

# 生物炭对寒地早粳稻生长的影响

刘 丹<sup>1</sup> 王嘉宇<sup>2</sup> 冯章丽<sup>1</sup> 孙玉友<sup>3</sup> 魏才强<sup>3</sup> 李洪亮<sup>3</sup>

邓力喜<sup>1</sup> 程杜娟<sup>3</sup> 吴亚男<sup>1</sup> 陈银华<sup>1</sup> 隋常玲<sup>1</sup> 黄家春<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 遵义师范学院生物与农业科技学院, 遵义 563006; <sup>2</sup> 沈阳农业大学水稻研究所, 沈阳 110866;

<sup>3</sup> 黑龙江省农业科学院牡丹江分院, 牡丹江 157041)

**摘要:**为了阐明生物炭对寒地早粳稻生长的影响,以黑龙江省2个大面积推广的粳稻品种龙粳21和空育131为试验材料,对不同生物炭施用量下水稻的分蘖动态、叶片叶绿素含量、叶面积以及干物重进行分析。结果表明,生物炭对寒地早粳稻生长存在影响。施入一定量生物炭有利于水稻分蘖的形成,能够提高分蘖期叶片的叶绿素含量。生物炭的施入量对不同水稻品种叶面积大小也存在影响,龙粳21在10t/hm<sup>2</sup>水平下获得最大的叶面积,而空育131在5t/hm<sup>2</sup>水平下获得较大的叶面积。进一步分析发现,高生物炭用量(10~15t/hm<sup>2</sup>)有利于2个品种分蘖期干物质积累和齐穗期茎秆干物质的积累,而低生物炭用量(0~5t/hm<sup>2</sup>)有利于2个品种齐穗期叶片和穗干物质的积累。研究结果将为生物炭在黑龙江省水稻生产上的应用提供科学依据。

**关键词:**生物炭;寒地;早粳稻;生长

进入21世纪以来,农业可持续发展一直是世界各国关注的热点和研究的重点。我国是一个农业大国,农作物秸秆产量大<sup>[1]</sup>、分布广、种类多。然而,传统的秸秆焚烧处理不仅造成了严重的大气污染,而且导致秸秆中富含的氮、磷、钾等元素的损失<sup>[2-4]</sup>,农业废弃物处理已成为一个制约农业可持续发展的世界性难题。近年来,随着生物炭产业的兴起,秸秆炭化还田理念和技术体系的形成,为解决这个难题提供了新的思路。

生物炭是生物质(木材、草、玉米秆或其他农作物废物)在低氧环境下,通过高温裂解碳化而成的富碳产物,具有较大的孔隙度和比表面积<sup>[5]</sup>,吸附能力强,是一种可应用于农业、工业等领域的理想材料。生物炭的利用已成为当前研究的热点领域,特别是在农业农村部2020年发布的十大引领性技术中,以秸秆生物炭为功能载体的秸秆炭基肥利用增效技术赫然在列。生物炭施入农田土壤后可改变土壤理化性质,对提高肥料利用效率、增加作物产量、

促进农业可持续发展等都具有重要作用<sup>[6-9]</sup>。

生物炭在水稻生产应用中已有报道,张伟明等<sup>[10]</sup>的研究表明,生物炭处理对水稻根系形态特征的优化与生理功能的增强具有一定的促进作用;王晋等<sup>[11]</sup>的研究表明,适量添加生物炭有助于水稻幼苗生长,但烟秆炭可能会对水稻产生不良作用,应严格控制施用量和施用方法;睦锋等<sup>[12]</sup>的研究表明,施用生物炭可以显著提高土壤有机质、速效钾含量和蔗糖酶活性,但对土壤脲酶、纤维素酶和蛋白酶活性均无显著影响,且生物炭施入对双季水稻的影响可能具有时间效应。然而至今为止,有关生物炭施入对黑龙江省寒地早粳稻生长的研究还很少见。本研究通过大田试验,探讨了不同量生物炭施入对寒地早粳稻分蘖、叶片叶绿素含量、叶面积以及干物重的影响,旨在为生物炭在寒地水稻生产中的应用提供理论与技术指导。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 试验材料为黑龙江省2个大面积推广的水稻主栽品种:龙粳21和空育131。

