

DOI: 10.5846/stxb201406161253

邵璐, 姜华. 辽宁碱蓬根际土壤真菌多样性的季节变化及其耐盐性. 生态学报, 2016, 36(4): - .

Shao L, Jiang H. Effect of season and variation in salinity on the rhizosphere fungal diversity of *Suaeda liaotungensis*. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(4): - .

辽宁碱蓬根际土壤真菌多样性的季节变化及其耐盐性

邵璐, 姜华*

辽宁师范大学生命科学学院, 大连 116029

摘要: 本文采用稀释平板法和形态学鉴定法进行了辽宁碱蓬 (*Suaeda liaotungensis*) 根际土壤真菌的分离鉴定及季节、盐度对真菌多样性的影响分析。结果表明: 春、夏、秋、冬四季辽宁碱蓬根际土壤中的真菌菌落数分别为 6410、4180、5730 和 3340, 种类分别为 6 属 13 种、9 属 16 种、11 属 31 种、6 属 12 种, 共分离鉴定出 13 属 42 种真菌; 其根际土壤真菌的多样性指数、丰富度指数和均匀度指数, 从大到小的次序均为秋>夏>春>冬, 三种指数均在秋季达到峰值; 多样性指数和丰富度指数差异较大, 均匀度指数波动较小, 春季和冬季的均匀度指数相近。辽宁碱蓬根际土壤真菌种类明显多于无植被土壤, 是无植被土壤的 7 倍, 多样性指数和均匀度指数分别是无植被土壤的 4—8 倍和 1—1.2 倍; 其根际土壤真菌优势种群包括青霉属 (*Penicillium*)、葡萄穗霉属 (*Stachybotrys*)、枝孢属 (*Cladosporium*)、木霉属 (*Trichoderma*)、曲霉属 (*Aspergillus*) 和镰孢属 (*Fusarium*); 四个季节的优势菌不尽相同, 但均有一个共同的优势菌属青霉属。以 NaCl 浓度梯度法制造盐胁迫生境, 检测辽宁碱蓬根际土壤真菌对盐胁迫的响应, 结果表明: 60% 左右的菌种能耐受 5% 以下盐度、15% 左右的菌种能耐 10—20% 盐度; 筛选出了 6 株高度耐盐菌: 细交链孢霉、草酸青霉、产黄青霉、烟曲霉、细极链格孢和赭曲霉, 其中最高耐盐菌种赭曲霉可耐 20% 盐度。本文创新之处在于以盐度和季节为变量检测辽宁碱蓬根际土壤真菌的种群构成, 为其深入研究奠定了理论基础。

关键词: 辽宁碱蓬; 根际土壤; 真菌多样性

Effect of season and variation in salinity on the rhizosphere fungal diversity of *Suaeda liaotungensis*

SHAO Lu, JIANG Hua*

College of Life Sciences, Liaoning normal university, Dalian 116029, China

Abstract: Liaoning Province is one of the major habitats of *Suaeda liaotungensis* in China, but little is known about the population structure and distribution characteristics of the fungal species in the rhizosphere soil of this species. In present study, the fungal species from rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis* was isolated and identified using soil dilution-plate and traditional morphological methods. The effects of variations in season and salinity on the fungal diversity in the rhizosphere soil were analyzed. The experimental results showed that 6410, 4180, 5730, and 3340 fungal colonies developed from rhizosphere soil in spring, summer, autumn and winter, respectively. These were classified into 6 genera and 13 species for spring, 9 genera and 16 species for summer, 11 genera and 31 species for autumn, and 6 genera and 12 species for winter. Thirteen genera and 42 fungal species were isolated from *Suaeda liaotungensis* rhizosphere soil and identified, among which *Penicillium*, *Stachybotrys*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Aspergillus* and *Fusarium* were the dominant genera. The fungal population structure and composition in *Suaeda liaotungensis* rhizosphere soil differed between seasons. The magnitude of the Shannon diversity index, richness index, and evenness index of rhizosphere fungi for different seasons, occurred in the following order: autumn>summer>spring>winter. The Shannon diversity index, richness index,

基金项目: 辽宁省教育厅项目 (2008S135)

