肥特别是钾肥用量,对保护农业生态环境,促进农业可持续发展起着十分重要的作用。目前对稻草还田方式的研究报道较多,但仍不能很好地发挥还田稻草的当季肥效作用和缓解并消除还田稻草腐解初期产生的有毒还原物质对水稻根系的毒害作用。有试验表明^[2-6],稻草接种功能微生物后还田,可一定程度缓解上述矛盾,促进稻草腐解和提高水稻产量。对纤维分解菌在稻田还田稻草上的应用研究报道较少,因此进行了稻田土壤和沼气池渣中纤维分解菌的选育、配置,并对其腐草效果进行了室内模拟试验和田间微区试验和田间小区试验。

1 材料和方法

1.1 菌种分离和筛选

菌源材料:从本单位试验农场取经常覆草的稻田土壤样和经常投放稻草的沼气池沼渣样各数份,供菌株分离培养用。

培养基:①赫钦森-克莱顿琼脂培养基;②磷酸铵琼脂培养基;③纤维素粉琼脂培养基;④稻草粉真菌琼脂培养基。①和②均分别用稻草粉或纤维滤纸作惟一碳源取代其配方中的碳源。

分离和纯化:在以稻草为唯一碳源的琼脂平板培养基上点接菌源材料,28℃~30℃培养4d出现菌斑,将生长良好且腐草效果较好的菌斑转接在相同平板培养基上、28℃~30℃培养4d,多次重复培养直至得到单个菌株。将所得到的菌株接到滤纸平板培养基上28℃~30℃培养7d进行筛选,根据滤纸液化程度和直径大小来筛选分解纤维素能力较强的单个菌株及混合菌群。

1.2 室内模拟试验

稻草失重率测定:将接种腐烂到一定程度后的稻草充分水洗,残留物80℃烘干称重,用减重法计算出稻草失重率。

室内稻草腐解田间模拟试验:用500 mL三角瓶装过20目土壤样300 g、烘干稻草8 g、尿素5 g,按淹

水埋草、淹水盖草、土壤80%田间持水量盖草,接种和灭菌设置处理,每处理设3次重复,30 d后测稻草失重率。

室内发酵条件下的稻草腐解试验:选取部位相同、粗细均匀的稻草短秆5 g用10%的尿素液浸泡24 h,取出转入高压蒸汽灭菌锅中保持锅内压力100 Pa 20 min,灭菌后接种相应菌群,28℃~30℃培养,定期加1%的灭菌尿素液5 mL,30 d后测稻秆失重率。

1.3 稻田微区试验

2002 年微区试验设 5 个处理:①无稻草还田;②稻草覆盖;③稻草接种覆盖;④稻草接种翻埋;⑤稻草未接种翻埋。3 次重复,小区面积 1 m²。2003 年田间小区试验处理设计与 2002 年田间微区试验设计相同施肥,3 次重复,小区面积 30 m²。2002 年水稻品种为常规优质晚稻为湘晚粳 5 号,2003 年水稻品种为杂交稻金优 C₆。2 试验各处理均施 P₂O₅(普钙) 75 kg·hm⁻²、K₂O(KCl) 100 kg·hm⁻²、N180 kg·hm⁻²,基肥,60% N、30% K₂O、100% P₂O₅、稻草还田量为 19 500 kg·hm⁻²鲜稻草;移栽后 7 d 施 20% N、20% K₂O,拔节期施 20% N、25% K₂O,壮籽期施 25% K₂O。田间管理:各小区统一耕耙施基肥,起埂隔离,实行单独排灌。水分管理:秧苗移栽后,连续 7 d 保持 10 cm 活蔸水层,以后则采取湿润灌溉方式(即每次灌水 10 cm,待水落干至田面见不到明水时再灌水 10 cm,如此往复)。

田间稻草腐解率的测定:选取长短粗细一致的稻草秆 20 根扎成一把,装入尼龙袋中进行处理后埋入土壤或覆盖在田面上,定期取出充分洗净 80℃烘干称重,计算稻草失重率。

