

生物炭对甘薯生长和产量性状的影响

刘柏延¹, 陈姗姗¹, 苏丽影², 孙凯³, 苏雪娇¹, 张宏双⁴, 宋述尧^{1*}

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 方圆标志认证集团吉林有限公司, 长春 130022; 3. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 吉林 公主岭 136100; 4. 扶余市农村能源环保监测站, 吉林 扶余 131200)

摘要:为探究生物炭施用量对甘薯生长发育的影响, 采用盆栽试验(生物炭施用量为0、0.75%、1.1%、1.5%)和田间试验(生物炭施用量为0、20、30、40 t/hm²), 测定甘薯生长、生理指标及产量。结果表明, 生物炭能够增加甘薯的茎粗、茎长、叶面积; 提高甘薯叶片的光合特性, 提高甘薯叶绿素含量、SOD和POD活性、根系活力。处理IV的大、中薯数以及产量与对照差异显著, 在大、中薯重和平均单株产量方面各处理差异不显著。生物炭施用量以40 t/hm²甘薯的长势最好, 生理指标表现最好, 产量最高。

关键词:生物炭; 甘薯; 生长; 产量

中图分类号: S531

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0117-05

Effect of Biochar on Growth and Yield Characters of Sweet Potato

LIU Boyan¹, CHEN Shanshan¹, SU Liying², SUN Kai³, SU Xuejiao¹, ZHANG Hongshuang⁴, SONG Shuyao^{1*}

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Fangyuan Mark Certification Group Jilin Co., Ltd., Changchun 130022; 3. Institute of Economic Botany, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100; 4. Fuyu Rural Energy and Environmental Protection Monitoring Station, Fuyu 131200, China)

Abstract: To explore the effects of biochar application rates on the growth and development of sweet potato. The study used pot experiment (0, 0.75%, 1.1%, 1.5%) and field experiment (0, 20, 30, 40 t/ha) to study the growth, physiological indicators and yield of sweet potato. The results showed that biochar can increase the stem thickness, stem length and leaf area of sweet potato, improve the photosynthetic characteristics of sweet potato leaves, increase the chlorophyll content, SOD and POD activity of sweet potato, and increase root vigor. Treatment IV had significant differences in the number of large and medium potatoes and the yield of the plot from the control, but the differences in the weight of large and medium potatoes and the average yield per plant were not significant. The biochar application rate of 40 t/ha sweet potato has the best growth, the best physiological indicators and the highest yield.

Key words: Biochar; Sweet potato; Growth; Yield

甘薯是世界上重要的粮食、饲料来源之一, 在我国栽培历史悠久。中国是目前世界上最大的甘薯生产国, 每年种植面积300万hm², 约占世界种植面积的三分之一^[1]。甘薯块根膨大需要深厚、松软和肥沃的土壤条件, 生产中存在土壤板结、土壤物理结构被破坏、养分流失、微生态环境被破坏、有毒物质积累等不良现象, 从而影响甘薯生长, 导致产量降低^[2]。

近些年, 关于新型土壤改良剂生物炭的研究

日益增多^[3]。生物炭一般是作物秸秆、杂草、禽类粪便等有机物在缺氧密闭环境下经高温(一般小于700℃)热解炭化所产生一种性质稳定、富含碳素的有机物质^[4]。研究表明, 施用生物炭对土壤有多重效应, 生物炭具有容重小、比表面积大和孔隙度发达等物理特征, 施入土壤后, 可以降低土壤容重, 提高土壤总孔隙度^[5]; 生物炭pH值较高, 一般呈碱性, 具有高度羧脂化、脂肪族链状等芳香化结构, 使其具有极强的吸附能力和抗氧化能力^[6], 施入土壤后能够增加土壤的通气性和保水能力, 提高土壤对水分和养分的吸收利用^[7]; 生物炭本身还含有一定的矿质养分, 施入土壤后, 可以提高土壤的离子交换量, 提高土壤保水、保肥能力, 改善土壤养分状况^[8-9]。盆栽试验条件

收稿日期: 2020-12-02

基金项目: 吉林省现代农业产业技术体系建设专项(2013026)

