

당근 雄性不稔性의 形態別 利用現況과 核內 雄性不稔 遺傳子의 分布

서영기 · 윤광현 · 조영환 · 백기엽¹*

홍농종묘(주) 육종연구소, ¹충북대 원예학과

Utilization of Male Sterility Type and Frequency of Male Sterile Genes in Carrots

Suh, Young Ki · Youn, Goang Hyeon · Cho, Young Hwan · Paek, Kee Yoeop¹
Hungnong Seeds Co. Breeding & Research Station, Cheongwon 363-950, Korea

¹Research Center for the Development of Advanced Horticultural Technology, Cheongju 365-763, Korea

*corresponding author

ABSTRACT When the type and ratio of male-sterile plants in F₁ hybrids collected from several seed companies were investigated, there were differences in the male-sterile type depending upon region, seed company and variety group. The differences were inferred due to the easiness in breeding of maintainer line among the variety groups. American seed companies mainly used petaloid type male sterility with Imperater group varieties. European companies used brown anther type male sterility mainly with Nantes group but some companies used petaloid type also in varieties that were different from Nantes group. Asian companies (Japan, Korea) used both types with Chantaney and Kuroda group varieties, but one type was mainly used depending on individual seed company. Only one type of male-sterility in one variety was observed and the results were agreed well with other's results that male-sterility type was determined by cytoplasm factor. Some breeding lines were backcrossed to both types of cytoplasm (Sa, Sp) for maintainer line selection. We could select 15 maintainer lines from 20 lines in petaloid cytoplasm (Sp) and 3 from 4 lines in brown cytoplasm (Sa). In petaloid cytoplasm, maintainer lines can be selected at considerably high frequency. But in brown anther cytoplasm, the used materials are too restricted to tell general frequency maintainer lines.

Additional key words: cytoplasm, maintainer line frequency, male sterility

서 언

당근의 품종육성에서 카로틴이나 糖含量 (Freeman과 Simon, 1983)이 많은 계통을 육성하는 것도 중요하지만 雜種強勢現象 (Peterson과 Simon, 1986)을 이용한 교배종의 채종 수단이 되는 雄性不稔성도 매우 중요하다.

당근에서 이용되는 雄性不稔성은 두 가지 形態가 있는데 하나는 開花 前에 웅예가 갈색으로 변해서 退化되는 brown anther type이고 또 다른 하나는 웅예가 꽃받침 모양으로 변하여 화분이 발생되지 않는 petaloid type이며 이들은 細胞質의 유전을 하는 것으로 알려져 있다.

이러한 두 가지 형태의 雄性不稔성의 遺傳樣式 (Hanche와 Gableman, 1963; Park과 Pyo, 1977; Pearson, 1981)이나 花器構造 (Erickson과 Peterson, 1979; Erickson 등, 1982; Struckermeyer과 Simen, 1986) 및 채종상의 문제 (Bonnet, 1978; Erickson 등, 1979)에 관하여는 여러 연구자들이 발표한 바 있으나 품종 육성시의 實用的인 필요성 면에서 당근의 여러 품종군이나 국내에서 재배되었던 품종 중에서 위의 두 가지 서로 다른 雄性不稔 形態의 細胞質에서 雄性不稔을 야기시키는 遺傳子의 分布 頻度에 대하여는 거의 발표된 것이 없다.

본 시험에서는 세계 각 종묘회사에서 발표된

교배종 품종들을 수집하여 지역별, 회사별, 품종군별로 이용하는 雄性不稔성의 형태를 조사하였다. 또한 기존에 국내에서 재배되었거나 도입된 품종 중에서 고정종으로 생각되는 품종들을 대상으로 두 가지 雄性不稔 계통에 兪교잡하여 100%의 안정된 雄性不稔 계통을 얻을 수 있는가에 대해서 검토하였다.

재료 및 방법

雄性不稔性 利用現況 조사를 위하여 주로 미국, 일본 및 유럽의 25개 회사에서 도입된 53품종을 1995년부터 1997년까지 3년에 걸쳐 8월 7일을 전후하여 파종, 3월 10일 전후에 정식, 6월 5일 전후하여 조사한 것이다.

