

아까시나무(*Robinia pseudo-acacia*) 종자 단백질의 전기 영동 변이

김창호 · 이호준* · 김용옥*

부산여자대학교 생물학과 · 건국대학교 이과대학 생물학과*

Electrophoretic Variation of Seed Proteins in *Robinia pseudo-acacia*

Kim, Chang-Ho, Ho-Joon Lee* and Yong-Ok Kim*

Department of Biology, Pusan Women's University

Department of Biology, College of Science, Kon-Kuk University*

ABSTRACT

In order to study the ecotypic variation of *Robinia pseudo-acacia* L. distributed in southern area of Korean peninsula, 15 local populations(Daejin, Sokcho, Kangneung, Mt. Surak, Hongcheon, Kwangneung, Namhansanseong, Chungju, Yesan, Andong, Jeonju, Dalseong, Changweon, Mokpo and Wando), located from 34°18' N to 38°36' N, were selected based on the latitudes and geographical distances. Seeds of these populations were collected and protein contents of seeds and their band patterns were investigated.

The seed proteins of all populations were electrophoresed on SDS-polyacrylamide gel. Total number of protein bands were 35, whose molecular weights ranged from 17,258 daltons to 142,232 daltons. The number of bands of seed proteins was 23 in Dalseong and Hongcheon and was 32 in Daejin and Sokcho, showing an increasing tendency in the number of bands as the latitude goes high. The local populations were classified into 3 local types based on protein analysis: the middle north east coastal type(Daejin, Sokcho, Kangneung), the central type. (Mt. Surak, Hongcheon, Kwangneung, Namhansanseong, Chungju) and the southern type(Yesan, Andong, Jeonju, Dalseong, Changweon, Mokpo, Wando). According to the results of cluster analysis by UPGMA based on the similarity index(coefficient of Jaccard) of the patterns, 3 local types were subdivided further into 6 types: the middle north east coastal type(Sokcho, Kangneung), the north central type I (Mt. Surak, Hongcheon), the north central type II (Namhansanseong, Chungju, Daejin), the north central type III (Kwangneung), the south central type (Yesan, Dalseong, Jeonju) and the southern type(Andong, Changweon, Mokpo, Dalseong, Wando). The No. 12 band of the separated seed proteins showed the highest colored density in the preparations from all the populations. The No. 11~13 and No. 23~28 bands also showed high densities. As a whole, southern type populations (Changweon, Mokpo, Wando) showed high protein contents and

high colored density. Total protein contents of the seeds in each population were variable from 9.68mg/g (Mt. Surak) to 17.30mg/g (Jeonju), showing an increasing trends toward low latitudes.

Key words: *Robinia pseudo-acacia*, Electrophoretic variation, Seed proteins, Ecotypic variation, Protein band patterns

서 론

환경이 변화하면 이동을 통하여 생활역을 선택할 수 있는 동물과는 달리, 이동이 불가능한 식물에 있어서는 유전적 다형(genetic polymorphism)이 변동하는 환경 속에서 종을 유지하기 위한 유일한 방법이다. 식물은 이러한 유전적인 변이와 함께 우발적으로 생긴 많은 돌연 변이를 포함하고 있는 유전자형을 재조합함으로써 외부로부터의 도태압 하에서 생활 기능을 유지하며, 때로는 생태형으로서 종내 분화가 이루어진다 (Shibata 1985).

자연 개체군 내의 단백질 다형(protein polymorphism)은 시공간적인 대립 유전자의 빈도 변화를 나타내 주는 지표가 되기 때문에 이러한 종내 분화를 추적하는 방법으로서 이용되어 왔다 (Murphy *et al.* 1990). 식물체 내 단백질의 분자량이나 이들의 전기적인 성질의 차이가 유전자의 차이를 반영한다는 사실이 밝혀짐에 따라 개체군 내의 유전적 변이를 알아보기 위하여 전기영동에 의한 단백질 분석 방법이 널리 이용되어왔다 (Inekemastebroek *et al.* 1981, Øard and de Wet 1983, Villamil *et al.* 1982, Mastenbroek *et al.* 1984, de Wet *et al.* 1985, Shibata 1985, Wallace and Fairbrothers 1986, Levin 1986).

아까시나무(*Robinia pseudo-acacia* L.)는 콩과에 속하는 조숙, 조로성의 낙엽교목으로 한국에는 일제 초기인 1915년에 속성 조림수로 도입된 후 전국에 걸쳐 널리 분포되어 있다 (Uehara 1962). 따라서 좁은 국토 면적과는 달리 남북간의 위도차가 크고 산지가 많은 관계로 기온과 강수량의 차이에 따라 지역간에 다양한 생태 환경을 나타내고 있는 우리나라의 지리적 특성상 (Kim 1973), 비교적 짧은 기간임에도 폭넓은 생태형적 변이가 축적되어 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 한반도 남부 15개 지역의 아까시나무 개체군을 대상으로 종분화 현상에 대한 구체적인 증거로서 종자 단백질 함량 및 패턴을 비교 검토함으로써 식물의 미진화 현상에 대한 기초 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

채종지의 선정

제주도를 제외한 한반도 남부의 채종 가능 지역을 대상으로 북위 34°18'(완도)에서 38°48'(대진)에 이르는 범위 내에서 지리적인 여건상 비교적 채종이 용이하였던 37°N 대에서 5개 지역, 그리고 나머지 위도대에서는 각각 2~3개씩 지역을 동서로 안배하여 총 15개 지역 (대진, 속초, 강릉, 수락산, 홍천, 광릉, 남한산성, 충주, 예산, 안동, 전주, 달성, 창원, 목포, 완도)을 채종지로 선정하였다(Table 1).

