

한국산 사초과(Cyperaceae) 식물의 규소체(Silica body) 형태에 의한 분류

오 용 자

성신여자대학교 자연과학대학 생물학과

식물규소체는 토양과 물에 용해된 규소가 이산화규소(SiO_2)의 형태로 식물체내의 여러 기관 또는 표피세포에 축적되면서 형성되어 식물의 성장과 발달에 중요한 영향을 미치는 것으로 밝혀지고 있어, 식물의 규소체에 관한 연구가 시행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 한국산 사초과(Cyperaceae) 식물 13속 228종 중, 12속 136종의 잎의 표피형에서 밝힌 규소체의 형태를 검토하여 정리하였다. 그 결과 한국산 사초과 식물은 규소체의 모양에 따라 2 그룹으로 구분되었다. 제 1 그룹은 원추형(conical body)의 규소체를 나타내고, 골풀아재비속(*Rhynchospora*), 검정방동산이속(*Fuirena*), 너도고랭이속(*Scleria*), 사초속(*Carex*)과 황새풀속(*Eriophorum*)이 이에 속한다. 제 2 그룹은 규소체의 모양이 원추형을 중심으로 많은 위성형을 보이며, 방동산이속(*Cyperus*), 올챙이갈속(*Scirpus*), 바늘골속(*Eleocharis*), 하늘지기속(*Fimbristylis*), 콧대가리속(*Kyllinga*), 모기골속(*Bulbostylis*)과 세대가리속(*Lipocarpa*)이 속한다.

주요어: 사초과식물, 식물규소체, 분류형질

식물규소체는 수용성 규소가 식물 체내의 표피세포나 그 밖의 식물기관에 축적되어 형성된 것을 의미하며, 이러한 식물규소체는 식물계의 하등식물에 속하는 규조식물문(Bacillariophyta) 이외에 고등식물인 쌍자엽 식물 중 콩과식물과 23속 36종과 활엽수(Geis, 1973, Klein and Geis, 1978) 그리고, 특히 단자엽식물 중 화본과(Gramineae)와 사초과(Cyperaceae) 식물에서 흔히 나타난다.

식물규소체의 명칭은 연구자에 따라 phytolith, silica cell, silica phytoliths, silica body 등으로 사용되며, 특히 토양 내에 존재하는 규소체는 토양학에서 opal phytolith, plant opal, biogenic opal 등으로 불리어지고 있다. Phytolith(plant stone)는 식물체내에 형성되는 여러 가지 무기염류의 구조물을 총칭하는 넓은 의미로 쓰이고 있으나, 식물체내의 규소체는 규소

*교신저자 : 전화 02-920-7170, 전승 02-920-7170, 전자우편: ycoh@sungshin.ac.kr

접수: 2005년 8월 16일, 완료: 2005년 10월 25일

의 축적, 칼슘화합물 등 기타 무기염류에 의한 것 보다는 식물의 종류에 따라 그 형태가 다양하다.

현재까지 많은 연구자들은 phytolith를 규소물질의 축적에 의하여 형성된 것을 좁은 의미의 용어로서 사용하고 있다. 황과 김(1994, 2001)에 의하면 식물규소체는 식물체내에서 규소체가 형성되는 기작에 따라 세포벽에 규소가 축적되어 세포의 형태를 유지하는 주형규소체(cast phytoliths)와 세포내강에 규소가 축적되어 형성되는 형판규소체(template phytoliths)로 나뉠 수 있다. 주형규소체는 잎의 표피조직에 있는 장 세포(long cell), 모용세포, 모용기부세포, 기공장치 등에서 주로 형성된다. 이외에 하피조직(hypodermis), 엽육조직, 후막조직, 유관속조직의 세포에서도 각기 특징적인 형태의 식물규소체가 형성된다. 특히 형판규소체는 단세포 규소체(short cell phytolith, silica body)라 한다. 따라서 한국산 사초과 식물의 잎의 표피의 단세포에서 형성되는 규소체를 “silica body”로 국한하여 사용하고자 한다.

식물에 축적되는 규소는 정상적인 식물의 성장과 발달에 중요한 요인으로 작용한다(Agarie *et al.*, 1996). 그 예로서 Kaufman *et al.*(1981)은 열대지방의 화본과의 벼와 사탕수수의 경우 잎의 규소성분의 함유량에 따라 잎의 직립 여부가 달라짐으로써, 규소성분의 함유량이 적은 식물보다 더 많은 식물의 잎은 더욱 직립하게 되어 더 많은 태양광선을 받으므로 광합성량이 증가하게 되어 이에 따라 벼의 생산이 증가하게 된다, 반면에 규소가 결핍되거나 함유량이 적은 식물체는 성장률이 떨어지게 되어 식물체가 작아지게 된다고 언급한바 있다. 또한 벼에 함유된 규소함유량이 높은 식물은 그렇지 못한 식물에 비해 Brown spot disease (Nanda and Gangopudhyay, 1984)나 Blast disease (Suzuki, 1937)와 같은 곰팡이 균에 대하여 저항성이 높아지게 되는 것으로도 밝혀졌다.

식물규소체는 1835년 Struve가 처음으로 화본과 식물인 대나무의 줄기의 세포에서 규소화된 부분을 발견하여 “tabaschir”라 명명하였다. 그러나 그 당시 그는 규소화된 부분의 규소는 살아있는 식물체가 능동적으로 생성하는 물질이 아니라 토양성분이나 대기 중의 먼지 등이 식물체내에 축적되어 나타난 것으로 생각하였다. 그 후에는 1857년 Cruger가 Chrysobalanaceae식물(미국 아열대지역 産)의 수피에서 규소체를 발견하였으며, 식물체내의 규소체는 죽은 세포에 규소가 축적된 것이라고 발표하였다. Wiesner(1867)는 옥수수(*Zea mays* L.)와 사탕수수(*Sacharum officinarum* L.)의 표피세포는 긴 세포(long cell)와 짧은 세포(short cell)로 이루어졌는데, 그 중 짧은 세포로 이루어진 조직에서 규소세포(silica cell)를 발견하였다. 그러나 그는 규소세포의 규소성분은 단지 세포벽을 두껍게 하거나 표피세포 외피의 구성물이라고 발표하였다.

20세기에 이르러 식물규소체에 관한 연구는 유럽과 독일의 학자들에 의해 식물체내의 규소성분에 관한 연구와 세포내에 축적되는 기작 및 생성과정 분류에 관한 연구가 행해졌다. Prat(1936)와 Metcalfe and Chalk(1960)은 17종의 화본과 식물에서 규소체를 확인하였으며, Tomlinson(1961, 1969)는 종려나무과(Arecaceae) 식물의 엽육조직 세포들에서 규소화가 일어

난 것을 발견하였다. 또한 Drum(1968)과 Scierfield *et al.*(1974)에 의해 녹나무과(Lauraceae)의 식물 750여종에서 규소체 물질을 확인하였다. 또한 Metcalfe 등(Metcalfe and Chalk, 1960; Metcalfe, 1971)은 화본과에 이어 사초과식물에 대하여서도 식물규소체를 확인하여 규소체의 형태를 conical body, satellite body, bridge body, wedge body로 분류하였다. Blackman(1971)은 캐나다의 목초지에 생육하는 26종의 화본과 식물을 대상으로 조사하였다. 그 결과 그는 식물규소체가 화본과 식물의 동정과 분류에 유용함을 보고하였다. 또한 Stant(1973)은 화본과 식물 및 닭의장풀과(Commelinaceae) 식물의 식물규소체를 확인하는 등 규소체의 세포내 합성기작과 생성과정 및 형태 분류에 관하여 연구하였다. 또한 양치류의 속새(*Equisetum hyemale* L.)의 경우에서도 규소는 정상적인 성장과 발달에 필수적인 것으로 밝혀졌다(Hoffman and Hillson, 1979; Chen and Lewin, 1969). Rovner(1971)는 활엽수, 침엽수, 쌍자엽식물의 초본류와 단자엽식물의 화본과 등의 일부식물에서 규소체의 형태를 조사하고, 식물규소체가 토양 내에 장기간 보존되는 특성을 이용해 식물규소체의 고고학 및 고생태학적 이용가치를 논하였으며 여러 식물에서의 체계적인 연구의 필요성을 밝힌 바 있다. 그리고 Geis(1973, 1978)와 Klein and Geis(1978)은 각각 23속 36종의 활엽수와 6속 17종의 침엽수의 잎에서 규소화 정도와 규소체의 형태를 밝혀 식물의 분류군에 따라 차이가 있음을 밝혔다. 또한 Kondo and Sumida(1978), Kondo and Pearson(1981)은 일본산 수목 55과 110속 200종에서 규소체의 형태를 광학현미경과 주사전자현미경에 의해 연구한 바 있다. Brown(1984)은 화본과 식물의 잎에서 형성되는 식물규소체의 형태, 분포, 배열 등을 밝혀 화본과 식물의 속과 종에서 차이를 보이는 것을 확인한 바 있다. Piperno(1985)는 55과 382종의 남미산 열대 식물의 식물규소체를 조사하여 식물분류에 있어서 규소체의 유용함을 보고한 바 있다. 아울러 식물 종류에 따라 나타나는 식물규소체의 다양한 형태를 도해하였고, 식물분류에 적용할 수 있음을 밝혔다(Grob, 1896; Haberlandt, 1914; Netolitzky, 1929; Mobius, 1908; 황과 김, 1992, 1994, 2001).

