

非灭菌土接种 AM 真菌对油蒿抗旱性的影响

张焕仕^{1,2}, 钦佩², 潘少明¹, 贺学礼³

(1. 南京大学 连云港高新技术研究院, 江苏 连云港 222000; 2. 南京大学 盐生植物实验室, 江苏 南京 210093;

3. 河北大学 生命科学学院, 河北 保定 071002)

摘 要:利用盆栽试验在正常水分和干旱胁迫条件下研究了非灭菌土接种 AM 真菌摩西球囊霉(*Glomus mosseae*)和土著 AM 真菌(Indigenous arbuscular mycorrhizal fungi)对油蒿(*Artemisia ordosica*)生长及抗旱性的影响。结果表明:干旱胁迫显著抑制了 AM 真菌对油蒿的侵染。无论在正常水分还是干旱胁迫条件下,接种 AM 真菌都增加了植株的分枝数、地上部鲜重和干重、地下部鲜重和干重,但没有明显提高株高、茎粗和改善组织水分状况;与未接种相比,干旱胁迫下接种土著 AM 真菌显著提高了根系氮、磷含量,提高了叶绿素、可溶性蛋白含量,增强了保护酶超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)的活性并降低了丙二醛的含量,因此增强了植物的抗旱性。

关键词:AM 真菌;干旱胁迫;油蒿;非灭菌土

中图分类号:S 543⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)02-0001-05

油蒿(*Artemisia ordosica*)属菊科蒿属半灌木,又名黑沙蒿,是毛乌素沙地中分布最广泛的沙生植物群落的优势种,不仅成为当地天然放牧场,还具有较强的降尘固沙功能^[1-2]。目前有人研究了油蒿在不同 CO₂ 浓度^[4]、不同水分条件^[5]下的反应,还发现沙地沙丘土壤含水量特征是影响油蒿群落衰退的主要原因^[3],因此研究如何促进油蒿生长并提高其抗旱性对于防治土地荒漠化具有重要意义。

丛枝菌根真菌(Arbuscular mycorrhizal fungi)能与大多数植物建立共生体,促进植物生长,提高植物抗旱性^[6]。但大部分研究都是在土壤灭菌条件下进行的^[7-9],土壤未灭菌盆栽在干旱胁迫条件下 AM 真菌对油蒿的影响还未见报道。现以摩西球囊霉(*Glomus mosseae*)和柠条(*Caragana intermedia*)根际土扩繁菌作为菌剂,利用非灭菌土在正常水分和干旱胁迫条件下系统研究了 AM 真菌对油蒿生长和抗旱性的影响,以揭示油蒿与 AM 真菌在荒漠环境中的共生机理与适应干旱环境的对策,为进一步筛选可与油蒿形成良好共生关系的 AM 菌种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 接种菌剂 摩西球囊霉(*Glomus mosseae*)是以黑

第一作者简介:张焕仕(1978-),男,山东诸城人,博士,现主要从事盐土农业生态学和耐盐植物资源开发研究工作。Email: zhang-huanshi@126.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40471075);连云港科技局农业科技攻关资助项目(NY1002)。

收稿日期:2011-11-07

麦草为宿主植物扩大繁殖 120 d 后含有孢子、菌丝和侵染根段的根际土(368 个孢子/100g 土);土著 AM 真菌分离于毛乌素沙地植物-柠条(*Caragana intermedia*)根际土,经黑麦草扩大繁殖 120 d 后含有孢子、菌丝和侵染根段的根际土(经鉴定其优势 AM 真菌菌种为摩西球囊霉(*G. mosseae*)、聚球囊霉(*G. aggregatum*)、地球囊霉(*G. geosporum*),1 020 个孢子/100g 土)。

1.1.2 宿主植物 油蒿(*Artemisia ordosica*)种子于 2005 年 10 月采自毛乌素沙地野生油蒿,用 10% H₂O₂ 浸泡 5 min 后用无菌水反复冲洗数次备用。

1.1.3 土壤 采自河北大学网室土,按体积比土:沙=1:1 混匀,过 2 mm 筛,土壤基本理化性状见表 1。

表 1 试验用土的基本理化性质

Table 1 Basic physiochemical properties of soils used in experiment

pH	速效氮 Available N /mg · kg ⁻¹	速效磷 Available P /mg · kg ⁻¹	速效钾 Available K /mg · kg ⁻¹	有机质 Organic matter /%	土壤最大持水量 Field moisture capacity/%
8.13	38.5	6.62	4.89	1.873	21.3

