

## 研究报告 Original Papers

## 低温贮藏期间百合鳞茎中的游离氨基酸组分和含量变化

孙红梅 李天来\* 李云飞

沈阳农业大学园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳 110161

**提要** 百合鳞茎的游离氨基酸主要集中在顶芽和内部鳞片等幼嫩组织中, 含量最高、变化最大的是精氨酸。谷氨酸族的氨基酸在鳞茎代谢中起重要作用。顶芽的氨基酸总量及精氨酸含量随贮藏温度的升高而增加。贮藏过程中, 鳞茎盘的氨基酸含量下降, 顶芽和贮藏组织中其含量有明显升高的过程。贮藏前期 34 d 内游离氨基酸含量发生显著变化。

**关键词** 百合; 鳞茎; 休眠; 游离氨基酸

## Changes in Free Amino Acid Content and Composition in Lily Bulb Stored Under Cold Temperature

SUN Hong-Mei, LI Tian-Lai\*, LI Yun-Fei

Key Laboratory of Protected Cultivation, Liaoning Province, College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161

**Abstract** Free amino acids in lily bulb mostly existed in young organ such as terminal bud and inner scales, etc. Arginine was the most amino acid and changed greatly. Amino acids belong to glutamic acid family acted important effect during metabolism of lily bulb. Total amino acid and arginine in bud increased along with the increase of storage temperature. Total amino acid in basal plate decreased with prolonging of storage duration, but in top buds and storage organs had a marked increase. Free amino acid changed evidently in earlier 34 d of storage.

**Key words** lily; bulb; dormancy; free amino acid

百合的商品化栽培历史较短, 其鳞茎休眠的机制尚不清楚, 系统的研究很少。目前, 解除休眠的最有效方法是低温处理<sup>[1,2]</sup>。一般在叶黄以后起球, 放在 0~8℃ 的环境中 60~120 d 即可打破休眠<sup>[1,3]</sup>。作为植物体内重要的氮代谢中间产物的游离氨基酸, 其变化规律与植物的生理生化过程密切相关。关于低温贮藏期间百合鳞茎中氨基酸含量变化的报道尚少。为探讨游离氨基酸含量和组分在百合鳞茎休眠解除过程中的生理作用, 本文以兰州百合为试材, 对其鳞茎各部位在不同贮藏温度下的游离氨基酸和组分进行了定量分析。

## 材料与方

试验于 2002 年 10 月~2003 年 7 月进行。百合 (*Lilium davidii* var. *unicolor*) 地上植株枯萎以后采收种球, 去除地上茎, 选取鳞片抱合紧密、无病虫害、鳞茎盘无损伤、质量为 (26±1) g 的独头鳞茎, 清洗干净, 用 50% 多菌灵可湿性粉剂 500 倍液浸泡 30 min 后, 放入聚乙烯袋, 按每 10 个

鳞茎 1.5 L 的比例装入事先消毒、含水量为 70% 的锯末儿保湿, 分别放于 (2±0.5)、(6±0.5)、(10±0.5)℃ 的 ZPQ-350 型智能气候箱进行处理。处理过程中于 0、34、67 和 101 d 取样。各处理每次取鳞茎 20 个, 随机分成 3 组, 每组各鳞茎分成外部鳞片、中部鳞片、内部鳞片、鳞茎盘和顶芽 5 部分混合取样。

各部位样品在 70℃ 恒温箱中烘干至恒重后磨成粉末, 精确称取 0.02 g 样品, 加入 1.5 mL 5% 磺基水杨酸, 20℃ 下以 10 000×g 离心 20 min, 取上清液用 0.02 mol·L<sup>-1</sup> HCl 稀释 1~2 倍后, 用日立 835-10 型高速氨基酸自动分析仪测定游离氨基酸含量。

