

内生真菌对宽叶雀稗根际土壤通气持水性能的影响

邓慧华 (福建省水土保持试验站, 福建福州 350001)

摘要 [目的]研究禾草内生真菌共生体对土壤性状的影响。[方法]通过测定受内生真菌感染和不带菌宽叶雀稗的根际土壤容重、孔隙度和含水量,分析内生真菌感染对宿主宽叶雀稗土壤通气持水性能的影响。[结果]相较于篮状菌属(*Talaromyces pinophilus*)和小皮伞属(*Marasmius*)内生真菌,新棘壳孢属(*Neopyrenochaeta telephoni*)内生真菌感染后对宽叶雀稗根际土壤通气持水性能的改良效果更好。但由于试验时间较短,带菌和不带菌宽叶雀稗土壤根际物理性质的差异并不显著。[结论]该研究对理解禾草宿主、内生真菌以及土壤之间的互作机制具有重要意义。

关键词 宽叶雀稗;内生真菌;根际土壤;通气;持水性能

中图分类号 S152.7⁺1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)01-0076-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.01.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Endophytic Fungi on Aeration and Water-holding Capacity of Rhizosphere Soil of *Paspalum wettsteinii*

DENG Hui-hua (Fujian Soil and Water Conservation Experimental Station, Fuzhou, Fujian 350001)

Abstract [Objective] To study the influence of grass endophytic fungi symbiont on soil properties. [Method] In the study, the aeration and water-holding capacity in rhizosphere soils of *Paspalum wettsteinii* were analyzed by measuring soil bulk density, porosity and water contents of endophyte-infected and endophyte-free soil. [Result] Compared with the endophytic fungi of *Talaromyces pinophilus* and *Marasmius*, the endophytic fungi of *Neopyrenochaeta telephoni* had better improvement effect on the aeration and water-holding capacity of rhizosphere soil of *Paspalum wettsteinii*. However, since the observation wasn't in a long term, the differences in soil physical characteristics of endophyte-infected and endophyte-free *Paspalum wettsteinii* were not obvious. [Conclusion] This research is of great significance for understanding the interaction mechanism among grass hosts, endophytic fungi and soil.

Key words *Paspalum wettsteinii*; Endophytic fungi; Rhizosphere soil; Aeration; Water-holding capacity

禾草内生真菌是指其部分或全部生命周期完成于禾草体内,而不造成宿主病害的一大类真菌^[1]。禾草内生真菌具有多样性,无论人工草皮或天然草地均有广泛分布^[2]。禾草和内生真菌之间的互利共生关系已达成广泛共识:宿主禾草可为内生真菌提供其生长和繁殖所需的养分,而内生真菌可通过促进宿主形态、生理的调整,或自身和共生体产生的次生代谢产物以增强宿主禾草对各类胁迫的抗性^[3-4]。

禾草和内生真菌之间的相互关系受宿主基因型、真菌基因型和生态环境3个方面的影响,因而研究禾草内生真菌共生体对土壤性状的影响,对理解禾草宿主、内生真菌以及土壤之间的互作机制具有重要意义^[5-6]。目前,对禾草—内生真菌的研究主要集中于醉马草、高羊茅、黑麦草等冷季型禾草,而关于内生真菌—禾草共生体对土壤的研究主要涉及土壤养分、微生物数量等方面^[7]。对于亚热带地区禾草和内生真菌共生关系的研究,特别是共生体对土壤物理性质的影响因素相关报道很少,尚未取得明显进展。

宽叶雀稗(*Paspalum wettsteinii*)是多年生禾本科植物,因其抗逆性强、适应性广、耐土壤瘠薄,是水土保持的常用植物,具有较好的生态和经济效益^[8]。目前针对宽叶雀稗的研究主要集中在抗非生物胁迫、种子萌发和养分吸收等方面^[9-11],关于内生真菌和宽叶雀稗共生体的研究很少。为此,笔者讨论了内生真菌—宽叶雀稗共生体对土壤容重、孔隙度、含水量等通气持水性能的影响,以期为宽叶雀稗的进一步推广种植和高效栽培提供依据,为更广泛地利用禾草内

