

张艺伟,李云霞,骆亮,等. 冷藏期间 3 种独蒜兰碳水化合物及激素含量变化[J]. 江苏农业科学,2018,46(11):115-118.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.11.028

冷藏期间 3 种独蒜兰碳水化合物及激素含量变化

张艺伟^{1,2}, 李云霞^{1,2}, 骆亮^{1,2}, 彭东辉^{1,2}, 吴沙沙^{1,2}

(1. 福建农林大学园林学院, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学海峡兰花保育中心, 福建福州 350002)

摘要:将艳花独蒜兰(*P. aurita*)、云南独蒜兰(*P. yunnanensis*)和黄花独蒜兰(*P. forrestii*)贮藏于(4±1)℃冷库中,在贮藏 0、30、60、90、120、150 d 时,分别从每种中随机选择 3 个假鳞茎取样,测定可溶性糖、淀粉、蔗糖和还原糖以及吲哚乙酸(IAA)、脱落酸(ABA)、赤霉素(GA₃)及玉米素核苷酸(ZR)的含量。结果表明:(1)同等条件下解除休眠所需时间长度为云南独蒜兰>艳花独蒜兰>黄花独蒜兰;(2)独蒜兰属假鳞茎主要贮藏物质为淀粉,在新芽开始萌动及伸长过程中淀粉大量水解成可溶性糖维持其生理代谢活动;(3)IAA 和 GA₃ 是休眠解除的主要促进物,ABA 是主要的休眠促进物质,与 IAA 和 GA₃ 作用效果相反,是独蒜兰属植物解除休眠的主要抑制物。

关键词:独蒜兰属;假鳞茎;可溶性糖;内源激素

中图分类号: S682.310.9⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)11-0115-04

独蒜兰属(*Pleione* D. Don)是兰科(Orchidaceae)具有较高观赏价值的一个属,该属全球有近 30 种,中国分布有 25 种^[1]。因其花大色艳,常被作为小型盆栽花卉观赏^[2]。独蒜兰属植物分布于高海拔地区,春花类 11 月叶落后进入休眠,需经过冬季低温休眠才能完成花发育及解除休眠。该属植物仅台湾独蒜兰(*P. formosana*)低温休眠过程中的生理生化变化得到了详细的研究和报道,其他的相关研究甚少^[3]。本试验探究低温贮藏过程中艳花独蒜兰、云南独蒜兰和黄花独蒜兰假鳞茎中碳水化合物和内源激素的变化规律,为明确独蒜兰属植物的休眠机理、改善假鳞茎的贮藏技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验选用的艳花独蒜兰、云南独蒜兰和黄花独蒜兰,均

为我国原产,将 3 种独蒜兰属植物假鳞茎在(4±1)℃冷库中贮藏,分别在贮藏 0、30、60、90、120、150 d 时,随机选取同种植物假鳞茎 3 个,在冰上将假鳞茎剪碎混匀,每个样品称量 0.5 g 左右。用锡箔纸分别包好置于液氮速冻 30 min,保存于-80℃冰箱中备用。

1.2 试验方法

参照王晶英等的萘酚-硫酸法^[4]稍加调整测定可溶性糖和淀粉含量;采用间苯二酚法测定蔗糖含量;采用酶联免疫法(ELISA)测定 IAA、ZR、ABA、GA₃ 4 种激素的含量。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 进行数据统计和图形绘制,采用 SPSS 19.0 统计软件中对结果进行方差分析,并使用 Duncan's 法进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 碳水化合物含量变化

2.1.1 可溶性糖含量变化 由图 1 可知,贮藏期间黄花独蒜兰可溶性糖含量最高,艳花独蒜兰次之,云南独蒜兰最低。艳花独蒜兰在低温贮藏期间可溶性糖含量变化不大,贮藏 90 d 时达到最高,为 2.16 mg/g,显著高于低温处理初期,120 d 显著降低,至 150 d 又显著增加;黄花独蒜兰可溶性糖含量呈单

进展[J]. 遗传,2011,33(6):585-590.

[23] Yagishita N, Hirata Y. Graft-induced change in fruit shape in *Capsicum annuum* L. I. genetic analysis by crossing [J]. Euphytica, 1987, 36(3): 809-814.

