
SERİ

B

CİLT

37

SAYI

1

1987

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



TOPRAK ORGANİK MADDESİ VE EKOLOJİK YÖNDEN ÖNEMİ

Doç. Dr. Münir DÜNDAR¹

Kı s a Ö z e t

Toprak, içerdiği canlı ve ölü organik maddelerle anamateryalden ayrılır.

Bu yazıda konuya ilişkin temel kavramlara değinilmiş, organik maddelerin kimyasal bileşimi ve kaynakları, humin maddeleri, organik maddenin toprak ve bitki için önemi ve organik mineral bileşikler üzerinde durulmuştur.

1. TEMEL KAVRAMLAR

Anamateryal ve toprak arasındaki esaslı bir ayırım özelliği toprağın organik maddeye sahip olmasıdır. Bu madde grubu toprakta, bir yandan canlı (edafon) diğer yandan ölü organik madde olarak görülür. Her iki organik madde grubu da birbiri ile sıkı ilişki ve etkileşim halindedir. Ancak bazı araştırmacılar, edafonun toprak organik maddesi kavramının dışında tutulması gerektiğini belirtmektedirler. Örneğin Scheffer - Schachtschabel (1976) toprak organik maddesini «toprak içinde ve üzerinde bulunan ölü bitkisel ve hayvansal maddeler ve bunların dönüşüm ürünlerinin tümü» olarak tanımlamaktadır.

Toprak organik maddesi, bileşimi yönünden olağanüstü karışık bir madde kompleksidir. Bu madde kompleksi ayrışmamış bitkisel ve hayvansal organizmaları, ayrışmanın ara ürünlerini ve ana maddesinin strüktürünü tamamen kaybetmiş, oldukça stabil, amorf, kahverengi veya siyah materyale kadar çeşitli maddeleri kapsayabilir. Son anılan maddeler Waksman (1952) ve Russell (1936) tarafından toprak humusu olarak tanımlanmaktadır. Ormancılıkta ise Wittich (1952) son yıl dökülen yaprakların dışında kalan, şekil değiştirmeye başlamış organik maddenin tümünü humus olarak tanımlamaktadır. Organik maddenin bileşimini konu edinen araştırmalarda, humuslaşmış materyali humuslaşmamış materyalden ayırmak çok güçtür. Zira ham humus örtüsünün alt tabakalarında dahi iğne yaprakların hücre strüktürü henüz korunmuş olabilir. Bu nedenle Scheffer, humusu toprak içinde ve üzerinde yatan ayrışma, dönüşme ve yeniden oluşma sürecinde bulunan tüm ölü organik maddeler olarak tanımlamaktadır. Değişik bir tanımlama yapan Kubiena (1948) ise konuya maddesel bileşimden değil, yetiştirme ortamına bağlılığı ön plana alarak yaklaşmaktadır. Kubiena (1948) ya göre humus; yetiştirme ortamının varolan ayrıştırma koşullarında zor ayrışan ve bu nedenle karakteristik bir biçimde birikmiş olan toprak organik maddesinin tamamıdır. Bu tanımlamaya göre asidik bir orman toprağı üzerinde yıllarca birikmiş, ancak hiç bir ayrışmaya uğramamış iğne yaprak örtüsünü de humusa dahil etmek gerekirdi.

¹ İ.Ü. Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bahçeköy - İstanbul.

Yukarıda yapılan tanımlamalar da göstermektedir ki «humus» deyiminden bilim adamları değişik maddeleri anlamaktadırlar. Bu nedenle şimdilik, humustan tüm ölü organik maddenin mi, ya da bunun bir bölümünün mü anlaşılması gerektiği fazla önem taşımamaktadır. Hatta kimyasal sorunların incelenmesinde yalnızca toprak organik maddesinden söz etmek amaca daha da uygundur.

Gerek tarımda, gerekse ormancılıkta toprak organik maddesini ölü bir besin maddesi deposu olarak görmemek gerekir. Arzulanan husus, çok çeşitli yeniden oluşma, ayrışma ve dönüşme olaylarını toprağın kimyası, fiziği, mikrobiyolojisi ve böylece bitki büyümesi için olan önemi ile birlikte kavramak ve bu süreçleri arzulanana yöne sevk edebilmektir.

Toprakların organik maddesinin küçük bir bölümü, hiç değişmemiş ya da pek az şekil değiştirmiş maddelerden (karbonhidratlar), diğer bölümü ise kuvvetli şekil değiştirmiş koyu renkli, yüksek moleküllü humin maddeleri olarak adlandırılan ürünlerden oluşmaktadır. Humin maddelerine dönüşüm olayı humuslaşma, organik bileşiklerin mikroorganizmalar yardımıyla kısmen mineral maddelerin de açığa çıktığı inorganik bileşiklere ayrıştırılması ise mineralizasyon olarak tanımlanmaktadır. Scheffer, organik maddenin tamamını humus olarak tanımlamakta, diğer bilim adamları ise bu deymi yalnızca humin maddeleri için kullanmaktadırlar. Buna göre Scheffer, morfolojik bakımdan görünebilen doku strüktürüne, kısmen de humin maddelerine sahip bitki artıklarını humus olarak adlandırmaktadır. Bu maddelere geniş anlamda ölü örtü maddeleri de denebilir. Toprağın toplam organik madde kütlesi, mineral yapıya benzer biçimde humus yapısı olarak da ifade edilebilir.

Toprak organik maddesi yapısal, fonksiyonel ve morfolojik açıdan olmak üzere üç bölümde incelenebilir (Tablo 1). Humus bölümlerinden, humusu meydana getiren organik madde sınıfları anlaşılır. Bunların ayırımı, kimyasal veya analitik özelliklerine göre mümkündür. Humus çeşitleri, toprakta aynı fonksiyona sahip madde gruplarını göstermektedir. Humus formları ise, humusun toprak oluşturan faktörlerin etkisi altında karakteristik bir biçimde ortaya çıkmış olan halihazırda morfolojik görünüşüdür.

