

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0690

杨艺,王娜,马颖杰,王奎玲,刘庆华,刘庆超.4种铁线莲属植物种子萌发特性.草业科学,2018,35(10):2395-2402.

YANG Y, WANG N, MA Y J, WANG K L, LIU Q H, LIU Q C. Study on the germination characteristics of four species of *Clematis*. Pratacultural Science, 2018, 35(10): 2395-2402.

4 种铁线莲属植物种子萌发特性

杨 艺¹, 王 娜¹, 马颖杰², 王奎玲¹, 刘庆华¹, 刘庆超¹

(1.青岛农业大学园林与林学院, 山东 青岛 266109; 2.威海水木原景观设计有限公司, 山东 威海 264205)

摘要:本研究以转子莲(*Clematis patens*)、棉团铁线莲(*C. hexapetala*)、大叶铁线莲(*C. heracleifolia*)和齿叶铁线莲(*C. serratifolia*)4种种子为材料,研究激素及浸种温度对其萌发的影响。结果表明,转子莲最适浸种温度为 35℃,棉团铁线莲、大叶铁线莲和齿叶铁线莲最适浸种温度均为 25℃,其发芽率分别为 24.87%、93.24%、80.94%和 68.21%。400 mg·L⁻¹ 赤霉素(GA₃)有利于转子莲种子萌发,其发芽率为 19.17%;棉团铁线莲在 5 mg·L⁻¹ 细胞分裂素(6-BA)和 500 mg·L⁻¹ GA₃ 中萌发情况最好,其发芽率为 90.56%和 90.50%;10 mg·L⁻¹ 6-BA 能显著促进大叶铁线莲种子萌发,其发芽率为 88.26%;5 mg·L⁻¹ GA₃ 有利于齿叶铁线莲萌发,其发芽率为 53.00%。

关键词:铁线莲属;种子萌发;温水浸种;6-BA;GA₃;发芽率;发芽势

中图分类号:Q945.34;S555+.4 文献标志码:A 文章编号:1001-0629(2018)10-2395-08*

Study on the germination characteristics of four species of *Clematis*

YANG Yi¹, WANG Na¹, MA Yingjie², WANG Kuiling¹, LIU Qinghua¹, LIU Qingchao¹

(1.College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong, China;
2.Weihai Shuimuyuan Design Co., Ltd., Weihai 264205, Shandong, China)

Abstract: The effects of hormones and soaking temperature on germination characteristics of the seeds of four species of *Clematis* (*C. patens*, *C. hexapetala*, *C. heracleifolia*, and *C. serratifolia*) were examined in this study. For the seeds of *C. patens*, the best germination results were achieved using a water soaking treatment at 35℃, whereas for the seeds of *C. hexapetala*, *C. heracleifolia*, and *C. serratifolia* a soaking temperature of 25℃ produced the best results. The germination rates of the four species of seeds were 24.87%, 93.24%, 80.94%, and 68.21%, respectively. 400 mg·L⁻¹ GA₃ treatment was optimal for seeds of *C. patens*, producing a germination rate of 19.17%. For the seeds of *C. hexapetala*, 5 mg·L⁻¹ 6-BA and 500 mg·L⁻¹ GA₃ treatments produced germination rates of 90.56% and 90.50%, respectively. The seeds of *C. heracleifolia* showed the best results using a 10 mg·L⁻¹ 6-BA treatment, with a germination rate of 88.26%. The seeds of *C. serratifolia* germinated best following treatment with 5 mg·L⁻¹ GA₃, with a germination rate of 53.00%.

Keywords: *Clematis*; seed germination; warm water soaking; 6-BA; GA₃; germination rate; germination energy

Corresponding author: LIU Qingchao E-mail:liuqingchao7025@126.com

毛茛科(Ranunculaceae)铁线莲属(*Clematis*)植物多为木质或草质藤本,少数为多年生草本、亚灌木或灌木^[1]。该属植物在我国各地均有分布,常见于低山区的丘陵处灌木丛中^[2-5],其花量大,花期长,观

* 收稿日期:2017-12-20 接受日期:2018-05-31

基金项目:抗盐抗逆观赏植物良种选育与栽培示范(LYCX03-2018-15)

第一作者:杨艺(1995-),女,江西南昌人,在读硕士生,主要研究方向为园林植物分子育种。E-mail:jiayouziyi@126.com

通信作者:刘庆超(1972-),男,山东威海人,副教授,博士,主要研究方向为园林植物种质资源创新。E-mail:liuqingchao7025@126.com

赏价值较高,养护管理方便,具有广泛的园林应用前景。该属植物主要以种子进行繁殖,但多需经过春化作用才能萌发,且该属植物种子发芽率普遍较低,发芽时间较长,某些杂交种的种子甚至需要3年时间才能萌发^[6],不利于引种、杂交等研究的进行,限制了该属植物在园林中的应用,其野生种质资源利用率较低。目前,国内外关于铁线莲属植物的研究主要集中于系统分类及药用价值研究,而对该属植物种子萌发特性的研究较少。

