

ÇÖLLEŞME SÜRECİNDE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN ANALİZİ

Temel SARIYILDIZ^{2*}

Sezgin AYAN^{1*}

^{1,2} Kastamonu Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 37100 Kastamonu

*tsariyildiz@kastamonu.edu.tr

ÖZET

Yanlış arazi kullanımının yanında ormansızlaşma ve sanayileşme devriminin sonucu olarak iklimde meydana gelen değişikliklerinin hızlandığı çölleşme yada toprak/arazi bozulumu, toprakların fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik özelliklerini negatif yönde etkileyerek, toprak kalitesinde önemli derecede azalmalar meydana getirmektedir. Dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de, çölleşmeye neden olan faktörler irdelenmiş, çölleşme göstergeleri, özellikle erozyon, biyoçeşitlilikteki azalma, toprak sıkışması, toprak kaplanması, toprakların kirlenmesi vb., birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmalarda, özellikle iklim faktörlerinden yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak, sayısal bazı çölleşme katsayı değerleri ortaya konulmuştur. Bununla beraber, çölleşme sürecinde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin sayısal olarak ortaya konulduğu çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada, çölleşme sürecindeki toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişime neden olabilecek toprak yapan faktörleri ve bu konudaki bazı çalışmaların sonuçlarını, Türkiye topraklarının genel özellikleri de dikkate alarak irdelenmeye çalıştık.

Anahtar kelimeler: çölleşme, toprak özellikleri, iklim, ormansızlaşma, toprak yapan faktörler

ANALYSIS OF SOIL PROPERTIES DURING DESERTIFICATION PROCESS

ABSTRACT

Desertification which is caused by the wrong land uses, deforestation and climate changes which is accelerated by the industrial revolution can negatively influence the soil physical, chemical biological characteristics and thus reduces the soil productivity. Many researchers have studied the reasons of the desertification and also desertification indicators which are due to erosion, decline in the biodiversity, soil compaction, soil sealing, soil contamination etc. In these studies, climate factors especially temperature and rainfall were used to determine some numerical numbers for the desertification. However, there are very few studies which indicate the changes in soil physical, chemical and biological characteristics using numerical numbers. In this present study, by considering the soil properties of Turkey, we have tried to discuss the soil forming factors and a number of available studies indicating the changes in numbers on the decertified areas.

Keywords: Desertification, soil properties, climate, deforestation, soil forming factors

1. GİRİŞ

Topraklar, iklimin, topografyanın, canlıların (bitkiler ve diğer canlılar) ve zamanın birlikte meydana getirdiği etkilerin jeolojik materyalleri değiştirmesiyle meydana gelmektedir (Brady 1990). Bununla beraber, bu faktörlerin tek başlarına, birbirinden bağımsız olarak toprak oluşumu üzerinde bir etkiye sahip olmadıkları unutulmamalıdır. Örneğin, birbirinden farklı iklimsel faktörler, bitki örtüsü ve muhtemelen farklı topografya, ana materyalle ilişki içinde olabilmektedir. Bunun yanında, bazı durumlarda, bu faktörlerden birisi topraklar arasındaki farklılıkları belirlemede baskın bir etkiye sahip olabilmektedir. Bu faktörlerin etkisi altında oluşumunu sağlayan topraklar doğal ekosistemlerin bir parçasını olarak önemli hizmetler sağlayan canlı bir sistemdir.

Günümüzde, toprakların insanlar tarafından yanlış kullanılması yanında küresel iklim değişiklikleri toprağın fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik özelliklerinin bozulmasına neden olarak verimliliklerini düşürmekte, toprak kalitesini azaltarak toprak canlı sisteminde geriye dönüşümü mümkün olmayan zararlar vermektedir. Toprak/arazi bozulumu ya da çölleşme olarak ifade edilen bu olaylar (Cangir ve Boyraz, 2008) gerek dünyada gerekse Türkiye’de insan aktiviteleri ve iklim değişikliği ile bulunduğumuz yüzyılda ivmesi artan bir olgudur. UNCCD (The United Nations Convention to Combat Desertification-Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi) tarafından yapılan çölleşme tanımında, çölleşmenin oluşumuna neden olan asıl etkenlerden iklim değişiklikleri ve insan faaliyetlerinin genelde kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli alanlarda etkisini daha çok gösterdiği vurgulanmaktadır. Bu alanlarda olası iklim değişiklikleri ve insan faaliyetlerinin olumsuz etkilerinin toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini nasıl etkileyeceğini çalışabilmek ve anlayabilmek için öncelikle 4 ana toprak oluşturan faktörün (ana materyal, iklim, canlılar ve topografyanın) tek tek ve birbirleriyle olan ilişkilerini iyi bilmek gerekmektedir. Bu nedenle, aşağıda öncelikle bu faktörlerin toprak oluşumuna olan etkileri açıklanarak, çölleşmenin meydana geldiği alanlardaki toprak özelliklerini inceleyen bazı çalışmalardan elde edilen sayısal sonuçlar verilmeye çalışılacaktır.

1.1. Ana materyalin toprak oluşumu üzerine etkisi

Jeolojik süreçler, yeryüzünde toprakların oluştuğu değişik ana materyallerin meydana gelmesine neden olabilmektedirler. Ana materyalin doğası, toprak özelliklerini son derece etkilemektedir (Brady ve Weil, 1999). Örneğin, bir toprak kumlu tekstürünü, büyük taneli, kuvarsça zengin ana materyalden örneğin granit ve kumtaşından alabilmektedir. Toprak tekstürü, toprak profili içinde suyun sızmasını kontrol ederek, küçük toprak parçacıklarının ve bitki besin elementlerinin topraktan taşınmasını azaltmaktadır. Ana materyalin mineral bileşimi ve kimyası aynı zamanda hem kimyasal parçalanmayı hem de doğal bitki örtüsünü etkilemektedir. Örneğin, ana materyal içindeki kireçtaşının varlığı, özellikle nemli iklimlerde toprakların asitleşmesini geciktirmektedir. Kireçtaşlı ana materyal üzerinde gelişen ağaçlar, yapraklarında çok daha fazla kalsiyuma sahip olmaktadır. Yaprakların dökülmesinden sonra, toprağa ulaşan kalsiyumca zengin yapraklar asitleşme sürecini daha da geciktirmektedirler. Ana materyal aynı zamanda toprak profili içinde var olan kil minerallerinin türünü ve miktarını da etkilemektedir. İlk olarak, ana materyal kendi başına değişik miktarda ve türde kil minerali içerebilir. Bu muhtemelen bir önceki parçalanma döngüsünden gelen kil mineralleridir. İkinci olarak, ana materyalin doğası, toprak geliştiğinde oluşan kilin çeşidini etkilemektedir. Zaman içinde, ana materyalde var olan kil minerallerinin özellikleri, bu ana materyalden gelişen toprağın çeşidini etkilemektedir.

