

# 高 pH 对梅花生长发育的影响

刘玉霞<sup>1</sup>, 杨佳鑫<sup>1</sup>, 段美红<sup>1</sup>, 李庆卫<sup>1</sup>, 张永平<sup>2</sup>, 毕玉颖<sup>2</sup>

(1. 花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室, 国家花卉工程技术研究中心, 城乡生态环境北京实验室, 北京林业大学 园林学院, 北京 100083; 2. 上海海湾国家森林公园, 上海 201422)

**摘要:**以上海海湾国家森林公园梅花为试材, 通过不完全随机取样, 测定土壤的 pH 和植株生长发育指标, 采用统计分析的方法, 研究了高土壤 pH 对梅花生长发育的影响, 以期找到耐碱土的梅花品种, 并为梅花耐盐碱机理的研究提供参考。结果表明: 上海海湾国家森林公园土壤 pH 在 8~9, 梅花基本正常生长。梅花具有较强的耐碱土能力, 高 pH 下, 梅花生长发育情况有一定变化。一年生枝的长度与土壤 pH 具有相关性, 随 pH 增加梅花一年生枝的长度有降低的趋势。高 pH 下, 梅花着花量减少, 花径有变小的趋势。

**关键词:**梅花; 耐盐碱; 生长; 发育; pH

**中图分类号:**S 685.17 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0099-04

目前世界上存在不同类型盐碱地 10 亿  $\text{hm}^2$ , 约占全球可耕地面积的 10%。我国盐碱地面积达 9 913 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>, 主要分布在华北、西北和东北等干旱、半干旱地区及滨海地区。盐碱土是盐土和碱土的总称, 当土壤盐类以  $\text{NaCl}$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  等为主时土壤为盐土, 以  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  为主时土壤为碱土。当土壤胶体复合体内吸附了大量的交换性钠离子, 土壤的理化性质就会发生一系列的变化, 这种土壤称为碱土或碱化土<sup>[2-3]</sup>。一般来说碱土的危害比盐土大<sup>[4-5]</sup>。在碱性条件下, 土壤当中作物需要的铁、锌、锰及一些微量元素多数呈沉淀状态, 或使溶解度降低, 影响元素有效性, 进而影响作物的生长发育, 甚至影响微生物的正常活动, 碱性较强的盐分还会腐蚀作物的根系。在高盐碱地区, 植物的生长受到很大限制, 人们曾试图通过合理灌溉、淡水洗涤、施化学药剂等方法改良盐碱地, 但耗资大成效小。研究表明, 耐盐碱植物对土壤微生物数量、土壤养分、土壤盐含量等都有一定影响<sup>[6]</sup>, 种植耐盐碱植物

是改良盐碱地的最佳措施之一。因此耐盐碱植物的研究及选育对盐碱地绿化、生态功能修复、园林美化起重要作用。

有关梅花耐寒性方面较多的研究, 耐盐碱却没有专门研究。逆境之间存在相互干扰, 而植物对不同的逆境又有交叉适应<sup>[7]</sup>, SEKI 等<sup>[8]</sup>研究发现拟南芥干旱、寒冷、高盐诱导基因存在重叠, 干旱诱导的基因中有 10% 也能被低温诱导。梅花对非生物胁迫有一定适应性。有研究报道, 梅花中存在转录因子 ICE1, 其可特异地结合到 CBF3 启动子的 MYC 作用元件(CANNTG)上, 并诱导 CBF/DREB1 等下游抗寒基因的转录表达<sup>[9]</sup>。对果梅的 11 条序列的 LTR 区域进行启动子分析, 发现存在受光、热、干旱、植物激素(脱落酸、赤霉素)调控的作用元件<sup>[10]</sup>。杜栋良<sup>[11]</sup>在梅花基因组中发现共有 30 个胚胎发育晚期丰富蛋白基因, 其中脱水素家族包含 6 个成员(*PmLEA8*, *PmLEA9*, *PmLEA10*, *PmLEA19*, *PmLEA20* 和 *PmLEA29*)。除 *PmLEA29* 外, 其它 5 个梅花脱水素基因在 6 种胁迫处理下(高温、低温、盐、干旱、ABA 和 SA 处理)表达水平均有所增加。这些研究表明梅花耐盐碱具有可能性。上海海湾国家森林公园的梅花栽培面积大, 土壤 pH 高, 不同品种间表现出差异, 现以上海海湾国家森林公园梅花为试材, 通过不完全随机取样, 采用统计分析的方法, 测定土壤的 pH 和植株生长发育指标, 研究了高土壤 pH 对梅花生长发育的影响, 以期找到耐碱土的梅花

