



Bitkilerin biyolojik yararlanma katsayısı (BYK)

→ Doç.Dr. Hanım HALİLOVA

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Toprak Bölümü

ÖZET

Son zamanlarda mikro elementlerin ve ağır metallerin çevre ile etkileşimi pratik açıdan ilgi odağı ve bilimsel açıdan da araştırma konusu olmaktadır.

Özellikle canlılarda bulunuş oranı az olmakla birlikte mikro element ve bazı ağır metallerin fizyolojik rolleri oldukça önemlidir. Mikro element ve ağır metallerin fizyolojik rolleri konusundaki bilgiler arttıkça, biyojeokimya biliminin de katkısıyla bu elementlerin biyojeokimyasını bilmek suretiyle noksanlıklarını doğal yollardan gidermek ve toksisitelerinden kaçınmak mümkün olabilmektedir. Bitkilerdeki elementlerin

miktarının yetiştikleri bölgenin biyojeokimyasına bağlı olarak farklılık gösterdiği bilinmektedir. Bu da bitkileri tüketen canlılarda bazı mikro element ve ağır metallerin noksanlık veya fazlalık, hatta çoğu zaman toksisitelerine yol açmaktadır. Bu nedenle, yeryüzü biyojeokimya bölgelerinin tanınması önem taşımaktadır. Biyojeokimya bölgelerinde elementler yüksek miktarlarda bulunduğu için bu bölgelerde yetişen canlılarda endemik hastalıklar da görülebilmektedir. Biyojeokimya bölgelerinin flora ve faunası da birbirinden farklı özellikler taşır.

1. GİRİŞ

İnsan, hayvan ve bitki organizmalarının bünyesinde belirli kimyasal elementler bulunur. Bugüne kadar bitkilerde 74 farklı elementin bulunduğu belirlenmiştir. Bunlardan 11'i karbon (C), hidrojen (H₂), oksijen (O₂), azot (N), kükürt (S), fosfor(P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), sodyum (Na), silisyum (Si) canlıların % 99.95' ini oluşturur. Yalnız % 0.05' inin 60' tan fazla diğer mikroelementlerden oluştuğu belirlenmiştir. Mikroelementlerin organizmalar

İçerisinde çok az miktarda bulunmasına rağmen çok önemli fizyolojik etkilerinin olduğu bilinmektedir. Uzun zamandır, ilimde şöyle bir düşünce oluşmuştur ki; bitkilerde çok az miktarda bulunan mikroelementler, bitkilerin yetiştiği ortamdan alınmıştır. 19. ve 20 yy.daki araştırmalar sonucunda, inorganik elementlerin miktarına bağlı olmaksızın bitkiler bazı ele-

mentleri fazla, bazılarını ise az miktarda almaktadır. Bazı durumlarda, topraklarda belirli elementler yeterli oranda bulunmasına rağmen bitki bu elementlerden yararlanamamaktadır. Bu sebeple, bazı araştırmacılar bitki külünde bulunan bazı mikroelementlerin, bitkilerin yaşaması için hiçbir faydasının olmadığını ve bu elementlerin bitkide tesadüfen bulunduğunu ileri

Çizelge 2.1. Bazı elementlerin bitki ve toprakta ortalama bulunuş oranları (Vinogradov 1957)

Kimyevi Element	Toprakta (da %)	Bitkide (da %)	Kimyevi Element	Toprakta (da %)	Bitkide (da %)
O ₂	49,00	70,00	Cr	0,02	0,0005
H ₂	-	10,00	V	0,01	0,0001
Si	33,00	0,15	Ru	0,006	0,005
Al	7,13	0,02	Zi	0,03	On binde az
Na	0,63	0,02	Ni	0,04	0,00015
Fe	3,80	0,02	Cu	0,02	0,0002
Ca	1,37	0,3	Zn	0,05	0,0003
Mg	0,60	0,07	Co	0,0008	0,00002
K	1,36	0,3	B	0,001	0,0001
Ti	0,46	0,0001	Pb	0,001	Birkaç yüz bin
C	2,00	18,00	As	0,0005	0,0003
P	0,08	0,07	Cs	0,0005	Birkaç milyon
N	0,10	0,3	Mo	0,0003	0,00002
Mn	0,085	0,001	Th	0,0006	-
S	0,085	0,05	U	0,000001	-
F	0,02	0,0001	Se	0,000001	Birkaç milyon
Cl	0,01	Birkaç yüz	Kd	0,000005	0,000001
Li	0,03	0,0001	I	0,0005	0,00001
Ba	0,05	Birkaç onbin	Mg	0,0000001	Birkaç on milyon
Sr	0,03	Birkaç onbin	Ra	0,0000000008	Çok az