**1.2 试验设计** 试验在黑龙江省农业科学院牡丹江分院水稻研究所试验田进行,稻田土质为河淤泥,土壤肥力中等。土壤理化性质为:有机质18.5g/kg、全氮2.6g/kg、碱解氮87.6mg/kg、速效磷13.2mg/kg、速效钾96.8mg/kg。

**基金项目:**遵义师范学院博士基金(遵师BS[2019]45号);遵义市科技局、遵义师范学院联合科技研发项目(遵市科合HZ字[2020]11号,遵市科合HZ字[2020]18号);黑龙江省农业科学院科研计划项目(2020FJZX016,2019JJPY016,2019CGJL005);贵州省联合基金项目(黔科合LH字[2016]7013号,黔科合LH字[2016]7012号);国家重点研发计划粮食丰产增效科技创新工程项目(2018YFD0200308)

**通信作者:**王嘉宇

采用大棚早育苗移栽的种植方式,4月15日播种,5月17日移栽,插秧规格为30cm×13.3cm,每穴3~5苗。

试验设4个生物炭(秸秆炭)施加梯度,分别为C0(0t/hm<sup>2</sup>),C1(5t/hm<sup>2</sup>),C2(10t/hm<sup>2</sup>),C3(15t/hm<sup>2</sup>),小区面积15.0m<sup>2</sup>,采用随机区组设计,3次重复。其他田间栽培管理同当地一般生产田。

**1.3 试验测定内容与方法** 分蘖动态测定 大田移栽后,定植10穴,每穴保证4苗。于插秧后10d开始调查分蘖,每隔7d调查1次。在第1次调查分蘖数量时,连续选出5穴植株标记,下一次调查在标记的5株上进行。

叶片叶绿素含量测定 于分蘖期和齐穗期利用SPAD-502 plus 叶绿素仪连续测定3穴水稻倒1叶上部的SPAD值,取平均值作为SPAD测定值。

叶面积测定 于分蘖期和始穗期,在各小区取有代表性的植株3穴,测定各处理的叶片长和宽,并

采用长宽系数法,按照公式 $S=0.75ab$ ( $a$ 为叶长, $b$ 为叶宽,0.75为系数)计算叶面积。

地上部分干物重测定 于分蘖期和齐穗期进行取样测定,按照叶、茎鞘以及穗3部分剥离分开,装入信封,置于烘箱,105℃杀青30min,80℃烘干至恒重称重。

**1.4 数据处理** 采用Excel进行数据处理分析,并利用GraphPad Prism 6进行作图。

## 2 结果与分析

**2.1 生物炭对寒地早粳稻分蘖动态的影响** 由图1可知,参试水稻品种的分蘖盛期发生在7月7日,且不同量生物炭的施入对参试水稻品种的分蘖数影响不同,其中龙粳21分蘖性状表现为C1>C3>C2>C0,空育131分蘖性状表现为C1>C0>C2>C3。由此可见,施入一定量生物炭有利于水稻分蘖的形成,生物炭用量为5t/hm<sup>2</sup>(C1)时能增加参试早粳稻品种的分蘖数。