이처럼 규소체에 의한 식물분류의 유용가치가 점차 인정되면서 우리나라 식물을 대상으로 식물규소체의 분류학적 가치가 판명되어왔다. 우리나라 식물을 대상으로 한 규소체에 관한 연구는 오와 그밖의 연구자들(1968-2004)에 의해 한국산 사초과 식물 13속 226종의 식물 중에서 12속 136종의 잎의 표피에서 주로 잎맥세포의 식물규소체를 확인한 바 있다. 또한 황과 김(1992, 1994, 2001)은 화본과 식물 중 벼(*Oryza sativa* L.)의 엽신, 엽초, 줄기, 뿌리, 포영(bract), 외영(lemma)과 내영(palea)의 규소체를 확인하여 벼에서 나타나는 규소체의 형태를 분류한 바 있다.

본 연구에서는 1968년부터 2004년에 걸쳐 확인된 한국산 사초과 식물의 잎의 표피 중 잎맥(costal zone of leaves)에서 나타나는 식물규소체의 형태와 특징을 밝힘으로써, 속간 규소체형의 연관성과 모양의 규칙성을 정리하고 이를 바탕으로 규소체에 의한 한국산 사초과 식물의 동정과 분류 체계를 검토하고자 한다.

Table 1. Silica body of Korean Cyperaceae (12 Genera, 136 Species)

Scientific Name	Korean Name	Silica Body Type
Cyperaceae	사초과	
<i>Cyperus</i> L.	방동산이속	
1. <i>C. serotinus</i> Rottb.	꽃방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
2. <i>C. globosus</i> All.	드렁방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
3. <i>C. polystachyos</i> Rottb.	중방동산이	B ₁ , B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
4. <i>C. nipponicus</i> Franch. & Sav.	푸른방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
5. <i>C. sanguinolentus</i> Vahl	방동산이대가리	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
6. <i>C. cyperoides</i> (L.) O. Kuntze	방동산이아재비	B ₂ , B ₄ -a
7. <i>C. difformis</i> L.	알방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
8. <i>C. glomeratus</i> L.	물방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
9. <i>C. michelianus</i> var. <i>pacificus</i> Ohwi	흰방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
10. <i>C. exaltatus</i> var. <i>iwasakii</i> T. Koyama	왕골	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
11. <i>C. orthostachyus</i> Franch. & Sav.	쇠방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a, B ₆ -a
12. <i>C. orthostachyus</i> Franch. & Sav. var. <i>umbellat</i> Y. Oh & Y. Lee	산형쇠방동산이	B ₅ -a, B ₆ -a
13. <i>C. orthostachyus</i> Franch. & Sav. var. <i>pinnateformis</i> Y. Oh & Y. Lee	우산쇠방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
14. <i>C. iria</i> L.	참방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a, B ₆ -a
15. <i>C. amuricus</i> Maxim.	방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
16. <i>C. microiria</i> Steud.	금방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
17. <i>C. rotundus</i> L.	향부자	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
18. <i>C. haspan</i> L.	모기방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
19. <i>C. hakonensis</i> Franch. & Sav.	병아리방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
20. <i>C. tenuispica</i> Steud.	우산방동산이	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a
<i>Lipocarpa</i> R. Br.	세대가리속	
1. <i>L. microcephala</i> (R. Br.) Kunth	세대가리	B ₂
<i>Kyllinga</i> Rottb.	파대가리속	
1. <i>K. brevifolia</i> Rottb. ssp. <i>brevifolia</i>	가시파대가리	B ₂
2. <i>K. diflora</i> Y. Oh & S. Lee	꽃파대가리	B ₂
<i>Scirpus</i> L.	울챙이골속	
1. <i>S. fluviatilis</i> (Torr.) A. Gray	큰매자기	B ₁ , B ₂
2. <i>S. maritimus</i> L.	매자기	B ₁ , B ₂
3. <i>S. planiculmis</i> F. Schmidt	좁매자기	B' ₁ , B' ₂ , B ₄ '-a
4. <i>S. radicans</i> Schkuhr	도루박이	B ₂ , B ₄ -a

Table 1. continued.

Scientific Name	Korean Name	Silica Body Type
5. <i>S. sylvaticus</i> var. <i>maximowiczii</i> Regel	검은도루박이	B ₁ -a, B ₂ , B ₂ -b
6. <i>S. karuizawensis</i> Makino	솔방울고랭이	B ₂ , B ₄ -a
7. <i>S. mitsukurianus</i> Makino	솔방울골	B ₁ , B ₁ -b, B ₂
8. <i>S. wichurae</i> Boeck. var. <i>asiaticus</i> (Beetle) T. Koyama	방울고랭이	B ₁ , B ₁ -b, B ₂ -a
9. <i>S. lacustris</i> L. var. <i>creber</i> (Fern.) T. Koyama	큰고랭이	B ₂
10. <i>S. nipponicus</i> Makino	물고랭이	B ₂ , B ₄ -a
11. <i>S. triqueter</i> L.	세모골	B ₂ , B ₄ -a
<i>Fimbristylis</i> Vahl	하늘지기속	
1. <i>F. aestivalis</i> (Retz.) Vahl	좁민하늘지기	B ₂
2. <i>F. autumnalis</i> (L.) Roem. & Schult.	애기하늘지기	B ₂
3. <i>F. complanata</i> (Retz.) Link f. <i>exalata</i> T. Koyama	들하늘지기	B ₂ , B ₄
4. <i>F. dichotoma</i> (L.) Vahl	하늘지기	B ₃ , B ₄
5. <i>F. dichotoma</i> (L.) Vahl f. <i>floribunda</i> (Miq.) Ohwi	남하늘지기	B ₃ , B ₄
6. <i>F. dichotoma</i> (L.) Vahl f. <i>tomentosa</i> (Vahl) Ohwi	털하늘지기	B ₃
7. <i>F. diphyloides</i> Makino	검정하늘지기	B ₃
8. <i>F. ferruginea</i> (L.) Vahl var. <i>sieboldii</i> (Miq.) Ohwi	갯하늘지기	B ₂
9. <i>F. globulosa</i> Kunth var. <i>austrojaponica</i> Ohwi	둥근하늘지기	B ₂
10. <i>F. longispica</i> Steud.	큰하늘지기	B ₅
11. <i>F. miliacea</i> (L.) Vahl	바람하늘지기	B ₂ , B ₃
12. <i>F. squarrosa</i> Vahl	민하늘지기	B ₂
13. <i>F. squarrosa</i> var. <i>esquarrosa</i> Makino	암하늘지기	B ₂
14. <i>F. tristachya</i> R. Br. var. <i>subbisplcata</i> (Nees & Meyen) T. Koyama	꽃하늘지기	B ₃ , B ₄
15. <i>F. stauntonii</i> Debeaux & Franch. ex Deabux	발하늘지기	B ₂ , B ₃
16. <i>F. vericifera</i> (Maxim.) Makino	푸른하늘지기	B ₄
<i>Bulbostylis</i> Kunth	모기골속	
1. <i>B. barbata</i> (Rottb.) Kunth	모기골	B ₂
2. <i>B. densa</i> (Wall.) Hand-Mazz.	꽃하늘지기	B ₂
<i>Eleocharis</i> R. Br.	바늘골속	
1. <i>E. dulcis</i> (Burm. fil.) Trin. ex Hensch.	남방개	B ₂
2. <i>E. kuroguwai</i> Ohwi	올방개	B ₂
3. <i>E. acicularis</i> (L.) Roem. & Schultes f. <i>longiseta</i> (Svenson) T. Koyama	쇠털골	B ₂
4. <i>E. attenuata</i> (Franch. & Sav.) Palla f. <i>laeviseta</i> (Nakai) Hara	참바늘골	B ₂

Table 1. continued.

