



李小永,周运超.不同 pH 环境条件马尾松幼苗的生理生态适应性[J].黑龙江农业科学,2019(8):43-46.

# 不同 pH 环境条件马尾松幼苗的生理生态适应性

李小永<sup>1</sup>,周运超<sup>2</sup>

(1. 贵州省林业调查规划院,贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学 林学院,贵州 贵阳 550025)

**摘要:** pH 的高低能对林木的生长直接产生影响,本研究为了探索马尾松生理生态适应的最适 pH,对一年生马尾松苗木进行沙培栽植,在沙培中通过调节营养液 pH 浓度,研究不同 pH 环境条件下马尾松幼苗的生理生态适应性。结果表明:在 pH3.0~7.0 环境条件下,马尾松的形态指标苗高、地径、根系长度、针叶长度等各项指标均呈先上升后下降趋势。生理指标中根系活力呈先上升后下降的趋势;MDA 呈现先降低后上升的趋势;SOD 呈现“S”形曲线变化的趋势;CAT 呈现先逐渐下降后上升的趋势。综合表明 pH4.0~5.0 条件下,对马尾松的生长最为有利,pH 过高或过低均在一定程度上抑制了马尾松的生长。

**关键词:** 马尾松;pH 环境;生理生态适应

马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)以适应性强、速生、丰产,全树综合利用程度高,纤维优良<sup>[1]</sup>,而成为南方荒山造林的首选先锋树种,特别是在提供松脂和造纸原料方面占有十分重要的地位<sup>[2-3]</sup>。它既能满足工业用材采脂急需,为国家提供更多的木材及工业原料,又能改善生态环境,促进生态良性循环,增加经济收入,对山区林农脱贫致富奔小康,具有重要的现实意义<sup>[4]</sup>。

酸碱度(pH)是溶液的一个非常重要的化学性质,它的高低可能会影响到营养液中某些盐分的有效性,甚至可能对林木的生长直接产生不良影响,因此,了解溶液的酸碱性对于研究林木生长有着十分重要的意义。马尾松适合在酸性土壤中生长。但关于马尾松与酸碱环境之间关系的研究报道却十分有限。仅对马尾松种子萌发过程与酸碱环境之间的关系有过研究<sup>[5]</sup>。可见探讨马尾松幼苗与酸碱环境之间的关系对日后指导林分生长具有重要的意义。本文研究了不同 pH 环境条件马尾松幼苗的生理生态适应性,并比较和分析不同 pH 处理间的差异,进而探讨马尾松的耐酸特性及其机制,找出适合马尾松生长的 pH 环境条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验采用贵州省龙里林场一年生马尾松幼苗为供试材料,沙培采用粒径为 1 mm 的石英砂作为培养基质。营养液配方大量元素采用霍格兰(Hoagland)营养液配方,微量元素采用阿农(Aronn)微量元素配方。

### 1.2 方法

**1.2.1 试验设计** 试验于 2015 年 4 月在贵州大学苗圃温室内进行,把一年生马尾松幼苗栽植到土壤和石英砂后的 30 d 后,每 30 d 定期测量各项指标,连续监测 150 d,最后取 150 d 的平均增长值,其中生长指标包括,苗高、地径、根系长度等。生理指标包括,超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、过氧化氢酶(CAT)、根系活力等。本试验中,将营养液 pH 处理设置为 3.0,4.0,5.0,6.0,7.0,其中 pH7.0 为对照组,变动范围在 $\pm 0.01$ ,共 5 个水平,每个水平 3 个重复,每个重复 15 棵苗木。保持连续通气,每 3 d 加 1 次营养液。

**1.2.2 试验方法** pH 采用稀  $H_2SO_4$  和稀 NaOH 溶液调节。超氧化物歧化酶(SOD)采用氮蓝四唑法测定;丙二醛(MDA)采用比色法测定;过氧化氢酶(CAT)采用高锰酸钾滴定法测定、根系活力采用甲烯蓝法测定,具体测定方法参照《植物生理学实验教程》<sup>[6]</sup>和《植物生理生化实验原理和技术》<sup>[7]</sup>。

**1.2.3 数据分析** 应用 SPSS 13.0 数据处理系统处理数据,并进行方差分析及最小显著差异性

收稿日期:2019-02-28

基金项目:贵阳市科技局社会发展研究专项(2009-3-0419)。

第一作者简介:李小永(1987-),男,硕士,工程师,从事森林经理和苗木繁育研究。E-mail:270291712@qq.com。

通讯作者:周运超(1964-),男,博士,研究员,博导,从事森林土壤研究。E-mail:yc409@163.com。

检验(LSD法)( $P < 0.05$ ),用 Microsoft Excel 2007 软件制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同 pH 马尾松对生长指标的影响

