

GA₃、IBA 以及变温处理对东方百合鳞片扦插繁殖及淀粉降解的影响

孙红梅*, 谢 佳, 王春夏, 安 晶, 李天来

(沈阳农业大学园艺学院, 设施园艺省部共建教育部重点实验室, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳 110866)

摘 要:以东方百合 ‘Sorbonne’ 为试材, 研究了 GA₃、IBA 以及温度处理对鳞片扦插繁殖以及碳水化合物代谢的影响。结果表明:GA₃ 处理可在较短时间内促进小鳞茎膨大, IBA 处理使小鳞茎形成的时间延后, 但可提高繁殖系数和整齐度。GA₃、IBA 分别结合 5℃ 预处理可使小鳞茎质量显著增加, 在较短时间内促进小鳞茎膨大; 其中 IBA 100 mg · L⁻¹, 1 h 结合 5℃ 预处理的鳞片繁殖系数和小鳞茎整齐度依次高于 25℃ 与 15℃ 变温培养及 25℃ 恒温培养; GA₃ 100 mg · L⁻¹, 2 h 结合 5℃ 预处理获得的小鳞茎品质最佳。鳞片繁殖过程中, GA₃、IBA 结合各温度处理鳞片淀粉及总可溶性糖含量均呈下降趋势, 尤其鳞片下部在 25℃ 培养初期 (20 d) 下降幅度最大; IBA 促进淀粉降解, 结合低温处理的母鳞片较无低温处理的总可溶性糖含量低, 为小鳞茎的诱导和形成提供了营养; 5℃ 低温预处理促进 GA₃ 处理母鳞片淀粉的降解。

关键词:百合; 鳞片扦插; 植物生长调节剂; 温度; 碳水化合物

中图分类号: S 682.2⁺9

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 07-1109-08

Effects of GA₃ and IBA as Well as Alternating Temperature Treatments on Scale Cutting Propagation and Starch Degradation in the Scales of *Lilium* Oriental Hybrid

SUN Hong-mei*, XIE Jia, WANG Chun-xia, AN Jing, and LI Tian-lai

(Key Laboratory of Protected Horticulture of Liaoning Province, Horticulture Key Laboratory of Ministry of Education, College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: *Lilium* Oriental hybrid ‘Sorbonne’ were used to study the effects of GA₃, IBA and temperature treatments on scales cutting propagation as well as the carbohydrate metabolism. The results showed that GA₃ treatments could enlarge the bulblets in a short time, and IBA treatments made the formation of bulblets delay, but the propagation coefficient and the uniformity of bulblets could be increased. GA₃ and IBA combined with 5℃ pretreatment separately could increase the mass of bulblets significantly, and could promote bulblets to enlarge in a short period; IBA 100 mg · L⁻¹, 1 h combined with 5℃ pretreatment made the propagation coefficient and the uniformity of bulblets higher than 25℃/15℃ variable temperature culture as well as 25℃ constant temperature culture; GA₃ 100 mg · L⁻¹, 2 h combined with 5℃ pretreatment could obtain the best quality of bulblets. During scales reproduction, GA₃, IBA with different temperature treatments made the content of starch and total soluble sugar decline

收稿日期: 2010-04-28; 修回日期: 2010-06-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30972023); 中国博士后科学基金项目 (20090451280); 沈阳农业大学拔尖人才基金项目

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: hmbh@sina.com)

in scales, especially which in the base of scale decreased sharply in the early stage at 25 °C (20 d); IBA promoted the degradation of starch, which provided the nutrition for the induction and formation of bulblets. The content of total soluble sugar in mother scales was lower under IBA combined with low temperature treatments than those with non-cold treatments. 5 °C pretreatment promoted the degradation of starch in mother scales with GA₃ treatment.

Key words: lily; scale cutting; growth regulator; temperature; carbohydrate

鳞片扦插是百合繁殖的重要方法,但在生产过程中如何控制小鳞茎的数量与品质,如何调控小鳞茎的生理状态仍是亟待解决的问题(Pablo et al., 2003; 熊丽等, 2008)。目前研究中许多学者选用各类植物生长调节剂,以提高鳞片繁殖系数和小鳞茎品质(桑林等, 2006; 刘菊华等, 2008),但由于品种不同,培养条件不同,作用效果也有所差异。已有研究表明 25 °C 为百合鳞片发生小鳞茎的最适宜温度(Qrunfleh, 1997; 杨利平等, 2001)。分段温度控制扦插鳞片是荷兰常用的培育小鳞茎的技术,但国内相关研究较少,陈爱葵等(2005)和王祥宁等(2008)设置了 25 °C、17 °C 以及 -1 ~ 5 °C 分段温度处理,并认为转入 17 °C 培养的过程是对小鳞茎进行膨大处理。也有学者认为先将整个鳞茎进行 2 ~ 4 °C 或者 -1 °C 的低温处理后取鳞片扦插可提高繁殖系数(黄作喜等, 2001; 王祥宁等, 2007)。本课题组已初步探索了不同浓度的 IBA、GA₃ 及处理时间对东方百合‘Sorbonne’、亚洲百合‘Elite’鳞片繁殖的影响(孙红梅等, 2008, 2009),本试验在此基础上进一步对植物生长调节剂的浓度和处理时间进行了优化,探讨了 GA₃、IBA 以及它们结合不同温度处理对鳞片繁殖的影响及碳水化合物的代谢规律,以期为我国百合种球商品化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试材为从荷兰引进的东方百合 *Lilium* Oriental hybrid ‘Sorbonne’ 种球,周径 14 ~ 16 cm。选择健康鳞茎,剥取中外层鳞片,用清水冲洗后在 0.01% KMnO₄ 溶液中浸泡 20 min,晾干表面水分后备用。以锯木屑为保湿基质,用 500 倍液多菌灵拌湿消毒,培养过程中保持基质含水量为 50% ~ 60%。

