

不同温度下卵叶韭更新芽内源激素的动态变化

陈远平 杨文钰* 任万军 樊高琼

(四川农业大学农学院, 四川雅安 625014)

摘要: 运用高效液相色谱法测定了 3 种不同温度下卵叶韭更新芽内源激素的动态变化。结果表明:

(1) 卵叶韭更新芽休眠完全解除必需经过一段时间的冷温处理, 且冷温积累量与休眠解除程度和植株长势呈正相关趋势; (3 ± 1) 处理不少于 92 d 可完全解除休眠, 而 $5 \sim 12$ 、 (20 ± 1) 处理均不能完全解除休眠。(2) 贮藏 31 d 后, (3 ± 1) 和 $5 \sim 12$ 处理的 GA_3 和 ZT 含量上升, ABA 含量下降, 其中 (3 ± 1) 处理的上升和下降幅度更大, 解除休眠所需时间更短; 而 (20 ± 1) 处理在鳞茎干枯腐烂前 GA_3 和 ZT 含量下降, ABA 含量上升, 更新芽不能萌发。(3) 卵叶韭更新芽休眠过程可分为预休眠、真休眠和强制休眠 3 个阶段, 其中预休眠阶段更新芽的 GA_3 、ZT、ABA 和 IA 含量居中; 真休眠阶段更新芽的 GA_3 和 ZT 含量较低, ABA 含量较高, IA 含量较高或居中; 强制休眠阶段更新芽的 GA_3 、ZT 含量达最大值, IA 含量略有增加, ABA 含量降至最小值。(4) 卵叶韭更新芽休眠的解除可能主要受控于内源激素 GA_3 、ABA 的含量水平和 GA_3 /ABA 比值, 当 GA_3 /IA 比值大于 16.59 ± 3.90 时, 卵叶韭更新芽的休眠就可能完全解除, 此外 ZT 也对萌发起着一定的作用。

关键词: 卵叶韭; 温度; 更新芽; 休眠; 内源激素

中图分类号: S 633 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 06-1219-06

Dynamic Changes of Endogenous Hormones in *Allium ovalifolium* Regeneration Buds from Dormancy to Sprouting under Different Temperatures

Chen Yuanping, Yang Wenyu*, Ren Wanjuan, and Fan Gaoqiong

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

Abstract: The changing rules of endogenous hormones in the regeneration buds of *Allium ovalifolium* during the period from dormancy to sprouting treated with different temperatures were determined by HPLC. The results indicated that: 1) To relieve dormancy of regeneration buds of *Allium ovalifolium* required a proper period of low temperature treatment, and the accumulation of low temperatures showed a positive and marked effect on both the degree of dormancy relieving and the growing performance of the plants. A treatment of (3 ± 1) for no less than 92 d could relieve dormancy completely but treatments of $5 \sim 12$ and (20 ± 1) could not relieve dormancy efficiently. 2) The contents of GA_3 and ZT increased and the contents of ABA decreased after storage of buds at (3 ± 1) and $5 \sim 12$ for 31 d, among which the contents of GA_3 , ZT and ABA treated with (3 ± 1) changed remarkably, resulting in a shorter period to relieve dormancy. The dormancy could not be relieved at (20 ± 1) treatment due to the increasing of ABA and the decreasing of GA_3 and ZT contents before its bulb drying rot. 3) The dormancy process of regeneration buds could be divided into three phases as pre-dormancy, real dormancy and forced dormancy. In the period of pre-dormancy, the contents of GA_3 , ZT, ABA and IA were normal. In the period of real dormancy, the contents of GA_3 and ZT were low, and the contents of IA were not stable, but the contents of ABA were high. In the period of forced dormancy, the contents of GA_3 and ZT reached the highest and the contents of ABA dropped to the lowest with a little increase of IA. 4) Dormancy relieving might be controlled mainly by the contents of GA_3 and ABA and the ratios of GA_3 to ABA. A ratio of GA_3 /ABA 16.59 ± 3.90 could relieve the dormancy of the regeneration buds completely. Moreover, the contents of ZT might also play a certain role in relieving dormancy.

