

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

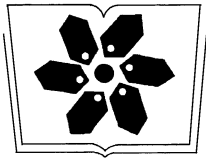
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 2 期
Vol.31 No.2
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 2 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

长白山山杨种群的性比格局及其空间分布	潘春芳,赵秀海,夏富才,等 (297)
冬季融冻过程中白三叶叶片抗氧化酶活力和渗透调节物含量变化与抗冻性的关系	赵 梅,周瑞莲,刘建芳,等 (306)
黄土高原主要森林类型自然性的灰色关联度分析	王乃江,刘增文,徐 钊,等 (316)
两种抗生素对龙须菜的光合生理效应	简建波,邹定辉,刘文华,等 (326)
典型喀斯特峰丛洼地植被群落凋落物 C:N:P 生态化学计量特征	潘复静,张 伟,王克林,等 (335)
塔里木河下游地下水埋深对胡杨气体交换和叶绿素荧光的影响	陈亚鹏,陈亚宁,徐长春,等 (344)
基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价	宋富强,邢开雄,刘 阳,等 (354)
火因子对荒漠化草原草本层片植物群落组成的影响	贺郝钰,苏洁琼,黄 磊,等 (364)
4 种阔叶幼苗对 PEG 模拟干旱的生理响应	冯慧芳,薛 立,任向荣,等 (371)
城市带状绿地宽度与温湿效益的关系	朱春阳,李树华,纪 鹏,等 (383)
西藏斧锒水鸟多样性及斑头雁繁殖活动区的变化	张国钢,刘冬平,钱法文,等 (395)
王朗自然保护区大熊猫生境选择	康东伟,康 文,谭留夷,等 (401)
东方田鼠警觉对其功能反应的作用格局	陶双伦,杨锡福,邓凯东,等 (410)
台州市路桥区重金属污染对土壤动物群落结构的影响	白 义,施时迪,齐 鑫,等 (421)
青岛湾小型底栖生物周年数量分布与沉积环境	杜永芬,徐奎栋,类彦立,等 (431)
叉尾斗鱼种群遗传变异与亲缘地理	王培欣,白俊杰,胡隐昌,等 (441)
C ₃ 和 C ₄ 植物寄主对华北地区棉铃虫越冬代和第一代的影响	叶乐夫,付 雪,戈 峰 (449)
3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系	毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等 (455)
坝上地区农田和恢复生境地地表甲虫多样性	刘云慧,宇振荣,王长柳,等 (465)
若尔盖高寒湿地干湿土壤条件下微生物群落结构特征	牛 佳,周小奇,蒋 娜,等 (474)
红枣贮藏期果面微生物多样性	沙月霞 (483)
CO ₂ 和温度升高情况下白粉菌侵染对西葫芦生长特性的影响	刘俊稚,葛亚明, Pugliese Massimo, 等 (491)
丛枝菌根真菌对中性紫色土土壤团聚体特征的影响	彭思利,申 鸿,袁俊吉,等 (498)
新疆断裂带泉水中细菌群落结构的 PCR-DGGE 分析	吴江超,高小其,曾 军,等 (506)
石油污染对海洋浮游植物群落生长的影响	黄逸君,陈全震,曾江宁,等 (513)
不同耐性水稻幼苗根系对镉胁迫的形态及生理响应	何俊瑜,任艳芳,王阳阳,等 (522)
基于 CLUE-S 模型的密云县面源污染控制景观安全格局分析	潘 影,刘云慧,王 静,等 (529)
基于生态足迹的生态地租分析	龙开胜,陈利根,赵亚莉 (538)
深圳市植被受损分级评价及其与景观可达性的关系	刘语凡,陈 雪,李贵才,等 (547)
专论与综述	
美国、加拿大环境和健康风险管理方法	贺桂珍,吕永龙 (556)
植物蜡质及其与环境的关系	李婧婧,黄俊华,谢树成 (565)
油田硫酸盐还原菌酸化腐蚀机制及防治研究进展	庄 文,初立业,邵宏波 (575)
叶际微生物研究进展	潘建刚,呼 庆,齐鸿雁,等 (583)

红枣贮藏期果面微生物多样性

沙月霞*

(宁夏植物病虫害防治重点实验室, 宁夏农林科学院植物保护研究所, 银川 750002)

摘要:以 2 种成熟度不同的红枣 (*Zizyphus jujuba* Mill.) 为试验材料在入库前采用保鲜剂处理, 未采用保鲜剂处理的红枣为试验对照, 研究红枣不同贮藏时期果面微生物多样性。结果表明: 红枣贮藏期果面微生物种群中, 细菌是优势类群, 占微生物总数 80% 以上, 真菌较少; 采摘期红枣果面上就携带微生物, 真菌优势菌株属于链格孢 (*Alternaria*), 其次为镰刀菌 (*Fusarium*) 和木霉 (*Trichoderma*), 贮藏期优势菌株属于链格孢 (*Alternaria*)、青霉 (*Penicillium*)、木霉 (*Trichoderma*) 和镰刀菌 (*Fusarium*), 曲霉 (*Aspergillus*)、毛霉 (*Mucor*) 和根霉 (*Rhizopus*) 次之。红枣贮藏期果面微生物种群动态失衡是导致贮藏病害发生的主要原因, 成熟度较高的红枣果面微生物总数、真菌和细菌的数量明显高于成熟度较低的红枣, 使用保鲜剂后有效地降低了红枣贮藏期果面微生物的多样性, 贮藏时间越长红枣果面微生物的多样性越明显。

关键词: 红枣; 贮藏期; 果面微生物; 多样性

Microbial diversity of the jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruits surface during harvesting and storage stages

SHA Yuexia*

Key Laboratory of Ningxia Plant Disease and Insect Pests control, Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China

