

于爽,高剑,杨新宇,等.盐碱胁迫对龙葵种子萌发及幼苗生长的影响[J].江苏农业科学,2019,47(17):162-165.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.039

# 盐碱胁迫对龙葵种子萌发及幼苗生长的影响

于爽,高剑,杨新宇,王春雪,冀屹

(牡丹江师范学院生命科学与技术学院,黑龙江牡丹江 157011)

**摘要:**以龙葵种子为材料,将  $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  按不同比例混合成 3 种组合,并分别设置 0(对照)、15、30、45、60、75 mmol/L 6 个浓度梯度,研究龙葵种子萌发过程中不同盐碱胁迫的影响。结果表明,随着盐碱胁迫浓度的增加,龙葵种子的发芽率、发芽势和发芽指数在整体上均有不同程度的降低( $P < 0.05$ );中性盐 B( $\text{NaCl}$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  浓度比为 1:2 的溶液)浓度为 15~30 mmol/L 时,能够促进种子萌发,中性盐 B 浓度为 45~75 mmol/L 时,会抑制种子萌发;碱性盐 C 浓度为 15 mmol/L 时,会严重抑制种子萌发,当浓度  $\geq 60$  mmol/L 时,种子不萌发。

**关键词:**龙葵;盐碱胁迫;发芽率;发芽势;发芽指数

**中图分类号:** S641.904 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)17-0162-03

龙葵(*Solanum nigrum*)为一年生草本植物,隶属于茄科(Solanaceae)茄属(*Solanum*),又名黑呦呦、黑天天等<sup>[1]</sup>。龙葵果实可以作为果酒或饮料的原料<sup>[2-3]</sup>,100 g 成熟果汁中含有果糖 1.3 g,总酸 13 g,其中淀粉、蛋白质、灰分和总酸含量比桃、苹果和葡萄等常见水果高,且含有镁(Mg)、铁(Fe)、钾(K)、钠(Na)等矿质元素和 7 种人体必需的氨基酸<sup>[4-5]</sup>。龙葵全草均可入药,具有清热解毒、活血散瘀、利水消肿、止咳祛痰的功效<sup>[6]</sup>,同时还对神经系统和泌尿系统有药理作用<sup>[7-8]</sup>。研究发现,龙葵中含有甾体皂苷类化合物,对人体肝细胞株 FHCC-98 表现出较强的细胞毒性,是龙葵的主要功效成分之一<sup>[9]</sup>,具有极高的药用价值及开发潜力。

种子萌发和幼苗生长是植物生长的关键阶段,通常情况下,龙葵多为野生状态,其生长极易受季节和环境的影响,使其利用受到限制。目前,对龙葵的研究大多集中在不同栽培条件对龙葵生物碱含量<sup>[10-11]</sup>和龙葵产量<sup>[12]</sup>的影响,以及龙葵对于镉的吸收积累、响应规律<sup>[13]</sup>等方面,关于盐碱胁迫对龙葵影响的研究鲜有报道。但是,目前土壤盐碱化已经成为世界性的环境问题,植物受到的盐碱胁迫日益严重,土壤盐碱化已经成为制约种子萌发和幼苗生长的重要因素<sup>[14]</sup>。本试验通过模拟土壤的盐碱化条件,研究不同盐碱浓度胁迫对龙葵种子萌发和幼苗生长的影响,以期对龙葵的进一步开发利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料

龙葵种子,采集于黑龙江省牡丹江市西山。将龙葵种子

从果实中取出,洗净,去除杂质及干瘪的种子。龙葵种子的外形近卵形,颜色为淡黄色或黄色,直径约为 1.5~2.0 mm,两侧呈现压扁状。将龙葵种子晾晒后,于室温储存备用。种子千粒质量为(0.947±0.047) g。

### 1.2 胁迫处理

本研究采用不同配比的  $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  这 4 种盐来进行中性盐胁迫和碱性盐胁迫模拟。选择大小均匀、颗粒较为饱满的龙葵种子,用 0.15% 福尔马林溶液进行消毒,在溶液中浸泡 5 min 后,用清水将种子冲洗多次。胁迫处理分为 3 组:中性单盐(A 组), $\text{NaCl}$  溶液;中性混合盐(B 组), $\text{NaCl}$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液(浓度比为 1:2);碱性混合盐(C 组), $\text{NaCl}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液(浓度比为 5:23:9:3)。配制时保持  $\text{Na}^+$  物质的量浓度不变。每组均设置 0(对照)、15、30、45、60、75 mmol/L 6 个浓度梯度,以去离子水为对照。取直径为 9 cm 的培养皿,将 2 层滤纸平铺在每个培养皿上,加入对应浓度的盐溶液,然后将消毒后的种子置于其中。每皿均匀放入 100 粒龙葵种子,每个处理设 3 次重复,将培养皿放入光照培养箱中进行培养,培养箱温度设置为 25℃,光照时间为 24 h。种子在萌发过程中采用称质量法添加去离子水,以补充蒸发减少的水分。

