

贵州泡核桃育种目标及策略探讨

欧茂华¹, 王琳², 王晓多³, 龙辉⁴, 余忠刚¹ (1. 贵州大学教学实验场, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州省遵义市红花岗区林业局, 贵州遵义 563000; 3. 贵州省贵阳市花溪区农业局, 贵州贵阳 550025; 4. 贵州盛辉农业发展有限公司, 贵州贵阳 550006)

摘要 针对贵州泡核桃的性状、种质资源和育种现状, 分析了贵州泡核桃的育种目标。认为抗性强、相对晚开花, 早结, 顶枝和侧枝都能结果的品种是贵州泡核桃当前育种目标。主要的育种策略是引进早实种质及加强丰产优质种质资源的利用。

关键词 贵州泡核桃; 育种目标; 种质资源; 育种策略

中图分类号 S664.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)06-0126-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.06.030



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Discussion on Breeding Objectives and Strategies of *Juglans sigillata* Dode in Guizhou

OU Mao-hua¹, WANG Lin², WANG Xiao-duo³ et al (1. Teaching Farm of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 2. Forestry Bureau of Honghuagang District, Zunyi City, Guizhou Province, Zunyi, Guizhou 563000; 3. Agricultural Bureau of Huaxi District, Guiyang City, Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract According to the characters, germplasm resources and breeding status of *Juglans sigillata* Dode in Guizhou, the breeding objectives of *Juglans sigillata* Dode were analyzed. It was considered that the varieties with strong resistance, relatively late flowering, early fruiting and fruiting on top and side branches were the main breeding objectives of *Juglans sigillata* Dode at present. The main breeding strategy was to introduce early bearing germplasm and strengthen the utilization of high-yield and high-quality germplasm resources.

Key words *Juglans sigillata* Dode in Guizhou; Breeding objectives; Germplasm resource; Breeding strategy

核桃是经济及营养价值很高的木本油料树种, 是世界公认的四大大干果之一。泡核桃(*J. sigillata* Dode)又名铁核桃、茶核桃、漾濞核桃等, 是胡桃科(Juglandaceae)核桃属(*Juglans*)植物, 泡核桃是中国特有植物。据《中国果树志·核桃卷》中的记载, 泡核桃(*Juglans sigillata* Dode)起源于西藏、云南、四川和贵州^[1]。泡核桃仁营养丰富, 脂肪含量 59.06%~72.84%, 蛋白质含量 1.19%~15.17%, 含胡萝卜素、维生素 B、维生素 C 及钙、磷、铁、锌、铜、碘等多种无机盐。泡核桃油中不饱和脂肪酸含量高达 83%, 对人体具有特殊的保健功能。泡核桃仁蛋白质中含有 18 种氨基酸, 除 8 种人体必需氨基酸含量较高外, 还含有较多的精氨酸^[2]。泡核桃作为我国的原产树种之一, 其在适生生态环境抗逆性、丰产性及果实品质等方面与普通核桃相比, 存在显著差异, 具有巨大的研究和利用价值。贵州泡核桃由于生态适应性强, 品质优良, 且耐贮藏, 适合在边远山区种植, 是当地脱贫致富的主要产业。开展泡核桃的育种, 选育适宜于贵州乃至西南地区栽培的泡核桃优良品种具有重要意义。良种是产业核心竞争力, 推动核桃品种更新换代和产业提质增效是实现贵州省核桃产业高质量发展的战略性举措。贵州核桃良种选育研究起步晚, 虽已选育出部分新品种在产区推广, 但与先进省份相比仍显落后。笔者拟针对贵州泡核桃的育种目标及策略进行探讨, 以期为加快贵州泡核桃的育种步伐提供借鉴。

1 贵州泡核桃种质资源的多样性

核桃(*Juglans regia* L.)系胡桃科(Juglandaceae)核桃属(*Juglans*)植物, 胡桃科全世界有 23 个种, 我国有 13 个种。贵州与云南是泡核桃的分布中心, 由于持续的有性繁殖, 气