Dolayısıyla çölleşmenin etkilerinin meydana geldiği bir alandaki toprak özellikleri çalışılırken ve bu özellikleri diğer çölleşme gösteren alan toprak özellikleri ile karşılaştırırken ana materyal özelliklerini de dikkate almamız gerekmektedir. Çölleşmenin meydana geldiği alanın ana materyal çeşidi de [yerinde oluşmuş, taşınmış ana materyal (allüviyal, kolloviyal, marine, laküstrine, moren ya da aeolik)] çölleşmeden dolayı meydana gelen toprak özelliklerinin değişim hızında etkili olabilecektir.

Çölleşmeye bağlı olarak toprak organik karbon (C) ve azot (N) miktarlarındaki değişiklikleri araştıran Zhao vd. (2009), Çin’de rüzgar erozyonuna bağlı olarak meydana gelen çölleşme sonucunda toprak ince kısmının (kil ve toz) önemli derecede azaldığını, kum kısmının önemli derecede arttığını belirlemişlerdir. Çölleşmenin olmadığı alanlarla karşılaştırıldığında, çölleşen alanların topraklarının ince kısımlarının %89.2 oranında azaldığı, kum kısmının ise %47.2 oranında arttığını bulmuşlardır. Toprak ince kısmı ile ilişkili olan toprak organik karbon ve azot miktarının ise çölleşmenin gelişmesi ile önemli derecede azatlığını not etmişlerdir. Çölleşmenin olduğu alanda toprak organik miktarının %29.2, azot miktarının ise %31.5 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Buldukları diğer bir sonuç ise, çölleşen tarım alanlarıyla karşılaştırıldığında, toprak organik karbon ve azot miktarındaki azalmanın çölleşen otlak alanlarda daha fazla olduğudur. Sonuç olarak, toprak organik karbon ve azot miktarındaki değişikliğin toprak ince kısmı ile pozitif, kum kısmı ile negatif bir ilişki gösterdiğini ve rüzgar erozyonu ile meydana gelen arazi çölleşmesinin toprak ince kısmının azalması yoluyla meydana geldiği ve bunda toprak organik karbon ve azot miktarının azalmasına yol açtığını vurgulamışlardır. Dolayısıyla çölleşme riski altın-

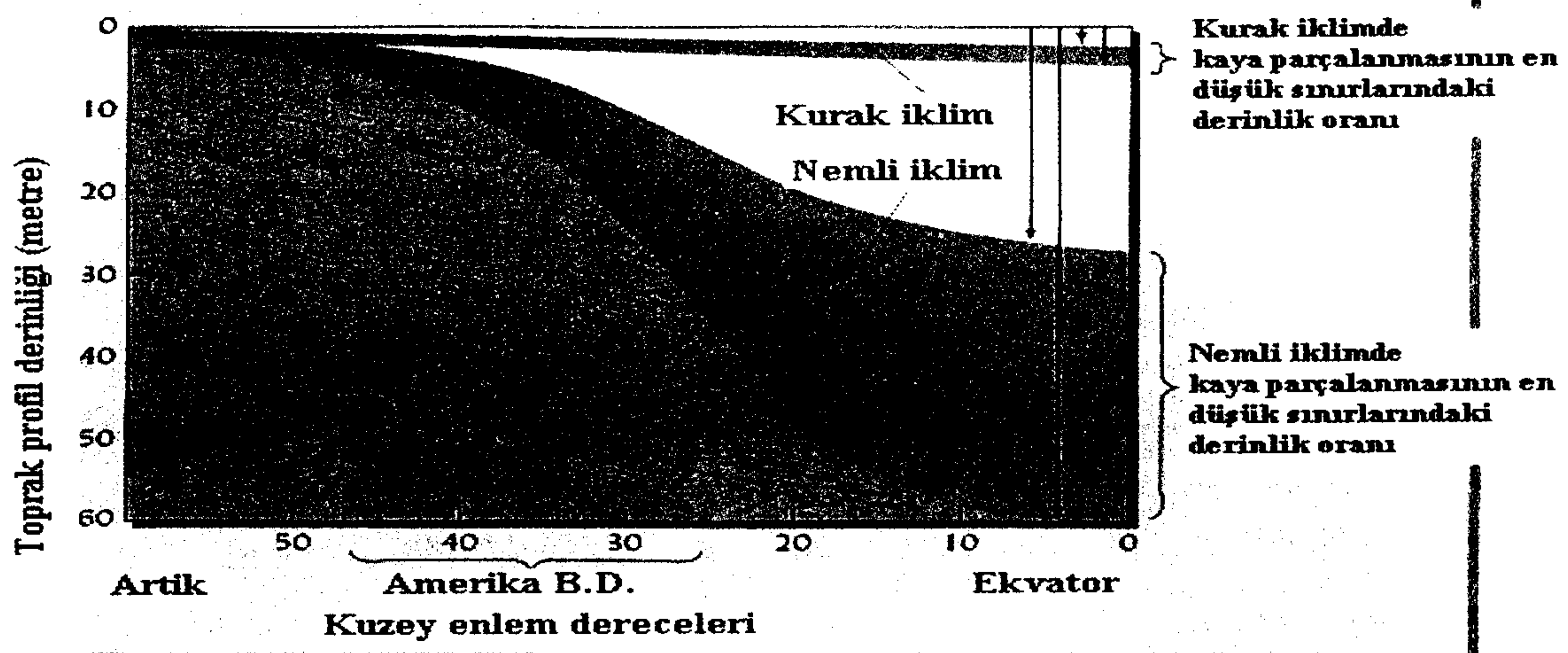
da olan bir alandaki toprak özelliklerinin değişimi ve etkilenmesinin hızı, toprak oluşum aşamasındaki ana materyal özellikleriyle önemli bir ilişki içinde olabileceği yorumunu yapabiliriz.