Key words: *Allium ovalifolium*; Temperature; Regeneration buds; Dormancy; Endogenous hormones

收稿日期: 2006-01-09; 修回日期: 2006-04-24

基金项目: 四川省重大攻关项目 (04NG020-017)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: chyp-1979@163.com)

卵叶韭 (*Allium ovalifolium* Hand-Mazz) 俗称鹿耳韭, 百合科葱属多年生草本植物, 作为蔬菜以嫩叶、花茎和花器供食用, 仅东亚地区分布, 我国则集中分布在海拔 1 500 ~ 2 500 m 的横断山区^[1]。其富含蛋白质、维生素 C、多种必需氨基酸和矿物质^[2]等营养成分, 还具有健胃、预防贫血、降压、减肥、安神等多种药用功能^[2]。卵叶韭作为野菜的市场需求巨大, 而野生卵叶韭资源相当有限, 卵叶韭主要以鳞茎分蘖方式繁殖, 地上部分逐年更新, 而每个更新芽生活的全过程在正常条件下为 3 年。每年 5 月中旬至 6 月上旬地上部分枯萎前后, 更新芽分化开始并萌生 1 个或 2 个新的腋芽原基, 8 月中旬更新芽分化完成后有进一步增长, 9 月下旬以后更新芽和腋芽原基的生长均极为缓慢, 进入冬季休眠期, 翌年 3 月下旬更新芽萌发出土。卵叶韭分蘖形成的更新芽休眠解除需要一定时间冷温处理, 且植株长势与冷温积累量有关。目前国内外对卵叶韭更新芽休眠的研究尚处于空白。作者研究不同温度下卵叶韭更新芽内源激素的动态变化, 旨在弄清其休眠的生理原因, 以期能为卵叶韭资源保护、引种栽培和周年生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2004 年 10 月 ~ 2005 年 5 月在四川农业大学教学农场进行。卵叶韭 2004 年 10 月 5 日取自四川天全县小河乡海拔 2 180 m 处的八黄平试验点。选取鳞片抱合紧密, 无病虫害, 无损伤, 大小基本一致的鳞茎, 2004 年 10 月 10 日分别拌土贮藏于 (3 ± 1) 、 (20 ± 1) 的智能气候箱和 5 ~ 12 自然环境中。土壤均为腐殖土, pH 6.0, 有机质含量 15.05% ~ 16.76%, 含水量保持在 70% 左右, 空气湿度保持在 80% ~ 90%。10 月至翌年 3 月每 30 d 或 40 d 取样 1 次, 每次每处理取 10 个鳞茎, 重复 3 次, 取样后放在 (20 ± 1) 的发芽箱中观察长势; 另外各处理每次取更新芽 10 个, 切碎后混合取样, 准确称取更新芽约 1.0 g (精确到 0.1 mg), 每个样品重复 3 次, 液氮速冻 20 min 后放在 -86 超低温冰箱中以备内源激素测定。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 休眠阶段的划分 根据各处理长势即株高、叶长和叶宽, 休眠解除程度^[3~5]划分为预休眠、真休眠和强制休眠 3 个阶段, 预休眠是由于日长变短和 5 左右或低于 5 的低温所引起; 真休眠是植物抵抗低温避免在寒潮中受到伤害的自我保护的表现; 强迫休眠是因温度等恶劣天气条件因子引起植物生长趋向缓慢甚至停止的状态。

1.2.2 内源激素的测定 采用高效液相色谱法 (HPLC) 测定赤霉素 (GA_3)、吲哚乙酸 (IAA)、脱落酸 (ABA) 和玉米素 (ZT), 提取和测定均按陈远平等^[6]的操作方法进行。

2 结果与分析

2.1 不同温度处理卵叶韭更新芽休眠期及 (20 ± 1) 下的长势

从表 1 可知, (3 ± 1) 处理的卵叶韭更新芽经 134 d 后自然萌发, 5 ~ 12 处理的需经过 163 d, 而 (20 ± 1) 处理始终不萌发, 最后干枯腐烂, 表明卵叶韭更新芽分化完成后到萌发必需一定时间的冷温处理, 且有效冷温有一定上限, 其中 (3 ± 1) 、5 ~ 12 处理在有效冷温上限之内, 而 (20 ± 1) 处理超出了有效冷温的上限。在有效冷温范围内, 温度越低, 萌发所需时间越短。

