外源纤维素酶在秸秆还田上的应用研究

韩　玮, 聂俊华*, 李　飒
(山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 为探求提高土壤中秸秆发酵效率的新途径, 采用室内培养和盆栽土培方式研究了秸秆配施外源纤维素酶对秸秆分解速率及后季作物生长的影响。结果表明, 小麦秸秆、玉米秸秆加酶处理与不加酶处理的降解率存在极显著差异($p<0.01$), 到培养结束时, 小麦秸秆加酶处理降解率高出不加酶处理 7.10~11.86 个百分点, 玉米秸秆处理高出 8.01~14.04 个百分点; 秸秆配施纤维素酶还可以促进后季作物生长, 盆栽小麦籽粒产量比对照提高 17.52%~29.61%, 叶绿素含量、根系活力、株高和干物质含量比对照也有所提高。

关键词: 外源纤维素酶; 秸秆; 分解; 小麦; 玉米
中图分类号: S154.2　　文献标识码: A　　文章编号: 1004－3268(2005)11－0070－04

Studies on Application of Exogenous Cellulose in Straws

HAN Wei, NIE Jun-hua*, LI Sa
(Resource and Environmental College, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: In order to find the new way to promote the degradation rates of crop straws, the influences of exogenous cellulose on degradation rates of straws and the effects on growth and development and physiological function of wheat were investigated by incubation experiments and pot culture experiments. The results showed that in the incubation time, the wheat straw and corn straw that added cellulose all have the significant difference, compared with ck ($p<0.01$). When the incubation finished, the degradation rate of wheat straw added cellulose were increased by 7.10－11.86 percentages, and the rate of corn straw were increased by 8.01－14.04 percentages. Compared with ck, exogenous cellulose can promote the growth of wheat. Wheat height, dry weight, chlorophyll contents and root activity were all increased and grain yield were increased by 17.52%－29.61%.

Key words: Exogenous cellulose; Straw; Decomposition; Wheat; Maize

我国是一个农业大国, 每年约产生农作物秸秆 6.2 亿 t。目前, 我国农村对农作物秸秆的有效利用率很低, 有很多秸秆被直接烧掉, 不仅浪费资源而且造成环境污染。秸秆还田则是增加土壤有机质, 全面提高地力的有效途径, 有利于保护农业生态环境[1,2]。但是, 秸秆中纤维素占比例很高, 如玉米秸秆、小麦秸秆中的纤维素含量均占 35%以上, 纤维素类物质在自然状态下的降解速度非常缓慢, 秸秆还田后出现了分解速度慢, 降解时微生物与作物争夺养分等一系列问题, 加快秸秆物料中纤维素的分解速度是提高秸秆分解速率, 促进秸秆还田技术推广的关键[3,4]。土壤中纤维素酶对秸秆的分解有很重要的促进作用, 但自然条件下土壤中纤维素酶的活性较低, 不能有效促进秸秆分解[5]。因此, 将外

收稿日期: 2005－06－06
基金项目: 国家科技攻关计划项目(2002BA516A12); 山东省自然科学基金项目(L2000D01)
作者简介: 韩　玮(1981－), 女, 山东滨州人, 在读硕士, 主要从事土壤外源酶方面的研究。
通讯作者: 聂俊华(1951－), 女, 山东禹城人, 教授, 硕士生导师, 主要从事土壤肥料、土壤生态环境研究。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

源纤维素酶应用于还田秸秆，研究了施加纤维素酶对土壤中秸秆分解速率以及后季作物生长的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试酶制剂 纤维素酶，活力：1 000U/g，产地：北京。

1.1.2 供试土壤 棕壤，质地轻壤，采自山东农业大学南校区教学基地，采样深度 0～10cm[3]，风干磨碎，过 1 mm 筛，土壤的各项理化性质见表 1。

表 1 供试土壤基本性状

有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	速效氮 (mg/kg)	速效磷(P_2O_5) (mg/kg)	速效钾(K_2O) (mg/kg)	pH
12.14	7.1	1.3	68.98	25.22	81.73	6.8

1.1.3 供试秸秆 小麦秸秆、玉米秸秆，取自泰安郊区（当年产）。

1.1.4 供试品种 小麦品种为山农优麦 3 号，购于山东农业大学种业公司。

1.2 试验方法

1.2.1 降解试验 按每克秸秆中施入纤维素酶的活力计，纤维素酶设 5 U/g，10 U/g，50 U/g，100 U/g 4 个水平[6]，已知纤维素酶活力为 1 000 U/g，可计算出各水平所需纤维素酶质量，小麦秸秆、玉米秸秆分别设以下 5 种处理，即：①对照，仅 5 g 秸秆；②5 g 秸秆＋0.025g 纤维素酶；③5 g 秸秆＋0.05 g 纤维素酶；④5 g 秸秆＋0.25 g 纤维素酶；⑤5 g 秸秆＋0.5 g 纤维素酶。每处理 12 个重复。

