

盐胁迫对千层金生理指标及精油含量和成分的影响

林永盛¹, 桑洁丽¹, 邱子文¹, 尹冠文¹, 林晓洁¹, 吴少华^{1,2}, 李永裕^{1,2}, 杨超^{1,2*}

¹福建农林大学园艺学院; ²福建农林大学园艺学院植物天然产物研究所, 福州 350002

摘要:研究盐胁迫对千层金生理指标、精油含量以及成分的影响,以期为盐渍地种植千层金提供参考依据。以千层金扦插苗为试验材料,探究不同 NaCl 浓度(0, 100, 200, 300, 400, 500 mmol/L)下千层金扦插苗光合作用、脯氨酸含量、丙二醛含量、POD 酶活性、CAT 酶活性以及精油含量和成分的影响。结果表明,盐胁迫环境下,千层金表现出较强的耐盐性以及抗氧化性。在 100, 200, 300 mmol/L 的 NaCl 处理下,其精油含量与对照组(0 mmol/L)相比分别增加 22.34%、22.14% 和 57.83%。因此,适当的盐胁迫不会对千层金的生理指标产生影响,且能增加千层金叶片中的精油含量。

关键词:千层金; 盐胁迫; 精油; 生理指标

中图分类号:R284.2

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2022)3-0420-07

DOI:10.16333/j.1001-6880.2022.3.009

Effects of salt stress on physiological indexes, contents and compositions of essential oil in *Melaleuca bracteata*

LIN Yong-sheng¹, SANG Jie-li¹, QIU Zi-wen¹,
YIN Guan-wen¹, LIN Xiao-jie¹, WU Shao-hua^{1,2}, LI Yong-yu^{1,2}, YANG Chao^{1,2*}

¹College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University;

²Institute of Natural Products of Horticultural Plants, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: This experiment studied effects of salt stress on physiological indexes, contents and compositions of essential oil in *Melaleuca bracteata* to provide reference for the planting of *M. bracteata* in saline land. The cutting seedlings of *M. bracteata* were used as experimental materials to study the effects of different NaCl concentrations (0, 100, 200, 300, 400, 500 mmol/L) on photosynthesis, proline content, malondialdehyde content, peroxidase activity, catalase activity, essential oil content and components of *M. bracteata* cuttings. The results showed that *M. bracteata* showed strong salt tolerance and oxidation resistance under salt stress. At 100, 200 and 300 mmol/L NaCl treatment, the essential oil content of *M. bracteata* increased by 22.34%, 22.14% and 57.83% compared with the control group (0 mmol/L), respectively. Therefore, appropriate salt stress has no effect on physiological indexes of *M. bracteata*, in addition could increase the content of essential oil in the leaves of *M. bracteata*.

Key words: *Melaleuca bracteata*; salt stress; essential oil; physiological indexes

近年来,由于土壤盐渍化的问题日益严重,导致土壤中存在过量的 Na⁺或 Cl⁻。全球 20% 以上的耕地受到盐胁迫的影响^[1]。土壤盐渍化会对植物种子的萌发和生长,植株的光合作用、离子平衡和养分平衡等造成影响,从而导致植株无法正常生长^[2]。因此,种植耐盐植物不仅是改善盐碱地生态环境的

有效途径之一,且能促进畜牧业发展,提高盐碱地的经济效益^[3]。Yao 等^[4]研究发现,一定浓度的复合盐配方可提高罗勒 (*Ocimum basilicum* L.) 的精油产量,但对其中 6 种主要精油成分没有显著影响。Feng 等^[5]研究发现盐胁迫虽然会导致紫枝玫瑰 (*Rosa rugosa* Thunb) 精油中香气成分的含量降低,但会使精油中的香气成分增多。可见,适当的盐胁迫处理会对芳香植物的精油含量和精油成分造成不同程度的影响。