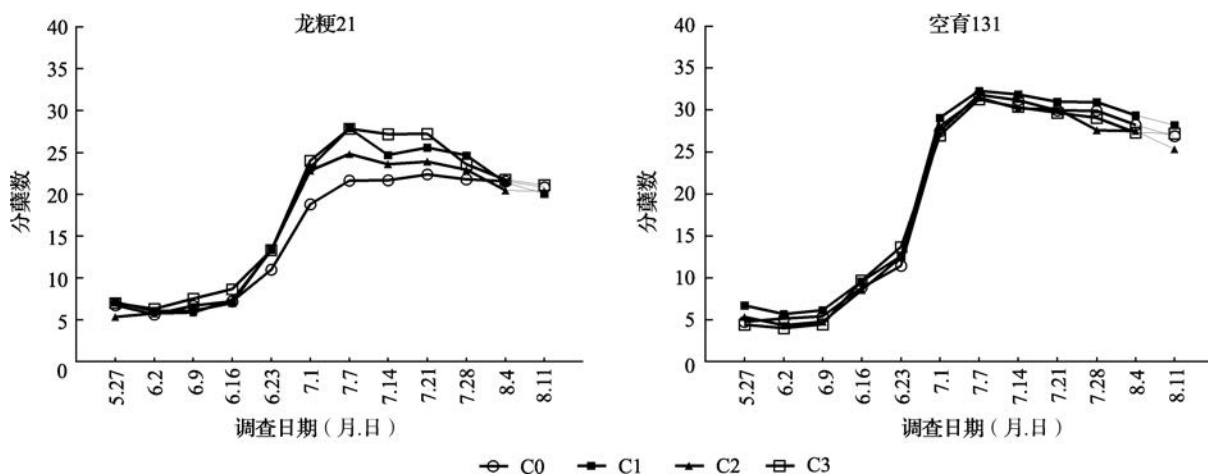


图1 生物炭对早粳稻分蘖动态的影响

### 2.2 生物炭对寒地早粳稻叶片叶绿素含量的影响

由图2可知,不同量生物炭的施入对寒地早粳稻叶片叶绿素含量存在影响。龙粳21叶片叶绿素含量变化趋势表现为:分蘖期C3>C2>C1>C0,齐穗期C0>C3>C1>C2;空育131叶片叶绿素含量变化趋势表现为:分蘖期C2>C3>C1>C0,齐穗期C1>C0>C3>C2。由此可见,施入生物炭能够提高水稻分蘖期叶片叶绿素含量,但2个参试品种对生物炭施入量的响应有所不同,其中龙粳21在C3时叶片SPAD值最大,而空育131在C2时叶片SPAD值最大。然而,在齐穗期,不施生物炭(C0)或少施生物炭(C1)时寒地早粳稻叶

片SPAD值最大,在C2处理时SPAD值最小。

### 2.3 生物炭对寒地早粳稻叶面积的影响

由图3可知,施入一定量的生物炭能够提高参试水稻品种的叶面积。龙粳21的叶面积变化趋势表现为:分蘖期C2>C3>C1>C0,始穗期C2>C3>C1>C0;空育131的叶面积变化趋势表现为:分蘖期C3>C2>C1>C0,始穗期C1>C2>C0>C3。由此可见,生物炭田间施入量的不同,对2个参试水稻品种的叶片叶面积大小存在影响,其中龙粳21在C2水平下,有利于获得最大的叶面积,而空育131在C1水平下,有利于获得最大的叶面积。