**第一作者简介:**刘玉霞(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为园林植物种质资源与育种。E-mail:1250051662@qq.com.

**责任作者:**李庆卫(1968-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为园林植物种质资源与育种。E-mail:lqw6809@bjfu.edu.cn.

**基金项目:**北京市教育委员会科学研究与研究生培养共建项目科研资助项目(2016BLREEE00)。

**收稿日期:**2016-10-08

品种,并为梅花耐盐碱机理的研究提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

上海海湾国家森林公园位于奉贤区境内,地处杭州湾畔,北纬  $30^{\circ}51'26.69''\sim 30^{\circ}52'10.41''$ ,东经  $121^{\circ}39'50.23''\sim 121^{\circ}42'31.57''$ 。在 20 世纪 60—70 年代经数次围垦而成,土壤 pH 高,质地粘重,地下水位高。属于亚热带季风气候,年平均气温  $15.3^{\circ}\text{C}$ ,极端最高温度  $39.4^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温度  $-10.0^{\circ}\text{C}$ ,易受海潮风影响,年降水量 1 087 mm。上海海湾国家森林公园梅园共 126 个梅花品种,涵盖 11 个品种群。

### 1.2 试验材料

调查共取 16 个样点,采集土壤样本 48 份。供试梅花品种 16 个(表 1),“朱砂”“绿萼”“玉蝶”“江梅”“垂枝”“杏梅”“美人梅”品种群 7 个。

### 1.3 试验方法

首先对园区进行踏查,全面了解园区土壤质地、土壤肥力、土壤盐碱情况和梅花的一年生枝的生长量、花芽分化情况、病虫害等情况,在此基础上做取样设计,在盐碱含量高的区域取样,尽量保证所取样点的土壤质地、土壤肥力、坡向、土壤含水量等相对一致。然后带着地图和 GPS 现场定位、调查梅花生长指标和土壤分层取样(分层取样深度:10、30、50 cm)。

### 1.4 项目测定

调查取样于 2015 年 7 月下旬和 2016 年 3 月下旬分 2 次进行。

外业调查梅花生长状况主要采取形态指标法进行评价,对选定植株的阳面一主枝中部枝条进行测量与统计。对样点土壤进行取样,将土壤样本装入塑封袋密封备用。指标体系包括株高、冠幅、地径、叶片受害率、一年生枝的生长量、花径、着花情况(表 2、3)。一年生枝生长量采取长、中、短枝分别测量后取平均值的方法。叶片受害率为受害叶片数与总叶片数比值。着花情况按照陈俊愉《梅花品种图志》<sup>[12]</sup>进行评价。花径对照值为土壤 pH 7,其它环境情况与调查点相对一致的相同梅花品种的花径值。内业试验主要是电位法对土壤 pH 进行测定(表 1)。

### 1.5 数据分析

利用 SPSS 13.0 软件对调查及试验数据进行统计分析。对土壤 pH 和梅花株高、冠幅、地径、一年生枝长度、一年生枝粗度进行相关性分析。利用单个样本  $t$  检验将测得花径值与花径对照值进行差异性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤分析

分别测得取样点 10、30、50 cm 土壤 pH,结果显示不同深度的土壤 pH 相对接近,差异不显著,故对取样点 3 个土层的土壤 pH 取平均值,如表 1。除样点 16 外,采样点 pH 为 8.5~9.0,属高 pH 土壤。

表 1 16 个采样点的土壤 pH 与梅花品种调查结果

样点	土壤 pH	梅花品种	梅花品种群
1	8.97	‘南京红须’	“朱砂”
2	8.97	‘绿萼’	“绿萼”
3	8.92	‘素白台阁’	“玉蝶”
4	8.92	‘淡丰后’	“杏梅”
5	8.91	‘铁骨红’	“朱砂”
6	8.91	‘品字朱砂’	“朱砂”
7	8.87	‘美人梅’	“美人梅”
8	8.78	‘粉皮垂枝’	“垂枝”
9	8.74	‘密花江梅’	“江梅”
10	8.72	‘东方朱砂’	“朱砂”
11	8.68	‘丰后’	“杏梅”
12	8.63	‘江梅’	“江梅”
13	8.53	‘鸳鸯’	“朱砂”
14	8.52	‘绯司’	“朱砂”
15	8.49	‘晚花南京红须’	“朱砂”
16	8.01	‘三轮玉蝶’	“玉蝶”

