

## GENETİK TOPRAK SINIFLANDIRMASININ ANA KONULARI

### II. GELİŞİM OLAYLARI

Doç. Dr. M. Doğan KANTARCI

#### Kısa Özet

Toprak İlimi'nin başlı başına bir inceleme objesi olarak ele aldığı toprak, oluşumu ve gelişimi itibariyle dinamik bir sistemdir. Bu sistemin devamlı değişim halinde oluşunu, toprağı dışarıdan etkileyen faktörlerin yanında, kendi içindeki canlıların da faaliyetleri sağlamaktadır. Bu yazı serisinin I. bölümünde ayrışma ve oluşum olayları incelenmişti. Aşağıda sunulan II. bölümde ise toprağın genetik gelişimindeki olaylar ana konular halinde özetlenmeye çalışılmıştır.

#### 1. GİRİŞ

Toprağın oluşumu sürecindeki olaylar ayrışma olayları ile oluşum olaylarıdır. Bu olayların sonucunda anakaya parçalanıp ufalanarak ve ayrılarak anamateryale dönüşmektedir. Anamateryal ise ayrışma olaylarının yanısıra gerçekleşen oluşum olayları (kilin oluşumu ile balçıklanma, demirin oksitlenmesi ile esmerleşme, humuslaşma ve biyolojik karıştırılma) sonucunda olgun toprağa dönüşmektedir (Kantarci, M. D. 1986-a). Ancak birçok canlıyı barındıran toprak, bu canlıların faaliyetleri nedeni ile, devamlı değişim içinde bulunan bio-organo-mineral bir sistemdir. Atmosferin, yeryüzü şeklinin canlıların ve insanların da etkisi ile toprağın statik bir yapıda kalması mümkün değildir. Toprak, üzerinde etkili olan faktörlerin tesiri ile dinamik ve giderek değişen bir yapı göstermektedir. Bu değişim Toprak İliminde Toprak Genetiği dalında «toprağın gelişimi süreci» olarak tanımlanmaktadır.

#### 2. TOPRAK REAKSIYONU VE TOPRAKTAKİ TAMPON ALANLAR

Toprak reaksiyonu toprak çözeltisindeki hidrojen iyonlarının yoğunluğunun (kesafetin = konsantrasyonunun) negatif logaritması ile ölçülmektedir. Toprak reaksiyonu pH (potentia hydrogenii) sembolü ile ifade edilmektedir. Nötr noktada toprak suyundaki H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları denge halindedir. Bu denge durumunda toprak-

taki H<sup>+</sup> iyonu yoğunluğu 10<sup>-7</sup> olup pH=7'dir (colog 10<sup>-7</sup>=7). H<sup>+</sup> iyonlarının artması halinde toprağın reaksiyonu asitleşmektedir. Toprak çözeltisinin pH değerlerine göre bir toprak reaksiyonu sınıflandırması yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Toprak reaksiyonu sınıflandırması.

pH DERECELERİ NÖTR							
←	3 ←	4 ←	5 ←	6 ←	7 →	8 →	9 →
AŞIRI ASİT	ÇOK ŞİDDETLİ ASİT	ŞİDDETLİ ASİT	OLDUKÇA ASİT	HAFİF ASİT	HAFİF ALKALLEN	ŞİDDETLİ ALKALLEN	ÇOK ŞİDDETLİ ALKALLEN

Toprak reaksiyonu saf suda ve 0,1 N (veya N) KCl'de ölçülen değerler olarak verilmektedir. Burada kullanılan değerler N KCl'de (veya 0,1 N) ölçülmüş olan potansiyel asitlik değerleridir.

Toprak sıvısının reaksiyonu topraktaki yıkanma ve birikme olaylarına etkili en önemli faktördür. Ancak Tablo 1'de verilen sınıflandırma topraktaki gelişen yıkanma ve birikme olaylarını tam olarak açıklayamamaktadır. Toprağın içinde gelişen bu olayların sınır değerleri daha başkadır. Bu sınır değerler topraktaki tampon alanları olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2). Toprakta kil ve humus tarafından tutulan değiştirilebilir katyonlar asit etkisine karşı (yani toprak suyundaki H<sup>+</sup>'e karşı) tamponlayıcı görev yapmaktadırlar. Bu değiştirilebilir katyonların yıkanıp gitmesi ile toprağın tamponlayıcı etkisi giderek azalmakta ve tampon alanların karakteristikleri de değişmektedir.

Saf CaCO<sub>3</sub> tozunun pH değeri 8,3 olduğu için yıkanma-birikme olaylarını açıklayan tampon alanların üst sınırı 8,2 pH'da tutulmuştur. Bu sınırdan yukarıda tuzlu topraklar söz konusudur.

#### 3. TOPRAĞIN GELİŞİMİ SÜRECİNDEKİ OLAYLAR

Olgunlaşmış bir toprağın gelişimi sürecindeki olaylar genel olarak iklim etkisi altındadırlar. Bu nedenle toprağın iklim etkisindeki gelişiminde son safhaya ulaşmış olan bir toprak tipine «klmaks tip» olarak bakılmaktadır. Ancak toprağı kullanan insanın etkileri ile topraktaki klmaks tipe ulaşma ya engellenmekte veya yön değiştirebilmektedir. Öte yandan dünyamızı saran ve sarsan ortam kirlenmesi (özellikle asit yağışlar) toprak gelişimi üzerinde de etkili olabilmekte veya yeni gelişim yönlerine sebep olabilmektedirler.

Toprağın doğal gelişim sürecindeki konuların yanısıra antropojen etkiler de kısaca aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır. Toprağın doğal gelişim sürecindeki olaylar;

- (1) Yıkanma ve podsollaşma
- (2) Kilin taşınıp-birikmesi
- (3) Taban suyu topraklarının oluşumu

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

Tablo 2. Toprakta tampon alanları ve özellikleri.  
(Kaynak: Ulrich, B. 1981; Ulrich, B. ve ark. 1984; Kantarcı, M.D. 1979; Kantarcı, M.D. 1980 a.)

Tampon alanı KCl'de pH	Tampon alanının karakteri	pH üzerinde etkili faktör	Toprak çözeltisinde hakim iyon	Humus tipi	Belirgin toprak reaksiyonları, toprak kolloidlerinde tutulabilen katyonlar ve bazı etkileri
6.2-8.2 Hafif asit Hafif alkali	Ca <sup>++</sup> Tampon alanı	Toprak havasındaki CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ve Ca <sup>++</sup> oranı ve Ca <sup>++</sup> miktarı	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ve Ca <sup>++</sup>	Mul	CaCO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> → Ca-(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> veya Ca <sup>++</sup> + 2HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (CaCO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> → CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + Ca-(HSO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ) Toprak kolloidlerinde tutulan ve toprak suyunda hakim kat- yon Ca <sup>++</sup> Kalsiyum fosfatlar birikir. Tuzlanma mümkün.
5.0-6.2 Oduka asit	Silikat tampon alanı	Silikatlarda bağli alkali ve toprak alkali katyon- lar	Değiştirilebilir kat- yonlar K <sup>+</sup> , Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> vd.	Mul ve çürüntülü mul	Primer silikatların ayrışarak katyonların serbest kalması Hidroliiz KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> + H-OH → HAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> + K <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> Hidroliiz CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 2H-OH → H <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + Ca <sup>++</sup> + 2OH <sup>-</sup> Kilin toprak içinde taşınması ve birikmesi az miktarda katyon yıklanması ve birikmesi Al <sub>e</sub> ve B <sub>s</sub> horizonlarının oluşunu
4.2-5.0 Şiddetli asit	Kolloid tampon alanı	K <sup>+</sup> , Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> iyon- ların yıklanması, silik- atlarda ve kil'de bağli Al <sup>+++</sup> 'ün serbest kalması, artan H <sup>+</sup> iyonunu Al tarafından tamponlan- ması (yer değiştirmesi)	Al <sup>+++</sup> az miktarda olup bitkiler için ze- hir etkisi yapmaz.	Çürüntülü mul	Esmer orman toprağı ve solgun-esmer orman toprağı Ca <sup>++</sup> ve Mg <sup>++</sup> 'ün yıklanması, kil ve silikat minerallerinin değişikliklerine göre Al <sup>+++</sup> 'ün serbest kalması Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>4</sub> + H-OH → Al <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> + 2SiO <sub>2</sub> Kaolinit Hidroliiz Kilin taşınım birikmesi (pH 4.5-5.0) Kilin ayrışmaya başlaması (pH 4.0-4.5) Demirin yıklanp-birikmesinde hızlanma (A <sub>1</sub> -B <sub>1</sub> ) Boz-esmer orman toprağı gelişimi. Toprak istekleri yüksek olan bitkilerin ortam uyum ve verim güçlerinin azalması
3.0-4.2 Çok şiddetli asit	Al <sup>+++</sup> Tampon alanı	Ca <sup>++</sup> ve Mg <sup>++</sup> hemen tamamen yıklanmıştır. Artan H <sup>+</sup> iyonları Al <sup>+++</sup> iyonları ile yer değişt- rerek tamponlanır.	Al <sup>+++</sup> çok miktarda olup bitkiler için ze- hir etkisi yapar.	Çürüntülü mul ve ham humus	Kil mineralleri hızla tahrip olup ayrışır (pH < 4) ayrıca Al-hidroksitler ve Al-oksihidroksitler de ayrışır. Al <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> + 6H <sup>+</sup> → 2Al <sup>+++</sup> + 6H <sub>2</sub> O AlOOH + 3H <sup>+</sup> → Al <sup>+++</sup> + 2H <sub>2</sub> O Serbest kalan Al <sup>+++</sup> toprak kolloidlerinde tutulur. Asit hu- mus ürünleri olan ve suda çözümlenen fenol birleşikleri bit- kiler için zehir etkisi yapar. Fazla miktardaki Al <sup>+++</sup> 'da zehir etkisi yapar. H <sup>+</sup> iyonlarının çokluğu bitki beslenmesini sınırlar. Toprakta söskioksitler hızla yıklanır ve podsol'lar gelişir (A <sub>1</sub> ve B <sub>1</sub> horizonları).
<3.0 Aşırı derecede asit	Fe <sup>+++</sup> Tampon alanı	Toprak suyundaki yük- sek miktarda H <sup>+</sup> iyon- ları serbest kalan Fe ve Mn iyonları tarafından tamponlanır.	Al <sup>+++</sup> , Fe <sup>+++</sup> ve Mn <sup>++</sup> ile H <sup>+</sup> iyonları çok ve olup bitki beslene- me oluşturu- mez.	Ham humus	Al ve Fe yıklanması, toprak suyunda H <sup>+</sup> , Al <sup>+++</sup> , Fe <sup>+++</sup> , Mn <sup>++</sup> miktarının çok yükselmesi sonucunda bitkilerin beslenme- mesi ve zehirlenmesi. Şiddetli podsollaşma olayı.

