

张爱娣,郑仰雄,黄东兵.丛枝菌根真菌对大叶女贞耐盐性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(19):129-133.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.034

丛枝菌根真菌对大叶女贞耐盐性的影响

张爱娣¹, 郑仰雄², 黄东兵³

(1. 广东生态工程职业学院风景园林系, 广东广州 510520; 2. 广东生态工程职业学院继续教育部, 广东广州 510520;

3. 广东生态工程职业学院风景园林系, 广东广州 510520)

摘要:为了探讨丛枝菌根真菌对大叶女贞(*Ligustrum lucidum*)耐盐性的影响,以大叶女贞为试验材料,采用盆栽试验方法,分析在不同盐浓度(0、3、6、9、12、15 mg/g)胁迫下,接种丛枝菌根真菌(*Arbuscular mycorrhizal fungi*, 简称 AMF) 对大叶女贞生长及生理指标的影响。结果表明,随着氯化钠(NaCl)浓度的升高,大叶女贞根系 AMF 真菌侵染率逐渐降低;接种 AMF 真菌可显著促进盐胁迫下大叶女贞的生长、提高其保护酶活性,在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞株高、茎粗、地径及总干质量分别较对照提升 6.68%、4.95%、3.61% 和 8.63%,超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, 简称 SOD)、过氧化物酶(peroxidase, 简称 POD)及过氧化氢酶(catalase, 简称 CAT)活性分别较对照提升 126.64%、75.02% 和 36.66%;接种 AMF 真菌可明显降低盐胁迫下大叶女贞叶片的细胞膜透性,在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片相对电导率及丙二醛(malonic dialdehyde, 简称 MDA)含量分别较对照降低 16.36% 和 13.28%;接种 AMF 真菌可显著降低大叶女贞叶片的脯氨酸(proline, 简称 Pro)含量,在 3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片脯氨酸含量较对照降低 23.42%;接种 AMF 真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞叶片的可溶性糖(soluble sugar, 简称 SS)及可溶性蛋白(soluble protein, 简称 SP)含量,在 3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片可溶性糖及可溶性蛋白含量分别较对照提升 25.90% 和 29.53%。综上所述,AMF 真菌可提高大叶女贞的耐盐性,促进其生长。

关键词:丛枝菌根真菌;大叶女贞;盐胁迫;耐盐性

中图分类号: S182; Q945.78

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)19-0129-04

目前,土壤盐渍化已成为全球性的土壤生态环境问题,对植物的生长发育和农林业的生产效益产生严重影响^[1]。据不完全统计,我国目前盐渍化土壤面积约为 1×10^8 hm²,而全球盐渍化土壤面积则达到 8×10^8 hm²,并且仍在不断发展^[2-3]。大叶女贞(*Ligustrum lucidum*)又称冬青,属木犀科(Oleaceae)女贞属(*Ligustrum*),叶片具有较强的滞尘抗烟及隔音功能,且四季常青,已成为我国各地园林绿化的主要树种之一^[4]。近年来,城市绿化土壤也逐步恶化,盐渍化现象逐年加重,严重影响城市绿地的生态效益,如何改良绿地土壤及提高绿化植物的耐盐能力已成为城市绿化中亟待解决的关键问题之一^[5]。丛枝菌根真菌(*Arbuscular mycorrhiza fungi*, 简称 AMF)是一类广泛存在于土壤中的有益真菌,可与绝大多数植物形成互利共生体系,通过改善土壤生态环境、提升植物对水分和养分的吸收等方式来促进植物生长发育和提高植物的抗逆性^[6-9]。目前,关于 AMF 提升植物的耐盐性,前人进行了大量的研究。柳洁等研究表明,随着盐胁迫程度的加剧,丛枝菌根真菌对茶树根系的侵染率逐渐降低,与未接种相比,盐胁迫下接种丛枝菌根真菌可显著促进茶树生长,茶树叶片游离脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(malonic dialdehyde, 简称 MDA)含量及膜透性均显著降低^[10];冯希环等研究表明,随着 NaCl 胁迫浓度的增加,丛枝菌根真菌对生菜根系的侵染率逐渐降