[24] 潘相文,孙晓环,张凤芸,等. 大豆远缘嫁接诱变技术的优化[J]. 大豆科学,2012,31(2):237-241.

[25] Taller J, Yagishita N, Hirata Y. Graft-induced variants as a source of novel characteristics in the breeding of pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. Euphytica, 1999, 108(2): 73-78.

[26] 朱新广,张其德. NaCl 对光合作用影响的研究进展[J]. 植物学通报,1999,16(4):332.

[27] 温学森,娄红祥,杨世林,等. 地黄不同品种光合色素含量及其

与叶色的关系[J]. 中国中药杂志,2002,27(11):828-831.

[28] Becana M, Dalton D A, Moran J F, et al. Reactive oxygen species and antioxidants in legume nodules [J]. Physiologia Plantarum, 2000, 109(4): 372-381.

[29] Kanazawa S, Sano S, Koshihara T, et al. Changes in antioxidative enzymes in cucumber cotyledons during natural senescence: comparison with those during dark-induced senescence [J]. Physiologia Plantarum, 2000, 109(2): 211-216.

[30] 徐勤松,施国新,杜开和. 镉胁迫对水车前叶片抗氧化酶系统和亚显微结构的影响[J]. 农村生态环境,2001,17(2):30-34.

[31] 张春兰,张耀栋. 不同品种番茄嫁接植株间吸钾特性差异的研究[J]. 南京农业大学学报,1995,18(3):72-80.

峰变化,贮藏 30 d 达到最大值,为 3.11 mg/g,30 d 后变化不显著;云南独蒜兰可溶性糖含量呈波状起伏,贮藏 150 d 时达到最大值,为 1.51 mg/g,显著高于贮藏 60 d 时含量水平。

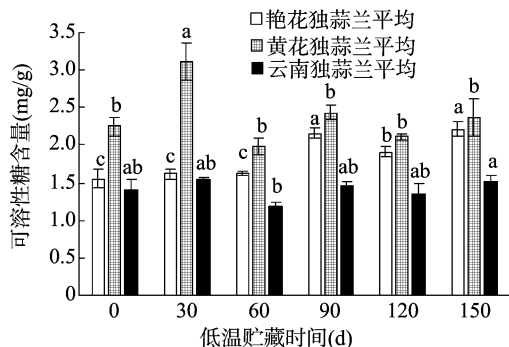


图1 低温贮藏过程不同独蒜兰可溶性糖含量变化

2.1.2 淀粉含量变化 由图 2 可知,低温贮藏期间 3 种独蒜兰属植物淀粉含量均有降低趋势。贮藏前黄花独蒜兰淀粉含量最高,为 11.39 mg/g,至 60 d 时显著降低,为 3 种独蒜兰属植物中最低,贮藏 90 d 时显著增加,120 d 时显著降低,至 150 d 又显著增加,为三者中最高;艳花独蒜兰淀粉含量在贮藏 120 d 时较贮藏前显著降低,150 d 时显著增加,与贮藏前相当水平。云南独蒜兰淀粉含量在贮藏 120 d 时含量较贮藏 60 d 时显著降低,至 150 d 变化不明显。

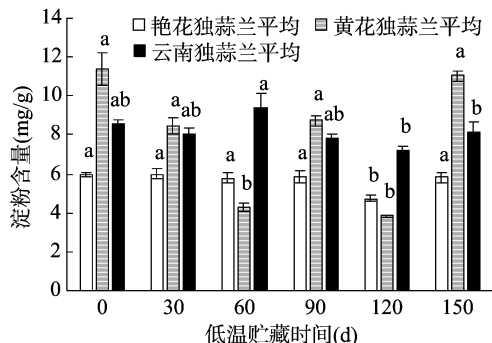


图2 低温贮藏过程不同独蒜兰淀粉含量变化

2.1.3 蔗糖含量变化 由图 3 可知,3 种独蒜兰属植物在低温贮藏期间蔗糖含量基本呈上升趋势,处理前期云南独蒜兰蔗糖含量最高,为 0.45 mg/g,艳花独蒜兰和黄花独蒜兰含量相当,贮藏 150 d 时黄花独蒜兰最高,为 0.72 mg/g,其余 2 种含量相当。在贮藏 120 d 之前,艳花独蒜兰蔗糖含量无明显变化,贮藏 150 d 时显著升高,达到 0.48 mg/g;黄花独蒜兰含量在低温贮藏 90 d 时显著高于贮藏前,150 d 达到最高值;云南独蒜兰假鳞茎中蔗糖含量在 120 d 时显著高于 30、60、90 d 时,达 0.61 mg/g。