1.2. İklimin toprak oluşumu üzerine etkisi

İklim özellikleri muhtemelen ana materyal üzerinde rol oynayan dört faktör arasında en önemlisidir. Çünkü iklim geniş coğrafik alanlarda oluşan parçalanmanın yoğunluğunu ve doğasını belirlemektedir (Foth, 1990). Toprak oluşumunu etkileyen ana iklim etkenleri yağış ve sıcaklıktır. Bunların her birisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin oranını etkilemektedir. Bilindiği gibi kimyasal parçalanma reaksiyonlarında suyun oynadığı rol oldukça önemlidir. Toprak oluşumunda etkili olması için suyun toprak içindeki kırıntılı kaya yüzeyine ulaşması gerekmektedir. Su ne kadar derine inerse o kadar derinde toprak oluşumu ve gelişmesi meydana gelmektedir. Toprak profiline yeterli su girdiğinde, çözünebilen ve suda bulunan materyallerin yukarıdan aşağıya taşınması söz konusudur. Bununla beraber, toprağa ulaşan fazla su, çözülebilir materyallerin topraktan uzaklaşmasına neden olabilmektedir. Toprakta bulunan su, kayaların parçalanmasını sağlaması yanında, toprak horizonlarının oluşmasına da yardımcı olmaktadır. Aynı şekilde kurak bölgelerdeki su azlığı bu bölgelerdeki toprakların özelliklerinin belirlenmesinde ana faktördür. Çözülebilir tuzlar, bu topraklarda sızmaz ve bazı durumlarda bitki gelişmesinde hayati olan birikimler yapmaktadırlar. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki toprak profilleri karbonat ve çatlaklarda kil türlerinin birikmesine uygun ortamlar sağlarlar.

Sıcaklıkta meydana gelen her 10 Co lik artış, biyolojik reaksiyonun oranının iki kat artmasına neden olmaktadır. Hem sıcaklık hem nem, bitki yetişmesi ve mikroorganizma ayrıştırması arasındaki denge üzerinde etkili olduklarından, toprak organik madde miktarını da yakından etkilerler. Aynı zamanda, eğer toprak profiline normal sıcaklık ve yeterli su varsa, parçalanma süreci ve bitki gelişmesi en yükseğe ulaşacaktır. Soğuk bölgelerin toprak profillerinin gelişme özellikleri, nemli tropik alanların derine kadar parçalanmış toprak profillerinden belirgin şekilde farklılık göstermektedir (Şekil 1).

İklim aynı zamanda doğal bitki örtüsünü de etkilemektedir. Nemli iklimler bitki gelişmesini hızlandırmaktadır (Şekil 1). Çayırılık alanlar yarı nemli ve yarı kurak bölgelerde baskın olan doğal bitki örtüsüyken, kurak bölgelerde değişik türde çalı ve fundalar egemendir. Bu nedenle, iklim etkisini toprak oluşturan faktörlerden olan yaşayan organizmalar üstünde de göstermektedir. Aynı sıcaklığa, ana materyale, topografyaya ve zamana sahip olan toprakları düşünürsek, etkili yıllık yağışın artması genel olarak kilin ve organik madde miktarının artmasına, daha fazla asitliliğe ve daha düşük Si / Al oranının (bu oran daha fazla parçalanma olduğunu gösterir) olmasına neden olabilecektir (Foth, 1990).



Şekil 1. İklimin iki ana etmeninin, sıcaklık ve yağış, kırıntılı ana kaya üzerindeki genel etkisi görülmektedir. Soğuk iklimlerde (artık alanlar), kırıntılı kayalar hem nemli hem de kurak şartlarda çok sığdırlar. Daha düşük enlemlerdeki ılıman iklimlerde kırıntılı kayaların derinliği nemli bölgelerde ani bir artış, fakat kurak bölgelerde çok az bir değişim gösterir. Nemli tropikal şartlarda, kırıntılı kayalar 50 m yada daha fazla derinde bulunabilmektedir.

Yağışın oldukça düşük olduğu (200 mm'den az) alanların, örneğin çöllerin toprak özelliklerine bakıldığında en tipik özelliğini toprakta düşük su hareketidir. Gerçek çöllerin yıllık ortalama yağışları, 100 mm'den azdır. Doğal bitki örtüsü, çok seyrek kaktüsçiller ve diğer çöl bitkileridir. Organik madde fakirdir. Biyolojik aktivite düşük, kimyasal ayrışma çok azdır ve bitki besin elementlerince zengindirler. Horizon denilecek kadar bir farklılık, pro-

filde zorlukla görülür. Toprak yüzü açık gri kahverengi veya gri olup, alt toprak daha açık renklidir ve birçok halde kireçlidir. Hakiki çöllerde, bazı yağışların ıslatma etkisiyle yüzey kabuğu olarak adlandırılan ince (1-2 mm) yoğun ve gevrek bir kabuk oluşmakta ve toprak agregatları kireçle çimentolaşmaktadır. Böylece yüzey kabukları, yağmur suyunun toprağa girmesini sınırlandırmakta veya yüzey akışına sebep olmaktadır.

Bununla beraber, yağışın yüksek olduğu alanların toprakları incelendiğinde, örneğin yıllık yağışın, 750-1000 mm arasında olduğu alanlarda meydana gelen Prairie (Brunizem) toprakların profilleri AC, A (B)C veya ABtC horizonlu olabilirler. A1 horizonu, koyu kahverenginden siyaha kadar değişen renkli, granüler strüktürlü ve kalındır. Biyolojik aktiviteleri yüksek olduğundan, boşluk sistemleri ve geçirgenlikleri iyidir. Organik maddece zengin olup, yüksek miktarda besin maddesi içerirler. Toprağın tamamı, düzenli olarak ıslandığından, yıkanma daha şiddetlidir. Daha fazla yağış, daha fazla organik madde oluşunu sağladığı gibi, çözünebilir materyalleri profilden tamamen yıkamıştır. Horizonlarının özellikleri daha fazla gelişmiştir ve açıkça tanımlanabilir. Bu toprakların oluşunda kalsifikasyondan başka hafif bir podzolleşmenin varlığı söylenebilir.

Toprak kolloidleri ile ilişkili değişebilir katyonlar, iklim özelliklerine bağlı olarak bir bölgeden diğerine değişiklik gösterebilmektedir. Kalsiyum, Al³⁺, karmaşık alüminyum hidroksil iyonları ve H⁺ iyonları nemli bölgelerde daha belirgin, Ca²⁺, Mg²⁺ ve Na⁺ daha az yağışlı alanlarda egemendir (Tablo 1). Değişebilir karışımlarda egemen olan katyonlar, toprak özellikleri üzerinde de belirgin etkilere sahiptir.