## 实验结果

## 1 游离氨基酸总量的变化

从图 1 可知: (1) 顶芽和内部鳞片的游离氨基

收稿 2003-10-13 修定 2003-12-24

\* 通讯作者 (E-mail: tianlai@mail.sy.ln.cn, Tel: 024-88421016)。

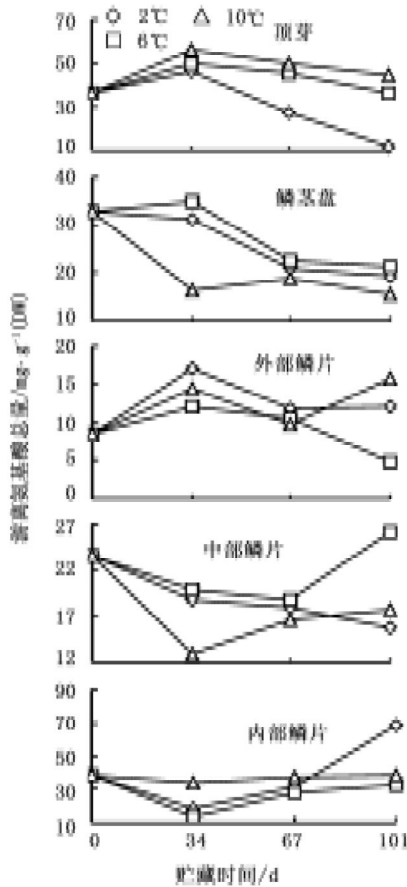


图1 不同温度贮藏过程中百合鳞茎各部位游离氨基酸总量的变化

Fig. 1 Changes in total free amino acid content in different parts of lily bulb stored at different temperatures

酸含量较高, 其次是鳞茎盘, 中部鳞片的含量略低于鳞茎盘, 外部鳞片含量最低。说明游离氨基酸主要集中在幼嫩器官中, 成熟器官和贮藏组织含量较低。(2) 顶芽中游离氨基酸含量随着贮藏温度的降低而下降。鳞茎盘中游离氨基酸含量以6°C下为最高, 2°C下次之。从不同贮藏时间来看, 前期的34 d内, 顶芽中游离氨基酸含量升高, 34 d后下降。鳞茎盘中游离氨基酸含量除10°C处理在34 d后略有回升外, 呈下降趋势。(3) 不同部位鳞片中氨基酸含量变化不一样。在贮藏前期的34 d内, 外部鳞片中游离氨基酸含量上升, 2°C下增加幅度较大, 10°C下次之, 34 d后呈下降趋势, 但在67 d后10°C下有所上升。中部和内部鳞片中氨基酸含量在贮藏前期下降, 但除2°C下中部鳞片以外中后期均升高。

## 2 顶芽中游离氨基酸组分和含量变化

低温贮藏过程中, 顶芽内共检测到15种游离氨基酸, 按照氨基酸含量和比例变化可以将其分为4类。第一类包括精氨酸、谷氨酸、脯氨酸和苏氨酸(表1), 特点是含量高、变化大。其中含量最高的是精氨酸, 在贮藏开始时(0 d)高达23.80 mg·g<sup>-1</sup>, 占顶芽内氨基酸总量的64.85%。整个贮藏过程中各处理的精氨酸含量几乎均占顶芽氨基酸总量的50%以上。精氨酸含量随着贮藏温度的升高而增加。从不同贮藏时间来看, 贮藏前期的34 d内, 精氨酸含量升高, 但占氨基酸总量的

表1 不同温度贮藏期间顶芽内游离氨基酸的含量变化

Table 1 Changes in free amino acid content in the bud of lily bulb stored at different temperatures

氨基酸	贮藏温度/°C	贮藏时间/d			
		0	34	67	101
精氨酸	2	23.80 (64.85)	24.90 (53.06)	11.06 (47.20)	6.06 (59.94)
	6	23.80 (64.85)	26.97 (54.20)	25.77 (54.27)	19.28 (53.29)
	10	23.80 (64.85)	36.36 (64.43)	28.34 (58.25)	25.19 (56.15)
谷氨酸	2	3.72 (10.13)	4.21 (8.97)	7.16 (30.56)	1.30 (12.86)
	6	3.72 (10.13)	8.07 (16.22)	7.52 (15.84)	6.06 (16.75)
	10	3.72 (10.13)	5.67 (10.05)	8.49 (17.45)	6.07 (13.53)
脯氨酸	2	2.57 (7.00)	2.04 (4.34)	5.33 (22.75)	0.68 (6.73)
	6	2.57 (7.00)	3.20 (6.43)	6.14 (12.93)	4.15 (11.47)
	10	2.57 (7.00)	6.20 (10.99)	6.32 (12.99)	3.30 (7.36)
苏氨酸	2	2.41 (6.56)	1.41 (3.00)	4.06 (17.33)	0.28 (2.77)
	6	2.41 (6.56)	4.01 (8.06)	3.29 (6.93)	2.69 (7.44)
	10	2.41 (6.56)	3.49 (6.18)	3.60 (7.39)	2.37 (5.28)