千层金 (*Melaleuca bracteata* F. Muell.) 属于桃金

娘科白千层属常绿乔木,不仅具有较为广泛的生存适应性,抗旱且耐盐碱,种植范围可从海南省到长江流域以南甚至更北的地区,还具备较高观赏价值,常作为沿海地区城市道路绿化使用^[6,7],千层金叶片中富含植物精油,香气浓郁,主要成分有醚类、酯类、烃类、酚类、醇类、醛类等,含量最高的成分为甲基丁香酚,精油活性显著^[8],具有杀螨活性和引诱实蝇属昆虫的功能^[9],且对狄克氏菌、金黄色葡萄球菌、假单胞菌等七种病原菌均有明显的抑制作用^[10]。目前,国内外关于千层金盐碱胁迫、扦插育苗、水分胁迫等方面已有相关研究。Dunn 等^[11]在澳大利亚昆士兰东南部的盐碱地中探究了 12 种树种的种植表现,研究发现千层金具有较高的耐盐性,其耐受性可达 1.5 dS/m 盐度。Qiu 等^[12]研究表明当扦插基质为蛭石时,将千层金枝条在 200 mg/L 的生根剂中处理 3 h 后千层金的扦插效果最好。Hou 等^[13]研究发现千层金具有较强的干旱忍受能力,在干旱胁迫下能通过增加叶绿素含量来减轻干旱伤害,并且在极度干旱下植株也不会出现死亡。但关于千层金在盐碱地种植的生态适应性表现的报道较少,盐胁迫对千层金精油含量及成分的影响尚未明确。

为探究千层金在盐碱地的生长情况,本文通过设置不同盐浓度梯度,对千层金进行盐胁迫处理,旨在深入了解盐胁迫对千层金植株的生理指标以及精油含量和成分的影响,为千层金在盐碱地的种植和开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 植物材料

本试验所选用植物材料为二年生千层金扦插苗,种植于福建农林大学玻璃温室内。选取大小均匀,长势一致,生长健壮,地上部分高约 30~40 cm 左右的幼苗进行不同浓度盐胁迫处理。

1.2 实验设计

采用 100、200、300、400、500 mmol/L 的 NaCl 对千层金进行一个月的盐胁迫处理,以非盐胁迫为对照组(CK)。每组 5 株,设置三个生物学重复,共 90 盆。每 3 天每盆浇 200 mL 的不同浓度的 NaCl 溶液^[14]。

1.3 生理指标的测定

参考 Zhang^[15]的试验方法,采用乙醇提取法测定光合色素含量,碘基水杨酸法测定脯氨酸含量,硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量,愈创木酚法测定 POD 活性,比色法测定 CAT 活性。

1.4 精油提取

参考 Yang 等^[16]的试验方法,通过水蒸气蒸馏法提取千层金叶片的精油,称取 50 g 采摘的新鲜叶片,置于圆底蒸馏瓶内,加入 350 mL 蒸馏水,持续蒸馏 2 h 后收集器中的精油含量无明显变化,用离心管收集精油,再用无水硫酸钠干燥后计算精油提取率且得率符合《中国药典》规定,不同浓度 NaCl 处理重复三次,取平均值。

1.5 千层金叶片精油成分分析

将不同盐浓度处理下的千层金叶片精油用色谱甲醇进行稀释,采用 Clarus® 680 + SQ8T 型气相色谱-质谱联用仪分析不同处理组中的精油成分。利用 NIST 2011 在线质谱数据库检索,保留匹配度 > 700 的挥发性物质,通过物质的 CAS 号以及化学名进行查询确定。其相对含量采用面积归一法加以分析。

1.6 数据分析

采用 Spss statistics 17 进行显著性差异分析;Excel 2007 进行表格制作;Origin 2021 进行绘图;通过 NIST 2011 在线质谱数据库核对质谱匹配度。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对千层金叶片光合色素含量的影响

如图 1 所示,在不同 NaCl 浓度处理下,千层金叶片中叶绿素 a 与叶绿素 b 含量均低于对照组(CK),叶绿素 b 含量在 300 mmol/L NaCl 处理时达到最大值。而类胡萝卜素含量则呈现先上升后下降的趋势。在 100 mmol/L NaCl 处理下,千层金叶片中叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值达到最大值,与 CK 相比增长 12.78%。有研究表明,叶绿素 a/b 的值越大则光合活性越强^[17]。因此,千层金在 100 mmol/L NaCl 处理下光合活性最强。而在 500 mmol/L 浓度处理时,叶绿素含量和类胡萝卜素含量均达到最低,分别为 CK 的 66.09% 和 73.84%。由此可见,高浓度的盐胁迫会降低千层金光合色素含量,影响其光合作用,进而影响植株生长。

