

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第6期 Vol.32 No.6 2012

中国生态学学会

中国科学院生态环境研究中心

科学出版社

主办

出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报 (SHENTAI XUEBAO)

第32卷 第6期 2012年3月 (半月刊)

目 次

高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例.....	周坚华,魏怀东,陈芳,等(1663)
基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价.....	殷旭旺,渠晓东,李庆南,等(1677)
哀牢山常绿阔叶林水源涵养功能及其在应对西南干旱中的作用.....	杞金华,章永江,张一平,等(1692)
青岛沿岸水体原生生物群落与水质状况的关系.....	杨金鹏,姜勇,胡晓钟(1703)
增温对青藏高原高寒草甸生态系统固碳通量影响的模拟研究.....	亓伟伟,牛海山,汪诗平,等(1713)
三峡水库消落带植物叶片光合与营养性状特征.....	揭胜麟,樊大勇,谢宗强,等(1723)
三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学研究.....	任玉芹,陈大庆,刘绍平,等(1734)
强壮前沟藻化感物质分析.....	冀晓青,韩笑天,杨佰娟,等(1745)
饥饿对中间球海胆MYP基因转录表达的影响.....	秦艳杰,孙博林,李霞,等(1755)
贺兰山牦牛冬春季的生境选择.....	赵宠南,苏云,刘振生,等(1762)
利用元胞自动机研究一类捕食食饵模型中的斑块扩散现象.....	杨立,李维德(1773)
转Cry1Ab和Cry1Ac融合基因型抗虫水稻对田间二化螟和大螟种群发生动态的影响.....	李志毅,隋贺,徐艳博,等(1783)
光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响.....	范凡,任红敏,吕利华,等(1790)
荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用.....	王树娟,段立清,李海平,等(1796)
不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征.....	李海峰,曾凡江,桂东伟,等(1803)
稻田温室气体排放与土壤微生物菌群的多元回归分析.....	秦晓波,李玉娥,石生伟,等(1811)
黄土高原典型区域土壤腐殖酸组分剖面分布特征.....	党亚爱,李世清,王国栋(1820)
紫色土菜地生态系统土壤N ₂ O排放及其主要影响因素.....	于亚军,王小国,朱波(1830)
中国亚热带典型天然次生林土壤微生物碳源代谢功能影响因素.....	王芸,欧阳志云,郑华,等(1839)
基于K-均值算法模型的区域土壤数值化分类及预测制图.....	刘鹏飞,宋轩,刘晓冰,等(1846)
淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征.....	杨志敏,陈玉成,张贊,等(1854)
推迟拔节水对小麦氮素积累与分配和硝态氮运移的影响.....	王红光,于振文,张永丽,等(1861)
江苏省冬小麦湿渍害的风险区划.....	吴洪颜,高苹,徐为根,等(1871)
草原植物根系起始吸水层深度测定方法及其在不同群落状态下的表现.....	郭宇然,王炜,梁存柱,等(1880)
亚热带6种树种细根序级结构和形态特征.....	熊德成,黄锦学,杨智杰,等(1888)
高寒草原植物群落种间关系的数量分析.....	房飞,胡玉昆,张伟,等(1898)
菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定.....	孙艳,高海顺,管志勇,等(1908)
南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响.....	王如魁,管铭,李永慧,等(1917)
基于cDNA克隆的亚热带阔叶林和针叶林生态系统担子菌漆酶基因多样性及其群落结构研究.....	陈香碧,苏以荣,何寻阳,等(1924)
细柄阿丁枫和米槠细根寿命影响因素.....	黄锦学,凌华,杨智杰,等(1932)
基于TM遥感影像的森林资源线性规划与优化配置研究.....	董斌,陈立平,王萍,等(1943)
基于CFD的城市绿地空间格局热环境效应分析.....	刘艳红,郭晋平,魏清顺(1951)
专论与综述	
生态补偿效率研究综述.....	赵雪雁(1960)
研究简报	
黄河三角洲石油生产对东营湿地底栖动物群落结构和水质生物评价的影响.....	陈凯,肖能文,王备新,等(1970)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2012-03



封面图说:植物生命演进石——这不是一块普通的火山岩,而是一块集中展示植物“原生演替”过程最有价值的石头。火山熔岩冷却后的玄武岩是无生命无土壤的真正“裸石”,风力使地衣的孢子传入,在一定温湿度环境下,开始出现了壳状地衣,壳状地衣尸体混合了自然风化的岩石碎屑提供的条件使叶状、枝状地衣能够侵入,接着苔藓侵入,是它们启动了土壤的形成,保持了土壤的湿度,并使营养物质反复循环。于是蕨类定居,草丛长了起来,小灌木出现,直到树木生长,最终形成森林。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201102140172

杨志敏,陈玉成,张贊,彭莉,陈庆华.淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征.生态学报,2012,32(6):1854-1860.

Yang Z M, Chen Y C, Zhang Y, Peng L, Chen Q H. Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1854-1860.

淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征

杨志敏^{1,*}, 陈玉成¹, 张 贊², 彭 莉³, 陈庆华¹

(1. 西南大学三峡库区生态环境教育部重点实验室,西南大学资源环境学院,重庆 400716;

2. 四川省内江市环境科学研究所,四川 641100; 3. 重庆市环境卫生监测站,重庆 401121)

摘要:通过模拟淹水实验,研究秸秆覆盖与秸秆深埋两种还田行为中N、P、COD等面源污染物的直接释放特征。结果表明,淹水条件下,上覆水TN浓度表现为淹水后一直持续下降,TP表现为急促上升后再持续下降,而COD则为缓慢上升后再下降。秸秆对TN的释放强度要高于TP;除了TP在淹水初期释放速率有所提高外,TN与COD的释放速率持续下降。秸秆覆盖时的面源污染物浓度高于秸秆翻埋;相同还田方式中,秸秆还田量越大,面源污染物浓度越高。从面源污染控制角度出发,淹水条件下秸秆TN防治的最佳时间为淹水初期,TP、COD为淹水后1—3周;最友好的还田方式为秸秆翻埋。试验结论为合理界定秸秆还田的负面效应,遏制秸秆还田造成的面源污染提供了依据。

关键词:秸秆还田; 释放; 氮; 磷; COD

Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition

YANG Zhimin^{1,*}, CHEN Yucheng¹, ZHANG Yun², PENG Li³, CHEN Qinghua¹

1 Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education), College of Resources & Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China

2 Neijiang Institute of Environment Science, Sichuan 641100, China

3 Chongqing Environmental Sanitation Monitoring Department, Chongqing 401121, China

Abstract: The manner of straw returning is a double-edged sword for cropland ecosystems because it can not only return nutrients for crop, enhance the soil fertility and lessen the use of chemical manures correspondingly, but also it may result in nonpoint source pollutants such as N, P and COD, which were released to water system in the process of its decomposition. How huge is the potential effect of the nonpoint source pollution when straws were applied to paddy fields? In this research, the simulated experiment under submerging condition was conducted to investigate the direct releasing characteristic of nonpoint source pollutants involving N, P and COD in the process of two methods about returned strew to soil such as surface cover (SC) and strew burying (SB). The results taking a period of 38 days showed that under submerging condition, the concentration of TN in surface water was decreased continuously, while TP, COD was increased urgently or slowly and then decreased continuously, respectively. The releasing intensity of TN was higher than that of TP, while the releasing speeds of TN and COD decreased continuously, except that the releasing speed of TP increased slightly at the beginning of submerging. The concentration of nonpoint source pollutants in the covering water of SC was more than that of SB, and it was increasing with the application amount. From the perspective of controlling the agricultural nonpoint source pollution, the appropriate time for TN prevention was in the initial stage of submerging, while the time for the TP

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD17B09-8,2007BAD87B10-5);重庆市环境保护局科技项目(201108)

收稿日期:2011-02-14; 修订日期:2011-09-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yzm_swu@sina.com

and COD prevention was in 1—3 weeks after submerging. The strew burying was the friendly method. The above conclusion could provide the scientific basis for determining the negative effect of straw manure reasonably and limiting the nonpoint source pollution resulted from the returned straws to soil.

Key Words: returned straws to soil; release; nitrogen; phosphorus; COD

秸秆还田对于农田生态系统是一把“双刃剑”,即在为作物归还养分、增加土壤肥力,相应减少化肥施用水平的同时,也会因不规范利用,使得秸秆在自然分解过程中向水环境无序排放N、P、COD等物质,从而不自觉地构成了农业面源污染的重要组成部分。以前人们更多的是关心秸秆还田的正面效应,而较少关注其负面影响。秸秆还田对农业面源污染的影响研究虽然也有报道,但大多集中在秸秆还田后对土壤N、P流失的间接影响^[1-3]以及秸秆腐解过程中养分的释放特征及其对土壤肥力的影响^[4-16],而较少系统研究还田秸秆本身对N、P、COD等面源污染物的直接释放^[17-20]。有研究表明,各种途径施入到土壤中的氮素当季利用率仅有30%—40%,约37%—82%氮素通过表层水流失进入水体^[21],秸秆作为一种有机肥进入水田后,通过表层水流失而造成面源污染的潜力到底有多大?为了回答这一问题,本文拟通过模拟试验,定量研究淹水条件下不同秸秆还田行为对N、P、COD面源污染物的直接释放特征,为合理界定秸秆还田的正、负效应,建立以秸秆还田为代表的资源节约型施肥制度提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

秸秆取自于西南大学农场收获后的小麦作物,风干、粉碎至5 cm,其TOC、TN、TP含量分别为451、5.46、0.33 g/kg。紫色土采自西南大学校园水稻土,风干、过筛5 mm,其pH值8.22、有机质25.18 g/kg、全氮0.271 g/kg、有效氮44.75 mg/kg、全磷0.510 g/kg、有效磷12.56 mg/kg。

1.2 试验方法

试验为2组6个处理,即还田方式为覆盖、翻埋,还田量为0、2%、6%(相对于土壤质量),分别记为CK、SC2%、SC6%、SB2%、SB6%。在上底Φ20 cm、下底Φ15 cm、H30 cm的聚四氟乙烯容器内,装入2.5 kg风干土和相应的麦秆,加入5 L蒸馏水,保持淹水5 cm,表面覆盖具孔塑料薄膜,以减少水分蒸发。分别在第3、6、12、18、24、27、31、38天虹吸抽取少量上覆水,考察其中TN、TP、COD的变化情况;同时以等量水进行补充。试验重复3次。

1.3 测定方法

水样TN用碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法(GB11894-89),TP用硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法(GB11893-89),COD用重铬酸钾法(GB11914-89)。