从表 2 可知, 株高、叶长、叶宽均随贮藏温度升高而降低、随处理时间延长而增大, 即有效冷温积累量与解除休眠程度和长势呈明显正相关趋势。 (3 ± 1) 处理 61 d 时更新芽萌发, 但株高、叶长、叶宽均显著低于该处理 92 d 时的株高、叶长和叶宽表现为休眠解除不完全; 处理 92 d 可完全解除休眠, 此温度下继续贮藏, 株高、叶长、叶宽增长不再显著。5 ~ 12 处理 131、161 d 能使更新芽萌发, 但长势与 (3 ± 1) 处理 61 d 相似, 仍为休眠解除不完全。 (20 ± 1) 处理自始至终不能萌发。

表 1 不同温度处理下卵叶韭更新芽休眠期和休眠阶段的划分

Table 1 The dormant period and stage of regeneration buds of *Allium ova lifolium* under different temperatures

温度 Temperature ()	初始日期 Treated date	自然萌发 Sprouting	处理 ~萌发所历天数 Domancy - sprouting (d)	预休眠期 Pre-domancy	真休眠期 Real domancy	强制休眠期 Forced domancy
3 ±1	2004 - 10 - 10	2005 - 02 - 24	134	10 - 10 ~ 10 - 11	11 - 01 ~ 01 - 15	01 - 05 ~ 02 - 24
5 ~ 12	2004 - 10 - 10	2005 - 03 - 22	163	10 - 10 ~ 10 - 11	11 - 01 ~	-
20 ±1	2004 - 10 - 10	-	-	10 - 10 ~ 10 - 11	-	-

注：“-”表示腐烂干枯。
Note：“-” means dry rot

根据不同温度和时间处理的卵叶韭更新芽在 20 °C 下的植株长势，卵叶韭更新芽的休眠过程可分为预休眠、真休眠和强制休眠 3 个阶段（表 1，表 2），经（3 ±1）、5 ~ 12 和（20 ±1）处理初期均出现暂时生长现象，表现为预休眠阶段，持续时间约 30 d。（3 ±1）处理 2 个月可发芽，但长势极弱，当处理时间超过 3 个月时，更新芽既可发芽，且长势较强，更新芽预休眠结束后至完全解除休眠为真休眠阶段，（3 ±1）处理下真休眠时间为 60 d 左右；5 ~ 12 °C 处理 4 个多月后能发芽，但长势弱，处理 5 个多月后鳞茎自然萌发，长势仍弱，说明卵叶韭更新芽在此温度下真休眠不能完成，即休眠不能完全解除。（3 ±1）处理 4 个多月后自然萌发，且长势强，完全解除休眠后至自然萌发为强制休眠阶段。（20 ±1）处理自始至终不能萌发，不存在真休眠和强制休眠两个阶段。

2.2 不同温度处理后内源激素含量的动态变化

由图 1 可知，贮藏期间，（3 ±1）处理的 IAA 含量在 131 d 内基本恒定，萌发时略有上升；

表 2 不同温度和时间处理卵叶韭鳞茎在（20 ±1）°C 下的植株长势

Table 2 Effects of different temperatures and days on growing performance of plants of *Allium ova lifolium* bulbs at (20 ±1) °C

贮藏天数 Storage days (d)	温度 Temperature ()	株高 Plant height (cm)	叶长 Leaf length (cm)	叶宽 Leaf width (cm)
0	3 ±1	1.34 ±0.17	0	0
	5 ~ 12	1.35 ±0.11	0	0
	20 ±1	1.34 ±0.08	0	0
31	3 ±1	2.93 ±0.24	0	0
	5 ~ 12	1.83 ±0.18	0	0
	20 ±1	1.34 ±0.08	0	0
61	3 ±1	17.29 ±2.63	11.06 ±1.84	3.96 ±0.81
	5 ~ 12	2.53 ±0.23	0	0
	20 ±1	1.34 ±0.08	0	0
92	3 ±1	37.70 ±2.50	15.49 ±2.16	6.20 ±1.09
	5 ~ 12	2.82 ±0.43	0	0
	20 ±1	-	-	-
131	3 ±1	39.11 ±3.28	16.99 ±2.48	6.78 ±1.44
	5 ~ 12	8.31 ±0.72	4.63 ±1.02	1.65 ±0.49
	20 ±1	-	-	-
161	3 ±1	/	/	/
	5 ~ 12	15.02 ±2.67	11.04 ±1.17	3.30 ±0.52
	20 ±1	-	-	-