Scientific Name	Korean Name	Silica Body Type
5. <i>E. congesta</i> D. Don var. <i>japonica</i> (Miq.) T. Koyama	마늘골	B ₂
6. <i>E. congesta</i> D. Don var. <i>thermalis</i> (Hultén) T. Koyama	쇠마늘골	B ₂
7. <i>E. kamtschatica</i> (C. A. Mey.) B. K. Kom.	올방개아재비	B ₂
8. <i>E. kamtschatica</i> (C. A. Mey.) Kom. f. <i>reducta</i> Ohwi	무화피 올방개아재비	B ₂
9. <i>E. mamillata</i> Lindb. f. var. <i>cyclocarpa</i> N. Kitag.	물꼬챙이골	B ₂
10. <i>E. vallecuculosa</i> Ohwi	까락골	B ₂
11. <i>E. wichurae</i> Boeck.	좁네모골	B _{2'}
12. <i>E. changchaensis</i> Y. Oh & G. Lee	돌기네모골	B ₆
<i>Fuirena</i> Rottb.	검정방동산이속	
1. <i>F. ciliaris</i> (L.) Roxb.	검정방동산이	A ₄
<i>Eriophorum</i> L.	황새풀속	
1. <i>E. gracile</i> Koch	작은황새풀	A ₂
<i>Rhynchospora</i> Vahl	골풀아재비속	
1. <i>R. chinensis</i> Ness & Mey. ex Ness	고양이수염	A ₂
2. <i>R. faberi</i> C. B. Clark	골풀아재비	A ₄
3. <i>R. fujiana</i> Makino	좁랭이수염	A ₁ , A ₂
<i>Scleria</i> Berg.	너도고랭이속	
1. <i>S. parvula</i> Steud.	너도고랭이	A ₂
Subfamily Cyperoideae Pax	사초아과	
<i>Carex</i> L.	사초속	
1. <i>C. arenicola</i> F. Schmidt	진퍼리사초	A ₁ -A ₂
2. <i>C. lithophila</i> Turcz.	바위사초	A ₁ , A ₂
3. <i>C. neurocarpa</i> Maxim.	팽이사초	A ₁ -A ₂
4. <i>C. paxii</i> Kük.	팍이사초	A ₂ , A ₃
5. <i>C. leiorhyncha</i> C. A. Mey.	산팽이사초	A ₁
6. <i>C. laevisissima</i> Nakai	애팽이사초	A ₁ -A ₂
7. <i>C. nubigena</i> Don var. <i>albata</i> (Boott) Kük. ex Matsum.	도랭이사초	A ₁ -A ₂
8. <i>C. kobomugi</i> Ohwi	통보리사초	A ₁ -A ₂
9. <i>C. gibba</i> Wahlenb.	나도별사초	A ₁ -A ₂
10. <i>C. echinata</i> Murr.	겹개구리사초	A ₁ -A ₅
11. <i>C. maackii</i> Maxim.	타래사초	A ₁ -A ₃
12. <i>C. curta</i> Gooden.	산사초	A ₂

Table 1. continued.

Scientific Name	Korean Name	Silica Body Type
13. <i>C. shimidzensis</i> Franch.	산꼬리사초	A ₁ -A ₂
14. <i>C. thunbergii</i> Steud.	뚝사초	A ₁ -A ₂
15. <i>C. subspathacea</i> Wormsk.	애기천일사초	A ₁
16. <i>C. subumbellata</i> Meinsh. var. <i>verecunda</i> Ohwi	구슬사초	A ₁ -A ₂
17. <i>C. cinerascens</i> Kük.	회색사초	A ₁ -A ₂
18. <i>C. heterolepis</i> Bunge	산비늘사초	A ₁
19. <i>C. bigelowii</i> Torrey	갈미사초	A ₁ -A ₂
20. <i>C. forficula</i> Franch. & Sav. var. <i>forficula</i>	산뚝사초	A ₁
21. <i>C. maximowicz</i> Miq. var. <i>maximowiczii</i>	왕비늘사초	A ₁
22. <i>C. maximowiczii</i> Miq. var. <i>levisaccus</i> Ohwi	별풍경사초	A ₂
23. <i>C. dimorpholepis</i> Steud.	이삭사초	A ₂
24. <i>C. phacota</i> Spreng.	취방울사초	A ₂
25. <i>C. augustinowiczii</i> Menish. ex Korsh.	복사초	A ₃
26. <i>C. hancockiana</i> Maxim.	해산사초	A ₁ -A ₃
27. <i>C. peiktusani</i> Kom.	백두사초	A ₁ -A ₃
28. <i>C. atrata</i> L. var. <i>japonalpina</i> T. Koyama	감동사초	A ₁ -A ₃
29. <i>C. gmelinii</i> Hook. & Arn.	덕진사초	A ₂
30. <i>C. meyeriana</i> Kunth	진들검정사초	A ₁ -A ₂ -a
31. <i>C. buxbaumii</i> Wahlenb.	늪사초	A ₁
32. <i>C. breviculmis</i> R. Br.	청사초	A ₂
33. <i>C. laticeps</i> C. B. Clarke ex Franch.	갯보리사초	A ₁
34. <i>C. boottiana</i> Hook. & Arn.	밀사초(갯사초)	A ₂ , A ₃
35. <i>C. longerostrata</i> C. A. Mey.	피사초	A ₁
36. <i>C. xiphium</i> Kom.	넓은잎피사초	A ₁
37. <i>C. lasiolepis</i> Franch.	난사초	A ₂
38. <i>C. macrandrolepis</i> Lév. & Van.	청피사초	A ₂
39. <i>C. quadriflora</i> (Kük.) Ohwi	녹빛사초	A ₂
40. <i>C. erythrobasis</i> Lév. & Van.	한라사초	A ₂
41. <i>C. humilis</i> Leyss. var. <i>nana</i> (Lév. & Van.) Ohwi	가는잎그늘사초	A ₂
42. <i>C. pediformis</i> C. A. Mey.	넓은잎그늘사초	A ₁
43. <i>C. lanceolata</i> Boott	그늘사초	A ₂
44. <i>C. gifuensis</i> Franch.	애기감동사초	A ₁ -A ₂
45. <i>C. limosa</i> L.	대택사초	A ₂

Table 1. continued.

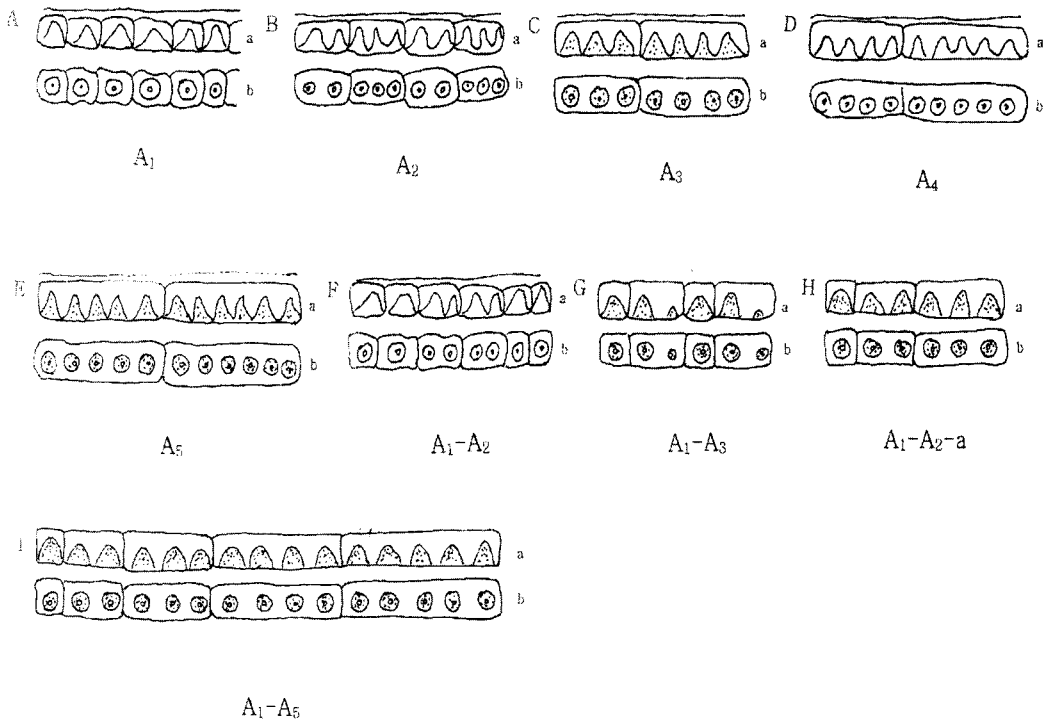
Scientific Name	Korean Name	Silica Body Type
46. <i>C. livida</i> (Wahl.) Willd.	무산사초	A ₁ -A ₂
47. <i>C. vaginata</i> var. <i>petersii</i> (C. A. Mey.) Akiyama	집사초	A ₁
48. <i>C. laxa</i> Wahlenb.	실이삭사초	A ₁
49. <i>C. pilosa</i> Scopoli	털사초	A ₁
50. <i>C. papulosa</i> Boott	쇠뉘시사초	A ₂
51. <i>C. parviflora</i> Boott var. <i>macroglossa</i> (Franch. & Sav.) Ohwi	애기염주사초	A ₂
52. <i>C. jaluensis</i> Kom.	참삿갓사초	A ₂
53. <i>C. hakonensis</i> Franch. & Sav.	애기바늘사초	A ₂
54. <i>C. bostrychostigma</i> Maxim.	길뚝사초	A ₂
55. <i>C. tenuiformis</i> Lév. & Van.	나도그늘사초	A ₁
56. <i>C. japonica</i> Thunb.	개쩌머리사초	A ₂
57. <i>C. doniana</i> Spreng.	흰사초	A ₂
58. <i>C. mollicula</i> Boott	애기흰사초	A ₂
59. <i>C. arnellii</i> Christ ex Scheutz	무산사초	A ₂
60. <i>C. idzuroei</i> Franch. & Sav.	좁도깨비사초	A ₂
61. <i>C. pumila</i> Thunb.	모래사초	A ₂
62. <i>C. rugulosa</i> Kük.	큰천일사초	A ₂
63. <i>C. versicaria</i> L.	새방울사초	A ₂
64. <i>C. ligulata</i> Nees	갈사초	A ₂
65. <i>C. drymophila</i> Turcz. var. <i>abbreviata</i> (Kük.) Ohwi	숯이삭사초	A ₂

결 과

한국산 사초과 식물 13속 226종 중 오 등(1968-2004)에 의해 규소체가 확인된 12속 136종에 나타난 규소체형을 조사하여 형태를 확인하였다.

