

Ahmet SAĞIROĞLU*, **Zeynep ÖZDEMİR****

* *Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ*

** *Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin*

Biyojeokimyasal Prospeksiyon

Giriş

Biyojeokimya; birkaç yüzyıl, önce bilinen kökenine rağmen terini büyük olasılıkla, ilk defa Vemadsky (1926) tarafından dünyadaki bütüo jeokimyasal tepkimelerin herhangi, bir yolla canlı yaşam 'tarafında etkilendiğini belirtmek, üzere kullanılmıştır (Schiesinger, 1992). Ancak; cevher¹ minerallerinin izlerini bulmak için sistematik olarak örneklenmiş ağaç çalılıkların (shrubs) kimyasal analizlerinin yapılması ilk. biyojeokimyasal çalışmalar- olarak, kabul edilir. 1930'lärm başlarında jeokimyada öncü olan Goldschmidt minör¹ elementlerin çoğunun zenginleşmiş olduğu humusları incelemiş ve böylece humusun ttirediği bitkilerin de aynı şekilde iz elementler açısından zengin olabileceğini düşünmüştür. Bunun sonucunda, da bitki materyali analizinin önemli, bir arama yöntemi olacağını ileri sürerek ilk. önerisini, yapmıştır¹. Baha sonraki yıllarda. Rus jeokimyacısı. Vemedsky'in terminolojisini izleyerek BİYOJEOKİMYASAL YÖNTEM olarak bilinmeye başlanmıştır (Rose vd, 1979).

Ancak» 1965 yılından itibaren biyojeokimyasal prospeksiyon tam. anlamıyla uygulanmaya başlanmıştır. Bir milyon bitki örneğinden fazlası o günden bu güne kadar kullanılmıştır.. Karşılaştırmak için 105 milyon toprak ve kayaç örneği 1949-1973 yılları arasındaki (25 yıllık zamanda) kullanılmıştır.. Bu çalışmalarla da. 90 mineral yatağı 'keşfedilmiştir (Erdman ve Kofckola» 1984).

Daha sonraları, Kovalevsky *T>ariyer etkisi" kavramını ortaya, atmış ve lier mineralizasyona. bütün bitkilerin rehber olamayacağını ileri sürmüştür. Gerçekten de- yapılan, bir çok araştırmada bitki, türlerinin sadece % 5 inin dokul.arm.daki element, konsantrasyonu ile topraktaki element konsantrasyonu arasında güçlü bir¹ ilişkinin olduğunu ortaya çıkartılmıştır.. Ancak biyojeokimyasal prospeksiyonun öncüleri, bitkilerin tamamen, topraktaki elementleri yansıtabilmesinin mümkün olamayacağını belirterek ""böyle bir ilişki var olabilir ancak bu 'bir' kural değildi/" demişlerdir. Biramla birlikte Kovalevski'nin belirttiği "bariyer etkisi**" kavrainın tartışılması biyojeokimyasal yola maden arama yöntemlerinin, gelişmesinde büyük rol oynamıştır (Erdman. ve Kokkola, 1984).

Genetik olarak biyojenik anomaliler tüm canlıları içeren bitki, hayvan ve mikroorganizmaların jeokimyasal özellikleri ile ilgili bir anomal grubudur. Ancak biyojenik anomaliler de-

nince çoğu zaman yaygın uygulama alanı göz önüne geldiğinden, bitki (botanik) anomaliler anlaşılmaktadır. Çünkü hayvan, ve mikroorganizmalarla ilgili jeokimyasal anomalilerin uygulama alanları çok sınırlıdır (Köksoy, 1991).

Görülebilir bitkilerin gözlemi; gömülü cevhere bir rehber olarak kullanıldığında "jeobotanik. arama¹ olarak bilinir. Daha açık olarak ifade edersek; bitki türlerinin cevherleşmelerle ilgili olarak gösterdikleri dağılım ve morfolojik değişikliklerim gözlem yoluyla incelenmesiyle yapılan cevher aramasına "Jeobotanik prospeksiyon" ve bunun dayandığı .anomaliye "jeobotanik anomali" denir. Bitki organlarından sistematik şekilde toplanan emeklerin kimyasal analizlerinin yapılmasıyla, cevher aranmasına "biyojeokimyasal Prospeksiyon" ve bunun dayandığı anomaliye ise "Biyojeokimyasal Anomali**" denir. Biyojeokimyasal ve Jeobotanik Prospeksiyon yöntemlerinin Mr ikisine birden, de "BOTANİK PROSPEKSİYON YÖNTEMLERİ"¹» ilgili anomalilerin ikisine birden ise "Bitki veya Botanik Anomaliler" denilmektedir (Köksoy» 1991, Rose vd, 1979)..

Biyojeokimyasal prospeksiyonun başarılı bir şekilde uygulanması, da» toprakta cevherleşmeye ait. element derişimi, ile bitkideki element derişimi arasında doğrusal bir ilişki, olmasına bağlıdır.

Bitkiler tarafından elementlerin alınması

Bitki anomalilerinin gelişmesindeki faktörler Rose vd. (1979)'a göre şöyle özetlenebilir;

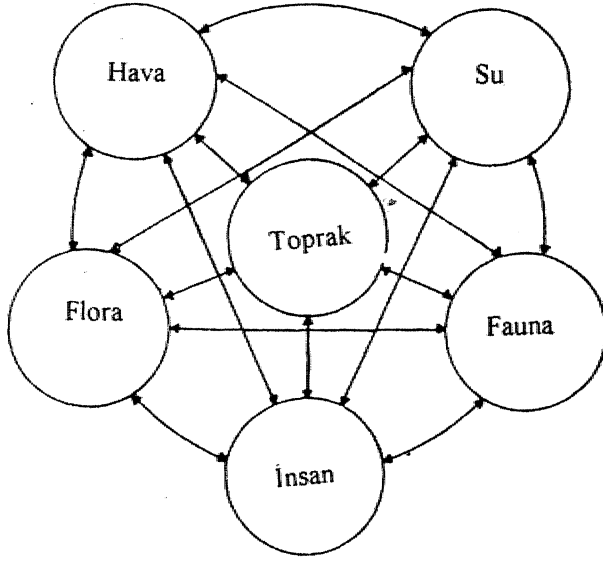
1. Bitkilerin besin ihtiyacı

2. Bitkilerin alabilecekleri kadar toprakta, elementlerin hazır bulunması

3. Biliri köklerindeki reaksiyonlar¹ ile bitkilerde hareket ve depolanma

Bitki beslenmesi

Doğada besin, ojadeleri döngüsü; ŞeMİ l'de görüldüğü, gibi,, Hava-Su-Fauna-Ihsan-Hora-Toprak gibi karşılıklı ilişkiler içindedirler (Özbek, vd, 1993). Her bitki tiMtaiin kendime özgün bir beslenme şekli vardır ve bitkilerde bulunan elementlerin •miktar ve çeşitleri toprakta bulunan elementlerin miktarı ve çeşitleri, ile ilişkilidir (Rose vd, 1979). Bununla birlikte: bilinen 92 elementten 60¹ tanesi bitkilerin değişik organlarında bulunmaktadır. Her nekadar bitkiler kökleri üe aldıkları elementler .arasında seçim yapma özelliğine sahiplerse de, bünyeye



Şekil 1. Doğada besin maddelerinin döngüsü. (Özbek vd., 1993).

teri fazla, miktarda elementi kapsamakta ve çözünebilir durumda çevrede bulunan çok sayıda elementi absorbe etmektedirler. Bitkilerde bulunan elementlerin miktarı; bitkinin HM, yaş, kök gelişimi, toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik yapısı, toprakta yayılımı halinde bulunan elementlerin miktarı ve çeşitleri, uygulanan çeşitli tarımsal yöntemler, udım koşulları vb gibi çok çeşitli etkiler alanıdır. Bitkilerde koru ağırlığın, büyük bir bölümü C, H ve O'den oluşmaktadır. Anılan elementleri bitkiler çoğunlukla karbondioksit ve sudan alırlar. Miktarca 4. sırayı N alır ve bunu K, Ca, Mg, P, S vb elementleri izler. Bitkilerin değişik organlarında çok sayıda elementlerin bulunmasına karşın bu elementlerin hepsi bitki gelişimi için mutlak gerekli değildir. Kaçar'a (1984) göre bitkiler için mutlak gerekli olan elementler ve yeterli miktarları Molibdene göre Tablo 1'de verilmiştir (Kaçar, 1984). Bitki gelişimi için mirraak gerekli olan elementlerden: Mo, Cu, Zn, Mn, B, Cl ve Na "mikro elementler" Fe, S, F, Mg, Ca, K, N, O, H ise "makro elementler" olarak tanımlanmıştır* (Kaçar, 1984)., Rose vd'e (1979) göre N, P, S, Ca ve Mg besin elementleri olarak adlandırılırken, çoğu bilicilerde az miktarda da olsa minör elementlere de (Cu, Zn, Fe, Mo, Mu ve B) ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Atalay'a (1982) göre de; bitkiler için gerekli olan elementler: makro elementler (P, Ca, K, Mg, N, S) ve mikro elementler (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Cl) olarak tanımlanmıştır (Tablo 2).

Toprakta bu elementlerden yeterli miktarlarda bulunmazsa bitkinin sağlıklı olacağı veya uzun süre yaşayamayacağı da belirtilmiştir. Şekil 2'de Özbek vd. (1993)'e göre topraktaki besin ve zararlı madde konsantrasyonunun bitki gelişimi ve verimine etkileri verilmiştir.

Bitkiler için gerekli olan elementler

Bitki bünyesine giren elementlerin hemen hepsinin bitki için ayrı ayrı değişik fonksiyonları vardır; örneğin, bazdan sadece osmotik etki yapar, bazdan metabolik ürünlerin bileşimine girer ve bazıları da hücrede çeşitli kimyasal olayların regü-

Tablo 1. Mutlak gerekli elementlerin yüksek bitkiler için yeterli kabul edilen miktarıyla bu elementlerin Mo'ye göre atomların üransal miktarları (Kaçar, 1984).

Element	Kuru ağırlığa göre derişim (ppm)	Mo'ye göre atomların oranı
Mo	0.1	1
Cu	6.1	100
Zn	20.0	300
Mn	50.0	1 000
Fe	100.0	2 000
B	20.0	2 000
Cl	100.0	3 000
S	1 000.0	30 000
P	2 000.0	60 000
Mg	2 000.0	80 000
Ca	5 000.0	125 000
K	10 000.0	250 000
N	15 000.0	1 000 000
O	450 000.0	30 000 000
H	60 000.0	60 000 000
C	450 000.0	35 000 000

lasyonunda katalitik etki yapar. Bu olaylar da biyojeokimyasal ya da jeobotanik prospeksiyonda önemli olmaktadır.

Bu elementlere değinilerek bazı araştırmacılara göre bitki hayatında oynadıkları spesifik rolleri ve be. elem.lerin bitkiye eksik verilmesi halinde bitkide meydana gelebilecek olan çeşitli semptomları (belirtileri) verilmiştir. Atalay'a (1982) göre makro ve mikro elementler aşağıda gımlanmıştır.

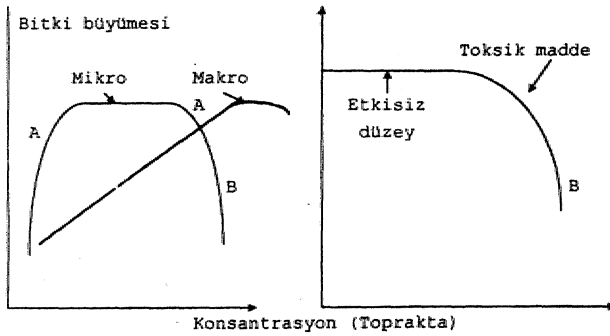
Makro elementler

Fosfor; potasyum, kalsiyum, magnezyum, azot ve kükürt bitkiler tarafından en fazla kullanılan elementlerdir. Bu elementlerin kaynağı ve özellikleri şöyle özelelenebilir;

Fosfor (P): Toprakta kalsiyum, magnezyum, demir ve alüminyum fosfat ya da organik formlar halinde bulunan maddelerin çözülmesinden meydana gelir. Bitkiler tarafından HPO_4^{2-} ve $H_2PO_4^-$ iyonları halinde alınan fosfor, kök sisteminin gelişmesi ve bitkilerin olgunlaşmasında önemli rol oynamaktadır (Atalay, 1982).

Fosfor yolduğunda meydana gelen belirtilerin çoğu azot yokluğunda meydana gelen belirtilere benzer. P yokluğu da erken yaprak dökümüne ve koyu kırmızı (mor) renk almalarına neden olduğu gibi, yaprak sapı ve meyvelerde yer yer kuruma bölgeleri meydana gelir. Bitkinin genel görünüşü cüce olup yapraklarda koyu mavimsi-yeşilimsi karakteristik bir renklenme vardır. P bitki bünyesinde oldukça hareketlidir. P yokluğunda yaşlı yapraklardaki P genç yapraklara transfer edilir ve yaşlı yapraklarda P eksikliği belirtileri daha erken belirir. P eksikliğinde büyütülen bitkilerin anatomisinde de bazı farklılıklar görülür (Bozcuk, 1986).

Potasyum (K): Bitkinin hayati faaliyeti için oldukça gerekli bir elementtir. Topraktaki primer potasyum kaynağı, özellikle feldispatın, suyu ve karbondioksitin tesiri ile ayrışarak suda kolay çözünür potasyum tuzlarının oluşması sonucunda meydana gelmektedir (Atalay, 1982). Bitkiler için K'nın spesifik rol, henüz tam manasıyla bilinmemektedir.



Şekil 2. Topraktaki besin ve zararlı madde konsantrasyonunun bitki gelişimi ve verimine etkileri (Özbek vd, 1993).

Potasyum bitkilerin sap ve yapraklarında diğer kısımlarına oranla daha fazla bulunur. K^+ yolduğunda büyüyen bitkilerin dış gerinişinde çok belirgin ve karakteristik belirtiler; yaşlı yapraklarda önce san benekler meydana gelir, daha sonrada bu benekler büyüyüp leke halini alır., Çoğu hallerde yaprak uçları aşağı doğru kıvrılır ve yaprak kenarları üst yüzeyde, kutlanarak yaprak bir rulo şeklini alır. Genel olarak K^+ eksittiğinde büyüyen Üfkilerin gövdelerindeki İntermodiyumlar çok kısalmış olup bitkilerin boyu bodur kalmaktadır (Bozcuk, 1986).

Kalsiyum (Ca): Toprakta hem primer hem de sekonder olarak bulunur, Oligotaz, lahradorit, anorit, ojit, homblend, kalsit, dolomit, jips ve özellikle kireçtaşında bol miktarda kalsiyum bulunmaktadır. Kalsiyum ihtiva eden. çeşitli minerallerin hidrolizleri ve karbondioksitle reaksiyonu sonucunda suda çözünerek kalsiyum açığa çıkar. Kalsiyum kurak bölge topraklarında fazla miktarda bölünürken,, nemi bölgelerde geniş ölçüde kimyasal yıkanmaya uğrar, Kalsiyum, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik, özelliklerini kuvvetli olarak etkiler., Bitkilerin sağlamlığıyla, dayanıklılığı üzerinde etkilidir. Kalsiyum, yaprak ve sapların dayanıklılığını artırır. Toprakta fazla miktarda bulunduğu taktirde.» demir,, fosfor' ve diğer bazı elementleri, bitterin faydalanamayacağı bale getirir (Atalay, 1982).

