
SERİ **B**

CİLT **35**

SAYI **1** **1985**

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



AĞAÇLANDIRMA ÇALIŞMALARINDA UYGULANAN ARAZİ HAZIRLIĞINA İLİŞKİN MEKANİZASYONUN EKOLOJİK SONUÇLARI²

Prof. Dr. Necmettin ÇEPEL²

Kısa Özet

Ağaçlandırmalarda uygulanan makinalı çalışmanın toprak özellikleri üzerinde hem yararlı, hem de zararlı etkiler yaptığı birçok araştırmalarla belirlenmiştir. Birbirinin zıddı olan araştırma sonuçları, mekanizasyon uygulamasını tartışma konusu haline getirmiştir. Bu inceleme yazısında, makinalı arazi hazırlığının, özellikle toprak işleminin, toprak karakteristikleri üzerindeki ekolojik etkileri açıklanarak sonuçlar bir bütün halinde değerlendirilmiş, buna dayanılarak uygulayıcılar için bazı önerilerde bulunulmuştur.

GİRİŞ

Ormanlıkta ağaçlandırma çalışmalarında uygulanan arazi hazırlığına ilişkin mekanizasyonun amacı, iş verimini arttırmak, elverişsiz bazı toprak özelliklerini optimum düzeye yaklaştırmak ve böylece hem ağaçlandırma başarısını arttırmak, hem de dikilen fidanlara hiç değilse ilk yıllarda hızlı gelişim için bir «start yardımı» sağlamaktır. Diri örtü temizliği ve toprak işleme şeklinde uygulanan, çeşitli ekipman ve yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen mekanizasyonun yararlı etkileri yanında bazı zararlı sonuçları da vardır. Bu etkiler çok girift olup, makinalı çalışmanın sonuçları hakkında net bir yargıya varmayı güçleştirmektedir. Bu nedenle, bir kısım araştırmacılar tek yönlü olarak toprak işleminin mutlak bir şekilde yararlı olduğuna inanmakta, bir kısmı da aksini savunmaktadırlar. Bunlardan birinci grupta olanlar «Elverişsiz bir toprak işleme bile, kötü bir orman işletmeciliği kadar toprağı zarara uğratamaz» şeklinde bir yargıya varmaktadır. İkinci gruba girenler ise «Bir orman toprağının özelliği, hiçbir zaman, toprak işleminin yapabileceği derecede kötüleşemez» şeklinde ekstremler bir düşünceye sahiptirler (GRAF ZU LEININGEN 1954). Bu farklı görüşler karşısında ormancı nasıl bir karar verecektir? Olumsuz yönleri esas alarak «Toprak işleminin nasıl kaçınılabilir?» sorusunun yanıtını mı arayacaktır? yoksa bunun yerine «Toprak verimliliğinin sürekliliğini bozan toprakları nasıl işlemeliyiz?» sorusunun karşılığını mı bulmaya çalışacaktır? İçin-

1 8..2 Temmuz 1985 tarihinde Bolu'da yapılan «Ormanlıkta Mekanizasyon ve Verimliliği Simpozyumu»na sunulan bildiri kısmen değiştirilerek Orman Fakültesi Dergisi için bu makale hazırlanmıştır.

2 İ.Ü. Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

de bulunduğumuz çağın ve teknolojik gelişimin bir sonucu olarak ikinci sorunun yanıtını bulmak gerekir. Esasen bu konuda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de oldukça önemli gelişmeler kaydedilmiştir¹.

Doğaya yapılan her yapay müdahale, doğal sistemin dengesini ve buna bağlı olarak da fonksiyonlarını etkilemektedir. Bu doğal yasa, toprak işlemlerine ilişkin mekanizasyon için de geçerlidir. Bu nedenle, toprak işlemlerine ait uygulamaların iyice irdelenip tartışılması, yararlı ve zararlı sonuçlarının açıklanması ve bundan sonra da bir değerlendirme yapılarak uygulayıcıya ışık tutacak bilimsel esasların ortaya konması gerekir.

Buraya kadar yapılan açıklamaların ışığı altında konuyu organik bir bağ içinde işleyebilmek amacıyla önce, toprak işlemlerinin ekosistemler üzerindeki yararlı ve zararlı etkileri birer cümle ile ifade edilecek, daha sonra bunların niteliği ekolojik ilişkiler halinde açıklanacak ve en sonunda da bunlara dayanarak uygulayıcıya ışık tutacak bilimsel esaslar ve öneriler ortaya konmaya çalışılacaktır.

1. TOPRAK İŞLEMESİNİN EKOSİTEMLER ÜZERİNDEKİ GENEL ETKİLERİ

Toprak işlemleri sonucunda toprağın gözenek hacmi, gözenek boyutu sınıflarının dağılımı, kırıntı büyüklüğü, istiflenme yoğunluğu (hacim ağırlığı), organik madde ayrışması, toprak canlılarının yaşamı büyük ölçüde etkilenmektedir. Böylece bu uygulama, bir ekosistemin su ve hava ekonomisi ile sıcaklığını, besin ekonomisini, infiltrasyon ve perkolasyon gibi hidrolojik özelliklerini etkilemekte ve bunun sonucunda da erozyon, biyoelement dolaşımı, bitki beslenmesi gibi çeşitli fiziksel, fizikoşimik ve biyolojik süreçler üzerinde önemli roller oynamaktadır.

Toprak işlemleri sonucunda ekosistemde meydana gelen etkilerin bir kısmı yararlı bir kısmı zararlıdır. Bunlar kısaca şu şekilde ifade edilebilir :

Toprak İşlemlerinin Meydana Getirdiği Olumsuz Etkiler

- (1) Humusun ayrışma hızı artar, dolayısıyla organik madde, organik karbon, azot kaybı meydana gelir.
- (2) Toprak, ağır makinaların basıncı altında ezilir ve sıkışır, buna bağlı olarak da gözenek hacmi ve geniş kaba gözeneklerin miktarı azalır.
- (3) Erozyon tehlikesi artar.
- (4) Toprakta bir yıkanma meydana gelebilir.
- (5) Sekonder gözenekler bozulur.
- (6) Strüktür dayanıklılığı azalır.
- (7) Toprak organizmaları, özellikle solucanlar zarar görür.
- (8) Mevcut kırıntılar ufalanarak boyutları küçülür.
- (9) Besin ekonomisi bakımından azot rezervlerinin ve bazı değişebilir katyonların miktarı azalabilir.