2.2 盐胁迫对千层金脯氨酸含量的影响

由图 2 可知,脯氨酸含量呈先下降再上升的趋势。在 100 mmol/L 的 NaCl 处理下,千层金叶片中脯氨酸含量显著下降,与对照组(CK)相比减少 28.08%。在 200 mmol/L 的 NaCl 处理下,脯氨酸含量显著升高($P < 0.05$),与 CK 相比增加了 27.59%;表明适宜的盐浓度可能更有利于千层金植

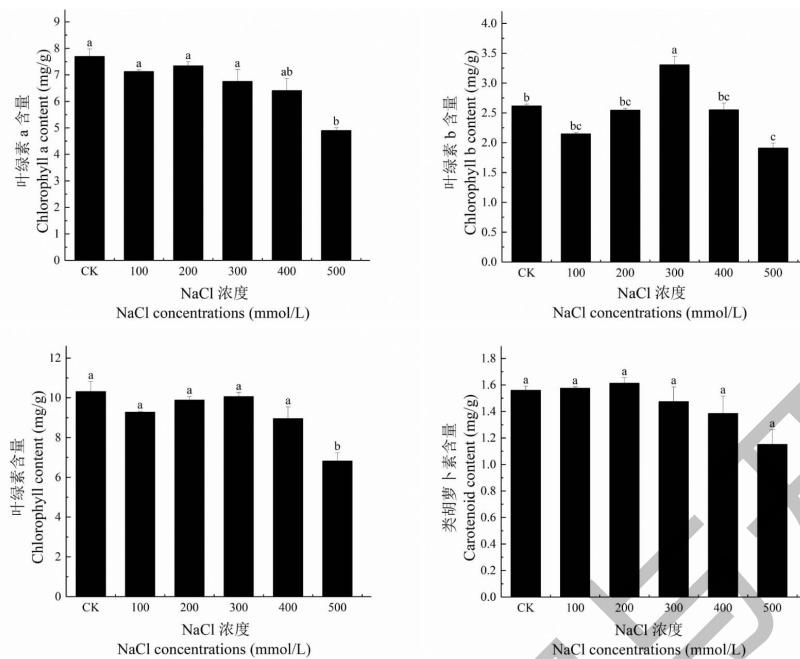


图 1 不同 NaCl 浓度下千层金叶片光合色素含量

Fig. 1 Content of photosynthetic pigment in leaves of *M. bracteata* under different NaCl concentrations

注:不同小写字母代表差异显著, $P < 0.05$, 下同。Note: Different lowercase letters indicated significant differences at $P < 0.05$ level, the same below.

株的生长。当 NaCl 浓度为 300 ~ 500 mmol/L 时,脯氨酸含量虽持续升高,但无显著性差异。在高浓度的 NaCl 处理下会导致植物叶片质膜透性增强,造成细胞失水。因此,在 300 ~ 500 mmol/L NaCl 处理下,千层金叶片细胞内可能积累大量脯氨酸等渗透调节物质,防止水分流失,以维持植株正常生长。

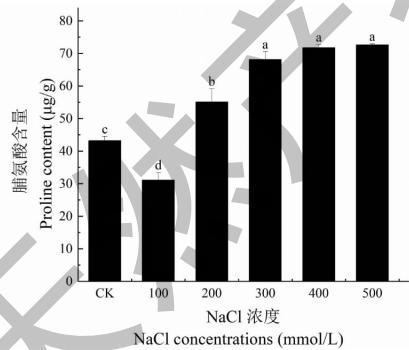


图 2 不同 NaCl 浓度下千层金叶片脯氨酸含量

Fig. 2 Proline content in leaves of *M. bracteata* under different NaCl concentrations

2.3 盐胁迫对千层金叶片丙二醛含量的影响

由图 3 可知,在 100 ~ 300 mmol/L NaCl 处理下,丙二醛含量变化并不显著,只在 300 mmol/L 处理时含量降低。当 NaCl 处理浓度提升至 400 ~ 500 mmol/L 时,丙二醛含量显著上升。此时,千层金叶