候多样性和高杂合度在贵州当地核桃种群中形成了非常丰富的遗传物质, 核桃种质资源丰富, 品种类型繁多, 坚果大小和形状表现多种多样, 品质优良, 能满足多种育种目标的需求。据调查, 贵州核桃有 4 属 11 种。贵州泡核桃品种群可分为纸皮品种群、薄壳品种群和厚壳品种群、特异核桃品种群^[3]。杨小红等^[4]采用 SRAP 分子标记技术对采自贵州省各种源地的 168 份核桃农家种样品进行遗传多样性分析, 结果表明, 多态性比率为 90.94%; 所有核桃样品聚类 10 个类群, 在所研究的种源中, 兴义市的遗传多样性水平最高。

2 贵州泡核桃的主要育种目标

培育核桃良种是实现核桃优质丰产的重要途径之一, 为此世界各核桃主产国都非常重视核桃新品种的培育工作^[5]。我国地域辽阔, 各地的地形地貌(山地、平原、丘陵)、气候、土壤条件都不相同。这就决定了当前核桃新品种选育既要保证一定区域范围内适应性的前提下, 又要具有较强的针对性。同时, 随着人们生活水平的提高, 消费需求日益多样化, 育种目标也要因地区、时间和市场需求的变化而变化。核桃大面积栽培的育种目标为早实、丰产、优质、抗逆性强; 以道路和荒山绿化为主, 经济产量为辅的选育目标为果材兼用型。为适应我国今后核桃生产发展, 以适应机械化操作的需要, 砧木选育也提上了育种日程^[6]。对于贵州泡核桃来说, 在耐阴湿及抗逆的基础上, 早结、丰产、优质是贵州至今乃至今后相当一段时间核桃育种的首位目标, 增加抗逆性、适于加工的品种和砧木育种也是一个重要方向, 至于果材兼用品种和适于机械化采收的品种是贵州核桃育种长远的目标。

2.1 早实育种是贵州泡核桃早结果、早见效的有效手段 贵州泡核桃属于晚实核桃系列, 实生繁殖要 8~10 年开始结果。而早实核桃一般播种后 2~3 年开花结果, 利用早实核桃的早实特性可以大大缩短育种周期。引进早实核桃基因对贵州

基金项目 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2021]一般 223)。

作者简介 欧茂华(1968—), 男, 贵州锦屏人, 副教授, 从事果树园艺学

收稿日期 2022-05-12

省核桃的早结丰产有重要的现实意义。20世纪60年代以来,贵州省从新疆、陕西陆续引进部分早实核桃品种资源,在气候干凉的黔西北、黔北部分(市)县长势良好,也不同程度的显示早实性,而引种在气供温和、雨量充足的黔南、黔东南、铜仁地区多生长不良,树体小,病虫害严重,坐果率低,说明早实核桃在贵州省不宜普遍发展,仅在高寒山区及霜期较长的黔西北、黔北少量发展。为了使贵州泡核桃早结果、早见效,提高核桃种植经营者的积极性,开展核桃的早实育种很有必要。

“丰产”是一个优良品种应具备的基本特性。坚果产量的高低,除受立地条件和栽培管理技术制约外,不同品种之间产量差异很大。这种差异由核桃品种的内在因素,即生长与开花结实特性决定,并受遗传因素制约。产量构成因子包括结果母枝数、侧生果枝率、坐果率、坚果单果重等。具有丰产特性的品种,结果母枝上混合芽数量多,发枝率也高。特别是侧芽果枝率高是重要的丰产性状。我国核桃丰产育种与国外相比仍有很大差距。我国为核桃主产国,今后一段时期的育种目标就是培育超高产品种,其产量要超过现有品种的20%以上。贵州以山区为主,人多地少,其中92.5%的面积为山地和丘陵,核桃种植的地区为山区,地块小,地力薄,机械化能力低,因此,丰产育种选择上应选择树体紧凑,矮化、易管理的丰产性品种。

