

[文章编号] 1000-2782(1999)06-0049-05

不同 VA 菌根真菌对玉米 生长及抗旱性的影响

贺学礼¹, 李生秀²

(1 西北农业大学基础科学系; 2 资源与环境科学系, 陕西杨陵 712100)

[摘 要] 采用土培试验研究了水分胁迫条件下接种 VA 菌根真菌 *Glomus mosseae*, *G. sp.* 和 *G. caledonium* 对玉米营养生长和抗旱性的影响。结果表明, 水分胁迫严重抑制了植株的生长, 但对 VA 菌根真菌侵染能力影响不大。接种 VA 菌根真菌不仅提高了植株磷和总氮含量, 而且明显改善植株的水分状况; 接种株多种光合参数优于对照株, 显著提高了接种株叶片的光合速率, 增加植株干物质量, 增强了玉米的抗旱性。3 种真菌中, 以 *Glomus mosseae* 的接种效果最好。

[关键词] VA 菌根真菌; 营养生长; 光合特性; 抗旱性; 玉米

[中图分类号] S154.36 [文献标识码] A

玉米是喜水作物, 对水分胁迫十分敏感。人们对干旱影响玉米生产及探索提高玉米抗旱性途径进行了许多详细的研究, 并取得了较大的进展^[1~3]。对 VA 菌根与玉米生长的研究表明^[4,5], 接种 VA 菌根真菌能够促进玉米生长, 其促进效果因菌种而异。本研究针对土壤水分状况, 对不同 VA 菌根真菌接种效应及宿主植物生长反应的影响进行了试验研究。

1 材料和方法

1.1 材 料

供试土壤采自西北农业大学农一站大田表土, 过 2 mm 筛, 混匀后在 105℃ 高温下间歇灭菌, 取出放置 14 d 后待用。土壤有机质 16.9 g° kg⁻¹, 碱解氮 38.8 μg° g⁻¹, 速效磷 12.1 μg° g⁻¹。

供试作物为陕单 9 号玉米, 选用大小一致的种子, 播前用体积分数 10% 的 H₂O₂ 消毒 10 min。供试的 VA 菌根真菌为 *Glomus mosseae* (中国农科院土肥所提供) 和 *Glomus caledonium*, *G. sp.* (中国科学院南京土壤研究所提供)。3 菌种分别经白三叶草繁殖后制成含有孢子、菌丝及侵染根段的混合物。

试验容器为 14 cm×14 cm×14 cm 的瓷盆, 用前在 KMnO₄ 溶液中消毒, 装土 1.5 kg。接种处理每盆加接种物 15 g; 不接种处理每盆加等量接种物和 10 mL 浸泡混合接种

[收稿日期] 1998-10-15

[基金项目] 杨陵科技开发基金资助项目 (95J-45)

[作者简介] 贺学礼 (1963-), 男, 副教授, 博士。

物 (15 g)的溶液 ,以保证除 V A菌根真菌外其他微生物区系一致 每盆播 5粒种子 ,出苗后定苗 2株 1997年 5月 25日播种 ,7月 15日收获。

1.2 方 法

试验设 3个土壤含水量 ,即 120, 180和 240 g° kg⁻¹ ,同一含水量设接种 *Glomus mosseae*, *G. caledonium*, *G. sp.*和不接种 4个处理 ,重复 4次。同时 ,每盆每 kg土加 0. 1 g P₂O₅ (过磷酸钙) ,0. 15 g N (尿素)和 0. 15 g K (KNO₃)。玉米生长期间 ,每天用称重法保持土壤含水量恒定。

V A菌根真菌侵染率按 Phillips和 Hayman^[6]的方法测定 ,即侵染率 (%) = (V A菌根感染的根段数 /检查的根段总数)× 100% (其中根段长度为 1 cm);植株干重用称重法测定 ;倒二叶叶片相对含水量、水分饱和和亏和倒三叶叶片脯氨酸含量按西北农业大学植物生理组编的《植物生理学实验指导》^[7]中的方法测定 ;植株地上部和地下部氮、磷含量用凯氏定氮法和钼钒黄比色法测定 ;倒二叶叶片光合作用参数用 Li-6200便携式光合仪测定 ;土壤成分按常规方法测定。

2 结果与分析

2.1 菌根侵染对玉米植株生长量的影响

玉米收获时测定 V A菌根真菌侵染率 ,结果表明不接种株菌根真菌侵染率很小 ,不超过 13%。接种后加速了 V A菌根真菌对玉米根系的侵染 ,其侵染率显著提高。土壤含水量对菌根真菌侵染率有明显影响 ,以含水量为 180 g° kg⁻¹时菌根真菌侵染率最高。土壤含水量为 120 g° kg⁻¹时 ,*G. mosseae*, *G. sp.*和 *G. caledonium*的侵染率分别为 65. 5% , 61. 2%和 55. 4% ,说明水分胁迫对某些 V A菌根真菌的侵染能力影响不大 (表 1)。

