

채소 품종 개량에 있어서 전통기술의 한계 극복을 위한 분자유전학의 역할 기대

Bottlenecks of conventional approaches and complemental expectations
of molecular biology in variental improvement of vegetable crops

윤진영, 오대근

원예연구소
경기도 수원시 권선구 탑동 540

적요

지난 반세기만에 우리나라의 채소 육종은 주요 채소의 주년공급을 가능하게 하였으며, 토지 생산성의 향상, 상품화율의 증대, 품질의 향상 등의 면에서도 괄목할 만한 성과를 거두었고 인공교잡은 물론이고 옹성불임성과 자가불화합성의 활용에 의한 1대잡종 품종의 일반화로 채소 산업의 발전에 크게 기여하였다. 앞으로는 기왕의 업적을 심화시키는 한편, 생산비를 절감하기 위한 생력화, 기계화 재배용 품종 및 내제초제성 품종의 개발, 환경보호 및 식품안정성의 확보를 위한 내병충성 품종 개발, 수출시장과 다양화하는 국내의 시장기호에 대응하고 가공 식품의 표준화된 품질관리를 지원할 수 있도록 품질 면에서의 개량과 신작물 또는 신생태형 품종의 개발에도 더욱 노력이 필요하다. 이러한 육종목표를 달성하기 위한 유전자원의 확보는 더욱 어려워질 것이며 유전 양식이 복잡하고, 환경요인의 작용이 상대적으로 크기 때문에 전통적인 육종 방법만으로는 목표달성에 필요한 인적, 물적, 시간적 소요가 훨씬 증가될 전망이다. 유전변이의 창성 및 확대, 유용 대립인자의 도입, 동정 및 선발, 그리고 종자생산을 위한 자가불화합성 및 옹성불임성과 개화수정 관련 유전인자의 발현 조절에 분자유전학의 보완적 역할이 기대되며 이렇게 되면 전통육종과 분자유전학간의 잡종강세로 품종 개량의 효율은 크게 높아질 것이다.

주요어 : 채소, 전통 육종, 분자유전학, 유전 변이, 표지 인자 선발

서론

우리나라에서의 채소 육종은 1950년 우장춘 박사의 한국에서부터 그 도약의 기반이 마련되었다고 보는 것이 일반적인 견해이다(Lee, et al., 1994). 해마다 370,000리터 이상의 무, 배추 종자를 일본과 중국으로부터 수입해오던 터에 맞은 해방으로 채소 종자량 부족에 의한 혼란과 종자 밀수입의 성행을 겪을 수밖에 없었다(종협, 1995). 1950년에 우장춘 박사가 귀국하여 원예시험장에서 시작한 원종 증식 분양은 채소 종자 자급의 길을 열었고, 1960년에 분양한 배추와 양파의 1대잡종 품종은 한국 채소에 있어서 F₁ hybrid 시대를 활짝 여는 계기가 되었다(원예시험장, 1960). 계속된 품종 개발은 비닐하우스 농법과 고랭지 농업의 도움을 받아 김치 주재료의 사계절 공급을 가능하게 하였을 뿐 아니라 여러 가지 기타 채소의 공급시기와 다양성을 증가시켜 우리 식단을 풍부하게 하였다(Lee, et al., 1994). 자급은 물론 그 우수한 성능으로 상당량의 종자를 수출할 수 있을 정도로 발전하였던 우리 채소종자산업은 1989년부터의 수입자유화와 근년에 나타나는 농촌노동력 감소와 인건비 상승으로 새로운 어려움을 맞이하고 있다. 생명공학 또는 분자유전학의 품종 개량에의 적용은 WTO체제의 발족과 함께 우리 농업 그 중에서도 채소 육종분야의 사활을 결정하는 중요한 변수로 고려되어야 할 것인 바, 본 고에서는 그간의 육종 성과를 간단히 살펴보고 앞으로의 육종 목표 달성을 위해 전통적 육종 방법의 약점 보완을 위하여 분자유전학적 연구에 기대하는 바를 제시하고자 한다.

채소육종의 성과

계절성의 극복 그간의 채소육종이 이룩한 성과는 여러 가지로 분석할 수 있겠으나 생산 농민과 소비자의 입장에서 보면, 1) 주요채소의 계절성 극복 2) 생산성 즉 수량의 향상 3) 상품화율의 증진 4) 품질의 개선 등으로 요약할 수 있다고 생각된다. 계절성의 극복은 여러 채소작물에서 이룩된 일반적인 업적으로서, 상추와 시금치를 비롯한 엽채류, 토마토, 오이 호박, 참외 등 과채류의 어느 것도 연중 어느 때나 시장구입이 가능하도록 되었는데 여기에는 비닐하우스 등을 이용한 가온 농법과 여름철의 풍우를 이기는 비가림 재배기술 그리고 여름의

Table 1. Some examples of cultivar (group) which enabled to overcome the seasonality of supply.

