

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2013-0541

GA₃ 和 IAA 处理对 4 种铁线莲种子萌发的影响

王 非, 王金侠, 李 强, 何 淼

(东北林业大学园林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:以林地铁线莲(*Clematis brevicaudata*)、齿叶铁线莲(*C. serratifolia*)、棉团铁线莲(*C. hexapetala*)和褐毛铁线莲(*C. fusca*)为试材,研究了不同浓度的赤霉素(GA₃)和吲哚乙酸(IAA)浸种处理对 4 种铁线莲种子萌发的影响。结果表明,20 mg · L⁻¹ IAA 是林地铁线莲种子萌发的最佳处理浓度,发芽率可达 83%,平均发芽时间缩短了 4.6 d;20 mg · L⁻¹ IAA、5 mg · L⁻¹ GA₃ 是齿叶铁线莲种子的最佳处理浓度,其种子发芽率分别达到 93.4%和 90%,平均发芽时间分别缩短了 3 和 2.3 d;500 mg · L⁻¹ GA₃ 能显著提高棉团铁线莲种子、褐毛铁线莲种子的发芽率,其中棉团铁线莲种子的萌发率由原有的 5.1%提高到 33.4%,其平均萌发时间缩短不明显,而褐毛铁线莲种子萌发率由原有的 4%提高到 53.3%,平均萌发时间缩短了 2 d。

关键词:铁线莲属;GA₃;IAA;种子萌发

中图分类号:Q945.34 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0629(2014)04-0672-05*¹

Effects of GA₃ and IAA on the germination of four species of *Clematis* seeds

WANG Fei, WANG Jin-xia, LI Qiang, HE Miao

(Landscape Architecture College, Northeastern Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: The effects of different concentrations of IAA and GA₃ treatments on the germination process of the seeds of *Clematis brevicaudata*, *C. serratifolia*, *C. hexapetala* and *C. fusca* were studied in this paper. The results showed that 20 mg · L⁻¹ IAA treatment was optimal for *C. brevicaudata* whose germination rate was 83% and the mean germination time decreased by 4.6 days. 20 mg · L⁻¹ IAA and 5 mg · L⁻¹ GA₃ treatments were optimal for *C. serratifolia* whose germination rate can reach 93.4% and 90%, respectively. The mean germination time of these two treatments for *C. serratifolia* decreased by 3 days and 2.3 days, respectively. 500 mg · L⁻¹ GA₃ significantly increase *C. Hexapetala* and *C. fuscá's* seed germination rate. The germination rate of *C. hexapetala* seed increased from the original 5.1% to 33.4%. The germination rate of *C. fusca* seed increased from the original 4% to 53.3% and the mean germination time decreased by 2 days.

Key words: clematis; GA₃; IAA; seed germination

Corresponding author: HE Miao E-mail: 744267392@qq.com

铁线莲属(*Clematis*)植物是园林绿化中重要的藤本花卉,被誉为“攀缘植物皇后”^[1]。其花型秀丽,花期较晚,多数种类还有很大的药用价值,具有很高的研究和应用价值^[2],目前国内外对铁

线莲属植物的研究主要集中在种质资源调查、系统分类和栽培繁殖研究等方面^[3-4]。大多数植物多以种子繁殖作为其首选的引种方式,相关报道表明多数铁线莲属植物的种子在自然状态下萌发

收稿日期:2013-09-18 接受日期:2013-11-29

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金项目(DL12CA11)

第一作者:王非(1975-),女,吉林长春人,硕士,博士,主要研究方向为园林植物种质资源。E-mail:shuijing7539@163.com

通信作者:何淼(1975-),女,辽宁本溪人,硕士,博士,主要研究方向为园林植物种质资源。E-mail:744267392@qq.com

比较困难,需经过长时间的春化作用才能萌发^[5],大大限制了铁线莲属植物的推广应用,因此,如何提高铁线莲属植物种子的萌发率成为扩大其应用范围的关键。植物生长调节剂是调节种子萌发的重要因子之一,其中吲哚乙酸(IAA)具有促进细胞分裂和植物生长的作用;而赤霉素(GA₃)可通过代替低温层积打破种子休眠,提早种子发芽^[6-7]。目前,有关不同植物生长调节剂处理促进铁线莲种子萌发的报道较少^[8]。因此,本研究采用不同浓度的 IAA、GA₃ 分别进行浸种试验,分析探讨这两种植物生长调节剂对林地铁线莲(*Clematis brevicaudata*)、齿叶钱线莲(*C. serratifolia*)、棉团铁线莲(*C. hexapetala*)和褐毛铁线莲(*C. fusca*)这 4 种东北地区铁线莲属植物种子萌发的影响,旨在寻求提高铁线莲属植物种子萌发率的方法,以期为其引种和繁殖研究提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