作者简介: 刘柏延(1997-), 男, 在读硕士, 主要从事设施园艺工程及蔬菜生态生理研究。

通讯作者: 宋述尧, 男, 硕士, 教授, E-mail: sysongjiao@126.com

下,花生受到水分胁迫时,生物炭能够增加花生叶片的叶面积、叶绿素含量,提高花生的光合能力,促进花生生长^[10]。生物炭还可以缓解咪唑乙烟酸对花生的药害,提高花生的POD活性^[11]。连作砂质土壤施用玉米芯炭后,能够明显提高马铃薯株高、促进植株早发快长^[12],宁南地区通过生物炭改良土壤理化性状,能够提高马铃薯单株结薯数、商品薯率以及平均产量,马铃薯产量较对照增加49.04%^[13]。目前,关于生物炭对甘薯生长生理特性与产量的影响鲜见报道,研究生物炭对甘薯生长和生理指标的影响,对提高甘薯产量有重要意义。本试验以甘薯为试验材料,土壤中添加不同量的生物炭,研究生物炭对甘薯生长生理特性和产量的影响,为生物炭在甘薯栽培应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试甘薯品种为济薯26号;供试生物炭以玉米秸秆为原料,由沈阳农业大学生物炭研究所提供。

1.2 试验方法

试验于2019年6月1日在吉林农业大学设施农业基地进行,试验前供试土壤基本理化性质见表1。试验分为盆栽试验(测定生长生理指标)和田间试验(测定产量性状),各设置4个处理。田间试验:处理I~处理IV生物炭施用量分别为0(对照)、20、30、40 t/hm²。生物炭一次性施入并与土壤混合均匀,行距60 cm,株距25 cm,小区面积10 m²(1 m×10 m),试验随机排列,重复3次。盆栽试验:以田间试验的生物炭施用量折算为质量比,处理I~处理IV生物炭施用量分别为0(对照)、0.75%、1.1%、1.5%。每盆装入18 kg混拌生物炭土壤,每盆体积为20 L,重复3次。

表1 供试土壤基本理化性质

pH值	容重 (g/cm ³)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
6.95	1.3	110.3	29.5	140.4

1.3 测定项目与方法

定植后20 d开始取样,每15 d取一次,每个处理随机取样3株,测定茎长、茎粗和叶面积;采用NBT法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性,TTC法测定根系活力^[14],用SPAD-502仪器测定叶绿素含量,用LI-6400便携式光合仪测定光合参数。10月8日收获时,按小区进行测产,同时对所有甘薯单个

称重,按小薯(<100 g)、中薯(≥100 g, <250 g)、大薯(≥250 g),分级记录^[15]。

1.4 数据分析

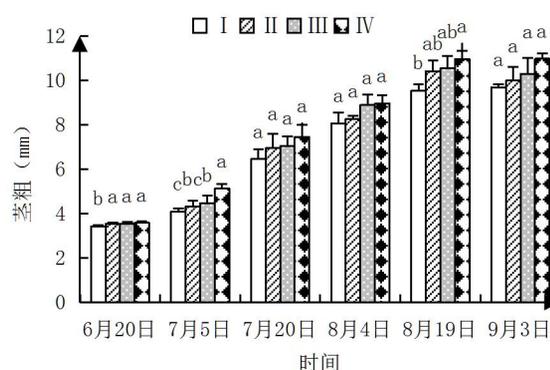
采用Microsoft Excel 2010软件进行数据整理和作图,采用DPS 7.05软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 生物炭施用量对甘薯生长指标的影响

2.1.1 生物炭施用量对甘薯茎粗的影响

由图1可知,施加生物炭可以促进甘薯茎粗的增加,表现为随着施炭量的增加而增加。6月20日,各生物炭处理均显著高于对照,但各生物炭处理之间差异不显著。7月5日,各生物炭处理均显著高于对照,处理IV的甘薯茎粗最大,显著高于处理III和处理II。7月20日到8月4日,各处理间差异不显著。8月19日,处理IV显著高于对照,较其提高14.99%,处理II和处理III与对照之间差异不显著,各生物炭处理间差异也不明显。



