

## Ecotypic Variation Related to the Ratio of Mannose to Galactose In the Seeds of *Phaseolus angularis*

Chang Ho Kim\*

Department of Biological Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

Received June 14, 2011 / Revised July 15, 2011 / Accepted July 16, 2011

In order to investigate the variations on the ratio of mannose to galactose in the seeds of *Phaseolus angularis*, 17 local strains (Yangyang, Pyeongchang, Ganghwa, Pocheon, Geumsan, Seocheon, Jincheon, Danyang, Tongyeong, Sancheong, Gumneung, Wolseong, Wando, Gokseong, Okgu, Jangsu, Bukjeju), which are located from 33°15'N to 38°11'N, were selected according to their latitudes and geographical distances. The seeds of these strains were collected and their contents of mannose and galactose were analyzed. Mannose contents in the seeds were variable, ranging from 17.071 mg/g at its highest (Jangsu) and 6.488 mg/g at its lowest (Geumsan). The contents of galactose also showed remarkable differences, ranging from 9.477 mg/g (Wolseong) to 19.877 mg/g (Jangsu). The local strains were classified into 3 variation types - coastal type I (Wando, Okgu, Bukjeju), the inland type (Jangsu, Weolseong, Danyang, Geumneung, Pyeongchang, Sancheong) and coastal type II (Ganghwa, Seocheon, Tongyeong, Jincheon), as well as 4 strange strains (Gokseong, Yangyang, Pocheon, Geumsan) according to the geographical climatic type and the ratio of mannose to galactose, which indicate the hardness of seeds in Leguminosae and ranged from 0.64 to 1.22. The variation types are very significant genecologically as evidence for microevolution related to natural and artificial selection in cultivated plants.

**Key words** : Leguminosae, microevolution, natural selection, seed hardness, variation types

### 서 론

Köppen의 기준에 따라 기후환경적으로 온난습윤기후구(Cf)와 한랭동계소우기후구(Dw)의 접이 지역으로 분류되는 한반도 지역은 지리적으로 북반구 중위도 지역에 남북으로 길게 자리해 있고, 비교적 지형이 복잡하여, 많은 미기후적 구분이 가능하다[10]. 이로 인해 한반도 남부지역에 위치한 우리나라는 면적이 그다지 넓지 않음에도 불구하고 지역간 생태환경적 차이가 비교적 크게 나타나고 있어 종생태학 연구에 상대적으로 유리한 조건을 갖추고 있다[4].

비교적 넓은 지역에 걸쳐 분포하는 식물종들은 한정된 지역에서만 제한적으로 분포 생육하고 있는 종들에 비해 생태환경적으로 훨씬 다양한 서식지 자연환경에 노출되어 생육하고 있기 때문에 지역에 따라 서로 다른 특이적 환경조건 하에서도 개체의 생활사를 무리 없이 전개하고 마무리할 수 있는 보편적인 적응 능력, 즉 각각의 서식지 자연환경에 대한 적응적 형질의 축적이 뒷받침되어야 한다. 이에 따라 동일종이라 할 지라도 환경특성이 서로 다른 지역에서 생육하고 있는 개체군들 간에는 형질 분화에 따른 생태형적 변이의 폭이 더욱 심화될 수 있다[6,14].

이 같은 경향은 인간의 생존이나 경제적 수익성을 고려하여 주로 다수확 및 보편적인 환경적응성 등과 같은 육종목적에 부합하는 방향으로 형질의 분화가 이루어지고 있는 재배식물에 있어서도 공통적으로 나타나고 있는데, 이에 따라 재배식물의 지역품종 간에는 앞서의 인위적인 도태요인 외에도 식물 자체의 재배지 환경적응과 관련한 자연도태 요인에 의해서도 다양한 형질변이가 존재할 수 있다. 그리고 이 같은 지역품종에 따른 적응적인 형질에 관한 정보들은 종자에 내장되어 다음 세대로 이어지기 때문에 지역개체군들 사이에 나타나는 종자 수준에서의 생리생태학적인 형질의 차이는 종생태학적인 측면에서 식물의 미진화 현상과 관련한 구체적인 증거로서 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다[9,14].

팥(*Phaseolus angularis*)은 높이가 30~50 cm에 이르는 1년생 콩과(Fabaceae) 식물로 원산지는 동아시아 지역으로 알려져 있다[2,15]. 이로 인해 아주 오래 전부터 우리나라를 비롯한 중국, 일본 등에서 많이 재배되어 왔으며 예로부터 쌀과 병용하여 팥밥과 팥죽 등의 주식재료로 이용하는 한편, 떡이나 빵, 과자 등의 다양한 식품재료로도 널리 활용되는 등 우리의 생활에 매우 친숙하게 이용되어온 작물이다.

