

## ORMANLAR VE AĞAÇLAR TARAFINDAN TOPRAKLARIN ASİTLEŞMESİ

Temel SARIYILDIZ  
Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi, 08000 ARTVİN

Geliş Tarihi: 21.03.2002

**Özet:** Bu makalede toprak asitliliği üzerinde bireysel olarak ağaçların ve doğal orman bitki örtüsünün etkisi konuyla ilgili yapılan çalışmaların irdelenmesi yapılarak tartışılmıştır. Aynı topraklar üzerindeki türler arasında ve herhangi bir türün farklı ortamları arasında bu güçlü etkileşmenin önemli bir değişimi bulunduğu görülmüştür. İğne yapraklı türler kullanılarak yapılan ağaçlandırma alanlarının toprak asitliliği üzerine olan etkisi yeniden incelendi ve bu alanlarda yüksek asitliliğe sebep olan etkenler tartışıldı. Türlerin toplu halde bulunması, başlangıçtaki toprak şartları, silvikültürel uygulamalar ve kesim sonunda alandan taşınan ağaçların yüzdesi gibi bütün etmenler, bir alanda yapılan ağaçlandırmanın uzun bir dönem boyunca toprakların asitleşmesine neden olmasında dikkate alınması gereken önemli etmenlerdir.

### ACIDIFICATION OF SOILS BY TREES AND FORESTS

**Abstract:** In this paper, the impact of isolated trees and natural forest vegetation on soil acidity was discussed. There is a considerable variation in impact between species on similar soils and between different sites for any given species. The effect of coniferous plantations on soil acidity is reviewed and the causes of any increased acidity discussed. Crop species, initial soil conditions, silvicultural practise and the proportion of the tree removed at felling are all important factors influencing the long term impact of plantation on soil acidity.

### 1. GİRİŞ

Toprak pH'sı yaygın olarak asitliliği ölçmede kullanılır ve toprak çözeltisindeki hidrojen iyonları derişiminineksi logaritması ( $pH = -\log [H^+]$ ) olarak tanımlanır. Tutulma ve değişebilir reaksiyonların bileşkesiyle toprak asitliliği bitki gelişmesinde önemli olan besin elementlerinin sağlanmasını etkiler. Bunu toprak minerallerinin çözünebilirliğini etkileyerek gerçekleştirir. Çoğu besin elementlerinin çözünebilirliği pH değerinin nötre yakın olduğu değerde en yüksektir. Toprak pH'sı mineral çözünmeyi etkileyerek aynı zamanda ana materyalin parçalanma oranını, kil minerallerinin oluşmasını ve toprak gelişmesini de etkiler. Bu nedenle, parçalanma süreçleri ve toprak asitliliği genelde birlikte, eş zamanlı olarak meydana gelmektedir. Aynı zamanda toprakta yaşayan küçük canlılarda toprak asitliliği tarafından etkilenmektedir.

Toprak pH'sının düşmesini, ana materyalin parçalanmasını ve temel katyonların taşınmasını sağlayan  $H^+$ 'nin bir kaç kaynağı vardır. Bunlardan en önemlileri;

1)- Bitki köklerinin ve toprakta yaşayan küçük canlıların solunumunun neden olduğu topraktaki  $H^+$  kaynağı (1,2). Solunum boyunca üretilmiş karbon dioksit toprak çözeltisine geçer ve karbonik asiti ( $H_2CO_3$ ) oluşturur.

2)- Bitki dokularının küçük toprak canlıları tarafından ayrıştırılması sonucunda üretilen organik asitler (3,4).

3)- İnsanların endüstriyel etkinlikleri toprak kimyasını etkilemektedir (5, 6). Fosil yakıtlarının yanması sonucu salıverilen azot ( $NO_x$ ) ve kükürt ( $SO_2$ ) oksidasyonu atmosferde daha da oksitlenerek nitrik ( $HNO_3$ ) ve sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) oluşturabilir.

4)- Bitki örtüsü.