- (4) Durgun su topraklarının oluşumu
- (5) Lateritleşme
- (6) Kireçlenme
- (7) Tuzlanma
- (8) İnsan etkisi ile değişimler

olmak üzere 8 konu halinde incelenmiştir (Şekil 1)<sup>2</sup>.

### 3.1 YIKANMA VE PODSOLLAŞMA

Toprak gelişiminde toprak suyunun düzey yönde hareketi sonucunda üst toprak-taki ayrışma ürünleri olan katyon ve anyonların alt toprağa taşınması ve orada birikmesi olayı yıkanma olarak tanımlanır. Yıkanma olayının sonucunda üst toprakta ağarmış (boz) renkli yıkanma zonu (Ae), alt toprakta kırmızı (veya kırmızının tonları) renkli birikme (Bs) zonu gelişir. Yıkanma olayı elüviyasyon kelimesinden gelen e harfi ile belirlenir. Bu nedenle yıkanma zonu Ae (veya A<sub>e</sub>) harfleri ile işaretlenir. Birikme olayı ise söskioksitlerin (demir ve alüminyum oksitler) birikmesi ile tanımlandığı için birikme zonu Bs (veya B<sub>s</sub>) harfleri ile işaretlenir.

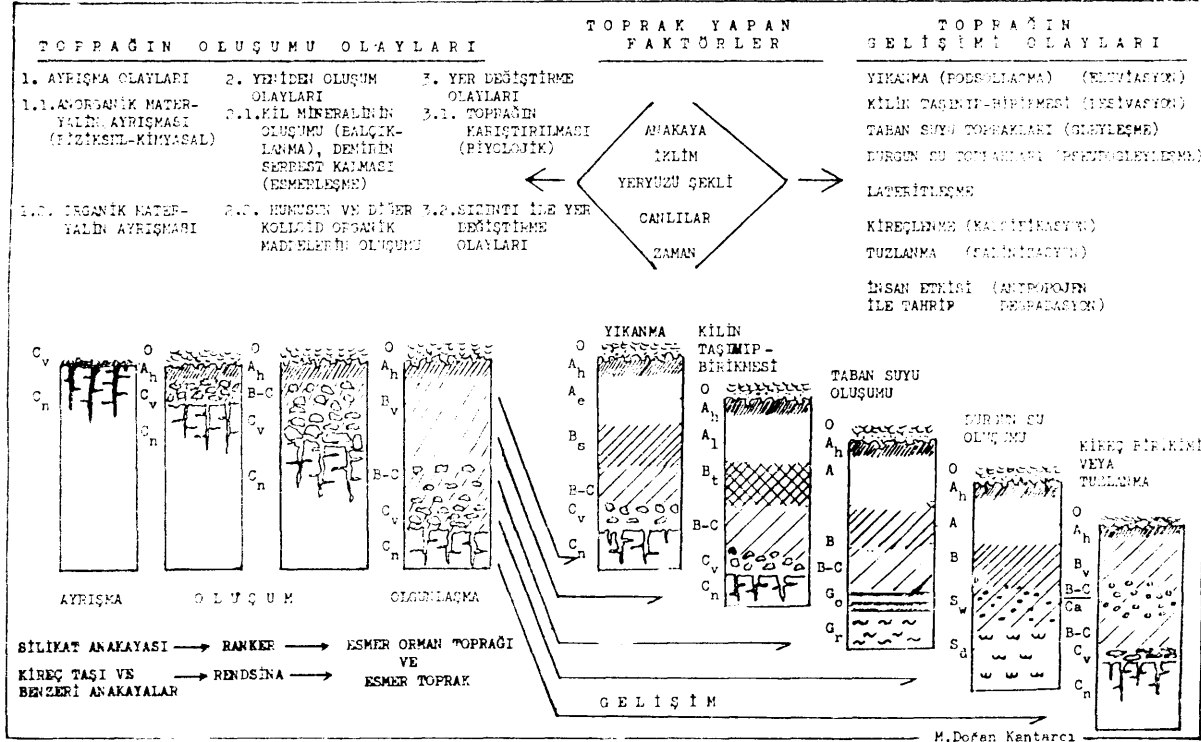
Yıkanma olayının şiddetli asit ortamda ileri safhalara ulaşması halinde yıkanma zonunun rengi odun külü gibi beyazımsı gri bir renk alır. Birikme zonu ise kırmızı renklidir. Bu derece ileri gitmiş yıkanma podsollaşma olarak tanımlanır<sup>3</sup>). Podsollaşmanın ileri safhasında birikme horizonunda biriken söskioksitler çok fazla miktarda olup toprak tanelerini çimentolayarak sert bir pas taşı tabakası oluştururlar. Pastaşı tabakası bitki köklerinin daha derinlere gelişmelerini engeller. Bu derecede gelişmiş podsollar «demir podsolu» olarak tanımlanır. Soğuk ve nemli (yağışlı) iklim etkisi altındaki süzek topraklarda ayrışamayan kolloid organik maddelerin de üst topraktan taşınıp birikme (Bs) zonunun üst kesiminde birikmesi ile esmer-siyah renkli humus birikimi (Bh horizonu) gelişir. Bu topraklar «demir-humus podsolu» olarak tanımlanır.

Topraktaki yıkanma-birikme olayları soğuk ve nemli iklim etkisinde sadece katyonların ve söskioksitlerin yıklanp-birikmesi şeklinde gelişmektedir. Bu olay Ae ve Bs horizonlarının gelişimini gerçekleştiren podsollaşma olayıdır. Bu kadar şiddetli asit şartlarda (pH < 4,5) toprağın kil mineralleri de ayrışmaya uğramaktadır. Şiddetli asit ortamda topraktaki katyonların hızla yıklanması ve kilin ayrışması sonucunda toprakta Al<sup>+++</sup> katyonları artmaktadır (Tablo 2). Al<sup>+++</sup> katyonlarının artışı bir yandan podsollaşmanın ileri safhasını temsil etmekte, öte yandan da bitkiler için zehir etkisi yapmakta ve beslenme sınırlarına ulaşmaktadır. Buna karşılık ılıman iklim etkisi altında yıkanma-birikme olayları kil bölümünün taşınıp birikmesi ile birlikte gelişmektedir (pH 4,5-6,5 arasında). Bu defa solgun-esmer orman toprakları ile boz-esmer orman topraklarının gelişimi görülmektedir (Fazla bilgi için Kantarcı, M.D. 1972-a ve b, 1979, 1980-a ve b, 1981, Irmak-Gülçür 1964).

<sup>2</sup> Bu konular birçok Toprak İlimi kitabında incelenmiş ve yazılmıştır. Ancak Türkçe'de toplu olarak A. Irmak tarafından yayınlanan Toprak İlimi kitabında (1969 ve 1972) ele alınmışlardır. O tarihten bu yana yapılmış araştırmaların ve ortaya atılmış görüşlerin, ayrıca gelişmelerin sağladığı bilgilerin yeniden ele alınmasında fayda görülmüştür.

<sup>3</sup> Podsol: Odun külü renkli toprak (Rusça'dan).

Şekil 1. Toprağın oluşumu - gelişimi olayları ve toprak yapan faktörler.