¹ Bu konuda ülkemizde yapılan şu simpozyum ve seminerlerde okunan bildirilerde değerli bilgiler verilmektedir : «Orman Genel Müdürlüğü, 1982 : Türkiye'de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Simpozyumunu, Ankara», ve «Ağaçlandırma Mekanizasyonu ve Metod Faaliyetleri Semineri, 1977» (Manuskript).

Toprak İşlemesinin Meydana Getirdiği Olumlu Etkiler

(1) Minimal (sığ) toprak işlemesiyle, topraktaki kapillarite kırılarak derin tabakalardaki suyun evaporasyonla olan kaybı azaltılır, infiltrasyon artırılır.

(2) Orta derecedeki derinliğe kadar işlenip, aktarılması ile toprağın su depolama kapasitesi artırılır.

(3) «Derin gevşetme» veya «tabanı gevşetme» ile toprak içindeki su hareketi artmakta, durgun su koşullarının önüne bir dereceye kadar geçilebilmekte, böylece minimumda olan havalanma koşulları düzeltilebilmektedir.

(4) Derin gevşetici (riper) ile yapılan derin mekanik toprak işlemesi sonucunda, toprağın total gözenek hacmi ile kaba gözenek hacmi artmaktadır.

(5) Toprak işlemesi ile elverişsiz humus formlarının ayrışma hızı artırılarak biyoelement dolaşımı düzenlenebilmektedir.

(6) Toprak işlemesi ile kombine edilen teraslama uygulaması sonucu infiltrasyon (suyun toprak içine girmesi) artırılıp, yüzeysel akış ve erozyon azaltılabilmektedir.

(7) Soğuk toprakların daha iyi ısınması sağlanmaktadır.

Ormancılıkta toprak işlemesinin buraya kadar açıklanan zararlı ve yararlı sonuçları, zihinlerde bazı soruların belirmesine neden olmaktadır. Örneğin, bu kadar pahalı ekipmanlar ve teknik bilgiler isteyen işgücü, bu derece sakıncalı sonuçlar doğuran toprak işlemesi için kullanılmalı mıdır? Yararlı ve zararlı sonuçlardan hangileri ağır basmaktadır? Literatürde, genellikle toprak işlemesinin zararlı etkileri üzerinde durulmasına karşın, bu yöntemin evrensel olarak uygulanmasının nedenleri nasıl açıklanabilir? Bu sorulara yanıt verebilmek ve ağaçlandırmalarda toprak işlemesine ilişkin mekanizasyonun yapıp yapılmamasına karar verebilmek, yapılacaksa sakıncalı ve zararlı etkileri en düşük düzeye indirebilmek amacıyla gerekli önlemleri ortaya koyabilmek için, bazı temel bilgilere gereksinim vardır. Bu amaçla, toprak işlemesinin toprak özellikleri üzerinde yaptığı ekolojik etkilerin mekanizmasını ve bilimsel esaslarını hiç değilse ana çizgileri ile tanımak gerekir. Aşağıda, bu hususla ilgili özet bilgiler verilmiştir.

2. TOPRAK İŞLEMESİNE AİT EKOLOJİK İLİŞKİLER

Daha önce de vurgulandığı gibi, toprak işlemesi ile toprağın birçok özellikleri aşağıda açıklandığı şekilde çok yönlü etkilenmektedir.

2.1. Toprak İşlemesi İle Strüktür Arasındaki Ekolojik İlişkiler

«Toprak strüktürü», toprak taneciklerinin birarada bulunuş şeklini, yani toprağın kırıntılı olup olmadığını, tanecikler veya kırıntılar arasındaki boşlukların (gözenek) büyüklük ve miktarlarını ve buna bağlı olarak da toprakların istiflenme yoğunluğunu (hacim ağırlığı) toplu olarak ifade eden bir deyimdir. Bu tanımlamadan anlaşılacağı üzere toprak strüktürü, toprağın su ve hava ekonomisi, sıcaklığı, mikroorganizma yaşamı, kök yayılışı, organik madde ayrışması gibi özellikleri üzerinde etkili olan önemli bir fiziksel toprak özelliğidir. Toprakların kötü bir strüktüre sahip olması demek, biraz önce sayılan karakteristiklerin, süreçlerin, toprak verimliliğini azaltıcı nitelikte olmaları demektir.

Toprakların strüktür değişimi üzerinde insanların bilinçli olarak yaptığı etkilerden en yaygın olanı toprak işlemesidir. Bu işlemin amacı, bir tohumun çimlenebileceği, dikilen fidanın köklerini kolayca geliştirebileceği, yeterli hava ve su iletişiminin cereyan edebileceği gevşek bir toprak sağlamaktır.

Toprak işleme ile strüktür arasındaki ilişkiler, toprağın bazı özellikleri ile toprak işleme yöntemleri tarafından önemli derecede etkilenmektedir. Sözkonusu bu özellikler ve yöntemler ile etki şekillerine ait kolojik ilişkilerin en önemlileri, bazı araştırma sonuçlarına dayanarak aşağıda özetlenmiştir.

(1) Toprak Nemi, Ekipman Ağırlığı ve Strüktür Arasındaki Ekolojik İlişkiler

Yaş ve ıslak topraklarda ağır makinalarla yapılacak toprak işleme, toprağı gevşetecek yerde sıkıştırmakta, ezmekte ve böylece strüktür koşullarında bir kötüleşme meydana getirmektedir. Bunun sonucunda da toprağın su ve hava dengesi bozulmaktadır. Gerçekten, toprak üzerinde 40 tonluk bir makina ile bir kez bile geçildiğinde nemli topraklarda 70 cm, tavında olan topraklarda da 50 cm derinliğe kadar bir sıkışma meydana geldiği, bu hususta birim yüzeye düşen basınçtan çok, aracın tüm ağırlığının etkin olduğu araştırmalarla belirlenmiştir (BENECKE 1982). Başka bir araştırma ile de toprak üzerine 2 bar basınç (2.066 kg/cm²) yapan 16 ton ağırlığındaki bir makinanın, bu basıncının 30 cm toprak derinliğine kadar etkili olduğu saptanmıştır (EHLERS 1982). Artan makina ağırlığı, tekrarlanan aynı yerden geçiş sayısı ve artan toprak nemi ile toprağın ezilme ve sıkışma derecesi de artmaktadır.