Abstract: Post harvest diseases of jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruits are serious problem during storage. Many microbes including benefit and harmful organisms, and pathogens are associated with jujube. The aim of the study was to characterize the microbial diversity in stored jujube fruits and their potential effect on the storage diseases. Microbial diversity of the Ningxia jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruit surface at different mature levels during the harvesting and storage stages was investigated. The jujube maturity was graded based on the percentage of erubescence area of the jujube fruit surface and the tenth grade was with the 100% of the area erubescence and the eighth grade was with 2/3 of the area erubescence. The samples were collected at the picking time, and after storages of 15 d, 30 d, and 45 d. The result showed that 80% of the microbes isolated on the jujube surface are bacteria. Fungi including species of *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Mucor* and *Rhizopus* were detected at all sampling stages. *Alternaria* spp. were the dominant and *Fusarium* spp. and *Trichoderma* spp. were common at the picking stage and the storage stages, while species of *Alternaria*, *Penicillium*, *Trichoderma* and *Fusarium* were dominant and species of *Aspergillus*, *Mucor* and *Rhizopus* were common at the storage stages. The preservative treatment was significantly reduced the fungi colonized on the jujube surface during the storage compared with non-treatment. More microbial diversity was found on the full mature jujubes than that on the eighth grade mature jujubes. Microbial diversity and their effect on the jujube quality were significantly increased along with the time of jujube storage. The biodiversity analysis showed that microbial diverse index of the jujube surface increased during the storage period. The Shannon-Wiener index has increasing tendency for all test treatments and reached to the highest at the storage of 45 d. The Simpson index was significantly inhibited at the picking time and earlier storage stages by the preservative treatment and reached the same as the non-treatment at the storage of 45 d. Although our current result was

基金项目: 宁夏自然科学基金资助项目 (NZ0753); 国家现代农业产业技术体系资助项目 (nycytx-30-09)

收稿日期: 2010-04-01; **修订日期:** 2010-11-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuexiasha@126.com

preliminary, it provided comprehensive understanding on the microbial community of jujube fruits and their effect on the jujube storage diseases. Our performance encouraged that the microbial community of other fruits should be conducted and investigated during storage, and the microbial community function should be determined. The antagonistic microbes may find from the community and are potential in biocontrol of fruit post harvest diseases.

Key Words: jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.); storage period; fruit surface; microbial diversity

鼠李科 (Rhamnaceae) 植物枣 (*Zizyphus jujuba* Mill.) 是我国的原产果树之一^[1], 已有数千年的栽培历史。枣树在我国分布面广, 适应性强, 品种多, 风味好, 深受人民群众的喜爱, 已成为我国果树发展的新热点^[2-3]。红枣营养成分丰富, 富含维生素 C, 每 100 g 果肉中维生素 C 含量高达 400—600 mg, 其营养价值与保健、医疗功能正适合新时期人们崇尚营养保健果品的消费需求^[2]。但红枣自然保鲜能力很差, 在贮藏中果实极易感染微生物而引起腐烂变质失去商品价值, 这一现状严重制约了我国红枣产业的健康发展^[4-7]。枣果的采后病害可分为 2 种类型, 一是生理病害, 即由于生理活动受到不适宜的外界条件干扰而造成的; 另一是病理病害 (侵染性病害), 即由病原微生物引起的。

贮藏期侵染性病害是影响红枣贮藏效果的主要因素。枣果实的病原菌种类十分复杂, 不同枣果病原菌的差异可能与品种有关, 也可能与产地有关。引起枣果采后腐烂的病原菌绝大多数是在田间侵染果实 (主要侵染时期是花期和幼果期), 之后一直潜伏在果实内部, 随着贮藏时间的延长, 果实的抗病能力逐渐下降, 而病原菌的发病能力逐渐增强。正常贮藏条件下一一般在贮藏后期发病。关于病原物侵染枣果并引起病害的机理研究尚还缺乏深入的研究, 目前在枣果上也仅仅是开展了枣果贮藏过程中, 几种酶的活性变化与病害发生相关性的研究。红枣在贮藏过程中, 果皮表面的霉菌可通过分泌果胶酶和纤维素酶等降解酶类, 使得枣果细胞壁的骨架物质纤维素、果胶等被分解为简单的小分子, 并逐步侵入果肉, 进而破坏果实内部的蛋白质、果胶、淀粉、有机酸和糖类等物质, 使枣果腐烂^[8-10]。果实自身的生理状态对病原菌孢子的萌发和生长也可以产生决定性的影响, 即未成熟果实可以抑制病原菌生长, 使其继续保持潜伏状态; 而成熟的果实有利于潜伏真菌的活化, 进而导致果实腐烂^[11-13]。

红枣的采后研究目前主要集中于采后衰老和品质下降的生理生化机制, 贮藏环境条件及技术措施等方面的研究^[14-15]。要控制枣果的采后病害, 除了解决果实采后生理上的软化、褐变和发酵等问题, 还需要在病理方面进一步明确红枣果面微生物的多样性及其与贮藏病害发生的相关性, 从而探索果实采前和采后的病害防治技术和方法。本研究首次揭示了红枣在贮藏期果面微生物的多样性, 希望为红枣贮藏期贮藏病害的有效防控提供技术支撑, 同时可以拓宽和丰富微生物多样性的研究领域和范围。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种 宁夏红枣 (*Zizyphus jujuba* Mill.)。根据成熟度和药剂处理的不同, 将试验红枣分为 4 类: 成熟度高且未处理的红枣和用保鲜剂处理过的红枣、成熟度较低且未处理的花枣和经过保鲜剂处理过的花枣。

红枣的成熟度分级标准 依据果实表面着色面积分级, 成熟度较高试验材料: 十成熟, 果面全部红色; 成熟度较低试验材料 (花枣) 八成熟, 2/3 果面变红, 1/3 果面仍为绿色。

样品采集 分别在 2007 年和 2008 年的 9 月下旬, 选取宁夏回族自治区灵武市大泉林场品质一致的红枣和花枣手工采摘。采摘后用果品保鲜剂处理, 设立未处理对照, 将不同处理的试验红枣装入果品专用保鲜袋, 放入冷库贮藏, 冷库贮藏温度为 -2°C — 2°C , 冷库在使用前进行消毒处理。

采样时间 采摘期 (入库前 5 d)、入库贮藏 15 d、30 d、45 d。

1.2 果面微生物数量的测定

细菌和真菌的数量采用稀释平板法测定, 并镜检鉴定红枣果面微生物中主要的细菌^[16-17]和真菌^[16-17]类

群。真菌培养用马铃薯蔗糖琼脂培养基(PDA),细菌培养用牛肉膏蛋白胨培养基。

1.3 红枣不同贮藏时期果面微生物菌落多样性研究

分别在红枣入库前5 d、入库后15、30、45 d时从4种处理的不同样袋中随机选取10颗健康枣。将每个样枣放入100 mL的无菌水中,摇床上充分振荡30 min,制成不同处理的菌悬液,每个处理10瓶菌悬液。每瓶菌悬液取1 mL与一定量的PDA培养基混匀制成菌悬液-PDA混合平板,每瓶菌悬液制3个重复平板,平板在25℃下培养3 d后,根据真菌菌丝、子实体的形态形状、孢子的形状确定真菌种类,统计各种真菌的数量,计算其检出菌落数量^[18-19]。