低,在 50 mmol/L NaCl 低盐浓度胁迫下,与未接种相比,接种丛枝菌根真菌可显著促进生菜生长,提高叶片超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, 简称 SOD)和过氧化物酶(peroxidase, 简称 POD)活性,降低叶片电导率^[11];王娜等研究表明,在不同浓度盐胁迫下,与未接种相比,接种丛枝菌根真菌均可显著促进紫花苜蓿生长,显著降低叶片相对电导率和 MDA 含量^[12];王英男等研究表明,盐胁迫显著降低丛枝菌根真菌对羊草根系的侵染率,与未接种相比,接种丛枝菌根真菌可显著提升盐胁迫下羊草的生物量和光合色素含量, SOD、POD、过氧化氢酶(catalase, 简称 CAT)及抗坏血酸过氧化物酶(ascorbate peroxidase, 简称 APX)活性均得到显著提升,氧自由基清除能力显著增强^[13]。然而,目前关于 AMF 真菌对大叶女贞耐盐性影响方面的研究鲜有相关报道,因此,本研究以大叶女贞为试材,分析盐胁迫下接种丛枝菌根真菌对大叶女贞生长和生理指标的影响,以期丛枝菌根真菌提高大叶女贞耐盐性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2017 年 4 月在承德市林业局苗圃进行。供试植物为大叶女贞,购自承德双丰种苗绿化有限公司;供试丛枝菌根真菌为摩西球囊霉菌(*Glomus mosseae*),由中国农业科学院植物保护研究所提供;供试分析纯 NaCl 购自北京市通广精细化工有限公司。将大叶女贞幼苗栽植于 45 cm × 40 cm (长 × 宽)花盆中,每盆定植 1 株,栽培基质为改良土壤基质。缓苗

收稿日期:2018-01-22

作者简介:张爱娣(1974—),女,广东河源人,讲师,主要从事园林植物抗逆性研究。E-mail: zzz7412@126.com。

期为 1 个月,其间进行正常的水分、养管理及病虫害防治。2017 年 5 月从定植苗中选取长势、大小一致的大叶女贞苗木进行盐胁迫试验。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验共设丛枝菌根真菌和盐胁迫 2 个因素,丛枝菌根真菌设 2 个水平,分别在定植前接种 20 g 丛枝菌根真菌和 20 g 经高温灭菌的丛枝菌根真菌(CK);盐胁迫试验共设 6 个水平,分别将 NaCl 浓度设置为 0、3、6、9、12、15 mg/g。试验设丛枝菌根真菌(处理与对照)×NaCl 浓度(6 水平)共 12 个处理,每个处理重复 10 盆,共 120 盆,随机区组设计。为避免盐冲击效应,NaCl 浓度每天按 3 mg/g 梯度递增,直至达到各处理预定浓度,然后每隔 3 d 按预定盐浓度浇灌 1 次,浇灌量为 300 mL。

1.2.2 项目测定及方法 盐胁迫处理 60 d 后,对大叶女贞进行各数据指标测定。根系菌根侵染率测定采用 Phillips 等的方法^[14],菌根侵染率=侵染菌根段数/检测菌根段数×100%;生物量主要测定大叶女贞的株高、茎粗、地径和总干质量;采用相对电导法(relative conductance,简称 RC)测定叶片细胞膜透性;MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸比色法;分别采用抑制硝基四氮唑蓝(nitroterazolium blue chloride,简称 NBT)光还原比色法、愈创木酚法和紫外分光光度法对 SOD、POD 和 CAT 活性进行测定;Pro 含量测定采用磺基水杨酸提取法和可溶性糖(SS)含量测定采用蒽酮比色法;可溶性蛋白(SP)含量采用考马斯亮蓝 G-250 法进行测定。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 软件进行试验数据整理、计算及作图,差异显著性分析采用 SPSS 18.0 进行。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对大叶女贞根系丛枝菌根真菌侵染率的影响