채종지의 기후

아까시나무 종자의 채종지별 기후 조건은 한국 기후 편람 (중앙 기상대 1985) 및 기상 연보(중앙 기상대 1985~1989)를 참조하였으며, 측후소가 없는 일부 지역은 인근 지역 측후소의 자료를 인용하였다(Table 1). 평균년 강수량의 경우 달성 부근의 대구 측후소가 1005.3mm로 가장 낮았

고 창원과 가까운 부산 측후소가 1466.2mm로 가장 높은 수치를 보여 대략 460mm 이상의 차이를 나타냈다.

연평균 기온은 홍천이 10℃였고 부산의 경우 14℃로 나타나 4℃의 차이를 보이고 있으나 평균 최고 기온과 평균 최저 기온에 있어서는 두 지역 간에 대략 6℃ 내외의 기온차를 나타내고 있다. 연평균 기온에 따른 채종지의 분포를 살펴보면, 홍천이 10℃선 이하인 지역에 분포하고 있으며, 11℃선 이하의 지역에는 대진과 충주가, 12℃선 이하에는 속초, 수락산, 광릉, 남한산성, 예산이 각각 위치하고 있다. 한편, 안동, 달성, 전주의 경우는 12℃와 13℃ 사이의 범위에, 그리고 창원, 목포, 완도는 14℃선 이하의 지역에 분포하고 있다. 온량 지수의 경우 홍천이 가장 낮은 89.6의 수치를 보였고, 가장 높은 부산은 111.8로 나타났다. 한편, 온량 지수에 따른 채종지의 분포를 살펴보면, 대진에서 충주에 이르는 중북부 지역이 온량 지수 90과 100선 사이에, 예산, 안동, 전주, 달성 등 중남부 지역이 온량 지수 100과 110선 사이에, 그리고 창원, 목포, 완도 등 남부 지역이 온량 지수 110선 이상의 범위에 각각 분포하고 있다.

채종 및 종자의 보관

채종 균락의 선정은 채종지 별로 개체수가 100 주 이상되는 수령 20~30 년생의 비교적 균질한 조건을 지닌 개체군을 대상으로 하였으며, 인공조립지는 배제하였다. 채종 시기는 1989년 9월 중순에서 12월 초순에 이르기까지 약 2개월 여의 기간에 걸쳐 지역에 따른 종자의 성숙 시기를 고려하여 결정하였다. 채종은 각 개체군 내에서 상태가 양호한 협과를 선별 채취하였고, 풍건 후

Table 1. Locations and climatic conditions of seed collection sites

| Locality | Latitude (°N) | Nearest meteorological station | Precipi- tation (mm) | *Air temperature(°C) | | | W.I. | Relative humidity (%) | Annual day length (hours) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------|------|------|-------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | | | mean | min. | max. | | | |
| Daejin | 38.48 | Sokcho | 1291.2 | 11.9 | 8.6 | 15.4 | 95.6 | 66 | 2181.1 |
| Sokcho | 38.12 | Sokcho | 1291.2 | 11.9 | 8.6 | 15.4 | 95.6 | 66 | 2181.1 |
| Kangneung | 37.45 | Kangneung | 1382.8 | 12.4 | 8.5 | 17.0 | 100.7 | 67 | 2242.5 |
| Mt. Surak | 37.39 | Seoul | 1364.8 | 11.6 | 7.5 | 16.5 | 100.4 | 69 | 2092.7 |
| Hongcheon | 37.36 | Hongcheon | 1193.5 | 10.0 | 4.3 | 17.4 | 89.6 | 67 | 2602.8 |
| Kwangneung | 37.33 | Seoul | 1364.8 | 11.6 | 7.5 | 16.5 | 100.4 | 69 | 2092.7 |
| Namhansanseong | 37.30 | Seoul | 1364.8 | 11.6 | 7.5 | 16.5 | 100.4 | 69 | 2092.7 |
| Chungju | 36.58 | Chungju | 1093.6 | 10.9 | 5.4 | 17.2 | 95.6 | 74 | 2593.2 |
| Yesan | 36.42 | Asan | 1185.4 | 11.3 | 6.1 | 17.1 | 96.6 | 76 | 2794.0 |
| Andong | 36.33 | Yeongju | 1126.7 | 11.1 | 5.3 | 17.5 | 94.0 | 69 | 2885.2 |
| Jeonju | 35.49 | Jeonju | 1289.9 | 12.8 | 8.3 | 18.2 | 107.3 | 75 | 2165.8 |
| Dalseong | 35.42 | Taegu | 1005.3 | 13.0 | 8.2 | 18.6 | 109.1 | 67 | 2368.2 |
| Changweon | 35.17 | Pusan | 1466.2 | 14.0 | 10.8 | 21.3 | 111.8 | 67 | 2241.6 |
| Mokpo | 34.47 | Mokpo | 1128.2 | 13.6 | 10.3 | 18.2 | 110.0 | 75 | 2064.0 |
| Wando | 34.18 | Wando | 1449.6 | 13.7 | 9.7 | 17.7 | 109.5 | 76 | 2436.6 |

W. I. ; Warmth index

* : Annual mean

분리한 종자는 상온에서 종자상에 보관해 시료로 사용하였다.