Tablo 1. Toprak organik maddesinin sınıflandırılması*

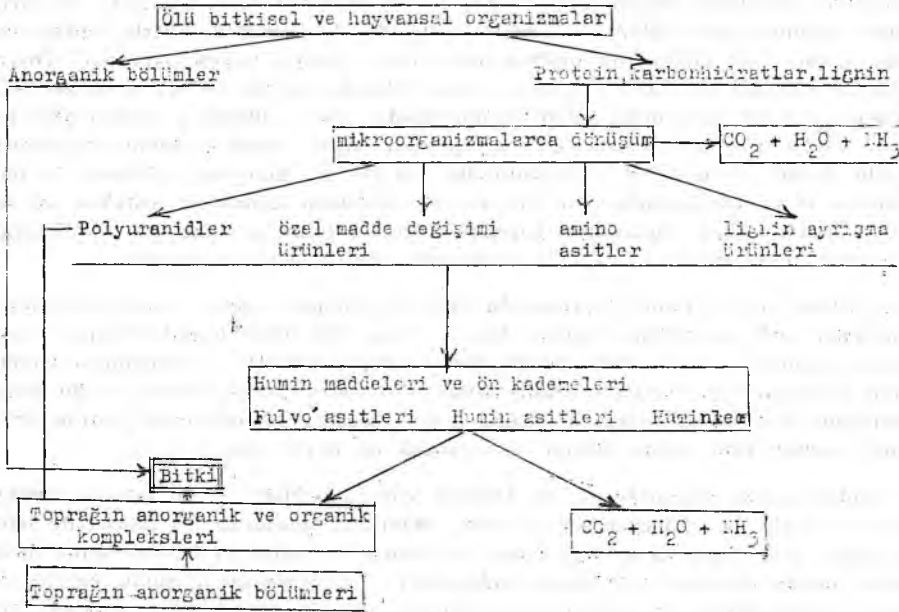
Edafon (canlı)	Organik madde		Humus (ölü)
B a k ı ş a ç ı s ı			
M a d d e s e l	F o n k s i y o n e l		M o r f o l o j i k
Humus bölümü	Humus çeşitleri		Humus formları
1. Humin maddesi olmayanlar	1. Besi humusu	1. Karasal formlar	Örneğin: Ham humus, Moder, Mul
2. Humin maddeleri Fulvo asitleri Hymatomelan asitleri Humin asitleri Huminler Humus kömürü	2. Dayanıklı humus	2. Yarıkarasal formlar	
		3. Sualtı formları	Örneğin: Gyttja, Dy

* Scheffer - Schachtschabel 1960: Lehrbuch der Agrilkulturchemie und Bodenkunde 1. Teil'den alınmıştır.

2. ORGANİK MADDENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Ölü bitkisel ve hayvansal artıklar, bazı inorganik kısımların dışında, başlıca protein, karbonhidrat ve ligninden oluşmaktadır. Bu maddeler gerek mikroorganizmaların ve toprakta yaşayan hayvanların, gerekse toprakta cereyan eden kimyasal ve enzimatik reaksiyonların aracılığı ile kuvvetle değiştirilir. Bu yolla meydana gelen maddeler konusunda, Tablo 2 bir fikir vermektedir. Bu maddelerin bir kısmı doğrudan doğruya CO_2 , NH_3 ve H_2O 'ya kadar ayrıştırılmaktadır.

Tablo 2. Toprakta organik maddenin dönüşüm şeması*



* Fiedler - Reissig 1964: Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

2.1. Bitkisel ve Hayvansal Artıkların İçerdiği Maddeler (Humın Maddesi Olmayanlar)

2.1.1. Proteinler ve Diğer Azot Bileşikleri

Bitkisel artıklar, maksimum % 30 kadar protein maddeleri içerebilir. Bu maddeler, biyolojik aktif topraklarda çok çabuk ayrıştırılır ve toprak mikroorganizmalarının hücre proteininin oluşturulmasında kullanılırlar. Diğer yandan toprakta mineralizasyona karşı büyük bir direnç gösteren proteinler de vardır. Burada, önemli olan sorun, bütün proteinlerin toprağa eklenince kolayca ayrıştırıldığı bilindiğine göre, bu dayanıklılığın nereden kaynaklandığıdır? Olası nedenler şöyle sıralanabilir :

a) Toprak proteini humuslaşmış maddelerden oluşan bir ölü örtü ile korunmaktadır.

b) Proteinin hidrolize olabilen grupları, ligninle bir kompleks oluşturmak yoluyla korunmaktadır.

c) Proteinler amino grupları ile yer değiştirebilir katyonlar halinde kil minerallerinin dış yüzeyine bağlanırlar. Hidrolize olabilen grupların durumu enzimlerin geçişine olanak vermez.

d) Protein, ölü örtüdeki proteini çökerten sıvı ekstraktlar, yani tanenli maddeler aracılığı ile oldukça zor ayrılan komplekslere dönüştürülür.

Yukarıda sayılan olasılıkların hepsinin birlikte etkili olduğu da düşünülebilir.

Topraktaki azot bileşiklerinin analizi henüz fazla gelişme göstermemiştir. Çoğu topraklarda humusca zengin horizonlarda azotun yalnızca % 2-3'ü NO_3^- ve NH_4^+ halinde bulunur, diğer bölümü ise organik bağlıdır. Yeni araştırmalarla toprak azotunun önemli bir bölümünün aminoasitlere bağlı olduğu saptanabilmektedir. Toprak azotunun yaklaşık 1/3'ünün α -amino azotu olarak protein ya da proteinin yapı maddeleri halinde bulunduğu tahmin edilmektedir. Daha yüksek α -amino azot içerikleri (% 50-60) ham humus gibi ayrışmanın engele uğradığı humus formlarında, ölü örtüde ve turbada bulunmaktadır. 6N HCl ile hidrolizde çözünen N bileşiklerinin hepsi aminoasitler olsaydı, toprak azotunun genellikle yarıdan fazlasının proteinlere bağlı bulunması gerekirdi. Ancak hidrolize olan N bileşiklerinin bir kısmı, total azotun % 1-20'sini oluşturan amino şeker halindedir.

α -amino azotu, bütün topraklarda hidrolize olmayan azota oranla mikrobiyel yolla daha hızlı ayrıştırılır. Orman topraklarında ölü örtüden yararlanma, büyük ölçüde α -amino azotu kaybına neden olur. Vaktiyle ölü örtü yararlanılması yapılan orman topraklarında baklagil familyasından bitkilerin yetiştirilmesi ile bu kayıp giderilebilir. Zira bu durumda α -amino azotu yalnızca mutlak değer olarak değil, bunun yanısıra total azota oranla nisbi olarak da hayli artış gösterir.

Azotun ihmal edilemeyecek bir bölümü kitinde bağlıdır. Kitin iskelet maddesi olarak artropod ve yumuşakçalar, ayrıca bakteriler, mantarlar ve likenlerde bulunur. Kitin, mikrobiyel ayrışmaya karşı, selülozdan ve hatta proteinden daha dayanıklıdır, ancak enzimler tarafından aminoşeker-2 glukozamin oluşumu yoluyla etkilenir. Artropodların ilk ölüörtü ayrıştırmasını gerçekleştirdikleri ve bitkisel mikroorganizmalardan mantarların hakim oldukları asidik orman topraklarında, kitin ve onun ayrışma ürünleri organik azot bileşikleri arasında önemli bir rol oynayabilirler. Aminoasitlerin ve aminoşekerlerin dışında toprak azotunun büyük bir bölümü heterosiklik veya köprü halinde humin asitlerine bağlıdır.

2.1.2. Karbonhidratlar

Şeker, nişasta, hemiselülozlar, pektinler ve selüloz karbonhidratları oluşturmaktadır. Selüloz, hemiselüloz ve pektinler, orman ölüörtüsünde kuru maddenin % 50'si civarında bulunurlar. Bu madde grubundan selüloz, en büyük öneme sahiptir. Selüloz, bazı özel bakteriler ve birçok mantarlar tarafından ayrıştırılır.