Ağır makinaların çalıştığı topraklarda havalanma gözenekliliği (geniş kaba gözenekler) büyük oranda kayba uğradıklarından, bu topraklarda nispeten düşük hacim ağırlığında bile havalanma kritik sınıra gelmektedir. Yapılan bir araştırmada, makina ile ezilmiş bir toprağın kritik havalanma sınırının (% 6 ölçülmüştür) 1,2 gr/cm³ istiflenme yoğunluğundan itibaren başladığı, ezilmemiş kontrol parselinde ise kritik havalanma sınırı için istiflenme yoğunluğunun 1,35 gr/cm³ değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir (HILDEBRAND und WIEBEL 1981). Bu değerler, çoğu kez strüktür ıslahı için bir ölçü olarak alınan istiflenme yoğunluğunun (hacim ağırlığı) makinalı işleme yapılan topraklarda yanıtıcı olabileceğini göstermektedir.

(2) Toprak İşleme ile Strüktür ve Toprağın Mekanik Bileşimi Arasındaki Ekolojik İlişkiler

Toprak işleme ile strüktür arasındaki ilişkiler üzerinde önemli rol oynayan faktörlerden biri de toprağın mekanik bileşimidir. Yapılan araştırmalarla, toprak türü, kil oranı ve mineralojisinin bu hususta değişik etkileri olduğu belirlenmiştir.

Araştırmalardan elde edilen genel sonuçlara göre, toprak işleme ile kum toprakları sıkışmakta, gözenek hacmi düşmektedir. Kil topraklarında ise toplam gözenek hacmi %'si artmakta, özellikle ripperle yapılan derin gevşetme ile bu hususta olumlu sonuçlar alınmaktadır. Toz topraklarında, toprak işleme ile gözenek hacminde bir değişim belirlenmemiştir (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1982, HARTGE 1978). BORCHERT (1984)'e göre kil miktarı % 20-25'ten az olan toprakların strüktürü, toprak işleme ile bozulmamalıdır. Çünkü bu nitelikteki topraklarda işleme ile yaratılan gevşeklik, sürekliliğini koruyamamaktadır. Kil miktarı % 25 yöresinde olan topraklarda ise derin gevşetmenin etkisi kil tipine bağlı bulunmaktadır. Montmorilloint grubu killerin çoğunlukta olduğu toprak-

larda derin gevşetme ile en iyi strüktür ve gevşeklik elde edilebilmektedir. Kazanılan bu iyi özellik, durumunu uzun süre koruyabilmektedir. Bu gibi topraklarda derin gevşetme ile en iyi strüktür ve gevşeklik elde edilebilmektedir. Bu gibi topraklarda derin gevşetme ile, alt toprakta % 5 oranında artırılan hava kapasitesinin, bu durumunu 15 yıl koruyabildiği, benzer özellikteki başka bir toprakta derin gevşetme ile elde edilen elverişli hacim ağırlığının 12 yıl süre ile bu durumunu koruduğu aynı araştırmacı tarafından bildirilmektedir.

(3) Toprak İşleme İle Strüktür ve Kırıntı Karakteristikleri Arasındaki Ekolojik İlişkiler

Son yıllarda mekanizasyonun gelişmesi ile toprak strüktürü büyük çapta etkilenebilmekte, hatta toprak işleme ekipmanının ucuna takılan çeşitli şekillerdeki ek gereçlerle, neredeyse topraklar istenen büyüklükteki kırıntılara parçalanabilmektedir (DIEZ 1982). Elde edilen bu teknik üstünlük, «Kırıntı büyüklüğü», «kırıntı şekli», «kırıntılama oranı»¹ gibi karakteristiklerin öteki strüktür özelliklerini hangi yönde etkilediği sorusunun yanıtlanmasını, özellikle uygulamacı için zorunlu hale getirmiştir. Bu konuda yapılan araştırmalarla topraktaki kırıntı büyüklükleri ile total gözenek hacmi, havalanma gözenekliliği oranı (kapillar olmayan gözenek oranı), suyun iletişimini sağlayan gözenek oranı (kapillar gözenekler) ve toprak havasının oksijen miktarı arasında sıkı ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Toprak gözenekleri ile kırıntı büyüklüğü arasındaki ilişkiler (BAVER 1956).

Toprak gözenekleri	Kırıntı büyüklükleri (Ø = mm)				
	Ø < 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 5,0
Toplam gözenek %	47,5	50,0	54,7	59,6	62,6
Kapillar olmayan gözenek %	2,7	24,5	29,6	35,1	38,7
Kapillar gözenekler %	44,8	25,5	25,1	24,5	23,9
Toprak havasının oksijen miktarı %	5,4	18,6	19,3	19,4	—

Bu çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, kırıntı büyüklüğü arttıkça toplam gözenek (kapillar olmayan gözenekler) oranları ile toprak havasının oksijen içeriği artmakta, kapillar gözenek oranı azalmaktadır.

Çizelgede görülen ilişkiler, arzu edilen kırıntı büyüklüğü ve dolayısıyla amaçlanan gözenek boyutu sınıfları dağılımının, dengeli bir hava-su ekonomisi için nasıl olması

¹ Kırıntılama oranı, belirli miktardaki bir toprakta bulunan kırıntıların, bu topraktaki ağırlıklarının % olarak değeridir.

gerektiği hususunda önemli pratik bilgiler vermektedir. Örneğin çok nemli iklim koşullarında, toprak işleme tekniği ile büyük kırıntı, dolayısıyla geniş kaba gözenek oranının yüksek olmasının sağlanmasına çalışılır. Kurak topraklarda ise bunun aksine, evaporasyonla su kaybına neden olan kaba gözeneklerden kaçınmak, kapillar gözenek oranının artırılmasına çalışmak gerekir. Bu hususla ilgili olarak araştırma ve gözlemlerden elde edilen sonuçlara dayanarak uygulayıcılar için yararlı olabilecek bilgiler bir çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 2).

Çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere toprak işlemeyle strüktür ıslahı yapılırken, bu ıslahın amacını oluşturan en iyi havalanma ve su temini koşullarını sağlayacak strüktürün (kırıntı büyüklüğü, gözenek hacmi ve gözenek sınıfı dağılımı) mevcut toprak iklimi koşullarına göre belirlenmesi daima gözönünde bulundurulmalıdır.

Kırıntı büyüklüğü yanında kırıntı şeklinin, daha bilimsel bir ifade ile strüktür sınıflarının da toprak işleme ile strüktür arasındaki ilişkilerde etkili olduğu araştırmalarla belirlenmiş bulunmaktadır. Bu husus, özellikle kırıntı dayanıklılığı bakımından çok önemlidir. Bilindiği üzere toprak işlemenin strüktür üzerindeki olumsuz etkilerinden biri de toprak işleme ile kırıntıların boyutlarının küçülmesi ve kırıntı dayanıklılığının (agregat stabilitesi) azalmasıdır. Gerçekten, ilerleyen mekanizasyona paralel olarak ekipman ağırlıkları artmış, toprakta mevcut kırıntılar bu ağırlığa dayanamadıklarından parçalanıp bozulmuşlardır. Bunda organik madde azalmasının da rolü büyüktür. Her ne şekilde olursa olsun, toprak işlendikten belirli bir süre sonra mevcut kırıntılar dağılmakta ve toprak sıkı bir şekilde istiflenmektedir. Bu sıkışmanın, bitki için zararlı olabilecek bir sınır değere kadar yükselmesi gerekir. Bu nedenle, kırıntı dayanıklılığı üzerinde rol oynayan faktörlerin incelenip belirlenmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bu faktörlerden biri çeşitli strüktür sınıflarıdır. Bu hususta yapılan araştırmalardan şu sonuçlar elde edilmiştir (HORN ve HARTGE 1981): Basınca karşı kırıntı dayanıklılığı en yüksek olan strüktür «**polieder**», en az dayanıklı olan «**Masif**», orta derecede dayanıklı olan da «**prizmatik**» strüktürdür. Aynı araştırmada toprağın mekanik yüklere karşı dayanıklılığının «**kırıntılaşma oranı**» ile arttığı belirlenmiştir. Bu ilişkiler toprak işleme yöntemlerinin seçimi bakımından, uygulayıcıya değerli bilgiler vermektedir.

(4) Toprak İşleme Yöntemleri İle Strüktür Arasındaki Ekolojik İlişkiler

İleri bir mekanizasyon tekniği ile bugün topraklar birçok bakımlardan istenilen şekilde işlenebilmektedir. Söz konusu toprağın özelliklerine ve toprak işlemesinden beklenen esas amaca göre, topraklar «**minimal toprak işleme**» denilen çok sığ (10-20 cm) olarak, örneğin yatay bir disk ile işlenebildiği gibi, «**derin gevşetme**» ismi verilen ve toprağı metrelerce derine kadar aktarmadan gevşetebilen riper (= derin gevşetme gereci = derin kazıcı) denilen aletlerle de çalışılabilmektedir. Daha önce de değinildiği gibi bu toprak işleme yöntemlerinin amacı ve uygulandığı yetişme ortamları birbirinden çok farklıdır. Örneğin, minimal toprak işleme, üst topraktaki kapillar kanalları bozup kırmak, böylece derin toprak tabakalarından kapillarite ile üst toprağa kadar gelen suyun, buharlaşarak kaybolmasına engel olmak için yapılır. Bu yöntem, özellikle vejetsyon devresinde yağış olmayan ve sulama olanağı bulunmayan topraklarda yapılır. Bu yöntemle yapılan toprak işlemesinin ürün verimini arttırdığı araştırmalarla belirlenmiştir.

Alt toprağı ince tekstürlü olan, durgun su koşulları bulunan, kök yayılışını mekanik olarak engelleyecek derecede sıkı oturmuş topraklarda ise toprağı derin olarak gevşe-

Çizelge 2. Arzu edilen gözenek dağılımı (KOHNKE 1968).

Gözenek sınıfları	Gözenek büyüklüğü (çap mikron)	Gözeneklerin su tutma gücü pF	Gözeneklerin fonksiyonu	En elverişli gözenek dağılımı			
				Yarıkurak iklim	Nemli iklimde de yüksek bölge toprakları	Nemli iklimde yüksek taban suyu	Çok nemli iklim
Geniş kaba gözenekler	$\emptyset > 60$	0,0 - 1,7	havalanma ve infiltrasyon	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
Dar kaba gözenekler	60 - 10	1,7 - 2,5	yavaş sızma, kapillarite	Orta	Orta	Yüksek	Orta
Orta gözenekler	10 - 0,2	2,5 - 4,2	su depolama, tarla kapasitesi-pörsüme noktası	Yüksek	Orta	Az	Az
İnce gözenekler	$\emptyset < 0,2$	4,2 <	higroskopik su, daimî pörsüme noktası	Yüksek	Orta	Az	Az

ten riparli toprak işlemeşi yapılmaktadır. Bu şekildeki özelliklere sahip pseudogley ve vertisol-pelosol tipi topraklar riparile 80 cm derinliğe kadar gevşetilmiş, kontrol parseli ve gevşetilmiş parsellerden alınan örneklerde bazı fiziksel toprak özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre: gevşetilen toprakların toplam gözenek hacmi artmıştır; kaba gözenek oranı da yükselmiş ve bu etki 70 cm derinliğe kadar belirlenebilmiştir; bu değişime paralel olarak infiltrasyon ve permeabilite de artmıştır (MARTINOVIC ve arkadaşları 1982). Aynı araştırmada mekanik bir gevşetme aleti olan ripere, özel olarak delme ve kaldırma fonksiyonu olan ek gereçler takıldığında, büyük kesekleri parçaladığı belirlenmiştir. Örneğin büyük prizmatik ve kaba polieder strüktürden, ince polieder ile furda strüktür meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca 75 cm ve daha sık aralıklarla yapılan riparli derin mekanik gevşetme işlemi sonucunda, toprakta suyun drenajına büyük ölçüde yardımcı olduğu başka bir araştırma ile belirlenmiştir (BORCHERT 1974).