表 1 不同土壤含水量下 V A菌根真菌对玉米生长量的影响

水分质量浓度 / (g° kg ⁻¹)	处 理	侵染率 / %	株 高 / cm	叶片数 / 个	地上部干质量 / (g° 株 ⁻¹)	地下部干质量 / (g° 株 ⁻¹)
120	<i>G.mosseae</i>	65. 5 a	81. 1 a	6. 2 a	2. 51 a	1. 24 a
	<i>G.sp.</i>	61. 2 a	82. 0 a	6. 0 a	2. 49 a	1. 21 a
	<i>G. caledonium</i>	55. 4 b	78. 8 a	5. 7 a	2. 31 a	1. 11 a
	CK	7. 2 c	69. 1 b	5. 4 a	1. 33 b	0. 67 b
180	<i>G.mosseae</i>	72. 4 a	83. 5 a	6. 9 a	3. 58 a	2. 13 a
	<i>G.sp.</i>	68. 2 a	82. 6 a	5. 8 b	3. 48 a	2. 06 a
	<i>G. caledonium</i>	64. 3 a	85. 2 a	6. 0 ab	3. 10 a	1. 85 b
	CK	9. 8 b	74. 5 b	5. 3 bc	2. 00 b	1. 20 c
240	<i>G.mosseae</i>	69. 1 a	101. 4 a	6. 5 a	4. 82 a	2. 50 a
	<i>G.sp.</i>	65. 0 ab	97. 3 a	6. 5 a	4. 80 a	2. 48 a
	<i>G. caledonium</i>	61. 8 b	90. 0 a	6. 1 ab	4. 17 b	2. 09 b
	CK	12. 9 c	81. 1 b	5. 5 b	2. 81 c	1. 49 c

无论那种水分处理 ,接种 V A菌根真菌均能促进玉米生长 ,提高其生长量。与不接种株相比 ,差异显著 ,以水分胁迫下接种株的生长量增加幅度最大 ,如土壤含水量为 120 g° kg⁻¹时 ,接种 *G. mosseae*, *G.sp.*和 *G. caledonium*的植株 ,其地上部干质量分别较对照株增加 88. 7% , 87. 2%和 73. 3% ,地下部干质量分别增加 82. 4% , 77. 9%和 63. 2% ,说明

V A菌根不仅能促进玉米生长,而且能增强玉米的抗旱性,这对干旱半干旱地区植物生长十分有利

2 2 玉米叶片的光合特性

由表 2可见,水分胁迫造成叶片气孔关闭,气孔阻力增大,叶片蒸腾速率和对 CO₂的摄取能力减弱,直接影响到植株根系对水分的吸收和运输,最终导致叶片的净光合率下降。接种 V A菌根真菌明显改善了植株叶片的气孔导度和蒸腾速率,提高了叶绿素含量,显著提高了净光合速率,使得光合产物的生产能力增强,植株生物量增加。

表 2 不同土壤含水量下 V A菌根真菌对玉米叶片光合特性的影响

水分质量浓度 / (g° kg ⁻¹)	处 理	净光合速率 / (μ mol° m ⁻² ° s ⁻¹)	气孔导度 / (μ mol° s ⁻¹)	气孔阻力 / (s° cm ⁻¹)	蒸腾速率 / (mmol° m ⁻² ° s ⁻¹)	叶绿素含量 / (g° kg ⁻¹)
120	<i>G.mosaeae</i>	8. 675 a	0. 2813 a	1. 7145 b	0. 0112 a	4. 9 a
	<i>G.sp.</i>	8. 419 a	0. 2715 a	1. 7213 b	0. 0100 a	4. 7 a
	<i>G. caledonium</i>	7. 735 a	0. 2645 a	1. 8220 a	0. 0107 a	3. 9 b
	CK	5. 602 b	0. 2123 b	1. 0118 a	0. 0081 b	3. 2 c
180	<i>G.mosaeae</i>	9. 839 a	0. 3323 a	1. 2870 b	0. 0128 a	5. 9 a
	<i>G.sp.</i>	9. 390 a	0. 3210 a	1. 2896 b	0. 0122 a	5. 5 a
	<i>G. caledonium</i>	8. 521 a	0. 2743 b	1. 7045 a	0. 0115 a	4. 7 b
	CK	6. 114 b	0. 2234 c	1. 9655 a	0. 0093 b	4. 5 b
240	<i>G.mosaeae</i>	9. 845 a	0. 3425 a	1. 2673 b	0. 0127 a	6. 5 a
	<i>G.sp.</i>	9. 554 a	0. 2994 ab	1. 2915 b	0. 0119 a	6. 2 a
	<i>G. caledonium</i>	8. 817 a	0. 2814 b	1. 4694 b	0. 0117 a	5. 7 a
	CK	7. 578 b	0. 2798 b	1. 7687 a	0. 0115 a	5. 1 b

