

백합 근연수분 및 종간 교잡종 F1 여교잡시 종자형성

이지용, 임용표^{1*}

충남농업기술원 태안백합시험장, ¹충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학부

Seed Set in Close Pollination and Backcross of Interspecific F1 of *Lilium* spp.

Ji-Yong Lee, Yong-Pyo Lim^{1*}

Taeon Lily Experiment Station, CARES, Nammyun, Taean-gun, Chungnam 357-952, Korea

¹Division of Plant Science and Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT We studies seed set in the interspecific F1/backcross hybrids of *Lilium* species. In the interspecific hybrid of *L. longiflorum* cv. Gelria with *L. × formolongi* cv. Raizan, 93% fruit set was obtained by stigmatic pollination in comparison to 53% from cut-style pollination. Accordingly, the number of seed set resulting from stigmatic and cut-style pollination was 147 and 53, respectively. Pollination of both stigmatic and cut-style pollination resulted in 47% fruit set in the hybrid of *L. longiflorum* cv. Lorina with *L. × formolongi* cv. Raizan. However, stigmatic pollination formed 413 seeds, whereas only 24 seeds were obtained by cut-style pollination in this cross. The hybrid of *L. × formolongi* cv. Raizan with *L. longiflorum* cv. Como set 40% fruit with a total of 43 seeds by stigmatic pollination. However, no fruit set was observed in cut-style pollination in this hybrid. Backcrossing the F1 hybrid by cut-style pollination of *L. longiflorum* cv. Lorina × Asiatic hybrid cv. Chicago with the latter parent led to 53% fruit set, and 109 embryos were obtained. Likewise, backcrossing following cut-style pollination of *L. longiflorum* cv. Lorina × Asiatic hybrid cv. Corsia with the latter parent formed 67% fruits and 107 embryos. However, in the remaining interspecific hybrids, cut-style pollination set no fruit.

Key words: Lily, close pollination, backcrosses, stigmatic or cut-style pollination

서 론

백합은 백합과, 백합속에 속하는 내한성 추식 경구근초 (hardy bulbous plant)이며 염색체수는 참나리 (*L. lancifolium*) 등 일부 종을 제외하고는 대부분 $2n=24$ 이다 (McRae 1998). 세계 주요 화훼국 절화류 거래량 중 백합의 점유순위는 장미, 국화, 카네이션, 튜립에 이어 5위를 차지하고 있는데, 최근의 재배 품종들은 Asiatic hybrid, Oriental hybrid, Longiflorum hybrid가 대부분이다. 화란의 경우 주된 품종은 전체에서 Asiatic hybrid가 43%, Oriental hybrid가 45%, Longiflorum hybrid가 6% 정도를 차지한다. 또한 민간 육종가의 관심확대로 매년 400여 신 품종이 발표되고 있다. 이중 LA (Longiflorum hybrid × Asiatic

hybrid와의 종간 교잡종) hybrid가 현재에는 2%정도 차지하고 있으나, 새로운 형태에 향기까지 가미되어 있어 최근 10여년 사이에 급격히 수요가 늘어나고 있다. 더구나 L/O (Longiflorum hybrid × Oriental group과의 종간 교잡종), O/T (Oriental group × Trumpet group과의 종간 교잡종) hybrid 및 O/A (Oriental hybrid × Asiatic group과의 종간 교잡종) hybrid 품종육성도 활발히 시도되고 있고 일부는 성공적인 효과를 보이고 있다 (Van Tuyl and De Jeu 1997). 국내 주요 재배품종은 Asiatic hybrid가 37%를 차지하는데 주로 내수용이고, Oriental hybrid는 8%로 대부분 일본 등에 수출되고 있고, Longiflorum hybrid는 55%, 그리고 현재 재배면적이 급격히 증가하고 있는 신나팔백합은 다른 계통과 비교할 때 재배가 비교적 쉽고 경영비가 낮아 단경기 생산으로 내수 및 일본에 수출되고 있다. 그러나 국내에서 절화로 재배되고 있는 백합구근은 대부분 화란에서 수입해서 사용하고 있어 농가의 생산비 중 68%를

