

丛枝菌根真菌与土壤盐碱植物的关系

柳 威, 吴强盛, 翟华芬, 赵伦杰, 叶贤锋

(长江大学 园艺园林学院 湖北 荆州 434025)

摘 要: 土壤盐碱化是影响当前农业生产的一项重要问题。丛枝菌根真菌在盐碱土壤中大量分布, 它的存在可以增强盐碱植物的生长、促进营养吸收、提高光合作用和抗氧化, 同时分析了盐胁迫对丛枝菌根真菌的孢子萌发、菌丝生长、菌根形成和菌根侵染的影响。

关键词: 丛枝菌根真菌; 盐碱; 菌根

中图分类号: S 156.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2010)02-0226-03

土壤盐碱化是一个世界性问题。世界大约 20% 的灌溉农业用地受到盐碱化的影响, 我国约有 0.27 亿 hm^2 盐碱土壤, 干旱、不合理耕作、落后的排水设备、设施栽

培等因素导致土壤次生盐碱化日益加重^[1]。因此, 提高植物在盐碱土上的生长已成为国内外生物科学的一个重大课题。丛枝菌根真菌是土壤中普遍存在的一类真菌, 能与 90% 的植物根系形成互惠共生体——丛枝菌根。已有一些研究表明, 丛枝菌根真菌能够增强植物在盐碱土上的生长, 恢复植被^[2]。利用丛枝菌根真菌增强植物在盐碱土上的生长无疑为盐碱土生物改良提供了一条新思路。现综述近年来丛枝菌根真菌与土壤盐碱及植物的关系。

1 盐碱土分布大量的丛枝菌根真菌

在自然盐性环境土壤中有大量的丛枝菌根真菌分

第一作者简介: 柳威(1987—), 男, 在读本科, 研究方向为园艺学。

E-mail: MR419803430@126.com.

通讯作者: 吴强盛(1978—), 男, 博士, 副教授, 现主要从事果树菌根生物技术研究工作。E-mail: wuqiangsh@163.com.

基金项目: 长江大学博士科研启动基金资助项目(39210264); 长江大学大学生创新性实验计划资助项目(091048923; 02)。

收稿日期: 2009-09-09

性, 花期长, 多花多分枝。喜温暖向阳和通风良好的环境条件, 喜排水良好、富含腐殖质的砂质壤土, 抗性强。

表 2 ‘唯美红’矮牵牛生产试验

年份	试验点名称	花径 /cm	比对照 /%	冠幅 /cm	比对照 /%	对照品种
2007	哈尔滨市农业科学院	8.8	+23.5	62.6	44.9	‘龙园红’矮牵牛
	薛家种苗场	8.9	+22.8	56.3	+43.2	‘龙园红’矮牵牛
	安达羊草镇	8.9	+23.2	58.3	+39.5	‘龙园红’矮牵牛
	哈尔滨工业大学	8.8	+19.8	59.0	+35.8	‘龙园红’矮牵牛
	东北农业大学	8.8	+18.6	53.2	+36.3	‘龙园红’矮牵牛
平均		8.8	+21.6	57.9	+39.9	

4 栽培技术

种子细小, 播种时可用少量细土拌种后撒播, 也可

用穴盘点播, 不需覆土或少覆土。pH 5.5~5.8 为佳。土温 24~26℃。黑龙江省露地种植一般在 2 月初育苗, 5 月末带花定植。为定植后立即产生绿化效果, 建议 1 m^2 定植 36 株。667 m^2 施优质复合肥 40 kg, 硫酸钾 5 kg, 过磷酸钙 5 kg。硫酸亚铁(10 g/100L)浇灌土壤, 可改善黄化现象。土壤水分过多不利根系生长, 易发生病虫害。短日照条件促进花蕾形成, 长日照促进开花。冬、春季提高温度, 可以促成早花。田间及时去除杂草, 注意病虫害防治。

Breeding of a New Variety of Single Grandiflora Petunia ‘Aesthetic Red’

LIU Zhi-yang¹, LI Hai-tao², ZHOU Yu-lan¹

(1. Harbin Academy of Agriculture Science, Harbin, Heilongjiang 150070; 2. Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: ‘Aesthetic Red’ Petunia is a separation generations of the United States ‘Dreams Red’ hybrid, through successive six-generation pedigree breeding selection. ‘Aesthetic Red’ Petunia flower had diameter 8~9 cm, color of pure red bright, multi-branched variety, crown width 50~60 cm, plant height 20~30 cm. Plants grows strongly, tidily and had strong resistance, sunshine and rain will not fade, high temperature and rain looks quite well. It had 90~100 d from sowing to flowering. It was an excellent single grandiflora petunia variety. Passed the crop variety approval committee certification in Heilongjiang Province in 2008.