1.2 植物生长调节剂处理

在前期研究的基础上,设置 4 组处理。GA₃ 80 mg · L⁻¹ 浸泡 2 h; GA₃ 100 mg · L⁻¹ 浸泡 5 h; IBA 100 mg · L⁻¹ 浸泡 2 h; IBA 80 mg · L⁻¹ 浸泡 1 h。以清水处理 2 h 为对照(表 1)。将处理后的鳞片用锯木屑包埋,装入事先打好孔的塑料袋中。对照处理 150 枚鳞片,其余每处理 40 枚鳞片,3 次重复,室温下培养。分别在培养后的第 20、40、60 和 80 天调查小鳞茎的形成和发育情况。鳞茎发生率、繁殖系数、平均级数的统计方法以及分级标准参照孙红梅等(2008)的方法。

1.3 植物生长调节剂结合温度处理

鳞片先分别经 GA₃ 100 mg · L⁻¹, 2 h 和 IBA 100 mg · L⁻¹, 1 h 处理,包埋后置于不同变温处理下培养,以常温(25 °C)为对照。处理组合见表 2。每组处理 150 枚鳞片,3 次重复,均从 25 °C 开始培养的第 20、40、50、60 和 80 天取样调查,并用液氮速冻,在 -80 °C 条件下保存,淀粉的测定采用碘比色法(门福义和刘梦云, 1995)。总可溶性糖的测定采用蒽酮比色法(李合生, 2000)。

2 结果与分析

2.1 不同植物生长调节剂处理对鳞片繁殖的影响

从表 1 可以看出,在室温培养 20 d 后 GA₃ 以及对照处理的小鳞茎发生率均达到 97% 以上,40 d 达 100%;而 IBA 处理使鳞片形成小鳞茎的时间延后,培养 80 d 达 100%。

处理初期(20 ~ 40 d),GA₃ 处理的繁殖系数显著高于 IBA 和对照处理;到培养中后期,60 d 时,除 IBA 80 mg · L⁻¹,1 h 处理外,各处理没有显著差异;而培养至 80 d,IBA 处理的繁殖系数极显著高于 GA₃ 和对照处理,IBA 100 mg · L⁻¹,2 h 处理最高,达到 3.32。由此可见,IBA 处理可显著促进鳞片培养中小鳞茎的形成,但需要长的培养时间。

表 1 GA₃ 和 IBA 对小鳞茎发生率、繁殖系数和品质的影响
Table 1 Effects of GA₃ and IBA on percentage formation, propagation coefficient and quality of bulblet

培养时间/d Culture duration	处理 Treatment	发生率/% Percentage of bulblet formation	繁殖系数 Propagation coefficient	平均级数 Average grade	直径/mm Diameter
20	GA ₃ 80 mg · L ⁻¹ , 2 h	100.0 ± 0.0 aA	2.17 ± 0.03 bB	1.37 ± 0.01 aA	1.55 ± 0.00 cC
	GA ₃ 100 mg · L ⁻¹ , 5 h	97.3 ± 3.6 aA	2.37 ± 0.01 aA	1.40 ± 0.02 aA	1.81 ± 0.01 aA
	IBA 100 mg · L ⁻¹ , 2 h	87.7 ± 3.6 bB	1.80 ± 0.04 dD	1.12 ± 0.03 cC	1.41 ± 0.01 dD
	IBA 80 mg · L ⁻¹ , 1 h	49.7 ± 4.9 cC	0.78 ± 0.06 eE	0.50 ± 0.05 dD	1.18 ± 0.06 eE
	H ₂ O, 2 h (对照 Control)	100.0 ± 0.0 aA	1.97 ± 0.04 cC	1.23 ± 0.04 bB	1.70 ± 0.01 bB
40	GA ₃ 80 mg · L ⁻¹ , 2 h	100.0 ± 0.0 aA	2.47 ± 0.02 aA	1.47 ± 0.02 aA	4.78 ± 0.03 cC
	GA ₃ 100 mg · L ⁻¹ , 5 h	100.0 ± 0.0 aA	2.43 ± 0.04 abA	1.40 ± 0.02 aA	5.33 ± 0.03 aA
	IBA 100 mg · L ⁻¹ , 2 h	95.0 ± 3.3 aA	2.37 ± 0.01 bcAB	1.42 ± 0.03 aA	3.89 ± 0.06 eE
	IBA 80 mg · L ⁻¹ , 1 h	87.7 ± 2.9 bB	1.93 ± 0.05 dC	1.20 ± 0.04 bB	4.20 ± 0.03 dD
	H ₂ O, 2 h (对照 Control)	100.0 ± 0.0 aA	2.30 ± 0.00 cB	1.27 ± 0.04 bB	5.17 ± 0.00 bB
60	GA ₃ 80 mg · L ⁻¹ , 2 h	100.0 ± 0.0 aA	2.58 ± 0.03 aA	1.53 ± 0.02 aA	6.10 ± 0.07 bB
	GA ₃ 100 mg · L ⁻¹ , 5 h	100.0 ± 0.0 aA	2.55 ± 0.04 abA	1.50 ± 0.03 aA	6.81 ± 0.05 aA
	IBA 100 mg · L ⁻¹ , 2 h	95.0 ± 3.3 bAB	2.50 ± 0.05 bA	1.50 ± 0.03 aA	4.86 ± 0.02 dD
	IBA 80 mg · L ⁻¹ , 1 h	90.0 ± 2.7 cB	2.15 ± 0.00 cB	1.25 ± 0.04 bB	5.36 ± 0.11 cC
	H ₂ O, 2 h (对照 Control)	100.0 ± 0.0 aA	2.53 ± 0.04 abA	1.53 ± 0.04 aA	6.80 ± 0.03 aA
80	GA ₃ 80 mg · L ⁻¹ , 2 h	100.0 ± 0.0 aA	2.58 ± 0.03 cB	1.52 ± 0.04 bB	5.58 ± 0.02 cB
	GA ₃ 100 mg · L ⁻¹ , 5 h	100.0 ± 0.0 aA	2.58 ± 0.03 cB	1.47 ± 0.02 bB	6.11 ± 0.06 aA
	IBA 100 mg · L ⁻¹ , 2 h	100.0 ± 0.0 aA	3.32 ± 0.08 aA	1.95 ± 0.06 aA	4.49 ± 0.01 eC
	IBA 80 mg · L ⁻¹ , 1 h	100.0 ± 0.0 aA	2.75 ± 0.03 bB	1.58 ± 0.05 bB	4.63 ± 0.05 dC
	H ₂ O, 2 h (对照 Control)	100.0 ± 0.0 aA	2.00 ± 0.07 dC	1.17 ± 0.04 cC	5.97 ± 0.03 bA

