

冯艳秋, 岳桦. PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(5): 184-187.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.061

# PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇的影响

冯艳秋, 岳桦

(东北林业大学园林学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要:**研究了朝鲜落新妇对模拟干旱胁迫的响应特征, 为其园林应用提供科学依据。人工模拟干旱胁迫以不同梯度质量分数(10%、20%、30%)的 PEG-6000 处理, 对其形态、叶片含水量、电导率、MDA 含量、SOD 活性、可溶性蛋白含量的变化进行相关分析。结果表明: 以 10%、20%、30% PEG-6000 胁迫 30 h 后, 朝鲜落新妇均受到不同程度的伤害, 其中 20%、30% 处理分别在胁迫 18、12 h 时失去观赏价值; 随着 PEG-6000 质量分数的增加和胁迫时间的延长, 叶片相对含水量逐渐减少, 而叶片电导率、MDA 含量显著增加; 叶片电导率与 MDA 含量呈正相关, 与 SOD 活性呈负相关; SOD 活性先上升后下降, 并与 MDA 含量呈负相关; 可溶性蛋白与叶片含水量、细胞膜透性、MDA 含量、SOD 活性的相关性不显著。朝鲜落新妇在轻度干旱胁迫下, 于 0~18 h 内具有自我调节能力; 而在重度干旱胁迫下, 于 0~12 h 内具有自我调节能力。随着胁迫时间的延长, 将对植株造成不可逆的伤害。

**关键词:**朝鲜落新妇; 聚乙二醇; 干旱胁迫; 形态指标; 生理生化

**中图分类号:** Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0184-03

朝鲜落新妇(*Astilbe koreana*)为虎耳草科落新妇属, 多年生宿根草本花卉<sup>[1]</sup>, 耐寒, 是园林中低维护类花卉, 自然分布于朝鲜、日本、中国大部分地区、缅甸、美国等地<sup>[2]</sup>。水分是影响植物生长的主要环境因子之一。近年全球气候变化使得干旱问题日趋严重, 干旱已成为制约城市景观和城市绿化的重要生态问题。朝鲜落新妇具有广泛的应用价值, 国内外学者对落新妇属植物的形态<sup>[3]</sup>、品种评价<sup>[4]</sup>、光合特性<sup>[5]</sup>、栽培及应用<sup>[6-7]</sup>等方面进行相关研究。因其植株体内含有岩白菜素等重要化合物<sup>[8]</sup>, 其药用价值的开发取得了较大进展<sup>[9]</sup>, 但对其抗旱性的研究尚有欠缺。干旱环境下, 植物体内将产生一系列生理变化来适应干旱胁迫。本研究以聚乙二醇(PEG-6000)人工模拟干旱胁迫, 测定朝鲜落新妇相关生理指标的变化, 对其抗旱性进行评价, 为其在干旱环境下的应用提供依据。深入了解植物抗旱特性, 探讨植物可能的抗旱机理, 为朝鲜落新妇的抗旱生理研究奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

2012 年 5 月于辽宁本溪引进多年生朝鲜落新妇种苗, 种植于东北林业大学园林花圃, 并进行正常田间管理。2014 年 3 月, 将朝鲜落新妇从苗圃地中上盆移入温室中。2014 年 5 月, 选取长势良好、株高一致、无病虫害的植株 120 株, 平均分为 4 组, 每组 30 株。

收稿日期: 2014-08-04

基金项目: 横向合作项目“中国寒地野生花卉资源开发及应用研究”。  
作者简介: 冯艳秋(1989—), 女, 吉林蛟河人, 硕士, 主要从事园林植物资源与应用的研究。E-mail: fengyanqiugglove@163.com。

通信作者: 岳桦(1962—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 硕士生导师, 主要从事园林植物资源与应用的研究。E-mail: yuehua0123@126.com。

### 1.2 试验方法

PEG-6000 胁迫处理: 2014 年 5 月 5 日将朝鲜落新妇移出, 用清水洗净根部泥土, 移入装有自来水的 500 mL 锥形瓶中进行无土栽培。适应 3 d 后, 将其移入不同质量分数的 PEG-6000 溶液中进行模拟干旱胁迫, 设 3 个 PEG-6000 浓度梯度: 10%、20%、30%, 并以蒸馏水为对照。试验环境较稳定, 平均温度为 23 ℃, 平均湿度为 57%。试验开始后分别于 0、6、12、18、24、30 h 剪取叶片进行生理指标的测定, 每个处理设 3 次重复, 干旱胁迫 30 h 后复水, 并于复水后 72 h 采样测定相同指标, 观察其恢复情况。