Yıkanma olayı toprakta sadece sızıntı suyunun düşey yöndeki hareketi ile gerçekleşemez. Sızıntı suyunun reaksiyonu veya birlikte taşıdığı maddelerin özellikleri yıkanmaya sebep olur. Yağış suları havadaki karbondioksitle doymun halde olduklarında reaksiyonları pH 5,65'tir. Havadaki asitleştirici  $SO_2$  ve  $NO_x$  gibi gazların etkisi ile asitleşen yağış sularının (asit yağışlar) reaksiyonları 2,4-5,6 pH arasında bulunmaktadır<sup>1</sup>. Yağış sularının toprağın ölü örtüsünden geçerken organik maddelerin asit karakterli ayrışma ürünlerini de (humus asitleri) birlikte taşımaları sızıntı suyunun reaksiyonunu asitleştirmektedir. Sızıntı suyunda çözünmüş olan  $H^+$  ve asit kökleri ( $HCO_3^-$ ,  $HSO_3^-$ ,  $HNO_3^-$ ) topraktaki katyonların çözünerek yıkanmalarını sağlar. Sızıntı suyunda birlikte taşınan küçük moleküllü (fulvik asit ve diğer kolloid organik maddeler gibi) humuslaşma ürünleri üst topraktaki ayrışma ürünleri olan katyonlarla organomineral bileşikler (çelat) yaparak onların alt toprağa taşınmasını sağlarlar.

Yağış sularının asitliğine bağlı yıkanma-birikme olayları yağışı bol iklimlerde gerçekleşmektedir. Yıkanma olayı asit humus yapan bitki örtüsü altında podsollaşmaya dönüşmekte, iklimin soğuk ve nemli oluşu ile asit humus oluşumu podsollaşmayı daha ileri safhalara götürmektedir (Tablo 2).

Topraklarda yıkanma ve podsollaşma olaylarında genellikle demir ve alüminyum oksitler yıkanıp-birikmektedirler. Buna karşılık asit ortamda silisyumdioksitin yıkanmadığı kabul edilmiştir. Bu nedenle yıkanma-birikme horizonlarının analitik olarak incelenmesinde  $Si/Fe + Al$  oranları kullanılmıştır. Yıkanma zonunda genellikle demir ve alüminyum yıkandığı için  $Si/Fe + Al$  oranı daha büyük, birikme zonunda ise daha küçük bulunmaktadır (Gülçür, F. 1958, 1964-a ve b). Ancak çok şiddetli olmayan asit ortamda bir miktar silisyumun da çözünüp yıkandığı bildirilmiştir. Bu olay toprağın reaksiyonundan çok organik maddenin etkisine bağlanmaktadır. Çözünen silis granüller tarafından alınmakta ve bunların artıklarının ayrışması ile üst toprakta biopial (amorfi  $SiO_2$ ) birikmektedir. Bu nedenle topraktaki yıkanma ve podsollaşma olaylarının demir fraksiyonları ile analitik olarak incelenmesi daha uygun bulunmuştur (Fazla bilgi için bak. Kantarcı, M.D. 1979).

### 3.2 KILIN TAŞINIP-BİRİKMESİ (Lesivasyon)

Ilman iklim tiplerinin etkisi altında ve toprak reaksiyonunun pH 4,5-6,5 arasında bulunduğu ortamda kil bölümü dispersiyona uğramaktadır. Kil bölümünün dispersiyona uğraması için ön şart topraktan kalsiyumun yıkanmasıdır. Kalsiyum ve magnezyum ile iki ve üç değerlikli katyonlar kil bölümünün pıhtılaşmasına (peptizasyona) sebep olmaktadır. Bu katyonların yıkanması ile kil bölümü serbest kalmakta (dispersiyon) ve sızıntı suyu ile topraktaki çatlak-tünel sistemi boyunca aşağı doğru taşınmaktadır.

Kil bölümünün üst topraktan taşınıp alt toprakta birikmesi olayı genellikle «lésivasyon» olarak tanımlanmaktadır. Lésivasyon kelimesi yerine türkçe karşılığı olan «kilin taşınması ve birikmesi» veya «kilin taşınıp - birikmesi» deyimini kullanılır<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Sanayi bölgelerindeki asit yağışların reaksiyonu pH 4 civarında veya daha düşüktür. Karadeniz üzerinden gelen ve sis şeklinde İstanbul Boğaziçi ağzında biriken kirli hava kütlelerinin sebep olduğu yağışların reaksiyonu pH 4,2'ye kadar düşmektedir (Kantarcı, M.D. 1986).

<sup>2</sup> Lésivasyon, Fransız toprakçılara göre kilin üst topraktan taşınıp alt toprakta birikmesi olarak anlaşıldığı halde, Sovyet toprakçılara göre alkali katyonlarının yıkanıp - birikmesi anlaşılmaktadır. Alman toprakçıları bu terim yerine kilin taşınması anlamında «Tondurchschlämmung» deyimini kullanmaktadırlar (Kantarcı, M.D. 1980).

Kilin taşındığı yıkanma zonu  $A_1$  ( $l=léssivation$ ), biriktiği zon ise Bt ( $t=ton=kil$ ) harfleri ile gösterilir.  $A_1$  yerine  $A_3$ , Bt yerine de  $B_2$  harfleri ile de işaretleme yapılmaktadır. Kilin taşınması ve birikmesi ile yıkanma ve birikme olayları genellikle birlikte gerçekleştiği için yıkanma zonu Ael veya Ale, birikme zonu Bst veya Bts harfleri ile gösterilmelidir. Bu işaretlemelerde hangi gelişim olayı daha kuvvetli ise onun işareti olan harf önce yazılmaktadır.

Kil bölümünün taşınması ile yıkanma zonu kil bakımından fakirleşir, birikme zonu ise zenginleşir. Yıkanma zonundan bir miktar demir yıkanması da olduğundan renk solgun kahverengine, birikme zonu ise kırmızımsı kahverengine dönüşmektedir. Böylece esmer orman toprağı tipi «solgun yıkanma zonlu» bir toprağı dönüşmektedir. Bu yeni genetik tip «Solgun-Esmer Orman Toprağı» olarak tanımlanır. Daha kumlu materyallerden oluşmuş topraklarda veya daha ileri safhadaki yıkanma-taşınma-birikme olaylarında yıkanma zonunun rengi ağarmakta ve birikme zonu ise daha kırmızı veya kahvemsı kırmızı renk almaktadır. Bu ileri gelişim safhasındaki toprak «Boz-esmer orman toprağı» olarak tanımlanır. Bütün bu toprak tipleri esmer orman toprağından geliştikleri için yıkanma zonunun karakteri belirtilerek ve esmer orman toprağı adı da eklenerek gelişmenin aslı ve yönü belirtilmektedir (Fazla bilgi için bak. Kantarcı, M. D. 1972-a ve b).

Solgun-esmer orman toprağına oluşumu genellikle yıkanma zonunun reaksiyonunun 5,5-6,5 pH arasında olduğunda gerçekleşmektedir. Boz yıkanma zonları ise genellikle reaksiyonun 4,5-5,5 pH arasında olduğu ortamlarda gelişmektedir. Yıkanma zonunun reaksiyonunun 4,5 pH'dan aşağı düşmesi halinde kil minerali tahrib olmakta ve podsollaşma başlamaktadır (Tablo 2 ve fazla bilgi için bak. Kantarcı, M.D. 1979, 1980, 1981).

Kilin taşınma ve birikmesi olayı ılıman iklim etkisi altında fakat genellikle mul tipi ile çürüntülü mul tipi humus veren ağaç türlerinin kurduğu ormanlarda görülmektedir. Bu ormanlar kayın, meşe, gürgen ve kestane gibi türlerden kurulmuş yapraklı ormanlar ile göknar gibi ibrelili ormanlar olabilmektedir. İklimin serinleşmesi kayın ve meşe ölü örtülerinde asit ayrışma ürünlerinin artmasına sebep olmaktadır. Serin iklimli yörelerde kayın ve meşeye orman gülünün veya benzeri asit humus yapan türlerin karışması asitliği arttırmakta ve gelişimi podsollaşmaya götürmektedir (Tablo 2). İbrelilerinde yüksek miktarda kalsiyum toplayan göknarların ölü örtülerinin ayrışmaları sonucunda üst toprağı reaksiyonu iklimin serin ve yağışlı olduğu yükselti-iklim kuşaklarında dahi çok aşırı asitleşmemektedir. Göknar ormanlarında yapılan araştırmalar yükselti ile artan yağışın belirli bir yıkanma-birikme olayına ve belirli bir kil taşınması ile birikimine sebep olduğunu göstermektedir. Fakat ölü örtünün kalsiyumca zengin oluşu üst toprak reaksiyonunun aşırı düşmesini engellediği için podsol yerine boz-esmer orman toprakları gelişmiştir (Fazla bilgi için bak. Kantarcı, M.D. 1980-a).

Toprakta kilin taşınma-birikme olayının Almanya'da kireçli silikat anakayalarından veya anamateryallerinden (özellikle lös) oluşmuş topraklarda geliştiği saptanmıştır (Münchenhausen, F. 1977 ve Scheffer-Schachtschabel 1970). Türkiye'de ise (daha güney enlemler) silikat anakayalarından veya anamateryallerinden (kireçsiz plio-sen tortulları) oluşan topraklarda da belirgin kil taşınma-birikme olayları saptanmıştır (Tunçkale, İ. H. 1964 ve Kantarcı, M. D. 1972-a, 1980-a, 1980-b).

