

BİTKİ ÖRTÜSÜ VE SU EROZYONU İLİŞKİLERİ

Ümit YILMAZ

Zeki ALAGÖZ

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya

Özet

Değişik bitkilerin su erozyonuna olan etkileri farklı farklıdır; Bitki örtüsünün daimi veya geçici oluşu, sık veya seyrek oluşu erozyonu farklı olarak etkiler. İyi yetişmiş yoğun bir bitki örtüsü, sık bir çayır veya orman, toprak erozyonuna neden olan faktörlerin erosif etkilerini azaltır. Kültür bitkilerinin ise toprak erozyonunu kontrol etmedeki rolleri daha azdır.

Bu derlemede, belirtilen bu konulara açıklık getirmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su Erozyonu, Bitki Örtüsü, Su Erozyonunun Kontrol Edilmesi.

Relationships Between Vegetative Cover And Water Erosion

Abstract

The effects of different types of plants on the water erosion are different being permanent or temporary, intense or sparse on the land surface. A dense permanent plant cover, a meadow and a forest diminish the erosive effect of factors cause soil erosion. The role of crop plants in soil erosion control are not significant.

In this review, it was purposed to explain these issues.

Keywords: Water Erosion, Vegetative Cover, Control of Water Erosion.

1. Giriş:

Yaşamın mutlak gerekli unsurlarından biri olan ve doğal kuvvetlerin etkisi ile çok uzun yıllar içinde oluşan topraklar, gelişi güzel kullanıldıkları takdirde yine doğal kuvvetler olan su ve rüzgarlar tarafından aşındırılmakta, taşınmakta ve çoğu istenmeyen yer ve biçimlerde birikerek elden çıkmaktadırlar (Akalan ve Doğan, 1988).

Toprak, uzun bir zaman zarfında oluşmaktadır. Normal şartlarda, 2.5 cm'lik bir toprak katının oluşması için yaklaşık olarak 200-1000 yıla ihtiyaç vardır. Fakat bütün bu zorluklara rağmen topraklar erozyonla çok kısa bir sürede taşınabilmektedirler ki, bu toprağı ekonomik şekilde geldiği yere götürmek olanaksızdır. Zira, toprak her şeyi ile

beraber canlı bir ortam olarak ancak yerinde değerlidir ve onun yerinden biraz hareket etmesi, oluşumu uzun zaman isteyen dengesinin alt üst olmasına ve bitki gelişmesi bakımından uygun olmayan bir duruma gelmesine neden olur (Çelebi, 1971).

Erozyon çalışmalarına diğer ülkelerde olduğu gibi yurdumuzda da gün geçtikçe daha fazla önem verilmekte ve bu konuda araştırmalar yapılmaktadır. Ancak bu araştırmalar henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Fakat, ülkemizde erozyon olayı çok önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu da gösteriyor ki, ülkemizde halkın büyük bir kısmının geçimini tarımdan sağlaması ve ihracat içerisinde tarım ürünlerinin payının önemli bir yer tutması nedeni ile toprağın korunmasına gereken önemin verilmesi ve bu konuda yapılan

çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir (Dağdeviren ve Taysun, 1996).

2. Su Erozyonu Olgusunun Tanıtımı

Hızlandırılmış bir erozyon türü olan su erozyonu, yağmur ve eriyen kar sularının eğimli arazilerde toprağı aşındırıp taşıması ve değişik yerlerde yığmak üzere harekete geçirmesi olayıdır. Su erozyonunun etki derecesi, arazinin eğimi, toprağın özellikleri, bitki örtüsünün yoğunluğu ve yağışın süresi ile şiddetine bağlıdır (Çevik, 1992).

3. Bitki Örtüsünün Su Erozyonuna Olan Etkileri

Bitki örtüsünün su erozyonuna olan etkileri 3 bölüm altında toplanabilir. Bunlar;

* Yağmur damlalarının çarpma etkisinin bitkilerin toprak üstü kısımları ile önlenmesi,

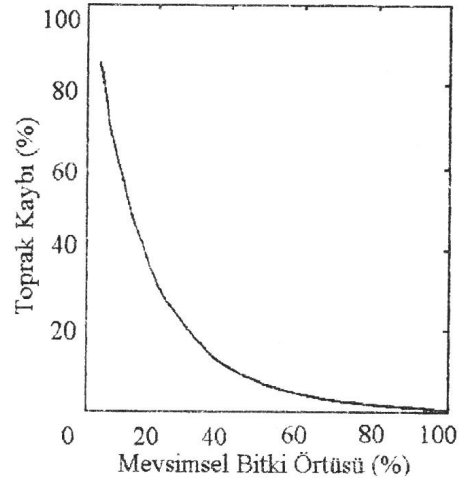
* Yüzey akış hızının kesilmesi ve toprağı aşındırma gücünün önlenmesi,

* Toprağın granülasyon ve porozitesini arttıran kök etkileri, olarak sıralanabilir.

3.1. Yağmur Damlalarının Çarpma Etkisinin Bitki Örtüsü ile Engellenmesi

Yağmur damlalarının bitkilerin toprak üstü kısımları ile önlenmesi erozyona iki şekilde etki eder. *Birinci olarak*, bitkilerin toprak üstü kısımlarına çarpan yağmur sularının bir kısmı buharlaşır ve tekrar atmosfere geçer. Bu yüzden bu sular yüzey akışa katkıda bulunamazlar ve dolayısıyla toprak erozyonunda etkili bir faktör olamazlar. *İkinci olarak*, bitkilerin toprak üstü kısımları, yağmur damlalarının kinetik

enerjilerini absorbe eder ve bu suretle hızı kesilmiş olan damlalar toprağın üzerine düşseler bile, toprağın strüktürünü bozup toprak tanelerini sıçratacak kadar enerjiye sahip değildirler (Akalan, 1973). Bitki örtüsü yoğun yetişmiş ise, suyun hızının artması ve kinetik enerjisi ile oyuntu yaratma şansı azalır. Çeşitli araştırmalarla erozyon ve bitki örtüsü yüzdesi arasında lineer bir ilişki olduğu saptanmıştır. Deneysel açıklamalar sonucu bitki örtüsünün toprağı kaplama oranının % 60 ile % 100 olması halinde, her iki durumda meydana gelen erozyon oranları arasındaki farkın çok az olduğu belirlenmiştir (Şekil 1) (Stocking, 1988).



Şekil 1. Erozyon ve Bitki Örtüsü İlişkisi (Stocking, 1988)

3.2. Yüzey Akış Hızını Azaltmak

Her türlü vejetatif örtü yüzey akışın hızını azaltıcı rol oynamaktadır. Toprağı düzenli bir şekilde örten sık büyüyen bitkiler, eğim doğrultusunda akan yüzey suyunun hızını azalttığı gibi, suların birikmesine de engel olurlar. Yüzey akışının hızının kesilmesi ve birikmeye engel olunması, suyun aşındırıcı etkisini azaltmaktadır. Eğimli alanlarda akışa geçen suyu uzaklaştıran

su yollarının otlarla kaplı olanlarının dirençlerinin çok yüksek oluşu da otların bu durumdaki rollerinin önemini göstermektedir (Akalan, 1973).

3.3. Köklerin Etkisi

Bitkiler, ancak mm ile ifade edilebilecek derecede ince köklerden, çok kalın kazık ve dalıcı köklere kadar değişik çap ve uzunluktaki köklere sahiptir. Bunlar toprağı bir ağ gibi sarar ve toprağın doğal kuvvetlerle taşınmasını engeller (Çepel, 1996).

Konu ile ilgili olarak Weaver tarafından yapılmış bir çalışma ile köklerin bağlayıcı etkilerinin toprağın erozyona hassasiyetini azaltıcı rolü incelenmiştir. Bu amaçla, kılçıksız brom, yonca, taş yoncası, sudan otu, kışlık buğday ve darı bitkileri ele alınmış ve bu bitkiler doğal olarak yetişmiş çayır salkım otu ve sakal otu ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, laboratuara getirilen toprak örnekleri üzerinden beher 1.5 inç kareye 1 pound basınca sahip suyun akıtılması ile bu işlem gerçekleştirilmiştir. Bu bitkilerin toprak üstü kısımları hasat edildiğinde toprağı koruyucu etkileri çok azalmıştır. Bu çalışmada en ilginç bitki kılçıksız brom otudur. Bu bitkinin kök sistemi

yerli otlarının %48'i kadar olmasına rağmen, erozyon süresinin yerli çayır salkım otununun iki katından daha fazla olduğu (145 dak.) tespit edilmiştir. Bu yüksek direncin, bu bitkinin köklerindeki yoğun rizom ağı nedeniyle olduğu da tespit edilmiştir. Bu tip kökler toprak tanelerini çok iyi bir şekilde bağlamaktadırlar (Akalan, 1973).

Bitki ve su erozyonu arasındaki ilişkiye bağlı olarak, Mutter ve Burnham bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, otlu bir alan, kireçli ve işlenmemiş bir alan, kireçli ve işlenmiş bir alan, kireçsiz ve işlenmemiş bir alan ve kireçsiz ve işlenmiş bir alan olmak üzere 5 ayrı ortamda gerçekleştirilmiş, her erozyon olayı sonunda, referans yağış miktarı kaydedilmiş ve bunu erozyona sebep olan yağış miktarı (mm), yağışın maksimum intensitesi (mmh^{-1}) ve yağış miktarı kinetik enerjisi (Jm^{-2})'nin hesaplanması takip etmiştir. 16 ayrı tarihte yapılan ölçümlerle yalnız 10 tarihte otlu parsellerde erozyon tespit edilmiş, diğer 6 tarihte ise erozyon görülmemiştir (Mutter ve Burnham, 1990). Çizelge 1'de çalışmayla ilgili toprak özellikleri ve erozyon ilişkisi gösterilmiştir.

Çizelge 1. Toprak Özellikleri ve Erozyon Oranı İlişkisi (Mutter ve Burnham, 1990).

| PARSEL | O.M. (%) | CaCO ₃ (%) | Kum (%) | Silt (%) | Kil (%) | Nem (%) | | İnfiltrasyon (mm/h) | | Disp. Oranı | Erozyon (t ha ⁻¹) |
|------------------------|-------------|--------------------------|------------|-------------|------------|---------|--------|------------------------|-------|----------------|----------------------------------|
| | | | | | | 0.3 bar | 15 bar | Kap. | Oranı | | |
| Otlu | 8.88 | 44.6 | 37.8 | 31.1 | 31.1 | 30.2 | 16.7 | 38.6 | 20.4 | 2.99 | 0.002 |
| Kireçli İşlenmemiş | 4.58 | 46.3 | 30.5 | 27.8 | 41.7 | 27.8 | 14.7 | 29.5 | 16.8 | 9.11 | 0.964 |
| Kireçli İşlenmiş | 2.65 | 60.0 | 20.3 | 29.9 | 49.8 | 28.0 | 13.2 | 20.4 | 15.6 | 23.24 | 1.347 |
| Kireçsiz İşlenmemiş | 4.62 | 0.0 | 41.7 | 35.0 | 23.3 | 24.8 | 13.6 | 35.3 | 19.2 | 10.53 | 0.082 |
| Kireçsiz İşlenmiş | 3.13 | 0.0 | 36.8 | 28.1 | 35.1 | 28.6 | 13.0 | 21.0 | 10.8 | 17.45 | 0.338 |
| Korelasyon | 0.63 | 0.65 | -0.95 | -0.52 | 0.94 | 0.03 | -0.4 | -0.68 | -0.32 | 0.67 | - |

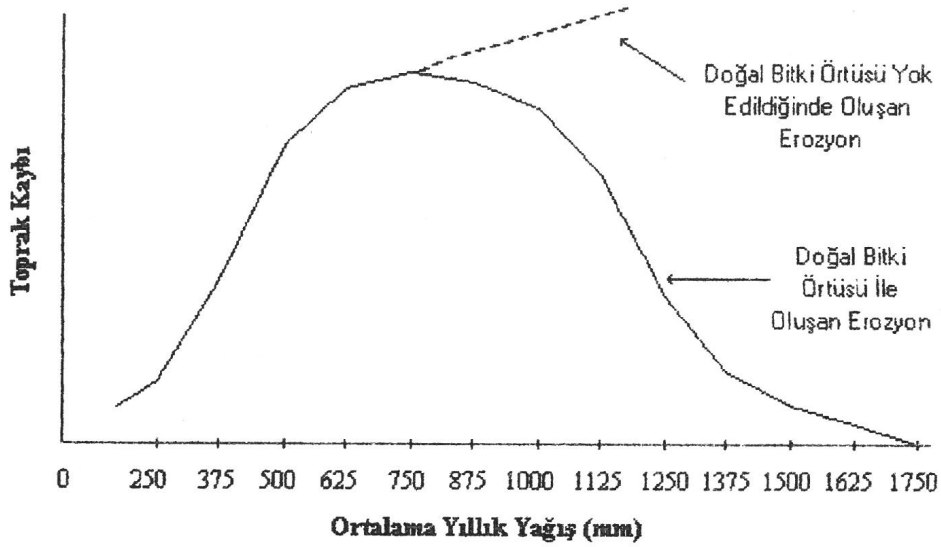
Çizelgenin incelenmesi ile de anlaşılacağı gibi; Erozyon, işlenmiş (=kültive edilmiş) tarım toprağında fazlaca ve otla kaplı alanda yok denecek kadar az miktarda tespit edilmiştir.

Bunlara ek olarak, bitki yoğunluğunun erozyona etkisi üzerine mısır ile yapılmış bir denemede hektar başına düşen bitki sayısı arttıkça yüzey akış ve toprak kaybının azaldığı belirlenmiştir. Denemede hektardaki bitki sayısı 25 bin olduğunda yüzey akış 250 mm ve toprak kaybı 12.3 ton/ha iken bitki sayısı hektar başına 37 bine çıkarıldığında yüzey akış 20 mm' ye düşerken toprak kaybı da 0.7 ton/ha' a düşmüştür. Denemede, birinci parseldeki verim düzeyi orta ve ürün miktarı 5 ton/ha iken ikinci parseldeki verim düzeyi yüksek ve ürün miktarı da 10 ton/ha olarak tespit edilmiştir (Taysun, 1983).

Konuyla ilgili olarak, Karaoğlu ve Çanga (1994)' nin Yalova Atatürk Tarım İşletmesi eğimli arazilerinde yaptıkları bir çalışmada üniversal toprak kayıpları eşitliğini ($A=RKLSCP$) kullanarak, arazide; Hiç bir bitki örtüsü olmadığı durumda, bitki örtüsünün olduğu fakat koruma önlemlerinin olmadığı durumda, hem bitki örtüsünün hem de koruma önlemlerinin olduğu durumda tahmini toprak kayıplarını hesaplamışlar ve toprak kaybı değerlerini bu toprakların tolerans değerleri seviyesine düşürmek için; şeritsel ekim, teraslama, münavebe ve bitki örtüsünün kuvvetlendirilmesi gibi koruma önlemlerini önermişlerdir. Çalışmada, arazide hiç bir bitki örtüsü olmadığı durumda, tahmini toprak kaybı değerleri, üzerinde çalışılan 13 ayrı parselde 15.44 ton. $ha^{-1}.yıl^{-1}$ ile 829.41 ton. $ha^{-1}.yıl^{-1}$ arasında değişen rakamlar olarak hesaplanmıştır. Arazideki mevcut bitki örtüsü dikkate alınarak tahmini toprak kayıpları hesaplandığında ise yine 13 ayrı parselde 1.23-90.80 ton. $ha^{-1}.yıl^{-1}$

arasında değişen değerler bulunmuştur. Bu sonraki değerler aynı zamanda, arazide herhangi bir koruma önleminin olmadığı durumu yansıtmaktadır. Sonuçta, arazide hiç bir bitki örtüsü olmaması durumunda elde edilen toprak kaybı değerleri ile mevcut bitki örtüsü dikkate alınarak elde edilen değerler karşılaştırıldığında; bitki örtüsünün, toprak kayıplarını azaltmakta ne derece önemli olduğu bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Su erozyonunda en etkili faktörlerden olan ortalama yıllık yağış ve toprak kaybı ilişkisi ise Şekil 2'de görüldüğü gibidir. Şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, en ciddi erozyon olayları bitki örtüsünün fazlaca tahrip edildiği yoğun yağışlı bölgelerde görülmektedir (Hudson, 1981).



Şekil 2. Yağış ve Toprak Erozyonu Arasındaki İlişki (Hudson, 1981)

4. Çayır-Mer'a Bitkileri ve Su Erozyonu İlişkileri

Çayır-mer'a bitkilerini oluşturan bitki türleri, biyolojik özellikleri ve ekolojik nitelikleri bakımından birbirlerinden farklı olduklarından, toprağın gerek yüzeyini ve gerekse altını sıkı bir tabaka halinde kaplamaktadırlar. Bundan dolayı özellikle mer'a bitkilerinin oluşturdukları bitki örtüleri erozyon kontrolünde önemli bir yer teşkil etmekte ve en büyük rolü oynamaktadırlar (Gençkan, 1985).

Bu bakımdan buğdaygil ve baklagillerin tarla bitkileri ile entegre bir biçimde kullanımı, toprak işlemeye uygun bulunmayan alanların tamamının çayır-mer'aya dönüştürülmesi ve diğer kültive edilen tarım ürünlerinin toprağı bozmadan ve erozyona neden olmadan yetiştirilmesinde buğdaygil ve baklagilleri içeren bitki ekim nöbeti uygulanması esas alınmalıdır (Akalan ve Doğan, 1988).

4.1. Uygun Otlatma Amenajmanının Toprağı Koruma Etkisi

Bilindiği gibi her mer'anın ürettiği yem miktarına göre üzerinde barındırabileceği hayvan sayısı sınırlıdır. Eğer bu sınırlar aşılsa, mer'a ağır bir şekilde otlatılmış olacağından bitkilerin büyüme ve gelişmeleri engellenir ve daha sonraki dönemlerde mer'a verimi hızla düşer. Bu yüzden çayır ve mer'alardan 'otlatma güçleri' oranında yararlanılması erozyonu önlemede önemli bir faktördür. Ayrıca, mer'a vejetasyonunun hem bozulmasını önlemek ve hem de maksimum miktarda hayvansal ürün elde edilebilmesini sağlayabilmek için, mer'aların, 'otlatma mevsimi' içinde olmakla birlikte, 'mer'a tipine uygun hayvan türü ile otlatma' ilkesince otlatılmaları da gerekmektedir (Avcioğlu, 1983). Aşırı otlatılmaktan zarar gören bitki örtüsü zayıflamış mer'alarda su erozyonu büyük bir sorundur. Yapılan bir araştırmada çiftlik hayvanlarının etkili olarak yararlandığı monokültür kılıksız brom tarımında toprak kaybı ve yüzey akışın arttığı tespit edilmiştir (Zemenchik ve ark., 1996).

Özellikle ülkemizde mer'aların en büyük sorunu, fazla sayıda hayvanla ve erken otlatılmalarıdır (Avcıoğlu, 1983).

4.2. Çayır-Mer'a Örtüsünün Etkenliği

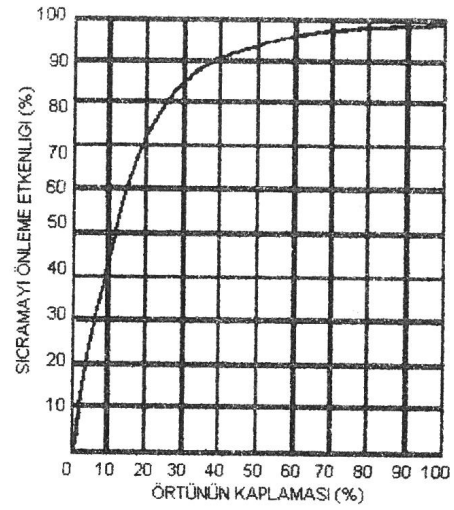
Bitki örtüsünün, yağmur damlası erozyonunu önlemedeki etkenliğinin, yağmurun yağdığı sırada mevcut olan örtünün miktarı ile orantılı olduğu çeşitli araştırmalarla saptanmıştır.

Bütün mer'a bitkileri, yetişme yeri ve örtü koşullarına bağlı olmaksızın, yağmur damlası sıçratmasından doğan erozyonun azalmasında, oluşturdukları örtünün miktarı ile orantılı olarak etkili olmaktadır. Oransal koruyucu etkenlik derecesi örtünün, toprağı örtme oranı, toplam ağırlığı, yaprak yoğunluğu ve ortalama yüksekliği sırasını izlemektedir (Akalan ve Doğan, 1988).

Toplam örtü ağırlığı ve örtünün araziye kaplama oranı kombinasyonu, yağmur damlası erozyonunun kontrolünde örtünün etkisini gösteren en iyi parametreler olarak kabul edilmektedir. Mer'ada bitki örtüsünün kapladığı alan ile damla erozyonunu önleme etkenliği arasındaki ilişki doğru orantılı olup, bitki örtüsünün kaplayacağı alan arttıkça damla erozyonunu önleme etkenliği de artar (Şekil 3) (Akalan ve Doğan, 1988).

4.3. Gerekli Örtü Miktarı

Çeşitli gelişme biçimlerinden oluşan aynı miktardaki örtünün, çeşitli etkenlik dereceleri, kuşkusuz, her gelişme şekli için karakteristik olan toprak üstü vejetatif kısımların doğal düzenini yansıtmaktadır. Örtünün yağmur damlası erozyonunun azaltılmasındaki etkenliği, örtünün kendi bir özelliği olup, bu özellik, üzerinde örtü bulunan toprağın etkisinden bağımsızdır (Akalan ve Doğan, 1988).



Şekil 3. Mer'ada Bitki Örtüsünün Kapladığı Alan ile Yağmur Damlası Erozyonunu Önleme Etkenliği Arasındaki İlişki (Akalan ve Doğan, 1988)

Çizelge 2'de yağmur damlası sıçratmasının kontrolünde istenilen ortalama örtü miktarları özetlenmiş bulunmaktadır.

Sonuç olarak, çayır-mer'a vejetasyonunun; erozyon kontrolü, toprak ve su koruma bakımından önemini ve sağladığı yararları özet olarak şu şekilde açıklayabiliriz,

- Mer'a bitki örtüsü, erozyona neden olan su ile toprağın direkt temasına engel olmaktadır,
- Bitki örtüsü, kinetik enerjilerini kırdığı yağmur damlalarının doğrudan doğruya toprağa olan darbelerini önlemekte ve toprak üzerinde oluşan ince çamur tabakasını sıçratmalarını engellemektedir,
- Mer'a bitki örtüsü, yağmuru kendi bünyesinde tutarak, toprağa yavaş yavaş nüfuz etmesini sağlamaktadır,
- Bitki örtüsü, zamanla toprağa kazandırdığı organik maddelerin birikmesi suretiyle toprağın strüktürünü iyileştirerek emme kapasitesini yükseltmektedir,

Çizelge 2. Yağmur Damlası Erozyonunu Kontrol Etmek İçin Gerekli Örtü Miktarları-Ortalama Değerler (Çeşitli Etkenlik Dereceleri İçin Ortalama Değerler) (Akalan ve Doğan, 1988).

| Etkenlik | Örtünün Etkili Ağırlığı ^a | Kısa Çim Otları | Örtünün Toplam Ağırlığı | | |
|----------|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|
| | | | Karışık Mer'a Otları | Mutat Ürünler ve Otlar | Uzun, Kaba Ürünler ve Yabani Otlar |
| Yüzde | kg/da | kg/da | kg/da | kg/da | kg/da |
| 98 | 375 | 500 | 650 | 750 | - |
| 97 | 315 | 375 | 470 | 650 | - |
| 95 | 187 ^b | 250 | 375 | 437 | 750 |
| 90 | 125 | 187 | 250 | 315 | 500 |
| 85 | 93 | 150 | 200 | 250 | 375 |
| 80 | 75 | 125 | 175 | 218 | 282 |
| 75 | 65 | 105 | 150 | 187 | 250 |
| 70 | 50 | 87 | 137 | 165 | 187 |
| 60 | 37 | 65 | 115 | 125 | 137 |
| 50 | 25 | 50 | 97 | 100 | 115 |
| 35 | 12 | 32 | 65 | 75 | 75 |
| 25 | 6 | 22 | 50 | 50 | 50 |

- a) Toplam ağırlık (kg/da) x Örtünün araziye kaplama yüzdesi
b) 187 kg/da değeri yüksek, kaba ürünler ve yabani otlar içindir. Bu gelişme biçiminin oluşturduğu örtü, etkili ağırlık 375 kg' a ulaştığında, %96' lık etkenlik derecesini geçmemektedir.

- Bitki örtüsünü oluşturan bitkiler, kökleri vasıtasıyla toprağı tutarak, suyun sürüklenme gücüne karşı koymakta ve toprağın taşınmasına engel olmaktadır,
- Mer'a bitkileri yaprak, dal ve gövdeleriyle yüzeysel akışa geçen sulara karşı frenleme etkisi yapmaktadırlar (Gençkan, 1985).

5. Yem Bitkileri ve Su Erozyonu İlişkileri

Yem bitkilerinin, özellikle, münavebedeki yeri, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmeleri, toprak organik maddesini artırmaları, baklagil olanların toprağı azotça zenginleştirmeleri ve erozyonu önlemeleri bakımından önemlidir (Tarman, 1972).

Yem bitkileri genel olarak baklagil yem bitkileri ve buğdaygil yem bitkileri olarak iki grupta incelenir. Baklagillerde vejetatif özelliklerden olan kök sistemi genellikle kazık şeklindedir ve genel olarak kuvvetli gelişmiş bir ana kök ve buna bağlı yan kökler bulunur. Özellikle çok yıllık bitkiler toprağın derinliklerine kadar inen bir kök sistemine sahiptir (Elçi ve Açıkgoz, 1976). Baklagillerde bulunan bu güçlü kök yapısı toprağın erozyona karşı tutulmasında etkilidir.

Otsu gövdeye sahip baklagil yem bitkilerinde üç tip gövde vardır. Bazı bitkilerde kök tacından çıkarak gelişen saplar bir deste halinde görülür; Yumak tipi olarak adlandırılan bu gövde tipinde kardeşlenme sayısı ne kadar çoksa erozyonla mücadelede o kadar çok önem arz eder. Kök saplı gövde tipinde, ana bitkide kök tacından çıkan sürgünlerin toprak altında ilerlemesi görülür. Bu sürgünlerdeki boğumlardan aşağı doğru

kök, yukarı doğru yeni sürgünler gelişir. Sülüklü gövde ise kök tacından çıkan sürgünlerin toprak üzerinde gelişmesiyle meydana gelir. Kök saplı ve sülüklü bitkiler otlatmaya dayanıklıdır. Eğimli alanlarda kuvvetli sürgün veren bu bitkiler su erozyonuna karşı toprağı iyi bir şekilde korurlar. Buğdaygil yem bitkilerinde de baklagil yem bitkilerindeki gibi, kök sap ve sülük tipi gövde su erozyonuna dirençlidir (Açıkgöz, 1991).

Yem bitkileri ve diğer kültür bitkilerinin yetiştiriciliğinde, toprak hazırlığından, hasat devresine kadar uygun kültürel önlemler erozyonu büyük

ölçüde engellemektedir. Hanson (1974)'un bildirdiğine göre, düzenli yağış alan bölgelerde ekim nöbetine alınan bitkiler toprak kaybını önemli şekilde etkilemektedir. Genel olarak yılın belirli dönemlerinde tarla yüzeyini kaplayan tahılların veya devamlı toprak işleme yapılan çapa bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda büyük toprak kaybı olmaktadır. Buna karşılık çok yıllık yem bitkileri ile kaplı alanlarda kayıplar Çizelge 3'te de görüldüğü gibi önemsenmeyecek düzeylere inmektedir (Açıkgöz, 1991).

Çizelge 3. Hanson (1974)'un Yaptığı Bir Çalışmada Üç Yıllık Ekim Nöbetinde Değişik Bitki Örtülerinin Toprak Kaybına Etkileri (Açıkgöz, 1991).

| Ekim Nöbeti | TOPRAK KAYBI (ton/da/yıl) | | |
|-------------------------------|---------------------------|----------|-------|
| | Wisconsin | Oklahoma | Iowa |
| Devamlı çapa bitkisi | 25.00 | 7.40 | 8.30 |
| Ekim nöbetinde çapa bitkisi | 11.90 | 0.70 | 4.10 |
| Ekim nöbetinde tahıl | 6.70 | 1.60 | 2.30 |
| Ekim nöbetinde yem bitkisi | 0.16 | 0.56 | 0.12 |
| Devamlı buğdaygil yem bitkisi | 0.02 | 0.004 | 0.007 |

Erozyonu önlemek için yoğun olarak kullanılan yem bitkilerinden bir kaç Çizelge 4'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4. Erozyonu Önlemek İçin Kullanılan Yem Bitkilerinden Örnekler (Elçi ve Açıkgöz, 1976'dan Çizelge Haline Getirilmiştir).

| Buğdaygil Yem Bitkileri | Baklagil Yem Bitkileri |
|---|--------------------------------------|
| Çayır salkım otu (<i>Poa Pratensis</i>) | Adi yonca (<i>Medicago sativa</i>) |
| Kılçıksız brom (<i>Bromus inermis</i>) | Korunga (<i>Onabrychis sativa</i>) |
| Koyun yumağı (<i>Festuca ovina</i>) | Adi fiğ (<i>Vicia sativa</i>) |

6. Çapa Bitkileri ve Su Erozyonu İlişkileri

Çapa bitkilerinin toprağı erozyondan koruma oranının az olduğu bir çok araştırma ile ortaya konmuştur.

Taysun ve ark. (1995)'nin bildirdiğine göre, erozyona karşı en iyi korunma çayır ve orman örtüsünde iken, en az korunma çapa bitkileri tarımındadır. Çapa bitkileri adı verilen pamuk, tütün, patates, mısır, ayçiçeği gibi bitkiler toprağı erozyona karşı yeterince koruyamazlar. Bu sayılan çapa bitkileri

ile eğimli alanlarda tarım yapıldığında üstteki verimli, sürülen tabaka kısa sürede taşınabilir. Bu nedenle uygun nöbetleşmenin seçilmesi, anızlı-malçlı tarımın uygulanması, en son olarak güncel olan ikinci ürün tarımın uygulanması ile hem daha fazla verim alınması ve hem de toprak yüzeyinin yağışa uzun süre açık kalmaması sağlanmış olur.

Bu konuda yapılan çok yıllık bir denemede alınan sonuçlara göre 18 cm' lik toprak tabakasının taşınması için, nadasta 7 yıl, devamlı mısır tarımında 11 yıl, mısır-arpa-yonca nöbetleşme ekiminde 40 yıl, devamlı çayırdaki 33600 yıl gereklidir (Taysun, 1983).

Aydemir (1974)' in yaptığı bir çalışmada %15, %28 ve %45 eğimde mısır, buğday ve fındık tarımı ile nadas alanlarında erozyonun etkileri incelenmiştir. Taşınan toprak miktarının ve yüzeysel akışın aylara göre dağılımı incelendiğinde, bir çapa bitkisi olan mısır tarımında taşınan toprak miktarı diğer arazi kullanma biçimlerinden, nadasa bırakılan tarım alanlarında ise buğdaydakinden daha fazla olmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda toprağı aşınımından en iyi koruyandan en az koruyan bitkilere doğru bir sıralama yapılmıştır. Bu sıralama aşağıda Çizelge 5'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 5, incelendiğinde çapa bitkilerinin toprağı aşınımından en az oranda korudukları görülür. Bu nedenle eğimli alanlarda çapa bitkisi tarımında toprak ve su koruma önlemlerine önem verilmelidir (Taysun, 1983).

Sonuç olarak, toprak kayıpları yönünden tarımsal metotlar toprağın işlenme tarzı bakımından, bitkinin çeşidi ise toprağı örtme derecesi bakımından rol oynar. Üzerinde hiç bir kültür bitkisi bulunmayan nadas alanlarında erozyon çok fazladır. Çapa bitkileri ise toprağı az örtmekle beraber

nadas tarlaya nazaran erozyonu nispeten kontrol eder fakat bu kontrol yetersizdir (Çelebi, 1971).

Çizelge 5. Çeşitli Bitkilerin Toprağı Aşınımından Koruyabilme Sıraları- Sıralama En İyi Koruyandan En Az Koruyana Doğrudur (Taysun, 1983).

| | |
|---------------------------|--|
| Devamlı vejetasyon | Korunmuş orman Preriler Devamlı mer'a Otlu meyve bahçesi Devamlı çayır |
| Otlak-baklagil çayırı | Yonca-Kılçıksız brom Tırfil-Çayır kelp kuyruğu Çayır yumağı-Gazal boynuzu |
| Küçük tohumlu baklagiller | Ak üçgül Çayır üçgülü Tırfil Aktaş yoncası Kırmızı üçgül |
| Tahullar | Çavdar Buğday Arpa Yulaf |
| Çapa bitkileri | Pamuk Patates Tütün Soya fasulyesi Mısır |
| Nadas | Yaz nadası (İlk sürüm ile bitki gelişmesi arasındaki süre) |

7. Ekim Nöbeti-Su Erozyonu İlişkileri

Ekim nöbeti yani bitki münavebesi, toprakların fiziksel özelliklerini geliştirmede, strüktür stabilitesini artırarak erozyona karşı duyarlılığını azaltmada uygun bir bitki büyüme ortamının oluşturulmasında önemli etkilere sahip olan bir faktördür. Bitki münavebesinin toprak özelliklerine olan etkisi uygulanan münavebenin özelliğine bağlı olarak değişmektedir (Özdemir, 1993).

Toprağın korunmasını esas alan münavebede sık büyüyen bitkileri, çapa

bitkileri takip eder. Sık büyüyen yem bitkileri, çapa bitkileri ve tahıllardan ibaret üçlü münavebe, toprak koruma münavebesinin temelini oluşturur. Erozyon tehlikesinin fazla olduğu yerlerde, bu münavebedeki sık büyüyen bitkiler, çayır veya baklagiller veya bunların karışımları iki veya üç yıla çıkarılır (Akalan, 1973).

Özdemir (1993), yaptığı bir çalışmada, bitki münavebesinin toprağın strüktürel dayanıklılığı ve

erozyona duyarlılığı üzerindeki etkileri incelemiş ve denemesinde Çizelge 6'da görülen münavebe sistemlerini kullanmış ve Çizelge 7'de görülen sonuçları elde etmiştir.

Çizelge 7'nin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi en fazla strüktürel dayanıklılık ölçütü değeri ve agregat stabilitesi ile en düşük erozyon oranı ve toprak aşınım faktörü değeri doğal örtü

Çizelge 6. Denemede Kullanılan Münavebe Sistemleri (Özdemir, 1993).

| Ekim Sistemleri | Uygulama Şekilleri |
|-----------------|--|
| 1 | a) Buğday-Nadas b) Nadas+Buğday |
| 2 | a) Buğday-Nadas+Çiftlik gübresi b) Nadas+Çiftlik gübresi-Buğday |
| 3 | a) Buğday+Azot ve Fosfor-Nadas b) Nadas+Azot ve Fosfor-Buğday |
| 4 | a) Buğday-Mercimek b) Mercimek-Buğday |
| 5 | a) Mercimek-Nadas-Buğday b) Nadas-Buğday-Mercimek c) Buğday-Mercimek-Nadas |
| 6 | a) Buğday-Nadas-Buğday-Korunga-Korunga-Korunga b) Nadas-Buğday-Korunga-Korunga-Korunga-Buğday c) Buğday-Korunga-Korunga-Korunga-Buğday-Nadas d) Korunga-Korunga-Korunga-Buğday-Nadas-Buğday e) Korunga-Korunga-Buğday-Nadas-Buğday-Korunga |
| 7 | a) Korunga-Korunga-Korunga-Nadas-Buğday-Nadas-Buğday b) Korunga-Korunga-Nadas-Buğday-Nadas-Buğday-Korunga c) Korunga-Nadas-Buğday-Nadas-Buğday-Korunga-Korunga d) Nadas-Buğday-Nadas-Buğday-Korunga-Korunga-Korunga e) Buğday-Nadas-Buğday-Korunga-Korunga-Korunga-Nadas f) Nadas-Buğday-Korunga-Korunga-Korunga-Nadas-Buğday g) Buğday-Korunga-Korunga-Korunga-Nadas-Buğday-Nadas |
| 8 | a) Sürekli Doğal Örtü |

altındaki (8 no'lu) parselde tespit edilmiştir. Doğal örtü altındaki parselden sonra çok yıllık yem bitkisi olan korunganın münavebede olduğu (7 ve 6 no'lu) parseller ilk sıralarda yer almışlardır. Buğday-nadas sisteminin yer aldığı (1 no'lu) parselde ise en düşük strüktürel dayanıklılık ölçütü ve

agregat stabilitesi ile en büyük erozyon oranı ve toprak aşınım faktörü değerleri tespit edilmiştir. Diğer uygulamaların (2, 3, 4 ve 5 no'lu) bulunduğu parseller ise ortalarında yer almışlardır. Toprağın strüktürel dayanıklılığı ve agregat stabilitesi değeri arttıkça erozyona karşı

Çizelge 7. Toprakların Strüktürel Dayanıklılığına ve Erozyona Duyarlılığa İlişkin Parametrelere Göre Sıralamaları (Özdemir, 1993).

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| No Strüktürel Dayanıklılık Ölçütü, % | 8 | 7 | 6 | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 |
| | 29.3 | 25.1 | 23.2 | 21.9 | 19.4 | 19.3 | 17.7 | 15.5 |
| No Agregat Stabilitesi (>0.1mm), % | 8 | 7 | 6 | 2 | 3 | 5 | 4 | 1 |
| | 46.0 | 43.0 | 43.5 | 38.5 | 36.5 | 35.5 | 34.8 | 32.3 |
| No Erozyon Oranı, % | 8 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 5 | 1 |
| | 33.0 | 41.0 | 43.0 | 45.0 | 49.0 | 50.0 | 53.0 | 57.0 |
| No Toprak Aşınım Faktörü (K) | 8 | 7 | 6 | 2 | 5 | 4 | 3 | 1 |
| | 0.16 | 0.20 | 0.21 | 0.24 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.26 |

dayanıklılığı da artacaktır.