形态指标采用萎蔫指数评价法测定; 叶片相对含水量采用烘干法测定; 细胞膜透性采用电导率法测定<sup>[10]</sup>; SOD 活性采用氮蓝四唑法测定; MDA 含量采用硫代巴比妥酸 TBA 显色法测定<sup>[11]</sup>。

### 1.3 数据分析

所有试验数据采用 Excel 软件和 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对朝鲜落新妇形态指标的影响

根据干旱胁迫过程中朝鲜落新妇植株形态的总体变化特征, 将植株的萎蔫指数划分为 5 个级别: 0 级, 植株株型整齐, 叶片鲜绿, 自然外展, 饱满坚挺; 1 级, 叶片开始萎蔫, 质地变软, 嫩叶下垂; 2 级, 成熟叶片下垂, 叶缘变软微卷, 叶色减淡; 3 级, 叶片失水, 呈黄绿色, 叶缘干枯; 4 级, 叶片严重卷曲下垂, 叶色发黄, 叶片干枯, 未脱落。由图 1 可知, 不同质量分数的 PEG-6000 胁迫处理后, 朝鲜落新妇的形态变化为: CK 处理的植株在胁迫 0~30 h 均为 0 级; PEG-6000 质量分数为 20%、30% 处理的植株在 6 h 达到 1 级萎蔫指数; 10%、20%、30% 处理的植株达到 2 级萎蔫指数所需时间分别为 24、18、12 h; 20%、30% 处理的植株于 30 h 达到 3、4 级萎蔫指数, 而

10%处理达到3级萎蔫指数。复水后,10%、20%、30%处理下的受损叶片和植株形态没有恢复,但10%、20%处理有新嫩叶长出。

不同质量分数的PEG-6000人工干旱胁迫处理,使朝鲜落新妇植株,形态均发生了变化,其萎蔫指数随着干旱胁迫时间的延长而上升,且上升速度随PEG-6000浓度的升高而加快。萎蔫指数与胁迫时间、胁迫浓度均呈极显著正相关(图1)。

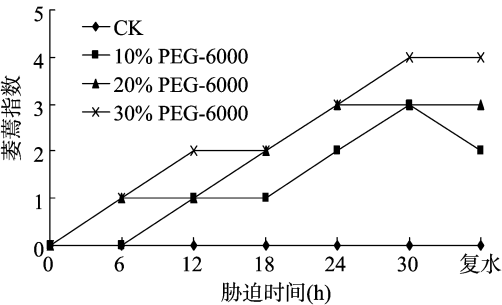


图1 PEG-6000干旱胁迫对朝鲜落新妇形态的影响

表1 PEG-6000 干旱胁迫对朝鲜落新妇叶片相对含水量的影响

PEG-6000 质量 分数(%)	相对含水量(%)						
	0 h	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h	复水
CK	86.74 ± 0.58b	86.02 ± 0.57b	85.04 ± 0.66ab	84.28 ± 0.30a	85.62 ± 0.16ab	85.67 ± 0.46ab	86.63 ± 0.24b
10	86.74 ± 0.58g	80.84 ± 0.78f	75.46 ± 1.66e	67.91 ± 0.26d	54.39 ± 0.98c	50.26 ± 0.58a	54.93 ± 0.73b
20	86.74 ± 0.58f	74.41 ± 0.58e	62.97 ± 1.83d	51.58 ± 1.13c	43.15 ± 2.02b	40.53 ± 0.61a	42.39 ± 0.58a
30	86.74 ± 0.58e	65.43 ± 2.64d	54.59 ± 2.33c	44.39 ± 2.64b	39.59 ± 0.66b	36.57 ± 1.17a	36.43 ± 2.01a