*Corresponding author Tel 042-821-5739 Fax 042-823-1382
E-mail yplim@cnu.ac.kr

구근 구입비로 지출되고 있다. 하지만 국내에서 육성한 품종은 20여종에 불과하고 그나마 Asiatic hybrid가 대부분이기 때문에 앞으로 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는 최근 화란, 일본 등에서 급격히 확대되고 있는 다양한 품종육성을 시급히 발전시켜야 할 것이다. 따라서 본 연구는 나팔백합 (*L. longiflorum*)과 신나팔백합 (*L. ×formolongi*)의 상호간 근연교잡시 교잡율을 검토하고, 나팔백합과 아시아틱계통과의 중간 교잡종을 자방친으로 사용한 여교잡율을 비교 검토하여 급후 중간 교잡계통을 이용한 품종육성 범위를 확대하기 위해 수행했다.

재료 및 방법

근연수분을 위해서 같은 Longiflorum group인 나팔백합 (*L. longiflorum*)과 신나팔백합 (*L. ×formolongi*)을 2002년에 상호 교잡시켰다. 교배조합은 Table 1에서와 같이 *L. longiflorum* 'Gelria' 및 *L. longiflorum* 'Lorina'를 자방친으로 하고 *L. ×formolongi* 'Raizan'을 화분친으로 했고, 역으로 *L. ×formolongi* 'Raizan'을 자방친으로 하고 *L. longiflorum* 'Como'를 화분친으로 해서 조합당 10~15개체를 주두수분 (stigmatic pollination)과 화주절단수분 (Cheng and Mattson 1972; Ascher and Drewlow 1975; Asano and Myodo 1977; Van Creij et al. 1993; Janson et al. 1993; Wietsma et al. 1994; Li and Niimi 1995)을 통하여 검토했다. 교잡에 사용한 나팔백합 2품종 구근은 화란에서 구입했고 신나팔백합은 일본에서 구입한 종자를 파종하여 절화로 사용한 후 인편번식으로 양성한 구근을 사용했다. 교배친의 재배는 태안백합시험장 시험포장 무가온 비닐하우스 (폭×길이×높이=6×30×3.6 m)내 토양에 정식 (재식거리 15×15 cm)하

고 양액을 점적호스로 관주하여 관행으로 관리했다. 모든 수분은 가급적 정상적이고 충실한 개화주를 선택하여 화뢰 크기가 1~2 cm 정도일 때 교배용으로 주당 2륜을 남기고 잔여 화뢰를 제거한 후 생육시켜 개화시에 수분했다. 주두수분은 개화 1~2일 전 봉오리를 열고 수술과 화피를 제거한 후 곤충 등에 의한 수분을 방지하기 위하여 알루미늄 호일을 말아 주두에 피복했다. 그 후 개화 당일부터 1~3일 후까지 피복한 알루미늄 호일을 열고 미리 준비한 화분을 작은 붓으로 주두에 골고루 발라준 후 다시 피복했다. 화주절단수분은 개화 1~2일 전 봉오리를 열고 수술과 화피를 제거하고 알루미늄 호일을 말아 주두에 피복하고 개화당일부터 1~3일 후까지 예리한 면도칼로 화주를 자방상단을 1 cm 정도 남기고 횡으로 절단했다. 이어서 화주 중심부를 종으로 열고 내부에 가는 면도칼로 화분을 넣은 후 스카치 테이프를 감아 절단부의 수분이 마르지 않게 했다. 여교잡은 *L. longiflorum* 'Lorina'를 자방친으로하고 Asiatic hybrid를 화분친으로 하여 1998년에 화주절단수분법과 배배양을 통하여 얻은 2조합 [(*L. longiflorum* 'Lorina'×*L. Asiatic hybrid* 'Chicago'), (*L. longiflorum* 'Lorina'×*L. Asiatic hybrid* 'Corsica')]을 사용하여 2002년에 조합당 10~15개체를 전술과 같은 화주절단수분법 (주두수분으로는 교잡 불가능; 자료 미제시)으로 수행했다.

