

251-254

VA 菌根提高植物抗盐碱和抗重金属能力的研究进展^①

S154.381

唐 明

(西北林学院 陕西杨陵 712100)

摘 要 本文综述了盐胁迫和重金属条件下 VA 菌根对植物的影响以及不同 VA 菌根真菌对盐胁迫和重金属的抗性,初步探索了 VA 菌根耐重金属的机制。研究表明,VA 菌根真菌和植物共生后,通过对宿主植物无机营养状况的改善和 VA 菌根真菌对过量重金属的结合作用,提高宿主植物在不利环境下的生存能力,增强宿主植物对盐碱和重金属毒害的抵抗力;其抗性随 VA 菌根真菌种类、宿主植物种类和环境条件的差异而表现不同。

关键词 VA 菌根真菌;抗性;盐碱;重金属

植物, 0

我国为世界盐碱地大国之一,有盐渍地 2.7×10^7 ha,其中 7×10^6 ha 为农田。大面积的土壤盐渍化,加之重金属严重污染,使农作物可耕作面积不断减少,因此开展多途径的盐碱地治理和土壤改良,对于我国农业生产具有重要的战略意义。VA 菌根真菌可增强植物抗盐碱和抗重金属的能力,为使 VA 菌根真菌这一生物资源得以充分的发挥和应用,开展 VA 菌根真菌提高植物抗盐碱和重金属毒害机理的研究已成为菌根真菌研究的重要课题。

1 VA 菌根抗盐碱性

VA 菌根与植物共生效应的研究目前仍集中在 VA 菌根促进植物养分和水分吸收方面,对 VA 菌根与植物耐盐性的关系研究则很少,且相对局限于盐性土壤下接种 VA 菌根真菌后,菌根对植物生长的作用和盐性环境对 VA 菌根真菌的影响^[1]。

1.1 盐胁迫下 VA 菌根真菌对植物的影响

Juniper 等发现多种 VA 菌根真菌都能增加盐碱地阔叶树苗的生长量^[2]。将采自宁夏盐性土壤的 VA 菌根真菌接种沙棘实生苗,80d 后测定菌根侵染率和植株鲜重得出,随着菌根侵染率的提高,植株鲜重逐渐增加,且接种苗木与对照苗木有显著差异。这表明 VA 菌根真菌与沙棘形成菌根后,可明显提高宿主林木的抗盐碱能力,随着菌根的进一步形成,宿主林木的生长加快^[3]。

在盐胁迫状况下 VA 菌根可以促进碱菀 (*Astragalus tripolium*) 叶片的生长。接种 VA 菌根真菌 *Glomus caledonium* 于花生 (*Arachis hypogaea*),在 1% 和 5% NaCl 盐胁迫下,菌根植株的根瘤数量和重量为对照的 2 倍多,并提早开花 8—10d,在 1% NaCl 中,菌根侵染率不受影响,在高浓度 NaCl (5%) 中,菌根侵染率较低 (35%),但与相同 NaCl 处理的对照植株相比, *G. caledonium* 对花生植株的生长有积极意义,豆荚和根瘤的形成高于对照植株^[4]。在土壤含盐量高

① 国家自然科学基金资助项目 (39300004)

达 4.0g/kg 的情况下,筛选的 *G. m93* 菌株对植物仍有较好的促生效果,可使植物生物量提高 22.2%,植物含磷增加 37.1%^[5]。

1.2 盐胁迫对 VA 菌根真菌的影响

1.2.1 自然盐性土壤中的 VA 菌根真菌

许多研究发现,在自然盐性环境中大量的 VA 菌根真菌分布,且能与植物形成菌根。在巴勒斯坦盐性环境下分布的 21 种盐生植物中,有 11 种盐生植物根的皮肤能被 VA 菌根真菌侵染,且根际土中存在大量 VA 菌根真菌孢子,以前认为不形成 VA 菌根的藜科植物 (*Chenopodiaceae*) 也被许多研究证实能形成菌根^[6]。在盐性土壤中生长的盐草属植物的菌根侵染率和孢子数量与土壤中的钠含量(153—11600 $\mu\text{g/g}$)呈负相关,当钠浓度超过了 131 $\mu\text{g/g}$ 时没有菌根侵染,而在排水良好、钠含量相对较低(10—32 $\mu\text{g/g}$ 和 275—675 $\mu\text{g/g}$)的干盐湖土壤中生长的植物,孢子量和菌根侵染率都较高,且与钠的含量无关^[7]。