2.1.3. Lignin

Lignin, odunlaşmış lifin metoksil içeren ($-\text{O}-\text{CH}_3$) aromatik bölümüdür. Kimyasal olarak selülozla bağlantılıdır. Kuru odunun iğne yapraklılarda yaklaşık % 26 -

30'unu, yapraklılarda ise % 20-22'sini oluşturur. Çeşitli iğne yapraklı ağaçların ligninli % 14-17 metoksil ve % 61-66 C, yapraklılarınkiler ise % 17-21 metoksil ve % 63-66 C içerir. Karbonhidratlara oranla ligninler karbonca daha zengin, oksijenca daha fakirdirler (selüloz %44.4 C içerir). Freudenberg'e göre (Fiedler - Reissig 1964'den alınmıştır) bitki içersinde lignin redoksazların da etkisi ile koniferli alkolden oluşturulur.

2.1.4. Bitkisel ve Hayvansal Artıkların İçerdiği Diğer Maddeler

Yukarıda sayılan üç madde grubunun dışında, toprakta daha birçok bitkisel ve hayvansal maddeler bulunur. Bunların mikroorganizmalarca ayrıştırılması çoğunlukla hızlı cereyan ettiğinden, genellikle bir birikme sözkonusu olmaz. En önemli bileşikler arasında yağlar, mumlar, organik asitler, aldehitler, ketonlar, alkoller, reçineler, terpenler ve tanenli maddeler sayılabilir. Bu maddelerden yalnızca reçineler orman toprağı humusunda büyük değerlere ulaşabilir.

3. ORGANİK MADDELERİN KAYNAĞI VE BUNLARIN ŞEKİL DEĞİŞTİRMESİ

Organik madde kaynağı, yeşil bitkiler tarafından fotosentez yolu ile üretilen ve yaprak dökümü ya da bunların ölmesinden sonra ölüörtü olarak toprağı düşen yaprak, iğne yaprak ve dallardır. Bunun dışında ölmüş kökler bitki köklerinin ve mikroorganizmaların çıkardığı organik maddeler, ayrıca toprak hayvanlarının leşleri ve ölü mikroorganizmalar da toprak organik maddesinin kaynağını oluşturmaktadır. Bu kök ve edafon artıkları, sürekli olarak toprağı çeşitli horizonlarına geçerler. Kültür topraklarına karışan ürün artıklarının yanısıra gübreleme yolu ile de organik maddeler eklenir.

Temel maddeler su, mineral maddeler ve organik bileşiklerden oluşur. Çeşitli bitki kısımlarının ve türlerinin aynı şekilde toprak organizmalarının su içeriğı çok farklı olup, yaş ağırlığın % 10-90'ı arasında değerler alabilir. Organik bileşiklerden; pektin, hemiselüloz, selüloz ve lignin hücre zarı kısımlarında şeker, nişasta ve protein, proteit ve nüklein asitler gibi azotlu bileşikler hücre içi maddelerinde hakimdir. Münferit madde gruplarının oranı çeşitli temel maddelerde önemli ölçüde değişir (Tablo 3). Ayrıca az miktarlarda yağlar, mumlar, reçineler, tanenli maddeler ve renk maddeleri bulunabilir.

Tablo 3. Çeşitli bitki kısımlarının % kuru maddedeki bileşimi*

Madde grubu	Ölü örtü			Kış		Yaz	Yonca	Luzerne kökü	Agropyron kökü
	çam	ladin	huş	çam	sürgünü saman	sürgünü saman	yap-rağı		
Hamprotein	16	7	6	—	—	—	22	13	8
Nişasta	—	—	—	—	—	—	3	18	—
Pentozan	—	—	—	11	25	24	—	—	—
Hemiselüloz	18	22	26	—	—	—	8	12	23
Selüloz	17	14	14	44	38	40	15	21	25
Lignin	42	39	39	29	24	23	4	9	18
Kül	2.5	8	5	0.5	5	5	—	—	—

* Scheffer - Schachtschabel 1976. Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

Bitki artıkları toprak hayvanlarının ve mikroorganizmaların besinini sağlar ve bu arada da ayrıştırılır. Mineralizasyon ve humuslaşma az çok birbirine giren üç aşamada cereyan eder.

İlk aşama bitki organlarının veya hayvanların ölümünden biraz önce veya hemen sonra başlar ve organizmaya özgü maddelerin kimyasal reaksiyonundan oluşur. Bu sırada; doku enzimlerinin etkisiyle hidroliz ve oksidasyon olayları yoluyla hücre içindeki yüksek polimer bileşikler münferit yapı maddelerine parçalanır: Örneğin vermek gerekirse nişasta şekere, protein aminoasitlere, klorofil aromatik ayrışma ürünlerine dönüşür. Bu olay yaprakların sonbaharda renk değiştirmesi ile kendini belli eder.

İkinci aşamada makro ve mezofavna organizmaları aracılığı ile mekanik bir ufalanma gerçekleştirilir. Bu aşamada kimyasal ayrışma pek azdır. Organizmalar bitki artıklarını ısırır ve kemirirler. Özellikle solucan ve kıl kurtlarının bağırsaklarından geçerken toprak partikülleri ile entansif bir karışma sağlanır, ayrıca toprak üstündeki parçalanmış bitki artıkları toprağa karıştırılır.

Üçüncü aşamada çeşitli horizonlara taşınmış bitki artıkları mikroorganizmalar tarafından değişime uğratılır. Suda çözünür karbonhidratlar ayrıca nişasta, pektin ve protein en çabuk ayrışır. Edafon öncelikle bu maddelerden oluştuğu için bunlar ölümlerinden sonra çok çabuk ayrışırlar. Buna karşılık bitki artıklarında hücre içi maddelerin ayrışmasından sonra genellikle hücre zarı tahrip olmadığından bitkisel strüktür de henüz pek değişime uğramamıştır. Bu durum özellikle selüloz ve lignince zengin yaşlı, kabuk bağlamış doku kısımları için geçerlidir. Selüloz mantarlar ve özel bakteriler tarafından ayrıştırılması ile bitkisel strüktür kaybolur. Bu sırada nispeten zor ayrışan lignin de serbest hale gelerek ortamda fazla üreyen bazidiyomisetler tarafından ayrıştırılabilir.

Mikrobiyel ayrışmada bölünme ürünleri hasil olur. Bu ürünler de mikroorganizmalar tarafından ya vücut yapıları için ya da enerji kaynağı olarak kullanılırlar. Enerji kaynağı olarak kullanılma durumunda H_2O CO_2 'e ayrılma sözkonusudur, aynı zamanda da azot ve mineral maddeler toprak çözeltisine geçer.

