ISSN 1302-2556

TÜRK COĞRAFYA KURUMU

TÜRK COĞRAFYA DERGİSİ



İSTANBUL 2006

SAYI: 45

TÜRK COĞRAFYA DERGİSİ

REVUE DE GÉOGRAPHIE TURQUE
TURKIH GEOGRAPHICAL REVIEW
TURKISCHE GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT

2005 SAYI: 45

İÇINDEKILER *(Contents)*

Beyhan ÖZTÜRK — Çarşamba Çayı Boğazı'nın (Suğla ve Konya Ovası) Oluşum ve Gelişim Özellikleri
Formation and Developmental Features of the Çarşamba River Gorge (Between Suğla and Konya Plains) 1

Adnan SEMENDEROĞLU, Ali İLHAN, Ali Ekber GÜLERSOY — Kimyasal ve Biyolojik Arazi Degradasyonu
Chemical and Biological Land Degradation 15

Ekrem DEMİR — Besni'nin Yerleşimi ve Fonksiyonel Özellikleri
Settlement and Functional Characteristics of Besni 41

Nurfettin KAHRAMAN — Burdur Havzası ve Çevresinde Paleodrenaja Ait Vadi Örnekleri
Sample Valleys for Paleodrainage in Burdur Basin and Its Surroundings 61

Kemalettin ŞAHİN, Tamer ÖZLÜ — 31 Mart – 04 Nisan 2004 Tarihleri Arasında Yaşanan Düşük Sıcaklıkların Terme İlçesi (Samsun) İle Giresun İli Arasında Fındık Üretimi Üzerine Olan Olumsuz Etkileri
The Unexpected Effects up on the Hazelnut Production Caused by the Impact of the Low Temperetures that was Occured Between 31 March and 4 April 2004, Between Terme (Samsun) and Giresun 71

Ali YILMAZ — Samsun Limanı
The Port of Samsun 85

Yüksel KIRIMLI — Batı Karadeniz Köyleri
Villages in The Western Black Sea Region 101

Haberler — Türk Coğrafya Kurumu Üyelerinin Katıldığı Overland Güney Amerika Gezisi. 3 Temmuz – 14 Ağustos 2005 Tarihleri Arasında Yapıldı.
Türk Coğrafya Kurumu Üyelerinin Katıldığı İstanbul – Kamandu Gezisi 2005 Yazında Tekrar Yapıldı 119

MONO D, O. , 1977, Recherces Géologiqués dans le Taurus Occidental au sud de Beyşehir (Turquie). These d'Etat Univ. Paris Sud Orsay.

NAZİK, L. ve GÜLDALI, N. , 1985, İncesu Mağaralar Sistemi (Taşkale-Karaman) Jeomorfolojik evrimi ve ekonomik olanakları. Jeom. Derg. Sayı 13, Ankara.

NAZİK, L. , 1989, Mağara morfolojisinin belirlediği jeolojik, jeomorfolojik ve ekolojik özellikler. Jeomorfoloji Dergisi, Sayı 17, Ankara.

NAZİK, L. ve TÜRK, K. , 2000, Taurus Karst Belt and the cave formation and development on this belt. Int. Symp. And Field Seminar on "Present state and Future Trends of karst Studies" , Sept.17-26 , Marmaris-Turkey.

NAZİK, L. , TÜRK, K. , ÖZEL, E. , ACAR, C. ve TUNCER, K. , 2003, Türkiye Mağaralarının Envanter Çalışmaları. Mağara Ekosisteminin Türkiye'de korunması ve Değerlendirilmesi Sempozyumu I, Bildiriler kitabı, Alanya.

NAZİK, L. , 2004, The Karst Regions of Turkey (According to the Morphogenesis and Morphometric Properties). Proc. Of. Int. Symp. on Eart System sciences, İstanbul-Turkey.

NAZİK, L. TÜRK, K. , TUNCER, K. ve ÖZEL, E. , 2004 a, The Effect of the Karstification on the Development of Konya Basin. Proc. of Int. Symp. on Eart System Sciences, İstanbul-Turkey.

NAZİK, L. , TÜRK, K. , TUNCER, K. ve ÖZEL, E. , 2004 b, Konya Ovasının hidrolojik-hidrojeolojik gelişiminde karstlaşmanın etkisi. I. Yer altı Suları Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 23-24 Aralık, Konya.

ÖZGÜL, N. , 1976, Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. TJK Bült. , Cilt 19, Sayı 1, Ankara.

ÖZGÜL, N. , 1984, Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In Geology of the Taurus Belt Int. Symp. Proceedings, MTA-Ankara.

ROBERTS, N. , 1991, Late Quaternary geomorphological change and the origins of agriculture in South Central Turkey. Geoarch. An Int. Journal, Vol 6, No. 1, England.

ŞAROĞLU, F. , BORAY, A. , ÖZER, S. ve KUŞÇU, İ. , 1983, Orta Toroslar-Orta Anadolu'nun güneyinin neotektoniği ile ilgili görüşler. Jeomorfoloji Dergisi, Sayı 11, Ankara.

ŞENGÖR, A. M. C. , GÖRÜR, N. and ŞAROĞLU, F. , 1985, Strike-slip faulting and relatid basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a care study. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist Special Publication, No:37.

YALÇINLAR, İ. , 1963-64, Orta Anadolu'da Jeomorfolojik Müşahadeler . Türk Coğrafya Dergisi, Sayı 22-23, İstanbul.

Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 45, S.15-40 , İstanbul 2006

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ARAZİ DEGRADASYONU

CHEMICAL AND BIOLOGICAL LAND DEGRADATION

Adnan SEMENDEROĞLU*
Ali İLHAN**
Ali Ekber GÜLERSOY***

Özet

Tarım, orman, mer'a ve çayır alanları doğal nedenler ve özellikle insan faaliyetleri nedeniyle fiziksel yönden olduğu gibi kimyasal ve biyolojik yönlerden de bozularak verimliliğini çeşitli derecelerde yitirebilmektedir. Diğer bir ifade ile hatalı sulama, tarım ilaçları ve gübrelerin bilinçsiz ve aşırı kullanımı, hava ve su yoluyla toprağa ulaşan kirleticiler vb toprağın kimyasal ve biyolojik yönlerden bozulmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada kimyasal arazi degradasyonu dahilinde tuzlaşma, alkalileşme, asitleşme, kirlenme, nütrient maddelerin kaybı veya bu maddelerin bitkiler tarafından alınmasının engellenmesinin nedenleri, etkileri ve sonuçları ülkemizden ve dünyadan örneklerle değerlendirilmiştir. Biyolojik arazi degradasyonu kapsamında ise toprağın ekolojik özelliklerinde ve verimliliğinde çok önemli yeri olan mikro ve makro organizmalar ile faaliyetlerinin çeşitli şekillerde olumsuz etkilenmesinin sonuçları üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Kimyasal ve biyolojik arazi degradasyonu, tuzlaşma, alkalileşme, asitleşme, doğal denge*

Abstract

Agricultural areas, pastures and forestrial areas may lose their productivities in various grades in terms of physical properties as well as chemical and biological properties because of natural causes and especially human activities. In other words, soil productivity gets worse by the wrong irrigation methods, irrational and excessive use of biocides and fertilizers, the pollutants which penetrate the soil by the air and water. Consequently the capability of the land may decrease from higher to lower levels. In this paper the events and processes which involve chemical land degradation like salinization, alkalization, acidification, pollution and losing of the nutrients or prevention of absorption of them by the plant roots were evaluated. These issues were evaluated within the framework of cause and effect relations with the examples from Turkey and World. In terms of biological degradation, this study dwells on the result of the negative effects on micro and macro organisms and their activities which play an important role in the ecological properties and fertility of the soil.

Key words: *Chemical and biological land degradation, salinization, alkalization, acidification, natural balance.*

* D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi, Coğrafya Öğretmenliği Bölümü, 35150, Buca-İzmir a.semenderoglu@deu.edu.tr
** D.E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Öğretmenliği Bölümü, 35150, Buca-İzmir aliilhan72@hotmail.com
*** D.E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Öğretmenliği Bölümü, 35150, Buca-İzmir gulersoy74@hotmail.com

Giriş

Arazi degradasyonunun kapsamı, çeşitleri, nedenleri, etkileri, sonuçları ve proseslerin işleyişi çeşitli disiplinlerde tartışılmakta olmasına karşın bu konuda yeterince bütünlük sağlanamadığı görülmektedir. Bu çalışmada kimyasal arazi degradasyonu konusuna coğrafi bir perspektifle yaklaşılarak bir konsept geliştirilmesine katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Konu oldukça detaylı bir şekilde irdelenerek ülkemizden ve dünyadan da örneklerle sunulmaya çalışılmıştır.

Arazi degradasyonu (Ing. land degradation) arazinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönlerden bozularak produktivitesinin (verimliliğinin-üretkenliğinin) yüksek bir statüden daha alçak bir statüye sürekli veya kesintili olarak gerilemesini ifade eder. "Degradation" teriminin kelime kökünе bakıldığında Latince kökenli dillerde ve Ingilizce'de "grade" sözcüğü derece, sınıf, kalite anlamına gelirken önüne olumsuzluk eki olan "de-" geldiğinde derece, sınıf veya kalite açısından alt seviyelere inme anlamı ortaya çıkmaktadır. Arazi degradasyonunda başka bir deyişle arazinin verim değerinin düşmesinde birçok faktörün önemli rol oynadığı görülür. Genel olarak arazi degradasyonunda fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesler etkili olmaktadır. Buna göre arazi degradasyonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik arazi degradasyonu şeklinde üç ana başlık altında toplanmaktadır.

Fiziksel arazi degradasyonu genel olarak doğal ortamın tahribi ve yanlış arazi kullanımı sonucu aşınma, taşınma ve birikim alanlarında meydana gelmektedir. Su ve rüzgâr erozyonu ile kütle hareketleri fiziksel arazi degradasyonuna yol açan başlıca etkenlerdir. Bu şekilde eğimli yukarı havzalarda verimli üst toprak ile toprağın alt katları hatta anamateryal aşınarak arazinin verim değeri düştüğü gibi aşağı havzalarda siltasyon ve taşlılaşma sonucu verim kaybı meydana gelir. Bunların dışında mekanik etkilerle toprağın sıkışması, kabuklaşması ve suya aşırı doygun hale gelmesi (yaşlık) fiziksel arazi degradasyonu çeşitlerindendir.

Kimyasal arazı degradasyonu ise; toprağın verimliliğinde son derece etkili olan toprak reaksiyonu, iyon değişimi ve iyon dengesi ile ilgili kimyasal denge ve süreçlerin genellikle insan faaliyetlerinden kaynaklanan dış etkenlerle bozulmasını ifade eder. Bu şekilde bazı mikro ve makro besin elementlerinin azalması veya bitkiler tarafından yararlanılmasının engellenmesi sonucunda arazinin verim değeri düşmektedir. Kimyasal arazi degradasyonuna yol açan ajanlar; asit yağmurları ile havadan, kimyasal atıkların karıştığı sulardan, hatalı, aşırı ve bilinçsiz sulama, gübreleme ve tarım ilaçları kullanımından kaynaklanan kimyasallarla toprağa ulaşmaktadır. Arazi degradasyonunda etkili olan kimyasal prosesler; tuzlanma, alkalileşme, asitleşme, kirlenme (ağır metallerle, radyoaktif maddelerle, petrol türevleri ve mineral yağlar ile vb) ve nütrient maddelerin azalması veya tükenmesi şeklindedir. Biyolojik arazi degradasyonu ise toprak dahilinde bulunan mikro ve makro fauna ile bakteri ve fungiler gibi toprak organizmalarının ve bu organizmaların toprağın verim değerinde etkili olan faaliyetlerinin sınırlandırılması sonucu ortaya çıkar.

Toprağın Kimyasal Bozulması

a) Tuzlaşma (Salinizasyon) veya Çoraklaşma

Tuzlaşma özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde, Akdeniz iklimi gibi uzun kurak dönemi olan bölgelerde, taban suyunun yüksek, drenajın ise yetersiz olduğu kapalı havza tabanlarında görülmektedir. Bunun dışında deniz kenarlarındaki kıyı veya delta ovalarında, denize yakın alüvyal kesimlerde tuzlaşma görülmektedir. Tuzlaşma, bu sahalarda toprağın alt horizonlarından veya anamateryalden kaynaklanan çeşitli tuzların (Na, Ca, Mg ve K tuzları) kapilarite ile yüzeyde veya yüzey altında konsantre olması şeklinde tanımlanabilir. Bu tuzlar klorür, sülfat, karbonat ve bikarbonat şeklinde olabilir (Atalay, 1989:211). Genellikle sodyum ve klorür baskındır. Bu şekilde doğal yolla oluşmuş topraklar solonçaklar, sierozemler ve çöl topraklarıdır. Ancak bu topraklar doğal şartlarda oluştuğundan degrade toprak olarak görülemezler. Tuzlu topraklar genellikle strüktürsüz, toprak reaksiyonları nötr (pH 7) veya hafif alkalendir (eriyebilir tuzların hidrolizi nedeniyle). Tuzlaşmanın olduğu topraklarda çeşitli tuzlar yüzeyde veya yüzeyin altında benekler ya da tabaka halinde yoğunlaşabilir. Toprakların tuzluluk ve alkalilik durumunun belirlenmesi ortamdaki serbest iyonlara bağlı elektriksel iletkenlik (electrical conductuvity), pH ve değişebilir sodyum oranı arasındaki ilişkilerden yararlanılarak genel ölçüde yapılabilmektedir. Buna göre 25°C'deki elektriksel iletkenlik değeri (E.C.) 4 milimhos/cm'den büyük olan ortamlarda tuzluluk durumu olduğu anlaşılır. Tuzlu topraklarda alkali toprakların tersine değişebilir sodyum oranı % 15'ten az olduğu gibi pH 8.5'ten küçüktür (Çizelge 1). Ancak ortamdaki tuz ve iyon çeşitlerinin kompozisyonunda değişimlere bağlı olarak hem tuzlu hem alkali özellik gösteren topraklarda oluşabilmektedir (çoraklaşma). Tuzlu-alkali topraklar şeklinde bilinen bu topraklarda genel olarak elektriksel geçirgenlik değerleri tuzlu topraklardaki gibi 4 mmhos/cm'den büyük, değişebilir sodyum oranı ise alkali topraklarda olduğu gibi % 15 m.e.'den fazladır. pH ise tuzlu topraklarda olduğu gibi 8.5'ten küçük olup nadiren bu değerin üzerine çıkmaktadır (Atalay, 1989: 255–256). Çoraklaşma sorunu ülkemizde en çok İç Anadolu Bölgesi ve alüvyal kıyı ovalarında; alüvyal, hidromorfik alüvyal ve organik topraklar ile az da olsa vertisollerde görülmektedir.