土壤盐度较高影响菌根的形成,在加利福尼亚和内华达州盐性土壤(盐度 185 dsm^{-1})中发现形成菌根的植物广泛存在,在田间接种 VA 菌根真菌于马铃薯,其菌根侵染率和盐度呈负相关,即随着盐含量的增加菌根的侵染率减少;在盐性沙漠土(盐度范围在 1.26—13.0 dsm^{-1})中的调查表明,耐盐性草本植物也有 VA 菌根真菌感染,且孢子数和土壤含盐量存在着显著负相关;在盐性土壤中发现的 VA 菌根真菌主要为 *Glomus* 属的真菌。在美国东北部康乃狄格州高湿盐性土壤中的沼泽植物深达 42.5 cm 的根系中仍能发现 VA 菌根的分布,在其集中分布的 25 cm 处,侵率高达 52.3%^[8,9]。

1.2.2 盐性环境对 VA 菌根真菌生长发育的影响

土壤盐度影响 VA 菌根真菌的生长发育,通过增加土壤中的盐度,可以延缓或抑制孢子萌发和菌丝生长以及共生体(菌根)的建立。

1.2.2.1 土壤盐度对孢子萌发的影响

增加土壤盐度可以抑制 VA 菌根真菌孢子的萌发,但不同菌种或菌株对 NaCl 的忍受能力不同^[10],如 *Gigaspora margarita* 的孢子随着 NaCl 浓度的增加萌发率减少,以至辅助细胞不再产生,*Gig. spp* 孢子的萌发受 NaCl 浓度的影响较小。

1.2.2.2 土壤盐度对菌丝生长的影响

不同 VA 菌根真菌的菌丝生长受土壤盐度的影响存在差异。*G. mosseae* 的菌丝生长能被 NaCl 抑制,*Acaulospora trappei*, *Scutellospora calospora* 和 *Gigaspora delipien* 在菌丝生长期加入 NaCl 会被不同程度地减缓生长;高浓度的 NaCl 会缩短芽管伸长,抑制菌丝分支,却增加了 *Gig. decipiens* 的菌丝直径,而对 *Scut. calospora* 却无同样的作用^[1]。

1.2.2.3 土壤盐度对菌根形成的影响

许多实验证实,盐度对植物的影响远比对真菌的影响更为重要,植物光合产物的减少影响菌丝的生存和发展,增加盐度减少了宿主植物根的总生长量和菌根的总量,用盐溶液处理接种了土著 VA 菌根真菌的果树,在盐胁迫发生前菌根很快形成;用盐处理生长 8 周的桔橙幼苗,菌根在 10 周开始形成,表明盐分在菌根形成初期有不可忽视的作用。强行盐处理,阻碍了菌丝在土壤中的生长,从而使 VA 菌根真菌新的侵染点增多,这又增加了植物根系皮层内细胞间隙的菌丝密度^[1,11,12]。

2 VA菌根对重金属的抗性

2.1 重金属条件下VA菌根对植物的影响

对各种重金属生态环境条件下的菌根研究表明,VA菌根能减轻植物在重金属污染的土壤中受害程度。在锰含量高出15倍的土壤中接种VA菌根真菌后,不但提高了植物对锰的抗性,而且对植物生长具有明显的促进作用。Marx将接种*Glomus mosseae*的悬铃木(*Platanus acerfolia*)和胶皮枫香树(*Liquidambar styraciflua*)的2年生菌根化苗木,用于美国东部佐治亚洲的高岭矿废墟和硅藻土废墟上造林取得明显的成效,林木存活率和生长率大大提高^[13,14]。

