

## Yüzey Toprağı Stabilizasyon Yöntemlerinin Arazide Karşılaştırılması\*

Oğuz BAŞKAN, İlhami ÜNVER

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara-TÜRKİYE

Ceyhan TARAKÇIOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ordu-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 27.01.1999

**Özet:** Ankara'da, işlenerek gevşetilen kil tın bünyeli Fluvent bir toprağa işlemsizin yanı sıra ahır gübresi, çay atığı, çimento, frisol, başlangıçta bir süreli saydam plastik örtü ve fuel oil uygulanarak, stabilizasyonun artırılmasındaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır.

Rasgele bloklar düzeninde, üç yinelemeli olarak kurulan bir tarla denemesinde test bitkisi olarak çim yetiştirilmiş ve iki yıl boyunca bitki gelişiminin yanı sıra, 0-40 cm arasında pH, yüzey toprağının suya dayanıklı agregasyon yüzdesi, penetrasyon direnci, toprağa infiltrasyon ve nem değişimi özellikleri izlenmiştir. Ayrıca deneme başlangıcı ve sonunda nem karakteristik eğrileri hazırlanmış, organik madde kapsamı ve hidrolik iletkenlik ölçümleri yapılmıştır.

Başlangıçta en fazla organik madde artışı çay atığı karıştırılan parsellerde belirlenmiş, deneme sonunda en yüksek artış fuel oil işleminde olmuştur. Plastik örtü dışındaki tüm işlemler, hem toprağın yarayışlı nem parametrelerini, hem de nem kapsamını bir ölçüde artırmış ve bu etki deneme süresi boyunca korunmuştur. Çimento ve frisol uygulamaları başta olmak üzere tüm işlemler, toprakta hidrolik iletkenlik değerlerini belirgin biçimde yükseltmiştir. Hiçbir işlemin toprağın pH değeri üzerine belirgin bir etkisi olmamıştır. Başlangıç infiltrasyonu ve infiltrasyon kapasitesi, tüm işlemlerde artış göstermiştir. Ölçümler sırasında parsellerde bulunan nem miktarının değişkenliği, penetrasyon direnci ayrımlarının görülmesini engellemiştir.

Frisolde başlangıçtaki gecikme dışında, tüm değişkenlerde çim gelişimi sağlıklı ve tekdüze olmuştur. İki yıl boyunca çim yetiştirilmesi, toprağın organik madde kapsamı, nem karakteristik eğrisi parametreleri, hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon kapasitesini önemli düzeylerde geliştirmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** toprak stabilizasyonu, agregat stabilitesi, penetrasyon direnci, infiltrasyon, nem karakteristik eğrisi, çay atığı, frisol, fuel oil.

### Comparison of Surface Soil Stabilization Methods *in situ*

**Abstract:** The effects of farmyard manure, tea waste, Portland cement, frisol, initial temporary transparent film cover, and fuel oil on soil stabilization were compared with the control soil on a tilled and loosened clay loam Fluvent soil in Ankara.

Grass growth was observed in a two-year field experiment laid out as randomized-block experimental design with three replications, with monitoring of the changes pH in 0-40 cm depths, levels of percentage of water stable aggregates, penetration resistance (PR), infiltration, and moisture content. In addition, soil moisture retention characteristics (SMRC) curves were plotted, organic matter (OM) contents and hydraulic conductivities were determined at both initial stage and at the end of the experiment.

The highest initial increase in OM content was determined in the tea waste plots, whereas fuel oil treatment yielded the highest content at the end of the experiment. All treatments, except for plastic covering, substantially improved both the available moisture capacity and moisture content retained. Those effects were maintained, gradually decreasing during the growing period. All treatments, especially Portland cement and frisol applications, increased the hydraulic conductivity of the soil appreciably. There was no evident effect of any treatment on the pH of the soil. Initial infiltration rate and infiltration capacity were increased by all treatments. Variability of moisture contents of the plots during the measurements prevented the detection of differences the penetration resistance if there was any.

Grass growth was complete and uniform for all treatments, except frisol which had a retarding effect at the beginning. Two-year grass growing restored and significantly improved the OM content, parameters of SMRC, hydraulic conductivity, and infiltration capacity of the soil.

**Key Words:** soil stabilization, aggregate stability, penetration resistance, infiltration, moisture retention characteristics curve, tea waste, frisol, fuel oil

\*Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu'na desteklenmiştir. Proje no: 96-11-10-02

## Giriş

Türkiye’de erozyon yoluyla yitirilen toprak miktarının yüksek olmasının ve giderek artmasının nedenleri arasında, geniş alanlardaki kazı-dolgu işlemleriyle gevşeyen ve taşıyıcı dış etmenlere karşı duyarlı duruma gelen toprak kütlelerinin önemli yeri vardır. Bu gevşek toprak kütleleri, bir yandan üretim dışında kalıp çöleşmeyi özendirirken; öte yandan kayma, akma gibi yollarla büyük can ve mal kayıplarına yol açmakta; su yollarını, baraj ve göletleri, körfezleri, gölleri kaplayıp, sular başta olmak üzere, yaşam dengelerini altüst etmektedir(1, 2, 3). Bu tür alanların dayanıklılığının zaman yitirmeden artırılması(stabilize edilmesi) gereklidir.

Stabilizasyon yöntemleri konusunda sistematik bir sınıflama çok zordur. Çünkü teknikler; sıkıştırma, pałye oluşturma, set çekme, teraslama, pürüzlülüğü ve ondüleliğı artırma, malç oluşturma, yüzeyi kaplama, şev düzenleme gibi mekanik; harç ekleme, yüzey düzenleyici uygulama, çeşitli kimyasallar ve organik ürünler karıştırma gibi fizikokimyasal; çit veya kafes kurma, ağaçlandırma, otlandırma, çalı perdeleri oluşturma gibi biyolojik çeşitlilikler içermektedir(4, 5, 6, 7, 8). Öte yandan karayolu, demiryolu, boru vb hatları, bina temelleri, maden ocakları, kuyular, özgün veya yığma şevler, kıyı kumulları, baraj zeminleri ile sulama ve drenaj kanallarının yanı sıra tarla içi yollar, bakım, destekleme ve depolama yerleri gibi tarımsal altyapı alanları, kullanım amaçları yönünden hemen her zaman özel stabilizasyon işlemleri gerektirir(9).

Araştırmanın amacı, üst toprağın stabilizasyonunu artırarak, toprak ve besin maddesi kayıplarını azaltmanın yanı sıra, toprağın verim gücünün yükseltilmesidir. Bu amaçla üst toprağa karıştırılan ikisi doğal, biri petrokimyasal ve biri sentetik organik kimyasallar ile,

çimentonun stabilizasyon konusundaki etkinlik düzey ve süreleri, kısa süreli plastik malçla karşılaştırmalı olarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Değişken seçiminde, bulunma ve uygulama kolaylıkları ile, ekonomi etmeni göz önüne alınmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Deneme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazisinde düz bir alanda kurulmuştur. Deneme alanı toprağının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Toprak, Hatip çayının getirdiğı alüvyonlar üzerinde gelişmiş Fluventtir ve kil tın bünyelidir.

Ankara’nın uzun yıllar yağış ve sıcaklık ortalamaları Tablo 2 de verilmiştir. Buna göre deneme yerinde yıllık ortalama yağış 382,1 mm, ortalama sıcaklık 11,7 °C ve ortalama rüzgar hızı da 1,45 m/sn’dir(DMY Gn Md kayıtları).

İşlemlerin (deneme değişkenlerinin) başlıca özellikleri aşağıdaki gibidir:

Tanık(TA): Kabartılıp gevşetildikten sonra, herhangi bir stabilizasyon işlemi yapılmayan topraktır.

Ahır gübresi(AG): Agregasyonu ve yapıyı geliştirici, çabuk etkili bir stabilizördür. Ancak kısa sürede ayrışıp parçalandığından, zaman zaman yenilenmesi gerekmektedir. Deneme başlangıcında bir kez 4 ton/da hesabıyla uygulanmıştır. Kullanılan ahır gübresinin organik madde kapsamı % 46, 1:3 su süspansiyonundaki pH’sı 7,73 ve katyon değişim kapasitesi(KDK) 86 meg/100 g’dır.