注:数据为平均值±标准误,同行后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

2.3 干旱胁迫对朝鲜落新妇细胞膜透性和MDA含量的影响

电导率可反映原生质膜受伤害的程度,随着胁迫时间的延长,朝鲜落新妇的电导率逐渐升高。由表2、表3可知,电导率与胁迫时间( $r^{**} = 0.716$ )、胁迫浓度( $r^{**} = 0.998$ )均呈极显著正相关。用PEG-6000胁迫0~12 h,10%(轻度胁迫)、20%(中度胁迫)处理的电导率缓慢上升,0~24 h MDA含量缓慢增加;而12 h后,10%、20%、30%胁迫处理的电导率及MDA含量急剧升高,明显大于对照组,复水后电导率与叶片

2.2 干旱胁迫对朝鲜落新妇叶片相对含水量的影响

叶片相对含水量反映了植物体内赖以生存的水分状况。由表1可知,在不同质量分数的PEG-6000处理下,朝鲜落新妇叶片相对含水量随处理时间的延长而降低,降低幅度随浓度的增大而增加。叶片相对含水量与胁迫时间( $r^{**} = -0.952$ )、胁迫浓度( $r^{**} = -0.998$ )均呈极显著负相关。在0~12 h,10%PEG-6000处理植株叶片相对含水量下降幅度较小;在18、24 h,下降幅度分别为10.00%、19.91%。20%、30%的PEG-6000处理植株,叶片相对含水量总趋势一直下降。比较而言,不同PEG-6000浓度处理下的植株相对含水量降幅从小到大依次为10% < 20% < 30%,并于30 h时达到最低,与对照相比差异显著,降幅分别为41.33%、52.67%、57.31%。72 h复水后,各浓度PEG-6000处理下的植株叶片相对含水量均有上升,与复水前相比,叶片相对含水量均未达到对照水平。

MDA含量均有所下降,但未恢复到对照水平。由此可见,轻度胁迫及胁迫初期,朝鲜落新妇能够主动进行生理调节,其自身的渗透调节发挥作用,以维持自身代谢平衡,这种调节在一定程度上减弱了干旱对电导率的影响。重度胁迫及胁迫末期,植物体内代谢紊乱,质膜被严重破坏,离子大量外渗导致MDA含量不断升高,抗旱能力下降。及时复水可缓解植株受到的伤害,但无法恢复到正常值,质膜损害难以恢复,基本丧失抗旱能力。叶片MDA含量与胁迫时间呈极显著正相关( $r^{**} = 0.931$ ),与胁迫浓度呈显著正相关( $r^* = 0.998$ )。

表2 PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇电导率的影响

PEG-6000 质量 分数(%)	相对电导率(%)						
	0 h	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h	复水
CK	13.05 ± 0.34a	14.19 ± 0.16a	13.12 ± 0.25a	12.72 ± 0.27a	18.58 ± 0.35b	22.66 ± 0.69c	25.13 ± 0.93d
10	13.05 ± 0.34a	16.88 ± 0.05b	25.63 ± 0.09c	46.15 ± 0.84d	53.78 ± 0.48e	69.36 ± 1.74g	61.45 ± 1.19f
20	13.05 ± 0.34a	18.26 ± 0.42b	32.64 ± 0.31c	55.45 ± 0.71d	64.59 ± 0.55e	82.58 ± 0.57g	69.85 ± 0.31f
30	13.05 ± 0.34a	21.15 ± 0.48b	46.25 ± 0.47c	57.55 ± 0.56d	74.42 ± 0.53e	90.37 ± 0.15g	80.67 ± 0.92f

表3 PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇MDA含量的影响

PEG-6000 质量 分数(%)	MDA 含量(μmol/g)						
	0 h	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h	复水
CK	11.11 ± 0.52a	11.33 ± 0.66a	10.10 ± 0.54a	11.33 ± 1.08a	11.60 ± 1.94a	12.57 ± 0.61a	11.03 ± 0.089a
10	11.11 ± 0.52a	12.55 ± 1.23ab	15.56 ± 1.07bc	16.74 ± 1.04c	20.51 ± 1.64d	23.60 ± 1.13d	16.22 ± 0.67c
20	11.11 ± 0.52a	13.40 ± 1.36ab	15.52 ± 1.41b	21.21 ± 0.82c	25.62 ± 1.48d	32.78 ± 0.88e	19.65 ± 0.34c
30	11.11 ± 0.52a	14.27 ± 1.03ab	17.01 ± 1.01b	21.43 ± 0.56c	24.76 ± 1.09d	39.5 ± 1.79e	25.5 ± 1.11d

