

白雪, 李小英, 李俊龙, 等. 生物炭与菌肥配施对元宝枫育苗基质性质及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(9): 148–154.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.09.029

生物炭与菌肥配施对元宝枫育苗基质性质及幼苗生长的影响

白雪¹, 李小英^{1,2}, 李俊龙¹, 陈丽美¹, 张斌艳¹

(1. 西南林业大学生态与环境学院, 云南昆明 650224; 2. 云南省高校土壤侵蚀与控制重点实验室, 云南昆明 650224)

摘要:采用室外盆栽试验,在等量元宝枫育苗基质(珍珠岩、泥炭土、红壤体积比为 7.5 : 0.5 : 2.0)中添加生物炭(A)、菌肥(B),设置无添加(CK)、AB0(单施 20 g 生物炭)、AB1(施用 20 g 生物炭 + 10 g 菌肥)、AB2(施用 20 g 生物炭 + 20 g 菌肥)、AB3(施用 20 g 生物炭 + 30 g 菌肥)等 5 个处理,研究生物炭与不同用量菌肥配施对育苗基质性质的改良作用及对元宝枫幼苗生长的影响。结果表明,与 CK 相比,添加生物炭菌肥处理均可显著降低基质容重、增加基质总孔隙度、降低基质酸性、增加基质养分含量,其中 AB3 处理对基质的改良效果最好;AB0 处理降低了基质酶(过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶)活性,AB2、AB3 处理显著提高了基质酶活性。与 CK 比较,AB0 处理幼苗生理特性指标,包括叶绿素含量、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、水分利用效率以及生长特性指标,包括株高增长量、茎粗增长量、单株叶面积、单株叶鲜质量均降低,但对幼苗根系发育有一定促进作用;AB1、AB2、AB3 处理生理特性和生长特性指标均有明显提高,其中 AB2 处理对幼苗地上部分生长促进效果最好,AB3 处理对幼苗地下部分促进效果最好,基质性质的各项指标与幼苗的各项生理生长指标均存在显著或极显著相关关系。表明生物炭与菌肥配施对基质性质的改良和促进幼苗生长发育的最佳施用量并不相同,综合考虑经济效益,AB2 处理基质可用于改良基质及培育元宝枫优质壮苗,并可作为优良基质在生产上推广应用。

关键词:生物炭;菌肥;基质性质;元宝枫;生理生长特性

中图分类号: S792.350.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)09-0148-06

生物炭(biochar)通常指农林废弃物等生物质在缺氧条件下不完全燃烧产生的富碳产物,炭化后具有多微孔结构和较大的比表面积,施入土壤后能够降低土壤容重,改善土壤结构性,增加土壤中的有效养分,提升肥料利用率^[1-2]。相关研究表明,单施生物炭能够促进作物生长或增产,而生物质炭与有机肥料配施能够更有效地提高土壤肥力,且不同配施方式生物质炭对土壤改良作用不尽相同,对作物的生长发育影响也不同^[3-4]。菌肥是一类含有活性物质且可以获得特定肥料效应的生物制品,菌肥中含有大量有效活菌,可以优化土壤微生物种群结构,提高土壤微生物量碳、氮含量,增强土壤酶活性,促进植物对养分的吸收^[5-8]。Rong 等研究认

为,生物炭的多孔结构有益于土壤微生物存活,将生物炭与肥料配施,可以起到缓释土壤养分的作用,而菌肥的作用机制是依靠大量的有益微生物来改善土壤的微生物群落结构,从而提高土壤养分利用效率^[9]。表明生物炭和菌肥可以形成互补机制,作为菌肥的增效载体共同促进植株的生长发育。目前,大多数研究者利用生物炭的碱性来改良酸化土壤或中性土壤,将生物炭运用到育苗基质改良中的研究还鲜有报道。

元宝枫(*Acer truncatum* Bunge)是槭树科(Aceraceae)槭树属植物,其根系较深,具有耐旱、抗寒、抗风害等特点,是兼有观赏价值和经济价值的优良树种;其种仁含油率极高,且油中富含神经酸;其叶及种皮中也含有大量有益的生物活性物质,如黄酮、绿原酸、多糖、维生素、氨基酸、超氧化物歧化酶(SOD)等;其木材是制作家具的优质材料,种仁油渣可综合利用,树皮及果叶都可提取栲胶^[10-11]。现阶段,元宝枫籽油、枫叶生物活性物质作为保健食品和医药方面的新型优质原料,经常面临原料紧