Çizelge 1 : Tuzlu ve alkali toprakların ayrımında kullanılan kriterler.
Table 1 : The criterions which are used to distinguish salty and alkaline soils.

Tuzluluk kriterleri		Alkalilik kriterleri	
Doygunluk ekstratı E.C.	> 4 mmhos/cm	Doygunluk ekstratı E.C.	< 4 mmhos/cm
Değişebilir sodyum	< %15 m.e.	Değişebilir sodyum	> % 15 m.e.
pH	< 8.5	pH	> 8.5

Kaynak: Mater, 1986: 120.

Yukarıdaki tuzluluk-alkalilik ayrımı kesinlik taşımaktan biraz uzak görüldüğünden 1965 yılında Miljkovic tarafından yeni bir alkalilik-tuzluluk sınıflandırması yapılmıştır (Çizelge 2, 3), (Mater, 1986: 120).

Çizelge 2 : Elektriksel iletkenlik durumuna göre tuzluluk dereceleri.
Table 2 : Salinity degrees according to electrical conductivity.

Tuzluluk dereceleri	E.C. (Electrical conductivity)
Hafif tuzlu	2-4 mmhos/cm
Orta derecede tuzlu	4-8 mmhos/cm
Fazla tuzlu	8-15 mmhos/cm
Çok fazla tuzlu	> 15 mmhos/cm

Kaynak: Mater, 1986: 120.

Çizelge 3 : Değişebilir sodyum oranlarına göre alkalilik dereceleri.
Table 3 : Alkalinity grades according to variable sodium rates.

Alkalilik dereceleri	Değişebilir sodyum
Hafif alkalin	< % 20
Orta derecede alkalin	% 20-50
Kuvvetli alkalin	% 50 >

Kaynak: Mater, 1986: 121.

Tuzlaşmanın degradasyonal etkileri; toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulması ile ortaya çıkar. Çözülmüş tuzların toprak suyunun osmotik basıncını yükseltmesi nedeniyle bitkilerin kökleri ile su almalarını güçleştirmesi, Na ve Cl iyonları ile bitkilerde toksik etki yapması şeklindedir. Toprakta tuz yoğunluğu bitkilerin osmotik basınçla (kök basıncı) toprak suyunu alma gücünü aştığında, su mevcut iken bitkilerin suyu alamamaları durumu (fizyolojik kuraklık) ortaya çıkar. İlkbaharda erken vejetatif faaliyete geçen bitkiler bu nedenle su kıtlığından zarar görmekte ve yeni çimlenen fidanlar ölmektedir. Yazın ise bitkilerin su alma yetersizlikleri had safhaya ulaşır. Tuzlaşmış alanlarda geniş yapraklı ağaçlar ve bağlar yapraklarını erken dökmektedir. Tuzluluğun artması toprak strüktürünün ve taneliliğinin de bozulmasına yol açar. Ancak değişebilir sodyum oranının az, buna karşın çözünebilir sodyum oranının fazla olması nedeniyle geçirgenlik normal topraklara göre biraz fazla olabilir (Ergene, 1997: 113). Bu nedenle tuzlaşma erozyonu da şiddetlendirmektedir. Tuzlaşma toprak reaksiyonunda değişimlere yol açarak zarar verebilmektedir. Tuzlaşmayla asidite azalırken toprak alkalileşir ve besin maddesi dengeleri bozulur. Toprakta tuzlaşma Ca, Mn, Fe, Zn, Mg, B ve K besleyici elementlerinin bitkiler tarafından alınmasını engellemektedir (Çepel, 1997: 101). Örneğin toprak kolloidleri % 40-50 oranında sodyum ile doyduğunda, bitki köklerinden kalsiyum çekmekte ve bitki kalsiyum yetersizliğinden ölmektedir (Ergene, 1997: 114). Böylelikle tuzlaşma doğal vejetasyonun ve kültür bitkilerinin yetişmesi ve gelişmesini engelleyerek arazinin verim değerini düşürmektedir. Bu sahalarda tuzluluğa toleranslı halofit türler dışında bitkiler barınamaz. Kültür bitkilerinden tuzluluğa toleranslı az sayıda türün tarımı yapılabilir. Tuzlaşma ileri boyutlara vardığında ise hiçbir tarım ürünü yetiştirilemez. Pamuk ve tahıl tarımı gibi tuzluluğa toleranslı kültür bitkileri ile sürdürülen tarımsal faaliyetlerde tuzlaşma geç fark edilir. Ayrıca tuzlaşma toprağın sertleşmesine de yol açar. Bundan başka tuzlaşma toprağın ekolojik dengesinde ve prodüktivitesinde önemli rol oynayan mikroflora üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu durum tuzların toprakta hava ve su dolaşımını olumsuz etkilemeleri, toksik etki yapmaları, toprak çözeltisinin osmotik basıncını yükseltmeleri, toprak reaksiyonu değiştirmeleri vb yoluyla ortaya çıkmaktadır.

Tuzlaşma'da doğal nedenler hazırlayıcı nedenler olarak nitelenebilir. Bunlar; iklim (özellikle şiddetli evaporasyonun olduğu uzun kurak devreli kurak ve yarı-kurak iklim şartları), etrafı yüksek alanlarla çevrili kurak ve yarı-kurak sahalardaki havza tabanları (playalar), yüksek ve tuzlu taban suyu, yetersiz eğim ve drenaj şartları, tuz içeren anakaya ve ana materyal şeklindedir. Ancak, tuzlaşmanın arazi degradasyonuna yol açması, doğal şartların oluşturduğu riskli alanlarda yanlış arazi kullanımı, hatalı tarımsal teknikler ve tarımsal tercihler, hatalı sulama vb gibi insan faaliyetleri ile ilgilidir. Tuzlaşma yoluyla insan kaynaklı arazi degradasyonunun nedenleri 5 madde altında toplanabilir. Bunlar;

- Kış döneminde özellikle şehir dışındaki yollara buzlanmayı önleme amacıyla tuz atılması,
- Tuzlaşmaya neden olan gübre kullanımı,
- Yanlış ve bilinçsiz sulama teknikleri,
- Tuzlu sulama suyu kullanılması,
- Yukarı havzada bitki örtüsünün tahribi sonucu havza tabanında tuzlu taban suyunun yükselmesi.

Kış hatta bahar dönemlerinde özellikle soğuk ve karlı iklim bölgelerinde buzlanmayı önlemek için şehir dışındaki kara yollarında tuz (NaCl, MgCl2) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde karayollarında metre başına 12-50 kg kadar tuz atılabilmektedir. İlkbaharda eriyen kar suları ve yağmur suları ile tuzlar yolun her iki yakasında 300-400 m'ye kadar geniş şeritlerde etkili olmaktadır. Yolun her iki yakasında 5-10 m'lik şeritlerde m2 başına yılda 1 kg'a kadar tuz birikebildiği hesaplanmıştır (Çepel, 1997: 100). Bu olayın yıllarca sürmesi sonucunda, yolların kenarlarındaki tarım alanlarına önemli miktarda tuz birikimi olmaktadır. Bu durum yol çevresindeki arazilerin verim değerlerinin düşmesine yol açmaktadır.

Sulu tarım yapılan yerlerde eriyik halde gübre türlerinin özellikle potasyumlu gübrelerin aşırı ve kontrolsüz bir şekilde kullanımı yine toprakta tuzlaşmaya yol açmakta ya da toprakta diğer nedenlerden dolayı var olan tuzlaşma sorununu arttırmaktadır. Bu sahalarda potasyum tuzları içeren su buharlaşırken tuzlar toprakta giderek birikmekte ve toprak-tuz dengesi bozulmaktadır.

Yanlış ve bilinçsiz sulama teknikleri de özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde tuzlaşmaya yol açabilmektedir. Aynı nedenden kaynaklanan tuzlaşma uzun kurak dönem içeren Akdeniz iklim bölgelerinde de görülür. Yüzlerce hatta binlerce yıl boyunca tarım yapılan sahalarda hatalı ve bilinçsiz sulama sonucunda alt toprakta birikmiş olan tuzlar kapilarite ile yüzeye çıkmakta, suyun buharlaşmasından sonra satıhta zamanla tuz birikmektedir. Bu şekilde giderek arazinin verim değeri düşmekte hatta bu topraklar üzerinde kurulmuş olan tarıma dayalı uygarlıkların ortadan kalkmasında etkili olmaktadır. Örneğin Pakistan'ın bazı bölgelerinde 100 yıl kadar süren sulu tarım uygulamasından sonra üst toprakta biriken tuzlar nedeniyle verim büyük ölçüde azalmış ve bir çok tarlalar terkedilmiştir. Örneğin Pakistan'ın batısında, Aşağı İndus havzasında geniş alanlar sulamaya alınmış, tuzlu taban suyunun yılda 30 cm'ye varan yükselmesi sonucu toprağın üst kesimleri suya doygun hale gelmiş ve kapilarite ile üst toprakta tuzlaşma sonucu 40 000 ha tarım alanı verim değerini büyük ölçüde yitirerek degrade olmuştur (Atalay, 1989: 259). Bunun gibi Mezopotamya'da eski sulama kanallarının yakınlarındaki son derece verimli topraklar tuzlaşma nedeniyle tamamen elden çıkmıştır. Mezopotamya'daki uygarlıkların çöküşünde iklim değişimleri yanında yanlış sulama tekniklerinin yol açtığı tuzlaşmadan kaynaklanan arazi degradasyonunun rol oynadığı bilinmektedir (Erinç, 1984: 122). Ege ovalarında (B. Menderes, K. Menderes, Gediz, Edremit-Burhaniye-Gömeç ovaları), Konya Havzasında, Çukurova'da, Diyarbakır ve Birecik havzası ile Altınbaşak (Harran) ovalarında uzun yıllar süren yanlış sulama neticesinde ortaya çıkan tuzlaşma görülmektedir.

Çizelge 4 : Türkiye'de tuzlanmadan çeşitli derecelerde etkilenen topraklar.
Table 4 : Soils affected in various degrees by Salinization in Turkey.

TUZLULUK GRUBU	ALAN (ha)	Türkiye yüzölçümüne oranı %
Hafif tuzlu	614 657	0,8
Tuzlu	504 603	0,6
Sodik (alkali)	8641	0,01
Hafif tuzlu-alkali	123 863	0,2
Tuzlu-alkali	264 956	0,3
TOPLAM	1 518 722	2

Kaynak: Akalan, 1992: 7 ve Dizdar, 1993: 27'den yararlanılmıştır.

Yanlış sulama ile ortaya çıkan tuzlaşma sorunu kuraklık ve sıcaklıkla birlikte evapotranspirasyonun şiddetine bağlı olarak çok hızlı seyredebilmektedir. Örneğin Urfa'nın güneyinde Suriye sınır yakınındaki Akçakale Ovası'nda 1970'li yıllarda açılan kuyularla başlayan sulu pamuk tarımı neticesinde alt toprakta bulunan tuzlar şiddetli evaporasyon ve kapilarite ile yüzey topraklarının 25-30 yıl gibi kısa zaman içinde tamamen kullanılmaz hale gelmesine yol açmıştır. Bu nedenle henüz sulama sistemleri devreye tam olarak girmemiş olan GAP bölgesinde bu konu üzerinde önemle durulmaktadır. Özetle sulama suyu çözülmüş tuz içermese dahi toprağın alt katlarında ve üst toprakta heterojen bir şekilde dağılım gösteren çeşitli tuzlar, sahanın sulu tarıma açılması ve bilinçsiz sulama nedeniyle tuzlaşmaya neden olabilmektedir (Çizelge 4, 5; Şekil 1). Sulamadan sonra alt seviyelere inen tuzlar şiddetli buharlaşma sonunda kapilarite ile yüzeye doğru taşınmakta, yüzeyde ise bünyesine bol miktarda çözünmüş tuz alan suyun buharlaşması ile tuz birikimi sonucunda arazinin verim değeri düşmektedir.

Tuzlu sulama suyu kullanılması da zamanla üst toprağın tuzlaşmaya uğrayarak verim kaybına yol açabilmektedir. İç bölgelerde ve denize yakın kıyı ovalarında çözülmüş tuz içeren yüzey ve yer altı suları ile yapılan sulama toprakta tuz birikimine yol açmaktadır. Bitkilerin hasadıyla bu tuzun çok azı ortamdan uzaklaşır. Esasen topraktaki tuz ile sulama suyundaki tuz arasında bir denge olması gerekir. Sulama suyundaki tuz miktarı drenaj suyundaki tuz miktarından az ise toprakta giderek tuz birikiyor demektir. Bu nedenle drenaj suyundaki çözülmüş toplam tuz miktarı, sulama suyundaki toplam tuz miktarına kabaca eşit veya fazla olmalıdır. Bu şekilde tuzlanmaya kıyı ovalarının veya delta ovalarının kıyıya yakın kesimlerinde sıkça rastlanır. Özellikle Akdeniz ve Ege sahillerindeki kıyı ovalarında, uzun kurak yaz döneminde gerek tarımsal sulama gerekse ikincil konutların su gereksinimleri için açılan kuyulardan emniyetli verim sınırının çok üzerinde su çekilmekte ve bu durum yer altı suyuna tuzlu suyun girişim yapmasına yol açmaktadır. Tuzlu yer altı suları ile yapılan sulama ise yüzeydeki topraklarda tuzlaşmanın artmasına neden olarak arazinin verim değerinin düşmesine yol açmaktadır.

Tuzlu taban suyunun yükselmesi dahili tuzlanmaya neden olduğundan özellikle kurak ve yarıkurak sahalarda etrafı dağlarla çevrili havza tabanı ve ovalarda yamaçlardaki bitki örtüsü çeşitli şekillerle tahrip edildiğinde, havza tabanındaki taban suyu da yükselebilmektedir. Havza yamaçlarında bitki örtüsünün ortadan kaldırılması, yüzeysel akışın artmasına, havza tabanına kontrolsüz ve fazla su gelmesine dolayısıyla taban suyunun yükselmesine yol açmaktadır.

Çizelge 5 : Türkiye'de büyük havzalarda toplam değerlere göre ilk 10 sırada yer alan en yüksek tuzluluk ve alkalilik dağılışı.
Table 5 : Top 10 large basins in Turkey in terms of the distribution of highest salinity and alkalinity.