大叶女贞根系经丛枝菌根真菌接种后,分别利用不同浓度的 NaCl 对其进行盐胁迫。结果发现,经 AMF 真菌接种的大叶女贞根系均有大量菌丝生成,而未接种根系则无菌丝生成。侵染率测定结果表明,AMF 真菌对大叶女贞根系的侵染率随着 NaCl 浓度的升高而逐渐降低,NaCl 浓度为 3、6、9、12、

15 mg/g 的大叶女贞根系侵染率分别较 0 mg/g NaCl 处理降低 2.17%、7.07%、11.31%、14.65%、17.47%,其中,6 mg/g NaCl 处理与 0 mg/g NaCl 处理差异达到显著水平($P < 0.05$),9、12、15 mg/g NaCl 处理与 0 mg/g NaCl 处理差异极显著($P < 0.01$)(图 1)。这说明盐胁迫可明显降低大叶女贞根系丛枝菌根侵染率,且盐胁迫浓度越大,侵染率越低。

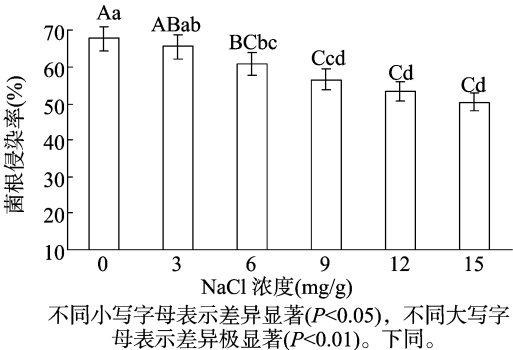


图1 盐胁迫对大叶女贞根系 AMF 真菌侵染率的影响

2.2 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞生长的影响

盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞生长的影响如表 1 所示,接种 AMF 真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞的株高、茎粗、地径和总干质量,促进大叶女贞生长($P < 0.05$)。随着 NaCl 浓度的升高,接种和未接种 AMF 的大叶女贞株高、茎粗、地茎和总干质量均呈现逐渐下降的趋势。3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞株高、茎粗、地径及总干质量分别为 53.18 cm、2.09 cm、3.39 cm 和 17.05 g,分别较未接种大叶女贞提升 6.68%、2.96%、4.63% 和 8.05%,总干质量与未接种相比差异显著($P < 0.05$),株高、地径均与未接种相比差异极显著($P < 0.01$);15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞株高、茎粗、地径及总干质量分别较接种的提升 6.68%、4.95%、3.61% 和 8.63%,株高、茎粗、地径及总干质量与未接种的相比差异显著($P < 0.05$)。这说明盐胁迫条件下接种 AMF 真菌可显著提升大叶女贞的株高、茎粗、地径及总干质量,促进大叶女贞生长。

表 1 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞生长的影响

NaCl 浓度 (mg/g)	株高(cm)		茎粗(cm)		地径(cm)		总干质量(g)	
	CK	AMF	CK	AMF	CK	AMF	CK	AMF
0	50.06bc	54.25a	2.08ab	2.12a	3.28cd	3.43a	16.15b	18.28a
3	49.85c	53.18a	2.03bc	2.09ab	3.24d	3.39ab	15.78b	17.05a
6	48.26d	51.82b	1.99cd	2.06b	3.21e	3.34bc	14.82bc	16.27b
9	46.14e	49.17cd	1.93ef	2.01c	3.16ef	3.27cd	13.95cd	15.06b
12	43.82f	46.26e	1.88f	1.97de	3.13f	3.22de	12.86de	13.83cd
15	41.16g	43.91f	1.82g	1.91f	3.05g	3.16ef	11.47f	12.46e