2.1.1 苗高 从表 1 可以看出,不同处理条件下马尾松苗高生长间存在差异,且苗高随着 pH 的变化呈先上升后下降的趋势。马尾松苗高处理排序为:pH4.0(9.44 cm) > pH5.0(8.29 cm) > pH3.0(7.75 cm) > pH6.0(7.56 cm) > pH7.0(6.17 cm)。方差分析结果表明,pH7.0 处理显著低于 pH4.0 和 pH5.0( $P < 0.05$ ),与 pH3.0 和 pH6.0 差异不显著( $P > 0.05$ ),这表明不同 pH 对马尾松的苗高生长产生了一定影响。

表 1 不同 pH 处理马尾松主要生长指标测定

Table 1 Determination of main growth index of *Pinus massoniana* in different pH treatments

pH	苗高增长幅度 Growth range of seedling height/cm	地径增幅 Ground diameter increase/cm	根系增幅 Root system increase/cm
3.0	7.75 ab	2.88 a	75.82 c
4.0	9.44 a	3.10 a	112.36 b
5.0	8.29 a	3.43 a	162.41 a
6.0	7.56 ab	2.64 ab	53.51 d
7.0	6.17 b	2.53 b	11.50 e

不同小写字母表示列间在 0.05 水平上的差异显著性,下同。  
Different lowercase letters indicate significant differences between columns at 0.05 level, the same below.

2.1.2 地径 不同处理条件下马尾松地径增长幅度间存在差异,且地径增幅随着 pH 的变化呈先上升后下降的趋势。马尾松地径增幅大小顺序为:pH5.0(3.43 cm) > pH4.0(3.10 cm) > pH3.0(2.88 cm) > pH6.0(2.64 cm) > pH7.0(2.53 cm)。方差分析结果表明,pH7.0 处理显著低于 pH3.0、pH4.0 和 pH5.0( $P < 0.05$ ),与 pH6.0 差异不显著( $P > 0.05$ ),表明不同 pH 对马尾松的地径生长产生了一定影响。

2.1.3 根系 不同处理条件下马尾松根系生长间存在差异,且根系生长随着 pH 的变化呈先上升后下降的趋势。马尾松根系长度大小顺序为:pH5.0(162.41 cm) > pH4.0(112.36 cm) > pH3.0(75.82 cm) > pH6.0(53.51 cm) > pH7.0(11.50 cm)。方差分析结果表明,各组之间的差异性均达到了显著水平( $P < 0.05$ ),表明不

同 pH 对马尾松根系生长产生了十分显著的影响。

### 2.2 不同 pH 处理对马尾松生理生化指标的影响

2.2.1 根系活力 根系是植物的主要吸收器官,根系活力是衡量根系能否正常吸收和代谢的综合指标,其大小直接反映根的功能状况。如图 1 所示,随着 pH 的逐渐变化,不同处理条件下的马尾松根系活力呈先升后降的趋势。pH4.0 处理根系活力最高,pH7.0 最低,表明不同 pH 处理对马尾松的根系活力产生了一定影响。

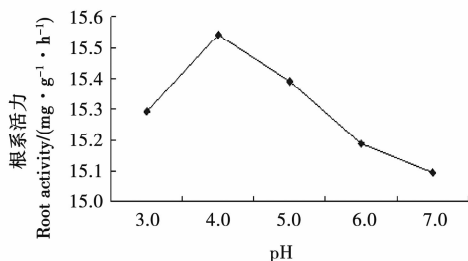


图 1 pH 胁迫对马尾松根系活性的影响

Fig. 1 Effects of pH stress on root activity of

*Pinus massoniana*

2.2.2 丙二醛(MDA)含量 由图 2 可知,随着 pH 的变化,马尾松体内的 MDA 含量呈先降低后增多的趋势,pH4.0 和 5.0 处理 MDA 含量较低。表明不同 pH 处理对马尾松的丙二醛酶含量产生了一定影响。

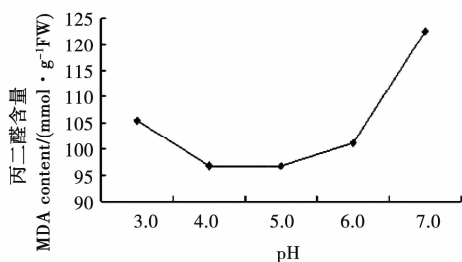


图 2 pH 胁迫对马尾松体内丙二醛含量的影响

Fig. 2 Effects of pH stress on MDA content in

*Pinus massoniana*

2.2.3 SOD 活性 由图 3 可知,随 pH 的变化,马尾松体内 SOD 活性呈先降低再升高再降低的趋势。当 pH3.0~4.0 时,马尾松中 SOD 活性逐渐下降,说明 pH3.0 处理条件下并不适于马尾松,马尾松自身的抗氧化酶系产生相应的抵抗作用,以使其产生耐胁迫的机制。当达到 pH4.0 时酶活性最小,与对照组相比下降了 25.4%,表明

