

돌콩 종자 함유 Galactomannan 조성의 지리적 변이

김 창 호*

신라대학교 자연과학대학 생물학과

Geographical Variation of Galactomannan Composition in the Seeds of *Glycine soja*

Kim, Chang Ho*

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

ABSTRACT: In order to investigate the geographical variation of *Glycine soja* distributed in southern area of Korean peninsula, 8 local populations(Sokcho, Wonju, Mt. Chiak, Cheongju, Andong, Taegu, Ulsan, Sacheon), which located from 34°50'00"N to 38°12'00"N, were selected according to their latitudes and geographical distances. The seeds of these populations were collected and their contents of mannose and galactose were investigated. Mannose contents in the seeds were variable in the range between the highest 460.00 mg/g (Andong) and the lowest 55.23 mg/g(Sacheon). The contents of galactose were represented remarkable differences from 67.17 mg/g(Sacheon) to 387.50 mg/g(Ulsan) also. The local populations were classified into 3 types such as the middle southern inland type (Andong, Taegu), the middle northern type(Wonju, Mt. Chiak, Cheongju) and the coastal type(Sokcho, Ulsan, Sacheon) according to the ratio of mannose and galactose, which indicate the hardness of seeds in Leguminosae, ranged from 0.41 to 1.73. Particularly, those of middle southern inland populations represented the high values compared with those of other populations.

Key words: Galactomannan, Galactose, *Glycine soja*, Hardness, Mannose, Seeds, Variation

서 론

일반적으로 어떠한 식물종이 넓은 분포역에서 보편적인 적응력을 갖기 위해서는, 그만큼 다양하고 가혹한 환경조건 하에서도 지속적으로 생존이 보장될 수 있는 요건, 즉 지역에 따라 각기 다른 특이적인 자연환경과 조화를 이루어 나갈 수 있는 적응적 형질의 축적이 수반되어야 하는데, 이는 곧 지리적으로 격리되어 있는 지역 개체군 간에 나타날 수 있는 변이의 폭이 상대적으로 넓어지게 됨을 의미한다고 할 수 있다(김 등 1993, 이와 김 1993).

식물의 종자 내에는 이러한 지역 개체군 또는 종 수준의 적응적인 생활사 전략과 관련한 모든 program과 정보가 내장되어 있기 때문에, 종자가 나타내는 지역 개체군 간의 생리생태학적인 형질의 차이는 종 생태학적으로 매우 중요한 의의를 갖는다(김 등 1993, 이와 김 1993).

북반구 중위도 지역에 남북으로 길게 위치하고 있는 우리나라는, Köppen의 기후구분상 온난습윤기후구(Cf)와 한랭동계소우기후구(Dw)의 접지지역에 해당하며, 비교적 지형이 복잡하여, 좁은 국토면적에도 불구하고 많은 미기후적 구분이 가능하

다(김 1973). 따라서, 이 같은 지리적 또는 기후적 특성으로 인해 지역간 생태환경적 차이가 비교적 폭넓게 나타나고 있는 우리나라의 경우 종생태학 연구에 매우 유리한 환경을 지니고 있다고 할 수 있다.

전국 각지에서 흔하게 볼 수 있는 돌콩(*Glycine soja*)은 콩과에 속하는 일년생 덩굴식물로 우리나라를 비롯하여 일본, 중국, 만주, 시베리아 등 동북아시아 지역에 폭넓게 분포하고 있다(정 1956, 이 1980). 이와 같이 분포역이 비교적 넓고 세대가 짧은 특성으로 인해 각각의 생육지 환경에 적응적인 다양한 생태형적 변이의 축적이 예상되고 있다.

돌콩은 예로부터 종자를 식용하는 한편, 거담제와 같은 민간 약재로도 널리 이용하여 왔으며, 종자에 함유된 galactomannan은 건강을 중시하는 최근의 사회적 추세와 맞물려 효과적인 식이 섬유물질로 그 활용도가 매우 높아지고 있다. 이외에도 galactomannan은 여러 가지 식품의 가공이나 제약, 직물, 제지, 화장품 등 각종 산업의 원료물질로 광범위하게 이용되고 있어 돌콩의 자원식물학적 가치는 매우 높다고 할 수 있다.

