

生物质焦对冷浸田水稻生长·产量的影响

王文军¹, 张祥明¹, 凌国宏²

(1. 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 安徽合肥 230031; 2. 黄山市歙县农业技术推广中心土肥站, 安徽歙县 245200)

摘要 [目的]探索生物质焦在冷浸田上的应用效果, 以期改良冷浸田提供科学依据。[方法]以 D 优 202 水稻为材料, 采取田间小区试验的方法, 研究不同用量生物质焦对水稻生长、产量的影响。[结果]施用生物质焦能够提高冷浸田早期土温, 促进水稻的生长发育, 特别是水稻分蘖期干物质积累明显, 比对照增加 17.6%~22.7%; 增施生物质焦能明显提高水稻产量, 比对照增加 8.7%~14.8%, 水稻产量先随生物质焦用量的增加而逐渐提高, 但当用量超过 2 250 kg/hm² 时产量下降。经过回归分析, 计算出最高产量生物质焦用量为 2 238.8 kg/hm²。[结论]生物质焦能提高水稻生长发育前期土壤温度, 解决冷浸田山阴水冷、水稻前期生长缓慢、易僵苗等问题, 促进水稻干物质积累, 促进水稻对氮、磷、钾等养分的吸收, 提高水稻产量。生物质焦可以作为冷浸田的一种改良剂在生产上推广应用。

关键词 皖南山区; 生物质焦; 冷浸田

中图分类号 S216 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)14-06220-02

Effects of Biochar Amendment on Growth and Yield of Rice in Cold Water Field

WANG Wen-jun et al (Soil and Fertilizer Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract [Objective] Application effect of biochar on cold water field was explored, in order to provide scientific basis for the amelioration of cold water field. [Method] With the Dyou NO. 202 as test material, set up 5 different application rate of biochar, field plot experiment was carried out to study the effects of biochar on rice growth and yield. [Result] The application of biochar could improve the cold water field soil temperature, promote rice growth, rice dry matter accumulation increased by 17.6%~22.7% than CK; could significantly increase rice yield, compared with the control by 9.4%~19.7%. Regression analysis to calculate the maximum rice yield of biochar application rate was 2 238.8 kg/hm². [Conclusion] Applied biochar could improve soil temperature, promote rice growth and dry matter accumulation, improve the absorption rate of nitrogen, phosphorus, potassium, increase rice yield. Biochar was an effective soil ameliorant of cold water field.

Key words South Anhui mountain areas; Biochar; Cold water field

生物质焦(Biochar)一般是指生物质(Biomass)在一定的温度下厌氧热解而产生的物质^[1], 主要成分是碳, 呈黑色粉末状, 故又被称为木炭(Charcoal)、黑炭(Black carbon)、生物炭(Biochar)、生物黑碳(Biochar)等。生物质焦的主要成分是碳, 比表面积较大, 具有较强的吸附能力, 具有芳香族化合物的结构特性。生物质焦的这些特性被广泛运用于农业生产和生态环境保护领域。最近的研究表明, 农田施用生物质焦可以增加土壤碳容量和土壤碳库^[2], 减少温室气体排放^[3], 提高作物产量^[4], 减少养分的淋洗运移^[5], 对土壤中有有机污染物有很强的吸附、迟滞作用, 降低环境风险^[6-7]。我国生物质资源丰富, 仅各类农作物秸秆每年产生总量在 7 亿 t 左右^[8]。应用各种生物质资源转化为生物质焦施用于土壤, 对提高土壤碳库、培肥土壤、提高农业生产力、改善农业生态环境均具有重要意义。

安徽省冲垄冷浸田约 46 万 hm², 主要分布在皖南山区和皖西大别山区, 占当地水田面积约 30%。由于长期渍水, 土壤团聚体结构破坏, 土壤通透性恶化, 根际环境中多呈缺氧状态, 有机酸、Fe²⁺、Mn²⁺、H₂S 大量积累^[9-10], 造成水稻生长环境不良, 生产力低下。冲垄冷浸田也是安徽省主要的低产水稻土之一。笔者利用生物质焦的上述特性, 探索它在冷浸田上的应用效果, 以期改良冷浸田提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种 水稻品种 D 优 202, 种植密度 16.6 cm ×