	Tuzluluk-alkalilik (ha)										
Havza Adı	Hafif tuzlu	%	Tuzlu	%	Hafif tuzlu-alkali	%	Tuzlu-alkali	%	Alkali	%	Toplam
Konya kapalı	111131,8	23,1	303811,1	63	10899,1	2,3	51396,7	10,7	4866,8	1	482105,5
Kızılırmak	16768,1	17	-	-	15058,7	15,3	37001,8	37,6	29658,3	30,1	98487,9
B. Mend.	46201,8	47,4	12086,7	12,4	146333,6	15	24351,3	25	115,1	0,1	97388,4
Seyhan	36547,3	52,1	28262,1	40,3	1669	2,9	1965	2,8	1690,9	2,4	70134,3
Sakarya	48621	73,3	7455,8	11,2	5405,3	8,1	4212,4	6,3	659,3	1	66353,8
Gediz	12610,4	20,6	18124	29,6	6908,3	11,3	23569,2	38,5	84,4	0,1	61296,3
Aras	21763,5	37,2	5765,6	9,9	12397,2	21,2	18506,7	31,7	-	-	58433
Fırat	37975,9	70,4	5073	9,4	6744,3	12,5	4147	7,7	-	-	53940,4
Ceyhan	9582	18,4	-	-	1170,8	2,2	1603,6	3,1	39772	76,3	52128,3
Akarçay	12989,4	29,6	62,5	0,1	3819,1	8,7	5951,1	13,5	21103,1	48	43925,2
Diğer	105035,3	39,1	30514,4	11,4	31800,7	11,8	36178,5	13,5	65000,7	24,2	268529,6

Kaynak: http://www.khgm.gov.tr/Kutuphane/COLLESME/COLLESME.HTM'den yararlanılmıştır.

Aşırı veya kontrolsüz sulama da derinlerde olan tuzlu taban suyunun yüzeye doğru yükselmesine bilahare kapilarite ile yüzeyde tuzlaşmaya neden olmaktadır. Taban suyu anakaya/anamateryale veya alt kesimlerdeki tuzlu seviyelere bağlı olarak tuzlu olduğunda bu durum yüzeyde daha önce mevcut olmayan tuzlanma sorununa yol açmakta veya az olan tuzlanmayı şiddetlendirerek arazi degradasyonuna yol açabilmektedir. Ülkemizdeki tarım alanlarının % 3.6'sında taban suyu ve drenaj sorunu olması (Ergene, 1997: 463) tuzlaşma sorununun ortaya çıkmasında önemli bir etkendir (Şekil 1, Çizelge 5).

Özellikle evaporit çökellerden oluşan ana materyal üzerinde ve drenaj problemi olan sahalarda hatalı sulama sonucunda tuzluluk-alkalilik sorunu ortaya çıkmaktadır. Örneğin Oltu-Kömürlü-Narman havzasında, Aras Nehri havzasında yer alan Kötek-Tuzluca-Kağızman arasında, Iğdır Ovası'nda, Ispir ve Şebinkarahisar dolaylarında, Ulukışla, Sivas-Çankırı arasında, Burdur Gölü'nün güneyinde, kıyı kesimlerden örnek olarak Antalya-Serik Ovası'nın denize yakın kesimlerinde tuzluluk-alkalilik sorunu görülmektedir (Atalay, 1989: 404-405).

Bundan başka jeotermal alanlarda çözünmüş bor bileşikleri içeren jeotermal akışkanın kontrolsüz olarak çevreye yayılması, çevredeki tarımsal alanlarda arazinin verim değerini düşüren bor tuzlarının birikimine yol açmaktadır. Bu durum bor bileşikleri karışan akarsular ve yer altı sularının sulama suyu olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Borun tarım ürünlerine zararı en fazla çok yıllık bitkilerde (bağlar, meyve ağaçları vb) olmakta, zamanla tarım alanlarında tek yıllık sebze ve tarla bitkilerinin de yetişmesini imkansız hale getirmekte hatta arazi tarım dışı kalabilmektedir. Bor bileşiklerinin yol açtığı degradasyon, yüksek bor içeriği görülen Batı Anadolu'daki Balçova, Denizli-Buharkent, Aydın-Germencik, Salihli ve Alaşehir gibi jeotermal alanlarda etkili olmaktadır. Bundan başka Niğde-Aksaray, Burdur, Eskişehir, Germencik, Iğdır, Yüksekova, Hakkari civarlarındaki topraklarda belirli alanlarda yüksek oranda bor zararı görülmektedir. Bor aslında bitki gelişimi için gerekli minör elementlerden biridir. Toprakta az miktarda bulunan bor, bitkilerde temel fizyolojik olaylarda büyük öneme sahiptir. Kültür bitkilerinin normal gelişimlerini sürdürebilmeleri için toprakta bulunması gereken çözünebilir bor miktarının 0.4-0.6 ppm arasında olması gerektiği ve bora duyarlı bitkilerin 1 ppm'e kadar (başka bir ifadeyle 100 gr'da 0.1 mg) dayanabildiği bildirilmiştir (Delibacak ve Tuncay, 1996: 50). Normal şartlarda sulama suyunda en fazla 0,5 mg/L bor bulunmalıdır. Bora karşı hassas bitkiler sulama suyunda 0,5-1,0 mg/L olduğunda zarar görür. Bora dayanıklı bitkiler ise 4 mg/L'den fazla bor içerikli sulama suyundan zarar görmektedir (Erdoğmuş, 2004: 31). Bor içerikli sulama sularının kullanılması sonucu meydana gelen kimyasal degradasyona Gediz Grabeni'nin doğusundaki alçak ova tabanları örnek gösterilebilir. Gediz Grabeni'nde Alaşehir Ovası'nın batısında çözülmüş bor bileşikleri içeren yüzey ve yer altı sularının sulamada kullanılmasından kaynaklanan kimyasal degradasyon, hem tmolos depoları arasındaki vadi taraçalarında hem de graben tabanındaki alüvyal sahada belli alanlarda arazinin verim değerinin düşmesine yol açmıştır. Bor bileşikleri jeotermal akışkanlardan yüzey ve yer altı sularına karışmaktadır. Bu durum gözetilmeksizin jeotermal akışkanların karıştığı dere suları ve yer altı suları ile yapılan sulama, toprak yüzeyi civarında özellikle taban suyunun yükseldiği zamanlarda bor tuzlarının birikmesine yol açmaktadır. Salihli'de Caferbey, Hasalan ve Çaltılı köyleri civarında bor bileşiklerinden kaynaklanan kimyasal degradasyon sonucu 2500 da alanda nar ağaçları kurumuş, bağlar sökülmüş ve sebzecilik neredeyse sona ermiştir (Salihli İlçe Tarım Müdürlüğü). Bu durum tmolos depoları içindeki vadi taraçalarında ve dere kenarlarındaki tarım alanlarında Çamurhamam'dan dere sularına ve yer altı sularına karışan bor bileşikleri içeren sulama suyu kullanılması nedeniyle ortaya çıkmıştır (Foto: 1). Aynı şekilde Alaşehir'in batısında tmolos kuşağı dahilindeki kırık sistemlerine bağlı olarak Göbekli köyü hamamlarından Göbekli çayına karışan borlu sularla yapılan sulama; Dereköy, Göbekli, Hacılı, Köseali, Yeşil Kavak, Yeşilova yerleşmelerinin bağ alanlarında 2000 da bağ alanının kurumasına yol açmıştır. Ayrıca Alaşehir'in kuzeybatısında Mevlütlü köyü civarında geniş bağ alanları yer altı sularının kullanımına başlanmasından sonra bor zararı ortaya çıkmış ve bağlar kurumaya başlamıştır. Bu durum Göbekli hamamlarından sulamada kullanılan yer altı sularına bor bileşiklerinin karışması sonucu ortaya çıkmıştır. Bilindiği gibi Kütahya-Emet ve Balıkesir arasında 200 km uzunluğunda, 70-120 km genişliğindeki bor cevheri çıkarılmaktadır. Bor cevherinin çıkarıldığı kuşakta bol miktarda bor içeren cevherin yıkama suları çevredeki akarsulara karışmaktadır. Bu nedenle sulama suyu temin edilen Simav Çayı ve Ulubat Gölü sularının bor içeriği tehdit edici boyutlara ulaşmıştır. Simav Çayı su toplama havzasındaki toprakların 9400 hektarı bor içeren sularla sulandığından, Balıkesir Ovası, Kepsut Ovası, Susurluk-Karacabey kesimlerindeki topraklarda arazinin verim değerini düşüren bor zararı ortaya çıkmıştır (Çepel, 1997: 54).



Foto 1: Salihli yakınlarında bor içeren hidrotermal kaynak suları tarımsal sulamada kullanılan yüzey ve yer altı sularına karışmakta, bu durum çevredeki tarım alanlarında kimyasal arazi degradasyonuna yol açmaktadır.

Photo 1: Borax contained hydrothermal spring waters near Salihli town have contaminated the surface and underground waters which are used for irrigation. This situation causes chemical land degradation in surrounding agricultural areas.

b) Alkalileşme (Solonizasyon)

Alkalileşme de tuzlaşmanın bir türü sayılır. Ancak alkalileşmeden (solonizasyon) söz etmek için ortamda diğer tuzlara nazaran fazla miktarda sodyum tuzlarının (değişebilir Na^+ iyonlarının) bulunması gerekir. Özellikle iç kesimlerde kurak ve yarı-kurak bölgelerde buharlaşma nedeniyle tuzların konsantrasyonu artar. Öncelikle $CaSO_4$, $MgSO_4$ tuzları çöker. Ancak Na tuzlarının çözünürlüğü fazla olduğundan toprak çözeltisinde nispi oranı artar (Ergene, 1997:111). Alkali topraklarda Na iyonları toprak kolloidlerinde bulunan Ca ve Mg iyonları ile yer değiştirir. Böylece toprakta değişebilir katyonlar arasında sodyum hakim duruma geçer. Bu arada sodyum hidrolize uğrayarak sodyum hidroksile (NaOH) dönüşür. Ardından toprağa atmosferden absorbe edilen veya toprak mikroorganizmalarının ürettiği CO_2 ile birleşerek Na_2CO_3'e (sodyum bikarbonat) dönüşür. Sonuçta toprakta sodyum bikarbonat birikir (Mater, 1986: 127). Toprakta sodyum iyonlarının çoğalması toprak reaksiyonunu etkiler ve pH'nin yükselmesine neden olur. Alkali topraklarda pH genellikle 8.5'in üzerine çıkar. Solonetz ve solod toprakları alkali topraklardır. OH iyonu konsantrasyonu ve değişebilir sodyum oranı yüksek çözünebilir tuzların oranı ise düşük olan bu tür topraklara sodik topraklar da denir. Sodik ve tuzlu-sodik topraklarda alt toprakta prizma şeklinde sütunlu toprak strüktürü gelişmiştir. Sodyumla doymuş olan kil dispers olarak toprağın belli yerlerinde, kolloidlerin bir kısmı da yıkanarak alt seviyelerde biriktiğinden alkalileşme toprak geçirgenliğini (infiltrasyon) azaltır ve toprağın işlenmesini güçleştirir. Aynı şekilde toprak

kolloidlerinin de dispers olmaları nedeniyle toprak strüktürü bozulur, su ve hava dolaşımının engellenmesi nedeniyle bitki kökleri gelişemez. Bu durum değişebilir sodyumun fazla olmasından kaynaklanır. Belirtilen nedenlerle sodik veya alkalen topraklar drenajı bozuk ve kuruduğunda çok sertleşen topraklardır (Ergene, 1997: 113-114). Ortam yoğunluğunun (osmotik basıncın) artmasına neden olduğundan bitkilerin topraktan osmoz yoluyla su almasını güçleştirir, besleyici elementlerden biri olmasına karşın fazla olduğunda bitkilerde toksik etki yapar. Alkalileşmenin bir diğer degradasyonal etkisi ise toprağın yarayışlı demir içeriğini azaltmasıdır. Çünkü toprakların pH'si arttıkça bitkiler için yarayışlı demir içerikleri azalmaktadır (Anonymous, 2003: 91). Alkalileşme ülkemizde Karadeniz Bölgesi dışında bütün bölgelerde görülmektedir (Kantarcı, 1987: 289).



Şekil 1: Türkiye'de tuzluluk ve alkalilikten kaynaklanan kimyasal arazi degradasyonunun görüldüğü sahalar (Dizdar, 2003, s 74'ten tadilen).

Figure 1: The distribution of areas which suffered from chemical land degradation resulting from salinity and alkalinity in Turkey (adapted from Dizdar, 2003: 74).

c) Asitleşme

Toprağın asit özellikte oluşu, kısaca toprak çözeltisinde serbest hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun OH (hidroksil) iyonlarından fazla olması anlamına gelir. Bu durum yağışlı iklim bölgelerinde ya da ortamda daimi veya uzun süreli su birikimi görülen drenaj durumu bozuk sahalarda ortaya çıkar. Genel olarak nemli bölgelerde pH 7'nin altında, kurak bölgelerde ise 7'nin üzerindedir (Çizelge 6). Toprak reaksiyonu açısından nötr durumda olan topraklar toprak çözeltisinde hidroksil (OH) ve hidrojen iyonlarının aynı oranda bulunduğu topraklardır. Nemli-yağışlı iklim bölgelerinde toprak aşırı şekilde yıkanarak çoğu önemli bitki besin maddeleri durumundaki Ca, Na, Mg ve K gibi katyonların yerine hidrojen iyonları geçer. Hidrojen iyonlarının artışı ise toprağın asitleşmesine neden olur. Özetle asit topraklar bazların (katyonların) yıkanarak topraktan uzaklaştırıldığı ve bunların yerini alan hidrojen iyonlarınca zengin ancak bitki besin maddeleri açısından fakir topraklardır. Nemli ortamlarda vejetasyon da yoğun olduğundan toprakta ayrışmakta olan organik maddeden hasıl olan CO_2 toprağın asitleşmesini daha da hızlandırır. Drenaj şartları da toprağın asitleşmesinde etkili olabilmektedir (Atalay, 1989: 52 ve Mater, 1986: 108-109). Podzoller, podzolik topraklar hatta lateritler bu koşullar altında oluşmuş bulunan asit topraklardır.

Çizelge 6 : Toprak Reaksiyonu Derecelemesi

Table 6 : The Soil Reaction Degrees.

pH	Toprak/Reaksiyon
4.0 <	Çok kuvvetli asit
4.0-4.9	Kuvvetli asit
5.0-5.9	Orta derecede asit
6.0-6.9	Hafif asit
7.0	Nötral
7.1-8.0	Hafif alkalin
8.1-9.0	Orta derecede alkalin
9.1-10.0	Kuvvetli alkalin
10.0 >	Çok kuvvetli alkalin

Kaynak: Mater, 1986: 108.