注:每组数据均为平均值 ± 标准误 (SE)。大、小写字母分别表示 0.01 (P<0.01) 和 0.05 (P<0.05) 水平的差异显著性。下同。

Note: Each number is the mean of replicates with standard error (SE). The capitals and lowercases mean significant difference at 0.01 and 0.05 levels, respectively. The same below.

平均级数表明了鳞片形成小鳞茎的整齐度。培养初期,由于 IBA 处理的鳞茎发生率较低,整齐度较差(表 1);培养 80 d 后,IBA 100 mg · L⁻¹,2 h 的平均级数最高,说明其提高了整齐度。

培养 20 和 40 d,GA₃ 100 mg · L⁻¹,5 h 处理的小鳞茎直径最高,60 d 后对照的小鳞茎直径显著增大,与上述处理相近。由此可知,GA₃ 处理可在相对较短时间内促使小鳞茎膨大,但延长培养时间,对照也可达到同样效果。整个培养过程中,IBA 处理的小鳞茎直径均较小,因此,鳞片着生小鳞茎的数量与小鳞茎直径成反比,生产中应注意数量与质量的平衡。

2.2 植物生长调节剂结合温度处理对百合鳞片繁殖的影响

由表 2 可以看出, 5 预处理延迟了小鳞茎的发生, 尤其是对 IBA 处理而言, 经 5 预处理的处理 D, 25 培养 20 d, 小鳞茎发生率只有 80%, 极显著低于其他处理。

表 2 不同温度处理对小鳞茎发生率、繁殖系数及品质的影响

Table 2 Effects of different temperature treatments on percentage formation, propagation coefficient and quality of bulblet