### 1.3 指标测定

发芽期间累计记录每天的种子发芽数,当种子发芽达到高峰期时(第 4 天)统计记录发芽势,并在第 7 天统计发芽率,计算其发芽指数。此外,在第 7 天时对不同处理的龙葵幼苗进行高度测量(各重复随机选取 10 株,共 30 株),以植株根、茎的分节点为起点,测量龙葵芽长、根长。种子萌发相关指标的计算方法如下:

发芽势 = 第 4 天种子发芽总数/供试种子数 × 100%;

发芽率 = 第 7 天种子发芽总数/供试种子数 × 100%;

相对盐害率 = (对照发芽率 - 盐溶液处理发芽率)/对照发芽率 × 100%;

发芽指数( $G_i$ ) =  $\sum (G_i/D_i)$ 。

式中: $G_i$  为在时间  $t$  内的发芽数量,个; $D_i$  为  $G_i$  相应的发芽时间,d。

收稿日期:2019-02-01

基金项目:2018 年度黑龙江省省属高等学校基本科研业务费科研项目(编号:1353ZD007);黑龙江省大学生创新创业训练计划(编号:201810233044);牡丹江师范学院学位与研究生教育教学改革研究项目“植物学科研究生课程体系建设与优化”(2018)。

作者简介:于爽(1974—),女,黑龙江宝清人,硕士,教授,主要从事植物生物学的教学与研究工作。E-mail:swxys@126.com。

1.4 数据分析

试验数据使用 Excel 2016 进行统计处理并作图,用 SPSS 24.0 软件进行单因素方差分析,分析各处理在不同浓度间的差异性;利用 Duncan's 法对所得数据进行多重比较,分析不同胁迫浓度对种子萌发和幼苗生长指标影响的显著性。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对龙葵种子发芽指标的影响

发芽率是衡量种子受环境影响的重要指标,如表 1 所示,在 A 组(中性单盐)和 B 组(中性混合盐)处理中,龙葵种子的发芽率呈现先上升后下降的趋势,在盐浓度为 15 mmol/L 时,发芽率最高,说明在低浓度的中性盐环境中,可以促进龙葵种子的萌发。在相同浓度下的 A、B 2 组中,B 组龙葵种子的发芽率明显高于 A 组,说明低浓度的中性混合盐能提高龙葵种子的萌发率,而高浓度的中性混合盐对种子萌发的抑制

程度明显低于中性单盐。在 C 组(碱性混合盐)试验中,在 15 mmol/L 碱性混合盐处理下,种子就已呈现出极低的发芽率,说明碱性混合盐强烈地抑制了龙葵种子萌发。

发芽势是鉴别种子发芽整齐度的主要指标。从表 1 可以看出,当 A 组(中性单盐)处理浓度为 30 mmol/L 时,发芽势达到极低水平,当盐溶液浓度继续升高后,发芽势降为 0,表明在高浓度(45 ~ 75 mmol/L)中性单盐处理下,会使龙葵种子的发芽受到强烈抑制。在 B 组(中性混合盐)处理下,发芽势随着盐溶液浓度的上升而大致呈下降趋势,在 75 mmol/L 中性混合盐处理下,仍有种子发芽,这表明在长时间浸泡下,中性混合盐对龙葵种子萌发的影响弱于中性单盐。在 C 组(碱性混合盐)处理下,当碱性混合盐环境的浓度≥15 mmol/L 时,发芽势均为 0,说明碱性混合盐较中性混合盐对于龙葵种子发芽势的抑制更为强烈。