Key words: petunia; ‘Aesthetic red’; variety certification

布,且土壤盐碱的高低与丛枝菌根真菌的分布密切相关。在黄河三角洲盐碱地中主要野生植物根围存在有32种丛枝菌根真菌,其中 *Acaulospora* 属6种, *Archaeospora* 属2种, *Glomus* 属24种^[3]。在西北地区盐碱地,一些不能形成菌根的莎草科和蓼科植物中,发现寸草苔、筛草、盐角草、碱蓬、盐爪爪有侵染现象^[4]。Landwehr等^[5]调查了匈牙利草原的碱化土壤和德国哈尔兹石灰性土壤中的植物丛枝菌根状况,表明高离子浓度和高电导率的这些土壤中的植物(如紫苑、车前草、艾草等)根均有较高的菌根侵染,主要是 *Glomus* 属真菌。这些结果暗示了在适度的盐碱土中有丛枝菌根真菌的存在。

在美国东北部的康乃狄格州高湿盐碱土壤中的沼泽植物根系42.5 cm处仍有丛枝菌根真菌的分布,集中在土壤的25 cm处,菌根侵染率达52.3%^[6]。当土壤 Na^+ 浓度超过131 $\mu\text{g/g}$ 时,盐性土壤中生长的盐草属植物没有丛枝菌根真菌侵染。在自然条件下对伊朗大不里士草原盐碱土(盐度为7.3~92.0 dS/m)上分布的淡水植物和盐生植物根际调查结果表明,土壤孢子密度与菌根侵染率、土壤pH值、砂和泥土比值、土壤有效磷(没有包括土壤盐碱度)紧密相关,与土壤中的一些阳离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+)和阴离子(Cl^-)积累负相关^[7]。

2 盐胁迫对丛枝菌根真菌生长发育的影响

2.1 孢子萌发

研究表明,土壤NaCl浓度增强对丛枝菌根真菌孢子萌发的影响因菌种而异。从碱土中筛选出来的 *G. geosporum* 在0%~2%的NaCl范围内孢子萌发逐渐升高,继续提高土壤NaCl浓度,孢子萌发受到抑制作用;非碱土筛选的 *G. mosseae* 孢子萌发随土壤NaCl浓度升高而逐渐下降^[1]。产生不同效果的原因是不同菌种或菌株对盐碱的忍受能力不同。

2.2 菌丝生长

盐碱土壤能够影响根系的分泌物变化,这种改变从而影响了菌丝的生长。在琼脂培养 *G. mosseae* 过程中观察到,添加NaCl抑制了菌丝生长,菌丝生长速率明显放缓^[8]。此外,盐碱土壤也影响了菌丝的其它形态特征。高浓度的CaCl₂、KCl、NaCl缩短了芽管,诱导 *Gigaspora margarita* 菌丝分枝;然而高浓度的NaNO₃和Na₂SO₄没有影响芽管的生长^[9]。

2.3 菌根形成

丛枝菌根的形成需要依赖寄主植物的光合产物。当植物生长在盐碱土壤上,生长受到抑制,光合作用降低,向根系转移的碳水化合物减少,从而抑制菌根的形成。当NaCl浓度低于0.15 mol/L,接种 *G. intraradices* 的枳橙实生苗在无土栽培中菌根形成不受影响^[10]。

2.4 菌根侵染

高浓度的盐胁迫降低丛枝菌根真菌的活性和发育能力,减少丛枝数和孢囊数,缩短芽管的伸长,抑制菌丝分支,降低菌根的侵染范围。在一个温室盆栽条件下,不同碱化度土壤中盐生植物芨芨草和非盐生植物高羊

茅植物均能被丛枝菌根真菌感染,碱化度小于10%的非盐碱土壤中高羊茅比芨芨草的菌根侵染率高,而碱化度大于20%的盐碱土壤中,芨芨草的菌根侵染率则显著大于高羊茅^[11]。