注：“-”表示腐烂干枯；“/”表示处理结束。
Note：“-” means dry rot; “/” means treatment ending

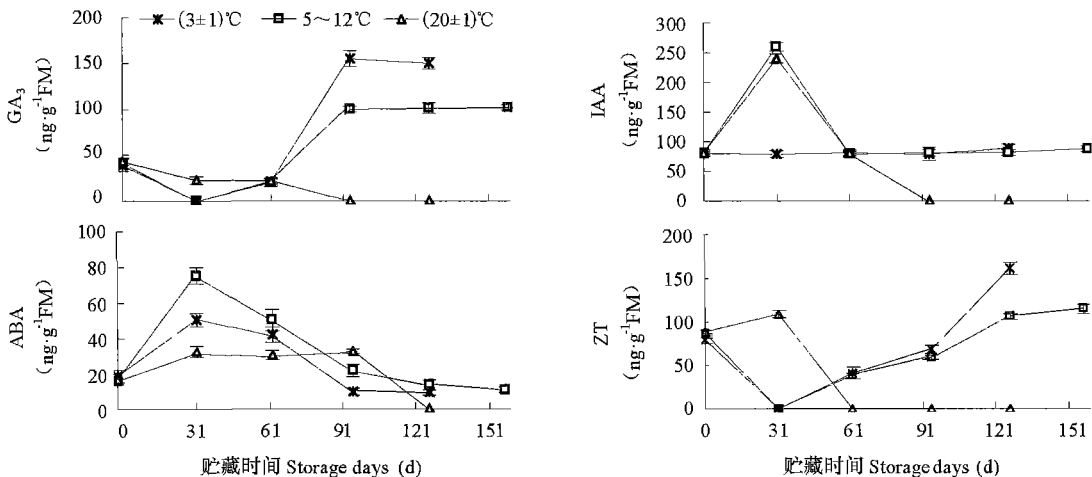


图 1 不同温度处理后内源激素的变化

Fig 1 Changes of endogenous hormones in *Allium ova lifolium* regeneration buds stored at different temperatures for different days

5~12℃处理31 d时升至最大值,到61 d又下降至最初含量水平,61 d后基本恒定,萌发时略有上升;(20±1)℃处理31 d时升至最大值,随后迅速下降,92 d时降至0。结果表明IAA在温暖的环境中,伴随更新芽的暂时生长结束,含量迅速上升,表现出抑制作用;在有效冷温处理中,更新芽解除休眠时,IAA含量略有上升,表现为促进萌发作用。

GA₃含量在(3±1)℃和5~12℃处理31 d时降至0,31~91 d先略有上升,后迅速上升,92 d后GA₃含量增长缓慢,其中(3±1)℃的GA₃含量增长量极显著高于5~12℃,且萌发时前者的GA₃含量也极显著高于后者;(20±1)℃处理的GA₃含量在131 d内持续缓慢下降,92 d时降至0。

ZT含量在(3±1)℃和5~12℃处理31 d时显著下降至0,31 d后两者均极显著上升,其中(3±1)℃上升较5~12℃更快;(20±1)℃处理的ZT含量初期略有上升,31 d后极显著下降,至61 d时下降至0。

ABA含量在各处理初期均显著升高,31 d后(3±1)℃和5~12℃处理均持续下降,其中前者到92 d时降至较低水平,而后者到161 d时才达最低。(20±1)℃处理的ABA含量61~92 d基本不变,到鳞茎干枯腐烂前均显著高于(3±1)℃和5~12℃处理的。

贮藏31 d后,(3±1)℃和5~12℃处理的GA₃和ZT含量上升,ABA含量下降,其中(3±1)℃上升和下降幅度更大;而(20±1)℃处理在鳞茎干枯腐烂前GA₃、ZT含量均下降,ABA含量上升,说明在解除休眠的有效冷温范围内,处理温度越低,GA₃、ZT含量上升和ABA含量下降得越快;而高于有效冷温上限温度,促进生长的内源激素GA₃和ZT含量均下降,抑制生长的内源激素ABA含量反而上升,所以(20±1)℃处理的卵叶韭更新芽不能解除休眠。