콩과식물의 경피 종자는 주로 종자 내의 세포벽 성분인 hemicellulose의 주성분인 mannose의 성질에 기인하는 것으로, mannose는 측쇄로 galactose가 연결된 형태인 galactomannan의 형태

* Corresponding author; Phone: +82-51-999-5474, e-mail: kch@silla.ac.kr

를 취하고 있다(Bewley and Black 1986). 이러한 galactomannan의 성질은 galactose의 비율에 따라 점액성으로부터 아주 딱딱한 형태에 이르기까지 다양한 형태로 존재하고 있으며, 이에 따라 콩과식물에 있어서 종자의 mannose/galactose 함량비는 분류학적인 중요성을 갖는다(Smith and Montgomery 1959; Reid and Meier 1970; McCleary and Matheson 1974, 1975, 1976; Murray 1984; Bewley and Black 1986).

이와 같은 중요성에 비추어 이제까지 mannose/galactose 함량비의 적용은 주로 종의 분류에 집중되어 왔으며, 종 이하 수준에서 지역개체군간의 차이를 비교한 것은 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia*)를 대상으로 한 김(2000)의 보고를 제외하면 시도된 바 없으며, 특히, 돌콩에 대한 종생태학적인 연구는 아직 이루어진 바 없다.

본 연구는 돌콩의 환경 적응 형질의 하나로서 한반도 남부의 8개 지역 개체군에서 나타나는 종자 함유 galactomannan의 조성에 관한 생태형적 변이를 조사하여, 생육지의 환경조건과 관련지어 비교, 검토함으로써, 그 경향성을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

1. 채종지의 선정 및 위치

제주도를 제외한 한반도 남부의 채종 가능 지역을 대상으로 하여 북위 34°50'00"(사천)에서 38°12'00"(속초)에 이르는 범위 내에서 위도에 따른 안배와 함께, 지리적인 여건상 비교적 채종이 용이하였던 총 8개 지역 (Table 1)을 채종지로 선정하였다. 한편 원주와 인접한 치악산의 경우 고도에 따른 차이를 비교하기 위하여 채종지에 포함시켰다.

2. 채종지의 기후

돌콩 종자의 채종지별 기후조건은 한국기후편람(중앙기상

대 1985) 및 기상연보(중앙기상대 1985~2003)를 참조하였으며, 측후소가 없는 일부 지역은 인근지역 측후소의 자료를 인용하였다(Table 1). 연평균 강수량의 경우 대구측후소가 1,005.3 mm로 가장 낮았고 사천과 가까운 남해측후소가 1,638.2 mm로 가장 높은 수치를 보여 대략 630 mm 이상의 커다란 차이를 나타냈다.

온량지수의 경우 원주가 가장 낮은 91.6의 수치를 보였고, 가장 높은 사천과 가까운 남해는 111.7로 나타났다. 한편, 온량지수 등치선(김 1966)을 기준으로 채종지의 분포를 살펴보면 (Fig. 1), 속초에서 청주에 이르는 중북부 4개 지역이 온량지수

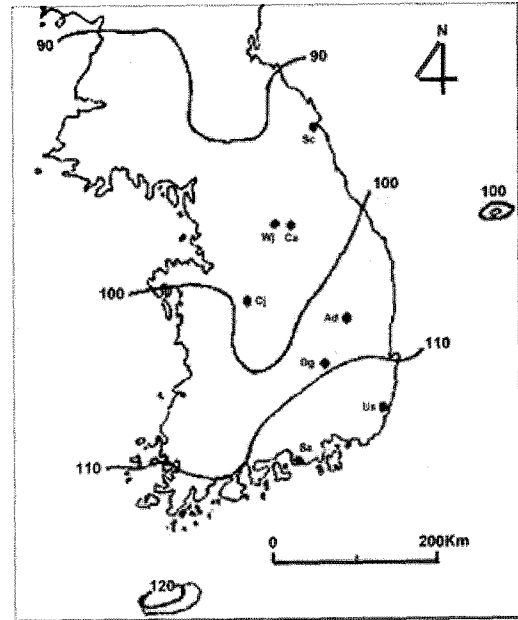


Fig. 1. Seed collection sites and isopleths of warmth index(W.I.).