培养 时间/d Culture time	处理 代号 Treatment code	生长调节剂/ (mg · L ⁻¹) Growth regulator	处理时间/d Treatment duration			发生率/% Percentage of bulblet formation	繁殖系数 Propagation coefficient	平均级数 Average grade	直径/mm Diameter	质量/mg Mass
			5	25	15					
20	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	96.7 ± 4.4aA	1.50 ± 0.07cC	1.00 ± 0.00cB	2.83 ± 0.04aA	—
	B		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.87 ± 0.09bB	1.30 ± 0.07bA	2.61 ± 0.01bB	—
	C		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	1.87 ± 0.09bB	1.30 ± 0.00bA	2.61 ± 0.02bB	—
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	80.0 ± 6.7bB	1.50 ± 0.07cC	0.97 ± 0.04cB	2.35 ± 0.01cC	—
	E		0	50	30	96.7 ± 4.4aA	2.43 ± 0.11aA	1.47 ± 0.11aA	1.59 ± 0.02dD	—
	F		0	80	0	96.7 ± 4.4aA	2.43 ± 0.14aA	1.47 ± 0.04aA	1.59 ± 0.02dD	—
40	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	100.0 ± 0.0aA	2.00 ± 0.00cC	1.30 ± 0.00bcB	6.12 ± 0.01bB	140.0 ± 13.3aA
	B		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.80 ± 0.07dD	1.13 ± 0.04cB	4.97 ± 0.04cC	140.0 ± 6.7aA
	C		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	1.80 ± 0.07dD	1.13 ± 0.11cB	4.97 ± 0.07cC	140.0 ± 6.7aA
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	93.3 ± 4.4aA	2.17 ± 0.44bB	1.40 ± 0.00bAB	6.39 ± 0.08aA	100.0 ± 0.0bB
	E		0	50	30	93.3 ± 4.4aA	2.93 ± 0.44aA	1.67 ± 0.04aA	4.97 ± 0.01cC	106.7 ± 15.6bAB
	F		0	80	0	93.3 ± 4.4aA	2.93 ± 0.44aA	1.67 ± 0.11aA	5.00 ± 0.07cC	106.7 ± 8.9bAB
50	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.90 ± 0.07cC	1.13 ± 0.04cC	6.31 ± 0.02aA	256.7 ± 4.4aA
	B		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	2.17 ± 0.11bB	1.37 ± 0.11bB	5.34 ± 0.04cC	103.3 ± 4.4cC
	C		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	2.17 ± 0.11bB	1.37 ± 0.04bB	5.34 ± 0.06cC	103.3 ± 4.4cC
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	93.3 ± 4.4bB	2.20 ± 0.07bB	1.40 ± 0.00bB	5.40 ± 0.11cC	170.0 ± 0.0bB
	E		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	2.87 ± 0.04aA	1.67 ± 0.11aA	5.78 ± 0.13bB	96.7 ± 4.4dC
	F		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	2.87 ± 0.04aA	1.67 ± 0.04aA	5.78 ± 0.13bB	96.7 ± 4.4dC
60	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.67 ± 0.04dD	1.13 ± 0.04cC	6.75 ± 0.01aA	316.7 ± 4.4aA
	B		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.87 ± 0.04cC	1.17 ± 0.04cC	6.73 ± 0.03aAB	153.3 ± 4.4cC
	C		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	1.90 ± 0.00cC	1.20 ± 0.00cC	6.56 ± 0.01bC	166.7 ± 8.9bcBC
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	100.0 ± 0.0aA	2.63 ± 0.04bB	1.43 ± 0.04bB	5.34 ± 0.02dE	173.3 ± 4.4bB
	E		0	50	30	96.7 ± 4.4aA	2.67 ± 0.11bB	1.60 ± 0.00aA	6.62 ± 0.07bBC	113.3 ± 4.4eE
	F		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	2.97 ± 0.04aA	1.67 ± 0.04aA	5.73 ± 0.06cD	133.3 ± 4.4dD
80	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.97 ± 0.04dC	1.23 ± 0.04cC	6.51 ± 0.01aA	423.3 ± 4.4aA
	B		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	1.80 ± 0.07dC	1.10 ± 0.00dC	6.51 ± 0.04aA	300.0 ± 0.0bB
	C		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	1.90 ± 0.07dC	1.23 ± 0.04cC	6.43 ± 0.07aA	296.7 ± 4.4bB
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	100.0 ± 0.0aA	3.47 ± 0.09aA	2.00 ± 0.07aA	4.82 ± 0.10bB	240.0 ± 0.0cC
	E		0	50	30	100.0 ± 0.0aA	3.20 ± 0.07bAB	1.90 ± 0.07aAB	4.94 ± 0.06bB	190.0 ± 0.0dD
	F		0	80	0	100.0 ± 0.0aA	2.93 ± 0.09cB	1.77 ± 0.04bB	4.80 ± 0.05bB	136.7 ± 4.4eE

从各处理的繁殖系数来看(表 2), 培养过程中的前 60 d, 无论是 IBA 处理还是 GA₃ 处理, 5 预处理导致繁殖系数降低, 但培养至 80 d, GA₃ 3 个处理的繁殖系数无显著差异, 而 IBA 处理的繁殖系数为处理 D 依次显著大于处理 E 和处理 F, 表明 5 预处理提高了繁殖系数, 但需要较长的培养时间; 25 转 15 变温处理比 25 恒温处理更有利于提高小鳞茎的数量。

与繁殖系数的变化趋势相似, 处理 D 在培养初期(20 d)发生率较低, 整齐度差, 平均级数较低(表 2), 到 80 d 时极显著高于其他处理, 说明 IBA 结合低温预处理不仅可增加小鳞茎的数量, 还能提高鳞片形成小鳞茎的整齐度, 进行 5 预处理可在较短时间内促进小鳞茎膨大。培养前期(20、40 d), 处理 A、处理 D 的小鳞茎直径极显著高于没有进行低温预处理的处理, 60 d 时处理 B

的小鳞茎直径显著增大与处理 A 差异不显著,到 80 d 各处理间无显著差异。5 预处理可显著提高小鳞茎质量,相同温度培养条件下,GA₃ 处理的小鳞茎质量极显著大于 IBA 处理。

2.3 植物生长调节剂结合温度处理对鳞片繁殖过程中淀粉降解的影响

培养过程中各处理母鳞片的淀粉含量均呈下降趋势(表 3)。对于 GA₃ 处理而言,经 5 预处理的处理 A,其母鳞片淀粉含量都低于没有进行 5 预处理的 GA₃ 处理,在整个培养过程中小鳞茎直径及质量显著大于其他 GA₃ 处理,说明低温预处理可促进 GA₃ 处理母鳞片淀粉的降解,为小鳞茎的生长发育提供营养。IBA 结合各温度处理淀粉含量差异不显著,但显著低于 GA₃ 各处理相同部位的淀粉含量,尤其是鳞片下部,经低温和未经低温的处理在 25 培养 20 d 后淀粉含量分别降低了 80.2%和 80.7%。鉴于 IBA 处理的繁殖系数显著高于 GA₃ 处理,可见 IBA 促进淀粉降解,为小鳞茎的诱导和形成提供了营养。20 d 后鳞片下部淀粉含量变化幅度减小。培养至 80 d 时,进行 5 预处理的处理 D 的鳞片上部淀粉含量接近于 0,中、下部也低于处理 E 和处理 F,符合此时 D 处理的繁殖系数最高且小鳞茎质量最大。