Bitki artıklarının ayrışma hızı bu artıkların maddesel bileşimi ile sıkı bir ilişki gösterir. Lignin ve selüloz içeriği ne kadar fazla ise mikrobiyel ayrışma o oranda yavaş gerçekleşir. Buna karşılık kolay ayrışabilen ve azot içeren maddeler ise ayrışmayı hızlandırır. Bitkinin yaşlanması ile odunsu hücre çeperi kısımları fazlalığından yaşlı bitki artıkları genç olanlara kıyasla daha yavaş ayrıştırılır. Diğer taraftan aynı bitkinin çeşitli kısımlarının da ayrışma hızları farklıdır. Örneğin köklerin ksilemi, yaprakların epidermisi ve damarları nispeten yavaş ayrıştırılır. Zira bunlarda lignin oranı yüksektir. Tanenli maddeler de çok zor ayrıştırılır. Ayrışma hızı üzerinde anamateryalin, yani ayrışmaya uğrayan bitkinin besin maddesi içeriği de önemli bir etken olmaktadır. Zira mikropların da yüksek organizasyonlu bitkilere benzer bir besin maddesi gereksinmesi vardır.

Ayrışma hızı ayrıca toprak organizmalarının yaşama koşullarına da bağlıdır. Sıcaklık, su, oksijen ve aynı zamanda besin maddesi noksanlığı ayrışmayı büyük ölçüde engelleyebilir. Böylece orman yetişme ortamlarında çoğunlukla gelecek yaparak dökmüne kadar geçen süre, tüm artıkların ayrışması için yeterli olmaz ve kısmen ayrıştırılmış kalın ölü örtü tabakaları oluşabilir. Yüksek oranda bir biyo-

kütle, buna bağlı olarak da fazla ölüörtü üreten yetiştirme ortamlarında ise ayrışma da genellikle çok hızlı gerçekleşir. Zira yukarıda değinildiği gibi yüksek organizasyonlu bitkiler ve ayrıştırıcılar benzer yetiştirme ortamı isteklerine sahiptirler.

Ölüörtü ve ürün artıklarında engelleyici maddelerin bulunması halinde ayrışma duraklayabilir ve ancak bu antimikrobiyel maddelerin yıkanması veya şekil değiştirmesinden sonra hızlanır. Bitki artıklarından engelleyici maddelerin oluşması halinde mikrobiyel ayrışma geniş ölçüde duraklayabilir. Ham humus oluşturan bitkilerde böyle bir olayın varlığı tahmin edilmektedir. Ayrışmanın başlangıç aşamasında proteinle reaksiyona giren aromatik bileşikler de, muhtemelen engelleyici madde karakterindedir. Engelleyici maddeler, bazı hallerde ve ancak yalnızca özel bakteriler tarafından ayrıştırılabilir. Bu duruma bir örnek vermek gerekirse: Avustralya'ya ithal edilen sığırların dışıklarının ayrışmadığı görülmüş, deniz aşırı ülkelerden bu dışıkları ayrıştıran özeldışı böceklerinin de ithali ile soruna ancak çözüm bulunablmıştır.

Üst toprağa fazla bitki artığı intikal ettiği için organik madde oranı burada genellikle en yüksektir. Bu nedenle toprak profilinde yukarıdan aşağıya doğru az ayrılmış organik maddelerin oranı azalır buna karşılık humin maddeleri oranı artar.

Ölüörtü ayrışması sırasında mineral maddelerin yanısıra mikroorganizmaların madde değişimi ürünleri olarak düşük moleküllü organik asitler (karıncaasidi, sirkasidi, oksalasıdı) toprak çözeltisine geçerler. Anaerob koşullarda ayrışma halinde CH_4 ve H_2S de oluşur, ayrıca enerji açığa çıkar. Toprak gelişmesi ve toprak verimliliği için çok önemli olan husus da, organik temel maddelerin ayrışması sırasında humin maddelerinin oluşmasıdır.

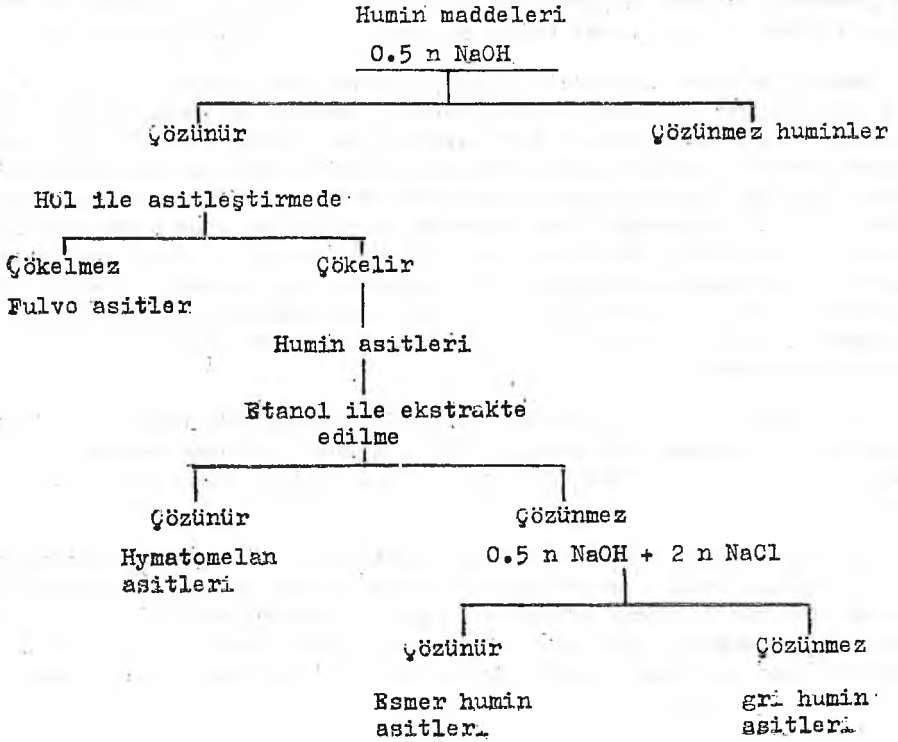
4. HUMİN MADDELERİ

Humin maddeleri yüksek moleküllü çoğunlukla koyu renkli organik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin mikrobiyel dayanıklılığı bu maddelerin toprakta birikmesine neden olur. Renkleri A_h ve E_h horizonlarının koyu renkli görünmesini sağlar.

4.1. Humin Maddelerinin Sınıflandırılması, Bileşimi ve Özellikleri

Humin maddelerinin büyük moleküllerinin kompleks karakteri nedeniyle saf kimyasal açıdan alt bölümlere ayrılması genellikle olanaksızdır. Buna karşılık çeşitli çözelti maddelerindeki değişik çözünürlüklerine göre ayrımları yapılabilir. Bu iş için; su, etanol, etilbromid vb. birçok çözelti maddeler kullanılmaktadır. Fraksiyonlara ayırma çoğunlukla şu şekilde yapılmaktadır (Tablo 4). Bu ayırım metodu toprağın humin maddelerinin büyük bir bölümünü, çoğunlukla % 80'den fazlasını kapsar. Önemli bir sakıncası ise, humin maddeleri ekstraksiyon sırasında kimyasal yönden değişikliğe uğradığından bölünme ürünlerinin artık humin maddesi moleküllerinin direkt yapıtaşları olarak kabul edilmesi olanağının bulunmamasıdır.

