

# 土壤 pH 对橡胶草生长及产量的影响

沈 光<sup>1,2</sup>, 魏殿文<sup>2</sup>, 曾祥俊<sup>3</sup>, 陈 菲<sup>2</sup>, 郑福云<sup>2</sup>

(1. 东北林业大学/森林植物学生态学教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 黑龙江省科学院自然与生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150040; 3. 黑龙江省科学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:**橡胶草是非常有前景的天然橡胶植物, 由于中国耕地资源有限, 为了在盐碱土地上发展橡胶草, 采用了单因素试验设计, 分别研究了不同土壤 pH(6.9、7.2、7.9、8.3)对橡胶草生长和产量的影响。结果表明: pH 对橡胶草的冠幅没有显著影响, 地上生物量及叶面积指数在 pH 接近中性时(pH=7.2)最大, 而橡胶含量在 pH 为 7.9 时最大, 地下生物量和橡胶产量在 pH 为 8.3 时最大, 还原糖含量与 pH 之间无明显的规律性, 总糖含量在土壤 pH 为 7.2 时最大, 总糖产量各个处理之间并无显著性差异。当 pH 增大或减小时, 根叶比均增大。

**关键词:**橡胶草; 叶面积指数; 总糖; 橡胶含量; 生物量; 根叶比

**中图分类号:** S14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2017)09-0037-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.09.0037

橡胶草(*Taraxacum kok-saghyz*)的根含有 2.89%~27.89% 的橡胶及 25%~40% 的菊糖<sup>[1]</sup>, 被公认为是世界上三大天然橡胶植物之一<sup>[2-4]</sup>。

土壤 pH 对植物的生长非常重要, 它可以影响土壤营养的有效性、毒性, 并且直接作用于植物根细胞的原生质<sup>[5-6]</sup>, 它也可以影响具有营养转变功能的土壤生物的丰度和活性<sup>[7-8]</sup>。它还可以影响人工施加到土壤中营养、化学物质、除草剂和杀虫剂的效果<sup>[9]</sup>。

由于我国人口多耕地资源有限, 所以非粮作物包括橡胶植物只能到边际土地去发展。我国山区、沙区、干旱半干旱区、内陆盐碱地、盐碱滩涂在内约有 1 亿 hm<sup>2</sup> 以上的边际性土地<sup>[10]</sup>, 其中盐碱地近 1 亿 hm<sup>2</sup>, 占世界盐碱地的 1/10, 主要分布在西北、华北、东北等地, 其中, 有 0.13 亿 hm<sup>2</sup> 盐碱地被认为具有农业利用潜力。

橡胶草适应的土壤 pH 范围是 5.5~8.5, 土壤类型、状况不同 pH 范围会有所不同, 例如在沙壤土中 pH 可以降到 5.3 左右, 在泥碳土中 pH 可以降至 5.2, 橡胶草生长依然较好; 在 pH8.5~9.3 如果排水好并且溶解盐小于 0.2% 生长的也

较好, 如果 pH 超过 9.3, 不论土壤状况如何生长均不佳<sup>[11]</sup>。以上研究还不够细致, 例如不同 pH 对产量和橡胶含量的影响, 对地上、地下生物量分配的影响等。

本研究目的是在哈尔滨气候土壤条件下研究土壤 pH 对橡胶草生长和产量的影响, 为橡胶草在盐碱地区的推广奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015 年进行, 试验地点设在哈尔滨市哈南工业新城的一个基地(N45°34'59.9", E126°34'18.8")。温带大陆性季风气候, 年均温 4.2℃, 年降水量 532 mm, 土壤类型为河滩土, 其理化性质见表 1。

### 1.2 材料

试验材料为橡胶草优良品系 K445, 引自俄罗斯全俄植物栽培所。2015 年 4 月中旬在温室中育种(温度 16~22℃), 待种子萌发后 2 个月, 即 7 月 1 日定植到大田中, 此时植株长出 5~7 个叶片。