Crop	Cultivar (group)	Adapted season/area	Remarks
Radish	Daehyong-bommo	Winter(vinyl house), spring in lowland, summer in highland	Landraces were harvested only in late spring and fall season.
	Pyungji-yorum	Lowland summer	
Chinese cabbage	Choonpa-kukjosaeng	Spring in lowland	Low palatability
	Konaengji-yorum	Winter(vinyl house), spring in lowland, summer in highland	
	Woldong-changgun	Overwintering at Cheju and southern coastal areas	

고온을 피하는 고랭지 활용기술 등이 동원된 것이 사실이지만 이에 알 맞는 품종의 개발이 없이는 불가능한 일이었다. 과채류의 경우 특히 저온과 저광도 조건에서의 흡비, 성장과 착과 및 과실 비대 능력이 높은 품종의 개발로 계절성의 극복에 기여한 바 크다. 그러나 계절성 극복이라는 면에서 가장 성공적인 예는 아마도 우리나라의 식단에 필수적인 김치의 주재료인 무와 배추에서 찾을 수 있을 것이다.

재래의 무 품종은 가을 김장용으로 뿌리가 굵어질 뿐이었고, 봄무로 분화한 특수한 품종 즉 “서울봄무”가 늦봄 또는 초여름에 걸쳐 다소간의 뿌리 비대가능하였다. 봄에는 장다리가 올라오기 때문에 뿌리의 비대가 불가능하였고 여름에는 더위와 각종 병해를 이기지 못하여 열무 정도만을 생산할 수 있을 뿐이었다. 그러던 것이 추대가 매우 늦은 일본 품종 “時無大根”과 “서울봄무” 간에 1대잡종을 생산하였던 바(表等, 1967), 추대에 둔하고 저온 및 고온 하에서의 근비대 능력이 탁월하여 겨울철 비닐하우스 재배에서, 봄 노지재배 및 여름철 고랭지 재배에까지 이용할 수 있게 되었다. 최근에는 더위와 바이러스병에 강한 품종을 육성함으로써 여름철에 평지에서도 양질의 무를 생산할 수 있게 되었다(尹과 李, 1987).

배추의 경우, 가을 김장용에 한해서만 통을 생산할 수 있었고, 늦은 봄에서 초여름에 이르는 아주 짧은 기간에 한하여 “春播野崎”라는 품종을 사용하여 결구를 시킬 수 있을 뿐이었는데, “춘파극조생”이 1970년대 초에 보급됨으로써 비닐하우스에서의 동계 재배와 봄 노지 재배가 가능하게 되었으며, 1970년대 후반에 “고냉지여름배추”와 그에 유사한 성능을 가진 품종들이 보급되면서 봄에 생산되는 배추의 맛과 조직감을 가을배추에 버금가는 수준으로 끌어 올렸을 뿐 아니라, 고랭지에서의 여름생산도 일반화될 수 있었다. 월동장군의 출현으로 남해안 및 제주도에서의 월동재배가 가능해졌고 이로써 결구배추의 주년 생산 체계의 완성을 보게 되었다(종협, 1992).

수량의 증대 신품종의 육성은 여러 채소 작물에서 공통적으로 단위면적당 수확량의 증대에도 크게 기여하였는데 가장 대표적인 예는 배추와 고추에서 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 일찍이 원예시험장에서 육성하여 민간업계에 그 양친을 분양한 바 있는(원예시험장, 1960), “원예 1호” 배추는 당시의 우수한 고정 품종인 “경도3호”에 비하여 50-60%나 높은 수량을 보였으며, 고추의 “조생진홍” 또한 대비품종인 “천안재래”에 비하여 50% 가까운 수량증대 효과를 보였다(표 2). 특히 고추에 있어서 이러한 다수성 1대잡종 품종의 광범위한 보급은 비닐 멀칭의 보급과 상승적으로 작용하여 전국적인 고추 수량증대(이 등, 1980)와 생산의 안정화에 크게 기여하였다(농림수산부, 1994).

Table 2. Productivity of improved F₁ hybrids compared to that of traditional open-pollinated varieties.

Crop		Cultivar (group)	Yield	Remarks
Chinese cabbage	Hybrid	Wonye # 1	7.57±1.28 (kg/hd)	
	O. P.	Kyoto # 3	4.80±1.17	
Pepper	Hybrid	Chosaeng Chinhung	325 (kg/10a)	Dry fruit
	O. P.	Chonan Jaerea	214	"

Table 3. Marketable produce rate of improved F₁ hybrids compared to that of traditional open-pollinated varieties.

