

文章编号: 1000-5692(2007)01-0012-05

自身他感作用物对木麻黄幼苗叶绿素及糖类的影响

林武星

(福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012)

摘要: 以 15 年生实生木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 根系浸提液为他感作用物, 采用水培方法研究其不同质量分数对木麻黄苗木叶绿素和糖类的影响。结果表明, 木麻黄苗木的叶绿素质量分数随木麻黄根浸液质量分数增大而减少, 叶绿素 a 下降幅度大于叶绿素 b。高质量分数根浸液作用下, 木麻黄苗木叶绿素受到显著影响, 而且主要表现在叶绿素 a 上。木麻黄幼苗的根、茎和叶中碳质量分数和积累量在木麻黄根浸液作用下不断下降。木麻黄根浸液作用下木麻黄苗木根和茎可溶性糖、还原糖和蔗糖质量分数增加。木麻黄根浸液质量分数 $< 50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 木麻黄苗木叶可溶性糖、还原糖和蔗糖质量分数随根浸液质量分数增大而增加, 当木麻黄根浸液质量分数为 $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 木麻黄苗木叶中可溶性糖、还原糖和蔗糖达到最大, 然后随木麻黄根浸液质量分数继续增大而不断下降。表 6 参 20

关键词: 植物学; 木麻黄; 自身他感作用物; 叶绿素; 糖类

中图分类号: S718.4 **文献标识码:** A

木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 是我国东南沿海地区主要的防护林树种, 木麻黄更新困难的问题已引起了林学界极大关注^[1-9]。最近研究表明, 木麻黄可分泌他感物质导致自身生长量下降和减少对土壤营养元素的吸收, 从而引起木麻黄更新衰退^[7-9]。但对于木麻黄所产生的自身他感物质对其叶绿素、碳及其积累量和糖类质量分数的影响研究目前未见报道, 因此, 笔者开展了这方面的研究, 以阐明木麻黄他感物质对其碳代谢的影响。

1 材料与方法

1.1 采样地基本情况

采样地设在福建省惠安县赤湖林场, 属于亚热带海洋性季风气候, 适宜木麻黄生长。该场从 20 世纪 60 年代开始引种木麻黄。年平均气温为 $19.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 最高气温 $35.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低气温 $1.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 无霜期 320 d, 年降水量 1 029 mm。采样点位于该场赤湖工区 15 年生由实生苗造林的木麻黄林分中, 林地距离潮水线 500 m, 土壤为风积砂土, 土层厚, 肥力较低。采样林分现保留密度为 $2\ 750 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 平均树高为 9.6 m, 平均胸径 8.9 cm。

1.2 实验材料

供体: 从以上所述的木麻黄林分多点采集木麻黄平均木的根系, 带回室内放在阴凉处自然干燥至

收稿日期: 2006-05-18; 修回日期: 2006-08-16

基金项目: “十五”国家科学技术攻关项目(2002BA516-15)

作者简介: 林武星, 高级工程师, 博士, 从事森林生态学研究。E-mail: lwx188@tom.com

恒量, 待用。受体: 由福建省福清市三山苗圃提供的 5 个月生的木麻黄实生裸根苗, 苗木平均高为 30.2 cm, 平均地径 2.95 mm。

1.3 方法

1.3.1 根浸液制备 将根系剪碎, 然后用相当于各浸泡物 5 倍的蒸馏水浸泡, 浸泡时间为 48 h, 浸提液比例为 1:5, 然后用新华滤纸过滤, 滤液装进塑料桶中并放入冰箱中低温保存。

1.3.2 苗木培养和处理 将大小尽可能一致的 5 个月生的木麻黄实生苗转入 Heiwit 营养液中恢复培养 1 个月, 然后在营养液中加入根系浸提液, 各培养液中根浸提液质量分数设为 25, 50, 100, 200 $g \cdot kg^{-1}$, 以不加浸提液为对照(ck)。试验随机设计, 3 次重复。试验用的容器为外壁漆黑的小塑料桶, 每桶 3 株, 每桶装培养液 4 L, 15 d 更换 1 次培养液, 每次更换培养液每桶含有等量的 Heiwit 营养成分, 通气 $1 h \cdot d^{-1}$ 。浸提液处理 2 个月后测定苗木叶绿素、碳和糖类。

