

GÖZENEKLİ VE DİSPERS BİR SİSTEM OLARAK TOPRAK

Metin BAHTİYAR (1)

Ö Z E T

Topraklar esas itibariyle katı, sıvı ve gaz fazlarından meydana gelmişlerdir. Katı faz, çok değişik irilikte mineral ve organik maddeden, sıvı faz, gerek toprak içersinde serbest halde bulunan, gerekse toprak taneciklerine belirli yüzey kuvvetleriyle bağlanmış olan sudan, gaz faz ise, toprak havasından ibarettir.

Yapısı bozulmamış bir toprak yakından incelendiğinde, toprak taneciklerinin büyük bir kısmının çeşitli şekil ve irilikte kümeler halinde buldukları, aralarında sayısız gözenek boşlukları bıraktıkları görülür. Toprağın gözenek hacmi, toprak taneciklerinin diziliş tarzı, toprak tekstürü ve strüktürüne bağlıdır. Toprak - Su ilişkileri bakımından, gözenek iriliği dağılımının önemi çok büyüktür. Toprakta suyun tutulması ve kolayca hareket edebilmesi bakımından, toprak gözeneklerini, kaba (> 10 mik.), orta ($10-0,2$ mik.) ve küçük ($< 0,2$ mik.) gözeneklere ayırmak mümkündür.

Toprağı meydana getiren taneciklerin irilikleri, onların fiziko-kimyasal bakımdan aktif olan yüzey genişliklerini tayin eder. Birim ağırlık veya hacimdeki dispers sistemin toplam yüzey alanına özgül (Spesifik) yüzey denilir. Tane iriliği azaldıkça özgül yüzey, dolayısıyla fiziko-kimyasal aktivite artar. Topraklarda bu aktiviteyi hemen tamamen kil fraksiyonu üstlenmiştir.

Kil; içersinde 2 mikrondan küçük sekonder minerallerin hakim olduğu, ayrışmanın kolloidal ürünlerinden ibaret dispers bir sistemdir, şeklinde tarif edilebilir. Kristal bir yapıya sahip olan kil minarelleri, Si-Tetraedron ve Al-Oktaedron strüktür ünitelerinden meydana gelmişlerdir. Bu ünitelerin çeşitli kombinasyonları ve iyonik yerdeğiştirmelerle çeşitli killer teşekkül etmiştir. Şekilleri, levha, disk ve çubuk benzeridir. Kristal ünitelerin kenar ve köşelerinin kırılması sonucu açığa çıkan OH gruplarındaki H iyonunun disosiyasyonu ve iyonik yerdeğiştirmeler yoluyla killer elektro-negatif yüke sahiptirler. Bu negatif yükler etkilerini, katyon adsorpsiyonu, katyon değiştirme, su adsorpsiyonu ve kolloidal süspansiyonların flokülasyon ve dispersiyonunda göstermektedirler.

(1) Doç. Dr., Atatürk Üni. Ziraat Fak. Toprak İlimi Bölümü Öğretim Üyesi — ERZURUM.

I — Toprağın Genel Yapısı

Topraklar esas itibariyle üç kısımdan meydana gelmişlerdir. Bunlar, mineral ve organik maddeden oluşan katı faz ile, toprağın gözenek boşluklarını dolduran değişik miktarlardaki sıvı (Su) faz ve gaz (Hava) fazıdır.

I — 1) Katı Faz

Katı fazın çok önemli bir kısmını teşkil eden ve kimyasal yapı ve irilik bakımından büyük farklılıklar gösteren mineral tanecikler, kolloidal irilikten başlayarak her türlü çap büyüklüğüne sahip, kil, silt, kum ve çakıllara kadar değişen yapı maddeleridir. Çözünbilir tuzları da bu arada saymak mümkündür. Mineral maddeler kayaların ve ana materyalin parçalanması ve ayrışmasıyla meydana gelmişlerdir. Bu maddelerden bir kısmı ayrışma ve parçalanma sırasındaki değişimlere direnç göstererek olduğu gibi kalmış, (Quarz), bazıları ise toprak oluşumu sırasında veya daha evvel, az çok değişikliğe uğramışlardır. Kil mineralleri buna bir örnektir ve çeşitli yönleriyle bu çalışmanın esas konusunun bir kısmını teşkil edeceklerdir.

Toprak katı fazının diğer bir kısmını temsil eden organik madde ise, bitki ve hayvan artıklarının toprakta birikmesinden meydana gelmiştir. Bu artıklar arasında, toprağa henüz düşmüş yapraklar, çeşitli bitki ve kök artıkları, toprağın içinde ve üzerinde yaşayan sayısız

makro ve mikro organizma artıkları yer almaktadır. Toprak organik maddesi, ham organik materyalden, kolloidal humusa kadar çeşitli ayrışma safhalarında bulunan kompleks bir yapıya sahiptir.

I — 2) Sıvı Faz

Toprağın sıvı fazı, gerek toprak içinde serbest halde bulunan ve gerekse toprak taneciklerine belli yüzey kuvvetleriyle bağlanmış olan sudan ibarettir. Bizzat suyun etkisi veya suda erimiş karbonik asitin çözücü özelliği nedeniyle, toprak suyu az veya çok, çözülmüş tuzlar, organik maddeler ve organik asitler ihtiva eder. Toprak suyu toprakta cereyan eden ehtürlü fiziko - kimyasal ve biyolojik olaylar bakımından, vazgeçilmez temel bir unsurdur.