2.4 PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇SOD活性的影响

与清除之间的动态平衡,在细胞受到干旱胁迫损害时,SOD能有效清除超氧离子,防止细胞膜脂受损。由表4可知,SOD活性随胁迫时间的延长呈先增强后减弱的趋势。说明低浓度

目前普遍认为,干旱胁迫会破坏植物细胞内活性氧产生

处理、短时间干旱胁迫可增强朝鲜落新妇 SOD 的活性;高浓度处理、长时间干旱胁迫会抑制抗氧化酶的活性,使其活性减弱。10% PEG-6000 处理的朝鲜落新妇在 0~12 h 内 SOD 活性逐渐增强,12 h 后先减弱后增强,复水后 SOD 活性减弱;20%、30% PEG-6000 处理的朝鲜落新妇在 0~18 h 内 SOD 活性呈增强趋势,18~30 h 逐渐减弱,复水后 SOD 活性逐渐增强。干旱胁迫下 SOD 活性呈先增强后减弱的趋势,在低质

量分数、短时间干旱胁迫范围内,植株通过增加自身酶的活性来调节平衡,使其适应干旱胁迫的能力增强。如果胁迫超过一定耐受范围,其保护酶的活性会逐渐减弱,朝鲜落新妇耐旱能力随之减弱,由此表明:朝鲜落新妇对 PEG-6000 胁迫的抗旱性有一定局限性;SOD 活性与胁迫浓度、胁迫时间均无显著相关性。

表 4 PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇 SOD 活性的影响

PEG-6000 质量 分数(%)	SOD 活性(U/g)						
	0 h	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h	复水
CK	151.36±1.04a	156.34±6.96a	164.11±11.67ab	181.35±1.73b	157.49±1.58a	149.38±5.77a	152.47±3.34a
10	151.36±1.04a	236.47±6.87d	247.39±1.88d	213.38±4.14c	148.58±6.31a	241.40±5.17d	184.37±3.49b
20	151.36±1.04a	182.38±6.89b	278.41±7.99e	336.72±1.73f	197.75±5.12cd	185.80±3.85bc	207.29±1.86d
30	151.36±1.04a	270.79±4.54d	317.71±8.39f	301.53±6.93e	195.49±2.26c	171.31±0.37b	279.98±5.91d

2.5 PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇可溶性蛋白的影响

植物细胞内可溶性蛋白含量的增加,是其适应干旱胁迫的一种表现。由表 5 可知,0~12 h 内,在 10%、20%、30% PEG-6000 胁迫下,朝鲜落新妇可溶性蛋白的含量逐渐增加,12 h 后波动性上升;在胁迫后 12 h,各浓度处理的可溶性蛋白含量与对照组均呈极显著差异,分别为对照的

146.64%、233.19%、253.78%。在此期间,细胞中产生抗逆性蛋白,导致可溶性蛋白含量增加。12 h 后,各浓度处理的可溶性蛋白含量均开始下降,表明干旱胁迫导致蛋白质分解并阻碍蛋白质的合成。复水后,不同质量分数处理下的可溶性蛋白均有不同程度上升。可溶性蛋白含量与胁迫浓度、胁迫时间均无显著相关性。

表 5 PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇可溶性蛋白的影响

PEG-6000 质量 分数(%)	可溶性蛋白含量(mg/g)						
	0 h	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h	复水
CK	2.73±0.02b	2.13±0.02b	2.38±0.13b	3.19±0.12c	3.03±0.19c	2.37±0.09a	2.33±0.19b
10	2.37±0.02a	2.40±0.45	3.89±0.22a	3.46±0.23a	5.67±0.59a	3.56±1.14a	3.77±0.39b
20	2.37±0.02a	4.08±0.49cd	4.56±0.23d	7.26±0.13c	4.51±0.04cd	3.24±0.11b	4.92±0.39e
30	2.37±0.02a	4.78±0.68b	8.97±0.46c	6.04±0.99bc	5.45±0.11bc	3.47±0.64bc	4.74±0.05e