Ca^{2+} yokluğunda» bitkilerin boyları genellikle bodur kalır, genç yapraklarda kıvrılma ve yaprak yaprak uçlarında kanca oluşumu çok. tipiktir. Ca^{2+} 'eksikliğinde meydana gelen be semptomlar genel olarak önce genç yapraklarda ve büyüme noktalarında belkir. Çttaki bitki bünyesinde Ca^{2+} pek hareketli degüdir (Bozcuk, 1986).

Magnezyum (Mg) : Klorofil molekülünde bulunan tek elementtir. Bunun için alınan Mg^{2+} genellikle bitkinin klorofil içeren yeşil organlarında bulunur. Mg^{2+} 'nin bitki hayatındaki fotosentez ve karbonhidrat metabolizmasında önemli rolü vardır...

Toprakta bulunan magnezyum, biyotit, ojit, homblend, olivin, klorit» talk» peridotit» serpantin ve dolomit tarafından verilir. Magnezyum» bitkiler tarafından organik ve inorganik bileşik er ile değişebilir katyonlardan alınır.

Fazla miktarda magnezyum ihtiva eden topraklar genellikle verimsizdir. Bu verimsizlik, bazen magnezyumun bitkilere zehirleyici etki. yapmasından kaynaklanabileceği şeklinde, yonunlanmaktadır. Aşırı miktarda magnezyumla topraklar» diğer maddeler tarafından da fakirdir ve ayrıca nikel, kobalt bileşik-

İmfofo .2. ÇeşUU ortamlardaki element miktarları»

Element	Litosfer, ppm	Magmatik kayalar, ppm	Sedimenter kayalar, ppm	Toprak, ppm	Bitki, ppm	Tatlı su, ppb	Referans
Cu	110	30-140	5-150	21	310	2-30	T
		12-72	5-42	15	130	3-1000	R
Zn	51	50-130	14-300	51	910	1-200	T
		51-94	21-100	36	570	20-5000	R
Mn	910	600-2200	385-1300	850	7500	0.3-300	T
		390-1500	850-1100	320	6700	15-50	R
Fe	-	94300-14200	3800-47000	21000	1600	100-300	R
As	5	1.5-2.8	4	5	3.1	1-30	T
		1-5	1-12	7-5	0.25	2-50	R
Sb	-	0.1-0.2	0.3-1	2	1	2	R
Bu	510	15-830	120-640	510	500	35	T
		0.4-840	92-550	300	140-2800	20-1000	R
Bc	6	0.2-5.5	1-6	6	2	0.1	T
		3	3	0.5-4	0.7	5.5	R
B	6	10-40	3-310	10	40	1-10000	T
		3-80	20-100	29	230	10	R
Cd	0.5	0.13-0.19	0.3	0.5	0.01	-	T
		0.1-0.2	0.03-0.3	0.1-0.5	4.3	0.032-10	R
Cr	210	25-2000	5-400	210	250	0.5-40	T
		4-2980	11-90	43	6.3	1-50	R
Co	13	18-200	0.2-50	11	15	0.3-10	T
		1-110	0.1-0.33	10	5	0.1	R
Au	0.005	0.005-0.1	0.03	-	1.1	0.001	T
		0.0012	0.004	0.002	0.0007	0.002	R
I	-	0.11-0.17	0.5-4	-	4.6	7	R
Pb	16	8-48	5-40	11	11	0.3-3	T
		1-18	5-25	17	30	3-30	R
Li	-	40	5-66	22	6.2	3	R
Hg	0.07	0.09	0.03-0.4	0.03-0.3	0.001	0.01-0.1	T
		0.004-0.01	0.02-0.4	0.056	0.01	0.07-2	R
Mo	3.1	0.9-1.9	0.1-0.5	2	21	0.05-3	T
		0.3-1.5	0.4-2.6	2.5	5	1.5	R
Ni	61	8-1200	3-100	41	50	0.02-10	T
		4.5-2000	2-68	17	18	1.5	R
Nb	-	15-20	20	-	-	-	T
		1-20	20	15	0.3	1	R
V	150	40-200	2-300	110	61	-	T
		40-250	20-130	57	5	2	R
P	-	-	-	-	-	-	T
		220-1000	170-700	300	16000	20	R
K	-	34-42000	2700-26600	11000	120000	2300	R
Ag	0.11	0.15-0.3	0.05-0.4	0.1	1.1	0.01-0.7	T
		0.06-0.1	0.1-0.25	-	0.1-1	0.3-50	R
Sr	410	27-800	25-500	310	310	-	T
		5.8-465	20-610	67	140-1800	400	R
S	-	-	-	-	500	3700	R
Th	8	11.5	0.5-10	1-6	0.6	0.05-1	T
		0.004-20	1.7-12	13	20	0.1	R
Sn	41	6-45	40	11	5	-	T
		0.5-3	6	10	15	0.09	R
W	-	1-10	1-2	-	-	-	T
		0.1-1.5	0.5-1.8	1	0.4	0.03	R
U	0.5	0.03-3.5	1.3	3.1	1.1	-	T
		0.03-3.9	1.7-3.7	1	0.6	0.5	R
Bi	-	0.1-2	0.3-1	-	-	-	T
		0.3-1.2	0.3-1	0.8	0.7	0.005	R
In	-	0.013-0.12	0.3-0.5	0.5	-	-	T
Zr	-	45-175	19-230	270	<20	-	T
Ni	61	8-1200	2-100	41	50	0.02-10	T
Ge	-	1.5-3	3-7	-	-	-	T
Sc	-	1.5-2.4	0.7-6.4	-	-	-	T
Ti	6000	2300-9000	400-4400	4600	1100	0.2-30	T
F	-	20-810	250-680	300	0.77	100-2400	R
I	-	0.11-0.17	0.5-4	-	4.6	7	R
K	-	34-42000	2700-26600	11000	120000	2300	R
Re	-	0.0006	0.0005	0.005	0.005	5-21	R
Rb	-	0.14-376	40-143	35	73	1	R
Se	-	0.13-0.14	0.05-0.88	0.31	0.027	0.4-10	R
Sr	-	5.8-465	20-610	67	140-1800	400	R
S	-	300	240-2400	100-3000	500	3700	R
Ta	-	0.018-3.5	3.5	-	-	-	R
Te	-	0.0018	-	0.001-0.01	-	-	R

T= Topçu ve Köksöy (1976); R= Rose vd (1979)

☉: Kuru ağırlık üzerinden, diğerleri kal ağırlık üzerinden verilmiştir.

Tatlı su (ppb), diğerleri (ppm) üzerinden verilmiştir.

leri halinde zehirli maddelerde bulundurulabilir. Bitkilerde yeşil, rengin kaybolması veya sararma magnezyum eksildiğini genellikle işaret eder (Atalay, 1986). Aynı N ve P eksikliğinde olduğu, gib Mg^{2+} eksikliğinde de sararma önce yaşlı yapraklardan başlar sonra genç yapraklara geçer. Bu da bize Mg^{2+} 'nin de bitki, bünyesinde hareketli olduğunu gösterir., Hareket yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğrudur. Yaprak sararması (kloroz hastalığı) ve çok. ekstrem, hallerde de nekrotik. lekeler (çürüyüp ölmüş doku) meydana gelir (Bozcuk, 1986).

Azot (N): Topraktaki azotum kaynağı organik maddelerdir; mikroorganizmaların organik, maddeyi ayrıştıran ile bitki-

ler¹ tarafından alınabilir duruma getirilir... Bunlar esas itibariyle NO^{3*} ve MH⁴⁻ iyonları halinde bitkiler tarafından alınır ve bitkilerin hızlı büyümesini ve 'erken olgunlaşmasını sağlar. Ancak, bu olay, fosfor, potasyum ve diğer' gerekli elementlerin de alınması ile ilişkilidir. Azot toprakta fazla miktarda olduğu taktirde» bitkilerin hızlı gelişmesini sağlamasına rağmen, bitkilerde gevşek ve sulu dokuların oluşmasını sağlar¹. Bu durum ise, bitkilerde çeşitli hastalıkların meydana gelmesine ve ürünün kalitesinin düşmesine yol açar (Atalay, 1982).

Azot noksanlığında, yapraldardaki klorofil miktarı azalacağından yaprakların rengi sararır ve kloroz, hastalığı meydana gelir. Hastalık önce yaşlı yapraklarda, daha sonra genç yapraklarda, belirir. Klorozun genç yapraklarda daha geç gözlenmesinin sebebi, bitki, bünyesine giren N*'un doğrudan doğruya, gidip genç yapraklara yerleşmesi ve orada, kalmasıdır. Ayrıca yaşlı yapraklarda bulunan N*'da zamanla daha genç yapraklara transfer edilir. Bitki, de çok fazla İM eksikliği varsa,, en alttaki yaşlı yapraklar sararır, kurur ve dökülür. Ancak en üstteki genç yapraklar ise soluk yeşildir (Bozcuk, 1986).

Kükürt (S): Topraktaki ana kaynağı pirit ve jipsdir. Ayrıca, sülfidler, sülfatlar, silfrik asit ve hatta, serbest kükürt halinde de bulunur. Bazı bakteriler,, kükürtlü organik maddeleri, sülfürleri ve sülfatları oksitleyebilir. Böylece çeşitli şekilde bulunan kükürt, bitkilerin faydalanması için elverişli sülfata dönüşür. Bundan başka, özellikle sanayi, bölgelerinde atmosferde önemli miktarda kükürt bileşikleri bulunmaktadır; bunlar yağmur sulan ile sülfirik «site dönüşerek» o bölgedeki, bitkiler tarafından alınırlar.

Kükürt, *bitki* bünyesinde oldukça bol olarak bulunur. Klorofilin yapısında bulunmadığı halde S' ita klorofil sentezinde rolü olduğu sanılmaktadır. Çünkü S yokluğunda büyüyen bitkilerde de, N yolduğunda olduğu gibi, yaprakların rengi, soluk yeşile dönmektedir. Kükürt eksikliğinde meydana getirdiği semptomlar aynen azotunkine benzer (yapraklarda kloroz hastalığı, görülür). Ancak N*'un tersine S eksikliği semptomları, önce genç yapraklarda görülür. Ekstrem hallerde de bütün yapraklar yeşil rengini kaybeder ve sarı, bir renk alır (Bozcuk, 1986).

Mikro elementler

Bemir (Fe): Yer kabuğunun % 5'ini oluşturan demir (Atalay, 1982) bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli bir elementtir. Ancak bütün canlılar tarafından az miktarda ihtiyaç duyulur (Özbek vd, 1993).

Toprakta demir, gerek: primer mineraller' ve gerekse Mİ. minerallerinde ve serbest ferrit hidroksit ile ferrit oksit halinde bulunmaktadır. Demir bitkiler tarafından iki değerli demir katyonu, (ferra) Fe^{2*} halinde alınır (Atalay, 1982). Bununla beraber, bitkilerin faydalanacağı şekilde çözünebilir demir, toprak, reaksiyonuna, oksidasyonu ve redüksiyon durumuna göre değişir. Demir,, yüksek derecede asit olan topraklarda, nisbeten kolay olarak çözünür halde bulunmasına karşılık, nötre yafan ve bazik, reaksiyon şartlarında pek yavaş çözünür..

Fe eksikliğinde meydana gelen kloroz hastalığına yakalanan yapraklarda oldukça bol miktarda Fe^{3+*} rastlanır. Bu haldeki Fe. bitki için kullanılır halde değildir, ancak; Fe²⁺ (ferro) halde indirgendiği taktirde fizyolojik olarak aktiftir.

Toprakta Fe eksikliğinde yapraklarda meydana gelen kloroz hastalığı, özellikle genç yapraklarda; çok incecik damarlamna ve damarlar arasındaki bölgelerde yer yer sararma şeklinde kendisini belli eder. Çoğu zaman da Fe yolduğunda meydana gelen semptomlar giderilemez (Bozcuk, 1986).

Bakır (Cu): Bakır» bütün canlıların beslenmesi için mutlak gerekli bir elementtir... Cu fazlalığında bitkiler ve hayvanlarda (daha çok koyunlarda) Cu toksitesi ortaya çıkabilmektedir (Özbek vd, 1993).

Bazik mütürlülerde bol miktarda bulunan bakır, çözünür ve değişebilir durumda bitkilere faydalı olur ve Cu²⁺ katyonları halinde bitkiler tarafından alınır. Toprakta fazla bakır bulunması, bitkilere zehir etkisi yapar, özellikle fazla, organik madde ihtiva eden topraklarda ve peat (turba) alanlarında bakır noksanlığı yaygındır. Klorofil yapısında kullanılan bakır» noksan olduğu, zaman bitkilerde klorozun oluşmasına ve büyümenin yavaşlamasına neden olur (Atalay, 1982). Aynı zamanda genç yaprakların uçlarında, ve kenarlarında çürüme (gangren) meydana gelerek, porsumuş bir hal alır. Ekstrem hallerde yapraklar dökülür ve tüm bitki sanki susuz kalmış gibi bozunup buruşur (Bozcuk, 1986).

Çinko (Zn): Çinko; bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli bir mikro elementtir. Toprak içinde fazla miktarda bulunan çinko bitkilere ve mikro organizmalara toksik etki yapmaktadır. İnsanlarda, besin maddeleri ile çok miktarda, çinko alınması durumunda kronik çinko zehirlenmesi olayına rasdanılmamıştır (Özbek, vd, 1993).

Normal bitki metabolizması için çinkonun, çok az miktarda bulunması gerekmektedir. Bitkiler tarafından Zn²⁺ katyonu, halinde alınan çinko,, orta derecede asit reaksiyonu! topraklarda çözünür. Organik madde bakımından fakir topraklarda çinko eksikliği yaygındır (Atalay, 1982).. Diğer bir deyimle çinko bitkiler tarafından genellikle Zn²⁺ ve olasılıkla ZnOH⁺ ve çözülmüş organik; çinko kompleksleri, şeklinde alınmaktadır. Bitkilerin Zn ile beslenmesi üzerine toprak çözeltisinde Zn konsantrasyonunun etkisi esastır (Özbek vd, 1993).

Zn yokluğunda yaşlı yaprakların uç ve kenarlarında kloroz, hastalığı belirmektedir. Daha sonra yapraklarda yer yer beyaz nekrotik lekeler meydana geldiği gibi, küçük» çarpık şekilli kıvrılmış haldedir. Bunun için Zn eksikliğinde meydana gelen bu karakteristik hastalığa küçük yaprak, hastalığı (rozet, oluşumu) adı verilir (Bozcuk, 1986).

MagmatMerde, metamorfMerde ve maden yataklarında çinko sülfür (ZnS, sfalerit) şeklinde ve diğer bazı ağır metallerle birlikte karışık sülfürler halinde bulunur.