<sup>6</sup> Burada anılan pH değerleri 0,1 n veya n KCl çözeltisinde ölçülen değerlerdir.

Kilin taşınma ve birikme olayları sonucunda birikme zonunda tıkanmalar ortaya çıkmaktadır. Birikme zonundaki çatlak sistemine toplanan kil bölümü toprağın topak ve pirizmalarının yüzeylerinde kahverengi kil kaymakları halinde görülmektedir. Bu tip birikme horizonlarından yapılan ince kesitlerde kil birikimleri sarı renkleri ile belirlenebilmektedir. Kil bölümünün birikme horizonlarında yarattıkları tıkanmalar toprak suyunun buradan sızamayarak durgunlaşmasına ve pseudogleyleşmeye sebep olabilmektedir.

Kilin üst topraktan alt toprağı taşınması olayı sadece yukarıda bahsedilen şekilde olmayabilir. Özellikle kurak yörelerde yazın yüzeyden itibaren derinlere kadar çatlaklı kil (veya killi) topraklarında da mekanik bir kil taşınma ve birikmesi söz konusudur. Yaz aylarında veya sonbaharın başında gelen sağanak yağışların sonucunda çatlak sisteminden alt toprağı hızla sızan su üst topraktan bir miktar killi alt toprağı taşımaktadır. Ancak bu olayda bir yıkanma zonu gelişmemektedir. Genellikle killi ve kireçli olan bu kurak mütaka topraklarında kilin yukarıdan aşağı bir kısım organik artıklarla (yaprak, saman, vb. gibi) birlikte taşınması olayı Vertisol'larda (dönen topraklar) görülmektedir. Bu topraklar bozkır bölgelerimizde Karakepir olarak tanınırlar (Eski sınıflamalardaki Grumusol) (Bak. Kantarcı, M. D. 1980).

Tarım yapılan topraklarda pulluk ile sürülen ve çapa ile işlenen üst toprak (Ap) devamlı kabartıldığı için sızıntı suları bir miktar kil bölümünü alt toprağı taşımaktadır. İşleme zonunun altında biriken kil bölümü burada killi ve tıkanmış bir Bt (veya Bts) zonunun gelişimine sebep olmaktadır. Bu birikme zonu «pulluk tabanı» olarak tanımlanmaktadır. Tarım alanlarındaki kilin üst topraktan taşınması olayı kalsiyumun yıkanması ve kil bölümünün dispersleşmesi sonucunda fizikokimyasal bir Solgun-esmer toprak gelişimi şeklinde olabilmektedir. Genellikle kireçli kil toprakları olan tarla topraklarında ise kilin taşınması karakepirlerdeki fiziksel taşınma olayı şeklinde görülmektedir. Tuzlu topraklarda da sodyum katyonunun fazlalığı kil bölümünün dispersleşmesini sağlamaktadır. Killerin sodyum ile doyunlaşması sonucunda kil yaprakçıkları bir daha biraraya gelemeyecek derecede birbirinden ayrılabilirler. Bu durumda üst toprakta kil bakımından fakirleşme, alt toprakta ise zenginleşme olmaktadır. Ancak bu tip toprak gelişmesi tuzlu toprakların gelişiminde (salinizasyon) incelenmektedir.

### 3.3 TABANSUYU TOPRAKLARININ GELİŞİMİ (GLEYLEŞME)

Toprağın sızıntı suyunun geçirimsiz bir tabaka üstünde birikmesi ve eğime bağlı olarak toprak içinde hareket etmeğe başlaması tabansuyu oluşumu olarak nitelenmektedir. Tabansuyu toprak gözeneklerini doldurduğu için bu gözeneklerde toprak havası kalmamaktadır. Havanın ( $O_2$ ) azlığı tabansuyu zonunda bir takım indirgenme olaylarına sebep olmakta ve 3 değerli demir bileşikleri de bu arada 2 değerli demir bileşiklerine indirgenmektedir. İki değerli demir bileşikleri boz-yeşil-mavimsi renklerde olup suda çözünebilmektedirler<sup>7</sup>. Bu nedenle tabansuyunun devamlı bulunduğu zonda renk boz-yeşil-mavimsi tonlardadır. Bu indirgenme zonu Gr ( $G=gleyleşme$ ,  $r=redüktenme$ ) harfleri ile gösterilir. Tabansuyu yüzeyi toprağın havası ile temas ettiği için bu kesimde sudaki iki değerli demir bileşikleri oksitlenerek turuncu renkli lepi-

<sup>7</sup> Bunlar: kirli beyaz renkli siderit ( $FeCO_3$ ), hava ile karışınca mavi renk olan Vivianit [ $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ] yeşilimsi renkli 2 değerli demir hidroksit ve siyah renkli demir sülfid ( $FeS$  veya  $FeS_2$ )'dirler.

dokrokit'e dönüşmektedirler. Bu zon tabansuyu oksitlenme zonu olarak Go (o=ok-sitlenme) harfleri ile gösterilmektedir. Tabansuyunun oksitlenme zonu yatay ve tu-runcu-kırmızı çizgilerle toprak içinde belli olmaktadır.

Tabansuyu eğim yönünde devamlı bir akış halinde olduğu için az miktarda da olsa oksijen içermektedir. Özellikle kumlu ve çakıllı anamateryallerdeki tabansuları oksijen bakımından daha zengindirler. Bu materyaller ve bunlardan oluşan topraklar-da kavak yetiştirilebilmektedir. Balçıklı ve killi materyallerde tabansuyunun hare-keti daha yavaş olduğu için oksijen bakımından fakirlik sözkonusudur. Bu türden tabansularının bulunduğu topraklar daha çok kızılgaç ve bilhassa söğüt yetiştirme-ğe uygundur.

Tabansuyunun kalsiyumbikarbonatça zengin olması halinde oksidasyon zonunda ve kapillar saçakta kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) çökelekleri veya çimentolanması olayları gelişmek-tedir. Bozkırlarda bu olay toprakların kireçlenmesi (kalsifikasyon) yönünde gelişme-lere sebep olmaktadır. Kumlu mayeryalde ve kumullarda ise kireçle çimentolanmış kireçli kumtaşı tabakaları oluşmaktadır. Bu oluşumlar İstanbul'da Durusu kumulun-da ve güney kumullarımızda görülmektedirler. Kökler bu sert kireç çimentolu kum taşı tabakalarından aşağı geçip tabansuyuna ulaşamadıkları için kumul ağaçlandır-malarında derin bir toprak işleme ile tabakaların kırılması gerekmektedir (Kantar-cı, M. D. — S. Kopal, 1983).

### 3.4 DURGUNSU TOPRAKLARININ GELİŞİMİ (PSEUDOGLEYLEŞME)

Toprağın sızıntı suyunun geçirimsiz bir tabaka veya horizonun içinde ve üstün-de birikmesi ve durgunlaşması ile durgunsu oluşumu ortaya çıkmaktadır. Durgunsu tabansuyu gibi eğim yönünde akış durumunda olmadığı veya çok yavaş hareket ede-bildiği için tabansuyundan çok farklı bir toprak gelişimine sebep olmaktadır. Durgun-suyun bitkiler için etkisi de tabansuyundan farklıdır.

Durgunsuyun biriktiği zonda veya tabakada toprak gözenekleri su ile dolduğu için biyolojik ve kimyasal oluşumlar sonucunda (köklerin solunumu ve ayrışma olay-ları) sudaki oksijen kısa sürede tükenmektedir. Oksijenin tükenmesi indirgenme olay-larına sebep olmaktadır. Üç değerli demir ve manganez bileşikleri iki değerli bile-şiklere indirgenmektedirler. Bu arada sızıntı suyu ile durgunsu zonuna ulaşmış olan kolloid organik bileşiklerdeki ve durgunsu zonunda ölen köklerin artıklarındaki ami-noasitlerin indirgenerek ayrışmaları sonucunda amonyak ( $\text{NH}_3$ ) ve hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ve muhtemelen metan ( $\text{CH}_4$ ) bileşikleri de ortaya çıkmaktadır. Bütün bu in-dirgenme olayları durgunsuyun toprakta hakim olduğu yağışlı mevsimlerde ve ilk-bahar ile ilk yazda gelişmektedirler. Yaz kuraklığı sırasında bir miktar kapillarite ile yükselen ve buharlaşan durgunsu yerine hava girmektedir. Havanın girmesi ile suda çözünmüş olan iki değerli demir bileşikleri yükseltgenerek lepidokrokit'e dönüş-mektedirler. Bu olay havanın girdiği toprak çatlak sistemi boyunca ve toprak topak-larının ve pirizmaların yüzeylerinde gelişmektedir. Toprak topaklarının ve pirizma-larının iç kesimleri ise hava ile temas edemediklerinden boz-yeşil renkte kalmakta-dırlar. Toprak kesiti açıldığında durgunsu zonunun kırmızı-turuncu ve boz-yeşil renk-lerle bezenmiş bir mermer deseninde görünmesi yukarıda açıklanan indirgenme-oksit-lenme olaylarının sonucudur. Durgunsu zonu ilkbaharda açılan toprak çukurlarında yumurta çürüğü kokusu vermektedir ( $\text{H}_2\text{S}$ 'ten dolayı). Durgunsu zonunda oksijen yetersizliği yanında,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  ve muhtemelen  $\text{CH}_4$  bitki kökleri için zehir etkisi yap-

maktadırlar. Bu nedenle bitki köklerinin gelişimi de engellenmektedir. Durgunsu toprağın fizyolojik derinliğini de azaltmaktadır.