Tablo 4*



* Scheffer - Schachtschabel 1976. Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

Tablo 5'de ayrılan humin maddelerinin çeşitli özellikleri birarada gösterilmiştir. Bu özellikler humin maddelerinin oluşum koşullarına bağlı olduklarından (toprak tipi, vejetasyon, toprak biyolojisi vb.) büyük ölçüde değişebilirler.

Tablo 5. Humin maddesi fraksiyonlarının genel özellikleri*

Özellik	Fulvo asitleri	Humin asitleri		Gri humin asitleri	Huminler
		Hymatomelan asitleri	Esmer humin asitleri		
Renk	Sarı-sarı esmer	esmer	koyu esmer	gri siyah	siyah
C - içeriği	% 43 - 52	% 58 - 62	% 50 - 60	% 58 - 62	—
molekül ağırlığı	2000-9000	10 ⁵ 'e kadar artar		—————→	değişik
				—————→	artar
Renk entansitesi					
iç ıslanma					
fonksiyonel gruplar					—————→ azalır
oksijen içeriği					

* Scheffer - Schachtschabel 1976. Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

Humin maddelerinin heterojen bileşimi, bunların bölünmesi sırasında ortaya çıkan belirlenmiş bileşiklerin fazlalığı ile de kendini belli eder. Bu belirlenen bileşikler humin maddelerinin bileşiminden başka, uygulanan ön işlem ve bölünme metoduna da tabidirler.

Laboratuvar denemesinde humin asitleri alkalik çözeltide ve oksidasyon maddelerinin bulunması halinde özellikle hassastır. Özellikle esmer humin asitlerinde bu koşullarda yalnızca hava oksijeni moleküllerin oksidatif bir şekil değiştirmesi için yeterlidir. Fakat yalnızca OH⁻ iyonlarının etkisi ile de humin maddeleri dönüşü olmayan biçimde değiştirilirler. Bu durum soğuk NaOH ile muamele edilmiş ve alkolde çözünen oranı hayli yükselmiş organik maddenin ekstraksiyonunda kendini gösterir. Aynı şekilde humin ve fulvo asitlerin ekstraksiyonla ayrılmasından sonra arta kalan huminlerden NaOH ile kaynatma yolu ile bir kısım humin asitlerini açığa çıkarmak olanağı vardır.

Nihayet humin asitlerinin sulu ortamda hafif oksitlenmesi (örneğin alkalik çözeltide Cl₂, Br₂, H₂O₂ ve KMnO₄ ile) özellikleri yönünden fulvoasitlerden sayılması gereken bileşikler oluşur. Klasik organik kimyanın elementar analiz ve fonksiyonel grupların tayini gibi kantitatif analitik metodlarının yansısıra görünebilir ve infraruj spektral alanda spektralfotometrik metodlar da humin maddelerinin izole edilmiş bölünme ürünlerini ayırmada kullanılmaktadır.

Tablo 6 organik kimyasal grup analizi yardımıyla toprağa bağlı humin ve fulvoasitlerden elde edilen bazı sonuçları göstermektedir. Tabloda görüleceği gibi bu maddelerin yapısına çeşitli aminoasitler, lignin ve karbonhidrat bölünme ürünlerinden başka daha birçok organik bileşikler iştirak etmektedir. Bu durumda genel olarak geçerli bir humin veya fulvoasit molekülü vermek olanaksızdır.

Tablo 6. Humin maddelerinin belirlenmiş bölünme (ara) ürünleri*

Bölünme yöntemi	Belirlenmiş bölünme ürünü
Na - amalgam ile indirgenme	Fenoller, aromatik aldehytler C ₂ ve C ₃ yan halkalı aromatlar
Sirkeasidi ile oksidatif ayırıştırma	Alifatik mono ve dikarbon asitleri fenoller, benzol mono ve polikarbon asitleri
HCl ile hidroliz	24 değişik aminoasit
6 n HCl ile hidroliz	Vanillin, Vanillinasit p. Hidroksi benzo asidi
Metil katılması	Çeşitli ikame benzol karbon asitleri ve fenoller

* Scheffer - Schachtschabel 1976. Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

Fosfor ve kükürt kromatografik yolla temizlenmiş humin ve fulvoasitlerinde dahi düşük konsantrasyonlarda daima mevcuttur. Bu elementler muhtemelen protein bölünme ürünlerinde, örneğin aminoasitlerde ve humin maddesi molekülünde tespit edilmiş durumda bulunmaktadırlar. Münferit humin maddesi fraksiyonlarının marke edilmiş C¹⁴ ile belirlenen yağları da çok farklıdır. Kolay hareketli ve

kiçük molekülü organik maddeler için yaş 25 ve birkaç yüzyıl olduğu halde, fulvoasitleri humin asitleri ve huminlerin yaşı çok daha yüksek bulunmuştur (Tablo 7). Tabloda dikkati çeken nokta en yüksek C¹⁴ yaşına en zor çözünen huminlerin değil de humin asitlerinin sahip oluşudur. Toprak bakterileri ile yapılan araştırmalar denemeleri ayrışma hızının fulvoasitleri - hımatomelan asitleri - gri huminasitleri - esmer humin asitleri yönünde azaldığını göstermiştir.

Tablo 7. Bir çernozem (Sw - A - horizonlu) ve bataklık toprağı örneğinde çeşitli humin maddeleri fraksiyonlarının C¹⁴ yaşı*

	Takribi yaş yıl olarak	
	Çernozem	Bataklık toprağı
Fulvoasit	1800	4300
Hımatomelan asit	1400	4500
Humin asitler	4900	5400
Huminler	2900	3500

* Scheffer - Schachtschabel 1976. Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

120 günde 25°C sıcaklıkta esmer humin asidine bağlı karbonun ancak % 2'si, buna karşılık fulvoasit karbonunun ise hemen tamamı şekil değiştirmiştir.

4.1.1. Fulvoasitler

Fulvoasitler organik maddenin alkalide çözünen, asitte çökelmeyen bölümüdür. Humin asitlerinden öncelikle düşük molekül ağırlığı, ayrıca karboksil gruplarının fazlalığı ile ayrılırlar. Fulvoasitleri ve tuzları suda çözünürler, kısmen indirgeyici ve kompleks oluşturucu özelliklere sahiptirler ve bu nedenle de örneğin demiroksitleri çözüdürebilirler.

Fulvoasitleri toprakta çoğunlukla adsorbe edilmiş biçimde Fe ve Al oksitlere, kil minerallerine ve yüksek molekülü organik bileşiklere bağlı halde bulunurlar.