결과 및 고찰

근연수분

교배친으로 사용된 *L. ×formolongi*의 양친은 (*L. formosanum*×*L. longiflorum*)으로 교배조합인 (*L. longiflorum*×*L. ×formolongi*) 또는 (*L. ×formolongi*×*L. longiflorum*)은 [*L. longiflorum*×(*L. formosanum*×*L. longiflorum*)] 또는 [(*L. formosanum*×*L. longiflorum*)×*L. longiflorum*]으로서 여교잡 형태를 지닌다. Table 2에서와 같이 (*L. longiflorum* 'Gelria'×*L. ×formolongi* 'Raizan')의 종자형성 사과율은 주두수분과 화주절단수분에서 각각 93%, 53%, 사과당 평균 종자수도 각각 71개, 22개를 얻어 주두수분이 높게 나타났고 사과도 Figure 1과 같이 충실했다. 같은 종류의 자방친을 사용한 (*L. longiflorum* 'Lorina'×*L. ×formolongi* 'Raizan')의 교잡에서는 종자형성 사과율이 47%로 같은 비율을 보였지만 사과당 평균 종자수는 각각 311개, 34개로 주두수분이 훨씬 높았다. 이와 같은 결과는 Lee (2002)도 (*L. longiflorum* 'White Elegance'×*L. ×formolongi* 'Raizan')의 종자형성 사과율은 각주두수분과 화주절단수분에서 각각 74%, 11%를 얻었고, 사과당 평균종자수도 각각 149개, 10개를 얻어 주두수분이 교잡율이 높다고 보고하고 있다. (*L. ×formolongi*×*L. longiflorum* 'Como')의 교잡에서 종자형성 사과율은 화주절단수분과 주두수분에서 각각 40%, 0%를 보여 상기 교배조합보다 교잡율이 훨씬 낮았고 사과당 평균 종자수도 매

Table 1. Cross combinations of selfing and intraspecific pollination used in this study.

Pollination division ¹	Cross methods (Cross combination) ²
1) Close pollination	
GE, LO× <i>L. ×formolongi</i>	ST(1), CS(1)
RA× <i>L. longiflorum</i>	ST(1), CS(1)
2) Backcross	
(LO× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Chicago')× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Chicago'	CS(1)
(LO× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Chicago')×LO	CS(1)
LO×(LO× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Chicago')	CS(1)
(LO× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Corsica')× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Corsica'	CS(1)
(LO× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Corsica')×LO	CS(1)
LO×(LO× <i>L. Asiatic hybrid</i> 'Corsica')	CS(1)

¹GE: *L. longiflorum* 'Gelria', LO: *L. longiflorum* 'Lorina', RA: *L. ×formolongi* 'Raizan'.

²ST: stigmatic pollination, CS: cut-style pollination.

Table 2. Results of close pollination of *L. longiflorum* and *L. ×formolongi* pollinated by stigmatic and cut-style pollination.

Cross combination ¹	Cross method ²	No. of			C/A (%)	No. of seeds per fruit		
		flowers pollinated (A)	fruits pollination (B)	fruits obtained seed (C)		Mean	Minimum	Maximum
♀ GE ♂ RA	S	15	14	14	93	71	11	147
	C	15	9	8	53	22	10	53
♀ LO ♂ RA	S	15	7	7	47	311	218	413
	C	15	7	7	47	34	14	24
♀ RA ♂ CO	S	10	6	4	4	14	3	43
	C	10	6	0	0	0	0	0

¹GE: *L. longiflorum* 'Gelria', LO: *L. longiflorum* 'Lorina', RA: *L. ×formolongi* 'Raizan', CO: *L. longiflorum* 'Como'.

²S: stigmatic pollination, C: cut-style pollination.

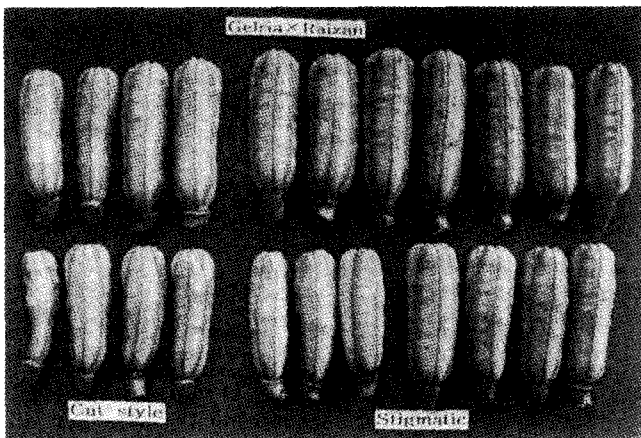


Figure 1. Ovaries obtained from close pollination (*L. longiflorum* 'Gelria' × *L. ×formolongi* 'Raizan') by cut-style (left) and stigmatic (right) pollination.