Tablo 1: Farklı alanlar içinde temsili mineral yüzey topraklarının katyon değişim verileri.

	Ilık nemli alan toprağı	Soğuk nemli alan toprağı	Yarıkurak alan toprağı	Kurak alan toprağı
Özellikler	(Ultisol)	(Alfisol)	(Ustol)	(Natrargid)
Değişebilir kalsiyum, cmolc/kg	2-5	6-9	14-17	12-14
Diğer değişebilir katyonlar cmolc/kg	1-2	2-3	5-7	8-12
Değişebilir Al ve H cmolc/kg	3-7	4-8	0-2	0
Katyon değişim kapasitesi cmolc/kg	3-12	12-18	20-26	20-26
Yüzde Doygunluk %	25	50-75	90-100	100
Muhtemel pH	5.0-5.4	5.6-6.0	7	8-10

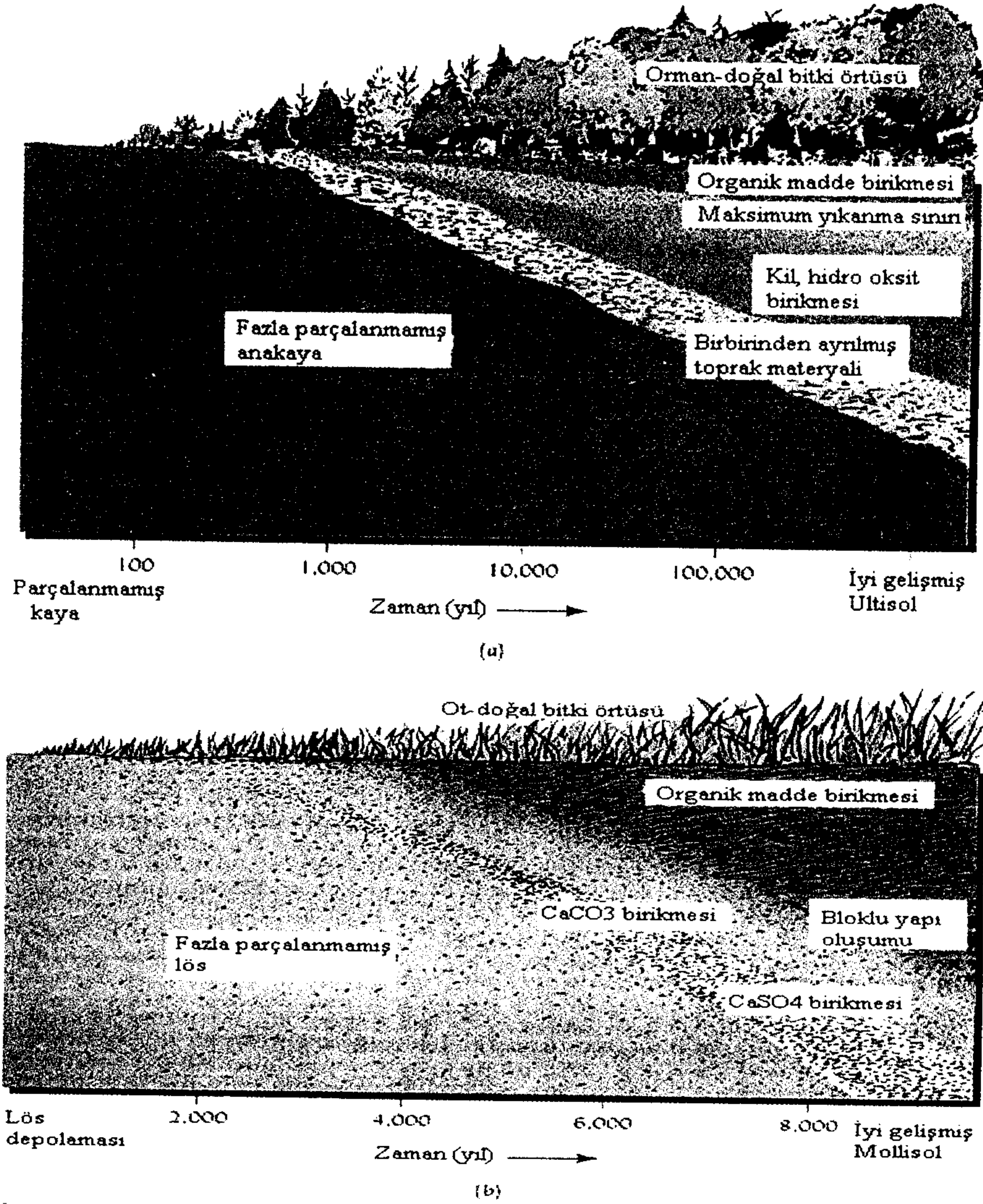
Burada verilen açıklamalardan anlaşılacağı üzere, çölleşen yada çölleşme riski altında olan alanların iklim özellikleriyle toprak özelliklerinin etkilenmesi arasında çok güçlü bir ilişkinin olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle çölleşme sürecince toprak özelliklerindeki değişim alanın iklimsel değişimleri dikkate alınarak incelenmelidir.

1.3. Canlıların toprak oluşumu üzerine etkisi

Organik madde birikmesi, biyolojik parçalanma, profil oluşumu, besin elementlerinin döngüsü ve toprak kümeliliğinin sürdürülebilirliği topraktaki organizmaların faaliyetlerinin aktifliği tarafından artırılmaktadır. Bitki örtüsü, doğal toprak erozyonu oranını azaltmaktadır. Bu suretle, mineral toprak yüzeyinin taşınmasını yavaşlatmaktadır. Bitkilerin ölü örtüsü tarafından üretilen organik asitler, toprak çözeltisine demir ve alüminyum kazandırır. Bu organik asitler bu metallerin aşağı doğru hareketlerini hızlandırarak onların B horizonunda birikmelerini sağlarlar.