I — 3) Gaz Faz

Faz faz ise, toprak tanecikleri ve agregatlarının arasında ve agregatların içindeki gözenekleri dolduran havadan ibarettir. Belirli toplam gözenek hacmi değerinde, sıvı ve gaz fazlardan herhangi birinin artışı diğerinin azalmasını zorunlu kılmaktadır.

Kopecky, tarla kapasitesi rutubet muhtevasında, gözenek hacminin hava ile dolu bulunan kısmını, hava kapasitesi olarak adlandırmıştır. Hava kapasitesi, herhangi bir bariyer tabaka suyun drenajını önlemediği sürece, yani serbest drenaj şartları altında, su ile dolu

kalamıyan, büyük (Kapillar olmayan) gözeneklerin toplam hacmini ifade etmektedir.

II — Tabii Yapısı İçersinde Toprak

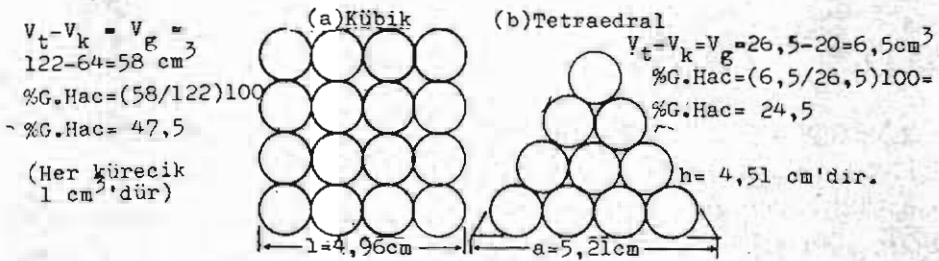
Strüktürü bozulmamış, tabii yapısında bulunan bir toprak yakından incelendiğinde, katı fazı teşkil eden toprak taneciklerinin pek azının teksel taneler, çok büyük bir kısmının ise çeşitli şekil ve büyüklükte kümeler halinde buldukları görülür. Bu tanecikler ve kümeler, aralarında, çeşitli şekil ve büyüklükte gözenekler bırakacak şekilde istiflenmişlerdir. Bu bakımdan toprak; katı maddeler arasını üç boyutta bir ağ gibi ören, içi hava ve/veya su ile dolu bir gözenekler ve kapillar borucuklar sistemi olarak nitelendirilebilir. Toprağın, gerek su ve hava kapasitesinin uygunluğu, gerekse bitki kök gelişimine uygun bir ortam

sağlaması bakımından, toprak gözenek hacminin, özellikle gözenek özellikle gözenek iriliği dağılımının önemi çok büyüktür.

II — 1) Toprak Gözenekleri ve Gözenek Hacmi

Toprak gözenek hacmi, bir taraftan toprağı meydana getiren primer toprak taneciklerinin ayrı ayrı büyüklüğü ile ilgili olduğu gibi, diğer taraftan toprağın strüktürü demek olan, sekonder toprak parçacıklarının özel dizilişleri ve gruplaşmaları ile de ilgilidir.

Toplam gözenek hacmi veya porozite, belli hacimdeki bir toprağın, katı faz tarafından işgal edilmiş olan hacminin % miktarı olarak tanımlanabilir. Toprak taneciklerinin ve parçacıklarının biçimi, diziliş şekli ve büyüklüğü, toprak gözeneklerinin de miktar ve şeklini etkilemektedir (Şekil : 1 (a, b) ve Tablo : 1).



Şekil : 1 (a b) : Toprak Taneciklerinin Porozite İle İlgili Olarak Diziliş Şekilleri (Akalan, 1973)

Bir toprağın, aynı büyüklükteki küreciklerden meydana geldiği kabul edildiğinde, iki türlü dizilme şekli ortaya çıkmaktadır. Gevşek

yahut kübik dizilme ve sıkı yahut tetraedral dizilme. Kübik dizilimde, her kürecik diğer 6 kürecikle temas etmekte ve aralarında ge-

niş boşluklar bırakmaktadırlar. Bu durumda, böyle bir toprak yaklaşık % 47,5 poroziteye sahip olabilmektedir. Tetraedral dizilimde ise, her kürecik diğer 12 kürecikle temas etmekte ve aralarında daha az boşluk bırakmaktadırlar. Bu durumdaki bir toprak da, yaklaşık % 24,5 poroziteye sahip olabilmektedir. Buna göre, teorik olarak, teksel strüktürdeki toprakların gözenek hacmi değerleri % 24,5-47,5 arasında değişebilmektedir. Ancak, tabii yapısındaki bir toprakta, daha küçük taneciklerin daha büyük tanecikler arasına girip oralarda birikmesi ve toprak suyunda çözün-

müş maddelerin çökmesi suretiyle, gözenek hacmi büyük ölçüde azalmaktadır. Buna karşılık, bazı strüktür şekillerinde, özellikle granüler ve furda strüktürde, gözenek hacmi, kübik dizilmeden de daha büyük olabilmektedir. (Kemerler teşkil etmek suretiyle).

Diğer taraftan, dizilme şeklinin yanısıra, aşağıdaki tablodan da görüleceği gibi, toprak taneciklerinin çaplarının küçülmesine bağlı olarak, gözenek hacmi değerleri artmakta, bununla beraber meydana gelen gözeneklerin çapları da küçülmektedir.