雄性不稔 유전자의 빈도조사에 불임세포질로 사용한 재료 중 petaloid type은 Michigan State University에서 육성한 MSU9541A계통 (Baker, 1978)을 이용하였고 brown anther type의 재료로는 프랑스의 Albert Bonnet으로부터 분양받은 Touchon 754A 계통 (Bonnet, 1978)과 다른 경로로 입수된 501A계통 중에서 한국 당근에 보다 가까운 501A 계통을 이용하였다.

Petaloid type의 不稔細胞質에는 20가지의 育成系統을, brown-anther type의 不稔細胞質

에는 4가지 育成계통을 兪교잡하여 F₁, BC₁, BC₂ 세대에서의 雌性不稔 分離比를 수년에 걸쳐 조사한 것인데 F₁세대에서는 계통별로 다르지만 10~20주 전후, BC₁, BC₂ 세대에서는 20~40주 전후 공시하였으며 각 세대별로 모두 100%의 雄性不稔이 발현되는 反復親을 maintainer line 선발이 용이한 계통으로 표현하였고 각 세대별로 일정비율의 可稔株가 계속 분리되는 계통을 maintainer line 선발이 어려운 계통으로 표현하였으며 경종개요는 홍농종묘 육종연구소의 관행재배법에 준하여 수행하였다.

결과 및 고찰

雄性不稔性의 形態別 利用 現況

최근에는 세계각국의 종묘회사에서 발표하는 품종의 대부분이 交配種인데, 이를 만들기 위하여 회사별로 이용하는 雄性不稔의 형태를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

지역별, 회사별로 이용하는 雄性不稔의 형태가 다르게 나타났다. 즉, 미주지역의 경우 대부분의 회사(Asgrow, Cal-Seed, Ferry Morse, Harris Moran, Peto, Sun Seed)가 petaloid type의 雄性不稔성을 이용하고 있었는데, 이는 미주지역에서 주로 재배하는 Imperater系統의 경우 petaloid type의 세포질(Sp)에서는 유지계통을 쉽게 육성할 수 있지만 brown anther type의 細胞質(Sa)에서는 유지계통을 육성하기가 어렵기 때문인 것으로 생각된다.

유럽의 경우 brown anther type의 雄性不稔성을 이용하는 회사(Enza Zaden, Bejo, Vilmorin, Clause)가 많았으나, petaloid type의 雄性不稔성을 이용하는 회사(Royal Sluis, Sluis & Groot)도 있었다. 이는 유럽에서 많이 재배되는 Nantes 系統의 품종군에서는 brown anther type의 유지계통을 육성하기가 용이하기 때문인 것으로 추측되었고 Nantes계통의 품종군과는 특성이 다른 일부 품종은 petaloid type(Sp)을 이용하고 있었다.

Kuroda, Chantaney 系統의 품종군을 주로 이용하는 東洋(일본, 한국 등)에서도 유럽과 같이 회사별로 달랐는데 일본의 다카이(3품종), 가네코(3품종), 요코하마 우에키(4품종)와 한국의 서울종묘(1품종)는 brown anther type을 주로 이용하고 있었고 일본의 와타나베(4품종), 사카다(2품종), 야에(2품종), 미카도(1품종), 마루다네(1품종)는 petaloid type의 雄性不稔성을 주로 이용하고 있었는데, 이는 동양에서 많이 재배되는 Kuroda, Chantaney 系統의 품종군에서는 두 가지 細胞質(Sa, Sp) 모두에 유지계통의 육성이 가능했기 때문인 것으로 생각되었다.

F₁에서의 가임주와 雄性不稔주의 출현빈도를 조사한 결과 brown anther type에서는 66% (MS132 : MF67)의 不稔株가 나오고, petaloid type에서는 86%(MS161 : MF26)의 不稔株率로 brown anther type보다 높았다. 이는 petaloid type에서는 不稔因子가 優性으로 작용(Thompson, 1961)하는 데 비하여 brown

anther type에서는 不稔因子가 優性, 劣性 두 가지(Banga 등, 1964; Morelock, 1974)가 있다는 보고로 미루어 볼 때 petaloid type의 F₁에서 높은 比率의 不稔株가 나올 것이라는 예상과 일치하였다.