* Abbreviations

So: Sokcho, Wj: Wonju, Ca: Mt. Chiac, Cj: Cheongju, Ad: Andong, Dg: Daegu Us: Ulsan, Sa: Sacheon.

Table 1. Locations and climatic conditions of seed collection sites

Locality (Village name)	Latitude (°N)	Nearest meteorological station	Precipitation (mm)	Air temperature(°C)			Relative humidity	Annual day length (hours)
				Mean	Min.	Max.		
Sokcho(Mohak-dong)	38.12	Sokcho	1,291.2	11.9	8.6	15.4	66	2,181.1
Wonju(Woosan-dong)	37.19	Wonju	1,207.8	10.3	4.8	16.7	72	2,933.5
Mt. Chiac(west slope)	37.19	Wonju	1,207.8	10.3	4.8	16.7	72	2,933.5
Cheongju(Mochoong-dong)	36.38	Cheongju	1,219.5	11.4	6.5	17.1	73	2,152.2
Andong(Songcheon-dong)	36.33	Yeongju	1,126.7	11.1	5.3	17.5	69	2,885.2
Daegu(Whanggeum-dong)	35.53	Daegu	1,005.3	13.0	8.2	18.6	67	2,368.2
Ulsan(Woogeo2-dong)	35.33	Ulsan	1,277.7	13.3	8.8	18.7	73	2,318.6
Sacheon(Seongu-dong)	34.50	Namhae	1,638.2	13.7	9.0	18.8	69	2,640.5

90과 100선 사이에, 안동과 대구가 위치한 중남부 내륙지역이 온량지수 100과 110선 사이에, 그리고 울산, 사천과 같은 남부 해안지역이 온량지수 110선 이상의 범위에 각각 분포하고 있다.

3. 채종 및 종자의 보관

채종은 지역에 따른 종자의 성숙시기를 고려하여 이루어졌고, 지역별로 비교적 균질한 크기와 조건을 지닌 개체군을 대상으로 하였다. 종자는 각 개체군 내에서 상태가 양호한 협과를 선별 채취하여 실험실에서 풍건한 후에 분리하였다. 분리된 종자는 상온에서 종자상에 보관하였다가 mannose와 galactose의 정량분석을 위한 시료로 사용하였다.

4. 방법

콩과식물 종자에 있어 경실도의 지표가 되는 mannose와 galactose의 함량비(Bewley and Black 1986)를 산출하기 위하여 thin layer chromatography법(Randerath 1963)을 이용, 3회 반복 실험하여 지역별 함량의 평균값을 구하였다.

Mannose와 galactose의 정량분석을 위하여, 각 지역별로 종자 500 mg 씩을 증류수 5 ml와 함께 4°C로 유지된 mortar에서 균질화시켰고 이를 3,000g로 10분간 원심 분리하였다. 이 때 분리한 상층액에 소량의 trichloroacetic acid를 첨가한 후 잘 혼합하였고, 이를 다시 9,000g로 원심 분리시켜 얻은 상층액을 시료로 사용하였다.

Mannose와 galactose를 분리하기 위하여, 지역별 시료 50 µl 씩을 20 × 20 cm² TLC plate(silica gel : 증류수 = 1 : 2, g/v)에 각각 점적한 후, butanol, pyridine, 0.1M 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, 표준물질(Sigma, USA)의 Rf치와 비교, 동정하였다. 동정된 각각의 발색 부위는 densitometer(TotalLab, UK)에 의한 비색 분석으로 표준물질과 비교하여 정량하였다.

결과 및 고찰

Mannose와 Galactose의 함량

Thin layer chromatography법에 의하여 분리, 동정된 mannose와 galactose를 정량 분석한 결과, 지역에 따라 다양한 함량의 차이를 보였다(Fig. 2, Table 2).