### 1.3 方法

**1.3.1 试验设计** 本研究采用了田间试验结合单因素随机区组设计。根据前人资料及当地土壤状况设 3 个小区, 每个小区通过施入不同量的熟石灰(Ca(OH)<sub>2</sub>), 分别为 2、4、5 kg)将土壤 pH 分别调整为 3 个水平分别为 pH1:7.2; pH2:7.9; pH3:8.3, 对照小区土壤 pH 为 6.8。每个水平 3

收稿日期: 2017-07-09  
基金项目: 黑龙江省科学院团队提升专项资助项目(2014 ST06); 黑龙江省科学院预研资助项目(YY20172R03); 哈尔滨市科技局应用技术与研发资助项目(2014AE4AE053)  
第一作者简介: 沈光(1977-), 男, 吉林省白城市人, 博士, 副研究员, 从事植物生理与育种研究。E-mail: shen19772@163.com。

次重复。

表 1 试验样地土壤理化性质  
Table 1 Physicochemical properties of the test samplesoil

有机碳/ (g·kg <sup>-1</sup> ) Organiccarbon	总氮/ (g·kg <sup>-1</sup> ) Total nitrogen	总磷/ (g·kg <sup>-1</sup> ) Total phosphorus	总钾/ (g·kg <sup>-1</sup> ) Total potassium	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> ) Available nitrogen	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> ) Available phosphorus	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> ) Available potassium	pH	容重/ (g·m <sup>-3</sup> ) Volume- weight
53.95	2.04	0.85	26.40	160.2	76.9	302.0	6.78	2.56

移栽前旋地、整地,深翻 30 cm,将土壤细细打碎,做床。每个试验小区为一床,东西朝向,宽 1.5 m,长 12 m,间距 40 cm。将熟石灰按照试验设计均匀施入对应的床中,然后将熟石灰与地面 0~25 cm 的土壤均匀混合。将橡胶草幼苗移栽到各个床中,栽培行间距为 30 cm×30 cm。将每个床均匀分成 3 个小区,即形成 3 个宽 1.5 m,长 4 m,面积 6 m<sup>2</sup> 的小区,对应每个处理的 3 次重复。正常进行田间管理。

1.3.2 测定项目及方法 每隔 20 d 左右(分别为 7 月 17 日,8 月 6 日,8 月 25 日,9 月 8 日,9 月 24 日)随机选择 30 株植株测量冠幅、叶片数,监测地上生长状况。11 月初待地上部分枯萎后,将地下部分清洗干净后测定其生物量、橡胶含量和总糖及还原糖含量,最后取平均值作为每个处理的数据。

冠幅用直尺测量,东西、南北方向各测一个数

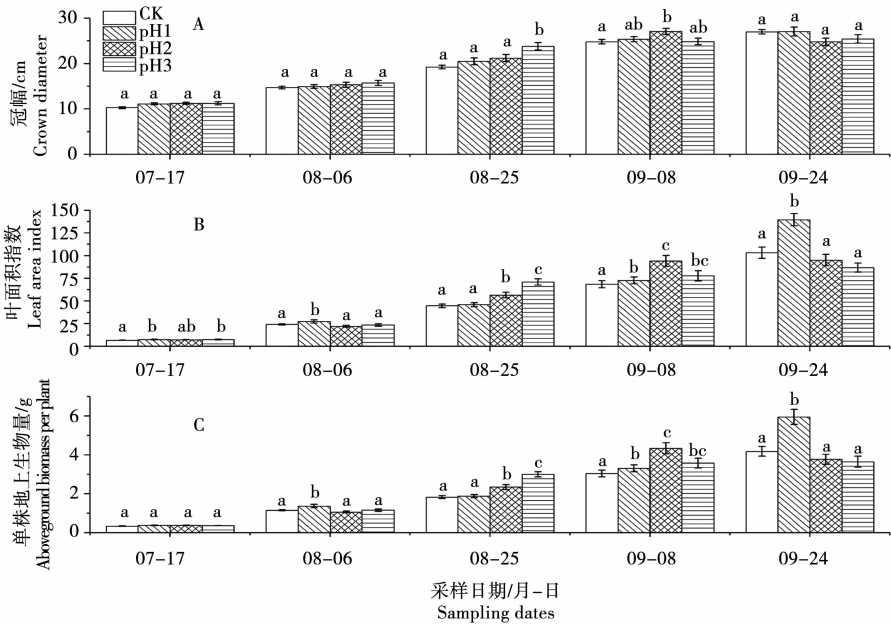
值,精确到毫米,然后取其平均值;叶片数直接数;根放置 80 ℃ 下烘干至恒重后直接用电子天平称量作为其干物重。总糖、还原糖含量均采用蒽酮比色法<sup>[12]</sup>,橡胶含量采用中红外傅立叶变换法<sup>[13]</sup>。橡胶产量通过单位面积地下生物量与橡胶含量乘积得到。叶面积指数=单位土地面积上所有叶片面积之和,地上生物量和叶片面积根据相关文献<sup>[14]</sup> 计算。橡胶产量=橡胶含量×地下干物质量,总糖产量=总糖含量×地下干物质量。