Çay atığı(ÇA): Çay fabrikasyonu sırasında açığa çıkan, organik kökenli ve steril bir atıktır. Düşük pH değeri,

Tablo 1. Deneme Yeri Yüzey Toprağının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

% Kum	% Silt	% Kil	Bünye	pH	% Kireç	% Organik madde	KDK, me/100 g
34	36	30	CL	7,86	5,2	2,04	14

Tablo 2. Ankara’nın 65 Yıllık Yağış ve Sıcaklık Ortalamaları

Aylar	→	O	ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Yağış, mm		40,5	39,4	35,6	40,3	51,6	32,6	13,5	10,3	17,4	24,4	30,9	45,6	382,1
Ort Sıcaklık, C°		-0,1	1,3	5,4	11,2	15,9	19,8	23,1	23,0	18,4	12,8	7,3	2,3	11,7
Rüzgar h(m/sn)		1,21	1,45	1,5	1,631,48	1,48	1,38	1,58	1,39	1,77	1,1	1,77	1,15	1,45

özellikle kireç kapsayan topraklara uygulandığında bir diğer olumlu yönünü oluşturmaktadır. Çay işletmelerinde büyük miktarlarda bulunmasına karşın, ülkemizde henüz yeterince değerlendirilmemektedir. Tek maliyet ögesi taşıma ücretidir. Deneme başlangıcında 2 ton/da olarak uygulanmıştır. Kullanılan çay atığının organik madde kapsamı % 50, 1:3 su süspansiyonundaki pH'sı 7,50 ve KDK 138 meg/100 g'dır.

Çimento(Çİ): Üst toprağa 500 kg/da toz Portland çimentosu uygulanarak, kalıcı bir yapay agregasyon elde edilmiştir(10, 11). Bu uygulama pahalıdır.

Frisol(FR): Hammaddesi tıp ilacı atıkları olan bu ürün, Almanya'dan hazır biçimde getirilmektedir. Tanıtım broşürüne göre hem ham toprağı hızla stabilize etmekte, hem de bitkilerin gerek duyabileceği besin maddelerini ve çeşitli hormonları içermektedir. Denemede 1 ton/da dozu ele alınmıştır. Broşüründeki bilgilere göre bünyesindeki organik madde miktarı % 70'tir.

Plastik örtü(PÖ): Profil boyunca su ve tuz dağılımını, sıcaklık değişimine bağlı olarak yukarı-aşağı ardışık düzenleyip, agregasyon gelişim koşullarını geliştirmek üzere kabartılan toprak, bir ay süreyle 0,015 mm kalınlıkta, saydam polietilen(PE) örtü ile kaplanmıştır. Daha sonra örtü toplanıp, ekim yapılmıştır.

Fuel oil(FO): Kolay bulunur, ucuz bir materyaldir, İsrail'de ve Avustralya'da kum hareketlerini denetlemek amacıyla birkaç yılda bir uygulanmaktadır(12, 13). Uygulanması zordur. Denemede 500 l/da dozu uygulanmıştır.

### Yöntem

Deneme alanı Mayıs 1996 da, önce soklu pulluk, daha sonra döner çapayla işlenerek kabartılmış ve gevşetilmiştir. Deneme rasgele bloklar düzeninde, üç yinelemeli olarak kurulmuştur. Parseller 1 x 2 m olarak boyutlandırılmış ve her bir parselin yarısı örnekleme ve ölçümlere ayrılırken, diğer yarısı olduğu gibi korunmuştur. Araştırma konuları Mayıs ayı sonunda uygulanmış ve stabilizasyon için yaklaşık bir ay beklenmiştir. Bekleme süresinin sonunda plastik örtü işleminin örtüleri toplanmış ve tüm alana çim ekilmiştir. Deneme süresince, bitki gelişim düzeyine bakılmaksızın, tüm parsellere eşit miktarda, ortalama su kayıplarını 0-100 cm derinliğe değin tarla kapasitesine getirecek oranda sulama suyu uygulanmıştır.

Deneme başlangıcı ve sonunda toprağın organik madde kapsamı(14), karakteristik nem tansiyonu değerleri ve hidrolik iletkenlik düzeyleri ölçülmüş(15); 0-5, 5-10, 10-20 ve 20-40 cm derinliklerde pH(1:2,5 toprak/su süspansiyonu), üst toprağın suya dayanıklı

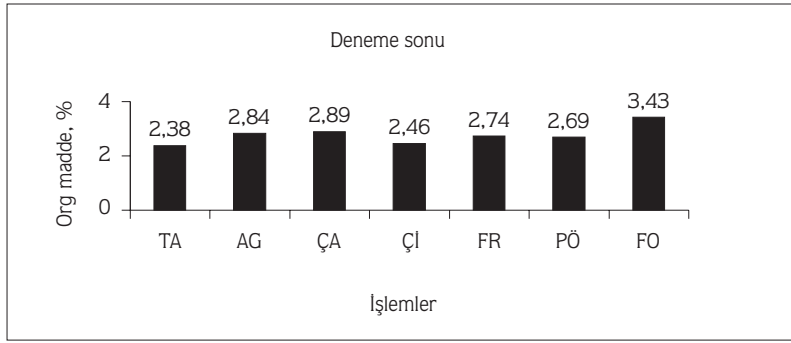
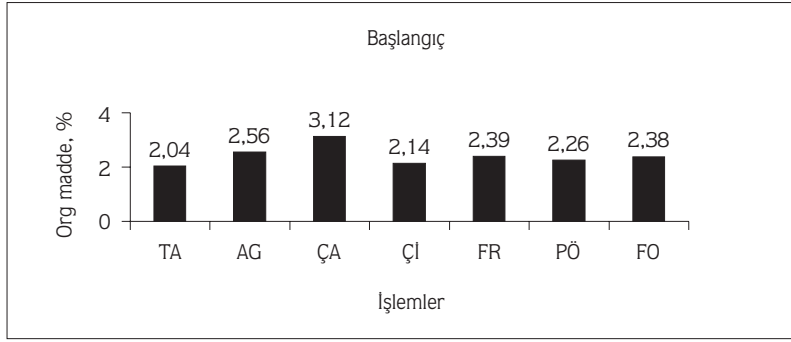
agregat yüzdesi(16), infiltrasyon hızı ve kapasitesi(17) ile, penetrasyon direnci(Proctor penetrometresi, 1/20, 1/10 ve 1/5 in<sup>2</sup> taban alanlı, 18) değişimleri de, deneme boyunca altışar ay aralıklı ölçümlerle düzenli olarak izlenmiştir. Ölçüm dönemleri Kasım 1996, Mayıs 1997, Eylül 1997 ve Temmuz 1998 olup, deneme bittikten sonra kurumaya bırakılan toprakta 4 gün arayla iki kez daha penetrasyon direnci ölçülmüştür.

### Sonuçlar ve Tartışma

İşlemlerin, yüzey toprağının organik madde kapsamı üzerine etkileri ve deneme sonundaki organik madde kalıcılığı değerleri, şekil 1 de gösterilmiştir. Başlangıçta en yüksek organik madde artışı ortalama %1,08(tanığa göre % 53) düzeyiyle çay atığı(ÇA) karıştırılan parsellerde belirlenmiş, deneme sonunda en yüksek birikim ise, fuel oil(FO) uygulanan parsellerde olmuştur. Yong vd(19), petrol ürünlerinin toprak taneleri üzerine van der Waals çekimleri, zayıf hidrojen bağları, katyon ve su köprüleri gibi yollarla bağlanarak, topraktaki etkilerini uzun süre koruyabildiklerini göstermişlerdir.