이 같은 배경 하에서, 오랜 재배역사와 더불어 우리나라 전역에 널리 재배되고 있는 팥 역시 앞서 언급한 바와 같이 다양한 우리나라의 기후적 특성과 맞물려, 매우 다양한 재배환경 하에서 생육하고 있으며, 세대가 짧은 관계로 각 재배지 별로

#### \*Corresponding author

Tel : +82-51-999-5474, Fax : +82-51-999-5474  
E-mail : kch@silla.ac.kr

특이적인 자연환경에 적응적인 다양한 생태형적 변이의 축적이 예상되고 있다. 실제로, 우리나라에는 지역에 따라 다양한 팥 품종들이 존재하고 있으나, 주로 농학적인 측면에서 실용적인 접근이 이루어져 왔기 때문에 지역 특유의 재배환경에 대한 적응의 방향성과 관련한 중생대학적 접근은 그다지 활발하지 못한 것이 현실이다.

팥과 같은 콩과식물의 종자는 일반적으로 강풍, 건조와 같은 가혹한 자연환경 조건 하에서 유식물 보호를 위한 적응적 형질의 하나로서 경피 종자(hard seed)를 형성하게 되는데, 주로 종자 내에 함유된 mannose의 특성에 따라 종자 경실도(seed hardness)의 차이를 보이게 된다. Mannose는 세포벽 구성 물질인 hemicellulose의 주성분으로 종자 내에서 galactose가 측쇄로 연결되어 있는 galactomannan의 형태로 존재하고 있다[1]. Galactomannan은 galactose의 비율에 따라 점액성으로 부터 딱딱한 상태에 이르기까지 매우 다양한 형태로 존재하고 있으며, 대체로 mannose와 galactose의 함량비가 높아질수록 종자 경실도가 커지게 된다. 이 때문에 종자에 함유된 mannose와 galactose의 함량비는 콩과식물의 분류에 있어 활용도가 매우 크다[1,16-19,22,23]. 그러나 mannose와 galactose 함량비는 지금까지 종의 분류에만 주로 이용되어 왔기 때문에 동일종 내에서 지역개체군 간의 차이를 비교한 연구는 야생종의 경우 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia*)와 들콩(*Glycine soja*)

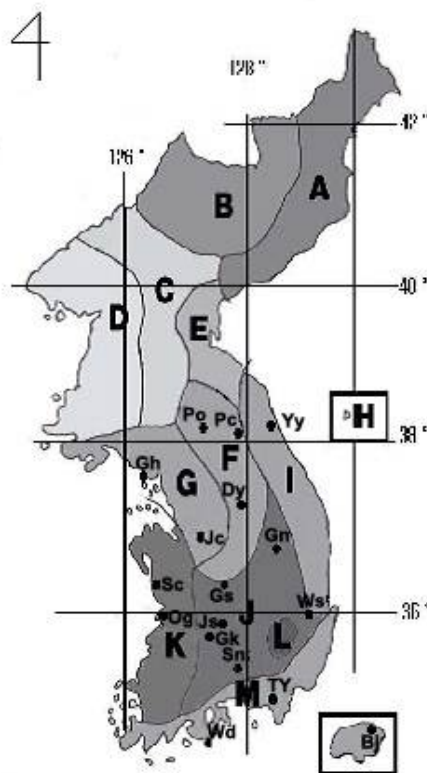
에 대한 보고[5,6]를 제외하면 거의 전무한 실정이며, 특히, 팥을 비롯한 재배식물에 있어서 지역개체군에 따른 형질 차이를 다룬 연구는 최근의 콩[8]과 완두[7]에 대한 보고 외에는 이루어진 바 없다.

본 연구는 재배지 기후환경조건에 대한 적응적 형질의 하나로서 팥 종자의 경피 형성에 직접적인 요인이 되고 있는 종자 함유 mannose와 galactose의 함량비를 한반도 남부에 분포하는 팥의 17개 지역개체군을 대상으로 조사하여, 식별된 생태형적 변이유형을 재배지의 환경조건과 관련지어 비교, 검토함으로써, 그 경향성을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

시료종자의 수집

한반도 지역에서 현실적으로 접근이 가능한 지역을 대상으로 위도에 따른 안배와 함께, 재배지역간 지리적인 거리를 고려하여 북위 33° 15'(북제주)에서 38° 11'(포천)에 이르는 범위 내에 위치한 총 17개 지역을 선정하여 팥 종자를 수집하였다(Fig. 1). 선정된 지역은 대략 위도 순으로 양양, 평창, 강화, 포천, 금산, 서천, 진천, 단양, 통영, 산청, 금능(현 김천시), 월성, 완도, 곡성, 옥구, 장수 및 북제주 등이며 시료 종자는 각 지역개체군 별로 전형적 특성을 보유한 집단을 대상으로 수집