植物生长调节剂对种子的萌发具有一定调控作用,赤霉素(GA₃)可打破种子休眠,细胞分裂素(6-BA)能促进细胞分裂和植物生长,二者常用于调节种子萌发。除此之外,温水浸种也是促进种子萌发、提高种子发芽率的方法之一。本研究以转子莲(*C. patens*)、棉团铁线莲(*C. hexapetala*)、大叶铁线莲(*C. heracleifolia*)和齿叶铁线莲(*C. serratifolia*)4种野生铁线莲属植物种子为试验材料,研究不同浓度GA₃和6-BA及浸种温度对其萌发的影响,以期获得提高4种铁线莲属植物种子发芽率的方法,从而为野生铁线莲属植物的资源保存、杂交育种、引种栽培等提供一定理论依据,扩大该属植物在园林中的应用。

1 材料与方法

转子莲和大叶铁线莲采于辽宁省丹东市草莓沟,棉团铁线莲与齿叶铁线莲采于吉林省磐石市烟筒山。4种野生铁线莲属植物均于2014年引种于青岛农业大学园林与林学院试验地(120°12' E, 36°20' E,暖温带季风大陆性气候,年平均气温12.6℃,年平均降水量约700 mm)。2016年采集成熟种子备用。

1.1 铁线莲属植物种子基本参数测定

1.1.1 种子形态观察 参考《中国植物志》及《中国植物种子形态学研究方法和术语》中的描述方法对种子形态进行观察描述。

随机选取50粒成熟种子,在体视显微镜下观察其形状及表面特性,利用游标卡尺测定种子(去宿存花

柱)长、宽及厚度,利用英国皇家园艺协会比色卡测定成熟种子的颜色。

1.1.2 种子千粒重测定 种子经肉眼检测,去除破粒、虫蚀粒和其他杂质,除去顶端宿存花柱后称千粒重。采取百粒法测定,重复8次,计算平均值,结果扩大10倍后获得种子千粒重。

1.1.3 种子含水量测定 随机选取100粒种子放入称量瓶中,置于105℃恒温箱中2h后放入干燥器中冷却30 min,称取重量,计算其含水量,重复3次。

1.2 铁线莲属植物种子萌发试验

选取饱满健康的种子,去除果皮后,使用2%次氯酸钠浸泡15 min,蒸馏水冲洗3次。

1.2.1 浸种温度对4种铁线莲属植物种子萌发的影响 本研究分别对4种铁线莲种子设置了6个浸种温度梯度,以15℃室温条件为对照。将种子分别置于15、20、25、30、35和40℃的恒温水中浸种处理24 h后,取出种子置于直径11 cm培养皿中。以双层滤纸作为发芽床,大叶铁线莲放置于20℃光照培养箱中培养,棉团铁线莲于25℃/20℃的光照培养箱中培养,其余两种置于25℃的光照培养箱中培养^[7-8]。发芽过程中用蒸馏水保湿。每个处理50粒种子,重复3次。

1.2.2 激素种类及浓度对4种铁线莲属植物种子萌发的影响 对4种铁线莲种子设置了7个不同浓度梯度的6-BA和GA₃处理(表1)。将种子放置于不同激素处理液中,清水作为对照,20℃下浸种24 h后置于培养皿中,放置于光照培养箱中进行全光照培养,各种子培养条件同1.2.1。每处理50粒种子,重复3次。

1.3 数据统计与分析

按照下列公式计算种子含水量、发芽率、发芽势^[9-11]:

种子含水量 = (初始重量 - 烘干重量) / 初始重量 × 100%;

发芽率 = 发芽种子数 / 供试种子数 × 100%;

发芽势 = 规定时间内发芽的种子数 / 供试种子数 × 100%。

表1 4种铁线莲种子激素处理浓度

Table 1 The concentration of hormone treatments of four species of *Clematis*

种质 Species	细胞分裂素 6-BA/(mg · L ⁻¹)	赤霉素 GA ₃ /(mg · L ⁻¹)
转子莲 <i>Clematis patens</i>	5,10,20,40,80,160,320	200,300,400,500,600,700,800
棉团铁线莲 <i>Clematis hexapetala</i>	5,10,20,40,80,160,320	200,300,400,500,600,700,800
大叶铁线莲 <i>Clematis heracleifolia</i>	10,20,30,40,50,60,70	25,50,100,200,300,400,500
齿叶铁线莲 <i>Clematis serratifolia</i>	2,5,8,11,14,17,20	2,5,8,11,14,17,20

以胚根长度为种子长度的 1/2 作为种子发芽的标志,以第 1 粒种子开始发芽作为种子开始发芽时间,连续 7 d 无种子发芽作为发芽结束标志。采用发芽后第 7 天的发芽情况计算发芽势。每天定时观察并记录种子发芽状况。

利用 SPSS 22 进行数据统计分析及单因素方差分析,并采用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 4 种铁线莲属植物种子形态及基本参数

4 种铁线莲种子均为瘦果,花柱宿存,果皮与宿存花柱表面均被白色绒毛(图 1),以棉团铁线莲种子表面被白色长柔毛最多。4 种铁线莲种子的千粒重及含水量均差异显著($P < 0.05$)(表 2),不同铁线莲种子的

