

种子的休眠与破除研究进展

付楠, 宋慧, 王淑君, 解慧芳, 魏萌涵, 邢璐, 张扬, 刘金荣* (安阳市农业科学院, 河南安阳 455000)

摘要 种子休眠是指适宜萌发条件下有活力的种子不能正常萌发的现象, 休眠利于植物在恶劣环境中保持其自身的繁衍和发展。造成种子休眠的原因多种多样, 解除休眠的方法也各不相同, 有时需要综合利用多种方法来破除休眠。综述种子休眠的类型、休眠的原因和破除休眠的方法, 以期有助于农业生产和研究。

关键词 种子; 休眠; 萌发

中图分类号 S330 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)24-0010-03

Research Progress on Seed Dormancy and Breaking Methods

FU Nan, SONG Hui, WANG Shu-jun et al (Anyang Academy of Agricultural Sciences, Anyang, Henan 455000)

Abstract Seed dormancy is the phenomenon in which the vigorous seeds are unable to germinate under the suitable germination condition. Seed dormancy has important ecology significance for plants keeping their own multiply development in adverse circumstance. Causes result in seed dormancy were various and methods used for breaking dormancy were different. Sometimes, we need use many methods to break dormancy. The category of seed dormancy, causes leading to seed dormancy and methods used for breaking dormancy were summarized in this article, which was expected to be beneficial to agricultural production and research.

Key words Seed; Dormancy; Germination

种子休眠是指适宜萌发条件下有活力的种子不能正常萌发的现象, 这一特性在自然界相当普遍。种子休眠能够防止种子在不适宜的季节萌发, 保护物种在恶劣的环境条件下存活, 它是植物在长期发育进化过程中形成的抵抗外界不良环境条件的能力, 对保持其自身的繁衍发展具有重要意义。但在农林生产中通常需要种子快速萌发, 整齐成苗, 以获取高效益, 从这一点来看, 种子休眠特性不利于农林业生产。针对种子休眠的分类、休眠原因及破除休眠的方法取得的进展进行综述, 以期促进农业生产和研究。

1 种子休眠的分类

对于种子休眠的类型目前仍缺乏统一明确的描述或定义。Crocker等^[1-2]以种子不能萌发的原因以及破除休眠的因素为依据分别构建一套分类体系, 但由于其均未对休眠成因和解除休眠的条件进行深入分析, 因此并没有实际的指导意义。基于生理学研究的分类方法, Lang^[3]将休眠分为生态休眠、外源休眠和内源休眠3种类型, 但这种分类未考虑胚的发达程度及种皮透性问题, 也没有对休眠程度和解除休眠的模式进一步划分^[4]。Nikolaeva^[5]将种子休眠划分为内源休眠、外源休眠和综合休眠3个主要类型, 这是目前应用最广的分类体系。外源休眠可分为物理休眠、化学休眠和机械休眠, 是由种皮对胚的机械阻碍、种皮的不透水性、抑制物的存在而引起的; 内源休眠包括形态休眠和生理休眠, 是由于胚发育不完全或是种皮的不透气性引起的; 综合休眠是外源休眠与内源休眠综合导致的。在Nikolaeva的分类基础上, Baskin等^[6]提出了一套更为完整的种子休眠分类方法, 将种子休眠分为生理休眠、形态休眠、形态生理休眠、物理休眠和综合休眠5

种休眠类型, 这一分类体系也被广泛接受和应用。

2 种子休眠原因

2.1 种皮障碍 有些种子具有坚厚的果皮或种皮, 迫使种子处于休眠状态。一旦种皮的性质发生改变, 水分和氧气进入种子, 种子就能获得发芽能力。

2.1.1 种皮机械束缚。有些种子的种皮厚而硬, 胚根不能突破种皮, 种子无法萌发, 这在拟南芥种子中表现突出^[7]。

2.1.2 种皮不透水、不透气。有些种子的种皮厚而坚硬或种皮上附着蜡质角质层, 种皮不透水、不透气导致种子休眠。在豆科、茄科、百合科、锦葵科等植物中硬实的存在是种皮不透水的主要原因^[8-9], 有的种子种皮透水性良好, 但由于透氧不良而处于休眠状态^[10-11]。