收稿日期: 2014-06-16; 网络出版日期: 2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jianghua1225@163.com

and evenness index were the highest in autumn. The richness of fungal species in the rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis* was nearly seven times that in non-vegetated soil. The Shannon diversity index and evenness index of rhizosphere fungi were 4—8 and 1—1.2 times, respectively, as high as those for non-vegetated soil. Experimental salt-stress habitats were constructed using a NaCl concentration gradient method for affecting the diversity of fungal species in the rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis*. The result showed that about 60% of fungi could tolerate media with less than 5% NaCl, and nearly 15% were able to grow in media with higher than 10% NaCl. *Aspergillus fumigatus* and *Alternaria tenuissima* were tolerant to 16% NaCl or higher. *Aspergillus ochraceus*, the most salt-tolerant fungus, was tolerant to 20% NaCl. Our results demonstrated that factors such as climate and living environment evidently affected the fungal diversity and similarity in the rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis*. The innovation of this paper is to study the effect of change in season and salinity on the fungal diversity from rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis*. Thus, it has significance for further study of *Suaeda* rhizome fungal diversity. Therefore, the aims of the study were to analyze the fungal diversity in rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis* in different seasons, to analyze the influence of salinity on the rhizome fungal diversity, to collect potentially economic fungal resources, and to understand the protective effects of *Suaeda liaotungensis* on soil fungi.

Key Words: *Suaeda liaotungensis*; rhizosphere soil; fungal diversity

碱蓬(*Suaeda glauce*)是藜科(*Chenopodiaceae*)碱蓬属(*Suaeda*)植物,具有食用、药用和饲用价值,并能增加土壤有机质和N、P、K的含量,消除裸露盐碱荒滩,防止水土流失,对保持和重建盐地生态有重要作用^[1],被誉为盐碱地改造的“先锋植物”。碱蓬是典型的盐生植物,其根系独特的生态环境是孕育微生物多样性的理想之地,更是挖掘耐盐菌的黑匣子。耐盐菌具有许多其他生物所没有的生理特性,是世界上备受重视的微生物资源,耐盐菌的基因与耐盐机制的研究,可为耐盐基因的克隆及转基因耐盐植物的构建奠定基础,更可用于耐盐微生物菌剂的研究与开发,无论对农业生产、环境修复还是对工业废水处理及石油污染治理等方面均有着广阔的应用前景^[2]。碱蓬作为一种新的野生植物资源,人们给予了很多关注,例如耐盐基因育种^[3]、耐盐生理^[4]、人工栽培^[5]、营养分析、活性物质的分离提取、土壤修复研究等。近年,碱蓬内生菌研究已成为热点^[6],但有关其根际微生物多样性等方面的研究国内外鲜有报道。

土壤微生物作为土壤生态系统中的重要组成部分,是生态系统的分解者,也是物质循环和能量交流的承担者。它们参与土壤有机质分解、腐殖质形成、土壤养分转化和循环等过程,从而增加土壤肥力^[7]。植物根际微生物可通过固氮作用和氨化作用,增加土壤有机质和总氮含量,还可以产生氢离子和有机酸,刺激植物根系对磷等矿物质的吸收、钾的释放和锰、铁、锌等微量元素的有效性,增强植物抗逆性和抗病性,促进植物生长发育,保护植物健康生长^[8]。土壤微生物多样性代表着微生物群落的稳定性,也反映土壤生态机制和土壤胁迫对微生物群落的影响。因此,其组成及其多样性对于干扰条件下土壤生态功能稳定性的维持和恢复具有重要的影响,常常被用作指示土壤健康的灵敏性指标^[9]。

我国碱蓬资源丰富,共有碱蓬属植物21种及一个变种^[10]。辽宁省是碱蓬植被大省,被誉为天下奇观的盘锦“红海滩”,就是由旅游区滩涂上的碱蓬所形成的自然景观。大连海滨滩涂多,碱蓬资源丰富,主要碱蓬种类为辽宁碱蓬(*Suaeda liaotungensis*)。在自然生态条件下,辽宁碱蓬有两种表现型植株:红色和绿色,本研究的目标为红色辽宁碱蓬。鉴于碱蓬的生态效应、经济效益、开发潜力和土壤微生物的重要作用,本课题组继辽宁碱蓬营养成分分析^[11]、碱蓬内生菌的分离鉴定及抑菌活性检测^[12]、拮抗菌对碱蓬病原菌的抑菌试验^[13]等研究后,又对辽宁碱蓬根际土壤真菌进行了分离鉴定,对其真菌种类、数量和种群构成进行了季节性分析及耐盐性检测,探讨了辽宁碱蓬对土壤真菌多样性的保护作用。旨在查明辽宁碱蓬根际土壤真菌的种类资源、种群构成对季节及盐度变化的响应。为建立辽宁碱蓬根际土壤真菌种库,为其耐盐菌资源的深入研究和开发,为盐土的碱蓬-微生物修复奠定理论基础及提供优势菌株。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试材