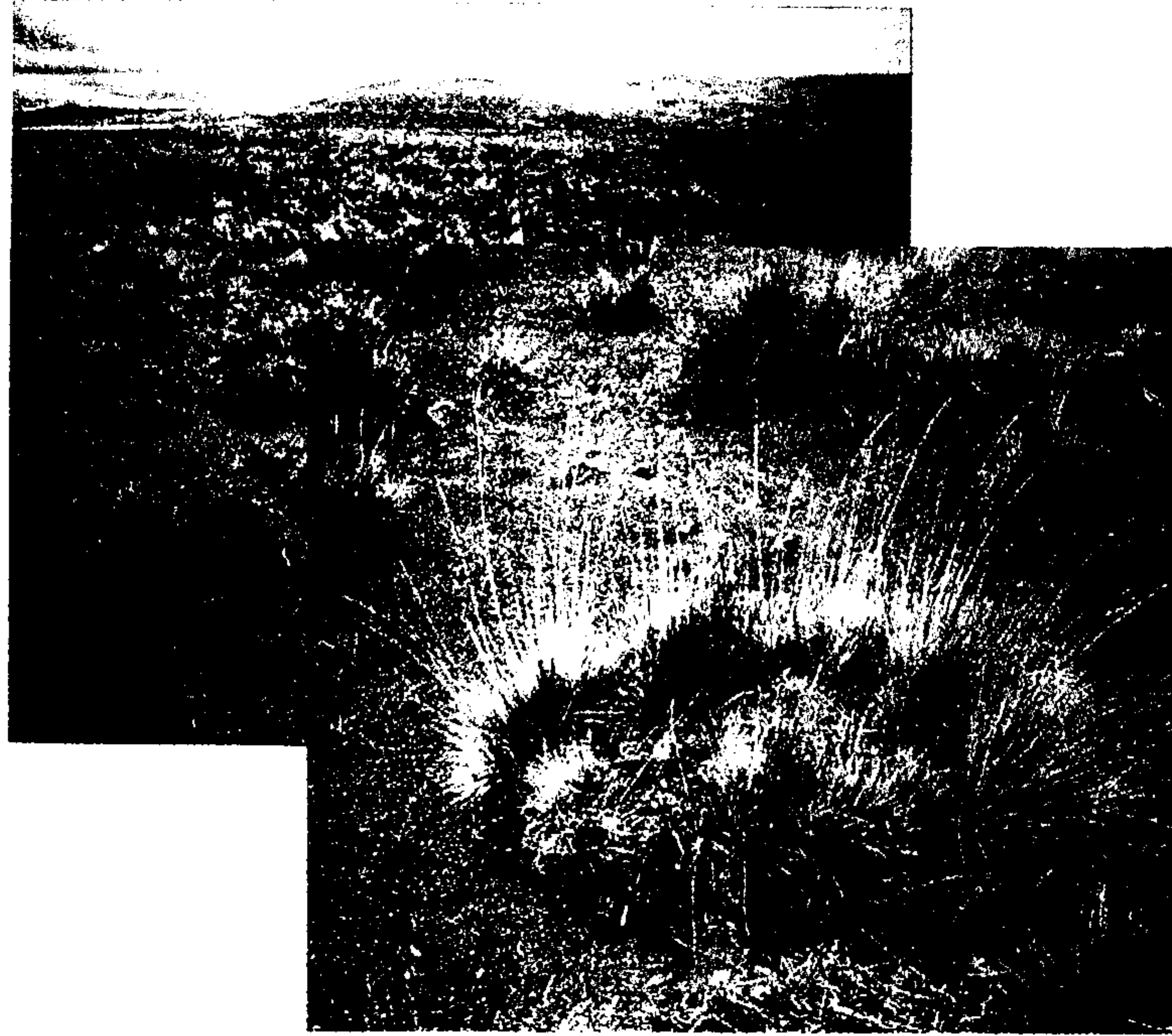
Bitki örtüsünün toprak oluşumu üzerine etkisini daha iyi görebilmek için birbirine sınırdaş olan iki ekosistemde (çayırılık ve orman vejetasyonu) oluşmuş toprak özelliklerini karşılaştırabiliriz (Şekil 2). Çayırılık alanda toprağa eklenen organik maddenin çoğu otların dip kök sisteminden gelen kısımdır. Ormanlık alanda ise, orman toprağı yüzeyine düşen ağaç kısımları (yapraklar, dallar, gövdeler..vd.) ormanlarda toprak organik maddesinin temel kaynaklarıdır. Bunun sonucu olarak, çayırılık alanların altındaki topraklar ormanların altındaki topraklarla karşılaştırıldığında, genellikle daha kalın A horizonuna ve organik maddenin daha derin dağılımına sahiptir. Ormanlar, karakteristik olarak organik maddenin çoğunu orman yüzeyinde depolar ve ince bir A tabakasına sa-

hiptir. Orman topraklarının A ve O horizonu altında açık renkli olarak bulunan E horizonu genelde çayırılık alan topraklarında bulunmaz. Toprak agregatlarının yapısının sürdürülebilirliği çayırılık alanların topraklarında en yüksek seviyede olma yönündedir.



Şekil 2. İki farklı doğal bitki örtüsünün (orman ve çayırılık alan) etkisi altında iki toprak profilinin nasıl gelişebileceği gösterilmektedir. Zaman ilerledikçe üst topraklarda organik madde birikmesi başlar. Bu organik madde miktarı ve dağılımı bitki örtüsüne bağlıdır. Kil ve demir oksit birikmesi ve özellikleri daha alt horizonlarda meydana gelir. Sonuçta oluşan ürünler oluştukları ana materyalden farklıdırlar. Şekilde, zaman içinde oluşan toprağın oluştuğu iki ana materyalden ne kadar farklı olduğuna dikkat ediniz.

Kurak ve yarı kurak mera alanlarında sınırlı miktarda bulunan su için yapılan yarış ise, toprak yüzeyinin yoğun bir bitki örtüsüyle kaplanmasına izin vermemektedir. Bitki kapalılığının bozulduğu yerlerde fundalıklar ya da bir araya toplanmış otlar bulunmaktadır. Bu yerlerde, toprak çıplak ya da bir miktar bitki yaprak örtüsü ile kaplıdır. Etrafta dağınık olarak bulunan bitki örtüsü birkaç yönden toprak özelliklerini değiştirir. Kapalılık, kil ve toz bakımından oldukça zengin olan rüzgâr akışının iç kısımda hapsedilmesini sağlar. Kökler besin elementlerini, örneğin azot, potasyum, fosfor ve kükürdü bu iç kısımlardan alarak karıştırırlar. Alınan bu besin elementleri bitki kapalılığı altındaki yaprak ölü örtüsü içinde depolanır. Ayrışan yaprak ölü örtüsü toprak asitliliğini düşüren ve mineral parçalanmayı ilerleten organik asitleri toprağa ekler. Zaman ilerledikçe, bitki toplulukları arasındaki çıplak toprak alanların verimlilikleri azalır ve bu alanların boyutları artar. Bu alanlar yoksullaşır ve hatta bitki tesisi için daha az davetkâr duruma gelirler. Aynı zaman içinde, bitki toplulukları, artan verimliliğe sahip adalar, daha kalın A horizonu ve daha derine sızan kalsiyum karbonat ortamı oluştururlar (Hudson, 1995)(Şekil 3).