表 1 盐碱胁迫下龙葵种子的萌发情况

处理组	盐浓度 (mmol/L)	发芽率 (%)	发芽势 (%)	发芽指数	相对盐害率 (%)
A(中性单盐)	0	51.11 ± 1.42b	31.13 ± 3.40a	12.57 ± 0.42a	0e
	15	55.22 ± 2.98a	25.22 ± 1.89b	13.21 ± 0.38b	0e
	30	39.89 ± 1.35c	17.61 ± 2.03c	8.47 ± 1.43c	21.95 ± 1.23d
	45	22.24 ± 2.26d	0d	3.15 ± 0.68d	56.49 ± 1.21c
	60	12.67 ± 1.95e	0d	2.96 ± 0.54d	75.21 ± 1.68b
	75	5.31 ± 1.63f	0d	1.97 ± 0.44d	89.61 ± 1.81a
B(中性混合盐)	0	51.11 ± 1.40b	31.13 ± 3.40a	12.57 ± 0.42b	0d
	15	64.44 ± 3.58a	27.78 ± 2.10a	14.29 ± 1.03a	0d
	30	53.20 ± 2.23b	13.35 ± 2.30b	12.96 ± 0.68b	0d
	45	37.78 ± 2.34c	15.56 ± 1.10b	7.38 ± 0.32b	25.08 ± 1.33c
	60	31.11 ± 1.28d	5.56 ± 1.30c	5.97 ± 1.02c	39.13 ± 2.35b
	75	17.78 ± 1.16e	1.11 ± 0.25d	2.92 ± 0.97d	65.21 ± 1.59a
C(碱性混合盐)	0	51.11 ± 1.40a	31.13 ± 3.40a	12.57 ± 0.42a	0e
	15	4.44 ± 1.58b	0b	1.16 ± 0.32b	91.31 ± 1.07d
	30	3.33 ± 1.51b	0b	0.91 ± 0.36b	93.48 ± 1.97c
	45	2.22 ± 1.37c	0b	0.66 ± 0.23c	95.65 ± 1.86b
	60	0c	0b	0c	100.00a
	75	0c	0b	0c	100.00a

注:表中数据为平均值 ± 标准差,同列数据后标有不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05, n = 3$ )。

发芽指数可以灵敏地指示种子活力。由表 1 可知,在 A、B 组处理下,种子的发芽指数均表现为先升高后降低,这说明低浓度中性盐溶液可以促进种子发芽。在同一盐浓度下,B 组的发芽指数略高于 A 组,表明中性混合盐对龙葵种子发芽指数的抑制作用弱于中性单盐,这与发芽率试验的结果基本一致。C 组处理中没有表现出先升高后降低,在低盐浓度下,种子的发芽指数降到极低水平,在 60 mmol/L 盐浓度下,发芽指数降为 0,再一次表明,碱性环境比中性盐环境对龙葵种子的伤害更为严重。

相对盐害率可以指示种子受到盐溶液影响的程度。由表 1 可见,在 A、B 试验组中,相对盐害率呈现上升的趋势,并且在同一浓度下,B 组表现出更低的相对盐害率。C 组处理在 15 mmol/L 盐浓度下表现出极高的盐害率,并在 60 mmol/L 盐浓度下完全抑制了种子发芽。综合以上结果可知,不同处理对龙葵种子萌发的抑制程度表现为碱性混合盐 > 中性单

盐 > 中性混合盐。

2.2 盐碱胁迫对龙葵根长和芽长的影响

从图 1 可以看出,在 A、B、C 3 组不同浓度盐溶液处理下,根长和芽长均呈现下降的趋势,当盐溶液浓度达到 30 mmol/L 时,C 组处理的根长、芽长与 A、B 2 组相比下降趋势更明显,可见碱性混合盐对根长及芽长具有更明显的影响。当盐溶液浓度在 60 mmol/L 以上时,C 组种子达到耐受极限,不会生根发芽。

3 结论与讨论

土壤盐渍化已成为导致全球可利用耕地日益减少、限制作物产量和品质提高的主要非生物逆境之一<sup>[15]</sup>,关于耐盐植物如何适应盐碱逆境的问题,已经成为国内外专家学者们研究的热点。对于植物而言,其耐盐性并非是由单一的某种因素所引起的,而是受到很多种因素的控制,其耐盐机制及耐盐