注:同一测定指标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),下表同。

2.3 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞叶片细胞膜透性的影响

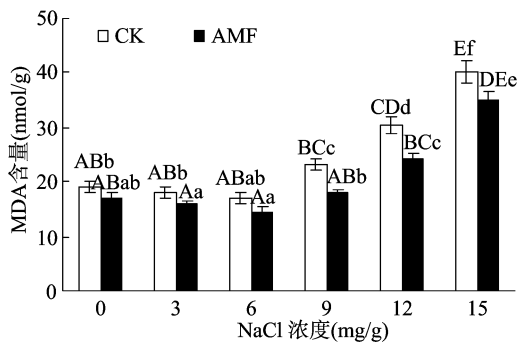
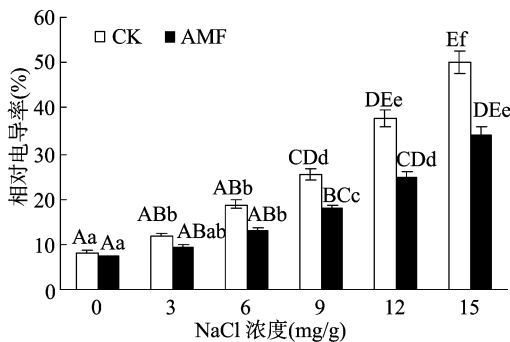
由图 2-a 可知,接种丛枝菌根真菌可显著降低盐胁迫下大叶女贞叶片的相对电导率($P < 0.05$)。随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞叶片的相对电导率呈现逐渐上升的趋势,且接种 AMF 真菌的上升幅度显著低于同浓度下的未接种处理。在 3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片

相对电导率为 9.15%,较未接种大叶女贞降低 2.91%;在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片相对电导率为 33.89%,较未接种降低 16.36%,达到显著差异($P < 0.05$)。这说明在盐胁迫条件下接种 AMF 真菌可显著降低大叶女贞叶片的相对电导率。

如图 2-b 所示,接种丛枝菌根真菌可显著降低盐胁迫下大叶女贞叶片的丙二醛含量($P < 0.05$)。随着 NaCl 浓度的

升高,大叶女贞叶片的 MDA 含量呈现先降低后上升的趋势,且接种 AMF 真菌的 MDA 含量始终低于同浓度下的未接种处理。在 3 mg/g 和 6 mg/g NaCl 浓度胁迫下,大叶女贞叶片的 MDA 含量均较对照(0 mg/g NaCl)略有下降,且接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片 MDA 含量较未接种分别降低 12.78% 和

13.70%;在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片 MDA 含量为 34.93 nmol/g,较未接种降低 13.28%,达到显著差异($P < 0.05$)。这说明在盐胁迫条件下接种 AMF 真菌可显著降低大叶女贞叶片的 MDA 含量。



图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。下同
图2 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞叶片细胞膜透性的影响

2.4 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞保护酶活性的影响

如图3所示,接种 AMF 真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞叶片的 SOD、POD 及 CAT 活性($P < 0.05$)。随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞的 SOD、POD 及 CAT 活性均呈现先上升后下降的趋势,且接种 AMF 真菌的 SOD、POD 及 CAT 活性均始终高于同浓度下的未接种处理。在 9 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片 SOD、POD、CAT 活性分别为 462.83、345.91、781.65 U/(g·min),分别较未接种提升 46.55%、31.60%、25.39%,POD 及 CAT 活性均较未接种差

异达到显著水平($P < 0.05$),SOD 活性较未接种差异达到极显著水平($P < 0.01$);在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片 SOD、POD 及 CAT 活性分别较未接种提升 126.64%、75.02% 和 36.66%,POD 及 CAT 活性均较未接种差异达到显著水平($P < 0.05$),SOD 活性较未接种差异达到极显著水平($P < 0.01$)。这说明在盐胁迫条件下,接种 AMF 真菌可显著提升大叶女贞叶片的 SOD、POD 及 CAT 活性。