2.1.3 种皮阻止抑制物质逸出。有些种子的休眠是因为种皮中含有抑制发芽的物质, 种子经处理才能萌发^[12-14]。刘序等^[15]分析香榧种子外种皮、内种皮和胚乳萃取液中内源物对白菜种子发芽和生长抑制的影响, 结果表明种皮中所含的烷类物质和胚乳中所含的邻苯二酚产生的抑制作用最强, 抑制率为100%, 而内种皮的抑制作用较弱。

2.1.4 种皮使光线透过胚的效率降低。不同的植物对光的要求各不相同。一般来说, 外皮厚、色泽深的种子比外皮薄、色泽淡的种子对光的敏感性要差。为了促使种子萌发, 可根据种子的需光特性, 改变特定红光或远红光比例的效力^[16]。

2.2 胚与种子休眠

2.2.1 形态后熟。有些植物的种子从外表上看已充分成熟, 并已脱离母株, 但内部的胚在形态上尚未成熟, 需继续完成器官分化才能发芽。陈发菊等^[17]研究表明巴东木莲种子休眠的主要原因是种胚发育不完全。杨凯等^[18]发现种胚发育不完全以及抑制物ABA的存在可能是导致三七种子形态生理休眠的主要原因。

2.2.2 生理后熟。有的植物种子的胚结构已分化完全, 但必须完成其生理后熟才能萌发生长。在华重楼^[19]、银杏^[20]、刺

基金项目 农业部/财政部“现代农业产业技术体系建设专项资金”(CARS-07-12.5-A18); 河南省科技攻关计划项目(162102110020); 河南省科技开放合作项目。

作者简介 付楠(1990—), 女, 河南安阳人, 研究实习员, 硕士, 从事作物遗传育种研究。*通讯作者, 研究员, 从事谷子遗传育种研究。

收稿日期 2018-04-12; **修回日期** 2018-04-18

人参^[19]、西洋参^[21]等作物中存在种胚后熟引起的休眠问题。

2.3 抑制物质的存在 抑制物质的存在影响种子的休眠,种皮、胚或胚乳中都可能存在抑制物质,抑制剂存在部位不同,解除抑制的方式也不同^[22]。王宝龙等^[23]发现枫杨种子浸提液中存在的发芽抑制物质是造成种子休眠的主要原因;杨晓玲等^[24]研究表明,酚类物质含量高时不利于山楂种子的萌发,含量低则有利于种子萌发;刘超等^[25]对肉果秤锤树核果中萌发抑制物质的研究表明,果肉、内果皮和种仁中均含酯溶性抑制物,果肉中含量最高,且果肉中还含一定量的水溶性抑制物;Gu 等^[26]研究表明野生稻种子的抑制剂主要存在于颖壳内。

2.4 不良环境的影响 光照、温度、水分、土壤等生长环境条件也对种子的休眠有影响。如黄振英^[27]对沙鞭种子休眠和萌发的研究表明其在光照下比暗环境下萌发好,经过低温层积处理能有效地加速和提高种子萌发,Allen 等^[28]发现未休眠的苍耳离体胚置于潮湿的黏土或其他低氧条件下会发生休眠。

3 种子休眠的破除

3.1 物理方法

3.1.1 机械处理。对于种壳厚硬、透性不良的种子,可擦破种壳提高其透性,促进发芽。如经过去皮处理的楠木种子比未去皮处理的种子发芽提前 1 个多月^[29];机械破除蒙古扁桃种子的种皮可打破休眠^[30]。

3.1.2 温度处理。温度对种子的萌发起着至关重要的作用,适当的低温或高温处理有利于改善种壳透性,增进种子内部的新陈代谢,从而促进萌发,解除休眠^[31]。进行温度处理时所用温度和时间应视植物品种、种皮厚薄、种子大小而定。如陈文等^[32]研究表明室温干燥储藏和 15 °C 暖温层积可有效破除野甘草部分种子休眠,而 4 °C 低温层积可破除车前部分种子休眠。任锡亮等^[33]研究不同处理方式对雪菜种子打破休眠的影响,发现低温预处理可显著提高种子发芽指数和促进种子快速发芽。杨鹭生等^[34]研究表明 95 °C 热水和机械脱种皮处理能有效解除腊肠树种子休眠。胡秉斌等^[35]研究不同水温浸种对马莲花种子萌发的影响,建议用初始水温 60 °C 浸泡种子来打破休眠,当初始水温超过 60 °C 时,马莲花种子萌发能力下降。