Fulvoasitler, özellikle biyolojik aktivitenin az olduğu ortamlarda oluşturulurlar. Nitekim podsol topraklarının A horizonlarında fulvoasitlerin tüm humin maddeleri içindeki oranı % 70 olduğu halde çernozem topraklarında bu oran ancak % 15 - 20'ye ulaşabilmektedir.

4.1.2. Humin Asitleri

Humin asitleri NaOH - toprak ekstraktından kuvvetli asitler yardımıyla (örneğin HCl) yeniden çökeltilen organik maddelerdir. Humin asitleri suda çözündüğünden ve Ca, Mg, Fe ve Al'la zor çözünen bileşikler (humatlar) oluşturdıklarından bunların ekstraksiyonu; fulvoasitleri ile birlikte, anyonları Ca, Mg, Fe veya Al iyonları ile kompleksler veya zor çözünen tuzlar teşkil eden ve katyonları humin asitleri ile suda çözünen bileşikler yapan, tuz çözümleri yardımı ile de gerçekleştirilir.

Humın asitleri çoğunlukla yüksek molekülü kolloidlerdir ve çapları yaklaşık 200 ve 400 angström arasında değişir. Bunların asit karakteri ve buna bağlı katyon değiştirme özelliği COOH ve fenolik OH gruplarının varlığından kaynaklanır. Humın asitlerini; molekül ağırlığına, çeşitli çözelti maddelerindeki çözünürlüğüne ve rengine göre üç fraksiyona ayırmak olanağı vardır.

a) Kırmızı esmer humatomelan asitleri yüksek bir molekül ağırlığına sahiptir. Diğer humın asitlerinden alkol ve asetilbromidde çözünmesiyle ayrılır. Çürük odun veya ahır gübresi gibi çürüten organik maddede zenginleşmiştir.

b) Esmer humın asitleri alkolde çözünmez, ancak NaOH içinde yüksek tuz konsantrasyonu ile dahi çökelmezler. Alkalik çözeltide hava oksijeni tarafından dahi tedricen oksitlenirler.

c) Gri humın asitleri, humın asitleri arasında en zor çözünen bileşikleridir. Bunlar gri, siyah bir renk tonuna sahiptir ve genellikle köprü azotu ve heterosiklik bağlı azot oranı en yüksektir. Her toprakta gri humın asitlerinin yanında esmer humın asitleri de mevcuttur.

4.1.3. Humınlar

Humınlar, organik maddenin soğuk sodyum hidroksitte çözünmeyen bölümünü oluşturur. Bunlar kimyasal yönden çok heterojen bir fraksiyondur ve nispeten az değişmiş organik maddelerden oluşur. Humın fraksiyonuna kil minerallerine çok sıkı bağlanmış ve bu nedenle soğuk sodyum hidroksit ile ekstrakte edilemeyen humın asitleri ve fulvo asitleri, ayrıca vejetasyon artıklarının yakılmasından arta kalan karbon artıkları da girer.

4.2. Humın Maddelerinin Oluşumu

Bitki artıklarından humın maddelerinin oluşumu bu maddeyi oluşturan bütün maddelerin molekül strüktüründe büyük ve önemli değişiklikler gerektirir. Böylece büyük moleküller kısmen basit bileşiklere parçalanır. Örneğin karbonhidratlar monosakkaritlere, proteinler peptitlere veya aminoasitlere ve ligninler gibi aromatik hücre kısımları basit fenolik bileşiklere dönüşür. Ayrıca aminler, amonyak vb. gibi daha basit bölünme ürünleri de humın maddeleri oluşumuna iştirak ederler.

Diğer yandan muhtemelen ligninlerin ve polisakkaritlerin pek az değişmiş oldukça büyük bölünme ürünleri de humın maddeleri molekülüne bağlanırlar. Tedrici oksidasyon sonucunda katı maddedeki dissosiasyona kabiliyetli karboksil ve fenol gruplarının oranı karakteristik biçimde büyür, buna bağlı olarak da materyalin katyon değiştirme kapasitesi artar.

Toprakta humın maddelerinin oluşum şekli konusundaki bilgiler henüz yeterince açıklığa kavuşturulmamış olduğundan bu konu üzerinde daha fazla durulmayacaktır.

5. ORGANİK MADDE SEVKİ VE AYRILMASI ARASINDAKİ DENGELER

Organik maddeler toprağa meşcere artığı, kökler, ürün artıkları, ölü edafon ve organik gübre olarak eklenmektedir. Ormanlarda her yıl ölen köklerin dışında ölü-

örtü üretimi Ehwald'e göre (Scheffer - Schachtschabel 1976'dan alınmıştır) bonitet sınıfı ve yaşa bağlı olarak 1 - 4.5 ton/ha/yıl kuru madde civarındadır.

Toprak vejetasyonu da iyi gelişebildiği hallerde yukarıda belirtilen miktarlarda ölü örtü formunda organik madde verebilir. Bu nedenle ormanda organik madde miktarı tarımsal alanlara kıyasla hayli yüksektir.

Aynı vejetasyon altında uzun yıllar sonunda organik madde sevki ve ayrışması arasında bir denge oluşur ve böylece topraklar belirli çevre koşullarında, belirli bir organik madde içeriğine sahip olurlar. Orman topraklarında organik horizonların istisnası ile, bu miktar genellikle hektarda 1 - 3 ton arasındadır. Turba, çernozem ve bataklıkların dışında organik maddenin önemli bölümü üst toprakta bulunur.

5.1. Mineralizasyon

Toprağa intikal eden organik maddelerin bir kısmı hızlı bir mineralizasyona uğrarken, diğer bir kısmı humuslaşır ve ancak uzun yıllar sonunda ayrışır. Bu arada uzun yıllar boyunca birikmiş humin maddelerinin bir kısmı da mineralleşir. Mineralizasyon toprağın nem içeriğinin sık sık değişmesiyle tahrik edilir. Bunun nedeni bu olay sonucunda agregatların parçalanarak mikroorganizmaların organik maddelere ulaşabilmesi ve ayrıca organik maddelerin desorpsiyon ile serbest hale geçişidir. Havalanma da mineralizasyonu etkileyen faktörlerden biridir. Mineralizasyon havanın oksijen içeriğinin artışına paralel olarak çoğalır ve % 21 O₂ değerinde en yüksek noktaya ulaşır.

5.2. İklim, Su İçeriği ve Rölüf

Toprakların organik madde içeriği üzerinde iklim çok önemli etkiye sahiptir. Mutedil nemli iklim koşullarında sıcaklığın yükselmesiyle yalnızca organik madde üretimi artmakla kalmaz, aynı zamanda organik maddenin mikrobiyel ayrışması da hızlanır. Ancak ayrışma daha fazla teşvik edildiğinden bu iklim zonunda ortalama yıllık sıcaklığın yükselmesiyle toprakların organik madde içeriği azalır.