2.1.4 还原糖含量变化 由图 4 可知,3 种独蒜兰属植物中黄花独蒜兰在各贮藏时期还原糖含量最高,云南独蒜兰最低。艳花独蒜兰在贮藏 90 d 时显著高于 30 d;黄花独蒜兰在贮藏 30 d 时显著增加,达最大值,为 2.98 mg/g,30 d 后显著降低且保持不变;云南独蒜兰在低温贮藏期 150 d 时还原糖含量较处理 60、120 d 显著增加。

2.2 激素含量变化

2.2.1 IAA 含量变化 由图 5 可知,低温期间 3 种独蒜兰中艳花独蒜兰的 IAA 含量变化幅度最大,云南独蒜兰变化最

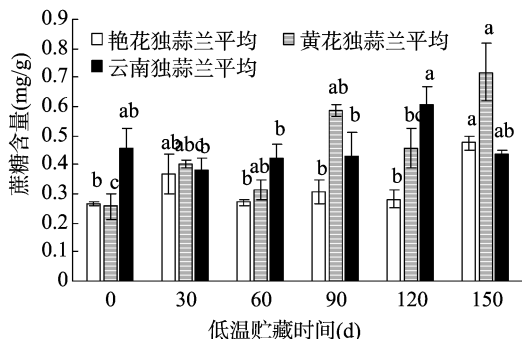


图3 低温贮藏过程不同独蒜兰蔗糖含量变化

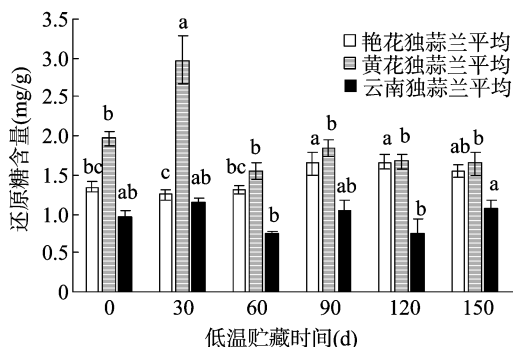


图4 低温贮藏过程不同独蒜兰还原糖含量变化

小;其中艳花独蒜兰呈波状变化,即先上升后下降再上升后下降,低温贮藏 60 d 时 IAA 含量显著高于处理初期水平,达到 96.17 ng/g FW,90 d 时 IAA 含量较 60 d 显著降低,120 d 时显著上升,150 d 时显著降低,相比处理初期未有明显变化,维持动态平衡;黄花独蒜兰在贮藏 120 d 时 IAA 含量显著高于贮藏 30 d 时,至 150 d 时与贮藏前水平相当;云南独蒜兰在贮藏 30、60 d 时较处理前期显著降低,贮藏 120 d 时较 60、90 d 时显著增加,150 d 时相比贮藏 120 d 时显著降低,呈单峰变化趋势。