变温处理可有效破除硬实种子和生理后熟种子的休眠,尤其对野生植物种子特别有效。魏雨其等^[36]以 3 种野生苔草植物种子为材料,研究打破其休眠的最佳处理方法和发芽温度,结果表明圆囊苔草、膨囊苔草、异穗苔草的最适发芽温度分别为 25/15 °C、30/15 °C、30/20 °C 变温处理。李阳等^[37]发现 12 °C 高温后结合 -4 °C 低温的变温处理比持续高温处理更有利于北五味子种子种胚后熟。李富恒等^[38]研究表明变温层积可加速老山芹种子后熟过程,缩短种子休眠时间,变温层积处理效果优于低温层积处理。

3.1.3 射线、超声波、电场和磁场处理。利用适当剂量的射线、红外线、紫外线和激光等照射种子,可打破休眠,促进萌发。低剂量⁶⁰Co- γ 射线辐照后,能够促进龙眼种胚组织细胞

生长,促进种子萌发和生长^[39]。适量的 He-Ne 激光处理辐照在一定程度上可以促进种子的萌发和幼苗生长^[40-41]。

3.1.4 干藏、干湿处理。适当降低种子含水量可缩短或解除休眠,如含水量高的新鲜玉米种子萌发率较低,随着种子含水量的减少萌发率逐渐升高,干燥加速种子从发育状态向萌发状态的代谢^[42]。张玲卫等^[43]对伊犁河谷 14 种野生观赏植物种子活力及休眠破除进行研究,发现低温干藏和超低温干藏条件下,分别有部分种子萌发率提高。王世平^[44]研究表明干湿交替处理能够显著地解除刺玫蔷薇种子休眠,提高种子萌发率。

3.2 化学方法

3.2.1 激素处理。激素在种子休眠和萌发过程中具有重要作用,它们能通过信号传导对种子内各种生理变化做出反应,调节一系列蛋白质、酶的代谢,从而调控种子的休眠和萌发。目前,脱落酸、赤霉素和乙烯对休眠种子萌发和调控的研究较多^[45-46]。研究表明赤霉素和外源乙烯或乙烯利能促进休眠种子的萌发^[47-49],ABA 诱导可维持种子休眠,抑制种子的萌发^[50-51]。牛文昊等^[52]研究表明适宜浓度的赤霉素、乙烯利、NAA 和 2,4-D 前处理能促进薄荷种子的萌发,也有研究表明油菜素内酯^[53-54]、CTK^[55]能促进种子的萌发。宫庆涛等^[56]认为植物生长调节剂可部分甚至全部替代传统层积处理的方法来打破北方果树种子休眠,缩短育苗时间。

虽然激素与种子的休眠和萌发有密切关系,但在不同植物上的作用机制不尽相同,加之激素的作用还受多种因素如温度、光等的影响,所以激素的使用不一定能促进所有物种种子的萌发。有时单独利用某种激素处理并不能够促使植物种子萌发,而需要不同激素共同作用,激素的浓度也直接影响处理的效果。

3.2.2 无机化学试剂处理。一些无机化学试剂可以解除部分种子的休眠,尤其是硬实种子。如强酸强碱类试剂、钾盐和钠盐等无机盐类、过氧化物、一氧化氮等。杨爽等^[57]探究不同化学处理对茅膏菜种子萌发的影响,结果表明硫酸、高锰酸钾、GA₃ 和 SDS 溶液处理种子均可提高种子发芽率,萌发高峰日均有不同程度地提前。段春华等^[58]研究表明 NaOH 处理能显著提高矮生嵩草种子发芽率。杨锦昌等^[59]发现采用低温热水浸泡或弱腐蚀性的化学处理可显著提高成熟油桐种子萌发率,而对于过熟种子,宜采用浓硫酸浸泡 25 min 的处理。