将小麦秸秆剪为 8 cm 长小段，玉米秸秆剪为 1～2 cm 长小段[7]，70 ℃烘干。纤维素酶以 1∶10 的比例溶于水中，配成纤维素酶液[6]，采用容积为 1 000 ml 的塑料杯，每杯中装供试土壤 1 kg，用涤纶布袋装 5 g 小麦或玉米秸秆，喷洒对应量的纤维素酶液后埋入土壤中，埋深 5 cm，土壤的含水量调到饱和含水量的 80%[8]，室温培养（20～25 ℃），其间根据失重补充水分。分别于 15 d、30 d、45 d 和 90 d 进行破坏性取样，每处理各取出 3 个重复，充分洗净，70 ℃烘干后测定干物质量。计算降解率。

$$降解率=\frac{样品原重-处理后样品重}{样品原重}\times 100\%$$

1.2.2 盆栽试验 采用直径 20 cm、高 18 cm 塑料盆钵，每盆装过 5 mm 筛的风干土 4kg，秸秆施用量 3.33 g/kg，按每克秸秆中施入纤维素酶的活力计，纤维素酶设 5 U/g，10 U/g，50 U/g，100 U/g 4 个水平，共设 5 个处理，即：①对照，4 kg 土＋13.33 g 秸秆；②4 kg 土＋13.33 g 秸秆＋0.067 g 纤维素酶；③4 kg 土＋13.33 g 秸秆＋0.13 g 纤维素酶；④4 kg 土＋13.33 g 秸秆＋0.67 纤维素酶；⑤4 kg 土＋13.33 g 秸秆＋1.33 g 纤维素酶。每处理设 6 个重复，均以尿素、过磷酸钙为底肥，用量为纯 N 0.10 g/kg（干土），P_2O_5 0.20 g/kg（干土），统一播种小麦，出苗后每盆定苗 6 棵[9]。

小麦播种后第 180 天测定小麦株高，并任选 3 个重复测定小麦茎叶生物量、根系活力和叶绿素含量；其余重复最终收获计产[10]。

1.3 测定方法

叶绿素含量用乙醇丙酮法测定；根系活力采用 TTC 还原强度法测定[11]；数据分析采用 DPS 数据处理系统。

2 结果与分析

2.1 纤维素酶对秸秆降解率的影响

图 1 显示了 90 d 培养过程中不同处理的小麦秸秆降解率。结果表明，添加外源纤维素酶的各处理小麦秸秆降解率均显著高于不加酶处理，到培养结束时，加酶处理较不加酶处理降解率高 7.10～11.86 个百分点。经 Duncan 新复极差法检验，4 个加酶处理与不加酶处理在 0.01 水平上都存在极显著差异，可见添加外源纤维素酶对土壤中小麦秸秆的降解有明显促进作用。结果还表明，秸秆降解率随着纤维素酶比例的增加呈提高趋势，但与加入纤维素酶的量并不是成正比关系。

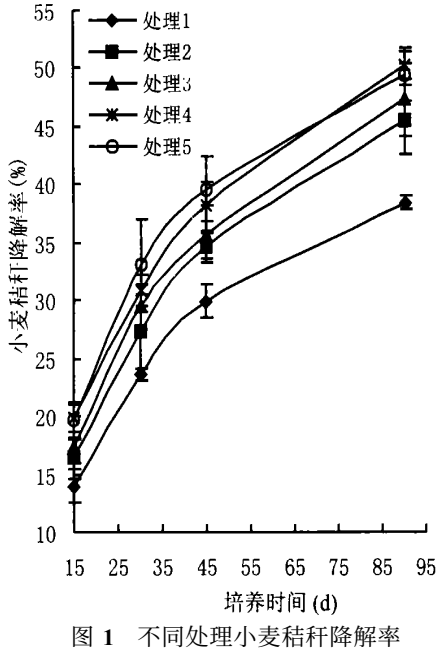


图 1 不同处理小麦秸秆降解率

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

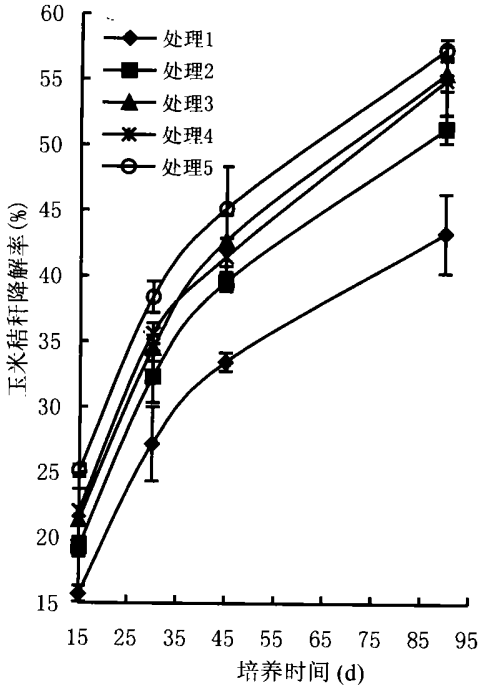


图 2　不同处理玉米秸秆降解率

图 2 显示的玉米秸秆降解规律与小麦秸秆基本相同，与小麦秸秆相比，玉米秸秆降解的更快一些，经 Duncan 新复极差法检验，4 个加酶处理与对照处理在 0.01 水平上存在极显著差异，到培养结束时，加酶处理比不加酶处理的降解率高出 8.01～14.04 个百分点。其降解率较小麦高，这与秸秆的 C/N 差异有关，玉米秸秆的 C/N 更有利于秸秆的降解[12]。

2.2　不同处理对小麦生长的影响

2.2.1　对小麦叶绿素含量和根系活力的影响　叶绿素含量水平可间接反映植株的营养水平和生长发育状况[13]。据表 2 所示，施酶处理小麦叶绿素含量都高于不施酶处理，施酶处理比空白对照高出0.170～0.344 mg/g，经 Duncan 新复极差法检验，施酶处理与不施酶处理叶绿素含量达到显著差异。叶绿素含量大致随着加入酶水平的提高而提高，但并不是呈正比关系。

根系活力是根系新陈代谢强弱的重要指标，一般情况下，根系活力越大，吸收养分和水分的能力越强[14]。据表 2 所示，各施酶处理小麦根系活力普遍高于不施酶处理，经 Duncan 新复极差法检验，施酶处理与不施酶处理根系活力达到极显著差异，根系活力随施酶量的提高而提高。施酶处理比空白对照高出 13.00～27.88μg/(g·h)。

表 2　不同处理小麦的叶绿素含量和根系活力

项目	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5
叶绿素含量(mg/g)	1.008 a A	1.178 b AB	1.287 b cB	1.349 c B	1.352 c B
根系活力[μg/(g·h)]	54.98 a A	67.98 b B	71.61 b B	81.70 c C	82.86 c C

注：大写字母表示 0.01 水平极显著差异，小写字母表示 0.05 水平显著差异，n=3；下同

2.2.2　对小麦株高、生物量和产量的影响　表 3 为播种 180d 后不同处理小麦株高、生物量和最后产量的情况，结果表明，施酶处理的株高和生物量均比对照有一定程度的提高。经 Duncan 新复极差法检验，施酶处理与不施酶处理株高和茎叶生物量间差异都达到 0.01 极显著水平，株高较对照高 5.24～9.86 cm，生物量较对照高 3.12～4.97 g/盆；施酶处理株高和生物量的差别不是很大，但是随着加入酶量的增加，株高和茎叶生物量都呈增加趋势。

由表 3 可看出，各施酶处理产量均高于不施酶处理，较对照增加 1.13～1.91g/盆，增产 17.52%～29.61%，加纤维素酶处理对冬小麦产量的提高都有一定的作用。经 Duncan 新复极差法检验，各施酶处理与对照差异均达到 5%显著水平。

表 3　不同处理小麦株高、生物量、产量

项目	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5
株高(cm)	70.06 a A	75.30 b B	76.01 b B	79.92 c B	79.61 c B
茎叶生物量(g/盆)	10.15 a A	13.27 b B	13.43 b B	14.67 bc B	15.12 c B
产量 (g/盆)	6.45 a A	7.58 b AB	8.04 b AB	8.36 b B	8.27 b B

3　结论与讨论

1）外源纤维素酶可以提高还田秸秆降解率。降解试验表明，加酶后，小麦秸秆降解率较不加酶处理高 7.10～11.86 个百分点，玉米秸秆降解率较不加酶处理高 8.01～14.04 个百分点。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2）秸秆配施外源纤维素酶能够促进后季作物生长。盆栽试验证明，小麦叶绿素含量，根系活力均比对照有所提高；施酶处理的株高、干物质含量也显著高于对照；而且施酶能够显著提高小麦产量，产量高于对照 1.13～1.91 g/盆，增加 17.52%～29.61%。

3）秸秆降解率和小麦产量大致随着纤维素酶添加量的提高而提高。但是各施酶处理之间差别一直不是很大，甚至出现了交叉，这可能是因为当提高添加的纤维素酶水平时，土壤和秸秆对纤维素酶的无效吸附也相应增加所致。从经济角度出发，纤维素酶添加量以 5U/g 为宜。

4）由于这是首次将纤维素酶应用于还田秸秆，本试验仅在实验室培养和盆栽条件下对纤维素酶在秸秆还田上的应用进行了研究，而纤维素酶是生物催化剂，其作用发挥受到环境条件的影响，因此，纤维素酶在大田中的应用效果尚需试验验证。

参考文献：

[1] 赵兰坡. 施用作物秸秆对土壤的培肥作用[J]. 土壤通报，1996，27(2)：76－78.

[2] 李庆康，王振中，顾志权，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.

[3] Trond M，Henriksen，Tor A Breland. Carbon mineralization，fungal and bacterial growth，and enzyme activities as affected by contact between crop residues and soil [J]. Biology and Fertility of Soils，2002，35(1)：41－48.

[4] Shigeru Takahashi，Shigeru Uenosono，Shinichi Ono. Short-and long-term effects of rice straw application on nitrogen uptake by crops and nitrogen mineralization under flooded and upland conditions[J]. Plant and Soil，2003，251(2)：291－301.

[5] 关松荫. 土壤酶研究法[M]. 北京：农业出版社，1986.

[6] 张继泉，孙玉英，关凤梅，等. 玉米秸秆纤维素酶解条件的初步研究[J]. 粮食与饲料工业，2002(4)：21－23.

[7] Denis A，Angers，Sylvie Recous. Decomposition of wheat straw and rye residues as affected by particle size [J]. Plant and Soil，1997，189(2)：197－203.

[8] 黄耀，刘世梁，沈其荣，等. 环境因子对农业土壤有机碳分解的影响[J]. 应用生态学报，2002，13(6)：709－714.

[9] 郑险峰，王旭东，韩建刚. 盆栽控水条件下施用秸秆的效应研究[J]. 土壤肥料，2002(6)：32－35.

[10] 魏道智，宁书菊，林文雄. 小麦根系活力变化与叶片衰老的研究[J]. 应用生态学报，2004，15(9)：1565～1569.

[11] 赵世杰，史国安，董新纯. 植物生理学试验指导[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2002.47－48，55－57.

[12] 娄运生，徐本生，杨建堂，等. 秸秆单施或配施氮、磷化肥对潮土供应氮磷特性的影响[J]. 河南农业大学学报，1998，32(1)：97－102.

[13] 何承刚，黄高宝，姜华. 氮素水平对单作和间套作小麦玉米叶片叶绿素含量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究，2004，22(3)：32－34.

[14] 曹翠玲，李生秀. 氮素形态对小麦中后期的生理效应[J]. 作物学报，2003，29(2)：258－262.

欢迎订阅 2006 年《河南农业科学》

《河南农业科学》是河南省农业科学院主办的综合性农业科技期刊，主要报道粮食作物、经济作物、土壤肥料、植物保护、果树蔬菜、畜牧兽医、特种种植及养殖等方面的研究成果和先进技术。多年来，深受省内外农业科技人员，农业大专院校师生，涉农行业，基层干部和农民的喜爱，曾多次得到有关部门的奖励。连续被评为“全国中文核心期刊”、“全国优秀农业期刊”，连续获“河南省优秀科技期刊一等奖”。为了进一步扩大信息量，满足多层次读者的需求，本刊将进一步突出创新性、学术性、指导性；进一步加大对重大、重点项目以及基金项目、创新性成果的报道力度。同时，继续加强对科技新动态、生产新动向、市场新需求的报道。

本刊为月刊，国际标准 16 开本，80 页，彩色封面，每期定价 5.00 元，全年 60 元。各地邮局均可订阅，邮发代号：36－32。如错过订期，可直接与本刊编辑部联系订阅。

地址：郑州市农业路 1 号　　邮编：450002

E－mail：hnnykx@163.com　　电话：0371－65739041

hnny@chinajournal.net.cn　　传真：0371－65712747

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net