2 结果与分析

2.1 土壤肥力和土壤水分条件对稻草腐解速度的影响

由于土壤给予微生物生活条件的差异,其中微生物群的组成成分和数量各不相同,土壤肥力主要影响微生物的数量和活性,土壤水分条件直接决定土壤通气状况,对微生物群组成成分影响较大。从表 1 可以看出,改善土壤通气状况和提高土壤肥力均可促进稻草腐解,以肥稻田土壤稻草覆盖结合湿润灌溉,稻草腐解效果最好,比同种土壤稻草淹水翻埋 30 d 失重率绝对值提高 14.3%,相对提高 42.1%;比瘦稻田土壤稻草覆盖结合湿润灌溉绝对值提高 9.6%,相对提高 24.8%。说明环境因子(如湿润、通气、土壤生物活

表 1 土壤环境条件对稻草腐解速度的影响(30 d)
Table 1 Effects of the soil conditions on rice straw decomposition (30 days)

处理	干重/g	失重/g	失重率/%	差值	增幅
肥稻田土壤	稻草淹埋	8	3.9	34	
	淹水盖草	8	4.51	39.3	5.3
	湿润盖草	8	5.53	48.3	14.3
瘦稻田土壤	稻草淹埋	8	3.1	27.1	
	淹水盖草	8	3.61	31.5	4.4
	湿润盖草	8	4.43	38.7	11.6

性等)在稻草腐解过程中起至关重要的作用。

2.2 不同类型菌株配置腐解稻草的效果

从模拟稻田土壤环境腐草试验结果可以看出，A、B 2 种不同类型菌群均能在稻田土壤环境中促进稻草腐解，以 2 者混合接种处理对稻草腐解效果最佳。因为 2 种菌群均来源于稻田土壤环境或沼气池环境，这 2 种环境与稻田土壤环境极为相似，故能在稻田土壤环境中共同生存。且它们完全是不同的微生物类型，在环境中能相互演替利用、相互促进，因而促进稻草腐解作用好于他们任一单个菌群。3 个未灭菌接种菌群的处理稻草腐解率比不接种处理的稻草腐解率，绝对值分别提高 11.0%、8.2%、6.1%，相对分别提高 22.8%、17.0%、12.6%；灭菌接种处理稻草腐解率比对应的未灭菌接种处理稻草腐解率略低，可能是土著微生物中一些有益菌的协同作用所致，见表 2。

表 2 菌株不同配置对稻草促腐效果的影响(30 d)
Table 2 Effects of combination among strains on rice straw decomposition (30 days)

处理	干重/g	失重/g	失重率/%	差值	增幅
未接种	8	3.86	48.3		
接种 A	8	4.35	54.4	6.1	12.6
接种 B	8	4.52	56.5	8.2	17.0
接种 A + B	8	4.74	59.3	11.0	22.8
灭菌未接种	8	0.27	3.4		
灭菌接种 A	8	4.26	53.3	49.9	
灭菌接种 B	8	4.38	54.8	51.4	
灭菌接种 A + B	8	4.61	57.6	54.2	

2.3 所选菌群的腐草效果

对两种自选菌群室内发酵培养试验表明：自选好气菌和自选兼性嫌气菌均对稻草有十分明显的促腐效果，以兼性嫌气菌促腐效果最好，比模拟稻田土壤环境中稻草自然腐解率绝对值提高 27.2%，相对提高 59.9%。自选好气菌对稻草的腐解率比土壤环境稻草自原腐解率绝对值提高 19.4%，相对提高 42.7%，见表 3。

表 3 不同微生物群对稻草的腐解效果(30 d)
Table 3 Effects of different strains on rice straw decomposition (30 days)

处理	干重/g	失重/g	失重率/%	差值	增幅
模拟稻田环境	5	2.27	45.4		
沼液自然条件培养	5	2.39	47.8	2.4	5.3
好气菌发酵培养	5	3.24	64.8	19.4	
兼性嫌气菌发酵培养	5	3.63	72.6	27.2	59.9