3.2.3 有机化学药剂处理。一些种子可通过有机化学药剂处理打破休眠。适宜浓度的有机胺处理可以促进植物种子的萌发^[60-62];刘青等^[63]研究有机酸与硝酸铵协同浸种对黑麦草和高羊茅种子萌发及初期生长的影响,结果表明苹果酸浸种黑麦草和高羊茅的最适浓度分别为 15 和 5 mmol/L,而柠檬酸浸种的最适浓度则为 10 和 5 mmol/L,最适浓度浸种条件下草坪植物的发芽率、种子活力相比对照显著增加。

3.3 生物处理 在自然环境中,有很多因素也可以促进萌发,打破休眠。动物对果实的采食有利于种子的萌发;成熟脱落的果实腐烂发酵后可能解除休眠;某些微生物产生的物

质,也可打破种子休眠或促进种子萌发。

3.4 综合处理 许多植物种子的休眠是由多因素造成的,在实践中往往综合应用多种方法来打破休眠。蔡薇等^[64]发现层积90 d后加入6-BA 50 mg/L浸泡24 h有利于大百合种子胚后熟并促进种子萌发。Dashti等^[65]对葱属植物mooseer用硫酸处理、砂纸摩擦处理、低温层积处理和GA₃处理以研究这些因素对种子休眠的影响,当单个因素处理时对种子的萌发没有显著影响,而4种处理结合使用时,种子的萌发率有显著提高。鸦瓣种子属综合休眠型,但以胚形态休眠为主,刚成熟老鸦瓣种子胚率仅为10%左右,种皮无透水障碍,300 mg/L赤霉素浸泡处理24 h后,25℃恒温层积70 d再转入5℃低温层积种胚成熟最快^[66]。侯冬花等^[67]证明了低温层积与GA₃综合处理可以促进野生杏种子萌发。

4 展望

综上所述,造成植物种子休眠的原因各异,而且往往是由多因素引起的,综合采取多种措施可在一定程度上有效破除休眠,促进种子萌发。但种子休眠是一个非常复杂的问题,其休眠机制尚未明确,目前,针对种子休眠和萌发的分子研究已经展开,但主要集中在拟南芥、水稻等模式植物上。随着分子生物学技术的快速发展,尤其是新一代测序技术的出现,对非模式植物休眠机制的深入研究成为可能。伴随种子休眠与萌发机理的揭示,可以利用种子的休眠实现贮藏目的,也可以在农林生产中有效打破休眠快速获得种苗。

参考文献

- [1] CROCKER W. Mechanics of dormancy in seeds [J]. American journal of botany, 1916, 3(3): 99-120.
- [2] CROCKER W, BARTON L V. Physiology of seeds [J]. Soil science, 1953, 75(5): 406.
- [3] LANG G A. Dormancy: A new universal terminology [J]. HortScience, 1987, 22: 817-820.
- [4] MÉCHIN V, ARGILLIER O, HÉBERT Y, et al. Genetic analysis of QTL mapping of cell wall digestibility and lignification in silage maize [J]. Crop science, 2001, 41(3): 690-697.
- [5] NIKOLAEVA M G. Physiology of deep dormancy in seeds [M]. Washington, DC: National Science Foundation, 1969.
- [6] BASKIN C C, BASKIN J M. Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination [M]. San Diego: Academic Press, 1998.
- [7] DEBEAUJON I, LÉON-KLOOSTERZIEL K M, KOORNNEEF M. Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis* [J]. Plant physiology, 2000, 122(2): 403-414.
- [8] 李耀龙. 硬实种子萌发处理方法探究 [J]. 园艺与种苗, 2011(6): 99-102.
- [9] 杨期和, 尹小娟, 叶万辉. 硬实种子休眠的机制和解除方法 [J]. 植物学通报, 2006, 23(1): 108-118.
- [10] 杨晓玲, 张培玉, 项殿芳, 等. 山植种子休眠与萌发生理研究 VI. 种壳种皮透气性与种子休眠 [J]. 河北农业技术师范学院学报, 1997, 11(4): 26-29.
- [11] 周佑段, 段小平, 肖东玉. 樟树、椴树、闽楠种子的休眠和萌发特性 [J]. 中南林业学院学报, 2006, 26(5): 79-84.
- [12] 孔祥海. 抑制物质与种子休眠 [J]. 龙岩师专学报, 2002, 20(6): 50-52.
- [13] 史锋厚, 沈元宝, 施季森. 硬实种子发芽抑制物研究 [J]. 福建林学院学报, 2007, 27(3): 222-225.
- [14] 姚青碧, 汪琼, 王贞, 等. 秤锤树种子中发芽抑制物初步研究 [J]. 江苏林业科技, 2008, 35(5): 24-26.
- [15] 刘序, 陈黎, 高捍东. 香蕉种子抑制其发芽和生长的内源物筛选研究 [J]. 西南林业大学学报, 2018, 38(1): 28-33.
- [16] 杨期和, 宋松泉, 叶万辉, 等. 种子感光的机理及影响种子感光性的因素 [J]. 植物学通报, 2003, 20(2): 238-247.
- [17] 陈发菊, 梁宏伟, 王旭, 等. 濒危植物巴东木莲种子休眠与萌发特性的研究 [J]. 生物多样性, 2007, 15(5): 492-499.