26.6 cm。

1.2 试验设计 定位开展生物质焦对冷浸田改良效果试验。试验设在皖南山区歙县深度镇定潭村的冷浸田。试验田的基本理化性状为: 有机质 25.16 g/kg、全氮 1.68 g/kg、碱解氮 151.65 mg/kg、速效钾 57.47 mg/kg、pH 5.73、活性还原物质 0.63 cmol/kg、Fe²⁺ 1.16 cmol/kg、Mn²⁺ 0.246 cmol/kg。生物质焦养分含量为: 速效磷 225.46 mg/kg, 速效钾 4.51 g/kg, pH 7.87。

试验设生物质焦 0、750、1 500、2 250、3 000 kg/hm² 共 5 个用量处理。各处理肥料用量一致, 施纯 N 150 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²。肥料品种为尿素、过磷酸钙、氯化钾。氮肥的 50% 基施, 40% 做分蘖肥, 10% 做穗肥; 磷肥和钾肥全部基施。小区面积 26.4 m²。生物质焦施用方法为水稻移栽后浅水均匀撒施。

1.3 观测分析方法 在水稻生长期不定期测量 0~5 cm 处土壤温度。在分蘖期、拔节期、抽穗期和成熟期, 分别取植株样, 洗净, 烘干, 称重, 计算地上部分生物积累量、叶面积指数。在成熟期考种, 小区单打单收, 分别计产。

2 结果与分析

2.1 生物质焦对冷浸田土壤温度的影响 生物质焦为黑色有机物质, 其密度较小, 水稻移栽后浅水均匀撒施于稻田。生物质焦可以漂浮于水的表面, 利用其吸热性能, 可以提高水的温度和土壤温度。从图 1 可以看出, 施用生物质焦可以提高水稻生育前期土壤温度, 5 月 28 日生物质焦处理 5 cm 处土壤温度提高 0.8~1.3 °C; 其后的几次测定结果表明施用生物质焦处理 5 cm 处土壤温度均高于对照, 7 月 13 日以后所有处理温度基本相同。

基金项目 国家农业行业专项(201003059)。

作者简介 王文军(1967-), 女, 安徽歙县人, 副研究员, 从事植物营养与土壤肥料方面的研究, E-mail: wenjunwang886@sohu.com。

收稿日期 2013-04-21

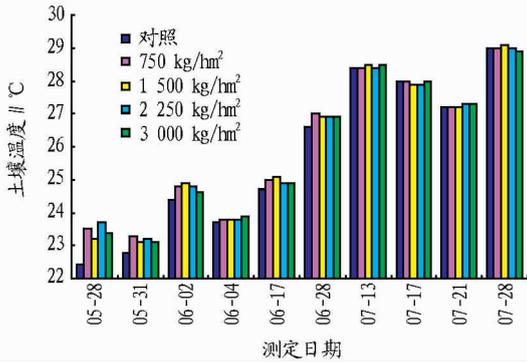


图1 生物质焦处理对5 cm处土壤温度的影响

2.2 生物质焦对水稻干物质积累和叶面积指数的影响 从表1可以看出,生物质焦处理水稻各期干物质积累量和叶面积指数均高于对照。水稻生育前期生物质焦促进干物质积

表1 生物质焦对干物质积累和叶面积指数的影响

处理	分蘖期		拔节期		抽穗期		成熟期干物重//g/株
	干物重//g/株	叶面积指数	干物重//g/株	叶面积指数	干物重//g/株	叶面积指数	
对照	4.15	1.74	12.68	3.19	42.33	5.05	69.09
750 kg/hm ²	4.94	1.94	13.86	4.16	49.10	5.93	76.18
1 500 kg/hm ²	5.09	1.87	14.24	3.33	48.41	5.42	84.22
2 250 kg/hm ²	4.88	1.81	13.90	3.36	46.28	5.18	77.83
3 000 kg/hm ²	5.02	1.88	14.25	3.83	48.93	5.48	74.09

