

范龙, 吴啸鹏, 黄敏, 等. 生物炭施用对水稻育秧土理化特性和秧苗素质的影响[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(1): 40-44.

生物炭施用对水稻育秧土理化特性和秧苗素质的影响

范 龙¹, 吴啸鹏¹, 黄 敏¹, 江立庚^{1,2}, 邹应斌¹

(1 湖南农业大学 南方粮油作物协同创新中心, 湖南 长沙 410128;

2 广西大学 作物栽培学与耕作学重点实验室, 广西南宁 530004)

摘要:【目的】明确生物炭在水稻育秧中的应用潜力。【方法】以木薯秸秆炭为材料, 在不同播期条件下研究生物炭施用 (φ 为 25%) 对水稻育秧土理化特性、秧苗根系及地上部性状的影响。【结果】与对照相比, 木薯生物炭施用改善了育秧土理化特性, 木薯生物炭施用使育秧土容重降低了 $0.66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, pH 及有机质和碱解氮质量浓度分别增加了 0.51 、 $50 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和 $195 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 木薯生物炭施用促使水稻秧苗的根长、根系表面积、根体积、根系生物量和发根力分别提高了 32.4%、30.1%、50.0%、13.7% 和 21.5%, 秧苗叶面积、株高、茎基宽和地上部生物量分别提高了 19.2%、8.0%、5.3% 和 10.2%。生物炭对水稻秧苗性状的影响在不同播期间存在一定差异, 温度相对较低的播期生物炭对秧苗性状的影响达到显著水平。【结论】木薯生物炭提高了秧苗素质, 在温度较低条件下, 木薯生物炭更易培育壮秧, 可作为水稻育秧基质的良好添加物。

关键词: 生物炭; 水稻; 育秧土; 理化特性; 秧苗素质

中图分类号: S511; S511.33

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2018)01-0040-05

Effect of biochar addition on physicochemical properties of nursery soil and traits of rice seedlings

FAN Long¹, WU Xiaopeng¹, HUANG Min¹, JIANG Ligeng^{1,2}, ZOU Yingbin¹

(1 Southern Regional Collaborative Innovation Center for Grain and Oil Crops in China, Hunan

Agricultural University, Changsha 410128, China; 2 Key Laboratory of Crop Cultivation

and Farming System, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: 【Objective】To understand the potential use of biochar in rice seedling nursery. 【Method】Cassava straw biochar was used to determine the effects of biochar addition ($\varphi=25\%$) on physicochemical properties of nursery soil, and root and shoot traits of rice seedlings under different sowing dates. 【Result】Compared with control, cassava straw biochar improved the physicochemical properties of nursery soil, with bulk density decreased by $0.66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, pH, organic matter and alkalized nitrogen contents increased by 0.51 , $50 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ and $195 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ respectively. Besides, with the addition of cassava straw biochar, length, surface area, volume and biomass of root system and rooting ability increased by 32.4%, 30.1%, 50.0%, 13.7% and 21.5% respectively, and leaf area, plant height, basal stem width and aerial biomass of seedlings increased by 19.2%, 8.0%, 5.3% and 10.2% respectively. The effect of biochar addition on rice seedling traits varied with sowing date. Biochar had significant effect on seedling traits on the sowing date under relatively lower

收稿日期: 2017-04-18 优先出版时间: 2017-12-29

优先出版网址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20171229.1131.004.html>

作者简介: 范 龙 (1993—), 男, 硕士研究生, E-mail: 1806889961@qq.com; 通信作者: 黄 敏 (1984—), 男, 副教授, 博士,

E-mail: jxhuangmin@163.com

基金项目: 国家自然科学基金 (31460332)

temperature. 【Conclusion】 Biochar can improve the quality of rice seedlings, especially under relatively low temperature conditions. Biochar is a kind of beneficial additive of rice nursery soil.