- [18] 杨凯, 杨景煌, 刘绍伟, 等. 三七种子后熟过程种胚发育和6种内源激素的动态变化 [J]. 中药材, 2018, 41(3): 527-531.
- [19] 李昭玲, 童凯, 闫桑, 等. 变温层积过程中中华重楼种胚后熟生理生化变化 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(4): 629-633.
- [20] 赵春香, 杨凤娟, 潘武扬, 等. 不同后熟条件对银杏种子萌发的影响 [J]. 广东农业科学, 2005(3): 32-33.
- [21] 刘玉芹, 张磊. 生长调节物质对西洋参种胚生理后熟的影响 [J]. 天津农学院学报, 1994, 1(3/4): 45-48.
- [22] 孙佳, 郭江帆, 魏湖南. 植物种子萌发抑制物研究概述 [J]. 种子, 2012, 31(4): 57-61.
- [23] 王宝龙, 徐君霞, 李明月, 等. 枫杨种子休眠与萌发特性研究 [J]. 森林工程, 2018, 34(2): 11-15.
- [24] 杨晓玲, 张培玉, 郭明军, 等. 山植种子酚类物质含量与休眠的关系 [J]. 园艺学报, 1997, 24(4): 393-394.
- [25] 刘超, 伏素超, 罗正敏, 等. 肉果秤锤树核果中萌发抑制物质的初步研究 [J]. 北方园艺, 2013(4): 20-24.
- [26] GU X Y, KIANIAN S F, FOLEY M E. Multiple loci and epistases control genetic variation for seed dormancy in weedy rice (*Oryza sativa*) [J]. Genetics, 2004, 166(3): 1503-1516.
- [27] 黄振英. 鄂尔多斯高原固沙草沙鞭种子休眠和萌发与环境的关系 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(7): 1128-1133.
- [28] ALLEN P S, MEYER S E. Ecological aspects of seed dormancy loss [J]. Seed science research, 1998, 8(2): 183-192.
- [29] 谢金兰, 范剑明, 张冬生, 等. 去皮解除休眠对楠木种子萌芽及幼苗生长影响 [J]. 园艺与种苗, 2017(8): 18-19, 45.
- [30] 王进, 颜霞, 李军元, 等. 蒙古扁桃 (*Amygdalus mongolica*) 种子萌发及幼苗生长对胁迫的响应 [J]. 中国沙漠, 2018, 38(1): 140-148.
- [31] ROBERTS E H. Temperature and seed germination [J]. Symp Soc Exp Biol, 1988, 42: 109-132.
- [32] 陈文, 王旭, 彭玉姣, 等. 贮藏方式对4种药食两用植物种子萌发的影响 [J]. 中国农学通报, 2018, 34(1): 85-89.
- [33] 任锡亮, 付玉莹, 安学君, 等. 不同处理方式对雪菜种子打破休眠的影响 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59(2): 171-172, 174.
- [34] 杨鹭生, 李娟, 李国平. 腊肠树种子休眠与解除的方法研究 [J]. 安徽农业科学, 2018, 46(6): 93-95.
- [35] 胡秉斌, 陆军成. 高温浸种对马莲花种子萌发的影响 [J]. 青海农林科技, 2017(2): 76-78.
- [36] 魏雨其, 王显国, 孔令琪, 等. 变温以及酸、碱处理对打破3种苔草种子休眠的作用 [J]. 草业与畜牧, 2016(2): 3-9.
- [37] 李阳, 于锡宏, 蒋欣梅, 等. 不同温度层积处理对北五味子种子休眠过程中种胚后熟的影响 [J]. 北方园艺, 2017(20): 140-144.
- [38] 李富恒, 李楠丁, 刘增兵, 等. 不同层积条件下老山芹种子形态后熟的研究 [J]. 东北农业大学学报, 2017, 48(5): 28-34.
- [39] 黄凤珠, 朱建华, 彭宏祥, 等. 不同剂量⁶⁰Co-γ射线辐照处理对龙眼种子萌芽生长的影响 [J]. 中国南方果树, 2013, 42(1): 69-71.
- [40] 李晓阳, 陈慧泽, 韩榕. He-Ne激光处理对拟南芥种子萌发和幼苗生长特性的影响 [J]. 西北植物学报, 2012, 32(1): 131-135.
- [41] 段智英, 杨致荣. 激光对苦荬陈种子萌发和生长的影响 [J]. 山西农业科学, 2010, 38(2): 28-30.
- [42] 李继英. 玉米种子含水量对种子萌发调控的影响 [J]. 黑龙江科技信息, 2009(7): 109.
- [43] 张玲卫, 刘会良, 盛建东, 等. 伊犁河谷14种野生观赏植物种子活力及休眠破除研究 [J]. 种子, 2018, 37(1): 22-27.
- [44] 王世平. 干湿交替处理对刺玫蔷薇种子萌发的影响 [J]. 现代园艺, 2018(3): 17-18.
- [45] 杨荣超, 张海军, 王倩, 等. 植物激素对种子休眠和萌发调控机理的研究进展 [J]. 草地学报, 2012, 20(1): 1-9.
- [46] 方志荣, 苏智先, 胡进耀. 脱落酸、赤霉素和乙烯对种子休眠的萌发和调控 [J]. 西北师范大学学报 (自然科学版), 2007, 28(2): 127-132.
- [47] 谭晰, 朱列书. GA₃对不同年份烟草种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 现代农业科技, 2011(5): 54-55.
- [48] 韩建秋. 外源GA₃对NaCl胁迫下二月兰种子萌发的影响 [J]. 上海农业学报, 2012, 28(2): 59-62.
- [49] 秦立金, 徐振军, 袁树祥. 乙烯利浸种对冬季日光温室黄瓜种子萌发与幼苗生长的影响 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(33): 10601-10602.
- [50] KERMODE A R. Role of abscisic acid in seed dormancy [J]. Journal of plant growth regulation, 2005, 24(4): 319-344.
- [51] 葛苏洁, 李淑娟. ABA在种子发育·休眠和萌发过程中的生理调控 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(18): 10727-10730, 10732.