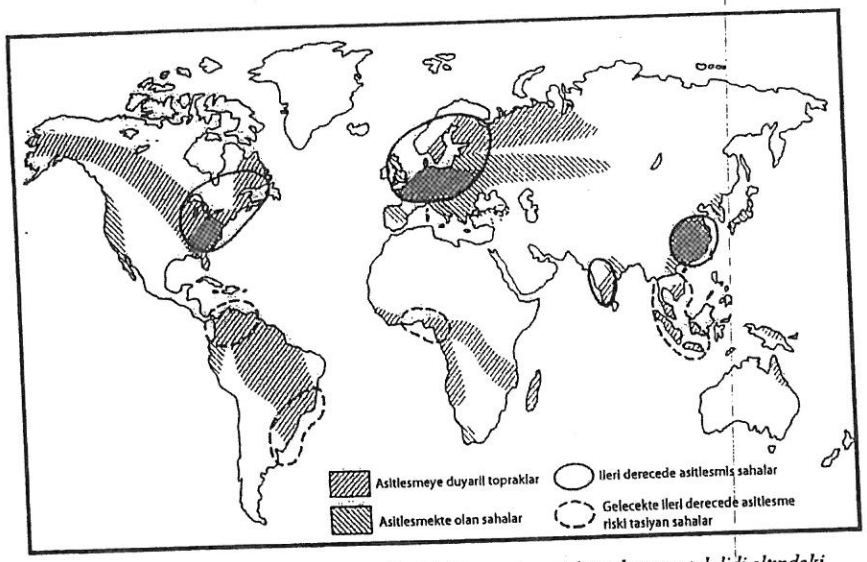
Doğal nedenlerle özellikle yağışlı iklim bölgelerinde doğal vejetasyon ve kültürü yapılan tarım bitkileri yüksek asitliğe adapte olduğundan, az yağışlı bölgelere göre fazla olan toprak asitliği bir sorun teşkil etmez. Ancak bu sahalardaki topraklarda çeşitli katyonlar ve özellikle kalsiyum yıkanmış olduğundan, dış etkenlerle daha da artan asit nötralize edilemez. Bu durum nemli bölgelerdeki toprakların asitleşmeye daha fazla hassas olmasına neden olur (Şekil 3). Genel olarak yağış ve yıkanma, asit ürünler oluşturan anamateryal ve organik maddenin çürümesi doğal yollardan asitleşmeye yol açar. Organik maddenin çürümesi sırasında açığa çıkan H^+ iyonları asiditenin artmasında önemli rol oynar. Ayrıca organik maddenin çürümesinden ortaya çıkan CO_2 su ile reaksiyona girerek zayıf bir asit olan karbonik asit (H_2CO_3) oluşturur. Bunun yanında organik maddelerin ayrışması sırasında bazı zayıf organik asitler de oluşmaktadır. Toprak asitliği çeşitli nedenlerle artarsa (drenaj şartlarının bozulması, hatalı gübreleme vs) topraktaki bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından kullanılabilirliği önemli ölçüde azalabilmektedir. Hatta hidrojen iyonu konsantrasyonunun aşırı artışı, asitliğe toleransı olmayan veya düşük olan bazı bitki türleri için toksik etki yapmaktadır. Aynı şekilde toprak asitliğinin fazla artması, bazı elementlerin toprak çözeltisinde fazlalaşmasına neden olarak, bitkilerde dolaylı yoldan toksik etki yapabilmektedir. Asidite toprakta birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylarda belirleyici rol oynar. Toprak şiddetli asit reaksiyon gösterdiğinde, Al, Fe ve Mn bileşikleri çözünüp bu elementler toksik etkilerde bulunabilecek seviyelerde bol miktarda açığa çıkar. Al ile Fe, topraktaki fosforla kimyasal reaksiyona girerek çözünmez bileşikler yaparlar. Böylece şiddetli asit reaksiyon gösteren topraklarda önemli bir besin elementi olan fosforun alınması önlenmiş olur. Şiddetli asit reaksiyon gösteren topraklarda Ca, Mg, K ve Mo gibi besin elementlerinin de alınması güçleşir veya engellenir (Çepel, 1988: 361). Ayrıca daha önce toprakta mevcut olan bor, manganez, alüminyum ve bakır gibi iz elementler aşırı asitleşme sonucunda toksik çözeltiler oluşturabilmektedir. Yüksek verimli ürün hasadı da toprağın asitleşmesine neden olur ya da asitleşmeyi hızlandırır. Çünkü, bitkiler beslenmeleri için topraktan Ca^{++} gibi katyonları almak durumundadır. Ürün hasat edilip tarladan kaldırıldığında bitki bünyesindeki asitliği tamponlayacak bazik elementlerin bir kısmı kaybolur ve toprak asitliği artar. Yani verimin artışı topraktan daha fazla bazik elementin kaldırılışına ne-

den olmaktadır. Taneli bitkilerin hasadı topraktan daha az bazik elementin uzaklaşmasını sağlar. Bunun nedeni tanelerin yaprak ve dallardan daha az bazik maddeler içermesidir. Yonca gibi yüksek verimli yem bitkileri toprağın asitliğini en çok arttıran kültür bitkilerindendir (Anonymous, 2003: 90).

Genel olarak toprak asitliğinin artışı giderek çayır ve mer'aların zayıflaması, bitki hastalıkları ve zararlılara duyarlığın artması, bitki gelişiminde duraklamalar ve yavaşlamalar şeklinde kendini göstermektedir (Görcelioğlu, 2002: 300). Asitleşmenin bir degradasyon olarak ortaya çıkması daha çok "sekonder asitleşme" yani toprak asitliğinin doğal olarak geçmişten beri süregeldiği (primer asitleşme) çok yağışlı bölgeler dışında kalan toprak reaksiyonunun belli bir dengede olduğu yerlerde söz konusu olmaktadır. Örneğin nötr ve hafif asit reaksiyon gösteren toprakların çeşitli nedenlerle hidrojen iyonu konsantrasyonunun artarak orta ve kuvvetli asit reaksiyon gösteren topraklara dönüşmesi, doğal dengenin bozularak bir dizi ekolojik sorunun ortaya çıkmasına yol açmakta böylelikle arazinin verim değeri düşmektedir. Asitleşme tehdidi altındaki topraklarda tarımsal amaçla toprağa amonyum sülfat ve süper fosfat verilmesi toprağın asitliğini daha da arttırır. Ladin, sedir ve çam türleri ile funda (Erica sp) gibi bitkiler toprağın asitliğini arttırmaktadır (Çepel, 1988: 358). 1958-1960 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde pH'in 4'ten az olduğu çay tarımı yapılan alanların toplama oranı % 0,12 düzeyinde iken, amonyum sülfatlı gübrelerin kullanılmaya başlamasından sonra 1981 yılında % 40'a, 1989'da ise % 85'e ulaşmıştır (Şekil 3). Azotlu gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanımı da toprağın asitleşmesine yol açmaktadır. Örneğin Nevşehir ili çerçevesinde, patates yetiştirilen alanlarda aşırı ve bilinçsiz azotlu gübre kullanımı nedeniyle asitlik oranı 100 kat artmıştır (DPT, 1998'e göre: Anonymous, 2003: 92).

Hava kirliliğinin ürünü olan asit yağmurları da toprakta asitleşmeye dolayısıyla degradasyona yol açmaktadır. Asit yağmuru endüstriyel tesislerden ve özellikle fosil yakıt kullanımından atmosfere salınan nemli veya kuru asit malzemenin yağması şeklinde tanımlanabilir. Nemli asit malzeme yağmur, kar ve kar erimesi, çiğ, kırağı ve sis şeklide yer yüzüne ulaştığı gibi kuru şekilde yani gaz ve partikül olarak ta yeryüzüne inebilmektedir. Asit yağmurları toprağın kimyasal yapısını bozduğu gibi, doğal vejetasyona (özellikle ormanlara) ve kültür bitkilerine, toprağın fiziksel ve kimyasal dengesinde ve verimliliğinde önemle rol oynayan toprak organizmalarına, iç sular (göller ve akarsular) ve iç sularda yaşayan canlılara zarar vermektedir. Az miktarda asit yağışlar öncelikle orman ağaçlarının büyümesini yavaşlatmaktadır. Yağışlardaki asit oranı arttıkça cılız ve hastalıklara direnci büyük ölçüde düşmüş ağaçlardan oluşan ormanlar ortaya çıkar. Son aşamada ise büyük ölçüde dalları kurumuş, tohum vermeyen ve gelişimleri tamamen durmuş ağaçlar gözlenir (Berkes ve Kışlalıoğlu , 1990: 147, 149). Örneğin, Yatağan'da 16.000 ha kızılçam ormanı ortadadan kalkmış, Afşin-Elbistan civarındaki orman alanları zarar görmüştür. Özellikle Yatağan Termik Santrali civarında pamuk, tütün, zeytin alanlarında rekoltelerde büyük düşüşler meydana gelmiştir (Haktanır ve diğ, http://...08.pdf. 2004:214). Samsun ve Gelemen'deki bakır izabe ve azot gübresi fabrikalarından kaynaklanan asitli yağışların bölgedeki tütün üretimine verdiği zarar üreticiye her yıl tazminat ödenmesine neden olmuştur (Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990: 147, 149). Asit yağmurları 1960'larda fabrika bacalarının hava kirliliğini azaltmak için bacalarının yükseltilmeye başlamasından sonra hızla artmıştır. Özellikle SO_2 emisyonundan kaynaklanan H_2SO_4 ve H_2SO_3 kuvvetli asitlerdir. Sülfirik asit topraktaki katyonların yıkanarak topraktan uzaklaşmasına, ağır metallerin ayrılarak serbest kalmasına (Fe, Mn, Zn, Cd, Al vb) ve dolayısıyla canlılar ve bitkiler için öldürücü etkide bulunmasına neden olur. Serbest kalan alüminyum, bitki kökleri tarafından tutulur ve bitkilerin yaşamsal öneme sahip Ca ve

Mg gibi maddeleri almalarını engelleyerek ölmelerine neden olur (Özey, 2001: 116-117). Aynı şekilde azot oksitleri de (NO_x) atmosferdeki nemle birleşerek nitrik asitlere dönüşmektedir. Toprakta amonyum azotu arttıkça, bitkiler tarafından alınma miktarı da artar. Bu arada amonyum azotunun mikroorganizmalar tarafından azot oksitlerine çevrilmesi de hızlanır. Azot oksitleri toprak suyu ile birleştiğinde kuvvetli bir asit olan nitrik asit oluşur. Bu nedenle asit yağmurları ile topraktaki azot bileşiklerinin miktarı artarken toprak da giderek asitleşmektedir. Ayrıca toprakta azot ve amonyum azotunun artması, iyon antagonizması nedeniyle Ca ve Mg'nin bitkiler tarafından alınması engellenmektedir. Bu yüzden toprağa azotlu gübre atılırken dikkat edilmesi gerekir (Çepel, 1997: 49). Çevresine göre asit veya daha fazla asit reaksiyon gösteren topraklarda, asit yağmurları yararlı katyonların drenaj suları ile uzaklaşmasına yol açarak besin maddesi kaybına yol açtığı gibi Mn^{2+} ve Al^{3+} gibi fitotoksik etki yapan katyonların serbest kalmasına yol açarak arazi degradasyonuna neden olmaktadır (Baykut ve diğ., 1987: 228). 1980'li yıllarda dünyanın en fazla sanayileşmiş bölgeleri olan Kuzeybatı Avrupa ve Kuzeydoğu Amerika'da yağmur suyunun ortalama pH değeri 4'e inmiştir. Suyun nötral pH değerinin 7 yağmur suyunun 6 olduğu göz önüne alındığında, pH 4 değerinin logaritmik pH ölçeğinde normal suyun 100 katı kadar asitli olduğu anlaşılır. Avrupa'nın hemen hemen tamamı, Japonya ve Kuzey Amerika'nın doğu yarısı pH 4 ile 5 değerlerinde asit yağmurları almakta iken Türkiye pH 5.5 değerinde asit yağmuru alan kuşak dahilinde bulunur. Asit yağmurlarının degradasyonal etkisi iç sular ve toprak bünyesinde olduğu gibi özellikle çok yıllık kültür bitkileri ve orman vejetasyonu dahilinde de gerçekleşebilir. Yağış sularındaki asit bitkilere zarar verip fotosentezi olumsuz etkilediği gibi topraktaki besleyici tuzların yıkanıp gitmesine de neden olmaktadır (Whelpdale, 1983'e göre Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990: 144). Asit yağmurlarından etkilenmenin derecesi bölgesel hava hareketlerine ve toprağın kimyasal yapısına bağlı olarak değişir. Emisyonun kaynak bölgesi en çok etkilenen sahadan çok uzaklarda olabilir. Örneğin İskandinavya bölgesini etkileyen asit yağmurlarının büyük bir kısmı Kuzey İngiltere ile Kuzey Almanya'dan kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde Kanada da asit yağmurları ABD kaynaklı olduğu gibi Türkiye'de Trakya ve Karadeniz bölgesini etkileyen asit yağmurları büyük ölçüde Avrupa'dan kaynaklanmaktadır. Ortamda kireçtaşının yaygın oluşu veya toprakta kireç bulunması asitleri nötralize ettiğinden asit yağmurlarının olumsuz etkisini azaltmaktadır. Örneğin Kuzeydoğu Kanada ve İskandinavya'nın topraklarında kireç bulunmadığı gibi jeolojik yapısında da kireçli kayalar azdır. Bu nedenle asit yağmurlarından daha çok etkilenirler. Aynı şekilde D. Karadeniz Bölümü kıyı kesiminde, çay tarımı yapılan sahalarda, anamateryal ve toprağın kireç içermemesi, soğuk ve nemli iklim koşulları ve amonyum sülfatlı gübre kullanımı asitleşmenin tehdit edici boyutlara ulaşmasına zemin hazırlamıştır. Buna karşın Almanya'da ve Türkiye'de kireçli kayalar geniş alanlar kapladığından hem iç sular hem de topraklar asit yağmurlarından daha az etkilenmektedir. Ancak Almanya'nın güneybatısındaki Kara Ormanlar jeolojik yapı ve konuma bağlı olarak asit yağmurlarından en çok etkilenen ormanlık alanların başında gelir. 1985 yılında Kara Ormanların % 50'sinden fazlasının asit yağmurları nedeniyle çok kötü etkilendiği bildirilmiştir (Tümertekin ve Özgüç, 1998: 549). Asit yağmurlarından kaynaklanan asitleşme Türkiye'de bazı lokal alanlar dışında ciddi boyutlara ulaşmış değildir. Ancak Ergani bakır madenlerinin civarında, Murgul (Göktaş) Bakır Fabrikası, Samsun ve Gelemen'de bakır izabe ve azot gübresi fabrikaları ve Yatağan termik santralleri civarında lokal alanlarda asit yağmurlarından kaynaklanan degradasyona rastlanmaktadır (Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990: 146). Örneğin Murgul civarından alınan toprak örneklerinde, pH değerinin 3.5'e kadar düştüğü yani toprağın aşırı derecede asitleştiği görülmüştür (Güney, 2002: 29).



