



# 실험 시험 1-식물 형태, 분류, 진화

## 서론

총점: 100점  
 시험 시간: 90분  
 6 문제

육상식물은 진핵생물의 단일 계통군으로 구성되며, 육상 서식지에 매우 성공적으로 적응하였다. 육상식물은 물리적으로 육상생태계를 구성하고 육상에 사는 다른 모든 생물 사이에서 생태적 상호관계를 위한 기초를 제공한다. 이 시험에서 지구 상에서 육상식물이 우점종으로 되게 한 중요한 형질의 진화를 자세히 살펴볼 것이다.

시험의 목적: 식물의 동정, 형태 설명, 조상관계의 재구성.

시험은 5개 파트로 구성된다.

- 파트 1. 표본의 동정 (5점)
- 파트 2. 형태 설명 (36점)
- 파트 3. 형태 변이와 형질 매트릭스 코딩 (29점)
- 파트 4. 계통수에 형질 진화 매핑 (21점)
- 파트 5. 육상식물에서 중요 형질의 진화 (9점)

실험을 시작하기 전에 문제를 전체적으로 읽기 바란다.

## 재료와 도구

실험을 하기 위해서는 아래의 목록에 있는 재료가 필요하다. 목록의 재료가 모두 있는지 확인하라. **만일 어느 하나라도 없다면 즉시 핑크색 카드를 들어 시험관을 부르시오. 반드시 시험이 시작되고 15분 이내에 손을 들어야 한다. 모든 재료는 동료들이 다시 사용할 것이기 때문에 신중하게 다루기 바란다.**

식물 건조표본 5개(H1-H5). (라벨에 적힌 정보는 표본을 종 수준으로 동정하는 데 중요하지는 않다는 점에 주목할 필요가 있다.) **중요 내용: 표본을 싸고 있는 신문지에 아무 것도 적지 말 것. 만약 적을 시 퇴실조치함.**

자연에서 살고 있는 식물 사진표본 5장(P1-P5)  
 살아있는 식물표본 2개(F1-F2)

식물의 일부분이 알코올에 저장된 액침표본 4개(A1-A4)  
 식물의 단면이 올려진 슬라이드표본 4개(M1-M4)

페트리접시 1개  
 핀셋 1개  
 해부침 1개  
 태블릿에 끼울 수 있는 접사 렌즈 1개  
 태블릿용 터치펜 1개  
 현미경 1대

### 기타

모든 재료를 찍어 놓은 사진 1장

## 1. 표본의 동정 (5점)

위의 재료는 육상식물 8종에 속하며, 알파벳 순으로 번호를 매기며, 아래에 목록을 제시하였다.

- 1 *Allium ursinum* (부추속 식물)
- 2 *Equisetum arvense* (쇠뜨기)
- 3 *Lycopodium annotinum* (개석송)
- 4 *Pinus sylvestris* (소나무속 식물)
- 5 *Pisum sativum* (완두)
- 6 *Polypodium vulgare* (미역고사리)
- 7 *Polytrichum commune* (솔이끼)
- 8 *Selaginella kraussiana* (부처손속 식물)

이 8종은 육상식물의 중요한 5개의 진화 계통을 대표한다. 이끼류(1종), 석송류(2종), 양치류(2종), 겉씨식물(1종), 속씨식물(2종). 이 시험 전체에서 이미 제공된 일부 답은 부처손속 식물인 *Selaginella kraussiana*를 예시종으로 사용한 것이다.

### Q. 1 표본의 동정

Node Id: **cb6ffb1a6899c04a2b85ef19**

5개의 대지에 붙인 건조표본을 동정하라. 각각의 종은 위 목록에 있는 8종 중의 하나에 해당한다.

	부추속 식물	쇠뜨기	개석송	소나무속 식물	완두	미역고사리	솔이끼	부처손속 식물
H1	<input type="radio"/>							
H2	<input type="radio"/>							
H3	<input type="radio"/>							
H4	<input type="radio"/>							
H5	<input type="radio"/>							

Node Id: **08d8d6d8ede1990e5d410b9f**

**5개의 사진표본(P1-P5)에 해당하는 각 종을 동정하라. 각각의 종은 위 목록에 있는 8종 중의 하나에 해당한다.**

	부추속 식물	쇠뜨기	개석송	소나무속 식물	완두	미역고사리	솔이끼	부처손속 식물
P1	<input type="radio"/>							
P2	<input type="radio"/>							
P3	<input type="radio"/>							
P4	<input type="radio"/>							
P5	<input type="radio"/>							

Node Id: **e114708fccd51856142add0c**

**두 개의 살아있는 생체표본(F1-F2)을 동정하라. 각각의 종은 위 목록에 있는 8종 중의 하나에 해당한다.**

	부추속 식물	쇠뜨기	개석송	소나무속 식물	완두	미역고사리	솔이끼	부처손속 식물
F1	<input type="radio"/>							
F2	<input type="radio"/>							