收稿日期:2019-08-13

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFC0505102)。

作者简介:白雪(1994—),女,重庆人,硕士研究生,研究方向为生态学。E-mail:1047885311@qq.com。

通信作者:李小英,博士,副教授,研究方向为环境生态与水土保持。

E-mail:Lxying92@126.com。

缺的状况,因此,须要加快培育优质元宝枫苗木,而元宝枫幼苗的培育须要重视苗木培育基质,普通的苗木基质已经不能满足培育优质壮苗的需要。本研究利用生物炭的性能结合菌肥试验,研究不同用量菌肥与生物炭结合对基质 pH 值、基质养分含量、基质酶活性及元宝枫幼苗生长的影响,以期获取改良基质,为培育优质元宝枫苗木提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点为云南磷化集团有限公司,位于云南省昆明市晋宁区(地理位置为 24°68'N,102°58'E),属亚热带高原季风气候,年均降水量为 904.4 mm,年均气温为 15℃。

1.2 试验材料

供试土壤取自云南省昆明市晋宁区云南磷化集团有限公司大田,土壤类型为红壤,土样取回后自然晾干,粉碎,过 2 mm 筛后备用,并进行背景值分析,供试土壤基本性状见表 1;试验选用长势一致的一年生元宝枫幼苗;试验用花盆直径为 25 cm,高 30 cm,每个盆中均装入相同配比基质(珍珠岩、泥炭土、红壤体积比为 7.5:0.5:2.0)。基质材料为春城牌膨胀珍珠岩,丹麦品氏泥炭土;生物炭为永安优选炭业有限公司生产的椰壳炭(氮质量分数<0.5%,碳质量分数=63.37%,氢质量分数=3.5%),菌肥为山东绿陇生物科技有限公司生产的菌肥(有效活菌数含量≥200 亿 CFU/g)。

表 1 供试土壤性状

指标	测定值
pH 值	6.76
全磷含量(g/kg)	2.96
全钾含量(g/kg)	11.50
全氮含量(g/kg)	5.03
有机质含量(g/kg)	21.74
速效钾含量(mg/kg)	352.74
速效磷含量(mg/kg)	36.36

1.3 试验设计

每个花盆中均加入等量(1.3 kg)基质,按照不同处理,将生物炭、菌肥与基质混匀待用。其中生物炭(A)设置 0、20 g/盆,菌肥(B)设置 4 个梯度,分别为 0、10、20、30 g/盆,共 3 种处理(无添加 CK、单施生物炭、生物炭与菌肥配施),即 5 种处理组合,分别为 CK、AB0、AB1、AB2、AB3,生物炭与菌肥

施用量见表 2,每个处理组合重复 10 次。

表 2 不同处理生物炭与菌肥施用量

处理组合	生物炭施用量(g/盆)	菌肥施用量(g/盆)
CK	0	0
AB0	20	0
AB1	20	10
AB2	20	20
AB3	20	30

1.4 测定内容与方法

1.4.1 基质性质测定 于苗木移栽 90 d 后对上述基质的性质进行测定^[12]。有机质含量采用重铬酸钾-硫酸外加热法测定;土壤全氮含量采用凯氏定氮法测定;土壤全磷含量、全钾含量采用硫酸-高氯酸消煮法测定;土壤速效磷含量采用盐酸-氟化铵浸提法测定;土壤速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度计法测定;pH 值用 pH 计测定;蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸法测定;过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定;脲酶活性采用钼蓝比色法测定。不同指标均重复测定 3 次。

1.4.2 生理指标测定 于 2019 年 7 月 8 日进行植物生理指标测定,每个处理抽取 3 株,选取植株自上而下的第 3、第 4 张叶片进行净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T)、叶绿素含量、叶片水分利用效率(WUE)的测定,其中净光合速率、胞间 CO_2 浓度、气孔导度、蒸腾速率、叶片水分利用效率等用 Li-6400XT 便携式光合作用测量系统进行测定,叶绿素含量用无水乙醇法测定^[13]。

1.4.3 生长指标测定 元宝枫幼苗于 2018 年 12 月 18 日移栽,平均株高为 30.46 cm,平均茎粗为 4.43 mm,从幼苗移栽日至 2019 年 2 月底期间幼苗均处于生长休眠期,2019 年 3 月上旬才陆续发芽、发叶,2019 年 3 月 8 日每个处理选取 3 株长势均匀的幼苗测定株高、茎粗,试验期间不进行任何施肥处理,仅定期浇水。

生长指标与生理指标同期测定,株高测从基质表面到顶芽底部的高度,用直尺(精度 1 mm)测定;茎粗用游标卡尺(精度 0.1 mm)测定;单株叶面积用 Li-300A 便携式叶面积测量仪测定;根系体积用排液法测定;于 2019 年 7 月 8 日从每个处理中选取 3 株长势一致的幼苗,对株高、茎粗进行复测,与 2019 年 3 月 8 日测定的幼苗株高、茎粗数值比较以