Tablo : 1 Toprak Fraksiyonlarının Çapına Bağlı Olarak, Hacim Ağırlığı, Gözenek Hacmi, Ortalama Gözenek Çapı ve Hidrolik İletkenlik Değerleri (Scheffer ve Schachtschabel, 1973)

Tanecik Çapı (Mikron)	Hac. Ağırl. gr/cm ³	Göz. Hac. %	Göz. Çapı (Mikron)	Hid. İlet. cm/saat
1190 — 840	1,59	39,5	206,0	—
210 — 149	1,58	40,4	43,5	77,5
37 — 26,2	1,49	44,2	10,8	3,53
9,25 — 2,31	1,32	49,6	2,23	0,15

Bilindiği gibi, topraklarda tanecikler tamamen çeşitli şekil ve büyüklükte bulunmaktadır. Taneciklerin küre şekliinden sapmaları, kaide olarak gözenek hacminin artması sonucunu verdiği halde, aynı büyüklükte olmayan tanecik dağılımı göstermeleri, küçük taneciklerin büyük tanecikler arasındaki boşlukları doldurmaları nedeniyle,

gözenek hacminde bir azalmaya sebep olmaktadır.

Gözeneklerdeki hava ve suyun nisbi miktarları önemli ölçüde gözeneklerin büyüklüğüne ve toprağın rutubet muhtevasına bağlıdır. Küçük gözeneklerin su tutma yetenekleri (Kapillar tansiyonları) daha yüksek olduğundan, aynı rutubet tansiyonunda, bu tip gözenekleri ih-

tiva eden ince bünyeli toprakların rutubet miktarları daha yüksek, buna bağlı olarak hava kapastieleri daha düşük olmaktadır.

Gözeneklerin iriliği, toprak parçacık ve taneciklerinin büyüklük ve diziliş karakterine bağlı olmakla beraber, bu faktörlerin ayrı ayrı etki nispetleri belirli olmadığından, gözenek iriliği yardımıyla toprağın strüktür tipi hakkında bir yargıya varılması mümkün değildir.

Tekstüre ve strüktüre bağlı olarak ortaya çıkan gözenekler yönünden, kesin bir ayırım mümkün olmasa da, toprak gözeneklerini primer ve sekonder gözenekler diye ikiye ayırmak mümkündür.

a) Primer ve Sekonder Gözenekler

Primer toprak tanecikleri arasında bulunan gözenekler, primer gözenekler olarak adlandırılırlar. Sekonder gözenekler (Bunlar, daha çok kaba ve kısmen orta gözeneklerdir.), şişme - büzülme, hayvanaslı ve bitkisel faaliyet, ve toprak işlemenin etkisi altında oluşan gözeneklerdir. Bu süreçler kısmen agregatların teşekkülünü etkilemekte olup, genellikle agregatlar içerisinde primer gözenekler, agregatlar arasında da sekonder gözenekler ağır basmaktadır. Primer gözeneklere karşılık sekonder gözenekler daha az stabildirler ve zamansal değişimlere daha çok maruzdurlar.

Sadece büzülme yoluyla teşekül eden gözenekler (Büzülme çatlakları), diğer sekonder gözeneklerden farklıdır. Şöyle ki, onların teşekkülü toplam gözenek hacminde bir artışa değil, bilakis genellikle hatta bir azalmaya neden olmaktadır.

b) Gözeneklerin Şekilleri

Bir tanecik karışımı, ideal küre şeklindeki parçacıklardan meydana geldiği takdirde, tanecikler arasında, sınır yüzeyleri konkav olan tetraedral ve oktaedral arasında, sınır yüzeyleri konkav olan tetraedral ve oktaedral gözenekler teşekkül ederler. Bu durum, tanecikleri yaklaşık küre şekline sahip olduklarından, kil ve silt bakımından fakir, kumlarda söz konusudur. Gayri muayyen şekillenmiş parçacıkların miktarı ne kadar fazla ise, istiflenme ve buna bağlı olarak gözenek şekilleri de o kadar çok değişik olmaktadır. Daha ziyade levha şeklindeki minerallerde, gözenek şekli, önemli ölçüde taneciklerin orientasyonuna bağlı bulunmaktadır.

Levhavi taneciklerin, diğer gözenekler içerisinde, paralel orientasyonu, iskambil kağıdı destesine benzer tabakalı bir istiflenme meydana getirmektedir.

Taze sediment yığınlarında, gözenekler genellikle birbirlerine bağlıdır ve böylece her yöne doğru aynı ölçüde uzanabilen bir

sistem teşkil etmektedirler. Oriente olmuş kil müstesna, böyle bir sistem başlangıçta genellikle yaklaşık olarak izotropdur. Bununla beraber, zamanla ayrışma — parçalanma ve gözenek boşluklarındaki yerleşmelerle bu izotropik durum bozulur.

Gözenek şekillerinin nitelendirilmesi, arazide toprak profili duvarlarında indirekt olarak strüktürün nitelendirilmesi yoluyla, veya laboratuvarında ince kesitler yardımıyla yapılmaktadır. Bu konuda, belli gözenek iriliği miktarıyla, gözeneklerin sürekliliklerine bağlı hidrolik iletkenlik değerleri arasındaki oran, daha ileri bir olanak sağlamaktadır.

II — 2) Gözenek İriliği Dağılımı

Toprağı meydana getiren tanecek ve parçacıkların çok değişik büyüklüklerde ve değişik oranlarda bulunmaları, aralarında bıraktıkları gözeneklerin de değişik büyüklükler göstermesine neden olmaktadır. Gözeneklerin şekil ve büyüklükleri, toprağın su - ve hava dengesini farklı şekilde etkilediklerinden, toprağın toplam gözenek hac-

mi yanında, onun değişik gözenek iriliklerine dağılımı daha da büyük bir önem taşımaktadır.