每瓶菌悬液取1 mL与一定量的牛肉膏蛋白胨培养基混匀制成菌悬液-牛肉膏平板,每瓶菌悬液制3个重复平板,平板在37℃下培养5 d后,统计细菌的菌落数^[20-22]。种群数量单位:×10³个/颗。

$$\text{检出菌落数量(个)} = \frac{\text{取 PDA 培养基上出现某种真菌的菌落数之和}}{\text{检测的总果实数}}$$

$$\text{检出频率(\%)} = \frac{\text{取 PDA 培养基上出现某种真菌落数之和}}{\text{检测出的总菌落数}} \times 100\%$$

1.4 红枣不同贮藏时期果面微生物多样性测定

物种多样性的研究方法和测定指数比较多,本文根据红枣果面细菌、真菌和各测度指数的特点及取样数据的类型,选择了Shannon-Wiener指数(H')和Simpson指数(D)^[23]: $H = -\sum P_i \ln P_i$, $D = 1 - \sum P_i^2$ 。式中 P_i 是第 i 个属的多度比例,可以用 $P_i = n_i/N$ 求出; n_i 是第 i 个属的菌株数; $N = \sum n_i$,为全部属的菌株数之和。 H' 和 D 两种多样性指数在动植物群落研究中通常以种为测度单位,在微生物研究中,由于分离鉴定的困难,果面微生物群落多鉴定到属。本文应用以上公式,根据微生物的特点,以菌株数为计算依据,测定了红枣贮藏期果面微生物的多样性指数

2 结果与分析

2.1 红枣贮藏期果面微生物群落数量与组成

2.1.1 不同处理的红枣贮藏期果面微生物群落数量与组成

红枣在不同贮藏时期果面微生物总数均表现出显著性差异,并表现出一定的动态变化趋势。由表1可见,在贮藏过程中,伴随着贮藏期的延长和群落演替过程的进行,红枣果面微生物总量呈增加趋势,红枣在贮藏45 d时果面微生物总数、真菌和细菌的数量达到最高值。入库前5d红枣果面微生物的菌落数就很高,微生物总量为 96.49×10^3 个/颗,真菌和细菌的菌落数分别是 9.69×10^3 个/颗和 86.81×10^3 个/颗。当红枣进入冷库贮藏之后,采用保鲜剂处理过的红枣果面微生物总数明显低于对照(未经任何处理)果面微生物总数,细菌和真菌菌落数量与组成也发生明显变化。当贮藏15 d时,采用保鲜剂处理过的红枣果面微生物总数、真菌和细菌的数量分别是 47.19×10^3 个/颗、 6.25×10^3 个/颗、 13.25×10^3 个/颗,而未作任何处理的红枣果面微生物总数、真菌和细菌的数量分别是 106.32×10^3 个/颗、 11.20×10^3 个/颗、 95.12×10^3 个/颗。尤其是未

表1 不同处理的红枣贮藏期果面微生物群落数量与组成

Table 1 Quantity and composition of different fruit surface microorganism on jujube storage(×10³个/颗)

试验设计 Experimental design	贮藏期/d Storing time	总数 Total number	真菌数量 Fungal quantity	细菌数量 Bacterial quantity
未处理	采摘期	96.49 ± 5.72dD	9.69 ± 0.44eE	86.81 ± 2.46eD
未处理	15	106.32 ± 0.91cC	11.20 ± 0.66dD	95.12 ± 1.44cC
	30	149.17 ± 2.61bB	17.57 ± 1.89cC	131.60 ± 1.02bB
	45	308.19 ± 0.79aA	27.91 ± 0.10aA	280.29 ± 1.64aA
保鲜剂处理	15	47.19 ± 0.93fF	6.25 ± 0.27fE	40.94 ± 0.34gF
	30	69.36 ± 0.29eE	11.14 ± 0.30dD	58.22 ± 0.60fE
	45	110.48 ± 1.69cC	21.66 ± 1.03bB	88.82 ± 0.19dE

不同大小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

经任何处理的红枣在贮藏 45 d 时果面微生物总数、真菌和细菌的数量分别达到 308.19×10^3 个/颗、 27.91×10^3 个/颗、 280.29×10^3 个/颗;采用保鲜剂处理后红枣果面微生物总数、真菌和细菌的数量分别是 110.48×10^3 个/颗、 21.66×10^3 个/颗、 88.82×10^3 个/颗。采摘期红枣在自然状况下已经携带病原菌,采用保鲜剂处理后红枣表面的微生物被保鲜剂杀死,而没有经过保鲜剂处理的红枣则将入库前 5d 就已携带的病原菌直接带入了冷库,伴随贮藏时期的延长和果实系统性抗性的下降,红枣果面的微生物种群数量越来越多,病原菌繁殖的速度越来越快。

从不同处理的红枣细菌和真菌所占微生物数量的比例来看(图 1),均以细菌数量最多,真菌所占比例较少。在采摘期,细菌数量占微生物数量的 89.96%,真菌占 10.04%。贮藏期间,未经任何处理的红枣细菌数量所占比例是 88.22%—90.94%,真菌的比例范围是 9.06%—11.78%;采用保鲜剂处理后红枣果面细菌比例有所下降分别是 80.39%—86.75%,真菌比例有所上升,范围为 13.25%—19.61%。在环境微生物多样性中,细菌所占比例一直大于真菌,果面微生物的种群构成也是这样。试验结果进一步明确了保鲜剂与红枣贮藏期果面微生物的关系。保鲜剂的合理使用可以有效地降低贮藏期间微生物的种群数量,提高果品贮藏效果和品质。

