

废弃烤烟茎秆浸水后的腐解、养分释放特征 及其对水环境的影响^{* * *}

熊德中 李放 李素兰 贺鹏 邹文桐

(福建农林大学资源与环境学院 福州 350002)

摘要 福建省烤烟茎秆数量达 $12 \text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$, 大部分弃于田头、沟渠、河流旁。浸泡试验表明, 废弃烤烟茎秆用水浸泡, 其干物质、有机质、氮、磷、钾均在浸水后的前 10 d 流失速度最快, 流失率分别为 34.52%、32.16%、24.15%、74.55%、79.46%; 浸水至第 60 d 时, 流失率则分别达 50.05%、46.88%、68.68%、95.10%、95.76%。500 g 烤烟茎秆(干物质量为 135.197 g) 浸于 1.5 L 水中 60 d, 水体中铵态氮含量为 292.56 mg, 硝态氮含量为 35.68 mg, 烤烟茎秆在浸水条件下流失的氮素大部分以铵态氮的形式存在于水体。试验样品浸水至第 10 d、30 d、60 d 时, 水体 COD 含量分别为 $13.82 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $8.73 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $5.43 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。福建省 1 年生产的烤烟茎秆可造成 5.33 万 t 有机质、908 t 氮素、247 t 磷素、2 918 t 钾素流失。

关键词 烤烟茎秆 浸水 腐解 养分流失 水体污染

中图分类号: X503.231 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2008)06-1513-04

Decomposition, nutrient-releasing characteristics and environmental effect of soaked tobacco stem waste

XIONG De-Zhong, LI Fang, LI Su-Lan, HE Peng, ZOU Wen-Tong

(College of Resource and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Annual output of tobacco stem in Fujian Province is 1.2×10^5 ton, most of which is piled on the fields, irrigation canals and river banks. Soaking experiment shows that the rate of nutrient loss from tobacco stems are maximum in the first 10 days after soaking tobacco in water; with dry matter, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium loss rates of 34.52%, 32.16%, 24.15%, 74.55% and 79.46% respectively. On the 60th day after soaking, nutrient loss rates are 50.05%, 46.88%, 68.68%, 95.10% and 95.76% respectively. When 500 g fresh tobacco stems (with 135.197 g dry matter) are soaked in 1.5 L water, ammonia and nitrate nitrogen content in water reaches 292.56 mg and 35.68 mg respectively. Most of the lost nitrogen from soaked tobacco stem is in the form of ammonia nitrogen. On the 10th, 30th and 60th day after the tobacco stems were soaked in water, COD of water is $13.82 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $8.73 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and $5.43 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ respectively. Annual loss of organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium from tobacco stem in Fujian Province is 5.33×10^4 ton, 908 ton, 247 ton and 2 918 ton respectively.

Key words Tobacco stem, Soaking, Decomposition, Nutrient release, Water pollution

(Received Feb. 6, 2008; accepted April 10, 2008)

福建省是我国主要的优质烤烟生产基地, 2007 年福建省烤烟种植面积 6 万 hm^2 , 烟叶产量达 12 万 t。据调查, 烤烟茎秆与烟叶的比例一般为 1:1, 故福建省 1 年的烤烟茎秆数量达 12 万 t 左右。据研究, 烤烟茎秆中的有机化合物约占干物质总量的 90%~95%, 矿物质元素占 5%~10%^[1]。烤烟茎秆的木质素和纤维素含量高, 不能直接就地还田,

也不能用作饲料。福建烟区实行烟稻轮作, 栽培季节紧、轮作周期间隙短、劳动力不足, 几乎所有的烤烟茎秆被当作废弃物堆积于田头、沟渠、河流旁。部分烟秆随水流走, 部分则被农用水浸泡晒干后作为燃料。福建烟区 6~7 月温度高、雨量多, 大量废弃的烤烟茎秆被水长时间浸泡。而目前对烤烟茎秆浸泡后的腐解特征、养分释放及可能引起的面源

* 福建省教育厅项目(JB07093)和福建省烟草公司项目资助

熊德中(1955~), 男, 教授, 主要从事植物营养与施肥研究。E-mail: xiongdz@126.com

收稿日期: 2008-02-06 接受日期: 2008-04-10

污染仍缺乏了解。为此,本试验探讨了废弃烤烟茎秆浸水后养分物质的流失特点及对水体环境的影响,以期为加快烤烟茎秆的资源化利用研究提供参考。

1 材料与方方法

1.1 试验设计

供试的烤烟茎秆为烟叶采烤结束后从田间采集的废弃新鲜烤烟茎秆,养分含量(占干物质重)测定结果表明,烤烟茎秆全氮含量为 $4.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $1.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $21.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质 $949.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