Tanecek fraksiyonlarında olduğu gibi gözenek irilikleri de bir süreklilik içersindedir. Teklif edilen bütün gözenek iriliği dağılımı sınıflandırmaları, gözeneklerin eşdeğer çaplarına dayanmakta ve çok az farklarla birbirlerine benzemektedirler. Kapillar ve kapillar olmayan, keza mikro ve makro gözenekler deyimi çok sık kullanılmaktadır.

Özellikle, toprakta suyun tutulması ve drene olabilmesi yönünden, Sekera ve deBoodt'un çalışmalarına istinaden geliştirilmiş, gözenek iriliği dağılımı sınıflaması Tablo 2'de verildiği gibidir. Bu sınıflandırmanın yaygın olarak kullanılması, bilhassa toprağın önemli rutubet karakteristiklerine uygun gelmesine dayanmaktadır. Kendiliğinden hızlı drene olabilen gözeneklerin ve tarla kapasitesinin karakterizasyonunda kullanılan; 50 ve 10 mikronluk gözenek sınır değerleri, pF 1,77 ve 2,54'e; 0,2 mikronluk sınır değeri de pF 4,2'lik daimi solma noktasına tekabül etmektedir.

Tablo : 2. Gözenek Çapı ve Rutubet Tansiyonuna Göre, Gözenek İriliği Dağılımı Sınıflaması (Scheffer ve Schachtschabel, 1973)

Gözenekler	Gözenek Çapı (Mikron)	Tansiyon	
		Su sütunu (cm)	pF
Kaba Göz. (Geniş)	>50	0 — 60	0 — 1,77
Kaba Göz. (Dar)	50 — 10	60 — 300	1,77 — 2,54
Orta Gözenekler	10 — 0,2	300 — 15000	2,54 — 4,2
Küçük Gözenekler	<0,2	> 15000	> 4,2

a) Kaba Gözenekler (>10 mikron)

Perkolasyon suyu 10 mikron dan büyük kaba gözeneklerde kolayca hareket edebildiğinden, bu gözenekler kendiliğinden drene olabilen gözenekler diye de adlandırılmaktadırlar. Serbest drenaj şartları altında su, yerçekimi kuvvetinin etkisiyle bu gözeneklerden hızla boşalmakta, çaplarının büyümesi ölçüsünde boşalım da hızlanmaktadır. Bu meyanda, derhal hava ile dolmakta ve kök solunumu ve biyolojik aktivite için büyük öneme sahip olan, toprak ile atmosfer arasındaki gaz değişimini sağlamaktadırlar. Bu gözenekler, düşük tansiyonlu olmaları nedeniyle, ancak taban suyu seviyesinin çok yakınlarında su ile dolu bulunabilirler.

Kaba gözenekler maksada uygun olarak, hızlı (50 mikrondan büyük) ve yavaş (50 - 10 mikron) drene olabilen kaba gözenekler diye kendi aralarında ikiye ayrılmaktadırlar. Her ikisi de, kumlu topraklarda genellikle primer gözenekler, diğer mineral topraklarda ancak sekonder gözenekler olarak bulunmaktadır.

b) Orta Gözenekler (10 - 0,2 mikron)

Çaplarının küçük olması nedeniyle su, orta gözeneklerden ancak çok yavaş akabilmektedir. Şöyleki su, uzun süre toprağın bu gözenek-

lerinde tutulabilmekte ve bu su bitkilere faydalı suyu meydana getirmektedir. Sahip oldukları büyük kapıllar emiş yüksekliği nedeniyle bu gözenekler, taban suyu seviyesinden uzaklarda dahi halâ su ile dolu kalabilirler. Kumlu ve siltli topraklarda genellikle primer, diğer topraklarda sekonder gözenekler olarak bulunmaktadır.

c) Küçük Gözenekler (<0,2 mikron)

Küçük gözeneklerde su, o kadar yüksek bir tansiyonla tutulmaktadır ki, uzun sürelerde dahi, yerçekimi kuvvetinin etkisi altında boşalamaz ve bitkiler tarafından da kullanılamaz.

Kök gelişimi ve mikrobiyolojik aktivite bakımından, gözenek iriliği çok büyük önem taşımaktadır. Çapı yaklaşık 10 mikrondan büyük saçak kökler ancak kaba gözeneklere girebilme imkânına sahiptirler. Çapları ortalama 3 - 6 mikron olan mantarlar ve çapları ortalama 1 mikron, ekstrem hallerde 0,2 mikron olan bakteriler ise ancak orta gözeneklere nüfuz edebilmektedirler. Buna karşılık küçük gözenekler, mikroorganizmalar için nüfuz edilemeyecek kadar küçüktür.

Gözenek iriliği dağılımı ilk plânda, Tablo 3'de görüldüğü gibi tekstürel toprak çeşitleri tarafından büyük ölçüde etkilenmektedir.