表 3 温度处理过程中鳞片各部位淀粉含量的变化
Table 3 Changes of starch content in different parts of scales during different temperature treatments

培养时间/d Culture duration	处理代号 Treatment code	生长调节剂/ (mg · L ⁻¹) Growth regulator	处理时间/d Treatment duration			淀粉含量/(mg · g ⁻¹) Starch content		
			5	25	15	鳞片上部 Top of scale	鳞片中部 Mid. of scale	鳞片下部 Base of scale
0	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	315.9 ± 0.9	316.8 ± 1.1	315.1 ± 3.4
	B		0	50	30	315.9 ± 0.9	316.8 ± 1.1	315.1 ± 3.4
	C		0	80	0	315.9 ± 0.9	316.8 ± 1.1	315.1 ± 3.4
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	315.9 ± 0.9	316.8 ± 1.1	315.1 ± 3.4
	E		0	50	30	315.9 ± 0.9	316.8 ± 1.1	315.1 ± 3.4
	F		0	80	0	315.9 ± 0.9	316.8 ± 1.1	315.1 ± 3.4
20	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	165.8 ± 3.3	221.4 ± 5.2	124.4 ± 3.1
	B		0	50	30	247.8 ± 3.7	261.5 ± 3.3	140.0 ± 4.6
	C		0	80	0	247.8 ± 3.7	261.5 ± 3.3	140.0 ± 4.6
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	153.3 ± 4.2	198.3 ± 1.9	62.5 ± 0.3
	E		0	50	30	187.1 ± 6.5	234.3 ± 5.4	60.8 ± 2.4
	F		0	80	0	187.1 ± 6.5	234.3 ± 5.4	60.8 ± 2.4
40	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	145.1 ± 7.1	162.5 ± 2.5	100.4 ± 3.6
	B		0	50	30	221.5 ± 6.2	224.7 ± 4.1	126.5 ± 2.7
	C		0	80	0	221.5 ± 6.2	224.7 ± 4.1	126.5 ± 2.7
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	145.7 ± 9.6	188.4 ± 4.9	60.1 ± 5.9
	E		0	50	30	149.7 ± 7.1	158.0 ± 5.3	55.4 ± 4.6
	F		0	80	0	149.7 ± 7.1	158.0 ± 5.3	55.4 ± 4.6
50	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	97.7 ± 8.6	109.1 ± 3.8	84.0 ± 6.2
	B		0	50	30	209.3 ± 5.4	219.0 ± 2.6	134.5 ± 4.1
	C		0	80	0	209.3 ± 5.4	209.0 ± 2.6	134.5 ± 4.1
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	101.3 ± 3.3	169.6 ± 3.5	54.5 ± 0.6
	E		0	50	30	104.0 ± 4.6	154.1 ± 2.8	44.4 ± 5.5
	F		0	80	0	104.0 ± 4.6	154.1 ± 2.8	44.4 ± 5.5
60	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	95.4 ± 5.4	100.8 ± 6.4	60.9 ± 3.5
	B		0	50	30	192.7 ± 4.8	182.6 ± 4.7	127.6 ± 5.1
	C		0	80	0	174.8 ± 2.6	200.5 ± 7.6	113.4 ± 3.9
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	73.9 ± 5.2	163.7 ± 6.6	38.9 ± 6.2
	E		0	50	30	85.0 ± 3.4	142.1 ± 4.6	42.1 ± 6.0
	F		0	80	0	91.6 ± 5.9	143.9 ± 7.2	40.3 ± 7.6
80	A	GA ₃ 100, 2 h	20	50	30	69.8 ± 3.5	93.1 ± 4.8	83.1 ± 5.2
	B		0	50	30	90.8 ± 3.8	152.5 ± 5.4	115.2 ± 6.1
	C		0	80	0	82.8 ± 7.4	120.9 ± 2.5	65.4 ± 4.6
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	9.0 ± 4.5	84.6 ± 2.3	26.5 ± 6.3
	E		0	50	30	50.2 ± 9.4	91.9 ± 3.4	35.7 ± 5.1
	F		0	80	0	78.8 ± 5.6	141.8 ± 7.2	48.0 ± 5.0

由表 4 可以看出, GA_3 处理在不同温度培养过程中鳞片各部位总可溶性糖含量均呈下降趋势。培养初期 (0 ~ 20 d), 鳞片下部总可溶性糖含量下降最显著, 处理 A 与处理 B、C 分别比 0 d 时下降了 54.5% 和 60.6%。随着培养时间延长鳞片下部总可溶性糖含量基本保持不变, 鳞片上、中部总糖含量仍呈下降趋势。培养后期 (80 d) 处理 A 的鳞片上、中部总糖含量最低。

不同温度培养过程中 IBA 处理各鳞片在 25 ℃ 培养前 40 d 中各部位总可溶性糖含量下降显著 (表 4), 这段时期是小鳞茎发生发育时期, 糖类物质被大量消耗以供小鳞茎诱导形成。整个培养过程中处理 D 总可溶性糖含量低于处理 E、F, 说明低温加快了 IBA 处理对总糖的利用。

表 4 温度培养过程中鳞片各部位总可溶性糖含量的变化

Table 4 Changes of total soluble sugar content in different parts of scales during different temperature treatments

