

杨 洁,位蓓蕾,陈玉玖,等. 改性秸秆改良褐土对苗期紫花苜蓿生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):320-322.

改性秸秆改良褐土对苗期紫花苜蓿生长及生理特性的影响

杨 洁¹, 位蓓蕾¹, 陈玉玖², 胡振琪¹, 林 杉¹, 李 耀¹

(1. 中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所/矿山生态安全教育部工程研究中心,北京 100083;
2. 神华宝日希勒能源有限公司,内蒙古呼伦贝尔 021025)

摘要:以苗期紫花苜蓿的生长性能、抗逆性能的响应来评价改性秸秆对矿区褐土的改良效果。试验采用单因素随机区组设计,以当地表土作为对照组,褐土作为改良对象,改性秸秆添加量设置为 0、10、30、50 g/kg 干土 4 个水平,3 个重复。结果显示,改性秸秆对苗期紫花苜蓿的叶面积、株高、根长、生物量、叶绿素含量、SOD 活性、CAT 活性、POD 活性、细胞膜透性等指标均有显著影响,其中以 50 g/kg 改性秸秆的紫花苜蓿的生长性能和抗逆性能最佳。说明添加改性秸秆可以有效提高苗期紫花苜蓿的生长性能和抗逆性能,对褐土有明显的改良效果。

关键词:排土场复垦;表土替代材料;改性秸秆

中图分类号: S165.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0320-03

我国对露天矿土地复垦要求采复一体化^[1],在生态恢复过程中构造适宜的土壤结构是露天矿土地复垦的关键^[2]。新的土层结构中表土最重要,传统的复垦方法是将表土先行剥离再回填。然而生态脆弱区表土层往往较薄,同时在其剥离、堆存和回填过程中造成一定程度的损失和退化,此外排土场呈多个台阶,形成了很多的边坡,因此复垦的面积显著增加,原有表土赋存量明显不足,寻找适宜的表土替代材料就显得十分必要^[3-5]。露天矿区褐土层较厚,矿物元素含量丰富,具有作为表土替代材料的潜质,但理化性质与农作物需要的土壤仍有一定的差距,需要选择合适的改良剂进行改良。前人研究结果表明,改性玉米秸秆对水稻土有较好的改良效果^[6],但关于改性玉米秸秆对矿区褐土层的改良效果的研究报道较少。紫花苜蓿适应性强,抗寒耐旱,对保护生态环境、防止水土流失具有举足轻重的作用。本试验以苗期紫花苜蓿生长性能和抗逆性能的响应来评价改性玉米秸秆对矿区褐土层的改良效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为研究区提供的褐土,属于重黏土;当地表土属于腐殖土,其理化性质如表 1 所示。改性秸秆由新鲜的玉米秸秆,切断至 2~3 cm,将含水量调至 65%~75%,先分层装填、压实、最后覆盖,经厌氧发酵 6~7 周后风干,粉碎至 1~2 cm 备用;盆栽植物紫花苜蓿由中国农业大学提供。

收稿日期:2013-01-12
基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金(编号:2010YD03)。
作者简介:杨 洁(1989—),女,湖北荆门人,硕士研究生,从事矿区土地复垦与生态重建研究。E-mail: yangjie13426063152@126.com。
通信作者:胡振琪,博士,教授,博士生导师,从事矿区土地复垦与生态重建方面的研究。E-mail: huzq@cumt.edu.cn。

表 1 供试土壤理化性质						
土壤类型	全氮含量 (g/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)	pH 值	电导率 (μS/cm)
褐土	0.33	27.77	380.33	10.11	8.52	230.0
表土	2.81	98.03	202.00	48.79	7.71	88.7