1.1.4 盆栽容器 21.5 cm×16.0 cm×20.5 cm 的塑料盆,在 KMnO₄ 溶液中浸泡 1 h 后晾干备用。

1.2 试验方法

试验在河北大学生命科学学院日光温室中进行。设正常水分(土壤含水量保持在土壤最大持水量的 75%~85%内,WW)和干旱胁迫(土壤含水量保持在土壤最大持水量的 35%~45%内,DS)2 个水分处理,每一水分处理又设接种 *G. mosseae*(Gm)、接种土著 AM 真菌(I)和不接种(CK)3 个处理,3 次重复,共计 18 盆,随机区组排列。每盆装土 4 kg,其中接种处理每盆均匀层施

相应菌剂 15 g,不接种处理每盆加等量未灭菌土,于 2006 年 5 月 1 日播种后充分灌溉,使每盆土壤达最大持水量并保持含水量一致,在苗高 5 cm 时每盆选留长势一致的苗 3 株。生长前期进行常规管理,7 月 21 日开始水分处理,每天下午 17:00 通过称重法维持土壤含水量在相应处理范围内。生长期每隔 7 d 每盆施加 50 mL Hoagland 营养液。2006 年 10 月 1 日结束试验收获植株,进行相关指标的测定。

1.3 项目测定

叶片水分饱和亏、相对含水量、鲜重含水量在收获时测定^[10],常规方法测定植株茎粗、株高、分枝数、地上部鲜干重和地下部鲜干重。植株组织中 N 和 P 含量分别用凯氏定氮法和钒钼黄比色法。叶片可溶性糖和可溶性蛋白质含量分别用蒽酮比色和考马斯亮蓝 G-250 染色法(以牛血清蛋白做标准曲线)。丙二醛和脯氨酸含量按文献^[11]的方法测定。按王元贞^[12]的方法测定叶片叶绿素含量。按文献^[13]的方法测定菌根侵染率。

在植株收获前每个处理采集相同部位的鲜叶片,于 -4℃ 保存备用。精确称量 0.5 g 鲜叶片加入 5 mL pH 7.8 的磷酸缓冲液于冰浴中研磨,匀浆转入离心管,于 -4℃ 8 000 r/min 离心 10 min,提取上清液用于保护酶

活性测定。按照文献^[12]的方法,超氧化物歧化酶(SOD)采用氮蓝四唑(NBT)法(以抑制 NBT 降解 10% 作为 1 个酶活单位)、过氧化物酶(POD)采用愈创木酚法(以 1 min 光密度值上升 0.1 作为 1 个酶活单位)、过氧化氢酶(CAT)采用紫外吸收法(吸光度每下降 0.01 作为 1 个酶活单位)测定。

1.4 数据分析

数据采用 Spss 10.0 统计软件 One-Way ANOVA 程序进行统计和分析,利用邓肯(Duncan)新复极差法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对油蒿菌根侵染率的影响

由表 2 可知,干旱胁迫显著抑制了土著 AM 真菌的侵染,抑制程度达 52.78%。接种 *G. mosseae* 株的侵染率下降了 31.74%,未接种株也受到了 AM 真菌的侵染,受干旱胁迫影响而下降了 30.16%。可见未灭菌土本身存在一定数量的土著 AM 真菌,并且受干旱胁迫的影响小于外来菌种。同时说明 *G. mosseae* 在旱生环境中比土著 AM 真菌易于侵染植株,这与灭菌土壤中的试验结果是一致的^[14]。