2.3 生物质焦对冷浸田水稻生长和产量的影响 从表2可以看出,生物质焦可以提高水稻株高,对穗长的影响不明显。生物质焦还可以提高水稻单位面积有效穗数、每穗实粒数和结实率,分别提高了3.9%~12.5%、1.0%~12.6%、1.0%

表2 生物质焦对水稻生长和产量的影响

处理	株高//cm	穗长//cm	有效穗//万/hm ²	穗粒数//粒	结实率//%	产量//kg/hm ²	较对照增产//%
对照	108.5	27.34	193.5	144.5	84.77	7 133.8 b	-
750 kg/hm ²	112.8	27.54	208.5	159.0	85.76	7 878.8 ab	10.5
1 500 kg/hm ²	113.6	27.85	217.5	162.7	89.33	8 188.1 a	14.8
2 250 kg/hm ²	110.9	27.02	216.0	146.0	89.71	7 752.5 ab	8.7
3 000 kg/hm ²	113.5	27.24	201.0	158.3	89.52	7 954.5 ab	11.5

注:同列不同小写字母表示差异在0.05水平显著。

2.4 生物质焦对水稻各生育期养分吸收的影响 从图2可以看出,施用生物质焦处理均能提高水稻各生育期对N、P、K养分的吸收量。分蘖期施用生物质焦处理水稻植株N、P、K养分的吸收量分别比对照提高28.8%~65.5%、3.3%~20.0%、17.0%~32.0%,拔节期分别提高21.7%~38.7%、9.4%~18.9%、3.3%~20.9%,抽穗期分别提高19.8%~32.3%、5.0%~21.2%、5.2%~6.6%,成熟期分别提高16.2%~26.2%、15.9%~25.6%、2.5%~31.3%。冷浸田养分含量低,特别是有效养分含量低,且根际环境中多呈缺氧状态,有机酸、Fe²⁺、Mn²⁺、H₂S大量积累,影响水稻根系的生长,也抑制养分的吸收,导致水稻产量较低。施用生物质焦能改善根系生长环境,促进水稻对N、P、K养分的吸收,因而能促进水稻生长,提高水稻产量。冷浸田保肥能力差,养分易流失,不仅是资源的浪费,而且污染环境。施用生物质

焦的效应较明显,分蘖期和拔节期分别比对照增加17.6%~22.7%、9.3%~12.4%,生长后期这种效应减弱。这表明施用生物质焦后,水稻生育前期水和土壤温度提高,促进了水稻早期的生长发育,水稻干物质积累量提高。因此,施用生物质焦能解决冷浸田山阴水冷、水稻前期生长缓慢、易僵苗的问题。由于生物质焦处理促进了水稻生长,各期叶面积指数也高于对照,分蘖期、拔节期和抽穗期分别提高4.0%~11.5%、5.0%~30.4%和2.6%~17.4%。而叶面积指数对产量有着直接的影响。在一定的范围内,作物的产量随着叶面积指数的增大而提高。穗分化始期、齐穗期和成熟期叶面积指数与产量在一定范围内具有显著的相关关系,成熟期叶面积指数与产量呈显著正相关^[11-12]。因此,施用生物质焦对水稻产量的提升有一定的促进作用。

~4.9%。生物质焦可以明显提高水稻产量,比对照增产8.7%~14.8%。方差分析结果表明,对照和处理③产量之间差异达0.05显著水平。经回归分析,计算出最高产量生物质焦用量为2 238.8 kg/hm²。