获得株高增长量和茎粗增长量等数据。

1.5 数据处理与分析

试验数据用 WPS 2010 进行数据处理和图表绘制,采用 SPSS 22(IBM SPSS Statistic)软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理育苗基质理化性质比较

从表 3 可以看出,物理性质方面,不同处理基质容重、总孔隙度与 CK 差异显著。单施生物炭、生物炭与菌肥混施均可降低基质容重、提高基质总孔隙度,且 AB3 处理的效果最好,显著降低了基质容重,提高了基质总孔隙度;与 CK 比较,单施生物炭容重降低 29.6%,总孔隙度提高 26.7%;生物炭与菌肥

混施更好地降低了土壤容重,提高了土壤总孔隙度,与 CK 比较,其中 AB3 处理容重降低 40.0%,总孔隙度提高 34.5%。化学性质方面,不同处理与 CK 比较各项指标均差异明显。有机碳含量、全氮含量、碱解氮含量、全磷含量、速效磷含量、全钾含量、速效钾含量均随着菌肥施用量增加而呈增加的趋势,其他处理各项化学性质指标均高于对照(除 AB0 处理基质速效磷含量外),其中菌肥高施用量处理(AB3)有机碳含量提高 38.5%,全氮含量提高 89.1%,碱解氮含量提高 53.6%,全磷含量提高 16.8%,速效磷含量提高 21.1%,AB0 处理全钾含量最高,比对照提高 18.9%,AB2 处理速效钾含量最高,相较于对照提高 66.1%。

表 3 不同处理育苗基质理化性质比较

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	pH 值	有机碳含量 (g/kg)	全氮含量 (mg/g)
CK	1.15 ± 0.03a	53.05 ± 0.84c	5.91 ± 0.01c	37.08 ± 1.94d	9.29 ± 0.98d
AB0	0.81 ± 0.25b	67.19 ± 8.38b	6.12 ± 0.01b	47.04 ± 0.49b	11.91 ± 0.84c
AB1	0.71 ± 0.13c	67.33 ± 4.39b	6.29 ± 0.04ab	39.14 ± 0.97c	11.65 ± 1.57c
AB2	0.80 ± 0.14b	64.3 ± 4.63b	6.31 ± 0.08ab	47.92 ± 7.98b	13.31 ± 0.78b
AB3	0.69 ± 0.01d	71.34 ± 0.12a	6.54 ± 0.13a	51.35 ± 7.01a	17.57 ± 1.65a

处理	碱解氮含量 (mg/kg)	全磷含量 (g/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	全钾含量 (g/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
CK	133.24 ± 4.12d	2.56 ± 0.01b	21.31 ± 7.68b	4.38 ± 0.39b	338.43 ± 0d
AB0	176.06 ± 10.9c	2.88 ± 0.02ab	14.79 ± 1.41c	5.21 ± 0.77a	457.67 ± 0c
AB1	116.58 ± 10.9e	2.33 ± 0.47c	24.57 ± 3.84ab	4.56 ± 0.14b	477.54 ± 0b
AB2	195.10 ± 4.12b	2.86 ± 0.07ab	21.86 ± 2.43b	5.20 ± 0ab	562.00 ± 7.03a
AB3	204.62 ± 27.03a	2.99 ± 0.14a	25.80 ± 1.47a	5.20 ± 0ab	557.03 ± 0ab

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。表 4 至表 6 同。

2.2 不同处理基质酶活性比较

从表 4 可以看出,不同处理基质的过氧化氢酶活性、脲酶活性、蔗糖酶活性变化情况。与 CK 比较,单施生物炭处理过氧化氢酶活性、脲酶活性分别降低 15.79%、10.41%,而蔗糖酶活性提高 11.75%;生物炭与菌肥混施中高用量、中用量菌肥处理(AB2、AB3)的基质酶活性均显著提高,过氧化氢酶活性分别提高 42.11%、17.54%,脲酶活性分别提高 136.20%、105.43%,蔗糖酶活性分别提高 104.70%、167.40%,低菌肥施用量与生物炭配施处理(AB1)仅仅提高了基质的脲酶活性;与单施生物炭相比较,生物炭与菌肥配施处理均提高了基质中酶活性。