将废弃的新鲜烤烟茎秆切成 5 cm 长的小段,每 500.000 g 新鲜烟秆(干物质和有机质含量分别为 135.197 g、128.327 g)浸于 1.5 L 去离子水中,使水面刚好淹没茎秆。为确保水体指标每次测定一致,保证各重复烟秆数量相等,试验根据取样时间设 6 个处理:浸泡 10 d、20 d、30 d、40 d、50 d、60 d,每处理重复 3 次。各处理浸水时间到后,取出茎秆残体并晾干后用植物粉碎机粉碎,样品供养分的测定;水样直接用于水体有关指标的测定。

1.2 测定指标和方法

烤烟茎秆养分流失指标的测定:烤烟茎秆全氮含量用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2 - \text{靛酚蓝}$ 比色法测定,全磷用钒钼黄比色法,全钾用火焰光度计法,有机质用高温外热重铬酸钾容量法,干物质含量用常压恒温干燥法^[2]测定。各养分流失率均按下式计算:

$$\text{流失率}(\%) = \frac{\text{浸水前总含量} - \text{浸水后总含量}}{\text{浸水前总含量}} \times 100\%$$

(1)

浸泡烤烟茎秆水样养分指标的测定:水体全氮含量用碱性过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定,水体硝态氮和铵态氮含量分别用戴氏合金法、纳氏试剂分光光度法测定;水体全磷、全钾含量分别用钼锑抗分光光度法、原子吸收法测定;水体化学需氧量用重铬酸钾法^[3]测定。

为了解水体养分的总含量,除化学需氧量外其他指标均以总量计算。即浸水 10~60 d 时各重复全部浸提液中某养分的总含量。

2 结果与分析

2.1 废弃烤烟茎秆浸水过程中干物质及有机质的流失状况

2.1.1 干物质流失状况

浸水过程中烤烟茎秆干物质流失明显呈两个阶段。浸水后的前 10 d 干物质流失速度最快,样品中干物质(135.197 g)流失量为 46.670 g,流失率达 34.52%,占浸水 60 d 干物质总流失量的 68.97%(图 1)。烤烟茎秆浸水后的第 10~20 d 干物质流失量很少,但浸水第 20~30 d,干物质流失速度又

明显加快,浸水第 30 d 时干物质流失量比浸水第 20 d 时增加 10.869 g,浸水至第 30 d 时的干物质流失率已达 42.84%。此后,随烤烟茎秆浸水时间延长,干物质流失速度逐渐降低,浸水第 50 d 时干物质流失量已达 67.666 g,干物质流失率达 50.05%。浸水第 50~60 d 时,干物质不再进入水体,干物质流失率的变化趋于稳定。

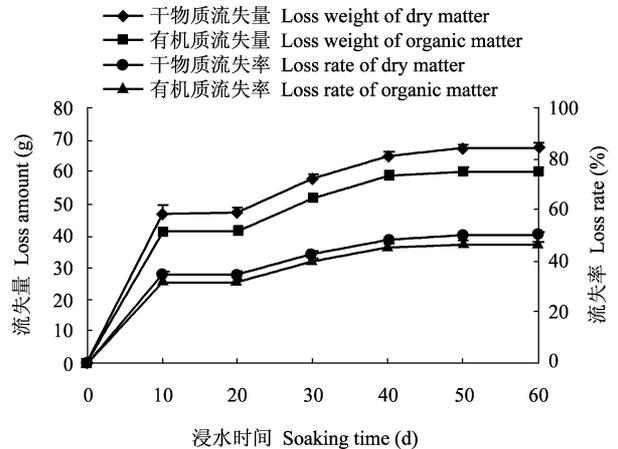


图 1 烤烟茎秆浸水过程中干物质及有机质流失状况

Fig. 1 The loss amount and rate of dry matter and organic matter of tobacco stem soaked in water

加入水体烤烟茎秆的干物质及有机质总量分别为 135.197 g、128.327 g。Dry matter and organic matter from tobacco stem soaked in water are 135.197 g, 128.327 g respectively.