Haselwandter等提出是否存在专性植物或专性真菌将金属传送到植物的问题,目前还未清楚,确实不同真菌与不同植物共生能力不同,不同真菌转化磷的效率也不同,这也可能影响到金属的传递^[15]。微量元素和其它矿质元素含量过高时,会显著降低VA菌根真菌的侵染和根外菌丝的延伸,金属含量高时,不同种类的VA菌根真菌对植物生长的影响存在着显著的差异,这种差异可能和真菌与植物的适应性有关,而不仅仅是个别的真菌群落对金属的专性忍耐能力引起的。很显然,金属浓度高时,真菌活性降低,明显限制了菌根真菌在植物抵抗重金属毒害中作用的发挥,这说明只有在介质金属元素含量处于一定的范围内时,菌根才能发挥出最大的有益作用^[16]。

2.2 不同VA菌根真菌对重金属的抗性

不同VA菌根真菌的菌种或菌株对重金属的抗性表现不一,Bartolome-Esteban等研究了土壤中不同铝浓度对VA菌根真菌孢子萌发和菌丝生长的影响^[17],结果表明:当土壤中铝浓度分别为6%、27%和100%时(Al^{3+} 交换量),对VA菌根真菌孢子萌发和菌丝生长的影响在不同菌种和不同菌株之间均有差异。*Gigaspora*属的大部分种显示了较高的抗性,如*Gig. margarita*孢子的萌发和菌丝生长不受铝浓度影响,甚至*Gig. albida*孢子萌发率有时会随铝浓度上升而增加;*Gig. Gigantea*(GGGT109)嗜好高铝浓度,其孢子萌发率在100%铝浓度下都没有减少,当铝浓度由60%上升至100%时,其菌丝生长得到了促进;例外的是*Gig. Gigantea*(GGGT663)在27%的铝浓度中已减少到较低水平,而其菌丝生长却不受铝浓度影响。*Scutellaspera*属中多数种类孢子的萌发不受铝浓度影响,但可降低其菌丝生长速度。*Glomus*属中除了*G. manihot*在各种铝浓度下显示了稳定且较高的孢子萌发率之外,其它种类都对铝非常敏感,*G. manihot*是酸性、铝毒性极强的砂质粘土中的优势土著菌根真菌,其孢子萌发不受土壤酸度和铝毒性的影响。

Leyval等研究了严重重金属污染土壤中菌根真菌对金属的耐性,指出在重金属污染土壤中,土生菌根真菌种群具有一定适应能力。已经证实,分离于金属污染土壤中的*G. mosseae*菌株比分离于非金属污染土壤中的菌株对镉和锌有更强的耐性,其生长很少由于镉含量的增加而受到抑制,分离于含 $40 \mu\text{g g}^{-1}\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 污染的土壤中的VA菌根真菌孢子比分离于无污染土壤中的孢子更耐镉和锌。另外,在自然状态下金属含量较高的土壤其土著菌根真菌也有耐金属性,菌根在污染土中相对快速地产生^[18]。

2.3 VA菌根耐重金属的机制

2.3.1 VA菌根真菌对过量重金属的络合作用

一些研究认为VA菌根具有较强的络合重金属元素的能力,当土壤中重金属含量过高时,菌根可以增强宿主植物对这些重金属离子的耐性,从而减轻植物遭受重金属污染的程度。真

菌细胞壁分泌的粘液和真菌组织中的聚磷酸和有机酸等均能络合重金属,从而减少重金属向地上部的运输量。氨基酸能减轻金属离子对细菌、真菌和高等植物的毒害,但不同氨基酸的效果不同。外加蛋氨酸、半胱氨酸、精氨酸和赖氨酸极大地减轻了 Mn^{2+} 对马铃薯植株的毒害,而天冬氨酸无效或效果甚微。菌根根系中游离半胱氨酸、精氨酸和酪氨酸的总量及占游离氨基酸的比例(13%)均高于无菌根根系(3%),精氨酸—聚磷酸—金属离子于液泡中分隔至纯化机制亦可能存在于菌根中^[6,13]。