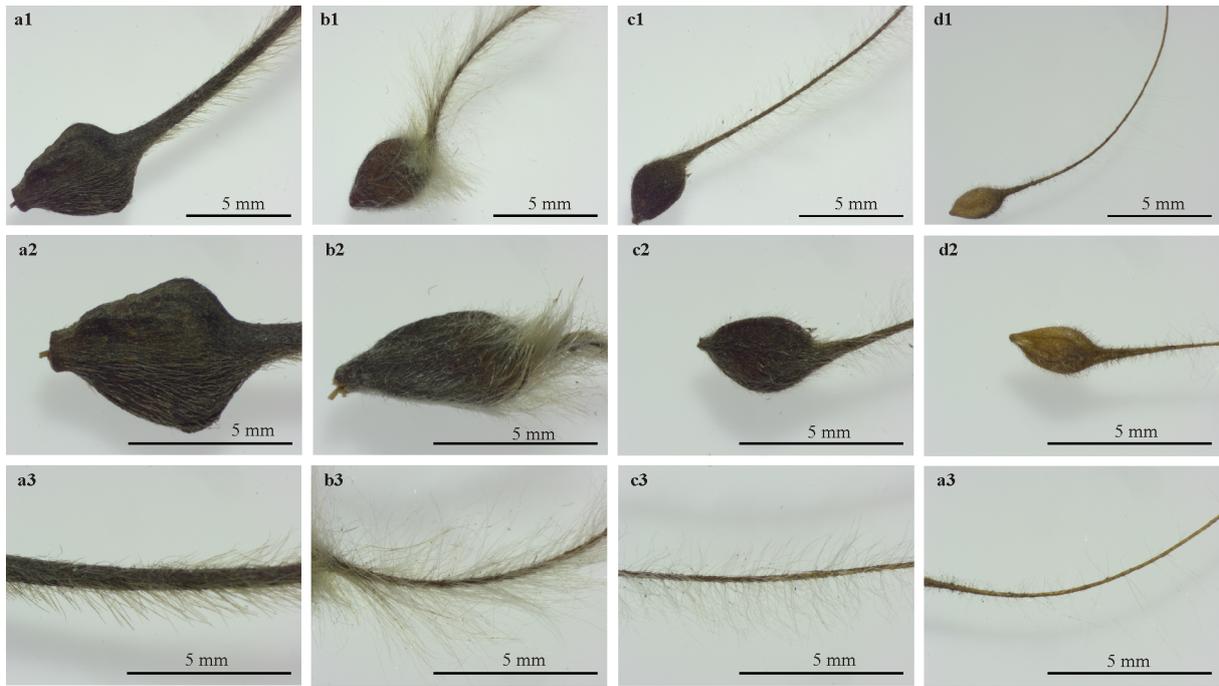


图 1 4 种铁线莲属植物种子形态

Fig. 1 The morphology of four species of *Clematis* seeds

表 2 4 种铁线莲属植物种子基本参数

Table 2 The physical properties of four species of *Clematis*

指标 Parameter	转子莲 <i>C. patens</i>	棉团铁线莲 <i>C. hexapetala</i>	大叶铁线莲 <i>C. heracleifolia</i>	齿叶铁线莲 <i>C. serratifolia</i>
种子形态 Seed morphology	瘦果阔卵形 Achene broadly ovate	瘦果倒卵形、卵形,扁平 Achenes flat, obovoid or ovoid	瘦果卵形 Achene, ovoid	瘦果卵形 Achene, ovoid
成熟果色 Seed colour	灰—橙色系 166A Greyed-orange group 166A	灰—橙色系 175B Greyed-orange group 175B	褐色系 200B Brown group 200B	灰—橙色系 165C Greyed-orange group 165C
长 Length/mm	5.17±0.37b	6.16±0.39a	3.73±0.15c	3.34±0.32c
宽 Width/mm	4.51±0.24a	3.87±0.28b	2.48±0.19c	1.44±0.10d
长:宽 Length:width	1.27±0.11c	1.60±0.14b	1.51±0.17b	2.34±0.34a
厚 Thickness/mm	1.81±0.02a	1.21±0.01b	0.98±0.01b	0.63±0.01c
千粒重 Kilograin weight/g	20.77±0.31a	7.12±0.18b	4.23±0.07c	0.93±0.07d
含水量 Water content/%	18.47±0.36a	12.46±0.32b	8.80±0.11c	6.90±0.15d

同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。果实颜色以英国皇家园艺协会比色卡中的组名、表名和大写字母表示。

Different lowercase letters within the same row indicate significant difference at the 0.05 level. Seed color is specified by a group name, a sheet name and a capital letter e.g. in RHS color chart.

长、宽及厚度也有差异。除棉团铁线莲种子较扁平外,其余3种铁线莲种子两面均凸起,有明显背脊(图1)。

2.2 浸种温度对4种铁线莲属植物种子萌发的影响

4种铁线莲种子在不同浸种温度作用下,各发芽指标均表现出较大差异。随着浸种温度的升高,转子莲种子发芽率呈现先降后增的趋势,但与对照相比,浸种温度的变化对该种子的发芽势无显著影响($P > 0.05$)(表3)。各处理下,35~40℃温水更有利于转子莲种子萌发,以35℃处理下种子发芽情况最好。

对于棉团铁线莲而言,其适宜萌发的温度范围较广,各温度处理均能显著促进铁线莲种子的萌发($P < 0.05$)(表3)。随着浸种温度的上升,棉团铁线莲种子发芽率呈现先增后降的趋势。除25℃外,各温度处理