Key words: biochar; rice; nursery soil; physicochemical property; seedling quality

育秧是水稻生产管理中的一项重要环节^[1], 秧苗素质的高低直接影响水稻生产的质量好坏。谚语“好秧一半禾”也说明, 从古至今我国劳动人民就知道秧苗素质的重要性^[2], 秧苗素质影响水稻的产量构成因子进而影响最终产量。健壮的秧苗移栽后返青快, 分蘖力强劲, 单位面积有效穗多且易形成大穗^[3-4]。生物炭 (Biochar) 是将农业废弃物放入无氧或缺氧环境, 经过高温热裂解 (<700 °C) 生产的含碳量高、高度芳香化、表面具密集微孔结构的小颗粒类型碳质材料^[5-6]。生物炭具有通气^[7-10]、培肥土壤、提高养分利用率^[10-13]、保水^[14-18]、增温、提高作物根际微生物活性以及促进作物生长^[18]、提高产量^[19]等特性。生物炭具有的独特性能和优点, 对促进秧苗生长发育具有一定应用潜力, 可将其应用于秧苗培育。目前有关生物炭在水稻育秧中应用的研究很少, 生物炭对秧苗生长影响的研究鲜有报道。本研究拟在不同播期条件下研究木薯秸秆生物炭施用对育秧土理化特性和秧苗素质的影响, 为木薯秸秆炭在水稻育秧方面的应用提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于 2014 年在广西大学农学院试验基地进行, 供试水稻品种为特优 582。供试土壤为第四纪红色黏土发育的水稻土, 风干后粉碎, 过 10 mm 筛备用。土壤基本理化性质: pH 6.53, 有机质 34.4 g·kg⁻¹, 有效氮 71.7 mg·kg⁻¹, 有效磷 12.5 mg·kg⁻¹, 速效钾 85.0 mg·kg⁻¹。

供试生物炭为木薯秸秆炭, 通过传统土窑烧制, 其具体制备过程为: 将木薯秸秆放入土窑, 在土窑中充分燃烧 30 min, 随后在 500 °C 左右条件下热解 96 h。木薯秸秆炭中的 C、N、K、P、S 和 H 元素的质量分数分别为 674.00、5.43、48.33、46.33、2.39 和 3.81 g·kg⁻¹, 木薯秸秆炭比表面积为 2.46 m²·g⁻¹, 炭质平均孔径为 3.37 nm。

供试秧盘为机插秧硬盘 (长×宽×高=58.0 cm×28.0 cm×2.5 cm)。

1.2 试验设计

试验设置 2 个播期, 分别为 6 月 3 日 (S1) 和 6 月 25 日 (S2)。试验设 2 个处理, 分别是土壤中 <http://xuebao.scau.edu.cn>

不施炭 (C0, 对照) 和土壤中按照体积分数添加 25% 的木薯秸秆炭 (C1), 每个处理重复 3 次。播种量为每盘播种芽谷 150 g, 播种后的育秧盘放置在室外秧厢并覆盖无纺布, 其他管理措施按当地习惯进行。

1.3 测定项目

1.3.1 气温 采用自动气象站 (Vantage Pro2), 记录播种后每日最高温度和最低温度。

1.3.2 育秧土理化性质 育秧土容重采用环刀法测定; 土壤 pH 采用蒸馏水 (土水质量比为 1.0:2.5) 浸提, 土壤酸度计测定; 土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法测定; 土壤碱解氮采用碱解扩散法测定^[20]。

1.3.3 秧苗形态性状 于播种后 12 d 取样, 每个重复取 20 株代表性水稻幼苗。将根系与地上部分分离, 用自来水洗净根系并吸干其表面水分, 采用根系扫描仪 (EPSON 1680) 进行扫描, 然后利用根系分析系统 (WinRHIZO) 获取根长、根表面积、根系体积数据。采用叶面积仪 (CI-203, 美国 CID 公司生产) 测量秧苗叶面积, SPAD-502 叶绿素仪 (日本柯尼卡美能达公司生产) 测量叶片 SPAD 值, 直尺测量株高, 游标卡尺测量茎粗。将根系和地上部放入烘箱, 105 °C 条件下杀青 30 min, 70 °C 条件下烘干至恒质量, 冷却后称质量, 计算秧苗根系和地上部生物量。