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计,以当地的表土作为对照组(TS),褐土作为改良对象,改性秸秆添加量设置为干土的 0、10、30、50 g/kg 4 个水平(记为 S0、S10、S30、S50),3 个重复。褐土经风干、过 2 mm 筛后,与改性秸秆按添加比例混合均匀置于直径为 15 cm 的塑料盆中,加去离子水造墒,平衡 2 周后播种。紫花苜蓿种子用去离子水在表面皿催芽 24 h 后,均匀播在塑料盆中,每盆 20 粒,播种 4 周后测定紫花苜蓿的生理及生长指标。

1.3 测定指标与方法

作物株高测定在每个处理中随机选取 3 株紫花苜蓿,测量自然高度,取平均值记为该处理的平均株高;叶面积采用 LI-3000 型叶面积仪测定;主根长用直尺直接测定;生物量采用刈割称重法测定鲜重,再用去离子水洗净,在 105℃ 下杀青 15 min,70℃ 下烘 48 h,称干重;叶绿素含量采用 SPAD-502 型叶绿素仪测定;叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性,采用氮蓝四唑染色法测定;叶片过氧化物酶(POD)活性,采用愈创木酚染色法测定;叶片过氧化氢酶(CAT)活性,采用紫外吸收法测定;可溶性蛋白含量用考马斯亮蓝法测定;细胞膜透性的测定采用电导法测定^[7-11]。

1.4 计算公式

1.4.1 叶片 SOD 活性

$$\text{SOD 总活性} = (D_0 - D_s) \times V_T / (D_0 \times 0.5 \times m \times V_1) \quad (1)$$

式中: D_0 为照光对照管的吸光度; D_s 为样品管的吸光度; V_T 为样液总体积(mL); V_1 为测定时样品用量(mL); m 为样品鲜重(g)。

1.4.2 叶片 POD 活性

POD 总活性 = $(\Delta D_{470\text{ nm}} \times V_{\text{T}}) / (m \times V_{\text{I}}) \times n$ (2)

式中: $\Delta D_{470\text{ nm}}$ 为平均每分钟的吸光度变化值; V_{T} 为样液总体积(mL); V_{I} 为测定时样品用量(mL); n 为酶液稀释倍数; m 为样品鲜重(g)。

1.4.3 叶片 CAT 活性

CAT 总活性 = $\Delta D_{240\text{ nm}} \times V_{\text{T}} / (m \times V_{\text{I}}) \times n$ (3)

式中: $\Delta D_{240\text{ nm}}$ 为平均每分钟的吸光度变化值; V_{T} 为样液总体积(mL); V_{I} 为测定时样品用量(mL); n 为酶液稀释倍数; m 为样品鲜重(g)。

1.4.4 细胞膜透性

$L = (S_1 - S_0) / (S_2 - S_0) \times 100\%$ (4)

式中: S_1 为初电导率; S_2 为终电导率; S_0 为去离子水空白电导率。

1.4.5 可溶性蛋白

可溶性蛋白含量 = $C \times V_{\text{T}} / (m \times V_{\text{I}})$ (5)

式中: C 为标曲所得蛋白含量(mg); V_{T} 为样液总体积(mL); V_{I} 为测定时样品用量(mL); m 为样品鲜重(g)。

1.5 统计分析

利用 Excel 2010 和 SAS 9.2 统计软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 改性秸秆改良褐土对苗期紫花苜蓿生长特性的影响

2.1.1 叶面积 与 TS 组相比, S0 组苗期紫花苜蓿叶面积差异显著, 其叶面积比 S0 组高 124.50%, 说明与表土替代材料相比, 当地表土对紫花苜蓿叶面积影响效果较大(表 2)。苗期紫花苜蓿的叶面积随着改性秸秆的加入显著增加, 其中处理 S10、S30、S50 紫花苜蓿的叶面积比空白提高了 18.60%、18.13%、88.01%, 当添加量为 50 g/kg 土时紫花苜蓿的叶面积最大为 153.32 mm², 显著高于其他处理, 但仍低于当地表土, 表明改性秸秆可以显著提高苗期紫花苜蓿的叶面积, 改性秸秆最佳添加量尚需进一步研究确定。