Node Id: **0ceb2557de5af19765510b75**

**알코올에 저장된 4개의 액침표본(A1-A4)을 동정하라. 각각의 종은 위 목록에 있는 8종 중의 하나에 해당한다.**

	부추속 식물	쇠뜨기	개석송	소나무속 식물	완두	미역고사리	솔이끼	부처손속 식물
A1	<input type="radio"/>							
A2	<input type="radio"/>							
A3	<input type="radio"/>							
A4	<input type="radio"/>							

Node Id: **8a04574e6f6c33e6be9de3c4**

**식물의 단면이 올려진 4개의 슬라이드표본(M1-M4)을 동정하라. 각각의 종은 위 목록에 있는 8종 중의 하나에 해당한다.**

	부추속 식물	쇠뜨기	개석송	소나무속 식물	완두	미역고사리	솔이끼	부처손속 식물
M1	<input type="radio"/>							
M2	<input type="radio"/>							
M3	<input type="radio"/>							



## 2. 형태 설명(36점)

(아래에 제시된) 9개의 형태구조에 해당하는 재료를 찾아 사진을 찍은 후 그림 2.1과 같이 화살표로 표시하시오.

### 형태구조

수술(Anther)

포자낭끝의 선개(Operculum)

포자낭군(Sorus)

포자엽(Sporophyll)

석송에 있는 작은 잎(Microphyll)

포자낭(Sporangium)

꽃받침(Sepal)

종자(Seed)

화분(Pollen grain)

### 방법

1. 태블릿 카메라 렌즈 위에 접사렌즈를 끼운다.
2. 제시된 구조가 있는 한 표본을 재료 A-E 중에서 선택한다.
3. 식물 표본을 촬영한다. 각 구조에 해당하는 하나의 표본만을 촬영한다. 여러 번 촬영하는 경우 마지막 것만 저장된다.
4. 사진 위에 구조의 위치를 화살표로 표시한다. (그림 2.1의 표시 예 참고)
5. 남아있는 형태구조를 위해 이 과정(2-4)을 반복한다.



그림 2.1: 구조(술이끼의 삭모)를 화살표로 표시하는 방법의 예. (위 방법에서 4번째 단계)

옳은 구조에 화살표로 표시한 사진을 업로드한 경우 3점을 받는다. 사진을 명확하게 찍으면 추가점수를 받는다. 구조는 1) 완전히 대표적이어야 하며, 2) 사진들에 원하는 구조가 확실히 들어가도록 확대해야 하며, 3) 초점이 맞아야 한다.

파란색 화살표를 끌어서 옳은 구조에 놓으시오. 화살표의 끝이 문제의 구조에 정확히 위치해야 한다.

