

药用植物种子休眠类型及休眠解除研究进展

徐文娟, 祁建军*

中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193

摘 要: 种子休眠是植物在长期发育过程中形成的对不良环境条件主动适应的现象。介绍了常见药用植物种子休眠的原因, 根据休眠原因对种子休眠与萌发的影响将种子休眠划分的几种类型, 总结了对不同休眠类型的种子应分别采用的休眠解除方法, 并评述了目前的研究进展。

关键词: 药用植物; 种子休眠; 休眠解除

DOI:10.3969/j.issn.2095-2341.2011.02.07

Progress in Seed Dormancy and Dormancy Release of Medicinal Plants

XU Wen-juan, QI Jian-jun*

Institute of Medicinal Plants Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

Abstract: Seed dormancy is that plants initiatively adapt to the adverse environmental conditions during the long time development. This paper introduces the cause seed dormancy, and the types of seed dormancy according to the effects on dormancy and germination; summarizes different methods to release the dormancy of common medicinal plants, and comments current research progress.

Key words: medicinal plants; seed dormancy; dormancy release

种子休眠是指具有正常生活力的种子在适宜的环境条件下(光照、温度、水分和氧气等)不能萌发的现象^[1]。它是植物长期适应气候变化的结果, 可避免种子在不适宜生长的季节萌发, 以“休眠种子”这一形势度过严寒、酷暑、干旱等恶劣环境条件, 对维持植物的生命, 繁衍后代具有深远意义^[2]。许多药用植物种子具有休眠现象, 在中药材的生产和研究过程中, 种子休眠这一特性成为药用植物快速、高效育苗的障碍, 给中药材育种和栽培带来了很大影响, 探索药用植物种子休眠机理, 打破种子休眠是药用植物育苗的关键环节。休眠种子在萌发的过程中, 一般除需要普通种子萌发的条件(如光照、水分、氧气等)外, 还必须经过特殊处理。分析种子的休眠原因是打破种子休眠、促进种子萌发的前提条件^[3], 对不同休

眠类型的种子, 采取的休眠解除措施也各不相同。常用方法有: ①物理方法, 包括: 机械处理、温度处理(高温、低温、变温)、干藏干热及射线、超声波、电场和磁场处理; ②化学方法, 包括: 激素处理、无机化学试剂处理和有机化学药剂处理; ③综合处理方法^[4]。

在种子生物学的研究中, 人们通常将植物种子休眠归为两种休眠类型, 即由种皮引起的休眠和由胚引起的休眠。Baskin 等^[5]将植物种子休眠分为 5 个类型: 生理休眠(physiological dormancy, PD); 形态休眠(morphological dormancy, MD); 生理形态休眠(morphophysiological dormancy, MPD); 物理休眠(physical dormancy, PY); 综合休眠(combination dormancy, PY + PD)。本文采用 Baskin 等的分类法描述药用植物休眠类型。

收稿日期: 2011-06-08; 接受日期: 2011-06-28

基金项目: 国家科技重大专项“中药材种子种苗和种植(养殖)标准平台”(2009ZX09308-002)资助。

作者简介: 徐文娟, 硕士研究生, 从事药用植物生理学研究。* 通讯作者: 祁建军, 副研究员, 博士, 从事药用植物生物技术研究。

E-mail: jjqi@implad.ac.cn

1 药用植物种子 5 种休眠类型及休眠解除方法

1.1 PD 型种子休眠及休眠解除方法

PD 型休眠种子脱离母体后形态上已成熟,具有完整的胚结构,但种子中存在萌发抑制物,导致种子在适宜条件下不能萌发。这一休眠类型在具有休眠现象的植物种子中较常见,多见于毛茛科、伞形科部分植物。此类型种子要打破休眠,关键是去除萌发抑制物,现普遍采用方法有:层积(低温、高温、变温)、水浸种、GA₃处理等方法,或几种方法联合采用。浸种处理能浸出种子内水溶性发芽抑制物质,有促进萌发的作用,具体的浸种方法

有冷水浸种、温水(30℃~40℃)浸种、热水(90℃~100℃)浸种或冷热水交替浸种。层积处理常用洁净河沙作层积材料,先用水浸泡种子,使之吸水膨胀,再与调好湿度的细沙按比例混拌层积处理,处理温度和时间视药用植物种类而定。刘力等^[6]研究表明土荆芥(*Chenopodium ambrosioides* L.)的最佳发芽条件为 15℃ 以下,浸种 12 h 黑暗培养或 GA₃ 150 mg/L 处理。田聪等^[7]研究表明 4℃ 低温层积可以有效解除新疆阿魏(*Ferula sinkiangensis* K. M. Shen)的种子休眠,500 mg/L 赤霉素溶液浸种 48 h 能打破常温下新疆阿魏种子的休眠。表 1 记载了 PD 型种子休眠及解除方法。

表 1 常见 PD 型休眠植物及其休眠解除处理方法

Table 1 Physiological dormancy plants and their release methods.