Çim üretimi toprak organik maddesini, ÇA işlemindeki % 0,23 (başlangıca göre % 7) düşüğe karşın, tanık(TA) işleminde % 0,34 (başlangıcın % 17'si düzeyinde) olmak üzere, diğer tüm işlemlerde artırmış, bu artış FO uygulamasında % 1,05 (başlangıcın % 44'ü) düzeyine ulaşmıştır. FO parsellerindeki yüksek organik madde artışının, yalnızca bu ürünün kalıntılarıyla açıklanması doğru olmayacaktır. Fuel oilin toprakta mikroorganizma etkinliklerini sınırlama olasılığı gözden uzak tutulmamalıdır. Toprağın organik madde kapsamındaki en düşük artış ve değişme, beklendiği gibi çimento(Çİ) işleminde gerçekleşmiştir.

Deneme alanında iki yıl boyunca çim yetiştirilmesi, tüm işlemlerde havalanma (0-1,7 pF arası) ve su tutma gözenekliliğini (1,7-4,51 pF arası) artırmıştır(şekil 2). Deneme başlangıcında PÖ işlemi toprağın havalanma gözenekliliğini % 5,62 oranında (tanığa göre % 42) artırırken, yarayışlı su tutma özelliklerini(2,54-4,19 pF arası) fazla etkilememiş, diğer tüm işlemlerde ise, söz konusu parametreler açısından önemli gelişmeler ölçülmüştür(Tablo 3). ÇA, tanık toprağa göre havalanma gözenekliliğini miktar olarak % 4,45 oran olarak da % 33, AG ise yarayışlı su kapsamını % 2,08(tanık toprağa göre oran olarak % 15) yükseltmiştir. Bu iki uygulama, deneme boyunca havalanma ve yarayışlı su gözenekliliklerini en fazla artıran işlemler olmuştur. Toprağın yarayışlı su kapsamında deneme sonunda ÇA ve FO işlemleriyle önemli bir değişme olmamış, diğer işlemler yarayışlı su kapasitesini artırıcı etkilerini deneme



Şekil 1. Deneme başlangıcı ve sonunda, toprağın organik madde kapsamı

sonuna değin korumuşlardır.

Tablo 3.a Deneme Başlangıcı ve Sonunda Topraktaki Havalanma Gözenekliliği, (%)

İşlemler →	TA	AG	ÇA	ÇI	FR	PÖ	FO
Başlangıç	13,27	13,11	17,72	17,64	14,35	18,89	12,64
Son	26,95	37,51	28,75	27,12	23,65	26,45	26,55

Tablo 3.b Deneme Başlangıcı ve Sonunda Topraktaki Yarayışlı Nem Aralıkları, (%)

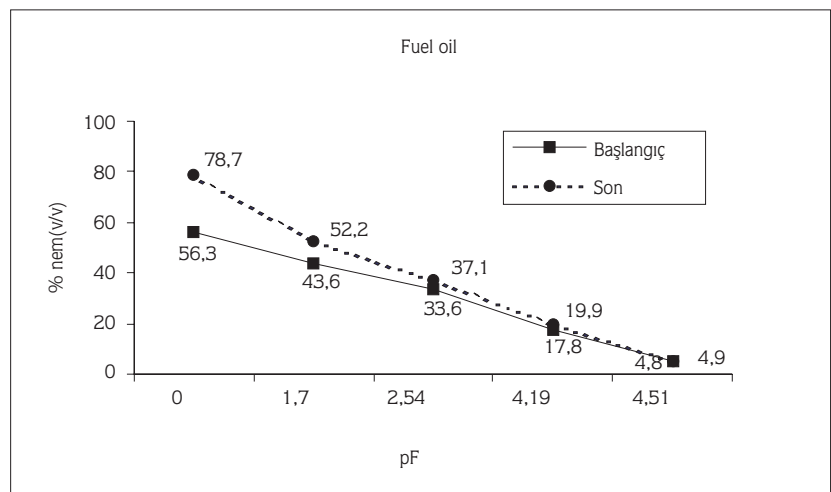
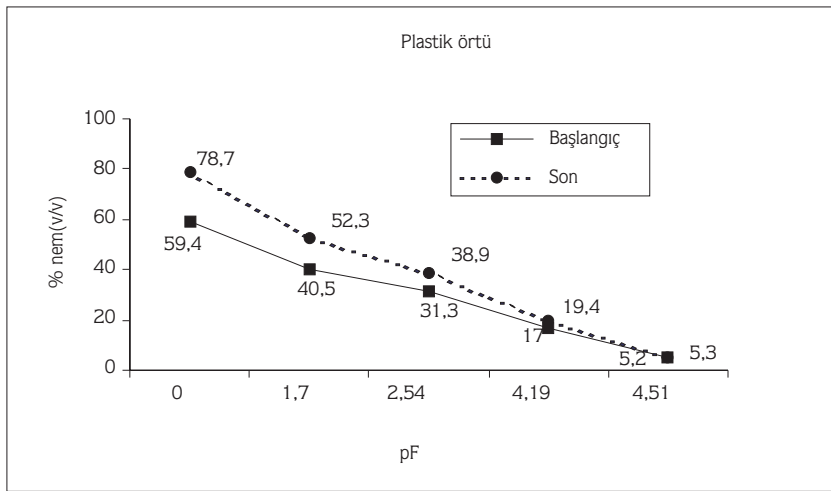
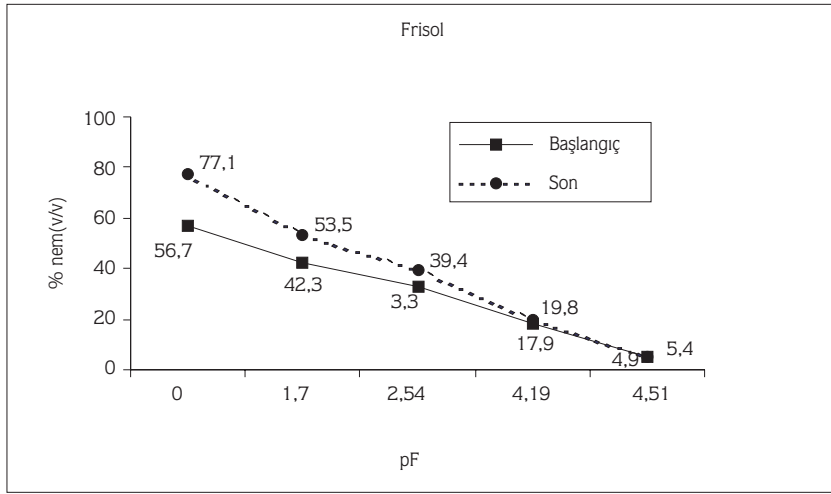
İşlemler →	TA	AG	ÇA	ÇI	FR	PÖ	FO
Başlangıç	13,61	15,69	15,59	14,11	15,17	14,29	15,80
Son	17,00	19,86	17,13	19,69	19,60	19,50	17,20

