

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

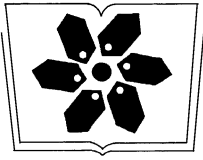
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 **2012**

中国生态学会
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 32 卷 第 4 期 2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

固垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响.....	马长安,徐霖林,田伟,等	(1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价	孙才志,杨磊	(1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征	侯勇,高志岭,马文奇,等	(1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟.....	高照全,冯社章,张显川,等	(1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应.....	宋春桥,游松财,柯灵红,等	(1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应	唐振兴,何志斌,刘鹄	(1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素.....	田风霞,赵传燕,冯兆东,等	(1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应.....	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等	(1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程.....	马井会,顾松强,陈敏,等	(1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系	田丰歌,徐兆礼	(1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状.....	张跃环,王昭萍,闫喜武,等	(1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征.....	李慧,王江涛	(1115)
起始生物量比对 3 种海洋微藻种间竞争的影响.....	魏杰,赵文,杨为东,等	(1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅.....	文世勇,宋琍琍,龙华,等	(1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应.....	陈书军,陈存根,邹伯才,等	(1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局.....	田中平,庄丽,李建贵	(1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较.....	石松利,王迎春,周红兵,等	(1163)
干旱胁迫下黄土高原 4 种乡土禾草抗氧化特性	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁	(1174)
施加角担子菌 B6 对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响	肖逸,王兴祥,王宏伟,等	(1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生境.....	张翼飞,王炜,梁存柱,等	(1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系.....	管孝艳,王少丽,高占义,等	(1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性.....	刘春利,胡伟,贾宏福,等	(1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局.....	张春华,王宗明,居为民,等	(1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立.....	王鹏,张春庆,陈化榜,等	(1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较.....	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等	(1241)
西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表	曹宇,鄧军锐,孔译贤	(1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织 N 同位素转化率的影响	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等	(1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别.....	许文雯,孙翔,朱晓东,等	(1264)
珠三角城市绿地 CO ₂ 通量的季节特征.....	孙春健,王春林,申双和,等	(1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例.....	吴以中,朱沁园,刘宁,等	(1283)
专论与综述		
湿地退化研究进展.....	韩大勇,杨永兴,杨杨,等	(1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评	杨荣,苏永中,王雪峰	(1308)
问题讨论		
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性	屠振力,方俐晶,王家刚	(1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响	杨永胜,卜崇峰,高国雄	(1327)
研究简报		
祁连山典型灌丛降雨截留特征.....	刘章文,陈仁升,宋耀选,等	(1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法.....	喻梅,周守标,吴晓艳,等	(1347)



封面图说: 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新的鸥种,因此得名)。1931年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯的桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球 90% 以上的遗鸥都会到陕西省神木县境内的沙漠淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012221827

喻梅, 周守标, 吴晓艳, 汪劼, 常琳琳, 王继明. 野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法. 生态学报, 2012, 32(4): 1347-1354.

Yu M, Zhou S B, Wu X Y, Wang J, Chang L L, Wang J M. Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild *Cryptotaenia japonica*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1347-1354.

野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法

喻 梅, 周守标*, 吴晓艳, 汪 劼, 常琳琳, 王继明

(安徽师范大学生命科学院, 安徽省重要生物资源保护与利用研究重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

摘要:鸭儿芹种子具有休眠特性,且休眠期长,不经任何处理的种子很难萌发,影响其人工种植。研究了鸭儿芹种子的休眠特性和解除休眠的最佳方法,为我国人工种植野生鸭儿芹提供理论依据。结果表明:TTC 法对种子活力的测定表明有活力的种子为(55.33±3.71)%;切破种皮种子与完整种子吸水率在前 12 h 相差较大,但最终吸水率相差不大,分别达到(70.00±1)%和(68.32±0.32)%,表明种皮并不阻碍种子吸水;种子中存在内源抑制物,其粗提液在较低浓度下即可抑制芹菜种子的萌发;鸭儿芹种子成熟时胚未分化完全,胚率为(28.65±2.488)%,经过低温处理后完成后熟,胚率达到(65.93±3.86)%,萌发率达到 100%,因此鸭儿芹种子具有形态生理休眠特性。清水浸种和低温冷藏共同处理可有效解除其休眠,浸种和低温冷藏具有交互效应,浸种 36 h,5℃冷藏 30d 即可解除其休眠,萌发率达到 100%,发芽势达到(91.11±0.91)%。已破除休眠的种子适宜其萌发的温度范围扩大(15.0—27.5℃),而且在土壤中也较好地萌发,萌发率达到(96.67±3.33)%,发芽势达到(71.11±1.93)%。