培养时间/d Culture duration	处理代号 Treatment code	生长调节剂/ ($mg \cdot L^{-1}$) Growth regulator	处理时间/d Treatment duration			总可溶性糖/($mg \cdot g^{-1}$) Total soluble sugar content		
			5	25	15	鳞片上部 Top of scale	鳞片中部 Mid. of scale	鳞片下部 Base of scale
0	A	GA_3 100, 2 h	20	50	30	150.5 \pm 2.1	145.0 \pm 1.1	202.3 \pm 3.4
	B		0	50	30	150.5 \pm 2.1	145.0 \pm 1.1	202.3 \pm 3.4
	C		0	80	0	150.5 \pm 2.1	145.0 \pm 1.1	202.3 \pm 3.4
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	150.5 \pm 2.1	145.0 \pm 1.1	202.3 \pm 3.4
	E		0	50	30	150.5 \pm 2.1	145.0 \pm 1.1	202.3 \pm 3.4
	F		0	80	0	150.5 \pm 2.1	145.0 \pm 1.1	202.3 \pm 3.4
20	A	GA_3 100, 2 h	20	50	30	102.6 \pm 1.5	93.6 \pm 2.2	92.0 \pm 3.4
	B		0	50	30	105.9 \pm 2.6	96.5 \pm 3.3	79.7 \pm 2.6
	C		0	80	0	105.9 \pm 2.6	96.5 \pm 3.3	79.7 \pm 2.6
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	92.4 \pm 3.0	89.2 \pm 1.9	66.5 \pm 1.3
	E		0	50	30	102.1 \pm 1.6	98.4 \pm 2.4	76.7 \pm 2.2
	F		0	80	0	102.1 \pm 1.6	98.4 \pm 2.4	76.7 \pm 2.2
40	A	GA_3 100, 2 h	20	50	30	100.3 \pm 3.5	86.5 \pm 2.5	89.4 \pm 3.0
	B		0	50	30	100.6 \pm 2.2	87.7 \pm 4.1	72.1 \pm 2.1
	C		0	80	0	100.6 \pm 2.2	87.7 \pm 4.1	72.1 \pm 2.1
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	78.2 \pm 3.5	66.3 \pm 4.9	60.4 \pm 1.9
	E		0	50	30	86.9 \pm 1.7	79.6 \pm 2.3	68.5 \pm 3.1
	F		0	80	0	86.9 \pm 1.7	79.6 \pm 2.3	68.5 \pm 3.1
50	A	GA_3 100, 2 h	20	50	30	88.2 \pm 2.6	75.7 \pm 2.4	82.3 \pm 4.2
	B		0	50	30	88.7 \pm 1.4	81.6 \pm 2.7	70.0 \pm 3.5
	C		0	80	0	88.7 \pm 1.4	81.6 \pm 2.7	70.0 \pm 3.5
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	72.8 \pm 3.1	64.7 \pm 3.6	48.8 \pm 2.6
	E		0	50	30	84.4 \pm 3.4	78.7 \pm 3.2	60.4 \pm 3.5
	F		0	80	0	84.4 \pm 3.4	78.7 \pm 3.2	60.4 \pm 3.5
60	A	GA_3 100, 2 h	20	50	30	84.1 \pm 5.4	52.4 \pm 1.4	79.9 \pm 3.5
	B		0	50	30	87.6 \pm 4.8	76.0 \pm 4.7	57.2 \pm 2.1
	C		0	80	0	73.5 \pm 2.6	80.6 \pm 3.6	58.5 \pm 2.9
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	58.3 \pm 5.2	61.0 \pm 4.4	44.7 \pm 1.8
	E		0	50	30	77.8 \pm 3.4	72.4 \pm 4.6	56.9 \pm 2.0
	F		0	80	0	61.8 \pm 3.9	70.2 \pm 4.2	66.0 \pm 4.6
80	A	GA_3 100, 2 h	20	50	30	40.5 \pm 3.5	41.3 \pm 3.8	63.4 \pm 2.2
	B		0	50	30	61.1 \pm 3.8	57.0 \pm 4.4	66.0 \pm 2.1
	C		0	80	0	66.5 \pm 3.4	57.7 \pm 2.9	57.6 \pm 4.6
	D	IBA 100, 1 h	20	50	30	58.2 \pm 2.5	42.0 \pm 2.3	40.1 \pm 4.4
	E		0	50	30	53.7 \pm 2.4	32.3 \pm 3.7	47.5 \pm 3.1
	F		0	80	0	54.2 \pm 4.6	60.7 \pm 2.2	44.9 \pm 3.6

3 讨论

3.1 IBA 与 GA_3 对鳞片扦插繁殖的效应

孙红梅等 (2009) 的研究表明, 植物生长调节剂种类对鳞片扦插繁殖的影响效力大于处理浓度和处理时间, 其中 IBA 200 $mg \cdot kg^{-1}$, 2 h 处理有利于提高东方百合 ‘Sorbonne’ 的繁殖系数, GA_3 处理有利于获得较大、周正的小鳞茎个体。刘菊华等 (2008) 在麝香百合中研究发现, 采用 1.5 $mg \cdot L^{-1}$

IBA 速蘸可提高繁殖系数。孙莉莉等 (2008) 报道, IBA 100 mg · L⁻¹, 2 h 处理可促进风信子鳞片增殖倍数的提高。作者发现, 100 mg · L⁻¹ IBA 处理鳞片 2 h 时, 小鳞茎的数量和整齐度都达到最大值, 说明较低浓度、较短时间的 IBA 处理有利于提高小鳞茎的数量及整齐度。由此可见, IBA 处理对于不同属、种的试验材料, 最适处理浓度和处理时间存在很大差异。GA₃ 处理对提高小鳞茎数量的效果不明显, 但可促进小鳞茎在较短时间内膨大。此外本研究中还发现低浓度的 GA₃ 处理 (80 mg · L⁻¹, 2 h) 小鳞茎直径小于对照处理的, 说明生产中应采用 100 mg · L⁻¹。