Mangan (Mn): Mangan bütün canlılar için mutlak gerekli bir elementtir. Topraklarda mangan oksitler,, silikatlar ve karbonatlar (MnCO₃) şeklinde bulunur. Bunların dışında demiroksit tarafından adsorbe edilmiş, organik kompleksler olarak bağlanmış, değişebilir ve çözülmüş şekilde bulunabilir (Özbek vd, 1993).

Mn toprakta çözünebilir halde bulunduğu gibi çeşitli minerallerin beslenmesinde de yer almaktadır... Bitkiler tarafından Mn²⁺ iyonu şeklinde alınır ve asit reaksiyonlu topraklarda manganin çözünürlüğü artar ve bitkilere zehir etkisi yapar. Kireçli alkalin reaksiyon gösteren, topraklarda ise çözünürlüğü azalır. Ayrıca topraktaki mangan, oksidasyon olaylarında katalizör etkisi yapar. Demir, kalsiyum, magnezyum absorpsiyonu

yonunda önemli rol oynar ve bitkilerin klorofil oluşturmaya yardımcı eder (AtaUy, 1982).

Mu eksikliğinde yapraklarda kahverengilemeler meydana gelir. Yapraklarda Morplastlarda klorofil ve nişasta miktarı çok azalır ve yapraklar sarımsı bir renk alır (Bozcuk, 1986).

Bitkiler mangan Mn^{2+} şeklinde alır. Böylece mangan alımı toprak reaksiyonu kadar redoks olmasının yanında etkisi altındadır. pH yükseldikçe çayırda saptandığı gibi bitkilerin mangan alımı düşmektedir. Yani hafif asitten, alkaline reaksiyona doğru topraklarda Mn eksikliği, ortaya çıkmaktadır. BiEdlerin Mu içeriği 1000 ppm'in üzerine çıkarsa Mn toksisitesi sonucunda Yarımda düşüşün ortaya çıkacağı açıktır. Bu kuvveti, asit topraklarda, örneğin bazı tropik topraklarda, genellikle, aynı zamanda Al toksisitesi ile, bağlantılıdır. Bunun dışında Mn toksisitesi bitki, çeşidine de bağlıdır, örneğin, arpa Mn içeriği kuru ağırlıkta 150-200 ppm'e ulaştığı zaman, veriminde düşüş olmaktadır. Buna karşılık pamukta bu miktar 2000-5000 ppm (kuru ağırlık üzerinden) değerine, kadar çıkmaktadır. Mn toksisitesi pH yükselmesiyle düşebilir (Özbek vd, 1993).

Molibden (Mo): Bitkiler tarafından (MoO_4^{2-}) iyonu halinde alınır; düşük pH derecelerinde molibdenin, çözünürlüğü demir tarafından azaltılır, böylece mobilden azalması meydana gelir (Atalay, 1982).

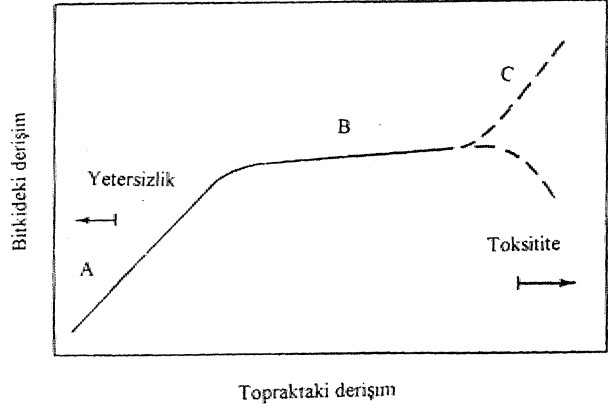
Molibdenin metabolik rolü tam olarak bilinmemekle birlikte azot metabolizmasında önemli bir görevi olduğu sanılmaktadır (Bozcuk, 1986). Azot test eden bakterilerin faaliyeti artırarak molibden, noksanlığı halinde baklagillerde etkili olup, bunlarda yranı oluşumunu zayıflatır ve narenciye yapraklarının da sararmasını sağlar (Atalay, 1982).

Bor (E): Bitkiler tarafından teta borat (B_4O_7) halinde alınan bor, hem çok az bulunur ve hem de bitkiler tarafından çok az olarak kullanılır. Fazla bor, bitkilere zehir etkisi yapar; noksanlığı halinde büyümenin ve ürün veriminin düşmesine sebep olur (Atalay, 1982). Ayrıca B eksikliğinde en belirgin olarak gövde ve kök uçları kurumakta, çiçek tomurcukları gelişmemekte, yapraklar gevrekleşmekte ve ekseriye rulo şeklinde kıvrılmaktadır (Bozcuk, 1986).

Hor (Cl): Bitkiler tarafından Cl^- iyonu halinde alınır; toprakta fazla, bulunan bir elementtir. Bazı bitkiler için, Cl^- faydalı bir element olmasına karşın bazı bitkilerde büyümeyi engellemektedir. Hatta bazı bitkiler için ne yarar ne de zararı vardır, özellikle sebzelerin Hora olan ihtiyacı fazladır. Bunun-

OLAYLAR		TOPRAK HORIZYONU
Biyolojik aktivite maksimum çözünürlük ve süspansiyon halindeki bileşenlerini kaybetmiş	ZENGİNLEŞMİŞ ZON	A0; Kısmen ayrılmış, organik dokunu A1; Koyu renkli, humus zonu, bazı elementlerce zengin A2; Açık renkli, gevşek dokulu, bazı elementlerce zengin
Çözünürlük malzemesinin biriktiği, çökeltme zonu	ZENGİNLEŞMİŞ ZON	B; Kahverengi-turuncu renkte, tıks bloklu, prizmatik yapıda, killi, bazı elementlerce zengin zon
Ayrılmış ana kaya malzemesi		C; Parçalanmış ana kaya, toprak R; Ana kaya

Şekil 3. Biyojeokimyasal çevrim (Rose vd, 1979).



Şekil 4. Toprak ve bitki element miktarı arasındaki ilişki (Rose vd, 1979).

la birlikte *Asparagus* (kuşkonmaz), *Salicornia* (deniz börülcesi), *Atriplex* gibi bitkiler sadece yüksek Cl^- konsantrasyonuna tolerans göstermekle kalmayıp normal gelişmeleri için bu elemente büyük gereksinim duyarlar.

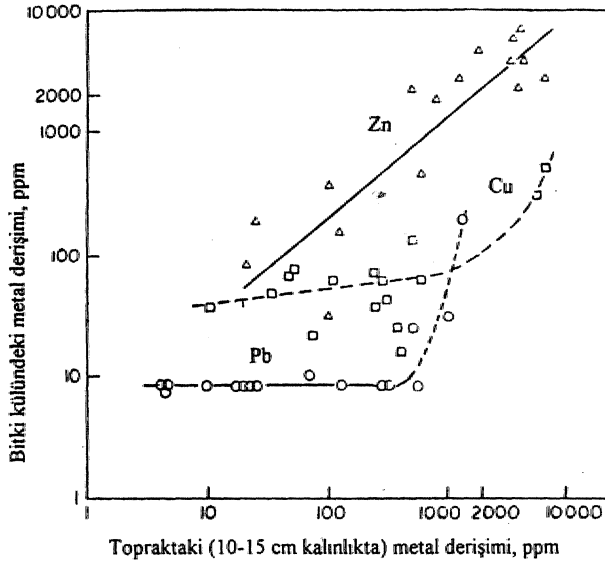
Topraktaki elementlerin bitkilere geçişi

Bitkiler toprakta ve daha derinliklerdeki yeraltı sularında çözülmüş, elementlerin kökleri ile bünyelerine alarak, beslenirler. Bu nedenle, besin, suyu, köklerin kapsadığı alandan, geniş bir sahadaki toprak, ve yer altı suyunu, temsil eder. Besin suyu içerisindeki inorganik tuzları oluşturan elementler fotosentez ve metabolizma sonucunda organik bileşiğe dönüşürler. Bunun için bitkilerin beslendikleri toprak ve yeraltısulan ile besin suyunun bitki organlarının, kimyasal yapılarında çoğu zaman tartışılmaz bir bağıntı görülür. İşte bu bağıntı sayesinde botanik anomaliler oluşmakta ve anomalilerin saplanması ile de maden yatakları prospeksiyonu yapılabilmektedir.

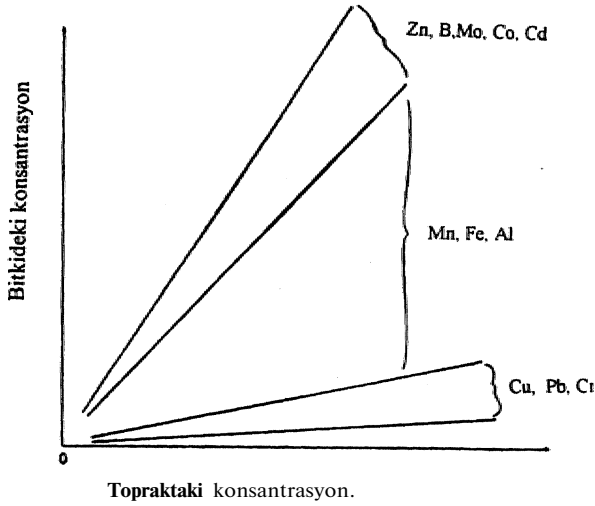
Bitkilerin, kökleri ile üzerinde büyüdükleri toprak ve kayalardan çeşitli elementleri yapılarına alarak bitkinin yaprak, dal vb gibi, çeşitli, organlarının yapılarına giren bu elementler bitki organlarının dökülme kırılma veya ölümü ile toprağın üst kısmında birikirler. Böylece de bitkiler derinlerdeki elementleri toprak üstüne taşımış olurlar. Toprak, üstünde biriken organik döküntüler bakteri faaliyetleri ile çürümeye, başlarlar, Çürüme ürünlerinin bir kısmı da toprağın B zonunda, Fe, Mn ve Al ile birlikte çöker veya adsorbe olur. Diğer bir kısmı ise bitki kökleri tarafından tekrar emilirler. Böylece bazı elementler için BİYOJEOKİMYASAL ÇEVİRİM kayaç-toprak-bitki-toprak-bifid şeklinde devam eder. Yüzeyle çürüyen veya boznan organik maddelerin suda çözünmeyen, veya çok az çözünen kısmı toprağın A zonuyla birikerek humusu oluşturur. Elementlerin Biyojeokimyasal çevrimi Şekil 3'de şematik olarak gösterilmiştir. Sekileten de anlaşılacağı gibi derinliklerdeki bazı elementler bitkiler yolu ile toprağın üst kısmına taşınabilmekte ve zamanla toprağın bazı zonlarında zenginleşmektedir (Köksoy, 1991).

Bitki köklerindeki reaksiyonlar ile bitkilerde hareket ve depolanma

Bir elemente olan gereksinim başka elementlerle giderilemeyeceği için, bitki besin suyunu alırken ihtiyacı olan, ele-

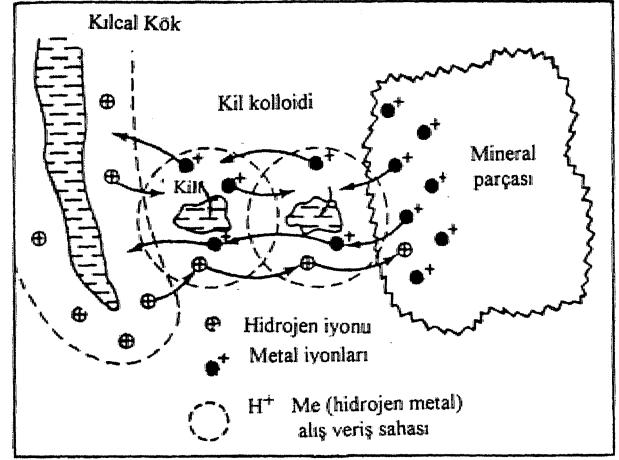


Şekil 5. Cu, Zn ve Pb'un toprak ve bitki küllü arasındaki ilişki; (Rose vd, 1979).



Şekil 6. Bazı elementlerin toprak ve bitki miktarları arasındaki ilişki (AlUmay, 1995).

menden seçmeye yarayan ve niteliği henüz iyice anlaşılmamış bir mekanizmaya sahiptir. Böylece bazı elementler bünyeye kolayca kabul edildikleri halde diğer elementler aynı oranlarda kabul edilmemektedir. Bu mekanizmada; diflizon (yayıma), iyon değişirme, fizikokimyasal olayların yanı sıra bitki metabolizmasında büyük bir rolü vardır, özellikle "besin taşıyıcıları" adı verilen organik moleküller besin, suyuna girmiş gerekli iyonların bitki organlarına taşınırken bitkiye gerekli olmayan diğer iyonların bitki köklerinde birikmelerini veya toprağa iade edilmelerini sağlamaktadır. Böylece normal yaşam şartları altında bitkiler gereksinim duydukları elementleri, kabul edebilirler. Ancak, zararlı elementlerin emilebilir



Şekil 7. Bitkilerin beslenme mekanizması ile ilgili olarak bitki kılcal keklerinde katyon alış-veriş şeması (Rose vd., 1979).

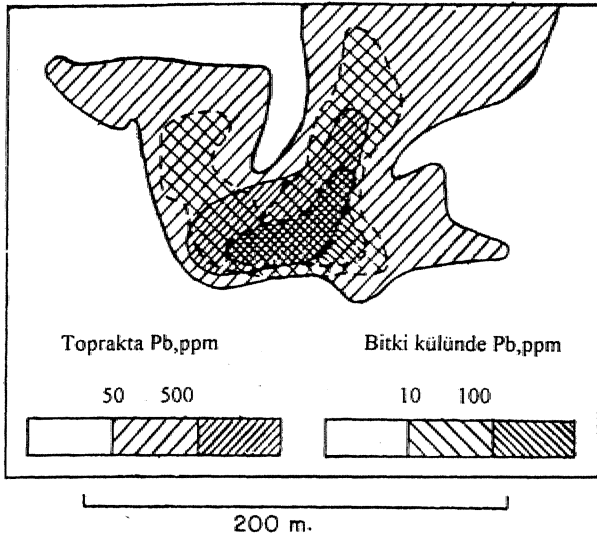
haldeki miktarları çok olursa, bunlar bitkide hastalıklara ve batabazen ölüme de neden olabilirler. Genellikle toksik elementlerin bitki köklerinde tuzlar oluşturarak birikirler. Az bir kısmı da diğer organlara dağılır. Bunun için toksik elementlerin bitki kökündeki miktarları, topraktaki miktarından daha azdır (Ktiksoy, 1991).

Bir bitki içindeki inorganik bileşikler bazı elementlerin serbestçe girmesine neden olurken bazı elementlerin girmesine: de az, veya, çok engel olurlar (Rose vd., 1979). Şekil 4'de bitkiler ile topraktan alınan elementlerin genel ilişkisi verilmektedir.