Crop		Cultivar (group)	Marketable produce rate(%)	Remarks
Radish	O. P.	ChinjooDaepyong	60 - 80	
	Hybrid	Taebaeck	95이상	
Carrot	O. P.	Hongshim 5"	40 - 50	Prime grade
	Hybrid	Bom 5"	70 - 80	"

상품화율의 향상 商品化率 또는 上品比率의 향상은 특히 고순도 1대잡종에서 균일도가 증가함에 따라 일반적으로 기대되는 현상인데, 특히 근채류에서 그 효과가 두드러진다. 예를 들어(표 3), 탄산가스에 의한 양친의 자가불화합성 타파와 이렇게 양산된 양친을 이용한 1대잡종 종자의 양산 체계가 본격적으로

도입된 “태백”은 시장에 출하할 수 있는 뿌리의 비율이 전체 수확주수의 95% 이상으로 광범위하게 재배되던 가을무 재래종 “진주대평”의 60 - 80%에 비하여 월등하게 증가함을 알 수 있다. “태백”은 상품화율의 향상 이외에도 식미, 가공 적성 및 저장성에서 호평을 받아 오랫동안 인기를 유지하고 있다. 고정종 봄당근은 上品 비율이 40 - 50%가 고작이었는데 융성불임성을 이용한 1대잡종인 “봄5촌”이 1976년에 등록되었는데 이는 上品 비율이 월등히 높아 70 - 80%에 이른다고 한다.

품질의 향상 채소작물에 있어서 품질이란 감각적이고 주관적인 속성으로 매우 복잡하지만(Opena, 1983) 참외와 수박의 경우에서 느껴지는 당함량은 품종 발전의 경과를 잘 보여주고 있다. 재래종에서 가용성 고형물 함량이 6-9 °Brix (곽 등, 1982)에 불과하던 참외는 1976년에 등록된 “신은천”에서는 10-12°Brix에

Table 4. Soluble solids content of improved F₁ hybrids compared to that of traditional open-pollinated varieties.

Crop		Cultivar (group)	Soluble solids (°Brix)	Remarks
Oriental melon	O. P.	Songhwan	6 - 9	
	Hybrid	Shin-Unchon	10 - 12	Vinylhouse
		Kumssaragi- Unchon	11 - 14	"
Water- melon	O. P.	Shindaehwa	8 - 9	
	Hybrid	Dalgona	9 - 11	
		Bok	11 - 13	Rainsheltered

이르고, 1984년에 발표된 “금싸라기 은천”에서는 11-14 °Brix에 달하게 된 것이다. 수박에 있어서도 비슷한 경향을 보이는데 재래종이 8-9 °Brix에 불과하던 것을 “달고나”에서는 9-11 °Brix로 향상되었고, 소과종인 “복수박”에서는 비가림 재배의 경우 11-13 °Brix까지 나오고 있다(원예연, 1994).

Table 5. Major accomplishment realized in some selected vegetable crops important in Korea.

Crop	Major achievements
Chinese cabbage	Overcome seasonality in heading type, Resistance to TuMV, Self-incompatibility(SI)-aided hybrid seed production
Radish	Overcome seasonality in Korean type, Tolerance to viral disease, Resistance to yellow disease, SI and male sterility(MS)-aided hybrid seed production
Pepper	Improved productivity, Improved adaptation to cold, Improved resistance to Phytophthora & virus complex, MS-aided hybrid production
Cucurbits	Enhanced soluble solids content(watermelon and oriental melon), Improved setting and growth of fruit under unfavorable temperature and light conditions, Improved plant type(viny -> bushy ; squash), Gynoecious line development and utilization(cucumber)
Onion	Early-maturing variety development, MS-aided hybrid seed production, Multiplication via shoot-primordia culture

작물별 육종성과 위에서 살펴 본 육종의 성과를 주요 작물별로 다시 정리해 본 것이 표 5이다. 위에서 설명한 바 있지만, 계절성의 극복에는 작물의 온도 및 일조 조건에 대한 적응성의 증대가 중요한 요인으로 작용하였으며, 몇 가지 병해에 대한 저항성 수준의 제고가 생산성의 향상 및 생산 안정화에 기여하였는데, 배추의 TuMV 저항성, 무의 바이러스 내성, 고추의 역병 저항성 등은 많은 시판 품종에서 피해의 현저한 감소로 연관되었다고 믿어진다. 박과 채소 중에서 호박에 있어서는 덩굴형으로 자라는 생육 습성을 왜화시켜 집약재배에 적합하게 만든 것이 팔목할 만한 성과이고, 오이에 있어서는 암수 꽃의 착생비율을 역시 재배의 효율화 쪽으로 전환시키는 데에 성공하였다. 무, 배추, 고추, 당근, 양파 등 여러 중요한 작물에 있어서 자가불화합성 또는 응성불임성을 이용하여 순도 높은 1대잡종 종자를 값싸게 생산하는 기술의 적용은 우리나라가 최첨단에 있으며 이를 가능하게 한 한국의 채소 육종학계가 이루어낸 자랑스런 업적이 아닐 수 없다. 이러한 기술에 힘입어 표 6에서 보는 바와 같이 종묘관리법에 의해서 품종 등록을 하여야 하는 14개 채소 작목에서 등록된 품종수를 보면, 전체 1,286 품종에서 방임채종 품종은 84 품종에 불과하여 6.5%에 머무르는 반면, 나머지 93.5%는 1대잡종이다. 작물별로 보면 1대잡종 생산 기술이 확립되지 못한 상추는 아직도 전적으로 방임채종형 품종에 의존하고 있으나, 나머지는 모두 방임채종형 품종보다는 1대잡종 품종이 많아 양파(27.5%), 당근(22.9%), 파(17.1%) 및 시금치(12.2%) 등에서만 10%를 넘고 무에서 7.5%를 보인 반면 여타 작물은 1대잡종이 절대 다수를 차지하고 있음을 알 수 있다. 공식적으로 확인할 성적은 없지만 시금치와 양파를 제외하면 실제 종자 보급률이나 재배 면적에 있어서는 1대잡종의 비중이 품종 수에서 보는 것보다 훨씬 더 높다는 것이 공지의 사실이다. 이로써 1대잡종 보급률은 어느 농업 선진국보다도 우리나라가 앞서 있고 할 수 있다.