2.1.2 不同成熟度的红枣贮藏期果面微生物群落数量与组成

红枣成熟度不同,贮藏期果面微生物的种群数量与组成也不同(图 2,图 3)。采摘期,成熟度较高的红枣微生物总数、真菌和细菌的数量分别是 95.62×10^3

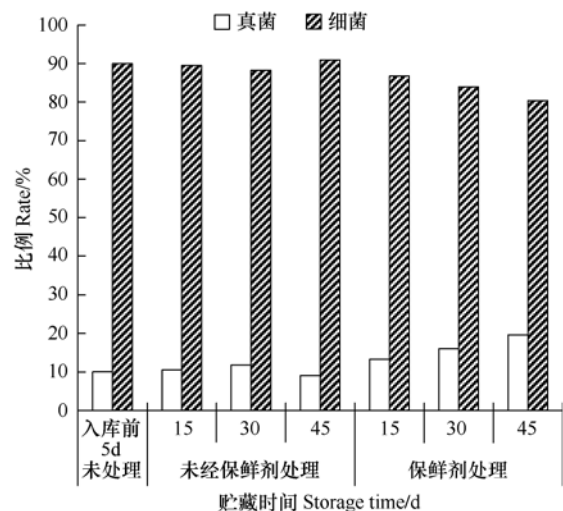


图 1 不同处理的红枣贮藏期果面真菌和细菌比例

Fig. 1 Fungi and bacteria rate of different fruit surface microorganism on jujube storage

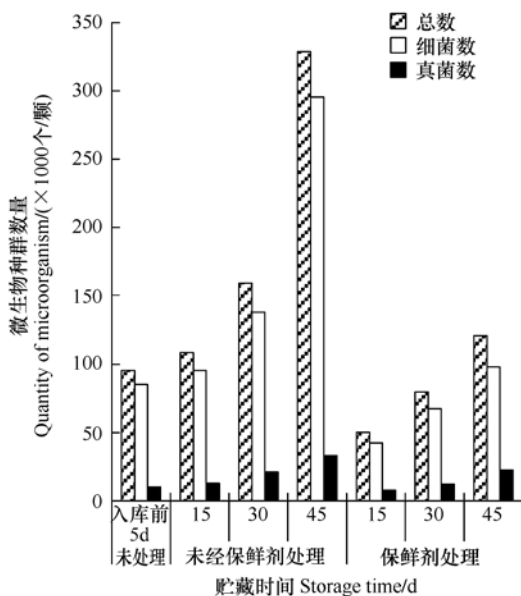


图 2 成熟度较高红枣果面微生物种群数量及组成

Fig. 2 Quantity and composition of mature jujube surface microorganism on storage

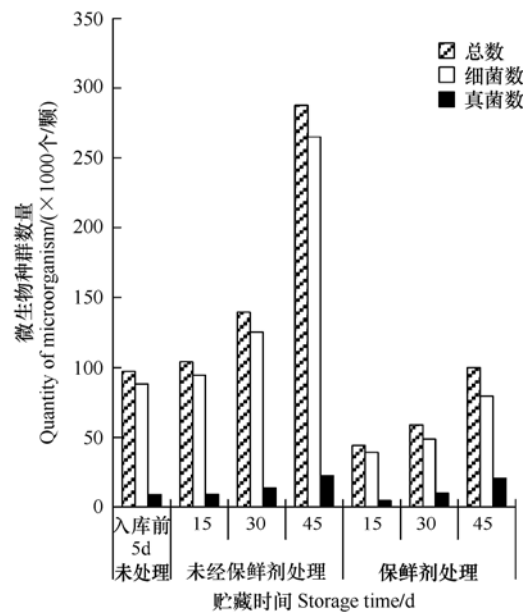


图 3 成熟度中等的红枣果面微生物种群数量及组成

Fig. 3 Quantity and composition of half ripe jujube surface microorganism on storage

个/颗、 10.25×10^3 个/颗和 85.37×10^3 个/颗;成熟度中等的花枣微生物总数、真菌和细菌的数量分别是 97.37×10^3 个/颗、 9.12×10^3 个/颗和 88.25×10^3 个/颗。缩着贮藏时间的延长,成熟度较高的红枣果面微生物种群数量变化大于成熟度中等的花枣果面微生物。贮藏 15—45 d 时,未经任何处理的成熟度较高红枣果面微生物总数为 $108.59—328.78 \times 10^3$ 个/颗,真菌是 $12.98—33.28 \times 10^3$ 个/颗,细菌是 $95.61—295.50 \times 10^3$ 个/颗;而成熟度中等的花枣果面微生物总数是 $104.05—287.61 \times 10^3$ 个/颗,真菌是 $9.42—22.5 \times 10^3$ 个/颗,细菌是 $94.63—265.07 \times 10^3$ 个/颗。采用保鲜剂处理后红枣贮藏期果面微生物种群数量与组成发生了明显变化,成熟度较高红枣贮藏期果面微生物总数、真菌和细菌数量分别是 $50.30—121.00 \times 10^3$ 个/颗, $7.75—22.74 \times 10^3$ 个/颗, $42.55—98.26 \times 10^3$ 个/颗;成熟度中等的花枣贮藏期果面微生物总数、真菌和细菌分别是 $44.07—99.96$, $4.75—20.58$ 和 $39.32—79.38$ 。

适宜的成熟度可以提高红枣贮藏保鲜效果。分析其原因,贮藏期果实系统性抗性下降可能是导致红枣贮藏期果面微生物丰富的重要原因。成熟度较高,红枣本身的糖分也较高,更容易发生酒化和褐变,微生物的总数、真菌和细菌的数量也明显高于成熟度较低的红枣。

2.2 红枣贮藏期果面微生物真菌区系分析

镜检鉴定初步确定了 6 个属的真菌(表 2、表 3),主要是半知菌类和接合菌类,链格孢属(*Alternaria*)、青霉属(*Penicillium*)、木霉属(*Trichoderma*)和镰刀菌属(*Fusarium*)分布较为普遍;其次是毛霉属(*Mucor*)和曲霉属(*Aspergillus*)出现的几率也很高(表 2、表 3)。