Durgunsuyun yaz döneminde kapillar saçak boyunca üst toprağa yükseldiği ke-simde buharlaşması ile taşıdığı iki değerli demir ve manganez bileşikleri çökelmek-tedirler. Bunların kapillar saçak boyunca hava ile teması ve oksitlenmeleri sonucun-da koyukahverengi-siyah demir-manganez çökelekleri (konkresyonlar) oluşmaktadır.

Durgunsuyun birikme zonu Sd, kapillar saçak boyunca yükselip buharlaştığı çö-kelekli zon ise Sw harfleri ile gösterilmektedir.

Durgunsu oluşumu primer ve sekonder olmak üzere iki çeşittir. Pirimer durgun-su oluşumunda pirimer pseudogleyler gelişmektedir. Bu gelişim iki tabakalı toprak-larda görülmektedir. Özellikle iki tabakalı pliosen akarsu tortulları ile alüvyonlarda altta geçirimsiz bir tabakanın bulunuşu durgunsu oluşumuna sebep olmaktadır. Piri-mer pseudogleyler Ah/Ael-Sw/Bts-Sd/II-Sd horizonlaşma sırası göstermektedirler<sup>8</sup>. Sekonder pseudogleyler ise kilin taşınıp birikmesi ile alt toprakta gelişen Bt (veya Bts, Bst) horizonlarının tıkanması ve suyun bu kesimde durgunlaşması ile ortaya çıkmaktadırlar. Sekonder pseudogleyler  $A_h/A_{c1}/A-B-Sw/B_{c1}-Sd/B-C-Sd$  horizon sıra-lanması göstermektedirler. Sekonder pseudogleyler solgun-esmer orman toprakları ile boz-esmer orman topraklarının pseudogleyleridir<sup>8</sup>.

Bazı kumlu balçık materyallerinden oluşan topraklarda da durgunsu oluşumları görülmektedir. Bu durgunsu oluşumları altta ve derinde bulunan bir geçirimsiz taba-ka üzerinde biriken ve toprak içinde hızla hareket edemeyip durgunlaşan suyun etkisi ile gelişmektedirler. Kökler boyunca gelişen ağarmış şeritler nedeni ile bu tip geli-şimler alacalı pseudogleyleşme olarak tanımlanır. Köklerin solunumları sırasında çev-relerindeki oksijeni kullanmaları ve salgıladıkları asitler (tannik asit gibi) ve kök-lerin çevresindeki mikroorganizmaların salgıladıkları asitler ile ayrışma ürünleri (sit-rik asit, laktik asit, aminoasitler gibi) kök çevresinde indirgenme olaylarına sebep olmaktadır<sup>8</sup>.

Durgunsu gelişimi sonucunda gelişen pirimer, sekonder ve alacalı pseudogleyler Belgrad Ormanı'nda ve Kuzey Trakya ile Kuzeybatı Anadolu'da yağışlı, yazları ku-rak iklim etkisi altındaki topraklarda yaygın olarak bulunmaktadırlar. Özellikle pliosen tortulları ile killi alüvyonlarda ve mikaşistlerden oluşan topraklarda daha fazla rastlanmaktadırlar. Pseudogleylere pliosen tortullarından oluşan yamaç arazideki topraklarda da rastlanmaktadır. Yamaç arazideki durgunsu oluşumu toprağın alt kısmındaki tabakaların eğimi ile ilgilidir. Bu nedenle yamaç arazide sadece arazi-nin yüzeyinin eğimine bakarak pseudogleyleşme olaylarının açıklanması mümkün değildir (Fazla bilgi için bkz. Kantarcı, M. D. 1972-a ve b ile 1980-b).

Diğer bir durgunsu oluşumu stagnogleşme'ye sebep olmaktadır. Stagnogley-leşme çanak yapılı veya tekne yapılı arazide topraktaki durgunsuyun yılın çok uzun devresinde (nemli yıllarda bütün yıl) durgunlaşıp kalması sonucunda gelişmektedir. Burada su durgun bir tabansuyu özelliği kazanmaktadır. Stagnogley'in alt toprak-taki durgunsu zonu kirli beyaz renkli bir indirgenme zonu (g) görünümündedir. Üst toprak ise asit organik madde ile bulaşmış, durgunsu ayrışma ürünleri ile mavimsi -

<sup>8</sup> Fazla bilgi için bak. İrmak, A. 1940; Kantarcı, M.D. 1972 - 1980b; Blume, H.P. 1968; Scheffer - Schachtschabel 1970, Mückenhausen, E. 1977.

grimsi ve pas lekeli bir renk almıştır. Bu görünümü ise stagnogley pseudogley ile gley arasında geçit bir genetik toprak oluşumu göstermektedir.

### 3.5 LATERİTLEŞME VE KIRMIZI AKDENİZ TOPRAKLARININ GELİŞİMİ

Lateritleşme tropik ve subtropik iklimlerin hakim olduğu kuşakta görülen genetik bir toprak gelişimidir. Sıcak ve nemli iklim etkisi altında ve alkale ortamda demir hızla oksitlenerek  $Fe(OH)_3$ 'e ve daha sonra su kaybederek (kurak devrede yazın) hematit'e ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dönüşür. Bu şartlarda oluşan götit ( $\alpha-FeOOH$ ) te su kaybederek hematit'e dönüşür. Hematit götit'e dönüşemediği için lateritlerde hematit ve götit birarada bulunurlar. Alüminyum ise oksitlenerek böhmite ( $\gamma-AlOOH$ ) ve diaspor'a ( $\alpha-AlOOH$ ) dönüşür. Bu durumda demir ve alüminyum oksitler toprakta kalırlar. Ortamın alkale oluşundan dolayı (pH 8 civarında) silisyum yıkanır. Bahsedilen ayrışma ve yeniden oluşum ile yıkanma olayları sonucunda toprak silisyum bakımından fakirleşir (veya silisyum tamamen yıkanır) ve demir ile alüminyum oksitler ile kil minerallerinden kalolinit ve gibsit zenginleşir. Lateritlerde demir ve alüminyumun yanında Ti, Mn, Cr, Ni ve Co da daha fazladır. Bu olaylar lateritleşmenin tipik sonucu olup podsollaşmanın tam tersine bir gelişimdir.

Tipik lateritler (latosollar) tropik iklim etkisi altında gelişirler. Lateritler genellikle pek organik madde içermezler. Lateritler parlak kırmızı veya sarı renkli, plastik olmayan, sert ve köşeli topraklı bir B horizonuna sahiptirler. Lateritlerin B—horizonu tipik bir balçıklanma zonu (Bv) değildir. Bu nedenle lateritlerdeki B—horizonu B<sub>u</sub> harfleri ile gösterilir<sup>9</sup>. Lateritlerden fosil olanlar bugünkü iklim ve bitki örtüsü altında ölü örtüye ve Ah horizonuna sahiptirler. Bu fosil lateritlerden günümüzdeki iklim özelliklerinin etkisi altında farklı toprak tipleri gelişebilmektedir.

Subtropik bölgelerde (Akdeniz iklimi etkisi altında) gelişen Terra rosa ve Terra fuska toprakları da lateritleşmeye uğramış sayılırlar. Türkiye'de Akdeniz Bölgesi'ndeki Terra rosa topraklarında  $SiO_2/Al_2O_3$  oranları lateritleşmenin tipik örneğidirler (Gülçur, F. 1964-a ve b). Rize mintikasında alt kuşaktaki (300-600 m) kırmızı renkli toprakların da fosil laterit topraklar olduğu anlaşılmıştır (Gülçur, F. 1958 ve Erinoç, S. 1965).

### 3.6 KİREÇLENME (KALSİFİKASYON)

Kireçlenme yağışı az bölgelerde topraktaki kalsiyumun yıkanıp ortamdan uzaklaşamayışı ve alt toprakta birikmesi olayı ve bunun sonuçlarını kapsamaktadır. Yarı nemli ve yarı kurak ılıman iklim etkisi altındaki bölgelerdeki topraklarda kireçlenme olayları görülmektedir.

Kireçlenme olaylarında üç ayrı gelişimi birbirinden ayırmak gerekir.

(1) Bunlardan birincisi; üst toprakta ayrışan veya çözünen kalsiyum bileşiklerinin alt toprakta kalsiyum karbonat halinde birikimidir. Özellikle kış yağışlarının yüksek olduğu ılıman ve sıcak bölgelerimizde (Akdeniz Bölgesi'nde) kumullarda ve alüvyonlarda bu kireç taşı birikimi zonuna rastlanmaktadır. Burada olay yukarıdan aşağı bir yıkanma-birikme olayıdır.