表 4 不同处理基质酶活性比较

处理	过氧化氢酶活性 (以 0.02 mol/L KMnO ₄ 计, mL/g)	脲酶活性 (mg/g)	蔗糖酶活性 (mg/g)
CK	0.57 ± 0.03c	2.21 ± 0.23d	6.81 ± 1.08d
AB0	0.48 ± 0.04e	1.98 ± 0.25e	7.61 ± 2.02c
AB1	0.51 ± 0.04d	3.21 ± 0.60c	6.37 ± 1.55e
AB2	0.81 ± 0.01a	5.22 ± 0.17a	13.94 ± 1.95b
AB3	0.67 ± 0.21b	4.54 ± 0.28b	18.21 ± 1.50a

2.3 不同处理对元宝枫幼苗生理特性的影响

从表 5 可以看出,与 CK 比较,单施生物炭处理幼苗的叶绿素含量、P_n、C_i、T_r、WUE、G_s 均降低;生物炭与菌肥配施处理幼苗的叶绿素含量、P_n、G_s、C_i、

T_r 均有所提高,但 WUE 降低,其中 AB1 处理叶绿素含量最高,提高 7.2%,AB2 处理对 P_n 、 T_r 影响显著,分别提高 37.3%、38.0%,AB3 处理对 G_s 、 C_i 影

响显著,分别提高 187.5%、11.0%。与 CK 的各项生理指标比较,生物炭与菌肥配施处理对各项生理指标的影响明显。

表 5 不同处理元宝枫幼苗生理指标比较

处理	叶绿素含量 (mg/g)	净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	气孔导度 [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	胞间 CO_2 浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	蒸腾速率 [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	水分利用效率 (mmol/mol)
CK	2.77 ± 0.12ab	5.47 ± 1.83bc	0.08 ± 0.04b	275.00 ± 42.93c	1.63 ± 0.26c	3.36 ± 0.91a
AB0	2.65 ± 0.08b	4.94 ± 2.28c	0.07 ± 0.06b	273.00 ± 64.63c	1.48 ± 0.92c	3.34 ± 1.29a
AB1	2.97 ± 0.27a	7.42 ± 2.83a	0.08 ± 0.11b	276.33 ± 38.63c	2.34 ± 1.35a	3.17 ± 0.65b
AB2	2.89 ± 0.44ab	7.51 ± 3.50a	0.09 ± 0.07b	290.67 ± 28.59b	2.25 ± 1.21ab	3.34 ± 0.33a
AB3	2.91 ± 0.11ab	6.54 ± 1.75b	0.23 ± 0.06a	305.33 ± 29.77a	1.95 ± 0.92b	3.35 ± 1.35a

2.4 不同处理对元宝枫幼苗生长特性的影响

从表 6 可以看出,不同处理对元宝枫幼苗的株高增长量、茎粗增长量、单株叶鲜质量、单株叶面积、根系体积的影响。与 CK 相比,单施生物炭抑制了幼苗地上部分生长,株高增长量、茎粗增长量、单株叶鲜质量、单株叶面积均降低,分别降低 53.17%、27.50%、36.53%、48.74%,但根系体积提

高;生物炭与菌肥混施处理幼苗株高增长量、茎粗增长量、单株叶鲜质量、单株叶面积、根系体积均提高,表明生物炭与菌肥混施能够有效促进元宝枫幼苗的生长,其中 AB2 处理可以显著提高幼苗株高增长量、茎粗增长量、单株叶鲜质量、单株叶面积,各项指标比 CK 分别提高 92.0%、97.5%、28.4%、47.5%,AB3 处理根系体积显著增加,比 CK 增加 57.57%。

表 6 不同处理元宝枫幼苗生长指标比较

处理	株高增长量 (cm)	茎粗增长量 (cm)	单株叶面积 (cm^2)	单株叶鲜质量 (g)	根系体积 (cm^3)
CK	3.63 ± 0.12d	0.40 ± 0.06bc	265.06 ± 12.28d	2.71 ± 0.24cd	2.72 ± 0.58d
AB0	1.70 ± 0.26e	0.29 ± 0.04c	135.87 ± 19.83e	1.72 ± 0.08d	3.09 ± 0.82c
AB1	6.53 ± 0.11b	0.77 ± 0.03ab	311.33 ± 39.81c	2.80 ± 0.10c	3.16 ± 0.40c
AB2	6.97 ± 0.52a	0.79 ± 0.08a	390.94 ± 32.02a	3.48 ± 0.10a	3.55 ± 0.45b
AB3	5.03 ± 0.60c	0.45 ± 0.06b	318.42 ± 50.59b	3.11 ± 0.09b	4.29 ± 0.71a