括号内数字为单个氨基酸与氨基酸总量之百分比。表2~5同。

比率下降, 而且温度越低, 下降越多。34 d后, 各个温度下的精氨酸含量呈下降趋势。谷氨酸、脯氨酸和苏氨酸的含量在贮藏过程中都呈先升高后下降的变化, 除6℃下的谷氨酸和苏氨酸最大值出现在贮藏后34 d外, 其余均在贮藏后67 d达最大值, 这几种氨基酸分别占氨基酸总量的百分比也达到最大值, 6℃和10℃下的含量除第67天的苏氨酸外明显高于2℃下的。第二类包括丝氨酸、丙氨酸和缬氨酸, 含量在0.5~1.0 mg·g<sup>-1</sup>之间, 在整个贮藏过程中略有升高, 以后下降。第三类氨基酸的含量在0.1~0.5 mg·g<sup>-1</sup>之间, 包括甘氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸, 在贮藏过程中除蛋氨酸和赖氨酸含量下降外, 其它几种氨基酸含量呈先升后降的变化。第四类包括酪氨酸和组氨酸, 含量甚微, 低于0.1 mg·g<sup>-1</sup>。

### 3 鳞茎盘内游离氨基酸组分和含量变化

鳞茎盘内含量高和变化大的氨基酸包括精氨酸、苏氨酸、丙氨酸、谷氨酸、脯氨酸和亮氨酸(表2)。与顶芽中相似, 其中含量最高的也是精氨酸, 占鳞茎盘内氨基酸总量的39.85%~63.28%。

除2、6℃下的精氨酸含量在贮藏前期的34 d略有升高外, 贮藏过程中呈下降趋势。苏氨酸含量除6℃下的在34 d时有所升高外, 基本上呈下降趋势。丙氨酸和脯氨酸含量在贮藏期间下降。谷氨酸和亮氨酸含量除2、6℃下的在初期34 d升高外, 其余则呈下降趋势。

鳞茎盘内含量在0.5~1.0 mg·g<sup>-1</sup>之间的氨基酸包括苯丙氨酸、丝氨酸、缬氨酸、异亮氨酸和赖氨酸。其中, 苯丙氨酸含量除10℃处理在34 d后有所上升外, 其余各处理呈下降趋势; 丝氨酸、缬氨酸和赖氨酸的含量在贮藏过程中下降, 而异亮氨酸含量则表现为先升后降的变化。

蛋氨酸、酪氨酸、组氨酸的含量很低, 变化也较小。甘氨酸含量极低。

### 4 鳞片中游离氨基酸组分和含量变化

鳞片中含量较多的有精氨酸、谷氨酸和脯氨酸。天冬氨酸含量也较高, 由外向内的鳞片中含量依次增大, 顶芽和鳞茎盘中未检测到天冬氨酸。由表3~5可以看出: (1)外部鳞片中精氨酸含量在贮藏前期的34 d内明显升高, 34 d后下降。中部鳞片的精氨酸含量呈下降趋势, 但6和10℃

表2 不同温度贮藏期间鳞茎盘内游离氨基酸的含量变化

Table 2 Changes in free amino acid content in the basal plate of lily bulb stored at different temperatures

氨基酸	贮藏温度/℃	贮藏时间/d			
		0	34	67	101
精氨酸	2	17.24(52.13)	17.67(56.44)	12.37(59.24)	10.96(57.08)
	6	17.24(52.13)	18.35(52.61)	12.79(60.33)	8.95(39.85)
	10	17.24(52.13)	10.22(63.28)	11.64(58.64)	7.27(47.79)
苏氨酸	2	3.05(9.22)	2.63(8.39)	2.07(9.91)	1.16(6.04)
	6	3.05(9.22)	3.49(10.00)	2.05(9.67)	2.52(11.22)
	10	3.05(9.22)	0.65(4.02)	2.10(10.57)	1.57(10.32)
丙氨酸	2	2.85(8.62)	1.94(6.19)	1.20(5.75)	1.81(9.43)
	6	2.85(8.62)	1.80(5.16)	1.09(5.14)	1.29(5.74)
	10	2.85(8.62)	0.82(5.08)	0.85(4.28)	0.75(4.93)
谷氨酸	2	1.49(4.50)	1.79(5.72)	1.20(5.75)	1.81(9.42)
	6	1.49(4.50)	1.76(5.04)	1.44(6.79)	1.87(8.32)
	10	1.49(4.50)	0.50(3.10)	1.06(5.34)	0.86(5.65)
脯氨酸	2	2.18(6.59)	0.75(2.39)	1.28(6.13)	0.65(3.38)
	6	2.18(6.59)	2.19(6.27)	0.81(3.82)	1.68(7.47)
	10	2.18(6.59)	0.48(2.97)	1.00(5.04)	0.23(1.51)
亮氨酸	2	1.13(3.42)	1.21(3.86)	0.37(1.77)	0.34(1.77)
	6	1.13(3.42)	1.43(4.09)	0.37(1.74)	0.97(4.32)
	10	1.13(3.42)	0.42(2.60)	0.47(2.36)	0.69(4.53)

mg·g<sup>-1</sup> (DW)