Table 6. Vegetable cultivars registered (As of October, 1994)

Crop	Open-pollinated		F ₁ hybrids	Total	
	No. Cvs.	No. Regist.		No. Cvs.	No. Regist.
Radish	21	144	259	280	403
Ch. Cabbage	6	25	226	232	251
Cabbage	-	-	15	15	15
Pepper	5	9	171	176	180
Tomato	-	-	38	38	38
Cucumber	2	12	156	158	168
Oriental melon	1	15	43	44	58
Watermelon	1	9	115	116	124
Squash	1	9	74	75	83
Welsh onion	6	58	29	35	87
Onion	11	46	29	40	75
Carrot	5	38	36	41	74
Lettuce	17	93	-	17	93
Spinach	8	36	27	35	63
Total	84	494	1,218	1,286	1,712

* 자료 : 종합, 1992.

금후의 중요한 육종 목표

앞에서 살펴 본 바와 같이 특히 우리나라에서는 채소 품종개량은 지금까지의 성과가 실로 괄목할 만한 것이었으나 앞으로 해결을 요하는 과제 또한 많다(표 7)(種協, 1995). 특히 노동력이 귀한 개방 경제 하에서의 경쟁력 확보를 위하여는 기계화 파종, 재배관리 및 수확이 가능한 품종을 개발하는 것이 중요한데, 직파재배 작물에서의 제초제 저항성, 고추에서의 집중착과 및 일시 수확형, 오이 등에서의 마디상 복수과실 착생, 무 잎의 기계수확 적성 등이 이러한 면에서 추구되는 대표적 육종목표라고 할 수 있겠다. 생산비 절감은 물론이고 환경보존에 기여하고 식품 안정성을 확보하는 면에서 병충해 저항성 품종을 개발하여 농약 사용을 줄이는 문제는 앞으로 더욱 강조될 것으로 전망된다. 다양화하는 소비자의 기호에 부응하여 용도 및 기호별로 특색 있는 품종을 만들 필요가 증대되고 있으며 특히 해외에서의 중요 시장 개척을 위해서는 현지 영농환경에의 적응성과 함께 시장기호에 부응하는 것이 필수적이다. 김치 등의 공장 생산이 증가함에 맞추어 품질 표준화가 가능하도록 같은 질의 원재료를 공급해야 하는데, 김치의 주재료인 무와 배추의 경우, 봄과 여름의 생산물이 가을철에 생산되는 것보다 대체로 수분함량이 많고 조직감 등에서 뒤지고 있는 바, 사계절 재배가 가능한 품종의 개발을 가공업계에서는 바라고 있다. 이외에도 육종성과에서 설명한 측면들에 대해서도 더욱 발전이 있어야 함은 물론이고, 앞으로 신세대의 소비기호를 예측하여 미리 대비하는 일도 필요하다. 새로운 소득원 개발을 위한 신작물의 창성, 월하재배형 양파 등 새로운 생태형 품종의 개발, 야생식물의 재배작물화 등에도 관심을 기울여야 할 것이다.

자가불화합성과 응성불임성 등 인공교배 없이 1대잡종을 대량생산할 수 있는 기술의 개량과 이를 가능케 할 육종소재 개발에는 각별한 관심을 가질 필요할 것으로 여겨진다. 특히 3계통 방식의 응성불임성을 2계통 방식으로 전환한다거나 활성이 높은 자가불화합성 인자를 간편하게 식별할 수 있는 기술의 개발이 중요한 과제이다. 이들 인자의 발현을 인위적으로 쉽게 조절할 수 있는 방법의 개발·이용은 앞으로의 종자산업 경쟁력 확보에 중요한 요인이 될 것으로 사료된다.

Table 7. Important breeding objectives in major vegetable crops.