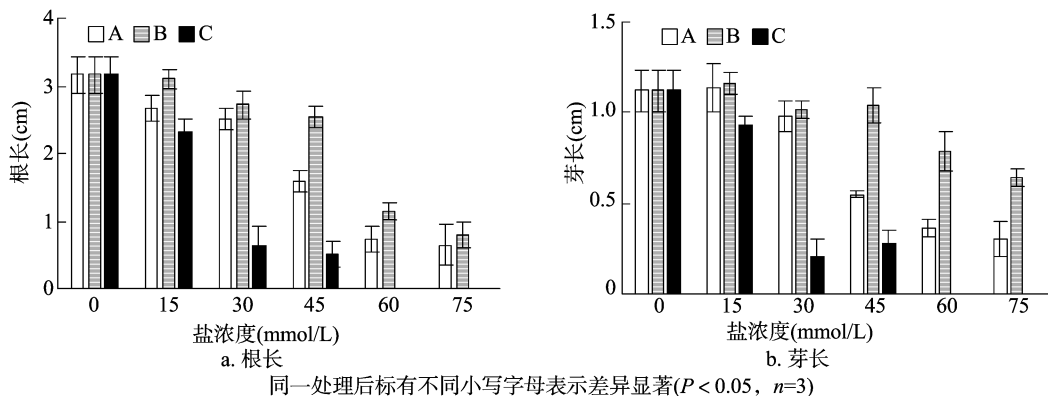


图1 盐碱胁迫对龙葵幼苗根长和芽长的影响

性会因植物种类不同而有所不同。即便对于相同种类的植物,当所处的生长时期不同时,其耐盐的方式与机制也会有所不同。在植物萌发及幼苗生长发育时期,对盐胁迫是非常敏感的<sup>[16-17]</sup>。本研究表明,在中性盐胁迫下,混合盐处理的龙葵的发芽率要高于单盐处理,而且在盐浓度为15~30 mmol/L时,发芽率要高于对照,这表明氯化钠、硫酸钠的混合溶液在低浓度的情况下可以协同作用于龙葵的种子萌发。A组在盐浓度 $\geq 45$  mmol/L时的发芽势为0,说明高浓度的盐溶液不仅抑制了种子的发芽数量,还影响了种子的发芽速度。中性单盐的NaCl溶液仅在15 mmol/L浓度时对龙葵种子的萌发有促进作用,且没有高于B组的发芽率。在碱性盐溶液中,碱性盐胁迫强烈地抑制了种子的萌发,浓度大于45 mmol/L后,发芽率为0,高pH值是抑制发芽率的主要原因。同时,幼苗生长也受到较为严重的抑制作用,使根和芽发育缓慢。在碱性盐胁迫下,种子在盐浓度大于45 mmol/L时表现为不萌发,而在中性盐胁迫下,种子可以在盐浓度为0~75 mmol/L时萌发。通过相对盐害率的分析可知,龙葵种子对3种盐胁迫的耐受性存在较大差异,对中性混合盐的耐受能力最强,其次是单盐,耐受力最弱的则是碱性混合盐。

种子在盐碱生境下萌发的最初阶段,首先面临的是不同盐分浓度产生的渗透胁迫<sup>[18]</sup>,种子萌发和幼苗生长的受抑制程度逐渐增加<sup>[19-20]</sup>,随着盐胁迫浓度的增大而增大。盐胁迫对植物幼苗产生的影响可分为以下2种:(1)在轻度胁迫下,幼苗生长被促进;(2)在重度胁迫下,幼苗生长被抑制<sup>[21]</sup>。胚芽和胚根长度在不同浓度的盐胁迫下呈现出先上升后下降的趋势<sup>[22]</sup>。但有研究结果显示,低浓度的盐胁迫可促进油菜<sup>[23]</sup>、黑麦<sup>[24]</sup>、互花米草<sup>[25]</sup>和长柄扁桃<sup>[26]</sup>等部分植物种子的萌发。如张丽辉等发现,低浓度的NaCl( $\leq 50$  mmol/L)以及 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ( $\leq 25$  mmol/L)能够提高萝卜种子的萌发率<sup>[27]</sup>。这些结论与本试验的结论类似。产生这种现象的原因一方面可能是在低浓度的NaCl、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 条件下,促使龙葵种子吸收少量无机离子而使细胞内的渗透势降低,从而促进种子吸水,同时也满足了种子对水分的需求;另一方面,种子中的无机离子不仅能促进种子内部储藏的物质充分水解,还可作为渗透调节物质,同时激活部分种子萌发所需的酶,促进部分物质合成,进而增强呼吸作用,最终促进种子萌发。但在较高浓度的盐胁迫下,随着盐浓度逐渐上升,会对种子萌发和幼苗生长产生不断加强的抑制作用。