1.3.4 秧苗发根力 将秧苗根系全部剪去, 再进行水培, 以重新长出的根数目表示秧苗发根力。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 整理数据, Statistix8.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同播期的秧苗生长期气温状况

从图 1 可知, 总体上播期 S1 的温度低于 S2。特别是播期 S1 在播种后第 2、3、4、8 和 9 天的日最高温度与 S2 同一时期的日最高温相差较大, S1 比 S2 分别低 2.0、7.0、3.6、6.6 和 5.0 °C; 播期 S1 在播种后第 2、3、8 和 9 天的日最低温与 S2 同一时期相差较大, S1 比 S2 分别低 3.0、2.7、1.7 和 2.8 °C。由此可知, 播期 S2 的 11 d 气温高于 S1。

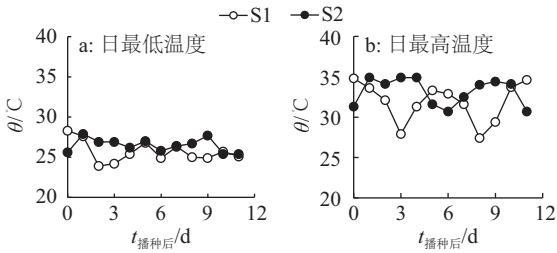


图1 不同播期下秧苗生长期的日最低温度和最高温度

Fig. 1 Daily minimum and maximum temperatures during seedling growth periods under different sowing dates

2.2 生物炭施用对育秧土理化特性的影响

由表1可知,添加木薯秸秆炭后,育秧土理化特性发生相应改变。育秧土壤容重降低 $0.66\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,减幅为38.6%。容重降低,土壤孔隙度增大,土壤结构疏松透气,利于秧苗根系生长与扩展。土壤pH升高0.51,有机质增加 $50\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$,有机质增幅为86.2%;土壤碱解氮增加 $195\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,达 $318\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

2.3 生物炭施用对水稻秧苗根系的影响

2.3.1 生物炭施用对秧苗根系形态特征的影响 由表2

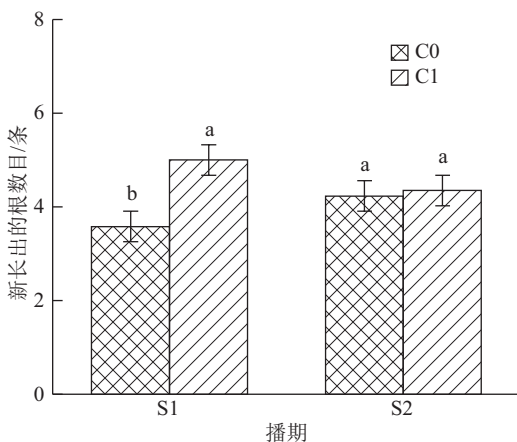
表2 生物炭施用对水稻秧苗根系形态特征的影响¹⁾

Tab. 2 Effect of biochar addition on root morphological characteristics of rice seedlings

播期	处理	根长/cm	根表面积/ cm^2	根体积/ cm^3	单株根系生物量/mg
S1	C0	34.10±2.37b	2.30±0.13b	0.01±0.002b	6.47±0.41b
	C1	52.03±8.56a	3.53±0.39a	0.02±0.002a	7.81±0.66a
S2	C0	75.53±0.87a	6.04±0.51a	0.04±0.003a	11.00±0.58a
	C1	84.80±6.93a	6.44±0.32a	0.04±0.001a	11.73±0.32a

1)相同播期的同列数据后,凡是具有一个相同小写字母者表示处理间差异不显著($P>0.05$, LSD法)

2.3.2 生物炭施用对秧苗发根力的影响 图2显示,育秧土壤添加木薯秸秆炭后,S1和S2播期的秧



相同播期的不同柱子上方,凡具有一个相同小写字母者表示不同处理间差异不显著($P>0.05$, LSD法)

图2 生物炭施用对水稻秧苗发根力的影响

Fig. 2 Effect of biochar addition on rooting ability of rice seedlings

表1 生物炭施用对育秧土理化特性的影响
Tab. 1 Effect of biochar addition on physicochemical properties of nursery soil