<sup>9</sup> u : Rubefizierung hematit ile karışık olarak demiroksitlerin minerallerin yüzeyinde ayrı bir tabaka (kaymak) halinde bulunur.

(2) İkinci tip kireçlenme olayı bozkırlarda kurak iklim etkisi altındaki topraklarda görülen kireç çökelekleri (çiçeklenme) oluşumudur. Bozkırlarda da topraklaşma ile birlikte zaman içinde alt toprakta bir kireç birikmesi olmaktadır. Ancak özellikle killi ve kireçli materyaller yağışı az bölgelerde kolayca yıkanmayıp bunlardan kara renkli topraklar oluşmaktadır (Karakepir=vertisol ile kara topraklar). Karakepirlerin alt kesiminde yer alan killi ve kireçli (marn) anamateryaline ulaşan su buradaki kalsiyum karbonatın ( $CaCO_3$ ) bir kısmının kalsiyumbikarbonat [ $Ca(HCO_3)_2$ ] halinde çözünmesini sağlamaktadır. Kurak yaz aylarında kapillarite ile yukarı doğru sıvı halde hareket eden toprak suyu çatlak sistemine ulaştığında buharlaşmaktadır. Buharlaşmaya kurak yaz devresinde üst toprağın çatlaması sebep olmaktadır. Toprak suyunun buharlaştığı yere kadar taşıdığı kalsiyum bikarbonat ise burada çökelmektedir. Bu tür kireçlenme olayı sonucunda toprağın içinde kireç çiçeklenmeleri görünümünü kazanmış bir birikme zonu gelişmektedir. Löss topraklarında kireç çökelekleri daha da büyümekte ve löss bebekleri olarak tanımlanmaktadır. Bu olay topraktaki yıkanmanın ve birikmenin aşağıdan yukarı doğru da gelişebildiğini göstermektedir.

(3) Kireçlenme olaylarından bir diğeri ise daha nemli bölgelerde kireçli anamateryallerden oluşmuş çayır ve otlaklarda gelişebilmektedir. Yağışın toprağı yıka-yabilecek kadar çok olmadığı, fakat yaz kuraklığının da üst toprakta geniş ve kapsamlı bir çatlak sisteminin gelişimini sağlayamadığı bölgelerde kalsiyumca zenginleşmiş alt toprak suyu vejetasyon devresinde kapillarite ile kök zonuna yükselmektedir. Kalsiyumca zengin su ile beslenen çayır ve ot vejetasyonunun artıklarının ayrışması sonucunda üst toprak kireçlenmektedir.

### 3.7 TUZLANMA (SALİNİZASYON)

Toprağın tuzlanması, toprakta sodyum, kalsiyum ve magnezyum tuzlarının (klorürler, sülfatlar ve karbonatlar) birikimidir.

Tuzlanma olayları doğal ve insan etkisi ile (antropojen) olarak ikiye ayrılıp incelenmektedir. Doğal tuzlanma olayları nemli ve kurak iklim etkisi altındaki bölgelerde farklı gelişimler göstermektedir.

Nemli iklim bölgelerinde ırmakların denize açılan kesimlerinde tuzlu tabansuyunun (deniz etkisi) etkisi ile toprakta (veya kumullarda) tuzlanma veya tuzlu bataklıkların oluşumu sözkonusudur. Karadan denize doğru akışın az olduğu ırmak ve dere ağzlarında görülür. Tipik örneği İzmit Körfezi'nin gerisindeki tuzlu bataklıklardır.

Kurak iklim bölgelerinde ise tuzlu materyallerden oluşan topraklar veya tuzlu suların etkisinde kalmış topraklarda tuzlanma görülmektedir. İç Anadolu'da Karapınar Ovası'ndaki tuzlanma ve Hotamış Gölü çevresindeki tuzlu bataklıklar, Tuz Gölü çevresindeki tuzlu topraklar kurak iklimin ve tuzlu suların etkisi ile oluşmuşlardır.

Doğal olarak tuzlu toprakların gelişiminde iki mekanizmayı ayrı olarak incelemek gerekir. Bunlardan birincisi kurak mintikalarda alt topraktaki tuz birikim zonundaki tuzlu tabansuyunun üst toprağa doğru hareketi ile buharlaşma zonunda tuz çökeleklerinin oluşumudur. Tabansuyun toprak yüzeyine yakın olduğu ve üst toprakta çatlak sisteminin gelişemediği veya çatlak sisteminin ilkbahar ile yaz ba-

şında gelişemeyip daha sonra (yaz ortasında) geliştiği topraklarda ise tuzlu su toprak yüzeyine kadar ulaşabilmekte ve oradan buharlaşmaktadır. Bu durumda toprağın içinde ve yüzeyinde tuz birikimi görülmektedir. Tuzlu toprakların gelişiminde ikinci mekanizma tuzlu yüzey sularının etkisi ile olan tuzlanmadır. Tuzlu yüzey sularının toprağı ancak ıslatabildiği ve buradan buharlaştığı yerlerde üst toprakta veya toprağın buharlaşma zonunda bir tuz çökmesi görülmektedir.

Tuzlanma olayları sonucunda oluşan tuzlu topraklar, tuzların cinsine göre farklı özellikler kazanmakta ve farklı gelişimler göstermektedirler.

Bunlardan tuzlu alkali topraklar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  ve  $\text{MgSO}_4$ 'la tuzlanmış olup reaksiyonları alkalendir. Ancak yüksek miktarda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'un varlığında pH 8,5 değerinin üstüne çıkar. Tuzlu alkali topraklarda yarı köşeli topraklı ve sütunlu bir strüktür gelişmiştir. Bunlar solonçak olarak tanınırlar.

Tuzlu topraklar ise sodyumlu topraklar (solonetz) olarak tanınırlar. Tuzlu topraklarda üst toprağın sodyum miktarı azdır. Alt toprakta önemli bir sodyum tuzları birikimi vardır (% 15'ten fazla). Sodyum karbonatın fazlalığından dolayı suda ölçülen pH değerleri 11'e kadar yükselir. Toprağın kil bölümü sodyum doygunluğundan dolayı şiddetle disperzleşip üst topraktan alt toprağa taşınmış olabilir. Veya kil yaprakçıkları sodyumla aşırı doygunluktan dolayı dağılıbilir. Her iki olayın sonucunda da toprak nemli devrede strüktürünü kaybetmekte ve masif bir yapı kazanmaktadır. Kurak devrede ise toprak geniş ve derin bir çatlak sistemi ile yarılmakta ve pek sert masif bloklara ayrılmaktadır.

Sodyumlu toprakların (solonetz) yıkanması ile gelişen bir diğer tuzlu toprak tipi ise solod'lardır. Solod'lar bozkırların tuzlu boz topraklarıdır. Solodlar yıkanma olayından dolayı degrade olmuş solonetzler olarak da tanımlanırlar. Bunlarda yıkanma olayını sağlayan etkenlerden biri de tabansuyunun olmayışı veya derinlerde bulunuşudur. Solodlaşma olayı sonucunda üst topraktan alt toprağa bir miktar kil taşınıp birikmektedir. Kilin bu ortamda taşınıp-birikmesi yanında üst toprakta Ah horizonunun altında boz renkli yıkanma horizonu gelişmektedir. Alttaki birikme zonu ise zenginleşmekte ve aynı zamanda % 7'ye kadar sodyum doygunluğu göstermektedir. Kilin taşınıp-birikmesi bir lesivasyon olayını işaret etmektedir. Ancak bu gelişim olayının sonucunda solgun esmer toprak gelişimi sözkonusu olduğu halde bozkırlardaki tuzlu topraklarda solodlaşma sözkonusu olmaktadır.

İnsan etkisi ile (antropojen) tuzlanma olayları; toprakların yanlış ve yetersiz sulanmasından, sulamada tuzlu suların kullanılmasından, gübrelemelerde toprağın özelliklerine uygun olmayan kimyasal gübrelemelerden, aşırı gübre kullanımından ve ya gübreleme ile sulamanın dengesizliğinden ileri gelmektedir (3.8'e bkz).

### 3.8 İNSAN ETKİSİ İLE DEĞİŞİM (ANTROPOJEN DEĞİŞİMLER)

Toprağın insan etkisi ile değişimini ve gelişimini olumlu ve olumsuz yönde olmak üzere ikiye ayırarak incelemek gerekir.

#### 3.8.1 OLUMLU YÖNDEKİ ANTROPOJEN DEĞİŞİMLER

Toprakların bozulmakta olan özelliklerinin iyileştirilmesi veya işe yaramaz özellikteki toprakların kullanılabilir duruma getirilmesi için yapılan toprak ıslahı çalış-

maları toprak özelliklerini olduğu kadar toprağın gelişimini de olumlu yönde etkilemektedir. Bu yönde bazı örnekleri ülkemizden verebiliriz.

(1) Yamaç arazide ormanların tahribi ile erozyona uğrayıp taşınan toprakların yerinde tutulması için teraslama ve ağaçlandırma çalışmaları bu toprakların kaybını önlemektedir. Teraslama ve ağaçlandırma çalışmaları toprağın iklim etkisi altında gelişim (bazı yerlerde oluşum) sürecine tekrar dönmelerini sağlamaktadır.