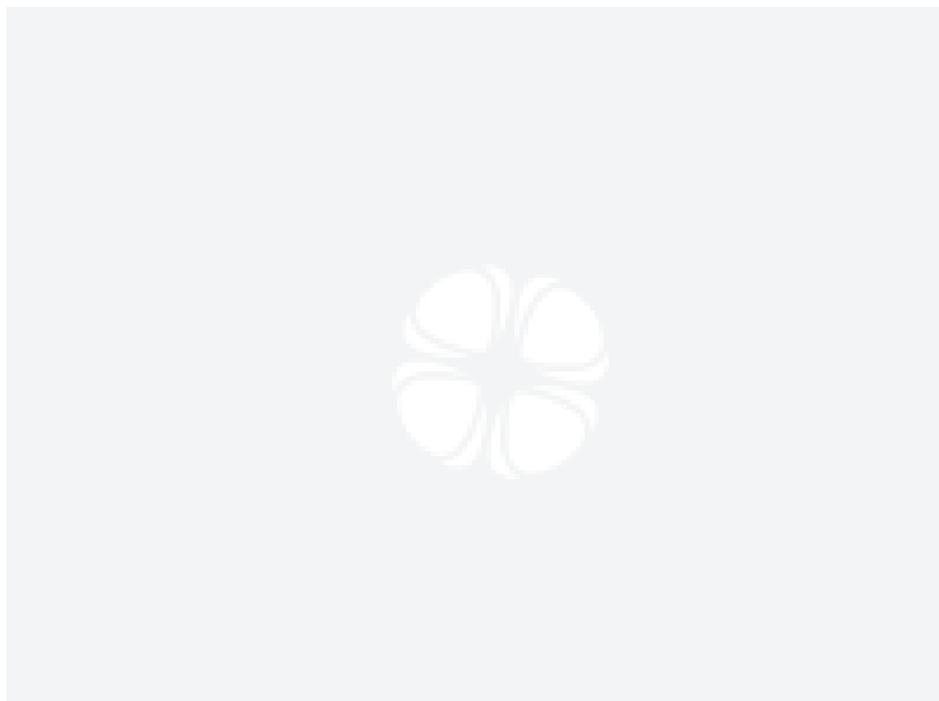


Q. 2

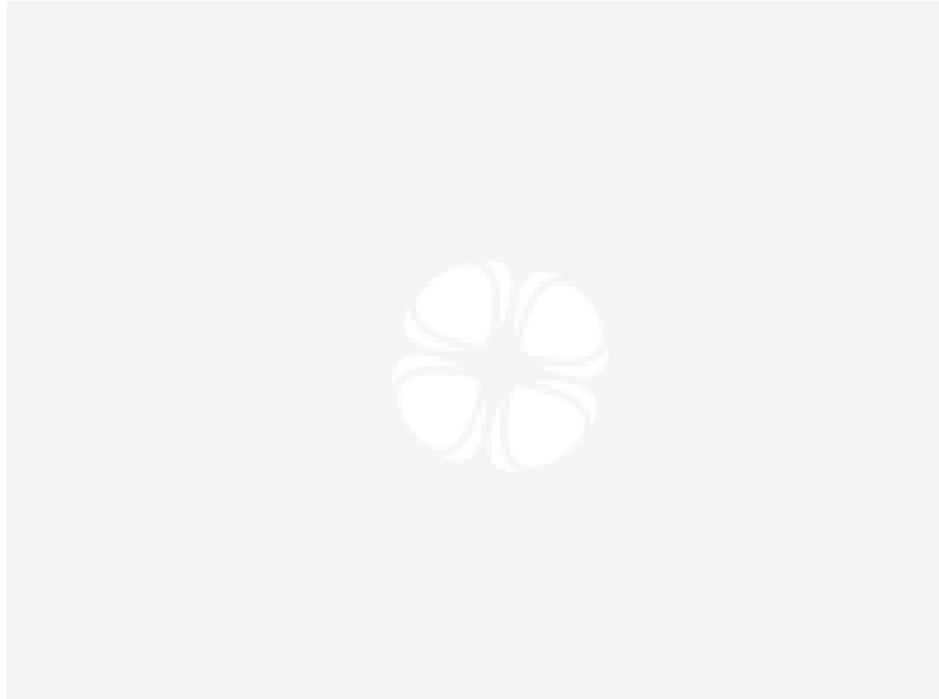
형태 구조 9개의 사진(27점)과 구조의 명확성(9점)