2 3 玉米叶片水分状况及脯氨酸含量

植物组织含水量、相对含水量和水分饱和亏是反映植物水分状况的重要指标,其测定结果见表 3。

表 3 V A菌根真菌对玉米叶片水分状况及脯氨酸含量的影响

水分质量浓度 / (g° kg ⁻¹)	处 理	相对含水量 %	水分饱和亏 / %	鲜质量浓度 / (g° kg ⁻¹)	脯氨酸 质量浓度 / (μ g° g ⁻¹)
120	<i>G.mosaeae</i>	88. 22 a	11. 78 c	84. 29 a	440. 25 b
	<i>G.sp.</i>	84. 92 a	15. 08 b	81. 80 ab	471. 50 b
	<i>G. caledonium</i>	84. 54 a	15. 45 b	82. 42 a	492. 00 b
	CK	68. 75 b	31. 25 a	75. 69 b	620. 02 a
180	<i>G.mosaeae</i>	88. 08 a	11. 92 b	83. 24 a	339. 01 b
	<i>G.sp.</i>	85. 36 a	14. 64 b	85. 37 a	341. 56 b
	<i>G. caledonium</i>	85. 18 a	14. 82 b	84. 29 a	360. 12 b
	CK	72. 10 b	27. 90 a	79. 78 a	498. 00 a
240	<i>G.mosaeae</i>	90. 83 a	9. 17 c	82. 39 a	201. 57 b
	<i>G.sp.</i>	88. 40 a	11. 60 b	82. 13 a	200. 12 b
	<i>G. caledonium</i>	86. 35 a	13. 65 b	80. 78 a	243. 09 ab
	CK	82. 30 a	17. 70 a	79. 23 a	284. 43 a

由表 3可知,不论那种处理,接种 V A菌根真菌后植株叶片的相对含水量和组织含水量都高于同等水分的不接种处理,而水分饱和亏则显著低于同等水分的不接种处理,例如,土壤含水量为 120 g° kg⁻¹时菌根玉米叶片 RWC值比对照植株高出 23. 0%~

28. 3% ,而土壤含水量为 $240\text{ g}^{\circ}\text{ kg}^{-1}$ 时比对照植株高出 4. 9% ~ 10. 4% .说明 V A 菌根能够改善植株的水分状况 ,增强植株的抗旱性

脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质 水分胁迫下 ,一些植物通过合成大量的脯氨酸等有机溶质提高细胞渗透势 ,以保护酶活性 ,因而脯氨酸含量大小可以反映植物遭受水分胁迫的程度。由表 3 可知 ,水分胁迫下接种和不接种处理的玉米叶片中脯氨酸含量均比无水分胁迫时显著增加。但在水分胁迫下 ,不接种植株的玉米叶片中脯氨酸含量显著高于接种的玉米叶片。这一方面表明菌根植物耐水分胁迫的程度高 ;另一方面说明 V A 菌根真菌提高玉米耐旱性的机理与脯氨酸的渗透调节无关。 V A 菌根对植株叶片水分状况和脯氨酸含量的影响效果因菌种而异。

2.4 玉米植株氮和磷含量

不同处理的玉米植株氮和磷含量及总吸收量列于表 4。从表 4 可见 ,所有接种 V A 菌根真菌的玉米体内磷含量及总吸收量显著高于对照株 ;接种 V A 菌根真菌后 ,虽然接种株氮的百分含量低于对照株 ,但植株氮的吸收总量则显著高于对照株。说明接种 V A 菌根能够促进植株对氮素的吸收