关键词:鸭儿芹;浸种;形态生理休眠;低温;萌发率

Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild

Cryptotaenia japonica

YU Mei, ZHOU Shoubiao*, WU Xiaoyan, WANG Jie, CHANG Lingling, WANG Jiming

(Key Lab of Biological Resources Conservation and Utilization, College of life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: *Cryptotaenia japonica* Hassk. (Umbelliferae), a perennial herbaceous plant, is native to China and Japan. It usually favors humid eco-environment. This plant species is both an edible and pharmaceutical plant. *C. japonica* is a popular vegetable in Japan and usually served as salad or prepared in soup. But in China it is usually cooked and then served. This plant can be cultivated year round in green houses. And due to easy handling, *C. japonica* is also grown hydroponically. Its nutritious and pharmaceutical nature are of great concerns among agriculturalists and farmers. The aromatic ingredient in the whole plant also has commercial and industrial potential. To the best of my knowledge, only a few studies have been addressed to *C. japonica* as yet. And these studies have been concentrating on the nutrient and mineral elements, its potential as dietary food, the volatile constituent, the pharmaceutical purposes and toxicology, and its morphological anatomy. No studies however according to my knowledge have ever tried to investigate its ontogenesis like seed germination and seed dormancy. Our studies will lend support to the artificial cultivation of *C. japonica*. *C. japonica* seeds are characterized by a long dormancy period and will not germinate without any treatment, thereby impeding its agricultural cultivation. The objectives of the present research were to investigate the reasons for seed dormancy and optimal approaches to dormancy break of *C. japonica* seed and to supply theoretical fundamentals for its artificial cultivation. The

基金项目:安徽省芜湖市科技计划农业重点项目(2008615);安徽省自然科学基金(11040606M77);安徽省高校自然科学基金重点项目(KJ2011A129);安徽省高校生物环境和生态安全重点实验室专项基金资助(2004sys003)

收稿日期:2010-12-22; 修订日期:2011-04-21

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

results showed that, based on TTC (triphenyltetrazolium chloride) staining method, only $(55.33 \pm 3.71)\%$ of the seeds were viable, but the germination rate was close to zero. Although the imbibition rates of broken and intact seeds differ markedly in the early 12 hours, the final imbibition rates were almost the same, i. e. $(70.00 \pm 1)\%$ and $(68.32 \pm 0.32)\%$, respectively, suggesting that seed imbibition is not impeded by seed coat. When celery seeds were treated with the crude extracts of *C. japonica* seeds for about 24 hours, the seed germination of celery was inhibited. A possible reason is that there are endogenous inhibitors in the low-concentration crude extracts of *C. japonica*. The embryo of mature *C. japonica* seed was not developed completely since the percentage of the length of embryo/length of endosperm was only $(28.65 \pm 2.488)\%$. After post maturation under low temperature it was close to $(65.93 \pm 3.86)\%$ and the germination rate was almost 100%. *C. japonica* seed therefore was featured by morphophysiological dormancy. Both soaking with tap water and storage under low temperature can break effectively the dormancy of *C. japonica* seeds and both methods interact with each other. Similarly, with increasing soaking and storage time, seed germination rate and germination potential also increased gradually. In particular, soaking with tap water for 36 hours and storage at 5 °C for 30 days can break seed dormancy and the germination rate and germination potential can be close to 100% and $(91.11 \pm 0.91)\%$, respectively. The optimal temperature for the germination of dormancy-broken seeds was 15.0—27.5 °C and better germination rate and germination potential in soil can be $(96.67 \pm 3.33)\%$ and $(71.11 \pm 1.93)\%$, respectively.

Key Words: *Cryptotaenia japonica*; seed imbibition; morphophysiological dormancy; low temperature; germination rate

鸭儿芹 (*Cryptotaenia japonica* Hassk), 又名鸭脚板, 是伞形科鸭儿芹属多年生草本植物。产河北、安徽、江苏、浙江、福建、江西、广东、广西、湖北、湖南、山西、陕西、甘肃、四川、贵州、云南, 朝鲜、日本也有, 喜生于林下阴湿处^[1]。其用途广泛, 全草及根可提取芳香油; 果实可榨油, 供制肥皂和油漆用; 全草及果可入药, 有祛风止咳、活血化瘀、消炎止痒之功效, 治感冒咳嗽、肺炎、肺脓肿、淋病、疝气、风火牙痛、痈疽疔肿、带状疱疹、跌打损伤; 外用治皮肤瘙痒及毒蛇咬伤; 其嫩苗及叶可供蔬食, 民间多于春季采食^[2]。研究表明, 鸭儿芹营养价值高, 具有较大开发潜力的野菜资源^[3]; 鸭儿芹种子含有的基础油具有降血压和抗氧化的功能^[4]。有关鸭儿芹的基础研究较少, 限于栽培、制品中矿质元素分析、总黄酮的提取^[5-6]及花芽分化研究^[7]和组织培养^[8], 缺乏鸭儿芹的种子繁殖能力的研究。栽培品种多是引种日本的白茎鸭儿芹^[9], 但从日本引种, 种子成本过高; 采用组织培养技术, 生产成本过高且不利于新品种的研究。因此, 解决我国野生鸭儿芹的种子萌发问题, 将加速鸭儿芹的人工种植和规模化生产的进程。

实验表明, 鸭儿芹种子存在深度休眠现象, 不经任何处理的种子, 萌发率极低, 几乎为零。有关鸭儿芹种子的休眠机理至今未见报道, 本研究旨在通过对鸭儿芹种子休眠特性的研究, 明确其种子休眠的原因, 找到破除其休眠的有效方法, 促进和提高其萌发率, 为鸭儿芹的产业化开发和种质资源保存提供技术支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试鸭儿芹种子采自安徽省芜湖市南陵县小格里, 经周守标教授鉴定。于 2009 年 9 月下旬采收, 千粒重为 (1.568 ± 0.008) g, 室温避光储存备用。