2 结果

2.1 上覆水中TN、TP、COD浓度的变化特征

淹水后,上覆水中TN、TP、COD浓度变化趋势明显不同(图1—图3)。TN表现为淹水后持续下降,TP表现为急促上升,再持续下降,而COD则表现为缓慢上升,再持续下降。不过3种污染物的浓度均表现为SC6%>SC2%>SB6%>SB2%(分析数据中均以扣除CK背景,下同),即在不同秸秆还田方式中,秸秆覆盖的浓度高于秸秆翻埋;同一方式中,还田量越大,浓度越高。

图1、图2可以发现,上覆水TN、TP浓度高出地表水水质标准10倍以上,可能与秸秆还田量较高和没有

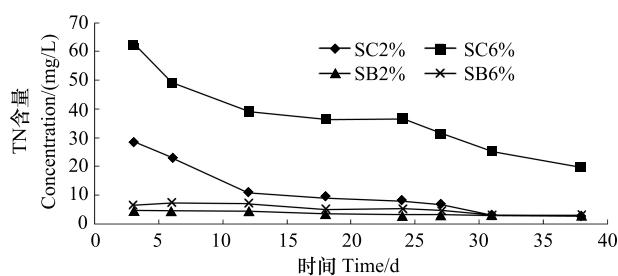


图1 淹水条件下上覆水中TN浓度变化

Fig. 1 The variation of TN in surface water under the submerge
SC: 覆盖 Straw Cover; SB: 翻埋 Straw Bury

考虑植物对 TN、TP 的吸收等因素有关。尽管如此,实际情况中我们仍需注意上覆水 TN、TP 的高风险性。

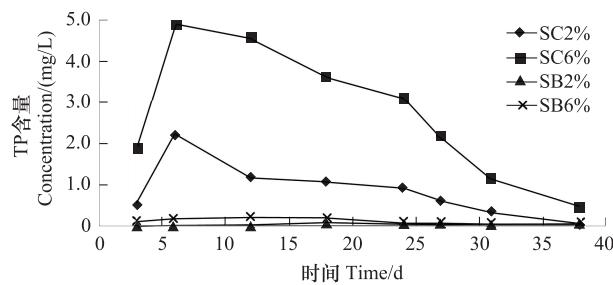


图 2 淹水条件下上覆水中 TP 浓度变化

Fig. 2 The variation of TP in surface water unde the submerge

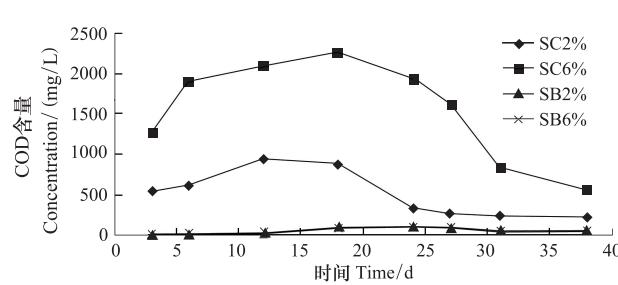


图 3 淹水条件下上覆水中 COD 浓度变化

Fig. 3 The variation of COD in surface water unde the submerge

进一步地,对上述趋势进行曲线拟合(表 1),发现,TN 符合线性方程 $y=a+bt$,而 TP、COD 则符合抛物线方程 $y=a+bt+ct^2$ 。从表 1 中可以看出,对于 TN,截距 a 表示上覆水中初始浓度,即可能造成面源污染的理论最大危害浓度。比较参数 a ,发现覆盖秸秆的危害浓度与还田方式、还田量密切相关,表面覆盖秸秆的浓度远大于翻埋,方差分析显示达到了极显著水平。同时随着还田量的增加,上覆水 TN 的浓度也逐渐提高,尤其在表面覆盖处理中表现得更为显著。

表 1 淹水条件下 TN、TP、COD 浓度的拟合方程

Table 1 The fitting equation of concentration of TN, TP and COD in surface water

Treatment	$y=a+bt+ct^2$				浓度 Concentration / (mg/L)	时间 Time /d	峰值 Summit value
	a	b	c	R^2			
TN	SC2%	25.6350	-0.7039	0.839	25.63		
	SC6%	58.4320	-1.0445	0.895	58.43		
	SB2%	5.1324	-0.0681	0.951	5.13		
	SB6%	7.8990	-0.1269	0.828	7.90		
TP	SC2%	1.1854	0.0263	-0.0016	0.530	1.29	8.3
	SC6%	2.7718	0.1750	-0.0066	0.714	3.93	13.2
	SB2%	-0.0122	0.0052	-0.0001	0.595	0.05	22.8
	SB6%	0.1437	0.0034	-0.0002	0.564	0.16	9.5
COD	SC2%	613.7077	16.5643	-0.8157	0.573	697.80	10.2
	SC6%	1142.3372	121.1332	-3.7360	0.861	2124.22	16.2
	SB2%	-33.0979	10.3255	-0.2150	0.750	90.87	24.0
	SB6%	-21.2571	8.7069	-0.1816	0.792	83.08	24.0

线性方程($y=a+bt$)中的参数 a 为截距(初始时刻的 TN 浓度), b 为直线斜率,所有斜率均为负数,意味着 TN 浓度为单调下降。 b 的绝对值表示下降速率,显然下降速率也与还田方式、还田量密切相关,表面覆盖秸秆的下降速率几乎高出翻埋处理一个数量级。同时随着还田量的增加,上覆水 TN 的下降速率也逐渐加快,尤其在翻埋处理中表现得更为显著。