2.1.2 有机质流失状况

烤烟茎秆中干物质的流失主要是有机质的损失,所以烤烟茎秆有机质的流失状况也明显呈两个阶段(图 1)。新鲜烤烟茎秆浸水后的前 10 d,有机质流失速度最快,试验样品的有机质(128.327 g)流失量为 41.270 g,流失率达 32.16%,占浸水 60 d 有机质总流失量的 68.60%。浸水第 10~20 d 时,烤烟茎秆有机质的流失速度很低,浸水第 30 d 时,有机质流失量比浸水第 20 d 时多 10.413 g,流失率上升至 40.34%,占浸水 60 d 有机质总流失量的 86.04%。浸水第 40 d 时,烤烟茎秆有机质已基本不再分解,烤烟茎秆浸水的第 40~60 d 之间,有机质累计流失率仅为 1.13%。按烤烟茎秆浸水 60 d 时有机质总流失量计算,福建省 1 年生产的烤烟茎秆可造成 5.33 万 t 的有机质流失而进入水体。

烤烟茎秆在浸水的前 10 d 分解速率最快,浸水的第 10~20 d 出现了分解缓慢的情况,而在第 20 d 以后又以较快的速度分解,这可能与烤烟茎秆的有机组分和物理结构有关。植物残体的有机碳可分为两个组分,即易分解组分(如糖类、淀粉等)与难分解组分(如纤维素、木质素等)^[4]。易分解的有机

碳在第一阶段快速分解,而难分解组分则分解比较缓慢^[5]。烤烟茎秆的易分解部分集中在烤烟茎秆的表皮和髓部,表皮木质化程度低,淹水过程中直接与水接触,厌氧微生物直接附着于表面对其进行分解。同时,烤烟茎秆的髓部结构比较疏松,水分可以沿烤烟茎秆两端渗入其中并促进髓部的分解。在这种情况下,烟秆的皮层和髓部的易分解有机碳组分均比木质部提前进入分解阶段。在试验中可以观察到浸水 10 d 时,烤烟茎秆的皮层和髓部已经基本分解进入水体,木质部开始与水直接接触,而木质素有完整坚硬的外壳,不易分解。因此在烤烟茎秆浸水的前 10 d 出现了有机质的分解高峰,并且在浸水第 10~20 d 形成了快速分解与慢速分解的分界线。这与王志明等研究秸秆在淹水土壤中的分解时得出的结论基本一致^[6]。

2.2 废弃烤烟茎秆浸水过程中氮、磷、钾的流失状况

2.2.1 氮素流失状况

烤烟茎秆氮素的分解与有机碳的流失是同时进行的,氮素流失率与有机质和干物质流失率变化趋势基本一致(表 1)。烤烟茎秆氮素流失速度在浸水的前 20 d 最快,样品的氮素流失量为 330.7 mg,氮素流失率达 54.35%,占浸水 60 d 氮素总流失量的 79.15%。烤烟茎秆在浸水至第 30 d 时,氮素的流失量反而比浸水 20 d 时的略低,这可能是烤烟茎秆在浸水的前 20 d,大部分易分解的有机氮已经分解,难分解的木质素、纤维素等物质含量相对增加,而这部分物质在分解前期会固定周围环境中的氮素^[5],所以烤烟茎秆在浸水的第 20~30 d 时氮素流失速度明显降低。浸水 40 d 时氮素流失率为 63.82%,浸水 50

d 时氮素流失率为 68.58%,浸水 50 d 氮素流失率比浸水 40 d 时高 4.76 个百分点;浸水 50 d 氮素流失率与浸水 60 d 无明显差异。由此可见烤烟茎秆氮素的流失主要集中在浸水的前 30 d。福建烟区烤烟收获后通常是高温多雨季节,连续降雨下将会有大量废弃烤烟茎秆内的氮素随水进入地表径流。

2.2.2 磷素流失状况

烤烟茎秆中的磷素在微生物作用下形成磷酸或可溶性磷酸盐,部分磷酸及可溶性磷酸盐被微生物同化吸收形成生物有机磷,在微生物死亡后释放进入水体。烤烟茎秆在浸水后的前 10 d 磷素流失速度最快,试验样品的磷素流失量达 171.3 mg,磷素流失率达 74.55%,占 60 d 总流失量的 78.40%;此后,烤烟茎秆的磷素流失量逐渐减少,浸水至第 20 d 时磷素流失率为 88.82%,第 30 d 时为 93.51%;第 40 d 时烤烟茎秆磷素流失率与浸水 30 d 相比变化不大;浸水 50 d 的磷素流失率与浸水 60 d 的差异很小。