Riparile bu şekilde olumlu ve başarılı sonuçlar alınmasında ilk koşul, işlenecek toprakların incelenmesi ve mevcut toprak özelliklerine uygun riparli çalışma yönteminin seçilmesidir. Bu hususta ayrıntılı bilgileri içeren çalışmalardan yararlanılabilir (GÜNAY 1982).

2.2. Toprak İşlemeşi İle Organik Madde Ayrışması ve Besin Ekonomisi Arasındaki Ekolojik İlişkiler

Toprağın sürülerek işlenmesi ve diskleme, birçok yetişme ortamlarında önemli derecede humus kaybına neden olmaktadır. Çünkü bu yolla ölü örtüyü oluşturan organik madde artıkları toprağa karıştırılmakta, toprak organizmalarının ayrıştırmasına arz edilmekte, ayrışma için gerekli havalanma ve nem koşulları sağlanmış bulunmaktadır. Bunun sonucunda da organik maddelerin mineralizasyonu artmaktadır. Böylece toprak işlemeşi ile organik madde ayrışması hızlandırılmış olduğundan, toprakta humus rezervi azalır tükenmekte, dolayısıyla toprağın verimliliği de düşmektedir. Çünkü topraktaki humusun azalması ve tükenmesi ile bir yandan toprakta «mübadele kompleksi» olarak görev yapan, yani iyonları adsorbe eden humus maddesi ortadan kalktığı için toprağın iyon değiştirme kapasitesi düşmekte, öte yandan humusla birlikte azot besin maddesi de yok edilmiş olmaktadır. Ayrıca topraktaki strüktür dayanıklılığı üzerinde önemli rolleri bulunduğundan, humus kaybı, kırıntı dayanıklılığını da azaltmaktadır. Araştırmalara dayanan literatür verilerine göre ormanın gençleştirilmesi için açılan tıraşlama kesim sahalarında, ıslah çalışmalarına ve ağaçlandırmaların devamına göre toprak işlemeşi ile % 15-40 arasında humus kaybı, buna bağlı olarak da 250-900 kg/ha arasında azot kaybı meydana gelmektedir (REHFUESS 1982). Yapılan bir araştırmaya göre de tıraşlama kesilip toprağın işlenmediği bir ağaçlandırma alanında meydana gelen azot kaybının 440 kg/ha olduğu, aynı yerde diskaro geçirilmiş olan deneme parselinde bu miktarın 930 kg/ha miktarına kadar yükseldiği, tam alanda toprak işlemeşi yapılmış parselde ise bu miktarın 660 kg/ha olarak belirlendiği ifade edilmektedir (REHFUESS 1982). Bu değerler, % 14 - 31 arasında bir azot kaybının olduğunu göstermektedir. Fakat serbest kalan mineral azotun bir kısmı bitkiler tarafından alındığından, gerçek kaybın 370 - 860 kg/ha olduğu hesaplanmıştır. Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere, bu yolla biyoelement dolaşımı da düzenini kaybetmektedir.

Toprak organik maddesi (humus), toprak azotunun hemen hemen bütününe yakın kısmının kaynağıdır; mineral besin maddesi kaynağı ve besin maddesi bağlayıcısıdır; yani iyon adsorpsiyon aracıdır, Kırıntı dayanıklılığı, su ve hava ekonomisi bakımından

dengeli bir strüktür oluşumu için en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle toprak humusunda meydana gelen bir kayıp veya azalma toprağın verimliliğini düşürmektedir.

2.3. Toprak İşlemesi İle Toprak Canlıları Arasındaki Ekolojik İlişkiler

Toprak işlemesi ile toprak canlıları arasındaki ilişkiler çok yönlüdür. Toprakta kendilerine yol açamayan kanatsız bazı toprak böcekleri için (collembola) toprağın gevşetilmesi olumlu etki yapmaktadır. Buna karşılık toprağın en üst kısımlarında yaşayan canlılar için toprak işleme makinalarının sıkıştırması dolayısıyla oksijen kıtlığı meydana gelir, hattâ içinde barındıkları boşlukları kaybettiklerinden yaşamaları güçleşir. Bazıları ise toprak işleyen aletlerden mekanik yollarla zarar görür. Örneğin solucanlar pulluk bıçağı tarafından parçalanırlar. Ayrıca toprak işleme aletleri ile toprak canlılarının açtığı kanallar tikanır, kırkayaklarda olduğu gibi bazan da bunların ağız ve ayak kısımlarına toprak sıvanarak zarar verilir.

Toprak canlıları, bitki artıklarını parçalayıp ayrıştırmakta, mineralizasyon aşamasına kadar götürmektedirler; dayanıklı humus maddelerinin oluşmasını sağlamaktadırlar; organik maddeleri yeme ve toprağı oyma, kanal açma gibi aktiviteleri ile bitki köklerinin su ve hava alması için elverişli gevşek bir strüktür sağlarlar; toprakta mantar ve bakterilerin çoğalmasına yardımcı olurlar. Bazı bakteriler havanın serbest azotunu sağlarlar. Bütün bu nedenlerle toprak canlılarının zarara uğraması, toprak verimliliğinin azalması sonucunu doğurabilir.