2.2 优质育种是提升贵州泡核桃竞争力的关键 为了提升贵州泡核桃品牌知名度,促进核桃产业健康可持续发展,今后品质育种仍是核桃育种的主要方向之一。从综合经济性状来说,坚果品质包括外观和核仁,主要要求如下:①良好的外观,果形端正,中等大小,壳面光滑,色泽浅亮;②较高的核仁率,一般在要求在50%以上;③较高的含油率,一般60%以上,少数70%以上;④色泽要求,色泽越浅越好;⑤风味,生食品种切忌内种皮有涩味,要求有温和、清香而淡甜的风味;加工品种要求有较浓的香气;⑥良好的耐贮性,核桃仁含不饱和脂肪酸,易氧化,要求选育抗氧化能力强的耐贮藏品种。

2.2.1 高油核桃品种培育。核桃是我国重要的木本粮油树种,从食用油来考虑,正逐步成为重要的战略树种。核桃油味美芳香,富含饱和脂肪酸,易消化,吸收率高,是一种高级食用油,同时也是重要的工业用油,在美术油画着色和制造油漆配剂以及作机油代用品方面都是重要原料。培育含油量超过70%的核桃高含油品种,即油用型核桃类型品种,是目前急需的核桃育种目标之一。

2.2.2 高蛋白核桃品种培育。核桃蛋白质中含有人体所需的各种氨基酸,其中精氨酸和鸟氨酸能刺激脑垂体分泌生长激素,控制多余脂肪形成,还含有丰富的维生素、多糖、类黄酮、磷脂、褪黑色素等,营养及保健价值极高。因此,从营养保健价值角度出发,培育含高亚油酸、高精氨酸、高鸟氨酸和高蛋白质含量的高营养保健类型新品种也是今后的趋势。

2.2.3 特殊风味核桃品种培育。随着人们对核桃品质的要求越来越高,利用优异的特色资源,选育特殊风味核桃品种培育越来越迫切。特殊风味核桃味浓香,能给食用者带来愉

悦感。构成固有香味的具体物质成分和含量尚不清楚,可能来自有芳香味的脂类。但这类种质资源在贵州很丰富,特殊风味核桃品种培育有望成为贵州核桃的突破口。

2.3 砧木育种是贵州泡核桃的产业可持续发展的重要保证 砧木对核桃的抗逆性、适应性、产量、品质、树势、经济、寿命等方面有重要影响,因此,砧木选育也极为重要,培育抗病、抗虫等生物胁迫以及耐盐、耐涝、耐寒等非生物胁迫的砧木也是抗性的重要指标。我国核桃砧木种类单一,普遍采用核桃和铁核桃作为嫁接砧木,近年来,随意选用核桃砧木在山西等地出现“大脚”现象,树势弱,商品性不高,抗逆性差等不良后果,制约我国核桃产业发展^[7]。贵州核桃种植区主要在丘陵山区,干旱少雨,立地条件差,严重影响了核桃产量、品质和效益,制约了核桃产业的发展。选育抗旱核桃砧木,也是贵州泡核桃砧木选育的目标之一。贵州许多核桃林病虫害危害严重(特别是天牛),是制约贵州核桃发展的主要因素之一,开展抗病虫砧木的选育是贵州泡核桃产业可持续发展的重要保证。

3 贵州泡核桃的主要育种策略

3.1 引进早实核桃基因,开展杂交育种,实现贵州泡核桃的早结目标 利用早实核桃早结果的优良特性,与当地泡核桃杂交,可获得具有优良特性的新品种早实核桃,或者创造新种质用于进一步的新品种选育。云南在这方面做了很多卓有成效的工作,范志远等^[8]1980—1985年用云南泡核桃和新疆早实核桃杂交组合的杂种F1代早实株率为58.5%。杂种F1代平均结果年限为4.7年,较亲本平均结果年限(亲中值)8.5年提早3.8年,表明晚实核桃与早实核桃杂交后代表现出早结实遗传倾向^[4]。云南省林业科学院利用早实核桃与当地泡核桃进行杂交育种取得了优异成绩,培育出云新系列品种在生产上推广应用^[8-10]。