Şekil 3. Yarı kurak alanlarda bir arada topluluklar şeklinde bulunan otlar verimliliği zengin olan ve kalın bir A horizonuna sahip toprak adaları oluştururlar. Bu adacıklardan birinin altına yerleştirilen mercek kabına dikkat edilirse, bitki kapallılığı altındaki artan toprak kalınlığının miktarı hakkında fikir sahibi olunabilir. Suyun az olması alanın tamamıyla bitki örtüsüyle kaplanmasını sınırlamaktadır.

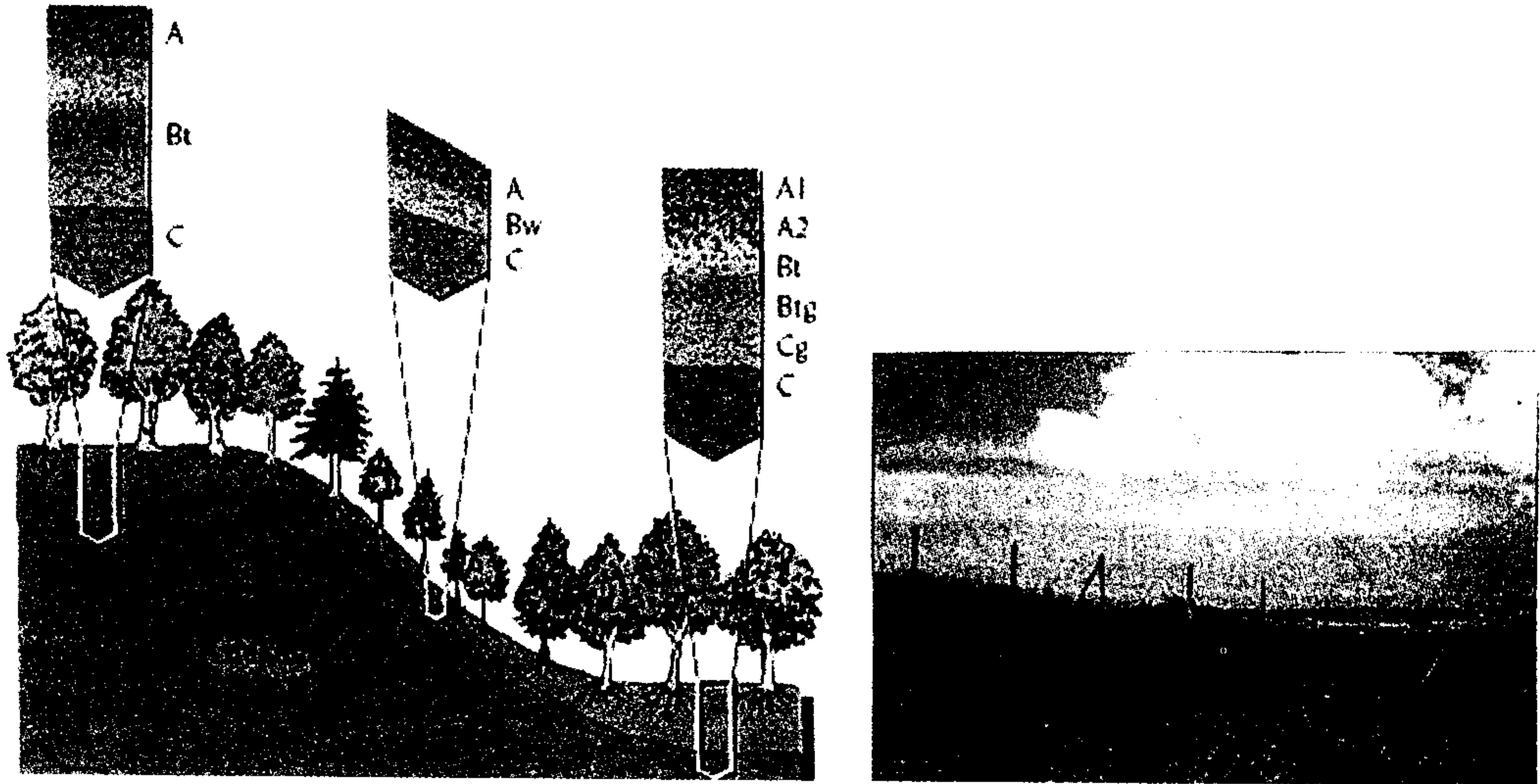
Toprak oluşumu üzerinde hayvanların rolünü gözden kaçırmamamız gerekir. Büyük hayvanlar, örneğin, köstebek ve tavşanlar, toprakların en alt horizonlarına kadar oyuklar açarak alt toprak materyalini yüzeye getirirler. Toprakta açtıkları tüneller sayesinde su ve hava alt tabakalara kadar ulaşır. Bazı alanlarda alt ve üst horizonları birbirine karıştırırlar. Önceden alt horizonunda açılan tüneller üsteki A horizonundan gelen materyal ile doldurulur ve crotovinas (krotovinas) adı verilen profil oluştururlar (Killham, 1994).