우 적었다. 한편 *L. ×formolongi*의 양친인 *L. formosanum*과 *L. longiflorum* 사이의 교잡친화성은 *L. formosanum*를 자방친으로 하고 *L. longiflorum*을 화분친으로 했을 때는 교잡이 잘 이루어지지만, 역으로 *L. longiflorum*을 자방친으로 하고 *L. formosanum*를 화분친으로 했을 때는 미숙배가 형성되어 배배양을 통해서만이 잡종을 획득할 수 있다 (Shimizu 1987).

여교잡

Table 3에서와 같이 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago') × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago'], 즉 *L. longiflorum* 'Lorina'를 자방친으로 하고 *L. Asiatic hybrid* 'Chicago'를 화분친으로 하여 얻은 중간 교잡종을 자방친으로 하고 중간 교잡종의 화분친이었던 *L. Asiatic hybrid* 'Chicago'를 다시 화분친으로 한 여교잡에서 화주절단수분된 15개체 중에서 9개의 성숙삭과를 얻어 삭과 형성율은 60%를 나타냈고 배형성 삭과수는 8개를 얻어 53%를 나타냈으며 획득한 배의 수는 총 109개로 삭과당 평균배수는 14개였다. 그러나 중간 교잡종 (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago')을 자방친으로 하고 중간 교잡종의 자방친을 화분친으로 한 경우인 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago') × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago']의 여교잡에서는 전혀 삭과가 형성되지 않았다. 이와 유사한 결과는 Asano (1980)도 [(*L. longiflorum* × *L. 'Karatoma'*) × *L. longiflorum*]과 [(*L. longiflorum* × *L. 'Karatoma'*) × *L. longiflorum*], [(*L. longiflorum* × *L. candidum*) × *L. longiflorum*], [(*L. longiflorum* × *L. pumilum*) × *L. longiflorum*]의 교잡에서는 전혀 종자를 얻지 못했다. 그러나 [(*L. longiflorum* × *L. dauricum*) × *L. ×elegans* (= *L. dauricum*, *L. maculatum* 등으로 교잡된 잡종)]의 교잡에서는 삭과당 15개의 종자수를 얻고 있어 (*L. longiflorum* × *Asiatic hybrid*)의 중간 교잡종은 자방친으로만 사용할 때 교잡이 가능한 것임을 알 수 있다. 그러나 극히 드문 예로 Asano (1980)는 북2배체인 (*L. longiflorum* × *L. henryi*)를 자방친으로 하고 화분친을 각각 *L. longiflorum*, *L. henryi*으로 교잡한 경우 잡종 배를 얻지 못했지만, 역으로 *L. longiflorum*, *L. henryi*를 자방친으로 하고 (*L. longiflorum* × *L. henryi*)를 화분친으로 교잡한 경우는 삭과당 각각 6개, 2개의 배를 얻고 있어 중간 교잡종은 경우에 따라 품종육성을 위한 화분친으로 사용 가능성을 보고하고 있다. Okazaki et al. (1992)은 Asiatic group인 *L. concolor*를 사용해서 (22종의 *Asiatic hybrid* × *L. concolor*)의 교잡에서 35.2%, [(2종의 *Asiatic hybrid* × *L. concolor*) × *L. concolor*]의 교잡에서 98.5%, [*Asiatic hybrid* × (*Asiatic hybrid* × *L. concolor*)]의