3.2 挖掘耐晚霜基因,实现稳产 贵州泡核桃是风媒花,花期适宜的温度在15~17℃,花期低温对核桃授粉有明显影响,尤其是低温高湿(如气温低于10℃)、阴雨连绵或降温幅度大的情况,对传粉坐果极不利,核桃授粉不良,落花、落果严重,极大影响核桃的产量和质量。贵州泡核桃是开花较早的植物,一般年份3月中下旬开始发芽,4月上中旬雌雄花开放,在贵州许多地区,核桃的生产受到春季倒春寒的危害,会损害敏感的花器(表1)。泡核桃是雌雄同株的单性花,雌雄花期开放的时间不一致,有的雌花先开,有的雄花先开,雌雄同开的极少数。调查表明,雄先型的产量较有保证。同时造林时任意类型搭配,使不同单株雌雄花期吻合,从而达到丰产目的。

3.3 重视短枝侧芽结果型品种选育是丰产的基础 刘君慧^[11]研究认为,核桃分为短枝型、长枝型和粗枝型三大类。丰产核桃60%以上、隔年核桃80%以上、穗状核桃90%以上的单株都是短枝型和侧芽结果型。提出应在枝型选择的基础上,按产量、品质、抗病等要求选优,从而逐步育出结实早、产量高、品质好、抗病性强的好品种。笔者在资源调查中发现,贵州泡核桃中的串核桃类型很有丰产潜力,主要特征是

每果序上的果数多,每序有小花5~15朵,多达30朵以上,果实长形或长扁圆形。产量高,单株产量达22~128 kg,比一般品种高30%左右(表2)。

表1 贵州泡核桃主产区开花期不同海拔地区的低温状况

Table 1 Low-temperature conditions at different altitudes during flowering in the main producing areas of *Juglans sigillata* Dode in Guizhou

地点 Place	海拔 Altitude m	3月下旬 Later March			4月 April			日最低气温 ≤0℃终日 End date of daily minimum temperature ≤0℃	日稳定> 10℃初日 Initial date of daily >10℃
		旬均温 Ten-day average temperature ℃	极端最低温 Extreme minimum temper- ature ℃	日最低气温 ≤0℃的天数 Days with daily minimum tempera- ture≤0℃//d	月均温 Monthly mean temper- ature//℃	极端最低温 Extreme minimum temper- ature//℃	日最低气温 ≤0℃的天数 Days with daily minimum temper- ature≤0℃//d		
威宁 Weining	2 234.5	8.4	-6.0	1.9	12.1	-8.7	1.0	04-01	04-29
水城 Shuicheng	1 811.7	10.2	-3.5	0.2	14.0	-4.1	0.1	03-11	04-09
赫章 Hezhang	1 534.9	11.0	-4.4	0.1	15.1	-2.5	0.3	03-10	04-02
兴仁 Xingren	1 378.5	13.5	-0.7	0	17.0	1.6	0	02-19	03-21
贵阳 Guiyang	1 071.2	12.0	-2.4	0	16.3	0.1	0	03-03	03-26
遵义 Zunyi	843.9	11.0	-1.2	0	15.9	1.6	0	02-22	03-26

表2 贵州泡核桃不同类型单株结果情况

Table 2 Results of different types of individual plants of *Juglans sigillata* Dode in Guizhou