不同贮藏时期红枣果面真菌的区系不同;而且成熟度不同贮藏期果面微生物真菌区系也不同。表 2 显示成熟度较高的红枣贮藏期果面真菌区系:采摘期果面微生物优势属主要是链格孢属,检出频率为 62.36%,次优势属是木霉属和镰刀菌,检出频率分别是 12.94% 和 8.24%;红枣贮藏 15 d 和 45 d 时,优势菌是链格孢属,次优势菌是青霉属;贮藏 30 d 时,未做处理红枣优势菌是青霉属,检出频为 46.15%,次优势菌是链格孢属和镰刀菌属,检出频率是 15.38%,采用保鲜剂处理后红枣优势菌是青霉属和木霉属,检出频率为 29.41%。红枣成熟度高,果品的系统抗性就弱,更容易产生霉菌和腐生菌。虽采用保鲜剂在一定程度上降低了红枣果面腐生菌的种群密度,但随着贮藏时期的延长,果品的系统性抗性逐渐减弱,红枣果面微生物多样性更加明显。

表 2 成熟度较高的红枣贮藏期果面真菌区系
Table 2 The floristic composition of Fungi in mature jujube surface on storage

处理 Treat	贮藏期/d Storing time	真菌菌落检出频率 Rate of Fungal colony detection/%					
		链格孢属 <i>Alternaria</i>	毛霉属 <i>Mucor</i>	青霉属 <i>Penicillium</i>	曲霉属 <i>Aspergillus</i>	木霉属 <i>Trichoderma</i>	镰刀菌属 <i>Fusarium</i>
未处理	采摘期	62.36	1.18	3.53	3.53	12.94	8.24
未处理	15	80.96	1.00	5.31	1.00	—	2.00
	30	15.38	—	46.15	—	0.59	15.38
	45	45.76	3.39	22.03	3.39	8.47	8.47
保鲜剂处理	15	52.69	12.90	25.81	—	—	—
	30	11.76	—	29.41	—	29.41	—
	45	45.76	3.39	22.03	3.39	8.47	8.47

表 3 显示成熟度中等的花枣贮藏期果面真菌区系:采摘期果面微生物优势属是链格孢属,检出频率为 46.81%,次优势菌是木霉属,检出频率为 12.94%;贮藏 15 d 时,未做任何处理的花枣优势真菌是木霉属,检出频率为 80.00%,其它菌未检出;贮藏 30 d 时,优势菌是青霉属,次优势菌是曲霉属;贮藏 45 d 时,优势菌是木霉属,检出频率为 25.00%,次优势菌是链格孢属,青霉属,曲霉属,检出频率是 16.67%。红枣成熟度较低,果品软化速度较慢、含糖量较低、乙醇含量也低,在贮藏过程中果面的霉菌和腐生菌较少。采用保鲜剂处理后,红枣的某些生理生化指标发生改变导致红枣果面贮藏时期不同优势菌株也不同。

2.3 红枣贮藏期果面微生物群落多样性

不同贮藏时期红枣贮藏期果面微生物的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数的测度结果见图 4、图 5。图

示结果表明,不同处理的红枣贮藏期果面微生物多样性指数呈波动性增加的趋势。不论采用保鲜剂与否 Shannon-Wiener 指数变化趋势一致,当贮藏到 45 d 时,Shannon-Wiener 指数达到高峰,数值接近 4.5 左右。是否采用保鲜剂对 Simpson 指数影响较大。贮藏 15 d 之前采用保鲜剂处理后红枣果面微生物 Simpson 指数为 0,15 d 之后指数呈直线上升趋势,贮藏 45 d 时指数接近 1.0。未做任何处理的红枣贮藏期果面微生物 Simpson 指数变化不大,呈直线变化趋势,采摘期数值为 0.9 左右,贮藏 45 d 时数值接近 1。这种多样性指数的测定结果与红枣贮藏期果面微生物的种群动态测定结果是一致的,表明采用保鲜剂处理可以有效降低红枣贮藏期果面微生物的多样性。

表 3 成熟度中等的花枣贮藏期果面真菌区系
Table 3 The floristic composition of Fungi in half ripe jujube surface on storage

处理 Treat	贮藏期/d Storing time	真菌菌落检出频率 Rate of Fungal colony detection/%					
		链格孢属 <i>Alternaria</i>	毛霉属 <i>Mucor</i>	青霉属 <i>Penicillium</i>	曲霉属 <i>Aspergillus</i>	木霉属 <i>Trichoderma</i>	镰刀菌属 <i>Fusarium</i>
未处理	采摘期	46.81	2.13	13.83	1.06	—	26.60
未处理	15	—	—	—	—	80.00	—
	30	14.28	—	42.86	28.57	—	—
	45	16.67	—	16.67	16.67	25.00	—
保鲜剂处理	15	—	—	—	—	—	—
	30	8.33	—	33.33	16.67	25.00	—
	45	16.67	—	16.67	16.67	25.00	—

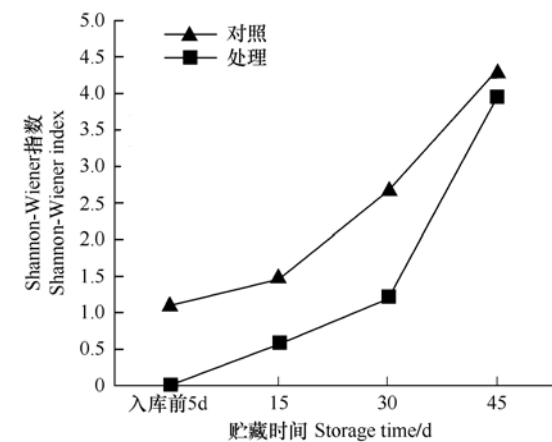


图 4 不同处理的红枣贮藏期果面微生物群落 Shannon-Wiener 指数

Fig. 4 Shannon-Wiener index of different fruit surface Microbial on jujube storage

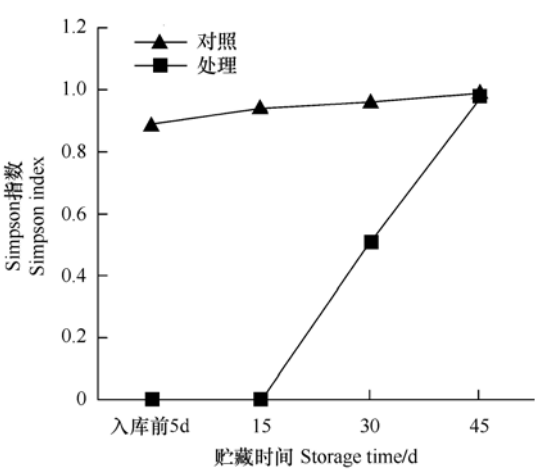


图 5 不同处理的红枣贮藏期果面微生物群落 Simpson 指数
Fig. 5 Simpson index of different fruit surface microbial on jujube storage