表3 不同温度贮藏期间外部鳞片中游离氨基酸的含量变化

Table 3 Changes in free amino acid content in the outer scales of lily bulb stored at different temperatures

氨基酸	贮藏温度/°C	贮藏时间/d			
		0	34	67	101
		mg·g <sup>-1</sup> (DW)			
精氨酸	2	1.89(22.58)	6.79(39.78)	4.05(37.19)	5.65(44.87)
	6	1.89(22.58)	6.27(51.35)	4.65(43.87)	1.32(28.57)
	10	1.89(22.58)	6.42(44.06)	2.71(28.17)	5.76(36.36)
脯氨酸	2	2.50(29.86)	4.51(26.42)	3.05(28.00)	2.08(16.52)
	6	2.50(29.86)	2.34(19.16)	2.65(25.00)	1.23(26.62)
	10	2.50(29.86)	4.59(31.50)	3.09(32.12)	5.26(33.20)
天冬氨酸	2	0.72(8.60)	0.85(4.98)	0.38(3.49)	0.71(5.64)
	6	0.72(8.60)	0.68(5.57)	0.43(4.06)	0.16(3.46)
	10	0.72(8.60)	0.62(4.26)	0.36(3.74)	0.38(2.39)
谷氨酸	2	0.61(7.28)	1.01(5.92)	0.68(6.24)	1.06(8.42)
	6	0.61(7.28)	0.73(5.97)	0.94(8.86)	0.52(11.25)
	10	0.61(7.28)	0.87(5.97)	0.83(8.62)	1.59(10.03)

表4 不同温度贮藏期间中部鳞片中游离氨基酸的含量变化

Table 4 Changes in free amino acid content in the middle scales of lily bulb stored at different temperatures

氨基酸	贮藏温度/°C	贮藏时间/d			
		0	34	67	101
		mg·g <sup>-1</sup> (DW)			
精氨酸	2	16.06(68.51)	11.96(63.96)	10.77(58.69)	9.07(57.41)
	6	16.06(68.51)	10.69(53.96)	10.42(55.39)	15.91(61.02)
	10	16.06(68.51)	8.27(63.96)	10.32(62.32)	11.13(62.88)
脯氨酸	2	2.40(10.23)	2.20(11.76)	2.28(12.43)	1.87(11.84)
	6	2.40(10.23)	3.47(17.51)	3.05(16.21)	3.16(12.12)
	10	2.40(10.23)	1.68(12.99)	2.65(16.00)	2.2(12.76)
谷氨酸	2	1.79(7.63)	1.59(8.50)	2.35(12.81)	2.11(13.35)
	6	1.79(7.63)	2.49(12.56)	2.70(14.35)	3.59(13.77)
	10	1.79(7.63)	1.16(8.97)	3.31(19.98)	2.08(11.75)
天冬氨酸	2	1.03(4.39)	1.19(6.36)	0.62(3.38)	1.46(9.24)
	6	1.03(4.39)	1.34(6.76)	0.86(4.57)	1.24(4.75)
	10	1.03(4.39)	0.56(4.33)	1.19(7.18)	0.76(4.29)

下, 分别在 101 和 67 d 有所回升。内部鳞片中精氨酸含量在前期的 34 d 内明显下降, 但精氨酸占氨基酸总量的百分比却明显升高; 34~101 d 范围内, 精氨酸呈升高趋势, 与氨基酸总量的比率变化不大。(2) 外部鳞片 2、10°C 下的脯氨酸含量在贮藏前期的 34 d 明显升高, 以后下降; 6°C 下的脯氨酸含量前期下降后上升, 在 67 d 达到峰值。中部鳞片的脯氨酸含量除 2°C 外在贮藏 101 d 内有升高过程; 2 和 6°C 下内部鳞片中脯氨酸含量在 34 d 时下降, 以后升高, 10°C 下表现为增加趋势。(3) 贮藏过程中, 各部位鳞片天冬氨酸含量的变化