Crop	Breeding objectives
Chinese cabbage	Four season variety for uniform quality of factory-manufactured Kimchi, Resistance to RMV, soft rot, Aphanomyces & clubroot, Tolerance to Ca & B deficiency, Enhanced field storage ability
Radish	Four season variety for uniform quality of factory-manufactured Kimchi, Resistance to black rot and soft rot diseases, Enhanced field storage ability, Adaptability to mechanized sowing, growing & harvest
Pepper	Improved resistance to anthracnose, bacterial leaf spot & virus complex, Variety for once-over machine harvest, Varieties specialized for diverse usage and acceptability
Cucurbits	Enhanced soluble solids content under unfavorable environmental conditions (watermelon and oriental melon), More improved setting and growth of fruit under unfavorable temp. and light conditions, Resistance to major diseases & physiological disorders, Labour-saving branching and fruiting habit Varieties specialized for diverse usage & preference in domestic and foreign markets and for processing, Development of rootstock varieties.
Onion	Super early ball-type, Large-bulbed, storable variety for hamburger, Oversummering annual variety(for lowland & highland), Seed production technology

지금까지 살펴본 바와 같이 금후에 해결해야 할 과제는 필요한 유전자원이 현재로서는 가용하지 않은 것이 많아 이제부터의 탐색 또는 창성하여야 할 부분이 많고, 가용한 인자가 있더라도 他種 또는 異屬에 유래하는 경우가 많기 때문에 이들 유용인자를 실용 품종에 도입하는 것은 기왕에 개발된 방법만으로는 육종 효율을 기대하기 어려울 것이다. 타 종·속 및 야생종에서 유래한 인자를 도입하고자 할 때는 여타 실용 형질 면에서의 열악한 특성을 제거하는 일 또한 전통적인 선발방법에서는 장시간이 소요된다. 금후의 과제는 품질 등 관여 유전자 수가 많거나 유전인자의 발현에 대한 환경의 영향이 상당히 클 것이라고 판단되는 형질이 대부분을 이루고 있기 때문에 전통적 평가 및 선발 방법만에 의한 발전 속도는 이전보다 오히려 떨어질 우려가 없지 않다. 더구나 토마토 등 극소수를 제외하면 채소작물은 고전적 유전연구 결과의 집적이 매우 적고, 작물당 연구 인력 또한 매우 제한되어 있는 점이 어려움을 가중시킬 것이다.

채소작물에 있어서의 전통적 육종의 방법

딸기, 마늘, 감자 같은 영양 번식 작물을 제외한 채소 작물의 육종은 위에서 이미 언급한 바와 같이 1대잡종의 개발에 치중되어 있으므로 육종의 주요 과정 으로서는 당연히 1) 육종재료의 탐색 및 평가·선발, 2) 1대잡종 친으로서의 교정화 및 개량, 3) 조합능력의 검정 및 4) F₁ 종자 양산체계의 확립 등이 중요하게 된다.

육종재료의 탐색은 대부분의 육종 프로그램의 경우에 기존에 보고된 것을 수집하는 일에서부터 시작하게 되나 보고된 결과도 육성자 자신의 확인 절차 없이는 신뢰하기 힘든 경우가 많으며, 해묵은 난제이나 품종 보급 목표지역의 특수한 문제에 도전하기 위해서는 야생종 및 근연종을 포함한 유전자원에 대한 평가를 그 환경 하에서 새로이 해야 하는 경우는 물론이고, 배주배양이나 교량교배를 통해서도 교잡이 가능한 식물에는 관심사항을 해결하는 데에 유용한 유전자가 없어 전혀 새로운 접근이 필요한 경우도 허다하다. 무, 배추, 당근 따위의 무름병 저항성 인자의 탐색이 이러한 벽에 부딪친 경우라고 할 수 있겠다. 육종 재료의 탐색에 있어서 가장 큰 난점의 하나는 평가·선발의 방법론인데, 환경적 요인을 극복하여 재현성을 확보하는 문제와 함께 보급될 품종의 재배 여건에 서의 발현을 보장하는 문제이다.

잡종친의 고정화에는 계통육종법과 단주계통법 등(嚴 等, 1984 ; Mohr, 1986 ; Tigchelaar, 1986 ; 尹과 李, 1987)이 널리 이용되어 왔으며 유전양식이 비교적 단순한 특성의 도입에는 여교잡 방법이 활용되고 있다(Dickson and Wallace, 1986). 변경인자 등의 작용으로 여교잡 후대에서의 목표형질에 관한 특성발현 정도가 낮아질 염려가 있는 경우에는 여교잡의 중간 단계에서 순환선발법의 적용이 권장되고 있다(金과 孫, 1992). 조합능력의 검정에는 톱교배나 이면교잡법이 사용되기도 하나 상업육종에서 가장 널리 쓰여온 방법은 구체적 특수조합능력 검정이라고 보아야 할 것이다. 새로 고정 또는 육성된 계통은 미리 설정한 두개의 군으로 분류하고 한 군에 속하는 계통의 조합능력은 다른 군의 대표 검정친 또는 다른 군에 속하는 계통들과 교배한 후대를 평가함으로써 검정하는 방법이 일찍이 배추에서 개발·이용되었는데(Park and Hyun, 1981), 요즈음에 이 방법의 적용이 타 작물에서도 증가하고 있는 추세이다.