\* Abbreviations

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| Yy: Yangyang  | Pc: Pyeongchang |
| Gh: Ganghwa   | Po: Pocheon     |
| Gs: Geumsan   | Sc: Seocheon    |
| Jc: Jincheon  | Dy: Danyang     |
| Ty: Tongyeong | Sn: Sancheong   |
| Gn: Geumneung | Ws: Weolseong   |
| Wd: Wando     | Gk: Gokseong    |
| Og: Okgu      | Js: Jangsu      |
| Bj: Bukjeju   |                 |
- 
- A: Northern east coastal type
  - B: Gaema highland type
  - C: Northern inland type
  - D: Northern west coastal type
  - E: Middle east coastal type
  - F: Middle inland type
  - G: Middle west coastal type
  - H: Ulleung island type
  - I: Southern east coastal type
  - J: Southern inland type
  - K: Southern west coastal type
  - L: Daegu specific type
  - M: South coastal type

Fig. 1. Collection sites of Phaseolus angularis seeds and climatic types [8].

하여 농촌진흥청 농업생명공학연구원 국가식물유전자원센터 (National Gene Bank)에 보존 중인 등록종자를 분양 받아 사용하였다. 종자특성의 지속적인 보존과 유지관리를 위한 지역별 등록번호 및 채종 연도는 Table 1과 같이 정리 기재하였다.

기후환경분석

팥의 17개 지역개체군들의 생육지별 기후 특성을 파악하기

Table 1. Description on the seed collection of 17 local strains in the *Phaseolus angularis*

IT No.	Year	Collection site	Province
186242	1994	Yangyang	Gangwondo
186253	1994	Pyeongchang	Gangwondo
175961	1992	Ganghwa	Incheonshi
195360	1996	Pocheon	Gyeongido
104372	1985	Geumsan	Chungcheongnamdo
195133	1995	Seocheon	Chungcheongnamdo
113124	1985	Jincheon	Chungcheongbukdo
196894	1996	Danyang	Chungcheongbukdo
212892	2001	Tongyeong	Gyeongsangnamdo
186266	1994	Sancheong	Gyeongsangnamdo
103719	1985	Gumneung	Gyeongsangbukdo
100808	1985	Wolseong	Gyeongsangbukdo
212896	2001	Wando	Cheollanamdo
103972	1985	Gokseong	Cheollanamdo
101083	1985	Okgu	Cheollabukdo
105696	1985	Jangsu	Cheollabukdo
212889	2001	Bukjeju	Jejudo

IT No. means registration number of National Gene Bank.

위하여 관측개시일을 기준으로 지역에 따라 25년에서 최대 81년간(1904-1984)의 기상통계자료가 수록된 한국기후편람 [12]을 인용하였으며, 부분적으로 기상연보[13] 및 한국기후표 [11] 등을 참조하였다. 측후소가 없는 일부 지역은 인근지역 측후소의 자료를 사용하였다. 팥 종자의 채종지 별 기후조건은 Table 2와 같다. 연평균 기온은 조사지역 사이에 최대 5°C 이상의 차이를 보였고, 연평균 강수량의 경우 금릉과 인접한 구미측후소가 1,013.9 mm로 가장 낮았고 완도측후소가 1,456.85 mm로 가장 높은 수치를 보여 대략 900 mm 이상의 커다란 차이를 나타냈다.

온량지수는 비교적 고위도 지역에 위치한 강화가 가장 낮은 93.5의 수치를 보였고, 가장 남쪽에 위치한 북제주는 가장 높은 134.3으로 나타났다. 한편, Köppen의 기후구분과 함께 지리적 차이를 고려한 우리나라의 기후형[10]을 기준으로 채종지의 분포를 살펴보면(Fig. 1), 포천을 비롯한 3개 지역이 중부내륙형에, 그리고 월성을 비롯한 6개 지역이 남부내륙형에 속하고 있으며, 제주와 통영, 완도 등 3개 지역은 남해안형에 속해 있다. 아울러 남부서안형에는 서천과 옥구의 2개 지역이, 그리고, 중부서안형에는 강화와 진천이 각각 분포하고 있고 이 밖에 남부동안형에 양양이 위치하고 있다(Fig. 1).