表 2 AM 真菌侵染对油蒿生长的影响

Table 2 The effects of AM fungi infection on the growth of *A. ordosica*

处理 Treatments	侵染率 Infection rate /%	株高 Height of plant /cm	茎粗 Stem diameter /cm	分枝数 Branch number	鲜重 Fresh weight/g		干重 Dry weight/g	
					地上部分 Shoots	地下部分 Roots	地上部分 Shoots	地下部分 Roots
WW	Gm	70.00bc	47.32ab	0.5540c	19.11b	22.20b	7.67b	8.12c
	I	80.00c	53.96b	0.4798bc	18.67ab	21.09b	7.59b	7.41bc
	CK	70.00bc	48.63ab	0.5353c	17.00ab	20.31b	5.49ab	6.50b
DS	Gm	47.78ab	42.45a	0.3614a	17.03ab	13.92a	3.08a	4.75a
	I	37.78a	43.36a	0.4071ab	16.44ab	15.30a	3.94a	4.97a
	CK	48.89ab	45.77ab	0.5176c	13.78a	13.91a	3.21a	4.66a

注:表中同一列中不同小写字母表示差异达 5% 显著水平;WW 正常水分,DS 干旱胁迫,Gm 接种 *G. mosseae*,I 接种土著 AM 真菌,CK 非接种。下同。

Note: The different little letters show difference at 5% level in the vertical row; WW Well water, DS Drought stress, Gm *G. mosseae* inoculation, I Indigenous AM fungi inoculation, CK Non-inoculation. The same below.

2.2 正常水分和干旱胁迫下 AM 真菌侵染对油蒿生长的影响

接种 AM 真菌促进了油蒿植株的生长。由表 2 可知,不论正常水分还是干旱胁迫下 AM 真菌的侵染都增加了植株的分枝数、地上部鲜重和干重、地下部鲜重和干重,对株高、茎粗促进效果不大。其中,正常水分处理时接种 *G. mosseae* 的效应高于接种土著 AM 真菌,而干旱胁迫时土著 AM 真菌则能更好地促进植株生长。例如干旱胁迫下与未接种株相比,接种土著 AM 真菌的植株地上部鲜重和干重、地下部鲜重和干重分别提高了 9.99%、6.65%、22.74%、12.82%,而接种 *G. mosseae* 的效果不明显,其优势在于增加植株的分枝。干旱胁迫时未接种株高略大于接种株,而茎粗显著大于接种株。

2.3 正常水分和干旱胁迫下 AM 真菌对油蒿水分状况和氮、磷含量的影响

由表 3 可知,油蒿通过增加叶片相对含水量和鲜重含水量并降低水分饱和和亏来抵抗干旱,而接种 AM 真菌对于改善植株水分状况的效应并不显著。接种土著 AM 真菌的效应只在水分饱和和和鲜重含水量指标上略高于接种 *G. mosseae*。接种株和未接种株的差异不显著。

植株地上部分氮、磷含量因干旱胁迫而降低,地下部分氮、磷含量却显著提高。接种土著 AM 真菌时,在正常水分下植株地上部分的氮、磷含量分别增加了 8.46%、30.53%,地下部分则分别减少了 10.43%、20.34%,干旱胁迫下地上部分的磷含量显著增加了 78.47%,地下部分的氮、磷含量分别增加了 45.45%、

20.79%。接种 *G. mosseae* 的植株在干旱胁迫下氮含量略高于未接种株,其它指标则低于未接种株。说明接种土著 AM 真菌对于植株吸收磷素营养有较好的促进效果,在植株受到干旱胁迫时增加根系对氮、磷的吸收效果最好。

表 3 AM 真菌对油蒿叶片水分状况及磷、氮含量的影响

Table 3 Effects of AM fungi on the water status and P and N contents of *A. ordosica*

处理 Treatments		叶片鲜重含水量		全 N 含量		全 P 含量	
		相对含水量	水分饱和和亏	Content of N/%		Content of P/%	
		RWC	WSD	地上部分	地下部分	地上部分	地下部分
		/%	/%	Shoots	Roots	Shoots	Roots
WW	Gm	78.15a	21.85a	69.96a	2.47a	0.874a	0.287ab
	I	81.06a	18.94a	74.52b	2.82a	0.867a	0.419b
	CK	78.85a	21.15a	74.47b	2.60a	0.968a	0.321ab
DS	Gm	86.14a	19.85a	77.21bc	2.41a	1.78b	0.118a
	I	81.11a	18.89a	78.07c	2.22a	2.56c	0.257ab
	CK	81.87a	18.13a	77.93bc	2.28a	1.76b	0.144a