内源抑制物发芽试验所用芹菜种子 (品种为六合黄心芹), 于 2009 年 12 月 1 日购于芜湖市种子分公司, 种子纯度 $\geq 95\%$, 发芽率 $\geq 75\%$, 水分 $\leq 9\%$ 。

1.2 方法

1.2.1 鸭儿芹种子初始发芽率、生活力的测定及种皮对吸水率的影响

(1) 初始发芽率测定 采用纸上发芽法。挑选大小、成熟度相似的种子, 置于内垫双层滤纸的培养皿 ($\Phi 9$ cm) 中, 每皿 30 粒种子, 3 组重复, 保持滤纸湿润, 在光照培养箱 (10 h 光照/14 h 黑暗) 20 °C 恒温培养。

观察统计发芽种子数目。

(2) 种子活力测定 从净种子中随机取 150 粒种子,分为 3 重复,每重复 50 粒种子,用温水(30 ℃)浸泡 6 h,滤纸吸干种子表面水分,用解剖刀沿种胚中央准确切开,取每粒种子的一半放入培养皿中,加入浓度为 0.5% 的 TTC 溶液,刚好浸没种子为度,于 30 ℃ 黑暗条件中保持 12 h,观察种胚染色情况,计算具生活力种子百分率。

(3) 吸水率测定 电子天平称取 0.5 g 种子,切破种皮,浸泡于蒸馏水中置于 25 ℃ 恒温培养箱中,每 2 h 将其捞出,用定量滤纸吸干种子表面水份,室温下快速用电子天平称重,以种皮完好的种子为对照。各 3 重复,计算种子平均吸水率,作出吸水曲线。计算公式:

$$\text{吸水率} = (W_t - W_0) / W_0 \times 100\%$$

式中, W_t 为种子吸水 t 时间后种子的质量; W_0 为吸水实验前起始质量。

1.2.2 鸭儿芹种子休眠解除前后种胚的观察和胚率测定

随机取 50 粒种子,室温下蒸馏水浸泡 10 h 后取出,用解剖刀沿种子中央切开,留下胚和胚乳完整的一半放于 Moticam 3000 显微镜下观察拍照,并计算胚率:

$$\text{胚率} = (\text{胚长} / \text{胚乳长}) \times 100\%$$

1.2.3 鸭儿芹种子粗提物对芹菜种子发芽的影响

取两份饱满鸭儿芹种子各 1.0 g,分别用少许蒸馏水和甲醇(分析纯)冰上研磨成浆,定容至 10 mL,4 ℃ 浸提 24 h,4000 r/min 离心 15 min,取上清液,重复 3 次,合并全部上清液,蒸馏水直接定容至 50 mL,甲醇粗提物用旋转蒸发仪 56 ℃ 将甲醇挥发至干,用 50 mL 蒸馏水溶解残渣,得到 0.020 g/mL 的蒸馏水粗提物和甲醇粗提物母液,再分别稀释成 0.010、0.005 g/mL 的鸭儿芹种子蒸馏水粗提物和甲醇粗提物,4 ℃ 保存备用。取上述 3 个质量浓度粗提物 10 mL 浸泡芹菜种子 24 h,蒸馏水处理为对照。每 50 粒芹菜种子置于内垫双层滤纸的培养皿(Φ9 cm)中,重复 3 次,每皿加入 5 mL 相应的提取物,在光照培养箱(10 h 光照/14 h 黑暗)20 ℃ 下培养。第 7 天观察并统计芹菜种子发芽数。

1.2.4 种子休眠解除方法

清水浸种和低温冷藏处理:室温下,将鸭儿芹种子分别置于蒸馏水中浸泡 18、24、30、36 h 和 42 h,浸种时每隔 6 h 换 1 次水。将浸种的鸭儿芹种子用纱布包裹好,装入透明塑料自封袋,置于冰箱的冷藏室 5 ℃ 冷藏 0、10、20、30、40 d。将冷藏处理的种子置于内垫双层滤纸的培养皿(Φ9 cm)中,每皿 30 粒种子,重复 3 次。在光照培养箱(10 h 光照/14 h 黑暗)20 ℃ 下培养,每天加水 1 次,保持滤纸湿润。每天 11:30 观察种子萌发情况,记录发芽启动期,第 7 天记录发芽势,第 14 天记录萌发率。

1.2.5 温度对破除休眠的种子萌发的影响

供试种子用蒸馏水浸泡 36 h,冰箱 5 ℃ 冷藏 40 d,分别置于温度为 15.0、17.5、20.0、22.5、25.0、27.5、30.0 ℃ 的光照培养箱(10 h 光照/14 h 黑暗)中培养,逐日观察种子萌发情况,第 3 天记录发芽势,第 14 天记录萌发率并测量根长。

1.2.6 破除休眠的种子在土壤中的萌发情况

取以破除休眠的鸭儿芹种子(自来水浸泡 36 h,5 ℃ 冷藏 40 d),置于装满土壤的花盆(Φ15 cm)中,每盆放置 30 粒种子,上覆盖 0.5—1 cm 的壤土,3 次重复,同时以滤纸作发芽基质,每皿(Φ9 cm)30 粒种子,3 次重复。20 ℃ 下培养,定期浇水,保持土壤和滤纸湿润,第 7 天记录发芽势,第 14 天记录萌发率。