florum 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago') × *L. longiflorum* 'Lorina']와 *L. longiflorum* 'Lorina'를 자방친으로 하고 화분친을 중간 교잡종인 (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago')로 한 경우인 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago'))]는 전혀 삭과가 형성되지 않았다. 같은 형태의 교잡인 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica') × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica')]의 경우는 수분된 15개체 중에서 12개의 성숙삭과를 얻어 삭과 형성율은 80%를 나타냈고, 배형성 삭과수는 10개를 얻어 67%를 나타냈으며, 획득한 배의 수는 총 107개로 삭과당 평균배수는 11개였다. 그러나 중간 교잡종을 자방친으로 하고 화분친을 중간 교잡종의 자방친으로 한 여교잡인 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica') × *L. longiflorum* 'Lorina']와 중간 교잡종을 화분친으로 한 경우인 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica'))]의 여교잡에서는 전혀 삭과가 형성되지 않았다. 이와 유사한 결과는 Asano (1980)도 [(*L. longiflorum* × *L. 'Karatoma'*) × *L. longiflorum*]과 [(*L. longiflorum* × *L. 'Karatoma'*) × *L. longiflorum*], [(*L. longiflorum* × *L. candidum*) × *L. longiflorum*], [(*L. longiflorum* × *L. pumilum*) × *L. longiflorum*]의 교잡에서는 전혀 종자를 얻지 못했다. 그러나 [(*L. longiflorum* × *L. dauricum*) × *L. ×elegans* (= *L. dauricum*, *L. maculatum* 등으로 교잡된 잡종)]의 교잡에서는 삭과당 15개의 종자수를 얻고 있어 (*L. longiflorum* × *Asiatic hybrid*)의 중간 교잡종은 자방친으로만 사용할 때 교잡이 가능한 것임을 알 수 있다. 그러나 극히 드문 예로 Asano (1980)는 북2배체인 (*L. longiflorum* × *L. henryi*)를 자방친으로 하고 화분친을 각각 *L. longiflorum*, *L. henryi*으로 교잡한 경우 잡종 배를 얻지 못했지만, 역으로 *L. longiflorum*, *L. henryi*를 자방친으로 하고 (*L. longiflorum* × *L. henryi*)를 화분친으로 교잡한 경우는 삭과당 각각 6개, 2개의 배를 얻고 있어 중간 교잡종은 경우에 따라 품종육성을 위한 화분친으로 사용 가능성을 보고하고 있다. Okazaki et al. (1992)은 Asiatic group인 *L. concolor*를 사용해서 (22종의 *Asiatic hybrid* × *L. concolor*)의 교잡에서 35.2%, [(2종의 *Asiatic hybrid* × *L. concolor*) × *L. concolor*]의 교잡에서 98.5%, [*Asiatic hybrid* × (*Asiatic hybrid* × *L. concolor*)]의

Table 3. Results of backcross of interspecific hybrids in the genus *Lilium* pollinated by cut-style pollination.

Cross combination ¹		No. of			C/A (%)	No. of embryos obtained (D)	D/C (%)
♀	♂	flowers pollinated (A)	fruits matured (B)	fruits obtained embryo (C)			
(LO×CH)	CH	15	9	8	53	109	14
(LO×CH)	LO	10	0	0	0	0	0
LO	(LO×CH)	15	0	0	0	0	0
(LO×CO)	CO	15	12	10	67	107	11
(LO×CO)	LO	15	0	0	0	0	0
LO	(LO×CO)	15	0	0	0	0	0

¹LO: *L. longiflorum* 'Lorina', CH: Asiatic hybrid 'Chicago', CO: Asiatic hybrid 'Corsica'.



Figure 2. Ovary obtained from [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago') × *L. × Asiatic hybrid* 'Chicago'] by cut-style pollination. * Ovary type is very similar to male parent.

교잡에서 83.1%의 잡종배의 생존율을 얻었다. 그러나 역교잡 (reciprocal cross)인 *L. concolor*를 자방친으로 한 경우는 잡종을 얻지 못했고, 다만 [(Asiatic hybrid × *L. concolor*) × Asiatic hybrid]의 조합에서는 드물게 잡종배를 얻을 수 있었다. 결과적으로 (*L. longiflorum* 또는 *L. × formolongi* × Asiatic group)이나 [(*L. longiflorum* 또는 *L. × formolongi* × Asiatic group) × Asiatic group]의 교잡에서는 잡종배를 얻을 수 있으나 화분친을 자방친으로 한 반대의 교잡으로는 잡종배를 얻을 수 없었다. 이와 같은 편방향 불화합성은 [(*L. longiflorum* × *L. pumilum*); Asano 1982], [(*L. × formolongi* × *L. rubellum*); Okazaki et al. 1992] 및 [(Oriental hybrid × Asiatic hybrid); Okazaki et al. 1994]에서도 나타난다고 한다. 따라서 중간 교잡종 자체는 화분이 완전 불임이어도 역교잡 등으로 배양이 가능한 배를 얻을 수 있기 때문에 후대육성을 위해 중요한 소재로 사용될 수 있다 (Shimizu 1987). 또한 근연수분에서와 같이 역교잡의 교잡율을 높이기 위해서는 화주절단수분 뿐만 아니라 지금까지 보고된 고온처리 (Ascher and Peloquin 1966; Hopper et al. 1967; Ascher and Peloquin 1970; Matsubara 1981; Campbell and Linskens 1984; Hiratsuka et al. 1989), 식물 성장조절물질 처리 (Emsweller et al. 1960; Matsubara 1973; Niimi et al. 1999), 자연수분 (Ichimura and