辽宁碱蓬(*Suaeda liaotungensis*), 采自辽宁省大连市甘井子区盐场。

1.1.2 培养基与试剂

真菌分离采用孟加拉红固体培养基(蛋白胨 5g, 葡萄糖 10g, 磷酸二氢钾 1g, 硫酸镁 0.5g, 琼脂 18g, 1% 孟加拉红溶液 3.3ml, 链霉素, 蒸馏水 1000ml, pH 自然。待培养基灭菌后温度降至 45℃ 左右时, 每 100ml 培养基中加 1% 链霉素液 0.3ml), 真菌纯化采用马铃薯琼脂培养基(PDA), 所需试剂均为国产分析纯。

1.2 方法

1.2.1 土样的采集

采样区位于辽宁省大连市甘井子区盐场, 地理坐标为北纬 39°00′24″, 东经 121°63′20″。该地属北半球暖温带半湿润季风气候区, 年平均气温一般在 10.1—11.2℃ 之间, 1 月份最冷, 月平均气温 -2.9— -6.2℃; 8 月份最热, 月平均气温 23.9—24.7℃。无霜期 190 天左右, 年均降水量为 662mm。冬无严寒、夏无酷暑、秋温高于春温, 冬春两季风速较大。采样地土壤主要为盐土, 主要植被有辽宁碱蓬、芦苇、海蓬子等。以 5 点采样法于 2013 年的春(5 月 8 日)、夏(7 月 8 日)、秋(9 月 12 日)冬(12 月 10 日)四季采样。采集 2—15cm 深距主根 0—1cm 范围内的辽宁碱蓬根际土壤; 同时, 以同法采集同一区域内的无植被土壤为对照。设置三次重复即三处采样点, 在每个采样点的样方中, 从四角和中间点各取土样约 100g, 再将 5 个点的土样混合在一起作为该样方的采样, 最后将三处采样点的土样再混合, 从中取土样约 500g 装入无菌聚乙烯袋中当日进行真菌的分离和培养, 剩余样品于冰箱冷藏备用。

1.2.2 碱蓬根际土壤真菌的分离纯化与计数

土样稀释采用 10 倍梯度稀释法, 称取 10g 土壤于盛有 90ml 无菌水的锥形瓶中, 稀释成浓度为 10^{-2} — 10^{-3} 土壤悬液; 土样接种采用稀释涂布平板法, 用移液枪吸取 200 μ l 稀释液于平板上进行涂布。使用孟加拉红和 PDA 培养基进行土壤真菌的分离和纯化。培养 3—5d 后进行真菌菌落计数统计^[14]。

1.2.3 真菌鉴定

纯化的菌株依据菌落和个体形态特征, 参照相关的真菌分类鉴定指标进行形态学鉴定^[15]。

1.2.4 碱蓬根际土壤真菌的耐盐性检测

在孟加拉红培养基中添加不同量的 NaCl, 配制成不同盐度的培养基(由 0% 至 20% 以 2% 梯度递增), 土样稀释液接种法同上, 28℃ 下恒温培养 3—5d 后统计及鉴定不同盐度下真菌的数量和种类, 确定真菌耐盐度^[2]。

1.2.5 统计分析

(1) 相对分离频率

相对分离频率(%) = 某一真菌分离物的总数/所有分离物的总数 $\times 100\%$ 。用于分析和判断真菌的优势种群。

(2) 真菌种群的多样性分析

采用 Shannon diversity index 多样性指数(H')、Pielou 均匀度(J)指数和 Margalef 丰富度指数(R)。计算公式如下:

$H' = - \sum P_i \ln P_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$), 反映每个样本真菌的物种多样性程度, 是丰富度和均匀度的综合指标。

$J = H' / \ln(S)$, 反映每种个体数间的差异。

$R = (S - 1) / \ln N$, 测定一定空间范围内的物种数目, 以表达生物的丰富程度。式中 P_i 为第 i 种的个体数占总个体数的比例, 可以用 $P_i = N_i / N$ 求出, N_i 为第 i 种物体个数, N 为总个体数, S 为每个样品的物种总数。

(3)Jaccard 相似性指数

$C_j = c / (a + b - c)$,式中 a 、 b 分别为两个样本中真菌的种数或属数, c 为两个样本中共有的真菌种数或属数。相似指数是用来比较两个样本之间真菌种类组成的相似程度^[16]

2 结果与分析

2.1 辽宁碱蓬根际土壤真菌种类的季节性差异

自然生境下,采样分离、鉴定辽宁碱蓬根际土壤真菌,以检测其种群构成及数量的季节性差异,试验结果见表 1。春、夏、秋、冬四个季节的碱蓬根际土壤真菌菌落数分别为 6410、4180、5730 和 3340,种类数分别为 6 属 13 种、9 属 16 种、11 属 31 种和 6 属 12 种,共分离鉴定出 13 属 42 种真菌。