Bu son sırada saydığımız bitki örtüsünün; toprakların asitleşmesinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu anlamak için yapılan çalışmalardan derlenen bilgiler bu makalede verilmeye çalışılacaktır.

Dünyanın doğal ormanlarının ve ormanlık alanlarının çoğu asit topraklar üzerinde bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak, boreal ormanlar, ılıman alanlardaki karışık ormanlar, Batı Avrupa'nın meşe ormanları verilebilir. Asit topraklarla bitki örtüsü arasındaki ilişkiler alandaki bitki örtüsünün başarısının ve toprakların oluşma özelliklerinin bir bağlantısının sonucudur (7, 8). Bunu söylemekle beraber, toprakların doğal olarak asitleşmesinin aynı oranlarda meydana gelmediği görünmektedir (9, 10). Toprak asitliliğinde meydana gelen oldukça hızlı değişimler bitki örtüsünde de bazı değişimlerin olmasına neden olabilir, örneğin *Calluna vulgaris* yetiştiği yerdeki toprağın asitleşmesine neden olarak yayılım göstermiş ve yakınında bulunan oldukça kireçli topraklara sahip olan otlak alanlarını bir süre sonra kaplar duruma geldiği gözlemlenmiştir (11). İlerleyen kısımlarda toprak asitliliğinde önemli değişiklikler meydana getiren ağaçların ve ormanların rolü konusundaki kanıtlar üzerinde durulacaktır.

## 2. TEK BİR AĞAÇIN ETKİSİ

Tek olarak ağaçların toprak asitliliği üzerindeki etkisinin başlangıçtaki toprak karakteristikleri ve muhtemelen ağaç türleri ile değiştiği görünmektedir. Kaliforniya'da kum tepeleri üzerindeki tek bir 200 yaşındaki kıyı çamı (*Pinus contorta*) altındaki yüzey toprağın pH'sı 5.9, fakat çevredeki açık kum tepesinde ise 7.2 olarak bulunmuştur (12). Değişebilir kalsiyum ve magnezyum miktarları da ağaç altındaki toprakta daha az bulunmuştur. Oysa, başka bir çalışmada bozkır alanlarda yetişen ağaçlar altındaki toprakların, yakınında bulunan çayırılık alan topraklarından daha yüksek değişebilir temel katyon ve baz doygunluğuna sahip olduğu bulunmuştur (13). Toprak pH'sında ise önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Alaska'da yapılan bir çalışmada tek olarak ladin ağaçlarının (*Picea glauca*) altındaki topraklarla etrafındaki tundra fundalıkları toprakları arasında kimyasal yapı bakımından farklılık olmadığı gözlemlenmiştir (14). Aynı şekilde, Kaliforniya'daki diğer bir çalışmada, otlak alanında bulunan 100 ile 200 yaşındaki *Pinus sabiniana* çamlarının yetiştiği toprakların hala otlak topraklarının özelliğini taşıdığı belirtilmektedir.

Bir kaç çalışmada, yukarıda verilenler de dahil, tek olarak ağaç gövdelerine ve ağaç türlerinin tepe yapılarına bağlı olarak toprak özellikleri içinde eş merkezli bir bölgeselleşmenin olduğu gösterilmiştir, örneğin *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa*, *Libocedrus decurrens* (12). Hemen hemen bütün durumlarda gövdeye yakın yerlerdeki toprak, tepe çatısı altında bulunan çevredeki topraktan daha fazla asidik ve daha düşük baz doygunluğuna sahip olduğu bulunmuştur (15, 16). Bu nedenle, örneğin, kayının (*Fagus grandifolia*) altında gövdeye yakın A1 horizonunun pH değeri 4.5 iken gövdeden 200 cm ileride pH 6.0, gövdeye yakın toprakta değişebilir  $[H^+]$  35.3 meq 100 g<sup>-1</sup> iken gövdeden 200 cm uzakta 10.6 meq 100 g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bu farklı değişikliklerin genelde gövde üzerinden gelen yağış suyu ile ortama direk olarak havadan ulaşan yağış suyu arasındaki kimyasal farklılıktan kaynaklandığı söylenmektedir (17, 18, 19). Gövde üzerinden ulaşan yağış suyu önemli derecede daha asidiktir. Bazı araştırmacılar aynı zamanda gövdeye yakın yerde biriken ve oldukça asidik olan kabukların da buna neden olabileceğini belirtmektedir. Gövde üzerinden ulaşan suyun asitliliği yağış-ağaç tepe yapısı ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda da vurgulanmaktadır. Örneğin, Sarıçamda (*Pinus sylvestris*) yapılan bir çalışmada Sarıçamın gövdesinden gelen suyun ortalama pH değeri 3.3 olarak belirlenirken, en