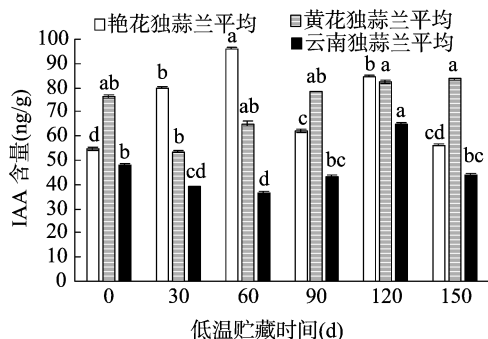


图5 低温贮藏过程不同独蒜兰 IAA 含量变化

2.2.2 ZR 含量变化 由图 6 可知,3 种独蒜兰属植物 ZR 含量相比于 IAA 含量较少。艳花独蒜兰贮藏前后 ZR 含量均最少,黄花独蒜兰贮藏前、后均最高。艳花独蒜兰在贮藏期间含量先升高后降低再升高又降低,呈波状变化,贮藏 120 d 时达最高值,为 9.68 ng/g FW,150 d 时显著降低,与处理初期水平相当;黄花独蒜兰在贮藏期间先下降后上升,贮藏 30 d 时显著降低,150 d 时显著升高,在低温贮藏期间维持动态平衡;云南独蒜兰在低温贮藏期间先降低再上升后降低,贮藏 30 d 时显著降低,60、90 d 时均显著上升,贮藏 90~120 d 时维持

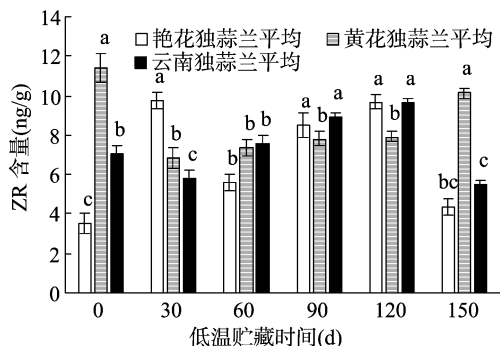


图6 低温贮藏过程不同独蒜兰 ZR 含量变化

较高水平,在 150 d 时 ZR 含量较贮藏前显著降低。

2.2.3 ABA 含量变化 由图 7 可知,3 种独蒜兰属植物在贮藏初期 ABA 含量相当,在贮藏 150 d 期间变化幅度不大。艳花独蒜兰贮藏 30 d 时含量显著增加,30 d 后未有明显变化;黄花独蒜兰贮藏 120 d 时达到峰值,为 49.94 ng/g FW,150 d 时显著降低;云南独蒜兰在贮藏前 60 d 时显著增加,150 d 时相较于贮藏 90 d 显著降低;贮藏 150 d 时云南独蒜兰含量最低,艳花独蒜兰和黄花独蒜兰相当。

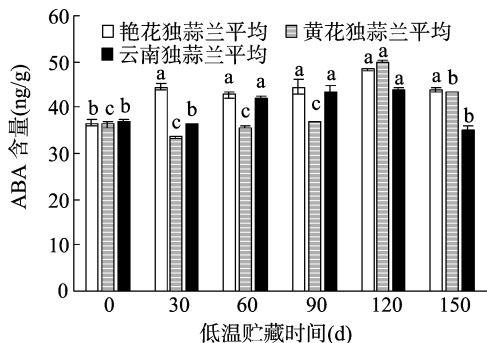
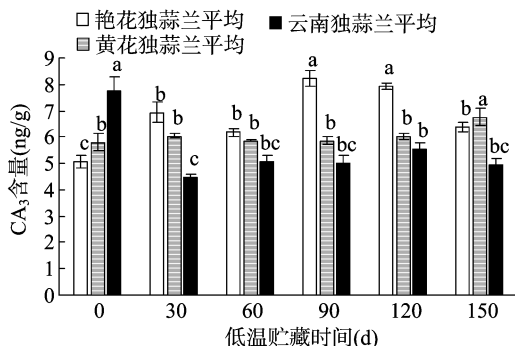


图7 低温贮藏过程不同独蒜兰 ABA 含量变化

2.2.4 GA₃ 含量变化 由图 8 可知,3 种独蒜兰属植物在贮藏期间 GA₃ 含量变化趋势均不相同,且 3 种独蒜兰 GA₃ 相较于 IAA、ABA 含量较少。艳花独蒜兰呈先增加后降低的变化趋势,贮藏 30 d 时显著增加,90 d 时较贮藏 30 d 增加显著,且达到最高水平,为 8.21 ng/g FW,贮藏 150 d 时显著降低;黄花独蒜兰在贮藏 150 d 后较贮藏前显著增加;云南独蒜兰 GA₃ 含量在贮藏 30 d 时显著降低,贮藏 120 d 时较 30 d 显著增加。