此 pH 环境条件下马尾松可正常生长。当 pH 变为 5.0 时,SOD 活性迅速升高,随着胁迫的加剧,马尾松自身产生的活性氧越来越多,相应的清除活性氧的保护酶含量随之增加,以起到清除作用,保护植物体自身不受或少受毒害。当 pH 为 6.0 时,SOD 活性呈现一个峰值,此时酶活性是最低值的 1.24 倍。在高于此 pH 时,酶活性开始明显下降,说明该酶已超过有效保护范围,此时需要其他保护酶进行协同作用,以弥补 SOD 活性的下降。这表明不同 pH 处理对马尾松的 SOD 酶活性产生了一定影响。

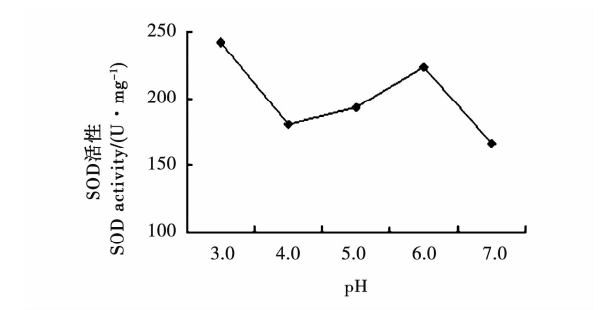


图 3 pH 胁迫对马尾松体内 SOD 活性的影响  
Fig. 3 Effects of pH stress on SOD activity in *Pinus massoniana*

2.2.4 CAT 活性 由图 4 可知,随着 pH 的变化,马尾松体内的 CAT 活性呈现先下降后升高再降低的趋势,呈“S”形趋势,在 pH 为 5.0 时达到最小值,明显低于 pH 为 3.0 时的活性值,表明马尾松在酸碱度 4.0 和 5.0 情况下叶片的 CAT 活性降低,pH 为 5.0 或 4.0 时是最适合马尾松生长的酸度值。马尾松体内的 CAT 活性先降低再升高,pH3.0 处理的 CAT 活性达到最大值,然后降低,在 pH6.0 时达到另一峰值,是 pH7.0 时最低值的 3.47 倍。

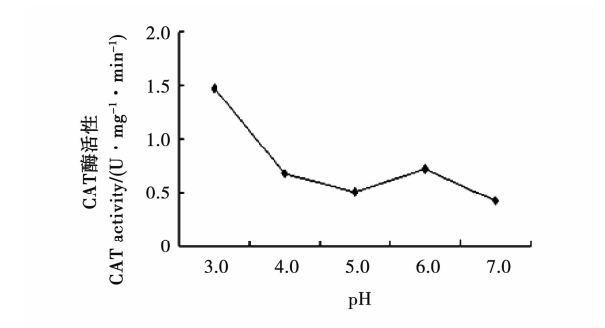


图 4 pH 胁迫对马尾松体内 CAT 活性的影响  
Fig. 4 Effects of pH stress on CAT activity in *Pinus massoniana*

### 3 结论与讨论

对一年生马尾松苗木进行石英砂栽植,通过调节营养液的 pH,研究不同 pH 环境条件下一年生马尾松幼苗的生理生态适应性。借此对马尾松的各项生长指标及各种与胁迫条件相关联的酶类进行研究,初步确定了马尾松在不同 pH 条件下的响应情况。测定了生长在不同 pH 环境条件下马尾松的相关生长指标和生理指标等。得出以下结论:在 pH 为 4.0 和 5.0 条件下马尾松的长势较其它条件要好,其他 pH 均在一定程度上抑制了马尾松的生长;在 pH 胁迫处理条件下,马尾松的苗高、地径、根系长度、针叶长度等各项指标均呈先上升后下降趋势。各项生理指标中,根系活力呈先上升后下降的趋势;MDA 呈现先降低后上升的趋势;SOD 呈现“S”形曲线变化的趋势;CAT 呈现先逐渐下降后上升的趋势。这表明 pH4.0、pH5.0 环境条件,对马尾松的生长最为有利。

马尾松有其特定新陈代谢的酶特性,因此也需要特定的 pH 环境。马尾松生长的适宜 pH 为 4.0 和 5.0。pH 过高和过低都会导致马尾松生长不良,尤其是较高的 pH 时,生长明显受到抑制。pH 对马尾松的影响机制比较复杂,其原因可能是在不同的 pH 环境中马尾松体内酶活性大小不同。直接影响到马尾松生物活动的强弱。另一方面,还可能是 pH 胁迫影响到马尾松体细胞渗透力,pH 过高或过底,都会影响外界溶液的渗透压。破坏了细胞正常的新陈代谢,从而影响到细胞的生活力。

### 参考文献:

[1] 孙成志,谢国恩,曹葆卓,等. 马尾松全树材性与制浆研究[J]. 林业科学,1986,22(1):45-52.