düşük pH değerini ise 3.0 olarak bulunmuştur (20). Ortama böyle bir asitli suyun girmesi nedeniyle asitli toprakların oluşması şaşırtıcı olmayacaktır.

### 3. DOĞAL ORMANLIK ARAZİLERİN YA DA ORMANLARIN ETKİSİ

Kuzey Amerika'nın orta kısımlarındaki ormanlık alanlarla bozkır otlaklar altındaki toprakları karşılaştıran çalışmalar bazı araştırmacılar tarafından özetlenerek sunulmuştur. Bu çalışmalarda iki farklı bitki örtüsü türü arasında toprak morfolojisi ve kimyası bakımından belirgin farklılıklar olduğu vurgulanmıştır. Ormanlık alanların toprakları genelde daha asidik, düşük pH ve baz doygunluğu fakat yüksek değişebilir asitlilik ve alüminyum. Bu genel değişimden farklılık gösteren istisnalar da vardır. Bu ayrıcalıklar özellikle orman toprakları yapraklı ormanlarda gelişmişse ortaya çıkmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzey batısı ve Alaska'daki topraklar ve bitki örtüsü başarısı üzerine yapılan çalışmalarda, toprakların, orman örtüsü gelişmesiyle eş süre içinde daha da asidik olduğuna işaret edilmektedir. Bu nedenle, Alaska'da son dönemde oluşmuş buzul morenler üzerinde gelişmiş toprakların belirgin olarak kızılbaş ormanlarının gelişmesini izleyerek daha asidik oldukları belirlenmiştir. Toprak pH'sındaki hızlı düşüş ve değişebilir asitliliğin yükselmesi morenler üzerinde ladin ormanının gelişmesine neden olmuştur.

Yukarıda sözü edilen canlıların yaşadığı iklim bölgelerinde, orman örtüsünün gelişmesinin toprak asitliliğinin doğal süreçlerinin hızlanmasına neden olduğu görülmektedir. Bununla beraber, Avrupanın batı kısımlarında orman bitki örtüsünün kaldırılması toprak asitliliğinin artmasına neden olmaktadır. Zaten oldukça asidik, yıkanmış topraklarda gelişen yerel yapraklı ormanların daha önceki insan faaliyetleri tarafından kaldırılması sonuçta fundalık bitki örtüsünün gelişmesine neden olduğu düşünülmektedir. Dönemi içinde toprak asitliliği şiddetlenmiş ve podzolik toprakların burada gelişmesine neden olmuştur. Bazı toprak oluşturan materyaller üzerinde insanların neden olduğu asitleşme gözle görülür bir şekilde geri döndürülebilir. Bu nedenle, pH'nın ve baz doygunluğunun artırılmasıyla podzol toprağın kahverengi toprağa dönüşümü Calluna fundalığının yerini huş (*Betula pubescens*) ormanının oluşmasına bıraktığı bildirilmiştir (21).