(2) Ağaçlandırma çalışmalarında makinalara takılmış toprak işleme gereçleri ile yapılan ve toprağın özelliklerine uygun işlemler toprak özelliklerinde ve toprağın gelişiminde önemli ve olumlu etkiler yapabilmektedir.

(3) Ağaçlandırma çalışmalarında tür değişimi ile toprağın humus tipi de değişmektedir. Örnek olarak mul tipi bir humusa sahip meşe-gökmar yapraklı ormanı veya gökmar ormanında tür değişimine gidilip sarıçam veya karaçam dikilmesi halinde çürüntülü mul veya yerine göre ham humusun oluşumu ve bu humus tiplerinin asit ayrışma ürünleri toprağın yıkanmasını hızlandırabilmektedir. Eğer bu tür değişimi işlemi bazılarca zengin veya kireçli topraklar üstünde yapılmışsa yıkanma olayı toprağın bitki besin maddeleri kapasitesini azaltıcı etki yapmamakta ve fazla kalsiyum katyonunun sistemden uzaklaşmasını sağlayabilmektedir. Ancak asit topraklar üstünde bu tür bir işlem toprağın yıkanarak fakirleşmesine sebep olabilir (olumsuz etki).

(4) Toprağın gübrenmesi veya artık organik maddelerin (dal-odun vb.) yakılması toprağa mineral maddelerin katılarak gelişimindeki olumsuz gidişi önleyebilmektedir. Örnek olarak Kayın-Ormangülü meşcereleri altındaki pek şiddetli asit reaksiyonlu podsolleşmiş toprak gösterilebilir. Kayın-Ormangülü meşcerelerinde ölü örtünün reaksiyonunun pH 3,5 civarında bulunuşu (Sevim, M. 1957 ve Kantarcı, M. D. 1979) bu ormanlarda kayın gençliğinin yetiştirilmesini tehlikeye sokmaktadır. Bu tür yerlerde kesimden sonra derin toprak işleme veya kireçleme veya artık dalların yakılması ile toprağın aşırı yıkanması (podosollaşması) durdurulabilmektedir. Böylece toprağın olumsuz yöndeki gelişimi de önlenmektedir.

(5) Toprağın işlenmesi ile gevrek ve gevşek anakaya ufalanarak anamateryale dönüştürülebilmekte ve topraklaşma hızlandırılmaktadır (Koparal, S. 1985).

(6) Toprakların sulanması karasal ortamda oluşup gelişmiş bir toprağı yarıkarasal bir ortamda gelişime sokmaktadır. Böylece tabansuyu veya durgunsu topraklarının oluşumuna kadar gidilebilmektedir.

(7) Tuzlu toprakların sulanarak yıkanması bu toprakların kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu işlem aynı zamanda toprağın gelişim yönünü de değiştirmektedir.

#### 3.8.2 OLUMSUZ YÖNDEKİ ANTROPOJEN DEĞİŞİMLER

İnsan toprağın özelliklerini ve gelişimini bozucu birçok etkiler de yapmaktadır.

(1) Doğal bitki örtüsünün tahribi ve eğimli alanda tarım yapılması toprağın erozyonla aşınıp anamateryalin ortaya çıkmasına ve toprak oluşumunun yeniden başlangıç noktasına dönmeye sebep olmaktadır (Şekil 2). Sellerle taşınan materyal ise



yığıldığı tarım alanlarındaki toprağı kaplamaktadır. Burada da anamateryal niteliğine dönişen yeni tortullarda topraklaşma oluşumunun başlangıç noktasına dönülmektedir.

(2) Ağaçlandırmalarda tür değişimi ile asit toprakların üstünde sarıçam, karaçam, ladin ve benzeri asit humus yapan türlerle monokültürlerin kuruluşu da toprakların yıkanmasını hızlandırmaktadır.

(3) Sanayi mntıklarının çevresindeki veya etkisindeki alanlarda toprak asit yağışlarla hızla yıkanmaktadır. Bu gibi yerlerde, özellikle asit topraklarda, tampon alanları alüminyum tampon alanına kadar değişebilmektedir (Tablo 2).

(4) Toprakların işlenmesinde kullanılan yanlış araç-gereç ve yöntemler de toprak özelliklerini bozabilmektedir. Yanlış toprak işleme işleminin organik maddesinde önemli azalmalara sebep olmaktadır (Kantarci, M. D. 1974-1983). Toprak işleme amacı veya köklerin sökülmesi amacı ile üst toprağı veya toprağın tümünü kazıyıp götürmek ve yığılmak bu tür olumsuz işlemlerden biridir. Altındaki ana kayanın derinliğini gözönüne almadan toprakların derin sürülmesi ana kayanın veya anamateryalin olgun toprakla karışmasını sağlamaktadır. Bu tür işlemlerin sonucunda da toprak oluşumu başlangıç noktasına geriletilmiş olmaktadır (Kantarci, M. D. 1983 ve Şekil 2).

(5) Kurak mntıklarda yetersiz sulama suyu ile sulanan tarım alanlarında toprağın alt kesimindeki tuz veya kireç veya tuz-kireç birikim zonundaki maddeler üst toprağa taşınmakta ve üst toprağın tuzlanmasına sebep olmaktadır.

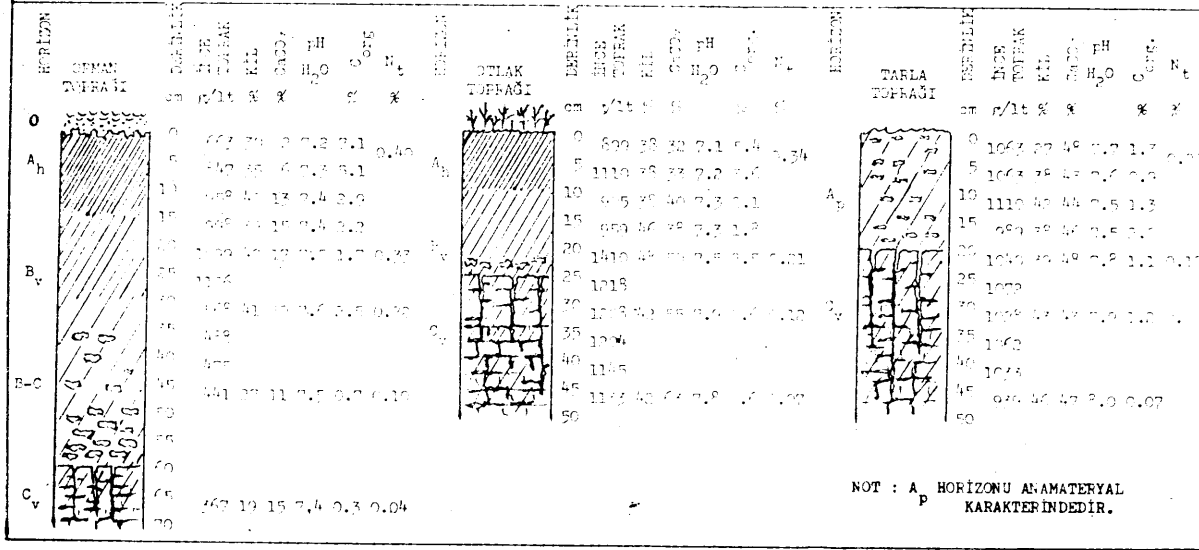
(6) Tuzlu veya borlu sularla toprağın sulanması ise toprağın iç yapısını (strüktürünü) bozmakta, toprağın özelliklerini ve gelişim yönünü tam anlamı ile değiştirebilmektedir. Bu konuda dikkat çekici üç örneği ülkemizden verebiliriz.

**Birinci örnek :** Konya Ovası sulama sisteminin boşaltma kanalından alınan su ile sulanan tarım alanlarının topraklarının çoraklaşma yönünde olumsuz olarak etkilenmesidir. Boşaltma kanalının suyu tuzlu olduğu gibi sanayi atıkları ile de kirlenmiştir (Yılmaz, T., H. Ürün, A. Berktaş 1986).

**İkinci örnek :** Balıkesir-Bigadiç yöresindeki bor madenlerinin borca zengin atık suları Simav çayına verilmektedir. Simav Çayı üzerindeki Susurluk Barajı ve buna bağlı olan yaklaşık 40 000 ha'lık sulu tarım alanındaki toprakların borla kirlenmeleri ve bu toprakların çoraklaşması sözkonusudur (Şener, S. — M. M. Özkara 1986).

**Üçüncü örnek :** Menderes Nehri boyunca Sarayköy, Kızıldere, Germencik, Ömerbeyli'deki çıkan jeotermal suyun bor ve sodyum bakımından zengin oluşudur. Bu su ile sulanan tarım alanlarında toprak borlanmakta ve tuzlanmaktadır (Özkara, M.M. - Şener, S. 1986).