2.2.3 钾素流失状况

烤烟是喜钾作物,烤烟茎秆的钾素含量远高于氮素、磷素。因此,烤烟茎秆钾素的流失量也比氮素、磷素高。烤烟茎秆浸水 60 d 时,试验样品的钾素总流失量达 2 822.0 mg,钾素的流失率为 95.76%,比氮素、磷素的流失量高。烤烟茎秆浸水过程中,钾素流失速度变化趋势与磷素基本一致。钾素流失最快的时期是烤烟茎秆浸水后的前 10 d,流失率为 79.46%,流失量为 2 341.7 mg,占 60 d 总流失量的 82.98%;此后烤烟茎秆钾素的流失速度逐渐降低,浸水 20 d 时钾素流失率为 90.83%,浸水 30 d 时达 95.07%,浸水 40 d 时钾素总流失率达 95.45%,与浸水 50~60 d 的处理基本相同。

表 1 烤烟茎秆浸水过程中氮、磷、钾的流失状况

Tab. 1 The loss amount and rate of nitrogen, phosphorus and potassium of tobacco stem soaked in water

项目 Item	浸水时间 Soaking time (d)					
	10	20	30	40	50	60
氮流失量 N loss amount (mg)	146.9 ± 3.5	330.7 ± 6.0	318.6 ± 5.9	388.3 ± 7.3	417.2 ± 8.2	417.8 ± 7.3
氮流失率 N loss rate (%)	24.15	54.35	52.36	63.82	68.58	68.68
磷流失量 P loss amount (mg)	171.3 ± 5.2	204.1 ± 4.9	214.9 ± 6.3	218.0 ± 6.8	218.4 ± 7.0	218.5 ± 5.9
磷流失率 P loss rate (%)	74.55	88.82	93.51	94.88	95.04	95.10
钾流失量 K loss amount (mg)	2 341.7 ± 14.6	2 676.8 ± 15.3	2 801.7 ± 16.7	2 812.9 ± 13.4	2 813.2 ± 18.2	2 822.0 ± 20.3
钾流失率 K loss rate (%)	79.46	90.83	95.07	95.45	95.46	95.76

加入水体的烤烟茎秆 N、P、K 量分别为 608.4 mg、229.8 mg、2 947.0 mg。N, P, K amount from tobacco stem soaked in water are 608.4 mg, 229.8 mg, 2 947.0 mg.

按烤烟茎秆浸水 60 d 时氮磷钾养分流失量计算,福建省 1 年生产的烤烟茎秆可造成 908 t 氮素、247 t 磷素、2 918 t 钾素流失,相当于 2 064 t 尿素、4 219 t 过磷酸钙、5 857 t 氯化钾的养分含量。

2.3 废弃烤烟茎秆浸水对水体铵态氮、硝态氮及 COD 含量的影响

2.3.1 水体铵态氮和硝态氮的变化

烤烟茎秆浸水后,进入水体的氮素在异养细菌的氨化作用下产生铵态氮,铵态氮随水体 pH 变化可以分子态氮的形式存在,对水体生物有毒害作用^[7],铵态氮是评价水体环境的重要指标。浸泡烤烟茎秆的水体中铵态氮含量随烤烟茎秆浸水时间

的延长逐渐增高(图 2)。烤烟茎秆浸水后的前 10 d, 浸泡烤烟茎秆的水体铵态氮含量增加速度最快, 浸水 10 d 时 1.5 L 水体中铵态氮总含量升至 162.51 mg。若此浸提水流入水体, 可使 10 m³ 水体中铵态氮含量超标, 对水产养殖产生影响。浸水 10 d 时水体硝态氮未检测出, 可见浸水前 10 d 烤烟茎秆中流失的氮素大部分转化为铵态氮和有机氮进入水体。浸水 20 d 时 1.5 L 水体铵态氮总含量为 219.93 mg, 比浸水 10 d 时增加 57.42 mg; 浸水 30 d 时为 220.11 mg, 与浸水 20 d 时相比变化不大; 浸水 40 d 时水体铵态氮总含量升高至 270.53 mg, 比浸水 30 d 时升高 50.42 mg; 浸水 50 d 时水体铵态氮总含量为 281.96 mg, 浸水 60 d 时 292.56 mg, 水体铵态氮的变化已基本接近稳定。浸泡烤烟茎秆水体铵态氮的变化趋势与烤烟茎秆氮素流失率的变化趋势基本吻合。