图8 低温贮藏过程不同独蒜兰 GA₃ 含量变化

3 讨论与结论

春花类独蒜兰在秋天落叶后进入休眠状态,未解除休眠

的假鳞茎种植后不能正常发芽,低温贮藏能够有效解除独蒜兰假鳞茎休眠。休眠期间,假鳞茎外部形态变化不明显,但其内部已发生着复杂的生理生化反应,其中碳水化合物是独蒜兰假鳞茎在低温期间积累的重要贮藏物质,也是休眠解除过程的信号物质,其代谢成为人们研究假鳞茎休眠与萌发的突破口^[5]。常见的可溶性碳水化合物有葡萄糖、果糖和蔗糖,淀粉是最常见的多糖^[6],其中淀粉和蔗糖是变态器官主要的积累形式^[7]。不同植物碳水化合物代谢存在差异,番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 果实和甘蔗 (*Saccharum officinarum*) 茎中主要是以蔗糖作为贮藏物质,而百合 (*Lilium sp.*) 鳞茎主要是以淀粉作为贮藏物质,其中可溶性糖的主要成分是蔗糖^[8]。Xia 等指出总可溶性糖含量的转折点可以作为休眠解除的生理标志^[9];Leyva 等探究东方百合 (*Lilium oriental hybrid*) 冷藏解除休眠时与可溶性糖含量变化关系,表明可溶性总糖含量变化标志着百合休眠解除^[10]。本试验在低温贮藏过程中艳花独蒜兰、黄花独蒜兰和云南独蒜兰的可溶性糖含量均存在显著的升高趋势,蔗糖在可溶性糖中占比高,3 种独蒜兰蔗糖含量在低温贮藏期间与可溶性糖含量变化趋势一致,总体呈明显的上升趋势,与刘艳萍研究百合鳞茎低温过程中可溶性碳水化合物含量提高的结果^[11]相一致。艳花独蒜兰可溶性糖含量在贮藏 90 d 时达到峰值,黄花独蒜兰 30 d 时即上升至最高值,云南独蒜兰 150 d 时才达到最大值。前人研究表明,可溶性糖含量达到峰值为种球打破休眠的临界点,由此可知,3 种独蒜兰解除休眠所需时间长度为云南独蒜兰 > 艳花独蒜兰 > 黄花独蒜兰。笔者所在课题组前期以艳花独蒜兰、黄花独蒜兰和云南独蒜兰为研究对象,探讨 3 种独蒜兰形态变化与蛋白变化之间的关系,发现它们在贮藏 60 ~ 90 d 时新芽开始萌动且 POD 活性降低,贮藏 120 ~ 150 d 新芽伸长^[12],与本试验可溶性糖含量升高趋势相符,表明新芽开始萌动及伸长过程中可溶性糖大量积累。其中,黄花独蒜兰在贮藏各时期可溶性糖含量最高,云南独蒜兰各时期可溶性糖含量最低,可能与其休眠深度相关,初步猜测是不同种之间的差异,具体原因还需进一步研究。

淀粉是百合鳞茎内主要的贮藏物质,低温打破百合鳞茎休眠的过程中会发生“低温糖化”作用,即淀粉大量水解,同时可溶性糖积累^[8]。植物在低温条件下为了维持正常的生理代谢活动,必须不断消耗贮藏养分。3 种独蒜兰在低温贮藏期间可溶性糖、蔗糖以及还原糖含量均呈现上升趋势,仅淀粉含量明显下降。艳花独蒜兰和云南独蒜兰在贮藏 120 d 淀粉含量显著下降,二者可溶性糖含量在低温贮藏 150 d 显著上升;黄花独蒜兰在低温贮藏 60 d 降低显著,其蔗糖含量在低温贮藏 90 d 上升显著,3 种独蒜兰淀粉含量变化趋势与可溶性糖变化趋势正好相反,这与滕惠兰等研究的冷藏期台湾独蒜兰淀粉和可溶性糖变化趋势^[13]一致,与本课题组前期研究结果 4℃ 低温冷藏 60 ~ 90 d 时新芽开始萌动相符,表明在新芽萌动期间淀粉大量水解成可溶性糖为其生命活动提供能量。这与台湾独蒜兰假鳞茎肥大过程中淀粉和可溶性糖含量变化趋势^[14]正好相反。研究表明,贮藏器官在低温下常导致可溶性碳水化合物的积累^[15]。由此可知,独蒜兰假鳞茎的主要贮藏物质是淀粉,这与百合鳞茎贮藏物质相一致。