至于 TP 和 COD 的拟合抛物线($y=a+bt+ct^2$)中, a 为截距(初始时刻的 TN 浓度), b 、 c 分别为一次项、二次项常数。可以根据方程计算出上覆水中的浓度峰值及其到来时刻(表 2)。TP 的峰值也表现为覆盖秸秆大于翻埋处理;还田量增加 3 倍,TP 峰值也几乎同比例增加。不过峰值出现的时间变化规律不甚明显,大体上表现为 $SC2\% < SB6\% < SC6\% < SB2\%$ 。COD 的峰值虽然覆盖秸秆大于翻埋处理,且覆盖处理中,峰值与还田量成比例增加,但翻埋处理中,峰值与还田量的关系较弱。

表2 淹水条件下秸秆面源污染物释放强度

Table 2 Release capacity of TN and TP from straw under submerging conditions

处理 Treatment	释放“库”总量/mg Release Pool Amount		已释放总量/mg Released Amount		秸秆基释放强度/(mg/g) Release Capacity based on Straw		比例基释放强度/% Release Capacity based on Ratio	
	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP
SC2%	273.00b	16.50b	20.821b	0.746b	0.416b	0.015b	7.63b	4.52b
SC6%	819.00a	49.50a	121.467a	3.949a	0.810a	0.026a	14.83a	7.98a
SB2%	273.00b	16.50b	15.653b	0.136c	0.313b	0.003c	5.73b	0.82c
SB6%	819.00a	49.50a	18.935b	0.335c	0.126c	0.002c	2.31c	0.68c

因此从面源污染防治角度出发,秸秆还田的TN污染防治时间为淹水初期,TP、COD则为淹水后1—3周。

2.2 还田秸秆对TN、TP、COD的释放特征

定义释放强度为一定时间内,单位质量秸秆(秸秆基)所释放的面源污染物质量(mg/g);或者秸秆内所含单位质量污染物(比例基)释放的污染物的比例(%)。它们与秸秆的类型、性质密切相关,表征物质的释放潜力。

试验共监测了8次上覆水,其中前7次从体系中取走的体积是0.08 L,最后1次的体积为5.00 L,因此已释放总量为:

$$W = \sum_{i=1}^7 0.08c_i + 5.0c_8$$

根据试验条件,2%、6%还田量的秸秆总质量分别为50、150 g,再由秸秆中的N、P含量计算出释放“库”总量,在此基础上分别算出第38天的秸秆基、比例基的释放强度(表2)。从表2总体看出,淹水条件下秸秆对TN、TP的释放强度特征:(1)秸秆对TN的释放强度要高于TP;(2)对于TP而言,表面覆盖处理要远高于翻埋处理;(3)对于TN而言较为复杂,低用量(还田量2%)下,表面覆盖与翻埋处理差异不明显,但高用量(还田量6%)下,表面覆盖处理要高于翻埋处理。这些说明从防治面源污染角度出发,最有利的还田方式为秸秆翻埋。

进一步地,将时间动态纳入释放特征,得到释放速率。定义释放速率为单位时间、单位质量秸秆所释放的面源污染物质量($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)。分别计算还田秸秆对TN、TP、COD的释放速率,得到释放速率动态变化特征(图4—图6),发现:(1)除了TP在淹水初期释放速率有所提高外,TN与COD的释放速率持续下降;(2)释放速率与秸秆还田方式密切相关,同一时段内,表面覆盖处理的速率要远快于秸秆深埋处理;(3)释放速率与秸秆还田量有一定关系,一般地,还田量越低,释放速率越快。

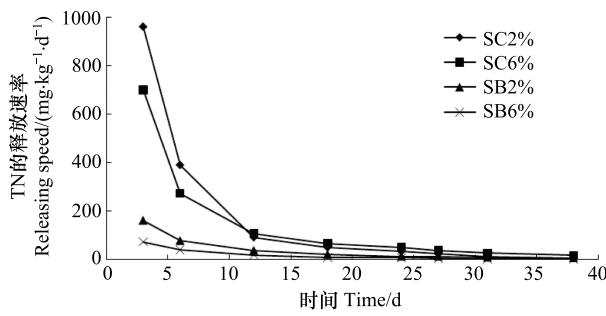


图4 淹水条件下秸秆对TN的释放速率

Fig. 4 Releasing speed of TN from straw under submerging

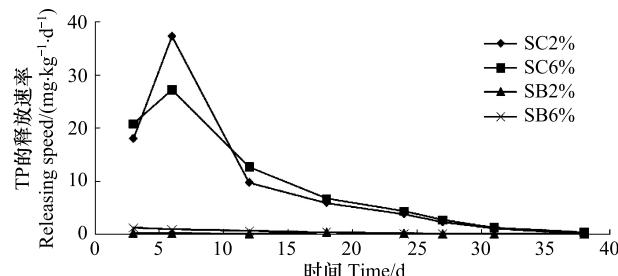


图5 淹水条件下秸秆对TP的释放速率

Fig. 5 Releasing speed of TP from straw under submerging

3 讨论

3.1 还田秸秆TN、TP、COD的释放过程探讨

微生物活动是秸秆腐解的主要动力,秸秆处于好气或者嫌气环境引起秸秆释放TN、TP、COD差异。Tenney等研究某些植物残体不同化学组成的分解速率,发现嫌气分解要比好气分解作用缓慢。本研究中,淹水状态下,SC处理的秸秆基本上处于好气环境。淹水初期秸秆分解速度快,可溶性有机氮水解形成氨基酸态