林地铁线莲种子于 2012 年 10 月采自东北林业大学林场,齿叶铁线莲、棉团铁线莲及褐毛铁线莲种子于 2012 年 11 月采自长白山地区。择优选取发育良好的成熟种子自然风干,置于专用牛皮纸袋,于 4℃ 冰箱贮藏备用。

1.2 方 法

1.2.1 种子物理特性测定

千粒重:从供试样品中随机抽选 100 粒种子,称量(精确至 0.000 1 g),重复 8 次,计算平均值,计算结果再乘以 10 得到种子千粒重。

水分含量:从供试样品中随机称取 2 g 种子,均匀地置于铝盒中,之后于 105℃ 的恒温烘箱中烘 2 h,再放入干燥器中冷却 0.5 h 后称量(精确至 0.001 g),3 次重复,分别计算出每种种子含水量^[9]。

1.2.2 激素处理与发芽试验 本试验分别对 4 种铁线莲种子设置了 5 个不同浓度梯度的 IAA、GA₃ 处理(表 2)。以蒸馏水作为对照(CK)。随机选取成熟饱满、大小均匀的健康种子,先用 10% 次氯酸钠消毒 10 min,之后分别在不同处理液中浸泡 24 h,取出后用蒸馏水清洗 4~5 次,均匀排列在浸透不同处理溶液的两层滤纸的培养皿中,置于 25℃ 恒温智能型光照培养箱中培养。用称量法及时补充适量的蒸馏水以防水土变动。每个处理设 3 次重复,每

个重复 100 粒种子。

每种种子以胚根突破种皮作为种子发芽的标志,以连续 5 d 没有种子发芽作为种子发芽结束标志。每天观察并记录种子发芽状况。按照以下公式计算种子的发芽率、发芽势、发芽指数^[10]和平均发芽时间^[11]。

$$\text{发芽率} = (\text{正常发芽的种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%; \quad (1)$$

$$\text{发芽势} = (\text{规定时间内发芽的种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%; \quad (2)$$

$$\text{发芽指数}(GI) = \sum(G_i / D_i); \quad (3)$$

式中, D_i 表示时间 t 日的发芽数; G_i 表示相应的发芽日数。

$$\text{平均萌发时间}(MGT) = (A_1 T_1 + A_2 T_2 + \dots + A_n T_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)。 \quad (4)$$

式中, A_n 为培养第 n 天发芽数; T_n 为相应发芽天数。

1.3 数据处理方法

采用 SPSS 17.0 软件进行数据统计分析,Word 制作表格。采用单因素方差分析(One-way ANOVA)进行均值显著性检验,平均数之间的差异采用 Duncan 方法进行显著性检验或多重比较。

2 结果与分析

2.1 物理特性

4 种铁线莲种子千粒重差异均显著($P < 0.05$),褐毛铁线莲最高,林地铁线莲最低,且二者相差 12.26 g(表 1);种子含水量以棉团铁线莲最高,其余差异均不显著($P > 0.05$)。

2.2 IAA、GA₃ 对种子萌发的影响

2.2.1 IAA、GA₃ 对林地铁线莲、齿叶铁线莲种子萌发的影响 IAA 浓度为 20 mg · L⁻¹ 时,种子发芽率最高,较对照提高了 28.8 个百分点,之后呈显著下降趋势($P < 0.05$),发芽势、发芽指数的变化趋势同发芽率一致(表 2)。低浓度 GA₃ 对林地铁线莲种子的萌发有显著的促进作用,以 GA₃ 浓度为 10 mg · L⁻¹ 时促进效果最佳,发芽率、发芽势及发芽指数分别比对照组高 20.7 百分点、16.8 百分点及 2.06。GA₃ 浓度 ≥ 50 mg · L⁻¹ 时则对种子萌发起显著抑制作用,而且随着处理浓度的增加,抑制作用更明显。由此可见,20 mg · L⁻¹ IAA 对林地铁线莲种子的处理效果最好。