2.5 基质理化性质与幼苗生长指标相关性分析

基质理化性质与元宝枫幼苗各项生长指标之间的相关性分析结果见表 7,总体上,基质容重与元宝枫幼苗各项生长指标(水分利用效率除外)呈负相关,基质总孔隙度与元宝枫幼苗生长各项指标(水分利用效率除外)呈正相关;pH 值、有机碳含量、全氮含量、速效磷含量、速效钾含量、酶活性与元宝枫幼苗生长各项指标(水分利用效率除外)呈正相关,其中基质 pH 值与幼苗 G_s 、 C_i 、茎粗增长量、株高增长量、根系体积呈显著正相关($P < 0.05$);基质全氮含量与 C_i 呈显著正相关($P < 0.05$),与 G_s 、根系体积呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数分别为 0.902、0.993;基质速效磷含量与幼苗 P_n 、 T_r 、单株叶面积、单株叶鲜质量呈显著正相关($P < 0.05$),与叶绿素含量、茎粗增长量、株高增长量呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数分别为 0.920、

0.891、0.967;基质全磷含量与 WUE 呈显著正相关($P < 0.05$),与幼苗其他各项指标均无显著相关性;基质速效钾含量与 P_n 、 C_i 、根系体积呈显著正相关($P < 0.05$);基质过氧化氢酶活性与单株叶面积、单株叶鲜质量呈显著正相关($P < 0.05$);基质脲酶活性与 P_n 、 C_i 、 T_r 呈显著正相关($P < 0.05$),与单株叶面积、单株叶鲜质量呈极显著正相关($P < 0.01$),相关性系数分别为 0.860、0.867;蔗糖酶活性与 G_s 、单株叶鲜质量、根系体积呈显著正相关($P < 0.05$),与 C_i 呈极显著正相关($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

3.1 添加生物炭与菌肥对基质理化性质的影响

生物炭、菌肥加入基质后各项性质会因土壤类型、水热条件不同而产生差异,育苗基质的性质直接影响幼苗的栽培效果,目前还未见作物栽培基质

表 7 基质理化性质与元宝枫幼苗各项指标之间的 Pearson 相关系数

指标	相关系数												
	容重	总孔隙度	pH 值	有机碳含量	全氮含量	碱解氮含量	速效磷含量	全磷含量	全钾含量	速效钾含量	过氧化氢酶活性	脲酶活性	蔗糖酶活性
叶绿素含量	-0.307	0.316	0.640	-0.003	0.399	-0.096	0.920 **	-0.316	-0.147	0.501	0.418	0.688	0.490
净光合速率	-0.285	0.291	0.604	0.088	0.328	0.017	0.719 *	-0.231	0.032	0.629 *	0.575	0.791 *	0.448
气孔导度	-0.656	0.661	0.722 *	0.730	0.902 **	0.666	0.381	0.662	0.534	0.515	0.218	0.388	0.765 *
胞间 CO ₂ 浓度	-0.53	0.536	0.832 *	0.740	0.921 *	0.743	0.620	0.624	0.547	0.742 *	0.699	0.820 *	0.991 **
蒸腾速率	-0.292	0.298	0.573	0.013	0.270	-0.084	0.708 *	-0.328	-0.034	0.580	0.470	0.714 *	0.354
水分利用效率	0.259	-0.262	-0.173	0.427	0.169	0.650	-0.337	0.764 *	0.399	-0.064	0.385	0.054	0.361
茎粗增长量	-0.548	0.557	0.735 *	0.104	0.575	-0.065	0.891 **	-0.213	-0.095	0.444	0.099	0.465	0.484
株高增长量	-0.408	0.418	0.731 *	0.115	0.558	0.015	0.967 **	-0.179	-0.079	0.521	0.388	0.678	0.610
单株叶面积	-0.016	0.024	0.487	0.095	0.334	0.153	0.786 *	-0.069	-0.019	0.504	0.803 *	0.860 **	0.636
单株叶鲜质量	0.010	-0.002	0.484	0.148	0.385	0.234	0.790 *	0.030	0.010	0.486	0.845 *	0.867 **	0.713 *
根系体积	-0.759	0.764	0.938 *	0.837	0.993 **	0.758	0.642	0.526	0.675	0.849 *	0.546	0.764	0.920 *

注：“**”表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关,“*”表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