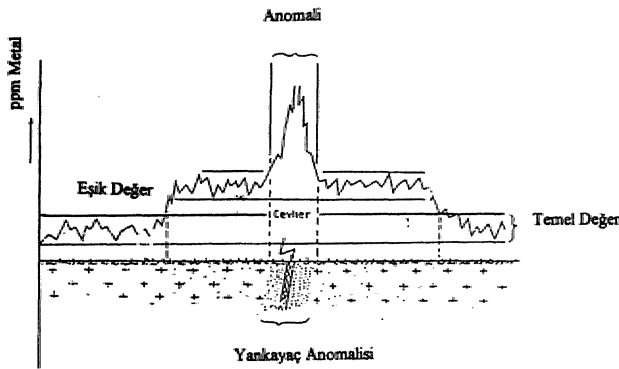
Şekilde de görüleceği gibi topraktaki bir miktar element bitkiye faydalı, ancak bundan fazlası zararlıdır. A bölümü boyunca topraktaki element bitkiye faydalı, B bölümü boyunca bitkinin topraktan aldığı topraktaki bulunanla orantılı değildir, azdır. C bölümü boyunca bitkinin element seçme mekanizması fazla miktarda elementin bünyeye girmesine engel olamamaktadır. Böylece kök depolanma mekanizması bozulabilir. Toksik etki nedeniyle bitki sağlıklı olabilir, deforme olabilir ve hatta ölebilir.

Bazı elementler için be eğri Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 6'da ise bazı elementlerin toprak ve bitki miktarları arasındaki ilişki verilmiştir. Toprakta ve kayada bulunan elementlerin bitki tarafından emilebilir durumda, olması gerekir. Bitkiler sadece toprak neminde çözülmüş veya başka iyonlarla, kolayca yer değiştirebilecek şekilde kil mineralleri ya da kolloidler üzerine adsorbe olmuş iyonları kolayca edebilmektedir. Ancak bu durumda bulunan iyonlar toprakta veya kayada bulunan aynı elementin çok küçük bir kısmını oluşturur. Bu elementin emilebilir kısmının, azlığı ya da çokluğu toprağın cinsine, pH derecesine, organik bileşik miktarına, iyon değiştirilme kapasitesine, su tablası seviyesine, adime, topografya ve anakaya gibi birçok faktöre bağlıdır. Toprak nemini ile beraber emilebilir iyonlar difüzyon veya iyon değişme yolu ile bitkinin kılcal köklerinde stoplazmaya geçerek ve oradan bitkinin diğer hücrelerine taşınırlar.

Günümüzdeki genel görüşe göre; bitkiler kılcal kökleri çevrelerinde yerel olarak, kuvvetli asidik (pH=3-4) bir ortam

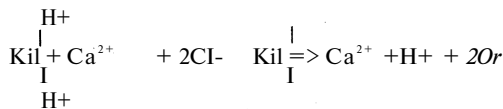


Şekil 8. Biyojeokimyasal anomalili bir bölgede toprak ve bitkideki Pb konsantrasyonu haritası (Rose vd, 1979).



Şekil f. Temel, Anomali ve Eşik değerler arasındaki ilişki (Kétsoy, 1991).

yalatırlar. Bu, asidik ortam. olasılıkla bitki kömesinin salgıladıkları bazı organik asitlerle ve yine bitki köklerinin çıkardığı CO²'in soda çözülmesi ile karbonik asit (E⁺CO²'den meydana gelmektedir (Şekil 7). Böylece H⁺ iyonunca zenginleşmiş kılcal kökler çevresinde kuvvetli iyon değiştirme ortamı, oluşur (Köksoy, 1991). Bu, reaksiyon Kacar'a (1984) göre aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;



Bitkiler kökleri ile kayaların ayrıştırırlar¹, minerallerin parçalanmaları ve bozunmaları sonucunda serbest hale gelen katyonların bir kısmı koloidler tarafından adsorbe edilir. Bir kısmı da toprak neminde çözünür. Bu katyonların bazıları önce kök uçlarındaki H⁺ iyonları ile yer değiştirir ve sonra, difüzyon veya karmaşık bir iyon alışverişi sonucunda köklerin stoplazmasına girerler. Kök uçlarındaki asidik ortam aynı zamanda iyice tozunmamış mineralleride kısmen parçalayarak element-

lerin emilebilir bir durumuna gelmesini sağlar. Bazı bitkilerin köklerinde oluşturdukları asitler o kadar kuvveti olurM; çok sağlam, mineralleri bile parçalayabilir. Be minerallerin parçalanmalarıyla emilebilir duruma gelen elementler bitkinin ölümünden sonra asidi zayıf başka bitkiler tarafından kullanılabilir duruma gelmiş olabilir. Mineralleri böyle parçalama yeteneğine sahip olan bitkilere değiştirici veya çözücü bitkiler denilmektedir (Köksoy, 1991).

Kil parçacıkları ise bu olayda yardımcı rol oynayarak iyon değiştirici rolünü üstlenmiştir. Bitki bünyesine faydalı olmayan özellikle zehirleyici fonksiyonu olan elementlerin ise köklerin etrafına çökeldiği gözlenmiştir. Böylece bitki, zehirleyici maddeler bakımından zengin bölgelerde dahi yaşamını sürdürmüş olur örneğin Pb, U ve V tuzlarının bulunduğu, bölgeler. Aksi halde bitkinin, bu bölgede yaşamını sürdürmesi mümkün olamamakta ve bu ayrımı yapabilmek yeteneği, bitki, türüne göre de değişmektedir. Bazı elementlerin bitki kökleri tarafından çöktürülmesi genellikle organik fazda meydana geldiği için çoğunlukla sulara erimeyen organik bileşikler halindedirler (BıMt, 1973).

Rose vd'e (1979) göre; belirli seviyelerde belirli metallerin, konsantrasyonu mikroorganizmalarca da sağlanabileceği belirtilmiştir (Şekil.8).

Biyojeokimyasal anomaliler

Genel düşünce olarak metalce- zengin bölgelerde yetişen bitkiler yüksek derişimde metal, içermektedirler. Aynı zamanda bu bölgelerdeki topraklarda büyüyen bitkilerinde diğer bölgelerde yetişen, hem cinslerine göre bu elementlerden daha fazla miktar bünyelerine almış olmaları gerekir (Şekil 9). Yani bazı bitkiler, bu bölgelerde biyojeokimyasal anomali gösterirler.

Bitki organlarındaki metal derişimi prospeksiyon amacıyla kullanılacaksa, bölgedeki maden yataklarıyla, bitkideki metal derişimi arasında bir ilişki olmalıdır. Bu bitkilerin organlarını toplayarak (belki de yalnızca tek organını) kimyasal analizleri yapıldığında, cevherleşmeye uğramış bölgeler saptanabilir. Ancak, unutmamak gerekir ki bitkilerdeki elementlerin miktarı yalnız topraktaki elementlerin farklı oluşuna bağlı değildir. Bitki türlerine, bitki kökünün derinliğine, bitkinin sağlığı ve görünümü (güneş ışığının miktarı ve yönü) gibi faktörlerin, yanında pH, Eh, sıcaklık, toprak nemi ve topraktaki diğer elementlerin girişim etkisi gibi 20'ye yakın faktör vardır¹.

Biyojeolojisyasal prospeksiyon yapılırken, her örnek için mümkün olduğu kadar bütün bu faktörleri sabit tutmaya ve örneklerdeki, element miktarındaki değişimin, yalnız, Cevherleşmeye bağlı kalmasına, çalışılmalıdır. Aksi halde elde edilen anomaliler cevherleşme ile değil diğer faktörlerle ilgili olacaktır, yanlış bir yorum yapılabilir (Köksoy, 1991; Rose vd, 1979).

Bitki türleri arasındaki değişim

Farklı bitki türlerinin topraktaki element gereksimleri farklı, olduğu gibi bünyelerine alabilme yetenekleri de farklıdır. O nedenle bir bitki türünün içerdiği element miktarları aynı yerde aynı şartlar altında büyüyen diğer bitki türlerinin içerdiği elementlerden çok farklı olabilmektedir, örneğin; Cr çayı otlarında 19 ppm, çalı türü bitkilerde 10 ppm, kozalaklı bit-

kilende 8 ppm'dir Zn ise çayır otlarında 850 ppm' çalı. türü bitkilerde 660 ppm kozalaklı bitkilerde 1127 ppm'dir (Rose vd, 1979).

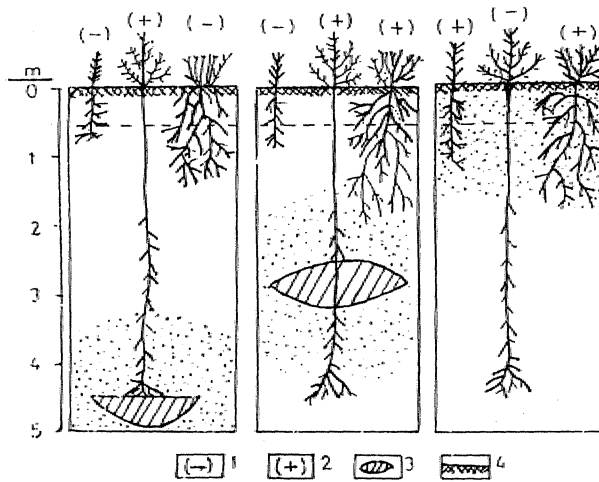
Bunun için biyojeokimyasal prospeksiyon yapılırken bitki türlerini tanımak ve daima aynı türlerden, örnek almak gerekir. Tabii bir elementi en çok toplayan tür, her zamanı cevher-anomalisini en iyi belirten tür olmayabilir. Onun için prospeksiyona başlamadan önce, yönlendirme çalışmaları yapıp; cevherleşmiş ve kısır bölgelerdeki bitki türlerinden, örnekler olarak cevher anomalisini en iyi verecek türü seçmek gerekir (Köksoy, 1991; Rose vd, 1979).

Eğer yönlendirme çalışmaları sonucunda bir kaç bitki türü aynı şekilde elverişli olduğu anlaşılırsa o zaman, bu türlerden de örnekler olarak sonuçları karşılaştırmak yararlı olabilir.

Bitki organları arasındaki değişimi

Analiz için seçilen bitkinin, organları arasındaki farklılıklar temel bir faktördür. Çünkü kökler tarafından emilen, elementler bitki, suyu tarafından bitkinin çeşitli organlarına, taşınır. Genel olarak yeni emilen elementler daha çok bitkinin, o anda gelişmekte, büyümekte olan organlarına taşınırlar. Bunun için bu organlar çoğu zaman diğer kısımlara göre eser elementlere daha zengin olurlar ve bundan dolayı da örnek alınacak en uygun organın, bunlar olması gerekir. Ancak bu taze organlardan alınan örnekler her zaman güvenilir sonuçlar vermemektedir. Deneyimler en uygun, en elverişli bitki organlarının 2 yaşında ve 3-5 mm çapındaki dalgıçların (sürgünlerin) olduklarını göstermektedir.

Elementlerin organlarda toplanma derecesi aynı zamanda fotosentez ile de ilişkilidir. Güneye bakan dallar kuzeye bakan dallardan farklı, derecede element içerebilmektedir. Bir ağacın değişik tarafına dağılan dallar aynı kök üzerinde bulunmakta ve burulmalardan dolayı da bir taraftaki dal sayısı artmaktadır. Böylece örnek alınan organlar, daha çok kendi taraflarındaki köklerle beslendiklerinden bitkinin bir tarafındaki organ-



Şekil 10. Biyojeokimyasal B anomalilerinin tespitinde bitki köklerinin yapısı ile cevher zonu arasındaki bağlantının etkisi (Köksoy, 1991) 1. Normal B miktarı, 2. Anormal B miktarı, 3. Borca zengin zon, 4. Toprak (Köksoy, 1991).

lar diğer tarafındaki organdan farklı miktarda, element bulunmaktadır. Yan dallan, arasındaki metal içeriği farklı olabilir. Bu nedenle bitkinin bir kaç cephesinden örnek alarak; karşılaştırmakta, fayda vardır. Ayrıca, örnek alınacak organların köklerinin aynı uzaklıkta olmasına da dikkat etmek gerekir (Köksoy, 1991).

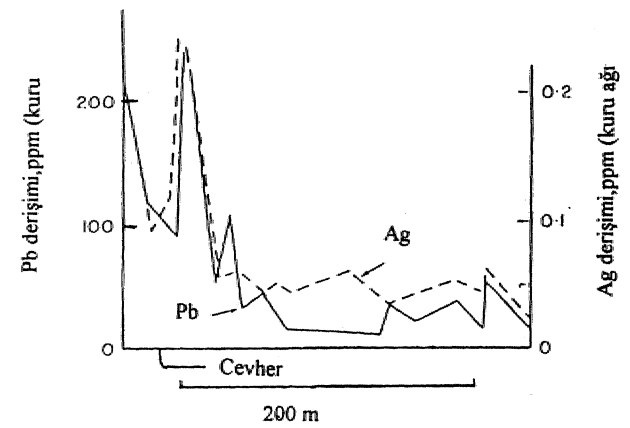
Bitkinin yaşı

Bitki köklerin gelişmesi ve derinlere inebilmesi zamana bağlıdır. Genç bitkilerin kökleri yüzeye yakın ve yayılmış oldukları alan küçük olduğundan yakınındaki cevherleşme ile temas olanağı azdır. Olgun ve yağlı bitkilerin kökleri, derinlere ve daha geniş alanlara yayıldıklarından çevredeki, bir cevherleşme ile temas olanağı genç bitkilere göre çok daha fazladır. Ayrıca bir bitkinin belirli, bir yaşa gelinceye kadar elementlere olan gereksinimi yıldan, yıla farklı olabilir. Belirli bir yaşa geldikten sonra, ise diğer faktörler aynı kalmak, koşulu ile bitkinin elementlere olan gereksinimi normelleşir. Bitki kök sisteminin gelişmesi 30 yaşından sonra, olgunlaştığı ve bu yaştan sonra elementlere olan gereksiniminin normalleştiği kabul edilmektedir (Malyuga, 1964; Köksoy'dan 1991). Her organın mevsime göre elementlere olan gereksinimi farklı olabilir. Bunun için bitkiler örneklenirken yaklaşık aynı yaşta bitkilerin aynı yaşta organlarından aynı mevsimlerde örnek alınmasına özen gösterilmelidir (Köksoy, 1991; Mose vd, 1979).

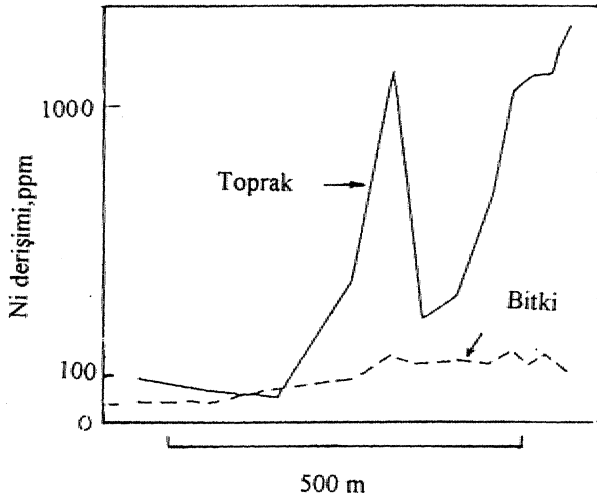
Bitki kökünün gidebildiği derinlik

Bir örtü tabakası altındaki, bir cevherleşmeyi biyojeokimyasal yolla saptayabilmek; örtünün kalınlığına, bitki köklerinin derinlere inebilme yeteneğine ve daha derinlerdeki metal iyonlarının yukarıya doğru hareket edebilme derecesine bağlıdır. İyonların yukarıya doğru hareket edebilmesi su tablası seviyesi ve kapillarite ile ilişkilidir.