2.1.2 株高 与对照相比, 添加改性秸秆处理对紫花苜蓿株高的影响显著, 不同处理与 S0 组相比分别提高了 13.61%、

6.80%、28.20%。在改良土壤处理中以 S50 处理的效果最好, 紫花苜蓿的株高为 8.923 cm, 但仍显著低于表土组 11.533 cm(表 2)。

表 2 不同添加量改性秸秆对苗期紫花苜蓿生长量的影响

处理	叶面积 (mm ²)	株高 (cm)	根长 (cm)	生物量(g)	
				鲜重	干重
TS	182.99a	11.533a	4.607a	2.32a	0.33a
S0	81.51d	6.960d	2.903e	0.68d	0.13d
S10	96.67c	7.907c	4.316b	1.45b	0.15c
S30	96.29c	7.433cd	3.253d	1.23c	0.10e
S50	153.32b	8.923b	3.776c	1.47b	0.18b

注: 同列中数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3 同。

2.1.3 根长 各处理间对紫花苜蓿苗期的根长的影响差异显著, 其中处理 S10 效果在改良土壤处理中最佳, 根长为 4.316 cm, 与 S0 组相比提高了 48.67%, 其增幅远高于其他处理, 但是仍低于当地表土(表 2)。

2.1.4 生物量 作物的重量是研究物质生产的基本指标之一, 通常由鲜重、干重来表示。改性秸秆对苗期紫花苜蓿生物量的影响与对叶面积、株高的影响规律相似, 当改性秸秆的添加量为 50 g/kg 时, 鲜重在改良土壤处理中最大, 为 1.47 g, 与 S0 处理相比提高了近 1 倍, 添加改性秸秆对紫花苜蓿鲜重的影响显著。改性秸秆对苗期紫花苜蓿干重影响与对鲜重影响规律一致, 即改性秸秆的添加量为 50 g/kg 时干重最大, 但仍低于当地表土组(表 2)。

2.2 改性秸秆对苗期紫花苜蓿生理指标的影响

研究区位于气候恶劣的半干旱地区, 研究改性秸秆对紫花苜蓿生理性能的影响十分必要。研究选择叶绿素含量、SOD、CAT、POD 可溶性蛋白、细胞膜透性等指标, 作为反应作物生理抗性的研究依据。

2.2.1 叶绿素含量 叶绿素含量是植物叶片重要的生理指标, 在一定程度上反映了叶片的质量和植株生长发育情况^[10]。由表 3 可知, 添加改性秸秆对苗期紫花苜蓿叶绿素含量有显著影响, 当添加量为 30 g/kg 时, 叶绿素含量已达到与表土组相当的水平, 添加量增加到 50 g/kg 时, 叶绿素含量与表土组和 S30 组无显著差异, 但叶绿素含量仍得到一定的提高。

表 3 不同添加量改性秸秆对苗期紫花苜蓿抗逆性能影响

处理	超氧化物歧化酶 [U/(g·min)]	过氧化物酶 [U/(g·min)]	可溶性蛋白 (mg/g)	过氧化氢酶 [U/(g·min)]	细胞膜透性 (%)	叶绿素含量 (mg/g)
TS	118.09a	385.55b	70.12a	121.40c	32c	33.80a
S0	21.67c	327.78d	64.36b	32.20d	40a	30.76b
S10	97.65b	367.56c	58.78c	25.40e	35b	29.70b
S30	101.71ab	327.33d	58.84c	134.00b	36b	33.63a
S50	113.67ab	405.33a	72.64a	215.33a	28d	35.60a

2.2.2 SOD 活性 SOD 主要清除植物体内的氧自由基, 增强膜的稳定性。叶片的 SOD 活性最高的处理为当地表土, 为 118.09 U/(g·min); 改性秸秆添加量为 50 g/kg 土时, SOD 活性在改良土壤中最高, 为 113.67 U/(g·min), 与空白组相比, 提高了 424.55%, 表明添加改性秸秆对叶片 SOD 活性的影响显著, 当改性秸秆添加量为 50 g/kg 时, 对紫花苜蓿叶片 SOD 活性影响最显著(表 3)。