### 2.2 形态指标评价

2.2.1 生长情况 从表 1 和表 2 可以看出,在取样点调查的梅花基本能正常生长,病虫害少。在 pH 8.7~9.0,“朱砂”“绿萼”“玉蝶”“江梅”“垂枝”“杏梅”“美人梅”7 个品种群皆能生长。其中‘南京红须’‘绿萼’‘素白台阁’‘淡丰后’‘铁骨红’‘品字朱砂’梅花品种能在 pH 8.9 以上的土壤中生长,其它品种也能在 pH 8 以上的土壤中生长,可见梅花具有较强的耐碱土能力。但‘南京红须’枝条稀疏并出现黄叶,长势不良,pH 过高会影响梅花的正常生长。表 3 相关性分析,发现梅花株高、冠幅、地径、一年生枝粗度与土壤 pH 的相关性不显著。而一年生枝的长度与土壤 pH 相关性显著,且呈负相关,即高 pH 下,一年生枝的长度有减小的趋势。但梅花一年生枝长度不仅受土壤 pH 影响,还与梅花品种有关。在土壤 pH 相同的条件下,不同梅花品种一年生枝的长度不同,表明不同品种的梅花耐碱性能力有所差异。单因素方差分析发现,土壤 pH 为 8.9 时,对一年生枝的长度比较,‘素白台阁’>‘品字朱砂’>‘美人梅’>‘铁骨红’>‘淡丰后’,其中‘素白台阁’‘品字朱砂’一年生枝长度显著大于‘美人梅’‘铁骨红’‘淡丰后’,而‘素白台阁’‘品字朱砂’之间没有显著差异,后三者之间

也没有显著差异。土壤 pH 为 8.7 时,一年生枝长度‘东方朱砂’>‘密花江梅’>‘丰后’,其中‘东方朱砂’与‘丰后’差异显著。土壤 pH 为 8.5 时,一年生枝长度‘鸳鸯’>‘绯司’>‘晚花南京红须’,‘鸳鸯’与‘绯司’一年生枝长度没有显著差异,而‘晚花南京红须’一年生枝长度显著小于‘鸳鸯’与‘绯司’。

表 2 采样点梅花株高、冠幅、地径、一年生枝长度、粗度及受害叶片比率

样点	株高 /m	冠幅 /m	地径 /cm	一年生枝 长度/cm	一年生枝 粗度/cm	受害叶片 比率(>5%)	生长 状况
1	2.5	3.5	12.0	34.3	0.6	40(变黄)	长势不良
2	3.0	2.0	5.0	8.7	0.4	—	正常
3	3.5	2.0	6.0	18.7	0.5	—	正常
4	3.0	1.5	9.0	3.6	0.4	10(虫害)	正常
5	2.5	1.5	12.0	4.6	0.3	5(变黄)	正常
6	3.2	2.5	10.0	14.2	0.5	—	正常
7	2.0	2.5	10.0	5.0	0.3	—	正常
8	1.6	1.0	6.0	22.5	0.4	—	正常
9	3.5	3.0	10.0	17.2	0.4	—	正常
10	2.5	3.6	15.0	21.3	0.7	10(变黄)	正常
11	3.3	2.3	15.0	7.6	0.4	—	正常
12	3.3	2.0	10.0	5.5	0.4	—	正常
13	3.2	2.6	6.0	15.9	0.4	—	正常
14	3.3	4.5	14.0	12.2	0.3	—	正常
15	3.3	2.0	10.0	7.4	0.3	—	正常
16	3.0	4.0	16.0	50.8	0.4	—	正常

注:—表示受害叶片比率<5%。

表 3 土壤 pH 和梅花株高、冠幅、地径、一年生枝长度、一年生枝粗度相关性分析

	株高	冠幅	地径	一年生枝长度	一年生枝粗度
pH	-0.245	-0.484	-0.467	-0.500*	-0.242

注:\*代表相关性在 0.05 水平上显著。

2.2.2 发育情况 因花期原因,仅对原有品种中的 7 个梅花品种开花情况进行记录。差异性检验,发现在高 pH 下花径有极显著性变化,如表 4 所示。差异性检验  $t$  为正即有变大的趋势, $t$  为负即有变小的趋势。除‘素白台阁’外,其它品种差异性检验  $t$  为负,即‘素白台阁’花径测得值比参考值大,其它品种花径测得值比参考值小。 $t$  值越大,花径变化趋势越明显,故从表 4 可以看出,‘丰后’花径变化最显著,受高土壤 pH 影响最明显;‘素白台阁’花径变化最小,受