### 4. TÜRLERİN ETKİSİ

Yayınlanmış araştırmaların bir kaçı toprak asitliliğindeki belirgin farklılıkların aynı topraklar üzerinde farklı türlerin gelişmesinden kaynaklandığını göstermektedir. Örneğin, doğal orman alanlarındaki 400 yaşındaki *Tsuga heterophylla* altındaki toprakla, 100 yaşındaki *Thuja plicata* altındaki topraklar karşılaştırılmıştır. *Tsuga* altındaki toprak daha asidik ve yaklaşık 50 cm derinliğe kadar daha düşük baz doygunluğu göstermiştir. Yükselmiş toprak asitliliği ve düşük konsantrasyondaki değişebilir temel katyonlar doğal alanlarda *Quercus garryana* türüyle karşılaştırıldığında *Pseudotsuga menziesii* altında da bulunmuştur.

Diğer veriler aynı toprak üzerinde yan yana alınan deneme alanlarına dikilen bir kaç tür üzerinde yapılan deneylerden gelmektedir. İngiltere'de üç alan üzerinde bir çok türleri içine alan (buna iğne yapraklı ve geniş yapraklı türlerde dahil) bir çalışma gerçekleştirilmiştir (22). Bu çalışmada toprak pH'sı üzerine bireysel ağaç türlerinin etkisinin başlangıçtaki alan şartlarına ve silvikültürel uygulamalara bağlı olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak genel değişimde iğne yapraklı türlerin üst toprağın yüksek asitliliğini geniş yapraklılardan daha fazla şiddetlendirdiği belirtilmiştir.

Başlangıçtaki alan şartlarının ve alan kullanımının önemi kayın (*Fagus silvatica*) altındaki toprakların incelenmesi sonucundaki verilerle de desteklenmiştir. Besin elementleri bakımından oldukça zengin olan topraklar üzerinde kayının asit toprak şartları üretmede etkili olduğu fakat temel elementlerce fakir topraklar üzerinde ve altında herhangi bir tür bulunmadığı zaman kayın ormanlık alanlarının kurulması asit ve bazı örneklerde podzol topraklar oluşturduğu saptanmıştır.

İngiltere’de araştırmacı Ovington tarafından 1951 yılında yapılan bu orijinal örneklemeden sonraki değişiklikleri belirlemek için aynı deneme alanlarından 1974 yılında yeniden örnekleme yapıldı (23). Hem türler arasında hemde alanlar arasında pH’nın önemli oranda değişim gösterdiği bulundu. Bazı durumlarda, bir alanda *Quercus petraea* için toprak pH’sında bir yükselme bulunurken başka bir alanda incelenen bütün 7 tür altındaki topraklarda (derinlik 0-5 cm) önemli bir pH azalması olduğu görülmüştür. Toprak asitliliğinde en belirgin yükselme gösteren örneklerden bazıları geniş yapraklı türler, örneğin *Quercus robur* ve *Alnus incana* altındaki topraklarda belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalarda “farklı ağaç türlerinin topraklar üzerinde farklı etkiye sahip olduğu ve bu etkilerin yerel şartlara bağlı olabileceği” sonucunu vurgulanmıştır.

Başka bir çalışmada 40 yaşındaki *Populus tremuloides*, *Picea glauca*, *Pinus resinosa* ve *Pinus banksiana* bükleri altındaki mineral toprak ve orman ölü örtüsünün pH değerlerinde önemli değişiklikler olduğu bulunmuştur (24). Çam türleri altındaki orman ölü örtüsünün pH sınırın daha düşük saptanmasına karşılık, mineral toprak pH’sı ladin ve kavak altında en düşük değeri gösterdiği bulunmuştur. Bununla, türler arasındaki pH farklılıklarının, toprağın 25 cm den yukarı kısmıyla sınırlı kaldığı görülmüştür.