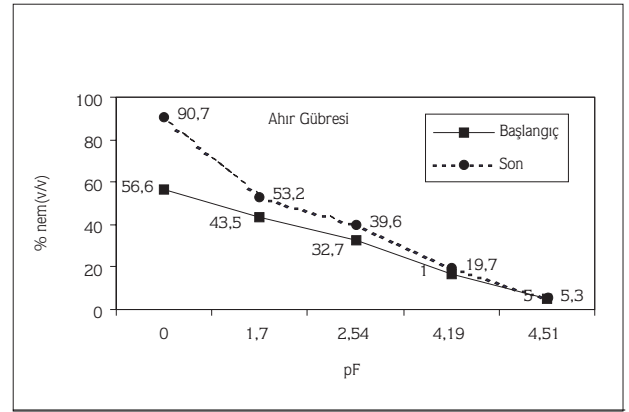
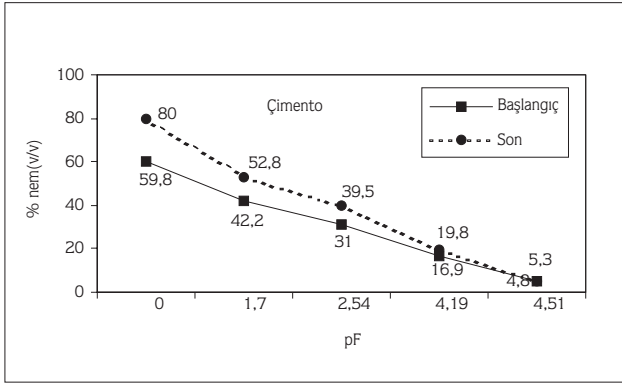
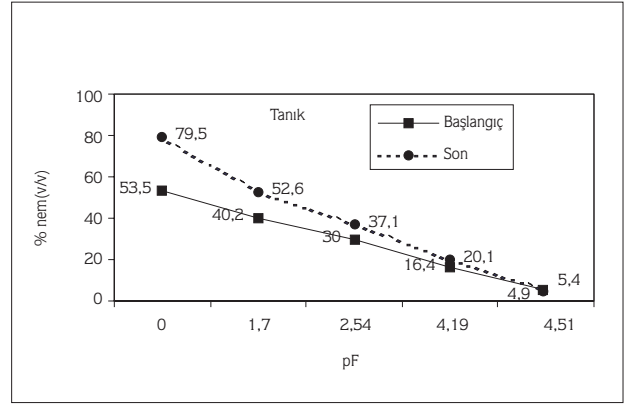
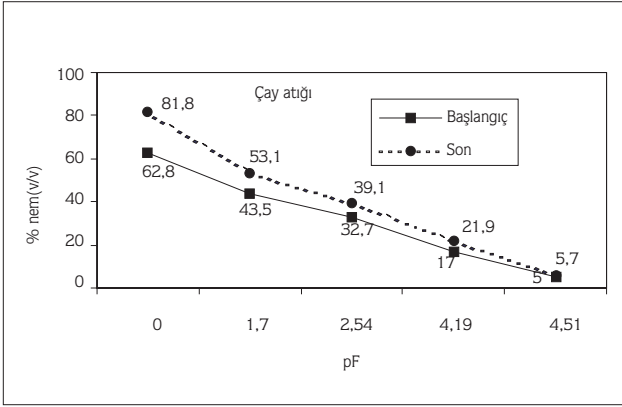
İşlenmemiş toprağın başlangıçtaki hidrolik iletkenlik değerleri oldukça düşük bulunmuştur(Tablo 4). İşleme sonrasında bu değerde ortaya çıkan artışlar, deneme sonuna değin biraz azalarak kalmıştır. Hidrolik iletkenlik düzeyleri, birinci saat sonu iletkenliğinde en belirgin olmak üzere, tüm işlemlerde TA işlemine göre yükselmiş

ve ayrımlar deneme sonunda da belirgin düzeyinde kalmıştır(Tablo 5). Deneme başında ÇI işlemi en yüksek ortalama hidrolik iletkenlik değerine sahipken(2,73 cm/saat), kalıcı en yüksek hidrolik iletkenlik düzeyleri FR uygulamasından(1,88 cm/saat) elde edilmiştir. Frisol ve çimentoğun hidrolik iletkenliği artırıcı etkileri, deneme süresince AG ve ÇA işlemlerinden de yüksek olmuştur. PÖ işlemi, toprağa kimyasal uygulanmayan tek değişken olmasına karşın, hidrolik iletkenlik üzerine olumlu etki yapmıştır. Ahır gübresi, iki yıllık deneme sonunda, iletkenliği artırıcı etkisini tümünden yitirmiştir.

Değişkenlerin toprak pH'sı üzerindeki olası etkileri, bitki gelişim süresince izlenmiş ve toprak pH'sındaki mevsimlik dalgalanmalar dışında, işlemlerin önemli bir etkilerinin olmadığı belirlenmiştir. Buna göre toprağın pH değeri, yerel ve mevsimlik sapmalar ile, 7,62 - 8,23 değerleri arasında değişmiştir. Alınan sonuçlar, toprağa karıştırılan çimentoğun pH'yı yükselterek bitki gelişimini olumsuz etkilediği bildirilen araştırma sonuçlarıyla bağdaşmamaktadır(20). Ancak söz konusu literatür çalışmasında % 2 gibi çok yüksek bir oran denenmiştir.

Suya dayanıklı agregat yüzdeleri mevsimlere ve işlemlere bağlı değişimler göstermiştir. Değerler % 40,70 ile % 72,51 arasında değişmekle birlikte, sağlıklı yorum yapmayı sağlayacak bir dağılım gözlenmemiştir.(şekil 3). Çim yetiştirme, toprağın suya dayanıklı agregat





Şekil 2. Deneme başlangıcı ve sonunda toprağın nem karakteristik eğrileri

yüzdelerini tüm işlemlerde zamanla artırmıştır. Deneme başlangıcında ortalama % 44,77 olan dayanıklı agregat oranı, deneme sonunda % 64,99 düzeyine ulaşmıştır. Bu veri, kumlu toprakta çalışılan araştırma bulgularıyla örtüşmektedir (21).

Toprağın deneme başlangıcındaki(değişkenler uygulanmadan önce) infiltrasyon karakteristik eğrisi şekil 4 de verilmiştir. Buna göre toprağa infiltrasyon hızı, suyun giriş süresi içinde hızla düşerek 2 cm/saat düzeyinde durulmaktadır.

İşlemlerin, deneme süresi boyunca izlenen infiltrasyon hızı üzerindeki etkileri incelendiğinde, infiltrasyonun başlangıç kararlılığı üzerine en belirgin etki, Çİ işleminde olmuştur. Yetiştirme süresi boyunca çimin toprağa infiltrasyon hızını artırdığı, ilerleyen dönemler boyunca hız ve kapasite artışlarıyla ortaya çıkmıştır. Benzer olumlu sonuçlar, buğdaygil otları(22), ile, *Panicum* çiminde de(23) elde edilmiştir.

İnfiltrasyon kapasiteleri (göllendirme süresi 165 dak)

karşılaştırıldığında, PÖ ve FO işlemleri fazla etkili olmamış, FR ve Çİ işlemleriyle de sağlanan artışlara karşın, infiltrasyon kapasitesini gelişme döneminde en çok artıran iki işlem artan gözeneklilik ve agregat yüzdeleri dolayısıyla, AG ve ÇA uygulamaları olmuştur(Çizelge 6). İnfiltrasyon kapasitesi değerlerindeki dönemlere bağlı değişimler, çim gelişiminin bu özellik üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir. Gerçekten deneme başlangıcında tüm işlemler için düşük olan infiltrasyon kapasiteleri, çim gelişimiyle birlikte ikinci ve üçüncü dönemlerde giderek artmış, deneme sonunda da, çimin infiltrasyon üzerindeki olumlu etkisinin ortadan kalkmasıyla yeniden düşme

Tablo 4. Deneme Toprağının Başlangıçtaki Hidrolik İletkenlik Değerleri(cm/saat)

1. saat	6. saat	24. saat	48. saat	Ortalama
0,17	0,09	0,03	0,03	0,08

Tablo 5. İşlemlerin Toprağın Hidrolik İletkenliği Üzerindeki Etkileri(cm/saat)

a) Deneme Başlangıcı					
İşlem	1. saat	6. saat	24. saat	48. saat	Ortalama
Tanık	0,94	0,80	0,68	0,33	0,41
Ahır gübresi	2,33	1,99	1,73	1,24	1,82
Çay atığı	3,44	2,59	0,81	0,52	1,83
Çimento	3,77	2,69	2,38	2,08	2,73
Frisol	3,69	2,63	2,39	1,78	2,63
Plastik örtü	1,34	0,98	0,90	0,64	0,96
Fuel oil	1,33	0,69	0,56	0,23	0,68
b) Deneme Sonu					
İşlem	1. saat	6. saat	24. saat	48. saat	Ortalama
Tanık	0,73	0,49	0,18	0,47	0,36
Ahır gübresi	0,88	0,70	0,38	0,27	0,55
Çay atığı	2,82	2,01	0,99	0,32	1,53
Çimento	1,80	1,34	1,22	0,54	1,22
Frisol	3,17	1,91	1,31	1,11	1,88
Plastik örtü	2,59	1,55	0,80	0,50	1,35
Fuel oil	1,97	1,78	1,30	0,97	1,48