Brown anther type의 경우 F₁에서 可稔株가 나오는 경우가 많은데, 프랑스 Clause사의 4품종에서는 34개체를 조사한 결과 可稔株가 전혀 나오지 않았다.

雌性不稔 遺傳因자의 分布頻度 調査

국내에서 재배되는 Chantaney系統의 소재들에서 유지계통을 육성하기 위하여 雌性不稔株에 여교잡한 결과를 요약하면 Table 2와 같으며 여기에서는 雌性不稔의 遺傳樣式을 구명하기 위한 것이 아니라 실용적인 형질이 우수한 系統에서 育성불임 계통을 육성하여 組合作成에 이용하기 위함이었다.

Table 2에서와 같이 많은 품종이 petaloid type의 不稔株에 여교잡한 결과 F₁, BC₁ 및 그 後代에서 깨끗하게 100%의 不稔株가 나타났으며,

이들 Chantaney, Kuroda 系統에서는 petaloid type 育성불임 계통의 育성이 용이함을 나타낸다고 할 수 있다. 그러나 일부는 어느 정도의 可稔株가 나타났는데, 이와 같은 계통은 育성회복 유전자의 분포비율이 높기 때문이 아닌가 생각되었고 따라서 育성불임 계통의 育성이 어려운 품종이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 계통에서도 유지계통을 찾는 것이 불가능한 것은 아니다. 育성회복 초기세대에서는 雌性可稔株가 출현하지만 WH계통의 경우 雌性不稔株에 花粉親을 계속 선별하여 育성회복한 결과 不稔株의 비율이 점차 높아져서 안정된 雌性不稔 系統을 얻을 수가 있었다.

Table 2의 Brown anther type에 대한 花粉親의 F₁, BC₁, BC₂ 세대에서의 分離比率를 요약하면 Table 3과 같다. Table 2, 3에서 育성회복 1, 2, 3은 두 가지 育성불임 형태(Sa, Sp) 모두에 유지계통으로 이용 가능한 것으로 나타났다. Table 3의 양명(금동)系統은 brown anther type의 雌性不稔 細胞質을 갖고 있는 양명오촌 당근을 系統分離하던 중, 雌性可稔 個體에 金동계통을 교잡하여 재분리하던 系統이다. 따라서 細胞質은 양명오촌과 같은 不稔細胞質을 가지고 있음에도 불구하고 가임으로 나타난 것이므로, 核內에 雌性不稔 因子가 없다가 育성회복인자를 갖고 있어 育성불임계 育성이 곤란할 것으로 예상했던 것으로 시험결과도 이와 일치하였다.

Table 1에서 나타나는 不稔株의 形態는 Sp 細胞質에서는 모두 petaloid형이고 Sa 細胞質에서는 모두 brown anther 형으로 다른 연구자의 결과(Eisa와 Wallace, 1969; Morelock과 Peterson, 1973)와 일치하였다. 또한 導入種 중 교배종에서 系統分離를 할 경우에 F₁ 및 F₂ 이후 세대에 不稔株의 출현이 높은 비율로 나타나므로 花粉親(C-line)을 育成하는데 效率이 떨어지고, 花粉의 稔성이 고정되었을 경우에도 花粉親(C-line)으로의 이용은 가능하지만 불임성의 세포질을 갖고 있으므로 그 系統의 MS화 즉 유지친으로 사용하기는 곤란하므로 交配種인 導入種에서 계통분리는 하지 않는 것이 좋을 것으로 생각되었으며 이런 관점에서 볼 때 모든 품종이 F₁화 되기 전에 유전자원의 수집, 보존 차원에서 많은 고정종들을 확보하는 것이 국가 차원에서도 매우 중요하다고 판단되었다.

초 록

세계 각 종묘회사에서 수집된 교배종 당근의 雌性不稔 형태와 그 分離比率를 조사한 결과 지역별, 회사별, 품종그룹별로 사용된 雌性不稔 형태에 차이가 있었다. 즉, 미국의 종묘회사는 Imperater계 품종이 대부분이며 petaloid형의 雌性不稔을 주로 이용하였고 Nantes계 품종이 대부분인 유럽의 종묘회사는 brown anther형의 雌性不稔을 주로 이용하였지만 이들 중 일부 회사에서 Nantes계의 특성에서 벗어나는 품종

Table 1. The frequency of male sterility types in commercial F₁ hybrid carrots collected from several countries.