Yamamoto 1992; Niimi et al. 1997) 화주접목 (Amaki and Yamamoto 1988) 등과 같은 방법도 적용 검토되어야 할 것이다.

적 요

근연수분인 (*L. longiflorum* 'Gelria' × *L. × formolongi* 'Raizan')의 경우 주두수분에서 종자형성 삭과율은 93%이고 삭과당 평균 종자수는 71개였다. 화주절단수분시에는 종자형성 삭과율이 53%이고 삭과당 평균 종자수는 22개로 적었다. (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. × formolongi* 'Raizan')의 경우 주두수분에서 종자형성 삭과율이 47%이고 삭과당 평균 종자수는 311개를 얻었다. 그러나 화주절단수분에서는 종자형성 삭과율이 47%이고 삭과당 평균 종자수는 34개로 주두수분에 비해 11%밖에 미치지 못했다. (*L. × formolongi* 'Raizan' × *L. longiflorum* 'Como')의 경우 주두수분은 종자형성 삭과율이 40%이고 삭과당 종자수가 14개인 반면 화주절단수분에서는 종자형성이 이루어지지 않았다. [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago') × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago']의 역교잡에서 화주절단수분된 15개체 중에서 9개의 성숙삭과를 얻어 삭과 형성율은 60%, 배형성 삭과수는 53%, 삭과당 평균배수는 14개였다. 그러나 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago') × *L. longiflorum* 'Lorina']와 [*L. longiflorum* 'Lorina' × (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Chicago')]의 교잡은 전혀 삭과가 형성되지 않았다. 또한 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica') × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica']의 경우도 수분된 15개체 중에서 삭과 형성률은 80.0%, 배형성 삭과수는 67%, 삭과당 평균배수는 11개였다. 하지만 [(*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica') × *L. longiflorum* 'Lorina']와 나팔백합에 중간잡종을 교잡한 [*L. longiflorum* 'Lorina' × (*L. longiflorum* 'Lorina' × *L. Asiatic hybrid* 'Corsica')]의 교잡은 전혀 삭과가 형성되지 않았다. 이 결과는 중간 교잡종을 자방친으로 하고 그 자방친의 화분친을 사용할 때만 교잡이 이루어지고 있음을 나타내고 있다. 따라서 역교잡을 통한 중간잡종 품종육성 활용방안을 금후 적극 확대 검토해야 할 것이다.

사사 - 본 연구의 일부는 1995~2000년도 농림 기술 개발 사업의 지원에 의한 것입니다.