表 1 4种铁线莲种子的物理特性

Table 1 The physical properties of four kinds of clematis seeds

种名 Specie name	种子形态 Seed morphology	千粒重 Thousand seed weight/g	含水量 Water content/ %
林地铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i>	瘦果宽卵形,浅褐色,被短柔毛,宿存羽毛状花柱 Achenes broadly ovate, hazel, short fluff, persistent feathery styles	1.33±0.04a	11.33±0.15a
齿叶铁线莲 <i>Clematis serrati folia</i>	瘦果卵状椭圆形,被柔毛,宿存花柱 Achene, ovoid, oval, pubescence, persistent styles	2.04±0.07b	11.44±0.01a
棉团铁线莲 <i>Clematis hexa petala</i>	瘦果扁平,倒卵形或卵状菱形,密披紧贴的短柔毛,宿存羽毛状花柱 Achenes flat, obovoid or ovoid diamond, dense cover with appressed pubescent, persistent feathery styles	6.00±0.10c	13.67±0.15b
褐毛铁线莲 <i>Clematis fusca</i>	瘦果圆状菱形或倒卵形,边缘稍增厚,疏被黄褐色短柔毛,宿存花柱 Achenes, Cone rhombic or obovate, margin slightly thickened, brown pubescent, persistent styles	13.59±0.10d	9.33±0.01a

注:同列不同字母表示不同浓度处理下差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lower case letters within the same column indicate significant difference among different concentration processing. The same below.

与林地铁线莲种子相似,低浓度的 IAA、GA₃ 对齿叶铁线莲种子的发芽有显著的促进作用,高浓度则显著抑制种子发芽($P<0.05$)。IAA 浓度 ≤ 20 mg·L⁻¹时对种子的发芽起促进作用,其中 20 mg·L⁻¹效果最佳,发芽率较对照提高了 11.7 百分点,发芽势、发芽指数的变化趋势同发芽率一致(表 2)。GA₃ 浓度为 5 mg·L⁻¹时,齿叶铁线莲种子发芽率最高,10 mg·L⁻¹的 GA₃ 的处理效果与对照差别不大,GA₃ 浓度 ≥ 10 mg·L⁻¹时,对齿叶铁线莲种子的萌发有显著的抑制作用,而且随着处理浓度的增加,抑制作用明显。可见,IAA 对齿叶铁线

莲种子萌发的处理浓度应 ≤ 20 mg·L⁻¹, GA₃ 对齿叶铁线莲种子萌发的最适处理浓度是 5 mg·L⁻¹,适宜处理范围较 IAA 窄。

2.2.2 IAA、GA₃ 对棉团铁线莲、褐毛铁线莲种子发芽的影响 与林地铁线莲、齿叶铁线莲种子相比,棉团铁线莲和褐毛铁线莲种子萌发相对困难。两种铁线莲种子在自然情况下,萌发率极低,仅 5%左右(表 3)。同时,不同浓度梯度的 IAA 处理,均未能促进两种铁线莲种子的萌发。GA₃ 浓度为 100 mg·L⁻¹时,两种种子萌发状况开始好转。GA₃ 浓度为 500 mg·L⁻¹时,发芽率均显著增高($P<0.05$),

表 2 两种激素处理对林地铁线莲、齿叶铁线莲种子萌发的影响

Table 2 Influence of two kinds of hormone treatment on seed germination of *Clematis brevicaudata* and *C. serrati folia*