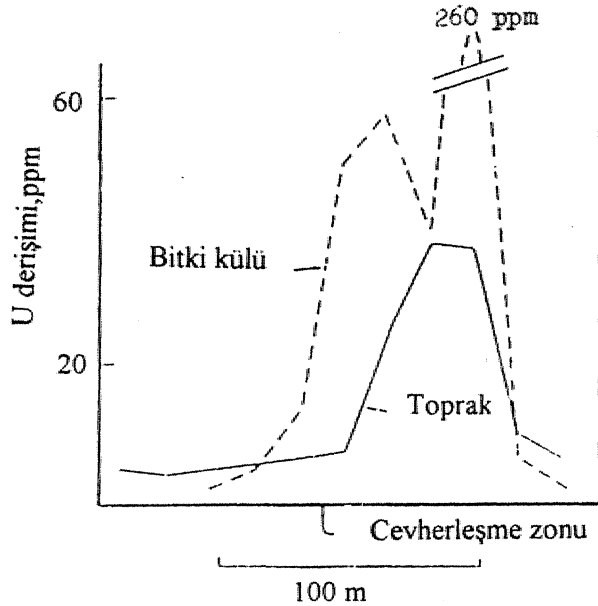
Bazı bitkiler köklerine 40-50 m. derinlere, su tablası seviyesine göndererek yer altı sularından yararlanırlar. Be gibi bitkilere "Phreatophytes" denilmektedir. Bazı bitkiler ise köklerini derlere göndermeyip gerekli suyu toprak nemi kuşağından elde etmeye çalışırlar. Bu bitkilere de "Xerophytes" adı verilmektedir. Uzun köklü, bitkiler (Phreatophytes) biyojeokimya-



Şekil 11. Nijerya da Nyeba Pb-Zn alanında cevher üzerinde Rubiaceae sp.'nin kurtulmuş sürgünlerinin Pb ve Ag içerikleri (Rose vd, 1979).



Şekil 12. Eski SSCB'de Novo-Tayketken'de uygun toprak ile karşılaştırıldığında bitki külünün Ni içeriği (Rose vd, 1979).



Şekil 13.. Fransa'da (Esteret bölgesi) uygun topraklarla karşılaştırıldığında çamların iğne yapraklarının küfünün U içeriği (Rose vd, 1979)..

sal prospeksiyonda daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bununla beraber biyojeokimyasal prospeksiyon uygulanırken kök uzunludatı üe birlikte bazen kök sistemlerinin yapışmada dikkat etmek gerekir.. Rusya'da bir B prospeksiyonü sonucunda elde edilen ve Şekil 10'da gösterilen, sonuçlar bu özeliği gösteren, çok ilginç bir örnektir (Shuyryaey, 1957), Bor yatağının yüzeye yakın olan yerlerde kısa köklü, bitkiler (*Sakala nitum* ve *Umonium suffruticosuri*) anomali verdikleri halde uzun köklü bitki. (*Anabasis apkytla*) besleyici kökleri B yatağında kalmadığı için. anomal vermemiştir. Diğer yandan B yatağının 4-5 m derinlerde bulunduğu yerlerde ise bu uzun köklü bitkiler anomal vermişlerdir. Be gibi durumlarda bitki köklerinin uzunluk, ve yarıçapları bilinirse cevher yatağının derinliği hakkında bir fikir edinilebilir (Köksoy, 1991).

Kontrast (Zıtlık) ve etkileşim

Temel (normal veya. background) değerlere 'karşı biyojeokimyasal .anomalilerin kontrastı (zıtlığı), toprak çözeltilerindeki elementlerin hareketliliğiyle ilişkilidir. Kontrast etkisinden yararlanarak metaller için güvenli veriler elde edilebilir. örneğin Mo oldukça düzenli (doğru) bir yüksek, kontrast gösterir. Mo anomalisinde M kontrastın oranı 1.0/1'den 100/1'e kadardır. Co» Pb, Fe ve U kontrast gösterirler, (CM. ve Zn'nin anomalileri, -düşük kontrasta, örnektir. Bu metallerin bazı yataklarında Cu ve Zn'nin eksikliğinin tanınabilmesi için bir sınırdır. Bu anomalinin düşüldüğü 'bitki yetiştirilmesiyle ilişkili olduğu, gibi. metabolik proseslerle de sınırlıdır (Rose vd., 1979).

Şekil, 11'de görülen. Nijeryadald Pb-Zn mineralizasyonun olduğu alanda, bitkideki Ağ ile karşılaştırıldığında, Pb'nin. greceli olarak daha büyük zıtlığa sahip olduğu görülür. Ancak bazı elementler için» toprak, anomalilerinden büyük veya eşdeğer olabileceği gibi» bazı elementler için. de tersi olabilir, bu, iki ilişki Şekil. 12 ve 13Me verilmiştir..

Etkileşim, bitki, büyümesi ile ilgili olarak/bir elementin diğer bir element üzerine iki taraflı (karşılıklı) etkisi veya bir elementin diğer bir elemente farklı tepkisi olarak, tan.ulanabilir,. Diğer yandan iki elementten yalnızca biri değ! ikisi birlikte ilave bir etki yaratabilir. Örneğin P yada Zn uygulandığında, bir verim tepkisi ölçülebilir. Ancak bireysel tepkilerin toplamı.» ikisi birlikte, uygulandımdaki tepkiden, önemli ölçüde- daha az, olabilir.

Etkileşimler' daha iyi ve daha. sağlıklı bitki gelişmesine- neden olabilir, örneğin; asit toprakta zayıf bir sekide büyüyen bir baklagil bitkisi, toprak kireçlendikten, sonra normal olarak büyüebilir.. Ayrıca kireçli toprakta bitkiye yararlı, Mo'deki artış da daha iyi. büyümenin, nedeni olabilir.

Toprağa P gübresinin uygulanması, bitki büyümesini artırabilir'.. Ancak bitki, büyümesinin son. aşamasında Zn yönünden noksanlık gösterebilir. Ayrıca bitkide Zn. noksanlığı meyve yada dane verimini de azaltabilir,. Bir bitki yarayışlı besin elementini başka, bir- besin elementinin normal metabolik işlevini engelleyecek kadar aşırı veya. zehirli düzeyde aldığı zaman,. bitki.de etUeshnler artabilir* örneğin bir bitki tarafından, aşırı Zn alımı, Fe'in metabolik işlevini, alt üst eder ve bitkide- Fe normal konsantrasyonda olsa. bile,, bitkinin Fe klorozu zarar görür (Köleli ve Aydemir, 1994),

Homojenlik

Bitkilerin, mineral içerikleri temel, kayacın bileşimi ile indirekt olarak ilişkili, olmakla beraber bir çok değişkenden etkilendirler. Bundan dolayı biyojeokimyasal. anomalilerin., en. azından mobil elementler için, benzer kalıntı toprak anomalilerinden daha düzensiz olduğunu, bulmak süpriz değildir, örneğin; bir doğrutlu boyunca alman bitki ve. toprak örneklerinin göreceli homojenlikleri. Şekil. 14'de verilmiştir (Rose vd, 1979).

Anomalilerin formları

Daha. öncede belirtildiği gibi; bir çok faktörün etkisi altındaki kök. sisteminin çözeltideki değişim.» üst kısımda bitkilerin de kimyasal bilernişiminin değişmesine neden olur.

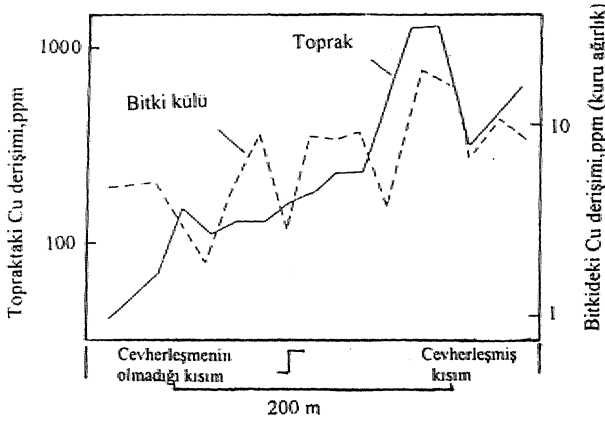
Böylece biyojeokimyasal. anomalilerin formu, bir hodromorfik, sinjenetik birliğin formunun birleşimi ve. yeraltı suyu anomalilerinin bütünü ile beraber temel topraktaki biyojenik. anomaliler olarak belirlenir.

Bir örtülü toprak anomalisi veya cevhere ulaşan bitkinin kökü, biyojeokimyasal anomalile yeryüzünde (yukarıda) temsil edilir. Eğer anomalie neden olan bir yanal yeraltı soyu veya Mürömorfik toprak anomalisi varsa biyojeokimyasal-anomali ile cevherle ilgisinin olup olmadığı ortaya çıkarılabilir (Rose vd., 1979).

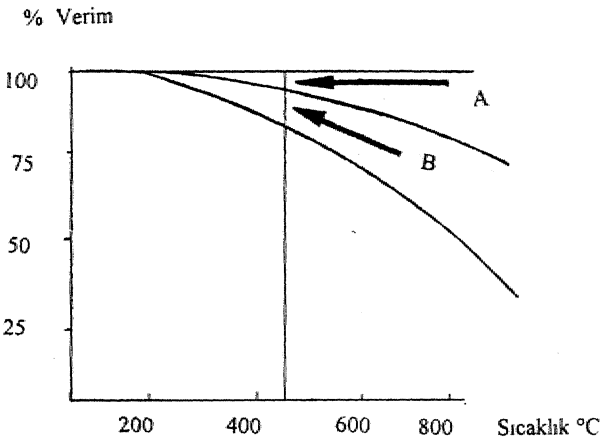
Kirlenme

Kirlenme olayı biyojeokimyasal çalışmalarda üzerinde durulması gereken en önemli konudur. Çünkü, bitki örnekleri otomobil eksozları, endüstriyel gazlar, arıtma gazları, gübreler ve çeşitli fabrika atıkları vs'den etkilenebilirler. O nedenle ciddi kirlenme alanlarında biyojeokimyasal ölçümlerin yapılmaması gerekmektedir (Rose vd., 1979).

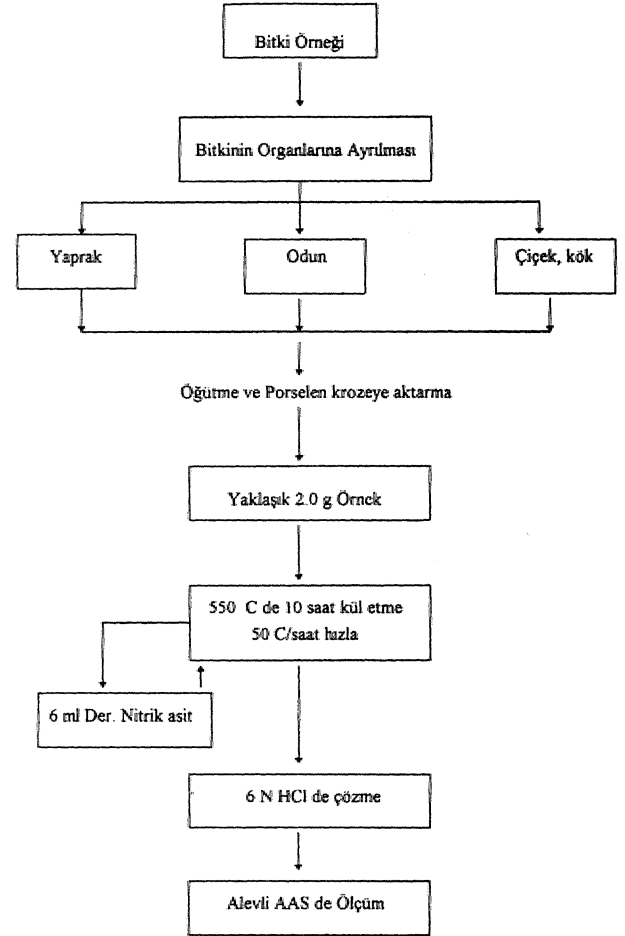
Bir veya iki yıllık sürgünler, yüksek çalılıklar ve ağaçlar çok farklı iklimsel ortamlarda başarıyla kullanılabilirler. Örneğin olgunlaşmış çalılıkların metal içeriği yetiştiği mevsimde hissedilir derecede değişmez. Üstelik; sürgün örnekleri kabuk ve



Şekil 14. Ugan'da (Kilembe) Elephant grass bitkisinin toprak örneğiyle arasındaki Cu içeriği homojenliği (Rose vd., 1979).



Şekil 15. Kül etme basamağında sıcaklığa bağlı olarak element kayıplarının genel görünüşü A-Buharlaşma kayıpları, B-Asit ile çözeltiye almada istenen forma dönüşmeyen kayıplar (Özdemir, 1992).



Şekil 16. Bitki örnekleri için işleme basamakları (Benton ve Jones, 1994).

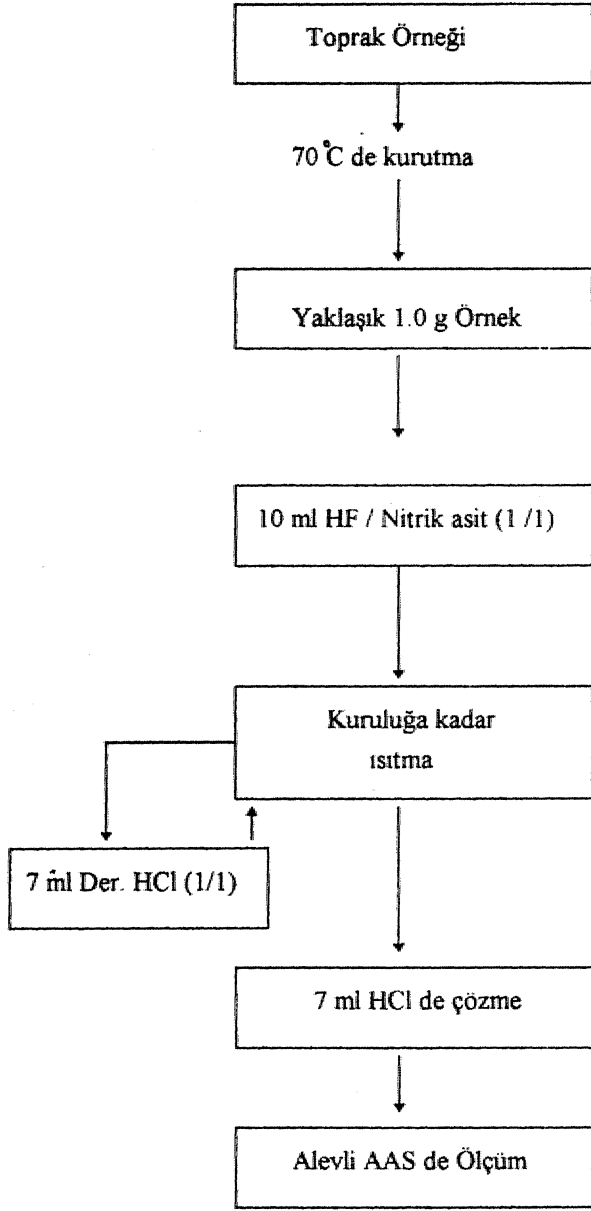
ağaçlardan, daha fazla elementi biriktirirler. Birinci ick yerde; itibaren 1-1.5 m. yüksekliğindeki yaprak ve genç sürgünlerden alınır. Çok genç sürgünden ziyade 1-2 yıllık dalcık tercih edilir. Uzun çalılıklar ve ağaçlar, küçük çalılıklar ve odunsu olmayan bitkilerden daha az yağmurun toprak sıçratmasından kirlenirler. Bataklık bölgelerde ise yağmur sıçramasının bir tehlike oluşturmadığı bölgelerde yosun ve çalılıklar basan, ile kullanılabilir (Rose vd., 1979).