Mannose와 galactose의 함량분석

팥을 비롯한 콩과식물 종자의 경실도 관련 지표로서 종자에 함유된 mannose와 galactose의 함량비[1]를 산출하기 위하여 thin layer chromatography법[21]을 이용하여 지역개체군 별 mannose와 galactose 함량을 분석하였고 3회 반복 실험하여

Table 2. Locations and climatic conditions of seed collection sites [11-13]

Locality	Latitude (° N)	Nearest meteorological station	Precipitation (mm)	Air emperature (°C)			W.I.	Relative humidity (%)	Annual Day Length (hr)
				Mean	Min.	Max.			
Yangyang	37.51	Sokcho	1291.2	11.9	8.6	15.4	95.6	66.0	2181.1
Pyeongchang	37.20	Wonju	1290.9	10.8	5.4	17.0	97.3	71.5	2443.1
Ganghwa	37.42	Ganghwa	1316.7	10.9	6.0	16.1	93.5	71.6	2510.2
Pocheon	38.11	Chuncheon	1065.1	10.9	5.7	17.0	94.6	72.3	2193.6
Geumsan	36.12	Geumsan	1258.8	11.4	5.8	17.9	104.6	73.8	2371.1
Seocheon	36.12	Buyeo	1334.2	12.0	6.7	18.3	102.2	75.3	2747.3
Jincheon	36.87	Cheonan	1229.0	11.6	6.3	17.5	99.8	73.6	2569.1
Danyang	36.81	Chungju	1093.6	10.9	5.4	17.2	95.6	74.0	2593.2
Tongyeong	34.51	Sacheon	1412.5	14.3	10.7	18.6	104.4	68.7	2238.7
Sancheong	35.25	Sancheong	1479.1	12.7	7.2	19.3	106.4	68.9	2479.0
Gumneung	36.08	Gumi	1013.9	12.2	6.7	18.4	103.5	68.5	2328.2
Wolseong	35.58	Youngcheon	1021.7	12.3	6.6	18.6	101.1	66.2	2312.2
Wando	34.24	Wando	1456.8	14.0	10.7	17.7	116.1	74.3	2189.7
Gokseong	35.10	Gwangju	1289.6	13.6	9.4	18.7	111.3	74.2	2213.9
Okgu	35.25	Gunsan	1508.5	12.5	8.4	17.3	113.0	74.2	2398.7
Jangsu	35.37	Jangsu	1431.6	10.2	4.6	16.3	112.3	75.4	2398.7
Bukjeju	33.15	Jeju	1440.0	15.1	11.8	18.6	134.3	70.7	1949.4

\* W.I.: Warmth index

평균값을 구하였다.

Mannose와 galactose의 정량분석을 위하여, 각 지역별로 종자 500 mg씩을 증류수 5 ml 와 함께 4°C로 유지된 mortar에서 균질화 시켰고 이를 3,000× g로 10분간 원심분리 하였다. 이 때 분리한 상층액에 소량의 7% trichloroacetic acid를 첨가한 후 잘 혼합하였고, 이를 다시 9,000× g로 원심분리시켜 얻은 상층액을 시료로 사용하였다.

Mannose와 galactose를 분리하기 위하여, 각 지역별 시료와 함께 표준물질(Sigma, USA) 용액을 50  $\mu$ l 씩 20×20 cm<sup>2</sup> TLC plate (silica gel:증류수=1:2, g/v) 에 각각 점적한 후, butanol, pyridine, 0.1 M HCl (50:30:20, v/v) 혼합액을 사용하여 상승법으로 약 4시간 30분간 1차 전개하였다. plate는 건조 후 diphenylamine, aniline, phosphoric acid (10:10:2, v/v) 혼합액을 발색시약으로 하여 120°C에서 20분간 가열, 발색시켜 Rf치를 구한 다음, 표준물질의 Rf치와 비교, 동정하였다. 동정된 각각의 발색부위는 densitometer (TotalLab, UK) 에 의한 비색분석으로 표준물질과 비교하여 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### Mannose와 galactose의 함량

팥의 17개 지역개체군을 대상으로 종자에 함유된 mannose와 galactose를 Thin layer chromatography법[21]으로 분리, 동정하여 정량 분석한 결과, standard와 지역시료들 간 순도 차이 등 몇 가지 요인들의 영향으로 chromatogram 상의 Rf치에 다소의 차이가 있었으나 대체로 지역에 따라 다양한 함량의 차이를 보였다(Fig. 2, Table 3).