处理 Treatment	浓度 Concentration/ mg·L ⁻¹	林地铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i>			齿叶铁线莲 <i>Clematis serrati folia</i>		
		发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	发芽指数 Germination index
对照(CK)	0	54.2±3.0d	35.3±2.0cd	4.63±0.60c	81.7±1.2d	60.9±2.6ef	6.76±0.32e
IAA	5	61.1±4.0d	43.9±2.0cd	5.60±0.56d	85.3±3.1d	66.0±5.3f	7.24±0.21e
	20	83.0±4.0f	59.7±3.0f	7.70±0.43f	93.4±2.5e	76.0±3.0g	10.23±0.49f
	50	50.0±4.0cd	30.9±4.0c	4.08±0.61c	71.5±3.5c	55.7±6.5e	6.18±0.33d
	100	44.0±1.7c	22.0±1.3b	3.21±0.20b	63.8±3.8c	42.2±3.3d	5.52±0.30c
	300	33.4±3.1b	14.8±2.8b	2.71±0.26b	55.1±3.4bc	34.2±3.9c	4.39±0.25b
GA ₃	5	54.1±3.6d	35.0±3.6c	4.63±0.38c	90.0±3.0de	33.7±3.5c	9.76±0.22f
	10	74.9±4.6e	52.1±2.0e	6.69±0.18e	81.2±2.0d	30.9±2.0c	7.09±0.22e
	50	40.7±3.5c	26.6±2.7b	4.05±0.32c	50.8±2.0b	23.8±3.5b	4.51±0.23b
	100	9.3±2.5a	2.3±0.5a	0.23±0.05a	46.8±3.5ab	20.8±1.6ab	4.12±0.29b
	500	6.0±1.0a	1.1±0.3a	0.11±0.03a	35.2±2.7ab	15.2±2.8a	3.03±0.17a

分别提高到 33.4%、53.3%，发芽势和发芽指数也随之增高。可见，较高浓度的 GA₃ 能显著促进棉团铁线莲、褐毛铁线莲种子的萌发。

2.3 IAA、GA₃ 对种子平均萌发时间的影响

平均萌发时间这一指标可以用来衡量 4 种铁线莲种子萌发的快慢。20 mg · L⁻¹ IAA、10 mg · L⁻¹ GA₃ 的处理不仅显著提高了林地铁线莲种子的发芽率(表 4)，同时显著缩短了其种子的平均萌发时间($P < 0.05$)。两种激素浓度处理下，林

地铁线莲种子的平均萌发时间分别缩短了 4.6 d 左右。与林地铁线莲种子相似，齿叶铁线莲种子在 20 mg · L⁻¹ IAA、5 mg · L⁻¹ GA₃ 处理下，平均萌发时间分别缩短了 3 和 2.3 d。而高浓度的 IAA、GA₃ 处理均明显增加了两种种子的平均萌发时间。500 mg · L⁻¹ GA₃ 的处理虽然能显著提高棉团铁线莲、褐毛铁线莲两种种子的发芽率，但并未显著缩短两种种子的萌发进程。关于如何提高褐毛铁线莲、棉团铁线莲种子的萌发能力，还有待进一步研究。

表 3 两种激素处理对棉团铁线莲、褐毛铁线莲种子萌发的影响

Table 3 Influence of two kinds of hormone treatment on seed germination of *Clematis hexapetala* and *C. fusca*

处理 Treatment	浓度 Concentration/ mg · L ⁻¹	棉团铁线莲 <i>Clematis hexapetala</i>			褐毛铁线莲 <i>Clematis fusca</i>		
		发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination energy/%	发芽指数 Germination index
对照(CK)	0	5.1±0.2a	2.5±0.2b	0.13±0.02a	4.0±0.2a	2.3±0.1b	0.13±0.01a
	5	4.4±0.4a	1.7±0.1ab	0.14±0.02a	3.9±0.2a	2.1±0.2ab	0.13±0.01a
	20	4.8±0.2a	1.7±0.1ab	0.14±0.01a	4.3±0.3a	3.0±0.5c	0.12±0.02a
	50	3.7±0.2a	1.2±0.2a	0.13±0.02a	4.6±0.2a	3.3±0.1c	0.13±0.01a
	100	4.3±0.2a	1.7±0.1ab	0.14±0.02a	4.1±0.2a	1.7±0.2a	0.14±0.01a
	300	5.0±0.3a	2.5±0.6b	0.16±0.04a	4.1±0.2a	2.2±0.2b	0.13±0.02a
IAA	5	4.5±0.3a	1.7±0.2ab	0.12±0.01a	4.0±0.2a	2.3±0.2b	0.14±0.02a
	10	4.7±0.3a	1.7±0.1ab	0.11±0.01a	4.1±0.2a	2.5±0.2b	0.15±0.02a
	50	4.3±0.2a	2.3±0.1b	0.12±0.02a	3.1±0.2a	1.7±0.1a	0.12±0.01a
	100	12.4±1.5b	5.1±0.8c	0.61±0.19b	14.7±0.6b	7.3±0.2d	0.81±0.14b
	500	33.4±2.5c	11.3±1.1d	1.55±0.17c	53.3±2.5c	20.6±0.5e	2.17±0.07c