1.3.3 测定方法 叶绿素测定: 叶绿素用混合液(乙醇:丙酮:水=4.5:4.5:1.0)提取^[10]。取木麻黄叶于 25 °C 黑暗中浸提 24 h, 用 HITACHI-3210 分光光度计测定不同波长下的光密度值, 计算叶绿素 a、叶绿素 b 的质量分数。碳的测定: 采用全自动碳氮分析仪(SUMIGRAPH NC-80 和 SHIMADZU GAS CHROMATOGRAPH GC-8A)测定。糖类的测定: 还原糖采用酶-硫酸比色法^[11], 蔗糖测定按於新建^[12]的方法进行, 可溶性总糖为还原糖和蔗糖总和。

2 结果

2.1 自身他感作用物对木麻黄幼苗叶绿素的影响

在木麻黄根浸液作用下, 木麻黄幼苗叶绿素质量分数受到明显影响(表 1)。单位鲜质量叶所含的叶绿素随木麻黄根浸液质量分数的增加而不断下降。与对照相比, 叶绿素 a 下降了 9.09%~68.77%, 叶绿素 b 下降了 3.51%~21.38%, 叶绿素总量(a+b)下降了 7.45%~54.90%, 叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值下降了 5.76%~60.27%。叶绿素 a 下降的幅度大于叶绿素 b, 特别是随木麻黄根浸液质量分数增大, 叶绿素 a 下降的幅度大大超过叶绿素 b 下降的幅度, 说明叶绿素 a 对根浸液作用更加敏感。方差分析表明, 木麻黄根浸液为 25 $g \cdot kg^{-1}$ 时, 叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总量与对照相比差别不大, 当根浸液为 50, 100 和 200 $g \cdot kg^{-1}$ 时, 叶绿素 a 与叶绿素总量与对照相比产生显著和极显著的差别, 可见, 低质量分数根浸液对木麻黄木叶绿素质量分数影响较小, 而高质量分数根浸液作用下, 木麻黄苗木叶中叶绿素受到显著影响, 而且主要表现在叶绿素 a 上。

表 1 自身他感作用物对木麻黄苗木叶绿素的影响

Table 1 Effect on content of chlorophyll of seedling of self-allelopathy from *Casuarina equisetifolia*

根浸液质量分数/ ($g \cdot kg^{-1}$)	叶绿素 a/ ($mg \cdot g^{-1}$)	叶绿素 b/ ($mg \cdot g^{-1}$)	叶绿素 a+b/ ($mg \cdot g^{-1}$)	叶绿素 a/ 叶绿素 b
ck	1.652±0.105 a A	0.683±0.023 a A	2.335±0.118 a A	2.418 7
25	1.502±0.097 a A	0.659±0.017 a A	2.161±0.106 a A	2.279 2
50	1.274±0.071 a B	0.646±0.030 a B	1.920±0.095 a B	1.972 1
100	0.839±0.045 b C	0.602±0.015 a B	1.441±0.054 b B	1.393 6
200	0.516±0.052 c D	0.537±0.010 b B	1.053±0.058 b C	0.960 9

说明: 同一列内字母不同为差异显著, 大小字母分别表示 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 的显著水平。

2.2 自身他感作用物对木麻黄碳质量分数和积累量的影响

木麻黄幼苗的根、茎和叶中碳质量分数及积累量在木麻黄根浸液作用下不断下降(表 2 和表 3)。从表 2 看出, 根浸液作用下木麻黄根中碳质量分数下降 7.3%~57.9%, 茎中下降 3.8%~7.9%, 叶中下降 3.9%~8.6%。茎和叶中碳随根浸液质量分数增加下降幅度比较平缓, 根中碳在根浸液质量分数较低时下降较小, 而当高质量分数根浸液时下降幅度急剧增加。木麻黄幼苗中碳质量分数表现出叶 > 茎 > 根, 木麻黄根浸液对木麻黄幼苗根、茎、叶碳的影响均达到了显著水平。幼苗根、茎和叶中碳

的积累量(质量分数 \times 生物量)随根浸液质量分数增大而下降(表3),根中碳的积累量与对照相比下降了46.2%~93.7%,茎中碳的积累量与对照相比下降了50.6%~88.5%,叶中碳的积累量与对照相比下降了38.2%~91.4%。根浸液作用下木麻黄根、茎、叶碳积累量的差异均达极显著水平,各器官碳的积累量下降幅度均大于相应器官碳的质量分数。