2.4 自制菌剂的室内腐草效果

从自制菌剂室内发酵培养的试验结果可以看出，自制菌剂室内发酵培养条件下腐草效果十分明显，以自制 1 号效果较明显，比比模拟稻田土壤环境中稻草自然腐解率绝对值提高 27.6%、增幅 58.0%；自制 2 号次之，比模拟稻田土壤环境中稻草自然腐解率绝对值提高 21.4%、增幅 45.0%，见表 4。

表 4 自研催腐剂室内腐草效果(30 d)
Table 4 Indoor effect of the biology reagent on rice straw decomposition(30 days)

处理	干重/g	腐后重/g	失重率/%	差值	增幅
土壤	5	2.62	47.6		
自研 1 号	5	1.24	75.2	27.6	58.0
自研 2 号	5	1.55	69.0	21.4	45.0

2.5 稻草生物催腐剂对水稻生长发育经济性状的影响

把室内腐草效果较好的自制稻草催腐腐菌剂结合稻草还田进行田间试验，从 2002 年微区试验水稻生长发育的动态变化可以看出，稻草催腐剂对水稻生长发育有一定促进作用，以施催腐剂结合稻草覆盖效果最明显，施催腐剂结合稻草翻埋次之，2 处理有效穗和株高分别比对照提高 0.7 根· m^{-2} 、0.3 根· m^{-2} ，1.2 cm、0.8 cm，见图 1、图 2。从表 5 可以看出，施用催腐剂有利于改善水稻经济性状，穗长、每穗实粒数、千粒重和结实率均有所增加，尽管有效穗略有下降，但产量仍有明显增加。

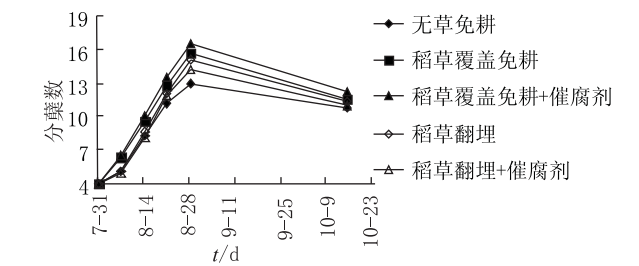


图 1 水稻分蘖动态变化曲线(2002 年)
Figure 1 Dynamic change of rice tiller (the results from the test in 2002)

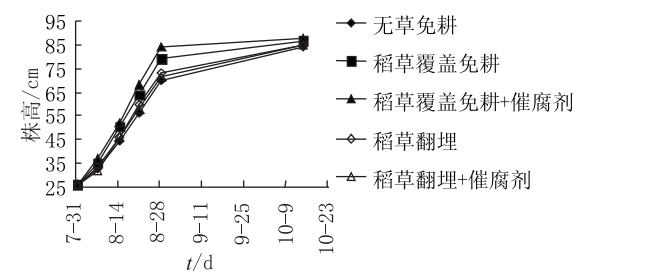


图2 水稻株高动态变化曲线(2002 年)

Figure 2 Dynamic change of rice height (the results from the test in 2002)

2.6 稻草生物促腐剂在田间条件下的腐草效果

图3为稻草在稻田中腐解动态变化曲线图。从图3可以看出,稻草催腐剂对稻田覆盖稻草和翻埋稻草均有较明显的催腐作用,稻草失重率分别比各自对照绝对提高2.43%、7.37%,相对提高3.5%、10.7%,

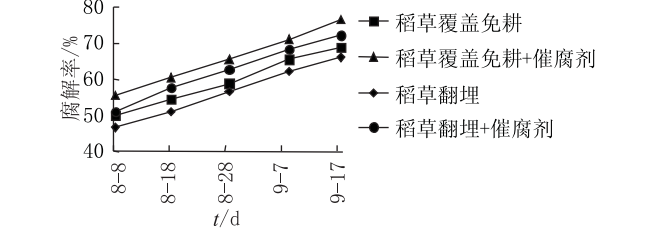


图3 稻草在稻田中腐解动态变化曲线(2003 年)