2.2.3 POD、CAT 活性 POD 主要清除作物体内的 H₂O₂, 改性

秸秆对紫花苜蓿叶片 POD 活性也有显著影响, 但 POD 活性并不随着改性秸秆添加量增加而增强, 改性秸秆添加量为 50 g/kg 时, 叶片 POD 活性最高, 为 405.33 U/(g·min), 与空白相比提高 23.66%, 与表土叶片 POD 活性 385.55 U/(g·min) 相近并优于当地表土, 当改性秸秆添加量为 50 g/kg 土时, 对紫花苜蓿叶片 POD 活性的影响最显著(表 3)。

CAT 与 POD 的作用相似, 该酶可以催化 H₂O₂ 使其生成 O₂ 和 H₂O, 以减轻 H₂O₂ 对作物的毒害作用。由表 3 可知, 改

性秸秆添加量为 10 g/kg 时, CAT 活性显著低于不添加改性秸秆的处理, 之后 CAT 的活性随着改性秸秆添加量的增加迅速增强, 添加量为 30 g/kg 时, 苗期紫花苜蓿叶片 CAT 活性显著高于对照; 添加量达到 50 g/kg 时, 叶片 CAT 活性进一步增强达 215.33 U/(g·min), 显著高于其他处理。

2.2.4 可溶性蛋白、细胞膜透性 植物体内的可溶性蛋白质大多数是参与各种代谢的酶类, 其含量是了解植物体总代谢的一个重要指标。改性秸秆添加量为 10、30 g/kg 时, 叶片可溶性蛋白浓度显著低于不添加改性秸秆的处理, 当改性秸秆添加量为 50 g/kg 时, 叶片可溶性蛋白浓度达到 72.64 mg/g, 与对照组无显著差异, 但显著高于褐土的其他处理(表 3)。

植物叶片的相对电导率越大, 表明细胞膜的选择透过性受损越大。细胞膜透性最低是改性秸秆的添加量为 50 g/kg 处理, 相对电导率为 28%, 显著低于其他各试验组(表 3), 表明当改性秸秆的添加量为 50 g/kg 时, 对紫花苜蓿细胞膜的选择透过性影响最小。

3 结论与讨论

3.1 改性秸秆可提高苗期紫花苜蓿生长性能

叶片是作物进行光合作用的重要器官, 发育状况对作物的生长发育及产量具有很大的影响, 叶片面积的大小直接影响作物的受光, 是表征作物对光能吸收的一个重要的生物学指标^[12]; 作物株高反映了作物纵向生物量, 作物的根系是植物吸收、转化和储藏营养物质的重要器官, 生长好坏直接影响到地上部分产量和植物的水土保持能力^[13]; 作物体的重量是研究其物质生产的基本指标; 本研究中添加改性秸秆对苗期紫花苜蓿叶面积、株高、根长及生物量有显著的促进作用, 与高飞等的研究结果基本一致^[14-15], 原因在于秸秆还田后有助于形成具有良好团聚体结构的土壤, 提高土壤的孔隙性、持水性和通透性及有机质含量, 优化土壤物理性状, 在作物生长期间能很好地调节植物对水、肥、气、热诸因素的需要, 为作物高产提供了保证^[16-17]。改性秸秆的最佳添加量对苗期紫花苜蓿的生长性能的影响尚未达到当地表土的效果, 可能与秸秆的腐败程度、秸秆添加量、土壤的氮素含量有直接关系^[18], 为了进一步了解改性秸秆的改良效果仍需进一步研究。