表2 自身他感作用物对木麻黄各器官碳质量分数的影响

Table 2 Effect of self-allelopathy on content of carbon in the roots stems and leaves of *Casuarina equisetifolia*

根浸液质量分数/ (g \cdot kg $^{-1}$)	各器官碳质量分数/(g \cdot kg $^{-1}$)		
	根	茎	叶
ck	295.8 \pm 3.57 a A	399.9 \pm 2.81 a A	413.6 \pm 6.25 a A
25	275.6 \pm 4.61 b A	385.1 \pm 3.19 b B	397.4 \pm 5.33 b B
50	234.6 \pm 5.13 c C	375.8 \pm 3.76 c C	392.9 \pm 4.92 c C
100	186.0 \pm 4.85 d D	373.8 \pm 2.90 c D	390.3 \pm 3.16 c D
200	124.4 \pm 6.26 e E	368.3 \pm 4.21 d E	377.9 \pm 5.01 d E

说明:同一列内字母不同为差异显著,大小写字母分别表示 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 显著水平。

表3 自身他感作用物对木麻黄各器官碳积累量的影响

Table 3 Effect of self-allelopathy on accumulation of carbon in roots stems and leaves of *Casuarina equisetifolia*

根浸液质量分数/ (g \cdot kg $^{-1}$)	各器官碳积累量/(g \cdot 株 $^{-1}$)		
	根	茎	叶
ck	1.061 \pm 0.052 a A	6.242 \pm 0.315 a A	3.081 \pm 0.418 a A
25	0.570 \pm 0.013 b A	3.085 \pm 0.345 b B	1.904 \pm 0.263 b B
50	0.368 \pm 0.021 c C	1.270 \pm 0.158 c C	0.866 \pm 0.036 c C
100	0.149 \pm 0.016 d D	0.934 \pm 0.053 d D	0.726 \pm 0.028 d D
200	0.067 \pm 0.003 e E	0.715 \pm 0.032 e E	0.265 \pm 0.002 e E

说明:同一列内字母不同为差异显著,大小写字母分别表示 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 显著水平。

2.3 自身他感作用物对木麻黄糖质量分数的影响

自身他感作用物对木麻黄幼苗糖的代谢造成影响。从表4看出,木麻黄根浸液引起苗木根、茎和叶可溶性糖质量分数(还原糖+蔗糖)增加,幼苗根、茎和叶可溶性糖分别增加了8.5%~140.4%,16.3%~389.4%和7.7%~100.6%,叶可溶性糖在根浸液质量分数为50 g \cdot kg $^{-1}$ 时达最大,随后根浸液质量分数增大叶中可溶性糖质量分数逐渐下降。根浸液作用下,苗木根、茎和叶的还原糖和蔗糖变化与可溶性糖相似(表5和表6),根的还原糖增加7.6%~142.4%,茎增加15.9%~235.6%,叶增加4.0%~132.0%。叶还原糖质量分数随根浸液质量分数增加而增大,到根浸液质量分数为50 g \cdot kg $^{-1}$ 时达最大,然后随根浸液质量分数增大还原糖质量分数逐渐下降。根、茎和叶的蔗糖分别增加10.4%~137.2%,17.6%~852.4%和19.8%~290.7%,叶蔗糖随根浸液质量分数增加而增大,至根浸液质量分数50 g \cdot kg $^{-1}$ 时达最大,随后根浸液质量分数增大蔗糖下降。不同质量分数木麻黄根浸液对木麻黄幼苗根和茎的可溶性糖、蔗糖和还原糖均产生显著影响,各种质量分数的木麻黄根浸液作用下,木麻黄幼苗根、茎和叶的可溶性糖、蔗糖和还原糖均大于对照。可见,木麻黄自身他感作用导致其质量分数的增加。

3 结论和讨论

自身他感作用下木麻黄叶绿素质量分数下降,而且随他感作用物质量分数的升高,叶绿素下降幅度增大,这与孔垂华^[13], 聂呈荣^[14], 马越强^[15], Paterson^[16], Hej^[17], Padhy^[18]等研究他感物质对植物叶绿素含量影响的结果相似。有些研究认为他感物质通过影响叶绿素合成的酶系统,从而降低叶绿素含量^[13]。叶绿素是影响植物光合作用的一个重要因子,叶绿素的降低对于叶片获得太阳能进行光