- [5] 刘建华, 张志军, 李淑芳. 树莓中功效成分的开发浅论[J]. 食品科学, 2004, 25(10): 370-373.
- [6] 张建成, 屈红征. 树莓的栽培利用及发展前景[J]. 河北林果研究, 2004, 19(4): 387-391.
- [7] 司旭, 陈芹芹, 毕金峰, 等. 树莓主要功能性成分研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 376-381.
- [8] 刘松. 三种天然色素花色苷组成、辅色作用及与蛋白质相互作用的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [9] 刘璐. 树莓果实中多糖的降解、结构及生物活性研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016.
- [10] SALINAS-MORENO Y, ALMAGUER-VARGAS G, PEÑA-VARELA G, et al. Ellagic acid and anthocyanin profiles in fruits of raspberry (*Rubus idaeus* L.) in different ripening stages[J]. Revista chapingo serie horticultura, 2009, 15(1): 97-101.
- [11] 陈美佳. 红树莓果花色苷的提取纯化及抗氧化性的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
- [12] 陈其钢, 沈艾彬, 陈国辉. 响应曲面法优化浸提新疆红树莓中花色苷的工艺研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(12): 76-79.
- [13] ZHANG Y, LIAO X J, CHEN F, et al. Isolation, identification, and color characterization of cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-sophoroside from red raspberry[J]. European food research and technology, 2008, 226(3): 395-403.
- [14] 宣景宏, 孟宪军, 刘春菊, 等. 红树莓超氧化物歧化酶的分离纯化[J]. 中国果树, 2007(1): 11-13.
- [15] 李小萍, 梁琪, 辛秀兰, 等. 高效液相色谱法测定红树莓中鞣花酸含量[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(24): 11345-11346.
- [16] 魏小聪, 赵艳敏, 崔雨, 等. HPLC 法测定树莓叶和果实中鞣花酸的含量[J]. 武警后勤学院学报(医学版), 2016, 25(1): 29-31.
- [17] 毕金峰, 黄颖. 酶法提取树莓汁的研究[J]. 饮料工业, 2002, 5(S1): 38-40.
- [18] 马殿君, 张黎斌. 红树莓的医疗保健作用及红树莓饮料的开发[J]. 饮料工业, 2008, 11(2): 19-22.
- [19] 徐玉秀, 王友升, 王贵禧. 树莓的利用研究及其在我国的发展前景[J]. 经济林研究, 2003, 21(1): 64-66.
- [20] 徐丽萍, 吴媛媛, 王鑫, 等. 响应曲面法优化红树莓多糖提取工艺[J]. 中国食品添加剂, 2017(9): 182-187.
- [21] 徐雅琴, 张睿, 付红. 红树莓中黄酮类物质超声波提取及纯化的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(4): 130-132.
- [22] 王迎, 齐国辉, 张雪梅, 等. 不同结果期红树莓果实中主要功能性成分含量变化[J]. 食品工业科技, 2017(23): 40-44.
- [23] 杨国慧, 张岩, 于洋, 等. 树莓叶黄酮类化合物含量及抗氧化性分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(18): 4514-4518.