植物名和学名	处理方法	参考文献
乌头 <i>Aconitum carmichaeli</i> Debx	10~20℃变温,层积,GA ₃ 500 mg/L	[8]
露蕊乌头 <i>Aconitum gymnanthum</i> Maxim	0~4℃,层积 160 d	[2]
北乌头 <i>Aconitum kusnezoffii</i> Reichb	0~4℃,层积 90 d	[2]
棉团铁线莲 <i>Clematis hexapetala</i> Pall	4℃,层积 60 d	[2]
香附 <i>Cyperus rotundus</i> L.	0~4℃,层积 60 d	[2]
木防己 <i>Cocculus trilobus</i> (Thunb) DC.	0~5℃	[2]
土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	-15℃,GA ₃ 150 mg/L	[2]
杜仲 <i>Eucommia ulmoides</i> Olov.	GA ₃ 200 mg/L,10 min	[9]
新疆阿魏 <i>Ferula sinkiangensis</i> K. M. Shen	4℃,层积 30 d,100 mg/L 6-BA 浸种 48 h	[2]
银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L.	15~20℃转 4℃层积 60 d	[10]
北沙参 <i>Glehnia littoralis</i> F. Schmidt ex Miq	0~5℃	[11]
滇龙胆 <i>Gentiana rigescens</i> Franch. ex Hemsl.	25℃,GA ₃	[12]
南五味子 <i>Kadsura longipedunculata</i>	0~5℃	[2]
紫草 <i>Lithospermum erythrorhizon</i> Sieb. et Zucc	0~4℃,层积 40 d	[13]
辛夷 <i>Magnolia liliflora</i> Desr.	0~-4℃,层积 80 d	[2]
沿阶草 <i>Ophiopogon japonicus</i> (L. F.) ker-Gaul	0~5℃	[2]
郁李 <i>Prunus japonica</i> Thunb.	4℃,层积 100 d	[2]
关黄柏 <i>Phellodendron amurense</i> Rupr	20℃,0~5℃	[2]
金樱子 <i>Rosa laevigata</i> Michx.	0~5℃	[2]
红景天 <i>Rhodiola schalinensis</i> A. B	0~5℃或 GA ₃ 1 000 mg/L,10 min	[14]
北五味子 <i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	0~4℃,130 d	[15]
华中五味子 <i>Sphenanthera</i> Rehd. et Wils	4℃,160 d	[2]
粉防己 <i>Stephania tetrandra</i> S. Moore	0~5℃	[2]
青藤 <i>Sinomenium acutum</i> Rehd. et Wils.	0~5℃	[2]
防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i> (Turcz) Schischk	-70℃,20 min;95%酒精,30 min 或者温水浸种	[16,17]
金丝桃 <i>Hypericum chinensis</i> L.	GA ₃ 500 mg/L,或 4℃	[18]

1.2 MD 型种子休眠及休眠解除方法

MD 型种子休眠类型即胚形态后熟^[2], 一个完整的胚由子叶、胚根、胚轴和胚芽组成, 此型植物种子成熟后没有胚或没有完整的胚结构, 需在一定的要件下继续完成器官分化, 逐渐发育出完整的胚结构才能萌发。层积处理能有效促进种子胚结构发育完整。此类型种子较少, 厉彦森等^[19]对明党参 (*Changium smyrnioides* Wolff) 进行研究, 发现, 对明党参层积处理, 初期处于球形胚阶段, 一段时期后, 多数种子的胚开始伸长, 长出胚根, 层积后期, 出现 2 片子叶, 并逐渐增大, 胚乳逐渐缩小, 到后期胚乳完全消失, 种子萌发。在自然温度下, 种子需要很长的时间来完成胚的形态后熟, 因此, 明党参种子休眠的主要原因是形态后熟。经过 5℃ 层积 45 d 后, 明党参种子可发芽完全; 而在 10 ~ 15℃ 下种子则发芽更加迅速。