的标准化性状参数^[14]。相关研究表明,理想栽培基质容重为 0.1 ~ 0.8 g/cm³,总孔隙度为 54% ~ 96%,pH 值以弱酸性或中性为宜^[15]。本试验中,总体上基质的化学性质与幼苗的各项性质呈正相关,除 CK 外其他 4 种处理的容重及总孔隙度均在此范围内,pH 值均为弱酸性,单施生物炭或生物炭与菌肥配施处理均能显著降低基质容重、增加基质孔隙度、降低基质酸性,对基质结构和物理性质起到了改良作用,与 CK 相比,AB0 处理基质容重下降 45.22%,AB3 处理基质总孔隙度提升 34.48%;与 CK 比较,AB0 处理基质的全氮含量、碱解氮含量、全钾含量、速效钾含量、全磷含量均提升,但速效磷含量降低 30.60%,生物炭与菌肥配施处理基质的养分含量随着菌肥施用量增加而增加,且 AB3 处理效果较好,说明生物炭、菌肥均能够有效提升基质肥力,且生物炭与菌肥配施能够减少基质中速效养分的流失。相关研究表明,植烟地施加生物炭与菌肥比单施菌肥能够更好地降低土壤容重,增加土壤孔隙度,并能显著提高土壤速效钾及有机碳含量,在总体上提升土壤肥力^[16-17]。本研究结果与之相似,说明基质的理化性质能够直接影响幼苗的生长发育^[18]。生物炭和菌肥配施使得生物炭的特性与菌肥形成了互补机制,更好地激发了二者之间对于基质养分的效用,起到了改良基质的作用。

3.2 添加生物炭与菌肥对基质酶活性的影响

土壤酶是土壤的组成部分,能够反映土壤生物活性的高低,表征土壤养分转化的快慢,可以作为土壤肥力的指标,脲酶活性可以表征基质中氮的转化,蔗糖酶活性可表征基质中有机质含量、微生物

数量及活动能力,过氧化氢酶活性可表征基质对土壤毒害作用的抵御能力^[19-20]。相关研究中施用生物炭对土壤酶活性的影响结果不一,有提高^[21],有降低^[22],这可能与土壤、生物炭自身性质不同有关;本试验中,各处理间的过氧化氢酶活性、脲酶活性大小关系分别表现为 AB2 > AB3 > CK > AB1 > AB0、AB2 > AB3 > AB1 > CK > AB0,蔗糖酶活性大小关系表现为 AB3 > AB2 > AB0 > CK > AB1,生物炭与菌肥配施处理基质酶活性显著提高,且酶活性与幼苗生理生长指标均呈正相关,说明基质中添加生物炭和菌肥可以有效改变基质微生物环境,酶活性增强使得基质中微生物活性增强,促进基质养分转化,最终促进了幼苗的生长发育。相关研究表明,施加菌肥能有效提高土壤酶活性,能够促进平邑甜茶幼苗的生长,且生物炭与菌肥配施较单施菌肥土壤酶活性增幅更大,能够更好地提升平邑甜茶幼苗的生物量积累,促进幼苗根系发育^[23-24]。本研究中生物炭添加菌肥处理可以促进元宝枫幼苗生长发育的研究结果与之相似。

3.3 添加生物炭与菌肥对幼苗生长、生理特性的影响

生物质炭化学性质稳定不易分解,但不能作为养分的直接来源,但生物质炭可以作为肥料的载体,吸附缓释养分,提高肥料利用率,进而改善幼苗生长、生理特性^[25]。光合作用是植物生长代谢最基本的物质和能量来源,净光合速率的大小可以表征植株生长发育过程中生长代谢的水平,而叶绿素含量的高低很大程度上反映了植物的生长状况和光合能力,气孔导度、叶片水分利用效率是表征植物

的耐受性^[26],测定元宝枫幼苗的生长生理指标,可以综合反映不同处理基质对幼苗生长的影响。本试验中,单施生物炭处理在幼苗生长特性指标方面总体表现出抑制,黄晓丽等研究表明,生物炭能促进美国红枫幼苗生长^[27],这可能是由不同树种自身生长发育特点、以及试验区域的差异引起的。孙琪然等研究表明,生物炭与菌肥配施比单施生物炭、单施菌肥,能够更好地提升平邑甜茶幼苗的生物量积累,促进幼苗根系发育^[28]。与 CK 比较,单施生物炭处理幼苗的各项生长生理指标均降低,生物炭与菌肥配施处理(AB1、AB2、AB3)总体表现显著促进幼苗生长发育,其中株高增长量、茎粗增长量大小关系表现为 AB2 > AB3 > AB1,单株叶面积、单株叶鲜质量大小关系表现为处理 AB2 > AB1 > AB3,根系体积大小关系为处理 AB3 > AB2 > AB1,总体上高菌肥施用量对幼苗地上部分表现出生长抑制,对地下部分表现出生长促进。生物炭与菌肥配施的叶绿素含量、 P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 均有所提高,其中 AB1 处理叶绿素含量最高,比 CK 提高 7.2%,AB2 的 P_n 、 T_r 较高,分别比 CK 提高 37.3%、38.0%,AB3 的 G_s 、 C_i 最高,分别比 CK 提高 187.5%、11.0%。表明基质的养分转化吸收过程复杂,不仅与基质养分含量和不同养分之间的相互作用密切相关,还与幼苗的生理生长特性有关。