2.4. Toprak İşleme İle Toprağın Su ve Hava Ekonomisi, Erozyon Arasındaki Ekolojik İlişkiler

Toprağın hava ve su ekonomisinin dengesi üzerinde toprak işlemenin büyük bir etkisi vardır. Çünkü toprak işlemesi ile kırıntılaşmaya, dolayısıyla gözenek sınıfları dağılımına bir etki yapılmış olur. Bunun anlamı, toprak içinde, hava ve suyun bulunabileceği bir mekân sağlanmış olmasıdır. Bu nedenle ülkemiz koşullarında, sonbaharda yapılacak derin bir toprak işleme veya gevşetme ile yağışlı mevsimde suyun depolanması, ilkbaharda yapılacak sığ bir toprak işleme, örneğin diskaro çekme ile kapillar iletişim ortadan kaldırılarak derinlerdeki suyun üst topraktan buharlaşmasına engel olunur. Böylece su, yalnız alt kısımlarda kök çevresine kapillar iletişimle hareket ederek yararlı bir şekilde tüketilmiş olur. Yapılan araştırmalar, su ekonomisinin bu yolla düzenlenerek ürünün arttırılabileceğini göstermiştir.

Su fazlalığı ve durgun su koşullarında ise toprağın hem alt, hem de üstünün gevşek duruma getirilmesinde yarar vardır. Çünkü bu yolla doğal drenaj sağlanabildiği gibi yeterli havanın toprağa girmesi de temin edilmiş olur. Fakat toprağın strüktür dayanıklılığı, artan kaba gözenek oranına paralel olarak azalmaktadır. Bunun ise birçok sakıncaları vardır. O nedenle bitkilere hem yeterli hava ve suyu sağlayacak, hem de strüktür dayanıklılığını arttıracak toprak işlemesi yönteminin ne olması gerektiği sorusunun yanıtlanması gerekmektedir. Literatür incelemelerimize göre bu konunun şimdilik aydınlığa kavuşmadığı ve daha birçok araştırmaların yapılması gerektiği ifade edilmektedir (HARTGE 1978). Örneğin ormancılıkta optimum hava kapasitesinin % 12-16 olduğu kabul edilmektedir. Yani tarla kapasitesindeki nem derecesinde ($pF = 2,0 - 2,54$) hava ile dolu (kaba) gözenek oranının % 12-16 olması gerekmektedir. Bunun anlamı, dengeli bir havalanma için strüktür ıslahının elverişli gözenek oranını (toplam gözenek oranı

olarak : kum toprağında % 40, balçık ve kil toprağında % 45-50; kaba gözenek oranı olarak da : kum toprağında % 14 - 16, balçık ve kil toprağında % 12 - 13) sağlaması gerekmektedir.

Toprak İşlemesi ile erozyon arasındaki ekolojik ilişkilere gelince : Bilindiği üzere toprak işlemesi, erozyon üzerinde rol oynayan birçok faktörlerden sadece bir tanesidir. Toprak işlemesi ile erozyon arasındaki edafik ilişkiler üzerinde kısıntı büyüklüğü ve dayanıklılığı, infiltrasyon ve perkolasyon kapasitesi gibi faktörler rol oynamaktadır. Bu faktörlerle erozyon arasındaki ilişkiler çok giriftir. O nedenle başlı başına bir uğraşı alanı olan bu konunun ayrıntılarına girilmeyecektir.

3. ÖZET ve TARTIŞMA

Kısa sürede geniş alanların ağaçlandırılmasının zorunlu olması ve «yoğun kültür» uygulamasının başlamış bulunması gibi nedenler, arazi hazırlığı için ormancılıkta mekanizasyonu güncel hale getirmiştir. Hatta bu amaçla diri örtü temizliği ve toprak işlemesi için çeşitli tip ve yapıda makinalı ekipmanlar kullanılmaya başlanmıştır. Fakat makinalı çalışmanın, doğal sistemlerde, özellikle toprak üzerinde bazı zararlı sonuçlar doğurması, toprak işlemesine ilişkin mekanizasyonu tartışma konusu haline getirmiştir. Gerçekten, toprak işlemesi sonucunda meydana gelen hızlı organik madde ayrışması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan karbon ve azot kaybı, azalan strüktür dayanıklılığı ve artan erozyon tehlikesi, toprak işlemesinin ekolojik sonuçlarını uzun uzun irdeleyip araştırmayı zorunlu kılmakta ve bu uygulamanın geleceği hakkında doğru bir yargıya varmak için şu sorunun öncelikle yanıtlanmasını gerekli kılmaktadır : «Orman ekosistemlerinin en önemli öğelerinden biri olan toprağın doğal dengesini bozmamak için toprak işlemesinden kaçınmanın yollarını mı aramak gerekir, yoksa toprak verimliliğinin sürekliliğini bozmadan toprakların işlenebilmesini sağlayacak bilimsel ve teknik verilerin belirlenmesine mi çalışılmalıdır? Bu konuda yapılmış inceleme ve araştırmalara ait literatür gözden geçirildiğinde, sorunun ikinci kısmını yanıtlamak için yapılan çalışmaların çoğunlukta olduğu görülmektedir. Gerçekten biraz önce de vurgulandığı gibi toprak işlemesinden vazgeçilmesini önerecek yerde, toprak işlemesinin ekolojik sonuçlarını ortaya koymak için birçok araştırmalar yapılmıştır ve halen de yapılmaktadır (BABEL 1982, BENECKE 1982, BOCHERT 1984, EHLERS 1982, DIEZ 1982, HORN und HARTGE 1981, KANTARCI 1982, MANTINOVIC ve ark. 1982, REHFUESS 1982, TOLAY ve ark. 1982).

Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar ile teknolojik gelişmeler, ağaçlandırılacak alanların genişliği ve ekolojik karakteristikleri gibi faktörler gözönünde bulundurulurken, toprak işlemesine ilişkin mekanizasyonun değerlendirilmesi yapılırsa şu sonuçlara varılır :

(1) Verimsiz ve bozuk ormanların kısa bir sürede verimli hale dönüştürülmesi, başarısız olan ve toprak özellikleri kötüleşmiş bulunan geniş doğal gençleştirme alanlarının kısa zamanda ağaçlandırılması gibi zorunluluklar, ağaçlandırmalarda arazi hazırlığına ilişkin mekanizasyonu kaçınılmaz hale getirmektedir.