Huang vd. (2007) 1986 dan 2003 yılına kadar Çin'de gerçekleştirdikleri birçok arazi deneylerinde, koyum otlatması altında bulunan ve bu nedenle çölleşme sürecinde bulunan otlak alanlardaki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri yanında bitki süksesyon karakteristiklerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar şunu göstermiştir ki, çölleşmenin başında ince toz miktarının (0.01-0.001 mm) taşınması ve orta boyutta kum miktarının (0.5-0.25 mm) artması daha kaba toprak yüzeyinin meydana gelmesine neden olmuştur. Bütün süreç boyunca ince kum (0.25-0.05 mm) ana toprak kısmını (%33.7-%68.4) oluşturmuştur. Doğal otlak alanları çölleşen alanlara dönüştüğünde, toprak fraksiyonlarındaki değişiklikler toprak verimliliği ile ilişkili hale gelmiştir. Organik madde miktarı önemli derecede azalma göstererek, 0-5, 5-10 ve 10-30 cm toprak derinlik kademelerine göre %94, %89 ve %69 azalma olarak ölçülmüştür. Toprak toplam azot miktarı da organik maddedeki gibi aynı yönde azalma göstermiştir. Toprak P ve K miktarı az bir oranda değişiklik göstermiştir. Toprak hacim ağırlığı toprak boşluklarındaki azalmaya bağlı olarak çölleşen otlak alanlarında artış göstermiştir. Tür çeşitliliğinin de hem bitki kominiteleri ve toprak tohum bankası ve tür zenginliği bakımından %56 azaldığı tespit edilmiştir. Çölleşen otlak alanında, üç süksesyon safhası belirlenmiştir: ilk olarak ot topluluklarını rizobium ot gelişmesi takip etmiş, daha sonra kumda gelişen türler ve daha sonra yıllık bitki toplulukları. Sonuç olarak, otlak alanların çölleşmesi ciddi toprak erozyonuna neden olmuş, toprak besin elementleri azalmış ve tür çeşitliliği kaybolmuştur.

Zhao vd. (2006) Kuzey Çin'de rüzgar erozyonu ile çölleşen bir ziraat alanında, 2001-2002 yılları arasında gerçekleştirdiği arazi çalışmasında, kumlu bir toprak yapısına sahip olan alanda, rüzgar erozyonunun ve biriken kumun toprak ve ekin gelişme özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, toprak özelliklerinin önemli derecede kötüleştiğini, ve ekin gelişiminin ve biyomasının ciddi şekilde engellendiğini göstermiştir. Şiddetli erozyona uğrayan ziraat alanlarında, toprak kil, organik madde, toplam N ve P, kullanılabilir N ve P, ortalama toprak nemi anılan sıralamaya göre %59.6, %71.2, %67.4, %31.4, %64.5, %38.8, ve %51.8 azalma göstermiştir. Erozyon toprak pH sın 8.66 dan 8.92 ye kadar yükseltmiş, bitki yaşam döngüsünü 6 gün geciktirmiş, bitki boy ve çapını sıralamaya göre %15.5 ve %29.1 azaltmış, toprak üstü ve altı biyomasını ve tohum ürününü anılan sıralamaya göre %87.3, %47.9 ve %96.5 azaltmıştır.

1.4. Topografyanın toprak oluşumu üzerine etkisi

Topografya arazi yüzü veya yeryüzü şeklini belirler. Topografya arazilerin pozisyonu, eğimi ve yükseltisindeki farklılıklar olarak tanımlanır. Topografya, iklimsel etkenlerin işlevini geciktirebilir yada hızlandırabilir. Eğimli alanlar, arazilerin yüzey erozyonunu artırma yönündedir. Yağış sularının yüzeysel akıştan önce toprağa az miktarda girmelerine sebep olabilirler. Bu nedenle, toprak oluşumunun daha alt tabakalarda devam etmesini engeller. Yarı kurak alanlarda, eğimli alanlar üzerinde nem daha az etkili olduğundan, daha seyrek, daha az çeşitli bitki örtüsüne rastlanır. Bu nedenle eğimli araziler üzerindeki topraklar, yanındaki arazi ile aynı seviyedeki toprakla karşılaştırıldığında oldukça sığ ve toprak profillerinin zayıf geliştiği görülür (Şekil 4).



Şekil 4. Topografya toprak özelliklerini, özellikle toprak derinliğini etkilemektedir. Soldaki şekilde, doğal bitki örtüsünün orman ağaçları olduğu bir toprağın, derinliği ve profil özellikleri eğimin etkisi görülmektedir. Sağdaki fotoğrafta ise bitki örtüsü otlar olan bir alanda da söylenenlerin aynı derecede geçerli olduğu gösterilmiştir. Eğimdeki küçük değişiklikler toprak gelişmesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Topografya bitki örtüsü ile ilişki içinde olup toprak oluşumunu etkiler. Mera alanından orman alanına geldiği sınır arasında, ağaçlar yaygın olarak hafif bir depresyon içine hapsedilirler. Buradaki topraklar, genel olarak yukarıdaki topraklardan daha nemlidirler. Depresyon içindeki toprakların doğası daha yukarıda bulunan topraklardan oldukça farklıdır. Eğer su yıl boyunca veya yılın belli bir döneminde depresyon içindeki topraklarda kalırsa, iklim toprak oluşumunda daha az etkili olur.

Topografya herhangi bir alanın solar enerjiyi almasını etkiler. Kuzey yarı kürede, güneye bakan eğimler güneş ışınlarına daha diktir ve genellikle daha sıcaktır. Bu nedenle, bu alanlar kuzeye bakan alanlardan daha az nemlidir. Bu sebeple, güneye bakan yerler üzerinde topraklar daha az organik madde içermektedir. Parçalanma ise çok derinlerde gerçekleşmemektedir.

Kurak ve yarı kurak alanlarda, topografya çözülebilir tuz birikimini etkilemektedir. Yukarı topraklardan gelen çözülmüş tuzlar, toprak yüzeyi üzerinde veya daha aşağıdaki alanların yeraltı sularına doğru hareket ederler. Burada, su evaporasyona uğrayıp ortamdan ayrılınca tuzlar yüzeye çıkarlar ve çoğunlukla bitkilere zararlı olacak miktarlarda birikim yaparlar.

Topografya ana materyalle de ilişki içinde olabilir. Örneğin, tortul kayaktan oluşan bir ana materyale sahip eğimli bir alanlarda, sırtlar genelde dirençli kumtaşı içerirken vadilerdeki topraklarda daha kolay parçalanabilen kireçtaşı bulunur. Birçok alanlarda, topografya, rezüdiyal, kollüviyal ve allüviyal ana materyalin dağılımını yansıtır. Rezüdiyal ana materyal yukarı eğimlerde, aşağı kısımlarda kollüviyal ana materyal ve vadilerin en alt kısmında ise allüviyal ana materyal bulunur.