Şekil 3: Çeşitli şekillerde asitleşme nedeniyle kimyasal arazi degradasyonu tehdidi altındaki toprakların bulunduğu sahaların yayılışı. Rodhe & Herrera'ya göre C. J, Barrow 1991' den tadilen.
Figure 3: Global distribution of the soils which are under the threat of chemical degradation because of acidification which occurred for various reasons (adapted from Barrow 1991: 190, according to Rodhe& Herrera).

d) Kirlenme (Polüsyon)

Toprağın veya arazinin verim değerinin düşmesine, niteliğinin bozulmasına yol açan diğer bir degradasyon şekli de toprak kirlenmesidir. Toprak kirliliği genel olarak havadan, sudan kaynaklanan kirleticiler ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Çevre sorunlarından biri olan toprak kirlenmesi aynı zamanda toprağın verim değerini düşürdüğünden bir arazi degradasyonu çeşidi olarak değerlendirilir. Toprak kirliliğine yol açan faktörler; tarım alanlarında bilinçsiz ve aşırı tarımsal ilaçlar ya da pestisitler (herbisit, insektisit, fungisit vb) ile suni gübre kullanımı, endüstriyel atıklar (katı, sıvı ve gaz) ve madencilik uygulamaları sırasında çıkan toksik maddelerdir. Toprakta ağır metaller (Cu, Zn, Fe, Cd, Hg, As, Ni, Ag, Pb vb) ve iz elementlerin fitotoksik düzeyde artışı vejetasyon ve kültür bitkilerinin gelişimini engellemekte ve verimin azalmasına yol açmaktadır. Ağır metallerin en önde gelen kaynakları doğrudan jeolojik formasyonlar, maden ocakları, maden işleme tesislerinin atıkları, kanalizasyon suları, endüstriyel tesislerin atıkları, egzos gazları, gübre ve zararlı organizmalarla mücadele amaçlı kullanılan tarım ilaçları (pestisitler) vb şeklindedir. Ağır metaller humus dahilinde daha çok tutulduğundan üst toprakta daha fazla birikir. Ayrıca kil ağır metallerin absorbsiyonunda etkilidir. Ancak asit topraklarda ağır metal iyonları serbest kaldığından alt toprağa hatta yer altı sularına taşınabilir. Ağır metallerle toprak kirlenmesinin degradasyonal etkileri fitotoksik etkiler yanında bitkilerin bazı besin maddelerini almalarının engellenmesi, ölü örtünün ayrışmasını yavaşlatması nedeniyle madde döngüsünün sekteye uğratılması şeklindedir. Ağır metaller toprakta giderek birikir ve yıkanmayla uzaklaştırılması çok zordur. Ayrıca ağır metaller besin zinciri yoluyla insan sağlığını da tehdit etmektedir (Eruz, 1992: 78). Örneğin nikelin toprakta bulunuşu 600 ppm'i aştığında toksik etki yapar. Atık sulardan ve arsenik içeren pestisitlerden toprağa karışan arsenik, toprağın 10-15 cm'lik üst kısmına

fikse olarak özellikle kumlu topraklarda yetişen bitkilerde fitotoksik etki yapar, yaban ve kültür hayvanlarının zehirlenmesine neden olur. Mikroorganizmalar ve bitkiler için önem taşıyan kobalt ile molibden ve çinko önemli eser elementler olmalarına karşın, toprakta normal bulunuş seviyelerinin üzerine çıkmaları, örneğin kobaltın 100-150 ppm'in üzerine çıkışı toprakta kuvvetli toksik etkiye neden olmaktadır. Toprakta 10-20 ppm düzeyinde bulunan kobalt bazı bitkisel mikroorganizmalar için de önemlidir. Bakır da (Cu) bitkiler için önemli bir iz element olmasına karşın, toprağa havadan ve tarımsal ilaçlardan geçerek normal bulunuş oranlarını aştığında, toprak kirliliğine yol açar. Özellikle meyve bahçelerinde ve bağlarda yaygın olarak kullanılan $CuSO_4$ (bakır sülfat/göz taşı) pestisit olarak uygulandığında toprakta birikerek yararlı mikroorganizmalara toksik etki yapar. Bu şekilde toprakta humus oluşumunu kısıtladığından toprağın organik yönden zayıflamasına neden olur. Bakırın özellikle asit karakterli topraklarda zararlı etkileri daha çok görülür. Bitkilerde (özellikle narenciye bahçeleri ve bağlarda) demir ve fosfor eksikliğine ve kloroza hastalığına neden olur (Çepel, 1997: 38). Çinko ve kadmiyum doğada birlikte bulunmakta ve çinko işletilen madenler, çinkolu alaşım ve kaplama yapılan endüstri sahaları ile üretimlerinde çinkonun kullanıldığı tesisler civarında atık sulara karışarak toprakta yoğunlaşmaktadırlar. Fosforlu gübrelerde eser halinde bulunan kadmiyum özellikle süperfosfat gübresi uygulanan topraklarda aşırı oranlarda birikebilir. Bitkiler için az miktarda gerekli bir iz element olan çinko toprakta birikimi belirli oranları aştığında fitotoksik etki yapmaktadır. Bitkiler için gerekli mikro besin elementleri olan molibden ve selenyum da sanayi faaliyetlerin yoğun olduğu yerlerde atık sularla toprakta birikebilmekte, toprakta konsantrasyonu yükseldiğinde fitotoksik ektide bulunmaktadır Benzinin katkı maddesi olan kurşun özellikle karayolları civarında bulunan tarım alanlarında birikmektedir. Öncelikle üst toprakta biriktiğinden yüzeye yakın seviyede gelişen turp, şeker pancarı ve marul gibi kültür bitkilerinin bünyelerinde fazla birikir. Bitkilere fitotoksik etkide bulunmamasına karşın bunları yiyen hayvan ve insanların vücudunda birikerek ölümcül toksik etkide bulunabilir. Toprakta konsantrasyonu artan kurşun bileşikleri, karbonat, fosfat ve sülfat gibi zor çözünen bileşiklere dönüştüğünden mobilitesi azalır ve yıkanmayla uzaklaşması güçleşir. Civa da bitkiler için toksik etki yapmamasına karşın hayvanlar ve insanların vücut dokularında birikerek ciddi toksik etkide bulunan ağır metallerdendir. Bir kısmı toprak yüzeyinden buharlaşan civa bileşikleri özellikle humus dahilinde birikmektedir. Toprağa sanayi faaliyetlerinden, tarımsal alanlarda kullanılan fungusidler ile kömür ve yağların yanması sonucunda ulaşır. Endüstriyel alanlar özellikle çelik ve alaşım endüstrisi sahalarından, ultrabazik kayaçların olduğu sahalardan kaynaklanan nikel ise toprakta normal olarak 50-100 ppm düzeyinde bulunur. Topraktaki konsantrasyonu 100 ppm'in üzerine çıktığında fitotoksik etki yapar. pH değeri düşük asit topraklarda nikel birikimi daha fazla olmaktadır (Mater, 1986: 150-153).

Zararlı hayvansal, bitkisel organizmalar veya mikroorganizmalara karşı kullanılan tarım ilaçları (pestisitler); organik, doğal, sentetik-organik kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır. Bunlardan suda çözünmeyip yağda çözünen yani doğal ortamda geç çözündüğü için (2-5 yıl) biriken pestisitler, kimyasal açıdan klorlu hidrokarbonlar grubundandır. Biyolojik ve kimyasal ayrışmaya dayanıklı olan bu pestisitlerin başlıcaları DDT ve PCB (Poliklorürlü bifeniller) grubundandır. Fotokimyasal ayrışma ise toprak yüzeyi ile sınırlıdır. Pestisitler genel olarak kolloidal kısımlarda (2 mikrondan küçük kil, humus parçacıkları) tutulurlar. Suda çözünen pestisitler yıkanma ile toprağın alt katlarına taşınıp kısa zamanda uzaklaşurılabilir. Pestisitlerin yıkanma ve uzaklaştırılma durumları; yıkanma şiddeti, pestisitlerin çözünme derecesi ile kil fraksiyonları ve toprak kolloidleri tarafından absorbe edilme derecelerine bağlı olarak değişir. Genel olarak herbisitler, fungusit ve insektisitlere göre toprak profi-

linde daha hareketlidir. Suda çözünürlüğü az olan pestisitler ise toprak yüzeyinde biriktiklerinden daha çok rüzgarla ve yüzeysel akışla taşınabilirler. Pestisitler, hedeflenen zararlıların dışında toprak organizmalarının da zarar görmesine neden olur. Pestisitlerin ayrışma ürünleri ise bazen kendisinden daha fazla zararlı olabilir. Özellikle belli pestisit türlerinin sürekli kullanımı sonucunda toprak organizmalarının tür çeşitliliği azalmakta dolayısıyla toprağın verim değeri düşmektedir. Yararlı organizmaların azalması, pestisitlere dayanıklı veya bağışıklık kazanan organizmaların çoğalması ekolojik dengeyi bozar. Bu arada arılar da öldüğünden önemli bir ekonomik etkinlik olan arıcılık zarar görür. Bundan başka nesli tükenmeye yüz tutmuş bir çok canlı türü (kuşlar, böcekler, memeliler, bazı bitki türleri vb) özellikle besin zinciri yoluyla etkilenerek yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalırlar. Sonuç olarak bilinçsiz, aşırı ve sürekli tarımsal ilaç kullanımı arazinin verim değerinin düşmesinde oldukça etkili olabilmektedir (Eruz, 1992: 79-80).

Toprağın verimini arttırmak için yaygın olarak kullanılan suni gübreler, bir ya da daha fazla besin maddesi (azot, fosfor, potasyum vb) içeren kimyasal bileşiklerdir. Ancak tarımsal gübrelerin özellikle azotlu ve fosforlu gübrelerin yanlış ve aşırı kullanımı bir dizi çevre sorunları yanında arazinin verim değerinin düşmesine de neden olmaktadır. Daha çok amonyum nitrat ve amonyum sülfat bileşiminde toprağa verilen azotlu gübreler fazla kullanıldığında beklenen yararı sağlamadığı gibi ortaya çıkan zararlı azot bileşikleri besin zinciri yoluyla toprak organizmalarına hatta insanlara zarar vererek çevre sorunlarına yol açmaktadır. Amonyum azotu toprakta absorbe edilebilirken nitrat azotu absorbe edilemez. Bu nedenle nitrat azotu infiltrasyonla toprağın alt katlarına ve taban suyuna oradan da yüzey sularına karışmaktadır. Ancak topraktaki amonyum azotu nitrifikasyonla nitrat azotuna dönüşebilir (Çepel 1997: 70). Toprağa gübreleme yoluyla doğrudan katılan ya da diğer azotlu bileşiklerin bazı mikroorganizmalar aracılığıyla oksidasyona uğramasıyla, azot bileşiklerinden türeyen nitrat iyonları, toprak tarafından absorbe edilemediğinden yüksek mobiliteye sahiptir. Azotlu gübreler özellikle silisli ana kaya ve kumlu topraklarda asitleşmeye yol açar. Örneğin asit topraklara amonyum sülfat gübresi verildiğinde asitlik derecesi yükselir. Bu durum topraklarda bazı besin maddelerinin bitkiler tarafından alınamamasına, asit katyonların toksik etki yapacak kadar artmasına, mikroorganizmalar ve faaliyetlerinin sınırlanmasına yol açarak toprağın verim değerinin düşmesine neden olur. Bundan başka hayvanlarda üreme güçlüğü, düşük, süt üretiminin azalmasının sulardaki azot yoğunluğu ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (Haktanır, 1987'e göre Çepel, 1997: 72). Bu nedenle Avrupa'da bazı ülkelerde toprağın azotlu gübrelerle gübrelenmesinde 20 kg/ha/yıl şeklinde sınırlandırmalar getirilmiştir. Bu değere bir çok bölgede atmosferik azot depolanmasıyla toprakta kendiliğinden ulaşıldığından azotlu gübrelemenin gerekmediği düşünülmektedir (Çepel 1997: 71). Su ortamında ise azot konsantrasyonunun 0.3 mg/lt'nin altında olması gerekmektedir. Litrede 50 mg'den fazla nitrat bulunan sular süt çocuklarının ölümüne yol açmaktadır (Eruz, 1992: 80).

Fosforlu gübreler ise ortamdaki Fe, Al ve Ca iyonları ile çözünmez bileşikler oluşturduğu gibi kil mineralleri ile oksitler tarafından absorbe edildiğinden nitratlar gibi mobil değildir. Sızma ile alt katlara geçmesi, taban suyuna taşınması önemsiz düzeydedir. Ancak erozyonla ve yüzeysel akışla yüzey sularına taşınarak azotlu bileşiklerden çok daha fazla çevresel sorunlara yol açabilir. Su ortamlarında fosfor konsantrasyonunun 0.01 mg/lt'yi aşmaması gerekmektedir (Eruz, 1992: 80). Süper fosfat gübreleri de bilinçli kullanılmadığı takdirde toprakta asitleşmeye yol açabilir. Bitkiler tarafından kullanılmayan fosfor gübresi güç çözünen fosfor bileşiklerine dönüşmektedir. Alkalen reaksiyonlu topraklarda, çözünmez kalsiyum fosfat; asit reaksiyonlu topraklarda ise çözünmez demir ve alüminyum fosfat şeklinde bağlanır. Ayrıca fosfatların önemli bir bölümü biyolojik olarak da bağlanmaktadır (Çepel, 1997: 72).