- [24] 李书丹, 阙洪敏, 孙玉珍, 等. 红树莓原液对免疫抑制小鼠脾脏 Bcl-2, Bax 蛋白表达水平的影响[J]. 中医药导报, 2016, 22(18): 23-26.
- [25] 于晓红, 李书丹, 阙洪敏, 等. 红树莓原液对免疫抑制小鼠脏器指数及血清 IFN- γ , IL-4 水平的影响[J]. 天津中医药, 2015, 32(3): 173-175.
- [26] 张善玉, 朴惠顺, 姜艳玲, 等. 红树莓抗肿瘤作用的初步研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(2): 380-381.
- [27] 张春鹏, 刘明, 赵金璐, 等. 树莓体外抑制人肝癌细胞系 HepG2 生长的实验性研究[J]. 实用肿瘤学杂志, 2008, 22(5): 409-411.
- [28] AIYER H S, SRINIVASAN C, GUPTA R C. Dietary berries and ellagic acid diminish estrogen-mediated mammary tumorigenesis in ACI rats[J]. Nutrition and cancer, 2008, 60(2): 227-234.
- [29] 宁玮钰, 冯建文, 吕长山, 等. 红树莓不同溶剂提取物抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2016, 37(19): 117-122.
- [30] 肖军霞, 黄国清, 仇宏伟, 等. 红树莓花色苷的提取及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 15-18.
- [31] 旷慧, 王金玲, 姚丽敏, 等. 6 种东北地区红树莓果渣提取物的抗氧化活性差异[J]. 食品科学, 2016, 37(1): 63-68.
- [32] 孙希云, 赵秀红, 张琦, 等. 红树莓花色苷粗提物抗氧化性能与抑菌作用研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(3): 132-135.
- [33] 辛秀兰, 李小萍, 危晴, 等. 红树莓果中鞣花酸提取物的抑菌活性初步研究[J]. 世界科技研究与发展, 2010, 32(3): 356-357.
- [34] 毕秀丽, 陈雨莉, 钟春鸽, 等. 树莓冻干粉或其提取物在制备治疗急/慢性炎性肠道疾病药物中的应用: CN201610169710.6[P]. 2016-07-27.
- [35] 韩加. 新疆红树莓果实提取物降低 SHR 大鼠血压及改善氧化应激作用的可能机制研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2011.
- [36] 靳振刚, 旷慧, 王金玲. 红树莓水提取物和乙醇提取物的降血脂功能比较[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 307-311.
- [37] 孟宪军, 周艳, 刘学, 等. 树莓酮对单纯性肥胖大鼠的减肥作用的试验研究[J]. 食品工业, 2008(1): 1-3.
- [38] 李安良, 杨淑琴, 郭秀姑. 化妆品活性成分覆盆子酮葡萄糖苷的研究进展[J]. 香料香精化妆品, 2014(4): 63-66.
- [39] HARADA N, OKAJIMA K, NARIMATSU N, et al. Effect of topical application of raspberry ketone on dermal production of insulin-like growth factor-I in mice and on hair growth and skin elasticity in humans[J]. Growth Hormone & IGF Research, 2008, 18(4): 335-344.
- [40] 孙红艳, 孟军, 吕安坤. 国内外树莓体内研究现状[J]. 现代中西医结合杂志, 2014, 23(18): 2038-2042.