焦促进水稻对N、P等养分的吸收,减少N、P的流失,从而保护生态环境。

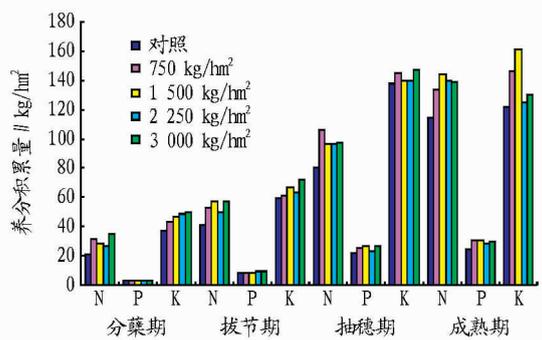


图2 生物质焦对水稻养分吸收积累的影响

约 4.992 km², 主要发生在大于 3 m 的集流切沟、沟底基岩裸露、两岸黄土层厚、坡度小于 70°、断面呈“U”的主支沟段; 强度侵蚀的面积约 1.834 km², 主要发生在沟头侵蚀活跃、沟壁扩张、沟底下切、断面呈“V”的切沟; 极强度侵蚀的面积约 0.953 km², 主要发生在沟头活跃、下切严重、沟壁穴陷群集中、侵蚀发展潜力大的切沟。孙家岔流域发生重力侵蚀的面积约占该流域总面积的 19.96%。重力侵蚀一般有陷穴、崩塌和滑坡。

3.2.1 陷穴。该区域陷穴主要发生在侵蚀沟两岸的平坦耕地和荒地, 以损害耕地和道路为主要危害形式, 破坏程度也较严重。其他区域零星分布, 发生范围较广, 如较陡的坡面都有发生。由表 4 可知, 研究区内陷穴规模大小不均一, 一般口径约 5 m, 大的可达 10 m 左右, 而小的口径只有 1~2 m, 但深度大都在 10 m 左右, 深的可达数十米。

表 4 陷穴分布情况调查

调查地点	调查区 域面积	陷穴分布情况		陷穴总 个数
		侵蚀沟两岸	坡面	
张家岔流域	2.356	53	11	64
孙家岔流域	2.300	42	9	51
烽火岔流域	0.709	23	6	29
罗家沟流域	6.000	110	32	142

3.2.2 崩塌。在研究区内, 崩塌发生的主要基地是侵蚀沟两岸, 坡度大都在 60°以上, 黄土的岸坎高达 30 m 或更高, 其下是红土层。崩塌体的规模和崩塌量也不一致, 一般每次崩塌体的规模和崩塌量在数立方米到数十立方米不等, 个别可达数百立方米, 甚至更多。例如, 1980 年 8 月 8 日特大暴雨中, 张家岔、孙家岔、烽火岔 3 个小流域侵蚀沟岸 7 处一次崩塌都在 2 000 m³ 以上, 2012 年 5 月 6 日下午暴雨中永登县七山乡政府下游沟道东岸一次崩塌量在 3 000 m³ 以上。

3.2.3 滑坡。滑坡主要发生在 30°以上的坡面上, 特别是各支沟和主沟道上游段(均属于早期发育正在迅速下切的冲沟), 滑坡体厚度一般都小于 5 m, 属浅层滑坡。但是, 因发生

密度大, 而且可在同一处反复发生, 它是促使坡面、沟岸扩张的主要水土流失形式。就研究区滑坡的成因来看, 沟坡滑坡主要是由山洪的冲刷作用使坡面土体基部失去支撑力所促成的, 因此大都是牵引式滑坡。坡面的滑坡主要一是由于地形较陡(坡度大都在 35°以上), 二是往往在黄土层厚度小于 1 m 左右的坡面, 下有渗水速率较低的红土层或岩层, 当水分下渗经过黄土层而到达红土层或岩层时会自然形成滑落面, 黄土层和红土层或岩层间的摩擦阻力变小, 黄土在地心引力作用下便会滑落, 积累于大、小沟道或集水线, 为水土流失的进一步发生、发展奠定了物质基础。

