



赵长江,鞠世杰,贝丽霞,等.生物炭与化肥不同比例配施对生菜产量和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2020(2):33-37.

生物炭与化肥不同比例配施对生菜产量和品质的影响

赵长江^{1,2,3},鞠世杰^{1,2,3},贝丽霞^{1,3},王丽艳¹,张海燕¹,洪艳华¹,杨辉¹,吴金花¹

(1.黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江大庆163319;2.黑龙江省秸秆资源化利用工程技术研究中心,黑龙江大庆163319;3.黑龙江省现代农业栽培技术与作物种质改良重点实验室,黑龙江大庆163319)

摘要:为提高肥料利用效率,将复合肥与生物炭按不同比例混配制成8种栽培基质,测定栽培生菜鲜重、可溶性糖和维生素C含量,以及栽培土壤的速效养分。结果表明:添加生物炭土壤的生菜重量均显著高于单施化肥和不施肥的对照,其中肥炭比50%F+50%B和60%F+40%B处理土壤单株产量分别是未处理对照的3.7和3.5倍,而且叶片含水量也显著低于其他处理。生菜叶片可溶性糖含量、维生素C含量和叶绿素SPAD值较高的基质为60%F+40%B和80%F+20%B。与单施化肥基质相比,随着生物炭替代量的增加,土壤中碱解氮、有效磷和速效钾的消耗量逐渐减少,即生物炭与化肥混合施用可有效减少速效肥料的损耗,从而提高肥料利用率。土壤中添加生物炭可通过提高生菜叶绿素含量和氮磷钾速效营养的利用,从而提高生菜的产量和品质,实现生菜减肥增效的有机栽培。

关键词:生菜;生物炭;肥料

生物炭(Biochar)是指农林废弃物等生物有机材料在缺氧或低氧条件下缓慢高温裂解获得的富含碳的有机质。生物炭是一种具有多孔性和较大比表面积的粉状颗粒^[1]。因其具有特殊的结构和性质,不但可改善土壤的理化性质,减小土壤容重,增大土壤孔隙度^[1-2];而且可以延缓肥料养分释放,如吸附铵态氮,提高土壤有效养分水平,降低养分损失,从而提高肥料利用率^[3-4]。

生物炭因其可提高土壤肥力、改善土壤质地,可为作物提供良好的生长环境,从而达到提高产量和改善品质的效果。韩光明等^[5]研究指出生物炭可以作为改善设施土壤理化性质及板结程度的改良剂。应金耀等^[6]研究指出生物炭与有机肥配合施用可增加土壤水稳定性团聚体、CEC、总氮、矿物氮、有效铁、有效锰、有效钼、易氧化有机碳、微生物生物量碳和水溶性有机碳含量,并可改善土壤微生物区系,从而促进蔬菜生长。值得一提的是,王雪玉等^[7]研究指出不同种植年限土壤经一定量的生物炭处理也可不同程度提高黄瓜地上和地下部分生长。而且,刘阿梅等^[8]研究指出添加生物炭促进萝卜根的膨大作用大于其对茎叶的影响,而促进青菜叶的生长作用显著大于其对

根的作用,这说明生物炭在一定程度上可促进蔬菜主要食用部分的产量。

因此,本试验将生物炭与化肥按不同质量比与营养土混合后,配制成不同的生菜栽培基质,研究不同炭肥比基质对生菜产量、品质以及土壤速效养分的影响,以期筛选出适宜生菜栽培的炭基基质配方,提高作物的肥料利用效率,为北方寒地叶菜“减量增效”的有机栽培提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

供试生菜品种为超乐种子散生1号。供试生物炭为玉米秸秆炭,购于辽宁金和福农业开发有限公司,基本理化性质为pH 7.94,含碳(C)44.06%、氮(N)1.53%、磷(P)0.78%、钾(K)1.68%。

供试土壤为袋装育苗营养土,基本养分含量为碱解氮642.43 mg·kg⁻¹,有效磷39.02 mg·kg⁻¹,速效钾334.35 mg·kg⁻¹。供试化肥为氮磷钾复合肥(N:P:K=15:15:15)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在黑龙江八一农垦大学黑龙江省秸秆资源化利用工程技术研究中心内进行。种植生菜的塑料花盆(口径268 mm、底径160 mm、高度180 mm)用营养土1.5 kg;每盆最高施用复合肥20 g,每盆最高生物炭施用量500 g。依据化肥和生物炭施用量比例(肥炭比),

收稿日期:2019-10-18

基金项目:黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12511360)。

第一作者:赵长江(1979-),男,博士,副教授,从事作物逆境生理及秸秆炭化利用研究。E-mail:zhaocj15@126.com。

共设 8 个处理,分别为①CK:纯营养土;②F:单施化肥(20 g);③B:单施生物炭(500 g);④20%F+80%B:化肥 4 g 和生物炭 400 g;⑤40%F+60%B:化肥 8 g 和生物炭 300 g;⑥50%F+50%B:化肥 10 g 和生物炭 250 g;⑦60%F+40%B:化肥 12 g 和生物炭 200 g;⑧80%F+20%B:化肥 16 g 和生物炭 100 g。每个处理设 8 次重复。种植前先将营养土、化肥、生物炭按每个处理对应的量充分混匀搅拌装入塑料花盆,覆 2 cm 营养土后浇水使土壤完全浸透后开始播种,覆膜栽培 15 d 后进行定苗每盆 5 株。

1.2.2 测定项目及方法 种植土壤取样测定碱解氮、有效磷和速效钾含量^[9];播种后 30 d 每个处理选择长势相同的生菜 9 株测定单株重量以及相对含水量;叶绿素含量(SPAD-502 Plus,日本);可溶性糖含量的测定方法采用蒽酮比色法和维生素 C 含量的测定方法采用二甲苯-二氯酚靛酚比色法^[10-11]。

1.2.3 数据分析 试验数据采用Excel 2010 软件进行整理与计算,用软件 SPSS 22.0 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同肥炭比基质对生菜鲜重的影响

供试 8 种不同基质栽培种植 30 d 生菜长势差异明显(图 1、图 2)。与纯土壤种植对照相比,增施肥料和生物炭土壤处理种植的生菜产量有不同程度增加,添加生物炭的处理均显著高于单施化肥和不施肥的对照。随着生物炭量的增加,生菜产量表现出先升高后降低的趋势,而且不同生物炭处理间也存在显著性差异。其中,肥炭比 50%F+50%B、60%F+40%B、80%F+20%B 土壤单株产量分别为 9.44、9.04 和 6.92 g,分别是对照(2.54 g)的 3.7、3.5 和 2.7 倍。表明生物炭添加可以在减少肥料用量的同时下增加生菜的产量。

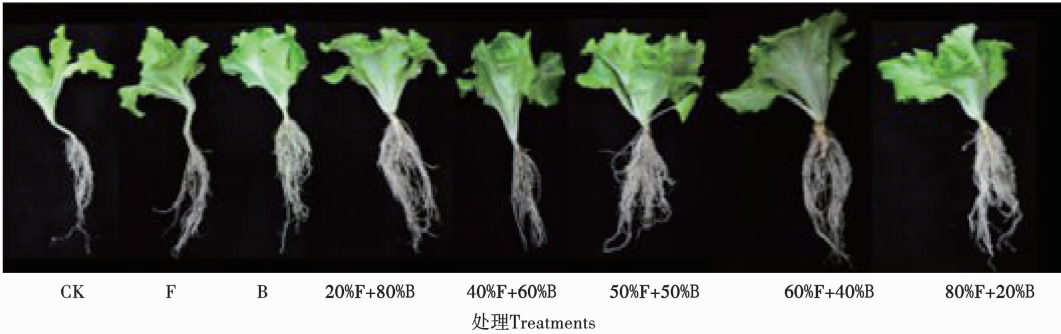


图 1 不同处理的生菜表型

Fig. 1 Lettuce phenotypes of different treatments

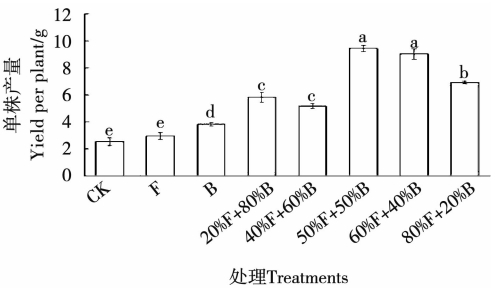


图 2 不同肥炭比对生菜单株产量的影响

Fig. 2 Effects of different fertilizer biochar ratios on yield per plant of lettuce

2.2 不同肥炭比基质对生菜叶片相对含水量的影响

植物叶片含水量不仅与植物外观形态有关,而且影响蔬菜的口感品质,不同基质栽培种植 30 d 生菜叶片含水量存在一定差异(图 3)。供试

8 种不同基质种植的生菜叶片相对含水量中,除了单施肥料和单施生物炭基质栽培生菜的相对含水量略高于纯土壤对照外,其余处理均低于对照。而且依据叶片的相对含水量,供试 8 个不同基质栽培生菜可以分为差异显著的两组,其中肥炭比为 50%F+50%B、60%F+40%B、40%F+60%B 的 3 个处理显著低于其它处理。表明不同肥炭比对生菜鲜重增加的贡献不尽相同,主要是通过增加干物质积累从而增产。

2.3 不同肥炭比基质对生菜可溶性糖含量的影响

可溶性糖作为植物新陈代谢的主要原料和贮存物质,与蔬菜的品质密切相关。供试 8 种不同肥炭比基质栽培生菜可溶性糖含量由高到低的顺序依次为 40%F+60%B>80%F+20%B>F>

50%F+50%B>60%F+40%B>CK>20%F+80%B>B,而且处理间存在不同程度的差异(图4)。表明生物炭和肥料对蔬菜可溶性糖含量产生一定的影响,二者配施对植物可溶性糖累加较为复杂。

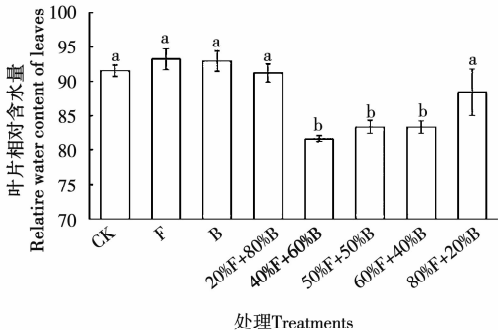


图3 不同肥炭比基质对生菜叶片相对含水量的影响

Fig. 3 Effects of different fertilizer biochar ratios on the relative water content of lettuce leaves

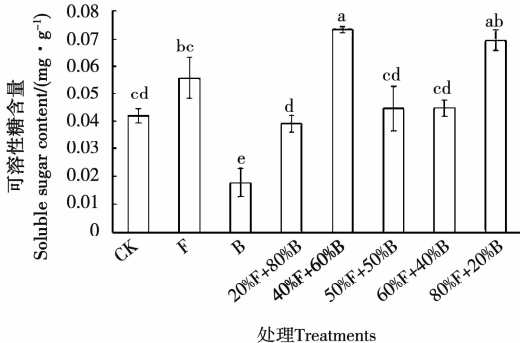


图4 不同肥炭比基质对生菜可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effects of different fertilizer biochar ratios on soluble sugar content in lettuce

2.4 不同肥炭比基质对生菜维生素C含量的影响

维生素C广泛存在于新鲜蔬菜中,参与多种生命活动代谢过程,不仅能帮助作物抵御逆境,而且是衡量蔬菜营养的重要品质指标。供试8种不同基质栽培种植生菜维生素含量差异明显,肥料中添加少量至中量生物炭的处理均显著高于单施化肥和不施肥的对照(图5)。其中60%F+40%B基质栽培的生菜维生素C含量最高,为1658.78 mg·100 g⁻¹,显著高于其他处理,分别是纯土对照CK、纯肥对照F和纯生物炭对照B基质的3.42、2.88和2.91倍。表明生物炭及其与化肥配施有利于提高生菜维生素C含量,改善蔬菜品质。

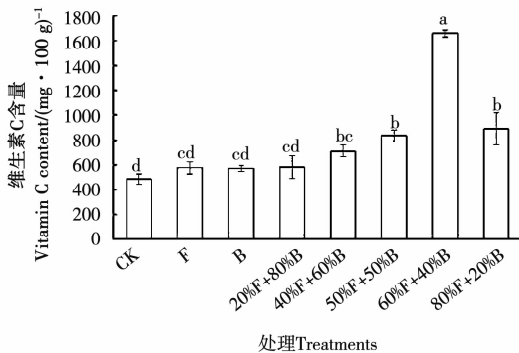


图5 不同炭肥比基质对生菜维生素C含量的影响

Fig. 5 Effects of different fertilizer biochar ratios on Vitamin C content in lettuce

2.5 不同肥炭比基质对生菜叶绿素SPAD值的影响

叶绿素是植物进行光合作用的物质基础,不仅是植物氮素利用的指标,而且也与蔬菜的外观品质相关。供试8种不同基质栽培生菜叶片叶绿素SPAD值差异明显(图6),其中生菜叶片SPAD值由高到低的顺序为20%F+80%B>60%F+40%B>F>40%F+60%B>B>50%F+50%B>80%F+20%B>CK。所有供试处理生菜叶绿素SPAD值均高于纯土对照CK,表明生物炭和肥料施用均有助于蔬菜叶绿素含量增加,提高氮肥利用率和光合作用,从而提高蔬菜产量。

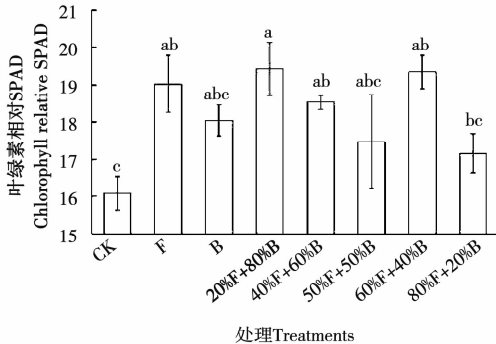


图6 不同肥炭比基质对生菜叶绿素SPAD值的影响

Fig. 6 Effects of different fertilizer biochar ratios on SPAD value of the chlorophyll of lettuce

2.6 不同肥炭比基质种植生菜对土壤速效养分的影响

土壤速效养分是植物可以直接利用的矿质营养。供试8种基质土壤间,以及种植一茬生菜的土壤间,碱解氮、有效磷和速效钾含量存在不同程度的差异(表1)。从碱解氮来看,供试8种基质

CK、F、B、20% F + 80% B、40% F + 60% B、50% F + 50% B、60% F + 40% B、80% F + 20% B 在种植一茬蔬菜后碱解氮分别减少 18.79%、64.53%、41.29%、39.86%、36.19%、43.84%、54.04%和 61.81%，其中 CK 基质碱解氮消耗最少，F 基质碱解氮消耗最多，化肥与生物炭混合施用氮消耗率不同程度降低。对于有效磷来说，供试 8 种基质在栽培后有效磷依次减少了 29.83%、69.51%、7.79%、17.00%、34.19%、19.95%、34.05%和 53.66%，其中 B 基质是有效磷消耗最

少，F 基质有效磷消耗最多，生物炭与化肥混合施用后磷消耗量有所降低。在速效钾中，供试 8 种基质在栽培后速效钾依次减少了 64.93%、91.92%、29.39%、40.84%、65.46%、75.61%、69.53%和 81.58%，而且 F 基质的速效钾消耗最多，B 基质是速效钾消耗最少。上述结果表明，单施化肥种植生菜的土壤碱解氮、有效磷和速效钾消耗最大，随着生物炭替代量的增加氮磷钾消耗量逐渐减少，生物炭与化肥混合施用可有效减少速效肥料的损耗，从而提高肥料利用率。

表 1 种植生菜前后土壤肥力

Table 1 Soils nutrients before and after lettuce planting (mg · kg⁻¹)

处理 Treatments	种植前营养含量 Nutrient content before planting			种植后营养含量 Nutrient content after planting		
	碱解氮 Alkaline N	有效磷 Available P	速效钾 Available K	碱解氮 Alkaline N	有效磷 Available P	速效钾 Available K
CK	642.43±8.94 g	39.02±0.43 g	334.35±1.89 g	521.72±3.16 a	27.38±0.16 g	117.26±0.43 g
F	1142.86±3.71 a	78.08±0.54 a	1394.17±0.26 a	405.35±2.71 f	23.81±0.54 h	112.60±0.26 h
B	642.43±8.94 g	39.02±0.43 g	334.35±1.89 g	377.20±2.36 g	35.98±0.41 e	236.08±1.50 d
20%F+80%B	740.63±6.12 f	47.05±0.54 f	581.01±11.30 f	445.45±1.69 d	39.05±0.14 c	343.72±2.17 a
40%F+60%B	796.49±2.86 e	56.60±0.34 e	766.47±1.59 e	508.25±1.46 b	37.25±0.37 d	264.72±1.56 c
50%F+50%B	834.79±2.95 d	62.55±0.69 d	893.84±1.93 d	468.81±2.75 c	50.07±0.29 a	217.98±1.53 e
60%F+40%B	911.51±3.36 c	66.07±1.08 c	944.73±2.34 c	418.91±1.57 e	43.57±0.36 b	287.85±2.20 b
80%F+20%B	950.21±2.84 b	72.08±0.40 b	1117.04±1.98 b	362.91±1.75 h	33.40±0.25 f	205.75±1.65 f

3 结论与讨论

有研究表明,由于生物炭特殊的孔隙结构以及含有一定量营养物质,有助于土壤改良提高作物产量和品质^[12-14]。本试验中生物炭与化肥混合施用栽培的生菜产量显著提高,不仅高于未施肥对照,而且高于单施化肥处理,其中生物炭替代半量肥料基质栽培的生菜产量最高。同时,可溶性糖作为碳水化合物代谢和暂时贮藏的主要形式,和维生素一样与果蔬的品质和营养价值密切相关,本研究土壤生物炭的添加能显著改善生菜可溶性糖和维生素 C 的含量,与生物炭对生菜^[15]和高粱^[16]品质提升的研究结论一致。表明生物炭与化肥混合使用有显著提质增产作用,而且生物炭的适合用量对于减肥增产提质效果不尽相同。

叶绿素不仅可以决定生菜的长势及品质的优劣,还可以体现在生菜外观的色泽。本试验中,生物炭与化肥混合施用可提高供试生菜的叶绿素含

量,与生物炭可提高卷心菜和油菜叶绿素含量的结论一致^[17-18],从而促进光合作用,提高光合产物积累,提高作物产量。同时,已有研究表明添加生物炭的基质会改变土壤结构、质地,增加土壤的孔隙度与疏松程度^[19],并因特殊的性能将与之混合施用的化肥吸附起来,改善土壤质量的同时也为生菜的生长提供持续的肥效,本研究发现生物炭与化肥混合施用可以减少土壤碱解氮、有效磷和速效钾肥料的损耗,可能是因为只施生物炭改变了土壤的结构,或是对速效营养具有一定的吸附固定作用,从而提高肥料利用率和较长效的供肥能力,为作物优质增产提供矿质营养。

通过不同肥炭比(化肥减量同时补充等量生物炭)土壤种植生菜试验,发现土壤中添加生物炭可通过提高生菜叶绿素含量和氮磷钾肥利用,从而提高生菜的产量,同时改善生菜可溶性糖和维生素 C 含量等品质指标,表明土壤中添加生物炭可实现生菜减肥增效的有机栽培。其中化肥减量 60%并补充 40%生物炭的肥炭配施效果较为理

想,可用于生菜生产。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张千丰,王光华.生物炭理化性质及对土壤改良效果的研究进展[J].土壤与作物,2012,1(4):219-226.
- [3] Steiner C,Glaser B,Teixeira W G,et al. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal[J]. Journal of Plant Nutrition & Soil Science,2008,171:893-899.
- [4] Kizito S,Wu S,Kirui W K,et al. Evaluation of slow pyrolyzed wood and rice husks biochar for adsorption of ammonium nitrogen from piggery manure anaerobic digestate slurry[J]. Science of Total Environment, 2015, 505: 102-112.
- [5] 韩光明,孟军,曹婷,等.生物炭对菠菜根际微生物及土壤理化性质的影响[J].沈阳农业大学学报,2012,43(5):515-520.
- [6] 应金耀,阮弋飞,邬奇峰,等.有机肥配施生物炭对土壤肥力与蔬菜生长的影响[J].中国农学通报,2019,35(16):82-87.
- [7] 王雪玉,马建华,李明,等.生物炭对不同种植年限土壤黄瓜生长及真菌丰度的影响[J].中国瓜菜,2018,31(11):22-25.
- [8] 刘阿梅,向言词,田代科,等.生物炭对植物生长发育及重金属镉污染吸收的影响[J].水土保持学报,2013,27(5):193-198.
- [9] 尚浩博.资源环境常规分析方法[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2010.
- [10] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [11] 王晶英,敖红,张杰,等.植物生理生化实验技术与原理[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2003.
- [12] 汤宏,张杨珠,曾掌权,等.施用有机肥对蔬菜品质影响的研究进展[J].湖南农业科学,2009(6):69-72.
- [13] 张文玲,李桂花,高卫东,等.生物炭对土壤性状和作物产量的影响[J].中国农学通报,2009,25(17):153-157.
- [14] 陈心想,何绪生,耿增超,等.生物炭对不同土壤化学性质,小麦和糜子产量的影响[J].生态学报,2013,33(20):6534-6542.
- [15] 魏清泉,史元元,董民.竹炭基肥与猪厩肥混施对生菜产量与品质的影响[J].中国农业大学学报,2016(1):4-6.
- [16] 王素贞.不同炭基肥料对高粱产量与品质的影响[J].现代农业科技,2012(8):63-65.
- [17] 马锦丽,江洪,舒海燕,等.竹炭有机肥对有机卷心菜叶绿素荧光也行和相对叶绿素含量的影响[J].东北农业大学学报,2015(3):29-36.
- [18] 王晓维,徐健程,孙丹平,等.生物炭对胁迫下红壤地油菜苗期叶绿素和保护性酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2016(4):640-646.
- [19] 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.

Effects of Different Proportion of Fertilizer to Biochar on the Yield and Quality of *Lactuca sativa*

ZHAO Chang-jiang^{1,2,3}, JU Shi-jie^{1,2,3}, BEI Li-xia^{1,3}, WANG Li-yan¹, ZHANG Hai-yan¹, HONG Yan-hua¹, YANG Hui¹, WU Jin-hua¹

(1. College of Agriculture, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. Heilongjiang Engineering Technology Research Center for Crop Straw Utilization, Daqing 163319, China; 3. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Modern Agricultural Cultivation and Crop Germplasm Improvement, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to improve the utilization efficiency of fertilizer, eight kinds of culture media were prepared by mixing compound fertilizer and biochar in different proportion, the fresh weight, soluble sugar and vitamin C content of plant samples planting in the substrates by the mixture of fertilizer and biochar proportions, and the available nutrients of cultivated substrates soil were investigated. The results showed that the weight of lettuce in the soil with biochar addition was significantly higher than that in the simple fertilizer control and untreated sample. The fresh weights of lettuce in substrates 50% F+50% B and 60% F+40% B was 3.7 and 3.5 times of that of the control, respectively, and the water content of lettuce leaf in two above substrates were lower distinctly. The substrates with higher soluble sugar content, the vitamin C content and the chlorophyll SPAD value of lettuce leaves were involved in 60% F+40% B and 80% F+20% B. Compared with the single fertilizer substrate, the consumption of the alkali-hydrolyzable nitrogen, the available phosphorus and the available potassium in soil decreased gradually with the increase of biochar substitution, that is, the use of biochar and fertilizer can effectively reduce the loss of available fertilizer, thereby improving the fertilizer utilization efficiency. The addition of biochar in soil could improve the yield and quality of lettuce by increasing the chlorophyll content of lettuce and the utilization of available nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer.

Keywords: *Lactuca sativa*; biochar; fertilizer