식물규소체형은 과거 Metcalfe 등(Metcalfe and Chalk, 1960; Metcalfe and Gregory, 1964; Metcalfe, 1971)에 의해 분류된 형과 한국산 사초과 식물 잎의 표피형 연구에서 새로이 확인된 규소체형(오와 이, 1997; 오 등, 1997; 오와 박, 1997; 오와 함, 1998; 오와 이, 1999; 오 등, 2000a, b; 오와 유, 2001; 오와 이, 2001; 오와 김, 2002a, b)을 바탕으로 하여 정리하였다(Figs. 1 & 2).

A형의 규소체는 원추형(conical body)의 모양을 가지며(Fig. 1), B형의 규소체는 원추형 모



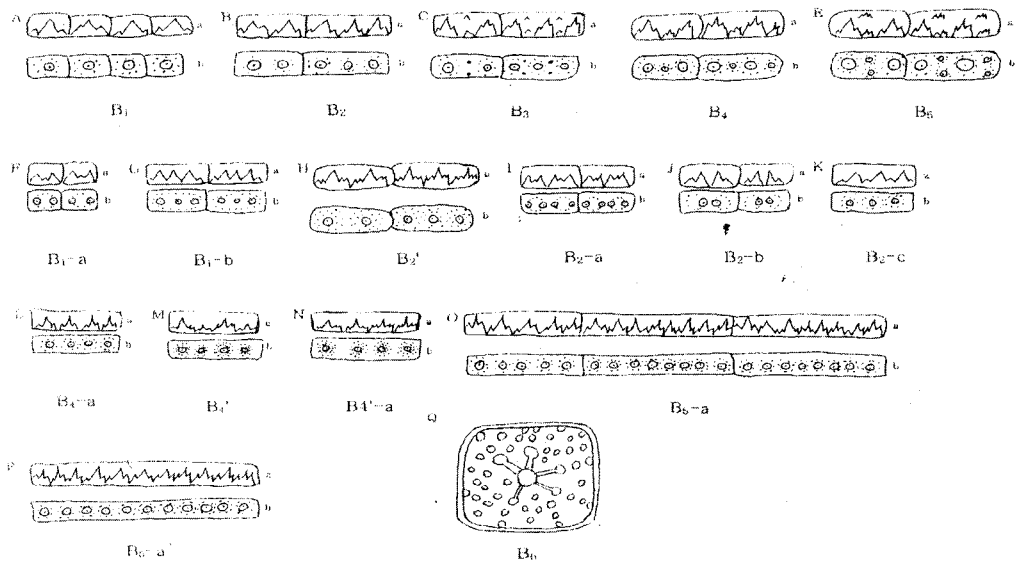
a. lateral side; b. surface view

Fig. 1. Silica body type of Cyperaceae in Korea (A-type) (silica bodies is conical body)

- A. **A₁**: 1 body per cell in row (Metcalf and Gregory, 1964)
- B. **A₂**: 2-3 bodies per cell in row (Metcalf and Gregory, 1964)
- C. **A₃**: 3-4 bodies per cell in row (Metcalf and Gregory, 1964)
- D. **A₄**: 4-5 bodies per cell in row (Oh and Kim, 2002a)
- E. **A₅**: 5-6 bodies per cell in row (Oh and Kim, 2002b)
- F. **A₁-A₂**: 1-2 bodies per cell in row (Oh and lee, 2001)
- G. **A₁-A₃**: 1-3 bodies per cell in row (Oh and Ryu, 2001)
- H. **A₁-A₂-a**: 1-2 bodies per cell in row (Oh and Ryu, 2001)
- I. **A₁-A₅**: 1-5 bodies per cell in row (Oh and Ryu, 2001)

양의 규소체를 중심으로 주위에 여러 개의 위성 형(satellite body)을 가진다(Fig. 2). 각 형은 세포 당 1개 내지 여러 개의 규소체를 가진다.

한국산 사초과식물의 식물규소체형이 확인된 종류는 Table 1 과 Table 2와 같다.



a. lateral side; b. surface view

Fig. 2. Silica body-type of Cyperaceae in Korea (B-type) (silica bodies are conical types with satellites)

- A. **B₁**: 1 body per cell (Metcalf and Gregory, 1964)
- B. **B₂**: 2-3 bodies per cell in row (Metcalf and Gregory, 1964)
- C. **B₃**: Large bodies numerous per cell, satellites in 1 row and 2 or 4 silica bodies (Oh and Park, 1997)
- D. **B₄**: 2 large and 1 or 2 small bodies, numerous per cell and satellites in 1 row (Oh and Park, 1997)
- E. **B₅**: 1 large and 2 or 4 small bodies, numerous per cell and satellites in 1 row (Oh and Park, 1997)
- F. **B₁-a**: One body per cell, two large bodies connected together with one row of satellites (Oh and Ham, 1998)
- G. **B₁-b**: One body per cell, all large bodies surrounded by one row of numerous satellites (Oh and Ham, 1998)
- H. **B₂'**: Bodies numerous per cell and satellites in 2-3 row (Oh and Lee, 1997)
- I. **B₂-a**: Two ring structures per cell (Oh and Ham, 1998)
- J. **B₂-b**: Two ring large bodies in the center of the cell, and each body is surrounded by one row of numerous satellites (Oh and Ham, 1998)
- K. **B₂-c**: Two to three bodies per cell, and all of them are connected together by one

row of numerous satellites

(Oh and Ham, 1998)

- L. **B₄-a**: Four bodies per cell, each being surrounded by a row of satellites (Oh and Ham, 1998)
- M. two large and two small bodies per cell, each being surrounded by two rows of satellites (Oh and Ham, 1998)
- N. **B₄'-a**: Four bodies per cell, each being surrounded by two rows of satellites (Oh and Ham, 1998)
- O. **B₅-a**: 5-10 bodies per cell in row (Oh and Lee, 1999)
- P. **B₆-a**: 11-13 bodies per cell in row (Oh and Lee, 1999)
- Q. **B₆**: Numerous satellites bodies in one cell

1) 방동산이속(*Cyperus* L.)

방동산이속은 18종 2변종의 구조체를 확인하였다. 잎의 표피형에 나타나는 식물구조체형은 꽃방동산이속의 꽃방동산이절의 5종 중 꽃방동산이, 방동산이, 푸른방동산이와 방동산이대 가리는 B₂형, B₄-a형과 B₅-a형이고, 중방동산이는 B₁형, B₂형, B₄-a형과 B₅-a형이다. 따라서 꽃방동산이절은 중방동산이에서 B₁형이 더 나타나고, 그 이외에 꽃방동산이, 드렁방동산이와 푸른방동산이와 방동산이대 가리에서는 모두 B₂형, B₄-a형, B₅-a형으로 나타났다. 알방동산이 절의 방동산이아재비는 B₂형과 B₄-a형이며, 알방동산이, 물방동산이, 흰방동산이와 왕골은 모두 B₂형, B₄-a형과 B₅-a형으로 확인되었다. 따라서 알방동산이절은 5종(방동산이아재비, 알방동산이, 물방동산이, 흰방동산이와 왕골) 모두에서 B₂형과 B₄형이 확인되었으며, B₅-a형은 알방동산이, 물방동산이, 흰방동산이와 왕골에서 나타나 4종에서 확인되었다. 참방동산이절의 쇠방동산이는 B₂형, B₄-a형, B₅-a형과 B₆-a형이고, 산형쇠방동산이는 B₅-a형과 B₆-a형으로 확인되었고, 우산쇠방동산이는 B₂형, B₄-a형과 B₅-a형으로 확인되었다. 참방동산이는 B₂형, B₄-a형, B₅-a형과 B₆-a형이 확인되었다. 또한 방동산이, 금방동산이, 향부자, 모기방동산이, 병아리방동산이와 우산방동산이는 B₂형, B₄-a형과 B₅-a형으로 확인되었다. 그 결과 참방동산이절의 산형쇠방동산이의 구조체형만이 B₅-a형과 B₆-a형으로 확인되고 참방동산이절의 구조체형은 공통적으로 B₂형, B₄-a형과 B₅-a형으로 나타났다.

이 결과 방동산이속에서 나타나는 구조체 모양 중에서 산형쇠방동산이와 참방동산이가 B₅-a형과 B₆-a형으로, B₂형은 모든 분류군에서 나타났으며, B₅-a형은 방동산이아재비를 제외하고 모든 종에서 확인되었다. 따라서 방동산이속의 20분류군 중 18분류군에서 B₂형, B₄-a형과 B₅-a형이 확인되었다(Table 1, Fig. 3)

2) 세대가리속(*Lipocarpa* R. Br.), 파대가리속(*Kyllinga* Rottb.),

세대가리속은 세대가리가 B₂형으로 확인되었으며, 파대가리속은 가시파대가리와 꽃파대가리가 B₂형으로 확인되면서 공통적으로 B₂형이 확인되었다(Table 1).