2.4 正常水分和干旱胁迫下 AM 真菌对叶片叶绿素合成的影响

由表 4 可知,与未接种株相比,干旱胁迫下接种 *G. mosseae* 的叶片叶绿素含量增加了 12%。接种土著 AM 真菌在 2 种水分处理下的叶片叶绿素含量都低于接种 *G. mosseae* 株和未接种株。说明在旱生环境中 *G. mosseae* 对于增加叶片叶绿素合成,提高植株光合效率的作用大于接种土著 AM 真菌。

表 4 AM 真菌对叶片叶绿素含量和渗透调节物的影响

Table 4 Effects of AM fungi on the content of Chl and osmoregulation matter in leaves of *A. ordosica*

处理 Treatments		叶绿素含量	可溶性糖含量	脯氨酸含量
		Content of Chl /mg · g ⁻¹ FW	Content of soluble sugar /%	Content of protein /μg · g ⁻¹ FW
WW	Gm	0.764a	0.552b	6.45a
	I	0.683a	0.430ab	5.17a
	CK	0.769a	0.404ab	23.72b
DS	Gm	0.756a	0.343a	36.99b
	I	0.671a	0.342a	6.19a
	CK	0.675a	0.423ab	6.32a

2.5 正常水分和干旱胁迫下 AM 真菌对叶片可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白含量的影响

由表 4 可知,接种 *G. mosseae* 提高了正常水分下的叶片可溶性糖含量 36.63%。干旱胁迫下 2 个菌种对可溶性糖含量的促进效果不如未接种株。正常水分下接种 AM 真菌显著降低了脯氨酸含量,在干旱胁迫下接种 *G. mosseae* 的脯氨酸含量显著高于未接种株。说明 AM 真菌在水分适宜时能促进合成可溶性糖进行渗透调节,降低脯氨酸含量,但在干旱胁迫时接种效果不佳。

由表 5 可知,接种 *G. mosseae* 在干旱胁迫下促使叶

片可溶性蛋白含量提高了 9.30%,在正常水分和干旱胁迫下接种土著 AM 真菌植株的可溶性蛋白含量分别提高了 4.41%、30.15%。说明接种 AM 真菌可以通过增加合成可溶性蛋白来缓解干旱对植物细胞的伤害。

表 5 接种 AM 真菌对叶片保护系统和丙二醛含量的影响

Table 5 Effects of AM fungi on protective system and content of MDA in leaves of *A. ordosica*

处理 Treatments		SOD	POD	CAT	可溶性蛋白含量	丙二醛含量
		/U · g ⁻¹	/U · min ⁻¹	/U · min ⁻¹	Content of soluble protein	Content of MDA
		FW	· g ⁻¹ FW	· g ⁻¹ FW	/mg · g ⁻¹	/mmol · g ⁻¹
WW	Gm	587.93b	4.49a	223.20b	2.57a	0.0139d
	I	619.11b	5.04a	179.62b	2.84ab	0.0126cd
	CK	558.24b	8.97ab	214.99b	2.72ab	0.0111bc
DS	Gm	495.52ab	5.39a	3.70a	4.35ab	0.0092a
	I	317.87a	13.92b	1.63a	5.18b	0.0091a
	CK	361.88a	10.27ab	1.34a	3.98ab	0.0104ab

2.6 正常水分和干旱胁迫下 AM 真菌对叶片酶保护系统和丙二醛含量的影响

由表 5 可知,接种 *G. mosseae* 提高了 2 种水分处理下 SOD 和 CAT 活性,正常水分下分别提高了 5.32%、3.82%,干旱胁迫下分别提高了 36.93%、176.12%,而 POD 活性都低于未接种株。接种土著 AM 真菌提高了正常水分下的 SOD 活性和干旱胁迫下的 POD、CAT 活性,分别提高了 10.90%、35.54%、21.64%。在正常水分处理时 CAT 活性异常活跃,而在干旱胁迫时则活性较低。说明油蒿主要通过提高 SOD、POD 活性来消除氧自由基,增强抗旱性,而接种 *G. mosseae* 能提高 SOD、CAT 活性,接种土著 AM 真菌能提高植株抵御干旱胁迫的能力。说明接种 AM 真菌能有效缓解植株受到的干旱胁迫,减轻了膜脂过氧化程度,降低了 MDA 的合成。例如在干旱胁迫下,接种 *G. mosseae* 和土著 AM 真菌降低了 MDA 的含量,与未接种株比较分别减少了 11.54%、12.5%。