下种子的发芽势与对照相比无显著差异($P > 0.05$)。以25℃处理下种子发芽率最高,在90%以上。

大叶铁线莲种子在25℃处理下发芽率和发芽势最高,随后随着浸种温度的升高,种子发芽率、发芽势均显著下降(表3)。水温过高不利于大叶铁线莲种子的萌发,以25℃为最适浸种温度。该处理下,大叶铁线莲种子发芽率与对照相比显著增加($P < 0.05$),发芽势无显著差异($P > 0.05$)。

对于齿叶铁线莲,种子发芽率、发芽势均随着浸种温度的升高均先增后减(表3)。与转子莲不同,25~30℃更有利于促进该种子萌发,以25℃为最适浸种温度。该处理下种子发芽率、发芽势均较其他温度处理显著增加($P < 0.05$)。

表3 不同浸种温度对4种铁线莲属植物种子萌发的影响

Table 3 Influence of soaking seeds under different water temperatures on the germination characteristics of four species of *Clematis*

温度 Temperature/°C	转子莲 <i>C. patens</i>		棉团铁线莲 <i>C. hexapetala</i>	
	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%
15(CK)	14.84±1.32c	8.30±2.00ab	27.33±0.89d	19.27±5.82a
20	6.61±0.96e	5.33±1.29b	52.69±2.52c	15.53±6.43ab
25	10.07±1.01d	9.14±0.84ab	93.24±0.79a	8.79±6.20b
30	10.21±0.81d	6.96±3.60b	65.73±0.81b	20.16±4.38a
35	24.87±1.28a	12.60±3.14a	65.76±0.79b	16.04±7.54ab
40	20.93±0.88b	6.82±3.73b	67.79±0.98b	15.85±9.93ab

温度 Temperature/°C	大叶铁线莲 <i>C. heracleifolia</i>		齿叶铁线莲 <i>C. serratifolia</i>	
	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%
15(CK)	78.66±1.05b	77.86±1.91a	35.54±0.80e	35.54±0.80c
20	65.72±0.98c	64.74±2.62b	37.27±1.18d	34.66±3.78c
25	80.94±0.83a	80.25±1.22a	68.21±1.17a	65.93±1.42a
30	67.15±1.31c	65.52±2.02b	57.70±0.49b	53.79±2.94b
35	50.41±0.70d	48.74±3.30c	54.11±1.02c	53.10±1.67b
40	37.97±0.82e	34.56±5.06d	29.65±0.64f	28.58±2.42d

同列不同小写字母表示不同温度间差异显著($P < 0.05$),下同。

Different lowercase letters within the same column indicate significant difference between different temperatures at the 0.05 level; similarly for the following tables.

2.3 不同激素处理对铁线莲属植物种子萌发的影响

不同植物对激素的敏感度不同。随着6-BA及GA₃浓度的增加,转子莲种子发芽率、发芽势基本呈现先增后减趋势(表4)。当6-BA浓度达40 mg·L⁻¹及以上或GA₃浓度达800 mg·L⁻¹时,转子莲种子发芽率均下降至0。各处理中,以400 mg·L⁻¹GA₃较好,该处理下种子的发芽率和发芽势显著高于除10 mg·L⁻¹GA₃外的其余处理($P < 0.05$)。

对于棉团铁线莲,不同浓度6-BA及GA₃处理下

种子萌发情况存在较大差异(表4)。各浓度6-BA处理下,种子发芽率及发芽势基本呈现下降趋势。当GA₃浓度逐渐增加时,种子发芽率无规律变化,但变化显著($P < 0.05$),发芽势则无显著变化($P > 0.05$)。各处理中,低浓度的6-BA和GA₃均能显著提高棉团铁线莲种子的发芽率($P < 0.05$),5 mg·L⁻¹6-BA和500 mg·L⁻¹GA₃处理为最适激素浓度,两种处理均显著提高种子发芽率($P < 0.05$),但对发芽势无显著影响($P > 0.05$)。

<http://cykx.lzu.edu.cn>

当 6-BA 浓度逐步提高,大叶铁线莲种子发芽率、发芽势均逐渐下降。6-BA 对大叶铁线莲种子萌发存在明显抑制现象。而伴随 GA₃ 浓度的增加,大叶铁线莲种子发芽率总体上呈现上升趋势(表 4)。对于大叶铁线莲而言,低浓度 6-BA 及高浓度 GA₃ 均有利于种子萌发,以 10 mg · L⁻¹ 6-BA 处理下种子发芽情况最好。

与之相似,随着 6-BA 浓度的增加,齿叶铁线莲种子发芽率也显著下降(P<0.05)。而随着 GA₃ 浓度的上升,种子发芽率、发芽势总体呈现先降后增的趋势(表 4)。6-BA 及 GA₃ 均对齿叶铁线莲种子存在一定抑制作用,各处理中以 5 mg · L⁻¹ GA₃ 处理下种子发芽情况较好。

表 4 不同激素处理对 4 种铁线莲属植物种子萌发的影响

Table 4 Influence of two kinds of hormone treatment on the germination characteristics of four species of *Clematis*