## 5. İĞNE YAPRAKLI FİDANLIKLARIN OLUŞTURULMASININ ETKİSİ

Yirmi birinci yüzyılın başlarında toprak özellikleri üzerinde yabancı iğne yapraklı türlerin üretildiği fidanlık oluşturulmasının etkileri konusunda Avrupalı ormancılar arasında bazı endişeler dile getirilmiştir. Özellikle geniş yapraklı yerel türlerin değiştirilmesi yada hızlı büyüyen iğne yapraklı türlerle karışık ormanlar oluşturulmasının mor humus, toprak asitliliği, verimlilik kaybı ve podzol toprak oluşturmasına neden olduğu belirtilmiştir. Bir kaç araştırmacı daha önce yapılmış olan çalışmaların bazılarının sonuçlarında vurgulanan uyarılara dikkat çekmişlerdir. Bu araştırmacılar fidanlık oluşturulmasının etkilerine bağlanan toprak farklılıklarından bazılarının, gerçekte başlangıçtaki alan farklılıklarını yansıtabileceğini ifade etmişlerdir. Buna rağmen, iğne yapraklı fidanlıklar altındaki toprakların belirgin olarak asitleştirdiğini gösteren bir çok örnek rapor edilmiştir. Bu konu ile ilgili veriler bir çizelgede toplanarak karşılaştırdığında bir kaç Avrupa ülkesinde kayın (*Fagus sp.*) yada meşe (*Quercus sp.*) yerine *Picea abies* yada *Pinus sylvestris* dikildikten sonra toprak pH’sında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Buradaki pH azalma oranı 0,1 ile yaklaşık 1,0 birim arasında değişmektedir. Çoğu durumda asitleşme yüzey horizonlarda ve sıklıkla üst 10-20 cm arasında sınırlanmaktadır. İlgili çalışmalarda asitleşme kahverengi topraklarda oluşan asitleşmedir, fakat *Pinus contorta* çamı ile ağaçlandırılan asit turbalıklarda yükselen değişebilir H<sup>+</sup> miktarı da bildirilmiştir.

Asitleşmenin toprak verimliliği ve gelecekteki ağaç gelişmesi bakımından önemi bazı yazarlar tarafından irdelenmiştir. İkincil rotasyonların üretimi üzerine olan veriler hem azalmış hemde artmış ürün örnekleri olarak çelişkilidir. Asitleşmeye rağmen kısa dönem içinde azalmanın önemli derecede olmayacağı belirtilmiştir. Silvikültürel yönetim uygulamalarının topraklar üzerinde fidanlık oluşturmanın etkilerini belirlemede türlerin seçimi kadar önemli

olabileceğini vurgulanmaktadır. Yabancı iğne yapraklı ağaçların mono-kültürel ormancılıktan gelen sorunlarını belirtirken ormancıların karşıt etkileri nasıl hafifleteceklerini ve uygun silvikültürel teknikleri nasıl geliştireceklerini öğrenmeleri gerektiği bildirilmiştir. Kireçleme ve karışık meşcere oluşturma, asitleşmenin etkisini gidermede ve mor humus türü oluşturmada önerilmektedir. Bazı araştırmacılar aynı zamanda topraklar üzerinde fidanlık oluşturulmasının etkisini belirlemede başlangıçtaki toprak kimyasının önemi üzerinde de durmuşlardır.

Oluşturulmuş iğne yapraklı fidanlıkların altında artan toprak asitleşmesinin nedeni bir kaç araştırmacı tarafından tartışılmıştır. *Picea abies* üzerinde yapılan bir çalışmada, düşük pH değerinin ana nedeninin ölü ladin iğne yapraklarının ürettiği organik asitler olabileceği belirtilirken ladin ağacındaki magnezyum döngüsü olayının düşük oranda olduğu da aynı zamanda vurgulanmıştır. Ağaçlardaki kalsiyum alımı ve biriktirilmesiyle orman toprağı üzerindeki ayrışma ürünlerinin doğasında önemli faktörler olduğu da ifade edilmiştir.

Ladin (*Picea abies*) altındaki humus tabakalarındaki ve mineral topraktaki ortalama yıllık  $H^+$  iyonları üretiminin kayının (*Fagus sylvatica*) altındakilerden daha yüksek olduğunu bulunmuştur (25). Bu oranlar ladin için  $4,04 (\pm 0,04)$  keq  $ha^{-1}$ , kayın için ise  $2,09 (\pm 0,09)$  keq  $ha^{-1}$  olarak saptanmıştır. Meşenin (*Quercus sessiliflora*) egemen olduğu geniş yapraklı meşcere altındaki toprakla karşılaştırıldığında ladin (*Picea abies*) altındaki yüksek bir mineral parçalanma oranı olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, ladin altındaki A horizonundan kalsiyum ve magnezyum yıkanması meşe ormanı toprağının hemen hemen iki katı olarak bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada, iğne yapraklı türlerin bulunduğu alanlardan nehir sularına sızan kalsiyum ve magnezyumun kayın ormanlarından sızan miktarın hemen hemen iki katı olduğu belirtilmiştir.