1.3.3 数据分析 采用 SPSS(版本 19.0)中的多因素(multivariate)法进行方差分析,采用 Turkey 法进行显著性检验和方差分析,差异显著水平为 a=0.05,用 OriginPro(版本 9.0.0)作图。

2 结果与分析

2.1 pH 对橡胶草地上部分的影响

由图 1 可知,所有 pH 处理的植株冠幅均随



不同字母表示在P≤0.05水平上差异显著。下同。  
The different letter means significant difference at P≤0.05.The same below.

图 1 pH 对橡胶草地上部分的影响  
Fig. 1 Effect of pH on aboveground parts of Russian dandelion

着生长时间的增加而增加,但增加的速度逐渐放缓,并且各个处理之间基本上一直差异不显著( $P \geq 0.05$ ),最终各个处理的平均植株冠幅在 24.8~27.0 cm,比生长初期增加了 2 倍以上(见图 1A)。

所有 pH 处理的叶面积指数均随着生长时间增加而增加;生长初期,除了 pH2 处理,各个处理均显著大于对照( $P \leq 0.05$ ),其它时期各个处理的表现与生物量相同,最终 pH1 处理的叶面积指数显著大于其它处理( $P \leq 0.05$ ),达到了 139.5,比对照增加了 0.4 倍左右,所有处理比生长初期增加了 12~16 倍(见图 1B)。

所有 pH 处理的单株地上生物量随着生长时间增加而增加;生长初期,各个处理之间差异不显著( $P \geq 0.05$ ),随着生长的持续,各个处理的单株地上生物量逐渐显著大于对照,但单株地上生物量最大的处理会随着时间的变化,最终 pH1 处理

的单株地上生物量显著大于其它处理( $P \leq 0.05$ ),为 6.0 g,比对照增加了约 0.5 倍,而其它处理之间差异不显著( $P \geq 0.05$ ),所有处理的生物量最终比生长初期增加了接近 10 倍(见图 1C)。

2.2 pH 对橡胶草地下部分的影响

由图 2 可知,pH2 处理的橡胶含量最高,达到了 5.2%,比对照增加了 3%左右,各处理与对照之间差异性不显著( $P \geq 0.05$ )(见图 2A);pH1 的还原糖含量最低,为 1.9%,CK、pH2 处理之间还原糖含量差异不显著( $P \geq 0.05$ ),pH3 还原糖含量最高,达到了 3.1%(见图 2B);单株地下生物量最高的为 pH3,达到了 7.1 g,相比对照增加了约 10%,其它处理之间差异不显著(见图 2C);单位面积生物量表现与单株地下生物量相同,pH3 最高,达到了  $95.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,其它处理之间差异不显著(见图 2D);pH1 总糖含量最高,为 48.8%,