表 1 季节对辽宁碱蓬根际土壤真菌数量及种群构成的影响

真菌属名 Fungal genus	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	菌落数量(个)	分离频率%	菌落数量(个)	分离频率%	菌落数量(个)	分离频率%	菌落数量(个)	分离频率%
	Number of Colonies	Isolatin frequency	Number of Colonies	Isolation frequency	Number of Colonies	Isolation frequency	Number of Colonies	Isolation frequency
曲霉属 <i>Aspergillus</i>	11	11.58	9	13.04	12	12.50	4	7.27
链格孢属 <i>Alternaria</i>	7	7.37	5	7.25	11	11.46	0	0.00
青霉属 <i>Penicillium</i>	41	43.16	22	31.88	16	16.67	15	27.27
枝孢属 <i>Cladosporium</i>	5	5.25	4	5.80	19	19.79	27	49.09
毛霉属 <i>Mucor</i>	0	0.00	3	4.35	5	5.21	0	0.00
卷霉属 <i>Circinella</i>	0	0.00	1	1.45	5	5.21	0	0.00
柱霉属 <i>Scytalidium</i>	0	0.00	1	1.45	0	0.00	0	0.00
木霉属 <i>Trichoderma</i>	0	0.00	0	0.00	15	15.63	6	10.91
腐质霉属 <i>Humicola</i>	0	0.00	0	0.00	2	2.08	0	0.00
拟青霉属 <i>Paecilomyces</i>	0	0.00	0	0.00	2	2.08%	2	3.64
散孢霉属 <i>Scedosporium</i>	0	0.00	0	0.00	2	2.08	1	1.81
镰孢属 <i>Fusarium</i>	3	3.16	10	14.49	7	7.29%	0	0.00
葡萄穗霉属 <i>Stachybotrys</i>	28	24.47	14	20.29	0	0.00	0	0.00
合计 Total	95		69		96		55	
属数 The number of Genera	6		9		11		6	

秋季的真菌种类资源最丰富,其次为夏季,冬季最少。四个季节的优势菌种不尽相同,但均有一个共同的优势属为青霉属 (*Penicillium*)。春季的 6 个属包括曲霉属 (*Aspergillus*)、链格孢属 (*Alternaria*)、青霉属 (*Penicillium*)、枝孢属 (*Cladosporium*)、葡萄穗霉属 (*Stachybotrys*) 和镰孢属 (*Fusarium*),优势属为青霉属 (*Penicillium*) 和葡萄穗霉属 (*Stachybotrys* Corda);夏季 9 属包括曲霉属 (*Aspergillus*)、葡萄穗霉属 (*Stachybotrys*)、青霉属 (*Penicillium*)、枝孢属 (*Cladosporium*)、毛霉属 (*Mucor*)、卷霉属 (*Circinella*)、柱霉属 (*Scytalidium*)、镰孢属 (*Fusarium*) 和链格孢属 (*Alternaria*),优势属为青霉属 (*Penicillium*)、葡萄穗霉属 (*Stachybotrys*)、曲霉属 (*Aspergillus*) 和镰孢属 (*Fusarium*);秋季 11 属包括曲霉属 (*Aspergillus*)、链格孢属 (*Alternaria*)、镰孢属 (*Fusarium*)、枝孢属 (*Cladosporium*)、毛霉属 *Mucor*)、卷霉属 (*Circinella*)、木霉属 (*Trichoderma*)、腐质霉属 (*Humicola*)、拟青霉属 (*Paecilomyces*)、散孢霉属 (*Scedosporium*) 和青霉属 (*Penicillium*),优势属为青霉属 (*Penicillium*)、曲霉属 (*Aspergillus*)、枝孢属 (*Cladosporium*) 和木霉属 (*Trichoderma*);冬季 6 属包括曲霉属 (*Aspergillus*)、青霉属 (*Penicillium*)、枝孢属 (*Cladosporium*)、木霉属 (*Trichoderma*)、拟青霉属 (*Paecilomyces*) 和散孢霉属 (*Scedosporium*),优势属为青霉属 (*Penicillium*) 和枝孢属 (*Cladosporium*)。由图 1 可以看出,一年中,碱蓬根际土壤真菌数量在春季和秋季出现两个高峰,分析其原因:

春季气温逐渐升高, 越冬孢子萌发, 植物开始生长发育, 根系分泌物增多, 真菌数量也随之上升; 夏季天气炎热, 对真菌数量增长有一定抑制; 秋季温度、水分等良好的气候条件适宜真菌生长发育; 冬季气温低, 抑制了土壤真菌的新陈代谢, 也使真菌数量和种类明显减少。因为土壤真菌数量和种类的季节变化受温度、水分、植物残体及植物生长的综合影响, 还与微生物活动的适宜条件以及对凋落物、营养物质的利用和转化有密切联系。