단백질 패턴 및 함량 분석

각 지역별 종자 500 mg 씩을 4℃로 유지된 mortar에서 증류수를 가하여 균질화시킨 후, 원심 분리기(Hanil Co., Korea)에서 12,000g로 30분간 처리하여 그 상층액을 단백질 패턴 및 함량 측정의 시료로 사용하였다.

단백질의 패턴 분석은 O'Farrell(1975)법을 변형한 sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis 법에 따라 실시하였다. 사용된 gel은 농도 12.5%의 slab gel(16×17×0.15cm)이었고, 0.1%의 SDS가 첨가된 Tris-glycine 완충 용액(pH 8.3)에서 20mA로 gel의 끝 1cm까지 전기 영동하였다.

전기 영동에 사용된 각 시료는 원심 분리 후 얻은 상층액 50 μ l를 4.6% SDS와 10% mercaptoethanol이 함유된 시료 완충 용액 50 μ l와 혼합한 다음, 가열하여 이 중 25 μ l를 사용하였다.

전기 영동 후 0.1%의 coomassie brilliant blue로 gel을 염색하였고, 탈색은 methanol, acetic acid, 증류수 (1:1:8, v/v) 혼합액을 사용하였다. 단백질 밴드의 scanning은 K-50 filter가 부착된 electrophoresis scanner(Camag, Swiss)를 사용하였다.

각 밴드의 분자량 측정은 분자량이 알려진 표준 단백질(Pharmacia electrophoresis calibration kit, Sweden)을 재료와 동일한 조건으로 전기 영동하여 표준 곡선을 작성한 다음 시료의 밴드 Rf치와 비교, 측정하였다.

단백질의 정량은 Lowry 등(1951)의 방법을 변형하여 실시하였는데, 0.4% bovine serum albumin을 표준 단백질로 사용하여 그 흡광도를 측정, 표준 곡선을 작성하였으며, 시료의 단백질 흡광도를 측정한 후, 표준 곡선과 비교하여 함량을 계산하였다. 흡광도의 측정은 spectrophotometer(UV-120-02 Shimadzu, Japan)를 이용하여 550nm에서 측정하였다.

결 과

단백질 패턴

전기 영동법에 의한 단백질 패턴의 분석 결과, 전지역에 걸쳐 분자량 17,000~143,000 daltons 사이에서 총 35개 밴드가 분리되었으며, 최고 분자량은 142,232 daltons였고, 최저 분자량은 17,258 daltons였다(Table 2, Fig. 1).

지역간 단백질 패턴의 차이는 구성 밴드의 수나 종류 그리고 염색 강도에 따라 다양하게 나타났는데, 밴드 수의 경우 최소 23개(홍천, 달성)에서 최대 32개(대진, 속초)에 이르는 폭넓은 변이 양상을 보였다. 지역에 따른 단백질의 종류는 대체로 고위도로 갈수록 증가하여, 남부에서 중남부에 이르는 지역(예산, 안동, 전주, 달성, 목포, 완도)에서는 23~27개의 밴드가 각각 확인되었고, 중부 지역(수락산, 홍천, 남한산성, 충주)에서는 28개 내지 29개, 그리고 중북부 동해안 지역(대진, 속초, 강릉)에서는 30개 이상의 밴드가 나타났으나, 위도상 중북부 지역에 위치하고 있는 광릉의 경우 특이적으로 23개의 밴드만으로 구성되어 있었고, 창원의 경우도 28개로 동 위도대의 다른 지역에 비해 특이적으로 많았다.

밴드의 구성도 지역간에 특징적인 차이를 보여, 분자량 56, 104 daltons의 No. 18 밴드가 남부 지역(예산, 안동, 전주, 달성, 창원, 목포, 완도)에 집중되어 있었으며, 중부 지역(수락산, 홍천,

Table 2. Band patterns and contents of seed protein separated by SDS-PAGE in 15 local populations of *Robinia pseudo-acacia*

| Band No. | Molecular weight (daltons) | Locality | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|----------|----|-----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | | Dj | Sc | Kn | Sr | Hc | Kw | Ns | Cj | Ys | Ad | Jj | Ds | Cw | Mp | Wd |
| 1 | 142232 | o | - | - | - | o | - | o | o | - | o | - | - | o | o | o |
| 2 | 138038 | o | o | o | o | o | - | o | - | o | - | - | o | o | o | - |
| 3 | 128233 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 4 | 119124 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 5 | 113501 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 6 | 107151 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 7 | 102329 | o | o | o | - | o | - | - | - | - | - | o | - | - | - | - |
| 8 | 96382 | o | o | o* | o | o | o | o | o* | o | o | o | o | o | o | o |
| 9 | 88104 | - | o | o | o | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 84139 | - | o | - | o | o | - | o | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 78162 | o* | o* | o** | o* | o* | o* | o* | o** | o* | o* | o* | o* | o** | o** | o** |
| 12 | 73620 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 13 | 69342 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 14 | 65313 | - | - | o | o | o | o | o | o | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 64565 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 16 | 61376 | o | o | o | o | - | o | o | o | - | o | o | o | o | o | o |
| 17 | 57942 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | - | - | - |
| 18 | 56104 | - | - | - | o | - | - | - | - | o | o | o | o | o | o | o |
| 19 | 52844 | o | o | o | - | - | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 20 | 51286 | o | o | o | - | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 21 | 49773 | o | o | o | o | o | - | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 22 | 46881 | o | o | o | - | - | - | - | - | o | o | - | o | - | - | - |
| 23 | 42364 | o* | o* | o* | o* | o** | o* | o* | o** | o* | o* | o* | o* | o** | o** | o** |
| 24 | 40457 | o* | o* | o* | o* | o* | - | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | - |
| 25 | 38106 | o* | o* | o* | - | o* | - | - | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 26 | 35892 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 27 | 33884 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 28 | 31045 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | - | o* | o* | - | o* | - | o* |
| 29 | 29308 | o | o | o | - | o | - | - | o | o | - | - | - | - | - | - |
| 30 | 26791 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 31 | 25292 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | - | o | - | o | o | o |
| 32 | 23173 | o | o | o | o | o | o | o | o | - | - | - | - | o | o | o |
| 33 | 21877 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 34 | 18879 | - | o | o | o | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 35 | 17258 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |

Contents of total protein (mg /g) 11.86 14.62 1.08 6.68 12.42 11.72 12.48 12.82 11.14 11.98 17.30 12.12 14.90 12.88 14.24

Ranking of contents

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|---|----|---|---|----|----|---|---|---|---|---|
| 11 | 3 | 14 | 15 | 8 | 12 | 7 | 6 | 13 | 10 | 1 | 9 | 2 | 5 | 4 |
|----|---|----|----|---|----|---|---|----|----|---|---|---|---|---|

No. of protein bands 30 32 32 28 29 23 28 29 24 27 27 23 28 26 27

o : detected, - : non detected * : degree of high colored density (o**>o*>o)

Results on the protein content are expressed as mean of three determinations.

Abbreviations: Dj:Daejin, Sc:Sokcho, Kn:Kangneung, Sr:Mt. Surak, Hc:Hongcheon, Kw:Kwangneung, Ns:Namhansanseong, Cj:Chungju, Ys:Yesan, Ad:Andong, Jj:Jeonju, Ds:Dalseong, Cw:Changweon, Mp:Mokpo, Wd:Wando



Fig. 1. Photograph of protein bands separated by SDS-PAGE in 15 local populations of the *Robinia pseudo-acacia* seeds.

- St : Standard
- ** Unit : $\times 1,000$ daltons
- *** Other abbreviations are the same as in Table 2.

광릉, 남한산성, 충주)에서는 84,139 daltons인 No. 10과 65,313 daltons의 No. 14 밴드가, 그리고 중북부 동해안 지역(대진, 속초, 강릉)에서는 102,329 daltons인 No. 7, 88,104 daltons의 No. 9, 46,881 daltons인 No. 22, 그리고 18,879 daltons인 No. 34 밴드가 특이적으로 집중 분포하고 있었다.

염색 강도의 경우 분자량 78,162 daltons 인 No. 12 밴드가 모든 지역에서 가장 높은 염색 강도를 나타냈고, No. 11, 12, 13 과 No. 23~28 밴드 역시 모든 지역에서 비교적 높은 염색 강도를 보였다. 지역적으로는 총 단백질 함량이 높은 창원, 목포, 완도 등 남부 지역이 다른 지역에 비해 특히 강한 염색 강도를 나타냈다.

총 단백질 함량

각 지역별 종자에 함유된 총 단백질의 함량은 최저 9.68mg/g(수락산)에서 최고 17.30mg/g(전주)에 이르기까지 지역에 따라 다양한 차이를 나타냈다(Table 2). 지역적으로는 창원, 목포, 완도 등 남부 지역에서 각각 17.30mg/g, 14.90mg/g, 12.88mg/g, 14.24mg/g의 함량을 보여 다른 지역에 비해 상대적으로 높게 나타났으며, 전체적으로는 고위도로 갈수록 함량이 감소하는 경향을 보였다. 한편, 중북부 동해안 지역에 위치한 속초는 14.62mg/g의 함량을 나타내, 동위도대의 다른 지역에 비해 특이적으로 높은 수치를 보였다.

고 찰

단백질 패턴

아카시나무의 15개 지역 개체군에서 분리된 단백질 패턴의 밴드 수는 총 35개로 지역에 따라 23개에서 32개에 이르는 다양한 수치를 보였으며, 대체로 고위도로 갈수록 증가하는 경향을 나타냈다. 밴드 수로 보아 Table 2에서와 같이 30개 이상의 수치를 보이는 중북부 동해안형(대진,

속초, 강릉), 28개 또는 29개로 구성된 중복부형 (수락산, 홍천, 남한산성, 충주, 창원), 26개 또는 27개인 남부형 (안동, 전주, 목포, 완도), 그리고 23개 또는 24개 밴드로 이루어진 중남부형 (광릉, 예산, 달성)의 4개 유형을 인지 할 수 있었는데, 광릉과 창원의 경우 지리적인 경향성에 비해 예외적으로 적거나 많게 나타났다.

한편 Table 2에서의 단백질 패턴을 지역별로 각 밴드의 유무 상태에 따라 새롭게 정리한 결과 (Table 3), 지역에 따라 3개 유형, 즉 대진, 속초, 강릉 지역이 포함되는 중복부 동해안형과 충주, 남한산성, 수락산, 홍천, 광릉 지역이 포함되는 중부형, 그리고 전주, 예산, 창원, 완도, 목포, 안동, 달성 등을 포함하는 남부형이 구분되었다.