生真菌改善土壤环境提供参考。

1 材料与方法

从福建长汀、厦门和福州的天然草地、人工草皮和绿化带选取宽叶雀稗样品,进行内生真菌感染的调查。采用苯胺蓝染色法进行内生真菌检测,将带有内生真菌的样品归类并进行18SrDNA检测,在样品茎叶部位检测到棘壳孢属、篮状菌属和小皮伞属内生真菌。将带有上述3种内生真菌以及未感染内生真菌的宽叶雀稗移栽至水土保持试验站田间试验地。以无菌宽叶雀稗根际土壤为CK,其余3个处理分别为EF1:新棘壳孢属(*Neopyrenochaeta telephoni*)菌感染的根际土壤;EF2:篮状菌属(*Talaromyces pinophilus*)菌感染的根际土壤;EF3:小皮伞属(*Marasmius*)菌感染的根际土壤。移栽8个月后,用环刀采集各处理宽叶雀稗根际土样0~10 cm土层样品进行土壤物理性质测定。

土壤容重采用环刀法(环刀体积为100 cm³)测定;土壤各孔隙度采用环刀法和浸水法测定;土壤各持水量的测定及计算参照《森林土壤分析方法》^[12]。

2 结果与分析

2.1 内生真菌对宽叶雀稗根际土壤容重的影响 由图1可看出,各处理下宽叶雀稗根际土壤容重均值为1.14~1.24 g/cm³,其中处理EF1的根际土壤容重略小于其他处理,但各处理间无显著差异。从不同处理根际土壤容重的变异系数来看,EF3(14.15%)>EF1(13.38%)>CK(8.66%)>EF2(4.21%)。

2.2 内生真菌对宽叶雀稗根际土壤孔隙度的影响 由图2可知,对照及3种内生真菌感染的宽叶雀稗根际土壤孔隙度均值为33.08%~36.34%,根际土壤非毛管孔隙度均值分别为11.03%、13.77%、11.31%、10.50%,2种孔隙度各处

理之间无显著性差异。根际土壤总孔隙度按大小排列为 EF1>CK>EF2>EF3, 其中 EF1 的总孔隙度显著高于 EF2 和 EF3, CK 和 EF3 之间也呈显著性差异。

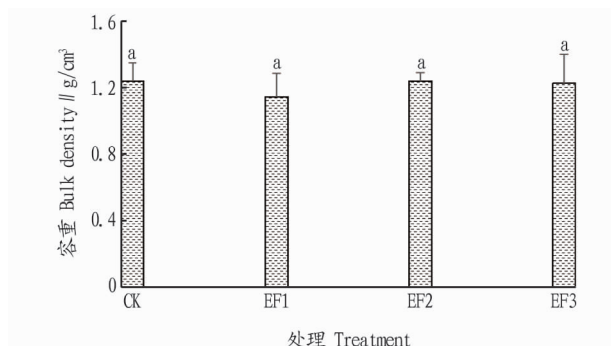
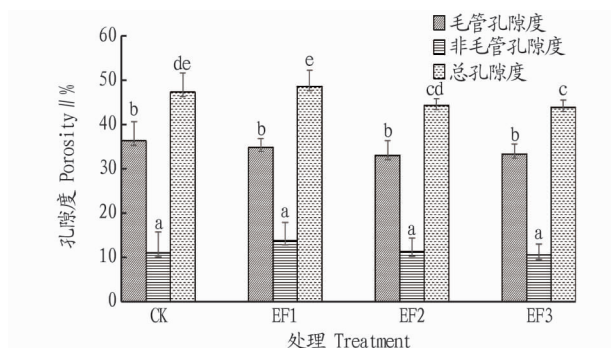


图 1 不同内生真菌处理下宽叶雀稗根际土壤容重

Fig. 1 Bulk density of the rhizosphere soil of *Paspalum wettsteinii* under different endophytic fungi treatments



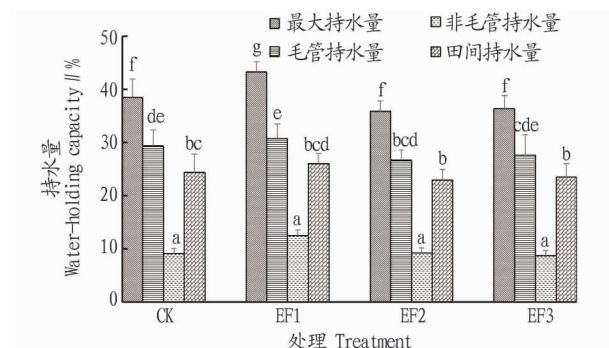
注:图中不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图 2 不同内生真菌处理下宽叶雀稗根际土壤孔隙度