试验处理	容重/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	pH	ρ (有机质)/ ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$)	ρ (碱解氮)/ ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
C0	1.71	6.53	58	123
C1	1.05	7.04	108	318

可知,育秧土壤添加木薯秸秆炭后,秧苗根长、根系表面积、根体积、根系生物量均有提高。S1与S2播期的秧苗根长分别增加了52.6%和12.3%,S2播期的秧苗根长最长;S1与S2播期的秧苗根系表面积分别增加了53.5%和6.6%,S1播期的秧苗根系表面积增加最大,每株增加了 1.23 cm^2 ;S1、S2播期秧苗的每株根系体积分别增长了 0.007 和 0.005 cm^3 ,S1播期的秧苗根系体积增长率最高;S1、S2播期的秧苗单株根系生物量分别增加了20.7%和6.6%。不同播期生物炭的影响效果不同,S1播期生物炭对秧苗根系的影响均达到显著水平($P<0.05$)。

苗根系发根力分别提高了41.8%和1.3%。同时,育秧基质未添加木薯炭时,秧苗发根力表现为 $S2>S1$,但添加木薯炭后秧苗的发根力表现为 $S1>S2$,S1播期C1处理的秧苗根系活力表现更强。且S1播期下,处理间差异达到0.05显著水平。

2.4 生物炭施用对水稻秧苗地上部性状的影响

由表3可知,育秧土壤加入木薯秸秆炭可以促进水稻地上部器官生长。S1、S2播期秧苗叶面积分别增加了 0.54 和 0.45 cm^2 ,增长率为26.0%和12.5%;但叶片SPAD值有所下降,S1、S2播期分别减少了0.90和0.67;株高有不同程度的增加,S1、S2播期生物炭使秧苗株高分别增加了1.73和1.03 cm,增幅分别为10.1%和5.9%;育秧土壤加入木薯秸秆炭也增粗了秧苗茎基,S1、S2播期秧苗茎基宽分别增加了 0.09 和 0.08 mm ,增粗率为5.9%和4.7%,同时,秧苗单株地上部生物量分别增加2.00和2.07 mg,增长率为13.5%和6.9%。与生物炭影响根系的效

表 3 生物炭施用对秧苗地上部性状的影响¹⁾

Tab. 3 Effect of biochar addition on shoot traits of rice seedlings

播期	处理	叶面积/cm ²	叶片SPAD值	株高/cm	茎基宽/mm	单株地上部生物量/mg
S1	C0	2.08±0.02b	26.57±0.44a	17.10±0.41b	1.52±0.01b	14.83±0.58b
	C1	2.62±0.19a	25.67±0.20b	18.83±0.75a	1.61±0.01a	16.83±0.58a
S2	C0	3.64±0.37a	28.20±0.25a	17.53±0.61a	1.62±0.03a	29.83±1.10a
	C1	4.09±0.15a	27.53±0.58a	18.57±0.35a	1.69±0.06a	31.90±2.36a

1) 相同播期的同列数据后, 凡是具有一个相同小写字母者表示处理间差异不显著 ($P > 0.05$, LSD 法)

应相同, 仅在 S1 播期生物炭处理的秧苗地上部性状改变明显, 达到 0.05 显著水平。

3 讨论与结论

高质量的秧苗在移栽后有利于返青活棵较早进入分蘖期, 也是水稻获得高产优质的物质基础和前提。本试验研究表明, 育秧土添加 25% 体积分数的木薯秸秆炭后, 秧苗根系生长发育加快, 根系伸长增粗, 根系生理活性增强, 形成发达的地下根系。发达根系更易吸收土壤水分、养分, 合成分泌多种生长激素等生理活性物质, 促进秧苗地上器官生理结构与形态生长发育, 提高水稻秧苗素质。