지역별 단백질 패턴에 대한 또 하나의 분석 방법으로 Jaccard의 유사도지수를 근거로 15개 지역 OTU(Operational Taxonomic Units)사이의 거리를 산출하여 UPGMA(Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average)에 의한 cluster analysis(Swofford and Olsen 1990)를 실시하였다(Table 4, Fig. 2). Cluster analysis 결과, 지역에 따른 단백질 패턴의 유사도에 따라 중복부 동해안형(속초, 강릉), 중복부 I형(수락산, 홍천), 중복부 II형(남한산성, 충주, 대진), 중복부 III형(광릉), 중남부형(예산, 달성, 전주) 및 남부형(안동, 창원, 목포, 완도) 등 6개 지역 유형이 구분되어 표조작에 의한 방법에 비해 더욱 세분화 되었으며, 안동과 대진을 제외하고는 대체로 위도별 또는 인접 지역 별로 식별이 가능하였다. 이와 같은 결과는 아까 시나무의 지역 개체군 사이에 온도 요인과 관련하여, 지리적 특히 위도에 따른 생태형적 형질의 분화가 이루어져 있으며, 이러한 형질의 분화가 유전적으로 고정되어 있음을 강력하게 시사하는 것으로 생각된다. 또한, 대진과 안동의 경우 지리적인 위치와 관련하여 다소 이질적인 지역 유형에 속해 있는데, 이는 두 지역 개체군이 각각 소속된 지역 유형 개체군들과의 격리가 이루어진 시기가 그리 오래되지 않았다는 것을 의미하는 것으로, 이러한 격리는 자연적인 것이 아니라 인위적인 요인에 의해 이루어진 결과라고 생각되어진다. 한편, 15개 OTU가운데 유전적인 거리로 보아 수락산과 홍천의 지역 개체군 사이가 0.0172로 가장 가까운 유연 관계를 나타내었고, 완도와 창원의 지역 개체군 사이에서 0.0179로 두번째로 높은 유연 관계를 보였다. 단백질 패턴의 유사도 지수에 있어서는 전체적으로 최저 57.58%~최고 96.55%로 나타나 *Chenopodium fremoritii* (Wallace and Fairbrothers 1986)의 67%~96%에 비해 다소 낮은 수치를 보였는데, 이는 아까 시나무의 종내 분화가 그만큼 심화되어 있음을 시사하고 있는 것으로 생각된다.

총단백질 함량

종자의 성분은 유전적으로 결정되지만 이러한 성분들의 상대적인 양은 때때로 무기염류나 기후 조건과 같은 환경 요인에 지배된다. 이러한 예로, 러시아 산 밀은 단백질 함량이 지역에 따라 다양하여, 특히 위도 50°48'N~56°01'N에 이르는 지역에서는 14~21%의 범위 내에서 다양하게 나타났으나, 이보다 높거나 낮은 60°46'N 과 43°05'N 에서는 각각 11.92%와 11.86%의 비교적 낮은 수치를 보였다(Mayer and Poljakoff-Mayber 1978).

아까시나무 종자의 경우 역시, 최저 9.68mg/g(수락산)에서 최고 17.30mg/g(전주)에 이르기까지 지역에 따라 다양한 함량을 나타냈는데, 이 역시 Mayer 와 Poljakoff-Mayber(1978)가 지적한 바와 같이, 각 입지의 다양한 환경 요인에 지배되었기 때문이라고 생각된다. 한편, 단백질 함량의 지역에 따른 경향성은 저위도로 갈수록 증가하는 추세를 보였는데, 단백질 함량에 대한 각 지역의 함량 서열을 비교한 결과 (Table 2), 서열 11~15위 사이의 수치가 주로 분포하는

Table 3. Differentiated table of protein bands rearranged by occurrence in 15 local populations of *Robinia pseudo-acacia* seeds

| Band No. | Molecular weight (daltons) | Locality | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|----------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|
| | | Kn | Sc | Dj | Cj | Ns | Sr | Hc | Kw | Jj | Ys | Cw | Wd | Np | Ad | Ds |
| 3 | 128233 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 4 | 119124 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 5 | 113501 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 6 | 107151 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 8 | 96382 | o** | o | o | o** | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 11 | 78162 | o** | o | o | o** | o | o | o | o | o | o | o** | o** | o** | o | o |
| 12 | 73620 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 13 | 69342 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 15 | 64565 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 23 | 42364 | o** | o* | o* | o** | o* | o* | o** | o* | o* | o* | o** | o** | o** | o* | o* |
| 26 | 35892 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 27 | 33884 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 30 | 26791 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 33 | 21877 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 35 | 17258 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 31 | 25292 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | - | - |
| 17 | 57942 | o | o | o | o | o | o | o | o | o | o | - | - | - | o | o |
| 28 | 31045 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* | - | o* | o* | - | o* | - |
| 32 | 23173 | o | o | o | o | o | o | o | o | - | - | o | o | o | - | - |
| 2 | 138038 | o | o | o | o | o | o | o | - | - | - | o | o | o | o | - |
| 21 | 49773 | o | o | o | o | o | o | o | - | o | o | o | o | o | o | o |
| 24 | 40457 | o* | o* | o* | o* | o* | o* | - | - | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 16 | 61376 | o | o | o | o | o | o | - | o | o | - | o | o | o | o | o |
| 19 | 52844 | o | o | o | o | o | - | - | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 20 | 51286 | o | o | o | o | o | - | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| 25 | 38106 | o* | o* | o* | o* | - | - | o* | - | o* | o* | o* | o* | o* | o* | o* |
| 29 | 29308 | o | o | o | o | - | - | o | - | - | o | - | - | - | - | - |
| 7 | 102329 | o | o | o | - | - | - | o | - | o | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 46881 | o | o | o | - | - | - | - | - | o | - | o | - | - | o | - |
| 9 | 88104 | o | o | - | - | - | o | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 34 | 18879 | o | o | - | - | - | o | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 65313 | o | - | - | o | o | o | o | o | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 84139 | - | o | - | - | o | o | o | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 142232 | - | - | o | o | o | - | o | - | - | - | o | o | o | o | - |
| 18 | 56104 | - | - | - | - | - | o | - | - | o | o | o | o | o | o | o |