温度 Temperature/ °C	转子莲 <i>C. patens</i>			棉团铁线莲 <i>C. hexapetala</i>		
	浓度 Concentration/ (mg · L ⁻¹)	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	浓度 Concentration/ (mg · L ⁻¹)	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%
对照 Control	0	14.96±0.76b	8.36±1.88b	0	52.96±2.52f	15.53±6.43abcd
细胞分裂素 6-BA/ (mg · L ⁻¹)	5	6.71±1.13cd	6.71±1.13bc	5	90.56±0.86a	18.75±5.35abc
	10	16.34±1.17ab	14.38±2.29a	10	89.20±0.56ab	19.96±6.70ab
	20	5.14±0.68ef	5.14±0.68c	20	81.36±0.73cd	14.05±5.80bcd
	40	—	—	40	82.51±0.25c	23.48±7.82a
	80	—	—	80	8.14±0.86h	6.56±3.05de
	160	—	—	160	2.81±0.40j	2.82±0.40e
	320	—	—	320	2.72±0.44j	2.72±0.44e
赤霉素 GA ₃ / (mg · L ⁻¹)	200	6.13±1.08de	6.13±1.08bc	200	87.49±1.07b	9.75±2.00cde
	300	4.37±0.72f	4.36±0.69c	300	73.72±0.40e	8.94±5.06de
	400	19.17±0.72a	15.48±6.78a	400	79.85±0.72d	9.24±4.55de
	500	8.19±0.98c	8.19±0.98b	500	90.50±1.21a	11.41±6.10bcde
	600	6.01±1.08de	6.01±1.08bc	600	23.91±1.23g	14.00±4.31bcd
	700	5.71±0.64de	5.71±0.64bc	700	22.66±1.14g	11.31±2.91bcde
	800	—	—	800	5.19±0.82i	7.44±4.05de
温度 Temperature/ °C	大叶铁线莲 <i>C. heraclei folia</i>			齿叶铁线莲 <i>C. serrati folia</i>		
	浓度 Concentration/ (mg · L ⁻¹)	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	浓度 Concentration/ (mg · L ⁻¹)	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%
对照 Control	0	80.94±0.81bc	80.25±1.22a	0	35.54±0.80d	35.54±0.80d
细胞分裂素 6-BA/ (mg · L ⁻¹)	10	88.26±0.56a	75.00±5.31a	2	13.28±0.54k	13.28±0.54h
	20	68.69±0.92d	60.90±7.30b	5	31.44±0.99f	30.51±2.45e
	30	45.57±0.36j	34.06±4.77e	8	23.30±0.98h	23.30±0.98fg
	40	43.22±0.75k	31.98±7.88e	11	25.50±0.85g	24.30±2.59f
	50	62.12±0.79h	42.25±4.44d	14	17.25±1.01j	15.50±2.03h
	60	12.14±0.91l	11.15±1.72f	17	23.33±0.00h	21.11±1.92g
	70	8.90±1.01m	8.90±1.01f	20	19.84±1.05i	13.36±1.93h
赤霉素 GA ₃ / (mg · L ⁻¹)	25	80.67±0.25c	75.49±2.98a	2	45.51±0.93b	44.61±1.46b
	50	63.91±0.51g	60.73±5.18b	5	53.00±1.21a	52.66±1.21a
	100	58.78±0.62i	51.88±3.70c	8	35.50±0.60d	35.51±0.60d
	200	67.16±1.19e	60.68±0.44b	11	21.01±0.89i	21.02±0.89g
	300	65.26±0.57f	58.55±4.25bc	14	24.27±0.98h	23.92±0.98f
	400	81.89±0.44bc	80.63±3.88a	17	39.17±0.26c	39.17±0.26c
	500	82.03±0.82b	84.53±1.84a	20	32.94±0.69e	32.93±0.69e

3 讨论与结论

本研究结果表明,转子莲最适浸种温度为 35 °C,棉团铁线莲、大叶铁线莲及齿叶铁线莲种子萌发的最适浸种温度均为 25 °C,而黎彩霞等^[12]发现毛蕊铁线莲最适浸种温度为 20 °C,说明不同植物的种子最适浸种温度存在差异,可能与种胚对高温的耐受能力有关。温水浸种可以起到与激素相似的促进作用,有效提高 4 种铁线莲属植物种子的发芽率,这与红芪(*Hedysarum polybotrys*)^[13]、萝芙木(*Rauwolfia verticillata*)^[14]、云南石梓(*Gmelina arborea*)^[15]及白皮松(*Pinus bungeana*)^[16]等种子的研究结果相一致。