表 4 不同处理的玉米植株 N 和 P 的质量浓度

水分质量 浓度 / ($\text{g}^{\circ}\text{ kg}^{-1}$)	处 理	P / ($\text{g}^{\circ}\text{ kg}^{-1}$)		总磷量 / ($\text{mg}^{\circ}\text{ 盆}^{-1}$)		N / ($\text{g}^{\circ}\text{ kg}^{-1}$)		总氮量 / ($\text{mg}^{\circ}\text{ 盆}^{-1}$)	
		地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部
120	<i>G. mosseae</i>	1. 89 a	1. 26 a	1. 43 a	0. 47 a	104. 5 a	88. 5 b	78. 81 a	32. 95 a
	<i>G. sp.</i>	1. 79 a	1. 06 a	1. 35 ab	0. 39 b	93. 3 b	89. 0 b	70. 15 ab	32. 97 a
	<i>G. caledonium</i>	1. 72 a	0. 86 b	0. 52 c	0. 17 c	106. 5 a	103. 2 a	39. 24 c	19. 66 b
	C.K	1. 40 b	0. 86 b	0. 52 c	0. 17 c	106. 5 a	103. 2 a	39. 24 c	19. 66 b
180	<i>G. mosseae</i>	1. 81 a	1. 01 a	1. 95 a	0. 65 a	103. 0 ab	90. 4 b	107. 84 a	57. 82 a
	<i>G. sp.</i>	1. 67 a	0. 93 a	1. 74 ab	0. 58 a	95. 7 b	93. 2 ab	99. 77 a	57. 53 a
	<i>G. caledonium</i>	1. 63 a	0. 96 a	1. 52 b	0. 54 a	108. 8 a	102. 3 a	101. 02 a	56. 87 a
	C.K	1. 35 b	0. 74 b	0. 73 c	0. 25 c	118. 0 a	110. 0 a	37. 09 b	64. 18 b
240	<i>G. mosseae</i>	1. 75 a	1. 00 a	2. 53 a	0. 75 a	94. 9 b	77. 3 b	137. 25 a	58. 02 a
	<i>G. sp.</i>	1. 58 a	1. 10 a	2. 28 a	8. 2 a	96. 2 b	73. 9 b	138. 50 a	54. 87 a
	<i>G. caledonium</i>	1. 64 a	0. 91 a	2. 05 a	0. 57 b	99. 3 b	70. 4 b	124. 31 a	44. 04 b
	C.K	1. 38 b	0. 80 b	1. 16 b	0. 36 c	119. 3 a	92. 4 a	100. 61 b	41. 39 b

3 小 结

1)水分胁迫抑制了玉米植株的生长 ,但对 V A 菌根真菌的侵染能力影响并不十分严重。土壤含水量过高造成土壤通气不良 ,好气性 V A 菌根真菌的发育受到抑制 ,对植株的侵染率降低

2)接种 V A 菌根真菌促进了玉米植株对土壤矿质元素的吸收和利用 ,提高了植株各部分磷和总氮含量 ;同时 ,接种 V A 菌根真菌也促进了玉米植株对土壤水分的吸收和利用 ,明显改善了植株的水分状况 ,使得与光合作用有关的生理指标优于对照植株 ,显著提高了叶片的光合速率 ,玉米生长量增加 ,抗旱能力增强

3)接种 V A 菌根真菌的植株叶片脯氨酸含量低于对照植株 ,表明接种植株受水分胁迫的影响较小 ,也说明 V A 菌根玉米的耐旱性高于对照植株。

4) V A 菌根真菌对玉米的接种效应及对抗旱性的影响因菌种而异, 3 种真菌中, 以 *G. mosseae* 的接种效应最佳。

[参考文献]

- [1] Turnet N C. Concurrent comparisons of stomatal behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential [J]. *Plant Physiol*, 1976, 55: 32~ 36.
- [2] Buren I L. Morphological and physiological trait in maize associated with tolerance to high plant density [J]. *Crop Sci*, 1974, 45: 426~ 429.
- [3] 霍仕平, 晏庆九, 宋光英. 玉米抗旱鉴定的形态和生理生化研究进展 [J]. *干旱地区农业研究*, 1995, 13(3): 67~ 73.
- [4] Ramakrishnan B. Influence of V A fungus *Glomus caledonium* on free proline accumulation in water-stressed maize [J]. *Current Science India*, 1988, 57(19): 1082~ 1084.
- [5] Kothari S K, Marschner H, Geotge E. Effects of V A mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and water relations in maize [J]. *New Phytol*, 1990, 116: 303~ 311.
- [6] Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection [J]. *Trans Br Mycol Soc*, 1970, 55: 158~ 161.
- [7] 西北农业大学植物生理组编. 植物生理学实验指导 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986.

Effect of V A mycorrhizal fungi on the growth and drought resistance of maize

HE Xue-li¹, LI Sheng-xiu²

(1 Department of Basic Science; 2 Department of Resources and Environmental Science, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract This paper studied the effects of V A mycorrhizal fungi *Glomus mosseae*, *G. sp.* and *G. caledonium* on the vegetative growth physiological metabolism and drought resistance of maize plant in pot culture under different water content. The results showed that water stress seriously repressed plant growth, but didn't greatly influence the growth and infection of V A mycorrhizal fungi. The P and total N content of plant increased and clearly improved plant water status by inoculation. Many photosynthesis parameters of inoculated plants surpassed those of the checking plants, significantly increasing photosynthesis efficiency of leaves, promoting plant dry weight, and promoting the drought resistance of maize plant. The results suggested that, among the three fungi, *Glomus mosseae* showed the highest resistance to drought and improvement in maize growth.

Key words V A mycorrhizal fungi; vegetative growth; photosynthesis character; drought resistance; maize