3 讨论

微生物是生态系统中重要的组成部分,其群落结构组成及其变化在一定程度上影响着农作物的质量及其健康状况^[24-25]。微生物群落的种群多样性一直是微生物生态学研究的重点^[26]。微生物的多样性及变异性,反映了它们对环境的适应性^[27]。以属和科等较高分类单元为多样性的测度单位也能较好地反映一个特定群落的生物多样性特征^[28]。根据植物微生物生态学原理,红枣果面的微生物群落中有益微生物种群和有害微生物种群是同时存在的,当有益微生物成为微生物群落中的优势种群时,红枣才能健康生长,否则就会导致病害发生。利用微生物调控手段控制有害微生物的数量,使红枣果面微生物生态系统维持平衡,从而控制和减轻病害的发生与为害。目前土壤微生物多样性已引起国内外学者的极大重视,对土壤微生物群落结构的研究日益增

多,但是果品果面微生物多样性的研究在国内及国际上报道很少。

红枣贮藏期果面微生物多样性的研究发现,果面微生物种群动态失衡是导致贮藏病害发生的主要原因。贮藏时间越长,红枣果面微生物的多样性越明显。红枣贮藏期果面微生物种群中,细菌是优势类群,占微生物总数 80% 以上,真菌较少。采摘期红枣果面上就携带微生物,真菌优势菌株主要是链格孢(*Alternaria*),其次是镰刀菌(*Fusarium*),还有一些木霉(*Trichoderma*)、青霉(*Penicillium*)、曲霉(*Aspergillus*)、毛霉(*Mucor*)。贮藏期果面上出现的真菌区系主要有链格孢(*Alternaria*)、镰刀菌(*Fusarium*)、曲霉(*Aspergillus*)、木霉(*Trichoderma*)、青霉(*Penicillium*)、毛霉(*Mucor*)、根霉(*Rhizopus*)。链格孢(*Alternaria*)、青霉(*Penicillium*)、木霉(*Trichoderma*)、镰刀菌(*Fusarium*)是优势菌株,曲霉(*Aspergillus*)、毛霉(*Mucor*)和根霉(*Rhizopus*)是次优势菌株,这些都与红枣系统性抗性下降有关。贮藏期侵染性病害是影响红枣贮藏效果的主要因素,病原菌的种类复杂,既有真菌也有细菌,而且往往是多种病原菌复合侵染所致。红枣采摘期病原区系多样性的分析,说明红枣在入库前如果不经任何防控处理,就会将病原菌带入冷库,造成一定的潜伏侵染。红枣经过保鲜剂的处理之后,检测出的菌株种类和菌落数明显比未做任何处理的红枣微生物少,尤其细菌菌落数差异很大。保鲜剂处理可以有效降低贮藏期红枣果面微生物的多样性,消除传染源,降低贮藏病害的发生率^[29]。药剂处理不同,红枣贮藏期果面微生物区系也不同,优势菌株也不同。红枣贮藏期果面微生物上的优势菌株是否就是引起贮藏病害发生的致病菌,与贮藏病害发生的相关性有待更深入的研究。

红枣成熟度不同,贮藏期果面微生物区系不同,成熟度较高的红枣果面上的微生物种群数量较高,种类也较多。红枣成熟度高,果品的系统性抗性弱,果面产生的霉菌和腐生菌多。枣的最适采收期为八成熟,采收过早过晚都会影响红枣的贮藏效果。适时早采的果实其生理特性更适用于红枣的长期贮藏保鲜,对果实的特征风味影响不显著。适宜的成熟度对延缓贮藏过程中枣果的失重,维持枣果的品质、风味,降低乙醇的生成,防止酒化,延长贮藏期都有明显的效果^[30]。

本研究采用传统的微生物稀释平板法和镜检鉴定法,仅从不同贮藏时期、不同处理条件对红枣贮藏期果面微生物区系和多样性进行了探讨,传统方法在微生物群落培养和分离方面存在一定局限,随着 Biolog 分析、磷酸脂肪酸分析和核酸分析等分子生物学方法的发展和应用,获取的红枣果面微生物多样性信息将更多和更完整,大尺度上不同贮藏时期红枣微生物多样性的时空变化,以及贮藏期微生物群落与田间微生物潜伏侵染的相关性等都有待进一步研究。

致谢:保鲜剂由宁夏农林科学院质检中心魏天军提供

References:

- [1] Qu Z Z, Wang Y H. China fruit tree records. Beijing: China Forest Press, 1993.
- [2] Liu M J. Advances in taxonomy study on the genus *Ziziphus*. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(5): 302-308.
- [3] Wang Y P, Wang G X, Li Y J. Progress on storage disease of *Ziziphus jujuba* Mill. Journal of Fruits Science, 2005, 22(4): 376-380.
- [4] Wu X M, Sun L, Liu Y Q. Research on main diseases in winter jujube storage time. Economic Forest Researches, 2003, 21(2): 19-22.
- [5] Wei T J, Wei X T. Advances in research on diseases of Chinese jujube fruits (*Ziziphus jujuba* Mill.). Acta Agricultural Boreali-occidentalis Sinica, 2006, 15(1): 88-94.
- [6] Sha Y X, Wang G Z, Chen H J. Primary research on main crops storage diseases kinds in Ningxia Province. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2007, 1: 21-23.
- [7] Zhang W, Rao J P, Li K W, Li W, Wu Y M. Fresh keeping and changes in some physiological indexes of Chinese Dongzao jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) during cool-storage. Plant Physiology Communications, 2006, 42(2): 221-224.
- [8] Liu Y, Ye J R. Research progress on latent infection of plant disease. Journal of Nanjing Forestry University, 2000, 24(5): 69-73.
- [9] Xin Y C, Wang G X, Cui W D, Wang H, Wang H, Guo S H, Niu J P. Study of occurrence and ecology correlation of *Ziziphus jujuba* Mill. Zhanhuadongzao disease. Journal of Laiyang Agricultural College, 2003, 4: 255-257.
- [10] Prusky D, Falik E. Hot water brush: a new method for the control of post harvest disease caused by *Alternaria* rot in mango fruits. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24: 780-785.
- [11] Prusky D, Dani E, Liana K. Post harvest chlorine treatments for control of the persimmon black spot disease caused by *A. Alternaria*. Postharvest Biology and Technology, 2001, 22: 271-277.
- [12] Wu X M, Sun L, Liu Y Q, Du H B, Wang K F, Qu Y B. Research on main diseases in winter jujube storage time. Economic Forest Researches, 2003, 21(2): 19-22.