3.2 鳞片扦插过程中母鳞片的淀粉降解

淀粉是百合鳞茎内主要的贮藏物质, 其含量的变化与小鳞茎的生长密切相关 (夏宜平等, 2005)。多糖能为小鳞茎的诱导形成提供能量物质 (乔永旭等, 2009)。陈爱葵等 (2005) 发现百合鳞片在 25℃ 处理的前 8 周是形态构建和物质代谢的活跃时期, 母鳞片的淀粉及总可溶性糖含量显著下降参与新鳞茎形态构建。本试验中 GA₃、IBA 结合各温度处理在 25℃ 培养的前 20 d, 鳞片各部位尤其是鳞片下部的淀粉和总可溶性糖含量急剧下降, 可判定此时是小鳞茎的诱导发生期, 鳞片下部作为小鳞茎的发生部位, 其碳水化合物最先被消耗, 为小鳞茎的形态建成提供物质与能量。

百合鳞茎冷处理过程包含一系列复杂的生理变化 (Xu et al., 2006; Sun et al., 2007)。王祥宁等 (2007) 认为将 ‘Sorbonne’ 鳞茎在 -1℃ 下冷藏 90 或 180 d 后进行扦插可提高繁殖系数。本试验结果显示 IBA 结合低温处理可提高鳞片繁殖系数, 但需要较长培养时间, 分析其碳水化合物代谢过程发现, 培养前 60 d IBA 结合 5℃ 预处理淀粉含量与另外两组温度处理无显著差异, 培养至 80 d IBA 结合低温处理的鳞片内淀粉含量才显著低于另外两组温度处理, 而 Shin 等 (2002) 研究发现经低温贮藏的试管再生小鳞茎淀粉含量显著下降, 因此本研究认为 IBA 延迟了低温的作用。

王祥宁等 (2007) 认为鳞片总可溶性糖含量与分生小鳞茎的数量存在一定的相关性, 鳞片低温贮藏过程中淀粉降解为糖的数量多, 从而增加分生小鳞茎的数量。本研究中 GA₃ 结合 5℃ 预处理对繁殖系数没有影响, 从碳水化合物的变化来看低温处理促进了鳞片内淀粉迅速降解, 但总可溶性糖含量与其他两组温度处理无明显差异, 说明 GA₃ 结合低温处理未能对总糖进行有效利用, 因而未能诱导更多的小鳞茎发生。由此可见, 不同植物生长调节剂与低温结合对鳞片繁殖所产生的效应不同, 与其淀粉代谢密切相关, 其生理机制有待于进一步探讨。

References

- Chen Ai-kui, Jiang Ru-lan, Zhou Hou-gao. 2005. The content changes of 4 kind substances in lily scale cutting by temperature-controlled method. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 23 (4): 351–354. (in Chinese)
- 陈爱葵, 江如兰, 周厚高. 2005. 百合扦插鳞片控温成球过程中 4 种物质含量的动态变化. *武汉植物学研究*, 23 (4): 351–354.
- Huang Zuo-xi, Wang Xiang-ning, Li Ke, Kang Lian-meng. 2001. Measures of scale cutting propagation in *Lilium*. *Tianjin Agricultural Sciences*, 7 (4): 34–36. (in Chinese)
- 黄作喜, 王祥宁, 李 克, 康联盟. 2001. 百合鳞片扦插繁殖措施研究. *天津农业科学*, 7 (4): 34–36.
- Li He-sheng. 2000. Principles and technology of plant physiological and biochemical tests. Beijing: Higher Education Press: 169–172. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化试验原理和技术. 北京: 高等教育出版社: 169–172.
- Liu Ju-hua, Zhang Jing, Jin Zhi-qiang, Tan Guang-lan, Jia Cai-hong, Yang Xiao-liang, Xu Bi-yu. 2008. Mass propagation of *Lilium longiflorum* through bulb scale cutting. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 29 (4): 192–197. (in Chinese)
- 刘菊华, 张 静, 金志强, 谭光兰, 贾彩虹, 杨小亮, 徐碧玉. 2008. 室内鳞片扦插法高效再生麝香百合. *热带作物学报*, 29 (4): 192–197.
- Men Fu-yi, Liu Meng-yun. 1995. The cultivation physiology on potato. Beijing: Chinese Agricultural Press: 318–320. (in Chinese)
- 门福义, 刘梦云. 1995. 马铃薯栽培生理. 北京: 中国农业出版社: 318–320.
- Pablo A M, Luis F H, Cecilia P P, Nestor R C. 2003. Bulblet differentiation after scale propagation of *Lilium longiflorum*. *Journal of the American*