片严重脱落,大部分未脱落叶片呈萎蔫状态,只有少部分叶片表形正常,说明高浓度的 NaCl 处理下叶片损伤严重。

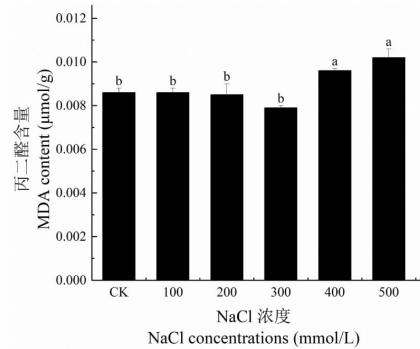


图 3 不同 NaCl 浓度下千层金叶片丙二醛含量

Fig. 3 Malondialdehyde content in leaves of *M. bracteata* under different NaCl concentrations

2.4 盐胁迫对千层金叶片抗氧化酶影响

2.4.1 盐胁迫对千层金 POD 活性的影响

过氧化物酶(POD)与植物的多项生理活动密切相关。由图 4 可知,POD 活性整体呈先上升后下降的趋势,当 NaCl 处理浓度为 300 mmol/L 和 400 mmol/L 时,POD 活性上升幅度显著,比对照组(CK)增加了 104.08% 和 72.60%,表明此时千层金植株叶片细胞受损较为严重。

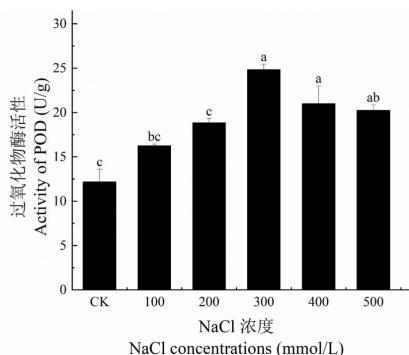


图 4 不同 NaCl 浓度下千层金叶片 POD 酶活性

Fig. 4 POD enzyme activity of *M. bracteata* leaves under different NaCl concentrations

2.4.2 盐胁迫对千层金 CAT 活性的影响

过氧化氢酶(CAT)可以分解植物在逆境条件下产生的过氧化,CAT 的活性是研究植物抗逆性的重要指标。由图 5 可以看出,CAT 酶活性呈先上升后下降的趋势。当 NaCl 浓度为 300 mmol/L 时,CAT 活性最高,与对照组(CK)和其他浓度处理组的差异显著($P < 0.05$)且比对照组(CK)增加 2.83 倍。

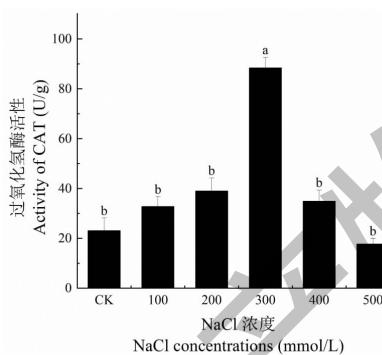


图 5 不同 NaCl 浓度下千层金叶片 CAT 酶活性

Fig. 5 CAT enzyme activity of *M. bracteata* leaves under different NaCl concentrations

2.5 不同浓度盐处理千层金精油含量和成分分析

2.5.1 不同浓度盐处理对千层金精油含量的影响

由图 6 可知,当 NaCl 处理浓度为 100、200 mmol/L 时,千层金叶片中精油含量与对照组(CK)相比存在显著性差异,精油含量与 CK 相比分别增加 22.34%、22.14%。当 NaCl 处理浓度为 300 mmol/L 时,千层金叶片中精油含量显著性上升,比 CK 增加 57.83%。可见适当的 NaCl 处理有助于精油含量的增加。但当 NaCl 处理浓度达到 400、500 mmol/L 时,千层金叶片严重脱落,在生产上也不适宜继续提取精油。因此,在适当的盐碱地种植千层