1.3 MPD 型种子及休眠解除方法

MPD 型休眠种子即生理形态休眠类型, 植物种子既没有完整的胚结构又存在萌发抑制物, 使得种子不能正常萌发, 此类型也较多见, 常见于百

合科、五加科和部分毛茛科, 如重楼、刺五加、黄连等。打破此类种子休眠需除去种子内萌发抑制物, 并通过适宜的条件使植物种子形成完整胚结构。现生产上常采用变温处理、水浸、沙层积、低温处理等方法打破休眠。樊家乙等^[20]研究了巫山淫羊藿 (*Epimedium wushanense* T S Ying) 种子休眠的解除, 发现低温层积 90d 可打破巫山淫羊藿种子的休眠。徐荣等^[21]对肉苁蓉 (*Cistanche deserticola* Y. C. Ma) 低温层积 3 个月也可打破种子休眠。李娜等^[22]对金莲花 (*Trollius chinensis* Bge.) 的研究表明 GA₃ 冷浸处理能解除金莲花种子休眠, 其最佳萌发温度为 25℃。常见药用植物具体处理方法见表 2。

1.4 PY 型种子及休眠解除方法

PY 型休眠即物理休眠, 种子成熟后存在种皮阻碍, 即种子具有坚厚而不透水、气的果皮或种皮, 种皮阻碍了水分的透过, 降低了气体交换的速度, 阻止了种子的吸胀而引起种子休眠, 如种皮的蜡质层、木栓层、栅栏组织、骨状石细胞均会阻碍水分的吸收; 种皮不透水性、种皮(或果皮)对胚

表 2 常见 MPD 型休眠植物及其休眠解除处理方法

Table 2 Morphophysiological dormancy plants and theirs release methods.

植物名和学名	处理方法	参考文献
短梗五加 <i>Acanthopanax sessiliflorus</i> Seem.	18 ~ 20℃, 90 d; 2 ~ 4℃, 90 d	[23, 24]
五加 <i>Acanthopanax gracilistylus</i> W. W. Smith	20℃, 10 ~ 17℃, 0 ~ 4℃	[2]
刺五加 <i>Acanthopanax senticosus</i> Harms	20℃, 10 ~ 17℃, 0 ~ 4℃	[2]
细辛 <i>Asarum heterotropoides</i> Fr var. <i>mandshuricum</i> (Maxin) kitag	20℃, 10 ~ 15℃, 0 ~ 5℃	[25]
三七 <i>Panax notoginseng</i> (Burk) F. H. Chen	20℃ 沙层积	[26, 27]
人参 <i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	20℃, 30 d; 10 ~ 15℃, 60 d; 0 ~ 5℃, 90 d	[28]
黄连 <i>Coptis chinensis</i> Franch	10℃, 180 d; 5℃, 60 d	[29, 30]
金莲花 <i>Trollius chinensis</i> Bge.	4℃	[31, 32]
全叶延胡索 <i>Corydalis repens</i> Mandl. et Muchld.	20℃, 10 ~ 17℃, 0 ~ 5℃	[2]
狼毒 <i>Euphorbia fischeriana</i> Steud.	20℃, 10 ~ 18℃, 0 ~ 5℃	[33]
卷叶贝母 <i>Fritillaria cirrhosa</i> D. Don	15℃, 10℃, 5℃	[2]
羌活 <i>Notopterygium forbesii</i> Boiss	20℃, 10 ~ 18℃, 0 ~ 5℃	[34, 35]
重楼 <i>Paris polyphylla</i> Smith. var <i>chinensis</i> (Franch) Hara	20℃, 15℃, 0 ~ 5℃	[2]
南川升麻 <i>Cimicifuga nanchuanensis</i> Hsiao	100 mg/L GA ₃ , 4℃	[36]
千金藤 <i>Stephania japonica</i> Miers	变温, 高到低	[2]
辽细辛 <i>Asarum heterotropoides</i> Fr. Schmidt var. <i>mandshuricum</i> (Maxim.) Kitag.	变温, 0 ~ 5℃	[2]
伊贝母 <i>Fritillaria pallidiflora</i>	0 ~ 4℃	[37]

的机械阻碍作用及种皮(或果皮)中的阻碍抑制剂从胚中排出和种皮本身存在抑制剂并供给种胚。豆科植物如甘草、黄芪一般种皮较硬、较厚,要打破休眠需去除种皮障碍,一般采用浸种、去皮、激素和化学药剂处理、变温处理、层积等方法解除休眠。胡小文等^[38]采用热水浸泡、硫酸处理、液氮处理豆科植物种子,大大提高了种子发芽率。段琦梅等^[39]认为在黄芪 [*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge] 实际生产中掌握最适温度与砂磨方法相结合的种子处理方法可提高黄芪发芽率。打破该类型种子休眠的一般方法见表3。