Biyojeokimyasal ölçüm teknikleri

Hazırlık ve ön çalışma

Biyojeokimyasal prospeksiyonun teniyi nasıl yapılabileceğini anlatmak çok zordur. Çünkü işin için 6 kadar çok faktör girmektedir ki; bir yerde basan ile yürütülen bir prospeksiyon başka bir yerde başarısızlığa uğrayabilmektedir. Rose vd'e (1979) göre şu özelliklere dikkat etmek gerekir;

1. Bölge hakkında yazılmış jeolojik raporlar ve haritaları gözden geçirmek;
2. Arazide kısa bir ön çalışma yapmak;
3. Optimum türler, türlerin yayılım alanlarının kontes-



Şekil 17. Toprak örnekleri için işlem basamakları (Brooks vd, 1992).

ti» .anomalilerin homojenliği, bitkileri tanıma ve kolay örnekleme, kök sisteminin derinliği,,

4. örnek alınacak, organın saptanması (yeni sürgün, yaprak,, meyve, kabuk ve dal vs),

5. En. iyi belirtgen element veya elementlerin saptanması,

6. Güneş. ışığının etkisi, drenaj» gölgelenme-, ve diğer elementlerin etkisi,

7., Toz ve diğer kaynaklardan kirlenme,

8. örnekleme modeli» alınacak örnek miktarı, ve. örnekleme aralığı.

Baha, sonra, da, esas. prospeksiyona geçilir.

Örnek toplama

örnek .alımı için seçilen, bitki, sahada yaygın olarak bulunuyorsa, örnekler sistematik olarak (ağa, traverse .göre) alınmalıdır . Eğer' sahada dağılışı seyrek ve gelişi güzel ise de, o zaman uygun yerlerde bulunan bitkiler' örneklenir ve yerleri topoğrafik olarak, saptanır., Her örneğin yeri topoğrafik ve jeolojik haritaya işaretlenmelidir., Ayrıca örnek numaralan ve element, miktarına etki edebileceği düşünülen her türlü özellik bir deftere not edilmelidir., örneğin; karayolları kenarında ve. fabrika, yakınlarında büyüyen bitkilerin,, motorla araç eksoz ve fabrika bacalarından çıkan gazlarda bulunan bazı elementlerce zenginleşmiş oldukları görülmüştür. Bunun için prospeksiyon yapılırken» bu özelliklerin de not edilmesi ve sonuçları değerlendirirken göz önünde, bulundurulması gerekir., örnek alımı içki bağ makasları, ve bıçakları kullanılabilir.. Normal olarak yaklaşık. 200-300 gramlık bir örnek bir kaç analiz için yeterlidir.. Ayrıca hem bitkilerin sistematigi içinde örnek gerektiğinden, hemde herhangi bir nedenle tekrar analiz yapmak, gerekebileceğinden biraz daha. fazla örnek almakta fayda vardır.

Toplanan, örnekler 2-3 gün içinde laboratuvara getirilerek, bir kısmı sistematik tanımlama için. ayrılmalı, geriye kalan örneklerde yıkanıp saf sudan geçirildikten, sonra oda sıcaklığında temiz bir şekilde kurutulmalıdır.

Bitki külünün hemen hemen tamamı,, bitkilerin geliştikleri ortamdan, aldıkları elementlerden oluşmuştur., Kül etme esnasında bitkinin, ana bileşenleri olan. N,, C, O ve H elementleri ortamdan uzaklaşırlar' (Kaçar., 1984).

Külleşme sırasında kaybolabilecek kritik elementler bulunuyorsa, o zaman örneği kimyasal olarak oksitlemek (Wet-ashing) gerekir., Bunun için, HNO₃, HClO₄, H₂O₂, gibi oksitleyici kuvvetli kimyasal maddeler kullanılmalıdır (Köksoy, 1991). Özdemir' (1992)'e göre kül etme basamağında, sıcaklığa bağlı olarak element kayıplarının genel görünüşü. Şekil 15*'de verilmiştir.

Bitki örnekleri için işlem basamakları Şekil 16'de, toprak örnekleri. için işlem basamakları Şekil 17'de verilmiştir., Kül etme işlemi yapılırken,, uygun sıcaklığın seçilmesi, optimum, •verimin alınabilmesi bakımından önemlidir.

Örnek, hazırlama, teknikleri

Her hangi bir örnekteki bileşenlerin, analiz edilmesinde; örnekten ölçüm basamağına kadar -yapılan bütün işlemlere "örnek hazırlama basamağı" ve bu basamaklarda kullanılan tekniklere de "örnek hazırlama teknikleri" denk.

Element analizlerinde- ölçüm basamağı olarak. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS) veya Atomik Emisyon Spektrofotometresi (AES) kullanıldığında, katı örneklerin çözülmesi ve organik maddelerin giderilmesi gerekmektedir. Organik maddelerin giderilmesi; bitki, kökeni örneklerin komplek^matriks içermesinden dolayı ölçüm basamağında birçok problemler ortaya, çıkmaktadır. Bu problemler; örnek yapısının tam olarak bilinmemesinden ve özellikle bitki kökenli örneklerin yetiştiği bölgelere göre. farklı düzeylerde bileşenler içermesinden, veya ölçüm basamağında bu bileşenlerin, matriks etki göstermelerinden kaynaklanmaktadır.. Bu nedenle yukarıda belirtilen problemlerin giderilmesinde uygun bk örnek hazırlama basamağı seçilmelidir' (Hoenig ve Borger, 1.983)..

TÜMÜ 3'. Örnek Hazırla/no Tekniklerimin Karşadagtrtrbnast (Özdemir 1992).

Parametre	Kül etme	Yaş kimyasal
Hız	2-10 saat	10-60 dakika
Sıcaklık	az,	fazla
Kör örnek:	az	fazla
örnek miktarı	az *	fazla
örneğin fiziksel özelliği	katı.	katı ve viskoz
özel düzenek	gerekli	gerekiz

AAS ve AES ile bitki ve bitki kökenli organik raatriks içeren örneklerde element aozalizlerinde ve organik maddelerin giderilmesinde; geoellikle kül etme ve yaş kimyasal parçalamaya teknikleri kullanılmaktadır (Özdemir, 1992).

Kil etine tekniği

Bitki kökenli örneklerde kül etme tekniği; örnek uygun kaplarda belirli bir sıcaklıkta ve belirli bir sürede tutularak organik maddelerin uzaklaştırılması ve elde edilen kalıntının inorganik bir asit içerisinde çözülerek analiz edilmesi ilkesine dayanmaktadır.

Organik maddelerin tamamen uzaklaştırılması; öyle bir kül etme sıcaklığı seçilmelidir ki; kül etme süresince analiz yapılan elementin kayba uğramaması (veya mümkün olduğunca az kayba uğraması) ve elde edilen kalıntıyı asitte çözünmesi istenmektedir (Hoening ve Borger, 1983).

Yaş kimyasal parçalanma tekniği

Bu teknikte; örnek asit veya asit karışımları ile muamele edilerek organik maddenin tizaldastnılması ilkesine dayanır. Yaş kimyasal parçalamaya tekniğinde yükseltgen özellikler taşımaları açısından genellikle nitrik, sülfirik, perklorik asit ve hidrojen peroksit veya bu asitlerin karışımları kullanılmaktadır.

Nitrik/Sülfirik asit karışımı ile parçalanma: çeşitli örneklerle uygulanabilen ve birçok element için (Selenyum hariç) iyi tekrarlanabilirlik elde edilebilmektedir. Ancak Sülfirik asit, örneklerin yapısında bulunan Ca'ın CaSO₄ halinde çökmesi ve oluşan çökelek ile birlikte eser elementlerinde çökmesinden dolayı kayıplara neden olmaktadır. Aynı zamanda analiz edilecek elementlerle çözünmeyen sülfat bileşiklerini oluşturması açısından dezavantajlar bulunmaktadır.

Sülfirik asit/Hidrojen peroksit parçalanması: klorür içeren ve yüksek oranda uçucu olmayan hidrokarbon içeren örneklerde bazı elementlerin büyük miktarda kayıplarına neden olmaktadır.

Mitrik/Terklorik asit parçalanması: en geniş olarak kullanılan tekniktir. Organik maddeler sıcak perklorik asit varlığında kolaylıkla yükseltgenmektedirler (Özdemir, 1992). Bu iki yöntemin karşılaştırılması Tobla 3'de verilmiştir.

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Jeokimyasal prospeksiyonda bir çok değişken; bir fonksiyonel ilişki şeklinde birbirine bağımlıdır. Bu fonksiyonun bilinmesi halinde değişkenin değerine karşı gelen bağımlı değişkenin değeri bulunabilir. İki değişken arasındaki ilişki için en çok rastlanan doğrusal ilişkidir. Bu ilişki de ise iki değişken

birbiriyle doğrusal bir şekilde etkilenmektedir ve $y=ax+b$ şeklinde gösterilir. Burada bağımsız değişken x ve bağımlı değişken y 'dir. BÖ denklem bir koordinat sisteminde doğrusal bir çizgi olarak görülecektir, a katsayısı bu doğrunun eğiminin tanjantı, b katsayısı ise; $x=0$ için bulunan y değeridir» yani doğrunun y eksenini kestiği noktadır.

Ancak doğadaki değişkenler arasındaki ilişki her zaman bir fonksiyonla ifade edilemez. Çeşitli örneklerde ölçülmüş iki değişkenin değerlerini bir koordinat sistemi üzerine noktalayacak olursak, iki değişken arasında doğrusal bir bağıntı olmadığı durumlarda, doğrusallığın ne derecede iyi olduğu saptanmalıdır. Tam olarak doğrusal olmayan durumlarda $ys=ax+b+e$ (e : hata terimi). Hata terimi ne kadar küçük ise doğrusallık o derece iyi demektir.

iki değişken arasında doğrusal bağıntıyı ararken genellikle iki soruya cevap vermek gerekir.

1) x ve y gibi iki değişken arasında ne derecede iyi bir doğrusal bir ilişki vardır.

2) y ile x arasındaki doğrusal değişimin denklemi nedir. Eğer x bağımsız ve y bağımlı değişken olarak alınırsa bu ilişki; $y=ax+b$ şeklinde olduğuna göre a ve b katsayılarını değerleri nedir.

istatistiksel olarak a ve b katsayılarının hesaplanmasında genellikle en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Bulunacak en iyi a ve b katsayıları her gözlem veya örnek için hatanın karelerinin toplamını en küçük yapan, minimize eden değerler olacaktır.

iki değişken arasındaki ilişkiyi (i) inci örnek için ($i=1,2,... n$) $y_i=ax_i+b+e_i$

şeklinde yazabiliriz. n nokta için hataların karelerinin toplamı,

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2$$

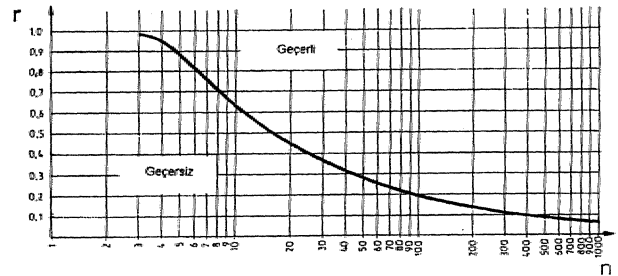
olacaktır. Bu değeri minimize eden a ve b değerleri ise,

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

şeklinde bulunur.

x ile y arasındaki doğrusal ilişkinin denklemi, y 'nin x 'e ne derece bağımlı olduğu hakkında bir fikir vermemektedir. y ile



Şekil 18. Örnek sayı (n) ile korelasyon katsayısı (r) arasındaki ilişki (WeBmer, 1959)..

x arasındaki doğrusal derecesini korelasyon katsayısı belirtmektedir. Korelasyon katsayısı (r) ise +1 ile -1. arasında değişen bir sayıdır. Korelasyon katsayısı aşağıdaki formül Üe hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Korelasyon katsayısının karesi, (r^2), y değişkeninde M değişiminin yüzde kaçının x de değişmelerle belirlendiğini gösterir. Örneğin $P=0.6$ ise $r^2=0.36$ olacaktır. Be. da y'nin değişiminin % 36'sının x. değişkeni tarafından kontrol edildiğini gösterir. Geride kalan % 64 ise başka değişkenler ve kaynaklarca belirlenmektedir.

Biyojeokimyasal prospeksiyon da elde edilen veriler değerlendirilirken Şekil 18'de verilen grafiğe göre örnek sayısına bağlı olarak olması gereken teorik r değerleri hesaplanarak deneysel olarak saptanan r değeri ile karşılaştırılır. İstenilen güvenilirlik sınırları içerisinde $V_{usuew\&tywuL}$ olmalıdır (Weimer, 1989). SciOTfr (1979) göre ise güvenilirlik sınırları 0-2 olduğunda % 95 ve % 99 olarak verilmiştir.

Analiz değerlerinin yorumlanması

Analiz sonuçları jeolojik harita üzerine işlenerek sahanın biyojeokimyasal haritası, elde edilir. Bu sonuçlara etki edebilen topografya, drenaj, yol vb faktörlere ait bilgiler de bu harite üzerine istenmelidir. Haritadan çıkarılacak ilk önemli sonuçlar normal ve anomali, sahalalarının saptanmasıdır. Analiz sonuçları bazen küldeki element miktardan, bazen de kuru organdaki element miktarı olarak ifade edilebilir. Bunlardan hangisinin anomalileri daha iyi belirlediklerini, saptamak ve haritaya bu değerleri işlemek, gerekir.

Elde edilen anomalilerin cevherleşmeyle ilgili olup olmadığına karar vermek, sahanın değerlendirilmesinde en kritik rolü oynar, önceki konularda da belirtildiği gibi, bitkilerdeki element miktarı cevherleşmeden başka topografya, toprak pH'sı, bitkinin güneşe göre durumu gibi bir çok faktörde bağlı olabilmektedir. Bunun için örneklerdeki diğer elementlere ait değerlerin, de göz önünde bulundurulması gerekir. Eldeki anomalilerin jeolojik, olmayan faktörlere bağlı olabileceği şüphe

Tmblü 4* Maden Çayı baryumca saptanan telirtgen bitkiler (Özdemir, 1996).