선발된 우수조합의 1대잡종 종자 양산을 위한 대표적 체계는 응성불임성과 자가불화합성이다. 응성불임성에서 불임계의 육성에는 기본적으로 여교잡이 이용되는데 불임인자의 유전양식 분석과 선발이 병행되어야 함은 물론이다(朴, 1983 ; 兪, 1990). 이때에 응성불임성의 유전적 안정성과 환경 안정성을 평가하고 안정성이 높은 방향으로 선발해 나가는 것이 중요하며 화분 매개충의 비래나 자성 생식능력에 있어서 부정적 영향이 적은 쪽으로의 노력이 동반되어야 한다. 자가불화합성의 경우는 계통육성의 초기세대에서 S 유전자 좌에 들어있는 대립인자의 관계와 이들의 활력을 확실히 파악해야 하며(Wallace, 1979), 가능하다면 S 대립인자의 객관적 번호나 육종 계획 내에서 취급하는 재료에 포함된 타인자들과의 상이여부와 우열관계를 파악해 두어야 한다(李 等, 1981 ; Dickson and Wallace, 1986). 자가불화합성 검정의 실제에 있어서는 초기세대 식물의 영양번식(Wallace, 1979) 또는 기내 수분(Lee, et al., 1982) 등 보조적 기술의 적용이 일반적이다.

조합능력의 검정, 계통의 고정화 및 종자 양산 체계를 위한 조작 중에서 일의 순서를 정하는 것은 육종사업의 효율적 추진을 위해서는 매우 중요한 일이지만 일반적으로 통용될 원칙을 정하기는 어렵고 취급대상 재료의 특성과 채종 체계 등에 따라서 육종 책임자가 결정하여야 할 문제라고 보여진다.

분자유전학적 방법에 대한 기대

우리나라의 채소 신품종 육성은 대부분 민간에서 이루어지고 있으며 지금까지는 앞에서 기술한 바와 같이 눈부신 발전을 거듭하여 왔다. 그러나 앞으로의 육종 목표는 작물별로 특이하고 달성하기 어려운 것들이기 때문에 연구비의 투자와 적극적인 노력이 없이는 육종목표의 달성이 어려울 가능성도 없지 않다. 한편 분자유전학의 발전은 괄목할만하여 분자유전학적 기술의 적용이 시기상조라고 생각하던 90년대 초반까지의 전체적인 분위기에서 적극적으로 적용하여야겠다는 쪽으로 바뀌어 가고 있는 것으로 보인다. 식물육종에 활용이 가능한 조직배양 등을 망라한 생명공학적 방법에 대해서는 이미 적용 목적에 따라 정리가 된 바 있다(박 등, 1992).

채소 품종 개량에 있어서 분자유전학적 방법의 적용분야는 세 부분으로 대별할 수 있겠는데, 첫째, 재배종 내에 유용한 유전자를 도입하거나, 둘째, 선발을 효율적으로 할 수 있게 하거나, 셋째, 안정된 일대잡종을 쉽게 채종할 수 있도록 모본의 화기발달을 조절하는 것 등이다.

변이의 창성, 유전자의 cloning, 형질전환 국제적으로 채소의 유전자원은 그 보존 정도가 작물에 따라 상당히 달라 토마토의 경우처럼 수집, 보존 및 평가가 잘 이루어져 있는 경우도 있으나 박과 작물처럼 국제적인 센터가 없는 경우도 있다. 우리나라의 경우는 농촌진흥청이 주도적으로 유전자원을 수집하고 있으나 민간이 이용하기 위한 passport data가 완전하지 못하고 그나마 있는 것도 인식 부족으로 활용을 하지 않고 있는 실정이다. 육종에 있어서 유전자원의 중요성은 아무리 강조하여도 지나침이 없겠는데 특히 특정 유전자의 함유 유무가 품종의 성능 뿐 아니라 기호에도 절대적인 영향을 미치는 채소작물의 경우에는 그 중요성이 더욱 크다고 할 수 있다. 그런 의미에서 새로운 유전자형의 창출이나 특정 유전자의 cloning, 그리고 계(界)를 뛰어 넘어 유전자를 도입할 수 있는 것이야말로 가장 기대가 큰 유전공학 기술이다. 우선 생각할 수 있는 것은 내재해성 유전자의 개발 및 형질전환이다. 채소는 생식을 주로 하기 때문에 식품의 안전성이 최근 가장 큰 문제로 대두되었으나 대부분의 채소가 연약한 조직으로 이루어져 있기 때문에 농약의 살포 없이는 재배가 불가능한 실정이다. 따라서 농약의 살포를 최소화할 수 있는 내병, 내충성 품종의 개발이 필요한데 지금까지 chitinase 또는 glucanase 생산 유전자, 여러 종류의 protein kinase, Rip (ribosome inactivating protein), coat protein 유전자, anti-sense RNAs,

satellite RNAs, ribozyme, Bt 등이 활발하게 이용되고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 이미 알려진 유전자의 활발한 이용도 중요하겠지만 배추의 연부병, 무사마귀병, 고추의 역병과 같이 방제가 곤란하며 내병성 유전자원도 없는 병해에 대하여 저항성인 유전자의 개발 또는 발병기작의 분자유전학적 연구를 통한 내병성 육종에 도움이 필요하다고 생각된다. 한편, 영양번식 작물인 감자, 마늘 등은 아직 적극적인 육종방법의 확립이 되어 있지 않는 바 유용한 유전인자를 도입할 수 있는 형질전환법이 개발된다면 작물개량의 획기적인 전기가 될 것이다.