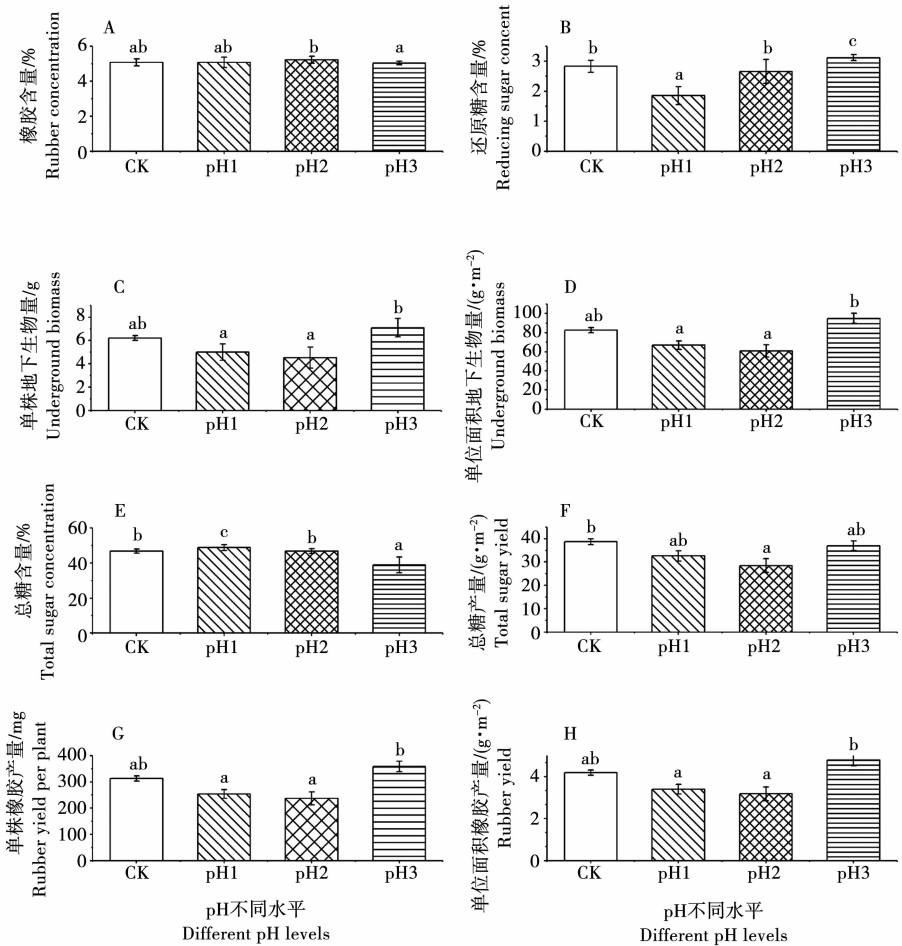


图 2 pH 不同水平对橡胶草地下部分的影响  
Fig. 2 Effects of different pH levels on underground parts of *Taraxacum kok-saghyz* plant

CK 和 pH2 的总糖含量差异不显著, pH3 的总糖含量最低, 为 38.9% (见图 2E); pH2 的总糖产量最小, 为  $28.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 对照的总糖产量最大, 达到了  $38.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 各个处理只有对照和 pH2 之间差异显著 ( $P \leq 0.05$ ) (见图 2F); 单株橡胶产量 pH3 最高, 达到了 358 mg, 但与对照相比没有显著性差异, 其它处理之间没有显著性差异 (见图 2G); 单位面积橡胶产量与单株橡胶产量表现相同, pH3 处理的橡胶产量最高, 达到了  $4.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  (见图 2H)。

### 2.3 pH 对地上、地下生物量分配的影响

橡胶草的茎非常短, 这里统一把茎和根的生物量计算为根的生物量, 而且在收获时橡胶草的花果基本已经凋谢, 所以此时可以把它的根叶比看作是地下、地上生物量之比。根叶比与 pH 的关系明显呈“U”形曲线见图 3, 当 pH 为中性时 (pH=7.2) 根叶比最小, 为 0.7, 而当 pH 增大或减小时, 根叶比逐渐增大, 最高分别可以达到 1.24 及 1.62。