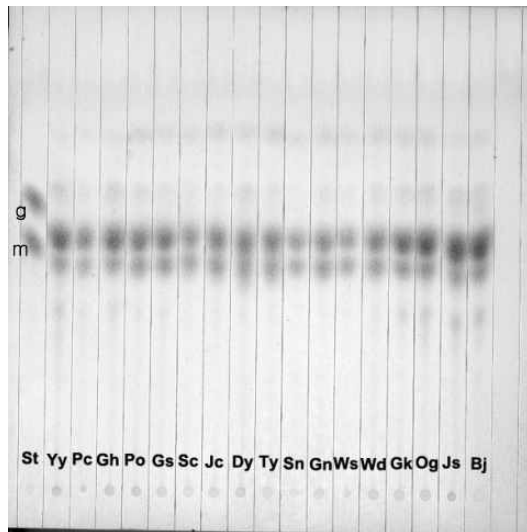


Fig. 2. Thin layer chromatogram of mannose and galactose in 17 local strains of the *Plasenotus angularis* seeds. Abbreviations on the each lane are the same as Fig. 1. st: standard, m: mannose, g: galactose.

Table 3. Contents of mannose and galactose in 17 local strains of the *Plasenotus angularis* seeds

Locality	Contents (mg/g)	
	Mannose	Galactose
Yangyang	10.521±0.021	13.670±0.065
Pyeongchang	8.797±0.049	12.499±0.038
Ganghwa	7.995±0.057	11.374±0.032
Pocheon	8.490±0.045	12.490±0.037
Geumsan	6.488±0.039	9.974±0.046
Seocheon	8.736±0.022	12.459±0.075
Jincheon	6.795±0.064	10.537±0.031
Danyang	7.616±0.038	9.954±0.073
Tongyeong	8.813±0.057	13.076±0.026
Sancheong	8.939±0.030	12.711±0.037
Gumneung	7.465±0.056	10.111±0.044
Wolseong	8.127±0.028	9.477±0.054
Wando	14.028±0.033	11.533±0.069
Gokseong	14.997±0.050	13.428±0.046
Okgu	15.997±0.076	16.080±0.053
Jangsu	17.071±0.041	19.877±0.078
Bukjeju	15.743±0.084	17.981±0.034

Mannose의 지역별 함량을 살펴보면, 장수가 17.071 mg/g으로 가장 높은 수치를 보였고 금산이 6.488 mg/g으로 가장 낮은 수치를 나타내 두 지역 간에는 약 2.6배에 가까운 현격한 함량 차이를 보였으며, 특히, 최고치를 나타낸 장수를 비롯하여 완도, 곡성, 옥구, 북제주 등 서남부 지역들과 함께 동해안의 양양 지역에서 상대적으로 높은 10.521~17.071 mg/g의 값을 보인 반면, 이들 지역보다 고위도 대에 분포하는 나머지 지역들에서는 6.488~8.939 mg/g의 현저하게 낮은 수치를 보였다. 한편, 이 같은 상대적 고품량 지역군과 저함량 지역군 각각의 지역들 간에는 뚜렷한 지리적 경향성을 보이지 않았으며, 이러한 결과는 고위도로 갈수록 mannose 함량이 각각 증가하거나, 감소하는 경향을 보인 아카시나무[5] 및 돌콩[6]을 비롯하여 재배식물인 콩[8]과 완두[7]의 결과들과 부분적으로 일치하는 결과라고 생각된다. 그러나, 일반 야생식물에서의 mannose 함량 증가가 경피 종자(hard seed) 형성에 기여함으로써, 강풍, 건조 또는 저온 등에 노출되어 있는 서식지 환경에서의 종자 보호는 물론, 나아가, 기계적 휴면을 통해 유식물의 생존을 극대화하려는 보편적인 적응전략과 연관되어 있는 것과는 달리, 팥의 경우는 같은 재배식물인 콩[8]에서와 유사한 경향을 보여 상대적으로 호적한 자연환경을 나타내고 있는 저위도 지역 종자들에서 비교적 높은 수치를 보였다. 이는 자연환경에 대한 적응에 더하여, 재배식물로서 지속적으로 노출되어 있는 여러 가지 요인의 인위적 도태압에 대응한 결과가 아닌가 생각된다. 이에 대한 좀 더 구체적인 종생태학적으로 의미있는 해석을 위해서는 지속적인 후속연구들을 통해 비교 검토가 가능할 수 있도록 보다 많은 종들의 자료 축적이 시급하다고 할 수 있다.