1.2.7 数据统计分析

采用 SPSS 11.5 软件进行数据的统计和分析,数据结果以“平均值±标准差”表示,采用 Microsoft excel 软件作图。

2 结果

2.1 鸭儿芹种子初始发芽率、生活力的测定及种皮对吸水率的影响

未经过任何处理的鸭儿芹种子的萌发率为零。TTC 法测得其活力为(55.33±3.71)%,表明野外采集的

鸭儿芹种子中大多数是具有活力的,具有发芽的潜力;鸭儿芹种子的初始萌发率为零,说明鸭儿芹种子存在休眠现象。

鸭儿芹种子种皮对吸水率的影响如图 1。鸭儿芹种子入水后在最初的 2 h 吸水率是最快的,前 12 h 切破种皮种子吸水率高于完整种皮种子,切破种皮的种子在 8 h 后基本不再增加,但最终完整种皮种子和切破种皮种子的吸水率分别达到 $(70.00 \pm 1) \%$ 和 $(68.32 \pm 0.32) \%$,表明种皮对种子种胚吸水没有明显阻碍,种皮不是鸭儿芹种子休眠的主要原因。

2.2 鸭儿芹种子休眠破除前后种胚观察和胚率的测定

图 2 显示,休眠破除前,鸭儿芹种子已分化出子叶和胚轴,但胚很小,胚率为 $(28.65 \pm 2.488) \%$,图 2B,C,D,E 显示,低温冷藏 10 d 后,鸭儿芹种子的种胚开始长大,30 d 后种胚的长度明显增长,此时种子的萌发率也随之增加,40 d 后胚率达到 $(65.93 \pm 3.86) \%$,此时有部分种子的胚根突破种皮。

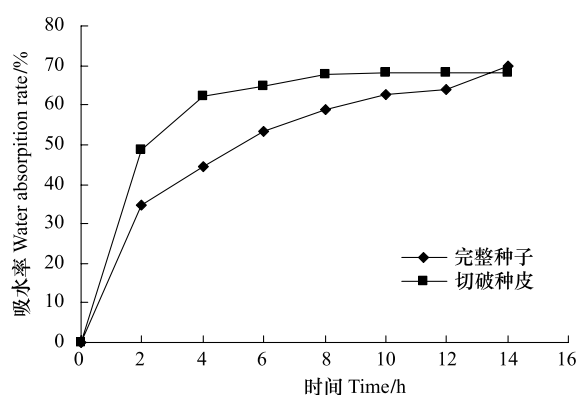


图 1 鸭儿芹种子吸水曲线

Fig. 1 The water absorption curve of *Cryptotaenia japonica* seeds

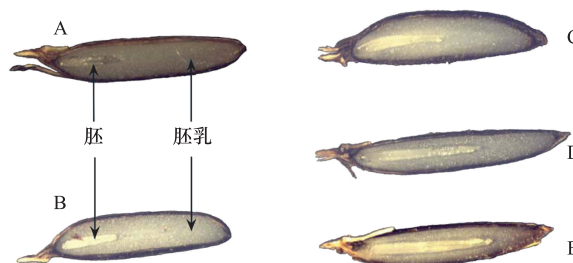


图 2 鸭儿芹种子纵剖面

Fig. 2 The longitudinal section of *Cryptotaenia japonica* seeds

A 休眠解除前, B 冷藏 10d, C 冷藏 20d, D 冷藏 30d, E 冷藏 40d

2.3 鸭儿芹种子粗提物对芹菜种子萌发的影响

鸭儿芹种子的甲醇粗提物和蒸馏水粗提物对芹菜种子萌发均有抑制作用,如下图 3,在同一系列浓度范围内,随着提取物质量浓度的增加,抑制效应越明显,当质量浓度稀释到 0.005 g/mL 时,与对照已没有显著性差异。甲醇粗提物与蒸馏水粗提物相比较,甲醇粗提物对芹菜种子萌发抑制效应高于蒸馏水粗提物。表明鸭儿芹种子存在内源发芽抑制物,阻碍了鸭儿芹种子的萌发,造成其具有休眠现象。甲醇和蒸馏水对其内源抑制物的解除均具有一定的作用。

2.4 种子休眠的解除方法

清水浸种和低温冷藏可有效解除鸭儿芹种子的休眠,最终萌发率达到 99% 以上,如图 4 所示。相同冷藏时间下,随着清水浸种时间的延长,种子的萌发率逐渐增大,休眠越易被解除;同一浸种时间下,随着冷藏时间的增加,种子的萌发率也在逐渐增大;不同浸种时间下,当冷藏达 40 d 时,萌发率基本相同,均达到 99% 以上;各处理中,在冷藏 30 d 时,浸种 36 h 和 42 h 的种子萌发率分别为 100.00% 和 $(98.89 \pm 1.924) \%$,发芽势分别为 $(95.56 \pm 5.091) \%$ 和 $(90.00 \pm 5.773) \%$,如图 5 所示,种子休眠基本已被解除;以浸种 36 h 冷藏 40 d 时最佳。清水浸种和低温冷藏对鸭儿芹种子的发芽启动期的影响,如图 6 所示,相同冷藏时间下,随着浸种时间的延长,种子发芽启动期在逐渐缩短,相同浸种时间下,随着冷藏时间的延长,种子的发芽启动期也在逐渐缩短,最短只需 1 d 即可启动发芽,表明不同浸种时间下,在冷藏 30d 和 40 d 时,其发芽启动期已经没有差别,故冷藏 30d 即可。综合萌发率、发芽势和发芽启动期考虑,解除鸭儿芹种子休眠的方法以清水浸种 36 h 冷藏 30 d 最佳。