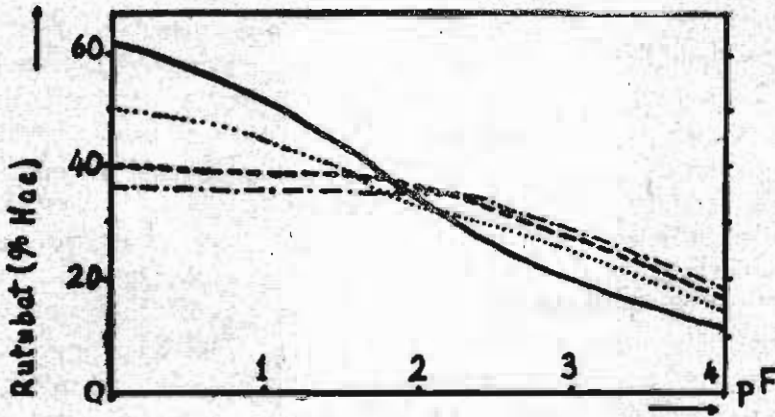
Tablo : 3. Üç Ayrı Toprağın Gözenek İriliği Dağılımı ve Toplam Gözenek Hacmi (Fideler ve Ressig, 1964)

Toprak Çeşidi	Kaba Göz. (%)	Orta Göz. (%)	Küçük Göz. (%)	Göz. Hac (%)
Kumlu Top.	30 — 40	5 — 10	5 — 15	30 — 50
Tınlı Top.	10 — 25	15 — 20	10 — 20	40 — 60
Killi Top.	5 — 15	10 — 15	30 — 40	40 — 65

Bununla beraber, hali hazırdaki strüktür durumu, özellikle tınlı ve killi tabiattaki topraklarda, gözenek iriliği dağılımı üzerinde mutlak bir rol oynamaktadır. (Şekil 2). Kumlu topraklar genellikle tekssel strüktüre sahip olduklarından, bu

yönde bir bağımlılık oldukça zayıftır.

Böylece, toprak — su — hava oranının kuvvetli ölçüde gözenek iriliği dağılımına bağlı olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2: Aynı Tekstürlü topraklarda, Tansiyon — Rutubet ilişkileri üzerine Strüktürün Etkisi (Scheffer ve Schachtschabel, 1973)

Topraklarda, gözenek iriliğinin ve dağılımının tayini, yaygın olduğu üzere, kapillar emiş yüksekliği ve kapillar çap arasındaki ilişki yardımıyla yapılmaktadır.

$$h = (2 T_v \cos a) / (r d g) \quad \text{cm.}$$

III — Toprak Dispers Sistemi

Toprağın katı fazını incelerken, tekssel tanecikleri ve toprak kümelerini birlikte dikkate almak gerekmektedir. Çünkü aynı mekanik bileşime sahip olduğu halde,

strüktür tipleri birbirinden farklı olan toprakların fiziksel özellikleri de çok farklı olabilmektedir.

Toprağı meydana getiren tane-ciklerin büyüklükleri, bu tanecikle-rin fiziksel ve kimyasal bakımdan aktif olan yüzey genişliklerini ta-yin etmektedir. Daha küçük tane-ciklerden oluşan birim hacim top-rağın yüzey genişliği, daha iri ta-neciklerden ibaret aynı hacimdeki toprağın yüzey genişliğinden daha fazladır.

Topraklar az veya çok oranda kolloidal tanecik ihtiva etmekte-dirler. Toprak kolloidlerinin fiziko-kimyasal aktivitesi, sistemin katı-sıvı fazları arasındaki ara yüzey-lerin genişliğine bağlıdır. Bir dis-pers sistemin özgül (Spesifik) yü-zeyi, 1 cm^3 veya 1 gr dispers fazın toplam yüzey alanını ifade etmek-tedir.

Belirli hacimdeki bir cisim, ne kadar küçük parçalara bölünürse, meydana gelen parçacıkların yüzey toplamı o kadar artar. Bu durum, klâsik bir örnekle ifade edilecek olursa;

Küb şeklindeki 1 cm^3 hacimli bir cismin dış yüzeyleri genişliği yani özgül yüzeyi 6 cm^2 'dir. Bu kü-bü, kenarları 1 mm olan (Yaklaşık kum büyüklüğünde) küçük küblere böldüğümüzde 1000 adet küb elde edilir. Ve toplam yüzey alanı ise, $100 \times 0,06 = 60 \text{ cm}^2$ 'yi bulur. Böyle-ce, toprakta mevcut 1 cm^3 'lük bir çakıl parçasının yaklaşık 6 cm^2 'lik bir yüzeye sahip olmasına karşı-

lık, bu yoldan hesaplamayla hacim-leri toplamı 1 cm^3 olan kolloidal kil taneciklerinin özgül yüzeylerinin 600000 cm^2 'yi bulduğu görülür.

Aynı ağırlık veya hacimde, farklı tekstürlü toprakların yüzey alanları arasında ortaya çıkan bü-yük farklar, toprakların fiziksel ve kimyasal tabiatlarının niçin çok farklı olduğunu iyi bir şekilde or-taya koymaktadır.

Killerde, tanecik büyüklüğü ile yüzey arasındaki ilişkilerin yanısı-ra, tanecik şekli ile de yüzey ara-sında yakın ilişkiler vardır. Toprak killeri, bir kitabın yapraklarına ben-zetilebilecek, bir takım levhacık-lardan ibarettir. Bu, onların önem-li bir özelliğidir. Ostwald, kolloidal sistemin özgül yüzey genişliğini tayin eden, tanecik büyüklüğünün yanısıra, tanecik şeklinin önemine bilhassa dikkati çekmiştir.

Birim hacimde, en küçük yü-zeye sahip olan şekil küre, en bü-yük yüzeye sahip olan ise disk şek-lidir. 1 cm^3 hacmindeki kürenin öz-gül yüzeyi $4,84 \text{ cm}^2$, kübün 6 cm^2 , yüksekliği $0,1$ mikron olan disk şek-linde bir parçacığın ise 20000 cm^2 dir.