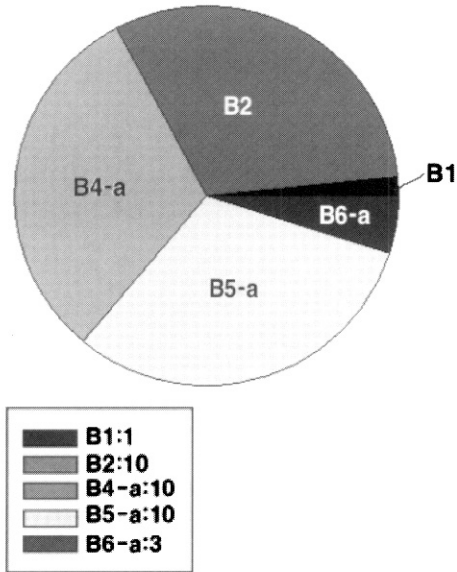


Fig. 3. The frequency of silica body type on the genus *Cyperus*.

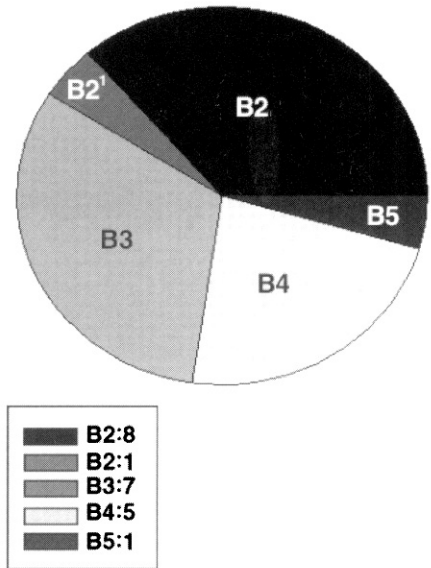


Fig. 4. The frequency of silica body type on the genus *Fimbristylis*.

3) 올챙이골속(*Scirpus* Pax.)

올챙이골속은 총 20분류군으로 그 중 11분류군의 식물규소체가 확인되었다. 매자기절의 큰매자기와 매자기에서 B₁형과 B₂형이 좁매자기는 B'₁형, B'₂형과 B_{4-a}형으로 확인되어, 큰매자기와 매자기에서 B₂형이 공통적으로 확인되었다. 올챙이골절의 도루박이는 B₂형과 B_{4-a}형으로 확인되었고, 검은도루박이는 B_{1-a}형, B₂형과 B_{2-b}형으로 확인되어, 도루박이와 검은도루박이는 규소체모양이 공통적으로 B₂형으로 확인되었다. 방울고랭이절의 솔방울고랭이는 B₂형과 B_{4-a}형으로, 솔방울골은 B₁형, B_{1-b}형과 B₂형으로 확인되었고, 방울고랭이는 B₁형, B_{1-b}형과 B_{2-a}형으로 확인되었다. 따라서 올챙이골아속의 큰매자기, 매자기, 도루박이, 검은도루박이, 솔방울고랭이와 솔방울골 에서는 B₂형이 공통적으로 확인되었다. 세모골아속의 세모골절은 큰고랭이가 B₂형으로, 물고랭이와 세모골은 B₂형, B_{4-a}형으로 확인됨에 따라, 큰고랭이, 물고랭이와 세모골에서 모두 B_{4-a}형이 공통적으로 확인되었다. 올챙이골아속의 식물규소체는 큰매자기, 매자기, 좁매자기, 도루박이, 검은도루박이, 솔방울고랭이, 솔방울골과 방울고랭이 6분류군과 큰매자기, 매자기, 도루박이, 검은도루박이, 솔방울고랭이와 솔방울골에서 B₂형이 많이 나타났다. 세모골아속은 B_{4-a}형이 큰고랭이, 물고랭이와 세모골에서 나타나는 것으로 확인되었다. 올챙이골속은 올챙이골아속과 세모골아속으로 분류되는데, 올챙이골속은 올챙이골아속과 세모골아속의 분류형질로 서로 공통되는 형질을 가짐으로서 아속 수준보다는 속 수준으

로 분류되어지는 것이 타당하다고 보인다(Table 1).

4) 황새풀속(*Eriophorum* L.), 검정방동산이속(*Fuirena* Rottb.)

황새풀속은 작은황새풀의 식물규소체가 A₂형으로 확인되었다 또한 검정방동산이속은 검정방동산이 1분류군으로 식물규소체는 A₄형으로 확인되었다(Table 1).

5) 하늘지기속(*Fimbristylis* Vahl)

하늘지기속은 총 20분류군 중에서 16분류군의 식물규소체가 확인되었다. 하늘지기질의 좁민하늘지기와 애기하늘지기와 갯하늘지기, 민하늘지기와 암하늘지기의 규소체형은 B₂형으로 확인되었고, 들하늘지기는 B₂형과 B₄형으로 확인되었다. 풀하늘지기, 하늘지기와 남하늘지기는 B₃형과 B₄형으로 확인되었다. 털하늘지기와 검정하늘지기의 규소체는 B₃형으로, 큰하늘지기는 B₅형으로 확인되었고, 바람하늘지기와 발하늘지기는 B₂형과 B₃형으로, 풀하늘지기는 B₃형과 B₄형으로, 푸른하늘지기는 B₄형이 확인되었으며 둥근하늘지기는 B₂'로 확인되었다. 따라서 하늘지기속에 속하는 하늘지기질과 발하늘지기질의 20분류군(좁민하늘지기, 애기하늘지기, 들하늘지기, 하늘지기, 남하늘지기, 털하늘지기, 검정하늘지기, 갯하늘지기, 둥근하늘지기, 큰하늘지기, 바람하늘지기, 민하늘지기, 암하늘지기, 풀하늘지기, 발하늘지기, 푸른하늘지기, 쇠하늘지기, 털잎하늘지기, 바다지기와 제주하늘지기) 중 16분류군 가운데 8분류군(좁민하늘지기, 애기하늘지기, 들하늘지기, 갯하늘지기, 바람하늘지기, 민하늘지기, 암하늘지기와 발하늘지기)에서 B₂형이 확인되었다. 그리고 7분류군(하늘지기, 남하늘지기, 털하늘지기, 검정하늘지기, 바람하늘지기, 풀하늘지기와 발하늘지기)에서 B₃형으로 나타났다(Table 1, Fig. 4).

6) 모기골속(*Bulbostylis* Kunth)

모기골속은 2분류군으로 모기골과 꽃하늘지기가 B₂형으로 확인되었다(Table 1).

7) 바늘골속(*Eleocharis* R. Br.)

바늘골속은 잎이 없어 줄기의 표피형에서 식물규소체를 확인한바 바늘골속 14분류군 중 12분류군의 식물규소체가 확인되었다. 남방개, 쇠털골, 참바늘골, 바늘골, 쇠바늘골, 올방개아재비, 무화피, 올방개아재비, 물꼬챙이골과 까락골이 B₂형으로(Plate 2-a, b, e), 올방개, 쯤네모골이 B₂'형으로 확인되었다. 식물규소체가 확인된 11분류군(남방개, 올방개, 쇠털골, 참바늘골, 바늘골, 쇠바늘골, 올방개아재비, 무화피올방개아재비, 물꼬챙이골, 까락골과 쯤네모골)에서 남방개, 쇠털골, 참바늘골, 바늘골, 쇠바늘골, 올방개아재비, 무화피올방개아재비와 물꼬챙이골)에서는 B₂형이 확인되었고, 나머지 올방개와 쯤네모골은 B₂'형으로 확인되었다. 그리고 나머지 1분류군인 들기네모골은 바늘골속 내의 다른 분류군과 달리, 규소체가 세포 안에서 특이한 형태로 B₆형으로 특별하게 나타났다(Table 1, Fig. 5).