本试验结果发现, 木薯秸秆炭可有效改善育秧土壤理化特性。木薯秸秆炭使土壤容重减小、土壤 pH 升高, 土壤营养水平增强, 尤其是碱解氮量增加明显, 其含量增长 158.5%。这与张斌等^[9]的研究结果相一致, 生物炭能改善土壤肥力。生物炭表面有大量凹凸不一的微小孔隙和丰富的官能团, 且炭质较轻、比表面积大, 施入土壤后可有效改善土壤物理结构。土壤容重降低、增多孔隙会改善土壤通气、持水状况^[21]。疏松透气的土壤结构, 有利于秧苗根系向土壤深层伸长与扩展。另外, 生物炭一般呈碱性并含大量盐基离子, 其 pH 及盐基离子数量跟制备工艺、原生物质类型相关。有研究表明, 添加生物炭, 土壤 pH 及盐基饱和度增加, 表现为土壤 pH、盐基饱和度与施炭量呈正相关关系^[11]。生物炭本身也含碳、氮、磷、钾、钙、镁等营养元素, 其元素组成与含量与原生质材料和炭化工艺紧密相关。生物炭拥有较大的表面能和较强的吸附性, 添加到土壤中有利于团聚体等结构形成, 有机质含量增加, 使微生物数量与活性升高; 生物炭对养分的吸附固持作用能降低土壤养分其他途径的损失。尤以对铵离子的吸附最强^[18], 可减少氨气挥发与淋溶损失。同时, 生物炭所吸附的养分逐渐在土壤中缓慢释放, 延长了养分“作用时效”, 提高了养分利用率。本试验结果表明: C1 与 C0 相比, S1 和 S2 播期的秧苗根长

分别增加了 52.6% 和 12.3%, 秧苗发根力、根体积及根系表面积均得到增长。这与张伟明等^[18]研究得出生物炭在水稻生长前期可促进根长、根表面积与根体积增长的结论相吻合。水稻秧苗对土壤 pH 变化敏感, 添加适量木薯秸秆炭, 可维持土壤 pH 平衡, 减少酸性土壤对秧苗的侵害。

健壮根系是秧苗地上器官形态建成与分化的物质基础。秧苗根长、根表面积、根体积和根生理活性的提高, 有利于根系对养分、水分的吸收、利用及同化产物转运, 进而增强地上器官的生理活动。本试验结果表明: 与 C0 相比, C1 处理秧苗除叶片 SPAD 低于 C0 外, 叶面积、株高、茎基宽和地上部生物量均增加, 且 S1 播期 C1 与 C0 处理秧苗各性状间差异显著 ($P < 0.05$)。叶片 SPAD 与 N 素呈正相关^[22-23], 虽然根系对 N、P 等营养元素的吸收数量增加, 由于 C1 处理的叶面积不断扩张, 叶片 N 素被稀释, 从而引起叶片 SPAD 降低。与高温条件的 S2 播期相比, S1 播期在相对低温条件下生物炭对秧苗生长的促进效应达到显著水平。一方面, 这可能与炭质阴阳离子吸附容量随温度升高而增加有关^[24], 高温条件, 炭质对土壤中 N、P 等养分吸附效应增强, 养分被炭质吸附、固定, 土壤有效养分含量降低, 根系养分吸收减少; 另一方面, 可能是高温会促进秧苗生长, 即使基质未添加木薯炭, 秧苗地上部和地下部各器官仍然生长强劲, 进而缩小了炭质处理 (C1) 与对照 (C0) 间的“相对差异”, 所以高温播期 (S2) 生物炭促进效应不显著。然而, 不同温度下生物炭促进效果存在差异的具体原因有待进一步试验验证。

本试验是生物炭影响秧苗生长的盆栽试验, 当时并未充分考虑到实际生产的播期问题, 试验播期与当地实际大田生产可能存在出入。此外, 本试验木薯炭仅设置 25% 体积分数添加比例, 不能得到育秧土添加的最优值, 育秧效果可能并非最优。然而试验结果说明木薯炭对水稻秧苗生长具正向效应, 木薯炭在育秧中具有潜在应用价值。基于以上情