碱蓬根际土壤真菌在春、夏、秋、冬四个季节中的 Shannon 多样性指数、丰富度指数值和均匀度指数, 从大到小的次序均为秋>夏>春>冬, 秋季的三种指数均为最高, 且多样性指数和丰富度指数差异较大。均匀度指数相对来说波动较小, 春季和冬季的均匀度指数相近, 因此可认为其真菌均匀度指数受季节变化的影响较小。比较四个季节真菌种类的相似指数, 春季和夏季相似性指数(Cj)值为 0.6667、春季和秋季为 0.4167、春季和冬季为 0.3333、夏季和秋季为 0.5385、夏季和冬季为 0.2500、秋季和冬季为 0.5455, 只有春季和夏季为中等相似, 其余的季节相似度不大(见表 2)。

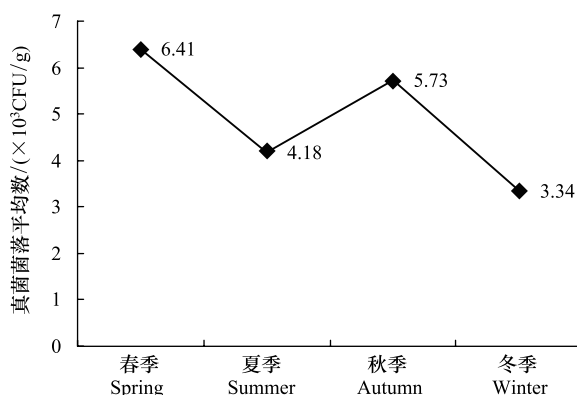


图 1 不同季节辽宁碱蓬根际土壤真菌菌落数

Fig. 1 The number of fungi colonies from rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis* in different seasons

表 2 季节对辽宁碱蓬根际土壤真菌种群多样性指数的影响

Table 2 Influence of seasons on the diversity indices of fungal communities in rhizosphere soil of *Suaeda liaotungensis*

季节 Seasons	物种多样性指数 Shannon-Wiener index (H')	均匀度指数 Evenness index (J)	丰富度指数 Richness index (R)
春季 Spring	1.4286	0.7973	1.0980
夏季 Summer	1.8404	0.8376	1.8894
秋季 Autumn	2.1581	0.9003	21990
冬季 Winter	1.3293	0.7419	1.2480

2.2 辽宁碱蓬对土壤真菌多样性保护作用的分析

无植被土壤中真菌种群构成及数量统计见表 3。对比表 1 和表 3, 一年四季中, 辽宁碱蓬根际土壤中的枝孢属、卷霉属、柱霉属、木霉属、散孢霉属、拟青霉属是无植被土壤中没有的菌群; 无植被土壤中的单孢霉属和弯孢属是辽宁碱蓬根际土壤中没有的菌群。辽宁碱蓬根际土壤中的真菌种类及数量明显多于无植被土壤 (CS<0.50), 其真菌种类为无植被土壤的 1.6 倍, 真菌数量是无植被土壤的 7 倍。辽宁碱蓬根际土壤真菌与无植被土壤真菌的数值比(R/S 值)为: 多样性指数(H')的 R/S 值为 1.0—1.3、均匀度指数的 R/S 值为 4.0—8.7; 辽宁碱蓬根际土壤真菌的多样性指数和均匀度指数均高于无植被土壤, 且夏季和秋季差异较大, 根际效应明显(见表 4)。两种土壤所含的真菌种类相似性很低, 种群构成不同。上述结果表明, 辽宁碱蓬根际土壤相对于无植被土壤具有丰富的真菌资源, 尤其在夏、秋两季差异较大。

表 3 季节对无植被土壤中的真菌种群构成及数量的影响

Table 3 Influence of seasons on the fungal quantity and composition of unvegetated soil

真菌属名 Fungal genus	菌落数量(个) Number of Colonies			
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
曲霉属 <i>Aspergillus</i>	4	2	2	3
青霉属 <i>Penicillium</i>	6	3	6	2
链格孢属 <i>Alternaria</i>	0	1	1	0
镰孢属 <i>Fusarium</i>	3	2	3	1
葡萄穗霉属 <i>Stachybotrys</i>	0	0	1	0
腐质霉属 <i>Humicola</i>	0	0	1	1
毛霉属 <i>Mucor</i>	2	0	0	0
单孢霉属 <i>Chloridium</i>	0	0	1	0
弯孢属 <i>Curvularia</i>	0	0	1	0
丝核菌属 <i>Rhizoctonia</i>	0	1	0	0
合计 Total	15	9	16	7
属数 The number of Genera	4	5	8	4