3 讨论与结论

吴强盛等^[15]研究表明,12%的土壤含水量严重抑制了 *G. mosseae* 对枳实生苗的侵染。该试验中干旱胁迫显著抑制了 AM 真菌对油蒿的侵染,相比土著 AM 真菌, *G. mosseae* 对于干旱具有较高耐受性。该试验所用土壤没有进行灭菌处理,土壤中本身存在的土著 AM 真菌较好地适应了当地土壤环境,受干旱胁迫的影响较小,而外来菌种受土著微生物及 pH、矿质养分等的影响可能需要一个长期的竞争、适应过程,因此接种株和未接种株之间的侵染率差异不显著。

罗晓莹等^[16]报道了在非灭菌条件下接种木薯球囊霉菌对肉桂幼苗地上部分、地下部分和总生物量均有明显的促进作用。该试验结果表明,接种土著 AM 真菌的

植株地上部鲜重和干重、地下部鲜重和干重都有不同程度的提高,*G. mosseae*的接种效果不如土著 AM 真菌,但表现出促进植株分枝的良好效应。植株组织的水分状况可以反映植株抗旱性,但在未灭菌条件下接种株和未接种株的水分状况没有显著差异。这可能是土壤中原有的土著 AM 真菌和外来菌种对于油蒿的水分吸收起到了大致相同的促进作用。

植物的营养生长有赖于氮、磷、钾等养分的吸收,同时合成叶绿素进行光合作用。Aarle 等^[17]研究认为,菌根真菌促进宿主植物生长的直接原因是改善了植物的磷营养状况。贺学礼等^[18]研究表明,非灭菌条件下在速效磷亏缺的土壤中接种 VA 菌可以促进小麦的叶绿素含量,并显著提高土壤磷的利用效率。陆文龙等^[19]报道了接种从枝菌根真菌促进了玉米对氮、磷营养的吸收。该试验结果表明,与未接种株相比,干旱胁迫下接种 *G. mosseae* 的叶片叶绿素含量增加了 12%,接种土著 AM 真菌提高了地上部分氮、磷含量,尤其是提高了干旱胁迫下根系中的氮、磷含量。据此推测,通过加强根系对营养元素的吸收并促进根系生长,以扩大植物对水分及养分的吸收面积,从而提高植株抗旱性可能是油蒿对于干旱胁迫的防御机制之一,而菌根对于这种机制具有促进作用。

脯氨酸和可溶性糖主要通过调节细胞质的渗透势,同时保护酶、蛋白质和生物膜等达到抗旱作用。在枳实生苗^[15]接种 *G. mosseae* 能提高根系和叶片可溶性糖的积累,降低叶片脯氨酸含量。该试验结果表明,土壤非灭菌条件下接种 AM 真菌对可溶性糖的合成没有显著作用,可能是由于土壤中原来的 AM 真菌对外来菌种产生的竞争和拮抗作用,降低了外来 AM 真菌的促进作用。目前关于逆境条件下植物体内脯氨酸浓度升高是保护反应还是伤害症状尚无定论^[20],因此试验中干旱胁迫下接种 *G. mosseae* 株的脯氨酸含量显著提高的原因有待进一步探讨。

干旱胁迫时植物细胞会产生大量活性氧($O^{\cdot-}$ 、 H_2O_2 、 $\cdot OH$ 、 $O_2^{\cdot-}$ 等),导致细胞膜脂过氧化产物丙二醛的积累,造成细胞膜的损伤,而植物本身存在酶性(SOD、POD、CAT等)与非酶性(可溶性蛋白、类胡萝卜素等)2种抗氧化系统来清除过量的活性氧^[21]。烟草^[12]、白术^[22]、君迁子等^[23]在植物上的试验表明,土壤未灭菌条件下接种 AM 真菌提高了保护酶 SOD、POD、CAT 的活性,降低了细胞膜脂过氧化,减少了 MDA 的合成,从而增强了植株的抗旱性能。该试验结果也表明,接种 *G. mosseae* 能提高 SOD、CAT 活性,接种土著 AM 真菌能提高植株在受到干旱胁迫时的 POD、CAT 活性,并且在干旱胁迫下,接种 *G. mosseae* 和土著 AM 真菌都降低了 MDA 的含量。接种 AM 真菌也提高了非酶保护物质-可溶性蛋白的含量。由此说明植株在接种 AM 真菌后能够直接或间接提高叶片保护酶的活性和非酶保护物