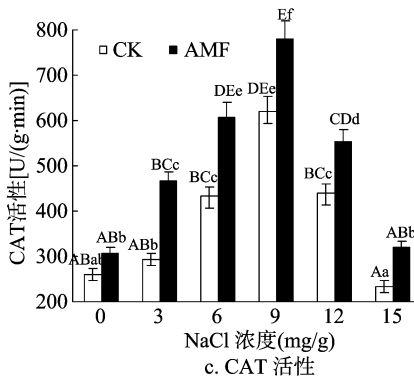
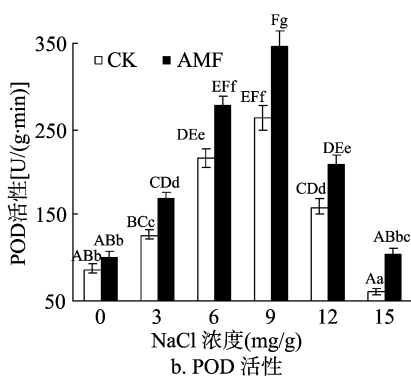
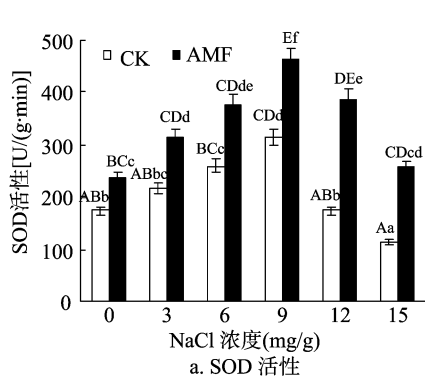


图3 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞叶片保护酶活性的影响

2.5 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞渗透调节物质含量的影响

由表2可知,接种丛枝菌根真菌可显著降低盐胁迫下大叶女贞叶片 Pro 含量($P < 0.05$)。随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞叶片的 Pro 含量呈现逐渐上升的趋势,且接种 AMF 真菌的上升幅度显著低于同浓度下的未接种处理。在 3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片的脯氨酸含量为 9.35 $\mu\text{g/g}$,较未接种大叶女贞降低 23.42%;在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片的 Pro 含量为 36.33 $\mu\text{g/g}$,较未接种降低 17.09%,差异达到显著水平($P < 0.05$)。这说明在盐胁迫条件下接种 AMF 真菌可显著降低大叶女贞叶片的 Pro 含量。

接种丛枝菌根真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞叶片的 SS 及 SP 含量($P < 0.05$)。随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞叶片的 SS 及 SP 含量均在一定范围内呈现逐渐上升的趋势,且接种 AMF 真菌的上升幅度始终高于同浓度下的未接种处理。在 3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片 SS 及 SP 含量分别较未接种提升 25.90% 和 29.53%,SS 含量较未接种差异达到显著水平($P < 0.05$);在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片的 SS 及 SP 含量分别为 54.33、42.55 $\mu\text{g/g}$,分别较未接种大叶女贞提升 31.33% 和 12.45%,SS 含量较未接种差异达到极显著水平。这说明,在盐胁迫条件下,接种 AMF 真菌可显著提升大叶女贞叶片的 SS 及 SP 含量。

表 2 盐胁迫下丛枝菌根真菌对大叶女贞叶片渗透调节物质含量的影响

NaCl 浓度 (mg/g)	脯氨酸含量(μg/g)		可溶性糖含量(μg/g)		可溶性蛋白含量(μg/g)	
	CK	AMF	CK	AMF	CK	AMF
0	8.13a	7.36a	33.21a	37.81ab	15.27a	18.84a
3	12.21ab	9.35b	37.02ab	46.61cd	20.52ab	26.58b
6	17.35bc	14.01c	45.34cd	55.19de	27.37b	35.19c
9	25.31d	19.32e	55.62de	75.36e	35.95c	48.88ef
12	35.03e	28.75f	49.13d	69.25e	45.62e	54.63f
15	43.82f	36.33g	41.37bc	54.33de	37.84cd	42.55de