表 4 IAA、GA₃ 对种子平均萌发时间的影响

Table 4 Influence of IAA、GA₃ on mean germination time

d

处理 Treatment	浓度 Concentration/ mg · L ⁻¹	林地铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i>	齿叶铁线莲 <i>Clematis serratifolia</i>	棉团铁线莲 <i>Clematis hexapetala</i>	褐毛铁线莲 <i>Clematis fusca</i>
对照(CK)	0	13.3±0.6c	10.3±0.6bc	25.7±1.2a	27.0±1.0ab
	5	11.3±0.4b	10.0±1.0abc	26.3±1.5a	27.3±0.6ab
	20	8.7±0.6a	7.3±0.6a	26.3±3.5a	27.7±2.1ab
	50	12.3±0.3bc	11.3±1.5c	26.3±4.1a	27.0±1.0ab
	100	12.7±0.6bc	12.0±1.0c	26.7±2.1a	27.3±2.1ab
	300	13.7±0.6c	12.0±1.1c	26.7±2.5a	27.3±1.5ab
IAA	5	12.7±0.7bc	8.0±1.0a	25.7±2.5a	26.7±1.2ab
	10	8.3±0.6a	10.0±1.0abc	24.3±1.5a	26.7±1.2ab
	50	12.3±0.7bc	11.7±0.6c	25.0±1.0a	26.3±1.5ab
	100	18.0±2.0d	12.0±1.0c	24.7±0.6a	26.7±1.5ab
	500	19.7±2.1d	16.3±2.5d	24.3±0.6a	25.0±1.0a

3 讨论与结论

植物外源激素和生长调节物质对植物的生长发育和代谢调控有重要的作用^[12]，不仅对植物生长发育具有调控作用，还对一些植物种子萌发具有促进

或抑制的作用^[13]。不同外源激素对不同植物都有一定的最适处理浓度范围。有关 GA₃ 浸种对羊草 (*Leymus chinensis*) 种子萌发的影响表明，100~300 μg · g⁻¹ 的 GA₃ 均能促进吉生和野生羊草种子的萌发，而 600~700 μg · g⁻¹ 的 GA₃ 则不同程度地抑制

其发芽^[14]。5 mg · L⁻¹ IAA 浸种对黄瓜 (*Cucumis sativus*) 幼苗早期生长发育有良好的促进作用, 而浓度超过 250 mg · L⁻¹, 其萌发受到明显抑制^[15]。刘开业等^[16]的研究表明, 高浓度的 GA₃ 对狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 种子的萌发有抑制作用。本试验中, 棉团铁线莲、褐毛铁线莲的种子萌发相对困难, 未用激素处理情况下, 萌发率极低。可能与种子的物理特性相关。两种种子种皮密披短柔毛, 千粒重均显著高于林地铁线莲、齿叶铁线莲种子, 并且褐毛铁线莲种子的含水量很低, 可能影响到了种子内部调节物质的代谢^[17]。顾增辉等^[8]的研究表明, 高浓度的 GA₃ 能显著促进大花铁线莲、红花铁线莲的萌发, 这与本研究中高浓度的 GA₃ 能促进褐毛铁线莲和棉团铁线莲种子萌发的研究结果相似。