Orman gelişmesinin toprak asitleşmesine olan muhtemel etkisi üzerine en detaylı tartışmada araştırmacılar topraklara  $H^+$  eklenmesini ve topraklardan  $H^+$  kaybolmasını sağlayan süreçler üzerinde durmuşlardır. Bunlar orman alanında yada toprağın yüzeyinde organik asitlerin üretimi, ağaçların yıllık döküntülerinde (yaprak) ve mor humus türü tabakalarında temel katyonların birikmesi ve nitrifikasyon süreçleri bunların çalıştığı ana konular olmuştur (26). Humus oluşumu hızlı olduğu zaman, mor humus içinde temel katyonların birikmesi sonucunda oluşan asitleşme, orman oluşumunun en erken yıllarında en belirgin etkindir. İleri aşamalarda, ayrışma sonucunda temel katyonlar toprağa verilecektir. Aynı araştırmacılar, İsveç’de dört ladin (*Picea abies*) büklerinde humus birikmesi nedeniyle oluşan ortalama yıllık asitleşme oranını  $70$  ile  $140 H^+ m^{-2} a^{-1}$  arasında hesapladılar. Ağaç ölü örtü ürünleri içindeki ana katyonların birikmesinin rotasyonun erken safhasında da oldukça hızlı olduğunu bulmuşlardır. Eğer ağaçlar alan üzerinde bırakılırsa ana katyonlar ağacın ölmesini ve ayrışmasını izleyerek toprağa döneceklerdir. Ürün olarak ağaçların alandan alınması alanda net bir asitleşmeye sebep olacaktır. İskoçya ve İsveç’teki bir kaç çam ve ladin ormanlarından elde edilen veriler, ürünlerin ormandan alınmasının ortalama yıllık asitleşme oranı hesaplanmasında kullanıldı. Eğer gövde tek başına kesilip alandan taşındığında bu oranlar  $4$  ile  $518 meq H^+ m^{-2} a^{-1}$  arasında değişirken eğer bütün ağaç kesilip taşındığında  $12$  ile  $843 meq H^+ m^{-2} a^{-1}$  arasında değişmektedir.

Kesimde ağaç ürünleri içinde taşınan ana katyonların ve diğer besin elementlerinin miktarı ağaç türüne, toprak şartlarına ve yukarıda vurgulandığı gibi zamanlama ve kesim türüne göre değişmektedir. Bir çok yazar ağaç türleri arasındaki besin elementleri miktarındaki farklılıkları tartışmıştır (örneğin 27). Minnesota’da iki alanda, yapılan çalışmada aynı topraklar üzerinde bazı türlerin Ca, Mg, K, P ve N miktarları bakımından sıralaması şu şekilde

bulunmuştur, *Populus tremuloides* > *Picea glauca* > *Pinus resinosa* > *Pinus banksiana* (27). Kumlu bir toprakta yetişen bu dört türün gövde odununun ürünü alandan, yukarıda anılan ağaç sıralamasına göre, 612, 293, 188 ve 126 kg ha<sup>-1</sup> kalsiyumu uzaklaştıracaktır. Ağacın bütün toprak üstü kısmıyla taşınması halinde kalsiyum taşınmasını iki katına, diğer üç türde ise %25 ile %75 arasında bir artışa sebep olacağı bildirilmiştir. Tür seçiminin ve faydalanma düzeyinin, özellikle doğal olarak düşük besin elementi kalitesine sahip alanlarda, iğne yapraklı ve kavak ormanları topraklarının besin elementleri uygulamalarında önemli değişkenler olduğu sonucuna varılmıştır (27). Aynı şekilde, toprak asitliliği üzerinde fidanlık kurmanın uzun dönem etkileri ağaç türlerine, başlangıçtaki toprak şartlarına, silvikültürel uygulama çalışmalarına, ürünlerin yaşına ve kesim çalışmalarındaki taşınmış ağaç yüzdelere bağlı olacaktır.