Node Id: **ae769742163251ad17453bff**

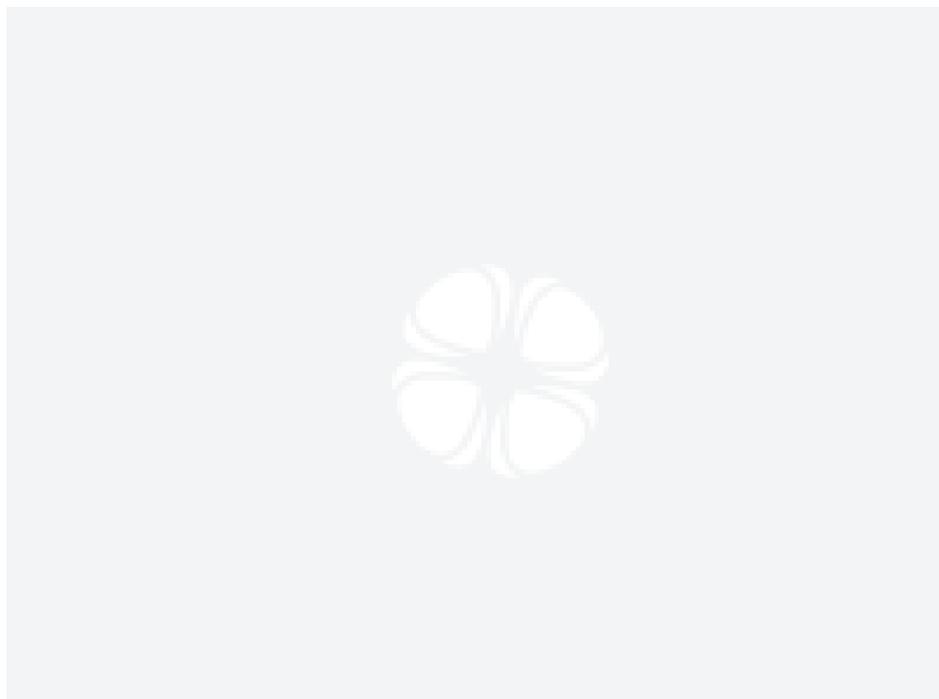
수술 사진-3점



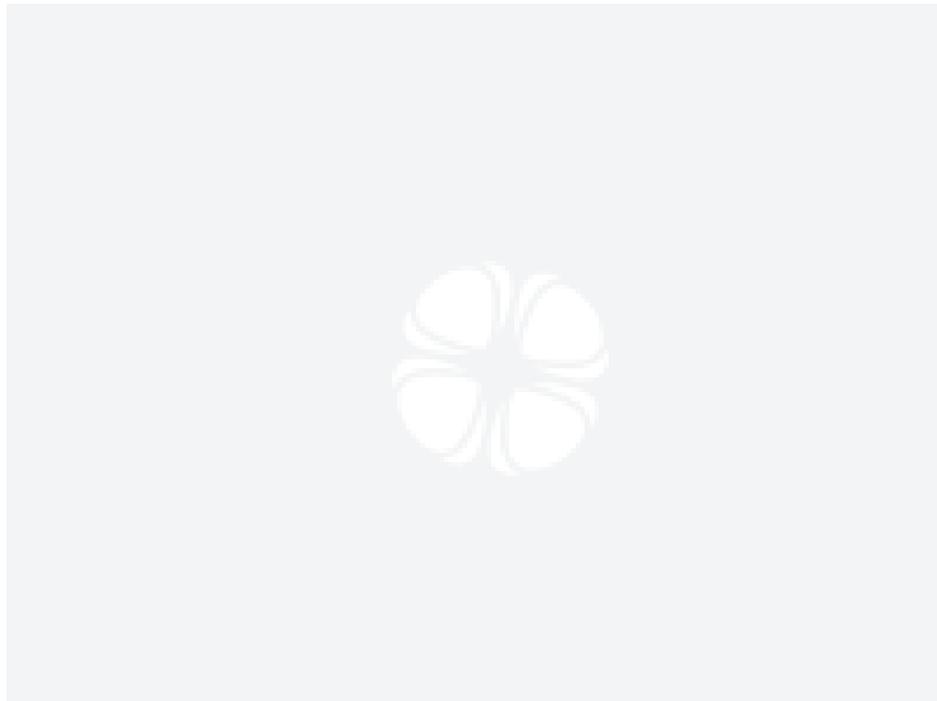
Node Id: **5d23ad48eb3b665a0e615f5a**  
선개 사진-3점



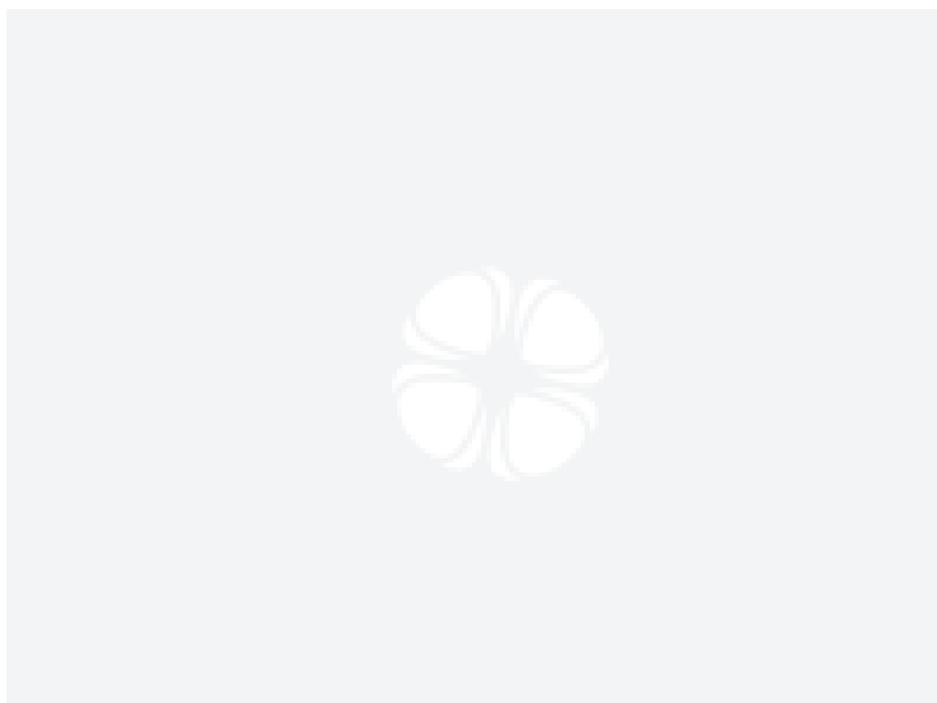
Node Id: **e43cd2801bef0ea45452db2b**  
포자낭균 사진-3점



Node Id: 6a4d9b0329ea9cbf4ea884f1  
포자엽 사진-3점

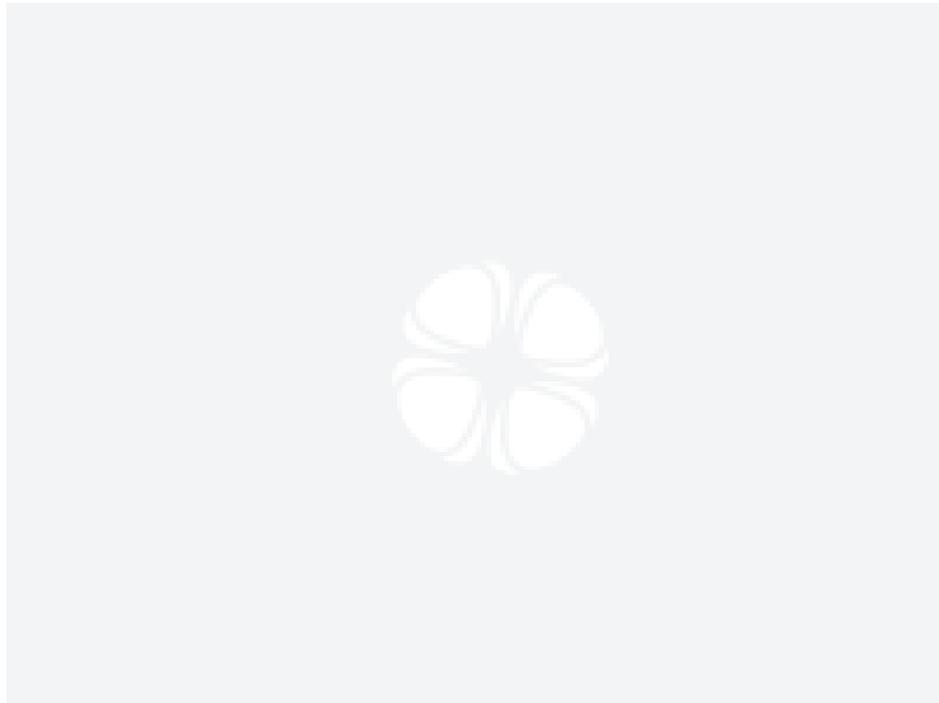


Node Id: 379dca56a5de63afd25ecd40  
석송류의 작은 잎 사진-3점



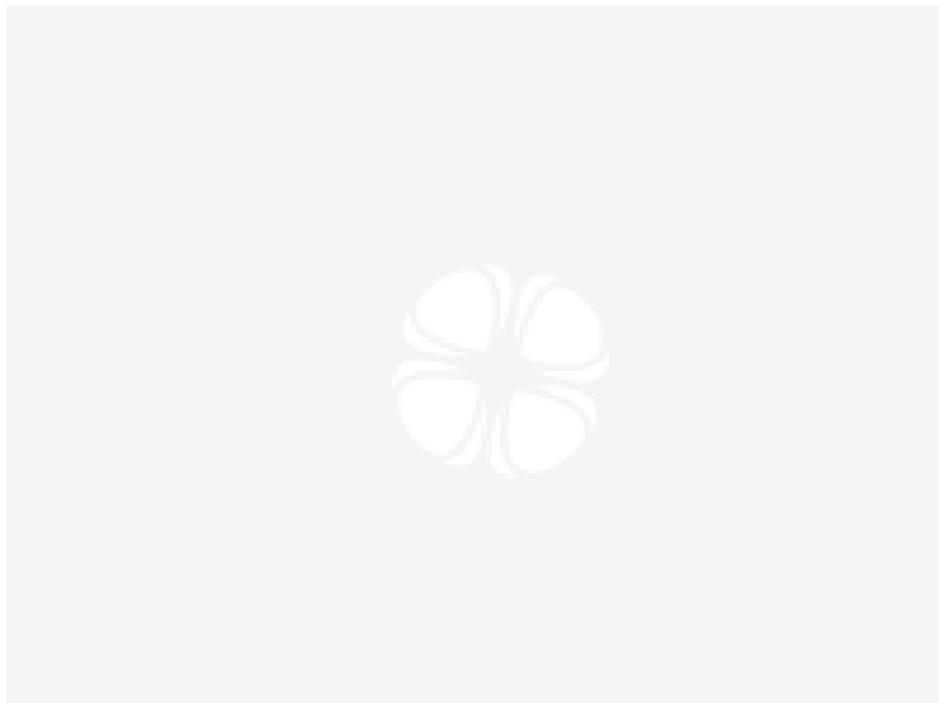
Node Id: **ac3175622c88a8769d588c79**

포자낭 사진-3점



Node Id: **d6a9dc9827bc8c3c00205865**

꽃받침 사진-3점



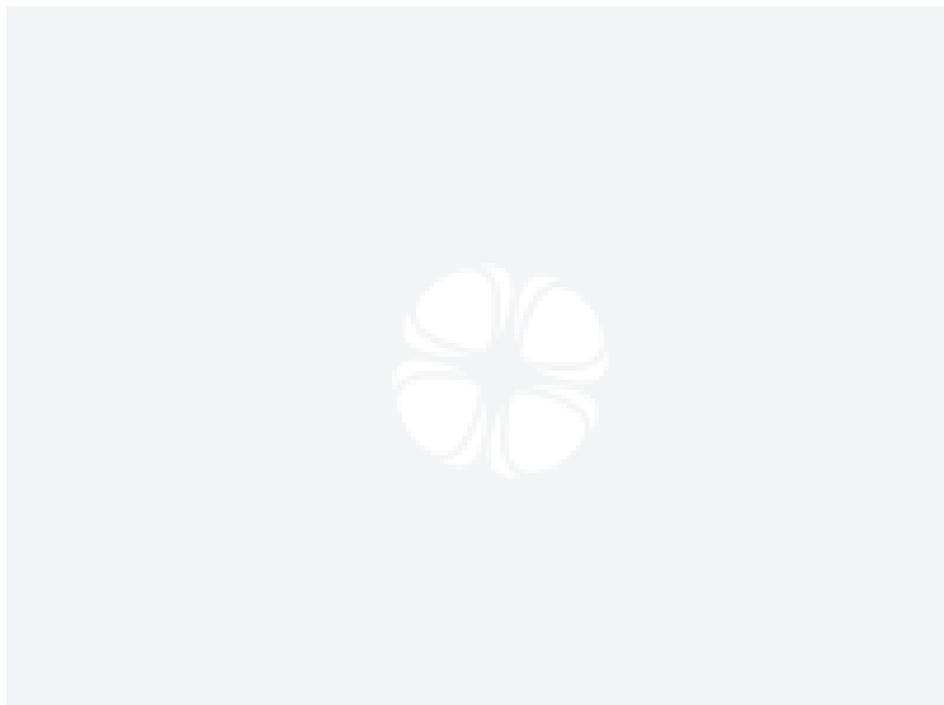
Node Id: f898ed61d4577f6c39dc2cb3

종자 사진-3점



Node Id: 25837501b0f20b2b0684e77a

화분 사진-3점



Node Id: 9ac52e1fe05303feb968e84e

### 3. 형태 변이와 형질 매트릭스 코딩(29점)

형질분석의 첫 번째 단계로 다음 8종의 형질 변이를 찾아야 한다. 이것을 가지고 계통수에 형질 진화를 매핑(mapping)할 수 있다.

- 1 *Allium ursinum* (부추속의 식물)
- 2 *Equisetum arvense* (쇠뜨기)
- 3 *Lycopodium annotinum* (개석송)
- 4 *Pinus sylvestris* (소나무속 식물)
- 5 *Pisum sativum* (완두)
- 6 *Polypodium vulgare* (미역고사리)
- 7 *Polytrichum commune* (솔이끼)
- 8 *Selaginella kraussiana* (부처손속의 식물)

아래의 표 3.1에는 목록에 있는 육상식물의 진화에 중요한 9가지의 형태 형질이 있다. 각각의 형질은 두 개의 형질상태로 나뉘어진다. 형질상태를 지정하는 것은 진화의 방향, 즉 0은 원시형을, 1은 파생형(새로운 상태)을 의미한다.

표 3.1. 9가지 형질의 형질 상태(0 또는 1)에 대한 정의

	상태 0	상태 1
형질 1	배우체 세대가 우세	포자체 세대가 우세
형질 2	뿌리가 없는 줄기	뿌리가 있는 줄기
형질 3	관다발조직이 없는 줄기	관다발조직이 있는 줄기
형질 4	암배우체는 포자체에서 방출된다.	암배우체는 포자체에 남아 있다.
형질 5	포자체 당 포자낭 1개	포자체 당 2개 이상의 포자낭
형질 6	포자낭이 하나이거나 포자낭이 없는 포자엽	포자엽에 둘 이상의 포자낭이 있는 것
형질 7	동형포자(즉, 한 종류의 포자)	이형포자(즉, 대포자와 소포자를 가지는)
형질 8	수배우체는 이동성 있음	수배우체는 이동성이 없음

형질 9	중복수정 없음	중복수정 함
---------	---------	--------

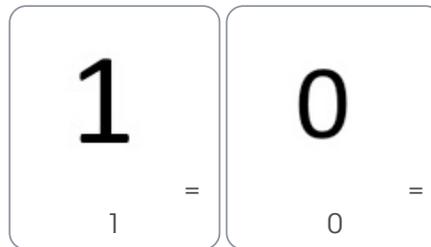
Q. 3 연구 대상 8종의 형질 상태(29점 만점)

Node Id: 4d13e727a058e4cca5eca547

형질분석의 다음 단계는 형질 매트릭스라고 부르는 표에 형질변이를 표시하는 것이다. 아래의 형질 매트릭스는 8종에 대해 위에서 언급한 중요 형질 9개의 변이를 표시하기 위해 만들어졌다.

빈 칸을 채워 매트릭스를 코딩하시오. 종과 형질의 모든 조합에 대해 상태 “0” 또는 “1”로 표시하시오. 부처손속 식물과 다른 5개의 칸에 대해서는 이미 코드가 주어졌다. 칸을 두드리려 상태(1 또는 0)를 선택하시오. 한번 두드리면 “1”이 주어지고, 두 번 두드리면 “0”이 주어지며, 세 번 두드리면 칸의 모든 내용이 지워진다. 주의: 상태가 바뀔 때 약간 늦게 반응할 수 있다.

옳은 답이 0-29개이면 0점이며, 30개 이상일 때 옳은 값을 적은 칸에 대해 1점씩 부여된다. 두 개의 옳은 칸 값(즉, 0 또는 1)에 대해서만 1점이 부여되며, 틀린 것 또는 값을 적지 않으면 0점이 된다. 58개의 칸에 대해 최대 29점을 받을 수 있다.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Allium ursinum</i> (부추속 식물)	<input type="checkbox"/>								
<i>Equisetum arvense</i> (쇠뜨기)	<input type="checkbox"/>								
<i>Lycopodium annotinum</i> (개석송)	<input type="checkbox"/>								
<i>Pinus sylvestris</i> (소나무속 식물)	<input type="checkbox"/>								
<i>Pisum sativum</i> (완두)	<input type="checkbox"/>								
<i>Polypodium vulgare</i> (미역고사리)	<input type="checkbox"/>								
<i>Polytrichum commune</i> (솔이끼)	<input type="checkbox"/>								
<i>Selaginella kraussiana</i> (부처손속 식물)	<input type="checkbox"/>								

		형질 번호								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
형질	Allium ursinum						1			
	Equisetum arvense						1			
	Lycopodium annotinum									
	Pinus sylvestris						1		1	
	Pisum sativum						1			
	Polypodium vulgare									
	Polytrichum commune									
	Selaginella kraussiana	1	1	1	0	1	0	1	0	0

그림 3.7: 문제 4에 대해 주어진 칸의 값

### 4. 계통수에 형질 진화 매핑(MAPPING)하기(21점)

계통수는 연구 대상 생물들 사이의 조상 관계(그림 4.1)에 대한 하나의 가설이다.

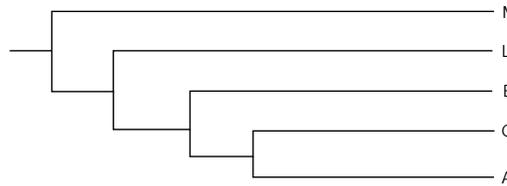


그림 4.1: 육상식물의 중요한 5개의 가계(종족) 사이의 가설적인 관계를 보여주는 계통수. M=이끼류, L= 석송류, E=양치류, G=겉씨식물, A=속씨식물

다음 단계는 그림 4.2에 있는 것처럼 주어진 계통수에 형질 진화를 매핑(mapping)하는 것이다. 계통수는 육상식물의 진화에 대한 여러 가설 사이에 세계적으로 의견이 일치한 것이다.

여기에서는 DELTRAN이라는 형질 매핑 방법을 사용한다. 다음 방법에 따라 진행하시오.

1. 형질의 변화는 0에서 1로만 변화한다.
2. 계통수에서 형질이 변화하는 횟수는 최소화 된다(최소변화의 원리)
3. 주어진 형질의 변화를 단지 하나의 가지(branch)에서의 변화로 제한하지 못한다면, 한 번 이상의 형질변화를 허용한다(평행진화)
4. 어떤 가지에서 주어진 형질변화가 나타났는지 계통수에 표시하시오. 형질의 변화가 평행진화로 나타났다면 두 개의 세로 막대(II)로 표시되며, 형질 상태 변화가 한 번만 일어났다면 하나의 세로 막대(I)로 표시된다. 마지막으로 아래의 계통수에 나타난 것처럼 0에서 1로 상태가 변한 형질의 번호를 표시하시오.