金可提高精油产量,千层金栽培过程中也可使用适当浓度的 NaCl 进行培育。

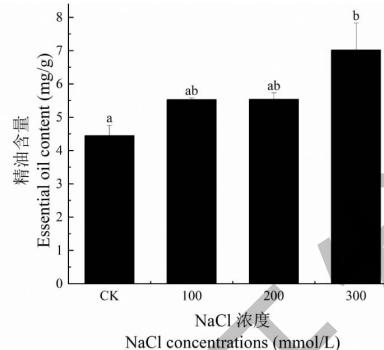


图 6 不同 NaCl 浓度下千层金精油含量

Fig. 6 Content of essential oil of *M. bracteata* under different NaCl concentrations

2.5.2 不同浓度盐处理千层金叶片精油成分的 GC-MS 分析

通过气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)检测,从不同处理组的千层金叶片精油中共鉴定出 26 种主要的化学成分,成分分析结果见表 1。通过比较分析,对照组(CK)鉴定出 23 种精油成分,100 ~ 200 mmol/L NaCl 处理组鉴定出 20 种精油成分,而 300 mmol/L NaCl 处理组只鉴定出 19 种精油成分。但无论是 CK,还是在其他浓度的 NaCl 处理下,千层金叶片精油中甲基丁香酚的相对含量最高,其次为肉桂酸甲酯,而其他物质的相对含量则较低。在 200 mmol/L 浓度的 NaCl 处理时甲基丁香酚的相对含量与肉桂酸甲酯的相对含量达到最大值,分别为 95.15% 和 3.57%。进一步分析发现,CK 与其他盐胁迫处理组的精油成分存在一定的差异,如在盐胁迫处理组中未检测到桉叶油醇与香茅醛。而在 100 mmol/L 与 200 mmol/L 浓度 NaCl 处理中检测到丁香酚、反式-肉桂酸甲酯、异丁香酚,却并未在对照组与 300 mmol/L 浓度 NaCl 处理中检测到。同时,在 200 mmol/L 与 300 mmol/L 浓度 NaCl 处理中萜品油烯和 α -菖蒲醇也未被检测到。研究结果表明不同盐胁迫处理会使千层金精油的化学成分存在一定差异,但其主要的香气成分和相对含量并未有显著性差异。

3 讨论与结论

我国盐碱地面积约 9 900 万公顷,当大量盐分在土壤中积累时会使土壤发生一系列物理性状的恶化,从而破坏生态环境^[18]。土壤中过量的盐分离子会破坏植物细胞结构,形成渗透胁迫效应,一些离子

表1 不同浓度盐处理千层金叶片精油的成分分析

Table 1 Composition analysis of essential oil from leaves of *M. bracteata* treated with different concentrations of salt