- [13] Zhang L Z, Kang S L, Liu C Q, Sun Y Y, Huang S F. Study on the fruits disease fungus of *Ziziphus jujuba* Mill. *Jinsixiaozao. Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40(6): 190-193.
- [14] Wang L P, Wang H R, Sun H. Study on the mycoflora and the diseases of mulberry (*Morus alba*) fruits in the storage. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2004, 16(5): 329-331.
- [15] Hao L, Wang R F, Hao L P. Determination of the varieties of putrefying fungi of fresh jujube in storage. *China Fruits*, 2000, 2: 31-32.
- [16] Redlin S C, Carris L M. Endophytic fungi in grosses and woody plants. MN: American Phytopathological Society, 1996.
- [17] Wang G H, Liu J J, Qi X N, Jin J, Wang Y, Liu X B. Effects of fertilization on bacterial community structure and function in a black soil of Dehui region estimated Biolog and PCR-DGGE methods. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(1): 220-226.
- [18] Elad Y, Evensen K. Physiological aspects of resistance to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 1995, 85(6): 637-643.
- [19] Lu D G, Yu C, Du G D. Microbe diversity in the rhizosphere of *Cerasus* plants. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3882-3890.
- [20] Zhu W Z, Wang J X, Zhang X Y. The diversity of soil microorganism during different recovery phases of moist evergreen broad-leaved forest in the rainy zone of west China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1386-1396.
- [21] Li C G, Li X M, Wang J G. Effect of soybean continuous cropping on bulk and rhizosphere soil microbial community function. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1144-1150.
- [22] Yu D P, Zou E L, Cao H W. Study on the species diversity of the scleratinan coral community on Luhuitou fringing reef. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 469-475.
- [23] Tang Q Y, Fen M G. DPS data processing system for practical statistics. Beijing: China Science Press, 2002: 367-386.
- [24] Teng Y, Luo Y M, Li Z G. Microbial diversity in polluted soils: an overview. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43(6): 1010-1026.
- [25] Wnag X M, Qu J S, Li Y M. Analysis on situation and tendency of international biodiversity research. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 1066-1073.
- [26] Liu K L, Wang J Q, Bo D P. Current progress in approaches to the study of structure and function diversities of environmental microbial communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 1074-1080.
- [27] Li Y, Jiao H, Xu L J. Advances in the study of community structure and function of arbuscular mycorrhizal fungi. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 1089-1096.
- [28] Zhang J E, Cai Y F, Gao A X. Review on laboratory methods for soil microbial diversity. *Soils*, 2004, 36(4): 346-350.
- [29] Wei T J, Dou Y P. Study on preservative agent and quality effect in storage of "Ling-wu Chang Date". *Ningxia Journal Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2005(3): 1-2.
- [30] Wu Q, Li X H, Chen J, Ban Z J, Chen Y, Hu Y F. Study on different maturity on storage effect of "Ling-wu Chang Date". *Northern Horticulture*, 2008(4): 255-256.

参考文献:

- [1] 曲泽洲,王永蕙. 中国果树志. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [2] 刘孟军. 枣属植物分类学研究进展. *园艺学报*, 1999, 26(5): 302-308.
- [3] 王亚萍, 王贵禧, 李艳菊. 红枣贮藏期病害研究进展. *果树学报*, 2005, 22(4): 376-380.
- [4] 吴兴梅, 孙蕾, 刘元铅. 冬枣贮藏期主要病害的研究. *经济林研究*, 2003, 21(2): 19-22.
- [5] 魏天军, 魏象廷. 中国枣果实病害研究进展. *西北农业学报*, 2006, 15(1): 88-94.
- [6] 沙月霞, 王国珍, 陈慧娟. 宁夏主要优特农产品贮藏病害发生种类的初步研究. *宁夏农林科技*, 2007(1): 21-23.
- [7] 张玮, 饶景萍, 李孔文, 李伟, 吴亚敏. 低温冷藏下的冬枣某些生理指标变化和保鲜效应. *植物生理学通讯*, 2006, 42(2): 221-224.
- [8] 刘艳, 叶建仁. 植物病害潜伏侵染研究进展. *南京林业大学学报*, 2000, 24(5): 69-72.
- [9] 辛玉成, 王贵禧, 崔卫东, 王海, 郭树河, 缪建平. 沾化冬枣果实病害的发生与生态相关性研究初报. *莱阳农学院学报*, 2003(4): 255-257.
- [12] 吴兴梅, 孙蕾, 刘元铅, 杜华兵, 王开芳, 曲永赞. 冬枣贮藏期主要病害的研究. *经济林研究*, 2003, 21(2): 19-22.
- [13] 张立震, 康绍兰, 刘春琴, 孙玉英, 黄素芳. 金丝小枣果实病害病原菌研究. *林业科学*, 2004, 40(6): 190-193.
- [14] 王连平, 王汉荣, 孙华. 果桑果实真菌区系及贮藏病害研究. *浙江农业学报*, 2004, 16(5): 329-331.
- [15] 郝林, 王如福, 郝利平. 鲜枣低温贮藏主要致腐真菌的研究. *中国果树*, 2000(2): 31-32.
- [17] 王光华, 刘俊杰, 齐晓宁, 金剑, 王洋, 刘晓冰. Biolog 和 PCR-DGGE 技术解析施肥对德惠黑土细菌群落结构和功能的影响. *生态学报*, 2008, 28(1): 220-226.
- [19] 吕德国, 于翠, 杜国栋. 樱桃属植物根围微生物多样性. *生态学报*, 2008, 28(8): 3882-3890.
- [20] 朱万泽, 王金锡, 张秀艳. 华西南屏区不同恢复阶段湿性常绿阔叶林的土壤微生物多样性. *生态学报*, 2007, 27(4): 1386-1396.
- [21] 李春格, 李晓明, 王敬国. 大豆连作对土体和根际微生物群落功能的影响. *生态学报*, 2006, 26(4): 1144-1150.
- [23] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002: 367-386.
- [24] 滕应, 骆永明, 李振高. 污染土壤的微生物多样性研究. *土壤学报*, 2006, 43(6): 1010-1026.
- [25] 王雪梅, 曲建升, 李延梅. 生物多样性国际研究态势分析. *生态学报*, 2010, 30(4): 1066-1073.
- [26] 刘开朗, 王加启, 卜登攀. 环境微生物群落结构与功能多样性研究方法. *生态学报*, 2010, 30(4): 1074-1080.
- [27] 李岩, 焦惠, 徐丽娟. AM 真菌群落结构与功能研究进展. *生态学报*, 2010, 30(4): 1089-1096.
- [28] 章家恩, 蔡燕飞, 高爱霞. 土壤微生物多样性实验研究方法概述. *土壤*, 2004, 36(4): 346-350.
- [29] 魏天军, 窦云萍. 保鲜剂对灵武长枣保鲜效果和鲜食品质的影响. *宁夏农林科技*, 2005(3): 1-2.
- [30] 吴强, 李喜宏, 陈嘉, 班兆军, 陈扬, 胡云峰. 不同成熟度对灵武长枣贮藏效果的研究. *北方园艺*, 2008(4): 255-256.