另外在卵叶韭更新芽休眠解除过程中,GA₃、ZT和ABA含量上升下降显著,而IAA含量变化不大,因此,解除更新芽休眠的GA₃、ABA和ZT可能比IAA起着更重要的作用。卵叶韭更新芽各休眠阶段与相对应激素变化如下:预休眠阶段(0~31 d)表现为GA₃和ZT含量逐渐下降,而ABA含量上升,IAA含量上升或基本不变;真休眠阶段(22~92 d)表现为GA₃和ZT含量又逐渐上升,ABA含量上升后再下降,IAA含量上升后再下降或基本不变;强制休眠阶段(84~134 d),GA₃含量升至最大值后略下降,ZT含量继续上升至最大值,IAA含量略有上升,ABA含量下降至最小值。

2.3 不同温度处理后内源激素比值的变化

由图2可以看出,(3±1)℃处理92 d卵叶韭更新芽休眠完全解除时,GA₃/ABA比值为16.59±3.90,ZT/ABA比值为7.24±0.91,IAA/ABA比值为8.24±0.78;5~12℃处理直到161 d自然萌发时,ZT/ABA比值为11.36±1.53,IAA/ABA比值为8.31±1.14,尽管明显大于(3±1)℃处理92 d的ZT/ABA和IAA/ABA比值,但GA₃/ABA比值显著低于(3±1)℃处理92 d的比值,所以5~12℃处理的卵叶韭更新芽表现出萌发但长势弱,即指休眠解除不完全;而(20±1)℃处理的GA₃/ABA、ZT/ABA和IAA/ABA比值均逐

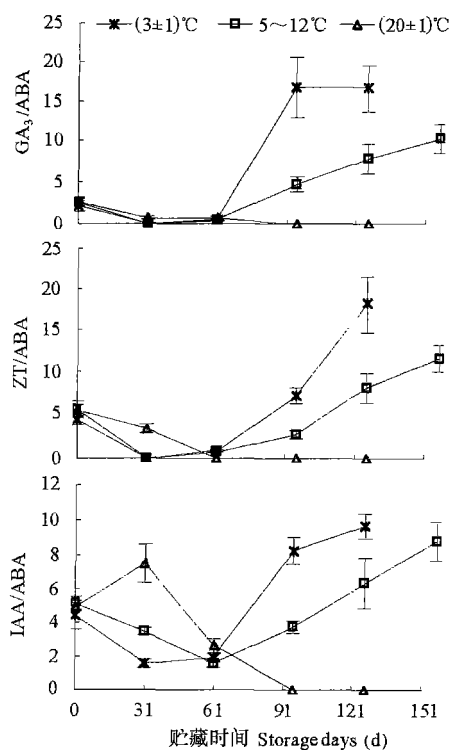


图2 不同温度处理下GA₃/ABA、ZT/ABA和IAA/ABA比值的变化

Fig. 2 The variation of GA₃/ABA, ZT/ABA and IAA/ABA in *Allium ovalifolium* regeneration buds stored at different temperatures for different days

渐降至 0, 因此仅表现出暂时生长而始终未能萌发。基于以上结果, 当 GA_3/ABA 比值约大于等于 16.59 ± 3.90 , 卵叶韭更新芽休眠可能被诱导完全解除。此外, GA_3/ABA 与 ZT/ABA 和 IAA/ABA 相比, GA_3/ABA 在解除休眠过程中可能起着更重要的作用。

3 讨论

许多鳞茎类植物解除休眠都需要经过一段时间的冷温积累, 冷温解除休眠不仅需要足够的温度, 而且还要持续一定的时间^[7~9], 且解除休眠的最有效方法是冷温处理^[10, 11], 如郁金香^[12]、百合^[13]、伊贝母^[14, 15]等; 若冷温处理不足, 会导致植株采收整齐度差, 甚至不能解除休眠^[12], 另外解除休眠的有效冷温有一定的上限, 如矢岛^[16]的研究发现: 百合种球解除休眠的有效温度上限为 15°C , 15°C 以上的温度是无效的。