Bilindiği gibi radyoaktif elementlerin çekirdekleri çevreye beta ve gama ışınları yayar ve belirli bir süre sonunda (yarılanma süresi) yeni bir denge haline ulaşarak başka bir radyoaktif veya radyoaktif olmayan elemente dönüşürler. Nükleer denemeler, nükleer santral kazaları, nükleer atıklardan sızıntılar ve nükleer bombalardan doğal ortama giren radyoaktif maddeler, konsantrasyonlarına ve kalış sürelerine bağlı olarak olumsuz çevresel etkilere yol açar. Özellikle uzun ömürlü radyoaktif maddeler besin zincirine girerek canlıların hücre yapısında bozulmalara yol açmaktadır. Örneğin yarılanma ömrü 30 yıl olan Sezyum 137 toprak içeriğinde kil ve humus bünyesinde tutulmaktadır. 1986 yılında Ukrayna'da meydana gelen nükleer santral kazasında (Çernobil nükleer kazası) büyük çapta radyoaktif madde (Sezyum 137, Stronsiyum 90, İyot 131) hava sirkülasyonu ile kuzeyde İskandinav ülkeleri ile batıda İngiltere ve İspanya, güneyde Türkiye'ye kadar olan geniş alanları etkilemiştir. Çernobil kazasından sonra Almanya ve Avusturya'da uzun ömürlü radyoaktif elementlerden Sezyum 137 ve Stronsiyum 90'ın (yarılanma ömrü 29 yıl) üst toprakta, özellikle 0-3 cm'lik kısımda yoğunlaştığı anlaşılmıştır. Radyoaktif kirlilik besin zinciri yoluyla insanları da etkileyen önemli bir çevre sorunudur. Ancak radyoaktif kirlilikten etkilenen tarım alanlarında tarımsal ürünlerden, mer'alarda ise hayvansal ürünlerden (et, süt vb) uzunca bir süre yararlanılamaması arazi degradasyonu olarak değerlendirilebilir. Nitekim Avrupa'da bazı bölgelerde hayvanların sütü ve etleri kullanılmamaktadır. Bu sahalardaki otlaklarda otlatılan hayvanlarda anormal yavru doğumlarına sık rastlanmaktadır (Çepel, 1997: 89, Eruz, 1992: 80-81). Öte yandan, bazı araştırıcılar radyoaktif kirliliğin sanıldığından daha kısa süre dahilinde etkili olduğunu belirtmektedir. Buna neden olarak nükleer serpintide bitkilerin toprak üstü kısımları ile radyoaktiviteden doğrudan etkilendiği, toprakta uzun süre kalan Sezyum 137'nin sonradan yetişen bitkiler tarafından alınmadığı, dolayısıyla tarım ve mer'a bitkilerinde radyoaktivitenin etkisinin azalarak önemsiz derecelere indiği bildirilmiştir (Çepel, 1997: 90).

Petrol ürünleri ve mineral yağlar da toprak kirliliğine dolayısıyla arazi degradasyonuna yol açabilmektedir. Petrol türevlerinin yol açtığı kirliliğinin kaynakları; taşınma ve nakledilmeleri ile depolanmaları esnasında (tankerler, boru hatları vb), ham petrolün işlenmesi ve değerlendirilmesi, petrol kuyularından petrol çıkarılması sırasında çevreye sızmalar şeklindedir. Tarım ve ormancılık faaliyetleri sırasında tarım araçlarından benzin, mazot ve mineral yağların sızması, herbisit ve insektisitlerde taşıyıcı ve çözündürücü madde olarak dizel yağların kullanılması da zamanla toprakta tehdit edici boyutlarda birikmeye sebep olmaktadır. Ayrıca kullanılmış motor yağları ve mineral yağ sanayinin atık maddeleri de önemli kaynakları oluşturur. Petrol ürünleri ve mineral yağları, ayrışmalarının çok güç olması nedeniyle toprakta yıllarca kalmakta ve birikmektedir. Benzin ve gaz yağı 4-7, mineral yağlar 30-40, petrol ise 70 yıldan daha fazla ayrışmadan toprakta kalabilir. Bunların mekanik, kimyasal ve fiziksel yöntemlerle topraktan arındırılmaları son derece güçtür. Petrol ürünleri (hidro karbonlar) ve mineral yağlar, toprak taneciklerinin yüzeyini sarar ve bitki kılcal kökleri ile besin maddeleri arasında madde alış verişini engeller. Böylece bitki beslenmesi ve yaşamını tehdit eder. Bundan başka toprak faunası ve mikroorganizmalarına dolayısıyla toprak ekosisteminin işleyişine zarar verir. Petrol türevleri toprak kırıntılarını dağıtarak toprak strüktürünü bozduğu gibi toprak gözeneklerinin petrolle dolması hava ve su dolaşımını sekteye uğratır. Topraktaki katyon ve anyonları taşıyan toprak kolloidlerinin mineral yağlarla kaplanması iyon alış verişini de engeller. Toprak mikroorganizmalarının ortadan kalkmasıyla organik maddenin mineralize olması da engellenir. Bunlar toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengelerini bozar. Petrolün arazi degradasyonuna yol açmasına örnek olarak ülkemizden Adıyaman-Gerger-Güzelsu civarında TPAO'nun yaptığı sondaj çalışmalarının sonuçları gösterilebilir. Bu sahada çevreye yayılan petrol atıkları ekili alanlarda ürün kaybına ve toplu

hayvan ölümlerine neden olmuştur (Güney, 2002: 99). Öte yandan taban suyuna karışan hidrokarbonlar ve mineral yağlar içme ve kullanma sularını kullanılmaz hale getirirler. Örneğin 1 lt mineral yağ veya benzinin 1 000 000 lt içme suyunu kullanılmaz hale getirdiği bildirilmiştir (Çepel, 1997: 83-84).

Toksik kirleticiler tarımsal alanlarda ürün kaybına, ürün deseninin daralmasına, otlaklarda hayvanların zehirlenmesi ve hastalanması sonucu ortaya çıkan verim kaybına, yüzey, taban suyu ve yer altı sularında kirlenmeden kaynaklanan diğer bir dizi çevre sorununa yol açmaktadır. Petrol türevleri ve mineral yağlar ile bazı pestisitler özellikle herbisitler ve klorlu hidrokarbonlar; bitki, faydalı mikroorganizma, böcek ve diğer hayvanların doğal yaşam alanlarının kısmen veya tamamen bozulmasına yol açmaktadır. Üst toprakta yoğunlaşan ağır metaller toprak kolloidleri tarafından fikse edilerek toprakta birikir. Ağır metallerin bitkiler ve diğer canlılar için toksik etkileri yanında ilkel toprak faunası (solucanlar, böcekler vb) ile toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerini engellediğinden organik maddenin mineralizasyonu yavaşlar. Bu durum toprağın sürdürülebilir verimliliğinde son derece önemli olan ekolojik dengenin bozulmasına, toprak dahilindeki biyokimyasal süreçlerin sekteye uğramasına yol açar. Aşırı ve bilinçsiz azotlu ve fosforlu gübre kullanımı toprağın kimyasal dengesini bozmakta başka bir deyişle pH'ını normalden uzaklaştırmaktadır. Örneğin, daha önce belirtildiği gibi aşırı ve kontrolsüz amonyum sülfatlı ve azotlu gübrelerin kullanımı sonucu Doğu Karadeniz Bölümü'nde çay tarımı yapılan sahalarda ve Nevşehir ili çevresinde patates yetiştirilen sahalarda asitlik derecesi tehdit edici boyutlarda artmıştır. Ayrıca aşırı ve bilinçsiz azotlu ve fosforlu gübre kullanımı topraktaki biyoaktivite dengesini bozarak, bitkilerde gelişimi engelleyen fizyolojik ve fizyonomik bozukluklara yol açarak arazinin verim değerinin düşmesine ve bazı çevre sorunlarına neden olur. Öte yandan özellikle yüzey erozyonu görülen az eğimli sahalarda gübre kullanımı, erozyonla verim kaybını maskeleyerek arazi degradasyonunun geç fark edilmesine neden olmaktadır (Barrow, 1994: 194).

e) Nütrient Maddelerin Azalması/Tükenmesi

Bitki besin maddeleri (nütrient maddeler), bitkilerin yetişmesi ve yaşamsal faaliyetleri için gerekli olan element veya bileşiklerdir. Bitki besin maddeleri normal şartlarda organik ve inorganik maddelerin ayrışması ile meydana gelirler. Bu element ve bileşikler iyon halinde (K^{+}, NO_3^{-} vb) olabilecekleri gibi molekül halinde de (H_2O, CO_2 vb) olabilirler. Toprakta bilinen 16 besin elementinden mineral olmayan C, H, O dışındaki 13 element mineral besin elementleri olup bunlardan N, P, K, S, Ca, Mg bitki besin maddeleri olarak büyük öneme sahip makro elementleri, Mo, Fe, Mn, Zn, Cu, Cl ve B ise mikro elementleri oluşturur. 13 mineral besin elementi ayrıca birincil (N, P, K), ikincil (Ca, Mg, S) ve mikro besin elementleri (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl) şeklinde gruplandırılmaktadır.

Genel olarak topraktaki nütrient maddelerin azalması fiziksel ve kimyasal yolla olmaktadır. Buna toprakta var olan besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasının engellenmesi (inhibe edilmesi) de eklenebilir. Bu yollarla bitki besin maddesi kaybı; aşırı sulama, aşırı ve yanlış gübreleme, monokültür uygulamaları, ağır metallerle kirlenme, tuzlaşma, toprağın asitleşmesi ve erozyon gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. Tuzlaşma toprak reaksiyonunu değiştirdiği gibi besin maddesi dengelerini de bozmaktadır. Tuzlaşma ile iyon antagonizması nedeniyle Ca, Mn, Fe, Zn, Mg, B ve K besleyici elementlerinin bitkiler tarafından alınması engellenir. Toprak kolloidlerinin % 40-50 oranında sodyum ile doyması toprak kolloidlerinin bitki köklerinden kalsiyum çekmesine ve bitkinin kalsiyum yetersizliğinden ölmesine neden olmaktadır (Ergene, 1997: 114). Bilindiği gibi nemli-yağışlı iklim bölgelerinde yıkanma ile besin maddeleri durumundaki Ca, Na, Mg ve K gibi katyonların yerini

hidrojen iyonları alır ve toprak asitleşir. Özetle asit topraklar hidrojen iyonları bakımından zengin bazlar (katyonlar) bakımından fakir topraklardır. Bunun dışında anakaya/ anamateryal, drenaj şartlarının bozulması, organik maddenin ayrışması, özellikle azotlu gübrelerin bilinçsiz ve aşırı kullanımı ve asit yağmurları sekonder asitleşmeye yol açmaktadır. Bu şekilde topraktan yararlı besin tuzlarının uzaklaşması hızlanmaktadır. Yüksek verimli tarımsal bitkiler özellikle baklagillerin hasadıyla (bilhassa yonca, korunga gibi defalarca biçilen yem bitkileri) toprakta asitleşme meydana gelebilir. Çünkü bu şekilde bitkilerin bol miktarda aldıkları besin elementleri topraktan kaldırılmış olur. Bu durum asitleşmeyi artırır. Asitleşme sonucu Al, Fe ve Mn bileşikleri çözünüp bu elementler toksik düzeylere çıkarak bollaştığı gibi önemli bir besin elementi olan fosforun alınması engellenir. Asitleşme ile Ca, Mg, K ve Mo gibi besin elementlerinin de alınması güçleşir veya engellenir. Özellikle SO_2 emisyonundan kaynaklanan sülfirik asit, asit yağmurları sonucu toprağa ulaşarak katyonların yıkanması ve uzaklaşmasına, Al, Cd ve Mn gibi ağır metallerin serbest kalmasına yol açar. Özellikle serbest kalan Al bitki kökleri tarafından tutularak bitkilerin Ca ve Mg gibi besin elementlerini almasına engel olur. Bunun gibi asit yağmurları ile toprağa ulaşan azot oksitleri (NO_X) toprak suyu ile birleşerek nitrik asite dönüşmekte, toprakta azot ve amonyum azotunun artmasıyla iyon antagonizması nedeniyle bitkilerin Ca ve Mg almaları yine engellenmektedir. Ayrıca, hava kirliliğinden kaynaklanan asit yağmuru bitkilerin fotosentez yapmalarını engelleyerek verim kaybına yol açmaktadır. Özellikle kireçli ve alkalen reaksiyonlu topraklarda demir, suda güç çözünen bileşikler halinde bulunduğu için bitkilerin topraktan demir alımı zorlaşmaktadır. Demir bitkiler için özellikle klorofil yapımında dolayısıyla fotosentez için gerekli bir besin elementidir. Eksikliğinde yapraklarda sararma (kloroz) görülür (Kantarcı, 1987: 246). Bu nedenle alkalileşme toprakta bitkiler için yarayışlı demir içeriğini azaltarak arazinin verim değerinin düşmesinde rol oynayabilmektedir. Ağır metallerle toprak kirlenmesi fitotoksik etkiler yanında bazı bitki besin maddelerinin alınmasını da engellemektedir. Örneğin toprakta bakır içeriğinin fazlalaşması özellikle narenciye bahçeleri ve bağlarda demir ve fosfor eksikliğine yol açtığı gibi kloroz hastalığına neden olur.

Ülkemizdeki tarım topraklarında bazı bitki besin elementlerinin bulunuş oranları; potasyum (K_2O) içeriği % 87.4'ünde yüksek, % 5.8'inde yeterli, % 4.2'sinde orta ve % 2.6'sında ise yetersizdir. Tarım topraklarımızın fosfor içeriği ise % 29.5'inde çok az, % 28.5'inde az, % 17'sinde orta, % 15.7'sinde çok yüksek ve % 9.3'ünde yüksektir. Bundan başka ülkemizdeki tarım alanlarındaki toprakların % 49.83'ünde çinko içeriği, % 26.87'sinde demir içeriği ve % 0.7'sinde mangan içeriği kritik değerlerin altındadır. Bakır eksikliği ise sorun teşkil edecek düzeylerde değildir. En düşük çinko değerleri kumlu topraklarda, pH'i 8.5'ten fazla olan topraklarda veya kireç içeriği % 15-25 olan topraklarda ve organik madde oranı % 1'den az olan topraklarda görülmektedir. Çinko eksikliği en fazla organik, regosol, kestane rengi, kırmızımsı kestane rengi ve bazaltik topraklarda (andasol) görülmüştür (Anonymous, 2003: 90-91).

Topraktaki bitki besin maddelerinin mekanik/fiziksel yolla uzaklaştırılması erozyon sonucu gerçekleşir. Bu yolla özellikle verimli üst toprakta bulunan nütrient maddeler olan N, P_2O_5, K_2O ve organik maddeler de toprakla beraber taşınmaktadır. Ülkemizde erozyonla bitki besin maddesi kaybı 90 milyon ton kadardır (TÇV, 1999: 253).