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同

图1 生物炭施用量对甘薯茎粗的影响

9月3日,各处理间差异不显著。

2.1.2 生物炭施用量对甘薯茎长的影响

由图2可知,6月20日,处理III的甘薯茎长显著高于其他处理,处理II和处理IV均显著高于对照,但

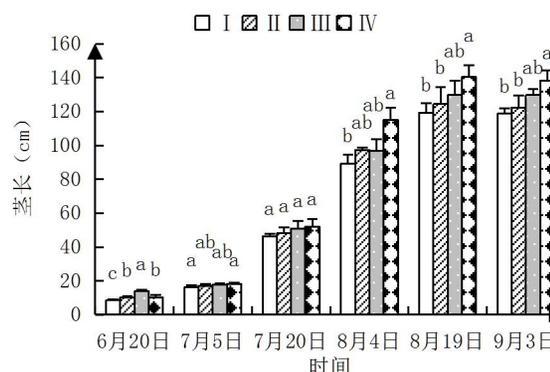


图2 生物炭施用量对甘薯茎长的影响

二者之间差异不显著。7月5日,处理Ⅳ均显著高于对照,处理Ⅱ、Ⅲ与对照差异不显著。7月20日,各处理之间差异不显著;8月4日,处理Ⅳ与对照之间差异显著,较对照提高28.74%,处理Ⅱ、Ⅲ与对照差异不显著。8月19日,处理Ⅳ显著高于对照和处理Ⅱ,但处理Ⅲ与二者差异不明显。9月3日,处理Ⅳ显著高于对照和处理Ⅱ,但与处理Ⅲ差异不显著,处理Ⅱ和处理Ⅲ与对照之间差异显著。

2.1.3 生物炭施用量对甘薯叶面积的影响

从图3可以看出,6月20日,各生物炭处理的甘薯叶面积显著高于对照,但各生物炭处理之间差异不显著。7月5日,各生物炭处理显著高于对照,处理Ⅲ和处理Ⅳ显著高于处理Ⅱ,但二者之间差异不显著。7月20日,处理Ⅳ显著高于对照和处理Ⅱ,处理Ⅱ处理Ⅲ与对照差异不显著。8月4日,各处理之间差异不显著。8月19日,各处理的甘薯叶面积达到最大值,处理Ⅱ、处理Ⅲ和处理Ⅳ显著高于对照,分别较对照提高21.62%、23.94%和35.32%,各生物炭处理之间差异不显著。9月3日,各生物炭处理显著高于对照,生物炭处理之间差异不显著。

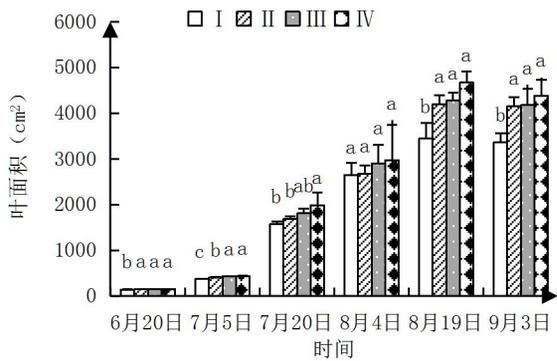


图3 生物炭施用量对甘薯叶面积的影响

2.2 生物炭施用量对甘薯生理指标的影响

2.2.1 生物炭施用量对甘薯光合特性的影响

由表2可知,各处理的净光合速率和胞间CO₂浓度差异不显著。处理Ⅱ的蒸腾速率最高,显著

表2 生物炭施用量对甘薯光合特性的影响
(定植后90 d)

处理	净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	蒸腾速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	气孔导度 [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	胞间CO ₂ 浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)
I	16.077 8a	4.141 9b	0.439 8b	225.680 0a
II	17.609 3a	4.957 4a	0.514 0ab	294.300 0a
III	17.637 3a	4.409 3ab	0.596 0ab	234.360 0a
IV	18.372 1a	4.552 5ab	0.632 8a	262.250 0a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同

高于对照,较对照提高19.69%,处理Ⅲ和处理Ⅳ与对照差异不显著。处理Ⅳ的气孔导度最大,显著高于对照,处理Ⅱ和处理Ⅲ与对照差异不显著。

2.2.2 生物炭施用量对甘薯叶绿素含量的影响

各处理的甘薯叶绿素含量总体呈先上升后缓慢下降的变化趋势(图4)。6月20日,处理Ⅲ显著高于其他处理,处理Ⅱ和处理Ⅳ与对照差异不显著。7月5日,各生物炭处理的甘薯叶绿素含量均达到峰值,处理Ⅱ、处理Ⅲ和处理Ⅳ显著高于对照,分别较对照提高25.40%、32.59%、28.54%。7月20日~9月3日,各处理之间差异不显著。