선발과정 등에의 이용 육종과정에서 육종가가 도움을 받을 수 있는 것으로 RFLP 등의 분자유전학적 염색체 지도의 유용성은 오래 전부터 논의되어 왔다 (Beckmann and Soller, 1986). 이를 이용하면 유용형질을 분자유전학적으로 표지하고 여교잡 과정에서의 조기 선발이나 실제 선발과정 없이 분자유전학적 표지만으로 정확한 선발을 할 수 있다는 것이다. 그 뿐 아니라 유전력이 낮은 형질의 선발에 이용하거나 양적 형질을 지배하는 유전자의 집적에도 이용할 수 있어 육종가의 오랜 꿈을 실현할 수 있는 magic wand로의 사용이 기대된다는 것이다. 그러나 이를 위해서는 우리나라의 주요채소에 대한 염색체 지도의 작성이 선결과제이다. 토마토, 상치 등의 RFLP가 작성되어 적용성의 연구 등에 이용되고 있으나 우리의 주요 채소가 아니며 Capsicum속의 RFLP가 작성되었으나 매운 고추가 아닌 피만을 재료로 하여 작성한 것이므로 우리의 고추에는 적용이 가능한지가 의문점이다.

최근 PCR 기술의 발달로 여러 가지 육종에 필요한 작업을 단순화할 수 있을 것으로 보이는데 예를 들어 선발에 쓰이는 병원체의 race 또는 strain을 쉽게 판별할 수 있을 것이며, F₁의 순도검정에도 사용할 수 있으리라 생각된다. 그러나 후자의 경우에는 PCR 성적이 어느 정도 다를 때 유전적으로 다른 계통이라고 할 수 있느냐에 대하여는 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 육종가와 분자유전학자 간의 공동연구가 필요한 분야라고 생각된다. 이 점이 정립된다면 앞으로 실시가 될 것으로 보이는 신품종육성자 권리의 보호에도 이 기술을 적용할 수 있을 것으로 보인다.

발생 제어 유전자의 개발·이용 채소는 수확량 증대의 목적보다는 균일한 생산물과 병해에 대한 저항성을 높이고자 1대잡종 종자를 이용하는데 무와 배추의 경우에는 자가불화합성을 이용하며 고추와 당근 등은 응성불임성을 이용하여

채종을 효율적으로 하고 있다. 그러나 자가불화합성의 경우에는 원종을 증식하는 데에, 3계통 방식을 주로 이용하는 응성불임성의 이용에서는 회복친(restorer)의 발견에 어려움이 있다. 최근에 유전공학적인 방법으로 수술의 용단조직(tapetum)에서만 특이하게 발현하는 유전자의 조절부위를 이용하여 응성불임을 유기할 수 있는 방법(Maliani, 1990)이 개발되었는데 이를 이용하면 어느 채소에서도 쉽게 응성불임성을 유기할 수 있어 채종에 많은 노력이 절감될 것으로 보인다. 이 외에도 최근에는 다른 종간의 protoplast fusion 후에 mitochondrial recombination으로 열악한 특성을 제거함으로써 쉽게 응성불임성을 유기할 수 있다는 보고(Pelletier, 1994)도 있어 배추와 무 등에 적용하여 응성불임성을 유기할 수 있다면 원종증식에 필요한 노력을 상당히 절감할 수 있을 것이다.

인용문헌

Beckmann, J. S. and M. Soller. 1986. Restriction fragment length polymorphisms and genetic improvement of agricultural species. *Euphytica* 35:111-124.

Dickson, M. H. and D. H. Wallace. 1986. Cabbage Breeding. p. 396-432. (*In*) Breeding Vegetable Crops, Bassett, M. J.(ed.), Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. pp. 584.

Lee, J. M., J. H. Jung, K. W. Park and I. O. Yu. 1994. Outline of vegetable growing and research in the Republic of Korea. (*In*) Horticulture in Northeast Asia, Lee, S. K and J. Y. Yoon (eds.), *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 35(Supplement):68-86. pp. 228.

Lee, S. S., J. Y. Yoon and H. M. Yoon. 1982. An in vitro pollination technique for detecting self-incompatibility in Cruciferous crops. *Kor. J. Breed.* 14(3): 308-313.

Maliani, C., M. De Beuckleer, J. Truettner, J. Leemans, and R. B. Goldberg. 1990. Induction of male sterility in plants by a chimeric ribonuclease gene. *Nature* 347:737-741.

Mohr, H. T. 1986. Watermelon Breeding. p. 37-68. (*In*) Breeding Vegetable Crops, Bassett, M. J.(ed.), Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. pp. 584.

Opena, R. T. 1983. Genetic improvement of quality among selected vegetables. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24(4):302-324.

Park, H. Y. and Y. J. Hyun. 1981. A simple breeding system for developing Chinese cabbage hybrid cultivars. p.359-364. (*In*) Chinese Cabbage., Talekar, N. S. and T. D. Griggs (eds.), pp. 489. AVRDC, Shanhuah, Taiwan.