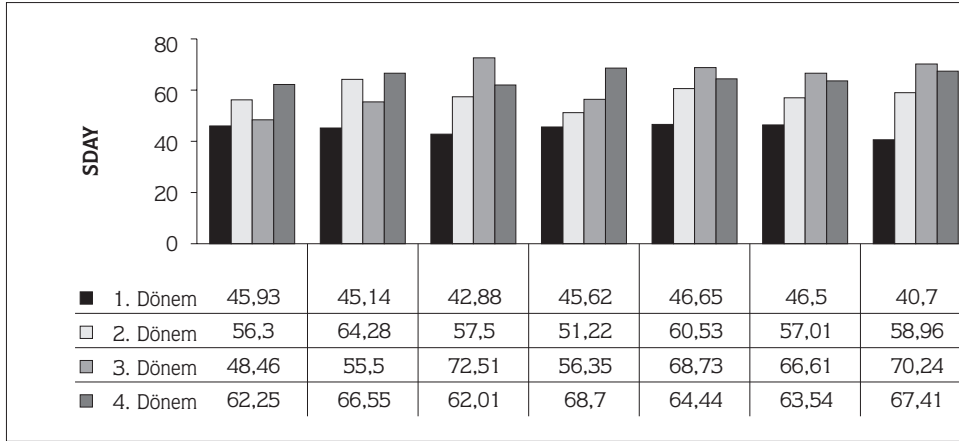
eğilimi göstermiştir.

Tablo 6. İşlemlerin ve Çim Gelişiminin, Toprağın İnfiltrasyon Kapasitesi Üzerine Etkileri (Göllendirme süresi: 165 dakika), İnfiltrasyon:cm/saat

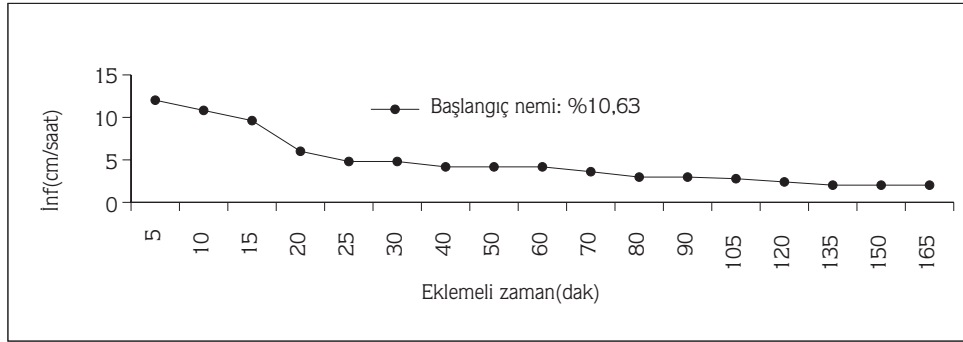
	1. dönem	2. dönem	3. dönem	4. dönem
Tanık(işlemsiz)	1,0	4,2	4,0	5,6
Ahır gübresi	3,2	2,2	8,9	7,7
Çay atığı	3,4	4,8	7,3	6,2
Çimento	2,4	6,8	8,0	5,7
Frisol	3,8	4,5	10,1	4,5
Plastik örtü	1,5	2,0	6,1	4,9
Fuel oil	2,7	2,0	4,9	4,6

Her bir parselde Proctor penetrometresiyle, 6 ayrı dönemde 20'şer penetrasyon direnci okuması yapılarak her bir dönemin ayrı ayrı ortalaması alınmıştır. Penetrasyon direnci ölçümleri üzerinde toprağın nem kapsamı ve yüzeydeki bitki örtüsünün önemli etkileri dikkate alındığında, sonuçlar yalnızca işlemlerin birbirleriyle karşılaştırılabilmesi açısından anlam taşımaktadır(şekil 5).

Deneme başlangıcında, parsellerin nem kapsamının birbirine yakın olduğundan, penetrasyon direncinin FR işlemiyle arttığı ve diğer işlemlerin direnç üzerinde fazla etkili olmadıkları görülmektedir. Deneme bitiminde üst toprağın nem kapsamı solma noktasının altına düştükten sonra yapılan ölçümlerde de, FR işlemi en yüksek penetrasyon direnci değerini korumakla birlikte, işlemler arasında belirgin bir ayırım gözlenmemiştir. Elde edilen bu sonuç, sentetik polimerlerin penetrasyon direncini ve toprak stabilitesini artırarak, rüzgar erozyonunu



Şekil 3. İşlemlerin, topraktaki suya dayanıklı agregat yüzdesi üzerine etkileri



Şekil 4. Deneme başlangıcında toprağın infiltrasyon hızı ve kapasitesi

azalttıkları yönündeki bulgularla(24) uyum göstermektedir.

#### Genel Değerlendirme

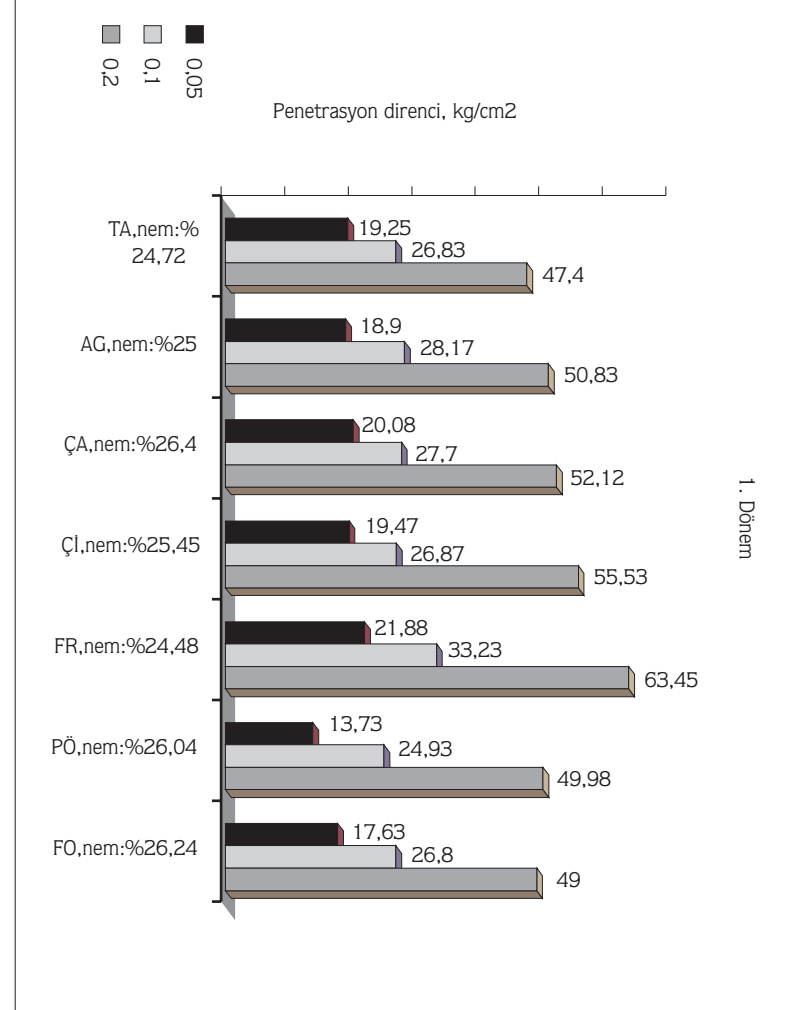
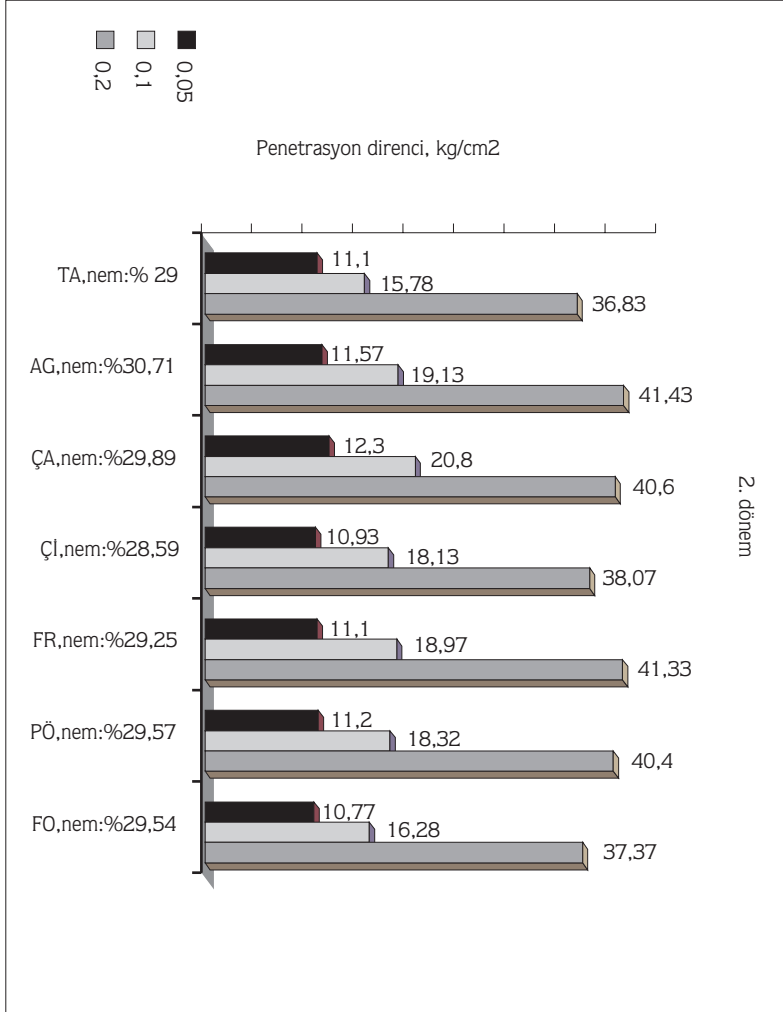
İşlemler, etkinliklerinin kalıcılığı yönünden karşılaştırıldığında, AG'nin toprakta sağladığı organik madde kapsamı artışı, su tutma yeteneği ve toprağa infiltrasyon kapasitesi özelliklerindeki gelişmeler, 2 yıl boyunca etkilerini korumuştur. Suya dayanıklı agregat yüzdesi başlangıçta tanıkla aynı iken, deneme süresi boyunca artmış, iki yıl sonunda % 4,3 (oransal olarak % 6,9) fazla kalmıştır. Hidrolik iletkenlik, toprak pH'sı ve penetrasyon direnci yönünden deneme süresince AG'nin belirgin bir etkisi olmamıştır. Otsu bitkiler, otsu bitki-çalı birlikteliği, otsu bitki-çalı-küçük ağaç toplulukları ve ağaçlar biçiminde dört bitki topluluğunun toprak özellikleri üzerine etkilerinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, kurak bölge-lerde humusun parçalanma hızının yüksek olduğu, bu durumun toprağın bozulma (degradasyon) sürecini hızlandırdığı, toprağın

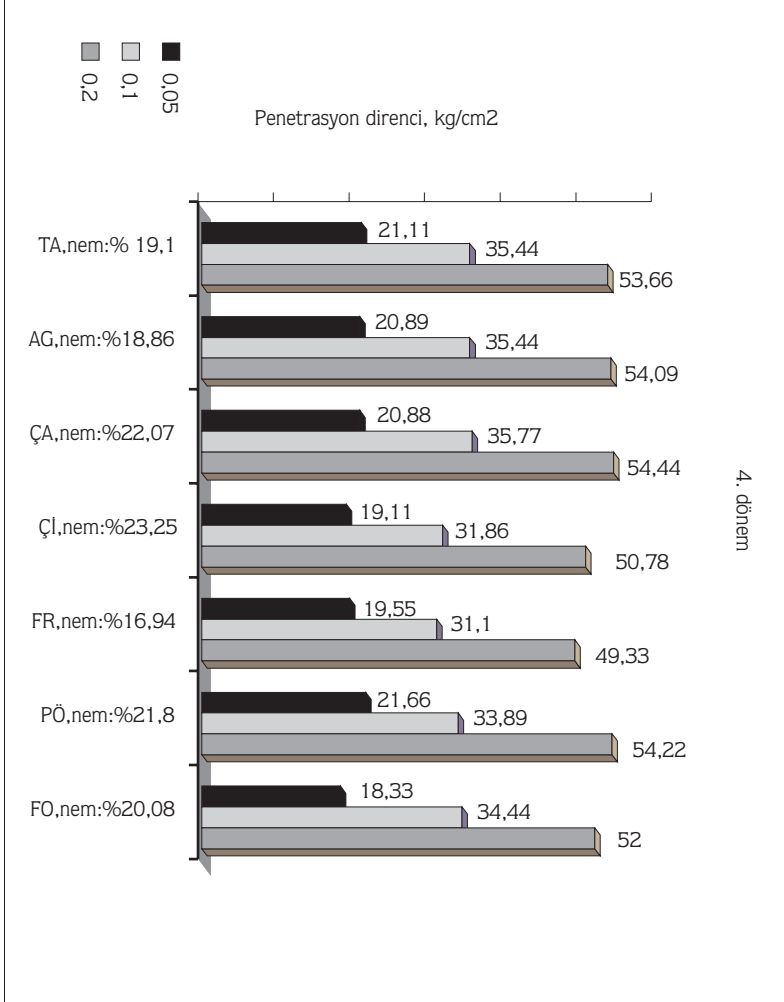
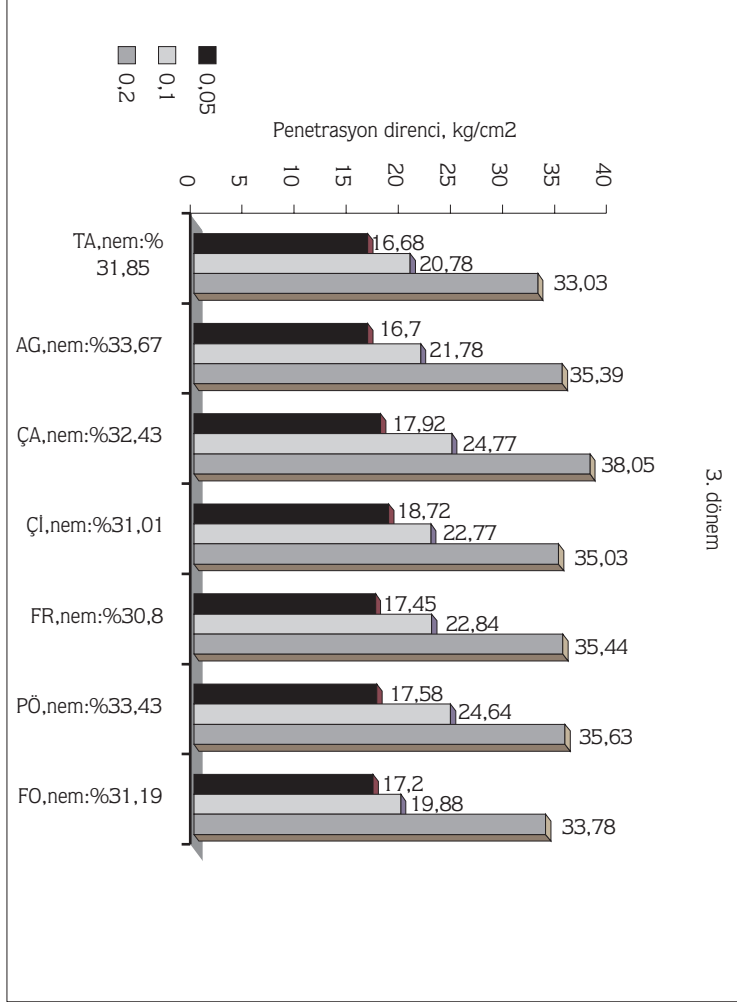
dayanıklılığının artması ve fiziksel özelliklerinin gelişmesi yönünden de bitki örtüsünün önemli bir etken olduğu ortaya konmuştur(5). Görüldüğü üzere her iki araştırmanın sonuçları çakışmaktadır.