2.3.2 菌根对植株无机营养状况的改善

在温室中对酸性(pH5.5)高锰土壤中生生长的大豆接种 *Glomus etunicatum*, 测定结果为:接种的植物总产量,体内磷含量,植物根瘤数量和重量以及根茎干物质量和主要矿质营养总量呈显著正相关,与锰和铁总量呈负相关;在不同供磷条件下锰的积累不同,磷的利用和菌根一样,抵消了 Mn^{2+} 对植物的毒害作用^[19]。土壤中 Mn^{2+} 随着逐步氧化而减少,在苗期菌根减少了 Mn^{2+} 向地上部转运从而减轻对苗木的毒害,又可促进磷和其它难移动元素的吸收,从而提高植株对过量 Mn^{2+} 的抗性;无菌根植株早期受 Mn^{2+} 毒害,根系发育不良,植株生物量极小,后期土壤中 Mn^{2+} 虽然降低,但由于根系不发达,即使土壤中有丰富的磷也难以充分吸收利用,植株因缺磷而停止生长。Kothari 等报道非菌根根系锰还原势高于菌根根际,这可能也是减轻锰毒的一个机制^[20]。

参 考 文 献

- 1 Juniper S, Abbott L K. Abstracts, 3rd European Symposium on Mycorrhizas. Sheffield, UK, 1991
- 2 Juniper S, Abbott K. Mycorrhiza, 1993, 4:45-47
- 3 唐明、陈辉等. 沙棘 VA 菌根真菌. 第三届海峡两岸真菌学术研讨会. 台中:台湾中兴大学, 1997, 12—13
- 4 Gupta. K, Krishnamurthy K. V. Mycorrhiza, 1996, 6:145-149
- 5 王幼珊、张美庆、张艳等. VA 菌根真菌抗盐碱菌株的筛选. 土壤学报, 1994, 31(增):79—83
- 6 Brown A. Abstracts, 8th North American Conference on Mycorrhizae. Jackson, Wyo, 1990
- 7 Kim C. K, Weber D J. Plant Soil, 1985, 83:207-214
- 8 Pond E C, Menge J A. et al, Mycologia, 1984, 76:74-84
- 9 Cooker J. C., Butler R H, Madole G. Mycologia, 1993, 84(4):547-550
- 10 Hirrel, M. C. Mycologia, 1981, 73:610-617
- 11 Poes J. A, Pond E, Menge A, et al. Plant Soil, 1985, 88:307-319
- 12 Duke E R, Johnson C R, Koch K E. New phytol., 1986, 104:583-590
- 13 熊礼明. 灭菌的土壤对植物的毒害作用及 VA 菌根的减毒效应. 土壤学报, 1994, 31(增):234—241
- 14 Marx D H, Ohio J. Science., 1975, 75:288-297
- 15 Haselwandter K, Leyval C, Sanders F E. In Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems (Ed. Gianinazzi, S., Schuepp, H.), Birkhauser, Basel, 1994, 179-189
- 16 Colpeart J V. et al, Plant Soil, 1992, 145(2):238-243
- 17 Bartolome - Esteban H, Schenck N C. Mycologia, 1994, 86(2):217-226
- 18 Leyval C, Turnau K, Haselwandter K. Mycorrhiza, 1997, 7:139-153
- 19 Azcon - Aguilar C, Barea J M. Mycorrhizas in integrated systems from genes to plant development. Luxembourg, EUR, 1996, 304-306, 407-412, 452-454
- 20 Gildon A, Tinker P B. New Phytol., 1983, 95:247-261