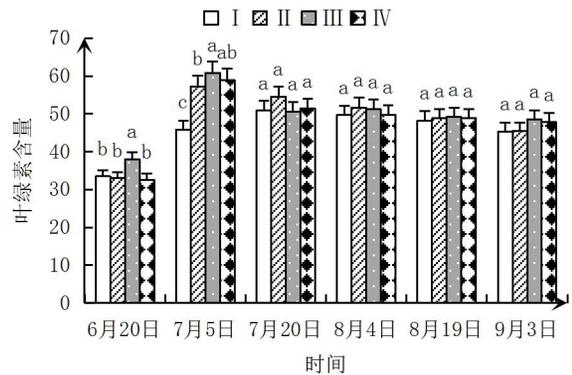


图4 生物炭施用量对甘薯叶绿素含量的影响

2.2.3 生物炭施用量对POD活性的影响

从图5可以看出,在整个生育期所有处理POD活性呈先升高后降低的趋势。6月20日,处理Ⅳ高于对照,处理Ⅱ和处理Ⅲ与对照差异不大。7月20日,各处理的POD活性达到最大值,POD活性表现为随着施炭量增加而增加,处理Ⅳ较对照提高37.8%,处理Ⅱ、处理Ⅲ与对照差异不大。

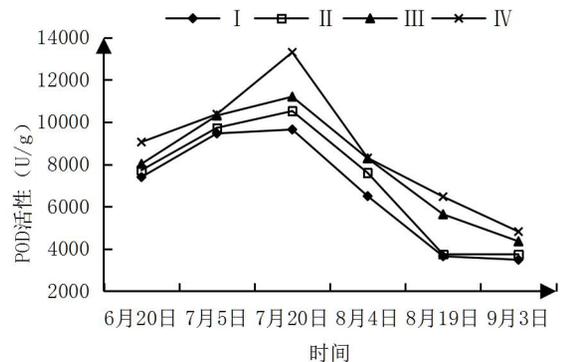


图5 生物炭施用量对甘薯POD活性的影响

2.2.4 生物炭施用量对SOD活性的影响

在整个生育期内,甘薯SOD活性呈先上升后下降再上升的趋势,所有生物炭处理的甘薯SOD活性均高于对照(图6)。6月20日,处理Ⅳ高于对照,处理Ⅱ和处理Ⅲ与对照差异不明显。7月

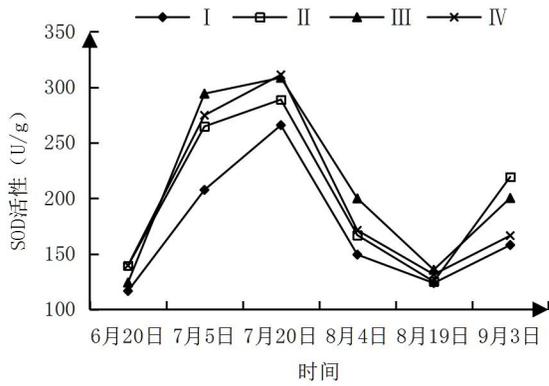


图6 生物炭施用量对甘薯SOD活性的影响

20日,各处理的SOD活性达到最大值,SOD活性表现为随着施炭量的增加而增加,处理Ⅲ和处理Ⅳ高于对照,分别较对照提高16.06%和17.05%,处理Ⅱ与对照差异不明显,8月19日后SOD活性又逐渐上升,此时处理Ⅲ和处理Ⅳ高于对照,处理Ⅱ与对照差异不明显。9月3日,SOD活性大小表现为处理Ⅱ>处理Ⅲ>处理Ⅳ。

2.2.5 生物炭施用量对根系活力的影响

由图7可知,6月20日~8月4日,所有处理根系活力呈上升趋势;8月4日达最大值后开始下降。8月4日前,甘薯根系活力表现为随施炭量的

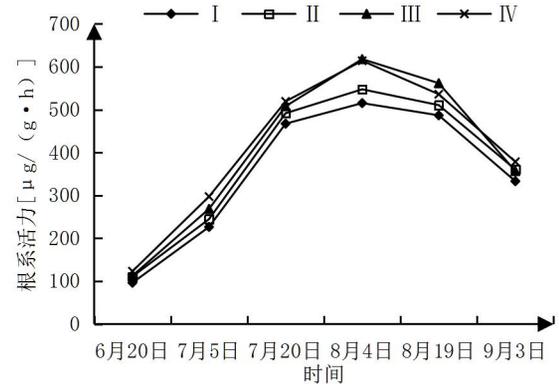


图7 生物炭施用量对甘薯根系活力的影响

增加而增加,处理Ⅲ和处理Ⅳ高于对照,比对照提高19.91%和19.17%,处理Ⅱ与对照差异不大,与处理Ⅲ和处理Ⅳ差异明显。在整个测量时期内,生物炭处理的甘薯根系活力均高于对照。