氮易溶于水,释放 NH_4^+ ,此时水溶液中受纳 NH_4^+ 累积增多,相应 TN 浓度也会升高。水溶液中 NH_4^+ 浓度增加到一定程度,将促使 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 反应的发生,部分氮素以 NH_3 挥发,随后优势群体转变为以异养或者腐生方式存活的真菌为主。随着秸秆腐解的进行,上覆水含氧量减少,反硝化作用逐渐明显,秸秆有机氮分解转化为 NH_4^+ -N 部分转化 NH_3 挥发,水溶液中 NO_3^- -N 也转化为 NH_4^+ -N 转化为 N_2 和 N_2O 挥发^[22],上覆水 TN 浓度开始呈现下降趋势。而 SB 处理的秸秆没有直接接触水和大气,处于缺氧或厌氧状态,腐解缓慢,所释放的氮素随蒸散作用从淹水层向上层水移动,造成上覆水 TN 浓度缓慢上升,随后发生氮素损耗,水溶液中 TN 浓度下降。

淹水初期,秸秆腐解产生腐殖酸释放到水中,使土壤 pH 值降低,从而使土壤中部分磷酸盐溶解,腐殖酸浓度越高对磷酸盐溶解速度影响越明显,上覆水中 TP 浓度增加。但随着淹水时间的延长,土壤 pH 值逐步回升,当上覆水磷浓度较大时,原来释放到水的磷重新被土壤吸附,因此导致淹水初期上覆水 TP 磷浓度明显升高(图 2),随后持续降低,各处理呈现抛物线变化。试验还发现,不同还田方式可造成上覆水 TP 浓度一个数量级的差异,这与玄武湖沉积在好气和厌气条件下磷释放的结果一致^[23]。

上覆水中 COD 浓度变化趋势与磷类似,也呈抛物线。一方面,COD 是微生物在分解有机物料中半纤维素、纤维素等组分的产物,但同时它又是微生物本身所依赖的碳源与能源。因此秸秆降解过程中的 COD 是原水溶性有机质的分解和半纤维素、纤维素等降解的动态平衡结果。秸秆分解过程中 COD 的变化与微生物的活性有关。COD 可作为微生物的碳源来促进微生物的周转,而微生物在周转过程中又通过分解有机物料以及本身的新陈代谢、死亡来增加 COD 的含量。所以,COD 与微生物之间是一种相辅相成的关系。淹水初期,微生物较少,此时上覆水中的 COD 主要是秸秆中原有 DOC 的自然溶出,因此 COD 浓度逐渐升高。此时微生物依靠 DOC 进行自身繁殖,同时又降解秸秆中的半纤维素、纤维素以及水溶液中的 COD,造成上覆水 COD 的持续下降。另一方面,施入秸秆,上覆水 COD 随腐解过程发生耗氧和充氧反应,模拟水田环境隔绝大气与土壤的 O_2 交换,秸秆浸泡在水中,分解产生释放腐殖质,消耗水中的溶解氧,此时上覆水 COD 高;腐殖质与水中 DO 作用形成光感化物质,经光照作用下形成 H_2O_2 ,随可逆反应进行, O_2 又被释放出,部分溶解于水中,实现充氧过程,水环境得到一定改善,此时上覆水 COD 浓度降低。

3.2 试验结果与相关研究的对比分析

很多学者采用尼龙网袋法原位研究秸秆的水田腐解。戴志刚^[15]发现麦秆腐解前快后慢,第 40 天的 N、P、C 的释放率分别为 36.00%、50.00%、48.00%,而经过 124 d 的也只有 49.26%、59.93%、66.58%。秸秆中 N、P、C 的快速期分别在 12、16、36 d 左右,还田后 36 d 内释放的养分以水溶态存在于稻田水中。陈尚洪^[11]对麦秆进行面施和翻埋,发现氮的释放较慢而磷较快,还田 90 d,面施和翻埋处理中氮的释放率分别 23.88% 和 10.75%,磷分别为 49.53% 和 58.77%。李逢雨^[13]直接覆盖还田,发现麦秆还田后腐解速率表现为前快后慢,100 d 的累计腐解率为 66.18%。由于尼龙网袋法的释放率是根据试验前后网袋中秸秆的养分含量计算所得,它强调的是埋入土壤秸秆本身的腐解释放过程,是一种内在释放“潜力”,而本研究中,秸秆释放养分后,一部分被土壤固定,只有很少一部分水溶性较强的物质进入到上覆水,是面源污染的表观能力,即尼龙网袋法的释放率是基于土壤全部养分释放,而本研究中的释放率是基于秸秆养分释放到上覆水的溶解性养分,因此尼龙网袋法的释放率远高于本研究结果。

李凤博^[18]通过盆栽试验,发现秸秆还田后上覆水 TN、 NH_4^+ -N 浓度迅速增加,随后下降较快。TN、 NH_4^+ -N 分别在第 1 天、第 2 天达到高峰。秸秆还田有效地降低了水稻土上覆水氮素含量,秸秆深埋处理有利于土壤对氮素吸收,使氮素的流失几率降低,流失潜能趋势大大减小,因此认为秸秆还田后 1 周内是控制表层水氮素