Fig. 2 Rhizosphere soil porosity of *Paspalum wettsteinii* under different endophytic fungi treatments

2.3 内生真菌对宽叶雀稗根际土壤持水性能的影响 图 3 表明,不同内生真菌侵染对宽叶雀稗根际土壤持水性能的影响存在一定程度的差异。4 种处理下,根际土壤最大持水量在 35.84%~43.21%,毛管持水量在 26.63%~30.74%,非毛管持水量在 8.72%~12.51%,田间持水量在 22.94%~25.97%。EF1 处理下,宽叶雀稗根际土壤的最大持水量最高,且与其他处理间呈显著差异。EF2、EF3 处理下,根际土壤最大持水量、毛管持水量、非毛管持水量和田间持水量与 EF1 处理相比均有不同程度的下降,其中 EF2 的毛管持水量显著低于 EF1。



注:图中不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图 3 不同内生真菌处理下宽叶雀稗根际土壤持水性能

Fig. 3 Water-holding capacity of the rhizosphere soil of *Paspalum wettsteinii* under different endophytic fungi treatments

2.4 宽叶雀稗根际土壤物理性质的相关性分析 对宽叶雀稗根际土壤容重、孔隙度与持水性能之间进行相关性分析(表 1),结果表明,根际土壤容重与持水性能之间均呈负相关,其中 EF1 处理下容重与最大持水量、毛管持水量、非毛管持水量之间均呈极显著负相关,根际土壤孔隙度与最大持水

表 1 宽叶雀稗根际土壤容重、孔隙度与持水性能的相关性分析

Table 1 Correlation analysis of soil bulk density, porosity and water-holding capacity of *Paspalum wettsteinii* rhizosphere

处理 Treatment		容重 Bulk density	毛管孔隙度 Capillary porosity	非毛管孔隙度 Non-capillary porosity	总孔隙度 Total porosity
CK	最大持水量	-0.814*	-0.051	0.785*	0.811*
	毛管持水量	-0.295	0.739*	-0.079	0.654
	非毛管持水量	-0.765*	0.572	0.990**	0.514
	田间持水量	-0.486	0.267	-0.109	0.147
EF1	最大持水量	-0.948**	0.537	0.935**	0.759**
	毛管持水量	-0.906**	-0.403	0.819**	0.703*
	非毛管持水量	-0.938**	0.595*	0.969**	0.764**
	田间持水量	-0.550	0.083	0.551	0.672*
EF2	最大持水量	-0.776*	-0.302	0.659	0.637
	毛管持水量	-0.458	0.926**	0.725*	0.594
	非毛管持水量	-0.887**	0.884**	0.996**	0.031
	田间持水量	-0.458	0.908**	0.695	0.615
EF3	最大持水量	-0.974**	-0.386	0.225	-0.187
	毛管持水量	-0.871**	0.044	-0.309	-0.393
	非毛管持水量	-0.552	0.805*	0.897**	0.234
	田间持水量	-0.864**	0.010	-0.129	-0.174

注: * 表示在 0.05 水平差异显著, ** 表示在 0.01 水平差异显著

Note: * indicates significant correlation at the 0.05 level, ** indicates significant correlation at the 0.01 level

量、毛管持水量、非毛管持水量之间基本呈显著正相关,且非毛管孔隙度和总孔隙度与持水量性能之间的相关性较为明

显。EF2 处理下容重与非毛管持水量呈极显著负相关,与最大持水量间呈显著负相关;毛管孔隙度与毛管持水量、非毛

管持水量、田间持水量之间呈极显著正相关;非毛管孔隙度与非毛管持水量之间呈极显著正相关,与毛管持水量呈显著正相关。EF3处理下容重与最大持水量、毛管持水量和田间持水量之间呈极显著负相关;毛管孔隙度与非毛管持水量呈显著正相关;非毛管孔隙度与非毛管持水量呈极显著正相关。