内源激素天然存在于植物内。目前,人们广泛地认为植

物的休眠是由植物内源激素所调控的,是内源抑制物和促进物之间平衡的结果^[11]。一般认为,植物内源激素赤霉素(GA_3)、吲哚乙酸(IAA)和玉米素核苷(ZR)为生长促进型激素,而脱落酸(ABA)为生长抑制型激素。赤霉素(GA)是被广泛证实的萌发促进物,主要生理作用是促进茎的伸长,此外,还有打破休眠、促进种子发芽以及诱导植物开花的作用。低温诱导百合鳞茎,随着低温处理时间的延长,鳞片中 GA 类物质的活性逐渐提高,鳞茎萌发时间缩短^[16]。生长素(IAA)主要生理作用是促进侧根和不定根的形成,促进胚芽鞘和茎的生长^[17];玉米素核苷(ZR)是植物体内存在的一种天然的游离态细胞分裂素,有研究表明,ZR可能是促进百合鳞茎萌发的因素之一^[18];植物体内的脱落酸(ABA)是被广泛证实的萌发抑制物,在逆境条件下会迅速增多,有促进休眠、抑制萌发的作用^[19]。

3种独蒜兰在低温贮藏期间内源激素IAA、 GA_3 、ABA、ZR含量均发生了明显的变化,说明独蒜兰假鳞茎的休眠并非单纯取决于某一促进物或抑制物含量的高低,而是包括4种内源激素在内的多种因素共同作用的结果。4种激素的变化趋势明显反映出低温下假鳞茎休眠解除的过程。3种独蒜兰IAA、 GA_3 、ABA含量在低温期间均呈现明显的增加趋势,ZR含量呈现波状变化。其中IAA和 GA_3 变化趋势与可溶性糖变化趋势相一致,艳花独蒜兰中IAA和 GA_3 在低温贮藏90~120 d均显著增加;黄花独蒜兰IAA和 GA_3 在低温贮藏120~150 d显著增加;云南独蒜兰IAA和 GA_3 在低温贮藏120 d显著增加,由此可知内源IAA和 GA_3 对3种独蒜兰假鳞茎休眠的解除有促进作用;3种独蒜兰中ABA含量的变化幅度较小,在贮藏60 d前,即新芽未开始萌动时,三者的ABA含量均显著增加,当可溶性糖含量变化出现转折,即休眠开始解除时,仅黄花独蒜兰ABA含量呈现显著降低,艳花独蒜兰和云南独蒜兰二者无显著变化,可见ABA在独蒜兰属低温贮藏前期有显著的促进休眠的作用,这与郑国生等证实ABA是促进牡丹芽体休眠,解除休眠的抑制物^[20]相一致。但本研究中证实ABA并不是独蒜兰属植物解除休眠的主要物质;3种独蒜兰中ZR含量相比IAA、ABA较少,在其蔗糖含量显著增加时,对应3种独蒜兰ZR含量均明显降低,与IAA和 GA_3 作用效果相反,存在负相关性,少量的ZR含量即对独蒜兰假鳞茎的休眠解除有较大的影响,证明了ZR是独蒜兰属植物解除休眠的主要抑制物,与孙红梅等研究的低温期间百合鳞茎内ZR与IAA、ABA呈现显著的负相关性结论^[18]一致。