인용문헌

- Amaki W, Yamamoto Y (1988) Pollen tube growth in the pistils grafted with style of different cultivar or with cross or self pre-pollinated styles of *Lilium longiflorum* Thunb. J Japan Soc Hort Sci 57: 269-272
- Asano Y (1980) Studies on the crosses between distantly related species of lilies. IV. The culture of immature hybrid embryos 0.3~0.4 mm long. J Japan Soc Hort Sci 49: 114-118
- Asano Y (1982) Overcoming interspecific hybrid sterility in *Lilium*. J Japan Soc Hort Sci 51: 75-81
- Asano Y, Myodo H (1977) Studies on crosses between distantly related species of lilies. I. For the intrastylar pollination technique. J Japan Soc Hort Sci 46: 59-65
- Ascher PD, Drewlow LW (1975) The effect of prepollination injection with stigmatic exudates of interspecific pollen tube growth in *Lilium longiflorum* Thunb. styles. Plant Sci Lett 4: 401-405
- Ascher PD, Peloquin SJ (1966) Influence of temperature on incompatible and compatible pollen tube growth in *Lilium longiflorum*. Can J Genet Cytol 8: 661-664
- Ascher PD, Peloquin SJ (1970) Temperature and the self-incompatibility reaction in *Lilium longiflorum* Thunb. J Amer Soc Hort Sci 95: 586-588
- Campbell RJ, Linskens HF (1984) Temperature effects on self-incompatibility on *Lilium longiflorum*. Theor Appl Genet 68: 259-264
- Cheng IH, Mattson RH (1972) Effect of intrastylar pollination methods on seed set of *Lilium* × 'Mid-Century' hybrid lilies. J Japan Soc Hort Sci 97: 591-592
- Emsweller SL, Uhring J, Stuart NW (1960) The roles of naphthalene acetamide and potassium giberellate in overcoming self-incompatibility in *Lilium longiflorum*. Proc Amer Soc Hort Sci 75: 720-725
- Hiratsuka ST, Tezuka ST, Yamamoto Y (1989) Analysis of self-incompatibility reaction in easter lily by using heat treatment. J Amer Soc Hort Sci 114: 505-508
- Hopper JE, Ascher PD, Peloquin SJ (1967) Inactivation of self-incompatibility following temperature treatments of styles in *Lilium longiflorum*. Euphytica 16: 215-220
- Ichimura K, Yamamoto Y (1992) Correlation between the accumulation of stylar canal exudate and the diminution of self-incompatibility in aging flowers of *Lilium longiflorum*. J Japan Soc Hort Sci 61: 159-165
- Janson J, Reinders MC, Van Tuyl JM, Keijzer CJ (1993) Pollen tube growth in *Lilium longiflorum* following different pollination techniques and flower manipulations. Acta Bot Neerl 42: 461-472
- Li TH, Niimi Y (1995) A comparison of seed sets in self-, intraspecific and interspecific pollination of *Lilium* species by stigmatic and cut-style pollination methods. J Japan Soc Hort Sci 64: 149-159
- Matsubara S (1973) Overcoming self-incompatibility by cytokinin treatment in *Lilium longiflorum*. Bot Mag Tokyo 86: 43-46
- Matsubara S (1981) Overcoming the self-incompatibility of *Lilium longiflorum* Thunb. By application of flowers-organ extract or temperature treatment or pollen. Euphytica 30: 97-103
- McRae EA (1998) Lilies: A guide for growers and collectors. Timber Press, pp 105
- Niimi Y, Li TH, Matsuo K (1997) Self-compatible and -incompatible reactions in Asiatic hybrid *Lilium* × 'Enchantment': Influence of pistil age on seed set. J Japan Soc Hort Sci 65: 835-842
- Niimi Y, Li TH, Nakano M (1999) Effect of plant growth regulators on pollen tube behavior and seed formation in self-pollinated flowers of *Lilium longiflorum* Thunb. 'Georgia' and 'Hinomotō'. Bul Fac Agr Niigata Univ 52: 1-11
- Okazaki K, Umada Y, Urashima O, Kawada J (1992) Interspecific of *Lilium longiflorum* and *L. × formolongi* with *L. rubellum* and *L. japonicum* through embryo culture. J Japan Soc Hort Sci 60: 997-1002
- Shimizu M (1987) Lilies of Japan. Seibundoshinkosha. Ltd Tokyo pp 112-120
- Van Creij MGM, Van Raamsdonk LWD, Van Tuyl JM (1993) Wide interspecific hybridization of *Lilium*; preliminary results of the application of pollination and embryo-rescue methods. N Am Lily Soc Yearb. 43: 28-37
- Van Tuyl JM, De Jeu MJ (1997) Methods for overcoming interspecific crossing barriers. pp 273-293
- Van Tuyl JM, Van Dill MP, Van Dreij MGM, Van Kleinwee TCM, Franken J, Bino RJ (1991) Application of in vitro pollination, ovary culture, ovule culture and embryo rescue for overcoming incongruity barriers in interspecific *Lilium* crosses. Plant Sci 74: 115-126
- Wietsma WA, De Jong KY, Van Tuyl JM (1994) Overcoming pre-fertilization barriers in interspecific crosses of *Fritillaria imperialis* and *F. raddeana*. Plant Cell Incompatibility Newsletter. 26: 89-93