2.6 PEG-6000 干旱胁迫下朝鲜落新妇叶片 5 项指标的的相关性分析

由表 6 可知,相对含水量与电导率、MDA 含量呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与 SOD 活性呈显著正相关( $P<0.05$ );电导率与 MDA 含量呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与 SOD 活性呈极显著负相关( $P<0.01$ );SOD 活性与 MDA 含量呈极显著负相关( $P<0.01$ )。

害,其植株形态和生理指标均受到不同程度的影响。相比较而言,质量分数为 10% 的 PEG-6000 胁迫对朝鲜落新妇的伤害最小,并可通过自身调节能力保持相对正常的生长状态。朝鲜落新妇经 20%、30% PEG-6000 胁迫处理后,植株分别于 18、12 h 逐渐失去观赏特性,叶片含水量逐渐减少;而其相对电导率呈递增趋势,且 MDA 含量逐渐递增;SOD 活性呈先增强后减弱的趋势,可溶性蛋白含量先增加后逐渐下降。复水后,各指标均有恢复现象。

表 6 不同质量分数 PEG-6000 干旱胁迫下朝鲜落新妇叶片各项生理指标的相关系数

生理指标	相关系数				
	相对含水量	电导率	MDA 含量	SOD 活性	可溶性蛋白含量
相对含水量	1.000				
电导率	-0.941 **	1.000			
MDA 含量	-0.818 **	0.930 **	1.000		
SOD 活性	0.718 *	-0.814 **	-0.784 **	1.000	
可溶性蛋白含量	-0.694	0.477	0.242	0.666	1.000

注: \* 表示显著相关( $P<0.05$ ); \*\* 表示极显著相关( $P<0.01$ )。

3 结论与讨论

PEG-6000 模拟干旱胁迫朝鲜落新妇试验中,不同质量分数 PEG-6000 胁迫均对朝鲜落新妇植株产生不同程度伤

综合比较 6 项生理指标的相关性分析,相对含水量与电导率、MDA 含量呈极显著负相关,与 SOD 活性呈显著正相关;电导率与 MDA 含量呈极显著正相关,与 SOD 活性呈极显著负相关;SOD 活性与 MDA 含量呈极显著负相关。表明 PEG-6000 模拟干旱胁迫下,朝鲜落新妇自身生理调节功能失衡,出现膜脂过氧化的现象,离子大量外渗导致 MDA 含量不断增加,又反作用于抗氧化酶,抑制酶活性,减弱酶系统的基本功能。当朝鲜落新妇受到胁迫时,植物体内的保护酶系统发挥作用,进行自我防御。在胁迫过程中 SOD 活性先增强后减弱,在质量浓度为 10%、短时间 PEG-6000 胁迫下,朝鲜落新妇通过增加酶的活性调节平衡,使其适应干旱胁迫。当 PEG-6000 质量浓度为 30% 时,超过自身的耐受范围,植物体内代谢紊乱,SOD 活性逐渐减弱。

朝鲜落新妇在胁迫初期具有自我调节能力,但随着胁迫时间的延长,对植株具有不可逆的伤害,因而最终胁迫致死。

陈水红,崔小杰,张剑云. 盐胁迫下内生真菌感染对高羊茅生理指标和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):187-189.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.062

# 盐胁迫下内生真菌感染对高羊茅生理指标和产量的影响

陈水红<sup>1,2</sup>, 崔小杰<sup>1</sup>, 张剑云<sup>1</sup>

(1. 新疆塔里木大学生命科学学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 塔里木盆地生物资源保护利用兵团重点实验室, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**以感染内生真菌的草坪草高羊茅凌志为试验材料, 建植内生真菌感染(E+)和不感染(E-)的高羊茅植株, 并对其进行不同浓度的盐分胁迫, 通过观测生长和相关生理指标, 揭示内生真菌对宿主植物抗盐性的影响。结果表明, 在盐处理下, 内生真菌感染可导致高羊茅茎叶中丙二醛含量和还原糖含量增加; 过氧化氢酶活性、脯氨酸含量和过氧化物酶活性降低; 内生真菌感染对宿主高羊茅的地上和地下产量有增益作用。