## 6. SONUÇ

Bazı durumlarda bireysel ağaç yada orman bitki örtüsünün gelişmesi toprak asitliliğinde belirgin artışlara sebep olabileceği açıkça görülmektedir. Bununla beraber, toprak asitliliği üzerinde ormanların yada ağaçların etkisi büyük ölçüde ağaç türleriyle değişmekte ve başlangıçtaki alan ve toprak şartlarına bağlı olmaktadır. Ticari ormancılıkta, karışık türler, yabancı tek tür iğne yapraklı ağaçlar duyarlı alanlarda önemli derecede toprak asitliliği oluşturabilirler. Bu tür ormanlarda, alan üzerindeki uzun dönem etkilerin belirlenmesinde ağaç türleri yada başlangıçtaki toprak koşulları kadar yapılan silvikültürel uygulama çalışmaları da önemli olacaktır.

Topraklar üzerindeki ormanların ve ağaçların etkilerini görmek mümkün olmasına rağmen, bu etkinin oluşması sırasındaki süreçler ve etkileyen mekanizmalar çok az anlaşılmıştır. Bu nedenle, değişik alanlar ve topraklar üzerindeki değişim oranları ve mekanizmalarını anlamak için daha fazla çalışma yapılmasına gerek vardır.

## KAYNAKLAR

1. Beier, C., Blanck, K., Bredemeier, M., Lamersdorf, N., Rasmussen, L., Responses Of Soil And Vegetation To Reduced Input of S, N And Acidity to Two Norway Spruce Stands Of The EXMAN Project, Forest Ecology and Management, 1998, 101: pp.111–123.
2. Eriksson, E., Karlton, E., Lundmark, J.-E., Acidification of Forest Soils In Sweden, 1992, Ambiology, 21: pp.150–154.
3. Falkengren-Grerup, U., Tyler, G., Changes In Cation Pools of The Topsoils In South Swedish Beech Forests Between 1979 And 1989, Scandinavian Journal of Forest Research 1991, 6: pp.145–152.
4. Khanna, P.K., Raison, R.J., Falkiner, R.A., Exchange Characteristics of Some Acid Organic-Rich Forest Soils, Austrian Journal of Soil Research, 1986, 24: pp.67–80.
5. Bergkvist, B., Folkesson, L., The Influence of Tree Species on Acid Deposition Proton Budgets and Element Fluxes In South Swedish Forest Ecosystems, Ecological Bulletin, 1995, 44: pp.90–99.
6. Giesler, R., Stuanes, A. O., Lundstrom, U. S., Kjonaas, O.J., Moldan, F., Changes in The Soil Solution Chemistry After Exclusion of Acid Deposition In Hult-berg, H. &