清水浸种和低温冷藏双因素方差分析结果,见表 1。浸种时间和低温冷藏时间对鸭儿芹种子的萌发均有显著影响,且浸种和低温冷藏两因素间具有交互效应,共同破除鸭儿芹种子休眠。

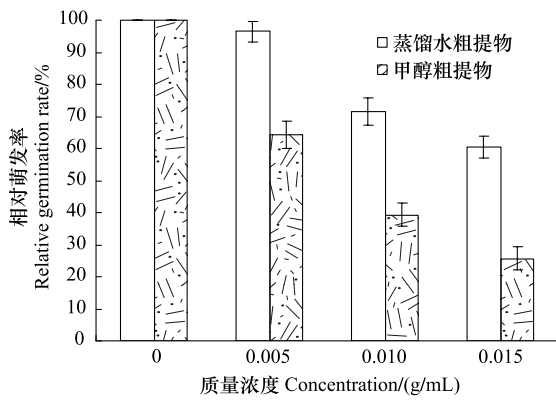


图3 鸭儿芹种子甲醇粗提物和蒸馏水粗提物对芹菜种子萌发的影响

Fig. 3 Effect of crude extract of *Cryptotaenia japonica* seeds by methanol and distilled water on the germination of celery seeds

采用 LSD 法进行显著性分析,同一系列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

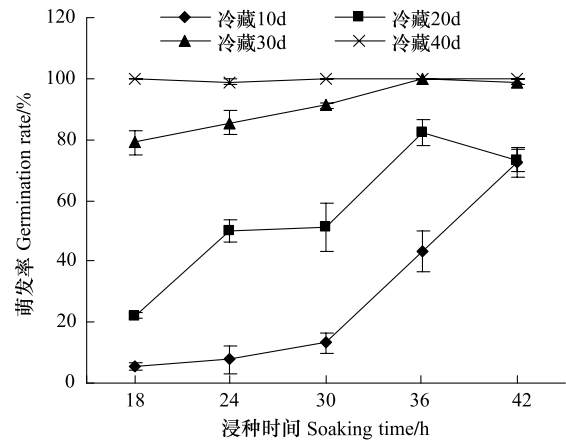


图4 浸种时间和低温冷藏时间对鸭儿芹种子萌发率的影响

Fig. 4 Effects of seeds soaking and storage in refrigerator on the germination rate of *Cryptotaenia japonica* seeds

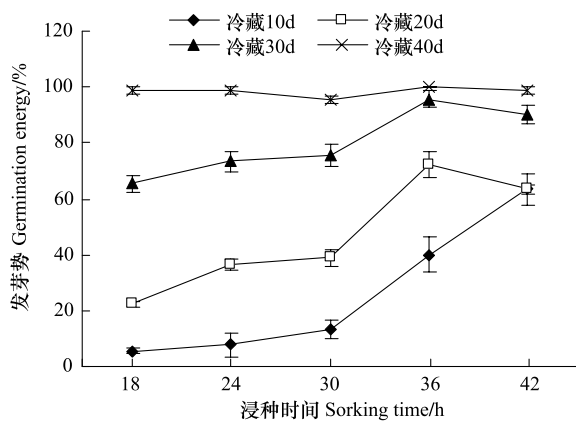


图5 浸种时间和低温冷藏时间对鸭儿芹种子发芽势的影响

Fig. 5 Effect of soaking time and storage in refrigerator on the germination potential of *Cryptotaenia japonica* seeds

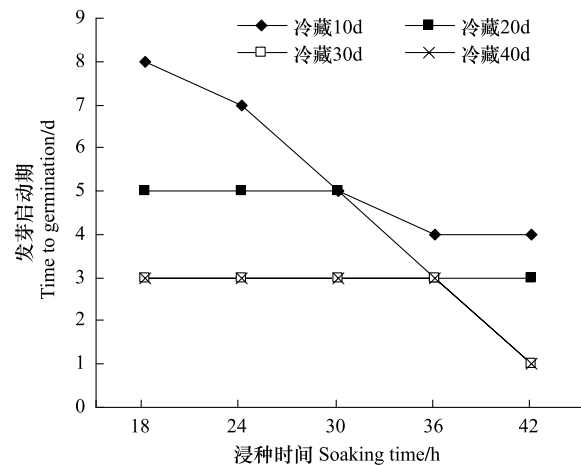


图6 浸种时间和冷藏时间对鸭儿芹种子发芽启动期的影响

Fig. 6 Effect of soaking and storage in refrigerator on the time to germination of *Cryptotaenia japonica* seeds

表1 清水浸种和低温冷藏两因素对萌发率影响的方差分析结果

Table 1 Results of analysis of variance of seeds imbibition and storage at low temperature on seed germination of *Cryptotaenia japonica* seeds