III — 1) Aktif Toprak Fraksiyo-nu - Kil III — 1 — 1) Ki-lin Tarifi ve Tabiatı

Çok yüksek fiziko-kimyasal aktiviteye sahip olan kilin tarifi, 100 yıla yakın bir süreden beri tartışma konusu olmuştur. Eski araş-tırmacılar, kili daha çok kimyasal

tabiatı ve bunun toprağa etkisi yönünden tarif etmek eğilimini göstermişlerdir. Osborn (1887), kili; «Hakikî kil, feldspat ve benzeri silikatların ayrışmasından meydana gelen, önemli miktarda su emen ve topraktaki kum tanecikleri üzerinde kuvvetli bir bağlayıcı etkiye sahip olan jelatin tabiatında bir maddedir» şeklinde tarif etmiştir. Ancak bu özellikler kısmen Fe ve Al—oksitler ve organik kolloidler tarafından da gösterilmektedir.

Oden (1922) kili, kolloidal tabiatını esas alarak; «2 mikrondan küçük minerallerden ibaret dispers bir formasyon» olarak tarif etmiştir. Ancak, bu tarife 2 mikrondan küçük bütün primer ve sekonder mineraller girmektedir.

A.B.D. Tarım Bakanlığı, 1896 da 5 mikronluk çap büyüklüğünü kilin üst sınırı olarak kabul etmiştir. 1912 yılında Atterberg ise, kilin üst büyüklük sınırını 2 mikron olarak teklif etmiş ve bu teklif 1937 de Uluslararası Toprak İlmî Cemiyeti tarafından da kabul edilmiştir.

Robinson (1936), 2 mikrondan küçük materyalin esas itibariyle toprak oluşu sırasındaki ayrışmanın kolloidal ürünleri olduğunu ve bunların fiziko - kimyasal bakımdan toprağın gerçek aktif kısmını meydana getirdiğini belirtmiştir.

Birçok araştırmaların ışığı altında daha sonraları Oden'in kil tanımı; «Killler, içinde 2 mikrondan küçük sekonder minerallerin hâkim

olduğu, ayrışmanın kolloidal ürünlerinden ibaret, dispers bir sistemdir» şeklinde değiştirilmiştir.

Kolloid kimyagerleri, 0,2 mikronu, kolloidal büyüklüğün üst sınırı olarak kabul etmektedirler. Killler özel kristal yapıları dolayısıyla, 2 mikron üst sınırına kadar kolloidal özellik göstermektedirler. Kolloidal özellikler 0,2 mikron sınırının altında aniden yoğunlaştığından, bu sınırın üzerindeki büyüklüğe sahip killere «kaba kil», altındakilere ise «kolloidal kil» adı verilmektedir.

Topraklarda meydana gelen fiziko - kimyasal olayların büyük bir kısmı kil fraksiyonunun yüzey aktivitesine bağlıdır. Aktivitenin yüksek oluşu, bir yandan yüzey genişliğinin fazla olması, diğer yandan kimyasal ve mineralojik yapının özelliğinden ileri gelmektedir. Killi topraklar, ıslandıklarında şişmekte, yapışkanlık ve piâstiklik özelliği göstermekte, kurduklarında büzülüp çatlamakta ve agregatlaşmaktadırlar. Suyu ve havayı zor geçirmektedirler. Bitki köklerinin yayılmasına uygun değildirler. Buna karşılık, yüksek adsorpsiyon güçleri nedeniyle bitki besin maddelerince zengindirler. Bütün bu hususlar, kolloidal taneciklerin büyük yüzey aktiviteleriyle ilgilidir.

III — 1 - 2) Killerin Kimyasal ve Mineralojik Yapıları

Ziraat topraklarındaki kil fraksiyonlarının kimyasal analizleri

bunların SiO_2 , Al_2O_3 , H_2O 'dan ibaret olduğunu ve değişen az miktarlarda MgO , CaO , K_2O , Na_2O ve P_2O_5 den bir veya birkaçını ihtiva ettiklerini göstermektedir. Çeşitli analiz tekniklerinin killere uygulanması ile, killerin belirli kristal yapılara sahip oldukları ortaya konulmuştur.

Toprakların kil fraksiyonunun büyük bir kısmını teşkil eden, kil minerallerinin çoğunluğunda, kristal yapı iki tip strüktür ünitesinden oluşmuştur. Birinci ünite Silisyum tetraedronlarından ibaret olup, bunlarda tetraedronu teşkil eden dört oksijen ve bazan strüktürel dengiyi temin için, dört OH grubunun ortasında kalan boşlukta bir Si atomu yer almaktadır. İkinci ünite sıkı paketlenmiş bir çift oksijen veya OH levhasından ibaret olup, oktaedral şekil gösteren her 6 oksijenin veya hidroksilin ortasındaki boşlukta genellikle bir Al, iyonik yer değiştirme halinde, Mg veya Fe atomu bulunmaktadır. Bu metal katyonları 6 oksijen veya OH grubundan eşit uzaklıktadırlar.

Sözü edilen bu strüktürel ünitelerin çeşitli kombinasyonları ve iyonik yer değiştirmeler, çeşitli killerin oluşmasına sebep olmaktadır. Kil minerallerinin strüktürleri Grimm (1953) ve Marshall (1948) tarafından etraflı bir şekilde açıklanmıştır.

III — 1 - 3) Killerin Şekilleri

Önceleri kil taneciklerinin kü-

re şeklinde oldukları sanılmaktaydı. Fakat killerin elektron mikroskopu ile incelenmesi sonucu, bunların yuvarlak olmayıp levhalı bir yapı gösterdikleri anlaşılmıştır.