4 讨论

无论是坡耕地还是荒坡地, 其面蚀模数或坡面径流模数年际变化都较大。在多数年份, 坡耕地平均面蚀模数接近或小于荒坡地, 多年平均面蚀模数小于荒坡地。孙家岔流域及部分同类地区小流域多年平均土壤侵蚀模数一般在 3 000~8 000 t/km², 接近侵蚀沟源头部位、侵蚀沟(主要是切沟)密度较大、侵蚀发育活跃、上游水土流失治理程度低(在 20% 以下), 可取上限, 否则取下限。面蚀发生的程度和强度依地貌部位明显呈规律性分布。从地貌上看, 面蚀主要发生在梁峁、坡面上, 并且从上到下逐渐由弱变强。切沟及早期还在下切的冲沟对土地破坏严重, 对土壤侵蚀模数的急剧增加乃至对流域水土流失的进一步发展起着关键作用。孙家岔流域发生重力侵蚀的面积约占该流域总面积的 19.96%。

参考文献

- [1] 甘肃省水土保持科学研究所. 孙有岔流域鉴定验收会议资料汇编[G]. 兰州: 甘肃省榆中县孙家岔流域治理指挥部, 1990.
- [2] 费喜亮, 景凌云, 孙栋云. 半干旱黄土区不同土地利用土壤含水量与渗水率的试验研究[J]. 水土保持通报, 2011(6): 64-68.
- [3] 赵万春, 费喜亮, 陈学民, 等. 降雨条件下地形因素对坡面水土流失作用的影响[J]. 兰州交通大学学报, 2012(5): 50-52.
- [4] 邢贵, 张新民, 费喜亮, 等. 孙家岔流域坡面不同土地利用的土壤水分变化分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 225-229.
- [5] 何有华, 景凌云, 张晓虹, 等. 刘家峡库区生态承载力研究[J]. 草业科学, 2011(12): 2119-2122.

(上接第 6221 页)

3 小结

生物质焦可以改善冷浸田土壤生态环境, 前期提高土壤温度, 促进水稻生长发育, 后期温度与对照处理相差不大, 避免温度过高对水稻产生生理损伤。它还可以促进水稻对 N、P、K 养分的吸收, 提高水稻产量。

参考文献

- [1] YU X Y, YING G G, KOOKANA R S. Reduced plant uptake of pesticides with biochar additions to soil[J]. Chemosphere, 2009, 76(5): 665-671.
- [2] 唐光木, 葛春辉, 徐万里, 等. 施用生物黑炭对新疆灰漠土肥力与玉米生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1797-1802.
- [3] LEHMANN J, GAUNT J, RONDON M. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems-A review [J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, 11: 403-427.
- [4] ZHANG A F, CUI L Q, PAN G X, et al. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China[J]. Agric Ecosyst Environ, 2010, 139(4): 469-475.
- [5] 周志红, 李心清, 邢英, 等. 生物炭对土壤氮素淋失的抑制作用[J]. 地

球与环境, 2011, 39(2): 278-284.

- [6] 余向阳, 张志勇, 张新明, 等. 黑碳对土壤中毒死蜱降解的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(5): 1681-1684.
- [7] 张耀斌, 刘建秋, 赵雅芝, 等. 黑碳对沉积物和土壤中乙草胺吸附作用[J]. 大连理工大学学报, 2010, 50(1): 26-29.
- [8] 马骥. 中国农户秸秆就地焚烧的原因: 成本收益比较与约束条件分析——以河南省开封县杜良乡为例[J]. 农业技术经济, 2009(2): 77-84.
- [9] COLMER T D. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deep-water rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Ann Bot, 2003, 91: 301-309.
- [10] MATTHEU N B, FANNY T, MARTINE L F, et al. Oxygen input controls the spatial and temporal dynamics of arsenic at the surface of a flooded paddy soil and in the rhizosphere of low-land rice (*Oryza sativa* L.): A microcosm study [J]. Plant & Soil, 2008, 312(1/2): 207-218.
- [11] 徐英, 周明耀, 薛亚锋. 水稻叶面积指数和产量的空间变异性及关系研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 10-14.
- [12] 魏永华, 何双红, 徐长明. 控制灌溉条件下水肥耦合对水稻叶面积指数及产量的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2010, 26(4): 500-505.