3 讨论

关于内生真菌侵染后对土壤养分和微生物的影响已有不少报道,然而关于内生真菌—禾草共生体对土壤物理性质的影响研究很少。有研究发现,内生真菌的侵染能显著降低宿主醉马草根际土壤的土壤容重,其原因可能是内生真菌促进了宿主根系生长,根系产生的次生代谢产物对土壤的机械构成具有一定的改良作用^[6]。该研究条件下,各处理下宽叶雀稗根际土壤容重均值在 1.14~1.24 g/cm³,带菌和不带菌宽叶雀稗间无显著差异。其原因可能是试验期仅为 8 个月,内生真菌侵染对宽叶雀稗土壤密度的影响还不明显。

该研究中,与不带菌宽叶雀稗相比,内生真菌侵染对根际土壤孔隙度的影响并不明显。对醉马草的研究也发现,尽管不带菌醉马草根际土壤的含水量较带菌醉马草平均降低 4.06%,但二者之间并无显著差异^[13]。但不同菌株之间略有差异,其中新棘壳孢属(*Neopyrenochaeta telephoni*)菌株侵染的宽叶雀稗根际土壤总孔隙度显著高于篮状菌属(*Talaromyces pinophilus*)和小皮伞属(*Marasmius*)侵染后的根际土壤总孔隙度。而对根际土壤持水量的比较也发现,棘壳孢属菌株侵染后,土壤根际最大持水量显著高于其他 2 种菌株侵染和不带菌的情况。内生真菌侵染后,禾草的凋落物增加,土壤有机质含量上升,从而导致土壤中微生物的数量和结构发生变化,可通过分泌有机物吸附更多土壤颗粒。此外,内生真菌—禾草共生体的亲水性有所提高。这些可能会促进土壤稳定性团聚体数量的提高^[14-15]。而土壤团聚体稳定性的提高又与土壤通气透水性相关联。团聚体稳定性越高,土壤孔隙越多,土壤通气渗透性能就越好^[16]。在该研究的 3 种内生真菌菌株中,相较篮状菌属和小皮伞属,新棘壳孢属菌株对土壤通气持水作用的影响更明显。但可能因为试验时间不长,总体而言,内生真菌对土壤物理性质的改良作用还不显

著,需要更多周期持续观察。

目前,已有较多研究涉及内生真菌的侵染对禾草植株自身的影响,但对禾草所生长的生境的影响研究才刚起步。土壤、禾草和内生真菌之间存在复杂的关系,其中一方的变化都会引起其他方相应地改变^[6]。因此,加强内生真菌对土壤物理性质的研究,明确其作用机制具有重要意义,可为进一步加强微生物互作对禾草的影响提供理论支持和实践指导。