o:detected, -: non detected

* :degree of high colored density (o**>o*>o)

Abbreviations are the same as in Table 2.

Table 4. Similarity indices (coefficient of Jaccard: lower triangle) and dissimilarity indices (upper triangle) on seed protein band patterns in 15 local populations of *Robinia pseudo-acacia* seeds

| Locality | Kn | Sc | Dj | Cj | Ns | Sr | Hc | Kw | Jj | Ys | Cw | Wd | Mp | Ad | Ds |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kn | | 0.0606 | 0.1212 | 0.1515 | 0.2353 | 0.2353 | 0.2353 | 0.2812 | 0.2121 | 0.3030 | 0.2353 | 0.2647 | 0.2941 | 0.2647 | 0.3333 |
| Sc | 0.9394 | | 0.1212 | 0.2059 | 0.2353 | 0.2353 | 0.2571 | 0.3333 | 0.2121 | 0.3030 | 0.2353 | 0.2647 | 0.2941 | 0.2647 | 0.3333 |
| Dj | 0.8788 | 0.8788 | | 0.0968 | 0.1875 | 0.3429 | 0.2121 | 0.3333 | 0.1613 | 0.2581 | 0.1290 | 0.1613 | 0.1935 | 0.1613 | 0.2903 |
| Cj | 0.8485 | 0.7941 | 0.9032 | | 0.1000 | 0.2727 | 0.1875 | 0.2069 | 0.2500 | 0.2000 | 0.1613 | 0.1333 | 0.1667 | 0.1333 | 0.2667 |
| Ns | 0.7647 | 0.7647 | 0.8125 | 0.9000 | | 0.1935 | 0.2187 | 0.1786 | 0.2812 | 0.3226 | 0.1935 | 0.1667 | 0.2000 | 0.1667 | 0.3000 |
| Sr | 0.7647 | 0.7647 | 0.6571 | 0.7273 | 0.8065 | | 0.0345 | 0.3000 | 0.3333 | 0.3750 | 0.3030 | 0.2813 | 0.3125 | 0.3300 | 0.3548 |
| Hc | 0.7647 | 0.7429 | 0.7879 | 0.8125 | 0.7813 | 0.9655 | | 0.3226 | 0.3529 | 0.3437 | 0.3235 | 0.3030 | 0.3330 | 0.3529 | 0.4242 |
| Kw | 0.7188 | 0.6667 | 0.6667 | 0.7931 | 0.8214 | 0.7000 | 0.6774 | | 0.2759 | 0.3214 | 0.3000 | 0.2759 | 0.3103 | 0.3333 | 0.2963 |
| Jj | 0.7879 | 0.7879 | 0.8387 | 0.7500 | 0.7188 | 0.6667 | 0.6471 | 0.7241 | | 0.1786 | 0.1667 | 0.2000 | 0.2333 | 0.1379 | 0.1481 |
| Ys | 0.6970 | 0.6970 | 0.7419 | 0.8000 | 0.6774 | 0.6250 | 0.6563 | 0.6786 | 0.8214 | | 0.2667 | 0.2414 | 0.2143 | 0.2414 | 0.1200 |
| Cw | 0.7647 | 0.7647 | 0.8710 | 0.8387 | 0.8065 | 0.6970 | 0.6765 | 0.7000 | 0.8333 | 0.7333 | | 0.0357 | 0.0714 | 0.1034 | 0.2414 |
| Wd | 0.7353 | 0.7353 | 0.8387 | 0.8667 | 0.8333 | 0.7187 | 0.6970 | 0.7241 | 0.8000 | 0.7586 | 0.9643 | | 0.0370 | 0.1397 | 0.2143 |
| Mp | 0.7059 | 0.7059 | 0.8065 | 0.8333 | 0.8000 | 0.6875 | 0.6667 | 0.6897 | 0.7667 | 0.7857 | 0.9286 | 0.9630 | | 0.1720 | 0.1852 |
| Ad | 0.7353 | 0.7353 | 0.8387 | 0.8667 | 0.8333 | 0.6667 | 0.6471 | 0.6667 | 0.8621 | 0.7586 | 0.8966 | 0.8621 | 0.8280 | | 0.1481 |
| Ds | 0.6667 | 0.6667 | 0.7097 | 0.7333 | 0.7000 | 0.6452 | 0.5758 | 0.7037 | 0.8519 | 0.8800 | 0.7586 | 0.7857 | 0.8148 | 0.8519 | |

* Abbreviations are the same as in Table 2.

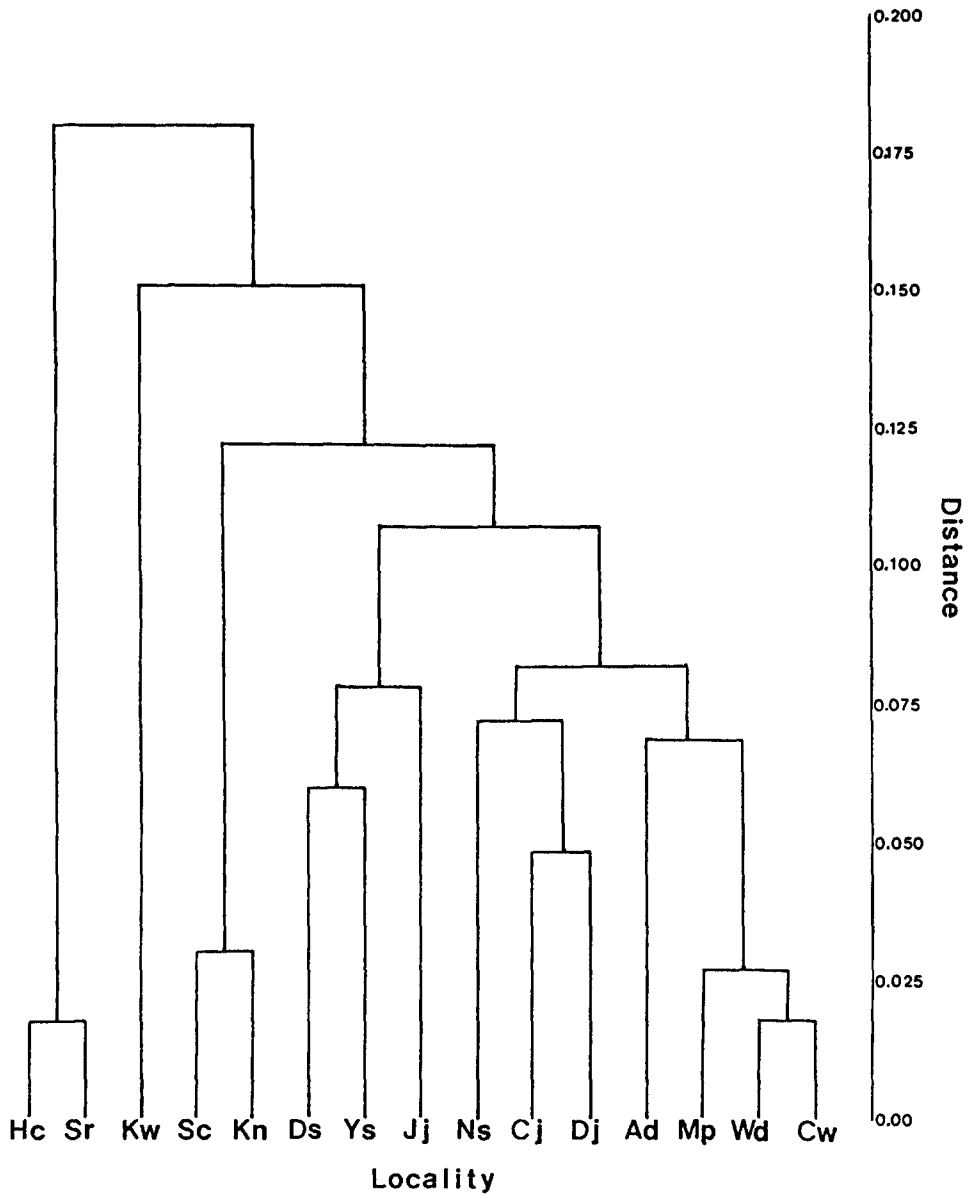


Fig. 2. Dendrogram of the *Robinia pseudo-acacia* populations based on electrophoretic protein band patterns of seeds.

* Abbreviations are the same as in Table 2.

중북부형 (대진, 속초, 강릉, 수락산, 홍천, 광릉), 서열 6~10위 사이의 수치가 주로 분포하는 중남부형 (남한산성, 충주, 예산, 안동), 그리고 서열 1~5위 사이의 수치가 우세하게 나타나는 남부형 (전주, 달성, 창원, 목포, 완도) 등 3개의 지역 유형을 구분할 수 있었다.