8) 골풀아재비속(*Rhynchospora* Vahl)

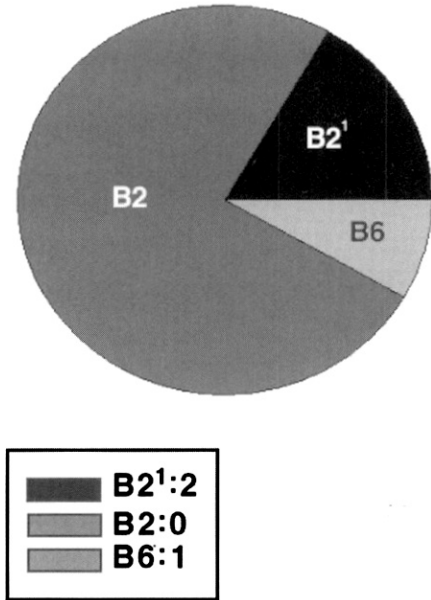


Fig. 5. The frequency of silica body type on the genus *Eleocharis*

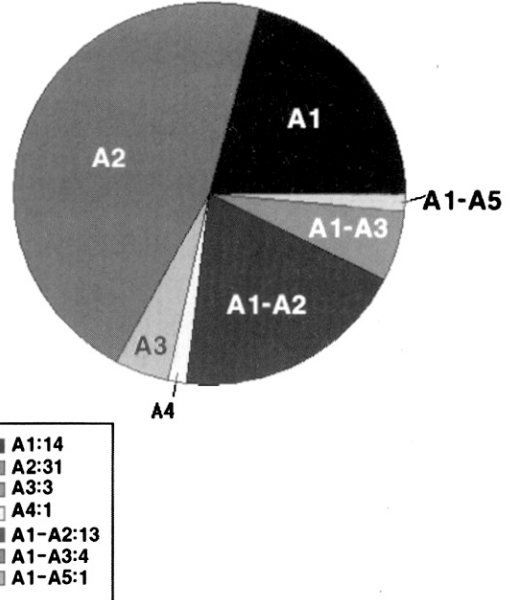


Fig. 6. The frequency of silica body type on *Carex* L.

골풀아재비속은 6분류군에서 고양이수염의 규소체 모양이 A₂형으로, 골풀아재비는 A₄형으로, 좀팽이수염은 A₁-A₂형으로 확인되었다(Table 1).

9) 너도고랭이속(*Scleria* Berg.)

너도고랭이속은 너도고랭이, 무등풀과 애기덕산풀 3분류군 중 규소체가 확인된 너도고랭이는 A₂형으로 나타났다(Table 1).

10) 좀바늘사초속(*Kobresia* Wild.)

좀바늘사초속의 1분류군인 좀바늘사초는 식물규소체가 확인되지 않았다.

11) 사초속(*Carex* L.)

사초속은 전체 148분류군 중에서 66분류군의 식물에서 규소체를 확인하였다. 진퍼리사초절의 진퍼리사초는 A₁-A₂형으로, 까락사초절의 바위사초는 A₁-A₂형으로, 팽이사초절의 팽이사초, 애팽이사초와 도랭이사초는 A₁-A₂형이 확인되었다. 또한 딱이사초는 A₂형과 A₃형으로, 산팽이사초는 A₁형이 확인되었다. 통보리사초절의 통보리사초는 A₁-A₂형으로 확인되었고, 나도벌사초절의 나도벌사초도 A₁-A₂형으로 확인되었다. 또한 겹개구리사초절의 겹개구리사초는

A₁-A₅형으로 확인되었으며, 타래사초절의 타래사초는 A₁-A₃형으로, 산사초절의 산사초는 A₂형으로 확인되었다. 사초아속의 왕비늘사초절은 산꼬리사초, 딱사초, 구슬사초, 회색사초와 갈미사초는 A₁-A₂형으로 확인되었고, 애기천일사초, 산비늘사초, 산딱사초와 왕비늘사초는 A₁형으로 확인되었으며, 별풍경사초와 이삭사초와 쥐방울사초는 A₂형으로 확인되었다. 감동사초절의 북사초는 A₃형으로, 해산사초와 감동사초는 규소체형이 A₁-A₃형으로 확인되었고, 백두사초는 A₁-A₅형으로, 덕진사초와 진들검정사초는 A₁-A₂-a형으로, 늪사초는 A₁형으로, 청사초는 A₂형으로 확인되었다. 피사초절의 갯보리사초, 피사초와 넓은잎피사초는 A₁형으로 확인되었으며, 밀사초(갯사초)는 A₂형과 A₃형으로 확인되었다. 그늘사초절의 넓은잎그늘사초가 A₁형으로 확인되었고, 그 외 난사초, 청피사초, 녹빛사초, 한라사초, 가는잎그늘사초와 그늘사초는 A₂형으로 확인되었다. 김정사초절의 애기감동사초는 A₁-A₂형으로 확인되고, 대택사초절의 대택사초는 A₂형으로, 뉘시사초절의 집사초, 실이삭사초와 털사초는 규소체가 A₁형으로 확인되었으며, 무산사초는 A₁형과 A₂형으로 확인되었고, 쇠뉘시사초와 애기뉘시사초는 A₂형으로 확인되었다. 그리고 참삿갯사초절의 참삿갯사초는 A₂형으로 확인되었다. 바늘사초절의 애기바늘사초는 A₂형으로 확인되었고, 길뚝사초절의 길뚝사초도 A₂형으로 확인되었다. 뿔사초절의 나도그늘사초는 A₁형으로, 애기흰사초절의 개씨버리사초, 그늘흰사초와 애기흰사초가 A₂형으로 확인되었다. 흰이삭사초절의 일본사초와 흰꼬리사초절의 좁도깨비사초도 A₂형으로 확인되었다. 모래사초절의 모래사초와 천일사초는 규소체의 모양이 A₂형으로 확인되었다. 새방울사초절의 새방울사초에서는 A₂형으로 확인되었고, 갈사초절의 갈사초와 숲이삭사초는 규소체형이 A₂형으로 확인되었다(Table 1, Fig. 6).

그 결과, 한국산 사초과 식물의 사초속은 148분류군 중 규소체가 확인된 66분류군에서 규소체의 모양이 38분류군에서 A₂형으로 확인되었으며, A₁형은 31분류군에서 확인되었다. 그러므로 사초속의 규소체형의 특징은 방동산이속 등 다른 속과 같이 절 수준의 규소체형의 차이보다 속 전체에서의 분류형질로 나타나는 것으로 보아 속과 종의 동정과 분류에 사용 할 수 있는 것으로 사료된다.

고 찰

한국산 사초과식물의 잎의 표피 형에서 나타나는 규소체형은 종과 속 수준에서 분류학적 형질로 이용할 수 있음을 확인하였다. 한국산 사초과에 나타나는 규소체형은 크게 원추형을 나타내는 A형 그룹(골풀아재비속, 사초속, 너도고랭이속, 황새풀속과 검정방동산이속)과 위성형의 부수체를 가지는 B형 그룹(방동산이속, 올챙이골속, 바늘골속, 하늘지기속, 모기골속 세대가리속과 과대가리속)으로 분류될 수 있음을 알 수 있었다(Table 2). 동일 속 내에서는 단일화현상으로, A형 또는 B형 중 1가지 형태만 공통적으로 나타나는 것을 볼 수 있었다.

Table 2. Types of silica body distributed in each genus of Cyperaceae in Korea

	genus	silica body type
A-type	검정방동산이속 (<i>Fuirena</i> L.)	A ₂
	너도고랭이속 (<i>Scleria</i> Berg.)	A ₄
	황새풀속 (<i>Eriophorum</i> L.)	A ₂
	골풀아재비속 (<i>Rhynchospora</i> Vahl)	A ₂
	사초속 (<i>Carex</i> L.)	A ₁ , A ₂ , A ₄ A ₁ , A ₂ , A ₁ -A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₁ -A ₂ -a, A ₁ -A ₃ , A ₁ -A ₅
B-type	방동산이속 (<i>Cyperus</i> L.)	B ₂ , B ₄ -a, B ₅ -a, B ₆ -a
	세대가리속 (<i>Lipocarpa</i> R. Br.)	B ₂
	파대가리속 (<i>Kyllinga</i> Rottb.)	B ₂
	모기풀속 (<i>Bulbostylis</i> Kunth)	B ₂
	바늘풀속 (<i>Eleocharis</i> R. Br.)	B ₂ , B ₂ 'B ₆
	하늘지기속 (<i>Fimbristylis</i> Vahl)	B ₂ , B ₂ ', B ₃ , B ₄ , B ₅
	올챙이풀속 (<i>Scirpus</i> L.)	B ₁ , B ₁ -a, B ₁ -b, B ₂ , B ₂ -a, B ₂ -b, B ₄ -a

이는 속 수준에서 규소체의 형성은 계통분류에 있어서 속내 유전적 연관성 또는 환경적인 유사성을 찾을 수 있음을 확인하였다. A형의 그룹은 풀밭이나 양지쪽 습지, 모래땅에서 생육하는 종류가 나타났으며, 그 반면 B형의 그룹은 습지와 물속, 물가에서 생육하는 종류에서 나타난 것을 볼 수 있다. 이것은 식물규소체의 모양이 위성형을 가지는 종의 서식지는 원추형의 모양을 가지는 종의 서식지보다 주로 습지나 물가에서 자라는 수변식물임을 확인 할 수 있었다.

식물규소체는 식물체 구조의 뿌리를 제외한 모든 부위에서 발견되며 단자엽 식물의 화분과와 사초과의 잎의 표피 형에서 다양한 모양과 형태로 나타난다. 결과에서 보는 것 같이 식물규소체의 다양한 형태는 종과 속 수준에서의 유용한 분류기준이 될 수 있음을 알 수 있었다. 식물체내에서 수용성 규소가 흡수되는 환경적인 요인으로는 토양의 상태, 성장하는 시기 기후나 토양내의 수분함량 정도이었다. Wadham and Parry(1981)는 산성토양에 식물이 흡수할 수 있는 유리된 상태의 규소가 보다 많이 존재하게 됨으로써 규소 흡수율이 더 높을 수 있으며 또한 토양 내에 수분함량이 높거나 온도가 높을 때에는 식물체내에 합성되는 규소의 양이 많아진다고 하였다.