影响种子萌发的因素较多,其中大多由于种子的自身原因导致休眠。根据发生部位和诱因,种子休眠的类型可分为三大类,分别是内源性休眠、外源性休眠和综合性休眠^[17]。内源性休眠指由胚导致的休眠,如胚发育不全,种子内抑制物质的存在,内源激素间的相互作用,或缺少必要的激素刺激其萌发;外源性休眠指胚以外的包被组织引致的休眠,如种子结构特征导致种子受到机械阻碍,从而限制了种子的萌发;综合性休眠则为内源和外源结合引致的休眠。目前对于铁线莲属植物种子休眠相关研究较少,仅许世泉等^[18]对不同层积天数处理的东北铁线莲(*C. terniflora* var. *mandshurica*)种胚进行切片观察发现该植物种子属于胚后熟类型,即内源性休眠,必须经过一定的后熟处理才能打破休眠。植物外源激素一方面可以解除种子休眠,如 GA₃ 可刺激胚芽的营养生长,诱导相关酶的合成,促进种子内部贮藏物质的降解^[19-20],另一方面可以调节种子内部激素平衡,如 GA₃ 能使内源吲哚-3-乙酸(IAA)含量增加,从而促进种子萌发^[21],因此植物外源激素在调节种子萌发过程中具有重要意义。许世泉等^[22]通过比较东北铁线莲种子发芽过程中内源激素含量变化,发现处理初期种子内脱落酸(ABA)含量明显下降,生理成熟期后 GA 与玉米素核苷(ZR)含量持续升高,抑制萌发物质含量的减少与促进萌发物质含量的上升是解除东北铁线莲种胚的主要原因。邹峻竹等^[23]发现适宜激素浓度浸种后,野牛草(*Buchloe dactyloides*)内源生长素、GA 及 ABA 含量上升,可溶性糖与淀粉的累积促使种子发芽率大大提高。本研究中各激素处理下转子莲种子的发芽率均较低,发芽时间长达 2 个月,这可能有以下几个方面的原因:一是种胚可能与东北铁线莲相似存在胚后熟的过程,当该过程完成后才能具备发芽的能力^[18];二是转子莲可能与结缕草(*Zoysis japonica*)、*Sandersonia aurantiaca* 和

细叶鸢尾(*Iris tenuifolin*)等^[24-26]植物相似,其种子体内含有某些物质抑制种子萌发;三是转子莲种胚对试验中使用的外源激素种类不敏感^[27],种子内源激素及相关酶的含量变化不明显。导致转子莲发芽率低的原因及如何提高转子莲种子的萌发能力有待进一步研究。

由于植物种类差异,不同植物种子萌发适宜的激素种类不同,同属植物间适宜的激素浓度范围也大不相同^[27]。本研究发现,6-BA 对转子莲、大叶铁线莲及齿叶铁线莲种子萌发均存在一定抑制作用,GA₃ 较 6-BA 更有利于 3 种种子的萌发,这与野菊花(*Den-dranthema indicum*)、羊草(*Leymus chinensis*)和粉绿铁线莲(*C. glauca*)等种子^[28-30]的研究结果相似。高浓度 GA₃ 能显著促进大叶铁线莲种子萌发($P < 0.05$),而低浓度的 6-BA 或 GA₃ 更有利于棉团铁线莲和齿叶铁线莲种子萌发,这与女娄(*C. apiifolia*)、毛蕊铁线莲(*C. lasiandra*)和山木通(*C. finetiana*)等^[31]铁线莲属植物种子的研究结果相似。4 种植物对激素种类及浓度的敏感性均存在差异。一定范围的激素浓度能提高种子活力,促进种子萌发。当激素浓度高于或低于该范围时,可能会使种子内部生理平衡被打乱,从而抑制种子萌发。

本研究中,大叶铁线莲种子发芽过程中并未出现发芽不稳定的情况,且发芽率相对较高,这与王娜等^[32]研究结果不一致,可能是由于去除果皮过程中减少了空粒或发育不良的种子对试验的影响。5 mg · L⁻¹ GA₃ 和 500 mg · L⁻¹ GA₃ 分别为齿叶铁线莲和棉团铁线莲种子萌发最适浓度,该结果与王非等^[33]结论一致,但与其所得发芽率及发芽势相差较大,可能与本研究去除果皮并使用蒸馏水而非激素处理液保湿有关。

与对照相比,一定程度的温水浸种及激素处理均能显著提高棉团铁线莲及齿叶铁线莲种子发芽率($P < 0.05$),因此在实际育苗过程中可以考虑两种方法结合使用,进一步促进种子萌发。对于转子莲而言,尽管激素处理在一定程度上能显著提高转子莲种子的发芽率($P < 0.05$),但与对照相比种子发芽率提高幅度仍较小,因此在转子莲的育苗过程中建议使用温水浸种的方式。大叶铁线莲种子在清水处理或 25 °C 温水浸种下发芽率均高达 80%,因此育苗过程中采用 25 °C 温水浸种即可。

本研究基本明晰了浸种温度及两种激素对 4 种铁线莲属植物种子萌发特性的影响,为今后 4 种铁线莲属植物的资源保存、种苗繁育、杂交育种等提供了一定的理论依据。

参考文献 References:

- [1] 王文采,李良干.铁线莲属一新分类系统.植物分类学报,2005,43(5):431-488.
WANG W C,LI L Q.A new system of classification of the genus *Clematis*.Acta Phytotaxonomica Sinica,2005,43(5):431-488.
- [2] TAMURA M.Morphology,ecology and phylogeny of the Ranunculaceae VII.Science Reports Osaka University,1967,16:21-43.
- [3] WANG W T,BRUEE B.*Clematis* L.//Wu Z Y,Rven P H(eds).Flora of China(Voi.6).Beijing:Science Press,2001:333-386.
- [4] LU S,KONG S J,LIANG L Y.Karyotype analysis on 11 species of the genus *Clematis*.Botanical Society,2014,37(4):601-608.
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志.北京:科学出版社,2013.
Editorial Committee of Chinese Journal of Plant of Chinese Academy of Sciences.Flora of China,Beijing:Science Press,2013.
- [6] 马雷昌,李道同,付桂云.适于北方园林应用的铁线莲属植物资源的开发利用.山东林业科技,2003(3):33-34.
MA L C,LI D T,FU G Y.The exploitation and utilization of *Clematis* L. in the garden of the northern city.Shandong Forestry Science and Technology,2003(3):33-34.
- [7] 潘杰,王佳巍,李滨胜.大叶铁线莲引种栽培与有性繁殖研究.防护林科技,2015(2):31-33.
PAN L,WANG J W,LI B S.Introduction cultivation and sexual reproduction of *Clematis heracleifolia*.Protection Forest Science and Technology,2015(2):31-33.
- [8] 王金侠.4 种铁线莲属植物种子发芽特性及其幼苗抗旱性.哈尔滨:东北林业大学硕士学位论文,2014.
WANG J X.Study on seeds germination characteristics and seedlings drought resistance of four kinds of *Clematis* L.Master Thesis,Harbin:Northeast Forestry University,2014.
- [9] 田宏,刘洋,张鹤山,蔡化,李晓峰,索效军,张年,陈明新.扁穗雀麦种子萌发条件的研究.草业科学,2009,26(7):88-93.
TIAN H,LIU Y,ZHANG H S,CAI H,LI X F,SUO X J,ZHANG N,CHEN M X.Study on the germination conditions of *Bromus cartharticus*.Pratacultural Science,2009,26(7):88-93.
- [10] 王荷.野生花卉用于野花草地的营建初探.北京:北京林业大学硕士学位论文,2009.
WANG H.Preliminary studies on making wildflower meadow with wildflowers.Master Thesis,Beijing:Beijing Forestry University,2009.
- [11] 张雷,张春辉,吕俊平,王晨阳,张莹莹,卜海燕,杜国祯.光照强度对青藏高原东缘九种紫草科植物种子萌发的影响.兰州大学学报(自然科学版),2011,47(5):67-72.
ZHANG L,ZHANG C L,LYU J P,WANG C Y,ZHANG Y Y,BU H Y,DU G Z.Effect of light intensity on seed germination in nine boraginaceae species on the eastern Qinghai-Tibet plateau.Journal of Lanzhou University (Natural Sciences),2011,47(5):67-72.
- [12] 黎彩霞,廖明安,魏志强,沈文,任雅君.不同水温浸种对毛蕊铁线莲种子发芽指标的影响.安徽农业科学,2011,39(30):18479-18480.
LI C X,LIAO M A,WEI Z Q,SHEN W,REN Y J.Effects of different water temperature on seeds germination of *Clematis lasianдра* Maxim.Journal of Anhui Agricultural Sciences,2011,39(30):18479-18480.
- [13] 孙云波,陈翔,陈垣,周传猛,白德涛.种荚预处理对红芪种子发芽特性的影响.草业学报,2015,24(6):159-167.
SUN Y B,CHEN X,CHEN Y,ZHOU C M,BAI D T.Effects of pod pre-treatments on the germination traits of *Hedysarum polybotrys* seeds.Acta Prataculturae Sinica,2015,24(6):159-167.
- [14] 黄平权,冯世鑫.萝芙木种子发芽的试验研究.广西中医药大学学报,2012,15(1):61-63.
HUANG P Q,FENG S X.Study on the germination of seeds of *Rauwolfia verticillata*.Journal of Guangxi Traditional Chinese Medical University,2012,15(1):61-63.
- [15] 张树芬.不同催芽处理及芽苗移栽对云南石梓种子发芽及幼苗生长的影响.种子,2015,34(4):123-125.
ZHANG S F.Effects of different acelerating germination treatment and transplanting on seed germination and seedling growth of *Koombar*.Seed,2015,34(4):123-125.
- [16] 李鲜花,刘永华,罗彩云,刘翠英,贺英.不同处理对白皮松种子发芽率的影响.榆林学院学报,2014,24(4):21-23.
LI X H,LIU Y H,LUO C Y,LIU C Y,HE Y.Influence of different dispositions on germination rate of *Pinus bungeana*.Journal of Yulin University,2014,24(4):21-23.
- [17] NIKOLAEVA M G.Physiology of Deep Dormancy in Seeds.Washington,DC:National Science Foundation,1967.
- [18] 许世泉,贾秀梅,王志清,焉石,张瑞,逢世峰.东北铁线莲种胚后熟发育研究.特产研究,2010,32(4):25-26,38.
XU S Q,JIA X M,WANG Z Q,YAN S,ZHANG R,FENG S F.Study on seed embryo postmaturation and development of *Clematis mandshurica* Rupr.Special Wild Economic Animal and Plant Research,2010,32(4):25-26,38.