合作用极为不利, 研究表明木麻黄自身他感作用下光合效率下降^[19], 这与木麻黄自身他感作用下叶绿素下降有关。

自身他感作用下木麻黄各器官碳质量分数和积累量受到显著影响。根、茎和叶中碳质量分数分别下降了 7.3%~57.9%, 3.8%~7.9% 和 3.9%~8.6%, 碳积累量分别下降了 46.2%~93.7%, 50.6%~88.5% 和 38.2%~91.4%。木麻黄在自身他感作用下其净光合速率、光饱和点、二氧化碳饱和点、羧化效率和光合磷酸化活性降低, 乙醇酸氧化酶活性增加, 光合速率受到明显抑制^[19]。可见木麻黄在自身他感作用物作用下碳质量分数和积累量降低由他感作用物抑制光合作用所引起。

木麻黄自身他感作用下可溶性糖、还原糖和蔗糖质量分数增加。根、茎和叶中可溶性糖与对照相比分别增加了 46.2%~93.7%, 50.6%~88.5% 和 38.2%~91.4%, 叶中可溶性糖质量分数在他感作用物质量分数为 50 g·kg⁻¹ 时达最大, 然后随他感作用物质量分数增大而下降。Merlo 等^[20] 研究发现, 100 μmol·L⁻¹ 的土壤腐殖质浸提液处理玉米 *Zea mays* 片 14 d 后, 叶片内淀粉浓度降低, 而可溶性糖质量分数明显增大。木麻黄自身他感作用下可溶性糖增加可能是由于他感物质使木麻黄苗木中多糖如淀粉、纤维素等的水解加剧引起, 具体原因需要通过进一步实验进行证实。而当他感物质质量分数达到一定程度时, 叶片可溶性糖下降的原因可能是高质量分数他感物质作用下, 木麻黄光合作用受到明显抑制, 从而导致糖类减少。

致谢: 参加研究的还有福建省林业科学研究院叶功富博士和福建农林大学洪伟教授等, 谨致谢忱。

参考文献:

[1] 郑达贤. 福建滨海风沙区木麻黄林带迹地土壤性质和林带更新问题[J]. 福建师范大学学报, 自然科学版, 1988,

表 4 自身他感作用物对木麻黄各器官可溶性糖的影响

Table 4 Effect of self-allelopathy of content of soluble sugars in the apparatus of *Casuarina equisetifolia*

根浸液质量分数/ (g·kg ⁻¹)	各器官可溶性糖质量分数/(mg·g ⁻¹)		
	根	茎	叶
ck	43.25±0.51 a A	40.53±1.36 a A	35.62±2.15 a A
25	46.92±1.66 b A	47.15±2.07 b B	63.57±3.12 b B
50	52.54±2.07 b C	89.60±2.33 c C	95.62±1.75 c C
100	81.63±3.12 c D	162.79±4.69 d D	71.44±2.51 d D
200	103.98±5.61 d E	198.36±3.85 e E	38.35±3.16 a E

说明: 同一列字母不同为差异显著, 大小写字母分别表示 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 显著性水平。

表 5 自身他感作用物对木麻黄各器官还原糖的影响

Table 5 Effect of self-allelopathy on content of reducing sugars in the apparatus of *Casuarina equisetifolia*

根浸液质量分数/ (g·kg ⁻¹)	各器官还原糖质量分数/(mg·g ⁻¹)		
	根	茎	叶
ck	28.21±1.03 a A	30.26±0.92 a A	27.46±1.25 a A
25	30.37±2.07 a B	35.07±1.51 b B	48.51±2.64 b B
50	32.68±1.58 b B	60.83±3.08 c C	63.70±3.22 c C
100	50.92±1.66 c C	90.13±3.95 d D	50.69±2.59 d D
200	68.38±2.07 d D	101.55±3.42 e E	28.57±1.73 a A

说明: 同一列字母不同为差异显著, 大小写字母分别表示 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 显著水平。

表 6 自身他感作用物对木麻黄各器官蔗糖的影响

Table 6 Effect of self-allelopathy on content of sucrose in the apparatus of *Casuarina equisetifolia*

根浸液质量分数/ (g·kg ⁻¹)	各器官蔗糖质量分数/(mg·g ⁻¹)		
	根	茎	叶
ck	15.01±0.92 a A	10.27±2.04 a A	8.16±0.45 a A
25	16.57±1.25 a A	12.08±1.52 a B	15.06±1.05 b B
50	19.86±1.63 b B	28.83±2.64 c C	31.88±2.35 c C
100	30.71±2.07 c C	72.66±2.07 d D	20.75±1.17 d D
200	35.60±1.83 d D	97.81±2.13 e E	9.78±0.40 a A

说明: 同一列字母不同为差异显著, 大小写字母分别表示 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 显著水平。

4(1): 103—110.