전반적으로 mannose에 비해 높은 함량을 보인 galactose의 경우, 월성이 9.477 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였고, 19.877 mg/g의 수치를 보인 장수가 가장 높았다. Galactose 역시, 최고치인 장수를 비롯 곡성, 옥구, 북제주 등 mannose의 고함량 지역군들 가운데 완도를 뺀 서남부 지역들과 함께 동해안의 양양 지역에서 13 mg/g 이상의 상대적으로 높은 함량을 보인 반면, 최저치를 나타낸 월성과 함께 단양과 금산 지역의 함량이 10 mg/g 이하의 특이적으로 낮은 값을 보였다. 그러나, 이 같은 지역 간 함량의 차이에도 불구하고, mannose에서와 같이, 고함량 지역군이나 그 밖의 지역들에서 모두 전반적으로 위도에 따른 다양한 기후요인의 차이를 반영한 지리적 경향성은 식별되지 않았다. 이는 앞서 언급했던 아까시나무[5] 및 돌콩[6]과 같은 야생식물의 결과와는 상치하는 결과이나 재배식물인 콩[8]과 완두[7]의 결과와는 유사한 경향으로, mannose와 마찬가지로 일단 진화적 배경이 다른 야생식물과 재배식물이라는 특성의 차이에서 기인하는 현상의 하나라고 생각해 볼 수 있으나, 다른 종들에 대한 자료 축적이 충분하게 이루어져 있지 않은 현 시점에서 보다 깊이 있는 해석은 차후로 미루기로 한다.

**Mannose와 galactose의 함량비**

콩과식물에서 흔히 보여지는 경피 종자(hard seeds)는 종피의 불투과성으로 인해 배와 배유가 팽윤하지 못하여 발아가 이루어지지 않는 종자로서 이러한 경피 종자의 형성은 발아 후 유식물 보호를 위한 적응적 형질의 하나로서 해석된다. 특히, 콩과 식물 중에서도 종자 크기가 작을수록 이러한 경향이 심화되는 것으로 알려져 있다[20].

경피 종자의 특성은 종자 내에서 galactomannan의 형태로 존재하고 있는 mannose와 galactose의 함량비에 의해 좌우되는데 mannose와 galactose의 함량비가 높아질수록 종자 경실도(seed hardness)가 커지게 된다. 이에 따라 콩과 식물의 종자에 있어서 mannose와 galactose의 함량비는 분류학적으로 중요한 지표가 되고 있다[16-19,22,23].

이와 같이 종자의 경실도 지표가 되는 mannose와 galactose의 함량비는 발아시기의 선택성과 밀접한 연관이 있는데 동일종이라 하더라도 서식지가 다른 개체군은 각 지역 특유의 자연환경에 적응하기 위하여 발아시기에 있어 서로 다른 선택전략을 가지게 된다[3]. 팥 종자 역시 동일종임에도 불구하고 mannose와 galactose의 함량비가 0.64(진천)에서 1.22(완도)에 이르기까지 지역에 따라 매우 다양하게 나타났다(Fig. 3). 이러한 결과는, 각각 0.41에서 1.73과 0.43에서 1.41까지의 범위를 보인 돌콩[6]과 아까시나무[5] 등의 야생식물들에 비해서 상대적으로 변이의 폭이 크지 않았으나 재배식물로서 각각 0.63에서 0.78과 0.46에서 0.94까지의 수치를 보인 콩[8]과 완두[7] 등에 비해서는 변이의 폭이 다소 높았다. 이러한 경향은 팥을 비롯한 재배식물들이 야생식물에 비해 물리적으로

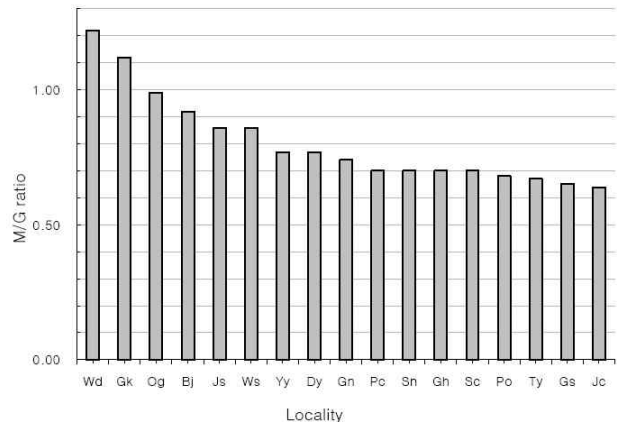


Fig. 3. Mannose/galactose ratio of the Plasenolus angularis seeds in 17 local strains. Abbreviations of locality are the same as Fig. 1. M: mannose, G: galactose.

보다 완화된 재배지 환경에서 생육하고 있음을 반영하는 결과라고 생각된다. 그럼에도 팥의 지역개체군들 사이에서 보여지는 mannose와 galactose의 함량비의 이 같은 종내 변이는 인위도대에 보다 더 빈도 높게 노출되어온 재배식물에 있어서도 야생식물에 비해 그 폭이 크지는 않았지만 재배지의 자연환경 조건에 적응적인 방향으로 종내형질 분화가 이루어졌다는 점에서 자연선택에 의한 미진화 현상의 구체적인 증거로서 종생태학적인 측면에서 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다.