Elementlerin miktarının ve yeryüzünde yayılışının biyojeokimya konusu gibi öğrenilmesi ilginç görünmektedir.

sürmüşlerdir. Bu konuda bazı botanik ve hayvan fizyologları arasında düşünce ayrılıkları da oluşmuştur. Bu tartışmalar, fizyolojik denemeler sonucunda bu elementlerin toprağa veya bitkinin yetiştiği ortama; bitkinin toprakta veya su kültüründe yetişmesine bakmayarak, katılması durumunda bitki büyümesinde ve veriminde artışlar görülmesi ve bu elementlerin mutlak gerekli bitki besin maddeleri olduğunun kanıtlanmasından sonra sona ermiştir.

2. MİKROELEMENTLERİN BİYOJEOKİMYASI

Biyojeokimya, canlıların biyosferde elementlerin taşınımına olan etkisini öğreten bir bilimdir. Biyojeokimyanın bilimsel olmasına öncülük eden Vernadskiy (1934) elementlerin canlılar için mutlak gerekli olduğunu belirtmiş ve mikroelementlerin işlevlerinin öğrenilmesinin temelini atmıştır. Daha sonra Fersman (1959), Vinogradov (1957), Kovalskiy (1968), Gülahmedov (1961) ve Halilova (1974) biyojeokimyanın esasını açıklamışlar ve çevredeki kimyasal elementlerin anormalliğini ortaya koymuşlardır. Bu bilimin temelini bazı jeoloji, biyoloji ve kimya problemleri oluşturmuştur. Vernadskiy canlıların bünyesinde bulunan elementlerin bu canlılar öldükten sonra tekrar yer kabuğunun kimyevi kısmına dönüştüğünü, biyosfer ve yerküresinde oluşan değişik jeokimya proseslerinde yer aldığını belirtmiştir.

Biyojeokimya biliminin temelini atan Vernadskiy (1934) bazı kimyevi elementlerin biyolojik döngüde büyük öneme sahip olduğunu kanıtlamıştır. Bu araştırmalar sonucunda biyojeokimya bölgeleri tanımlanmıştır. Bu bölgelerde elementler anormal miktarda bulunurlar ve bu nedenle hayvan ve insanlar endemik hastalıklara yakalanırlar. Bu sebeple farklı ortamlarda bulunan kimyasal elementlerin olağan dışı tep-

kimeleri insan ve hayvanlarda endemik hastalıklara neden olmuştur.

Mikroelementler çevrede az veya çok bulunduğu insan ve hayvanlarda endemik hastalıklara neden olur, bu gibi elementlere biyojeokimya elementleri denilir.

Biyojeokimya biliminin gelişmesini sağlayan bilim adamı Prof.Dr. Vinogradov'a (1963) göre 30' dan fazla biyojeokimya mikroelementleri bulunmaktadır. Bunlara I, Cu, Mn, Co, Se, Zn, Li, F, Fe, Mo vb örnek verilebilir.

Vinogradov (1957)' un araştırmalarına göre biyojeokimyasal alanlar (provinsiyalar) yeryüzünde bulunan bölgelerin element içeriği ve buna bağlı olarak flora ve faunasının gösterdiği biyolojik reaksiyonlar nedeniyle birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle biyojeokimyasal alanlarda elementlerin az veya çok olması, insan, hayvan ve bitkilerde biyojeokimyasal endemik hastalıklara neden olur.

Elementlerin miktarının ve yeryüzünde yayılışının biyojeokimya konusu gibi öğrenilmesi ilginç görünmektedir.