- [2] 郑达贤. 福建滨海木麻黄林下土壤性质的变化及其对林带更新的影响[J]. 地理学报, 1994, 49(4): 345—352.
- [3] 叶功富, 黄宝龙, 张水松. 木麻黄栽培生理生态学研究进展[J]. 防护林科技, 1997(1): 31—35.
- [4] 叶功富, 张水松, 徐俊森. 木麻黄人工林地持续利用问题的探讨[J]. 林业科技开发, 1994(4): 18—19.
- [5] 叶功富. 试论南方木麻黄海岸防护林的更新改造[J]. 浙江林业科技, 1993, 13(1): 60—63.
- [6] 张水松, 叶功富. 海岸带木麻黄防护林更新方式、树种选择和造林配套技术研究[J]. 防护林科技, 2000(专刊): 51—63.
- [7] 邓兰桂, 孔垂华, 骆世明. 木麻黄小枝提取物的分离鉴定及其对幼苗的化感作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(2): 145—149.
- [8] 林武星, 洪伟, 叶功富. 木麻黄水浸液对其幼苗生长的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(1): 46—51.
- [9] 林武星, 洪伟, 叶功富. 木麻黄根浸液对其苗木营养吸收和生长的影响[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(2): 170—175.
- [10] 沈伟其. 测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法[J]. 植物生理学通讯, 1988(3): 62—64.
- [11] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 1—10.
- [12] 於新建, 张振清. 植物材料中可溶性糖的测定[M] //中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999: 127—128.
- [13] 孔垂华. 新千年的挑战: 第三届世界植物化感作用大会综述[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 837—838.
- [14] 聂呈荣, 曾任森, 黎华寿, 等. 三裂叶蟛蜞菊对菜心化感作用的生理机理[J]. 华南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 24(4): 106—107.
- [15] 马越强, 廖利平, 杨跃军, 等. 香草醛对杉木幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 128—132.
- [16] PATERSON D T. Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological responses of soybean[J]. *Weed Sci*, 1981, 29: 53—59.
- [17] HEJI A M. Effects of juglone on growth, photosynthesis and respiration[J]. *J Chem Ecol*, 1993, 19(3): 559—568.
- [18] PADHY B. Allelopathic potential of *Eucalyptus* leaf litter leachates on germination and seedling growth of finger millet[J]. *Allelop J*, 2000, 7(1): 69—78.
- [19] 林武星. 木麻黄自身他感作用响应规律研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
- [20] MERLO L. Effects of humic substances on carbohydrate metabolism of maize leaves[J]. *Can J Plant Sci*, 1991, 71(2): 419—425.

Self-allelopathy from root solutions on chlorophyll and carbohydrate of *Casuarina equisetifolia* seedlings

LIN Wu-xing

(Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, Fujian, China)

Abstract: Self-allelopathy with *Casuarina equisetifolia* was studied using a water culture with extracts from 15-year-old *C. equisetifolia* roots having concentration of 0, 25, 50, 100 and 200 g^okg⁻¹ to culture *C. equisetifolia* seedlings. The change of two chlorophyll and carbohydrate contents in the seedlings were measured. Results showed that with an increasing concentration of the water extract from *C. equisetifolia* roots, chlorophyll content from *C. equisetifolia* seedlings decreased stately, more with chlorophyll a than chlorophyll b. Also, with increasing concentrations, carbohydrate accumulation in *C. equisetifolia* seedlings gradually declined; whereas in the roots, leaves and stems, the content of soluble sugars, reducing sugars, and sucrose increased. For leaves, when concentrations were less than 50 g^okg⁻¹, these three sugars increased with an increasing concentration of the water extract; however, when greater than 50 g^okg⁻¹, they gradually decreased. [Ch, 6 tab. 20 ref.]

Key words: botany; *Casuarina equisetifolia*; self-allelopathy; chlorophyll; carbon-water mixture