质含量,以缓解细胞膜脂过氧化态势,减少 MDA 的形成,有效保护了细胞膜系统的完整性,维持了细胞正常的生理代谢活动,达到提高植物抗旱性的目的。因此,在未灭菌土中接种 AM 真菌促进油蒿的生长并增强其抗旱性是可行的,但优良抗旱菌种的筛选及 AM 真菌提高油蒿抗旱性的机理仍需进一步探讨。

参考文献

- [1] 李博. 内蒙古鄂尔多斯高原自然资源与环境研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 97-141.
- [2] 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式[J]. 植物生态学报, 1994, 18(1): 1-16.
- [3] 郭柯, 董学军, 刘志茂. 毛乌素沙地沙丘土壤含水量特点_兼论老固定沙地上油蒿衰退原因[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 275-279.
- [4] 高素华, 郭建平. 毛乌素沙地优势种在高 CO_2 浓度条件下对土壤干旱胁迫的响应[J]. 草业学报, 2003, 12(2): 36-39.
- [5] 肖春旺, 周广胜, 赵景柱. 不同水分条件对毛乌素沙地油蒿幼苗生长和形态的影响[J]. 生态学报, 2001, 12(2): 2136-2140.
- [6] Allen M E, Boosalis M G. Effects of two species of VA mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat [J]. New Phytol, 1983, 93: 67-71.
- [7] 唐明, 薛楚, 任嘉红, 等. AMF 提高沙棘抗旱性的研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 29-31.
- [8] 吴强盛, 夏仁学, 胡正嘉. 丛枝菌根对枳实生苗抗旱性的影响研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(3): 459-463.
- [9] 黄世臣, 李熙英. VAM 对山杏实生苗生长的影响[J]. 延边大学农学报, 2006, 28(1): 28-31.
- [10] 西北农业大学植物生理组. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986.
- [11] 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.
- [12] 王元贞, 柯玉琴, 潘廷国. 不同类型菌根菌对烟草幼苗生理代谢的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 87-90.
- [13] Phillips J M, Hayman D S. Improve procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. Trans Brit Mycol Soc, 1970, 55: 158-161.
- [14] 张焕仕, 贺学礼. 干旱胁迫下 AM 真菌对油蒿保护系统的影响[J]. 生物技术通报, 2007(3): 129-133.
- [15] 吴强盛, 夏仁学. 水分胁迫下丛枝菌根真菌对枳实生苗生长和渗透调节物质含量的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(5): 583-588.
- [16] 罗晓莹, 唐光大, 许涵, 等. 非灭菌条件下 VA 菌根菌对肉桂苗生长发育的影响[J]. 广东林业科技, 2004, 20(3): 16-18.
- [17] Aarle I M V, Rouhier H, Saito M. Phosphatase activities of arbuscular mycorrhizal intraradical and extraradical mycelium, and their relation to phosphorus availability[J]. Mycological Research, 2002, 106(10): 1224-1229.
- [18] 贺学礼, 赵丽莉. 非灭菌条件下 VA 菌根真菌对小麦生长发育的影响[J]. 土壤通报, 1999, 30(2): 57-59.
- [19] 陆文龙, 郑鹤, 潘洁, 等. 非灭菌条件下 VA 菌根真菌促进玉米吸收磷、氮营养的效应[J]. 华北农学报, 1994, 9(4): 94-97.
- [20] 龚吉蕊, 张立新, 赵爱芬, 等. 油蒿抗旱生理生化特征初报[J]. 中国沙漠, 2002, 22(4): 387-390.
- [21] 王中英. 果树抗旱生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [22] 卢彦琦, 贺学礼. AM 真菌与施 N 量对白术幼苗化学成分和生物产量的影响[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2005, 25(6): 650-653.
- [23] 齐国辉, 李保国, 郭素萍, 等. AM 真菌对君迁子水分状况、保护酶活性和膜脂过氧化的影响[J]. 河北农业大学学报, 2006, 3(2): 22-25.