1.5 PY + PD 型种子及休眠解除方法

PY + PD 综合休眠,即种子存在种皮障碍,又存在萌发抑制物,导致种子休眠,不能萌发。休眠解除方法一般同时采用 PY 型种子处理方法和

PD 型种子处理方法。吴代坤等^[48]对珙桐 (*Davidia involucre Baillon*) 采用尿泡法、层积催芽法、化学药剂腐蚀、机械破壳法、变温处理 (−5 ~ 10℃ 处理种子 12 h, 再将温度调至 20℃ 左右处理种子 12 h, 这样循环处理 30 d 后播种)、超声波处理、GA 和 6-BA 浸种等多种方法均可打破种子休眠。一般方法见表4。

2 小结

种子休眠机理被认为是种子生物学中了解最少的领域之一^[56]。例如人参、西洋参等种子,当年收获的种子必须经过一系列处理后,第三年才能实现种子萌发,但是人们对其种子休眠的原因及休眠解除过程内在的分子机理了解甚微。药用

表3 常见 PY 型休眠植物及其休眠解除处理方法
Table 3 Physical dormancy plants and their release methods.

植物名和学名	处理方法	参考文献
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	机械磨破种皮	[2]
合欢 <i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	70℃ 热水浸泡:浓硫酸	[40]
黄芪 <i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bge	砂磨	[41]
云实 <i>Caesalpinia sepiaria</i> Roxb.	机械或硫酸破种皮	[42]
沙枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	水浸 2 d	[2]
金线草 <i>Lysimachia christinae</i>	砂磨,热水	[2]
射干 <i>Belamcanda chinensis</i>	砂藏或去种皮	[43]
决明 <i>Cassia obtusifolia</i>	浓硫酸 20 min	[44]
鸡骨草 <i>Abrus cantoniensis</i> Hance	砂磨,热水或者浓硫酸 9 min	[45]
苦参 <i>Sophora flavescens</i> Ait	砂磨,硫酸,热水	[46,47]

表4 常见 PY + PD 型休眠植物及其休眠解除处理方法
Table 4 Combinational dormancy PY + PD plants and their release methods.

植物名和学名	处理方法	参考文献
商陆 <i>Phytolacca acinosa</i> Roxb.	硫酸, GA ₃ 500 mg/L	[49]
映山红 <i>R. simsii</i> Planch.	硫酸, 10 min、层积处理, GA ₃	[50]
山楂 <i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.	浸晒, 层积 264 d	[51]
樱桃 <i>Prunus pseudocerasus</i> Lindl	低温, 干湿处理	[2]
珙桐 <i>Davidia involucre</i> Bail	−5 ~ 10℃, 12 h, 20℃, 30 d; 超声	[2]
曼陀罗 <i>Datura stramonium</i> L.	10% NaOH, 90 min, 300 mg/L GA ₃	[52]
辣蓼 <i>Polygonum hydropiper</i> L.	干藏后解除	[2]
锁阳 <i>Cynomorium songaricum</i> Rupr. Nitaria L.	浸泡去果皮; 超声处理	[53,54]
山茱萸 <i>Macrocarpum officinale</i>	0 ~ 4℃ 层积, 75 d, 硫酸处理	[55]

植物种类多,生长习性多样,种子休眠原因和萌发的条件差别极大,这就为药材人工栽培生产造成很大的不便。目前国内符合良好农业规范(good agricultural practice, GAP)栽培管理模式的药材基地有99个,栽培有49种药用植物,其中有16种植物种子具有休眠特性,需要采用不同方法解除休眠^[57,58]。而我国有记载的药用植物超过1万种,除野生药材外,目前人工栽培药用植物大约有200多种,因此在药材生产中解决未来种子繁殖中的存在的休眠问题就显得特别重要。