각 지역별 mannose의 함량은 사천이 55.23 mg/g으로 가장 낮은 수치를 보였고 안동이 460.00 mg/g으로 가장 높은 수치를 나타냈다. 특히적으로 낮은 수치를 보인 사천을 제외하면 지역적으로는 안동, 대구, 울산 등의 중남부 지역이 청주에서 속초에 이르는 중북부 지역에 비해 현저히 높게 나타나, mannose 함량의 지역에 따른 경향성은 대체로 고위도로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 고위도로 갈수록 mannose 함량이 증가하는 경향을 보인 아까시나무(김 2000)와는 상치하는 결과로서, 이와

같은 차이는 서로 다른 두 종의 생활사와 밀접한 연관이 있을 것으로 생각되나, 추후 다른 종들에 대한 후속 연구들을 통해 보다 명확한 해석이 가능할 것으로 판단된다.

Galactose의 경우, 울산이 387.50 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였고, 사천이 67.17 mg/g으로 가장 낮았다. 지역적으로는 위의 mannose에서와 같이 사천이 다른 지역들에 비해 특이적으로 낮은 수치를 보인 가운데 속초와 대구가 각각 157.81 mg/g과 168.75 mg/g으로 다른 지역에 비해 상대적으로 낮은 경향을 보인 반면, 치악산과 청주가 각각 353.12 mg/g과 303.12 mg/g으로 가장 높은 수치를 보인 울산과 함께 비교적 높은 수치를 보였으나, 위도에 따른 뚜렷한 경향성은 나타나지 않았다.

Mannose/galactose 함량비

경피 종자(hard seeds)는 종피가 불투과성을 나타내 배와 배유가 팽윤하지 않음으로써 발아하지 않는 종자를 말한다. 경피 종자는 발아 후 유식물 보호를 위한 적응적 형질로써 콩과식물에 가장 많이 생기며, 콩과 중에서도 종자 크기가 작은 것일수록 경피 종자가 많아지는 경향을 나타내고 있다(Nakayama 1976).

콩과식물의 경피 종자는 전술한 바와 같이, 종자 내에 함유된 mannose와 galactose 함량비에 따라 점액성으로부터 아주 딱딱한 형태에 이르기까지 다양한 형태로 존재하고 있으며, 이에 따라 콩과식물 종자에 있어서 mannose/galactose 함량비는 분류학적인 중요성을 갖는다(Smith and Montgomery 1959, Reid and Meier 1970, McCleary and Matheson 1974, 1975, 1976, Murray 1984, Bewley and Black 1986).

돌콩 종자는 동일종임에도 불구하고 종자의 경실도 지표로서 발아시기의 선택성과 밀접한 연관이 있는 mannose/galactose 함량비가 0.41(치악산)에서 1.73(안동)에 이르기까지 매우 다양하게 나타나고 있으며, 이는 동일종 내에서라도 서식지가 다른

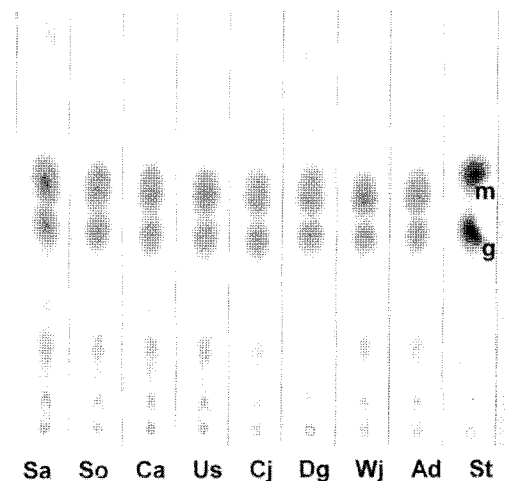


Fig. 2. Thin layer chromatogram of mannose and galactose in 8 local populations of the *Glycine soja* seeds.

* st: standard, m: mannose, g: galactose.