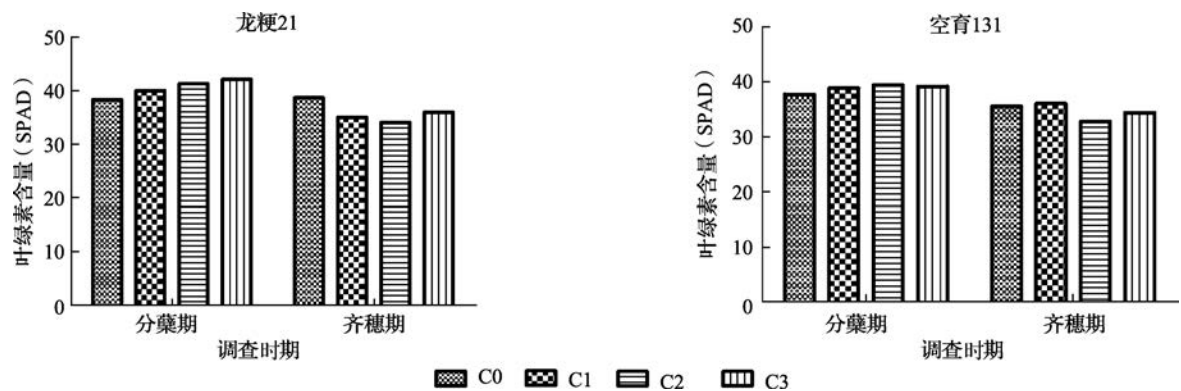


图 2 生物炭对早粳稻叶片叶绿素含量的影响

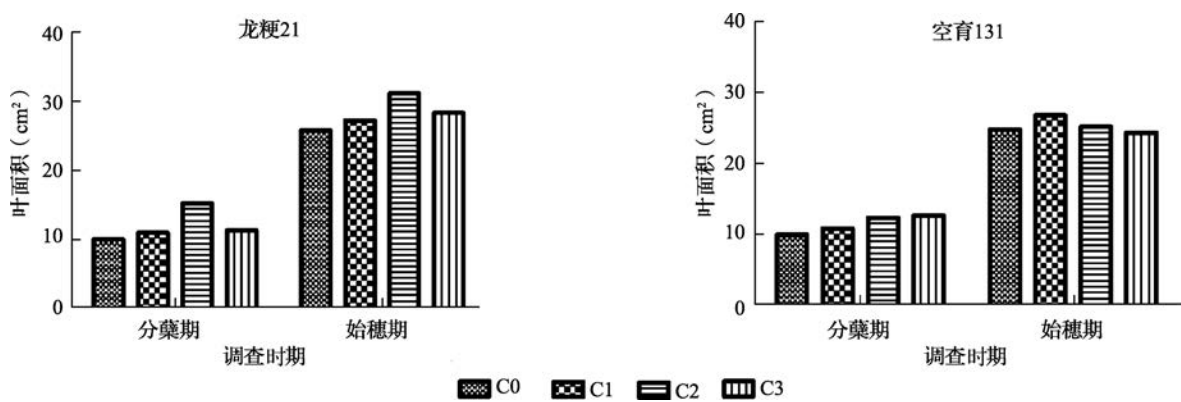


图 3 生物炭对早粳稻叶面积的影响

**2.4 生物炭对寒地早粳稻干物重的影响** 由表 1 可知,生物炭施入量对早粳稻不同时期干物重积累量存在影响。龙粳 21 在不同时期干物重积累量的变化趋势表现为:分蘖期叶干重为 C2>C3>C1>C0, 茎鞘干重为 C2>C3=C1>C0; 齐穗期叶干重为 C0>C2>C3>C1, 茎鞘干重为 C2>C0>C3>C1, 穗干重为 C0>C2>C3>C1。空育 131 在不同时期干物重积累量

的变化趋势表现为:分蘖期叶干重为 C3>C2>C1>C0, 茎鞘干重为 C3>C2>C1>C0; 齐穗期叶干重为 C1>C0>C2>C3, 茎鞘干重为 C2>C1>C0>C3, 穗干重为 C0>C3>C2>C1。由此可见,高生物炭用量(10~15t/hm<sup>2</sup>)有利于 2 个品种分蘖期干物质积累,齐穗期茎鞘干物质的积累,而低生物炭用量(0~5t/hm<sup>2</sup>)有利于 2 个品种齐穗期叶片和穗干物质的积累。

表 1 生物炭对早粳稻不同时期干物重积累量的影响

调查时期	调查部位重量 (g)	龙粳 21				空育 131			
		C0	C1	C2	C3	C0	C1	C2	C3
分蘖期	叶干重	0.18	0.25	0.35	0.28	0.20	0.21	0.24	0.34
	茎鞘干重	1.00	1.21	1.64	1.21	0.98	1.00	1.12	1.37
齐穗期	叶干重	6.98	5.50	6.38	5.98	5.03	5.96	4.84	4.71
	茎鞘干重	32.69	28.13	34.56	32.46	26.70	26.99	27.35	26.03
	穗干重	8.18	5.80	8.10	7.36	9.16	8.06	8.16	8.79



### 3 结论与讨论

近年来,围绕着生物炭对作物产量及氮肥利用的影响,国内外学者开展了大量的研究。相关研究表明<sup>[9,13-14]</sup>,生物炭施用对作物产量的影响在不同试验条件下表现不尽相同。绝大多数研究者认为添加生物炭能够有效改善土壤的理化性状,增加作物对养分的吸收,提高作物的产量,但也有少数研究认为,生物炭的增加作用有一定的适用范围,当施用生物炭量过高或过低时,可能导致作物的产量降低。