3 盐胁迫下丛枝菌根真菌对植物的影响

3.1 生长

许多研究均证实,丛枝菌根真菌的接种对植物生长有益。Yano—Melo等^[12]对香蕉的研究表明, *G. etunicatum*、*G. clarum* 和 *Acaulospora scrobiculata* 都显著增加了盐胁迫下香蕉的生长速率,其中 *G. clarum* 对香蕉根系干重(80%)、地上部干重(83%)和总叶面积(60%)促进效果最好。Sharifi等^[13]研究结果表明,在不同NaCl浓度(0、50、100、150、200 mmol/L)下,接种 *G. etunicatum* 显著提高大豆植株地上部和地下部鲜重和干重;假若 *G. etunicatum* 预先进行NaCl处理,促进生长的效果也显著高于没有预先处理的。

接种丛枝菌根真菌也能够改变植物根系生长和发育。接种丛枝菌根真菌增加了玉米根系伤流量,提高玉米根系的活力,从而增强植物的耐盐性^[14]。可能是在菌根形成过程中,丛枝菌根真菌能自我分泌一些生长物质刺激植物根系的生长、发育,从而促进植物生根、萌发和生长;在菌根共生体的形成过程中,根系分生组织活性受到抑制,根形态发生改变,导致不定根和侧根数量的增加,增强了根系的活力^[15]。说明在盐胁迫下接种丛枝菌根真菌促进根形态的改变是提高植物耐盐性的一个重要机制。

3.2 营养

丛枝菌根真菌一旦与植物根系建立丛枝菌根的结构,发达的根外菌丝帮助寄主植物吸收更多的矿质营养元素,特别是P。例如,在不同NaCl胁迫下接种丛枝菌根真菌的大豆地上部P含量显著高于未接种植株^[13]。丛枝菌根的促进作用在贫瘠的土壤中更加突出。在无外来磷源条件下,菌根化的植株P含量显著高于非菌根化植株;一旦外加磷源,菌根化与非菌根化植株间P的含量没有差异^[16],充分说明营养缺乏条件下丛枝菌根真菌对植物营养的改善才充分展现,这种效应可能是因为土壤中的营养丰富,植物的根系本身就能吸收大量的营养,不需要丛枝菌根的帮助。丛枝菌根除了帮助植物吸收P外,也影响其它元素的吸收。已有的试验结果表明,在盐胁迫下丛枝菌根真菌还可以增加植物对N、K、Cu、Fe、Ca、Zn、B吸收。

3.3 光合作用

盐胁迫下丛枝菌根真菌对园艺植物生长的促进作用导致了光合作用发生改变。当莴苣植物遭受到3个NaCl水平(3、4、5 g NaCl/kg干土)处理时,接种丛枝菌根真菌(*G. mosseae*、*G. fasciculatum*、*G. deserticola*)的植株蒸腾速率、CO₂气体交换速率、气孔导度、水分利用效率均显著高于非菌根化植株;在5 g NaCl/kg干土处理条件下,菌根处理的植株光合速率和水分利用效率与非

菌根化植株相比,明显高出 100%^[7]。叶绿素含量的增加可能是导致菌根化植株光合作用升高的原因。Giri 和 Mukerji^[18] 在盆栽条件下研究 *G. macrocarpum* 对 2 种田菁属植物的耐盐性影响,结果丛枝菌根的存在显著提高了植株叶片叶绿素的含量。

3.4 抗氧化作用

丛枝菌根真菌对植物抗氧化作用主要集中在抗氧化酶过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)上。Ghorbanli 等^[9] 报道 菜豆在 100 mmol/L NaCl 胁迫下,菌根化植物具有较高的 POD 和 APX 活性,并认为丛枝菌根真菌可以减缓其在盐胁迫下受到的活性氧伤害。接种株根系 POD、APX 活性在无盐或盐胁迫的大多时间均显著高于未接种株,但接种株 CAT 活性仅在 10 d 时与未接种株有显著差异。因此,盐胁迫下菌根诱导的 POD、APX 变化与植物的耐盐性相关,而 CAT 与之关系不大。

4 研究展望

由于丛枝菌根真菌能够增强盐胁迫下植物的生长、改变根系形态、提高光合作用和矿质元素的吸收、增强抗氧化作用,从而缓解盐胁迫对植物的伤害,有利于植物在盐碱地生长。因此,在盐碱土壤改良与植株恢复中丛枝菌根真菌具有广泛的应用前景。