变异来源	平方和 SS	自由度 v	均方 MS	F	P	临界值
Source of variation	Sum of squares	df	Mean square			Critical value
总变异	67602.037	59			0.000	
A	48685.000	3	16228.333	451.716 *	0.000	$F_{0.05}(3,40) = 2.84$ $F_{0.01}(3,40) = 4.31$
B	10125.185	4	2531.296	70.459 *	0.000	$F_{0.05}(4,40) = 2.61$ $F_{0.01}(4,40) = 3.83$
A×B	7354.815	12	612.901	17.060 *	0.000	$F_{0.05}(12,40) = 2$ $F_{0.01}(12,40) = 2.66$
误差	1437.037	40	35.926			
总利	350966.667	60				

* 表示在该变异来源组下各数据之间差异显著 ($P < 0.01$); A:冷藏时间,B:浸种时间

2.5 温度对破除休眠的种子萌发的影响

由表2可见,破除休眠的鸭儿芹种子,对温度的要求范围变宽,在不同发芽温度下,萌发率均在90%以

上,15.0 到 27.5 °C 没有显著性差异,30.0 °C 时,萌发率显著下降,不利于种子萌发;不同温度下,鸭儿芹种子的发芽势差异显著,以 20.0 °C 的发芽势最高;温度过低或过高均会抑制鸭儿芹幼苗的生长,22.5 °C 下生长最好,17.5、20.0 和 25.0 °C 稍次之,所以对于已破除休眠的鸭儿芹种子,在 20.0 和 25.0 °C 之间的温度下萌发较佳。

表 2 温度对鸭儿芹种子萌发的影响

Table 2 Effect of temperatures on the germination of *Cryptotaenia japonica* seeds

温度/°C Temperature	发芽势/% Germination potential	萌发率/% Germination rate	平均根长/cm Average root length
15.0	65.56±1.71a	100±0.00a	3.62±0.26a
17.5	85.56±2.69bc	100±0.00a	4.37±0.12b
20.0	91.11±0.91c	100±0.00a	4.41±0.21b
22.5	85.56±1.92bc	100±0.00a	5.36±0.30c
25.0	74.44±3.09ab	100±0.00a	4.70±0.19b
27.5	67.78±3.31a	100±0.00a	3.37±0.27a
30.0	67.78±3.09a	94.44±1.92b	1.24±0.15d

数据以平均值±标准差表示,同系列不同字母表示差异显著($P<0.01$)

2.6 破除休眠的鸭儿芹种子在土壤中的萌发情况

表 3 和图 7 可见破除休眠的鸭儿芹种子,在土壤中的萌发率与在滤纸上的萌发率基本相同,发芽势要比在滤纸上低很多,是因为在土壤中很难观察到种胚是否已经突破种皮,但第 14 天的萌发率仍能够达到(96.67±3.33)%,说明去除鸭儿芹种子休眠的方法可以用于生产中。

表 3 鸭儿芹种子在土壤中萌发情况

Table 3 Germination of *Cryptotaenia japonica* seeds in soil

基质/20 °C Medium	发芽势 Germination potential/%	萌发率 Germination rate/%
滤纸	91.11±0.91	100.00±0.00
土壤	71.11±1.93	96.67±3.33

数据以平均值±标准差表示



图 7 破除休眠的鸭儿芹种子萌发

Fig. 7 Germination after dormancy break of *Cryptotaenia japonica* seeds

A 培养皿中; B 盆栽中

3 结论与讨论

种子休眠是植物对外界自然环境的一种适应性行为,能够防止种子在不适宜的环境中萌发,但是在生产上需要种子快速、整齐发芽,才能取得良好的收益。从野外采集的野生鸭儿芹种子,在经过任何处理下其萌

发芽率几乎为零,通过种子活力检测,判定其种子有 55% 以上是具备发芽能力的,说明野生鸭儿芹种子具有休眠现象。

根据 Baskin 将种子休眠分为 5 种类型^[10],包括形态休眠、生理休眠、形态生理休眠、物理休眠和复合休眠。物理休眠是由于种子具有坚硬的种皮,透水透气性弱^[11],鸭儿芹种子吸水率实验表明,未切破种皮的种子和切破种皮的种子在最终吸水率方面几乎没有差别,说明种皮没有阻碍种子吸水,不是导致种子休眠的因素,不属于物理休眠;种子生理休眠是指种子内部含有生理抑制物质,使胚的活力降低^[11],鸭儿芹种子粗提物实验表明,蒸馏水粗提物和甲醇粗提物都在不同程度上对栽培蔬菜芹菜的萌发产生了一定的影响,说明鸭儿芹种子内部含有抑制萌发的物质,抑制了鸭儿芹种子的萌发,属于生理休眠,因此去除这种萌发抑制物对解除鸭儿芹种子的休眠具有重要意义;有些植物种子自然成熟脱落后,种胚却未发育完全,从而引起休眠^[12],称为形态休眠,在对鸭儿芹种子种胚的观察测量发现,未解除休眠的鸭儿芹种子的胚乳丰富,种胚很小,虽已分化出子叶和胚轴,但胚率仅达到 28.65%,在萌发前,胚在种子内部还需继续生长,解除休眠过程中对种胚的观察测量也证实确实如此,属于形态休眠,因此鸭儿芹种子具有形态生理休眠特性。