** Other abbreviations are the same as Fig. 1.

Table 2. Contents of mannose and galactose in 8 local populations of the *Glycine soja* seeds

Locality	Content(mg/g)	
	Mannose	Galactose
Sokcho	123.80±0.30	157.81±0.26
Wonju	111.42±0.71	223.43±0.79
Mt. Chiak	143.80±0.14	353.12±0.32
Cheongju	164.76±0.21	303.12±0.42
Andong	460.00±0.26	265.62±0.32
Daegu	276.19±0.43	168.75±0.32
Ulsan	348.57±0.75	387.50±0.32
Sacheon	55.23±0.42	67.17±0.16

* M: mannose, G: galactose.

개체군은 발아시기와 관련하여 서로 다른 선택전략을 가진다고 한 Inoue와 Washitani(1989)의 견해와 일치하는 것으로 생각된다.

함량비의 지리적 경향성은 대체로 고위도 지역에서 상대적으로 낮은 값을 나타내어 mannose 함량에서와 유사한 경향을 보였으며, 지역별 함량비 서열을 비교한 결과, 중북부형(원주, 치악산, 청주), 중남부 내륙형(안동, 대구) 및 해안형(속초, 울산, 사천)의 3개 유형이 뚜렷이 구분되었다(Fig. 3).

이러한 경향은 상대적으로 고위도에 있지만 해안형으로 구분된 속초를 제외하고는 나머지 지역 모두, Fig. 1에서와 같이 120~90 까지 10 단위로 연결시킨 온량지수 등치선(김 1966)에 의한 지역 구분과 일치하는 것으로, 돌콩의 종분화와 관련하여 온도요인이 매우 중요한 요인으로 작용하고 있음을 시사하고 있는 것으로 생각된다.

온량지수 100~110의 범위 내에 있으며 중남부 내륙형으로

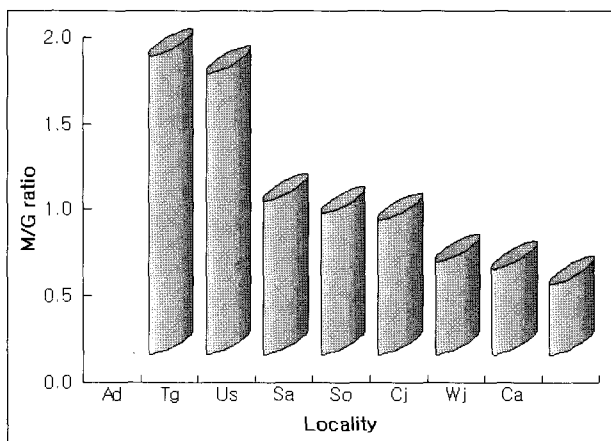


Fig. 3. Mannose/galactose ratio of the *Glycine soja* seeds in 8 local populations.

* Abbreviations are the same as Fig. 1.

구분된 함량비 서열 1, 2위의 안동과 대구 지역 개체군들은 온량지수 90~100으로 중북부형에 속하는 청주, 원주 및 치악산의 지역 개체군들에 비해 3배 이상의 높은 수치를 나타내고 있는데, 이는 이 지역들에 있어서의 특수한 기후환경, 즉 Table 1에서와 같이 연간 강수량이 다른 지역에 비해 최고 630 mm 이상의 차이를 보이는 건조 환경에서 생장 초기의 유식물 피해를 경피 종자를 통해 최소화함으로써 종의 영속을 피하려는 생활사 전략의 일환으로 해석하는 것이 타당하다고 생각된다.

온량지수 110 이상의 울산, 사천과 함께 상대적으로 고위도인 속초가 포함된 해안형 지역 개체군들의 경우 위도와 관계없이 유사한 경향을 보였으며, 이들 역시 중북부형에 비해 상대적으로 높은 함량비를 보였다. 이 또한 해풍이나 고염과 같은 해안 지역의 특수한 환경조건 하에서 종자 및 유식물의 생존을 보장하기 위한 적응적 형질의 하나로 여겨진다.