表 4 辽宁碱蓬根际土壤与无植被土壤真菌多样性指数与均匀度指数的比较

土样类型 Soil sample type	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	多样性	均匀度	多样性	均匀度	多样性	均匀度	多样性	均匀度
	指数(H')	指数(J)	指数(H')	指数(J)	指数(H')	指数(J)	指数(H')	指数(J)
	Diversity index	Evenness index	Diversity index	Evenness index	Diversity index	Evenness index	Diversity index	Evenness index
根际土壤 Rhizosphere soil	1.4286	0.7937	1.8404	0.8376	2.1581	0.9003	1.3293	0.7419
无植被土壤 Unvegetated soil	1.3095	0.0873	1.5230	0.1692	1.8081	0.1130	1.2770	0.1824
R/S	1.0910	9.0916	1.2084	4.9503	1.1936	7.9673	1.0467	4.0674

R/S 为根际土壤/无植被土壤的数值比

2.3 辽宁碱蓬根际土壤真菌多样性对盐度的响应

以不同盐度培养基培养辽宁碱蓬根际土壤真菌,分离鉴定其种类、统计其数量。图 2 和图 3 结果表明:辽宁碱蓬根际土壤真菌群落中,随着培养基盐度增加,能够生长的真菌种类和菌株数量均逐渐减少,60%左右的菌种能耐受 5%以下的盐度、15%左右的菌种能耐受 10—20%的盐度。其中,耐盐性较低的菌种易受季节影响,其种类与数量随着季节不同波动性较大,而耐盐性较高的菌种其种类和数量受季节影响较小。

从辽宁碱蓬根际土壤中共筛选出 6 株高度耐盐真菌:细交链孢霉、草酸青霉、产黄青霉、烟曲霉、细极链格孢和赭曲霉,它们均可耐受 12%以上的盐度。其中,赭曲霉耐盐性最高,可耐 20%的盐度;烟曲霉和细极链格孢可耐 16%盐度;细交链孢霉、草酸青霉和产黄青霉高于 12%盐度不生长或生长较差。

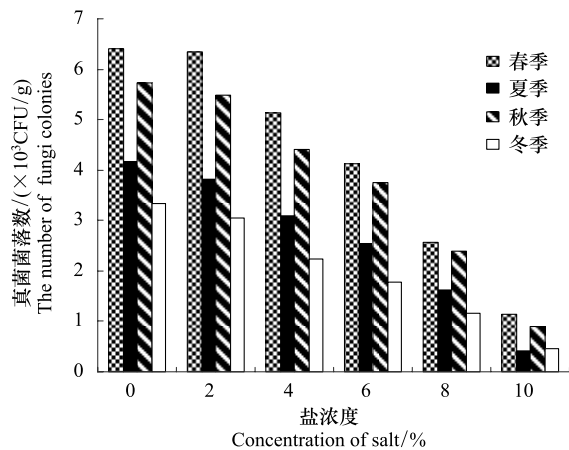


图 2 盐度对不同季节辽宁碱蓬根际土壤真菌数量(CFU/g)的影响

Fig. 2 Influence of salinity on the number of fungi colonies from rhizosphere soil of Suaeda liaotungensis in different seasons

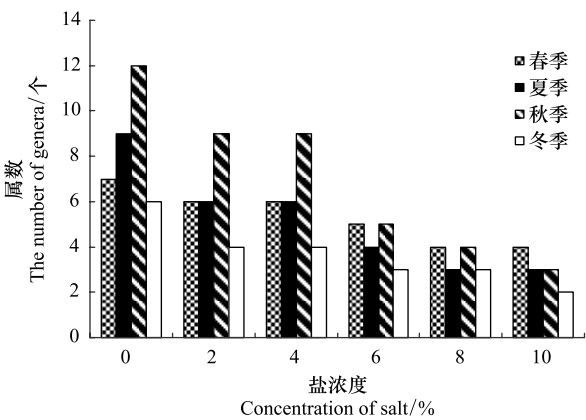


图 3 盐度对不同季节辽宁碱蓬根际土壤真菌种类的影响

Fig. 3 Influence of salinity on the species of fungi colonies from rhizosphere soil of Suaeda liaotungensis in different seasons

3 讨论

鉴于土壤微生物对植物生长发育的正效应,目前植物根际微生物及其多样性研究已成为人们关注的热点,例如,吕国忠等人对药用植物^[17]、王娜等人对烟草根际土壤真菌多样性的研究等^[16],但关于碱蓬属植物根际土壤微生物研究鲜有报道。钮旭光等人^[18]进行过翅碱蓬内生真菌多样性分析,查明了翅碱蓬内生真菌以小丛壳菌属、链格孢属、毛盘孢属、枝孢属为优势类群。辽宁碱蓬与翅碱蓬同属于辽宁省碱蓬种类,其根际土壤真菌的优势种群为青霉属(Penicillium)、葡萄穗霉属(Stachybotrys)、枝孢属(Cladosporium)、木霉属(Trichoderma)、曲霉属(Aspergillus)和镰孢菌属(Fusarium)。本研究虽然不是针对碱蓬内生真菌的研究,但其结果也露出了真菌多样性在宿主植物上的差异性和专化性这一端倪,值得进一步对辽宁碱蓬内生真菌进行研究。