Dispers edilmiş bir kolloidal kil süspansiyonu içerisinde bir ışık demeti geçirildiğinde, bir kısım ışınların direkt olarak geçmesine karşılık, bir kısmının, kristal yüzeylerine çarparak geriye yansıdığı görülür. Bu olaya süspansiyonun «Tyndall Etkisi» adı verilmektedir. Bu etkiyi küre şeklindeki tanecikler gösterememektedirler. Üzerine ışık düşürülen kolloidal süspansiyonun Tyndall etkisi ile ışınması, levha şeklindeki taneciklerin bir kısmının bir an için ışığı geriye doğru yansıtabilecek pozisyon almaları ve takiben değişen bu pozisyon nedeniyle, taneciklerin ışığı yansıtma olanağını kaybetmelerine atfedilmektedir.

Kil taneciklerinin disk veya levha şeklinde oldukları, kil süspansiyonlarının ışık ışınlarında çift kırılma meydana getirmeleriyle de anlaşılmaktadır. Daha sonraları, elektron mikroskopu tekniğinin geliştirilmesiyle, kil taneciklerinin gözle görülmesi mümkün olmuş, elde edilen kil mikrograflarında taneciklerin genellikle levha şeklinde oldukları açıkça ortaya konulmuştur.

III — 1 - 4) Killerin Elektrik Yüklerinin Kaynakları

Kil kristallerinin kenar ve kö-

şelerinin kırılmasıyla açığa çıkan OH gruplarındaki H'nin disosiyasyonu sonucu ve iyonik yer değiştirmeler sonucu, killeri elektro negatif yüke sahip bulunmaktadır. OH grubuna gevşek bir şekilde bağlı bulunan H, diğer metalik iyonlarla kolayca yer değiştirebilecek kabiliyettir. Bu grupların binlercesi kil taneciğine elektro negatif yük kazandırmakta ve bunun sonucu olarak da, etrafını binlerce H veya H ile yer değiştirebilen diğer katyonlar çevirmektedir. İyonik yer değiştirmeyle, daha düşük valanslı katyonların kristal ünite içerisine yerleşmesi sonucu, çok daha önemli miktarlarda negatif yükler açığa çıkmaktadır.

III — 1.5) Kil Taneciklerinde Yüzey Olayları

Toprakta mevcut killerin, elektro negatif yük taşımalarının en büyük etkisi kendini, katyon adsorpsiyonu, katyon mübadelesi ve kolloidal süspansiyonların flokülasyonu ve dispersiyonunda göstermektedir.

Alümino - silikatlardan ibaret olan kil tanecikleri esas itibarıyla, sahip oldukları negatif elektrik yükleri nedeniyle, birer kolloidal anyon olarak düşünülebilir, yani bir sülfat veya asetat anyonuna benzetilebilirler. Bir sülfat anyonunun iki sodyum, veya bir asetat anyonunun bir sodyum katyonu ile birleşebilmesine karşılık, bir kil kolloidi değişik birçok katyonunu aynı anda adsorbe edebilmektedir.

Adsorbe edilen katyonların değerlilik ve hidrasyon dereceleri ile adsorbe eden kilin zeta potansiyeli, bu iyonların killeri tarafından çekilme enerjilerini tayin edici faktörlerdir. Kil kolloidlerinde iki değerlilikli iyonlar, bir değerliliklilerden, hidrate çapları daha küçük olanlar daha büyük olanlardan, daha kuvvetli, daha sıkı ve tercihen adsorplanmakta ve zeta potansiyelini daha çok düşürmektedirler. Ayrıca her türlü iyon için, zeta potansiyeli yüksek olan killeri, düşük olanlardan daha fazla iyon adsorplamaktadırlar. İyonlarla doymuş bir kolloid, negatif elektrik yüklü bir çekirdek ile, bunun etrafını saran pozitif elektrik yüklü iyonlar şeklinde düşünülebilir. Böylece, kolloid taneciklerinin yüzeylerinde elektiriksel bir çift tabakanın «Helmholtz Çift Tabakası»nın bulunduğu kabul edilmektedir.

Kolloidal süspansiyonlarda, kil kolloidleri sürekli olarak Brown hareketleri yapmaktadırlar. Şayet, kolloidlerin zeta potansiyelleri yeterince yüksek ise, bu hareket sırasında diğer taneciklerle çarpıştıkları takdirde, birbirlerinden uzaklaşarak dispers durumu muhafaza ederler. Zeta potansiyellerinin düşük olması halinde, çarpışan tanecikler, yeterli itici güç bulunmadığından, birleşip bir küme teşkil ederek süspansiyon ortamında floküle olurlar.

Wiegner, killerin dispersiyon derecelerinin veya süspansiyon

stabilitelerinin adsorbe edilmiş katyonların tabiatına bağlı olduğuna ilk defa işaret eden araştırmacılarından biridir. Araştırmacıya göre, süspansiyon stabilitesi, Hofmeister iyon sırasını takip etmekte, (Li > Na > K > Rb > Cs) ve stabilite Li'den Cs'a doğru azalmaktadır. Bu sıra içerisinde hidrasyon derecesi de, Li'dan Cs'a doğru azalmaktadır. Li-killerin zeta potansiyelini en az düşüren bir iyondur. Şu halde, adsorbe edilen katyonlar ne kadar yüksek hidrasyona sahip iseler, ve değerlilikleri de küçük ise, killer de süspansiyonda dispers durumlarını o kadar uzun süre muhafaza edebilirler.