(上接第 12 页)

- [52] 牛文昊, 赵岩. 不同激素前处理对薄荷种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(21): 10857-10858, 10869.
- [53] 孔祥生, 张妙霞. 油菜素内酯和多效唑对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 1998, 14(2): 21-23.
- [54] 李凯荣, 贺秀贤, 王乃江. 天然油菜素内酯对沙棘种子萌发和下胚轴伸长的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(3): 89-91.
- [55] 白宝璋, KASTORI R. 细胞分裂素对向日葵生物效应的研究 I. 细胞分裂素对向日葵种子萌发及种苗生长影响[J]. 中国油料, 1990(4): 95-97.
- [56] 官庆涛, 姜莉莉, 武海斌, 等. 植物生长调节剂在打破北方果树种子休眠上的应用[J]. 落叶果树, 2018, 50(2): 34-36.
- [57] 杨爽, 钟国辉, 田发益, 等. 不同化学处理对茅膏菜种子萌发的影响[J]. 种子, 2013, 32(2): 76-77, 81.
- [58] 段春华, 张德罡, 张清, 等. 物理、化学处理方法对矮生蒿草和线叶蒿草种子萌发的影响[J]. 草原与草坪, 2013, 33(1): 40-44.
- [59] 杨锦昌, 邹文涛, 尹光天, 等. 不同处理方法对油桐成熟和过熟种子萌发特性的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(4): 331-338.
- [60] 金桂芳, 张平艳. 有机胺浸种对黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2012(15): 46-48.
- [61] 金桂芳, 王晓理. 有机胺在低温下对小麦种子萌发和幼苗根系活力的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(31): 19139-19141, 19175.
- [62] 王晓理. 有机胺对两种茄果类蔬菜种子萌发的影响[J]. 北方园艺, 2012(24): 36-38.
- [63] 刘青, 多立安, 赵树兰. 有机酸与硝酸铵浸种对草坪植物种子萌发及初期生长影响[J]. 种子, 2009, 28(3): 41-44.
- [64] 蔡薇, 李叶芳, 刘春雪, 等. 变温层积下激素对大百合种胚后熟的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(34): 103-110.
- [65] DASHTI F, GHAREMANI-MAJD H, ESNA-ASHARI M. Overcoming seed dormancy of mooseer (*Allium hirtifolium*) through cold stratification, gibberellic acid, and acid scarification[J]. Journal of forestry research, 2012, 23(4): 707-710.
- [66] 吴正军, 朱再标, 郭巧生, 等. 老鸦瓣种子生理及其萌发特性研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(5): 575-579.
- [67] 侯冬花, 呼凤兰, 赵彦华. 低温层积与 GA₃ 综合处理促进野杏种子萌发初探[J]. 山西果树, 2012(6): 16, 23.

科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面, 以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料, 也不要模棱两可的语言, 或随意扩大范围, 讨论与文中无多大关联的内容。