Artan sıcaklığın ayrışmayı hızlandırıcı etkisi, fazla yağışların ve buna bağlı olarak da anaerobik koşulların ayrışmayı yavaşlatıcı etkisiyle gölgelenebilir. Böylece örneğin ekvatordaki yüksek sıcaklıklar, topraklarda açık bir kahverengi veya esmer renk görülememesine rağmen, her zaman organik madde yönünden bir fakirleşmeye işaret etmez. Burada nemli ekvator bölgesinde yüksek sıcaklıkların fazla ölü örtü üretimine neden olduğunu da gözönünde tutmak gerekir. Doğu Afrika topraklarında yağış miktarının artışına paralel olarak (430 - 1800 mm) organik madde içeriğinin de çoğaldığı saptanmıştır (Birch H.F., M.T. Friend 1956). Yıllık sıcaklık farkları (12 - 27°C) kültür şekli, kil içeriği ve toprak tipi ise yukarıda verilen örnekte ancak tali bir etkiye sahiptir. Almanya'da Karaormanlardaki topraklarda organik madde içeriği yüksekliğe paralel olarak artmaktadır. Bu artış da sıcaklığın azalmasından çok, yağışların fazlalaşmasından ileri gelmektedir (Ganssen, R. 1957). Taban suyunun yüksek olduğu turba, bataklık gibi yerlerde de bir birikme söz konusudur.

Yarı kurak iklimde mikrobiyel aktivite zaman zaman kuraklık nedeniyle engellenir ve buralarda çernozem örneğinden de bilindiği gibi bir organik madde birikmesi olabilir. Öte yandan kurak mıntikalarda sulama yapılırsa hızlı bir ayrışma görülür.

Organik maddenin ayrışması üzerinde reliyef de önemli etki yapmaktadır. Güney yamaçlarda toprak sıcaklığının yüksek oluşu nedeniyle ayrışma daha hızlıdır ve bundan dolayı da kuzey yamaçlarda organik madde içeriği daha fazladır. Öte yandan yamaçlarda toprakların organik madde içeriği erozyonun etkisi altındadır. Sırtlardan ve yamaç üst kenarlarından A_n horizonundaki materyal yamaç eteklerine taşınır, böylece humuslu horizon sırttan eteğe doğru kalın olur.

5.3. Tançliliğin (Toprak Türünün) Etkisi

Aynı iklim koşullarında toz, balçık ve kil toprakları kum topraklarından daha fazla organik maddeye sahiptir. Bunun nedeni :

- 1) Kil minerallerinin Al ve Fe oksitleri ve amorf Al silikatları, ayrıca organik maddeleri adsorbe etme ve bu yolla mikrobiyel ayrışmayı yavaşlatma özelliği,
- 2) Anaerobik koşulların daha sık tekrarlanması,
- 3) Agregatların fazlalığı nedeniyle bunların arasında kalan organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılamamasıdır.

5.4. Yararlanma Şeklinin Etkisi

Aynı yararlanma şekli ile topraklarda organik madde sevk ve ayrışması arasında uzun yıllarda kurulmuş olan denge, yararlanma şeklinin değiştirilmesi ile bozulabilir. Böyle değişiklikler orman alanlarının köklenmesi ve diğer amaçlarla kullanılması, ayrıca step ve çayırın tarımsal amaçlara tahsisi gibi yollarla olabilir.

Karbon içeriğinin yararlanma şekline bağlılığı Tablo 8'de görülmektedir. Burada ilk vejetasyon tüm sahalarda meşe - gürgen ormanı idi. Araştırılan yetişme ortamları aynı iklimatik koşulların hüküm sürdüğü 1 km² lik bir alan içinde bulunmaktadır. Bu araştırma kültive edilmemiş orman, otlak gibi doğal vejetasyona sahip toprakların, tarım topraklarından daha fazla karbona sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bunun nedeni doğal vejetasyonun daha fazla organik madde sevkinin yanısıra toprağın işlenmemiş oluşu dolayısıyla daha az havalanmasıdır. Bir toprak bir yıl boyunca ne kadar çok işlenir ve ne kadar çok toprağa alt - üst edici aletler kullanılırsa mevcut denge organik maddenin hızlı ayrışması yönünde o ölçüde bozulmuş olur. Ayrışmayı azaltmak için toprak işleminde sürerek alt - üst etme yerine gevşetici aletlerin kullanılması tavsiye edilmektedir.

5.5. Gübrelemenin Etkisi

Toprakların organik madde içeriğine gerek doğrudan organik madde eklenmesiyle, gerekse dolaylı yoldan inorganik gübrelerin eklenmesiyle etki yapılabilir. Zira ikinci halde de ürünün yükselmesi kök artıklarının, dolayısıyla toprak organik

maddesinin artmasına neden olmaktadır. Karbon izotopu C^{14} ile yapılan analizler toprakta yalnız yeni eklenenlerin değil, aksine eski organik maddelerin de ayrıştırıldığını ortaya koymuştur. Böylece örneğin ahır gübresi ile eklenen karbonun bir yıl içinde yaklaşık % 30 - 40'ının yanısıra toprakta bulunan karbonun % 1.5 - 2'si de ayrıştırılmaktadır. Her iki halde de mutlak olarak yaklaşık eşit miktarda karbon mineralize olmuştur. Bu nedenle organik gübrelemeden sonra toprağın karbon içeriği aynı kaldığı takdirde, buradan yalnızca ayrışma ve birikmenin dengelendiği sonucu çıkarılmalıdır. Eklenen organik maddelerin tümüyle mineralize olduğunu söylemek ise yanlış bir hükümlendirme olur.

Tablo 8. Yararlanma şekline bağlı olarak bir Pseudogley'in C - içeriği (Yer: Wichtringhausen - Hannover; kil içeriği % 14; yağış 630 mm/yıl; ortalama yıllık sıcaklık $9.0^{\circ}C^*$

Yararlanma	Yararlanma süresi yıl	Derinlik cm	pH	% C	0 - 100 cm tabakada C içeriği t/ha
Otlak	400	0-25	7.0	4.1	174
		25-50	6.6	0.6	
Tarla	1000	0-28	7.4	1.2	87
		28-45	7.3	0.8	
Meşe, Gürgen	2700	0-15	3.5	2.5	100
		15-60	5.3	0.5	

* Scheffer - Schachtschabel 1976. Lehrbuch der Bodenkunde'den alınmıştır.

5.6. pH'nın Etkisi

pH, doğal topraklarda organik madde içeriğini dolaylı yoldan etkilemektedir. Normalin üzerinde bir organik madde miktarı gerek kuvvetli asit, gerekse hafif alkalin ortamda görülebilir.

Şiddetli asit ortamda fazla organik madde birikmesi iğneyapraklı ormanlar altındaki podsol topraklarının üst horizonlarında gözlenmektedir. Bu birikmenin nedeni, besin maddelerince fakir topraklarda besin maddesi gereksinmesi az olan ve artıkları zor ayrışan bitkilerin yerleşmesi ve düşük pH derecelerinde toprak fauna ve florasının, özellikle bakteri faaliyetinin sınırlı olmasıdır. Hafif alkalin ortamda ve kalsiyum karbonatın bulunması halinde rendzina ve çernozemlerin A horizonunda fazla bir organik madde birikmesi gerçekleşir. Ancak bu birikme yalnızca pH ve kalsiyum karbonatla ilgili olmayıp, aksine özel iklimatik ve biyolojik koşulların varlığına bağlıdır.