Yağışlı iklim bölgeleri dışında, aşırı ve kontrolsüz sulama ile çoğu bitki besin maddesi olan elementlerin yıkanarak üst topraktan alt toprağa ve oradan yer altı sularına karışarak topraktan uzaklaşması, kimyasal yolla bitki besin maddelerinin azalmasına yol açmaktadır. Bu arada asit yağmurları sonucu toprağın asitleşmesi, aynı şekilde nütrient özellikte katyon-

ların topraktan uzaklaşmasına yol açmakta (kimyasal erozyon) veya bu süreci hızlandırmaktadır.

Monokültürde sürekli aynı kök derinliğine ve aynı besin isteklerine sahip tek türün tarımı yapıldığından toprak yorgunluğu ortaya çıkmakta ayrıca zararlılar sahaya yerleştiğinden arazinin verim değeri giderek düşmektedir.

Bundan başka aşırı ve erken otlatma, doğal vejetasyondan aşırı yararlanma bitki ve toprak arasında besin döngüsünde aksaklıklar yaratabilmekte ve bazı temel besin maddelerinin ortamda azalmasına neden olarak arazi degradasyonuna yol açabilmekte ya da hızlandırabilmektedir. Örneğin Doğu ve G. Doğu Anadolu'da meşe yapraklarının sürekli hayvanlara yedirilmesi sonucu toprakta makro besin elementlerinin özellikle potasyumun önemli ölçüde azaldığı ve arazinin verim değerinin düştüğü bildirilmiştir (Atalay, 1994: 177). Genel olarak ölü bitki dokularının kalıntılarını ifade eden organik madde, az miktarda bulunmasına rağmen toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli oranda etkiler. Organik maddelerin (doku ve metabolizma artıları) tanınmayacak şekilde ayrışmış koyu renkli kalıntıları humusu oluşturur. Organik madde ve humusu birlikte organik madde adı altında değerlendirmek uygun olacaktır. Organik maddenin toprağın iyileşmesindeki önemli rolü bilinmektedir. Bunlar, katyon değiştirme kapasitesini arttırması, özellikle killi topraklarda toprağın kırıntılaşmasını sağlaması, infiltrasyon kapasitesini arttırması ve erozyonun etkisini azaltması, su ve hava dolaşımını iyileştirmesi, toprak ısısını düzenlemesi, mineral döngüsünün önemli bir safhasını teşkil etmesi vb şeklinde özetlenebilir. Tarım topraklarında kültür bitkilerinin hasattan arta kalan kök ve gövde, dal, yaprak gibi parçaları (anız) organik maddenin kaynaklarını oluşturur. Tahıl tarımı yapılan topraklarda anız, toprak üzerinde 150-250 kg/da organik madde bırakmaktadır. Türkiye'deki tarım topraklarının yaklaşık 2/3'sinde organik madde içeriğinin az veya çok az olduğu göz önüne alınırsa, anız yakmanın arazinin verim değeri açısından zararı daha iyi anlaşılır. Organik maddenin azalması özellikle biyomas üretiminin az olduğu kurak ve yarı-kurak sahalarda ciddi sorunlara neden olur. Ayrıca anız yakılması toprak mikroorganizmalarının sayısını azaltarak topraktaki biyolojik dengenin bozulmasına yol açtığı gibi anızın hayvanlar için yem olarak kullanılma olanağı da ortadan kalkar. Öte yandan anız yakma orman yangınları açısından risk yaratır. Bundan başka hayvan dışkılarının tezek olarak ısıtmada kullanılması organik madde dolayısıyla verim kaybına yol açmaktadır. Ülkemizdeki tarım topraklarının % 21.5'inde organik madde çok az, % 43.8'inde az, % 22.6'sında orta, % 7.6'sında iyi ve % 4.6'sında yüksektir (Anonymous, 2003: 91). Organik madde miktarı % 2'nin altına düştüğünde erozyon çok kolaylaşmaktadır. Bu nedenle organik madde oranı, arazi degradasyonunun izlenmesinde önemli bir indikatör olarak değerlendirilir (Barrow, 1994: 181).

Toprağın Biyolojik Yönden Bozulması (Biyolojik Degradasyon)

a) Mikro ve Makro Fauna Aktivitelerinin Azalması

Toprağın biyolojik degradasyonu, topraktaki mikro ve makro organizmalarda azalma veya bu organizmaların toprağın verim değerinde etkili olan etkinliklerinin sınırlandırılması ile ortaya çıkar. Buna bağlı olarak ekolojik kontrol mekanizmaları da bozulmakta, patojenler ve asalaklarda artış ortaya çıkmaktadır. Toprak kirleticilerinin toprağın fizikokimyasal yapısında yol açtığı olumsuz değişiklikler bunda en büyük etken olarak görülmektedir (Domzal, 1994'e göre Aydınalp, 1998: 53). Toprak solucanları, mikroorganizmalar ve özellikle bakteriler 5.5 ile 7.5 pH dereceleri arasında en yüksek biyolojik aktivitelerini gerçekleştirirken bu arada organik maddenin ayrışması ve toprak strüktürünün gelişimi hızlanır. Buna karşın toprak reaksiyonu 5.5 olduğunda aerob bakterilerin çoğu ortadan

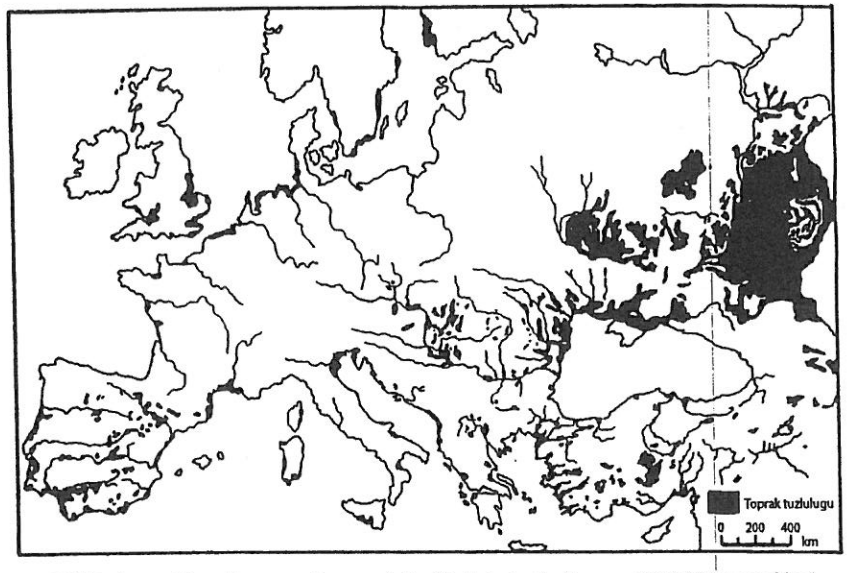
kalkar, 5 pH'nin altında solucanlar yaşayamaz, 3 pH'nin altında ise sadece bazı mantarlar yaşayabilir. Karınca, köstebek, solucan vb toprak canlılarının ortadan kalkması, toprak havalanmasını daha da yetersiz hale getirmektedir. Mantar miselleri bir çok bitki türlerinin kökleri ile birleşerek mikoriza (mantarlı kök) denen özel bir simbiyotik yapı meydana getirir. Bu mantarlar köklerle temas bölgesinde bitkilerin topraktan N, P, K veya Ca almalarına yardımcı olurlar ve gereksinim duydukları bazı maddeleri bitki köklerinden temin ederler (Çepel, 1988: 365).

Toprağın kimyasal ve fiziksel yapısı bozulduğunda yararlı organizmaların faaliyetleri sınırlandırılır hatta ortadan kalkar. Örneğin toprak yaşlığı durumunda toprak gelişimi ve veriminde son derece önemli olan, nitrat oluşturan ve bağlayan bakteriler ile kükürt bakterileri gibi yararlı mikroorganizmalar yerlerini toksik ürünler oluşturan anaerobik bakterilere bırakır, denitrifikasyonla azot kaybı oluşur. Toprak yaşlığının toprağın kimyasal bozulmasına neden olması, toprakta pH dengesini bozarak asitleşmeye yol açması ve bitkiler için toksik etki yapan bazı bileşiklerin ortaya çıkmasıyla meydana gelir. Bu durum yararlı organizmaların faaliyetleri ve tür kompozisyonunu olumsuz etkileyerek biyolojik degradasyona da yol açmaktadır. Toprak yaşlığına bağlı olarak yetersiz havalanma koşulları ortaya çıkar, aerobik mikroflora (nitrat oluşturan, azot bağlayan bakteriler ve kükürt bakterileri gibi) ve toprak faunasının aktiviteleri sınırlanır, bu canlılar toksik maddeler salgılamaya başlar. Anaerobik mikroorganizmaların artan faaliyeti karbondioksit, metan ve bazı organik asitlerin ortaya çıkmasına neden olur (Mater, 1986: 107-108). Ayrıca H_2S, sülfürler, Fe ve Mn iyonları gibi toksik maddeler oluşur. Oksijen yetersiz olduğundan özellikle Ca, Mn, ve Fe bitkiler tarafından alınamaz ve beslenme noksanlıkları meydana gelirken denitrifikasyonla azot kaybı oluşur (Çepel, 1988: 327).

Bağ ve bahçelerde pestisit olarak kullanılan $CuSO_4$ (bakır sülfat/göztaşı) topraktaki yararlı mikroorganizmalar için toksik etki yaparak toprakta humus oluşumunu kısıtlamakta ve toprağın organik bakımdan fakirleşmesine neden olmaktadır. Orman ve çalılıklarda çıkan yangınlar ile anız yakılması toprakta mikro ve makro organizmalara zarar vererek etkili olabilmektedir. Yangının şiddetine ve süresine göre toprak yüzeyinde sıcaklığın 200 C°'yi aşabildiği saptanmıştır. Yangın toprağın 0-7.5 cm'lik üst kısmında organik maddenin % 88 gibi büyük oranda azalmasına neden olur. Bundan başka yangın, mineral toprağın sertleşmesine, gözenekliliğinin azalmasına ve toprak strüktürünün bozulmasına yol açar. Buna bağlı olarak nem tutma kapasitesi azalır, yüzeysel akış artar ve yangından sonra erozyon şiddetlenir (Çepel, 1988: 371-372).

Sonuç ve Tartışma

Sonuç olarak kontrolsüz, aşırı ve bilinçsiz sulama, gübreleme ve tarım ilacı kullanımı, fosil yakıtlardan kaynaklanan asit yağmurları, sanayi ve evsel atıklardan toprakların kirlenmesi vb arazinin kimyasal ve biyolojik açıdan degradasyona uğramasına neden olmaktadır. Kimyasal arazi degradasyonu çeşitlerinden tuzlaşma ve alkalileşme dünyada geniş tarım alanlarında etkili olmuştur. Tuzlaşma ve alkalileşme en çok kurak ve yarı-kurak bölgelerdeki kapalı havzalarda ve delta ovalarında görülmekle beraber tropikal ve nemli iklim bölgelerinde de görülebilmektedir. Dünya'da en çok tuzlaşma ve alkalileşmenin etkili olduğu sahalar sırasıyla Avustralya, Kuzey ve Orta Asya ile Hazar Gölü'nün kuzey ve kuzeybatı kesimleri, G. Amerika, Güney Asya, Afrika ve Kuzey Amerika'dır. Örneğin Aral Gölü havzasının çölleşmesinde çok fazla sulama, ilaçlama ve gübreleme gerektiren pamuk ekim alanlarının genişletilmesi sonucunda 30-40 yıllık bir zaman zarfında tuzlaşma, çoraklaşma ve kirlenme şeklinde ortaya çıkan kimyasal arazi degradasyonu çok etkili olmuştur (Şekil 4).



Şekil 4: Avrupa'da tuzlaşmaya uğrayan sahalar (Szabolcs'a göre Barrow, 1991:190'dan tadilen).
Figure 4: The salinization in Europe (adapted from Barrow 1991: 190, according to Szabolcs).

Ülkemizde hafif tuzlu alanlar aşırı ve kontrolsüz sulama suyu veya tuzlu sulama suyu kullanıldığında degradasyona uğrama riski yüksek sahalardır. Hafif tuzlanmanın en çok alan kapladığı havza Büyük Konya Kapalı havzası (111 131,8 ha) olup havzanın % 23,1'inde görülmektedir. Bundan başka B. Menderes, Fırat, Seyhan ve Asi Nehri havzalarında çeşitli derecelerde tuzlaşma ve alkalileşme görülen sahalarda hafif tuzlaşmanın payı % 47,4 ile % 81,9 arasında değişmektedir. Tuzluluğun alan olarak en çok görüldüğü havza yine Büyük Konya Kapalı havzası olup çeşitli derecelerde tuzluluk ve alkaliliğin etkili olduğu toplam alanın % 63'ünde (303 811 ha) tuzluluk görülmektedir. Bu alanlar doğal nedenler ve hatalı sulama sonucu tarımsal potansiyelini tamamen veya büyük ölçüde yitirmiş olan sahaları kapsamaktadır. Seyhan, Gediz, B. Menderes ve Meriç-Ergene havzalarında da tuzlanmanın görüldüğü sahalar büyük alanlar kaplamaktadır.

Tuzlu-alkali alanlar ise doğal ve insan faaliyetleri nedeniyle tamamen veya geniş çapta tarım dışı kalmış, daha çok mer'a olarak kullanılabilen sahalar durumundadır. Hafif tuzlu-alkali sahalar tarım ve otlatma için halen kullanılmakta olup hatalı sulama söz konusu olduğunda ciddi boyutlarda degradasyona uğrama riski altındadırlar. Ülkemizde hafif tuzlu-alkali sahaların en yaygın olduğu alanların başında Kızılırmak, B. Menderes, Aras Nehri havzaları ile Van ve Konya kapalı havzaları gelir.

Değişebilir sodyum oranı yüksek ve çözünebilir tuz oranının düşük olduğu alkali topraklarda, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri büyük ölçüde bozulduğundan doğal vejetasyon ve kültür bitkilerinin yetişmesi ve gelişmesi büyük ölçüde engellenmiştir. Bir başka deyişle bu sahaların produktivitesi ciddi boyutlarda düşmüştür. Türkiye'de alkalileşmenin en etkili olduğu sahaların başında Ceyhan, Kızılırmak ve Doğu Akdeniz havzaları gelmektedir (Şekil 1).