序号 No.	类型名称 Type name	树龄 Tree age a	树高 Tree height m	干高 Trunk height m	干周长 Trunk circum- ference//m	树冠直径 Crown diameter m	母枝抽枝数 Number of mother branches	每果序产果数 Number of fruits per fruit sequence	果实3径 平均值 Fruit diameter cm	树冠投影面 积产果量 Fruit yield of projected area of tree crown//kg/m ²	3年平均 产量 Average output in three years kg
1	早实核桃	14	13	3.8	0.94	7.8	1~2	1~3	3.76	0.46	22
2	普通泡核桃	30	15	1.4	1.50	14.8	2~3	1~4	3.59	0.17	30
3	乌米核桃	32	18	2.6	1.08	11.6	2~3	2~3	3.51	0.30	32
4	双季核桃	42	16	3.0	1.10	11.6	2~3	1~3	3.07	0.25	26
5	串核桃	58	26	2.6	2.20	14.1	2~3	5~15	3.20	0.82	128

注:第2季约占26%。

Note: The second quarter accounted for about 26%.

3.4 充分利用贵州泡核桃优质资源,实现品种高品质化 贵州泡核桃品质好,有非常多的优异种质资源。盘县核桃获农产品地理标志登记保护。2009年,在果品流通协会组织的“全国十大名核桃”评选活动中,赫章核桃以其色香、味美的优良品质榜上有名。2009年10月,在陕西商洛第二届中国核桃大会上,来自全国22个省市参选的230余个品种中,长顺小米核桃被评为“优秀奖”^[12]。耿鹏飞等^[13]对贵州、河北、重庆等8个地区的核桃在理化性质、油脂中金属元素和脂肪酸组成等方面进行对比研究。结果表明,贵州核桃的粗蛋白质含量及核桃油的油酸、V_E和金属元素含量均较高,其中贵州核桃油中铜、钙、镁和钾的含量居8种核桃之首,贵州核桃具有很高的营养价值。坚果大小、形状、核仁重和色泽等,无论杂交或自交,后代都呈连续变异,平均值都与亲中值相近或略低,表现数量性状遗传。坚果壳皮的厚薄、出仁率及取仁难易等性状能够相对稳定地遗传给后代。

3.5 逐步开展适合贵州立地条件的核桃砧木育种工作 砧木在决定果园效益方面起着至关重要的作用。胡靖楠等^[14]研究认为,化香砧木有极强的抗病虫能力。贵州目前未发现具有特殊抗性的核桃砧木资源,多采用云南或当地野生泡核桃作为砧木使用。因此,贵州应加强对野生核桃资源和外地核桃砧木的引进鉴定。

4 结论与展望

育种的主要目标是提高产量、质量和收获期,同时减少

控制病虫害所需的化学投入量。核桃育种的手段仍应该以选种和有性杂交为主,同时,远缘杂交胚组织培养、分子生物育种、基因导入也可作为辅助手段。贵州泡核桃理想的品种应该具备抗性强、相对晚开花(以避开霜冻)、早结、顶枝和侧枝都有结果的性状。加强对贵州泡核桃的研究,收集保护泡核桃的种质资源,进行泡核桃遗传多样性分析评价,构建核心种质资源库,为培育核桃新品种提供和创造新种质是品种培育的基础性工作。从世界范围来看,当前或今后核桃育种策略的重点是将分子育种(利用基因组学、转录组学、蛋白质组学和代谢组学信息)与传统育种相结合^[15]。

参考文献

- [1] 郝荣庭,张毅萍.中国果树志:核桃卷[M].北京:中国林业出版社,1996:32.
- [2] 裴东,鲁新政.中国核桃种质资源[M].北京:中国林业出版社,2011:32.
- [3] 欧茂华.贵州省核桃品种资源与种植区划[J].安徽农业科学,2014,42(29):10187-10189,10342.
- [4] 杨小红,侯娜.贵州核桃农家品种种质资源遗传多样性的SRAP分析[J].种子,2021,40(1):46-49.
- [5] BERNARD A, LHEUREUX F, DIRLEWANGER E. Walnut: Past and future of genetic improvement[J]. Tree genetics & genomes, 2018, 14(1): 1-28.
- [6] 张志华,裴东.核桃学[M].北京:中国农业出版社,2018:117-120.
- [7] 冷天凤,李晓娟.我国核桃砧木选育研究进展[J].贵州林业科技,2021,49(3):54-58.
- [8] 范志远,方文亮,杨振帮,等.南北核桃种间杂交F₁代主要性状遗传分析[J].云南林业科技,2001(4):31-37.
- [9] 习学良,方文亮,范志远,等.早实核桃新品种云新高原的选育[J].中国果树,2007(2):7-9,72.