1970-80' li yıllarda biyojeokimya bölgelerinin araştırılmaları için ekoloji-jeokimya bilimsel dalı gelişmiştir. Bu bilim dalının temeli, Prof. Dr. Kovalskiy (1974) tarafından atılmıştır. Bu dalın esas ana hattı, jeokimya biliminin canlılara olan etkisinin öğrenilmesidir. Biyosfer zonlarını biyojeokimyevi bölgelere ayırmanın esas nedeni jeokimya ekolojisidir. Toprakta, içme suyunda, hayvan yemlerinde ve bitkilerde kimyevi elementlerin sınır değerleri hakkında bilginin olması, biyojeokimya gıda halkasının oluşmasına neden olur, bu ise bölgede biyojeokimya haritalarının yapılmasında esas kriterlerden birisidir (Kovalskiy, 1974).

3. ELEMENTLERİN SULARLA TAŞINMASI

Doğal sulara toprak-yer altı ve yer üstü suları (çok büyük nehirler, göller ve barajlar vs) aittir. Bu nedenle unutmamak gerekir ki, kayaçlar yalnız mekanik erozyona uğramamış, aynı zamanda kayaçlarda oluşan fiziksel ve kimyasal prosesler de suların etkisi altında olur. Bu nedenle biyojeokimya araştırmalarında suların döngü proseslerinde bünyesindeki farklı maddelerin terkiibini ve bunların miktarlarını bilmek

çok önemlidir. Yerkabuğunda elementlerin sularla taşınması da maddelerin yer değiştirmesine neden olur.

Aynı zamanda doğal sularda elementlerin konsantrasyonunun öğrenilmesinin sonucunda, bu elementlerin taşınım ve hareketinin büyüklüğü de araştırılabilir.

Elementler kolloid ve iyonik moleküler sıvı şeklinde bulunmaktadır. Perelman (1966)'a göre değişen migrantlara Mn, Cu, Mo, Zn, Co

Çizelge 4.1. Bitki külünde bazı elementlerin ortalama miktarı ve biyolojik yararlanma katsayısı A. Perelman' a göre (Dobrovolskiy, 1980).

Element	Yerkabuğundaki Miktarı, %	Külde Orta Miktarı, %	Biyolojik Yararlanma Katsayısı (BYK)
I	0,00003	0,005	167,0
Br	0,00021	0,015	71,0
S	0,047	2,5	53,2
Cl	0,017	0,8	47,0
P	0,093	3,0	33,6
B	0,0012	0,4	33,3
Zn	0,0083	0,09	10,8
Mo	0,00011	0,001	9,1
Mn	0,1	0,75	7,5
Ca	2,96	20,0	6,8
K	2,50	15,0	6,0
Cu	0,047	0,02	4,2
Mg	1,87	5,0	2,7
Cr	0,0083	0,025	9,30
Na	2,50	2,0	0,8
Si	29,5	10,0	0,3
Fe	4,65	1,0	0,3
He	8,05	1,4	0,18
F	0,066	0,001	0,01

mikroelementlere aittir. Perelman (1966)' in sınıflandırmasına göre suyla taşınım açısından mikroelementlerden B ve Zn çok hareketli ve hareketli, Cu, Mo ve Co hareketli, Mn hareketli ve az hareketli gruba aittirler. Agayev (1994) e göre mikroelementlerin doğal sularda bulunan ortalama konsantrasyonları $Mn > B > Zn > Cu > Mo > Co$ sırasını izlemektedir.

4. BİTKİLERİN BİYOLOJİK YARARLANMA KATSAYISI (BYK)

Aynı toprakta yetişen değişik bitkiler elementleri topraktan farklı miktarlarda alırlar. Topraktan elementleri almakta olan bazı bitkilerin özellikleri biyolojik yararlanma katsayısı (BYK) ile gösterilmektedir.

$$BYK = \frac{\text{Bitki külündeki miktarı}}{\text{Yer kabuğundaki miktarı}}$$

Biyolojik yararlanma katsayısı ilk olarak Perelman tarafından değerlendirilmiştir (Dobrovolskiy, 1980). Sonraları Glazovskaya (1952) tarafından biyolojik yararlanma katsayısı araştırılmıştır. Halilova (1973) tarafından bitkilerde selenyum elementinin biyolojik yararlanma katsayısı, Bayeva ve Akundova (1975) tarafından bitkilerde ağır metallerin biyolojik yararlanma katsayısı araştırılmıştır.