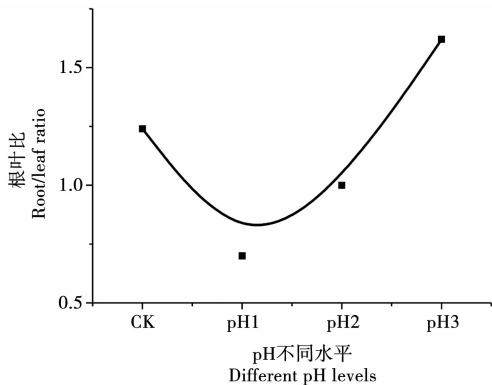


图 3 pH 对橡胶草根叶比的影响

Fig. 3 effect of pH on root/leaf ratio of *Taraxacum kok-saghyz*

## 3 结论与讨论

### 3.1 pH 对橡胶草生长和产量的影响

pH 在 6.9~8.3 对橡胶草的冠幅并没有显著性影响, 说明环境可能对冠幅的影响不大, 橡胶草冠幅可能主要受遗传因素的影响; pH 在 7.2 时地上生物量最大, 而对照和其它处理无显著性差异, 说明对橡胶草的地上生物量来说最适 pH 在 7.2 左右。各个处理的叶面积指数与生物量表现基本一致, 表明它们之间呈正相关, 进行光合作用的叶片面积越大, 地上生物量越大。

pH2 处理 (pH=7.9) 橡胶草的橡胶含量最大, 而地下生物量最大的为 pH3 处理 (pH=8.3), 综合计算, pH3 的橡胶产量最高, 这说明一定的碱性土壤可以提高橡胶产量。还原糖含量与 pH 之间的关系无明显的规律性, 总糖含量在 pH1 处理 (pH=7.2) 最大, 当 pH 增大或减小时总糖含量逐渐减小, 说明适合总糖积累的土壤 pH 为 7.2 左右, 考虑到地下生物量, pH2 处理 (pH=7.9) 总糖产量最大, 与对照差异显著, 而与其它处理之间差异不显著。总糖包括还原糖和可溶性糖, 而可溶性糖是橡胶草体内橡胶合成的来源<sup>[11,15]</sup>, 本研究中还原糖含量非常低, 所以可以将总糖近似认为是可溶性糖, 研究中橡胶含量和总糖含量的最大值分别出现在不同的 pH 处理, 一些研究表明橡胶草第二年的橡胶含量较第一年高<sup>[11]</sup>, 可能是可溶性糖需要一段时间才能转化成橡胶, 所以如果将一部分样品保留到第二年春天取出再测定橡胶含量和总糖含量可能会有所变化。本研究中 pH 范围较窄, 仅在 6.9~8.3, 下一步试验应该扩大 pH 范围, 另外还需要增加盐碱胁迫, 同时测定 2~3 a 的产量以进一步准确评估土壤 pH 及盐碱胁迫对橡胶草产量的影响。

### 3.2 土壤 pH 对橡胶草地上、地下生物量分配的影响

当土壤 pH 为中性时 (pH=7.2), 橡胶草将更多的生物量分配到地上总分, 而当土壤 pH 上升或下降时, 即呈酸性或碱性时, 橡胶草将更多的生物量分配给了根部。土壤 pH 的变化会影响橡胶草生物量的分配, 说明当环境不利时, 橡胶草将更多的碳从叶片转移到根中。前人的研究结果表明橡胶草在不良环境条件下能够吸收更多的碳、水和营养为将来使用<sup>[16-17]</sup>。而橡胶草的主要利用部分是根部, 故可以利用制造酸性或碱性的环境提高橡胶草地下生物量, 应用到橡胶草的育种实践中, 同时也证实了橡胶草是可以在一定的盐碱环境中生长的。

## 4 结论

pH 值在 6.9~8.3 对橡胶草的冠幅没有显著影响, 地上生物量及叶面积指数在 pH 为 7.2 时最大, 而橡胶含量在 pH 为 7.9 时最大, 地下生物量和橡胶产量在 pH 为 8.3 时最大, 还原糖含