3 结论与讨论

前人研究表明,AMF 真菌的菌根侵染率与盐浓度密切相关,随着盐浓度的升高,AMF 真菌的孢子萌发率明显降低,菌根活性显著下降,菌根侵染率明显降低^[15]。本研究结果表明,随着 NaCl 浓度的升高,AMF 真菌对大叶女贞根系的侵染率逐渐降低,NaCl 浓度为 15 mg/g 的根系侵染率较无 NaCl 处理降低 17.47%。本研究结果与柳洁等在茶树^[10]、冯希环等在生菜^[11]、王英男等在羊草^[13]方面的研究结果较为一致。

在盐胁迫条件下,植株生长明显受限,而接种 AMF 真菌可明显缓解盐胁迫对植株生长的影响。本研究结果表明,随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞的株高、茎粗、地径和总干质量均呈现逐渐下降的趋势,且接种 AMF 真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞的株高、茎粗、地径和总干质量,促进大叶女贞生长。在 3 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种丛枝菌根真菌的大叶女贞株高、茎粗、地径及总干质量分别较未接种提升 6.68%、2.96%、4.63% 和 8.05%。本研究结果与柳洁等在茶树^[10]、冯希环等在生菜^[11]、王娜等在紫花苜蓿^[12]及王英男等在羊草^[13]方面的研究结果较为一致,其原因可能是在盐胁迫下,接种丛枝菌根真菌可扩大根系吸收面积,提升植物对水分、养分的吸收能力,从而促进植株生长^[16]。

植物在遭遇逆境时,体内会产生大量的活性氧,含量过高时往往造成细胞的膜质过氧化。植物在长期的进化过程中形成了一套用于去除、中和及捕获体内活性氧的抗氧化防御机制^[17]。本研究结果表明,随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞的 SOD、POD 及 CAT 活性均呈现先上升后下降的趋势,接种 AMF 真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞叶片的 SOD、POD 及 CAT 活性。在 9 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片 SOD、POD 及 CAT 活性分别较未接种提升 46.55%、31.6% 和 25.39%。相对电导率和 MDA 含量是衡量膜质过氧化程度的重要指标。本研究结果表明,接种丛枝菌根真菌可显著降低盐胁迫下大叶女贞叶片的相对电导率和 MDA 含量。在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片相对电导率和 MDA 含量分别较未接种降低 16.36% 和 13.28%,差异均达到显著水平($P < 0.05$)。本研究结果与柳洁等在茶树^[10]、冯希环等在生菜^[11]及王英男等在羊草^[13]方面的研究结果一致,其原因可能是在盐胁迫下,接种 AMF 真菌可显著提升大叶女贞叶片的保护酶活性,从而提升大叶女贞对活性氧的清除能力,使细胞受伤害程度减轻,进而导致相对电导率和 MDA 含量降低。

脯氨酸、可溶性糖及可溶性蛋白是植物逆境胁迫下的主

要渗透调节物质。大量研究表明,随着外界盐浓度的升高,脯氨酸含量逐渐上升,可溶性糖及可溶性蛋白含量则先上升后下降^[18]。本研究结果表明,随着 NaCl 浓度的升高,大叶女贞叶片的脯氨酸含量逐渐上升,可溶性糖及可溶性蛋白含量则先上升后下降,且接种 AMF 真菌可显著降低盐胁迫下大叶女贞叶片的脯氨酸含量,显著提升大叶女贞叶片的可溶性糖及可溶性蛋白含量。在 15 mg/g NaCl 浓度胁迫下,接种 AMF 真菌的大叶女贞叶片的脯氨酸含量较未接种降低 17.09%,可溶性糖及可溶性蛋白含量分别较未接种提升 31.33% 和 12.45%。

综上所述,接种 AMF 真菌可显著提升盐胁迫下大叶女贞的耐盐性,其机制可能是接种 AMF 可显著提升大叶女贞的保护酶活性,缓解盐胁迫对植物细胞造成的伤害,通过提升渗透调节物质含量来维持细胞渗透平衡,从而提高耐盐性,促进大叶女贞生长。