Element	Bitki adı	Bitkide aralık ppm	Tarıb edilen organ	Toprakta andık, ppm
Çu	Salix acmophylla	84-81	i Odun	15-6646
	Tamarix smyrnensis	22-583	Odun	
	Phragmites australis	i 15-560	Odun	J
Zo	Salw innenoriaca	58-781	Odun	169-5899
	Ptatanus ofientaiis	i 117-704	I Odun	
	Populus nigra	535-2534	j Odun	
Mn	Satix acmophylla	16B72-648	Yaprak	250-1966
i	Tamarix smyrnensis	111-923	Yaprak	
Je	Ph-agyraiis australis	987- i 1753	Yaprak	39442-115231
	j Care» acuta	«56-4764	Yaprak	

edildiği zaman» bu faktörler- karşısında aynı şekilde davranan. iki cevher elementine ait değerlerin oranlarını, ele almak çoğu zaman bu faktörlerin etkilerini ortadan, kaldırmaktadır.

Köksoy (1991)'dam Wanen'e (1949 ve 1952) göre cevherleşmemiş sahalalake bitkilerden, elde edilen örneklerin Cu ve Zn miktarları, yerel faktörler nedeniyle büyük değişiklikler göstermektedir. Ancak bu elementlere ait oranlar oldukça sabit kalmaktadır, örneğin normal sahalalarda Cu/Zn oranı 0.07 ile 0.23 arasında değişmektedir. Bu oran, bakır cevherleşmesinin bulunduğu yerlerde 0.23'den daha büyük, çinko cevherleşmesinin bulunduğu yerde ise 0.07'den daha küçük, değerler göstermektedir.

Cevherleşme bölgelerinde toprağın humus zonunun, ölmüş bitki organlarının birikmesi ve bozunmasıyla biyojenik elementlerce zenginleşmiş olduğu bilinmektedir. Bazı zamanlar bu zonlardan alınan toprak örnekleri, bitki organlarından alınan örneklerden daha belirgin ve homojen anomaliler vermektedir. Bunun için prospeksiyon yapılan bölgede böyle bir epijenik biyojenik dağılım, bulunuyorsa, bitkilerden elde edilen anomalileri humus sonundan alınan örneklerin sonuçlarıyla karşılaştırarak sahte anomalileri ayırt etmek veya anomali zirvesinin yerini daha iyi saptamak olasıdır.

Yerli klastik anomalilerle ilgili biyojeokimyasal anomalilerin, cevherleşme ile doğrudan ilişkisi vardır. Bu yüzden daha detaylı çalışmalar anomali zirvesi çevresinde yapılır. Taşınmış klastik anomalilerle ilgili biyojeokimyasal anomalilere ait cevher yatağı ise; klastik malzemenin taşınma miktarına bağlı olarak biyojeokimyasal anomali zirvesinden uzakta, bulunabilir. Cevher yatağının yerinin saptanması için, bölgede klastik malzemenin taşınma yönünde, bir araştırma yapmak gerekir (Köksoy, 1991 ; Rose vd, 1979).

Biyojeokimyasal ölçümlerin avantaj ve dezavantajları

Biyojeokimyasal metodların dezavantajları, pH, Eh, drenaj, organ yaşı, bitki, metabolizması, bitkinin kabul emdiği mekanizma, güneş ışığı miktarı ve diğer değişkenlerin neden olacağı sonuçlar bu yöntemi güvensiz kılar. O nedenle bittim bu faktörlere dikkat etmek gerekir. Üstelik biyojeokimyasal çalışmalarda bitki türlerinin belirlenmesi ve seçimi iyi bilgi ve dikkat gerektirmektedir. Çünkü türler toprak örtüyü yap yüzeye çıkarak düzensiz, olarak dağılırlar. Ayrıca biyojeokimyasal prospeksiyon metodlarının diğer jeokimyasal yöntemlerden bazı konularda da avantajları vardır. En önemlisi derinlerde elementlerin çoğalması ve bu elementlerinde bitkilere yansımaları çok önemlidir. Yani bitkinin kökü o birikmiş elemente kadar uzanıyorsa, aylı element, zenginleşmesini bitkide bulabiliriz. Tabi her tür Mıdye aynı şekilde yansımaları da, olası değildir.

Diğer yandan element açısından zenginleşmemiş ve taşınmış topraklarda, ağaçların analizleri yüzey topraklarına yakın olmayan anomalinin tanınmasına olanak sağlar. Böyle ağaçların, anomali değerini yansıtması, toprağın taşınması, donması, çknetolanması, ince humuslu veya karla kaplandığı bölgelerde çok daha önem kazanmaktadır. Yani bitkiler sığ sondaj görevi yaparlar (Rose vd, 1979).

Tablo 5. Dünya'nın bazı bölgelerinde Botanik Prospeksiyon'da kullanılan bitki türleri.

Element	Tür adı	Lokale	Referanslar*
B	<i>Eurotia ceratoides</i> (L)	Rusya	1a
	<i>Limonium suffruticosum</i> (L)	Rusya	1a
	<i>Salsola nitra</i> (L)	Rusya	1a
Co	<i>Betula papyrifera</i>	Kanada	28b
	<i>Populus tremuloides</i>	Kanada	28b
	<i>Crassula alba</i> (L)	Zaire	1b
	<i>Crotalaria cobalticola</i> (U)	Zaire	2
	<i>Haumanistrum robertii</i> (U)	Zaire	3
	<i>Silene cobalticola</i> (U)	Zaire	1d
Cu,Co	<i>Aeolanthus subcaulis</i> (L)	Zaire	48
	<i>Basanthe cupricola</i>	Zaire	48
	<i>Crepidophalon tenuis</i> (L)	Zaire	48
	<i>Crepidophalon perennis</i> (L)	Zaire	48
	<i>Faroua chalcophila</i> (L)	Zaire	48
	<i>Gutenbergia cupricola</i> (L)	Zaire	48
	<i>Haumanistrum katangense</i> (U)	Zaire	48a,b,c
	<i>Haumanistrum robertii</i> (U)	Zaire	48a,b,c
	<i>Vigna dolomitica</i>	Zaire	48
Cu	<i>Acacia radiata</i>	D. İsrail	21
	<i>Acalypha dikuluensis</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Adhatada vasica</i>	Hindistan	9
	<i>Aeolanthus bifurcatus</i> (U)	Zaire	41
	<i>Anisopappus hoffmannianus</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Armeria maritima</i> (L)	Almanya	1f
	<i>Ascolepis metallorum</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Becium homblei</i> (U)	Zaire/Zambia	15
	<i>Becium peschianum</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Bulbostylis barbaea</i> (U)	Australya	1g
	<i>Bulbostylis burchellii</i> (L)	Australya	14
	<i>Bouchea moribifolia</i>	Hindistan	9
	<i>Coleus scutellarioides</i> (U)	Endonezya	42
	<i>Commelina zigzag</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Crotalaria cobalticola</i> (U)	Zaire	1c
	<i>Crotalaria francoisiana</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Cyanotis cupricola</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Cymaria acuminata</i>	Endonezya	42
	<i>Dysoxylum spectabile</i>	Yeni Zelanda	45
	<i>Echolium lugardae</i> (L)	GB Afrika	14
	<i>Eisholtzia haichowensis</i> (L)	Çin	1h
	<i>Esholtzia meksicana</i> (L)	ABD	4
	<i>Fagonia mollis</i>	Beyrut	21
	<i>Gladiolus actinomorphanthus</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Gladiolus duvigneaudii</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Gladiolus klatianus</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Gladiolus peschianus</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Gladiolus tshombeanus</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Gutenbergia cuprophila</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Gypsophila patrinii</i> (L)	Rusya	1i
	<i>Grewia hirsuta</i>	Hindistan	9
	<i>Haumanistrum katangense</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Haumanistrum robertii</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Heichrysium leptolepis</i> (L)	GB Afrika	14
	<i>Impatiens balsamina</i> (U)	Hindistan	15
	<i>Lindernia dambolii</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Lindernia perennis</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Lychnis alpina</i> (L)	İskandinavya	6,16
	<i>Merceya latifolia</i> (U)	Dünyada yaygın	1j
	<i>Mielichhoferia mielichhoferi</i> (U)	Dünyada yaygın	1j
	<i>Minuartia verna</i> (U)	Almanya	1r
	<i>Oligotrichum hercynicum</i> (U)	Alaska	11
	<i>Palicourea undulata</i>	Beyrut	21
	<i>Pandanus metallorum</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Polycarpaea corymbosa</i> (L)	Hindistan	1k
	<i>Polycarpaea spirostylis</i>	Australya	12
	<i>Prosopis juliflora</i> (L)	ABD	39
	<i>Rendlia cupricola</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Sopubia metallorum</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Sopubia neptunia</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Sporobolus stelliger</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Sporobolus deschampsiioides</i> (U)	Zaire	1d
	<i>Tephrosia villosa</i>	Hindistan	9
	<i>Vernonia cinerea</i> (L)	Hindistan	1k
	<i>Vernonia ledoceteana</i> (U)	Zaire	1d
Cu,Mo	<i>Picea marina</i>	Kanada	28a
Cu,Ni	<i>Becium obovatum</i>	Kanada	28c
Fe	<i>Burtonia polyzyga</i> (L)	B Avustralya	1i
	<i>Calythrix longiflora</i> (L)	B Avustralya	1i
	<i>Chenopodium rhadinostachyum</i> (L)	B Avustralya	1i
	<i>Eriachne dominii</i> (L)	B Avustralya	1i
	<i>Goodenia scaevola</i> (L)	B Avustralya	1i
Cu, Fe	<i>Glycosmis mauritina</i>	Sri Lanka	20
	<i>Pterospermum canescens</i>	Sri Lanka	20
Cu, Zn	<i>Pinus contorta</i>	Kolorado	23
Zn	<i>Armeria halleri</i> (L)	Fransa	1p
	<i>Hutchinsia alpina</i> (L)	Fransa	1p
	<i>Minuartia verna</i> (L)	B Avrupa	1r
	<i>Thlaspi calaminaria</i> (U)	B Avrupa	1r
	<i>Viola calaminaria</i> (U)	B Avrupa	1r
Mn	<i>Alyxia</i> sp (U)	Yeni Kaledonya	5
	<i>Crotalaria congolensis</i> (L)	Zaire	1y
	<i>Maytenus bureauvianus</i> (L)	Yeni Kaledonya	17
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	İtalya	33
Ni	<i>Alyssum bertoloni</i> (L)	İtalya	27
	<i>Alyssum</i> sp.(U)	G. Avrupa, Türkiye	6
	<i>Blepharis acuminata</i> (L)	Zimbabi	26
	<i>Cornus stolonifera</i>	Kanada	44
	<i>Dicoma nicolifera</i> (L)	Zimbabi	26
	<i>Euphorbia</i> sp.(U)	Brezilya	10
	<i>Geissois</i> sp.(U)	Y. Kaledonya, Fiji	18
	<i>Hybanthus austrocaledonicus</i> (U)	Yeni Kaledonya	7, 46
	<i>Hybanthus floribundus</i> (L)	B Avustralya	8, 46
	<i>Homolium caledonicus</i> (L)	Yeni Kaledonya	46
	<i>Homolium kamaliensis</i> (L)	Yeni Kaledonya	35
	<i>Homolium guilainii</i> (L)	Yeni Kaledonya	46
	<i>Homolium francu</i> (L)	Yeni Kaledonya	46
	<i>Homolium deplanchei</i> (L)	Yeni Kaledonya	46
	<i>Justicia lansteykii</i>	Brezilya	10
	<i>Lychnis serpicicola</i> (L)	İskandinavya	1z
	<i>Merremia xanthophylla</i> (L)	Zimbabi	26
	<i>Oxalis</i> sp.(U)	Brezilya	10
	<i>Peixotoa magnifica</i>	Brezilya	10
	<i>Melaleuca sheathiana</i>	Avustralya	25
	<i>Pimelea suteri</i> (L)	Yeni Zelanda	35
	<i>Rhus wildii</i> (L)	Zimbabi	26
	<i>Rinorea bengalensis</i>	Endonezya	40
	<i>Securidaca longepedunculata</i>	Kanada	28c
	<i>Streptanthus polygaloides</i>	Kaliforniya	31
	<i>Vellozia</i> sp.(U)	Brezilya	10
Ag	<i>Abies lasiocarpa</i>	Kolombiya	24
	<i>Alnus sitchensis</i>	Kolombiya	24
	<i>Epidobium angustifolium</i>	Kolombiya	24
	<i>Picea glauca</i>	Kolombiya	24
	<i>Pinus contorta</i>	Kolombiya	24
	<i>Salix</i> sp.(U)	Kolombiya	24
U	<i>Alnus</i> sp.(U)	İskandinavya	28e
	<i>Betula mana</i>	İskandinavya	28e
	<i>Betula alba</i>	İskandinavya	28e
	<i>Embllica officinalis</i>	Hindistan	32
	<i>Salix</i> sp.(U)	İskandinavya	28e

	<i>Shorea robusta</i>	Hindistan	32
	<i>Lagerstroemia parviflora</i>	Hindistan	32
	<i>Picea rubens</i>	Kanada	30
Se, U	<i>Aster venustus(L)</i>	B. ABD	10
	<i>Astragalus albulus(L)</i>	B. ABD	10
	<i>Astragalus argillosus</i>	B. ABD	10
	<i>Astragalus confertiflorus</i>	B. ABD	10
	<i>Astragalus pattersoni</i>	B. ABD	10
	<i>Astragalus preussi</i>	B. ABD	10
	<i>Astragalus thompsonae(L)</i>	B. ABD	10
Au	<i>Abies balsamea</i>	Kanada	34
	<i>Alnus crispa</i>	Kanada	34
	<i>Alnus rugosa</i>	Kanada	34
	<i>Alnus sp(U)</i>	Kanada	50
	<i>Artemisia californica</i>	Kaliforniya	33
	<i>Arctostaphylos alpina</i>	K. Kanada	49
	<i>Betula sp (U)</i>	K. Kanada Kanada	49, 50
	<i>Curatella americana</i>	Kosta Rika	47
	<i>Chamaespartium tridentatum(L)</i>	İspanya	19
	<i>Equisetum arvense</i>	Çekoslovakya	28d
	<i>Empetrum nigrum</i>	K. Kanada, Finlandiya	49, 36
	<i>Fagus grandifolia</i>	Washington	53
	<i>Festuca ovina</i>	İspanya	19
	<i>Franseria dumosa</i>	Kaliforniya	54
	<i>Junifer communis</i>	Finlandiya	36
	<i>Larrea tridentata</i>	Kaliforniya	54
	<i>Ledum decumbens</i>	K. Kanada	49
	<i>Nyssa sylvatica</i>	Washington	53
	<i>Picea glauca</i>	Kanada	34
	<i>Picea mariana</i>	Kanada	34
	<i>Pinus radiata</i>	Yeni Zelanda	43
	<i>Pinus sp (U)</i>	Kanada	50
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Kanada	52
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	ABD	51, 52
	<i>Salix lanata</i>	K. Kanada	49
	<i>Vaccinium uliginosum</i>	K. Kanada	49
	<i>Viburnum acerifolium</i>	Washington	53
Nb, Rb, Sr	<i>Populus tremuloides</i>	Kanada	44
B, Be, Li	<i>Acacia radiata</i>	Mısır	28f
Co, Cu, Ni	<i>Acacia ehrenbergiana</i>	Mısır	28f
Pb, Zn	<i>Acacia radiata</i>	Mısır	28f
Mo	<i>Olearia rani</i>	Yeni Zelanda	28g
Mg	<i>Pimelea suteria</i>	Yeni Zelanda	22
	<i>Myosotis monroi</i>	Yeni Zelanda	22
Hg	<i>Ledum Palustre</i>	ABD	37
	<i>Betula papyrifera</i>	ABD	37
Cd	<i>Salix sp (U)</i>	Kolorado	38
Pd, Pt, Rh, Ru, Ir, Os	<i>Picea mariana</i>	Kanada	29

-(U): Universal belirtiler

-(L): Lokal belirtiler

-() : Lokal veya Universal oldukları tesbit edilememiştir (Özellikle Afrika bitkileri için yeterli kadar kaynak bulunmamaktadır).