表 4 不同梅花品种着花情况及花径变化趋势

样点	品种	着花情况	测得花径值/cm	花径对照值/cm	差异性检验
1	‘南京红须’	较稀疏	2.0	2.8	-11.275**
3	‘素白台阁’	较稀疏	2.5	2.2	3.647**
4	‘淡丰后’	较稀疏	3.2	3.6	-4.536**
5	‘铁骨红’	较密集	1.8	2.3	-6.952**
9	‘密花江梅’	较密集	1.7	2.4	-8.981**
10	‘东方朱砂’	较稀疏	1.7	2.6	-8.048**
11	‘丰后’	较稀疏	2.3	3.6	-14.048**

注:\*\*代表在 0.01 水平上差异显著。

高 pH 影响最小;而‘铁骨红’在 pH 8.9、‘密花江梅’在 pH 8.7 时,着花仍较为繁密。从总体上来说,高 pH 下,梅花花径有变小的趋势,但不同梅花品种变化有所差异。通过花径变化趋势来看‘素白台阁’对高碱性土壤耐受性较强。

### 3 讨论与结论

对上海海湾国家森林公园梅园土壤取样发现其土壤 pH 很高,有的甚至高达 9,梅园中的梅花基本可以正常生长。‘铁骨红’‘密花江梅’在高 pH 下着花仍较为繁密,‘素白台阁’花径比正常情况下的。这说明梅花对高 pH 土壤有一定适应性。李庆卫<sup>[13]</sup>的梅花区域试验中乌鲁木齐、兰州、赤峰都为碱性土,最高 pH 为 8.5,发现在碱性土中梅花也可以正常生长,这与该调查结果一致,同时该调查中梅花可以在 pH 8.97 的土壤中生长期,这扩大了梅花对高 pH 的适应范围。梅花耐盐碱性除与梅花对寒冷等非生物胁迫的渗透调节作用<sup>[14]</sup>有关外,梅花根系具丛枝菌根也影响其耐盐碱能力<sup>[15]</sup>,这与揣泽尧等<sup>[16]</sup>对菌根真菌增强植物抗盐碱胁迫能力的分析吻合。梅花耐碱土的能力因品种不同而有所差异。分析主要原因是梅花品种起源的多样性及梅花原产地生境的多样性。梅花品种的抗逆性受原产地生境的影响。龙应霞等<sup>[22]</sup>研究了荔波野生梅果实的 Ca 含量,发现喀斯特地貌的钙质土壤使得荔波野生梅富钙,这一特性有助于增强其抗逆能力。

梅花一年生枝的长度与土壤 pH 具有负相关性,高 pH 下植株着花量减少且花径有变小的趋势,pH 影响梅花的生长发育。与 RAYLE 等<sup>[17]</sup>经典的酸生长理论及 COSGROVE<sup>[18]</sup>的体外试验结果相一致。中性 pH 下细胞壁的延伸立即停止,当 pH 降低细胞壁延伸会加快,而植物生长于高 pH 条件下会阻碍细胞壁的疏松,进而阻碍细胞延伸,影响植物生长<sup>[2]</sup>。王京元等<sup>[19]</sup>研究发现碱性土壤环境会抑制吡啶乙酸的作用,大豆的株高随土壤 pH 的升高而呈现下降的趋势,证实了高 pH 抑制植株生长的说法。同时高 pH 会影响微量元素有效吸收,导致微量元素缺乏,间接影响植物正常生长<sup>[2]</sup>。盐碱土会造成植物生理干旱,土壤水势低,不利于植物的吸水,也是影响植物生长及花芽分化的原因。

pH 过高对梅花的营养生长期、生殖期产生危害。研究发现梅花基本能在碱性较强的土壤中正常生长,但花径有显著变小的趋势,且多数品种着花较稀疏。王志春等<sup>[20]</sup>对盐碱胁迫下水稻渗透调节的生理响应研究发现,水稻渗透调节以营养生长期较为

敏感,进入生殖生长期后敏感性降低。渗透调节是植物适应盐碱逆境的重要过程,生殖增长长期渗透调节敏感性低,耐盐碱能力弱,结合试验观察认为盐碱胁迫对梅花生殖阶段危害更大。肖鑫辉等<sup>[21]</sup>的试验结果也支持这一结论。其发现试验组与对照组比除生长缓慢和植株大小差异外,几乎没有其它受害症状,但是有的存活至开花时死亡。

该试验表明,梅花一年生枝长度与土壤 pH 有相关性,高 pH 下,花径有变小的趋势,可以将一年生枝长度、花径变化作为梅花耐受盐碱胁迫能力的参考;不同梅花品种间耐碱性差异为筛选耐盐碱梅花提供方向;高土壤 pH 下梅花形态指标的研究是梅花耐盐碱生理及分子研究的基础,具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 王遵亲,祝寿泉,余仁培,等. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993:217-227.
- [2] 赵彦坤,张文胜,王幼宁,等. 高 pH 对植物生长发育的影响及其分子生物学研究进展[J]. 中国生态农业学报,2008(3):783-787.
- [3] 杨传平. 柞柳耐盐抗旱分子基础研究[M]. 北京:科学出版社,2015.
- [4] 曲元刚,赵可夫. NaCl 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 对玉米生长和生理胁迫效应的比较研究[J]. 作物学报,2004(4):334-341.
- [5] 贾娜尔·阿汗,杨春武,石德成,等. 盐生植物碱地肤对盐碱胁迫的生理响应特点[J]. 西北植物学报,2007(1):79-84.
- [6] 高彦花,张华新,杨秀艳,等. 耐盐碱植物对滨海盐碱地的改良效果[J]. 东北林业大学学报,2011(8):43-46.
- [7] 过聪. 梅花 CBF/DREB1 同源基因的克隆和功能的初步分析[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [8] SEKI M, NARUSAKA M, ISHIDA J, et al. Monitoring the expression profiles of 7000 *Arabidopsis* genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray[J]. Plant J, 2002,31:279-292.
- [9] 曹宁,张启翔,郝瑞杰,等. 梅花 *PmICE1* 基因的克隆及低温条件下的表达[J]. 东北林业大学学报,2014(4):21-25.
- [10] 王飞. 果梅 LTR 类逆转座子序列特征及遗传多样性的 SSAP 分析[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [11] 杜栋良. 梅花脱水素基因家族的克隆与功能分析[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [12] 陈俊愉. 中国梅花品种图志[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [13] 李庆卫. 川、滇、藏、黔野梅种质资源调查和梅花抗寒品种区域试验的研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.
- [14] 张文娇,王小德. 低温胁迫对 5 个不同梅花品种生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2011(3):203-205.
- [15] 蔡邦平,陈俊愉,张启翔,等. 中国梅丛枝菌根侵染的调查研究[J]. 园艺学报,2008(4):599-602.
- [16] 揣泽尧,王冬梅. 菌根真菌增强植物抗盐碱胁迫能力的研究进展[J]. 华北农学报,2010(S2):254-258.
- [17] RAYLE D L, CLELAND R E. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well[J]. Plant Physiol, 1992,99:1271-1274.
- [18] COSGROVE D J. Loosening of plant cell walls by expansins[J]. Nature, 2000,407(6802):321-326.
- [19] 王京元,阎俊崎,陈霞,等. 土壤 pH 值对盆栽大豆幼苗的影响[J]. 江西农业学报,2012(2):96-97,102.
- [20] 王志春,杨福,齐春艳,等. 盐碱胁迫下水稻渗透调节的生理响应[J]. 干旱地区农业研究,2010(6):153-157.
- [21] 肖鑫辉,李向华,王克品. 渤海湾津唐沿海野生大豆(*Glycine soja*)种群高盐碱胁迫反应[J]. 植物遗传资源学报,2010(3):290-297,304.
- [22] 龙应霞,刘荣鹏,刘洋. 喀斯特地貌中钙对荔波野生梅果实的影响[J]. 种子,2013(8):88-90.

## Research on *Prunus mume* Response to High pH

LIU Yuxia<sup>1</sup>, YANG Jiaxin<sup>1</sup>, DUAN Meihong<sup>1</sup>, LI Qingwei<sup>1</sup>, ZHANG Yongping<sup>2</sup>, BI Yuying<sup>2</sup>

(1. Beijing Key Laboratory of Ornamental Plants Germplasm Innovation & Molecular Breeding/National Engineering Research Center for Floriculture/Beijing Laboratory of Urban and Rural Ecological Environment/College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Shanghai Haiwan National Forest Park, Shanghai 201422)

**Abstract:** In order to find the alkali-resisting cultivars and provide reference for the research on alkali-tolerant mechanism of *Prunus mume*, *Prunus mume* response to high pH was studied in Shanghai Haiwan National Forest Park by not entirely random sampling and statistical methods. The soil pH and the growth and development of plants were measured. The results showed that the range of soil pH was 8—9 in Shanghai Haiwan National Forest Park, in which *Prunus mume* grew well. In the study, it illustrated that *Prunus mume* had strong alkali-resisting abilities. The growth and development of *Prunus mume* had some changes in high pH. The length of annual branches were relevant with soil pH. With pH increased, the length of annual branches decreased. Similarly, flower diameter became smaller and blossom quantity decreased in high soil pH.

**Keywords:** *Prunus mume*; saline-alkali tolerance; growth; development; pH