Bitkiler için değerli besin elementleri durumundaki katyonların yıkanarak topraktan uzaklaştırılmasına, bazı ağır metallerin (Al, Fe, Mn, Zn. Cd vb) serbest kalarak bitkiler ve diğer canlılar için toksik düzeylere ulaşmasına, Ca, K, Mg ve Mo gibi bazı bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmasının engellenmesine, bitkilerin zararlılara ve hastalıklara duyarlılığının artmasına neden olarak kimyasal arazi degradasyonuna yol açan asitleşme, ülkemizde ve dünyada oldukça yaygın bir arazi degradasyonu çeşididir. Fosil yakıtlara bağlı asit yağmurlarının yol açtığı asitleşme sonucu Yatağan çevresinde pamuk, tütün ve zeytin rekoltelerinin büyük oranda düşmüş ve orman ağaçları zarar görerek ormanlar kendini yenileyemez hale gelmiştir. Samsun ve Gelemen'de bakır izabe tesisleri ve azotlu gübre sanayinin çevresinde geniş tarım alanlarında asitleşme sonucu tütün üretim alanları büyük zarar görmüştür. Benzer durum Murgul (Göktaş) bakır fabrikası civarında da ortaya çıkmıştır. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki çay üretim alanlarında amonyum sülfatlı, Nevşehir ilinde patates üretim alanlarında azotlu gübrelerin aşırı ve bilinçsiz kullanımı geniş alanlarda asitleşmenin tehdit edici boyutlara ulaşmasına neden olmuştur.

Çeşitli kaynaklardan (endüstriyel ve evsel atıklar, tarımsal ilaç ve gübreler, petrol ürünlerinin depolandığı tanklar ve boru hatları ile makine ve araçlardan sızıntılar vb) toprağa ulaşan kirleticiler çeşitli çevre sorunlarına yol açtığı gibi yüzey, taban ve yer altı sularının tarımsal amaçlı olarak kullanılamaz hale gelmesine, ürün kaybına, ürün deseninin daralmasına, toprağın niteliğini bozarak arazinin verim değerinin düşmesine yol açmaktadır. Örneğin özellikle endüstriyel atıklardan kaynaklanan Cd, Hg, As, Ni, Ag ve Pb gibi ağır metaller fitotoksik etki yanında, bazı besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasını engelleyerek, ölü örtünün ayrışmasını dolayısıyla madde döngüsünü engelleyip yavaşlatarak arazi degradasyonuna yol açmaktadır. Bunun gibi nükleer serpinti ve sızıntılardan kaynaklanan özellikle uzun yarılanma ömrüne sahip Sezyum 137 ve Stronsiyum 90 gibi radyo aktif kirleticiler tarımsal ve hayvansal üretimi en azından uzun bir süre engelleyerek arazi degradasyonuna neden olmaktadır.

Arazinin verimliliğinde son derece önemli rol oynayan bitki besin elementlerinin kaybı, fiziksel veya mekanik yollarla (erozyon, ağaç dal ve yapraklarının hayvanlara yedirilmesi vb sonucu) olduğu gibi kimyasal olarak ta ortaya çıkabilmektedir. Bunların dışında yılda birden fazla hasat yapılan verimliliği yüksek kültür bitkileri ile dal, yaprak ve gövdesi hasat edilen türler, monokültür, anız yakılması, yakacak olarak tezek kullanılması, aşırı ve erken otlatma bitki besin elementlerinin topraktan uzaklaşmasına, organik maddenin azalmasına veya madde döngüsünde kayıplara yol açmaktadır. Topraktaki bitki besin elementlerinin aşırı ve kontrolsüz sulamayla üst topraktan alt toprağa ve oradan da yer altı suları ve akarsulara taşınarak ortamdan uzaklaştırılması, kimyasal erozyon olarak nitelenmektedir. Sekonder asitleşme ile de bitki besin elementleri durumundaki katyonların yıkanarak uzaklaştırılması süreci hızlanır. Ayrıca toprakta mevcut besin maddelerinin bitkilerce alınmasının engellenmesi de bitki besin maddelerinin kaybı olarak değerlendirilir. Tuzlaşma, asitleşme ve toprak kirleticileri (özellikle ağır metaller) Ca, Na, Mg, K, Fe, Mn ve Zn gibi bir çok bitki besin elementinin bitkiler tarafından alınmasını engeller. Alkalileşme sonucu toprakta yarayışlı demir oranı azalır. Toprak kolloidleri sodyum ile fazla miktarda doyduğunda toprak kolloidleri bitki köklerinden kalsiyum çektiğinden bitkiler kalsiyum yetersizliğinden gelişemez. Petrol ürünleri ve mineral yağlar toprak kolloidlerini kaplayarak iyon alış verişini engeller. Normal seviyelerin üzerine çıkan bakır ve petrol türevleri ile kirlenme topraktaki yararlı mikroorganizmaları öldürdüğü için organik maddenin mineralizasyonu sekteye uğrar. Sonuç olarak topraktaki bitki besin elementlerinin azalmasına yol açan birçok faktör vardır. Örnek olarak asitleşme, tuzlaşma, alkalileşme ve toprak kirliliği her biri farklı kimyasal arazi degradasyonu

çeşitleri olmasına karşın aynı zamanda bitki besin maddelerinin azalmasına yol açar veya bitki besin maddelerinden bitkilerin yararlanmasını engelleyebilirler.

Genel olarak topraktaki mikro ve makro organizmaların aktivitelerinin çeşitli nedenlerle sınırlandırılması ve tür kompozisyonlarının bozulması, toprakta besin maddesi kaybı ile besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasını engelleyerek arazide verim kaybına neden olur. Ayrıca istenmeyen türlerin aşırı artması veya yararlı türlerin azalması verim değerinin düşmesine neden olan çeşitli hastalıkların ve zararlıların çoğalmasına yol açar. Toprağın verimliliğinde son derece önemli rol oynayan toprak canlılarının ve işlevlerinin ortadan kaldırılması veya engellenmesi biyolojik arazi degradasyonuna yol açmaktadır.

Kimyasal arazi degradasyonu bütün olarak değerlendirildiğinde doğal nedenlerden çok insan ve faaliyetlerinden kaynaklandığı anlaşılır. Örneğin klimatik, hidrografik ve topoğrafik nedenlerle tarım, orman ve hayvancılık amaçlı kullanılamayacak derecede veya kısıtlı kullanılabilen tuzlu ve alkali sahaların degradasyona uğradığı söylenemez. Ancak düşük düzeyde tuzlu veya alkali sahalarda, alkali ve tuzlu maddelerin alt toprakta veya taban suyunda bulunduğu topraklarda bilinçsiz ve aşırı sulamayla üst toprağa taşınarak tuzlaşmaya yol açması sonucunda toprağın verim değerinin düşmesi, kimyasal arazi degradasyonu olarak değerlendirilir. Üstelik doğal nedenlerle normalden fazla tuzluluk, alkalilik, asitlik özelliğine sahip sahalarda bu durumlar yörede binlerce yıldır hüküm süren ekolojik koşulların ürünü olup sahaları sınırlıdır. Ayrıca alansal boyutları ve etkinlik dereceleri açısından değişimleri insan ömrünün ötesinde çok uzun zamanlar alır. Oysa insan ve faaliyetlerinden kaynaklanan kimyasal arazi degradasyonu birkaç veya birkaç on yıl gibi çok kısa zaman aralıklarında ve hızla ortaya çıkarak geniş alanları etkileyebilmektedir.

KAYNAKÇA

AKALAN, İ., 1992, Türkiye'nin Toprak Kaynakları, Bunların Sorunları ve Çözüm Yolları. *Türkiye Coğrafyası Dergisi*, S 1, s 1-14, Ankara

ANONYMOUS, 2003, *Türkiye Toprak Su Kaynakları ve Çölleşme.* Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı, Ankara.

ATALAY, İ., 1989, Toprak Coğrafyası. E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir. ISBN 975-483-036-3

ATALAY, İ., 1994, Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği, E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir. ISBN 975-955 27-5-2

ATALAY, İ., 2000, Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği, E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.

AYDINALP, C., 1998, Toprak Degradasyonunun Nedenleri ve Etkileri. Anadolu J. of AARI. Yıl 2, s 8, sy.: 51-54.

BARROW, C., J., 1994, *Land Degradation.* Cambridge University Pres. ISBN 0 521 46615 6, London.

BAYKUT, F., AYDIN, A., BAYKUT, S., 1987, *Çevre Sorunları ve Korunma.* İ.Ü. Yay. No: 3449, İstanbul.

BERKES, F., KIŞLALIOĞLU, M., 1990, *Ekoloji ve Çevre Bilimleri.* Remzi Kitapevi, No: 95, ISBN: 975-14-0187-9, İst.

ÇEPEL, N., 1988, Orman Ekolojisi. İ. Ü. Orm. Fak. Yay. No: 399, ISBN 975 404 061 3, İst.

ÇEPEL, N., 1997, Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. Tema Vakfı Yay. No: 14, İstanbul.

ÇEPEL, N., BAHTİYAR, M. ve diğ., 2000, Erozyonla Mücadele, Tema Eğitim Notları. Tema Vakfı Yay. No: 26

DELİBACAK, S., TUNCAY, H., 1996, Aydın İli Germencik Ovası Topraklarındaki Tuzluluk, Alkalilik ve Bor Kirliliği. E.Ü. Ziraat Fak. Derg. Cilt 33, S 2-3, sy 49-56, İzmir

DİZDAR, M. Y., 1993, Yurdumuzda Toprak Degradasyonu, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, S: 88, s 25-27, Ankara.

ERDOĞMUŞ, E., 2004, Borun Canlılara ve Çevreye Etkisi. *Ekoloji Magazin Derg.* S 2, sy 28-34, İzmir.

ERGENE, A., 1997, *Toprak Biliminin Esasları.* Öz Eğitim Basım Yay. Dağt, Ltd. Şti. Konya

ERİNÇ, S., 1984, Ortam Ekolojisi ve Degradasyonal Ekosistem Değişiklikleri. İ.Ü. Deniz Bil. ve Coğr. Enst. Yay. No: 1, İstanbul.

ERUZ, E., 1992, Toprağın Kirlenme Sorunları. *İ. Ü. Den. Bil. Ve Coğr. Enst. Blt.* S 9, s 75-85, İst.

GÖRCELİOĞLU, E., 2002, Peyzaj Onarım Tekniği. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No: 4351, İst.

GÜNEY, E., 2002, *Türkiye Çevre Sorunları.* Çantay Kitapevi, ISBN: 975-7206-55-5, İst.

HAKTANIR, K., CANGİR, C., ARCAK, Ç., ARCAK, S., Toprak Kaynakları ve Kullanımı. http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/5tk02/08.pdf. (son ulaşım: 08.07.2004).

KANTARCI, M.D., 1987, *Toprak İlmi.* İ.Ü. Orm. Fak. Yay. Yay. No: 387, İstanbul

MATER, B., 1986, *Toprak Coğrafyası.* İ. Ü. Yay. No: 3465, İstanbul.

TAYSUN, A., 1989, Toprak ve Su Korunumu, E.Ü. Ziraat Fak. Teksir No: 92-III, İzmir

T.C. ORM. BAK. AGM GEN. MÜDÜRLÜĞÜ, 1999, Erozyon Kontrolü uygulamalarında Dikkate Alınacak Hususlar. AGM Yay. No: 14, Ankara

TÇV, 1999, Türkiye'nin Çevre Sorunları. Yay. No: 131. ISBN: 975-7250-47-7, Ankara

TÜMERTEKİN, E., ÖZGÜÇ, N., 1998, Beşeri Coğrafya-İnsan, Kültür, Mekan. Çantay Kitapevi, ISBN 975-7206-15-6, İstanbul

ÖZEY, R., 2001, Çevre Sorunları. Aktif Yayınevi. İstanbul.

Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 45, S. 41-60, İstanbul 2006

BESNİ'NİN YERLEŞİMİ VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Settlement And Functional Characteristics Of Besni

Yard. Doç. Dr. Ekrem DEMİR*

Özet

Adıyaman şehrinin 41 km batısında yer alan Besni, doğu sınırı boyunca Fırat Nehrinin kolu olan Göksu Çayı uzanır. Yüzölçümü 1327 km², Rakımı ise 1050 metredir. Kent düz ve Yumru Tepesinin yamacında kurulmuştur. Daha önce 5 km. güneyindeki Besni Kalesi'nin etrafına uzanan Ber Deresinin iki tarafında kurulu olan Kent yeri gelişmeye müsait olmadığından ve kışın derenin suyunun yükselerek meskenlerin su altında kalması üzerine 1958-1965 yılları arasında yer değiştirerek şimdiki yerine taşınmıştır. Kentin güneybatısının bir kısmı ormanlık ve kayalık alanlarla kaplı olup, üzüm bağları ile Antep fıstığı yaygındır. Güneyde kalan kesimde arazi düz verimli ve hafif engebelidir. Turizm bakımından oldukça zengindir. Besni Kalesi, Eski Besni Ören Yeri, Kurşunlu Camii, Sofraz Anıtları ve Dikilitaş gibi.

Anahtar Kelime: Yerleşimi, Nüfusu, Fonksiyonel Özellikleri.

Abstract

Besni is at 41 km. in the west of Adıyaman, in the east border there is a branch of Eurphrates named Göksu. Surface area is 1327 km², altitude is 1050 meters. The district is settled in the plain and the side of Yumru Hill. In the past this district was around the Besni Castle near of Ber brook. During 1958-1965 this district went in the former place because the brook is overflowing. A big part of the west-south of the district is woodland and rocky place, vineyard and Antep peanut is widespread. In the south part of the land there is a productive and uneven plain. Besni has many important historical places such as Besni Castle, Old Besni Ruin, Kurşunlu Mosque, Sofraz Monuments and Dikilitaş.

Key Word: Settlement, Population, Functional Characteristics.

Giriş

Bu araştırmada, kuruluşundan günümüze Besni'nin yerleşim yeri ile bugünkü fonksiyonel özellikleri ele alınmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Besni kenti, Adıyaman iline bağlı bir ilçe merkezidir. Tarihi bir değere sahip olan Besni, medeniyetlerin doğuş yeri olan Mezopotamya'ya yakınlığı nedeniyle tarihi süreci içinde sayısız medeniyetler yaşamıştır.

22 Ekim 2000 tarihinde yapılan nüfus sayımına göre 36.123, Çakırhöyük, Suvarlı, Şambayat, Kesmetepe, Eskiköy Sarıyaprak, Köseceli, Üçgöz Belediyeleri ve köyler dahil Besni'nin genel toplam nüfusu 108.667 olup, yüzölçümü de 1327 km².

Besni İlçesi 37°-49' doğu boylamı ile 37°-43' kuzey enlemi üzerinde yer alır. Rakımı 1050 metredir. İlçede Göksu, Akdere, Tavaş, Çövenek, Sofraz ve Değirmen çayları bulunmakta olup, ilçenin etrafını ise Geyik, Guz, Pohin Kocadağ ve Kızıldağ bulunmaktadır. Ku-

* Gaziantep Üniversitesi, Adıyaman Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü.