

제8장

식물지구화학

추민곤 윤서정 박지환



2-4. 식물에 의한 양분의 흡수

◆ 토양 중의 양분 존재상태

: 토양 중의 원소는 식물이 이용할 수 있는 형태로 존재해야 흡수됨
⇒ 식물 내 원소의 함량이 곧바로 토양 내 원소의 함량을 의미하지는 않음

① 가급성(availability) 양분

: 식물 흡수 가능

화학적 수용성과 치환성

약하게 흡착된 자유이온, 무기 및 유기성착물 등

② 비가급성 양분

: 식물 흡수 불가능

⇒ 풍화작용, 토양의 상태(온도, pH)에 의해 결정

2-4. 식물에 의한 양분의 흡수



2-4. 식물에 의한 양분의 흡수

◆ 무기양분의 흡수: ②탄산설

:식물뿌리에서 분비된 탄산에 의해 불용성 성분을 녹이는 것

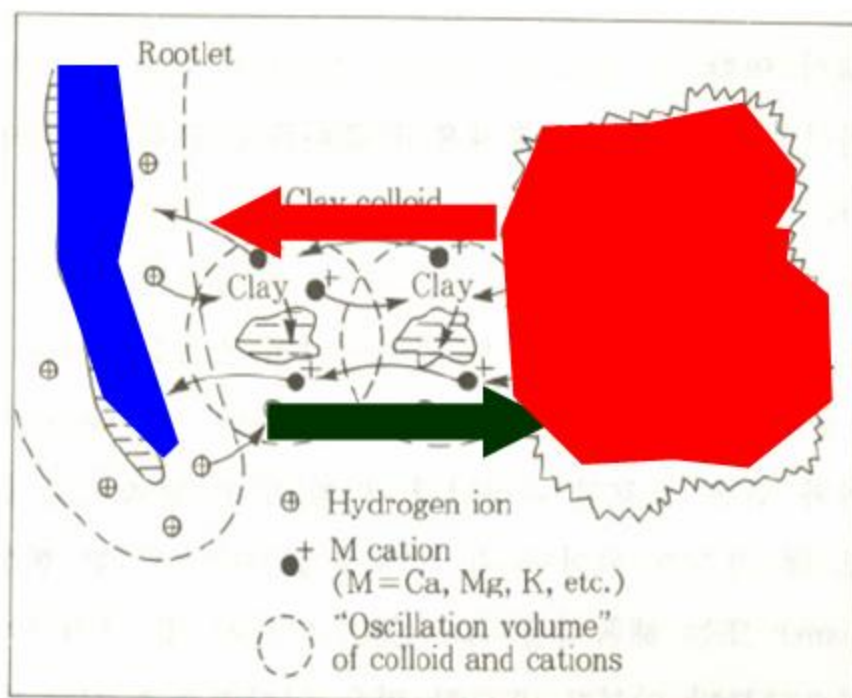


그림 8-4. 뿌리말미에서의 양이온 교환반응

식물뿌리에서 이산화탄소 + 물 = 탄산 + 수소이온
산화환경이 되어 뿌리(**root**)는 음전하를 띄게 됨



음전화 된 뿌리 주변에 **H+** 존재 → 콜로이드에
흡착된 양이온과 **이온교환**이 발생하여 **양분**을 흡수

2-4. 식물에 의한 양분의 흡수

◆ 양분흡수에 관여하는 몇 가지 조건

1) 양분농도: 양분농도가 어느 한계를 넘으면 생리작용 저해되므로 흡수 정지

2) 온도의 영향: 온도가 낮아지면 뿌리의 호흡이 줄어들고, 물과 염류 흡수 감소

3) 양분상호간의 관계

* 길항작용(antagonism, 해독작용) :

단독으로 유해한 염류라 할지라도 몇 가지가 섞이면 거의 해가 없는 현상.

* 상승작용(synergism) :

길항작용과 반대로 어떤 이온의 작용이 다른 이온에 의해서 강화되는 현상

4) 식물체에서의 양분이동

방사성 동위원소 연구결과 잎에서의 이동은 사부, 뿌리에서의 이동은 도관을 통한.

2-5. 식물생육에 관한 법칙

①최소양분율

:수종의 무기성분이 적당한 비율로 공급되어야 함

②우세의 원리

:식물 생육 시 종류에 따라 다량의 영양분이 필요

③과잉흡수

:존재하는 양분이 많으면 생리적 필요이상으로 흡수하려는 성질

④작물의 영양기

:식물이 생육함에 따라 작물이 요구하는 양분이 달라짐

3. 생지구화학적 탐사방법

- ◆ 식물의 기관에 함유된 원소함량을 이용하여 광상 탐사에 적용하는 방법
- ◆ 생지구화학 이상대: 식물 내 어떤 금속함량이 비정상적으로 높게 나타나는 지역
- ◆ 기반암 및 토양의 금속함량과 식물내 원소함량 사이에 상관성이 있어야 한다.

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-1 식물종 사이의 변화

- 식물의 종류에 따라 토양으로부터 흡수되는 원소의 양은 다르다.
- 식물의 화학조성과 식물이 자라는 토양의 화학조성간의 상관성은 반드시 일치하지 않는다.

◆ 3-2 식물의 조직 사이에서의 변화

- 식물의 기관들 사이에서 미량원소의 함량차이가 나타난다.
- 미량원소의 농도: 잎 > 가지 > 목질부 > 뿌리 > 나무껍질
- 식물기관의 연령차이 혹은 성장환경에 의해서도 원소함량의 차이가 날 수 있다.

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-3 뿌리의 침투 깊이

심근식물

식물의 뿌리가 포화대인
지하수면까지 뻗어나간 식물

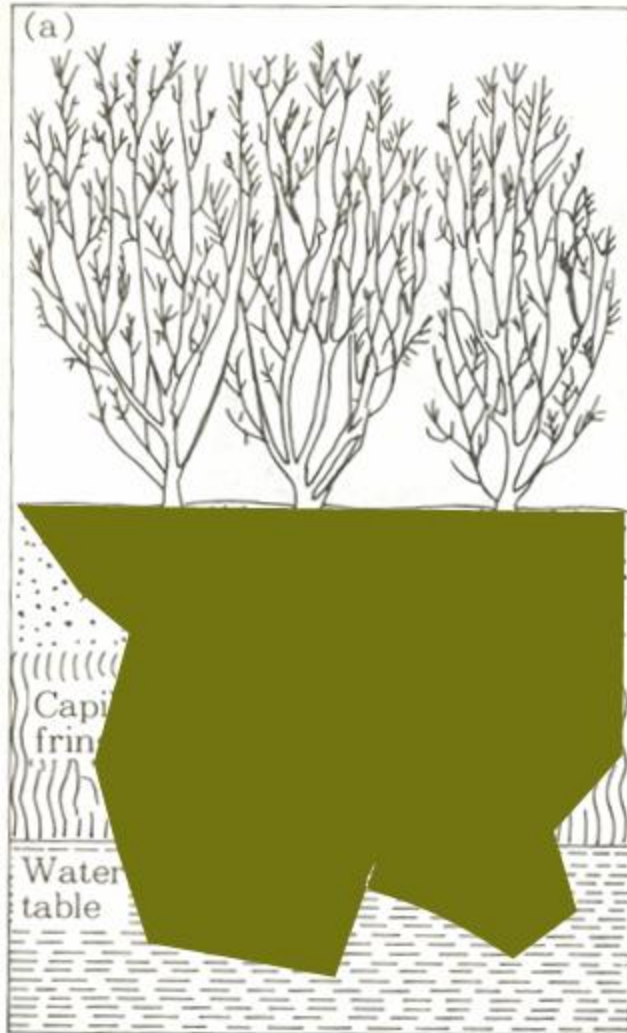
천근식물

천부로 뿌리를 내려 모세관부
등에 주로 의존해 사는 식물

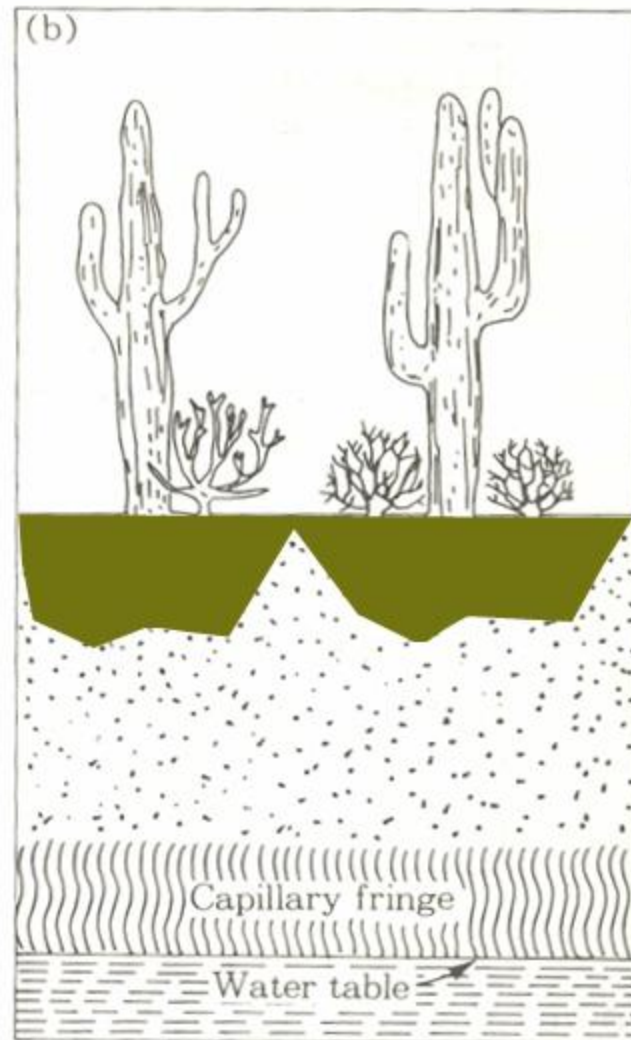
- 식물주변의 환경이 동일하다고 할 때 뿌리의 심도가 광화대와 근접하게 접근하는 식물들이 생지구화학 이상대를 더욱 잘 나타낸다.

3. 생지구화학적 탐사방법

심근식물



천근식물



3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-4 기타 요인에 의한 변화

배수조건

식물뿌리 침투 깊이
및 토양pH에 영향

원소 용해도 변화시켜
가급성 변화 초래

햇볕

광물질 영양성분이
식물 내로 흡수되는
양 결정

동종식물의 조성이
양지, 음지에 따라
바뀔 수 있음

식물수령


성장 활발한 시기(봄)
광물질 함량 증가

식물 성숙함에 따라
미량원소 함량 감소


Contents



1. 서론



2. 식물체의 구성



3. 생지구화학적 탐사방법



4. 지구식물학적 탐사방법



5. Case Study I, II

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-5 생지구화학 이상값과 배경값의 대조

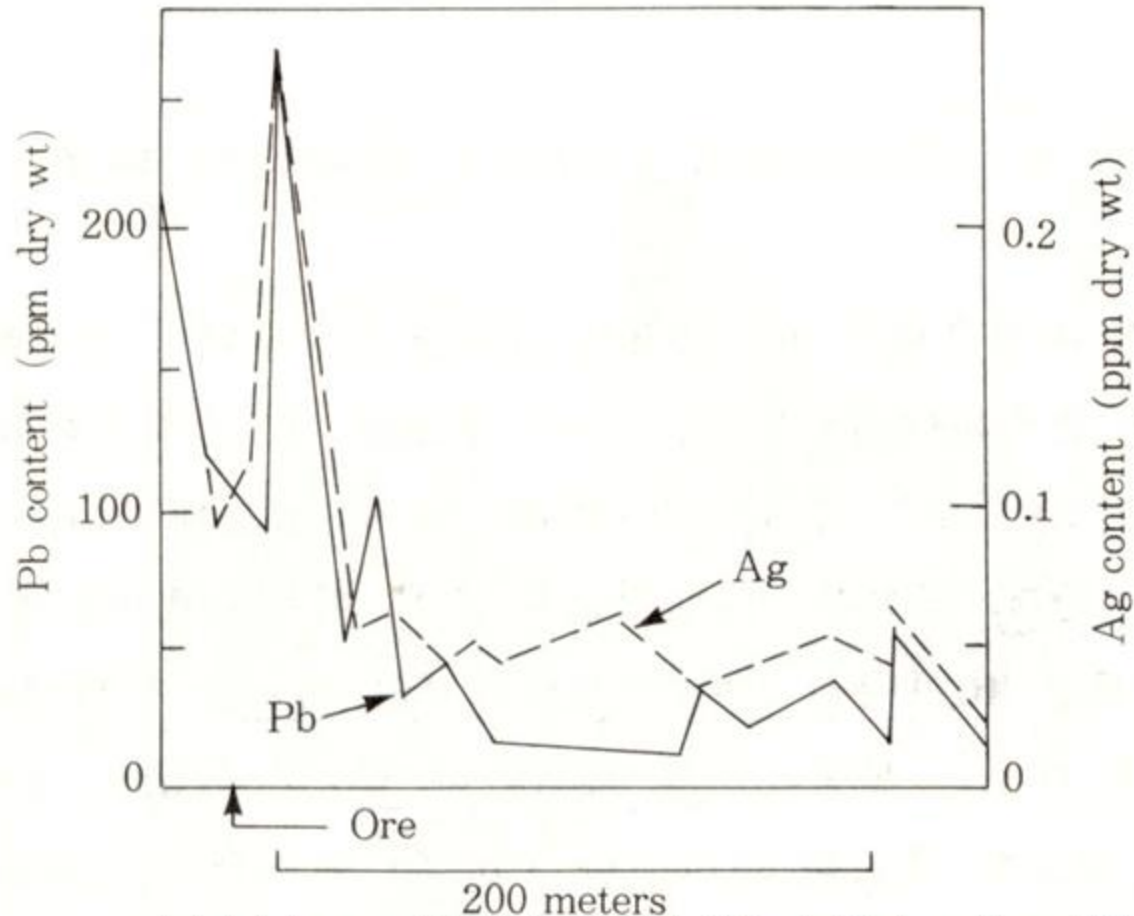
원소	Mo	Co, Pb, Fe, U	Cu, Zn
이상값과 배경값의 대조	100/1~10/1	5/1 초과	2/1~3/1

- 생지구화학적 대조가 작을 경우 이상대를 찾아내기 어렵다.
- 낮은 대조현상을 나타내는 원소들은 식물성장에 극소량 요구되는 영양성분이다.

표 8-5. 나이지리아 Pb-Zn 광화대에서 자란 나무들의 잔가지 중 Pb 및 Ag 함량의 대비

Species of tree	Pb(ppm)			Ag(ppm)		
	Back-ground	Anomaly peak	Ratio peak/bg	Back-ground	Anomaly peak	Ratio, peak/bg
<i>Afzelia africana</i>	0.8	140	175	0.05	0.31	6
<i>Baphia nitida</i>	0.4	16	40	<0.03	0.06	>2
<i>Albizzia zygia</i>	0.4	23	57	0.04	0.07	2
<i>Vitex cuneata</i>	0.6	6	10	0.04	0.08	2
<i>Parkia oliveri</i>	0.4	13	32	<0.03	0.05	>2
<i>Millettia sp.</i>	0.3	7	23	<0.03	0.04	>1

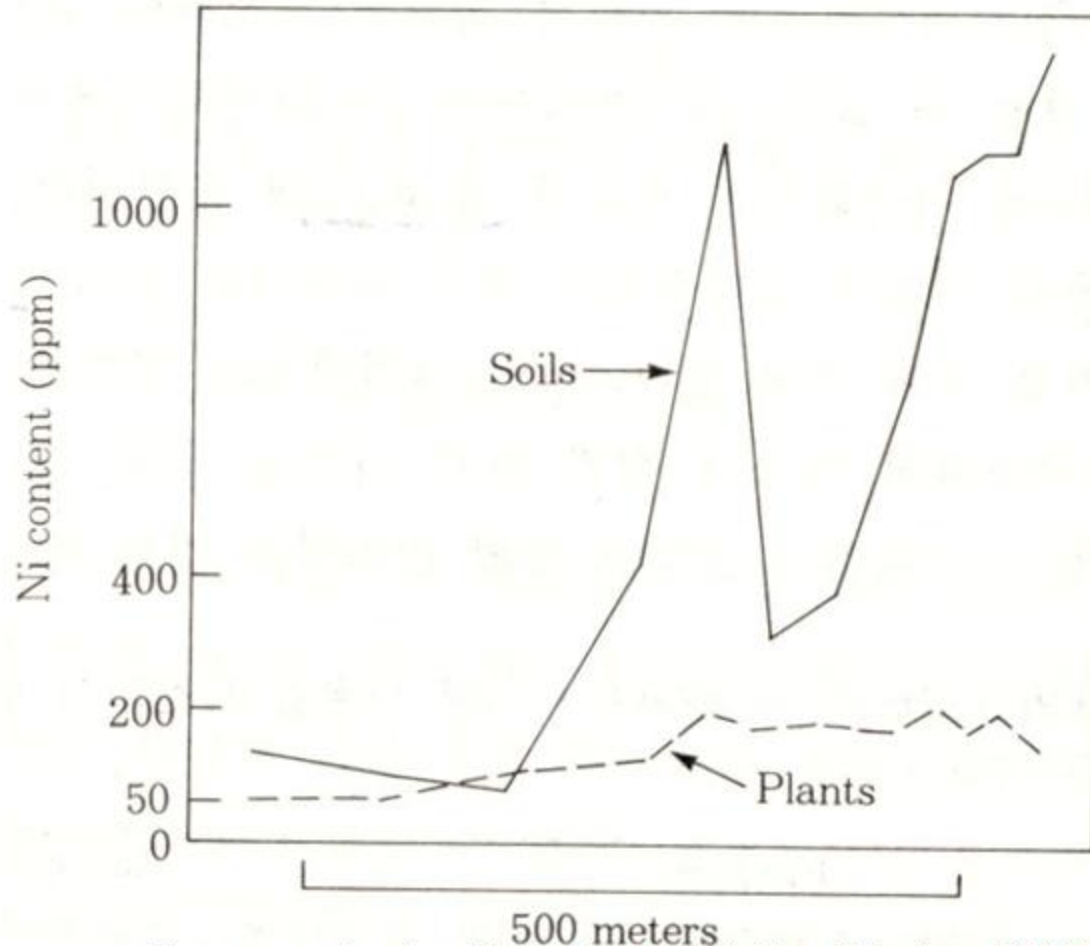
3. 생지구화학적 탐사방법



나이지리아 Pb-Zn 광화대에서 채취된 식물 가지 중의 Pb 및 Ag 함량

- Ag보다 Pb를 이용한 대조가 상대적으로 크게 나타난다.

3. 생지구화학적 탐사방법



소련 Novo-Tayketken 광장에서 식물회분 및 토양 중의 Ni 함량 변화

- 일부 지역: 토양지구화학적 대조 >> 생지구화학적 대조

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-6 이상대의 형태

- 식물이 광체에 직접적으로 뿌리를 고착시킨 경우
토양에 발달된 이상대 바로 위에 뿌리가 뻗어 있는 경우
→ 생지구화학 이상대는 광체의 직상부에 나타난다.
- 원래의 이상대가 지하수의 흐름 등의 원인으로 변형 혹은 이동되었는 경우
→ 광체로부터 어느 정도 떨어져서 생지구화학 이상대가 존재한다.

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7 생지구화학 탐광방법

1. 예비조사
2. 시료물질의 선택
3. 시료채취 및 처리
4. 분석방법의 선택
5. 자료해석

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-1 예비조사

■ 조사되어야 할 내용

: 광상배태층의 범위, 심도, 경사, 광체의 크기 및 특성, 광석의 품위, 주변암에서의 지구화학적 후광의 존재 유무, 광석과 관련된 층과 지하수면 및 식물뿌리와의 관계 등

표 8-6. 생지구화학 예비조사시 조사되어야 할 주요항목

- (i) Optimum species, based on distribution (must be widespread), contrast of anomalies, homogeneity of anomalies, ease of recognition, ease of sampling, and depth of root system.
- (ii) Part of plant to be sampled (twigs, leaves, fruits, bark, wood).
- (iii) Best indicator element or elements.
- (iv) Effects of aspect (sunlight), drainage, shading, antagonistic effects of other elements.
- (v) Amount of vegetation needed to give adequate ash.
- (vi) Contamination from dust or other sources.
- (vii) Sampling pattern and interval.

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-1 예비조사

- 광화대와 비광화대 두 곳에서 시료 채취
→ 두 지역의 식물시료 화학분석
→ 배경값, 이상값, 대조, 가장 효과적인 이상값을 보여주는 원소의 종류 확인
- 예비 조사 결과를 이용하여 탐광대상 지역에 적당한 채취대상 물질, 시료채취 패턴, 시료채취간격 등을 결정한다.
- 주의점: 생지구화학 이상대에 영향을 줄 수 있는 오염원 고려
(자동차, 공장, 제련소의 가스 및 먼지, 화학비료 등)

표 8-7. 우라늄광석처리 공장 부근에서 생육하는 노간주나무의 오염

Distance from mill	Number of samples	U content(ppm ash)
600~1200m	6	40(av.)
250~460m	4	150(av.)
Adjacent to the mill	2	700 and 1100

생지구화학적 방법은 오염이 심각한 지역에서는 일반적으로 시도되지 않는다.

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-2 시료물질의 선택

- 뿌리가 깊게 발달한 식물(심근식물)
- 흔히 접할 수 있는 균일하게 분포하는 식물
- 어떤 특정원소에 대해 비례적으로 흡수하는 식물종들은 같은 시료 세트로 취급
- 키가 큰 관목 혹은 교목의 경우, 1~2년 간 생육한 잔가지들이 생지구화학 이상대를 가장 잘 나타낸다. 빗물에 의한 오염가능성이 더 적다.
- 과육, 활엽, 침엽 및 어린가지의 식물기관에서 상당한 원소함량의 변화 확인. 채취 및 처리가 더 쉽다.
- 늪지의 이끼류와 키 작은 관목 등도 유용한 시료 물질

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-3 시료채취 및 처리

- 채취시료가 밀생하는 경우: 격자망을 설정하여 채취
넓은 지역에 산재하는 경우: 발견장소에서 채취 후 위치 기재
- 지도 준비: 시료의 위치, 기반암의 지질 및 지형 등 기록
- 가지 채취 시 전지구 사용
- 세척: 반드시 필요. 최종적으로 증류수 이용
- 약 1g의 회분시료량을 얻기 위해 약 20g의 시료 채취
- 용기: 작은 봉투, 종이백 등
- 전처리: 건조, 분쇄, 균질화작업 등
- 건조: 건조 기후 - 종이용기 속에서 약 2주간 보존
습한 기후 - 오븐에서 건조
시료가 가지인 경우 미리 절단
- 종이에 시료 보관 시 수분에 의한 곰팡이 번식에 주의

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-4 분석방법의 선택

- 회화 시 주의점: 적당한 양의 산소 공급
(시료가 불꽃을 내며 타는 것 방지, 유기물질의 휘발작용 최소화)
- **450°C** 에서 회화시 원소 손실 거의 미미
- **450°C** 이상에서는 원소의 손실 (Cd, Pb 등)
- 습식회화방법 (아염소산:질산 혹은 황산:질산의 1:5 혼합산)
: 원소 손실 방지

◆ 식물지구화학탐사

:식물 내 원소함량, 식물기관의 형태 및 식물군락 특성을 이용하여 광상탐사에 적용하는 방법

① 생지구화학적 방법(biogeochemical prospecting)

: 식물의 기관에 함유된 원소 함량을 이용

② 지구식물학적 방법(geobotanical prospecting)

: 식물상 및 형태 등을 육안으로 관찰하여 탐사에 적용

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-5 자료해석

- 문제점: 진이상대와 가이상대의 구분
진이상대: 탐광지침에 이용
가이상대: 토양pH, 배수조건, 햇볕의 노출, 환경오염 등의 요소에 의해 발생
- 다양한 비지질적 요소에 의해 유사한 반응을 보이는 원소들의 비 이용해서 부분적으로 가이상대 구분

예) Zn/Cu의 비를 이용한 가이상대의 구분

비광화대에서 식물 내 Cu, Zn의 절대함량은 환경에 따라 변화하지만 비율은 일정
식물뿌리 등이 Zn, Cu 광체에 접근하는 경우 일정한 비가 유지되지 않고 변화

→ Cu 광체: $Cu/Zn > 0.23$

Zn 광체: $Cu/Zn < 0.07$

3. 생지구화학적 탐사방법

◆ 3-7-6 생지구화학 탐사의 장점 및 단점

■ 장점

- 지표 하부의 지구화학적 환경에 대한 정보를 지닐 수 있다.
- 시료채취가 쉽다.
- 토양탐사에서 얻기 힘든 이상대를 발견할 수 있다.

■ 단점

- 각종 변수들에 의해 식물의 원소흡수기능 및 영양상태가 다양하게 변화하므로 신뢰정도가 낮을 가능성을 내포하고 있다.
- 고도의 숙련도와 경험이 필요하다.

4. 지구식물학적 탐사방법

지구식물학이란?

◆ 지질환경과 관련하여 야기되는 식물의 외양 및 분포특성을 규명하여 지질환경 및 광물탐광에 응용하는 분야

◆ 주된내용

- 지시식물의 분포
- 식물군집의 특성
- 식물의 비정상적인 변형, 변색
- 항공탐사와 원격탐사 및 자료의 특성해석

“항공탐사 및 원격탐사는 가장 쉬운 방법인 동시에 해석하기가 가장 어려운 방법” Brooks

4. 지구식물학적 탐사방법

- ◆ 지질학적 요인 외에도 햇볕, 성장기의 기간, 고도, 산불, 해충 등의 영향으로 식물종별로 독특한 성장특성을 표출
 - 덥고 습윤한 환경 : 생장환경이 양호하여 울창한 밀림을 형성
 - 너무 한랭한 환경 : 발육이 부진하거나 아예 살 수가 없음
- ◆ 또한, 식물종에 따라 선호하는 환경이 각기 다르므로 특정 식물의 형태학적 특징과 분포형태를 잘 파악하여야 함

4. 지구식물학적 탐사방법

지시식물

토양에 어떠한 원소가 존재하고 있다는 것을 제시하는 식물

- 보편적 지시식물종 : 광화된 토양에서만 발견되고 그 외의 토양에서는 자라지 않는 식물종
예) **calamine violet : Zn** 제시
- 국부적 지시식물종 : 광화지대에서 활발히 잘 자라지만 비광화대에서도 자라는 식물종

보편적 지시식물종이 탐사에 더 유리

지시군락

광화대의 존재 자체보다는 광화대의 가능성을 제시

- 광범위한 지역의 광화대의 범위
- 지표 하부토양
- 기반암의 특성
- 자운영속 : **Se** 및 염분토양에 견딜 수 있는 내성을 가지므로 **Se**가 풍부한 토양에서 군락 형성

4. 지구식물학적 탐사방법

독성증상(**toxicity symptom**)

- ◆ 유해성분에 의해 식물에 발생하는 형태의 변화나 색깔의 변화를 총칭
- ◆ 유해원소 과량 농축의 현상
 - 왜소발육증(dwarfism)
 - 거대발육증(gigantism)
 - 백화현상 (chlorosis)
 - 기형과실
 - 성장과 개화리듬의 교란

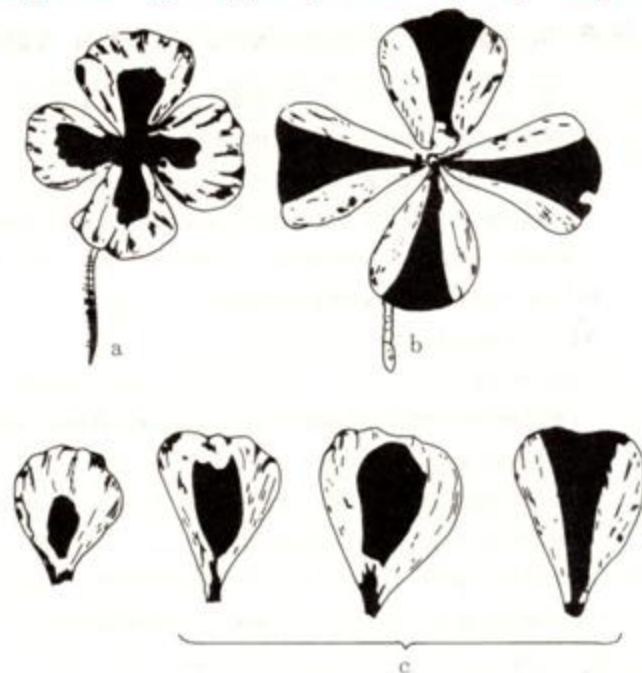


그림 8-10. Cu-Mo 광화작용의 영향을 받은 *Papaver commutatum*의 꽃잎 색깔변화(명암차이)

a. 정상적인 꽃잎, b. 변형된 꽃잎, c. 꽃부리의 상호관계

4. 지구식물학적 탐사방법

표 8-9. 식물에서 나타나는 금속원소의 독성 증상

Element	Effect
Aluminum	Stubby roots ; leaf scorch ; mottling.
Boron	Dark foliage ; marginal scorch of older leaves at high concentrations ; stunted, deformed, shortened internodes ; creeping forms ; heavy pubescence ; increased gall production.
Chromium	Yellow leaves with green veins.
Cobalt	White dead patches on leaves.
Copper	Dead patches on lower leaves from tips ; purple stems ; chlorotic leaves with green veins ; stunted roots ; creeping sterile forms in some species.
Iron	Stunted tops ; thickened roots ; cell division disturbed in algae, resulting in greatly enlarged cells.
Manganese	Chlorotic leaves ; stem and petiole lesions ; curling and dead areas on leaf margins ; distortion of laminae.
Molybdenum	Stunting ; yellow - orange coloration.
Nickel	White dead patches on leaves ; apetalous sterile forms.
Uranium	Abnormal number of chromosomes in nuclei ; unusually shaped fruits ; sterile apetalous forms ; stalked leaf rosette.
Zinc	Chlorotic leaves with green veins ; white dwarfed forms ; dead areas on leaf tips ; roots stunted.

4. 지구식물학적 탐사방법

사례별 지시식물



4. 지구식물학적 탐사방법

지하수에 대한 지시식물

- ◆ 심근식물 : 포화대로부터 물을 흡수하는 습성을 가진 식물종. 이는 뿌리 하부에 지하수면이 존재한다는 것을 의미
 - 미국 서부지역 : 자주개나리, mesquite, greasewood, paloverde
 - 캐나다 동부지역 : 오리나무, 버들, 양치류
- ◆ 사막지역에서는 식물의 증산작용으로 인한 지하수의 소모 가능성 → 이들 식물종에 대한 처리 필요

4. 지구식물학적 탐사방법

염광에 대한 지시식물

- ◆ 높은 함량의 염성분에 대하여 내성을 지니고 있거나 환경을 선호 경향의 식물 존재
- ◆ 염 또는 할로겐 원소 부화지역은 목장지대로 부적당
 - 중앙아시아의 염광상 : B에 대한 강한 내성을 지닌 식물종 (*salicornea*) 서식. 그에 비해 다른 식물들은 기형적 변이나 뿌리가 썩거나 몰식자, 백화현상 등의 병에 걸려 있다.

◆ 잎의 구조

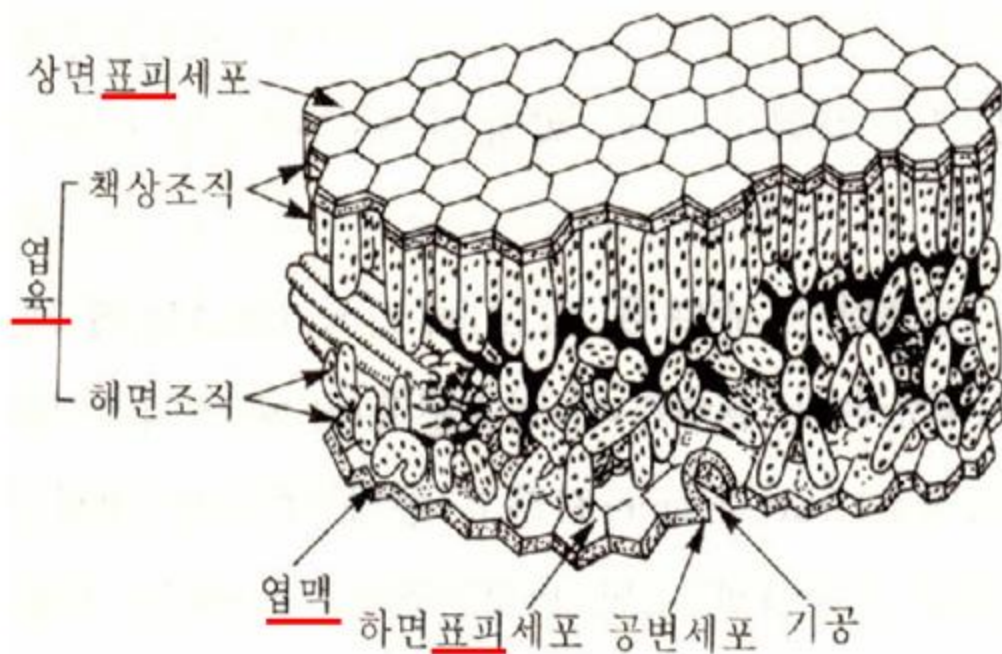


그림 8-1. 녹엽의 종단면(조성진, 1978)

- ① 표피
: 표피 세포, 큐티클라층
- ② 엽육
: 책상조직, 해면조직
- ③ 엽맥(유관속)

4. 지구식물학적 탐사방법

탄화수소에 대한 지시식물

- ◆ 역청질 토양에서 생육된 식물들의 거대증과 기형 현상을 보이거나 꽃이 이상하게 피는 현상 → 식물학적 변화는 관찰이 쉽지 않아 석유탐사에 곧바로 적용하기에는 한계가 있다.
- ◆ 미세한 식물지시자를 이용해 석유탐사에 적용
- ◆ 프로판을 산화시키며 에너지를 얻는 박테리아 이용 (퇴적암태에 화석수에 용존된 가벼운 탄화수소가스는 상부 쪽으로 확산, 무거운 탄화수소는 물과 함께 정적으로 남기 때문에 지시자로서 역할 가능)

4. 지구식물학적 탐사방법

암석종류의 구별

- ◆ 지질도를 이용할 수 없거나 노두의 확인이 곤란한 경우
 - 사문암지대(Ca 부족) : 기반암에서 부족한 Ca를 보충, 고함량의 Cr, Ni에도 견딜 수 있어야만 함. 왜소발육증 발견
 - 석회암지대(Ca 풍부) : 식물들이 무성하게 성장
- ◆ 토양내 Ca함량은 pH를 조정하는 중요요소 → Ca함량을 통해 토양의 산성 정도를 파악 가능

4. 지구식물학적 탐사방법

광석에 대한 지시식물

◆ 광석을 지시할 수
발하나 실제로 탐공
(광산개발로 오염된

- Se(U) - 자운영
- Cu - Ocimum h
- 황철석(Cu광상)
- Cu - 이끼류 : 퉁
기질에서 자라는 O

표 8-8. 미국에서 이용되는 지시식물

Element	Species*	Common Name	Location
Copper	<i>Eschscholtzia mexicana</i> (L.)	California poppy	Arizona
	<i>Mielichhoferia macrocarpa</i> (U)	Copper moss	Alaska
	<i>Mielichhoferia mielichhoferi</i> (U)	Copper moss	North America
	<i>Merceya ligulata</i> (U)	Copper moss	North America
Lead	<i>Baptisia bracteata</i> (L.)	Wild indigo	Wisconsin
	<i>Erianthus giganteus</i> (L.)	Beardgrass	Tennessee
Selenium (and uranium)	<i>Aster venusta</i> (U)	Woody aster	Western U.S.A.
	<i>Astragalus</i> spp. (U)	Poison vetch	Western U.S.A.
	<i>Onoposis</i> spp. (U)	Goldenweed	Western U.S.A.
	<i>Stanleya</i> spp. (U)	Princesplume	Western U.S.A.
Silver	<i>Eriogonum ovalifolium</i> (L.)	Buckwheat	Montana
Vanadium	<i>Astragalus bisulcatus</i> (U)	Poison vetch	Western U.S.A.
Zinc	<i>Philadelphus</i> spp. (L.)	Mock orange	U.S.A.

*U - Universal indicator ; L. - Local indicator

5. Case Study

◆ Journal of geochemical exploration (JGE)

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03756742>



1. Biogeochemical Studies at the Khetri Copper Deposits of Rajasthan, India
–Y.D. TIAGI and N.C. AERY
2. Biogeochemistry, a prospecting tool in the search for Mercury mineralization
–H.V. Warren, S.J. Horsky, A. Kruckeberg, G.H.N. Towers and J.E. Armstrong

Biogeochemical Studies at the Khetri Copper Deposits of Rajasthan, India

-Y.D. TIAGI and N.C. AERY

ABSTRACT

인도 Rajasthan에 위치한 Khetri Copper Deposit에 자라는 식물들의 구리의 함량은 아주 높았다. 줄기보다 잎의 구리의 함량이 더 높았으며, 식물의 종류에 따라 구리의 함량이 다르게 측정되었다. 또한 일부 식물종에서 Plant와 Soil 의 상관성 또한 확인할 수 있었다.

예비조사
분포된 식
100g을 차
또한 분석

균일하게
지들을 약
한 양이다.)

Khetri Cc
chlorite sc

netiferous
s이다.

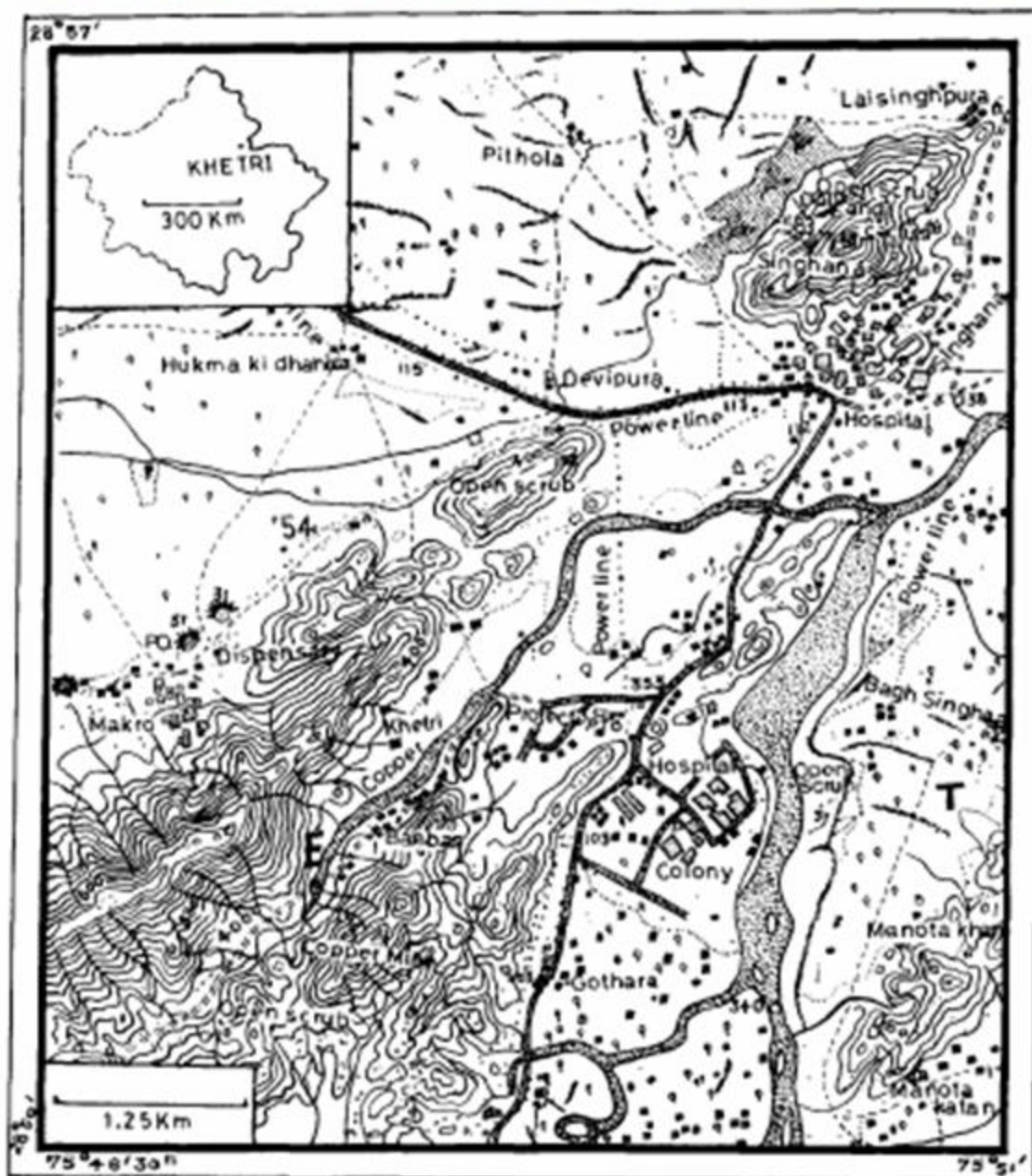


Fig. 1. Topographical map of the study area; a map of the state of Rajasthan, showing the location of Khetri, is inserted.

RESULTS AND DISCUSSION

◆ Copper in plants and soils

비정상적으로 높은 구리 함량을 나타내는 식물종이 있다.

Leaf의 구리함량 > Stem의 구리함량

◆ Plant-soil relationship

At low soil copper concentrations: positive correlation pattern

At high soil copper concentrations: negative correlation pattern

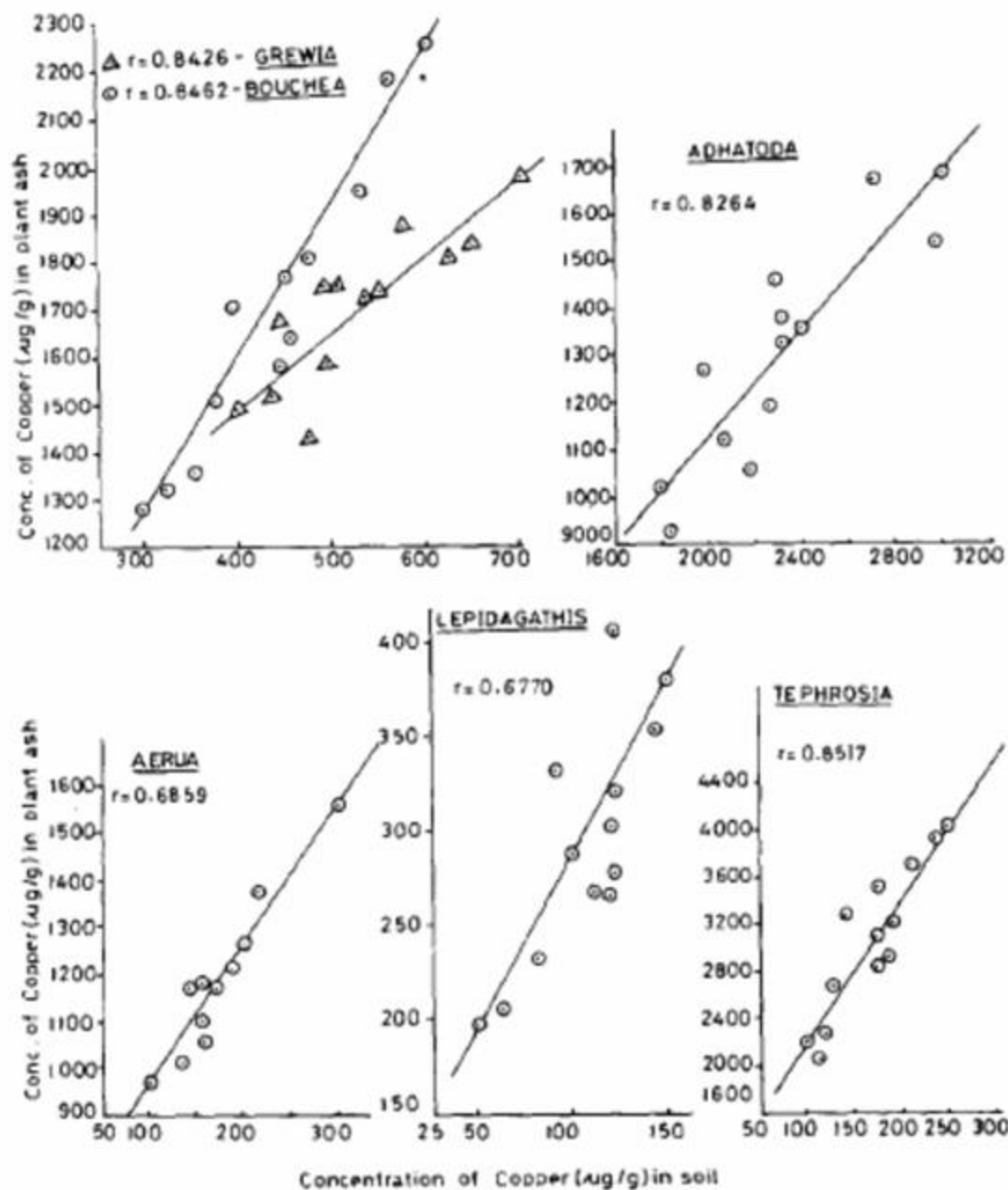
TABLE 1

Copper concentration in plants and soils from the Khetri Copper Deposits, Rajasthan, India

Species	Organ	Ash %	n	Copper ($\mu\text{g/g}$)		Significance of plant versus soil relationship	BAC
				Plant (dry wt.)	Soil		
<i>Adhatoda vasica</i>	Leaf	9.2	10	119 \pm 21	2290 \pm 339	S*	0.05
	Stem	7.4		51 \pm 8			
<i>Aerua tomentosa</i>	Leaf	13.8	8	158 \pm 15	165 \pm 25	S	0.97
	Inflorescence						
<i>Bouchea morubifolia</i>	Leaf	6.7	10	115 \pm 20	434 \pm 76	S*	0.26
	Stem						
	Flower						
<i>Grewia hirsuta</i>	Leaf	10.5	10	178 \pm 15	524 \pm 75	S*	0.34
	Stem	4.4		56 \pm 6			
<i>Indigofera pulchella</i>	Leaf	7.5	1	60	652	-	0.09
	Stem	3.4		108			
<i>Lepidagathis cristata</i>	Leaf	21.8	10	67 \pm 13	110 \pm 23	S	0.61
	Stem	9.2		30 \pm 6			
	Flower	7.4		51 \pm 25			
	Fruit						
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	Stem	3.6	1	22	437	-	0.05
<i>Ocimum canum</i>	Stem	4.4	1	193	796	-	0.03
<i>Rhus mysorensis</i>	Leaf	8.6	13	177 \pm 32	2795 \pm 2954	PS	0.13
	Stem	4.2		67 \pm 6			
<i>Talinum portulacifolium</i>	Leaf	7.5	13	299 \pm 68	3995 \pm 3066	NS	0.07
	Stem						
<i>Tephrosia villosa</i>	Leaf	7.4	10	226 \pm 43	168 \pm 41	S*	1.35
	Stem	4.8		40 \pm 8			

S* = highly significant ($0.001 < P < 0.01$); S = significant ($0.01 < P < 0.05$); PS = possibly significant ($0.05 < P < 0.10$); NS = not significant ($P > 0.10$); BAC = biological absorption coefficient.

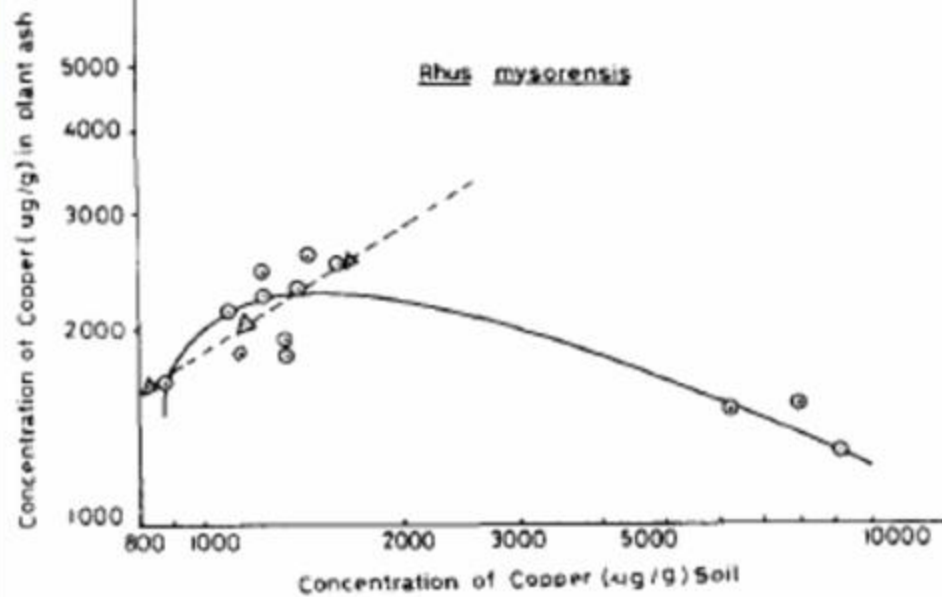
Case Study I



At low soil copper concentrations

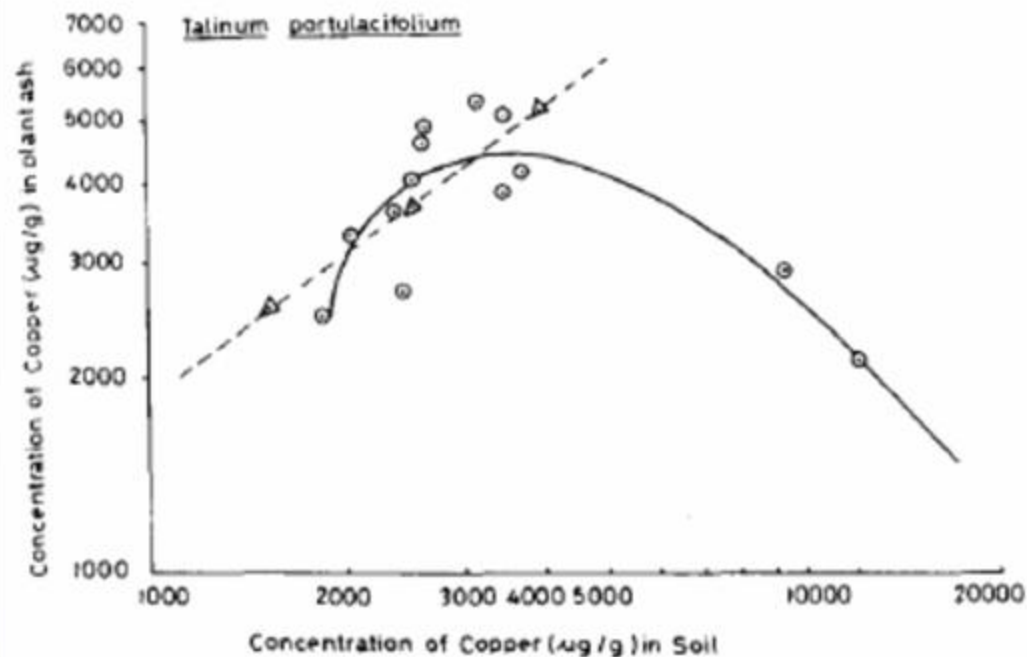
positive correlation pattern

Case Study I

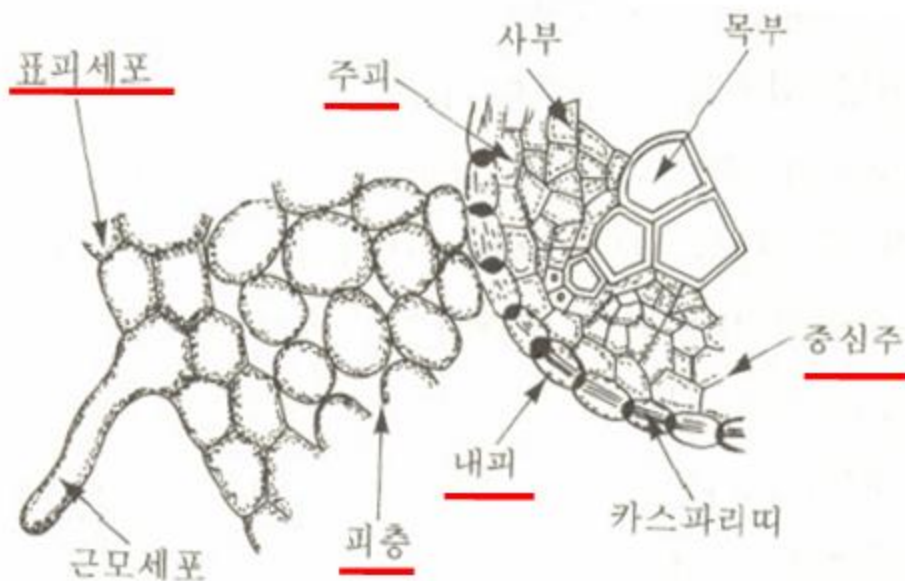


At high soil copper concentrations

negative correlation pattern



◆ 뿌리의 구조



표피세포층 → 피층 → 내피 →
주피 → 중심주(사부, 목부)

그림 8-2. 뿌리의 횡단면(조성진, 1978)

5-2 Case Study II

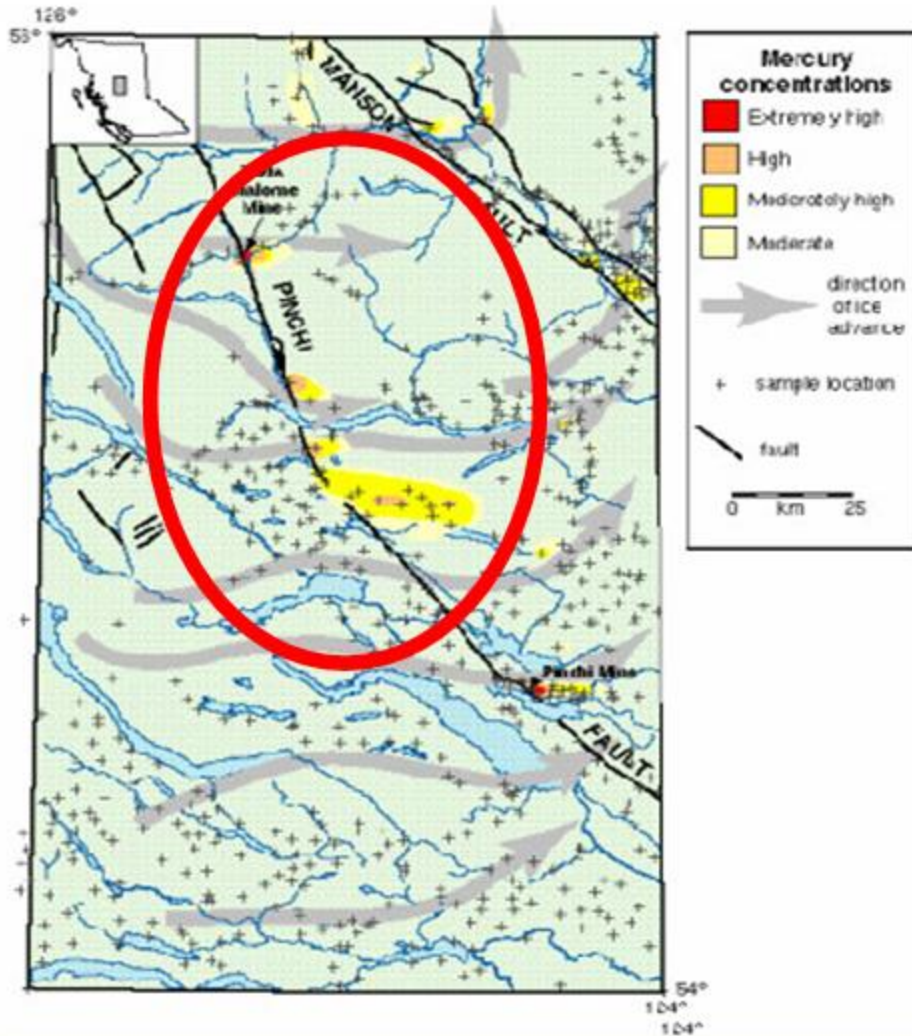
Biogeochemistry, a prospecting tool in the search for Mercury Mineralization

-H.V. Warren, S.J. Horsky, A. Kruckeberg, G.H.N. Towers and J.E. Armstrong

1. Introduction

캐나다 태평양 연안에 위치한 British Columbia주의 **Pinchi Fault**에는 Mercury Mine이 있다. 이 연구에서는 이 지역 일대의 다양한 식물종들의 수 은 함량을 조사하고 이들이 일정한 경향을 보이는 것을 확인함으로써 이 지역의 **mercury deposit**을 탐사하는 데에 **biogeochemistry**가 유용한 tool임을 보인다.

5-2 Case Study II



Mercury deposits
in central British Columbia

5-2 Case Study II

2. Sampling

- 1) east-central British Columbia 일대의
Pinchi Mercury Lake Mine, Takla Bralorne Mine, Bron and Dan
showings, Snell property 지역의 식물종을 sampling한다.
- 2) sampling은 다양한 식물종의 각 기관 별로 하여
총 1280개의 sample을 얻는다.

5-2 Case Study II

3. Result and Discussion

Mercury content ($\mu\text{g/g}$) of dry plant material (without differentiation with respect to species) from four distinctly different areas related to Pinchi Fault, B.C.

Locations	Number of species	Total organs	% of samples in given Hg range		
			< 150 $\mu\text{g/g}$	> 150 $\mu\text{g/g}$	
A. <u>Unmineralized ground</u>					
Pyroxenite road cut	25	80	91	9	mercury content ↓
Stones Bay (Mount Pope)	75	224	99	1	
B. <u>Mineralized area (Pinchi Mine)</u>					
Upper open pit general area	51	206	33	67	mercury content ↑
Main open pit general area	52	187	53	47	
C. <u>Contaminated areas</u>					
Pinchi Mine tailing ponds	39	103	9	91	
Pinchi Mill compound	17	67	1.5	98.5	
D. <u>Areas of old mine of prospect workings</u>					
Takla Bralorne Minesite	34	141	99	>	
Bron Showings	30	92	96	>	
Dan Showings	28	94	46	>	
			54	<	
Snell Creek Property	30	86	23	>	
			77	<	

5-2 Case Study II

Mercury contents ($\mu\text{g/g}$) of oven dried (80°C) plant material

Species	Common name	Normal range	Anomalous range	No. of samples
<i>Abies lasiocarpa</i>	Subalpine fir	0.10–0.12	0.4–1.2	51
<i>Pinus contorta</i>	Lodgepole pine	0.01–0.10	0.4–1.2	47
<i>Picea glauca</i>	White spruce	0.03–0.10	0.2–0.7	60
<i>Populus tremuloides</i>	Quaking aspen	0.06–0.13	0.3–0.7	31
<i>Populus trichocarpa</i>	Black Cottonwood	0.04–0.15	0.3–0.7	42
<i>Salix</i> sp	Willow	0.02–0.11	0.3–1.6	53
<i>Achillea millefolium</i>	Yarrow	0.10–0.14	0.4–1.1	29
<i>Castilleja miniata</i>	Scarlet paintbrush	0.05–0.11	0.4–1.3	36
<i>Epibolium augustifolium</i>	Fireweed	0.06–0.09	0.3–1.1	47
<i>Shepperdia canadensis</i>	Soopalallie	0.04–0.15	0.3–0.6	30
<i>Taraxacum officinale</i>	Common dandelion	0.04–0.09	0.3–1.0	33

- 1) Table 1은 dried vegetation의 mercury content와 mineralization 정도의 강한 상관관계를 나타냄.
- 2) Table 2는 각 식물종들의 anomalous range의 유사성을 나타내어 이 지역 식물들은 그 종에 관계없이 biogeochemistry에 유용함을 알수 있다.

- ◆ 전효택 외 5명, 2004, 응용지구화학, 서울대학교 출판부
- ◆ Biogeochemical Studies at the Khetri Copper Deposits of Rajasthan, India—Y.D. TIAGI and N.C. AERY
- ◆ Biogeochemistry, a prospecting tool in the search for Mercury Mineralization—H.V.Warren, S.J. Horsky, A. Kruckeberg, G.H.N. Towers and J.E. Armstrong
- ◆ Journal of geochemical exploration (JGE)
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/>

Thank You !



2-3. 식물생육에 필요한 양분

◆ 식물 생육에 필요한 성분

:O H C N P K Ca Mg S Fe Mn B Zn Cu Mo 필수광물

미량원소(trace element)

◆ 원소들의 용도

C H O : 식물체의 뼈대를 이루는 세포막과 단백질, 세포핵, 탄수화물 및 당을 형성

N : 단백질 및 엽록소의 주요한 구성원소

P : 원형질을 구성하는 핵산 및 인지질 등에 필요한 원소

K : 식물의 생장점, 형성층, 측근 발생조직, 생식기관을 형성하는데 필요한 원소

◆ 식물에 의한 양분의 흡수

:뿌리에 의한 무기양분의 흡수
배타기구

- (1) 토양 중의 양분 존재상태
- (2) 무기양분의 흡수
- (3) 양분흡수에 관여하는 몇 가지 조건
 - ①양분농도
 - ②온도의 영향
 - ③양분상호간의 관계
 - ④식물체에서의 양분이동

2-4. 식물에 의한 양분의 흡수

뿌리의 표면에
무기양분 공급



무기양분이
뿌리의 세포원형질막



세포 내에
염류나 이온

토양용액 중 확산

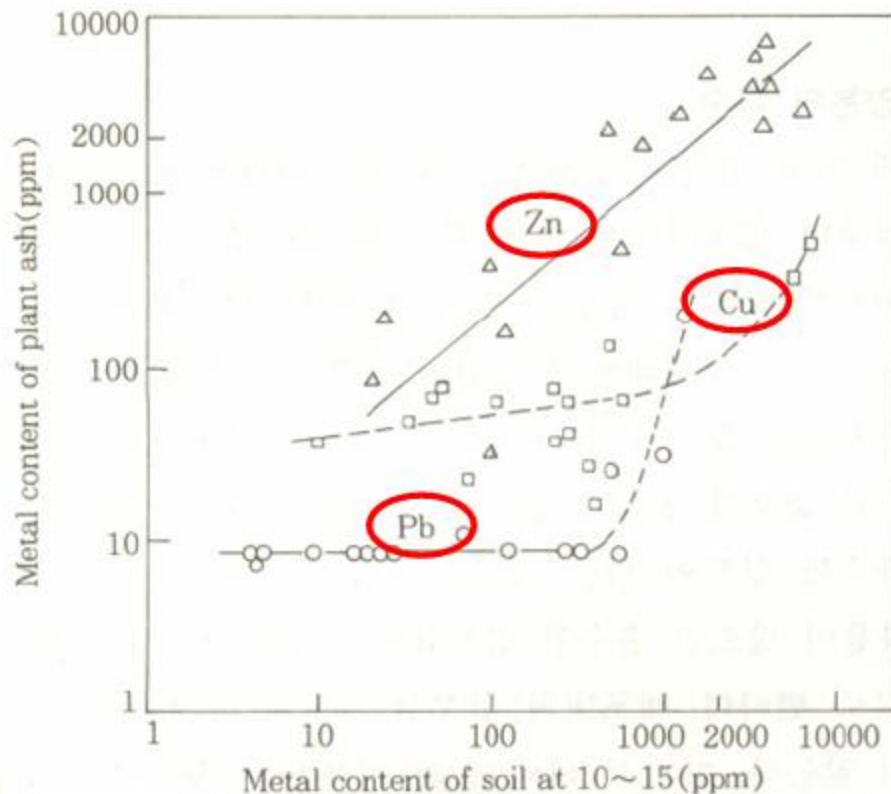
원형질막의 투과성

액포 내 무기양분 농도↑

2-4. 식물에 의한 양분의 흡수

◆ 배타기구(exclusion mechanism)

:선택적으로 미량원소를 흡수할 때, 식물종이 유독성 원소들에 대하여 어느 한도까지 함량을 제한하는 현상



- 원소의 최대배경값에서 무너짐
- 배타기구가 보이지 않거나 부분적으로 보이는 식물이 생지구화학탐사에 유리
- Pb:** 현저한 배타기구
- Cu:** 부분적 배타기구
- Zn:** 배타기구 거의 없음