单施生物炭、生物炭和菌肥配施均可降低基质容重,增加基质总孔隙度,改善基质酸碱性,提高基质养分含量,总体上基质养分含量随菌肥施用量增加而增加,其中 AB3 处理对基质有效养分提升效果最优,碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量,与 CK 比较分别提高 53.57%、21.07%、64.59%。总体上,基质容重与元宝枫幼苗各项指标呈负相关,基质总孔隙度与元宝枫幼苗各项指标呈正相关;pH 值、有机碳含量、全氮含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量、酶活性与元宝枫幼苗大多数指标呈正相关,表明基质理化性质直接影响了幼苗的生长发育,适宜的基质能够促进幼苗的生长。综合考虑经济效益,AB2 处理基质可用于改良基质及培育元宝枫优质壮苗,并可作为优良基质在生产上推广应用。

从本试验结果可知,生物炭与菌肥合理配施是提升基质肥力、培育壮苗的关键。但本研究只是针对现有基质结合生物炭及菌肥的性能对元宝枫幼苗基质的改良,试验设置还比较单一,如要获得其

他苗木的改良培育基质可在本研究的基础上改变生物炭及菌肥施用梯度设置,将可获得更多可用的苗木基质改良配方。

参考文献:

- [1] 孟繁昊,高聚林,于晓芳,等. 生物炭配施氮肥改善表层土壤生物化学性状研究[J]. 植物营养与肥料学报,2018,24(5):1214-1226.
- [2] Sohi S P, Krull E, Lopez-Capel E, et al. A review of biochar and its use and function in soil[J]. Advances in Agronomy, 2010, 105(1): 47-82.
- [3] 文静,杨丹丹,林启美,等. 生物炭复混肥对土壤肥力与玉米和大豆生物量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(3):74-78.
- [4] 刘祥义,付惠,邱宗海. 云南元宝枫叶营养评价[J]. 天然产物研究与开发,2003,15(3):222-223,226.
- [5] 李乐,孙海,刘政波,等. 微生物肥料的作用、机理及发展方向[J]. 东北农业科学,2016,41(4):63-69.
- [6] 卢培娜,刘景辉,赵宝平,等. 菌肥对盐碱地土壤特性及燕麦根系分泌物的影响[J]. 作物杂志,2017(5):85-92.
- [7] 张曼玉,高婷,吴永波,等. 生物炭对贵州喀斯特山地石漠化土壤理化性质和构树幼苗生长特性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):177-181.
- [8] Lu Y, Yu M J, Xing L, et al. Combined application of biochar and nitrogen fertilizer benefits nitrogen retention in the rhizosphere of soybean by increasing microbial biomass but not altering microbial community structure[J]. Science of the Total Environment, 2018, 640-641:1221-1230.
- [9] Rong Q L, Li R N, Huang S W, et al. Soil microbial characteristics and yield response to partial substitution of chemical fertilizer with organic amendments in greenhouse vegetable production[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17(6):1432-1444.
- [10] 吴卫中,李珺,许捷. 元宝枫化学成分的研究概况[J]. 中国药事,2008,22(7):603-609.
- [11] 王典,张祥,姜存仓,等. 生物炭改良土壤及对作物效应研究进展[J]. 中国生态农业学报,2012,20(8):963-967.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [13] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [14] 李娅,李恩良,毛云玲,等. 不同育苗基质对长蕊甜菜树苗生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2019,47(3):8-11,21.
- [15] 吕英忠,习玉森,王新平,等. 不同基质对苹果幼树生长发育及叶片生理特性的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(34):47-54.
- [16] 李影,李斌,柳东阳,等. 生物炭配施菌肥对植烟土壤养分和可溶性有机碳氮光谱特征的影响[J]. 华北农学报,2018,33(6):227-234.
- [17] 李影. 有机菌肥和生物炭配施对豫中烤烟生长、品质及植烟土壤性质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2018:9-12.
- [18] He L L, Zhong Z K, Yang H M. Effects on soil quality of biochar and straw amendment in conjunction with chemical fertilizers[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(3):704-712.