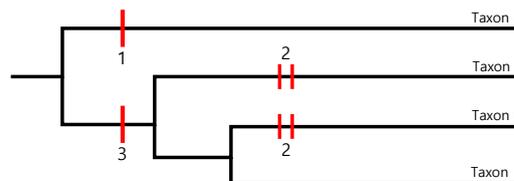
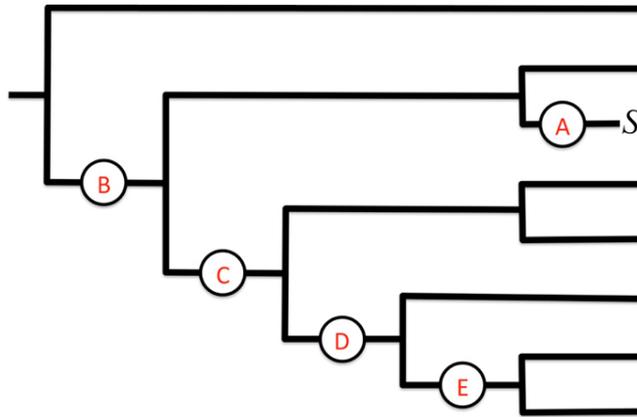


그림 4.2: 4개의 분류군 A-D의 가상적인 계통수. 세로 줄에는 상태가 변한 형질 번호가 있다. 형질 1과 3은 한 번, 형질 2는 두 번 변화하였다.

Q. 4 연구 대상 8종의 계통발생적 관계 (21점)

Node Id: 6e4cbdd45d554a0e213b0567

증명을 올바른 가지의 끝에 옮겨 놓으시오.



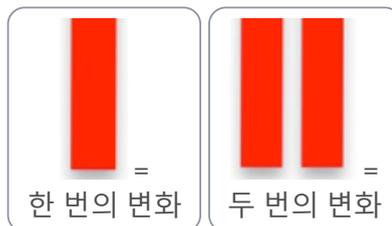
*Pinus sylv*  
*Polypodi*  
*Dicranum ssp*  
*Polytrichu*  
*Lyconodiu*  
*Equisetum*  
*Allium urs*

Q. 5

Node Id: dd3c122eda75a899ecbaa9ab

아래의 표에는 계통의 가지(branch) A-E가 세로로 제시되어 있고, 중요한 형질 1-9가 가로로 제시되어 있다. 칸을 두드려서 형질상태 변화가 일어난 가지를 표시하시오. 이때 앞에서 설명한 DELTRAN의 원리를 따르시오. 한 번 두드리면 한 번만의 형질 변화가 일어난 것을, 두 번 두드리면 평행적인 형질 변화가 일어난 상태를 나타낸다. 세 번 두드리면 칸의 내용이 모두 지워진다. 형질상태 변화는 계통수에서 균등하게 분포하지 않을 수 있으며, 이로 인해 일부 칸은 빈 칸으로 남겨질 수 있음에 주의하시오.

옳은 답이 주어진 칸의 수가 0-15개 일 때는 0점이,  
 16-40개 일 때는 8점, 41-45개일 때는 16점을 부여한다.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
가지(branch) A	<input type="checkbox"/>								
가지(branch) B	<input type="checkbox"/>								
가지(branch) C	<input type="checkbox"/>								
가지(branch) D	<input type="checkbox"/>								
가지(branch) E	<input type="checkbox"/>								

### 5. 육상식물에서 중요 형질의 진화(9점)

앞에서 본 것과 비슷한 형질진화의 재구성에 근거하여 식물학자들은 초기 육상식물의 동력에 대해 논의한다. 널리 인정되는 두 가설은 다음과 같다.

가설 H1: 육상식물에서 초기 진화는 번식을 완성하는 데 있어서 물에 대한 점진적인 독립(비의 존성)을 반영한다. (Early evolution in land plants reflects an increasing independence of water for completion of reproduction)

가설 H2: 육상식물에서 진화는 건조에 대처하는 생리생태적인 능력의 증가를 반영한다. (Evolution in land plants reflects an increasing ecophysiological ability to cope with desiccation.)

가설들이 반드시 상호 배타적이지는 않다는 것에 주목하십시오.

Q. 6 진화 가설 선택(9점 만점)

Node Id: 8ece47fa23b1943f045981c4

파트 4에 근거하여 각각의 형질상태 변화에 대하여 이것이 H1을 지지하는지, H2를 지지하는지, 또는 둘 다 지지하는지, 아니면 아무 것도 지지하지 않는지를 표시하십시오. 한 번 두드리면 지지함이 나타나고, 두 번 두드리면 지지하지 않음이 나타나며, 세 번 두드리면 모두 지워진다. 옳은 답을 한 칸마다 1점씩 부여된다.

 = 지지함	 = 지지하지 않음
---	---

	H1	H2
형질 1의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 2의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 3의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 4의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 5의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 6의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 7의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 8의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
형질 9의 변화	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11  
E