Pelletier, G. R. 1994. Engineering of cytoplasmic male sterility by protoplast fusion in vegetables. XXIVth International Horticultural Congress. Abstract. p. 5.

Tigchelaar, E. C. 1986. Tomato Breeding. p.135-171. (In) Breeding Vegetable Crops, Bassett, M. J.(ed.), Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. pp. 584.

Wallace, D. H. 1979. Procedures for identifying S-allele genotypes of Brassica. *Theor. Appl. Genet.* 54: 249-256.

곽수년, 최관순, 이창환. 1982. 재래종 참외 우량계통 선발. 원시연보 '81:85-94.

金炳洙, 孫銀鈴. 1992. 한국 재래종 고추에 역병 저항성을 도입하기 위한 교잡의 초기세대 검정. *韓園誌* 33(4): 312-317.

농림수산부. 1994. 농림수산통계연보. pp. 498.

朴 勇. 1983. 당근 雄性不稔性에 關한 遺傳學的 研究. 서울대학교 大學院 博士學位 論文. pp. 50.

박효근, 최경영, 양태진. 1992. 채소작물 육종에 활용 가능한 세계 최첨단 유전공학 기법의 현황 분석. p. 1-3 ~ 1- 76. 종묘 수출시장 확대를 위한 현황분석 및 첨단 육종방법 개발 연구. 농촌진흥청 특정연구과제 보고서.

嚴榮鉉, 崔寬淳, 李昌煥. 1984. 고추의 主要形質 改良을 위한 세 가지 育種方法의 比較. *韓園誌* 25(4): 251-255.

원예시험장. 1960. 배추 및 양파의 일대잡종(F1) 육성경과보고. pp. 36.

원예연구소. 1994. '93시험연구보고서(종묘검사). pp. 246.

俞一雄. 1990. 고추 雄性不稔性の 遺傳樣式과 이의 利用. 慶熙大學校 大學院 博士學位 論文. pp. 70.

尹禾模, 李洙聖. 1987. 평지 여름무우 新品種 “園交108” 育成. 農試論文集(園藝)29(2):39-45.

李洙聖, 表鉉九, 尹震映. 1981. 배추 自家不和合性因子的 分類, 相互作用 및 活力에 關한 研究. 韓園誌 22(4): 265-282.

이창환, 이수성, 최관순, 엄영현. 1980. 고추 新品種 “조생진홍 고추” 육성. 농시보고 22(원예, 잡업):6-9.

表鉉九, 李炳駟, 朴 勇. 1976. 무우의 開花期調節에 關한 研究. (第1報) GA, IAA, IAA+GA, Ethephon, -9 및 MH의 濃度, 回數 및 生育段階別 處理가 時無大根 및 서울봄무우의 抽苔와 開花에 미치는 影響. 韓園誌 17(1):47-54.

(社團法人)韓國種苗協會. 1992. 菜蔬品種登錄簿. pp. 302.

(社團法人)韓國種苗協會. 1995. 종묘산업 육성계획(내부자료). pp. 37.

Bottlenecks of Conventional Approaches and Complemental Expectations of Molecular Biology in Varietal Improvement of Vegetable Crops.

Yoon*, Jin-Young and Dae-Geun Oh, National Horticultural Research Institute, 540 Tap-dong, Kwonsong-gu, Suwon 441-440, Korea

Abstract

Varietal improvement of major vegetable crops has been remarkable during the last half century in Korea. Achievements were realized mainly in the form of increased land productivity, overcoming seasonality in supply, improved quality and enhanced product quality. Such improvements were attained by heterosis breeding in most seed-propagated vegetable crops and the seed of the improved F_1 varieties were made available to the Korean vegetable growers in acceptable prices through full exploitation of self-incompatibility and/or male sterility in crops where hand pollination is not economically feasible. Breeding objectives in the present and future are to develop labor- and resources-saving varieties to secure price competitiveness to cope with the imported products in the open market environment, and to enhance insect- and disease-resistance levels to enable environment-friendly agriculture and to provide the consumers with safe vegetables. Breeders should also pay attention, more than before, to quality aspects to meet the diverse consumers' needs and to provide processing industry with standard quality raw materials in reasonable price. The nature of these remaining problems are more complicated than that of the subject areas where accomplishment has been made as summarized above, and thus

it is expected for the breeding programs attacking them to need more time and resources, if solely dependent on the traditional breeding method. Genetic resources necessary here are not often readily available, have to be sought from more remote taxa, or even non-existent in nature. Heterotic complement of new findings and modern biology technology of molecular biology and the art/science of the traditional plant breeding are expected to greatly the efficiency of breeding programs in the future. Critical areas where traditional breeders need help are 1) expansion of useful genetic variability and their transformation, 2) marker-aided identification and selection of genes responsible for traits complicated in inheritance mode and largely affected by environment in expression, and 3) control of plant growth, flowering, pollen development and fertilization.

Key words : Vegetable, traditional breeding, molecular breeding, genetic variability, marker-aided selection.