Bu üç faktörün (bakı, yükselti ve eğim) toprak oluşumunu, kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilediği bir çok çalışmada ortaya konulmuştur. Sarıyıldız ve Ark. (2005) Artvin yöresinde yaptıkları bir çalışmada, toprak pH, kation değişimi ve yüzde baz doygunluğunun bakı ve yükseltiye bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Chen vd., (1997) de, USA'ya bağlı Nebreska alanlarında yapılan bir çalışmada, üst yamaca göre alt yamaca organik materyal ve kil miktarındaki azalışa paralel olarak, kum ve toz miktarının arttığını bulmuştur. Ayrıca hidroloji vasıtasıyla topografya'nın toprağın kimyasal özellikleri üzerine dolaylı etkilerini araştırmış ve üst yamaca göre alt yamaca; baz doygunluğu kadar pH, CaCO₃, değişebilir Ca, Mg 'un da arttığını gözlemlemiştir (Brubaker vd. 1993). Doğu Tayvan'daki dağlık bir alanında yapılan bir çalışmada ise toprak pH' ı için bakı ve eğimin kontrol edici bir faktör olduğu bulunmuştur (Chen vd., 1997).

Bakıya bağlı olarak alınan güneş enerjisi de değişmektedir. Güney bakılar, fazla miktarda güneş enerjisi alarak tipik sıcak, kuru olurlar ve daha hızlı mevsimsel ve günlük mikro iklim değişikliklerine konu olurlar. Bunun tersine kuzey bakılar, daha az güneş enerjisi alarak serin ve nemli olurlar ve daha yavaş mevsimsel ve günlük mikro iklim değişikliklerine konu olurlar. USA da çeşitli alanlarda, su tutma kapasitesini tahmin etmek için bakı ve eğimin kullanışlı olduğu bulunmuştur (Brubaker vd. 1993). Mikroiklimi etkileyen diğer bir topografik faktör ise yükseltilerdir. Zirveye yakın üst yükseltilerde dışbükey yüzeyler daha yoğun güneş ışınımına, yüksek hızda rüzgara maruz kalmakta ve su ve rüzgar erozyonuna konu olabilmektedir. Bu yüzden buraların iklimi, bölge ortalamasından daha kuru, toprak derinliği ve organik madde birikimi daha az, ölü örtü ayrışması ise daha yavaş olabilmektedir. Alt yükseltilerde içbükey alanlar kuvvetli rüzgarlardan korunabilmekte, toprak ve organik madde birikimine konu olabilmektedirler. Bu yüzden buraların iklimi, bölge ortalamasından daha nemli, toprak derinliği, ve organik madde birikimi daha fazla, ölü örtü ayrışması ise daha hızlı olabilmektedir. Böylece oluşmuş olan küçük mikro iklim alanlarının, hava ve toprak sıcaklığı, faydalanılabilir toprak suyu miktarı farklı olabilmekte ve bitki türlerinin yayılışında ve gelişiminde etkili olmaktadır.

1.5. Sonuç

Kurak, yarı-kurak ve kuru yarı-nemli bölgelerde toprak işleyişini tehlikeye sokan olayların, arazi bozulmaları ile yakından bir ilişki içerisinde olduğu ortaya çıkmaktadır (Brandt ve Thomas, 1996). Özellikle toprak erozyonu, toprakların tuzlaşması ve toprakların organik maddesinin azalması yanında toprak biyoçeşitliliğinin azalması arazi yapısının bozulması açısından önem kazanmaktadır. Toprakların örtülmesine neden olan çevresel yapılaşmanın kontrolsüz bir şekilde genişlemesi de çölleşme ile yakın bir ilişki içerisinde. Son yıllarda etkisini belirgin olarak hissettiren küresel ısınma, iklim değişikliği, çevre kirliliği gibi olaylar ile ormancılık uygulamalarındaki yetersizlikler; çevremizde bazı canlı türlerinin fizyolojik olarak zayıf düşmelerine veya ortamdaki kaybolmalarına neden olurken, bazı canlı türlerinin ise kitleler halinde çoğalmalarına uygun ortamlar oluşturmuştur. İster insan etkisi olsun isterse iklim değişikliğinden kaynaklansın çölleşmenin meydana geldiği alanların topraklarının oluşumunda etkili olan faktörler çölleşmenin hızı ve şiddeti üzerinde önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle çölleşme üzerinde toprak ilişkili göstergeler kullanılarak yapılacak modellemelerde bu faktörler dikkate alınarak çalışmalar yapılmalıdır.

1.6. Kaynaklar

- Brady, N.C., 1990. *The Nature and Properties of Soils* (10. Baskı). Macmillan Publishing Company. New York, USA.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. *The Nature and Properties of Soils* (12. Baskı). Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA
- Brubaker, S.C., Jones, A., J., Lewis, D.T., Frank K., 1993. *Soil Properties Associated with Landscape Position*, *Soil Science Society of America Journal* 57, 235-239.
- Chen, Z.S., Hsieh, C.F., Jiang, F.Y., Hsieh, T.H., Sun, I.F., 1997. *Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan*. *Plant Ecology* 132, 229-241.
- Çangır, C., Boyraz, D., 2008. *İklim Değişikliği ve Çölleşme veya Toprak/ Arazi Bozulmasının Türkiye'deki Boyutları ve Çölleşme İle Mücadele*. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 169-186.
- Foth, H.D., 1990. *Fundamentals of Soil Sciences* (8. Baskı). John Wiley and Sons. New York, USA.
- Huang, D., Wang, K., Wu, W.L., 2007. *Dynamics of soil physical and chemical properties and vegetation succession characteristics during grassland desertification under sheep grazing in an agro-pastoral transition zone in Northern China*. *Journal of Arid Environments*, 70 (1):120-136
- Hudson, N., 1995. *Soil Conservation*. Batsford Limited, London, UK.
- Killham, K., 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University Press, UK.
- Sarıyıldız ve Ark., 2005. *Doğu Ladini İbirelerinin Ayrışmasında Kimyasal yapının, Tür Karışımının ve orman Günlüğünün Etkisi*. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ladin Sempozyumu, bildiri Kitabı, Cilt: I, p:130-142*
- Zhao, H.L., He, Y.H., Zhou, R.L., Su, Y.Z., Li, Y.Q., Drake, S., 2009. *Effects of desertification on soil organic C and N content in sandy farmland and grassland of Inner Mongolia*. *CATENA*, 77 (3): 187-191
- Zhao, H.L., Zhou, R.L., Zhang, T.H., Zhao, X.Y., 2006. *Effects of desertification on soil and crop growth properties in Horqin sandy cropland of Inner Mongolia, north China*. *Soil and Tillage Research*, 87 (2):175-185.