Çizelge 4.1' de görüldüğü gibi bütün elementler iki büyük gruba ayrılmaktadır. Birinci grubu bitki külündeki miktarı yer kabuğundaki miktarından fazla olan bu elementler oluşturmaktadır. Bu gruba ait olan bazı elementlerin bitki külündeki miktarı yer kabuğundaki miktarından çok fazladır. Bu elementlerin biyolojik yararlanma katsayısı genellikle 10' dan hatta iyotta olduğu gibi bazen 100' den fazladır.

Birinci grup kendi arasında iki alt gruba ay-

rılmaktadır. Birinci alt gruba Ca (BYK= 6,8), K (BYK= 6,0), Mg (BYK= 2,7), Mn (BYK= 7,5), Zn (BYK= 10), Mo (BYK= 9), Cu (BYK= 4), ikinci alt gruba ise I (BYK= 167), Br (BYK= 71), S (BYK= 53), Cl (BYK= 47), P ve B (BYK= 33) aittir.

Oransal olarak daha düşük biyolojik yararlanma katsayısına sahip olan elementler ikinci gruba aittir. Bunların bitki külündeki miktarı yer kabuğundaki miktarından azdır. Bunları da iki alt gruba ayırmak mümkündür. Birinci alt grubun elementlerinin biyolojik yararlanma katsayısı $BYK = 0,9 - 0,1$ arasındadır. Bunlara örnek olarak Si (BYK= 0,3), Al (BYK= 0,18), Fe (BYK= 0,2), ve bir çok ağır metal gösterilebilir. Diğer alt grubun biyolojik yararlanma katsayıları bunlara göre 10 kat daha azdır. Bu gruba örnek olarak biyolojik yararlanma katsayısı 0,01 olan [F (BYK= 0,01)] flor elementi gösterilebilir..

En önemlisi ise elementlerin biyolojik taşınım oranının , bu elementlerin yer kabuğundaki miktarından bağımsız olmasıdır. En hareketli olan iyot, yer kabuğunda çok az bulunmaktadır (% 0,00003). Yer kabuğunun 1/3' ünün miktarını Si oluşturmaya rağmen, Si elementinin migrasyonu I elementinden 1000 kat daha azdır.

Çevrede çok az miktarda bulunmasına rağmen canlı organizmalarda çok önemli rolü olan elementlerin biyolojik hareketi daha fazladır. Bu nedenle organizmalar bunları seçerek alıp bünyelerinde biriktirirler. Diğer elementler yer kabuğunda fazla bulunmalarına karşın organizmalar için bu gruptakilerden daha az önem taşımaktadırlar.

Canlı organizmalar bu elementleri bünyelerinde biriktirme çabalarını sarfetmezler, çünkü her zaman bu elementler yetişme ortamında bulunurlar. Bazen elementlerin biyolojik döngüde bulunması, bunların periyodik tablodaki

durumuna bağlıdır. Buna periyodik tablonun VII grup elementlerini örnek olarak gösterebiliriz. Biyolojik hareketlilik bunların sıra numarasına bağlıdır. En aktif hareketli I (N= 53, Kb= 167), en az aktif Br (N= 35, Kb= 71) daha az ise Cl (N= 17, Kb= 47) dur, F elementinin (N= 9, Kb= 0,01) biyolojik hareket kapsamı ise en azdır. Elementlerinin zehirli bileşik oluşturulmasında BYK çok zaman küçük olmaktadır. Misal olarak Ar' un katsayısı 0,30, Sb 0,10, Hg 0,01' dir.

Canlıların büyük bir kısmı bitkilerden oluşmaktadır. Farklı grupların bileşimi aynı değildir. Bakteriler esasen proteinden ve az miktarda yağlardan oluşmaktadır. Yosunlar da proteine oranla karboksilatlar daha fazladır. Ağaçlarda üre lignin daha fazladır. Karboksilatlarda ise selüloz bulunmaktadır. Otlarda ligninin miktarı azalmaktadır, proteinlerin miktarı ise yükselmektedir.