- Society for Horticultural Science , 128 (3) : 324 – 329.
- Qiao Yong-xu , Zhang Yong-ping , Chen Chao , Wang Gui-lan , Di Wei-wei. 2009. Cytological observation on the bulblet induction of *Lilium* oriental ' Sorbonne '. Acta Horticulturae Sinica , 36 (7) : 1031 – 1036. (in Chinese)
- 乔永旭, 张永平, 陈超, 王桂兰, 底伟伟. 2009. 东方百合 ' 索邦 ' 诱导小鳞茎发生过程中的细胞学观察. 园艺学报, 36 (7) : 1031 – 1036.
- Qrunfleh I M. 1997. Propagation of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) ' White American ' by scaly leaves. Amman , 44.
- Sang Lin , Lin Wei-dong , Xie Qing-hua. 2006. Preliminary study on the seedling-inducing from scale by phytohormone in lily. Southwest China Journal of Agricultural Sciences , 19 (3) : 473 – 475. (in Chinese)
- 桑林, 林卫东, 谢庆华. 2006. 激素对百合鳞片扦插繁殖的影响研究. 西南农业学报, 19 (3) : 473 – 475.
- Shin K S , Chakrabarty D , Paek K Y. 2002. Sprouting rate , change of carbohydrate contents and related enzymes during cold treatment of lily bulblets regenerated *in vitro*. Scientia Horticulturae , 96 : 195 – 204.
- Sun H M , Jaime A T S , Li Y F. 2007. Effects of low temperature on dormancy release in lily bulbs. Floriculture and Ornamental Biotechnology , (1) : 41 – 46.
- Sun Hong-mei , Lu Yang , Wang Chun-xia. 2009. Effects of GA₃ and IBA as well as two mediums on scale propagation of *Lilium* Oriental hybrid ' Sorbonne '. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica , 18 (3) : 234 – 239. (in Chinese)
- 孙红梅, 陆阳, 王春夏. 2009. GA₃、IBA 以及两种基质对东方百合 ' Sorbonne ' 鳞片繁殖的影响. 西北农业学报, 18 (3) : 234 – 239.
- Sun Hong-mei , Jia Zi-kun , Wang Chun-xia. 2008. Effects of GA₃ and IBA as well as media on scale cutting propagation in *Lilium* cv. 'Elite'. Scientia Silvae Sinicae , 44 (12) : 62 – 67. (in Chinese)
- 孙红梅, 贾子坤, 王春夏. 2008. GA₃、IBA 以及不同基质对精粹百合鳞片扦插繁殖的影响. 林业科学, 44 (12) : 62 – 67.
- Sun Li-li , Sun Xiao-mei , Zhang Zheng-wei , Li Yun-fei , Luo Feng-xia. 2008. Effect of phytohormone on bulb scale cutting propagation of *Hyacinthus orientalis*. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica , 17 (3) : 290 – 293. (in Chinese)
- 孙莉莉, 孙晓梅, 张正伟, 李云飞, 罗凤霞. 2008. 激素对风信子 (*Hyacinthus orientalis*) 鳞片扦插繁殖的影响. 西北农业学报, 17 (3) : 290 – 293.
- Wang Xiang-ning , Jian Hong-ying , Wang Guo-xian , Bi Cui-hua. 2008. The correlation between stalk growing of lily bulbs produced from scales and changed temperature treatment. Acta Agriculturae Boreali-Sinica , 23 (supplement) : 51 – 54. (in Chinese)
- 王祥宁, 蹇洪英, 汪国鲜, 毕翠花. 2008. 百合鳞片籽球抽茎与变温处理的相关效应. 华北农学报, 23 (增刊) : 51 – 54.
- Wang Xiang-ning , Xiong Li , Wu Xue-wei , Wang Qi-gang , Chen Min , Bao Li-xian. 2007. Relationship between starch saccharification and propagation of bulblets from scales in oriental hybrid lily (*Lilium* L.). Southwest China Journal of Agricultural Sciences , 20 (1) : 115 – 119. (in Chinese)
- 王祥宁, 熊丽, 吴学尉, 王其刚, 陈敏, 包丽仙. 2007. 淀粉糖化与东方百合鳞片分生小鳞茎的关系. 西南农业学报, 20 (1) : 115 – 119.
- Xia Yi-ping , Huang Chun-hui , Zheng Hui-jun , Gao Xiao-chen. 2005. Advances in researches on bulb development of *Lilium* spp. and its physiological mechanisms. Acta Horticulturae Sinica , 32 (5) : 947 – 953. (in Chinese)
- 夏宜平, 黄春辉, 郑慧俊, 高晓辰. 2005. 百合鳞茎形成与发育生理研究进展. 园艺学报, 32 (5) : 947 – 953.
- Xiong Li , Wang Xiang-ning , Zhang Yi-ping , Wu Xue-wei , Ding Ren-zhan. 2008. Review and development discussion on domestic production of lily bulbs. Southwest China Journal of Agricultural Sciences , 21 (3) : 859 – 862. (in Chinese)
- 熊丽, 王祥宁, 张艺萍, 吴学尉, 丁仁展. 2008. 百合种球国产化的回顾及发展商榷. 西南农业学报, 21 (3) : 859 – 862.
- Xu Rong-yan , Yoshiji Niimi , Han Dong-sheng. 2006. Changes in endogenous abscisic acid and soluble sugars levels during dormancy-release in bulbs of *Lilium rubellum*. Scientia Horticulturae , 111 : 68 – 72.
- Yang Li-ping , Sun Xiao-yu , Bian Hui-yuan , Lu Yan-wei. 2001. Selection of vegetative propagation for *Lilium Pumilum*. Bulletin of Botanical Research , 21 (3) : 398 – 402. (in Chinese)
- 杨利平, 孙晓玉, 卞慧媛, 陆艳伟. 2001. 细叶百合无性繁殖条件的选择. 植物研究, 21 (3) : 398 – 402.