- [19] 刘华,蒋齐,李如来,李明,张清云.不同植物激素对甘草种子萌发的影响.宁夏农林科技,2013,54(2):19-21.
LIU H,JIANG Q,LI R L,LI M,ZHANG Q Y.A study of effect of various plant hormones on seed germination of *Glycyrrhiza uralensis*.Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology,2013,54(2):19-21.
- [20] BIALECKA B.,KEPCZYŃSKI J.Germination, α - β -amylase and total dehydrogenase activities of *Amaranthus caudatus* seeds under water stress in the presence of ethephon or gibberellin A₃.Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica,2010,52(1):7-12.
- [21] DEBEAUJON I,KOORNNEEF M.Gibberellin requirement for Arabidopsis seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid.Plant Physiology,2000,122(2):415-424.
- [22] 许世泉,王振兴,邵财,王志清,逢世峰,张瑞.东北铁线莲种胚后熟过程中内源激素动态变化.特产研究,2011,33(2):37-39.
XU S Q,WANG Z X,SHAO C,WANG Z Q,PANG S F,ZHANG R.Morphological development of seed embryo in its post-ripening and dynamic changes of endogenesis hormone in *Clematis mandshurica*.Special Wild Economic Animal and Plant Research,2011,33(2):37-39.
- [23] 邹竣竹,韩蕾,李德颖,孙振元.赤霉素和生长素浸种对野牛草种子萌发及幼苗生长生理的影响草业科学,2017,34(9):1838-1846.
ZOU J Z,HAN L,LI D Y,SUN Z Y.Seed soaking in exogenous gibberellin and auxin and their impact on seed germination and seedling physiology of *Buchloe dactyloides* (Nutt.)Engelm.Pratacultural Science,2017,34(9):1838-1846.
- [24] 孙丹,张金政,孙国峰,李晓东,何卿.细叶鸢尾种子休眠原因及解除休眠的方法研究.草业学报,2011,20(6):109-117.
SUN D,ZHANG J Z,SUN G F,LI X D,HE Q.A study on the causes of *Iris tenuifolin* dormancy and the methods for breaking dormancy.Acta Prataculturae Sinica,2011,20(6):109-117.
- [25] 浦新春,韩建国,李敏.结缕草种子脱落酸含量及打破休眠的研究.草地学报,1994,2(1):30-35.
PU X C,HAN J G,LI M.Quantity of abscisic acid and break dormancy in *Zoysiagrass* seed.Acta Agrestia Sinica,1994,2(1):30-35.
- [26] 邹琇莹,DAVID W FOUNTIN,Ed R MORGAN.赤霉素及机械处理的相互作用对破除 *Sandersonia aurantiaca* 种子休眠的研究.草业学报,2003,12(5):70-76.
ZOU X Y,DAVID W FOUNTIN,Ed R MORGAN.Seed dormancy of *Sandersonia aurantiaca* broken by interaction of GA₃ and mechanical treatment.Acta Prataculturae Sinica,2003,12(5):70-76.
- [27] 韩云华,王彦荣,陶奇波.种子激素引发.草业科学,2016,33(12):2494-2502.
HANY H,WANG Y R,TAO Q B.Advances of seed hormonal priming.Pratacultural Science,2016,33(12):2494-2502.
- [28] 郑芳昊,潘超美,赖珍珍,夏静,梁钻姬,刘欣.野菊花种子发芽特性的研究.中药材,2012,35(3):351-354.
ZHENG F H,PAN C M,LAI Z Z,XIA J,LIANG Z J,LIU X.Study on germination characteristic of seed of *Dendranthema indicum*.Journal of Chinese Medicinal Materials,2012,35(3):351-354.
- [29] 焦德志,龚孟,潘学岩,朱蕾.不同植物激素对羊草种子萌发和幼苗生长的影响.安徽农业科学,2010,38(3):1188-1190.
JIAO D Z,GONG M,PAN X Y,ZHU L.Effects of various phytohormones on germination and growth of *L. chinensis* seeds. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2010,38(3):1188-1190.
- [30] 王磊,周余华,关雪莲,张虎,陈少卿.GA₃ 和 6-BA 对粉绿铁线莲种子发芽特性的影响.种子,2010,29(3):44-50.
WANG L,ZHOU Y H,GUAN X L,ZHANG H,CHEN S Q.Effects of plant growth regulators GA₃ and 6-BA on seed germination characteristics of *Clematis glauca*.Seed,2010,29(3):44-50.
- [31] 刘志高,季梦成,杨彦鹏,沈永宝.3种铁线莲属植物种子萌发特性研究.种子,2015,34(6):30-33.
LIU Z G,JI M C,YANG Y P,SHEN Y B.Study on germination characteristics of three species from *Clematis*.Seed,2015,34(6):30-33.
- [32] 王娜,王奎玲,刘庆华,刘庆超.三种铁线莲种子萌发研究.2016年中国观赏园艺学术研讨会论文集.长沙:中国园艺学会,2016:492-495.
WANG N,WANG K L,LIU Q H,LIU Q C.Study on the germination characteristics of three *Clematis*.Proceedings of 2016 China Ornamental Horticulture Academic Seminar.Changsha:Chinese Society for Horticultural Science,2016:492-495.
- [33] 王非,王金侠,李强,何淼.GA₃ 和 IAA 处理对 4 种铁线莲种子萌发的影响.草业科学,2014,31(4):672-676.
WANG F,WANG J X,LI Q,HE M.Effects of GA₃ and IAA on the germination of four species of *Clematis* seeds.Pratacultural Science,2014,31(4):672-676.

(责任编辑 张瑾)