**함량비 서열과 변이유형**

지역개체군별 mannose와 galactose의 함량비 서열(Fig. 3)을 지리적 기후형[10]과의 비교를 통해 지리적인 경향성을 분석하였고 이에 따라 17개 지역개체군들 가운데 13개 지역개체군은 대체로 해안I형(완도, 옥구, 북제주), 내륙형(장수, 월성, 단양, 금능, 평창, 산청) 및 해안II형(강화, 서천, 통영, 진천) 등 3개의 변이유형으로 식별되었다(Table 4). 그리고 이 같은 3개 변이유형에 포함되지 않은 곡성과 양양, 포천 그리고, 금산 등 4개 지역개체군들은 같은 기후형에 속해 있거나 지리적으로 비슷한 위도대에 위치한 지역들과 함량비 서열에 있어 뚜렷한 이질성을 보였다.

변이유형 간 mannose와 galactose의 함량비 서열을 비교해 보면, 해안I형과 해안II형 사이에 내륙형이 분포하고 있어, 이들 사이에는 지리적 기후형[10]과는 일정한 대응을 가지나, 위도와 같은 지리적 위치에 따른 뚜렷한 경향성은 보이지 않았다. 그러나, 상대적으로 고위도 지역에 위치한 내륙형에 비하여 저위도지역에 위치한 해안I형에서 함량비가 현저히 높은 것을 알 수 있는데, 이는 경피 종자를 형성해 해풍이나 고염과 같은 해안지역의 특수한 환경조건 하에서 종자 및 유식물의 생존을 보장하기 위한 적응적 형질의 하나로 여겨진다. 반면, 해안II형의 경우, 해안I형과는 달리 내륙형에 비해 뚜렷하게 낮은 값을 나타냈는데, 이는 해안I형과 같은 특수 환경에 대한

Table 4. Variation types according to M/G ratio and climatic type in the 17 local strains of *Phaseolus angularis*

Order (M/G)	Locality	Climatic type [10]	Variation type
1	Wando	south coastal	coastal I
2	Gokseong	southern inland	strange
3	Okgu	southern west coastal	coastal I
4	Bukjeju	south coastal	coastal I
5	Jangsu	southern inland	inland
6	Weolseong	southern inland	inland
7	Yangyang	southern east coastal	strange
8	Danyang	middle inland	inland
9	Geumneung	southern inland	inland
10	Pyeongchang	middle inland	inland
11	Sancheong	southern inland	inland
12	Ganghwa	middle west coastal	coastal II
13	Seocheon	southern west coastal	coastal II
14	Pocheon	middle inland	strange
15	Tongyeong	south coastal	coastal II
16	Geumsan	southern inland	strange
17	Jincheon	middle west coastal	coastal II

M; mannose, G: galactose.

적응 목적과는 배치되는 결과로서 재배식물의 특성상 자연환경 요인에 적응적인 방향으로의 일반적인 진화 경로 외에 육종을 비롯한 기타 인위적 요인들에 의해 영향을 받았기 때문이라고 생각된다. 이 같은 변이유형의 지리적 경향성과는 별도로 지리적 기후형에 대응한 변이유형의 존재는 오랜 세월 생육지 별 기후환경에 따라 서로 다른 도태압에 노출되어 생존해오면서 적응적인 방향으로의 지속적인 종내 형질분화가 이루어져왔음을 시사하는 것으로 앞에서 다루었던 함량비 자체의 다양성과 함께 종생태학적으로 그 의미가 큰 것으로 판단된다.