(7) Yanlış gübreleme ile aşırı ilaçlama da toprağın tuzlanmasına ve gelişimindeki değişimlere sebep olabilmektedir. Özellikle kurak mntıklarda aşırı veya toprağın özelliklerine uygun olmayan gübrelemeler yetersiz sulama ile birleşince toprağın tuzlanmasına sebep olmaktadır. Tarım alanlarında zararlı böceklerle ve mantarlara karşı yapılan mücadelede kullanılan kimyasal maddeler (örnek klorürlü hidrokarbonlar) çok miktarda kullanıldıklarında toprağı da kirlenmektedirler. Toprak



Şekil 2. Ormanın tahribi ile açılmış otlak ve tarla topraklarında bazı özelliklerin, orman altında korunmuş toprağa göre değişimi. Anakaya : Kireçtaşı, mevki : Balaban Köy - Çatalca - Kocakışla Tepe. (Kaynak : Kantarcı, M.D. 1974)

mikroorganizmalarının bu kimyasal maddelerden olumsuz etkilenmesi sözkonusudur. Toprağın içinde mikroorganizmaların işlevlerinin aksaması toprağın verimliliğini olumsuz yönde etkileyeceği gibi gelişimini de etkileyebilir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak, toprağı canlı ve cansız varlıkların birarada yer aldığı bir bio-organo-mineral sistem olarak kabul etmek gerekmektedir. Böyle bir sistem aslında kendi içinde dengeli, fakat dış etkilere de açık bir ekolojik sistemdir. Gerek canlı toplumlarının faaliyetleri, gerekse kimyasal reaksiyonların işlevleri ve dış etkenler toprak dediğimiz bu ekolojik sistemi devamlı ve dinamik bir değişim-başkalaşım sürecinde tutmaktadır. Toprak ilmi, topraktaki değişim-başkalaşım süreçlerini toprağın genetik gelişimindeki konular ve olaylar olarak incelemektedir.

#### KAYNAKLAR

- BLUME, H.P. 1968, *Stauwasserböden. Arbeiten der Universität Hohenheim-Landwirtschaftliche Hochschule Bant 42 (242 sh.) Verlag Eugen Ulmer-Stuttgart-Federal Almanya.*
- ERİNÇ, S. 1965, *Türkiye'de toprak çalışmaları ve Türkiye toprak coğrafyasının ana çizgileri. I.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi, Cilt 8, Sayı 15 (39 sh.).*
- GÜLÇUR, F. 1958, *Rize muntikasında hümid şartlar altında gelişmiş bazı fakir toprakların kil fraksiyonlarında kimyasal ve mineralojik özellikler üzerine araştırmalar. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 8, Sayı 2 (35-104).*
- GÜLÇUR, F. 1964-a, *Mersin muntikasında (Akdeniz Bölgesi) mevcut bazı terra rosa topraklarının fizik ve şimik özellikleri ile bu toprakların kil fraksiyonlarının mineralojisi üzerine araştırmalar. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 14, Sayı 1 (1-37).*
- GÜLÇUR, F. 1964-b, *Bazı terra rosa topraklarının toz fraksiyonlarının mineralojik tabiatı ve kimyasal terkihi üzerine araştırmalar. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 14, Sayı 1 (101-110).*
- IRMAK, A. 1972 (1. baskı 1969), *Toprak İlmî I.Ü. Yayın No. 1268, Orman Fakültesi Yayın No. 121 (XII+299).*
- IRMAK, A. — F. GÜLÇUR 1964, *Uludağ granit anataşı üzerinde gelişmiş olan bazı toprak profillerinde etüdler. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 14, Sayı 2 (1-14).*
- KANTARCI, M.D. 1972-a, *Belgrad Orman'ında toprakların oluşum ve gelişimleri üzerinde etkili faktörler, genetik toprak tipleri ve bunların genetik toprak sistematijindeki yerleri. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 22, Sayı 1 (215-293).*
- KANTARCI, M.D. 1972-b, *Toprakların genetik ve ekolojik yönden sınıflandırılması. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 22, Sayı 2 (150-197).*
- KANTARCI, M.D. 1974, *Trakya'da bir orman köyü çevresinde ormanın mera ve tarlaya dönüştürülmesi ile orman toprağının bazı özelliklerinde meydana gelen değişiklikler. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 24, Sayı 1 (191-217).*
- KANTARCI, M.D. 1979, *Ilıman iklim koşullarında silikat anataşından oluşan toprakların yıkanma ve birikme harizyonlarının analitik olarak incelenmesi. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 29, Sayı 1 (14-53).*
- KANTARCI, M.D. 1980-a, *Ilıman iklim koşullarında toprak kesitinde kilin taşınması ve birikmesi olayı üzerine araştırmalar. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 30, Sayı 2 (153-190).*
- KANTARCI, M.D. 1980-b, *Belgrad Ormanı toprak tipleri ve orman yetiştirme ortamı birimlerinin haritalanması esasları üzerine araştırmalar. I.Ü. Yay. No. 2635, Orman Fakültesi Yay. No. 275 (XVIII+352).*
- Matbaa Teknisyenleri Basımevi - İSTANBUL
- KANTARCI, M.D. 1981, *Kuzey Trakya Orman Yetiştirme Bölgesi'nde granit anataşı üstünde bir toprak katenasının analitik olarak incelenmesi. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 31, Sayı 1 (167-191).*
- KANTARCI, M.D. 1983, *Kerpe TUR-71/521 ağaçlandırma alanında uygulanan arazi hazırlığı ve toprak işlemesi yöntemlerinin toprak özellikleri ve sahil çamlarının gelişimi üzerindeki etkileri. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 33, Sayı 2 (104-140).*
- KANTARCI, M.D. — S. KOPARAL, 1983, *Batı Akdeniz kıyılarında arazinin korunması ile kullanım devamlılığını sağlamak üzere yapılan ağaçlandırmalar ve elde edilen sonuçlar (9 sh.) Batı Akdeniz kıyılarının korunması sempozyumu 20-21 Ekim 1983 - Antalya (Sempozyumla ilgili kitap, dolayısı ile bildiri yayımlanmamıştır).*
- KANTARCI, M.D. 1986-a, *Genetik toprak sınıflandırmasının ana konuları — I. Ayırışma ve oluşum olayları. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 36, Sayı 1.*
- KANTARCI, M.D. 1986-b, *İstanbul-Feneryolu ağaçlandırma alanında asit yağışların etkisi ve bu yağışların kaynağı üzerine incelemeler (11 sh.) ÇEVRE-86 Sempozyumu kitabı 2-5 Haziran 1986 - İZMİR*
- Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Bölümü - İZMİR.
- KOPARAL, S. 1985, *Antalya-Varsak Projesi ve toprak özelliklerinin makine kullanılarak ıslahı. Ormanlıkta Mekanizasyon ve Verimliliği Sempozyumu Kitabı (275-284). 8-12 Temmuz 1985 - Bolu (Orman Genel Md.lüğü yayını).*
- MÜCKENHAUSEN, E. 1977, *Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. DLG-Verlag GmbH-Frankfurt am Main (XIV+300) Federal Almanya.*
- ÖZKARA, M.M. — S. ŞENER, 1986, *Jeotermal atıkların Büyük Menderes Nehrine karışmasının Aşağı Büyük Menderes Havzasının tarımsal yapısına etkileri (11 sh.) ÇEVRE-86 Sempozyumu kitabı 2-5 Haziran 1986 - İZMİR.*
- ÇEVRE-86 Sempozyumu Müh. Mim. Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü - İZMİR.
- SEVİM, M. 1957, *Çangal ormanlarında (Ayancık) rastladığımız podsollaşmış topraklar hakkında bazı müşahadeler. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 7, Sayı 1 (198-202)*
- SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1970, *Lehrbuch der Bodenkunde Ferdinand Enke Verlag - Stuttgart (XVI+448) — Federal Almanya.*
- ŞENER, S. — M. M. ÖZKARA 1986, *Bahkesir-Bigadiç yöresinde bor madenleri atıklarının Simav Çayına karışmasının bölge topraklarında meydana getirdiği kirlilik ve bunun tarımsal üretime etkisi (11 sh.)*

ÇEVRE-86 Sempozyumu kitabı, 2-5 Haziran 1986 - İZMİR.

Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Bölümü - İZMİR.

TUNÇKALE, İ. H. 1964, Belgrad Ormanı toprak tipleri ve yayılışları üzerine araştırmalar (Basılmamış doktora tezi). Özeti, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi seri A, cilt 15, sayı 1 (yıl 1965)'te yayınlanmıştır.

ULRICH, B. 1981, Der Mineralstoffkreislauf in Waldökosystemen und seine Abhängigkeit von chemischen Bodenzustand.

Orman Ekosistemi Sempozyumu Kitabı (39-49).

İ.Ü. Orman Fakültesi 10-15 Kasım 1980.

ULRICH, B. — K. J. MEINES — N. KÖNIG — P. K. KHANNA, 1984, Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden.

Forst und Holzwirt 39 (278-286).

YILMAZ, T. — H. ÜRÜN — A. BERKTAY, 1986, Konya Ovası ana tahliye kanalı suyu ile sulanan toprakların kirlenmesi.

ÇEVRE-86 Sempozyumu 2-5 Haziran 1986 - İZMİR (Ek bildiri 15 sh.).

Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü - İZMİR