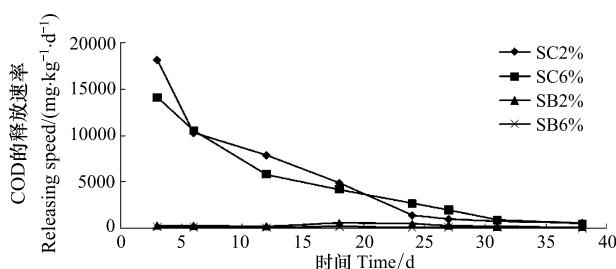


图 6 淹水条件下秸秆对 COD 的释放速率
Fig. 6 Releasing speed of COD from straw under submerging

流失的关键时期。杨志谦^[4]发现,秸秆还田在增加土壤TN的同时,明显地提高了土壤总水解N含量并使总水解N占土壤TN的比例,而土壤总水解N即为上覆水TN的主要来源。代静玉^[24]研究了几种有机物料在分解期间DOC的动态变化,发现未分解时DOC的溶出量最大,随后DOC溶出量逐渐减少,21d后出现溶出峰,35d后DOC的含量与化学组成都已趋于稳定,表明已进入难分解物质的缓慢分解阶段。这些试验结果与本研究具有较大的相似性。比较例外的是,陈永新^[6]认为秸秆面施的释放速率比深施慢,面施10d后秸秆中的N、P、TOC的释放速率分别为6.85%、84.00%和54.04%,而深施则分别达到18.80%、87.33%和62.74%,其中原因有待进一步分析。

4 结论

淹水条件下,上覆水TN浓度表现为淹水后一直持续下降,TP表现为急促上升后再持续下降,而COD则为缓慢上升后再下降。秸秆对TN的释放强度要高于TP;除了TP在淹水初期释放速率有所提高外,TN与COD的释放速率持续下降。秸秆覆盖时的面源污染物浓度高于秸秆翻埋;相同还田方式中,秸秆还田量越大,面源污染物浓度越高。从面源污染控制角度出发,淹水条件下秸秆TN防治的最佳时间为淹水初期,TP、COD为淹水后1—3周;最友好的还田方式为秸秆翻埋。

References:

- [1] Wang C H, Xiao J, Wang Z G, Wei Z Y, Zhang Q B. A preliminary study on effects of straw mulches on surfaces flow and soil erosion on slope farmland. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 1998, 18(2): 149-152.
- [2] Xu T P, Zhu B, Wang T, Kuang F H. Effects of returned straw on nutrient loss from slope crop and of purple soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(1): 30-36.
- [3] Wang J, Guo X S, Wang Y Q. Effect of straw mulch on nitrogen and phosphorus loss from farmlands in Chaohu Lake region under natural rainfall condition. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(3): 492-495.
- [4] Yang Z Q, Wang W M. Release and accumulation of carbon and nitrogen from field straw manure. *Soil Fertilizer*, 1991, (5): 43-46.
- [5] He N Z, Lin X Y, Lin R X, Zhu B L, Huang Z L, Li M Y, Zhang W M, Wang Z D. Effects of straw mulching and mixing in soil on the releases of nitrogen, phosphorus and potassium of the straw. *Chinese Journal of Soil Science*, 1995, 26(S1): 40-42.
- [6] Chen Y X, Huang S L, Zhang W M, Cao X J. Effects of straw mulching and mixing in soil on nutrient release and product increase. *The Forum on Agricultural Mechanization*, 1997, (4): 14-15.
- [7] Ma L W, Ahuja L R, Shaffer M J, Rojas K W, Peterson G A, Sherrod L. Decomposition of surface crop residues in long-term studies of dryland agroecosystems. *Agronomy Journal*, 1999, 91(3): 401-409.
- [8] Shen J Y, Zhang W M. Influence of deep plow under and broadcasting of rice straw on nutrients release and their effect on increasing yield. *Soils and Fertilizers*, 1999, (3): 42-43.
- [9] Zhuang H Y, Cao W X, Lu J F. Simulation of nitrogen release from decomposition of straw manure. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1358-1361.
- [10] Wen M X, Lin D Z, Yi S L, Li X P, Meng T, Shi X J. Dynamics of nutrient release from straw in soil. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2004, (Suppl): 276-278.
- [11] Chen S H, Zhu Z L, Wu J, Liu D H, Wang C Q. Decomposition characteristics of straw return to soil and its effect on soil fertility in purple hilly region. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(6): 141-144.
- [12] Wang X B, Cai D X, Hoogmoed W B, Perdok U D, Oenema O. Crop residue, manure and fertilizer in dryland maize under reduced tillage in northern China: I grain yields and nutrient use efficiencies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2007, 79(1): 1-16.
- [13] Li F Y, Sun X F, Feng W Q, Qin Y S, Wang C Q, Tu S H. Nutrient release patterns and decomposing rates of wheat and rapeseed straw. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2009, 15(2): 374-380.
- [14] Wang Y Q, Guo X S. Decomposition characteristics of crop-stalk under different incorporation methods. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(3): 607-610.
- [15] Dai Z G, Lu J W, Li X K, Lu M X, Yang W B, Gao X Z. Nutrient release characteristics of different crop straws manure. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26(6): 272-276.
- [16] Nan X X, Tian X H, Zhang L, You D H, Wu Y H, Cao Y X. Decomposition characteristics of maize and wheat straw and their effects on soil carbon and nitrogen contents. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(3): 626-633.

- [17] Zhang Y. Release of Simulation study of water on nonpoint pollutants release from straw [D]. Chongqing: Southwest University, 2008.
- [18] Li F B, Niu Y Z, Liu J G, Bian X M, Zhang X F. Effect of straw return with landfill on nitrogen dynamics in surface water of paddy soil: an outdoor pot experiment. Journal of Agro-Environment Science, 2009, 28(3): 513-517.
- [19] Wang J, Wang D J, Zhang G. Effect of incorporated straw-nitrogen fertilizer on nutrient leaching in paddy soils. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(2): 316-321.
- [20] Cheshire M V, Bedrock C N, Williams B L, Christensen B T, Thomsen I, Alpendre P. Effect of climate and soil type on the immobilization of nitrogen by decomposing straw in northern and southern Europe. Biology and Fertility of Soils, 1998, 28(3): 306-312.
- [21] Lsermann k. Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface waters of Western Europe against the background of their eutrophication. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1990, 26(1/3): 253-269.
- [22] Liang D L, Tong Y A, Emteryd O, Fang R Y, Zhang S L. The effects of wetting and drying cycles on N_2O emission in dry land. Agricultural Research in the Arid Areas, 2002, 20(2): 28-31.
- [23] Wang T J, Su R, Jin X C, Xia Z L, Lin Y, Fang S Q. The effects to water quality of phosphorus loading and its release in the sediments of urban eutrophic lakes. Research of Environmental Sciences, 1994, 7(4): 12-19.
- [24] Dai J Y, Zhou J M, Qin S P. Dynamic changes of chemical composition of dissolved organic matter during decomposition of organic materials. Chinese Journal of Soil Science, 2004, 35(6): 724-727.

参考文献:

- [1] 王春红, 肖娟, 王治国, 魏忠义, 张庆保. 稻秆覆盖对坡面径流及土壤流失影响的研究. 山西农业大学学报, 1998, 18(2): 149-152.
- [2] 徐泰平, 朱波, 汪涛, 况福虹. 稻秆还田对紫色土坡耕地养分流失的影响. 水土保持学报, 2006, 20(1): 30-36.
- [3] 王静, 郭熙盛, 王允青. 自然降雨条件下秸秆还田对巢湖流域旱地氮磷流失的影响. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 492-495.
- [4] 杨志谦, 王维敏. 秸秆还田后碳、氮在土壤中的积累与释放. 土壤肥料, 1991, (5): 43-46.
- [5] 何念祖, 林咸永, 林荣新, 朱炳良, 黄正来, 李马裕, 张悟民, 王宗道. 面施和深施对秸秆中氮磷钾释放的影响. 土壤通报, 1995, 26(S1): 40-42.
- [6] 陈永星, 黄守林, 张悟民, 曹新江. 深施与面施对水稻秸秆养分释放及增产效果研究. 农业机械化论坛, 1997, (4): 14-15.
- [8] 沈佳音, 张悟民. 稻秆深施与面施对养分释放的影响及其增产效果. 土壤肥料, 1999, (3): 42-43.
- [9] 庄恒扬, 曹卫星, 陆建飞. 还田秸秆分解与氮素释放的动态模拟. 生态学报, 2002, 22(8): 1358-1361.
- [10] 温明霞, 林德枝, 易时来, 李学平, 孟涛, 石孝均. 秸秆在土壤中的养分释放动态研究. 西南农业学报, 2004, (Suppl): 276-278.
- [11] 陈尚洪, 朱钟麟, 吴婕, 刘定辉, 王昌全. 紫色丘陵区秸秆还田的腐解特征及对土壤肥力的影响. 水土保持学报, 2006, 20(6): 141-144.
- [13] 李逢雨, 孙锡发, 冯文强, 秦鱼生, 王昌全, 涂仕华. 麦秆、油菜秆还田腐解速率及养分释放规律研究. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 374-38.
- [14] 王允青, 郭熙盛. 不同还田方式作物秸秆腐解特征研究. 中国农业生态学报, 2008, 16(3): 607-610.
- [15] 戴志刚, 鲁剑巍, 李小坤, 鲁明星, 杨文兵, 高祥照. 不同作物还田秸秆的养分释放特征试验. 农业工程学报, 2010, 26(6): 272-276.
- [16] 南雄雄, 田霄鸿, 张琳, 游东海, 吴玉红, 曹玉贤. 小麦和玉米秸秆腐解特点及对土壤中碳、氮含量的影响. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(3): 626-633.
- [17] 张赟. 模拟水分对秸秆释放主要面源污染物的影响研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [18] 李凤博, 牛永志, 刘金根, 卞新民, 章秀福. 秸秆填埋对水稻土表层水三氮动态的影响. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 513-517.
- [19] 汪军, 王德建, 张刚. 秸秆还田下氮肥用量对稻田养分淋洗的影响. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 316-321.
- [22] 梁东丽, 同延安, Emteryd O, 方日尧, 张树兰. 干湿交替对旱地土壤 N_2O 气体损失的影响. 干旱地区农业研究, 2002, 20(2): 28-31.
- [23] 王庭健, 苏睿, 金相灿, 夏忠林, 林漪, 方世裘. 城市富营养湖泊沉积物中磷负荷及其释放对水质的影响. 环境科学研究, 1994, 7(4): 12-19.
- [24] 代静玉, 周江敏, 秦淑平. 几种有机物料分解过程中溶解性有机物质化学成分的变化. 土壤通报, 2004, 35(6): 724-727.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 6 March, 2012 (Semimonthly)
CONTENTS

- Quantitatively monitoring undergoing degradation of plateau grassland by remote sensing data: a case study in Maqu County, Gansu Province, China ZHOU Jianhua, WEI Huaidong, CHEN Fang, et al (1663)
Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River Basin, China YIN Xuwang, QU Xiaodong, LI Qingnan, et al (1677)
Water-holding capacity of an evergreen broadleaf forest in Ailao Mountain and its functions in mitigating the effects of Southwest China drought QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (1692)
The relationship between protistan community and water quality along the coast of Qingdao YANG Jinpeng, JIANG Yong, HU Xiaozhong (1703)
Simulation of effects of warming on carbon budget in alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau QI Weiwei, NIU Haishan, WANG Shiping, et al (1713)
Features of leaf photosynthesis and leaf nutrient traits in reservoir riparian region of Three Gorges Reservoir, China JIE Shenglin, FAN Dayong, XIE Zongqiang, et al (1723)
Spatio-temporal distribution of fish in the Pengxi River arm of the Three Gorges reservoir REN Yuqin, CHEN Daqing, LIU Shaoping, et al (1734)
Analysis on allelochemicals in the cell-free filtrates of *Amphidinium carterae* JI Xiaoqing, HAN Xiaotian, YANG Baijuan, et al (1745)
Effect of starvation on expression patterns of the MYP gene in *Strongylocentrotus intermedius* QIN Yanjie, SUN Bolin, LI Xia, et al (1755)
Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains, China ZHAO Chongnan, SU Yun, LIU Zhensheng, et al (1762)
Using cellular automata to study patchy spread in a predator-prey system YANG Li, LI Weide (1773)
Effects of insect-resistant transgenic Bt rice with a fused *Cry1Ab+Cry1Ac* gene on population dynamics of the stem borers, *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens*, occurring in paddyfield LI Zhiyi, SUI He, XU Yanbo, et al (1783)
Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) FAN Fan, REN Hongmin, LU Lihua, et al (1790)
The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV) WANG Shujuan, DUAN Liqing, LI Haiping, et al (1796)
The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China LI Haifeng, ZENG Fanjiang, GUI Dongwei, et al (1803)
Multivariate regression analysis of greenhouse gas emissions associated with activities and populations of soil microbes in a double-rice paddy soil QIN Xiaobo, LI Yu'e, SHI Shengwei, et al (1811)
Distribution characteristics of humus fraction in soil profile for the typical regions in the Loess Plateau DANG Ya'ai, LI Shiqing, WANG Guodong (1820)
N₂O emissions from vegetable farmland with purple soil and the main factors influencing these emissions YU Yajun, WANG Xiaoguo, ZHU Bo (1830)
Relationships between carbon source utilization of soil microbial communities and environmental factors in natural secondary forest in subtropical area, China WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1839)
Numerical soil classification using fuzzy K-means algorithm and predictive soil mapping at regional scale LIU Pengfei, SONG Xuan, LIU Xiaobing, et al (1846)
Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition YANG Zhimin, CHEN Yucheng, ZHANG Yun, et al (1854)
Effects of delayed irrigation at jointing stage on nitrogen accumulation and its allocation, and NO₃-N migration in wheat WANG Hongguang, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (1861)
Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province WU Hongyan, GAO Ping, XU Weigen, et al (1871)
Determination of the initial depth of water uptake by roots of steppe plants in restored and overgrazed communities, Inner Mongolia, China GUO Yuran, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1880)
Fine root architecture and morphology among different branch orders of six subtropical tree species XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (1888)
Numerical analysis of inter-specific relationships in Alpine steppe community in Bayanbulak FANG Fei, HU Yukun, ZHANG Wei, et al (1898)
Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related genera SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, et al (1908)
Effect of the parasitic *Cuscuta australis* on the community diversity and the growth of *Alternanthera philoxeroides* WANG Rukui, GUAN Ming, LI Yonghui, et al (1917)
Diversity and community structure of basidiomycete laccase gene from subtropical broad-leaved and coniferous forest ecosystems based on cDNA cloning CHEN Xiangbi, SU Yirong, HE Xunyang, et al (1924)
Fine root longevity and controlling factors in subtropical *Altingia grililipes* and *Castanopsis carlesii* forests HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (1932)
Linear programming and optimal distribution of the forest resources based on TM remote sensing images DONG Bin, CHEN Liping, WANG Ping, et al (1943)
Urban green space landscape patterns and thermal environment investigations based on computational fluid dynamics LIU Yanhong, GUO Jinping, WEI Qingshun (1951)
Review and Monograph
Review of the ecological compensation efficiency ZHAO Xueyan (1960)
Scientific Note
The effects of petroleum exploitation on water quality bio-assessment and benthic macro-invertebrate communities in the Yellow River Delta wetland, Dongying CHEN Kai, XIAO Nengwen, WANG Beixin, et al (1970)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 6 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 6 2012

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:1000717

印 刷 北京北林印刷厂
行 销 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010) 62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010) 64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

ISSN 1000-0933
9 771000093125

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元