不同。34 与 0 d 的外部鳞片差异不大, 但占总氨基酸的百分比明显下降, 34 d 后呈下降趋势。中部鳞片中天冬氨酸含量有所升高, 不同温度下出现最大值的时间不同。贮藏 34 d 内部鳞片中天冬氨酸含量明显下降, 101 d 回升。(4) 随着贮藏时间的延长, 外部、中部鳞片中谷氨酸含升高, 内部鳞片中谷氨酸含量在贮藏 34 d 有所下降, 以后升高。

## 讨 论

作为生命物质基础的氨基酸在植物的生长发

表5 不同温度贮藏期间内部鳞片中游离氨基酸的含量变化

Table 5 Changes in free amino acid content in the inner scales of lily bulb stored at different temperatures

氨基酸	贮藏温度/°C	贮藏时间/d			
		0	34	67	101
精氨酸	2	27.71 (45.49)	12.14 (64.26)	20.85 (65.65)	44.92 (66.11)
	6	27.71 (45.49)	8.98 (67.46)	18.53 (62.01)	20.42 (61.82)
	10	27.71 (45.49)	23.32 (69.52)	24.31 (65.72)	25.3 (66.15)
谷氨酸	2	2.99 (7.68)	1.47 (7.78)	3.18 (10.01)	8.20 (12.06)
	6	2.99 (7.68)	1.38 (10.36)	3.59 (12.01)	4.76 (14.41)
	10	2.99 (7.68)	2.32 (6.92)	3.70 (10.00)	4.05 (10.58)
天冬氨酸	2	2.79 (7.16)	1.43 (7.57)	0.78 (2.45)	2.58 (3.29)
	6	2.79 (7.16)	0.72 (5.41)	0.92 (3.07)	2.28 (6.90)
	10	2.79 (7.16)	1.15 (3.43)	1.39 (3.75)	1.33 (3.47)
脯氨酸	2	2.74 (7.04)	1.95 (10.32)	3.86 (12.15)	6.59 (9.69)
	6	2.74 (7.04)	0.64 (4.80)	3.51 (11.74)	3.42 (10.35)
	10	2.74 (7.04)	3.73 (11.12)	4.57 (12.35)	4.66 (12.17)

育中有重要作用。本文结果表明,百合鳞茎的游离氨基酸主要集中在顶芽、内部鳞片和鳞茎盘等相对幼嫩的器官中,并且在贮藏前期34 d内发生明显变化。在此期间,顶芽在鳞茎内迅速伸长和增粗,说明氨基酸含量变化与鳞茎休眠的逐步解除有关。但我们调查鳞茎发芽和后期生长时发现,低温贮藏34 d的鳞茎发芽所需时间较长,且种植后长势很弱以至于不能出苗,个别出苗的植株呈现莲座(rosette)状。这说明此期间远远没有满足解除休眠对于低温的要求,这些游离氨基酸的变化是为鳞茎萌发进行生理准备的。

从含量高、变化大的氨基酸来看,顶芽内主要是精氨酸、谷氨酸、脯氨酸和苏氨酸;鳞茎盘内包括精氨酸、苏氨酸、丙氨酸、谷氨酸、脯氨酸和亮氨酸;鳞片以精氨酸、谷氨酸、脯氨酸和天冬氨酸为主。由此可见,谷氨酸族的氨基酸在鳞茎代谢中起重要作用。有些种类的氨基酸如蛋氨酸、组氨酸、苯丙氨酸等尽管含量微

少,但它们不仅是碳氮代谢的中间物质<sup>[4]</sup>,还是是一些重要激素或非激素调节物质的前体<sup>[5,6]</sup>。目前,人们对一些氨基酸的特殊生理功能,尤其是与植物休眠之间的关系了解尚少,氨基酸代谢十分复杂,所以对氨基酸在百合休眠解除过程中的作用应从多种角度进行分析。

#### 参考文献

- Gude H, Verbruggen J. Physiological markers for lily bulb maturity. *Acta Hortic*, 2000, 517: 343~350
- Langens GM, Hol T, Croes T et al. Dormancy breaking in lily bulblets regenerated in vitro: effects on growth after planting. *Acta Hortic*, 1997, 430: 429~436
- 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
- 夏国海, 宋尚伟, 张大鹏等. 苹果幼树休眠前后可溶性糖和氨基酸的变化. *园艺学报*, 1998, 25(2): 129~132
- 陈伟, 叶明志, 周洁. 植物酚类物质研究进展. *福建农业大学学报*, 1997, 26(4): 502~508
- 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