2.3 生物炭施用量对甘薯产量的影响

由表3可知,处理Ⅳ和处理Ⅲ的甘薯产量显著高于对照,分别较对照提高31.56%和24.21%,处理Ⅱ与其他处理差异不显著。处理Ⅳ的大、中薯数最多,显著高于对照,较对照提高61.76%,处理Ⅱ和处理Ⅲ与对照差异不显著。在大、中薯重和平均单株产量方面,各处理之间差异不显著。

表3 生物炭施用量对甘薯产量的影响

处理	大、中薯重(g)	提高幅度(%)	大、中薯数(个)	提高幅度(%)	平均单株产量(g/株)	产量(kg/667 m ²)	增产率(%)
I	4 410.00a	-	22.67b	-	338.99a	716.358b	-
II	5 793.33a	31.37	25.00b	10.28	394.94a	781.057ab	9.03
III	6 393.33a	44.97	30.67ab	35.29	464.24a	889.778a	24.21
IV	7 113.33a	61.30	36.67a	61.76	493.97a	942.471a	31.56

3 讨论与结论

本试验结果表明,各生物炭处理的甘薯茎长、茎粗以及叶面积均高于对照,其中以40 t/hm²处理表现最佳,生物炭能够促进作物的生长,为最终产量形成奠定了重要基础。施加生物炭能够促进植株地上部分生长和干物质积累^[16],生物炭对不同马铃薯品种生长影响研究表明生物炭可以显著提高马铃薯的生长指标^[17],与本试验结果相同。研究表明在大豆结荚期和鼓粒期每千克干土加入20 g生物炭处理对大豆株高、茎粗及叶面积的提升效果优于30、40、50 g的处理^[18],这与本试验结果趋势不同,可能与试验材料及试验地的差异有关,生物炭能够提高铅胁迫下玉米的光合能力,提高玉米的生理特性^[19]。生物炭能够提高植物叶片中抗氧化酶活性,延缓叶片衰老。本试验中生物炭对甘薯叶片的叶绿素含量、光合特性、根

系活力、SOD和POD活性均有不同程度的促进作用^[20]。这些影响来源于生物炭自身所固有的结构特征和理化性质,生物炭发达的孔隙度、较高的含碳量、高度羧酸酯化和芳香化的特殊结构,使其具有高度的稳定性和极强的吸附能力,可提高土壤孔隙度,改善土壤通气性,促进作物根系生长,保证养分供应,为作物生长提供良好的环境^[21-23]。

本研究结果表明,30、40 t/hm²生物炭处理甘薯的产量显著高于对照,分别较对照平均提高24.21%和31.56%,增产效应明显,40 t/hm²处理甘薯的大、中薯数显著高于对照,在大、小薯重和平均单株产量方面各处理差异不显著。不同生物炭添加量有利于提高马铃薯单株产量和商品薯率,提高马铃薯产量^[24],与本试验的结果相同。生物炭对甘薯有显著增产效应可能与生物炭对甘薯产量形成条件调控有关:(1)生物炭施入土壤后,其丰富的孔隙结构和较大的比表面积,能够增加土

壤孔隙度,降低土壤容重,为甘薯根系生长以及块根膨大提供良好的物理空间和条件,还具有吸附力较强的芳香结构,提高土壤保水、保肥能力,为甘薯生长提供充足养分,保障甘薯产量形成^[17,25]。(2)生物炭富含有机碳,含有甘薯生长所需的大量及微量元素,能够为甘薯产量形成提供更多的养分供应,有利于促进甘薯细胞分裂、叶片叶绿素合成,提高甘薯光合能力,提高甘薯干物质积累,促进产量提高^[22,24-26]。(3)生物炭还能够促进土壤微生物生长、繁殖,增强土壤中有有机质分解,优化甘薯根际微生态环境,从而为产量形成提供持续、良好的肥力条件和微生态环境^[27-28]。

综上所述,施加生物炭能够促进甘薯生长、增强甘薯叶片生理功能,对甘薯增产、增收有重要意义,在本试验条件下以 40 t/hm²施炭量对甘薯生长生理指标提升效果最好,增产、增收效果最佳,有关更大的施炭量对甘薯生长及产量的影响需做进一步研究。

参考文献:

- [1] 董顺旭,解备涛,侯夫云,等.温度对萌芽过程中甘薯品质性状的影响[J].山东农业科学,2018,50(7):82-87.
- [2] 冯能健.甘薯生产现状及无公害栽培技术分析[J].南方农业,2020,14(21):1-2.
- [3] 何绪生,张树清,余 雕,等.生物炭对土壤肥料的作用及未来研究[J].中国农学通报,2011,27(15):16-25.
- [4] Lehmann J. Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation[J]. Science and Technology, 2015, 25(1): 15801-15811.
- [5] Oguntunde P G, Abiodun B J, Ajayi A E. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana[J]. Journal of Plant Nutrient and soil Science, 2008, 171(4): 591-596.
- [6] Schmidt M W I, Noack A G. Black carbon in soils and sediments: Analysis distribution, implications, and current challenges [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2000, 14(3): 777-794.
- [7] 勾芒芒,屈忠义,杨 晓,等.生物炭对砂壤土节水保肥及番茄产量的影响研究[J].农业机械学报,2014,45(1):137-142.
- [8] 齐瑞鹏,张 磊,颜永毫,等.定容重条件下生物炭对半干旱区土壤水分入渗特征的影响[J].应用生态学报,2014,25(8):2281-2288.
- [9] 殷大伟,金 梁,郭晓红,等.生物炭基肥替代化肥对砂壤土养分含量及青贮玉米产量的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):19-24,88.
- [10] 王淑君,夏桂敏,李永发,等.生物炭基肥和水分胁迫对花生生理及产量的影响[J].中国油料作物学报,2017,39(6):827-833.
- [11] 李新安,李广领,谢兰芬,等.生物炭处理对花生咪唑乙酸药害的缓解效果研究[J].广东农业科学,2015,42(19):69-72.
- [12] 张伟明,吴 迪,张鉉贵,等.连续施用农用玉米芯炭的马铃薯生物学响应[J].农业环境科学学报,2020,39(8):1843-1853.
- [13] 张国辉,张新学,郭鑫年,等.生物炭对宁南山区马铃薯土壤理化性状及水分运移的影响[J].贵州农业科学,2016,44(11):73-76.
- [14] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008:7.
- [15] 张允刚,房伯平.甘薯种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006:11-52.
- [16] 张伟明.生物炭的理化性质及其在作物生产上的应用[D].沈阳:沈阳农业大学,2012.
- [17] 付春娜.生物炭对不同马铃薯品种生长及产量的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2016.
- [18] 车艳朋,魏永霞.生物炭对黑土区大豆节水增产及土壤肥力影响研究[J].中国农村水利水电,2016(1):55-58.
- [19] 刘 领,悦飞雪,李继伟,等.秸秆生物炭和鸡粪对铅胁迫下玉米生长和生理特性的影响[J].水土保持学报,2018,32(4):262-267.
- [20] 李继伟,悦飞雪,王艳芳,等.施用生物炭和AM真菌对镉胁迫下玉米生长和生理生化指标的影响[J].草业学报,2018,27(5):120-129.
- [21] 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.
- [22] 康日峰,张乃明,史 静,等.生物炭基肥料对小麦生长、养分吸收及土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2014(6):33-38.
- [23] Cornelissen G, Kukulska Z, Kalaitzidis S, et al. Relations between Environmental Black Carbon Sorption and Geochemical Sorbent Characteristics[J]. Environmental Science & Technology, 2004, 38(13): 3632-3640.
- [24] 黄修梅,李 明,戎素萍,等.生物炭添加对马铃薯根际土壤真菌多样性和产量的影响[J].中国蔬菜,2019(1):51-56.
- [25] 郑 强,王志敏,蔡永旺,等.夏玉米叶片叶绿素含量的时空动态及其与植株含氮率关系的研究[J].玉米科学,2008,16(6):75-78.
- [26] Cheng L X, Zhang S M, Yang L L, et al. Comparative proteomics illustrates the complexity of Fe, Mn and Zn deficiency-responsive mechanisms of potato(*Solanum tuberosum* L.)plants in vitro[J]. Plant, 2019, 250(1): 199-217.
- [27] 王智慧,殷大伟,王洪义,等.生物炭对土壤养分、酶活性及玉米产量的影响[J].东北农业科学,2019,44(3):14-19.
- [28] 汪树生,高双娜,冯 晨,等.玉米秸秆压缩基质对番茄、辣椒幼苗生长及营养元素吸收的影响[J].东北农业科学,2019,44(6):57-61.

(责任编辑:王 昱)