参考文献

- [1] SCHARDL C L, LEUCHTMANN A, SPIERING M J. Symbioses of grasses with seedborne fungal endophytes [J]. Annual review of plant biology, 2004, 55: 315-340.
- [2] 金文进, 李春杰, 王正凤. 禾草内生真菌的多样性及意义 [J]. 草业学报, 2015, 24(1): 168-175.
- [3] 李川, 任安芝, 高玉葆. 内生真菌感染对宿主植物高羊茅耐盐性的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30(7): 1684-1690.
- [4] WANG M Y, MCGILL C R, SOUTHWARD R C, et al. Epichloë fungal endophyte colonisation and seed quality in developing grass florets-effect of different fertiliser applications [J]. New Zealand journal of agricultural research, 2018, 61(1): 27-41.
- [5] 刘欢, 陈燕, 夏超. 植物—土壤反馈对禾草内生真菌响应 [J]. 草业科学, 2020, 37(1): 65-74.
- [6] 金媛媛, BOWATTE, 田沛, 等. 禾草—内生真菌共生对土壤理化性质及其微生物影响的研究进展 [J]. 草业科学, 2019, 36(5): 1292-1307.
- [7] 金媛媛, BOWATTE S, 贾倩民, 等. 内生真菌侵染对野大麦根际土壤化学特性和微生物群落的影响 [J]. 草业学报, 2019, 28(10): 66-77.
- [8] 赵鑫, 王文娟, 王普旭, 等. 不同钙浓度对宽叶雀稗幼苗的生长和抗性生理的影响 [J]. 植物生态学报, 2019, 43(10): 909-920.
- [9] 王文娟, 赵丽丽, 王普旭, 等. 氮素水平对宽叶雀稗生理生态的影响 [J]. 草业科学, 2019, 36(3): 744-753.
- [10] 屈兴红, 赵丽丽, 王普旭, 等. 6 个宽叶雀稗材料种子萌发期抗旱性研究 [J]. 种子, 2017, 36(4): 24-27.
- [11] 赵雅曼, 陈顺钰, 张韵, 等. 酸、Cd 胁迫对宽叶雀稗种子萌发、幼苗生长及亚细胞结构的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(1): 60-69.
- [12] 国家林业局. 森林土壤分析方法 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [13] 李秀璋. 醉马草内生真菌与宿主种带菌、根际微生物的互作及其进化研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2017.
- [14] RILLIG M C, MARDATIN N F, LEIFHEIT E F, et al. Mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi increases soil water repellency and is sufficient to maintain water-stable soil aggregates [J]. Soil biology and biochemistry, 2010, 42(7): 1189-1191.
- [15] BUYER J S, ZUBERER D A, NICHOLS K A, et al. Soil microbial community function, structure, and glomalin in response to tall fescue endophyte infection [J]. Plant and soil, 2011, 339(1/2): 401-412.
- [16] LIPIEC J, WÓJCIGA A, HORN R. Hydraulic properties of soil aggregates as influenced by compaction [J]. Soil and tillage research, 2009, 103(1): 170-177.
- [17] 苗红霞, 金志强, 孙佩光, 等. 3 个香蕉品种的果实淀粉形状与含量及风味物质比较 [J]. 西北植物学报, 2014, 34(3): 560-564.
- [18] 庞冬辉. 马来西亚大果红香蕉的栽培技术要点 [J]. 广西园艺, 2004, 15(1): 44-45.
- [19] 陈丽娟, 苏宾, 闭志强, 等. 细胞分裂素 6-BA 浓度对红香蕉组培快繁芽增殖的影响 [J]. 广西农业科学, 2001, 32(2): 67-68.
- [20] 苏云芳. 红香蕉组培培养基的优化研究 [J]. 云南农业, 2004(8): 10.
- [21] 黎炎, 黄记生. 红香蕉组培培养基的优化研究 [J]. 广西农业科学, 2002, 33(2): 65-66.
- [22] 张军云, 杨向红. 红香蕉组培快繁技术 [J]. 柑桔与亚热带果树信息, 2002(7): 30-31.
- [23] 罗金水, 蔡坤秀, 林宗铿, 等. 红香蕉试管苗生产技术 [J]. 福建热作科技, 2003, 28(3): 20-22.
- [24] 罗秀娥, 陆虹. 施肥对香蕉组培袋苗的影响 [J]. 福建热作科技, 2001, 26(4): 5-6.
- [25] 陈丽娟, 蔡炳华, 闭志强. 红香蕉组培苗优质丰产栽培技术 [J]. 广西农业科学, 2001, 32(3): 138-140.
- [26] 黄素梅, 覃柳燕, 田丹丹, 等. 几种农业废弃物对香蕉育苗的效果 [J]. 中国南方果树, 2019, 48(5): 56-60.

(上接第 56 页)

糠配比的育苗基质更为理想,与黄素梅等^[11]“用椰糠+木薯渣基质育苗效果最佳”基本一致。

3 讨论与结论

“桂红蕉 1 号”是广西自主选育的具有地方特色的香蕉品种,因其红色的外表而深受消费者喜爱。该品种在实际组培生产过程中会产生一定变异株,变异率为 0.10%,这部分变异应在取芽、接种、炼苗、移栽、上杯之前剔除;在培养最后 1 代继代苗时,采取“瓶改袋”的方式,可降低能耗节约成本;在二级育苗时,采用无土栽培技术,使用无害化处理的木薯渣或甘蔗渣与椰糠配比的育苗基质更佳。

参考文献

- [1] 毛根海. 红香蕉青红香蕉及其品种 [J]. 广西热作科技, 1990(5): 28, 5.