保留时间 Retention time (min)	化合物 Compound	相对含量 Relative content(%)			CAS	
		CK	100 mmol/L NaCl	200 mmol/L NaCl		
11.15 ± 0.02	α-水芹烯 α-Phellandrene	0.08 ± 0.00 ^a	—	—	0.01 ± 0.00 ^a	99-83-2
12.30 ± 0.04	桉叶油醇 Eucalyptol	0.01 ± 0.00 ^a	—	—	—	470-82-6
14.73 ± 0.02	萜品油烯 Terpinolene	0.05 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	—	—	586-62-9
15.49 ± 0.02	芳樟醇 Linalool	0.07 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.00 ^a	78-70-6
17.89 ± 0.02	香茅醛 Citronellal	0.01 ± 0.00 ^a	—	—	—	106-23-0
19.82 ± 0.02	α-松油醇 α-Terpineol	0.05 ± 0.00 ^{ab}	0.05 ± 0.00 ^b	0.05 ± 0.00 ^{ab}	0.03 ± 0.00 ^a	98-55-5
19.95 ± 0.02	草蒿脑 Estragole	0.27 ± 0.00 ^a	0.24 ± 0.00 ^a	0.28 ± 0.00 ^a	0.19 ± 0.00 ^a	140-67-0
21.57 ± 0.02	香茅醇 Citronellol	0.02 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	106-22-9
26.91 ± 0.01	丁香酚 Eugenol	—	0.14 ± 0.00 ^a	0.09 ± 0.00 ^a	—	97-53-0
26.91 ± 1.46	反式-肉桂酸甲酯 Methyl trans-cinnamate	—	3.32 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^a	—	1754-62-7
26.93 ± 0.04	异丁香酚 Isoeugenol	—	—	0.05 ± 0.00 ^a	—	97-54-1
27.96 ± 0.01	α-蒎烯 α-Copaene	0.03 ± 0.00 ^a	—	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	3856-25-5
28.04 ± 0.09	肉桂酸甲酯 Methyl cinnamate	2.23 ± 0.00 ^a	0.04 ± 0.00 ^a	3.57 ± 0.00 ^a	1.48 ± 0.00 ^a	103-26-4
28.68 ± 0.02	甲基丁香酚 Methyleugenol	94.46 ± 0.01 ^a	94.24 ± 0.00 ^a	95.15 ± 0.00 ^a	94.47 ± 0.01 ^a	93-15-2
29.11 ± 0.01	β-石竹烯 Caryophyllene	0.12 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	87-44-5
30.20 ± 0.01	蛇麻烯 Humulene	0.04 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	6753-98-6
30.33 ± 0.01	香橙烯 Aromadendrene	0.03 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	489-39-4
30.95 ± 0.01	毕澄茄烯 β-Cubebene	1.24 ± 0.00 ^b	0.60 ± 0.00 ^a	0.53 ± 0.00 ^a	0.78 ± 0.00 ^{ab}	13744-15-5
31.18 ± 0.29	白菖烯 Alloaromadendrene	0.03 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	17334-55-3
31.36. ± 0.01	γ-榄香烯 γ-Elemene	0.38 ± 0.00 ^b	0.20 ± 0.00 ^a	0.17 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.00 ^{ab}	29873-99-2
32.00 ± 0.01	β-杜松烯 β-Cadinene	0.08 ± 0.00 ^b	0.05 ± 0.00 ^{ab}	0.03 ± 0.00 ^a	0.60 ± 0.00 ^{ab}	523-47-7
32.78 ± 0.01	榄香素 Elemicin	0.18 ± 0.00 ^a	0.19 ± 0.00 ^a	0.17 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.00 ^b	487-11-6
33.51 ± 0.01	桉油烯醇 Spathulenol	0.03 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^{ab}	0.02 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^b	6750-60-3
33.96 ± 0.01	α-菖蒲醇 α-Acorenol	0.02 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	—	—	28400-11-5
36.61 ± 0.00	3,4,5-三甲氧基苯甲酸甲酯 Methyl 3,4,5-trimethoxybenzoate	0.04 ± 0.02 ^a	0.05 ± 0.03 ^{ab}	0.05 ± 0.02 ^a	0.08 ± 0.04 ^b	1916-07-0
38.81 ± 0.00	叶绿醇 Phytol	0.08 ± 0.00 ^b	—	—	0.04 ± 0.00 ^a	150-86-7

可直接毒害于植株,从而引起植物形态和结构的变化,导致植物无法正常生长。而正常生长环境下,由于植物体内的有害物质积累和防御系统之间维持着一个较为平衡的状态,因此植株生长的较为健壮。

在本试验中,随着 NaCl 浓度的增加,千层金叶片中脯氨酸含量的变化趋势与耐盐植物红海榄 (*Rhizophora stylosa*) 在不同浓度盐胁迫下脯氨酸含量的变化趋势一致^[19]。因此推测适宜的盐分反而有利于千层金的生长。而丙二醛在低浓度 NaCl

(100 ~ 200 mmol/L) 处理下,在千层金叶片内的含量变化并不显著,说明在此浓度下,千层金叶片受到的膜脂过氧化伤害较轻,抗逆性较强,而当 NaCl 浓度在 300 mmol/L 时,丙二醛含量降低,可能与抗氧化酶系统的调节有关。此后,随着 NaCl 浓度的增加,丙二醛含量持续上升,说明高浓度的 NaCl (400 ~ 500 mmol/L) 对千层金叶片细胞膜的伤害程度逐渐增加,也可表明千层金在此浓度的盐胁迫下已达到其耐受极限。盐胁迫下抗氧化性酶的活性变化是