参考文献:

- [1] Zhang Y D, Very A A, Wang L M, et al. A K⁺ channel from salt-tolerant melon inhibited by Na⁺ [J]. New Phytologist, 2011, 189 (3): 856–868.
- [2] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 303.
- [3] Kovda V A. Loss of productive land due to salinization[J]. Ambio, 1983, 12(2): 91–93.
- [4] 林 艳, 郭伟珍, 徐振华, 等. 大叶女贞抗寒性及冬季叶片丙二醛和可溶性糖含量的变化[J]. 中国农学通报, 2012, 28(25): 68–72.
- [5] 杨海霞, 徐 萌, 刘 宁, 等. 丛枝菌根真菌对两种草坪草耐盐性的影响[J]. 草业科学, 2014, 31(7): 1261–1268.
- [6] 李桂真, 陈志超, 李新川, 等. 新疆盐生植物芦苇根围 AM 真菌的空间分布特征[J]. 草业科学, 2016, 33(7): 1267–1274.
- [7] 王振楠, 杨美玲, 刘 鸯, 等. 丛枝菌根真菌对红花生长及根际土壤微环境的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(4): 904–909.
- [8] 许庆龙, 刘晓敏, 徐小兵, 等. 4 种丛枝菌根真菌对南高丛蓝莓抗旱性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2016, 42(4): 427–434.
- [9] 贾振宇, 于 洁, 德 英, 等. 丛枝菌根真菌接种对羊草抗旱性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(1): 132–136.
- [10] 柳 洁, 肖 斌, 王丽霞, 等. 丛枝菌根真菌对茶树耐盐性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(3): 220–225, 234.
- [11] 冯希环, 刘维信, 李 敏. 盐胁迫下丛枝菌根真菌对生菜生长和生理特性的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2016, 33(4): 242–246.
- [12] 王 娜, 陈 飞, 岳英男, 等. 松嫩盐碱草地 2 种优势丛枝菌根真菌对紫花苜蓿耐盐性的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(24): 146–148.

叶建强,宋冰,李玉,等.灰树花生理成熟期到出菇期生理生化初探[J].江苏农业科学,2018,46(19):133-136.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.035

灰树花生理成熟期到出菇期生理生化初探

叶建强,宋冰,李玉,付永平,李丹,李长田,王菲,徐安然,孟灵思

(吉林农业大学/食药菌教育部工程研究中心,吉林长春 130118)

摘要:为较全面地了解灰树花生理后熟期及其以后的生理生化变化,进行温度差、pH 值、菌料单位面积压力、含水量、失质量、羧甲基纤维素酶活性、滤纸纤维素酶活性、淀粉酶活性、半纤维素酶活性、胞外水溶性糖含量、胞外水溶性蛋白含量的研究。结果表明,不同指标变化趋势不完全相同,同一指标不同时期变化也不完全相同。菌料单位面积压力在生理成熟期不断升高到一定水平,在出菇期的原基形成时明显升高,达到最大值后不断降低;羧甲基纤维素酶活性在生理成熟期降低到稳定值,在出菇期明显升高,原基形成后不断降低;胞外可溶性蛋白含量在生理成熟期不断升高到一定水平,在出菇期菌丝恢复时降低,后又升高到稳定水平。pH 值和漆酶相关酶与原基形成有一定正相关,这对灰树花原基形成研究具有积极意义,同时为灰树花栽培过程中的生理成熟期及出菇管理提供理论依据。

关键词:灰树花;生理成熟期;出菇期;生理生化;酶活性;原基形成

中图分类号: S646.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0133-04

灰树花[*Grifola frondosa* (Dicks.) Gray]商品名别称栗子蘑(中国河北省迁西县)、舞茸(日本)^[1],具有很高的食药价值^[2-5],素有“食用菌王子”之美称^[6]。目前,灰树花在日本的销量已仅次于香菇和金针菇,稳居第 3 位^[7],在我国也是主要栽培珍稀食药菌之一^[8],在河北省迁西县、山东省泰安市及浙江省庆元县等地已形成区域特色产业^[9]。