#### 参考文献:

- [1] 毛子军,王秀华,穆丽蕾,等. 黑龙江省植物志(第八卷)[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2001.
- [2] 罗永华,王若敏,范翠丽. 龙葵果果酒提取工艺研究[J]. 广东农业科学,2011,38(9):86-87.
- [3] 张慧,李延辉. 龙葵、蓝靛果复合饮料的研制[J]. 吉林农业科技学院学报,2016,25(2):11-14.
- [4] 姜英,宋超,金春爱,等. 龙葵果营养成分的测定分析[J]. 特产研究,2013,35(2):65-66,76.
- [5] 张海洋,徐秀芳,张菊芬. 龙葵的营养成分及其开发利用[J]. 中国野生植物资源,2004,23(1):44-46.
- [6] 刘世巍,丁建海,刘立红,等. 龙葵的化学成分及生物活性研究进展[J]. 时珍国医国药,2010,21(4):977-978.
- [7] 卢汝梅,谭新武,周媛媛. 龙葵的研究进展[J]. 时珍国医国药,2009,20(7):1820-1822.
- [8] 李明英,邢建华,王庆兰. 龙葵草合剂治疗功血临床及实验研究[J]. 中医药学报,1998,27(4):36-38.
- [9] 罗文娟,王光辉,周新兰,等. 螺甾皂苷类化合物的体外抗人肝癌细胞增殖作用[J]. 现代肿瘤医学,2007,15(3):307-308.
- [10] 孙皎,倪彦博,冯舒,等. 不同栽培条件对龙葵生物碱积累的影响[J]. 北方园艺,2017,41(13):157-160.
- [11] 腾飞,郑悦,王萍. 龙葵果花色苷的分离与鉴定[J]. 食品科学,2016,37(7):56-61.
- [12] 包京娜,张国锋,宋宇鹏,等. 不同栽培密度对同品种系龙葵产量的影响[J]. 北方园艺,2017,41(17):169-171.
- [13] 李志贤,冯涛,陈章,等. 镉胁迫对龙葵镉的吸收积累及生理响应的影响[J]. 水土保持学报,2017,31(5):328-333.
- [14] 王丽艳,杨帆,李睿瑞,等. 不同种类盐胁迫对绿豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2018,30(5):21-26.
- [15] 刘志洋,刘岩. 不同盐碱胁迫对桔梗种子萌发和幼苗生理特征的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):144-147.
- [16] 孙小芳,郑青松,刘友良. NaCl胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害[J]. 植物资源与环境学报,2000,9(3):22-25.
- [17] 沈禹颖,王锁民,陈亚明. 盐胁迫对牧草种子萌发及其恢复的影响[J]. 草业学报,1999,8(3):54-60.
- [18] 谢桂英,游秀峰,孙淑君,等. 龙葵种子休眠解除方法研究[J]. 杂草科学,2013,31(1):37-39.
- [19] 张海洋,徐秀芳. 三种龙葵种子萌发特性的研究[J]. 北方园艺,2011,35(21):20-23.

岳圆圆,全英杰,任钺蓉,等. 贡菊不同花期 3 种活性物质含量及相关基因表达[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):165-168.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.040

# 贡菊不同花期 3 种活性物质含量及相关基因表达

岳圆圆,全英杰,任钺蓉,龔 晨,高 日

(延边大学农学院,吉林延吉 133002)

**摘要:**研究贡菊花蕾期、露白期、初花期和盛花期中木樨草苷、绿原酸和异绿原酸含量及其相关 *CmFNS1*、*CmC3H*、*CmHQT* 基因相对表达量的变化,为确定贡菊最佳采收时期提供理论依据。结果表明,绿原酸、木樨草苷和异绿原酸的含量都在露白期迅速下降,初花期上升,盛花期逐渐下降,其中在初花期含量最高,分别为 0.43%、0.27% 和 0.33%。利用实时荧光定量 PCR 检测 *CmFNS1*、*CmC3H*、*CmHQT* 基因的相对表达量发现,这些基因表达量变化呈现出横向“S”形,并在初花期达到最高值,与木樨草苷、绿原酸、异绿原酸含量的变化趋势相似,进一步表明贡菊在初花期木樨草苷、绿原酸、异绿原酸含量最高。