况,下一步试验将结合当地实际生产确定播期,以25%体积分数为基础,设置多种梯度的木薯秸秆炭添加比例,研究生物炭不同施用量对水稻生长发育的影响及其内在机制。

总而言之,施用生物炭能改善育秧土壤理化性质,提高土壤育秧性能,进而促进秧苗生长。且在温度相对较低条件下,炭质的促进效果更为显著,生物炭对水稻育秧有较大应用潜力。

参考文献:

- [1] 安宁. 我国水稻高产高效的实现途径研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [2] 陈小荣, 孙嘉, 肖自京, 等. 双季杂交早稻秧苗素质对产量及内源激素水平的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(9): 1298-1304.
- [3] 苏祖芳, 吴九林, 李国生, 等. 水稻秧苗素质对分蘖成穗率及产量构成因素的影响[J]. 耕作与栽培, 1995(3): 10-14.
- [4] 周劲松, 闫平, 张伟明, 等. 生物炭对东北冷凉区水稻秧苗根系形态建成与解剖结构的影响[J]. 作物学报, 2017, 43(1): 72-81.
- [5] 李力, 刘娅, 陆宇超, 等. 生物炭的环境效应及其应用的研究进展[J]. 环境化学, 2011, 30(8): 1411-1421.
- [6] 陈温福, 张伟明, 孟军. 农用生物炭研究进展与前景[J]. 中国农业科学, 2013, 46(16): 3324-3333.
- [7] 王浩, 焦晓燕, 王劲松, 等. 不同氮肥水平下生物炭对高粱苗期生长及有关生理特性的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(6): 195-201.
- [8] 赵倩雯, 孟军, 陈温福. 生物炭对大白菜幼苗生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(12): 2394-2401.
- [9] 张斌, 刘晓雨, 潘根兴, 等. 施用生物炭后稻田土壤性质、水稻产量和痕量温室气体排放的变化[J]. 中国农业科学, 2012, 45(23): 4844-4853.
- [10] 高继平, 隋阳辉, 霍铁琼, 等. 生物炭用作水稻育苗基质的研究进展[J]. 作物杂志, 2014(2): 16-21.
- [11] 李明, 李忠佩, 刘明, 等. 不同秸秆生物炭对红壤性水稻土养分及微生物群落结构的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(7): 1361-1369.
- [12] 张祥, 王典, 姜存仓, 等. 生物炭及其对酸性土壤改良的研究进展[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(5): 997-1000.
- [13] 姜玉萍, 杨晓峰, 张兆辉, 等. 生物炭对土壤环境及作物生长影响的研究进展[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(2): 410-415.
- [14] 勾芒芒, 屈忠义. 生物炭对改善土壤理化性质及作物产量影响的研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2013(5): 1-5.
- [15] 武玉, 徐刚, 吕迎春, 等. 生物炭对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(1): 68-79.
- [16] 房彬, 李心清, 赵斌, 等. 生物炭对旱作农田土壤理化性质及作物产量的影响[J]. 生态环境学报, 2014, 23(8): 1292-1297.
- [17] 李昌见, 屈忠义, 勾芒芒, 等. 生物炭对土壤水肥利用效率与番茄生长影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(11): 2187-2193.
- [18] 张伟明, 孟军, 王嘉宇, 等. 生物炭对水稻根系形态与生理特性及产量的影响[J]. 作物学报, 2013, 39(8): 1445-1451.
- [19] 黄剑. 生物炭对土壤微生物量及土壤酶的影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2005: 25-58.
- [21] OGUNTUNDE P G, ABIODUN B J, AJAYI A E, et al. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana[J]. J Plant Nutr Soil Sci, 2008, 171(4): 591-596.
- [22] 徐富贤, 熊洪, 朱永川, 等. 杂交中稻粒肥高效施用量与齐穗期 SPAD 值关系研究[J]. 作物学报, 2007, 33(3): 449-454.
- [23] 何俊俊. 光照和施氮对水稻冠层 SPAD 值分布及叶片氮营养诊断的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [24] ALBERTO B C, 王航, 吕春欣, 等. 不同温度下松木生物炭对阿特拉津的吸附性能研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(3): 505-510.

【责任编辑 李晓卉】