在伞形科植物中,很多植物种子都具有形态休眠和生理休眠现象,胚乳丰富,胚很小,如北柴胡种子的胚存在严重的形态后熟现象,其种子萌发时,胚尚需进一步的发育,是造成北柴胡出苗不整齐的主要因素^[13],周艳玲等对狭叶柴胡的研究发现柴胡种子中含有一定活性的内源抑制物质,对柴胡种子的萌发具有明显的抑制作用^[14],Vandelook 等研究发现,羊角芹具有形态生理休眠现象,通过低温层积一段时间,可以完全打破其休眠现象^[15]。付婷婷等研究也说明低温或冷处理能够释放种子休眠,大多数非热带物种的种子经历相对低的温度休眠能被释放^[16],对于在春天发芽的植物,种子存在浅的形态生理休眠,可以用冷处理使其同时被释放^[17-18],刘艳芳等研究也表明异子蓬的黑色种子存在非深度生理休眠现象,低温层积可显著提高其萌发率^[19]。野生鸭儿芹种子具有形态生理休眠现象,须从形态和生理两方面解除其休眠,由于鸭儿芹种子内源抑制物能够溶于水和甲醇,从生产成本和降低对环境污染角度考虑,采用清水浸种和低温冷藏共同处理鸭儿芹种子,设置不同梯度处理组合,试图找到合适的解除其休眠的方法。

本研究综合前人破除种子休眠方面的方法,采用低温冷藏法以促进其种胚生长,另外还尝试用清水浸种法,试图降低种子内部的内源抑制物含量,缩短其解除休眠所需的时间。结果表明,低温能够释放鸭儿芹种子休眠,低温冷藏和清水浸种二者共同处理能够完全解除鸭儿芹种子的休眠现象,方法简便易行,其萌发率和发芽势都达到了 90% 以上,发芽启动期也缩短了许多,仅需 1d 即可萌发,其中以清水浸种 36 h 冷藏 30 d 最佳。已去除休眠的鸭儿芹种子的萌发温度范围变宽,在 15.0—30.0 °C 范围内萌发率均在 94% 以上。如 Finch-Savage 和 Leubner-Metzger 所述^[20],经过后熟作用的种子,在萌发时对环境的要求会降低,其萌发温度范围会变宽,萌发速率会加快。

因此,对于形态生理休眠的鸭儿芹种子,采用合理的方法减少种子内源抑制物的含量,再加用低温处理种子,会加速种子休眠的释放,提高其发芽整齐度,解决了人工种植时种子萌发率低的困难,为鸭儿芹的大规模种植提供指导,以利于新型野生蔬菜鸭儿芹的开发和推广。

References:

- [1] Shan R H, She M L. Flora of China. Beijing: Science Press, 1985, 55: 19-20.
- [2] Mi T Y, Li C Q, Zhou H R, Qian X H. Anhui Economic Flora (Part I). Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 1990: 756-756.
- [3] Zhang L, Zhou S B. The comparative study on nutritional composition of three nature vegetables from Anhui Province. Acta Nutritional Sinica, 2008, 30(1): 117-118.
- [4] Ching M C, Lin L Y, Yu T H, Peng R Y. Hypolipidemic and antioxidant activity of mountain celery (*Cryptotaenia japonica* Hassk) seed essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(11): 3997-4003.
- [5] Zhang M, Tang K H, Huang R F, Song T S, Zhang B L. Analysis of trace elements in *Cryptotaenia japonica* Hassk, and its products. Chinese Wild Plant Resources, 2005, 24(2): 43-45.

- [6] Li C S, Zhu D, Deng J, Che M X, Huang W W. Study on the extraction technology and determination of flavonoids in *Cryptotaenia japonica*. Food Science, 2006, 27(11): 357-360.
- [7] Ren J J, Wang Y, Zhou R. Study on dynamic of flower bud differentiation of *Cryptotaenia japonica* Hassk. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(3): 310-313.
- [8] Wang J M, Zhou S B, Yu M, Liu K. A study on tissue culture of the wild vegetable *Cryptotaenia japonica*. Acta Laser Biology Sinica, 2009, 18(6): 794-799.
- [9] Zhou R, Ren J J, Wang Y, Feng G L. Effect of gibberellin on seed yield and quality of *Cryptotaenia japonica* Hassk. Northern Horticulture, 2009(7): 94-96.
- [10] Baskin J M, Baskin C C. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 2004, 14(1): 1-16.
- [11] Tang A J, Long C L, Dao Z L. Review on deveopment of seed dormancy mechanisms. Acta Botanica Yunnana, 2004, 26(3): 241-251.
- [12] Hilhorst H W M. A critical update on seed dormancy I. Primry dormancy. Seed Science Research, 1995, 5(2): 61-73.
- [13] Chen Y, Cai X, Hu Z H, Lei Y N, Tan L L. The development of embryo and endosperm and its influence on the germination of seeds of *Bupleurum chinense*. Bulletin of Botanical Research, 2008, 28(1): 14-19.
- [14] Zhou Y L, Zhao M, Peng Y J, Zhao Y S. Seed germination and endogenous inhibitory substance of *Bupleurm scorzoneraefolium*. Bulletin of Botanical Research, 2009, 29(3): 329-332.
- [15] Vandellook F, Bolle N, Van Assche J A. Morphological and physiological dormancy in seeds of *Aegopodium podagraria* (*Apiaceae*) broken successively during cold stratification. Seed Science Research, 2009, 19(2): 115-123.
- [16] Fu T T, Cheng H Y, Song S Q. Advances in studies of seed dormancy. Chinese Bulletin of Botany, 2009, 44(5): 629-641.
- [17] Baskin J M, Baskin C C. Nondeep complex morphophysiological dormancy in seeds of *Osmorhiza claytonii* (*Apiaceae*). American Journal of Botany, 1991, 78(4): 588-593.
- [18] Walck J L, Hidayati S N. Germination rcophysiology of the westen north American species *Osmorhiza depauperata* (*Apiaceae*): implications of peradptation and phylogenetic niche conservatism in seed dormancy evolution. Seed Science Research, 2004, 14(4): 387-394.
- [19] Liu Y F, Wei Y, Yan C. Germination characteristics and ecological adaptation of dimorphic seeds of *Borszczowia aralocaspica*. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(12): 6609-6614.
- [20] Finch-Savage W E, Leubner-Metzger G. Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist, 2006, 171(3): 501-523.