Cultivar	Company	Country	Segregation (MS/MF)	
			Brown anther	Petaloid
Facet	Enza Zaden	Netherlands	4/2	
Nigelle	Enza Zaden	"	1/5	
Yaepni	Hung Nong	S. Korea	8/2	
586	Hung Nong	"	16/3	
Dabong	Seoul	"	1/3	
Benibare	Yokohamaueki	Japan	3/2	
Kantaro	Yokohamaueki	"	1/2	
Hamabeni-No.2	Yokohamaueki	"	4/0	
Yuhfuku	Yokohamaueki	"	7/17	
Coral II	Takii	"	2/3	
All season cross	Takii	"	6/5	
Terracotta	Takii	"	14/10	
Amsdor	Clause	France	13/0	
Ivor	Clause	"	4/0	
Major	Clause	"	6/0	
Predor	Clause	"	11/0	
Beniyama 0102	Kaneko	Japan	1/0	
Beniyama 0103	Kaneko	"	3/0	
Hitomi	Kaneko	"	3/6	
Velox	Agri	Germany	9/0	
Panther	Sluis & Groot	Netherlands	3/5	
Toudo	Vilmorin	France	3/2	
Mokum	Bejo	Netherlands	9/0	
Carobest	Asgrow	USA		3/1
Shinkuroda	Cal-Seed	"		3/0
Cello King	Sluis & Groot	Netherlands		4/0
Conдор	Sluis & Groot	"		6/0
Jaguar	"	"		5/0
Mark 2	Ferry Morse	USA		2/0
Six Pak 2	Harris Moran	"		3/0
Prospector	Peto	"		5/0
Halley	Peto	"		8/0
Estelle	Peto	"		3/0
PS 9684	Peto	"		4/0
PS 10384	Peto	"		4/0
Liberno	Royal Sluis	Netherlands		3/1
AGX 1000	Agri	"		7/0
Kohei-gosun	Marutane	Japan		5/0
Beni-homare	Mikado	"		3/0
Beniizumi NO.2	Watanabae Nouji	"		5/0
Kyokuei gosun	Watanabae Nouji	"		2/0
Chibabeni gosun	Watanabae Nouji	"		1/2
Beniizumi gosun	Watanabae Nouji	"		1/2
Kinko cross 8 inch w 140	Sakata	"		2/1
Betarich	Sakata	"		15/0
Kanbeni gosun	Sakata	"		3/2
Inari FS112-88	Takada	"		14/4
Victoria	Hung Nong	S. Korea		12/2
Dandy	Hung Nong	"		24/0
Karos	Ya-ae	Japan		3/1
Fuyubeni gosun	Ya-ae	"		2/8
Inca	Sun	USA		2/2
Red Indian	Yates	Australia		7/0
Total			132/67 (66%)	161/26 (86%)

Table 2. The degree of easiness on maintainer line selection for carrot varieties in two cytoplasm.

Petaloid type cytoplasm (Sp)		Brown anther type cytoplasm(Sa)	
Easy ²	Difficult ²	Easy ²	Difficult ²
Sagae-ochon	T-ochon 2	Yeorum-ochon 1	Yangmyung(Kumdong)
Hasi-sunhong	WH	Yeorum-ochon 2	
Ocpa-US	Nantes	Yeorum-ochon 3	
Yeorum-ochon 1	Nanta		
Yeorum-ochon 2	Heart Ball		
Yeorum-ochon 3			
Shinkuroda 1			
Shinkuroda 2			
Shinkuroda 3			
kuroda Gosun			
Kumhang-dongweol 2			
457			
Ukgoang-hasi			
Hongshim-ochon			
WH(HB)			

²Easy: 100% male sterile plants recovered in F₁, BC₁ and BC₂, Difficult: Male fertile plants recovered over 2% in the generation.

Table 3. The frequency of male sterile and fertile plants in progenies backcrossed between brown anther type male sterile plants and 4 breeding lines in carrot (ms/mf).