(下转第162页)

- gastroprotective, antioxidant and anti-*Helicobacter pylori* activity of *Zerumbone* from *Zingiber zerumbet* (L.) Smith [J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): 1-21.
- [4] SILVA O, VIEGAS S, DE MELLO-SAMPAYO C, et al. Anti-*Helicobacter pylori* activity of *Terminalia macroptera* root [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(5): 872-876.
- [5] 刘睿, 珠娜, 郝云涛, 等. 核桃低聚肽对大鼠胃黏膜损伤的保护作用[J]. *食品科学*, 2021, 42(7): 191-197.
- [6] 周春晖, 廖兵武, 段迪, 等. 三种猴头菇口服液对大鼠胃黏膜损伤的保护作用研究[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(14): 270-275.
- [7] 冯小东. 赤土茯苓苷对运动后小鼠应激性胃溃疡的保护作用[J]. *动物医学进展*, 2018, 39(3): 70-74.
- [8] 蔡甜甜, 潘华峰, 张成哲, 等. 黄芪甲苷保护胃癌前病变大鼠胃黏膜损伤研究[J]. *中华中医药杂志*, 2018, 33(9): 4066-4070.
- [9] 虎喜成, 田文荣, 刘敬霞, 等. 加味陈皮膏治疗慢性萎缩性胃炎临床观察[J]. *中国中西医结合消化杂志*, 2014, 22(9): 517-520.
- [10] QIN S M, HUANG K E, FANG Z G, et al. The effect of Astragaloside IV on ethanol-induced gastric mucosal injury in rats: Involvement of inflammation [J]. *International immunopharmacology*, 2017, 52: 211-217.
- [11] 潘世杰, 丁丽婷, 胡婕伦, 等. 茯苓多糖对乙醇致小鼠急性胃黏膜损伤的辅助保护作用[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(17): 1-6.
- [12] 杨行堂, 林永辉, 张俊杰, 等. 甘草活性成分抗幽门螺杆菌实验研究[J]. *同济大学学报(医学版)*, 2013, 34(6): 26-30.
- [13] 刘海韵. 幽门螺旋菌患者应用葛根苓连汤治疗的临床观察[J]. *健康导报(医学版)*, 2014, 19(9): 250.
- [14] 赵家彪, 廖军. 蒲公英联合奥美拉唑治疗幽门螺杆菌阳性糜烂性胃炎66例疗效观察[J]. *中华现代内科学杂志*, 2007(7): 634-635.
- [15] RAISH M, AHMAD A, ANSARI M A, et al. *Momordica charantia* polysaccharides ameliorate oxidative stress, inflammation, and apoptosis in ethanol-induced gastritis in mucosa through NF-kB signaling pathway inhibition [J]. *International journal of biological macromolecules*, 2018, 111: 193-199.
- [16] 谢勇, 谢正兴, 周南进, 等. 壳聚糖及其衍生物体外抗幽门螺杆菌作用及影响因素[J]. *中国药理学通报*, 2005, 21(11): 1343-1347.
- [17] 杨阳, 张绪阳, 常利华, 等. 5种鸢尾属药用植物甲醇提取物体外抗炎活性研究[J]. *中南药学*, 2019, 17(2): 199-203.
- [18] 丁丽婷, 潘世杰, 胡婕伦, 等. 燕麦多糖对小鼠急性胃黏膜损伤的保护作用[J]. *食品科学*, 2022, 43(9): 150-157.