Buraya kadar değinilen hususlar kısaca özetlenecek olursa;

- 1 — Toprağın katı - sıvı - gaz fazlarından meydana geldiğini,
- 2 — Katı fazın önemli bir kısmının, kolloidal büyüklükten başlayarak, çeşitli irilikteki mineral taneciklerden oluştuğunu,
- 3 — Bunların tabii yapıda kümeler halinde bulunduğunu,
- 4 — Aralarında çok değişik şekil ve büyüklükte gözenek boşlukları bıraktıklarını,
- 5 — Gözenek hacmi miktarının, toprak strüktürüne ve tek sel taneciklerin büyüklük ve istiflenme şekline bağlı olduğunu,
- 6 — Toprakta su ve hava denge-

si bakımından gözenek iriliği dağılımının büyük önem taşıdığını,

- 7 — Mineral taneciklerin iriliklerinin toprağın fiziko-kimyasal aktivitesini tayin ettiğini,
- 8 — Tanecik çapı küçüldükçe özgül yüzeyin ve aktivitenin arttığını,
- 9 — Toprakta fiziko - kimyasal aktiviteyi hemen tamamen kil fraksiyonunun taşıdığını,
- 10 — Kilin; 2 mikrondan küçük sekonder minerallerden müteşekkil dispers bir formasyon olduğunu,
- 11 — Kil minerallerinin kristal bir yapı gösterdiğini,
- 12 — Elektro - negatif yüke sahip olduklarını,
- 13 — Katyonları adsorbe edip, değiştirebildiklerini,
- 14 — Kolloidal süspansiyonlarda, yeterli zeta potansiyeline sahip olduklarında dispers halde kalabildiklerini,
- 15 — Kompleks anyonlar olarak kabul edilebileceklerini, ve
- 16 — Şekillerinin disk veya levha benzeri olduğunu, söylemek mümkündür.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

Akalan, İ., 1973. Toprak Fiziği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakül-

tesi Yayınları : 527, S : 119 - 168.

Ergene, A., 1972. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No : 12, Genişletilmiş II. baskı.

Fiedler, H.J. ve H. Reissig, 1964. Lehrbuch der Bodenkunde, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, S : 311 - 338.

Hartge, K.H., 1959. Die Auswertung von pF-Kurven, Z. für Pfl. ernährung Düng. u. Bodenkunde, 88, 3 : 221 - 227, Berlin.

_____, 1965. Die Bestimmung von Porenvolumen und Porengrößenverteilung, Z. für Kulturtechnik, 6 : 193 - 206, Berlin.

Scheffer, F. ve P. Schachtschabel, 1973. Lehrbuch der Bodenkunde, Achte unveränderte Auflage, Ferdinand Enke Verlag, S : 178 - 218, Stuttgart.

IV — ZUSAMMENFASSUNG

Boden, als ein poriges und dispergierendes System

Die Böden bestehen grundsätzlich aus Festen-, Flüssigen- und Gasphasen. Die feste Phase besteht aus mineralischer und organischer Substanz bei sehr verschiedener Grösse, die flüssige Phase aus dem Wasser, das sich im Boden sowohl im freien Zustand befindet, als auch mit den bestimmten Oberflächenkräften zum Boden-

teilchen verbunden ist, die Gasp-hase dagegen aus der Bodenluft.

Wenn eine ungestörte Bodenprobe etwas tief untersucht wird, wird es gesehen, dass sich eine grosse Teil der Bodenteilchen im krümeligen Zustand bei verschiedenen Gestalt und verschiedener Grösse befindet, dass zahlreiche Poren zwischen den Bodenteilchen stehen. Das Porenvolumen des Bodens ist vor allem von Lagerungsart des Bodenteilchens, Gefüge und Textur des Bodens abhängig.

Aus den Beziehungen von Boden-Wasser ausgesehen, hat die Porengrößenverteilung eine grosse Bedeutung. Aus Wasserbindung oder leichten Wasserbewegung im Boden ausgesehen, kann man die Bodenporen in Grobporen (> 10 Mikron), Mittelporen ($10 - 0,2$ Mikron) und Feinporen ($< 0,2$ Mikron) unterteilen.

Die Grösse der den Boden bewirkenden Teilchen bestimmt ihre Oberflächenbreite, die aus der physiko-chemischen Hinsicht sehr aktiv sind. Als spezifische Oberfläche nennt man die Gesamtoberfläche eines dispergierenden Systems bei einer Gewichts- oder Volumeneinheit. Solange sich die Korngrösse des Bodens vermindert, steigt die spezifische Oberfläche und infolgedessen die physiko-chemische Aktivität des Bodens. Diese Aktivität ist im Boden fast völlig von der Tonfraktion übernommen.

Der Ton, in dem sekundäre Mineralien kleiner als 2 Mikron beherrscht, kann als ein dispergierendes System, das aus kolloidalen Erzeugnissen der Verwitterung besteht, beschrieben werden. Die Tonminerale, die einen kristallinen Aufbau haben, sind aus zwei typischen Gefügeeinheiten aufgetreten. Sie sind Si - tetraedrische und Al - oktaedrische Schichtpakete. Verschiedene Tonminerale sind an Hand von verschiedenen Kombinationen der strukturellen Einheiten und ionischen Austausch entstanden. Ihre Formen sind plat-

ten-, diskusund stabähnlich. Sie haben elektro - negative Ladung infolge der ionischen Austausch in den Einheiten und der Dissoziation von H - Ionen bei den OH - Gruppen, die an den zerbrochenen Kanten und Eckender kristallinen Einheiten stehen.

Die grösste Einwirkung dieser negativen Ladungen zeigt sich besonders bei der Kationenadsorption und -austausch, der Wasseradsorption, der Flokulation und der Peptisation von kolloidalen Suspensionen.