大樱桃不同品种花器官抗寒性的初步研究

施海燕^{1,2}, 呼丽萍^{1,2}

(1. 甘肃省大樱桃工程技术研究中心, 甘肃 天水 741001; 2. 天水师范学院, 甘肃 天水 741001)

摘 要:以“先锋”、“红灯”、“宇宙”、“佳红”、“巨红”、“早大果”、“胜利”、“8-102”、“8-129”大樱桃品种为试材, 观察和测定了蕾期及盛花期经 4、2、0、-2、-4、-5、-6℃人工低温胁迫处理后的受冻指数、电导率、MDA 含量、可溶性糖含量、花粉活力变化。结果表明: 9 个大樱桃品种的抗冻能力依次为: “先锋” > “红灯” > “巨红” > “早大果” > “宇宙” > “胜利” > “佳红” > “8-129” > “8-102”; 大樱桃不同花器官在同一低温条件下, 抗冻能力依次为花瓣 > 花梗 > 雄蕊 > 雌蕊, 蕾期抗寒性大于盛花期; 花粉活力随着低温胁迫的加剧而迅速降低。

关键词:大樱桃; 花粉活力; 生理指标; 抗寒性

中图分类号:S 662.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)02-0005-04

大樱桃原产于欧洲, 引入我国栽培已有一百多年, 是目前栽培效益最高的果树树种之一。但大樱桃在开花期易遭受低温冻害, 轻者出现减产, 重者造成绝收, 从而给生产带来巨大的经济损失。因此, 低温冻害已成为大樱桃生产和发展的主要限制因素之一^[1]。天水地区地处东经 104°35′~106°44′、北纬 34°05′~35°10′之间, 年均气温 11.5℃, 年均降水量 574 mm。据调查, 2010 年 4 月的冻害造成天水大樱桃全面绝收, 直接经济损失达 7 000 万元以上。如何避免和减轻低温危害, 选育出花期

抗寒性强的品种, 是近年来不少学者一直在研究的课题。目前有关果树抗寒生理、种质资源的抗寒性鉴定以及抗寒育种等方面的研究取得了很大的进展, 但有关大樱桃的研究多集中在品种生物特性及抗寒栽培技术等方面^[2-9], 对其抗寒性的研究则较少。该试验研究了 9 种大樱桃品种花器官的抗寒性, 对大樱桃抗寒品种的选育以及制定有效的防冻措施具有重要的理论和现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料分别采自天水市果树研究所大樱桃 (*Prunus avium* L) 品种园和天水师范学院生物园, 品种为“先锋”、“红灯”、“宇宙”、“佳红”、“巨红”、“早大果”、

第一作者简介:施海燕(1973-), 女, 甘肃天水人, 硕士, 讲师, 现主要从事植物学方面的研究工作。

收稿日期:2011-10-08

Effects of AM Fungi on Drought Tolerance of *Artemisia ordosica* in Unsterilized Soil

ZHANG Huan-shi^{1,2}, QIN Pei², PAN Shao-ming¹, HE Xue-li³

(1. High-tech Research Institute, Nanjing University, Lianyungang, Jiangsu 222000; 2. Halophyte Research Lab of Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093; 3. College of Life Science and Technology, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

Abstract: The effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) (*Glomus mosseae* and the indigenous AM fungi) on growth and drought tolerance of *Artemisia ordosica* in unsterilized soil was studied in potted culture under well water and drought stress conditions. The results indicated that AMF colonization on *A. ordosica* was significantly decreased by drought stress. Branch number, plant fresh and dry weight of *A. ordosica* were increased by inoculation with AMF under well-watered and drought stress conditions, but height of shoots and stem diameter and plants water status were not significantly improved. Inoculation of the indigenous AMF notably improved the contents of N and P in roots when compared with non-mycorrhizal plant under drought stress, AM fungi inoculation could enhance the contents of the soluble protein, Chl of leaves, and promote the activity of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD), decrease the leaf content of MDA. Thus, the ability of drought resistance of *A. ordosica* was promoted by inoculating the AMF.

Key words: AM fungi; drought stress; *Artemisia ordosica*; unsterilized soil