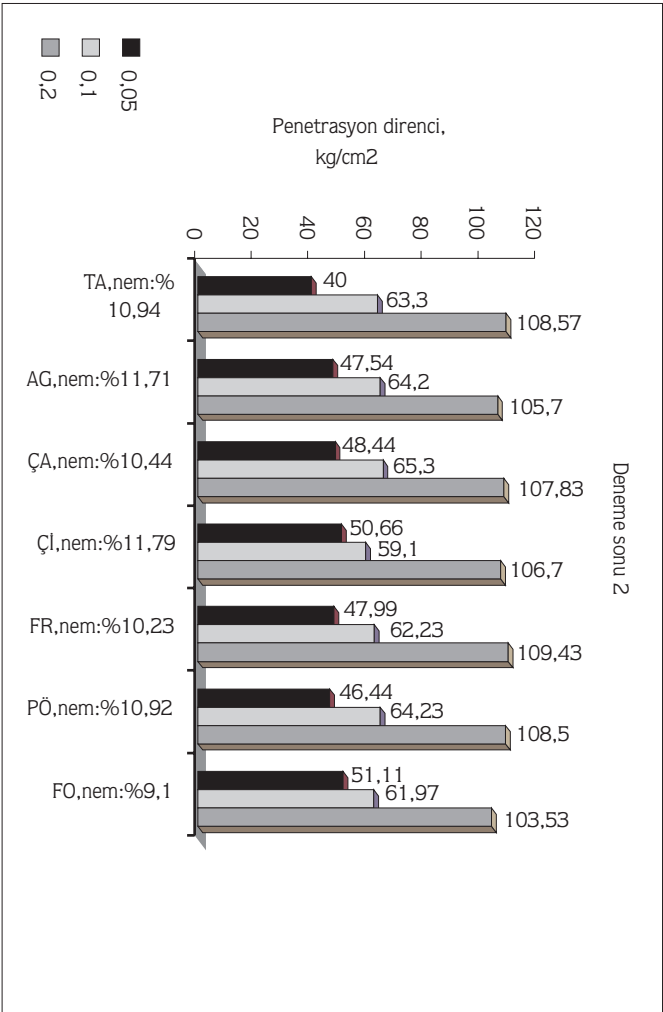
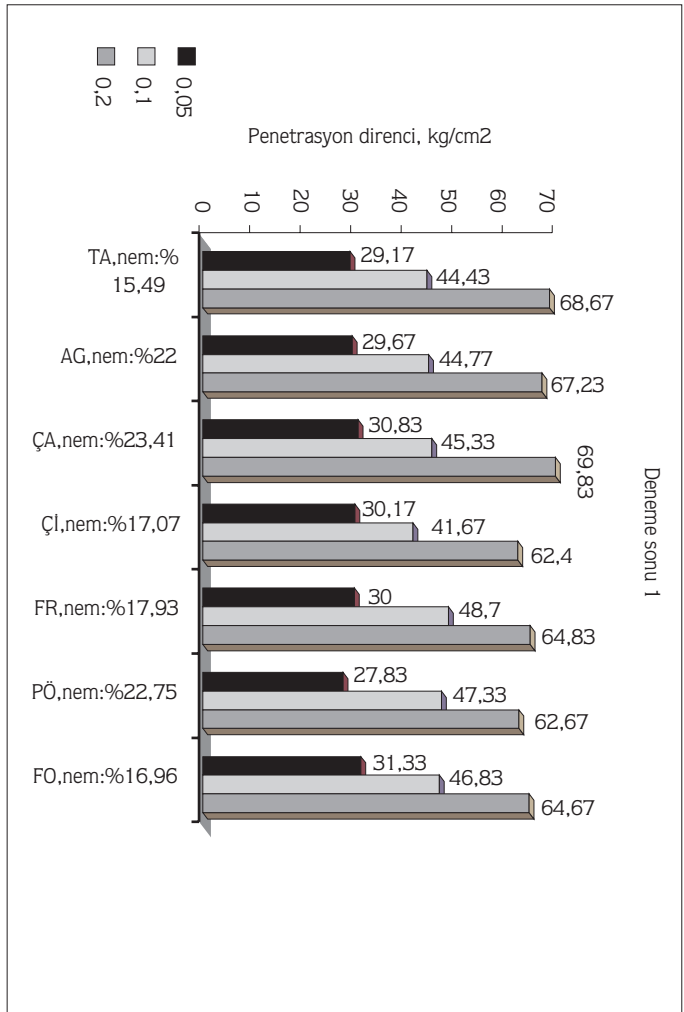
Çay atığının deneme boyunca toprak özellikleri üzerindeki etkileri AG'nin etkilerine benzer olmuş, ancak organik madde kapsamının ve hidrolik iletkenlik değerlerinin daha kalıcı artışına karşın, dayanıklı agregat yüzdesi ve yarayışlı su kapsamındaki yükselmeler deneme sonunda ortadan kalkmıştır. Bu durum, ÇA'nın çalışılan toprağa yakın özellikteki topraklar için değerli bir organik materyal seçeneği olduğunu göstermektedir.

Çimento işlemi toprağın organik madde kapsamına, havalanma gözenekliliğine, infiltrasyon kapasitesine ve penetrasyon direncine deneme süresince önemli bir etki yapmamıştır. Bu işlemde yarayışlı su aralığı ve suya dayanıklı agregat yüzdesi ise, deneme başlangıcında tanık toprakla benzer değerler taşımakta iken, deneme sonunda önemli oranda artmıştır. Asfalt emülsiyonu ve









Şekil 5. İşlemlerin, toprağın penetrasyon direnci üzerine etkileri

Portland çimentosunun, çimentoda daha belirgin ve uzun süreli olmak üzere, toprağın stabilitesini ve erozyona karşı kalıcılığını önemli oranda artırdığı bildirilmektedir(26). Buna karşın killi bir toprağa çimento karıştırıldıktan sonra üzerine asfalt püskürtüldüğünde, başlangıç sıkışma(kompresyon) oranı beklenenden daha düşük bulunmuştur(27). Bu son çalışmanın amacı, tarla içi yollarının stabilizasyonu ile sınırlıdır ve sonuçların geniş alana genelleştirilmesi söz konusu değildir.

Frisol işlemi toprak organik madde kapsamını diğer organik ürünler düzeyinde olmasa da artırmış ve bu etki deneme sonunda da belirlenmiştir. Nem karakteristik noktaları, pH ve toprağın infiltrasyon kapasitesinde FR işleminin belirgin bir etkisi ölçülmemiş, buna karşın toprağın hidrolik iletkenliğinde deneme boyunca çok belirgin olmak üzere, suya dayanıklı agregat yüzdesi ve penetrasyon direncinde de zamanla artışlar olmuştur. Sıvı düzenleyicilerin işlenmeyen topraklara malç olarak uygulanmasının, toprakta nem tutulması ve stabilizasyonun artırılması yönünden çok etkili olduğu bildirilmektedir(5). Ancak araştırmacıların kullandıkları düzenleyicilerin bileşimleri ayrımlıdır.

Deneme başında yaklaşık bir ay uygulanan plastik malç, toprağın izlenen özellikleri üzerinde kayda değer bir değişime neden olmamıştır.