- [19] 张晓凤, 薛延团, 张育浩, 等. 沙棘甾醇对酒精性胃黏膜损伤的保护作用[J]. *华西药学杂志*, 2020, 35(1): 37-42.
- [20] CHEN W C, WU D, JIN Y L, et al. Pre-protective effect of polysaccharides purified from *Hericium erinaceus* against ethanol-induced gastric mucosal injury in rats [J]. *International journal of biological macromolecules*, 2020, 159: 948-956.
- [21] WANG X Y, YIN J Y, ZHAO M M, et al. Gastroprotective activity of polysaccharide from *Hericium erinaceus* against ethanol-induced gastric mucosal lesion and pylorus ligation-induced gastric ulcer, and its antioxidant activities [J]. *Carbohydrate polymers*, 2018, 186: 100-109.
- [22] ZENG Q, KO C H, SIU W S, et al. Polysaccharides of *Dendrobium officinale* Kimura & Migo protect gastric mucosal cell against oxidative damage-induced apoptosis *in vitro* and *in vivo* [J]. *Journal of ethnopharmacology*, 2017, 208: 214-224.
- [23] LIAO B W, HUANG H H. Structural characterization of a novel polysaccharide from *Hericium erinaceus* and its protective effects against H₂O₂-induced injury in human gastric epithelium cells [J]. *Journal of functional foods*, 2019, 56: 265-275.
- [24] 徐仙赞, 李洪亮, 孙立波, 等. 2味中药复方对大鼠胃黏膜损伤保护作用及血液指标的影响[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(5): 2636-2637, 2719.
- [25] 沈玖君, 邓和岭, 帅天罡, 等. 魔芋粉对小鼠急性酒精性胃黏膜损伤和慢性酒精性肠损伤的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(9): 163-169.
- [26] 张书, 时昭红. 微米大黄炭对乙醇诱导大鼠急性胃黏膜损伤的保护作用及炎症因子的影响[J]. *中国医院药学杂志*, 2017, 37(10): 926-928.
- [27] 王浩. 除幽汤联合四联疗法对HP相关性胃溃疡患者胃黏膜愈合及炎症反应的影响[J]. *临床研究*, 2021, 29(3): 127-129.
- [28] 袁奕清, 胡小军. 芍药甘草汤加减对急性胃溃疡患者血清炎症因子、胃黏膜表皮生长因子及受体表达的影响[J]. *世界中西医结合杂志*, 2021, 16(1): 92-95, 99.
- [29] 潘猛, 徐德昌, 孙永政, 等. 药食同源食品对大鼠酒精性胃黏膜损伤的影响[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(7): 115-122.
- [30] 李丽华, 章圣朋, 秦加旭, 等. 香椿子提取物对实验性小鼠胃黏膜损伤保护作用[J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2021, 26(5): 546-551.