Takahashi(1977)는 같은 종이라도 규소가 더욱 많이 포함된 곳에서 자란 식물이 많은 규소

를 식물체내에 축적하며, 비가 많이 내리거나 대기 중 습기가 많이 찬 지역의 식물들이 건조한 기후의 토양에 서식하는 식물보다 더 많은 규소를 식물체내에 축적한다고 말한 바 있다. 이처럼 같은 종의 식물이더라도 식물의 환경조건에 따라 식물체내에 합성되는 규소체의 양이 달라진다. 즉 규소체가 확인된 종의 서식지를 비교해 보면, 토양에 포함된 규소의 양이 습지에서에서도 양지쪽의 습지보다 그늘진 저지대의 습지나 물가 또는 물속에 서식하는 종이 식물체내의 기작에 의해 수용성 규소의 함유가 증가하게 된다. 그 결과 식물에 나타나는 식물규소체는 위성 형을 많이 가지게 되는 규소체의 형태로 나타나게 된다. 일반적인 풀밭, 들이나 햇볕이 드는 습지와 건조한 모래땅에 사는 식물은 수용성 규소가 보다 적어 식물의 뿌리에서 물과 함께 올라오는 규소의 양이 적다. 따라서 식물체내에 형성되는 규소체는 부수체가 존재하지 않는 원추형(conical body)만을 가지는 것으로 간주된다. 이로써 규소체가 확인되지 않은 종들의 서식지를 확인함으로써, 대략적인 규소체의 형태를 예측할 수도 있을 것이다. 예를 들어 저지대 습지나 습기가 많은 지역에 서식하는 종류는 B형의 규소체를 가질 것이며, 건조한 모래땅이나 풀숲, 길가와 들에 서식하는 종류는 A형의 규소체를 가지게 될 것이다. 그러나 속과 많은 종들이 각각의 형을 가지면서 속내 다른 종과의 연관성을 보이는 중복성문제점은 해결하여야 할 것으로 사료된다. 그리고 사초과 식물의 서식지와 식물규소체형 형성과의 관계도 생태학적 측면에서 연구 되어야 할 것이다.

최근의 연구에 따르면 식물규소체의 형태와 축적은 환경적인 영향보다는 유전적으로 영향을 받는 것으로 나타난다. 예를 들어 화본과, 사초과, 췌기풀과, 국화과와 야자 류 등은 세계의 각 지역에서 자란 식물이라 하더라도 서로 다른 형태의 규소체를 형성하는 것으로 나타나는 것으로 알 수 있다(Metcalf and Chark, 1950; Tomlinson, 1961, 1969; Piperno, 1985). 이것은 비록 식물규소체 형성이 토양의 규소체 함유도와 기후 등 여러 요인에 영향을 받게 되지만 이는 일차적으로 규소체를 형성하는 식물체내의 기작이 유전적 조절 하에 이루어지는 것이다. 규소체가 형성되는 기작들은 유전적 영향을 받게 되어 속(genus)간의 차이가 나타나는 것으로 볼 수 있다. 즉 식물규소체의 형성은 일차적으로 유전적 요인과 이차적으로는 환경적 요인으로 형성되는 것으로 사료된다.

한국산 사초과 식물에서도 확인된 규소체의 형태는 환경적 차이와 유전적 차이로 인하여 속간 분류형질로 확인되었다. 이는 한국산 사초과 식물의 분류 형질 중 식물규소체에 의한 형태학적 분류가 가능한 것으로 사료된다. 그러므로 식물의 계통분류에 대한 분석 역시 식물규소체의 유무와 배열, 형태분석에 따른 체계적인 분류로 계통을 세울 수 있다고 사료된다. 앞으로 본 연구에서 규소체의 모양이 밝혀지지 않은 사초과 식물의 식물규소체의 모양과 크기에 관한 연구와 식물의 서식지에 대한 정확한 생태학적 연구가 더욱 수행되어야 할 것이다. 그래야만 같은 분류군에서 몇 가지 형(A₁, A₂, A₃, A₁-A₁, A₂, A₁-A₂, A₃, A₁)의 식물규소체형이 중복으로 나타나는 연관성을 수류분류 방법으로 분석하여 여러 가지 변이형들을 각각의 형질로 보고 유집분석을 한 후에 그 결과로 각 속과 종을 동정하는 검색표도 제시 되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2005 년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- Agarie, S., W. Agata, H. Uchida, F. Kubota & P. Kaufman. 1996. Function of silica bodies in the epidermal system of rice (*Oryza sativa* L.): Testing the window hypothesis. *J. Exp. Bot.* 47: 655-660.
- Blackman, E. 1971. Opaline silica bodies in the range grasses of southern Alberta. *Can. J. Bot.* 49: 769-781.
- Brown, D. A. 1984. Prospects and limits of a phytolith key for grasses in the Central United States. *J. Archaeol. Sci.* 11: 345-368.
- Chen, C. H. and J. C. Lewin. 1969. Silicon as a nutrient of *Equisetum arvense*. *Can. J. Bot.* 47: 125-131.
- Cruger, H. 1857. Westindische Franmente, 9. *El Cauto. Bot. Zeitung* 15: 281-292, 297-308.
- Drum, R. W. 1968. Silicification of *Betula* woody tissue in vitro. *Science* 161: 175-176.
- Geis, J. W. 1973. Biogenic silica in selected species of deciduous angiosperm. *Soil Sci.* 116: 113-130.
- _____. 1978. Biogenic opal in three species of gramineae. *Ann. Bot.* 42: 1119-1129.
- Grob, A. 1896. Beitrage zur anatomie der peidermis der gramineenblätter. *Bibli. Bot.* 36.
- Haberlandt, G. 1914. *Physiological Plant Anatomy*. Macmillan, London, *Ann. Bot.* 37: 579-591..
- Hoffman, F. M. and C. Hillson. 1979. Effects of silicon on the life cycle of *Equisetum hyemale* L. *Bot. Gaz.* 140: 127-132.
- Kaufman, P. B., P. Dayanandan, Y. Takeoka, W. C. Bigelow, J. D. Jones, and R. Iler. 1981. Silica in shoots of higher plants Pp. 409-449 in T.L Simpson & B. E. Vocani (eds.), *Silicon and siliceous structures in biological systems*. Springer-Verlag, New York.
- Klein, R. L. and J. W. Geis. 1978. Biogenic silica in the Pinaceae. *Soil Sci.* 126: 145-156.
- Kondo, R. and T. Sumida. 1978. Opal phytoliths in tree leaves(Part 1): Opal phytoliths in gymnosperm and monocotyledons angiosperm tree leaves. *J. Sci. Soil Manure Jap.* 49: 138-144.

- _____. and T. Pearson. 1981. Opal phytoliths in tree leaves(Part 2): Opal Phytoliths in dicotyledon angiosperm tree leaves. Res. Bull. Obihiro Univ. Ser. 12: 217-230.
- Metcalfe, C. R. 1971. Anatomy of the Monocotyledons. II. Gramineae. Oxford University Press, London.
- _____. and L. Chalk. 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Oxford University press, London
- _____. and _____. 1960. Anatomy of the Monocotyledons. I. Gramineae. Oxford University Press, London.
- _____. and M. Gregory, 1964, Comparative anatomy of Monocotyledons. Some new descriptive terms for Cyperaceae with a discussion of variations in leaf form noted in the family, Roy. Bot. Gard., Kew. London: 1-13.
- .Mobius, M. 1908. Uber die Festlegung der Kalksalze und Kieselkorper in der Pflanzenzellen, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 26A: 29-37.
- Nanda, H. P. and S. Gangopdhyay. 1984. Role of silicated cells in rice leaf on brown spot disease incidence by *Bipolaris orzae*. Int. J. Trop. Pl. Dis. 2(2): 89-98.
- Netolitzky, F. 1929. Die Kieselkorper. Linshauer's Handbuch der Pflanzenanatomie 3: 1-19.
- Oh, Y. C. 1971. A Taxonomic Study on Sect. *Siderostictae* in Korea. J. Kor. Pl. Tax. 3: 1-8.
- _____. 1972. A Study of Epidermal Patterns of the leaf blades on Korean Sedge(3) Journal of Korean Reserach Institute for Better Living. 9: 151-166.
- _____. 1973a. Taxonomic Study on Genus *Carex* in Korea. Journal of Korean Reserach Institute for Better Living. 10: 65-116.
- _____. 1973b. A study of Epidermal patterns of the leaf blades on Korean sedges. Journal of Korean Reserch Institute for Better Living. 17: 99-105.
- _____. 1974a. A study of epidermal patterns of the leaf baldes on Korean sedges(5) genus *Fimbristylis*. Journal of Korean Reserach Institute for Better Living. 13:1-9.
- _____. 1974b. A study of epidermal patterns of the leaf on korean sedges(6) Genus *Eriophorum*, *Fuirena*, *Kobresia*, *Rhynchospora* and *Scirpus*. Kor. J. Plant Tax. 13: 99-106.
- _____. 1985. A study of the epideramal patterns of the leaf blades in some *Carex* using LM and SEM. Kor. J. Plant. Tax. 15: 133-144.
- _____. 1987a. Leaf epidermal patterns of section *Siderostictae*(*Carex*, Cyperaceae) in Korea, Kor. J. Plant Tax. 17: 55-61.
- _____. 1987b. The SEM and LM epidermal characters of the blades in Korean sedge taxa(I. *Carex*). Kor. J. Plant Tax. 17: 235-258.