Fuel oil, özellikle deneme sonunda toprağın organik madde kapsamını en fazla artıran işlem olmuşsa da, bu özelliğinin bizzat kendi katkısından, bitki gelişimi artışından veya en güçlü olasılık olarak da, sınırlanan mikroorganizma etkinliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu neden ayırt edilememiştir. Söz konusu işlem toprağın nem karakteristik eğrisi, başlangıçtaki hidrolik iletkenlik, pH, infiltrasyon kapasitesi, suya dayanıklı agregat yüzdesi ve penetrasyon direnci üzerinde belirgin bir etkide bulunmamış, deneme sonunda hidrolik iletkenlik düzeyini önemli ölçüde artırmıştır.

Deneme alanında çim yetiştirilmesiyle, toprağın izlenen tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerinde pH dışında

gelişme sağlanması, kalıcı bitki örtüsünün topraklarda stabilizasyonu ve gelişmeyi özendirmek yönünden ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın, uygulama ve düzenli izleme açılarından yakın yerde kurulan bir tarla denemesiyle yürütülmesi gereği, stabilizasyonu yapay olarak bozulmuş ve düz bir arazide çalışma zorunluğu doğurmuştur. Bununla birlikte, elde edilen sonuçların, önemli bir sapma olmaksızın çok daha sorunlu ve geniş alanlara da genelleştirilebileceği düşünülmektedir. Ülkemizde bu konularda uygulamada değilse bile, araştırma temelindeki bilgi eksikliği, bir boşluğun doldurulması gereğini açıkça göstermektedir.

Bu araştırmada incelenen stabilizasyon materyalleri; etki süresi, uygulama kolaylığı ve ekonomi yönünden karşılaştırıldıklarında, çimentonun sürekliliği ve toprağa karıştırılma kolaylığı dikkat çekmektedir. Ancak yüksek dozların getireceği olumsuz gelişme ortamı ve harcama artışları, söz konusu değişkenin kullanımının pilot alanlarla sınırlı olacağını göstermektedir. Çay atığının toprakta sağladığı gelişmelerin boyutu ve kalıcılığı, ahır gübresiyle karşılaştırılabilir düzeyini korumuştur. Çalışmada uygulanan dozun AG'nin yarısı düzeyinde olması, ÇA'nın etkinliğinin önemini artırmaktadır. Daha yüksek dozlarla veya ardarda uygulanacak ÇA'nın toprak pH'sı üzerinde olabilecek etkisi ve bitkilerin beslenme rejimine katkıları, bu çalışmanın amaçlarını aşmaktadır.

Plastik örtü kullanımı, araştırmanın amacıyla uyum göstermemiştir.

Frisol, geliştirdiği toprak özellikleriyle, uzun ömürlü bir stabilizör olup olmamasından bağımsız biçimde, hızla stabilize edilecek alanlar için umut verici bir materyal niteliğindedir. Kullanım broşüründe belirtilen bitki gelişimini özendirici etkilerinin olası varlığı, bu araştırmada incelenmemiştir. Ancak, geniş alanlarda pulverizasyon yoluyla uygulanma zorlukları ve fiyatı, bu materyalin sakıncaları olabilir.

Fuel oilin pilot alanlarda toprak stabilitesini artırıcı etkilerinin çoğu araştırmada ortaya konmasına karşın(10,

## Kaynaklar

1. Maki, T., Pan, B., Yuan, Du M., Nakai, M., Vemura, K., Du, M., Du, M.Y., Effects of forest windbreaks deployed in arid lands, Turpan, Northwest China, 2. Effects on prevention of wind erosion and on crop growth. JIRCAS J., 1(1): 39-45. 1994.
2. Baharuddin, K., Mohtaruddin, A.M., Muhamad, M.N., Surface runoff and soil loss from a skid trail and a logging road in a tropical forest. J. Tropical Forest Sci., 7(4): 558-569. 1995.
3. Belnap, J., Surface disturbance: their role in accelerating desertification. Environmental Monitoring and Assessment. 37(1-3): 39-57. 1995.
4. Kenneth, R.R., Meyers, M.G., Soil Stabilization Materials and Methods. Patent no: 4277203. 1981.

5. Racey, G.D., Sanguins, G.R., An Evaluation of Sprayable Latex Mulches in Some Forestry Applications. Forest Research Report Maple, Report no: 115, Ontario. 1987.
6. Mapa, R.B., Gunasena, H.P.M., Effect of alley cropping on soil aggregate stability of a tropical Alfisol. *Agroforestry Systems*, 32(3): 237-245. 1995.
7. Vieira, S. V., Machado, C.C., Bueno, B.de S., de Souza, A.P., Bueno, B. de S., Stabilization of residual soils with craft black emulsion. *Revista Arvore*, 19(1): 110-117. 1995.
8. Nagarajarao, Y., Gupta, R.P., Biswas, T.D (ed), Narayanasamy, Q., Soil management in relation to land degradation and environment. *BullIndian SSS*, 17: 66-73. 1996.
9. Neonato, F., Raggi, L., Landscape and environmental reclamation techniques. *Monti e Boschi*, 46(6): 14-17. 1995.
10. ASTM., ASTM standards on soil stabilization with admixtures, Philadelphia. 1990.
11. Bell, F.G., Engineering treatments of soils. E & FN Spon., London. 1993.
12. Neururer, H., Genead, A., Steinmayr, W., Potentiality for soil erosion control and improving plant production in arid zones. *Bodenkultur*, 42(2): 101-12. 1991.
13. Taha, M., Soil stabilization in Kuwait. *Environmental Conservation*, 16(4): 360-362. 1989.
14. Jackson, M. L., Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India, Private Ltd, New Delhi. 1967.
15. Richards, L. A ed),. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook no 60, Riverside, California. 1954.
16. Kemper, W.D., Aggregate stability methods of soil analysis. Part 1 (511-519). American Society of Agronomy, Madison. 1965.
17. Philip, J.R., A theory of infiltration. 3. Moisture profiles and relation experiment. *Soil Sci.*, 84:163-178. 1957.
18. Bowles, T.E., Engineering Properties of Soils and Their Measurement. McGraw-Hill Book Comp., New York. 1970.
19. Yong, R.N., Mohammed, L.F., Mohamed, A.M.O., O'Shay, T.A., Hoddinott, K.B., Retention and transport of oil residue in a sandy loam soil. in: *Analysis of Soils Contaminated with Petroleum Constituents*, 89-10, ASTM, Philadelphia. 1994.
20. Haraguchi, N., Nagaishi, Y., Development of temporary drainage techniques on sloping farmland. *Bull. Shikoku National Agric. Experiment Station*, 53:25-45. 1990.
21. Forster, S.M., The role of microorganisms in aggregate formation and soil stabilization: types of aggregation. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 4(2): 85-98. 1990.
22. Maynard, A.A., Hill, D.E., Vegetative stabilization of logging roads and skid trails. *Northern J Applied Forestry*, 9(4): 153-157. 1992.
23. Schultz, R.C., Colletti, J.P., isenhardt, T.M., Simpkins, W.W., Mize, C.W., Thompson, M.L., Design and placement of a multispecies riparian buffer strip system. In: *Opportunities for Agroforestry in the Temperate Zone. Selected papers from the Third North American Agroforestry Conference*, *Agroforestry-Systems*, 29(3): 201-226. 1995.
24. Aly, S.M., Miller, W.P., Evaluation of two polymers for soil stabilization and wind erosion control. *Egyptian JSS*, 35(1): 71-83. 1995.
25. Chertov, O.G., The role of vegetation in the formation of soil accumulative horizons in the arid zone. *Problems of Desert Development*, 4: 6-9. 1992.
26. Rahimi, H., Keshavarz, A., Salokhe, V.M., Gajendra, S., Comparison of asphalt emulsion and Portland cement for stabilization of dispersive soils. *Proc Intern Agric Engineering Conf*, Vol: 2, 476-493. Asian Inst Technology, Bangkok. 1994.
27. Swierstra, D., Eck, van G., Eck, van G., Surfacing with soil stabilization and glorit. *Landbouwmecanisatie*, 4(0): 22-23.