LBwifis, ISW: 2. Bmki wt im, J. Brooks. IW7: -4. Kifile vü lü. IBroete vü. 1951: «JSmola vü, IST». 7. Bwola vd. 1974: a. Sevoe w4 (*72: fl. flagii in Aay BMMe. ». Brooki vd. H. ». Caiw 1971; IZ. Bmcs ve Radfwl. 19U: II. Acry, I, 177: 14. Cok IW; ISJHl. Wüid., ISW: iir-Birtk*. İrfilüth 17. laSire. JwT: 18 laifce *d, LW9)». Valait vd. H+S; 2». BTOQCS *i, 1»84, 21. Btoqch, ve »renn». 1:9»: 21. Lee; v; W7S; 21. Siedtack « Riese» 1957; 24. Wu m n4 19K; 25. Hill vd, 1973; 26. Btoda v Yang. 1»*; ZT. MingErzk W Versiüma 1941: Brecb; ve Vang' d». BM; 28a. Wolfe 1971: BncwES' dan 1979r. 28b. Hombnik im- Jbnk* dta B%; 28c. Wild 150; Brootes' AH Wf9C. 28d J Duau v', »»»» »Braces' d' 1979c. 2te Annmks ISRTAceUr dam ISWc 2». Elstei' vd. 1971: BMBUT dan 197»25g. »Brooka « Leon 1966: B' mcs' din 191%; » Onu vü. IS19: »2. Ero. ki vd, İf; 2: 31. Remo; vd, »1: 27. Paoole *. I.W. 33. Vergi» »w: 1971; 34) taaa, 188» 35 JIK wü. 1937; 36. PÄKineM: ve Uumran» 6». 19»: 37) Sfadddto. 1970: S&SbcUclite, VSTT; ». Chalk., 197.5 «. BBOA» ve Wifer, BW, 41. Maki »i 1«»: ». Braakivd. 1f»: »3. Cuffid, 19»S; Cota. 19»3; 43. Yatesvd., 1974; 46. Broctandv, 1977; 47. Siego» »c. Pa&taaa 1991; 48. Bcrnks vd, IW2, »»Reading, vi. 1987: ÜO Cohen vd. 1587; 51. Erdman İy. Oton.. 1985; 52. Broob., 1982; 53. S' bci « Bairows 1991; 54. İbwkd, 1919

Biyojeokimyasal prospeksiyonun uyge. İam. aten

özdemir (1996)*m yapığı çalışmada; Madeo-Elazığ bölgesinde Maden Çayı boyunca saptanan, biki, tlrlerinde Cu, Zn,, Mu ve Fe elementleri için anomali değerler ve bölgede bu elementler için saptanan belfitgen bitkiler Tablo 4*'de verilmiştir.

Çeşitli araştırmacılar tarafından Dünya*'nın 'bazı bölgelerinde botanik pcospeksiyonda kMılanlan biid tirleri de Tablo 5'de verilmiştir.

Değınilen Belgeler

Aery N.C. 1977, "Studies on the geobotany of Zawar Mimes" Geobios 4, 225-228.

Alloway, B J(ed) 1995 "Heavy metals ia Soil" Blackie Academic má Professional Second edition... s. 368 U:K.

Atalay I., 1982 "Toprak Coğrafyası"* Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınlan. No. 8 İzmir.

Aydemir ö. ve Kökeli N, 1994 "Mikro besim elementleri arasındaki etkileşim" Ataturk. Üniversitesi Zir. Fak.. Der. 25(3) 469-478.

Bentom J. ve Jones R., 1984. "Developments in the measurement of trace metal im foods*" Amal. Food.. Cont. 157-206.

Busche F.D. 1989 "Using plants as an exploration tool for gold" J. Gea Exp. 199-209.

Bogoch R. ve Brenmer LB., 1984» "B.io.g.eoäieineaical odem.ta.tiön survey in an arid rocky desert" J. Geo. Exp: 20» 311-321.

Bozcuk S., 1986 "Bitki Fizyolojisi (Metabolik. Olaylar)* Hatteoglu Yaymlan s. 176 Ankara.

Brooks RÄ., Lee J. ve Jafier T., 1994. "Some Mew Zealand and New Caledonian plant accumulators of nickel", J. BcoL 62, 493-499.

Brooks RJL., 1977» "Copper and Cobalt uptake by Haumaniasium species" Plant, and Soil 48, s:541-545.,

Brooks RÄ., Qeave JA... ve Schofield E.K., 1977, "Cobalt and nickel uptake by the Nyssaceae" Taxon 26* s.197-201.

Brooks R.R., ve Wittier E.D., 1977 "Nickel aaimultion by Rimoea bengalensis" J. Gea Bcp. 7, 295-300.

Brooks» R.JL» Wither E.D. ve Westra, L.Y. 1978.. "Biojigeochemical copper anomalies on salajar Island Indonesia" J. Geo., Exp. 10, 181-188

Brooks RJL., ve Radford C.C., 1978, "Am. Evaluation of backgraund and zinc concentrations in the copper plant Polycarpaea spirostylis and other Australian species of the genus". Ptoc. Austral. Inst.. Mm.. Metal., 268., 33-37.,

Brooks» R.R.» 1979a(Ecit).» "Biogeo:hemistry of Nickel", Accumulation of nickel by terrestrial plants in: J. Nriagu. Wiley, New York.

Brooks R.R., 1979b, "liogeo diemka! anomalies in Fennoscandia A Study of copper, lead and nickel, levels in Melandrium dioioim aid Viscaria aljina". J. Geo. Exp., 11, 73-87.

Brooks RJL, 1979c, "Avnances im Botanical meAods of Prospecting for' .Mimerals Part. II-Advances in Biogeochemical Methods of Prospecting»» Economic Geology Report.» 31, 397-410.

Brooks R.R.» 197M» "İndiotoi Pants for mineral Prospecting;" A-Cntique" J. Geo. Exp. 12., s:67-78.

Brooks RJL., Monison R.S.» Reeves R.D., Dudley JR. ve Akman Y., 1979 "Hyperaccumulation of nickel by Alyssum Linnaeus (crucifoeef Proc.. R. Soc. Lond. Sect., B, 203, 287-403..

Brooks RÄ., Trow I.M., Vefflon J-M ve Jaffre T. 1981 "Studies on Mamgamee-accumulating Alyxica species f rom New Oaledonia" Taxom 30(2), 420-423.

- Brooks R.R., Holzbecher J., Robert D. ve Ryan D.J. 1982. "Biochemical prospecting for Uranium in Nova Scotia", J. of Geo. Exp. 16, 189-195.
- Brooks R.R. ve Yang X-H 1984 "Bernent levels and relationships in the Endemic serpentine flora, of the Great Dyke, Zimbabwe and their significance as controlling factors, for the flora" Taxon Augustos 33(3), 392-399.
- Brooks R.Ä., Baker A J.M., Romaknsmu R.S, ve Ryan D.E. 1985, "Botanic and geochemical exploration studies at aie seniwila copper-Magnetite: prospect in Solanka" J. Geo. Exp. 24» 223-235.
- Brooks R.R., Reeve R.J., Baker A.J.M., Rizzo L.A, ve Fecnia H JX 1988, "The Brazilian serpentine plant Expedition (Braspex)", National Geographic learch 6(2), 205-219.
- Brooks R.J.L, Baker A.J.M., ve Malaisse R, 1992 "Copper flowers" National geographic researc and. Exploration 8(3)-338-351.
- Canon H.L., 1971, "Use of Plant indicators, in ground. Water surveys, geologic mapping and mineral prospecting", Taxon .20, 227-256.
- Ohaffee M.A., 1975, "Geocliemical exploration techniques applicable in the searc for copper deposits" ILS. Geol. Surv. S.26,
- Chaffee M.A. ve Gale III C.W., 1976 "The California popy (Escstischoltzia maxicana) as a copper indicator plant-a new example" J.Geo. Exp. 5,59-63.
- Cole M.M., 1971, "The importance of environment in hiogeographical/geobotanical and hioegeochemical investigations" can. ins. M E , Metall. spec. 11. ,414-425.
- Çağatay N. ve Eder.A., 1978, "Yeryuvarı ve İnsan" TJKyayımı, Ağustos, c:3, s:3 Ankara.
- Dunn C.E., 1986 "Biochemistry as an aid to exploration for gold, platinum, and paladium in the: northern forests of Saskatchewan, Canada" J. Geo. Exp. 25,21-40.
- Erdman, J.A. ve Kokkola M. 1984, "Workshop 2:Biogeochemistry in mineral Exploration." 1 Geo., Exp. 21» 123-128.
- Hall J.S., Both R.A. ve Smüh FA., 1973 "Comparative Study of Rock, Soail and Plant Chemistry in Relation to Nickel. Mineralization in the Pioneer' Area» Western Australia" Proa. Australas inst Min. Metali 247,11-22.
- Hoening H., ve De Borger M.» 1983 "particular problems, encountered in trace metal analysis- of plant by AAS", Spec. Chetn. Ada. 38B (5/6), 673-880.
- Howard-Williams C., 1970, «The ecology of Bediim hamblei in central Africa With special reference to metalliferous, soils", J.Ecol. 58» 745-763.
- Jaffie T., 1977 "Acomulation of Manganess by species associated, with ultrabasic terrain in. New Caledonia" (İra. Fr.) G.R. acad Sei. Paris Ser. D; 284:1573-1575.
- Jaffie T., Brooks, R.R.» Trow J.J.M. 1979 "HyperacumBlation of Nicel by Geissis species" Plant and Soil. 51,157-162.
- Kacar B., 1984, "Bitki Beslenmesi." A.O. Ziraat Fak. yay. no. 8S9, s: 317 Ankara.
- Köksoy M., 1991, "Uygulamalı Jeokimya" H.Ü. yayınlan A/M., s:368 Ankara.
- Köksoy M. ve Topçu. Ş., 1976. "Jeokimyasal Prospeksiyonm Tanımı ve laboratuvar Metodlan" MTA. yayınlan, eğitim serisi 16,s:% Ankara.
- Lee J., Brooks, R.Ä., Reeves R.D. ve Boswell C. it., 1975» "Sou Factors Controlling a New Zealand serpentine flora" Plant and Soil 42» 153-160.
- Lee, J., Brooks R.J.L, Reeves R.D, ve Boswell G.R., 1977,, "Hart and Soil Relationship in a. New Caledonian Serpentine Flora" Plant and Soil 46,675-680.
- Malaisse, F., Gregprie, J., Brooks, R.I., Morrison, R.S. ve Reeves R.D., 1978 "Aeolanthus hifonnifolus: a hyperaccamulator of Copper from Zaire", Science, 199: 887-888.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök M. ve Kaptan H. 1993» "Toprak Bilimi" Schehten çeviri... Ç.Ü. Ziraat Fak. Yayınlan 73» s.816 Adana.
- Özdemir« Y. 1992,, "Turk Çaylannda Kimyasal Bileşimin incelenmesinde Spektrofotometrik ve Kramotografik Yöntemleri Yeri" I.Ü. Fen BİL Ens. Doktora Tezi s. 178 Malatya (Yaymlanmamış).
- Özdemir* Z., 1993, ^Blyeoekmyasal ProspelcBlyoo" F.Ü., Fem Bil. Ens. Doktora semineri, s. 65 Elazığ (Yaymlanmamış).
- Özdemir, Z. ve Sağnoju A. 1996, "Botanik. Prospeksiyot M.Ü. Müh. Fak. Derlemeler dizisi, 4,93-100 Mersin.
- Özdemir, Z., 1996» "Maden Çayı (Elazığ) Boyunca BiyoekoMmyasal Anomalilerin incelenmesi" F.O. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi. s. 145 Elazığ.
- Özdemir, t., 1980, "Sedimantoloji İlkeleri, ve YöntemM, Sedimantoloji: istatistik yöntemler" TIK Yerbüimleri kitaplar dizisi No., 1 Bölüm 9 Ankara.
- Pande, S.K., Desfaumkh A.N. ve Strivoslava F.K.» 1993 "The significance of the dormant stage in. the growth cycle of deciduous plants for biochemical Uranium prospecting"; 46» 365-374.
- Rose, A.W., Hawfces, H.E., Webb, J.S., 1979, -Geochemistry in. mineral exploration", Second edition, Academic: press. New yorc, 8.657.
- Schroi., E (ed) 1975/Analytische Geochemie Enke veri." Bd. I Stuttgart s. 292.
- Schiesinger, V.Ji., 1992, "Biogeoche.mi.stiy", Geotimes 37, no2,s.2.
- Shac.klette H.T., 1970,, "Meroiry content of plants; in U.S." Geol. Survey. Prof. Paper 713,35-36.
- ShacUette H.T., 1972, "Cadmium in plants" Ü.S. Geol. Surv. Bull. S. 28,
- Seveve B.C. ve Broofa R.J.L, 1972, "Nickel-acaiiiiMjla,ti.ng plant from. Western. Australia", Plant 103,91-94.
- Stednick JJ>. ve .Reiese W.C., 1987 temporal Variation of Metal Concentrations in Biogeochemical Samples over the Royal Tigei Mne., Colorado, Part. IL, Between-Year variation" J.Geo. Exp. 27,53-62.
- Tiagi, Y.D., ve Aery, NX., 1986, "Biogeochemical Studies at the Khetri Copper Deposits of Rajasthan, India," J. Geo., Exp. 26, 2.67-274.
- Weilmer, RW., 1989, "Rechnen für lagerstaetten knndlef und Rohstoffwirtschaftled" verlag Elger, dausthal-zellerfeld" s, 462 Deutschland.
- Valente, L, Minski M.J. ve Peterson P.J., 1986, "Biogeochemical exploration for gold at site in. the cordillera cantabdea, spain" J. Geo. Exp., 26., 249-258.
- Vergnano C.O., Gabriell R., Lotti L. ve Poliden V., 1971,, "Biogeochemical Aspects of Manganese in. the Tosco-Emiliano Region of the: Appennines" (in Italy) Webia, 25,353-382.,
- Warren E.V., Horsky S J., Barakso J J. 1984 "Biogeochemistiy ; preliminary studies of the biogeochemstry of silver in British Columbia" Cim Buhein, March 1984., 95-9.
- Yates» T.J.E., Brooks, R.J.L ve Boswell» C.R., 1974, "Biogeochemical exploration at copper mine: Island» New Zealand"; J. science» 17,151-159.