적 요

한반도 남부 지역에 분포하는 아카시나무 (*Robinia pseudo-acacia* L.) 종자의 생태형적 형질 변이를 추적하기 위하여, 북위 34°18'~38°36'사이에 위치한 15개 지역 (대진, 속초, 강릉, 수락산, 홍천, 광릉, 남한산성, 충주, 예산, 안동, 전주, 달성, 창원, 목포, 완도)을 선정하여 채종한 종자를 재료로, 단백질 패턴 및 정량 분석을 실시하였다. SDS-PAGE에 의한 단백질 패턴 분석 결과, 전 지역에 걸쳐 총 35개의 밴드가 분리되었으며 최고 분자량은 142,232 daltons, 최저 분자량은 17,258 daltons였다. 분리된 단백질 밴드 수를 지역별로 비교한 결과, 대진, 속초가 32개로 가장 많은 반면, 홍천과 달성은 23개로 가장 적었으며, 대체로 고위도로 갈수록 증가하는 경향을 나타냈다. 각 단백질 밴드의 유무에 따라 지역에 따른 단백질 패턴의 차이를 비교해 본 결과, 중북부 동해안형(대진, 속초, 강릉)과 중부형(수락산, 홍천, 광릉, 남한산성, 충주) 및 남부형(예산, 안동, 전주, 달성, 창원, 목포, 완도) 등 3가지 지역 유형이 구분되었다. 단백질 패턴의 지역간 유사도 지수(Jaccard 계수)를 근거로 UPGMA에 의한 cluster analysis 결과, 중북부 동해안형(속초, 강릉), 중북부 I형(수락산, 홍천), 중북부 II형(남한산성, 충주, 대진), 중북부 III형(광릉), 중남부형(예산, 달성, 전주) 및 남부형(안동, 창원, 목포, 완도) 등 6개 유형이 식별되었다. 분리된 단백질 밴드 가운데, 모든 지역에서 No. 12 밴드(78,162 daltons)가 가장 높은 염색 강도를 나타냈고, No. 11, 12, 13, 과 No. 23~28 밴드 역시 비교적 높은 염색강도를 보였다. 전체적으로는 총 단백질 함량이 높은 창원, 목포, 완도 등 남부형 지역에서 특히 높은 염색 강도를 나타냈다. 총 단백질 함량은 각 지역별로 최저 9.68mg/g (수락산) 에서 최고 17.30mg/g (전주)에 이르는 다양한 수치를 나타냈으며, 대체로 저위도로 갈수록 증가하는 경향을 보였다.

인용문헌

- de Wet, J. M. J., C. E. Cohen and D. E. Brink. 1985. Seed proteins and systematics of *Tripsacum*. *Biochem. Syst. Ecol.* 13:231-237.
- Inekemastebroek, C. E. Cohen and J. M. J. de Wet. 1981. Seed protein and seedling isozyme patterns of *Zea mays* and its closest relatives. *Biochem. Syst. Ecol.* 9:179-183.
- Kang, H. W. 1987. Studies on the ecotype of *Ligularia fischeri* (Ledeb.) Turcz. complex at different altitudes on Mt. Halla. Ph. D. Thesis. Graduate School of Kon-Kuk Univ.
- Kim, K. S. 1973. The climates of Korea. Iljisa, Korea.
- Korea Meteorological Service. 1985. Climatic summary of Korea. Seoul, Republic of Korea.
- Korea Meteorological Service. 1985~1989. Annual climatological report. Seoul, Republic of Korea.
- Lee, H. J. 1979. A study on the ecotype of *Plantago asiatica* L. *Research Bulletin, Hyosung Woman's College* 21:3-45.
- Lee, H. J., S. Y. Kim and C. H. Kim. 1991. Ecotypic variation of *Pulsatilla koreana* Nakai distributed in Korea. *Korean J. Ecol.* 14:379-398.
- Levin, D. A. 1986. Breeding structure and genetic variation. *In* M. J. Crawley (ed.), *Plant*

- ecology. Blackwell, Oxford.
- Lowry, O. H., N. J. Rosenbrugh, A. L. Farr and R. J. Fandally. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Mastenbroek, O., P. Hogeweg, J. Heringa, G. J. Niemann, G. V. Nigtevecht and J. V. Brederode. 1984. Isozyme variation in *Silene pratensis*: a response to different environments. *Biochem. Syst. Ecol.* 12:29-36.
- Mayer, A. M. and A. Poljakoff-Mayber. 1978. The germination of seeds. Pergamon, Oxford.
- Murphy, R. W., J. W. Sites, Jr., D. G. Buth and C. H. Haufler. 1990. Proteins I; Isozyme electrophoresis. *In* D. M. Hillis and C. Moritz (ed.), *Molecular systematics*. Sinauer Associates, Sunderland.
- øgard, M. and J. M. J. de Wet. 1983. Electrophoretic variation of seed proteins among U. S. populations of *Tripsacum dactyloideids* var. *dactyloides*. *Biochem. Syst. Ecol.* 11:41-45.
- O'Farrel, P. H. 1975. High resolution two-dimensional electrophoresis of proteins. *J. Biol. Chem.* 250:4007-4021.
- Randerath, K. 1963. Thin layer chromatography. Academic Press, New York. pp. 277-302.
- Shibata, O. 1985. Botany of heights. Uchida Rokakuho, Tokyo.
- Swofford, D. L. and G. J. Olsen 1990. Phylogeny reconstruction. *In* D. M. Hillis and C. Moritz (ed). *Molecular systematics*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Uehara, K. 1962. Illustration of wood plants. Aasyobou, Japan.
- Villamil, C. B., R. W. Duell, D. E. Fairbrothers and J. Sadowski. 1982. Isoelectric focusing of esterases for fine fescue identification. *Crop Science* 22:786-793.
- Wallace, R. S. and D. E. Fairbrothers. 1986. Isoelectrically focussed seed proteins of populations of *Opuntia humifusa* (Raf.) Raf. (Cactaceae). *Biochem. Syst. Ecol.* 14:365-369.
- Yeau, S. H. 1978. A study on the variation of *Ranunculus japonicus* complex at different altitudes in Halla mountain. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 8:33-41.

(1993년 11월 9일 접수)