参 考 文 献

- [1] 杨期和,叶万辉,宋松泉,等. 植物种子休眠的原因及休眠的多形性[J]. 西北植物学报,2003,23(5):837-843.
- [2] 陈 瑛. 实用中药种子技术手册[M]. 北京:人民卫生出版社,1999:40.
- [3] 周 涛,江维克,王世清. 药用植物种子休眠及促进其萌发的研究进展[J]. 贵阳中医学院学报,2008,30(5):8-9.
- [4] 侯冬花,萨拉木·艾尼瓦尔,海利力·库尔班. 种子休眠与休眠解除的研究进展[J]. 新疆农业科学,2007,44(3):349-354.
- [5] Baskin C, Baskin J M. Determining dormancy-breaking and germination requirements from the fewest seeds[J]. Washington: Island Press,2004,162-179.
- [6] 刘 丽,郭巧生,赵荣梅,等. 土荆芥种子萌发特性的研究[J]. 中国中药杂志,2007,32(13):1346-1348.
- [7] 田 聪,谢丽琼,李 冠. 珍惜药用植物新疆阿魏种子萌发特性研究[J]. 种子,2008,27(8):88-90.
- [8] 田孟良,陈 艳,刘清华,等. 乌头种子的萌发特性研究[J]. 中国中药杂志,2009,34(22):2958-2960.
- [9] 余启高,甘国菊,曾令奎. 解除杜仲种子休眠方法的研究[J]. 林业使用技术,2011,1:20-21.
- [10] 曹帮华,蔡春菊. 银杏种子后熟生理与内源激素变化的研究[J]. 林业科学,2006,42(2):32-37.
- [11] 蔡春菊,曹帮华,许景伟,等. 银杏种子后熟生理的研究[J]. 山东林业科技,2002,43(6):7-9.
- [12] 杨美权,杨维泽,赵振玲,等. 滇龙胆种子萌发特性研究[J]. 中国中药杂志,2011,36(5):556-557.
- [13] 祁建军,宋经文,雷和田,等. 根瘤杆菌转化紫草的研究[J]. 云南植物研究,2002,24(5):656-658.
- [14] 秦佳梅,张卫东,田 洪. 红景天种子休眠与其解除方法[J]. 特产研究,1999,(2):45-46.
- [15] 王 炎,赵 敏. 北五味子种子休眠特性及内源抑制物质的研究[J]. 中国中药杂志,1997,22(1):10-13.
- [16] 周艳玲,赵 敏,赵雨森. 防风种子的休眠机制[J]. 东北林业大学学报,2009,37(3):16-17.
- [17] 窦铁岭,王艳群,张立峰,等. 坝上高寒半干旱区促使防风种子发芽的实验研究[J]. 种子,2010,29(2):66-68.
- [18] 张祖帅. 金丝桃果实、种子形态及发芽特性的研究[J]. 山
- 西林业科技,2009,38(1):26-28.
- [19] 厉彦森,郭巧生,王长林,等. 明党生种子休眠机制和发芽条件的研究[J]. 中国中药杂志,2006,31(3):197-199.
- [20] 樊家乙,郭巧生,刘作易,等. 巫山淫羊藿种子休眠特性及破眠方法研[J]. 中国中药杂志,2010,35(24):3242-3245.
- [21] 徐 荣,陈 君,周 峰,等. 层积处理对肉苁蓉种子形态的影响[J]. 种子,2010,29(3):23-25.
- [22] 李 娜,黄璐琦,邵爱娟,等. 金莲花种子休眠和贮藏特性的研究[J]. 现代中药研究与实践,2010,24(1):1-3.
- [23] 葛 超,宁 伟,张立军,等. 短梗五加种子萌发影响因子研究[J]. 种子,2007,26(11):6-9.
- [24] 李宏博,潘巧燕,朴钟云,等. 不同化学试剂处理对解除短梗五加种子休眠的影响[J]. 种子,2010,29(1):80-82.
- [25] 王志清,王英平,邵 才,等. 北细辛种子贮藏过程中生活力及种胚形态后熟研究[J]. 种子,2010,29(12):35-37.
- [26] 段承俐,杨 莉,萧凤回. 三七种胚形态发育的解剖观察[J]. 种子,2010,29(1):1-3.
- [27] 段承俐,段承俐,李章田,等. 三七种子的后熟生理特性研究[J]. 中国中药杂志,2010,35(20):2652-2656.
- [28] 黄耀阁,崔树玉,李向高,等. 人参和西洋参种子休眠机理研究进展[J]. 人参研究,1995,1:3-7.
- [29] 王东辉. 黄连种子后熟与萌发期间外源激素效应研究[J]. 种子,2005,24(1):21-24.
- [30] 李先恩,陈 瑛,张 军. 黄连种子胚后熟期间的生理生化变化及激素的影响[J]. 中国中药杂志,1997,22(5):272-275.
- [31] 丁万隆,陈 君,张丽萍,等. 贮藏方法对打破金莲花种子休眠的影响[J]. 中国中药杂志,2000,25(2):266-269.
- [32] 李 娜,黄璐琦,邵爱娟,等. 金莲花种子休眠和贮藏特性的研究[J]. 现代中药研究与实践,2010,1(24):1-4.
- [33] 杨善云,贺江舟,税军峰,等. 几种化学和物理方法处理对狼毒种子发芽率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(1):66-69.
- [34] 李宗仁,田 丰,王有庆,等. 羌活种子特性和发芽率研究[J]. 青海大学学报,2009,1(27):67-69.
- [35] 史 静,马小军,蒋舜媛,等. 羌活种胚后熟过程中内源激素的动态变化[J]. 中草药,2006,37(2):273-275.
- [36] 符 近,奇文清,顾增辉,等. 南川升麻种子休眠与萌发的研究[J]. 植物学报,1998,40(4):303-308.
- [37] 景汝勤,王文杰,李天堂. 伊贝母种子后熟过程的解剖学研究[J]. 西北大学学报,1986,3:54-58,130.
- [38] 温学森,赵华英,李允尧,等. 太子参种子休眠原因初探[J]. 中草药,2003,34(8):762-763.
- [39] 段琦梅,梁宗锁,慕小倩,等. 黄芪种子萌发特性的研究[J]. 西北植物学报,2005,25(6):1246-1249.
- [40] 郭学民,徐兴友,孟宪东,等. 合欢种子硬实与萌发特性及种皮微形态与结构特征的研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2006,27(3):13-18.
- [41] 陈书珍. 赤霉素浸种与沸水烫种对黄芪种子发芽的影响研究[J]. 甘肃农业,2008,1:86-87.