植物抗盐能力的重要指标,POD 和 CAT 是研究植物抗逆性的重要内容。千层金叶片中 POD 和 CAT 的活性在 100 ~ 400 mmol/L NaCl 处理时,均比对照组(CK)高,且在 300 mmol/L NaCl 处理下达到最大值,可见千层金为抵抗盐胁迫对其所造成的损害,将根据不同盐胁迫的浓度对两种抗氧化酶做出相应调节。综合表明,千层金在盐胁迫环境下,能进行自身调节,表现出较好的耐盐性与抗氧化性。

植物精油具有杀菌、抗氧化和抗炎症等多种生物活性,是部分植物体内重要的次生代谢产物。研究表明,玫瑰 (*Rosa rugosa* Thunnb.) 植株在 50 mmol/L NaCl 处理时,其精油的芳香成分最多^[20];而罗勒植株在适当的复合盐溶液处理后可以提高精油含量^[4]。可见,适当的盐胁迫的确会诱导芳香植物精油成分以及含量的变化。本文研究表明,不同浓度 NaCl 处理对千层金叶片精油的积累有较大的影响,在 100 ~ 300 mmol/L 盐浓度处理下,精油含量显著上升,当盐胁迫浓度超出千层金耐受极限时,由于植株的生长发育受到抑制,导致千层金叶片脱落精油含量下降。因此,千层金植株可通过 100 ~ 300 mmol/L 的 NaCl 处理提高其精油的产量。有趣的是,虽然千层金在 100 ~ 300 mmol/L 浓度的 NaCl 处理下,叶片精油含量与 CK 相比分别增加了 22.34%、22.14% 和 57.83%,但其叶片精油中的成分却随盐胁迫浓度的增加而减少,而精油中的主要成分甲基丁香酚的含量却无显著性的变化,可见盐胁迫虽然使千层金叶片精油中的成分减少,但对其精油品质并未造成影响。

综上所述,在 100 ~ 300 mmol/L 的 NaCl 处理下,千层金表现出较强的耐盐性和抗氧化性,不但各项生理指标正常,而且叶片精油含量随浓度增加。因此,千层金有望成为盐渍地种植的耐盐植株,不仅可以起到美化环境、改善盐渍地生态环境的作用,也能提升其精油产量和经济价值。

参考文献

- Zhang XX, Shi ZQ, Tian YJ, et al. Salt stress increases content and size of glutenin macropolymers in wheat grain [J]. Food Chem, 2016, 197: 516-521.
- Qi Q, Ma SR, Xu WD. Advances in the effects of salt stress on plant growth and physiological mechanisms of salt tolerance [J]. Mol Plant Breed(分子植物育种), 2020, 18: 2741-2746.
- Zhang YH. Desalination effects of salt tolerant plants growing in alkali-saline soil in Ningxia [J]. Gansu Agr Sci Technol (甘肃农业科技), 2005, 03: 48-49.
- Yao L, Taikichi T, Shigetoshi S. Effects of salt stress on growth, water relation and essential oil content of basil leaves [J]. J Shanghai Jiaotong Univ: Agr Sci (上海交通大学学报:农科版), 2000, 18: 77-84.
- Feng LG, Chen G, Ba JL, et al. Effects of NaCl stress on composition and content of rose essential oil [J]. Hubei Agr Sci(湖北农业科学), 2016, 55: 3364-3367.
- Huang LX. Research advances on cultivation techniques and application of *Melaleuca bracteata* [J]. Forest Environ Sci (林业与环境科学), 2014, 30(3): 80-84.
- Wu YX, Yu XF, Zhan XD, et al. Antioxidant activity of methanol extract from *Melaleuca bracteata* leaves [J]. Chin J Trop Crops(热带作物学报), 2019, 40: 1367-1372.
- Ye ZM. The study of extraction, chemical composition analysis, antioxidant and antibacterial activity of *Melaleuca bracteata* essential oil [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University(福建农林大学), 2014.
- Agri KK, Purnama H. Potency of *Melaleuca bracteata* and *Ocimum* sp. leaf extracts as fruit fly (*Bactrocera dorsalis* complex) attractants in guava and star fruit orchards in Bogor, West Java, Indonesia [J]. J Dev Sus Agr, 2013, 2(8): 79-84.
- Wang WT, Huang XQ, Yang HX, et al. Antibacterial activity and anti-quorum sensing mediated phenotype in response to essential oil from *Melaleuca bracteata* leaves [J]. Int J Mol Sci, 2019, 20: 5696-5713.
- Dunn GM, Taylor DW, Nester MR, et al. Performance of twelve selected Australian tree species on a saline site in southeast Queensland [J]. Forest Ecol Manag, 1994, 70(1-3): 255-264.
- Qiu ZW, Lin YS, Xiang XW, et al. Effects of medium and rooting agents on cuttings of *Melaleuca bracteata* [J]. J For Environ(森林与环境学报), 2020, 40: 648-653.
- Hou ST, Zhang Q, Liu SC, et al. Growth and physiological responses of *Melaleuca bracteata* cv. 'Revolution Gold' to water stress [J]. Acta Bot Bor Occid Sin(西北植物学报), 2014, 34: 2491-2499.
- Ai XM, Yang P, Li Y, et al. Variation of Physiological Indexes of *Melaleuca bracteata* seedlings under acid, alkali and salt stress [J]. J West China For Sci(西部林业科学), 2014, 43(1): 29-33.
- Zhang H. Biochemical Experiment Guidance(生物化学实验指导) [M]. Beijing: China Agricultural University Press(中国农业大学出版社), 2014: 63-164.
- Yang C, Zhang SJ, Liu WS, et al. Study on the changes of