**关键词:**内生真菌; 高羊茅; 抗盐性; 生理指标; 产量

**中图分类号:** S543+.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0187-03

与植物共生的真菌按照共生部位的不同可分为 2 类: 一类是存在于植物根部的菌根真菌; 另一类是存在于健康植物茎叶中的内生真菌<sup>[1]</sup>。内生真菌可以增强宿主植物对生物胁迫和非生物胁迫的抗性。关于内生真菌对禾本科植物抗性影响的研究, 目前的工作集中在对生物胁迫的抗性方面, 其中包括食草动物和食草昆虫的取食、线虫和病原菌的危害以及其他植物的竞争等<sup>[2-3]</sup>。至于对非生物胁迫的抗性, 以往的研究重点多放在对干旱胁迫的抗性方面, 大量的研究表明, 内生真菌可增强宿主植物的抗旱性<sup>[4-7]</sup>, 而关于内生真菌感染对植物抗盐性的影响目前报道较少。

世界有 10% 以上的陆地面积受盐渍化的影响, 中国的盐渍化和次生盐渍化土地也有 4 000 万 hm<sup>2</sup> 以上<sup>[8]</sup>, 尤其是在新疆地区, 不仅气候干燥, 而且土地也多为盐碱地带, 使得植被显得尤为珍贵。大面积的盐渍化土地严重制约了农业生产, 对其进行改造成为当务之急。采用选育或培育抗盐品种来改良盐碱地, 对保护植被、大力发展绿化、优化人们生活环

境有着极其重要的意义。国内外众多学者做了大量的研究工作, 发现内生真菌对植物盐胁迫适应机制有重要的影响作用。因此本研究选择了适合于新疆塔里木盆地生长的草坪草——高羊茅凌志为试验材料, 在盆栽条件下模拟盐胁迫试验, 研究内生真菌对宿主抗盐性的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

高羊茅凌志的种子购买于百绿国际草业有限公司。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 植株幼苗培养** 在直径 14 cm 的花盆里, 加入灭过菌的蛭石粉, 压平并均匀地种植高羊茅种子, 播种后, 每天浇水, 出苗后每 3 天浇 1 次水, 每周浇 1 次完全 Hoagland 营养液, 自然光照, 培养 6 周以上。

**1.2.2 内生真菌检测** 当高羊茅幼苗长到分蘖期时, 用镊子和手术刀片刮取高羊茅植株叶鞘表皮细胞放在载玻片上用 0.8% 的乳酸苯胺蓝染色后在显微镜下观察, 判断是否带内生真菌。检测结果为市售种子带菌率 100%。

**1.2.3 不带内生真菌植株** 选取一半的植株, 喷洒杀真菌剂, 7 d 后检测是否全部杀死内生真菌。检测结果为 70% 植株体内不带内生真菌, 将检测的不带菌植株移栽到直径 14 cm、高 22 cm 的花盆里, 每盆 5 株。同时, 移栽带菌植株于

收稿日期: 2014-05-31

基金项目: 国家大学生创新项目(编号: 2013107570032)。

作者简介: 陈水红(1978—), 女, 四川资阳人, 硕士, 副教授, 从事牧草内生真菌研究及生物化学教学工作。E-mail: rainbow4@126.com。

## 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 34 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 15.
- [2] 潘锦堂. 虎耳草科落新妇族的研究[J]. 植物分类学报, 1995, 33(4): 390-402.
- [3] Trader B W. Molecular and morphological investigation of *Astilbe* [D]. Burrus Hall Blacksburg, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2006.
- [4] 王文静. 哈尔滨地区引种玉簪和落新妇品种的评价[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2009: 32-37.
- [5] 岳桦, 刘楷. 东北落新妇与朝鲜落新妇光合特性的比较[J]. 福建林学院学报, 2010, 30(3): 256-260.
- [6] 曾春风, 郭艳敏, 刘泽勇, 等. 宿根花卉新秀——落新妇的栽培及应用[J]. 河北林业科技, 2006(4): 54.
- [7] Loubaud M, Doorn W G. Wound-induced and bacteria-induced xylem blockage in roses, *Astilbe*, and *Viburnum* [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 32(3): 281-288.
- [8] 陈浩, 陈婷, 李建新, 等. 落新妇的成分研究(I) [J]. 中国中药杂志, 2004, 29(7): 652-654.
- [9] 来平凡, 蒋士鹏, 杨一令. 落新妇根镇痛、活血、止咳祛痰作用的研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(24): 2061-2064.
- [10] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 261-263.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 260-261.