- _____. 1988. Epidermal patterns of leaf blades in Korean sedge taxa characterized by SEM and LM (II. *Cyperus*). Kor. J. Plant Tax. 18: 201-210.
- _____. 1991a. Epidermal patterns of leaf blades in Korean sedge taxa characterized by SEM and LM (III. *Scirpus*). Kor. J. Plant Tax. 21: 27-35.
- _____. 1991b. Leaf epidermal patterns of Korean sedge taxa characterized by SEM and LM (IV. *Fimbristylis*). Kor. J. Plant Tax. 21: 83-94.
- _____. 1992. Leaf epidermal patterns of Korean sedge taxa characterized by SEM (V. *Bulbostylis*, *Eriophorum*, *Fuirena*, *Kyllinga*, *Lipocarpa*, *Phreus*, *Ryhncospora* and *Scleria*). The Journal of Basic Science. 9: 27-41.
- _____. 1996. Microstructure of Perigynium and Achene Surfaces of *Carex* sect. *Siderostictae* in Korea. Jour. Plant Biol. 39: 137-144.
- _____. and C. S. Lee. 1989. Leaf epidermis patterns of some *Carex* species in Korea. The Jour. of Sungshin Women's Univ. 29: 171-187.
- _____. and Lee, Y. N. 1968. Taxonomic Study on the Genera of Cyperaceae in Korea. Journal of Korean Reserach Institute for Better Living 1: 101-121
- _____. and _____. 1969. A study of epidermal pattern of the leaf blades on Korean sedges(1). Journal of Korean Reserach Institute for Better Living 2: 1-12.
- _____. and _____. 1971. A study of epidermal pattern of the leaf blades on Korean sedges(2). Journal of Korean Reserach Institute for Better Living 7: 41-54.
- Piperno, D. R. 1985. Phytolith analysis and tropical paleoecology: Production and taxonomic significance of siliceous forms in new world plant domesticates and wild species. Rev. Palaeobot. Palynol. 45: 185-228.
- Prat, H. 1936. La systematique des Graminees. Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 10: 165-258.
- Rovner, I. 1971. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. Quat. Res. 1: 343-359.
- Sciurfield, G., C. A. Anderson and E. R. Segnit. 1974. Silica in woody stems. Aust. J. Bot. 22: 211-229.
- Stant, M. Y. 1973. Scanning electron microscopy of silica bodies and other epidermal features in *Gibasis* (*Tradescantia*) leaf. Bot. J. Linnaean Soc. 66: 233-244.
- Sturve, G. A. 1835. Die silica in Plants Nomanuli. InauguralDissertatiön. Berlin.
- Suzuki, H. 1937. Study on the relation between the anatomical characters of the plant and its susceptibility to blast disease. J. Coll. Agric. Tokyo Univ. 14: 181-264.
- Takahashi, E. and Y. Miyake. 1977. Silicon and plant growth: Proceeding of the International Seminar on Soil Eenvirmnt and Fertility Management in Intensive Agriculture.
- Tomlinson, P. B. 1961. Anatomy of the Monocotyledons II. Palmae, Oxford University

- Press, London.
- _____. 1969. Anatomy of the Monocotyledons III. Commelinales Zingiberales. Oxford University Press, London.
- Wadham, M. D. and D. W. Parry. 1981. The silicon content of *Oryza sativa* L. and effect on the grazing behaviour of *Agriolimax reticulatus* Miller. Ann. Bot. 48: 399-402.
- Wiesner, J. 1867. Einleitung in die technische Mikroskopie. Vienna.
- 오용자. 1998. 한국산 모기골속(*Bulbostylis* Kunth)식물과 근연식물인 하늘지기속(*Fimbristylis* Vahl)식물에 대한 분류학적 연구. 식분지 28: 171-186.
- _____, 김지현. 2002a. 한국산 사초속 사초아속(*Carex* L. subgen. *Eucarex* Cross & Germ.) 피사초절과 그늘사초절의 분류학적 연구. 식분지 32: 301-338.
- _____, 김지혜. 2002b. 한국산 사초속 진퍼리사초절, 까락사초절과 팽이사초 절에 관한 분류학적 연구. 식분지 32: 257-292
- _____, 박주미. 1997. 한국산 하늘지기속(*Fimbristylis* Vahl.) 식물의 수과와 잎의 표피형에 관한 연구. 식분지. 27: 429-455.
- _____, _____. 1998. 한국산 하늘지기속(*Fimbristylis* Vahl.)식물 도보. 성신여대 연구논문집. 제 36집. 659-712.
- _____, 성언수. 2003. 한국산 사초속 3개절(검정사초절, 대택사초절, 낚시사초절)의 분류학적 연구. 식분지 33: 91-133.
- _____, 유경진. 2001. 한국산 사초속 감동사초절의 분류학적 연구. 식분지 31: 223-251.
- _____, 이영해. 1999. 한국산 방동산이속(*Cyprus* L.)식물의 분류학적 연구. 식분지 29: 37-62.
- _____, 이지영. 1997. 한국산 바늘골속(*Eleocharis* R. Br.)식물의 채검토; 줄기와 수과의 표피형. 식분지 27: 11-39.
- _____, _____, 이창숙. 1997. 한국산 바늘골속(*Eleocharis* R. Br.)식물의 도보. 성신여대 연구논문집. 9: 359-397.
- _____, 이창숙. 2003. 한국산 골풀아재비속 3종의 분류학적 검토. 식분지 34: 245-264..
- _____, _____, 윤자영. 2004. 한국산 사초속 사초아속(subgen. *Carex*) 6절 식물의 분류학적 연구. 식분지 34: 297-320.
- _____, _____. 이수연. 2000a. 한국산 파대가리속(*Kyllinga* Rottb.)식물의 분류학적 연구. 식분지 30: 177-199.
- _____, _____. 2000b. 한국산 세대가리속(*Lipocarpa* R. Br.) 식물의 미세구조에 관한 연구. 식분지 30: 201-214.
- _____, _____. 장재훈, 이금숙. 1997. GIS기법을 이용한 한국산 사초과 식물의 분포도. 식분지 27: 233-275
- _____, _____. 허선영. 2004. 한국산 사초속 사초아속(subgen. *Carex* L.) 7절 9종에 대한 분류학적 고찰. 식분지. 34: 245-264.

- _____, 이현진. 2001. 한국산 사초속 왕비늘사초절의 분류학적 연구. 식분지 31: 183-222.
- _____, 장정아. 1989. 한국산 사초과(Cyperaceae)식물의 수과와 인편의 표피형에 관한 연구. 식분지 19: 249-272.
- _____, 조미정. 2003. 한국산 팽이사초아속(subgen. *Vignea* Nees) 6절의 분류 형질에 관한 연구. 식분지 33: 227-253.
- _____, 함은주. 1998. 한국산 올챙이골속(*Scirpus* L.)식물의 분류학적 연구. 식분지 28: 217-247.
- 황성수, 김경식. 1992. 식물규소체의 특성과 형태학적 응용. 식물학회지 35: 283-305.
- _____, _____. 1994. 벼의 규소체 형태. 식물학회지 37: 53-67.
- _____, _____. 2001. 벼속(*Oryza*) 잎의 식물규소체 표징형질. 식분지 31: 321-341.

Morphology of Silica bodies on Cyperaceae in Korea

Oh, Yong Cha

Department of Biology Sungshin Women's University, Seoul 136-742, Korea

Many plants take up soluble silica from the soil, and they deposit in plant tissues. Silica bodies are most commonly found in the leaf epidermis. Silica body is important factor in growth and development of plant. It help to maintain rigidity in stem and linear leaves, and its content may be correlated with resistance to fungal disease. In this study, several morphologically distinctive forms of silica bodies on Cyperaceae in Korea are recognized, which are eventually classified into two groups. Silica body type of first group (*Rhynchospora*, *Fuirena*, *Scleria*, *Carex*, *Eriophorum*) is A-type, which is conical in shape. Silica body type of second group (*Cyperus*, *Scirpus*, *Eleocharis*, *Fimbristylis*, *Kyllinga*, *Bulbostylis*, *Lipocarpa*) is B-type, which is conical in shape with numerous satellite body. These types are consistent enough to use as characters in taxonomic studies within genus. Silica body type may be associated with habitat: the species in dry region have A-type, whereas the species in wet region have B-type. These results suggested that shapes and presence or absence of silica body might be valuable to systematic analysis.

key words : Cyperaceae. silica bodies, taxonomy, characters

*Corresponding author: Phone + 82 2-920-7170, Fax + 82-2-920-7170, ycoh@sungshin.ac.kr