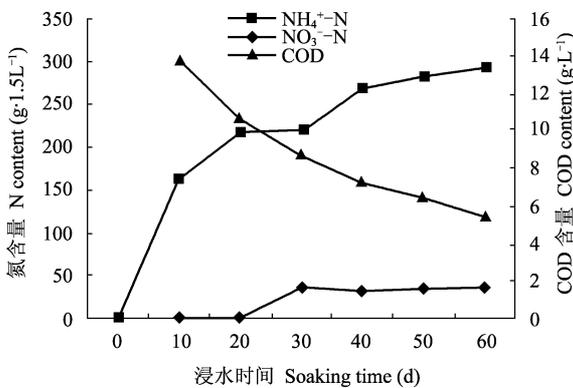


图 2 浸泡烤烟茎秆对水体中氨态氮、硝态氮和 COD 含量的影响

Fig. 2 The contents of ammonia and nitrate nitrogen, and COD in water with soaked tobacco stem

浸水前 20 d 水体中未检出硝态氮, 30 d 时 1.5 L 水体中硝态氮总含量为 35.57 mg, 60 d 时为 35.68 mg。由此可见烤烟茎秆在浸水条件下流失的氮素大部分以铵态氮的形式存在于水体。

2.3.2 水体 COD 的变化

COD 是评价水体有机质和还原性无机物污染的重要指标。在废弃新鲜烤烟茎秆浸水后的前 10 d, 由于大量有机物进入水体, 使浸泡烤烟茎秆的水体 COD 迅速升高。新鲜烤烟茎秆浸水第 10 d, 水体 COD 升至 13.82 g·L⁻¹ (图 2)。若此浸提液稀释 500 倍, 水体的 COD 仍超过国家地面水环境质量规定 V 类水的标准。浸水 10 d 后, 可能由于有机质流入水体的速度远小于水体中有机质的分解速度, 水体 COD 含量开始降低; 浸水 20 d 时水体 COD 含量为 10.56 g·L⁻¹; 浸水 30 d 降到 8.73 g·L⁻¹; 40 d

时为 7.21 g·L⁻¹, 此时烤烟茎秆不再向水体输入有机质, 水体有机质开始进入单纯的分解阶段, 此时水体有机质含量不高, 仅有少量不易分解的有机质残存于水体中, 但分解速度较慢, 故此 COD 的降低速度也不快; 浸水 50 d 时 COD 降为 6.44 g·L⁻¹, 浸水 60 d 时 COD 降为 5.43 g·L⁻¹。由此可见, 单纯依靠水体自净并不能在两个月内消除新鲜烤烟茎秆对水体 COD 的影响。福建烟区烤烟收获后的高温多雨季节使废弃烟秆腐解较快, 易引起水源污染, 影响烟区环境生态系统。

3 小结与讨论

浸水期间烤烟茎秆的干物质、有机质、氮、磷、钾均在浸水后的前 10 d 流失率最大, 浸水 40 d 后各种养分流失率不再有明显的增加。目前福建省烤烟茎秆年产量约为 12 万 t, 若将其 1 年产生的烤烟茎秆全部堆积于田头, 那么可造成 5.33 万 t 的有机质进入水体, 908 t 氮素, 247 t 磷素, 2 918 t 钾素流失。

浸水过程中烤烟茎秆的大量养分进入水体, 使水体有机质、氮、磷、钾含量均有一定幅度的升高。若将 500 g 废弃新鲜烤烟茎秆样品浸泡 10 d 的浸提水加入到 10 m³ 水体中, 使水体中的铵态氮达 0.016 mg·L⁻¹, 将对水产养殖产生影响; 若将浸水 10 d 的浸提液稀释 500 倍, 水体的 COD 仍为 27.65 mg·L⁻¹, 超过中华人民共和国国家地面水环境质量标准规定 V 类水 COD_{Cr} ≤ 25 mg·L⁻¹ 的标准。由此可见, 废弃烤烟茎秆堆积于田头、沟渠、河流旁的处理方式不仅造成了养分流失, 浪费农业资源, 而且还会引起面源污染, 影响烟区环境生态系统。因此, 烤烟茎秆的资源化利用是急需研究解决的课题。

参考文献

- [1] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-6
- [2] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 1-292
- [3] 国家环保局. 水和废水监测分析方法(第 3 版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 278-280
- [4] 迟凤琴. 黑土中有机物料分解规律的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2003 (5): 6-8
- [5] Murayama S. Decomposition kinetics of straw saccharides and synthesis of microbial saccharides under field conditions[J]. Soil Sci., 1984, 35: 231-242
- [6] 王志明, 朱培立, 王东迈. ¹⁴C 标记秸秆碳素在淹水土壤中的转化与平衡[J]. 江苏农业学报, 1998, 14 (2): 112-117
- [7] 聂月美, 邵庆均. 铵态氮对虾的免疫影响及其预防措施[J]. 中国饲料, 2006 (10): 28-31