植物根际土壤环境是一个动态而复杂的有机整体,容易受多方面因素影响,例如,根际效应、土壤类型和理化性质、植株生长发育状况、气象因素以及根际拮抗作用等,都会影响根际土壤真菌的种群数量和分布规律^[19-20]。本文采用了生物种群多样性指数、丰富度指数、均匀度指数和相似性指数,对不同季节的辽宁碱蓬根际土壤真菌种群进行了分析比较,研究结果表明,不同季节下辽宁碱蓬根际土壤中都存在着丰富的真菌资源,但其真菌种类组成、数量和分布具有较大的差异性,真菌多样性有较明显的季节变化。一年四季中辽宁碱蓬根际土壤真菌 Shannon 多样性指数、丰富度指数和均匀度指数的空间分布均为秋>夏>春>冬,真菌数量在春季和秋季出现两个高峰,表明了季节、气候条件和土壤环境均能影响土壤真菌多样性水平,与胡云飞等^[21]对茶树根际土壤真菌的季节多样性分析及陶玉柱^[22]对原始红松林土壤真菌多样性的研究结果相似。辽宁碱蓬根际土壤比无植被土壤的真菌资源丰富,虽然各个季节的优势菌种不尽相同,但菌群构成相对稳定,表明外界环境变化对其影响较小,其真菌群落的稳定性为碱蓬根部提供了稳定的生长环境,也说明了辽宁碱蓬根系分泌物可影响根际真菌的种群密度和种类,具有十分明显的根际效应,对土壤真菌种群、微生物多样性具有很好的保护作用。林学政等^[1]“种植盐地碱蓬改良滨海盐渍土对土壤微生物区系的影响”中也得到了相同的结论。碱蓬植被可以抑制地表蒸发,促进土壤盐分淋溶,有利于土壤中氮、磷、钾等元素的释放,增加土壤中可被直接吸收的速效养分,从而提高土壤肥力、改善了土壤质地,利于土壤中真菌的生长繁殖,提高其种群丰富度,对土壤真菌起到了保护作用^[23]。土壤微生物的活动、根系分泌的柠檬酸、苹果酸等以及呼吸作用放出的 CO₂ 溶于水后形成的碳酸等有机酸,对土壤难溶物质的溶解起到了促进作用,促进了 P、K、Ca 等盐类的溶解,从而全面改善了土壤肥力并促进了植物的生长^[24]。

我国盐碱地多,改造及合理利用这些资源对改善生态环境和推动经济发展具有重要意义,人们在考虑如何采用一些措施来改良盐碱土时,应该首先考虑到生物修复,包括种植耐盐植物、使用耐盐微生物菌肥等。本文通过研究盐度对辽宁碱蓬根际土壤真菌多样性的影响,发现辽宁碱蓬根际土壤中有 15% 左右的真菌能耐受 10—20% 的盐度,筛选出了 6 种高度耐盐菌,其中赭曲霉能耐 20% 盐度,这些菌种可用于构建基因文库、培养转基因耐盐植物,对于盐田生态系统的改善具有重大意义;还可用于耐盐微生物菌剂的研发,以及采用碱蓬-碱蓬源微生物体系或目的菌对盐碱、重金属、石油、染料及农药污染等水、土进行生物修复研究;为发挥碱蓬的自然生态养护和修复作用提供了理论依据;还可以利用基因工程的手段,培育转基因嗜盐菌,使其在食品工业、医药工业、酶工业等发挥更大的效用。

本研究表明,辽宁碱蓬根际土壤具有丰富的真菌资源,期望可以从中筛选到更多的有益菌株或拮抗菌,为研制生防菌剂和开展碱蓬根际土传病害的生物防治提供生防菌种。碱蓬属丰富的植物种类和独特的生态环境,构成了天然的物种基因库,是研究微生物多样性的理想资源。碱蓬作为一种新的野生植物资源,前人虽然对此做了大量研究,但有关碱蓬根际土壤微生物多样性研究相对滞后。碱蓬属植物具有很强的抗逆能力,多生于海滨、河谷、沙漠等不同生态类型的盐碱荒地上,在抗逆性极强的碱蓬根系分泌物刺激和滋养下,也一定孕育着丰富的、有经济价值的微生物种类资源,值得对其进行深入系统的研究,相信还会有大量的有益菌种有待发现。