- Skeffington, R. (eds). Experimental Reversal of Acid Rain Effects: The Gardsjon Roof Project, 1998, pp.137–154. John Wiley & Sons, Chichester. ISBN 0-471-96151-5.
7. Falkengren-Grerup, U., Soil Acidification And Vegetation Changes In Deciduous Forest In Southern Sweden, *Oecologia*, 1986, 70: pp.339–347.
  8. Falkengren-Grerup, U., Brunet, J., Diekmann, M., Nitrogen Mineralisation In Deciduous Forest Soils In South Sweden In Gradients of Soil Acidity and Deposition, *Environmental Pollution*, 1998, 102 (Suppl. 1): pp. 415–420.
  9. Skyllberg, U., Solution:Soil Ratio And Release of Cations and Acidity From Spodosol Horizons, *Soil Science Society of America*, 1995, 59:pp. 786–795.
  10. Hallgren Larsson, E., Knulst, J., Malm, G., Westling, O., Deposition of Acidifying Compounds In Sweden, *Water Air Soil Pollution*, 1995, 85: pp.2271–2276.
  11. Grubb, P.J., Green, H.E., Merrifield, C.J., The Ecology of Chalk Heath: Its Relevance To The Calcicole-Calcifuge and Soil Acidification Problems, *Journal of Ecology*, 1969, 57: pp.175-212.
  12. Zinke, P.J., The Pattern of Influence of Individual Forest Trees on Soil Cations In Peat, *Forestry*, 1962, 51: pp.29-35.
  13. Kellman, M., Soil Enrichment by Neotropical Savanna Trees, *Journal of Ecology*, 1979, 67: pp.565-577.
  14. Ugolini, F.C., Reanier, R.E., Rau, G.E., Hedges, J.I., Pedological, Isotopic and Geochemical Investigation of The Soils at The Boreal Forest and Alpine Tundra Transition In Northern Alaska, *Soil Science*, 1981, 131: pp.359-374.
  15. Matschonat, G., Vogt, R., Effects of Changes In Ph, Ionic Strength and Sulphate Concentration on The CEC of Temperate Acid Forest Soils, *European Journal of Soil Science*, 1997, 48: pp.163–171.
  16. Gillman, G. P., Effects of pH and Ionic Strength on The Cation Exchange Capacity of Soils With Variable Charge, *Austrian Journal of Soil Research*, 1981, 19: pp.93–96.
  17. Chang, S. C., Matzner, E., Effects of Stemflow on Element Cycling in A Beech Forest, *Bayreuther Forum, Oecologia*, 1997, 41: pp.112–115. ISSN 0944-4122.
  18. Falkengren-Grerup, U., Bjork, L., Reversibility of Stemflow-Induced Soil Acidification In Swedish Beech Forests, *Environmental Pollution*, 1991, 74: pp.31–37.
  19. Matzner, E., Meiwes, K.J., Long-Term Development in Element Fluxes With Bulk Precipitation and Throughfall in Two German Forests, *Journal of Environmental Quality*, 1994, 23: pp.162–166.
  20. Nicholson, I.A., Cape, N., Fowler, D., Kinnaird, J.W., Paterson, L.S., Effects of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Canopy on The Chemical Composition and Decomposition Patterns of Precipitation, In *Ecological Impact of Acid Precipitation* (eds D. Drablos & A. Tollen), Proceedings of an International Conference, Sandefjord, Norway, SNSF, Oslo-As, 1980, pp.148-149.

21. Miles, J., The Effect of Birch on Moorland, Institute of Terrestrial Ecology, 1981, Cambridge.
22. Ovington, J.D., Studies of the Development of Woodland Conditions Under Different Trees, I. Soils pH, Journal of Ecology, 1953, 41: pp.13-34.
23. Howard, P.J.A., Howard, D., Soil Changes Through Afforestation, Annual Report of the Institute of Terrestrial Ecology, 1984, pp. 86-89.
24. Alban, D.H., Effects of Nutrient Accumulation by Aspen, Spruce and Pine on Soil Properties, Soil Science Society of America Journal, 1982, 46:pp.853-861.
25. Gunda, M., Falkengren-Grerup, U., Recovery of Soil pH, Cation-Exchange Capacity and The Saturation of Exchange Sites In Three Swedish Beech (*Fagus sylvatica* L.) Forest, Scandinavian Journal of Forest Research, 2000, 15:pp.39-48.
26. Nilsson, S.I., Miller, H.G., Miller, J.D., Forest Growth As A Possible Cause of Soil and Water Acidification: An Examination Of The Concepts, Oikos, 1982, 39:pp.40-49.
27. Perala, D.A., Alban, D.H., Biomass, Nutrient Distribution and Litterfall in Populus, Pinus and Picea Stands on Two Different Soils in Minnesota, Plant and Soil, 1982, 64:pp.177-192.