Bahsedilen organik maddelerin her bir grubunda bazı elementlerin miktarları, birbirinden farklıdır. Selülozda C, % 44, ligninde % 70, proteinde % 50-55' tir. Proteinde N, % 20, biraz P ve S vb. elementler vardır. Hayvanlar bitkilerden daha fazla N,P,S,Cl ve Ca almaktadırlar. Yalnız bitkilerde Si, Al, Mn daha fazladır. Bu nedenle farklı bitki grupları, uzun evrimleşme prosesinde farklılaşmak gücüne sahiptirler. Bu nedenle farklı bitkilerin küllerinin bileşimleri birbirinden farklılaşmaktadır. Örneğin baklagillerde çinko elementinin miktarı buğdaydan 10 kat fazladır. XVII-XVIII yy.' da madenlerde çalışan saksonlu madenciler, bazı bitkilerin madenlerin indikatörü olduğunu biliyorlardı. Bu ise bir sır olarak nesilden nesile aktarılmaktaydı.

5. SONUÇ

Farklı jeolojik çökeltilerden oluşan topraklarda bitki çeşidi, sıcaklık, su rejimi, deniz seviyesinden yükseklik gibi faktörler farklı ele-

mentlerin değişik oranlarda bulunmasına neden olur. Bu elementler biyolojik döngüyü etkiler. Bitkilerdeki elementlerin miktarı yetiştikleri toprağa bağlı olarak değişiklik gösterir. Biyolojik ürün insanların kullanması açısından çok önemlidir. Bu nedenle biyojeokimyasal açıdan elementlerin ayrı-ayrı miktarlarının araştırılması büyük önem taşır.

Son zamanlarda mikroelementlerin çevrede yaygınlaşması ve konsantre hale gelmesi, bilimsel ve pratik açıdan araştırma konusu olarak ele alınmalarına neden olmuştur.

KAYNAKLAR

- Agayev, N., 1994. Biogeokimya i agrokimya mikroelementov v poçvah malogo Kavkaza Azerbaydjana. Baku-Elm.
- Bayeva, A., Ahundova, A.B., 1975. Kolfisient biologičeskogo poglaşeniya tyajolik metallov otdelımı raste-niyami. N8. s 65-67.
- Dobrovolskiy, O.K., Krivokapic, D.P. 1980. Mikroelementni sostav poçvyuga Ukraini-Mikroelementni v okrujayuşey srede. Kiyev str. 52-54.
- Fersman, A.E., 1959. Geokimya 9-4I GONTİ.
- Glazovskaya, M.A., 1952. Biologičeskiye faktori vivetri-vaniya v visokogorye Priroda N12.
- Gülahmedov, A.N., 1961. Mikroelementi v poçvah zoni klopkovodstva Azerbaydjana i effektivnost i primene-niya pod klopcatnik. Baku.Iz-vo AN Az. SSR, 339 str.
- Halilova, H.A., 1973. Kolfisient biologičeskogo poglaşeniya seleno nekotorımı raste-niyami. str.84.
- Halilova, H.A., 1996. Mikroelementlerin biyojeokimyası ve çevredeki yeri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi: S. 52-56.
- Kovalskiy, V.V., 1968. Noviye napravleniya izadaçi biologičeskoy kimii s/h jivotnih v svyazi s izuçeniyem biogeokimičeskih provinsiy. İz-vo Ministerstvo s/h. Moskva.
- Kovalsky, V.V., 1974. Geokimičeskaya ekologiya, Moskva.
- Perelman, A.İ., 1966. Geokimya landşafta visşaya şkola. Moskva.
- Sayın, M., 1991. Hayvan ve İnsan Bünyesindeki Elementler. Kil Mineralleri Sempozyumu. 2-4 Mayıs. S. 3-9. Adana, Türkiye.
- Vernadskiy, V.İ., 1934. Oçerki geokimii. İz-vo ONTİ Moskva-Leningrad.
- Vinogradov, A.P., 1957. geokimya redkih irasseyannih elementov v poçvah. Moskva.
- Vinogradov, A.P., 1963. Biogeokimičeskiye provinsii i ih rol v organiçeskoy evolusii. Geokimiya N3.