**关键词:**绿原酸;木樨草苷;异绿原酸

**中图分类号:** S682.1<sup>+</sup>10.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)17-0165-04

菊花[*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Tzvel.] 为菊科多年生草本植物,具有较高的观赏价值和药用价值,根据菊花的用途可分为观赏性菊和功能性菊。功能性菊包括药用菊、茶用菊和食用菊 3 种<sup>[1]</sup>。贡菊是功能性菊花栽培的主要品种之一,其朵大瓣宽,中心为黄色,带呈绿色,生长在安徽省南部海拔较高的山区,贡菊不仅是茗饮佳品,还是名优药材。《中华人民共和国药典》规定绿原酸、异绿原酸和木樨草苷为药用菊的主要成分<sup>[2]</sup>。绿原酸、异绿原酸和木樨草苷都是通过苯丙氨酸代谢途径合成的,木樨草苷合成的直接前体是 *p*-香豆酸酰 CoA 和 3-丙二酰 CoA,在一系列酶的催化作用下最终合成木樨草苷,其中关键的合成酶是黄酮合成酶(flavone synthase,简称 FNS)<sup>[3]</sup>;香豆酸-3-羟化酶(*p*-coumarate-hydroxylase,简称 C3H)和羟基肉桂酰辅酶 A 奎尼羟基肉桂转移酶(hydroxycinnamoyl-CoA quinate hydroxycinnamoyl transferase,简称 HQT)等为绿原酸和异绿原酸合成的关键

酶<sup>[4]</sup>,编码这些酶的基因表达也同样反映物质的积累,在咖啡中 *HQT*、*C3H*、*HCT* 等基因的表达量增加,绿原酸含量也随之增加<sup>[5]</sup>,这些编码酶的功能基因表达主要受到植物发育期和外界环境等因素的影响。

不同的采收时间对药用菊主要活性成分含量的影响较大,陈志莲报道,野菊从花蕾期到盛花期黄酮含量逐渐降低<sup>[5]</sup>;梁迎暖等研究显示,随着怀菊花期的到来,黄酮和绿原酸含量呈现先升高后下降的变化,最佳的采收时期为 70% 的花开放时期<sup>[6]</sup>;杨俊等检测了杭白菊黄酮和绿原酸含量的变化,结果发现,绿原酸含量未发生变化,黄酮含量随采收期推迟呈下降趋势<sup>[7]</sup>。由此可见,不同菊花品种在不同采收时期的活性物质含量变化不同。目前,关于贡菊采收时期与活性物质含量变化关系的研究未见报道。因此,本试验以贡菊为材料,研究花蕾期、露白期、初开期和盛花期 4 个时期花序中绿原酸、木樨草苷和异绿原酸含量的变化及其关键基因的表达量,为确定贡菊最佳采收期提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

将贡菊扦插苗移栽到含腐殖土、珍珠岩(体积比为 3:1)的花盆中,移到延边大学农学院温室进行培养,温度为(25±2)℃,相对湿度为 70%。贡菊现蕾后按照蕾期、露白期、初花期和盛花期选择顶芽花进行采集(图 1),放到液氮中带回

收稿日期:2019-04-15

基金项目:吉林省教育厅科学技术项目(编号:JKH20180902KJ);延边大学青年基金[编号:延大科合字(2017)第 21 号];延边大学博士科研启动基金(2018)。

作者简介:岳圆圆(1997—),女,吉林白城人,硕士研究生,主要从事菊花遗传育种研究。E-mail:2018010532@ybu.edu.cn。

通信作者:高 日,博士,讲师,主要从事菊花遗传育种研究。E-mail:gaori@ybu.edu.cn。

[20] Hardegree S P, Emmerich W E. Partitioning water potential and specific salt effects on seed germination of four grasses[J]. *Annals of Botany*, 1990, 66(5): 587-595.

[21] 罗在柒,王 进,邱建生,等. 望漠红球油茶优树因子分析与评价[J]. *种子*, 2013, 32(1): 77-80.

[22] 张永福,董翠莲,韩 丽,等. 酸碱胁迫对凤仙花种子萌发及幼苗生长生理的影响[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(12): 102-105.

[23] 金美芳,朱晓清. NaCl 胁迫对油菜种子萌发和幼苗生长的影响

[J]. *种子*, 2009, 28(9): 76-79.

[24] 张鹤山,刘 洋,田 宏,等. 黑麦种子在不同盐分胁迫下萌发特性的研究[J]. *种子*, 2009, 28(3): 14-17.

[25] 苑泽宁,石福臣. 盐胁迫对互花米草种子萌发及胚生长的影响[J]. *云南植物研究*, 2008, 30(2): 227-231.

[26] 马小卫,郭春会,罗 梦. 核壳、盐和水分胁迫对长柄扁桃种子萌发的影响[J]. *西北林学院学报*, 2006, 21(4): 69-72.

[27] 张丽辉,赵骥民. NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 胁迫对萝卜种子萌发的影响[J]. *江苏农业科学*, 2012, 40(1): 133-135.