艳花独蒜兰、黄花独蒜兰和云南独蒜兰4℃低温贮藏下以其可溶性总糖含量达到峰值作为其休眠解除的依据,则3种独蒜兰休眠解除所需时间长度为云南独蒜兰>艳花独蒜兰>黄花独蒜兰;3种独蒜兰在新芽开始萌动及伸长过程中淀粉大量水解,可溶性糖大量积累,维持其生理代谢活动,表明淀粉是独蒜兰属假鳞茎的主要贮藏物质;内源激素IAA、 GA_3 、ABA和ZR共同作用调节独蒜兰属假鳞茎休眠,其中IAA和 GA_3 是休眠解除的主要促进物,ABA是主要的休眠促进物质,与IAA和 GA_3 作用效果相反,是独蒜兰属植物解除休眠的主要抑制物。

致谢:感谢李淑娴硕士研究生在样品采集和测定过程中给予的帮助。

参考文献:

- [1] Flora of China Editorial Committee. Flora of China, 25[M]. Beijing: Science Press, 1999: 325–333.
- [2] 刘虹, 吴瑞云, 陈雁. 独蒜兰[J]. 生物学通报, 2010, 45(12): 50.
- [3] 李晖. 台湾一叶兰之生长习性与生产[J]. 台湾省农业试验所特刊第14号, 1984: 53–64.
- [4] 王晶英, 敖红, 张杰, 等. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003: 12–13.
- [5] 刘芳, 陈业雯, 李丹丹, 等. 细叶百合低温解除休眠过程中鳞茎内糖分及相关酶的研究[J]. 草业学报, 2016, 25(5): 60–68.
- [6] 耿兴敏, 裴建宇, 王良桂. 球根花卉花粉萌发过程中糖类物质及相关酶活性的变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(4): 34–38.
- [7] 钱树林, 何秀丽, 义鸣放. 唐菖蒲籽球发育特点及其碳水化合物代谢变化[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(2): 34–39.
- [8] 涂淑萍, 穆鼎, 刘春. 百合鳞茎低温解除休眠过程中的生理生化变化研究[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(3): 404–407.
- [9] Xia Y P, Huang C H, He G F, et al. Changes of carbohydrates metabolism and enzymes activities in low temperature storage for bulbs of *Lilium oriental hybrids* [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(3): 571–576.
- [10] Leyva A, Jarillo J A, Salinas J, et al. Low temperature induces the accumulation of phenylalanine ammonia-lyase and chalcone synthase mRNAs of *Arabidopsis thaliana* in a light-dependent manner[J]. Plant Physiology, 1995, 108(1): 39–46.
- [11] 刘艳萍. 百合鳞茎低温解除休眠过程中生理生化变化研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.
- [12] 江鸣涛, 李云霞, 张艺祎, 等. 低温贮藏期间3种独蒜兰形态及生理变化研究[J]. 中国科技论文在线, 2016.
- [13] 滕蕙兰, 李晖, 蔡牧起. 球茎熟度、贮温与贮期对台湾一叶兰开花与碳水化合物含量之影响[J]. 中国园艺, 1985, 31(3): 174–187.
- [14] 刘美蓉, 李晖. 海拔高度对台湾一叶兰生长及碳水化合物含量之影响[J]. 科学发展, 1983(11): 1208–1218.
- [15] Shin K S, Chakrabarty D, Paek K Y. Sprouting rate, change of carbohydrate contents and related enzymes during cold treatment of lily bulblets regenerated *in vitro* [J]. Scientia Horticulturae, 2002, 96(1/2/3/4): 195–204.
- [16] 孙红梅, 李天来, 李云飞. 低温解除休眠过程中百合鳞茎不同部位内源激素的变化[C]//中国观赏园艺研究进展: 2004全国观赏植物多样性及其应用研讨会论文集. 北京: 中国林业出版社, 2004: 403–409.
- [17] 孙梦. 生长素在小立碗蕨生长发育过程中作用的初步探究[D]. 上海: 华东师范大学, 2015.
- [18] 孙红梅, 李天来, 李云飞. 低温解除休眠过程中兰州百合鳞茎酚类物质含量及相关酶活性变化[J]. 中国农业科学, 2004, 37(11): 1777–1782.
- [19] 王丽萍, 李志刚, 谭乐和, 等. 植物内源激素研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(4): 1912–1914.
- [20] 郑国生, 盖树鹏, 盖伟玲. 低温解除牡丹芽休眠进程中内源激素的变化[J]. 林业科学, 2009, 45(2): 48–52.