参考文献:

- [1] 单人骅, 余孟兰. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1985, 55: 19-20.
- [2] 米泰岩, 李成岐, 周翰儒, 钱啸虎. 安徽经济植物志(上册). 合肥: 安徽科学技术出版社, 1990: 756-756.
- [3] 张莉, 周守标. 安徽产三种野菜的营养成分比较. 营养学报, 2008, 30(1): 117-118.
- [5] 张敏, 唐克华, 黄荣芳, 宋桃生, 张碧林. 鸭儿芹及制品中矿质元素的分析. 中国野生植物资源, 2005, 24(2): 43-45.
- [6] 李长生, 朱笃, 邓娟, 车美霞, 黄文文. 鸭儿芹总黄酮提取及含量测定研究. 食品科学, 2006, 27(11): 357-360.
- [7] 任吉君, 王艳, 周荣. 鸭儿芹花芽分化动态研究. 东北农业大学学报, 2005, 36(3): 310-313.
- [8] 王继明, 周守标, 喻梅, 刘坤. 野生蔬菜鸭儿芹组织培养的初步研究. 激光生物学报, 2009, 18(6): 794-799.
- [9] 周荣, 任吉君, 王艳, 冯国良. 赤霉素处理对鸭儿芹采种的影响. 北方园艺, 2009(7): 94-96.
- [11] 唐安军, 龙春林, 刀志灵. 种子休眠机理研究概述. 云南植物研究, 2004, 26(3): 241-251.
- [13] 陈莹, 蔡霞, 胡正海, 雷燕妮, 谭玲玲. 北柴胡胚和胚乳的发育及对其种子萌发的影响. 植物研究, 2008, 28(1): 14-19.
- [14] 周艳玲, 赵敏, 彭元举, 赵雨森. 狭叶柴胡种子萌发与内源抑制物质. 植物研究, 2009, 29(3): 329-332.
- [16] 付婷婷, 程红焱, 宋松泉. 种子休眠的研究进展. 植物学报, 2009, 44(5): 629-641.
- [19] 刘艳芳, 魏岩, 严成. 异子蓬二型种子的萌发与休眠特性及其生态适应. 生态学报, 2009, 29(12): 6609-6614.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)
CONTENTS

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)

Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique SUN Caizhi, YANG Lei (1016)

Nitrogen flows in intensive “crop-livestock” production systems typically for the peri-urban area of Beijing HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)

The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)

Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)

Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)

Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)

Response of tree-ring width of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* to climate change in Hulunbuir sand land, China SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)

Analysis of a dust case using lidar in Shanghai MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)

Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)

Phenotypic traits of both larvae and juvenile *Crasstrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)

Inter-specific competition between *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* LI Hui, WANG Jiangtao (1115)

Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)

On the ecological amplitude of nitrate of *Alexandrium tamarense* at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)

Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary *Pinus tabulaeformis* on precipitation in the Qinling Mountains, China CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)

The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jianguo (1151)

Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. and the closely related *Zygophyllum xanthoxylon* (Bunge) Maxim. SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)

Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress SHAN Changjuan, HAN Ruilian, LIANG Zongsuo (1174)

The effects of the addition of *Ceratobasidium stevensii* B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (*Citrullus lanatus*) site in China XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)

Suitable habitat for the *Achnatherum splendens* community in typical steppe region of Inner Mongolia ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)

Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)

Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)

Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)

The evaluation system of strength of winteriness in wheat WANG Peng, ZHANG Chunqing, CHEN Huabang, et al (1230)

A comparison of summer habitats selected by sympatric *Apodemus chevrieri* and *Apodemus draco* in Tiangjiahe Nature Reserve, China LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)

Life tables for experimental populations of *Frankliniella occidentalis* on 6 vegetable host plants CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)

Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)

Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)

Seasonal characteristics of CO₂ fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)

Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of TuoCheng County WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)

Review and Monograph

Recent advances in wetland degradation research HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)

A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)

Discussion

The diversity of the radio-resistant bacteria *Deinococcus radiodurans* TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)

Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of *Caragana korshinskii* YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)

Scientific Note

Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)

Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild *Cryptotaenia japonica* YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 4 2012

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:100071	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:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@esp.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@esp.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		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元