Figure 3 Dynamic change of percentage of the lost rice straw weight

对覆盖稻草促腐效果稍好于翻埋稻草。其在田间促腐效果不如室内培养条件下明显的原因可能是:①新接种的微生物菌群在土壤环境中适应期长,增速较慢;②稻田环境经常变化,导致微生物类型的演替,限制了接种微生物菌群效能的发挥。

2.7 自制菌剂对水稻产量的影响

从表6可以看出,稻草还田和施催腐剂均对提高水稻产量有一定作用,施催腐剂处理与对应的稻草还田处理比较,产量有一定提高,但2003年试验达到5%差异显著水平,稻草覆盖处理比稻草翻埋处理增产,2002年、2003年试验均达到5%差异显著水平。从水稻增产效果看,稻草覆盖还田结合微生物催腐剂的施用更有利于水稻增产,不过自研催腐菌剂质量有待进一步提高。

表5 水稻经济性状(2003 年)							
Table 5 Economic character of rice (the results from the test in 2003)							
处理	有效穗	株高/cm	穗长/cm	实粒数	总粒数	结实率/%	千粒重/g
无草免耕	14	88.8	24.15	96.01	131.6	72.96	27.25
覆盖免耕	14	92.21	24.31	98.74	134.23	73.56	27.5
覆盖免耕+催腐剂	13.9	94.11	24.71	104.62	135.86	77.01	27.61
稻草翻埋	13.9	90.97	24.47	97.52	136.3	71.55	27.05
稻草翻埋+催腐剂	13.6	104.15	23.72	102.22	137.17	74.45	27.34

表6 各处理小区产量结果							
Table 6 The rice yields from different treatments							
处理	小区产量/kg·hm ⁻²			产量 /kg·hm ⁻²	增产 /kg·hm ⁻²	增幅 /%	
	I	II	III				
2002 年	无草免耕	4 860.0	4 920.0	4 800.0	4 860.0c	463.5	
	覆盖免耕	5 271.0	5 301.0	5 400.0	5 323.5a	463.5	9.5
	覆盖免耕+催腐剂	5 340.0	5 460.0	5 631.0	5 476.5a	616.5	12.7
	稻草翻埋	5 190.0	5 070.0	5 241.0	5 170.5b	307.5	6.3
	稻草翻埋+催腐剂	5 010.0	5 031.0	5 170.5	5 070.0b	196.0	4.3
2003 年	无草免耕	8 000.4	7 333.6	7 733.7	7 689.0c		
	覆盖免耕	8 333.7	7 833.7	8 000.4	8 056.5b	367.5	4.8
	覆盖免耕+催腐剂	8 867.1	8 200.5	8 833.8	8 634.0a	945.0	12.3
	稻草翻埋	8 200.5	7 333.6	7 500.5	7 678.5c		
	稻草翻埋+催腐剂	8 467.0	7 500.5	8 333.7	8 100.0b	411.0	5.3

注:产量栏中英文字母为SSR5%显著性差异比较。

草腐解和养分释放,既节约农业生产成本,又可减轻环境污染,是一项简单易行且实用的农业生产措施,具有广阔的推广应用前景。

参考文献:

[1] 葛 诚. 微生物肥料研究、生产和应用的几个问题[J]. 微生物通报,1995,22(6):375-379.

[2] 赵明文,等. 纤维分解菌群对水稻秸秆田间腐熟效果的研究[J].

江苏农业科学,2000(1):51-53.

[3] 郑凤萍,等. 德力施在水稻上的应用[J]. 云南农业大学学报,2001,16(1):28-30.

[4] 张功洪. 腐杆灵提高稻草回田效果[J]. 福建农业科技,2001,(6):20-21.

[5] 李庆康,等. 秸秆腐解剂在秸秆还田中的效果研究初报[J]. 土壤与环境,2001,10(2):124-127.

[6] 陈文新. 土壤与环境微生物学[M]. 北京:农业大学出版社,1990.