Recurrent parent	F ₁	BC ₁	BC ₂
Yeorum-ochon 1	3/1	13/0	25/0
Yeorum-ochon 2	5/0	22/0	42/0
Yeorum-ochon 3	8/0	11/0	89/0
Yangmyung (Kumdong)	1/3	7/5	0/10

에서 petaloid형도 이용하고 있었다. Chantane, Kuroda계 품종이 대부분인 日本, 한국의 경우에는 petaloid형, brown anther형 두 가지 모두 이용하지만 각 회사별로는 한가지 형태의 雌性不稔을 주로 이용하고 있었다. 한 품종에서는 한가지 형태의 雌性不稔만 나타났는데 이는 웅성불임의 형태가 세포질의 종류에 따라 결정된다는 다른 연구자의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 한편 국내에서 이용되는 당근 계통들 중 서로 다른 두 가지 세포질(Sa, Sp)에 대해 유지친으로서의 사용 가능성이 어느 정도 되는지 알아보기 위하여 여교잡하였을 때 petaloid형 세포질(Sp)에서는 20계통 중 75%인 15계통에서 유지친을 찾을 수 있어 유지친의 분포빈도가 높은 것을 알 수 있었으며 brown anther형 세포질(Sa)에서는 4계통 중 3계통에서 유지친을 찾을 수 있었지만 여교잡된 素材가 매우 한정되어 분포빈도를 말하기는 어렵다고 판단되었다.

추가 주요어 : 세포질, 웅성불임, 유지친 빈도

인용문헌

Baker, L.R. 1978. Breeding of Spartan hybrid carrot varieties. *Biuletyn Warzywnicy* 22:127-136.

Banga, O., J. Petiet, and J.L. van Bennekom. 1964. Genetical analysis of male sterility in carrots, *Daucus carota* L. *Euphytica* 13:75-93.

Bonnet, A. 1978. Breeding of carrot F₁ hybrids in France. *Biuletyn Warzywnicy* 22:147-150.

Eisa, H.M. and D.H. Wallace. 1969. Factors influencing petaloidy expression in the carrot (*D. carota* L.) *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94:647-649.

Erickson, E.H., C.E. Peterson, and P. Werner. 1979. Honey bee foraging and resultant seed set among male-fertile and cytoplasmically male-sterile carrot inbreds and hybrid seed parents. *J.*

Amer. Soc. Hort. Sci. 104:635-638.

Erickson, E.H., M.B. Garment, and C.E. Peterson. 1982. Structure of cytoplasmic male-sterile and fertile carrot flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:698-706.

Erickson, E.H. and C.E. Peterson. 1979. Asynchrony of floral events and other differences in pollinator foraging stimuli between fertile and male-sterile carrot inbreds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 639-643.

Freeman, R.E. and P.W. Simon. 1983. Evidence for simple genetic control of sugar type in carrot (*Daucus carota* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(1):50-54.

Hanche, P.E. and W.H. Gabelman. 1963. Digenic control of male sterility in carrots, *Daucus carota* L. *Crop Sci.* 3:383-386.

Morelock, T.E. 1974. Influence of cytoplasmic source on expression of male sterility in carrot, *D. carota* L. Ph. D. Thesis. Wisconsin Univ. Michigan.

Morelock, T.E. and C.E. Peterson. 1973. Influence of cytoplasm on expression of male sterility in carrot. *HortScience* 8(3):270.

Park, Y. and H.K. Pyo, 1977. Inheritance of male sterility in the carrot (*Daucus carota* L.) *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 18:48-56.

Pearson, O.H. 1981. Nature and mechanisms of cytoplasmic male sterility in plants: a review. *HortScience* 16(4):482-487.

Peterson, C.E. and P.W. Simon. 1986. Breeding Vegetable Crops. AVI Publishing Company, INC. p.321-356.

Struckermeier, B.E. and P. Simen. 1986. Anatomy of fertile and male-sterile carrot flowers from different genetic sources. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(6):965-968.

Thompson, D.J. 1961. Studies on the inheritance of male-sterility and other characters in the carrot, *Daucus carota* L. var. *sativa*. Ph.D. Thesis, Cornell Univ. Ithaca, N. Y.