3.2 改性秸秆可提高苗期紫花苜蓿的抗逆性

叶绿素含量是植物叶片重要的生理指标, 在一定程度上反映了叶片的质量和植株生长发育情况; 作物的细胞膜有酶促和非酶促 2 类过氧化物防御系统, 其中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶等活性水平可作为植物抗逆生化指标; 叶片外渗液电导率的变化反映质膜的伤害程度和所测作物抗逆性的大小; 作物体内的可溶性蛋白质含量反映了作物总代谢的能力。本研究中添加改性秸秆提高了苗期紫花苜蓿的叶绿素含量、SOD 活性、CAT 活性、POD 活性, 同时降低了细胞膜的相对电导率, 与邹聪明等研究结果^[19-20]基本一致, 原因在于秸秆在改善土壤理化性质的同时, 释放的一些次生代谢产物对后茬作物产生影响^[21], 孙伟红等认为秸秆还田与土壤中 Fe、Zn、Mn 等含量的增加显著正相关^[22], 作物叶片的超氧化物歧化酶、过氧化氢酶等活性水平与 Fe、Zn、Mn 等微量元素含量息息相关^[23-24], 土壤条件的改善使叶片具有较高的同化能力和代谢能力。

参考文献:

- [1] 才庆祥, 高更君, 尚涛. 露天矿剥离与土地复垦一体化作业优化研究[J]. 煤炭学报, 2002, 27(3): 276-280.
- [2] 胡振琪. 煤矿山复垦土壤剖面重构的基本原理与方法[J]. 煤炭学报, 1997, 22(6): 617-618.
- [3] 付梅臣, 谢宏全. 煤矿区生态复垦中表土管理模式研究[J]. 中国矿业, 2004, 13(4): 36-38.
- [4] 赵景逵. 矿区土地复垦技术与管理[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [5] Xiao G J, Wang J. Research on progress of rainwater harvesting agriculture on the Loess Plateau of China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 1003-1008.
- [6] 杨志臣, 吕貽忠, 张凤荣, 等. 秸秆还田和腐熟有机肥对水稻土培肥效果对比分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 214-217.
- [7] 王金满, 杨睿璇, 白中科. 草原区露天煤矿排土场复垦土壤质量演替规律与模型[J]. 农业工程学报, 2012, 28(14): 229-234.
- [8] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 213-214.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [11] 冯冬霞. 便携式叶面积仪的研制[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [12] 于浩. 便携式活体叶面积测量仪的研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
- [13] 李名扬. 植物学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 9.
- [14] 高飞, 贾志宽, 路文涛, 等. 秸秆不同还田量对宁南旱区土壤水分、玉米生长及光合特性的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(3): 777-783.
- [15] 郭书亚, 付国占, 王振华, 等. 深松与秸秆覆盖对夏玉米花后穗位叶光合荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(1): 80-82.
- [16] Zhang D X, Han Z Q, Liu W, et al. Biological effect of maize stalk return to field directly under different accretion decay conditions[J]. Plant Nutrition and Fertilizing Science, 2005, 11(6): 742-749.
- [17] Qiang X C, Yuan H L, Gao W S. Effect of crop-residue incorporation on soil CO₂ emission and soil microbial biomass[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(3): 469-472.
- [18] 季陆鹰, 葛胜, 郭静, 等. 作物秸秆还田的存在问题及对策[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 342-344.
- [19] 邹聪明, 王国鑫, 胡小东, 等. 秸秆覆盖对套作玉米苗期根系发育与生理特征的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 496-500.
- [20] 赵珊珊, 李亚东, 张志东, 等. 秸秆改良土壤对越橘叶片生理指标的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(11): 47-51.
- [21] 陈小文, 祁鑫, 王海永, 等. Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 993-998.
- [22] 孙伟红. 长期秸秆还田改土培肥综合效应的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [23] Fester T, Schuster W. Potato mitochondrial manganese superoxide dismutase is an RNA-binding protein[J]. Biochem Mol BiolInt, 1995, 36(1): 67-75.
- [24] Bowler C, van Montagu M, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Plant Mol Biol, 1992, 43: 83-116.