한편, 온량지수 100~110 사이의 중북부형에 있어서는, 특히 지리적으로 인접한 원주와 치악산 개체군들 사이에 약 100 m 정도의 고도 차이에 따른 의한 형질 분화 가능성이 예상되었으나, mannose와 galactose 모두 비교적 큰 함량 차이(Table 2)가 있었음에도, 함량비에 있어서는 각각 0.51과 0.40의 수치를 보여 타 지역들에 비해 두 지역간의 차이가 그다지 크지 않았다.

이상의 결과에서와 같이 돌콩 종자에서 나타나는 mannose/galactose 함량비의 다양성은 종의 분포역을 넓혀가는 과정에서, 주로 위도에 따른 지역별 온도요인에 대하여, 그리고 부분적으로 건조, 해풍 등과 같은 일부 지역의 특수한 생태환경적 요인에 대하여 적응적으로 분화한 결과라고 생각된다.

적 요

한반도 남부지역에 분포하는 돌콩(*Glycine soja*) 종자의 galactomannan 조성과 관련한 지리적 변이를 추적하기 위하여, 북위 34°50'00"~38°12'00" 사이에 위치한 8개 지역(속초, 원주, 치악산, 청주, 안동, 대구, 울산, 사천)을 선정하여 채종한 종자를 재료로 mannose와 galactose의 정량분석을 실시하였다. 각 지역별 mannose의 함량은 최저 55.23 mg/g(사천)에서 최고 460.00 mg/g(안동)의 범위 내에서 다양하게 나타났다. Galactose의 지역별 함량 역시, 최고 387.50(울산)에서 최저 67.17(사천)에 이르는 다양한 수치를 보였다. 환경적응과 관련한 생태지표로서 종자의 경실도(硬實度, seed hardness)를 의미하는 mannose/galactose 함량비를 산출한 결과, 지역에 따라 0.41~1.73의 값을 나타내었고, 대체로 중북부형(원주, 치악산, 청주), 중남부 내륙형(안동, 대구) 및 해안형(속초, 울산, 사천)의 3개 유형이 구분되었다. mannose/galactose 함량비의 전반적인 경향은 중남부 내륙형에서 비교적 높은 수치를 보였고, 중북부형에서 상대적으로 낮은 수치를 보였다.

인용문헌

김광식. 1973. 한국의 기후. 일지사. 446 p.

- 김연옥. 1966. 한국의 건습도. 이화여자대학교 한국문화연구원 논총 8: 107-123.
- 김창호, 이호준, 김용욱. 1993. 아카시나무(*Robinia pseudo-acacia*) 종자 단백질의 전기영동 변이. 한국생태학회지 16: 515-526.
- 김창호. 2000. 아카시나무의 종자 함유 galactomannan 변이. 신라대학교 자연과학논문집 8: 19-28.
- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사. 488 p.
- 이호준, 김창호. 1993. 아카시나무(*Robinia pseudo-acacia*)의 종자 발아와 유식물 생장에 있어서의 온도 적응. 한국생태학회지 16: 501-514.
- 정태현. 1956. 한국식물도감. 신지사. 343 p.
- 중앙기상대. 1985. 한국기후편람.
- 중앙기상대. 1985~2003. 기상연보.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1986. Seeds(Physiology of development and germination). Plenum. New York. pp. 13-15.
- Inoue, K. and I. Washitani. 1989. Geographical variation in thermal germination responses in *Campanula punctata* Lam. Plant Species Biol. 4: 69-74.
- McCleary, B.V. and N.K. Matheson. 1974. α -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 β -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. 279 p.
- Nakayama, K. 1976. Physiology of seed germination. Uchida Rokakuho. Tokyo.
- Randerath, K. 1963. Thin layer chromatography. Academic Press, New York. pp. 277-302.
- Reid, J.S.G. and H. Meier. 1970. Formation of reserve galactomannan in the seeds of *Trigonella foenum graecum*. Phytochem. 9: 513-520.
- Smith, F. and Montgomery. 1959. The chemistry of plant gums and mucilages. Reinhold., New York. 324 p.

(2005년 5월 19일 접수; 2005년 6월 13일 채택)