- [42] 贾玉华,郭成久,苏芳莉,等. 不同催芽方法对沙冬青、花棒和沙枣种子萌发的影响[J]. 种子,2009,28(7):58-61.
- [43] 申志英,孟祥财,郑平,等. 提高射干种子发芽率的简易方法[J]. 中药材,2004,27(3):163.
- [44] 张春平,何平,杜丹丹,等. 决明种子硬实及萌发特性研究[J]. 中草药,2010,41(10):1700-1704.
- [45] 董青松,颜钟亚,白隆华,等. 鸡骨草种子发芽实验条件的研究[J]. 种子,2006,25(2):81-84.
- [46] 程红玉,方子森,纪瑛,等. 苦参种子发芽特性研究[J]. 种子,2010,29(11):38-41.
- [47] 黄宗才,金坤,徐钰林,等. 苦参种子的硬实特性及处理技术研究[J]. 种子,2009,28(12):82-84.
- [48] 吴代坤,戴应金,李双龙,等. 珙桐繁殖技术研究现状[J], 四川林业科技,2010,34(5):118-120.
- [49] 马尧,陈得保,张洪刚. 不同处理方法对商陆种子发芽率的影响[J]. 种子,2009,28(5):105-107.
- [50] 张茂林,樊金会. 杜鹃花种子休眠打破技术的研究[J]. 山东林业科技,2011,31(192):19-21.
- [51] 项殿芳,张培玉,齐永顺,等. 山楂种子休眠与萌发生理研究[J]. 河北农业技术师范学院学报,1997,11(2):1-5.
- [52] 史雷,慕小倩. 曼陀罗种子破休眠方法研究[J]. 种子,2010,9(29):40-43.
- [53] 苏格尔,李天然,刘基焕,等. 寄生药用植物锁阳种子的休眠原因及破除休眠的途径研究[J]. 内蒙古大学学报,2010,12(25):84-86.
- [54] 武睿,郭晔红,萧明明,等. 超声波处理对锁阳种子萌发特性影响研究[J]. 甘肃农业大学学报,2010,45(6):84-87.
- [55] 陈惠. 山茱萸种子休眠的破除与试管萌发[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),1996,16(3):262-265.
- [56] Finch-Savage W E, Leubner-Metzger G. Seed dormancy and the control of germination[J]. New Phytol., 2006, 171:501-523.
- [57] Zhang Bengang, Yong Peng, Zhao Zhang, et al.. GAP production of TCM herbs in China[J]. Planta Med., 2010, 76:1948-1955.
- [58] 周顺利,周丽丽,肖相芬,等. 良好农业规范(GAP)及其在中国作物安全生产中的应用现状与展望[J]. 中国农业科技导报,2009,11(5):42-48.