卵叶韭腋芽形成更新芽后, 需经过一段时间的冷温处理后才能解除休眠, 且冷温积累量与休眠解除程度和植株长势呈正相关趋势, 其中 $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ 处理更新芽休眠完全解除至少需要 92 d; 若冷温积累量不足, 休眠解除不完全, 表现为不萌发或萌发但长势弱, 如 $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ 处理 61 d, $5 \sim 12^\circ\text{C}$ 处理 131、161 d 的长势, 均表现为更新芽萌发但长势弱; 就本试验而言, 卵叶韭更新芽休眠完全解除的有效冷温应低于 12°C , 其具体上限温度有待进一步研究。

前人的研究成果表明, GA_3 和 ABA 是对休眠有重要作用的两种激素^[17], 孙红梅等^[18]对百合鳞茎研究证明内源激素 GA_3 和 ABA 水平与芽休眠之间存在极显著的相关性, ZT 也可能是促进萌发的因素, IAA 在鳞茎的休眠解除活动中作用不大。

目前内源激素与休眠的研究主要还是集中在种子方面, 而对变态器官的休眠研究仍较薄弱。本文从内源激素的角度分析了卵叶韭更新芽必需通过一定时间的有效冷温处理。本研究结果表明, $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $5 \sim 12^\circ\text{C}$ 处理 31 d 后的 GA_3 和 ZT 含量上升, ABA 含量下降, 其中 $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ 处理上升和下降幅度更大, 解除休眠所需时间更短; 而 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 处理在鳞茎干枯腐烂前因为 GA_3 和 ZT 含量下降, 而 ABA 含量上升, 更新芽不能萌发。表明在有效冷温之内, 处理温度越低, 31 d 后 GA_3 、 ZT 含量上升和 ABA 含量下降得越快, 解除休眠所需时间更短。卵叶韭更新芽休眠的解除可能主要受控于内源激素 GA_3 、ABA 和 ZT 的含量和 GA_3/ABA 比值。 GA_3/ABA 比值决定更新芽休眠的开始与终止, 可能还存在临界阈值, 高于临界阈值, 便诱导解除休眠。当然, 休眠机理是受多种内外因素作用的复杂过程, 内源激素只是其中一个比较重要的方面, 其它因素及各因素的相互作用有待下一步研究。

有研究发现, 许多温带地区植物的芽都存在预休眠、真休眠和强制休眠 3 个阶段^[3~5]。亚高山植物卵叶韭也存类似的 3 个休眠阶段, 不同休眠阶段分别由 GA_3 、 IAA 、ABA 和 ZT 等多种内源激素协同作用制约, 且各休眠阶段和内源激素的动态变化相吻合。预休眠或拟休眠, 是由减少日长和冷温 (5°C) 所引起能被暂时的温暖所激活, 但即使给予温暖环境并不代表能解除休眠, 仅出现暂时生长现象, 此时的卵叶韭更新芽的 GA_3 、 ZT 、ABA 和 IAA 含量居中。真休眠或内源休眠经由一段时间冷温而达到的, 此时, 芽不再能被暂时的温暖所激活, GA_3 和 ZT 含量较低, ABA 含量较高, IAA 含量较高或居中。强制休眠或生态休眠是由环境强迫的强制性生长中断, 此时的芽已经完全解除休眠, 在适当环境条件下能正常的生长发育, GA_3 、 ZT 含量达最大值, IAA 含量略有增加, ABA 含量降至最小值。

参考文献:

- 1 王发缙, 唐进. 中国植物志 (第十四卷). 北京: 科学出版社, 1980. 204~205
Wang F Z, Tang J. Flora of China Vol 14. Beijing: Science Press, 1980. 204~205 (in Chinese)
- 2 段玉权, 佟世生, 冯双庆, 赵玉梅, 荣玉权. 绿色野菜卵叶韭. 中国果菜, 2002 (1): 31
Duan Y Q, Tong S S, Feng S Q, Zhao Y M, Rong Y Q. Green potherb: *Allium ovalifolium* Hand. Mazz. Fruit & Vegetable China, 2002 (1): 31 (in Chinese)