## References

- Bewley, J. D. and M. Black. 1986. Seeds (Physiology of development and germination). pp. 13-15, Plenum. New York.
- Chung, T. H. 1956. Korean flora. Shinjisa. Korea.
- Inoue, K. and I. Washitani. 1989. Geographical variation in thermal germination responses in *Campanula punctata* Lam. *Plant Species Biol.* **4**, 69-74.
- Kim, C. H. 1991. Comparative studies on the ecotypic variation of the *Robinia pseudo-acacia* L. seeds in local populations. Ph. D, thesis. Kon-Kuk Univ.
- Kim, C. H. 2000. Variation of galactomannan in the seeds of *Robinia pseudo-acacia*. *J. Natural Science Silla Univ.* **8**, 19-28.
- Kim, C. H. 2005. Geographical variation of galactomannan composition in the seeds of *Glycine soja*. *Korean J. Ecol.* **28**, 157-161.
- Kim, C. H. 2011. Variations of seed hardness in local populations of *Pisum sativum*. *J. Life Sci.* **21**, 901-906.
- Kim, C. H. 2011. Intraspecific variation of *Glycine max* according to the ratio of mannose to galactose In the Seeds. *Korean J. Environ. Ecol.* **25**, 295-301.
- Kim, C. H., H. J. Lee, and Y. O. Kim. 1993. Electrophoretic variation of seed proteins in *Robinia pseudo-acacia*. *Korean J. Ecol.* **16**, 515-526.
- Kim, K. S. 1973. The climates of Korea. Iljisa, Korea.
- Korea Meteorological Administration 2001. Climatological normals of Korea (1971~2000). Seoul. Korea.
- Korea Meteorological Service. 1985. Climatic summary of Korea. Seoul. Korea.
- Korea Meteorological Service. 1985~2003. Annual climatological report. Seoul. Korea.
- Lee, H. J. and C. H. Kim. 1993. Seed germination and thermal adaptation of seedlings in *Robinia pseudo-acacia*. *Korean J. Ecol.* **16**, 501-514.
- Lee, T. B. 1980. Illustrated flora of Korea, Hyangmunsa. Korea.
- McCleary, B. V. and N. K. Matheson. 1974.  $\alpha$ -D-galactosidase activity and galactomannan and galactosylsucrose oligosaccharide depletion in germinating legume seeds. *Phytochem.* **13**, 1747-1757.
- McCleary, B. V. and N. K. Matheson. 1975. Galactomannan structure and  $\beta$ -mannosidase activity in germinating legume seeds. *Phytochem.* **14**, 1187-1194.
- McCleary, B. V. and N. K. Matheson. 1976. Galactomannan utilization in germinating legume seeds. *Phytochem.* **15**, 43-47.
- Murray, D. R. 1984. Seed physiology. Vol. 1, Academic press, Sydney.
- Nakayama, K. 1976. Physiology of seed germination. Uchida Rokakuho. Tokyo.
- Randerath, K. 1963. Thin layer chromatography. pp. 277-302, Academic Press. New York.

22. Reid, J. S. G. and H. Meier. 1970. Formation of reserve galactomannan in the seeds of *Trigonella foenum graecum*. *Phytochem* **9**, 513-520.
23. Smith, F. and R. Montgomery. 1959. The chemistry of plant gums and mucilages. pp. 324-325, Reinhold, New York.

---

초록 : 팥(*Phaseolus angularis*) 종자에 함유된 mannose와 galactose의 함량비에 관한 생태형적 변이

김창호\*

(신라대학교 의생명과학대학 생물과학과)

종자 내에 함유된 mannose와 galactose의 함량비에 따른 팥(*Phaseolus angularis*)의 생태형적 변이를 조사하기 위하여 한반도 남부의 북위 32° 18' ~ 37° 51' 사이에 위치한 17개 지역(양양, 평창, 강화, 포천, 금산, 서천, 진천, 단양, 통영, 산청, 금능, 월성, 완도, 곡성, 옥구, 장수, 북제주)에서 각각 수집된 종자들을 재료로 mannose와 galactose의 함량을 분석하였다. Mannose함량에 있어서는 최저 6.488 mg/g (금산)에서 최고 17.071 mg/g (장수)까지 지역별로 다양한 수치를 보였다. Galactose의 지역별 함량 역시 9.477 mg/g (월성)으로부터 19.877 mg/g (장수)에 이르는 범위 내에서 폭넓게 나타났다. 기후환경에 대한 적응성과 관련하여 종자 경실도(硬實度, seed hardness)를 의미하는 mannose와 galactose의 함량비의 경우, 지역에 따라 0.64~1.22의 값을 나타내었다, 팥의 17개 지역개체군들 가운데 주변 개체군들과 비교해 이질적인 4개 지역개체군(곡성, 양양, 포천, 금산)을 제외한 나머지 13개 지역개체군들은 mannose와 galactose의 함량비와 지리적 기후구분에 대응하여 크게 해안I형(완도, 옥구, 북제주), 내륙형(장수, 월성, 단양, 금능, 평창, 산청) 및 해안II형(강화, 서천, 통영, 진천) 등 3가지 변이유형으로 구분되었다. 이러한 변이유형의 분화는 생육지별 자연환경조건에 적응적인 일반적 진화 경로에 더하여, 재배식물의 특성상 육종이나 기타 다양한 인위적 도태압에 오랜 기간 노출되어온 때문이라고 생각되며, mannose와 galactose 함량비 자체의 다양성과 함께 식물의 미진화 현상과 관련한 종내 형질분화의 구체적인 증거로서 종생태학적인 측면에서 그 의미가 큰 것으로 판단된다.