Ülkemizde ağaçlandırılması gerekli milyonlarca hektar genişliğindeki alanlara ait arazi hazırlığının insan gücü ile yapılamayacağı da bilinen bir gerçektir. Çünkü yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre ağaçlandırmalar için arazi hazırlığı bakı-

mından insan gücü ile makina gücünün iş verimi arasındaki oran 1/87 olarak belirlenmiştir (ZORALIOĞLU 1985).

(2) Bazı elverişsiz toprak özelliklerinin makinalı toprak işleme ile düzeltilebilmesi de arazi hazırlığı için mekanizasyona gidilmesi yönünde bir itici güç olmuştur. Gerçekten çok sıkı oturdukları için, gereği kadar su depolayamayan veya tam aksine durgun su koşulları yaratan ince tekstürlü toprakların, derin gevşetici veya dip kazıcı (riper) ismi verilen ekipmanlarla 80-90 cm derinliğe kadar gevşetilerek su tutma kapasitelerinin artırılması veya drenaj bozukluklarının ortadan kaldırılması, bu tür toprakların ıslahı için önemli bir teknolojik başarıdır. Gerçekten, yarıkurak bölgelerde yağış mevsiminden önce toprağın derin olarak gevşetilmesi ile su depolamaları sağlanmakta, dikimden önce yapılacak sığ toprak işleme, örneğin diskaro geçirilmesi ile, kapillar iletişim kırılarak, evaporasyon yolu ile su kaybı azaltılabilmektedir. Böylece belirli ekolojik koşullarda usulüne uygun toprak işleme, bazı elverişsiz fiziksel toprak özelliklerinin rehabilitasyonu ile eşdeğer olmaktadır. Ülkemizde mekanizasyona ilişkin bazı uygulamalardan elde edilen başarılı ağaçlandırma sonuçları bu yargının doğruluğunu kanıtlamaktadır.

(3) Makinalı toprak işlemenin ekosistem üzerinde bazı olumsuz etkileri ve zararlı sonuçları olduğu da muhakkaktır. Özellikle organik madde ayrışma hızının artması buna bağlı olarak azot ve organik karbon kaybının meydana gelmesi, strüktür dayanıklılığının azalması, belirli koşullarda erozyon tehlikesinin çoğalması bu olumsuz etkilerin en önemlileri olarak sayılabilir. Ayrıca buna, ağır toprak işleme makinaları ile toprağın sıkıştırılarak, kaba ve primer gözeneklerin azaltılması da eklenebilir. Bu istenmeyen sonuçların nedenleri çok çeşitlidir. Bunlardan bir kısmı, ekosistemlere yapılacak her yapay müdahalenin ekosistemin dengesini sarsıcı yönde etkileyeceği kuralından kaynaklanmaktadır. Fakat büyük bir kısmı da ekolojik koşullara ters düşen yanlış uygulamalardan meydana gelmektedir. Ayrıca toprak işleme ile ekosistemde meydana gelen olumsuz sonuçları irdeleyen araştırmaların genellikle optimum ekolojik koşullara sahip sistemlerde yapıldığına da daima gözönünde bulundurulması gerekir. Daha açık bir ifade ile, toprak işleminin olumsuz veya sakıncalı yönleri, aşağıda belirtilmeye çalışıldığı gibi çok geniş bir görüş açısı ile değerlendirilmelidir.

Ülkemiz koşullarında ağaçlandırılacak alanların çoğu bozuk ormanlar altındaki toprakları kapsamaktadır. Kapalılığı çok azalmış veya üstü tamamen açılmış bu alanlarda topraklar sertleşip, sıkışmış, biyolojik aktivite azalmış, hatta büyük bir kısmı erozyona uğramıştır. Bu topraklarda biyoelement dolaşımı da yavaşlamış veya tamamen durmuştur. Bu nedenle, bu topraklarda toprak işleminin organik maddenin ayrışması üzerindeki etkisini, optimum koşullara sahip topraklardaki etkisinden farklı olarak değerlendirmek gerekir. Kaldı ki toprak işleminin organik madde üzerindeki olumsuz etkilerini, alınacak bazı teknik önlemlerle bir dereceye kadar azaltma olanakları vardır. Örneğin arazinin hazırlanması esnasında ölü ve diri örtüyü tamamen uzaklaştıracak yerde, bunları belirli aralıklarla yığma, şeritler halinde ayrışmaya bırakma veya çalı doğrayıcılar ile mevcut bitkileri parçalayarak toprak yüzeyine serme veya toprağa karıştırma gibi yöntemlerle, organik madde kaybı bir dereceye kadar azaltılabilir.

Uygun makina ve ekipman seçimi ve elverişli toprak işleme zamanının seçilmesi ile makinaların toprağı sıkıştırarak strktürünü bozması da bir dereceye kadar önlenbilir. Bir makinanın toprağa ağırlık etkisiyle sıkıştırabilmesi için 0,625 kg/cm²den çok basıncı yapması gerektiği yapılan uygulamalı araştırmalarla belirlenmiştir. Toprak işleme ma-

kinalardan paletli traktörlerin özgül toprak basınçlarının 0,30-0,40 kg/cm² olduğu ve ülkemizde bu tip makinelerin kullanım alanı bulunduğu bildirilmektedir (SUNGUR 1974). Toprağın sıkışmasında rol oynayan faktör sadece makinanın ağırlığı değildir. Bu hususta toprak işleme anındaki toprağın nem içeriği de etkilidir. Bu nedenle toprak işleme mevsiminin çok iyi seçilmesi gerekir. Toprak işleme için en ideal toprak neminin tarla kapasitesindeki nem derecesi olduğu, bu elverişli tav durumunun ise, toprakların kolayca dağılabilir formda olmasıyla kolayca belirlenebileceği ifade edilmektedir. (KOHNEKE 1968). Bu nedenle toprak işleminin, «**makinelerin boş zamanını değerlendirme**» periyodunda değil, elverişli toprak tavinin bulunduğu zamanda yapılması gerekir.