植物生长调节剂对种子萌发的调节是一个较为复杂的代谢过程。本试验中, 两种激素对 4 种铁线莲种子萌发的影响表明, IAA、GA₃ 两种激素对 4 种铁线莲种子的萌发率和萌发进程有一定的影响。低浓度的 IAA、GA₃ 能够明显促进林地铁线莲、齿叶铁线莲种子的萌发, 缩短种子萌发时间。20

mg · L⁻¹ IAA 处理下, 林地铁线莲种子的发芽率显著提高了 28.8 个百分点, 发芽势、发芽指数也相应提高, 同时平均萌发时间缩短了 4.6 d。20 mg · L⁻¹ IAA、5 mg · L⁻¹ GA₃ 处理下, 齿叶铁线莲种子萌发率提高的同时, 平均发芽时间分别缩短了 3 和 2.3 d。棉团铁线莲、褐毛铁线莲这两种种子萌发相对困难, 当 GA₃ 浓度为 100 mg · L⁻¹ 时, 两种种子萌发状况有所好转。GA₃ 浓度达 500 mg · L⁻¹ 时, 发芽率均显著增高。但不同浓度的 IAA 对两种种子的处理效果并不明显。综上, 本试验中两种激素对 4 种铁线莲种子处理的结果表明, 20 mg · L⁻¹ IAA 是林地铁线莲种子的最佳处理浓度, 20 mg · L⁻¹ IAA、5 mg · L⁻¹ GA₃ 是齿叶铁线莲种子的最佳处理浓度, 500 mg · L⁻¹ GA₃ 是棉团铁线莲、褐毛铁线莲种子的最佳处理浓度。

本试验主要研究了不同浓度处理下的两种激素对 4 种铁线莲种子萌发的影响, 其他植物生长调节剂的最佳处理浓度, 最佳浓度的最佳浸种时间等种子处理方案还有待于在今后的研究中进一步探索、优化。

参考文献

- [1] 章银柯, 江燕. 我国铁线莲属植物研究现状及其园林应用[J]. 北方园艺, 2007(3): 122-124.
- [2] 王文采, 李良千. 铁线莲属一新分类系统[J]. 植物分类学报, 2005, 43(5): 431-488.
- [3] 林栋, 冯朝阳, 吕世海, 高吉喜, 马晖玲, 刘尚华. 短尾铁线莲叶绿素荧光特性研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(11): 2299-2305.
- [4] 杨爱梅, 杜静, 苗钟环, 袁惠君. 藏药短尾铁线莲化学成分研究[J]. 中药材, 2009, 32(10): 1534-1537.
- [5] 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[J]. 山东林业科技, 2003(3): 33-34.
- [6] 张福平, 魏玲玲. IAA 等对紫罗勒种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2007, 26(10): 94-96.
- [7] 张秋香, 武绍波, 杨荣萍, 吴兴恩. 果树种子休眠原因及解除休眠的方法[J]. 山西果树, 2004(1): 31-33.
- [8] 顾增辉, 龙雅宜, 张金政. 应用赤霉素有机溶剂渗入法打破花卉种子休眠和促进萌发[J]. 种子, 1992(1): 55-58.
- [9] 王荷, 郝爽, 刘燕. 9 种野生花卉种子生物学特性研究[J]. 江苏林业科技, 2009, 36(1): 11-14.
- [10] 田宏, 刘洋, 张鹤山, 蔡话, 李晓峰, 索效军, 张年, 陈明新. 扁穗雀麦种子萌发条件的研究[J]. 草业科学, 2009, 26(8): 112-117.
- [11] 张蕾, 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[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2011, 47(5): 67-72.
- [12] 杨秀荣, 刘亦学, 刘水芳, 孙凤芝, 孙淑琴, 张学文, 张惟, 高俊凤. 植物生长调节剂及其研究和应用[J]. 天津农业科学, 2007, 13(1): 23-25.
- [13] Barker D G, Bianchi S, Blondon F. *Medicago truncatula*, a model plant for studying the molecular genetics of the Rhizobium legume symbiosis[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 1990(8): 40-49.
- [14] 刘彩红, 李成云. GA₃ 浸种对羊草种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(5): 797-801.
- [15] 王晓红, 黄晓蓉, 张福平. 赤霉素等对黄瓜种子发芽与幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(12): 3478-3480.
- [16] 刘开业, 陆肇伦, 杨烈. 不同外源激素处理对狗牙根种子发芽的影响[J]. 草原与草坪, 2011, 31(5): 26-29.
- [17] 黄承玲, 周洪英, 陈训, 高贵龙. GA₃ 浸种对大白杜鹃种子萌发的影响[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(8): 793-796.