李新蕾,李叶芳,关文灵. PEG 模拟干旱胁迫对大叶醉鱼草种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(9):154-159.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.09.030

PEG 模拟干旱胁迫对大叶醉鱼草种子萌发及幼苗生理特性的影响

李新蕾,李叶芳,关文灵

(云南农业大学园林园艺学院,云南昆明 650201)

摘要:以大叶醉鱼草(*Buddleja davidii* Franch.)种子和幼苗为研究对象,分别采用加有蒸馏水(CK)与5%、10%、15%、20%、25%等5个不同质量分数(下同)聚乙二醇6000(PEG-6000)的发芽床蒸馏水(CK)与10%、20%、30%等3个质量分数PEG-6000模拟不同程度的干旱胁迫,研究干旱胁迫条件对大叶醉鱼草种子萌发及幼苗生理生化特性的影响。结果表明:(1)在一定范围内,随着干旱胁迫强度的增加,大叶醉鱼草种子的发芽启动时间推迟,发芽持续时间延长,发芽率、发芽势、发芽指数降低,但种子发芽率在5%~10%PEG胁迫下与对照间无显著差异,而在15%PEG胁迫下均显著低于对照,在20%及以上质量分数PEG胁迫下种子不能萌发。(2)大叶醉鱼草幼苗叶片的游离脯氨酸、丙二醛含量随PEG胁迫强度的增加和时间的延长而增加,各指标均在30%PEG胁迫处理9d时最高,分别为对照的2.88、5.66倍。(3)随着PEG胁迫时间的延长,大叶醉鱼草幼苗叶片过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)活性先上升后下降,在30%PEG胁迫处理6d时活性最强;过氧化物酶(POD)活性随着胁迫时间的延长呈现出先下降又上升的变化趋势,并在30%PEG胁迫处理3d时活性最强。由结果可得,大叶醉鱼草种子在轻度干旱胁迫下可正常萌发,而且幼苗能通过调节体内渗透调节物质含量和抗氧化酶活性主动适应干旱环境,对干旱环境表现出较好的适应能力。

关键词:大叶醉鱼草;干旱胁迫;种子萌发;幼苗生长;抗逆生理指标;抗旱性

中图分类号:S687.901 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)09-0154-06

世界上有1/3以上的土地处于干旱和半干旱地区^[1]。我国现有干旱区面积占国土总面积的

38.3%^[2-3]。干旱是影响植物分布和生长发育的主要环境因子之一,其危害程度在诸多非生物胁迫中占首位^[4]。研究植物干旱胁迫响应机制、评价其抗旱性,将为提高植物水分利用效率、提高植物抗旱性能、选育抗旱优良品种、发展高产耐旱农业提供理论指导,同时选择适生植被对受损生态系统进行植被修复、恢复和人工生态系统的建立是非常有效的环境治理途径^[5]。

在干旱环境下,种子萌发和幼苗生长阶段是决

收稿日期:2019-04-29

基金项目:园艺学大学生创新创业训练计划(编号:2018ZKX67)。

作者简介:李新蕾(1993—),女,广东湛江人,硕士,主要研究方向为生态修复植物资源开发利用、园林植物资源开发利用。E-mail:459383051@qq.com。

通信作者:关文灵,博士,教授,主要从事园林植物研究。E-mail:158066692@qq.com。

[19]胡慧蓉,田 昆. 土壤学实验指导教程[M]. 北京:中国林业出版社,2012.

[20]李新宇,孟 康,李小英,等. 生物炭对元谋燥红壤土壤肥力与番茄生长的影响[J]. 西部林业科学,2019,48(2):114-120.

[21]郑慧芬,吴红慧,翁伯琦,等. 施用生物炭提高酸性红壤茶园土壤的微生物特征及酶活性[J]. 中国土壤与肥料,2019(2):68-74.

[22]许飞翔,何莉莉,刘玉学,等. 施用生物炭6年后对稻田土壤酶活性及肥力的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(4):1110-1118.

[23]王义坤,孙琪然,段亚楠,等. 三种菌肥对苹果连作土壤环境及平邑甜茶幼苗生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(4):630-638.

[24]赵晓军,李 丽,张 璇,等. 生物炭与微生物菌剂配施对土壤生物和化学特性的影响[J]. 安徽农业科学,2018,46(25):109-112.

[25]严陶韬,丁子菊,朱 倩,等. 生物质炭对黄棕壤理化性质及龙脑樟幼苗生长的影响[J]. 土壤,2018,50(4):681-686.

[26]陈媛媛,江 波,王效科,等. 元宝枫幼苗生长和光合特性对硬化地表的响应[J]. 生态学杂志,2016,35(12):3258-3265.

[27]黄晓丽,葛根塔娜,梅 梅,等. 生物炭对美国红枫幼苗生长及叶色变化的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2017,48(5):530-536.

[28]孙琪然,徐 燕,相 立,等. 生物炭和菌肥的混合使用对苹果园连作土壤环境及平邑甜茶幼苗生理指标的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(8):52-59.