Toprak işleminin erozyon tehlikesini arttırdığı bir gerçek olmakla beraber, bu yolla meydana gelecek zararın da en düşük düzeye indirilebilmesi için bazı önlemlerin alınabileceğini kabul etmek gerekir. Örneğin, makinalı gredoni yapımı, çok eğimli yerlerdeki kum topraklarında gevşetme yerine sıkıştırma yapma, şerit şeklinde veya tam alanda seyrek diri örtü bırakma, vb. uygulamalara gidilebilir. Ayrıca ağaçlandırma alanlarındaki büyük veya küçük akarsuların kenarlarında, belirli genişlikte şeritler halinde bitki örtüsünü olduğu gibi bırakmak gerekir. Böyle bir vejetasyon örtüsü, çevreden gelen organik ve inorganik taşıntı materyalini tutar, bunları getiren suları süzer. Böylece hem madde kaybını önler, hem de akarsuya temiz su verir. Ayrıca akarsuyun üzerini gölgeleyerek buharlaşma ile olan su kaybını azaltır.

Buraya kadar yapılan açıklamalarla şu gerçekler ifade edilmeye çalışılmıştır :

■ Belirli bir zaman süresi içinde ağaçlandırılması gerekli alanların arazi hazırlığı için insan gücü yetersiz kalmakta, bunun ancak makinalı çalışma ile yapılabilecek kapsamda bir iş olduğu anlaşılmaktadır.

■ Makinalı arazi hazırlığının, ağaçlandırma başarısını önemli derecede yükselttiğini gösteren iç ve dış kaynaklı uygulama sonuçları bulunmaktadır.

■ Makinalı çalışmanın doğal dengede meydana getirdiği zararlı etkilerin, yine makina teknolojisinden bilinçli bir şekilde yararlanma ile en düşük düzeye indirilebileceğini gösteren çalışmalar vardır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Makinalı toprak işleminin, daha kapsamlı bir ifade ile, ağaçlandırmalar için uygulanan makinalı arazi hazırlığının ekolojik sonuçları, «**toprak koruması**» ve «**bitki gelişimi**» olmak üzere iki yönlü olarak değerlendirilebilir.

Toprak koruması bakımından, toprak taşınmasını en düşük düzeye indirecek bir kırıntı dayanıklılığı, optimum düzeyde bir infiltrasyon ve perkolasyon kapasitesi sağlayacak bir toprak işleme yöntemi uygulanmalıdır.

Bitki gelişimi bakımından ise, dikilen fidanlara hiç değilse ilk yıllar için dengeli bir su ve hava ekonomisi sağlayan fiziksel özellikler temin edebilecek bir toprak işleminin yapılmalıdır.

Yukarıda vurgulanan iki koşulu da yerine getirecek bir mekanizasyon uygulamasında en önemli husus, toprak işleminin ilişkin mekanizasyonun yararlı etkilerin

da, bazı zararlı sonuçlar da doğurabileceğini daima gözönünde bulundurmaktır. Bu olumsuz etkilerin, özellikle, mevcut ekolojik koşullara uygun olmayan makina, ekipman ve yöntemin seçilmesinden kaynaklandığının bilinci içinde olunması gerekir. Bu nedenle, belirli bir arazi hazırlığı programının «nasıl olursa olsun tamamlanması» yerine, ağaçlandırmanın geleceğini sigortalayacak bir uygulamanın amaç edinilmesi gereklidir. Bunun da anahtarı, mevcut ekolojik koşulların iyice incelenerek, bunlara göre mekanizasyondan doğacak sonuçların tahmin edilebilmesi ve buna göre en elverişli ekipman ve yöntemin seçilmesidir. Çünkü toprak, mevcut ekolojik koşullara uygun olan ve bilinçli olarak yapılan teknik müdahalelere karşı oldukça dayanıklı, hoşgörülü, dengeli, kendi kendini yenileyen, ıslah eden ve kendine verileni fazlasıyla ödeyen bir ekosistem ögesi, olağanüstü nitelikte bir doğal hazinedir.

KAYNAKLAR

BABEL, U., 1982. *Die Beeinträchtigung der Bodenfauna durch Landwirtschaftliche Kulturmassnahmen. Laufener Seminarbeiträge 3/82, Bodennutzung und Naturschutz, Laufen/Salzach.*

BAVER, L. D., 1956. *Soil physics. John Wiley and Sons Inc. New York, London.*

BENECKE, P., 1982. *Auswirkung des Befahrens mit schweren Fahrzeugen auf bodenphysikalische Kennwerte. Mitteilgn. 34, 181 - 186. Geselchs., Dtsch. Bodenkundl.*

BORCHERT, H., 1974. *Physikalische Veränderungen durch Dränung und Tiefenlockerung auf Ton- und Lössböden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 19, 50 - 60.*

BORCHERT, H., 1984. *Grenzen und Vorhersage der Bodenmeliorationswirkung bei der Tieflockerung. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 40, 37 - 42.*

DIEZ, Th., 1982. *Bodenerhaltung durch Bodenpflege. Laufener Seminarbeiträge 3/82, Bodennutzung und Naturschutz. Laufen/Salzach, s. 43 - 52.*

EHLERS, W., 1982. *Die Bedeutung des Bodensfüges für das Pflanzen - wachstum bei moderner Landbewirtschaftung. Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 34, 115-128.*

GARF zu LEININGEN, W., 1954 (Çeviren SEVİM, M.). *Ormanlıkta toprak işleme, gübreleme ve orman vejetasyonunun toprak üzerine tesiri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 28, İstanbul.*

GÜNAY, T., 1982. *Ağaçlandırmalarda toprak işleme riper (dipkazan) kullanımının toprak yapısına ilişkin bazı teknik esasları. Orman Genel Müdürlüğü : Türkiye'de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Simpozyumu, Ankara, s. 289 - 297.*

HARTGE, K. H., 1978. *Einführung in die Bodenphysik. Verdinnant Enke, Stuttgart.*

HILDEBRAND, E. E. and WIEBEL, M., 1981. *Befahrung und Bodenverdichtung unter dem Aspekt der Bodenfunktion als Waldstandort. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 32, 51 - 58.*