- contents and compositions of essential oil in *Melaleuca bracteata* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2019, 31:489-495.
- 17 Liu WZ, Lan YQ, Luo M, et al. 6 Submerged plants: The physiological response to salt stress and salt tolerance evaluation [J]. Chin Agr Sci Bull (中国农学通报), 2019, 35 (12):54-62.
- 18 Sun JJ. Analysis on saline-alkali soil improvement and afforestation in Weifang coastal area[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (中国农业科学院), 2009.
- 19 Chen YH, Yan ZL, Li YH, et al. Study on the characteristic of proline accumulation and active oxygen metabolism in *Rhizophora stylosa* under salt stress [J]. J Xiamen Univ: Nat Sci (厦门大学学报: 自科版), 2004, 43:402-405.
- 20 Chen G. Effect of salt stress on composition, production and related gene expression of rose essential oil[D]. Yangzhou: Yangzhou University (扬州大学), 2015.

基于串联紫外/带电气溶胶检测和相似性分析建立生脉胶囊的色谱指纹图谱

色谱指纹图谱具有表征复杂化学系统组成的能力,已被广泛用作植物药产品质量控制的有力手段。相似性分析是指纹数据分析中最常用的质量一致性评价方法,通过将样本与标准指纹进行比较并评估样本之间相似性的一种方法。然而相似性分析灵敏度低,不适合小样本数据集的质量评估,且相似性分析指标阈值设置通常为主观值,如0.85或0.90,缺乏统计依据。因此,基于相似性分析建立一种新的分析方法显得尤为重要。

来自浙江大学药学院的瞿海斌及其团队提出了一种指纹识别的峰值加权算法,以提高用相似性分析方法区分小样本数据集批次间质量差异的灵敏度。生脉散是中医经典方剂,由人参、五味子和麦冬组成,化学成分复杂。该团队使用串联紫外(HPLC-UV)/带电气溶胶检测(CAD)建立了生脉胶囊的色谱指纹图谱并对15批样品进行了分析。HPLC-UV/CAD方法的色谱条件经过明确的筛选设计并进行了优化,并通过蒙特卡罗模拟方法获得了优化的操作参数范围。将所提出的加权算法和指纹数据的相似性分析相结合,提高了区分样品批次间质量差异的灵敏度。该团队提出的加权算法结合相似性分析对于HPLC-UV/CAD指纹图谱的质量一致性评估具有广阔的应用前景,对于不同批次药材的质量控制方法的建立也具有借鉴意义。相关研究发表在《Applied Microbiology and Biotechnology》杂志上。

胡乃华编译自:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pca.3102>

原文标题:Establishing a chromatographic fingerprint using tandem UV/charged aerosol detection and similarity analysis for Shengmai capsule: A novel method for natural product quality control