[2] 丁贵杰,王鹏程. 马尾松人工林生物量及生产力变化规律研究[J]. 林业科学研究,2001,15(1):54-60.

[3] 周政贤. 中国马尾松[M]. 北京:中国林业出版社,2001.

[4] 邱文金. 马尾松工业原料林培育优化模式的研究[J]. 林业勘察设计,2006(1): 93-96.

[5] 赵志刚,丁贵杰,唐敏. 酸、铝胁迫对马尾松种子萌发与芽苗生长的影响[J]. 林业科学研究,2007,20(1): 111-115.

[6] 张立军. 植物生理学实验教程[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007.

[7] 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.

# Physiological and Ecological Adaptability of *Pinus massoniana* Seedlings Under Different pH Conditions

LI Xiao-yong<sup>1</sup>, ZHOU Yun-chao<sup>2</sup>

(1. Forestry Survey and Planning Institute of Guizhou, Guiyang 550025, China; 2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** In order to explore the optimum pH for the physiological and ecological adaptation of *Pinus massoniana*, the annual *Pinus massoniana* seedlings were planted in sand culture. The physiological and ecological adaptability of *Pinus massoniana* seedlings under different pH conditions was studied by adjusting the pH concentration of nutrient solution in sand culture. The results showed that the morphological indexes of *Pinus massoniana*, such as seedling height, ground diameter, root length and needle length, increased first and then decreased at pH 3.0-7.0. In physiological indexes, root activity increased first and then decreased; MDA decreased first and then increased; SOD showed a trend of "S" curve change; CAT showed a trend of decreasing first and then rising. It is concluded that the growth of *Pinus massoniana* is most favourable under the condition of pH 4.0-5.0. The growth of *Pinus massoniana* is inhibited to some extent by excessive or low pH.

**Keywords:** *Pinus massoniana*; pH; physiology and ecology

(上接第 42 页)

- [3] Wang Z Q, Zhang W Y, Sarah S B, et al. Grain yield: water and nitrogen use efficiencies of rice as influenced by irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates[J]. *Field Crops Research*, 2016, 193: 54-69.
- [4] 成臣, 曾勇军, 王祺, 等. 施氮量对晚粳稻甬优 1538 产量、品质及氮素吸收利用的影响[J]. *水土保持学报*, 2018, 32(5): 222-228.
- [5] 褚春燕, 王锦冬, 孙桂玉, 等. 三江平原水稻发育中后期低温对水稻品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(26): 1-7.
- [6] 汪秀志, 刘崇文, 许谊强, 等. 行株距配置对寒地水稻产量与品质的影响[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(4): 758-762.
- [7] 金峰, 王帅, 邵玺文, 等. 株行距配置对吉林稻区水稻产量及群体微气象因子的影响[J]. *东北农业科学*, 2017, 42(5): 6-14.
- [8] 殷春渊, 王书玉, 刘贺梅, 等. 播量和施氮量对直播稻产量和品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(20): 1-6.
- [9] 郑桂萍, 王升旭, 苗得雨, 等. 三江地区主栽水稻品种高产群体优化研究[J]. *种子*, 2012, 31(2): 51-56.
- [10] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 150-154.
- [11] 徐春梅, 王丹英, 邵国胜, 等. 施氮量和栽插密度对超高产水稻中早 22 产量和品质的影响[J]. *中国水稻科学*, 2008(5): 507-512.

## Effects of Planting Density on Yield of Rice with Different Genotypes

CAO Liang, WANG Ming-yao, WANG Meng-xue, REN Chun-yuan

(Agricultural College of Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to promote high-yield and high-quality cultivation of rice, random block design was used to optimize the high-yield and high-quality population of Kendao 26 and Longjing 31. The results showed that the best rice population, Kendao 26, was planted in the configuration of 5 rice seedlings per hole, row spacing of 30.0 cm, and plant spacing of 12.6 cm; its yield reached 11 481.0 kg·hm<sup>-2</sup> and the yield rate was increased by 4.4% in comparison with that of the control group. The best configuration was the one applied on Longjing 31, in which the rice population was sown in a manner of 5 rice seedlings per hole, row spacing of 28.5 cm, and plant spacing of 13.3 cm; its yield reached 8 553.0 kg·hm<sup>-2</sup> and the yield rate was increased by 3.6% in comparison with that of the control group. Hence, the reasonable configuration of rice seedlings per hole, row spacing, and plant spacing is the fastest, the most economic, and the most effective measure to achieve high yield and high quality of rice.

**Keywords:** rice; plant spacing; seedling number; yield