杨德毅等<sup>[15]</sup>的研究表明,施用生物炭能增加水稻分蘖数、株高和有效穗数,但不同用量不同原材料的生物炭对水稻生长性状的影响略有不同。本研究表明,施入一定量生物炭有利于水稻分蘖的形成,生物炭用量较低( $5\text{t}/\text{hm}^2$ )时能够增加2个参试早粳品种的分蘖数,研究结果与已有报道一致;施用生物炭能够提高水稻分蘖期叶片叶绿素含量,但不同品种生物炭施入量存在差异,这与Asai等<sup>[16]</sup>研究认为生物炭高量施用降低了水稻叶片叶绿素含量的结果存在差异,有待进一步验证。此外,范龙等<sup>[17]</sup>的研究表明,施入生物炭后,水稻齐穗期干物质生产量要高于对照。本研究表明,高生物炭用量( $10\sim 15\text{t}/\text{hm}^2$ )有利于2个品种分蘖期干物质积累和齐穗期茎秆干物质的积累,而低生物炭用量( $0\sim 5\text{t}/\text{hm}^2$ )有利于2个品种齐穗期叶片和穗干物质的积累。

水稻产量形成对生物炭施用的响应,受诸多因素影响,如生物炭原料特性、理化性质、施用量、施用方式、土壤质地、土壤理化性质以及不同施肥管理方式等,因此有关生物炭对水稻生长的影响机理还需要开展多年多点的试验研究,这也是下一步工作的重点。

#### 参考文献

- [1] 余永昌,黄修文,陈秀,乔启成,白晓龙,陈美丽,顾卫兵,徐晨伟,邱建兴,葛成梅. 不同制炭材料与温度对水稻生长发育影响. 中国农学通报,2019,35(15): 6-13
- [2] 曹国良,张小曳,王亚强,郑方成. 中国区域农田秸秆露天焚烧排放量的估算. 科学通报,2007,52(15): 1826-1831
- [3] 苏继峰,朱彬,周韬,任雅斌. 秸秆焚烧导致南京及周边地区2次空气污染事件的成因比较. 生态与农村环境学报,2012,28(1): 37-

41

- [4] 花莉,张成,马宏瑞,余旺. 秸秆生物质炭土地利用的环境效益研究. 生态环境学报,2010,19(10): 2489-2492
- [5] Braid W J, Pignatello J J, Lu Y F, Ravikovitch P I, Neimark A V, Xing B S. Sorption hysteresis of benzene in charcoal particles. Environmental Science & Technology, 2003, 37(2): 409-417
- [6] Glaser B, Lehmann J, Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. Biology and Fertility Soils, 2002, 35(4): 219-230
- [7] Liang B Q, Lehmann J, Solomon D, Kinyangi J, Grossman J M, O'Neill B, Skjemstad J O, Thies J E, Luizao F, Petersen J B, Neves E G. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal, 2006, 70(5): 1719-1730
- [8] Steiner C, Glaser B, Teixeira W G, Lehmann J, Blum W E H, Zech W. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2008, 171(6): 893-899
- [9] Steiner C, Teixeira W G, Lehmann J, Nehls T, De Macêdo J L V, Blum W E H, Zech W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and Soil, 2007, 291(1): 275-290
- [10] 张伟明,孟军,王嘉宇,范淑秀,陈温福. 生物炭对水稻根系形态与生理特性及产量的影响. 作物学报,2013,39(8): 1445-1451
- [11] 王晋,庄舜尧,曹志洪,蔡宪杰,程森,张伟峰,孙平. 不同原料生物炭对水稻幼苗发育的影响评估. 安徽农业科学,2014,42(22): 7360-7362,7364
- [12] 睦锋,廖萍,黄山,曾勇军,石庆华. 施用生物炭对双季水稻产量和氮素吸收的影响. 核农学报,2018,32(10): 2062-2068
- [13] Lehmann J, Weigl D, Peter I, Droppelmann K, Gebauer G, Goldbach H E, Zech W. Nutrient interactions of alley cropped sorghum bicolor and Acacia saligna in a runoff irrigation system in Northern Kenya. Plant and Soil, 1999, 210(2): 249-262
- [14] Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, Zech W. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften, 2001, 88(1): 37-41
- [15] 杨德毅,吾建祥,潘明正,刘莉,虞冰,马婧妍. 施用不同生物炭对水稻生长及产量的影响. 农业与技术,2019,39(2): 88,90
- [16] Asai H, Samson B K, Stephan H M, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Inoue Y, Shiraiwa T, Horie T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research, 2009, 111(1): 81-84
- [17] 范龙,单双吕,张恒栋,陈佳娜,赵春容,曹放波,王玉梅,黄敏,邹应斌. 生物炭施用对早稻产量形成的影响. 中国稻米,2017,23(4): 107-114

收稿日期:(2020-08-11)