6. ORGANİK MADDENİN TOPRAK VE BİTKİ İÇİN ÖNEMİ

Birçok toprak özellikleri organik maddenin miktar ve türü tarafından etkilenmektedir. Bu etki bir yandan nispeten kolay ayrılan bölümler, diğer yandan da dayanıklı humin maddeleri nedeniyle olmaktadır.

6.1. Kimyasal ve Biyolojik Etkileri

Gübrelenmeyen topraklarda bitki gelişmesi için öncelikle organik maddenin besin maddesi içeriği büyük önem taşımaktadır. Organik madde içinde tespit edilmiş besin maddeleri toprak favnasının da yardımıyla toprak florası tarafından bitkilere yararışlı bir şekle dönüştürülür. Bu dönüşüm genellikle dolaylı bir yoldan, yani önce sözkonusu organizmaların bu maddeleri kendi vücut yapıları için kullanması şekliyle olur, böylece organik madde yavaş akan bir besin maddesi kaynağı haline geçer. Bir toprakta biyolojik aktivite yüksek olduğu oranda organik maddeden besin maddelerinin sevki de o ölçüde yoğundur. Diğer yandan bazı besin maddeleri için organik maddenin adsorpsiyon özelliği, özellikle kilce fakir topraklar için çok önemlidir.

Organik madde heterotrof toprak organizmalarının yaşamları için mutlak gerekli olduğundan, diğer koşulların aynı olması halinde toprak organik madde içeriği saprofitik organizmaların gelişmesini olumlu yönde etkiler ve böylece parazitlerin gelişmesini engeller, ayrıca saprofitik beslenmeden, parazitik beslenmeye geçişi önler. Yüksek bir biyolojik aktivitenin sürdürülmesi ancak harcanan organik maddenin sürekli bir biçimde toprağa yeniden eklenmesi ile olanak kazanır.

6.2. Fiziksel Etkiler

Organik madde kilce zengin topraklarda iri gözenekli agregat oluşumunu sağlayarak toz, balçık ve kil topraklarının su ve hava ekonomisini düzeltir.

Organik madde, yüksek bir su tutma kapasitesine sahip olup, kendi ağırlığının 3-5 katı su tutabilir. Bu özellik tarla kapasitesi, genellikle organik madde miktarına bağlı olan kum toprakları için çok önemlidir. Organik madde bitki gelişmesini doğrudan ya da dolaylı yoldan yönlendiren daha birçok toprak özelliklerini etkiler. Humin maddeleri Ah horizonunun koyu renkli oluşunu sağlar, böylece ilkbaharda toprakların erken ısınmasına, dolayısıyla vejetasyon süresinin daha uzun olmasına neden olur. Organik maddenin bulunuşu nem oranı yüksek toprakların dahi işlenmesinin fazla engelle karşılaşmadan yapılmasına olanak verir.

6.3. Etki Maddeleri

Toprakların organik maddesi arasında meşcere artıkları ile toprağa ulaşan veya mikrobiyel ayrışma sırasında ara ürünleri olarak teşkil edilen etki maddeleri karakterinde birçok bileşikler de sayılmaktadır. Topraklarda; çok az miktarlarda bile bitkilere olumlu ya da olumsuz etki yapan vitamin, auksin, antibiyotik vb. maddeler bulunmuştur. Bitkiler bu etki maddelerinin molekül ağırlığı 200-500 arasında değişenlerini alabilme olanağına sahip olduklarından bunlar bitki büyümesi için çok büyük önem kazanabilirler. Örneğin toprak yorgunluğu büyük bir olasılıkla toksik etki yapan maddelerin toprakta birikmesi sonucunda ortaya çıkmak-

tadır. Toprakların organik maddesi için geçerli olan husus, muhtemel etki maddesi bölümü için de geçerlidir: uzun süre devam eden aynı yararlarına şeklinde her toprak için tipik olan bir denge teessüs etmektedir.

7. ORGANİK MİNERAL BİLEŞİKLER

Topraklarda mineral komponentlerin bir bölümü organik maddelerle moleküler veya kolloidal boyutlarda organik mineral bileşikler oluşturmıştır. Bu bileşiklerin türü ve özellikleri konusundaki bilgiler henüz çok yetersiz olmakla beraber, yapılan birçok gözlemler bu bileşiklerin varlığını kanıtlamaktadır: Şöyle ki;

Organik madde miktarı çoğunlukla kil miktarına bağlı bir artış göstermektedir. Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalar humin maddelerinin kil parçacıklarının sıkı bir şekilde sardığını göstermiştir. Humin maddesi miktarı kaba kilden ince kile doğru, yani kil maddesinin yüzeyinin büyümesine paralel olarak artmaktadır. Çernozem, Vertisol ve Andosol gibi topraklarda organik maddeyi H_2O_2 ile tümüyle tahrip etmek olanağı genellikle yoktur.

Topraklarda organik mineral bileşiklerin oluşumu yüksek bir biyolojik aktivite ile teşvik edilmektedir. Zira böylece reaksiyon yeteneği olan organik maddelerin sürekliliği bir biçimde üretimini sağlanmaktadır. Zor ayrışan organik maddelerin, örneğin turbanın kil mineralleri ile biraraya getirilmesi halinde, uzun bir etki süresinden sonra bile bir reaksiyonun gerçekleşmediği görülür. Bu durum organik maddelerin fiziksel yolla tekrar kantitatif olarak ayrılması ile de kendini belli eder.

Organik mineral bileşiklerin toprak için önemi öncelikle organik maddelerin mineral partiküllerini birbirine bağlayarak toprakta stabil bir agregat strüktürü gerçekleştirmesinden ileri gelmektedir. Ayrıca bu yolla mikrobiyel ayrışmaya karşı bir dayanıklılık da sağlanmakta ve oluşan agregatlar belirli bir direnç kazanmaktadır.

K A Y N A K L A R

- BIRCH, H.F., M.T. FRIEND, 1956. *J. Soil Sci.* 7.
 GANSSSEN, R., 1957. *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 7.
 KUBIENA, W., 1948. *Die Entwicklungslehre des Bodens.* Wien.
 RUSSELL, E.J., 1936. *Boden und Pflanze Dresden und Leipzig.*
 SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 1976. *Lehrbuch der Bodenkunde.*
 WAKSMAN, S.A., 1952. *Soil Microbiology, New York.*
 WITTICH, W., 1952. *Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Ruhhumusproblems im Walde. Schriftenreihe der Forst. Fak. Göttingen 4 Frankfurt/Main.*
 FIEDLER, H.J., REISSIG, H., 1964. *Lehrbuch der Bodenkunde.*