展望未来,应该加强盐胁迫下菌根化植株目标基因的分子生物学研究。植物的抗盐性是一个多基因控制的复杂数量性状,受各种因素影响。在分子水平上以筛选菌根诱导植物快速响应的目标基因为重点,筛选出高效丛枝菌根真菌菌种。由于丛枝菌根真菌与寄主植物间存在兼容性,因此在丛枝菌根真菌应用于盐碱土壤之前必须进行双方兼容性试验,评估丛枝菌根真菌的有效性,为田间应用提供基础。

参考文献

- [1] 吴强盛,刘琴.果树对盐胁迫的响应和耐盐机制[J].长江大学学报(自然科学版),2007(4):9-12.
- [2] Carvalho L M, Correia P M, Martins Loucao M A. Arbuscular mycorrhizal fungal propagules in a salt marsh[J]. Mycorrhiza, 2004, 14: 165-170.
- [3] 王发园,刘润进.黄河三角洲盐碱地的丛枝菌根真菌[J].菌物系统,2002,12(2):196-202.
- [4] 盛敏,唐明,迪丽努尔,等.西北盐碱土主要植物丛枝菌根研究[J].西

北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(2):74-78.

- [5] Landwehr M, Hildebrandt U, Wilde P, et al. The arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus geosporum* in European saline, sodic and gypsum soils[J]. Mycorrhiza, 2002, 12: 199-211.
- [6] Cooke J C, Butler R H, Madole G. Some observations on the vertical distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizae in roots of salt-marsh grasses growing in saturated soils[J]. Mycologia, 1993, 4: 547-550.
- [7] Aliasgharzadeh N, Rastin SN, Towfighi H, et al. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil[J]. Mycorrhiza, 2001, 11: 119-122.
- [8] Estuon M V. Effect of sodium chloride and mannitol on germination and hyphal growth of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*[J]. Agric Ecosyst Environ, 1989, 29: 123-129.
- [9] Hirrel M C. The effect of sodium and chloride salts on the germination of *Gigaspora margarita*[J]. Mycologia, 1981, 73: 610-617.
- [10] Hartmond U, Schaesberg N V, Graham J H, et al. Salinity and flooding stress effects on mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus rootstock seedling[J]. Plant and Soil, 1987, 104: 37-43.
- [11] 刘润进,李元美,袁玉清,等.土壤碱化度对高羊茅和芨芨草菌根发育的影响[J].莱阳农学院学报,1999,16(2):79-83.
- [12] Yano-Melo A M, Saggin O J, Maia L C. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. Cv. pacovan) plantlets to saline stress[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2003, 95: 343-348.
- [13] Sharifi M, Ghorbanli M, Ebrahimzadeh H. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi[J]. Journal of Plant Physiology, 2007, 164: 1144-1156.
- [14] 冯固,白灯莎,杨茂秋,等.盐胁迫下 AM 真菌对玉米生长及耐盐生理指标的影响[J].作物学报,2000,26(6):743-749.
- [15] 金樑,陈国良,赵银,等.丛枝菌根对盐胁迫的响应及其与宿主植物的互作[J].生态环境,2007,16(1):228-233.
- [16] Mohammad M J, Malkawi H I, Shibli R. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts[J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26: 125-127.
- [17] Ruiz-Lozano J M, Azón R, Gómez M. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants[J]. Physiologia Plantarum, 1996, 98: 767-772.
- [18] Giri B, Mukerji K. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake[J]. Mycorrhiza, 2004, 14: 307-312.
- [19] Ghorbanli M, Ebrahimzadeh H, Sharifi M. Effects of NaCl and Mycorrhizal Fungi on Antioxidative Enzymes in soybean[J]. Biologia Plantarum, 2004, 48: 575-581.

Relation Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Salinization Plant

LIU Wei, WU Qiang-sheng, ZHAI Hua-fen, ZHAO Lun-jie, YE Xian-feng

(College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

Abstract: Soil salinization is one of the important problem affected agricultural productivity. Arbuscular mycorrhizal fungi was widely distribute in salinized soils. It's presence can enhance growth of salinized plants, promote nutrient uptake, and increase both photosynthesis and antioxidation. The present paper also analysed the effects of salt stress on spore germination, hyphal growth, mycorrhizal form and colonization.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi; salinization; mycorrhiza