(上接第128页)

- [10] 赵廷松, 方文亮, 范志远, 等. 早熟核桃新品种云新云林的选育[J]. *中国果树*, 2007, 33(4): 3-5, 71.
- [11] 刘君慧. 核桃枝型特征及选优的初步研究[J]. *河南农林科技*, 1979(4): 22-24.
- [12] 班荔, 肖朝新, 班殿举. 贵州长顺小米核桃栽培现状及产业发展[J]. *林业实用技术*, 2013(8): 12-13.
- [13] 耿鹏飞, 彭吟雪, 胡传荣, 等. 八大核桃产地的核桃理化性质及油脂特性对比研究[J]. *中国油脂*, 2018, 43(9): 116-120.
- [14] 胡晴楠, 蒋细春, 林跃, 等. 化香作砧木嫁接山核桃育苗及造林效果[J]. *湖南林业科技*, 2009, 36(5): 11-14.
- [15] VAHDATI K, ARAB M M, SARIKHANI S, et al. Advances in Persian walnut (*Juglans regia* L.) breeding strategies [M]//AL-KHAYRI J M, JAIN S M, JOHNSON D V. *Advances in plant breeding strategies: Nut and beverage crops: Volume 4*. Cham: Springer International Publishing, 2019: 401-472.

(上接第151页)

- [6] HASSANI M A, DURÁN P, HACQUARD S. Microbial interactions within the plant holobiont [J]. *Microbiome*, 2018, 6(1): 1-17.
- [7] NAZIR R, TAZETDINOVA D I, VAN ELSAS J D. *Burkholderia terrae* BSO01 migrates proficiently with diverse fungal hosts through soil and provides protection from antifungal agents [J]. *Frontiers in microbiology*, 2014, 5: 1-10.
- [8] GUENNOC C M, ROSE C, LABBÉ J, et al. Bacterial biofilm formation on the hyphae of ectomycorrhizal fungi: A widespread ability under controls? [J]. *FEMS microbiology ecology*, 2018, 94(7): 1-25.
- [9] SCHREY S D, SALO V, RAUDASKOSKI M, et al. Interaction with mycorrhiza helper bacterium *Streptomyces* sp. Ach 505 modifies organisation of actin cytoskeleton in the ectomycorrhizal fungus *Amanita muscaria* (fly agaric) [J]. *Current genetics*, 2007, 52(2): 77-85.
- [10] KATAOKA R, TANIGUCHI T, FUTAI K. Fungal selectivity of two mycorrhiza helper bacteria on five mycorrhizal fungi associated with *Pinus thunbergii* [J]. *World journal of microbiology & biotechnology*, 2009, 25(10): 1815-1819.
- [11] 赵英顺. 乌兰察布市通道绿化建设综述与探疑[J]. *内蒙古林业调查设计*, 2015, 38(6): 61-64.
- [12] 马钦彦, 刘志刚, 潘向丽, 等. 华北落叶松人工林生长季内的林冠结构和光分布[J]. *北京林业大学学报*, 2000, 22(4): 18-21.
- [13] 任悦, 高广磊, 丁国栋, 等. 沙地樟子松人工林叶片一枯落物一土壤有机碳含量特征[J]. *北京林业大学学报*, 2018, 40(7): 36-44.
- [14] 王家源, 殷小琳, 任悦, 等. 毛乌素沙地樟子松外生菌根真菌多样性特征[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(11): 3856-3867.
- [15] 裴顺祥, 法蕾, 杜满义, 等. 环境因子对中条山油松人工林下物种分布的影响[J]. *浙江农林大学学报*, 2022, 39(2): 280-288.
- [16] 褚洪龙. 外生菌根真菌和深色有隔内生真菌提高油松抗枯萎病机制的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [17] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [18] 罗佳煜, 宋瑞清, 邓勋, 等. PGPR与外生菌根菌互作对樟子松促生作用及根际微生态环境的影响[J]. *中南林业科技大学学报*, 2021, 41(9): 22-34.
- [19] 李丽丽, 杨洪一. 菌根真菌与菌根辅助细菌互作研究进展[J]. *黑龙江农业科学*, 2020(9): 121-124.
- [20] 廖礼彬, 石福孙, 张楠楠, 等. 不同种植年限对花椒根际土壤理化性质和微生物群落的影响[J]. *植物研究*, 2022, 42(3): 466-474.
- [21] 张星. 接种褐环乳牛肝菌对油松和樟子松根际土壤微生物多样性的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018.
- [22] WANG Y, LI W Q, DU B H, et al. Effect of biochar applied with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on soil microbial community composition and nitrogen utilization in tomato [J]. *Pedosphere*, 2021, 31(6): 872-881.
- [23] DENG X, SONG X S, HALIFU S, et al. Effects of dark septate endophytes strain A024 on damping-off biocontrol, plant growth and the rhizosphere soil environment of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* annual seedlings [J]. *Plants*, 2020, 9(7): 1-19.
- [24] 祁金玉. 绿木霉与褐环乳牛肝菌互作提高樟子松对立枯病抗病性机制的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2018.