CONTENTS

Sex ratio and spatial pattern in <i>Populus davidiana</i> in Changbai Mountain	PAN Chunfang, ZHAO Xiuhai, XIA Fucui, et al (297)
The relationship between freeze-tolerance and changes in activities of antioxidant enzymes and osmolyte content in the leaves of white clover during early winter freeze-thaw cycles	ZHAO Mei, ZHOU Ruilian, LIU Jianfang, et al (306)
Gray correlation analysis on naturalness of the primary forest types on the Losses Plateau	WANG Naijiang, LIU Zengwen, XU Zhao, et al (316)
Photosynthetic responses of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> to two antibiotics	JIAN Jianbo, ZOU Dinghui, LIU Wenhua, et al (326)
Litter C:N:P ecological stoichiometry character of plant communities in typical Karst Peak-Cluster Depression	PAN Futing, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (335)
Effects of groundwater depth on the gas exchange and chlorophyll fluorescence of <i>Populus euphratica</i> in the lower reaches of Tarim River	CHEN Yapeng, CHEN Yaning, XU Changchun, et al (344)
Monitoring and assessment of vegetation variation in Northern Shaanxi based on MODIS/NDVI	SONG Fuqiang, XING Kaixiong, LIU Yang, et al (354)
Effects of fire on the structure of herbage synusia vegetation in desertified steppe, North China	HE Haoyu, SU Jieqiong, HUANG Lei, et al (364)
Physiological responses of four broadleaved seedlings to drought stress simulated by PEG	FENG Huifang, XUE Li, REN Xiangrong, et al (371)
Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity	ZHU Chunyang, LI Shuhua, JI Peng, et al (383)
Diversity of waterbirds and change in home range of bar-headed geese <i>Anser indicus</i> during breeding period at Hangcuo Lake of Tibet, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, QIAN Fawen, et al (395)
The habitat selection of Giant panda in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province, China	KANG Dongwei, KANG Wen, TAN Liuyi, et al (401)
Effects of vigilance on the patterns of functional responses of foraging in voles (<i>Microtus fortis</i>)	TAO Shuanglun, YANG Xifu, DENG Kaidong, et al (410)
Influence of heavy metal pollution on soil animal community in Luqiao, Taizhou City	BAI Yi, SHI Shidi, QI Xin, et al (421)
Annual quantitative distribution of meiofauna in relation to sediment environment in Qingdao Bay	DU Yongfen, XU Kuidong, LEI Yanli, et al (431)
Population genetic variations and phylogeography of <i>Macropodus opercularis</i>	WANG Peixin, BAI Junjie, HU Yinchang, et al (441)
Contribution of C ₃ and C ₄ host plants for the overwintering and 1 st generation of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) in Northern China ..	YE Lefu, FU Xue, GE Feng (449)
Relationships between two species of insect pests and their natural enemies in tea gardens of three different altitudes	BI Shoudong, KE Shengbing, XU Jinfeng, et al (455)
The diversity of ground-dwelling beetles at cultivated land and restored habitats on the Bashang plateau	LIU Yunhui, YU Zhenrong, WANG Changliu, et al (465)
Characteristics of soil microbial communities under dry and wet condition in Zoige alpine wetland	NIU Jia, ZHOU Xiaoqi, JIANG Na, et al (474)
Microbial diversity of the jujube (<i>Zizyphus jujuba</i> Mill.) fruits surface during harvesting and storage stages	SHA Yuexia (483)
Effects of powdery mildew infection on zucchini growth under elevated CO ₂ and temperature	LIU Junzhi, GE Yaming, Pugliese Massimo, et al (491)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil	PENG Sili, SHEN Hong, YUAN Junji, et al (498)
The bacterial community structures in Xinjiang fault belt spring analyzed by PCR-DGGE	WU Jiangchao, GAO Xiaoqi, ZENG Jun, et al (506)
The impact of oil pollution on marine phytoplankton community growth change	HUANG Yijun, CHEN Quanzhen, ZENG Jiangning, et al (513)
Root morphological and physiological responses of rice seedlings with different tolerance to cadmium stress	HE Junyu, REN Yanfang, WANG Yangyang, et al (522)
Non-point pollution control for landscape conservation analysis based on CLUE-S simulations in Miyun County	PAN Ying, LIU Yunhui, WANG Jing, et al (529)
Analysis on ecological land rent based on ecological footprint	LONG Kaisheng, CHEN Ligen, ZHAO Yali (538)
Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen	LIU Yufan, CHEN Xue, LI Guicai, et al (547)
Review and Monograph	
Risk management approaches for environmental and human health risks in the United States and Canada	HE Guizhen, LÜ Yonglong (556)
Plant wax and its response to environmental conditions: an overview	LI Jingjing, HUANG Junhua, XIE Shucheng (565)
Acid corrosion mechanism of the sulfate-reducing bacteria and protecting studies in oilfield	ZHUANG Wen, CHU Liye, SHAO Hongbo (575)
Advance in the research of phyllospheric microorganism	PAN Jiangang, HU Qing, QI Hongyan, et al (583)

2009 年度生物学科总被引频次和影响力因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响力因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响力因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 2 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 2 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		