量与 pH 之间无明显的相关性,总糖含量在土壤 pH 为 7.2 时最大,总糖产量各个处理之间差异不显著。当土壤 pH 偏酸性或碱性时,橡胶草会将更多的生物量分配到地下部位。

### 参考文献:

- [1] Polhamus L G. Rubber: botany, production and utilization[M]. L. Hill; Interscience, 1962.
- [2] Mooibroek H, Cornish K. Alternative sources of natural rubber [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2000, 53 (4): 355-365.
- [3] Van Beilen J B, Poirier Y. Establishment of new crops for the production of natural rubber[J]. Trends in Biotechnology, 2007, 25(11): 522-529.
- [4] Venkatachalam P, Geetha N, Sangeetha P, et al. Natural rubber producing plants: An overview[J]. African Journal of Biotechnology, 2013, 12(12): 1297-1310.
- [5] Rorison I H. The Effects of soil acidity on nutrient availability and plant response[M]. Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems. Springer, Boston, MA. 1980: 283-304.
- [6] Alam S M, Naqvi S M, Ansari R. Impact of soil pH on nutrient uptake by crop plants[J]. Handbook of plant and crop stress, 1999(1): 51-60.
- [7] De Boer W, Kowalchuk G A. Nitrification in acid soils: micro-organisms and mechanisms[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(7): 853-866.
- [8] Nicol G W, Leininger S, Schleper C, et al. The influence of

- soil pH on the diversity, abundance and transcriptional activity of ammonia oxidizing archaea and bacteria[J]. Environmental microbiology, 2008, 10(11): 2966-2978.
- [9] Liu F, De Cristofaro A, Violante A. Effect of pH, phosphate and oxalate on the adsorption/desorption of arsenate on/from goethite[J]. Soil Science, 2001, 166(3): 197-208.
- [10] 孙红杰, 谭燕宏. 能源植物资源的开发利用现状与展望[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(25): 7900-7901, 7908.
- [11] Whaley W G, Bowen J S. Russian dandelion (kok-saghyz): An emergency source of natural rubber[M]. US: US Department of Agriculture, 1947.
- [12] 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [13] 刘源博. 蒲公英橡胶草橡胶定量分析、橡胶提取及结构与性能表征[D]. 北京: 北京化工大学, 2016.
- [14] Guang S, Wen Jie W, Fei C, et al. Nondestructive leaf area and fresh weight estimation models for Russian dandelion and their sampling number[J]. 中国科技论文在线, 2016: 1-10.
- [15] Krotkov G. Changes in the carbohydrate metabolism of *Taraxacum kok-saghyz* root during the first and second years of growth[J]. Plant Physiol, 1950, 25(1): 169-180.
- [16] Poorter H, Niklas K J, Reich P B, et al. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control[J]. New Phytologist, 2012, 193(1): 30-50.
- [17] Evans G C. The quantitative analysis of plant growth[M]. California: Univ of California Press, 1972.

## Effect of Soil pH on Growth and Yield of *Taraxacum kok-saghyz*

SHEN Guang<sup>1,2</sup>, WEI Dian-wen<sup>2</sup>, ZENG Xiang-jun<sup>3</sup>, CHEN Fei<sup>2</sup>, ZHENG Fu-yun<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. Institute of Natural Resources and Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150040; 3. Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150001)

**Abstract:** *Taraxacum kok-saghyz* is a promising natural rubber plant. The research was conducted for future planting in saline-alkaline soils due to limited farm lands in China. Single-factor experimental design was used to study effects of different soil pH on growth and yield of *Taraxacum kok-saghyz*. The results showed that soil pH had no significant impact on crown diameter; above-ground biomass and leaf area index showed the highest when pH was 7.2, while rubber content was the highest when pH was 7.9; underground biomass and rubber yield showed the highest when pH was 8.3; No consistent relationship found between reducing sugar content and pH. Total sugar content was the highest as pH was 7.2, while no significant differences showed between total sugar content of different treatments. When pH increased or decreased, root/shoot ratio increased.

**Keywords:** Russian dandelion; *Taraxacum kok-saghyz*; leaf area index; total sugar; rubber content; biomass; root/shoot ratio