参考文献 (References):

- [1] 林学政,陈靠山,何培青,沈继红,黄晓航. 种植盐地碱蓬改良滨海盐渍土对土壤微生物区系的影响. 生态学报, 2006, 26(3): 801-807.
- [2] 张广志,周红姿,杨合同,赵晓燕. 盐碱土壤中耐盐细菌的分离与鉴定. 山东农业科学, 2008, (9): 49-50, 54.
- [3] Zhang Y, Yin H, Li D, Zhu W W, Li Q L. Functional analysis of *BADH* gene promoter from *Suaeda liaotungensis* K. Plant Cell Reports, 2008, 27(3): 585-592.
- [4] Wang S M, Zhang J L, Flowers T J. Low-affinity Na⁺ uptake in the halophyte *Suaeda maritima*. Plant Physiology, 2007, 145(2): 559-571.
- [5] 邵秋玲,谢小丁,张方申,崔宏伟,曹子谊. 盐地碱蓬人工栽培与品系选育初报. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 47-49.
- [6] Sun Y, Wang Q, Lu X D, Okane I, Kakishima M. Endophytic fungi associated with two *Suaeda* species growing in alkaline soil in China. Mycosphere, 2011, 2(3): 239-248.
- [7] 安韶山,李国辉,陈利顶. 宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性. 生态学报, 2011, 31(18): 5225-5234.

- [8] 李会娜. 三种入侵菊科植物(紫茎泽兰、豚草、黄顶菊)与土壤微生物的互作关系[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009.
- [9] Sharma S K, Ramesh A, Sharma M P, Joshi O P, Govaerts B, Steenwerth K L, Karlen D L. Microbial community structure and diversity as indicators for evaluating soil quality. *Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture, Sustainable Agriculture Reviews*, 2011, 5: 317-358.
- [10] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 第二十五卷: 第二分册. 北京: 科学出版社, 1979: 115-135.
- [11] 郑音, 姜华, 金郁, 王火旭, 李秋莉, 张敏. 辽宁碱蓬红、绿两种表型植株生长量比较及营养成分分析. *中国野生植物资源*, 2011, 30(6): 73-67.
- [12] 姜华, 修玉萍, 郑音, 任伟重, 侯婧, 张琳, 王有福. 碱蓬内生枯草芽孢杆菌分离鉴定及抑菌活性检测. *辽宁师范大学学报: 自然科学版*, 2011, 34(4): 503-507.
- [13] 姜华, 张琳, 修玉萍, 任红蕾, 谷月. 拮抗菌和药剂对碱蓬病原菌的抑菌试验初报. *辽宁师范大学学报: 自然科学版*, 2013, 36(2): 245-249.
- [14] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法. 北京: 高等教育出版社, 2010: 32-40.
- [15] 魏景超. 真菌鉴定手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
- [16] 王娜, 吕国忠, 孙晓东, 慕东艳, 赵志慧, 王凤龙. 烟草根际土壤真菌多样性的研究. *菌物学报*, 2012, 31(6): 827-836.
- [17] 慕东艳, 吕国忠, 孙晓东, 王娜, 赵志慧. 黑龙江省药用植物根际土壤真菌多样性. *生态学报*, 2013, 33(1): 229-237.
- [18] 钮旭光, 宋立超, 韩梅, 肖亦农. 盐生植物翅碱蓬的内生真菌多样性分析. *微生物学通报*, 2012, 39(10): 1388-1395.
- [19] Singh S, Pandey A, Kumar B, Palni L M S. Enhancement in growth and quality parameters of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] through inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in an acid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 2010, 46(5): 427-433.
- [20] Xue D, Huang X D, Yao H Y, Huang C Y. Effect of lime application on microbial community in acidic tea orchard soils in comparison with those in wasteland and forest soils. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, 22(8): 1253-1260.
- [21] 胡云飞, 张玥, 张彩丽, 杨路成, 陈喧, 庄静, 黎星辉. 茶树根系内生真菌与根际土壤真菌的季节多样性分析. *南京农业大学学报*, 2013, 36(3): 41-46.
- [22] 陶玉柱. 丰林自然保护区原始红松林土壤真菌多样性[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [23] 吉志军, 唐运平, 张志扬, 付春平, 李江华, 李健, 陈双星. 不同基底处理下碱蓬种植对滨海盐渍土的改良与修复效应初探. *南京农业大学学报*, 2006, 29(1): 138-141.
- [24] 赵可夫, 范海, 江行玉, 宋杰. 盐生植物在盐渍土壤改良中的作用. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(1): 31-35.