- 3 Walter Larcher 植物生态生理学 (第五版). 翟志席, 郭玉海, 马永泽, 柏长青译. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. 233 ~ 236
Walter Larcher Physiological plant ecology (Fifth Edition). Translated by Qu Z X, Ma Y Z, Bo C Q. Beijing: China Agricultural University Press, 2003. 233 ~ 236 (in Chinese)
- 4 Saure M C. Dormancy release in deciduous fruit trees Hort Rev , 1985 (7): 239 ~ 300
- 5 Lange O L, Beyschlag W, Tenhunen J D. Control of leaf carbon assimilation-input of chemical energy into ecosystems In: Schulze E D, Zwölfer H. Potentials and limitations of ecosystem analysis New York: Springer Press, 1987. 147 ~ 163
- 6 陈远平, 杨文钰. 卵叶韭休眠芽中 GA_3 、AA、ABA 和 ZT 的高效液相色谱法测定. 四川农业大学学报, 2005, 23 (4): 498 ~ 500
Chen Y P, Yang W Y. Determination of GA_3 , AA, ABA and ZT in dormant buds of *Allium ovalifolium* by HPLC. Journal of Sichuan Agricultural University, 2005, 23 (4): 498 ~ 500 (in Chinese)
- 7 Patrick L R, Clare W, Hanneke M F, Peter A B, Linus H W van der Plas, Peter J W, A Douwe de Boer. Low temperature sensing in tulip (*Tulipa gesneriana* L.) is mediated through an increased response to auxin. Journal of Experimental Botany, 2000, 51 (344): 587 ~ 594
- 8 Charles-Edwards D A, Rees A R. A simple model for the cold requirement of the tulip. Annals of Botany, 1974, 38: 155, 401 ~ 408
- 9 De Hertogh A A, Le Nard M. Tulipa In: De Hertogh A A, Le Nard M, eds The physiology of flower bulbs Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1993. 617 ~ 682
- 10 Gude H, Verbruggen J. Physiological markers for lily bulb maturity. Acta Hort , 2005, 517: 343 ~ 350
- 11 Langens G M, Hol T, Cröes T, Miller W, Hardin B, Klerk G J. Dormancy breaking in lily bulblets regenerated in vitro: effects on growth after planting. Acta Hort , 1997, 430: 429 ~ 136
- 12 Moe R, Wickström A. The effect of storage temperature on shoot growth, flowering and carbohydrate metabolism in tulip bulbs. Physiologia Pl , 1973, 28: 81 ~ 87
- 13 孙红梅, 李天来, 李云飞, 王建峰. 百合鳞茎低温处理效应初报. 沈阳农业大学学报, 2003, 34 (3): 169 ~ 172
Sun H M, Li T L, Li Y F, Wang J F. Effect of cold treatment on asiatic lily bulbs. Journal of Shenyang Agricultural University, 2003, 34 (3): 169 ~ 172 (in Chinese)
- 14 朱四易, 胡正梅, 宇文强. 伊贝母生长发育周期的研究. 植物学报, 1980, 22 (1): 22 ~ 26
Zhu S Y, Hu Z M, Yu W Q. Study on the annual periodicity of growth and development of *Fritillaria pallidiflora* Schrenk. Acta Botanica Sinica, 1980, 22 (1): 22 ~ 26 (in Chinese)
- 15 李春俭, 秦振栋. 低温处理过程中伊贝母鳞茎中若干生理生化变化与休眠解除的关系. 西北植物学报, 1987, 7 (1): 23 ~ 28
Li C J, Qin Z D. The relationship between physiological and biochemical changes and releasing dormancy of *Fritillaria pallidiflora* Schrenk during low temperature treatment. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 1987, 7 (1): 23 ~ 28 (in Chinese)
- 16 郭志刚, 张 伟. 切花生产技术丛书 (球根类). 北京: 清华大学出版社, 1999. 102 ~ 103
Guo Z G, Zhang W. Cut-flower production technologies series (com species). Beijing: Tsinghua University Press, 1999. 102 ~ 103 (in Chinese)
- 17 李宗霆, 周 燮. 植物激素及其免疫检测技术. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996. 179
Li Z T, Zhou X. Plant hormones and immunoassay technology. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1996. 179 (in Chinese)
- 18 孙红梅. 低温解除百合鳞茎休眠的效应及其生理生化机制研究: 博士论文 1 沈阳: 沈阳农业大学, 2003. 105 ~ 116
Sun H M. Effects of low temperature on dormancy release in lily bulb and its mechanism of physiology and biochemistry: [Ph. D. Dissertation] Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2003. 105 ~ 116 (in Chinese)