食用菌栽培过程分为培养过程及出菇过程。培养过程分为定植期、发热期和生理成熟期^[10]。生理成熟期能显著影响食用菌的产量和效益。近些年,关于食用菌生理成熟期的研究不断增多。以往的研究表明,不同食用菌拥有不同的较适应的生理成熟期培养天数,如香菇(20~40 d)、白灵菇(30~60 d)、茶薪菇(20~25 d)、蟹味菇(30~35 d)、灰树花(20~30 d)、杏鲍菇(7 d)、金针菇(2~5 d)、真姬菇(25~40 d)等^[11],但未有针对关于该阶段的深入研究。灰树花属于中高

温型菌^[12],出菇温度和发菌温度基本一致,可以减少其他因素的影响。虽然已有关于灰树花栽培过程中胞外酶等方面的报道^[13-14],但都没有进入该阶段的深入研究。本试验以主要栽培料硬杂木木屑、麦麸、轻质碳酸钙等为栽培培养基^[15],研究灰树花生理成熟期到出菇阶段的培养基质量、含水量等生理生化变化,以期为灰树花栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 灰树花菌种 菌株号为 H34,由吉林农业大学食药菌教育部工程研究中心提供,来源于山东省泰安市。栽培料主料(硬杂木木屑)和辅料(麦麸、轻质碳酸钙),均购自吉林省长春市农博园菌菜基地。

1.1.2 培养基 配方:75%硬杂木木屑(主料),23%麦麸(辅料),2%轻质碳酸钙(辅料),培养料含水量在 62.5%左右,pH 值自然。

1.2 试验方法

1.2.1 栽培试验 各料运用烘干箱在 105 ℃烘干 30 min,测定含水量。按配方配比及含水量称取各材料,加水拌至含水量为 62.5%左右,采用 33.00 cm×17.50 cm×0.05 cm 聚丙烯袋装湿料 800.0 g(干料 300.0 g),袋口套直径为 2.5 cm 的套环,插入直径为 2.5 cm、深 12 cm 的柱型塑料插棒,在 121 ℃灭菌 85 min,冷却至室温,接种菌棒(拔出塑料插棒),每袋接种 10 mL 液体菌种,盖上透气盖,在 23~26 ℃培养大

收稿日期:2017-05-16

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201503137);国家重点基础研究发展规划项目(编号:2014CB138305);吉林省秸秆综合利用技术创新平台(编号:吉高平合字 2014B-1);吉林农业大学启动资金(编号:2015007)。

作者简介:叶建强(1990—),男,江西鹰潭人,硕士研究生,主要从事食用菌栽培研究。E-mail:1508409301@qq.com。

通信作者:李玉,男,教授,博士生导师,主要从事菌物科学与食用菌工程技术和产业化研究。E-mail:yuli966@126.com。

[13]王英男,陶爽,华晓雨,等.盐碱胁迫下 AM 真菌对羊草生长及生理代谢的影响[J].生态学报,2018,38(6):1-8.

[14]Phillips J M, Hayman D S, Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection [J]. Transactions of the British Mycological Society, 1970, 55(1): 158-160.

[15]Tsang A, Maunm A. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Atrophostyles helvola* in coastal foredunes [J]. Plant Ecology, 1999,

144(11): 159-166.

[16]陆爽,郭欢,王绍明,等.盐胁迫下 AM 真菌对紫花苜蓿生长及生理特征的影响[J].水土保持学报,2011,25(2):227-231.

[17]樊瑞苹,周琴,周波,等.盐胁迫对高羊茅生长及抗氧化系统的影响[J].草业学报,2012,21(1):112-117.

[18]魏秀君,殷云龙,芦治国,等. NaCl 胁迫对 5 种绿化植物幼苗生长和生理指标的影响及耐盐性综合评价[J].植物资源与环境学报,2011,20(2):35-42.