Bu yargı ve elde edilen bulgulardan, toprak erozyonunun önlenmesi açısından yem bitkilerinin münavebeye katılmasının kaçınılmaz olduğu ve buğday-nadas sisteminin ise faydasız olduğu sonucu çıkarılabilir (Özdemir, 1993).

A.B.D.' de yapılmış bir çalışmada, yulaf ve kaba yoncanın birlikte yetiştirildiği araştırma alanında toprak kaybının % 46 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada sadece yulafın yetiştirildiği parselde yüzey akış 47 mm iken yulaf-kaba yonca örtüsü altında 44 mm olarak tespit edilmiştir (Wollenhaupt ve ark., 1995).

Münavebedeki bitkilerin farklı özelliklerde olması birinci koşuldur. Bitkilerin kök yapıları farklı olduğundan, toprağın değişik derinliklerinden faydalanılma sağlanır. Yine, farklı bitkilerin, topraktaki artıklarının da farklı olması münavebenin bir başka faydasıdır. Toprak strüktürünün düzelmesinde önemli olan organik madde böylece artmaktadır ve ayrıca baklagil kökleri ile azot tespit edilmektedir. Sonuçta, toprağın erozyona olan direnci

artmaktadır. Ayrıca, münavebe sisteminde nadasa yer verilmediğinden boş kalan arazide daha fazla boyutlara ulaşabilecek erozyon önlenmiş veya azaltılmış olur (Türkoğlu, 1987). Yem bitkileri devamlı olarak toprağı örttüklerinden her türlü erozyonu önlerler, bu açıdan münavebedeki önemleri büyüktür.

8. Nadas-Su Erozyonu ilişkileri

Nadas işlemi kuru tarım topraklarında suyun toplanması için kaçınılmaz bir işlemdir fakat iyi bir nadas ile toprağın erozyona karşı korunması arasında çelişkili bir durum mevcuttur. Tarla toprağından evaporasyonla su kaybını olabildiği kadar azaltmak için nadas yılında toprak gevşek olmalıdır. Aynı zamanda yabancı otlar yok edilmelidir ki, transpirasyonla bitkilerden su kaybı önlenmiş olsun. Fakat, nadas yılında böylece erozyonun zarar vermesi için gereken olanaklar hazırlanmıştır. Bu durumda toprağın verimliliğini ve su tutma gücünü sürekli olarak zayıflamaktan korumak zorunludur (Tarman, 1973).

Dağdeviren ve Taysun (1996)'un % 9 eğimli kuru tarım alanlarında yaptıkları bir araştırmada eğim yönünde sürülmüş ve devamlı nadas olan A (şahit) konusunda ortalama 254.1 mm olarak tespit edilen toplam erosif yağışın 43.3 mm (%17.1)'si yüzey akışa geçmiş, bu yüzey akışla birlikte toprak kaybı 338.7 kg/da olmuştur. Deneme süresince, en fazla yüzey akış ve toprak kaybı devamlı nadas olan A konusunda meydana gelmiş, bunu anızı yakılan C konusu izlemiştir. Bu yüzden toprağın erozyondan korunması için toprakların bitki örtüsü ile kaplı bulundurulması gerekli görülmüştür.

Sonuç olarak, nadasa bırakılan topraklarda, bitki örtüsü ile kaplı topraklara kıyasla toprak ve su kaybı daha fazladır, başka bir deyişle nadas, su erozyonunu teşvik etmektedir.

9. Orman, Erozyon ve Toprak İlişkileri

Ormanların toprak erozyonunu azaltıcı, hatta tamamen engelleyici etkilerinin olduğu, bir çok inceleme ve araştırmalarla belirlenmiştir.

Ormanların erozyonu önleme ve engelleme üzerindeki etkileri, kök ve gövdeleriyle gerçekleşmekte ve değişik şekillerde olmaktadır. Orman ağaçları, ancak mm ile ifade edilebilecek derecede ince köklerden, çok kalın kazık ve dalıcı köklere kadar değişik çap ve uzunluktaki köklere sahiptir. Bunlar toprağı bir ağ gibi sarar ve toprağın doğal kuvvetlerle taşınmasını engeller. Araştırmalardan elde edilen bulgulara göre, bazı orman ağaçlarının, bir m³ hacimdeki toprağı 100 km uzunluğunda binlerce kökle sardığı belirlenmiştir. Böylece orman toprağının erozyonla taşınıp kaybolması engellenmiş olmaktadır. Ormanın mekanik etkilerle

erozyonu azaltması üzerinde yalnız kök ve gövdeleri değil, dal ve yaprakları da önemli rol oynar (Çepel, 1996).

Ayrıca, orman toprakları, kendine özgü karakteristikleri ile yüzeysel akışı azaltır, suyun toprağı sızmasını artırır. Böylece erozyon şiddetini düşürür. Orman ağaçları, yaprak dökümüyle bir hektarlık orman toprağına her yıl 3-4 ton organik madde kütlesi vermektedir. Böyle bir toprak, yağış sularını emerek suyu depolamakta ve suyun yüzey akışla akıp gitmesini önlemektedir (Çepel, 1996).

Stocking (1988)' in bildirdiğine göre iyi yetişmiş doğal bir orman örtüsü erozyona karşı mükemmel koruma sağlar ve yıpranmamış bir orman örtüsü altında erozyon oranı daima 500 kg/ha/yıl' ın altındadır. Örneğin, Honkong' ta 29⁰ eğimde yapılmış bir çalışmada çam örtüsü altında toprak kaybı 450 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

10. Tartışma ve Sonuç

Erozyona sebep olan yağmur damlalarının toprağı direkt olarak çarpmasını önleyecek tedbirlerin alınması, toprağın korunmasında en etkili önlemlerdendir. Bu tedbirlerin başında da toprağın devamlı bir bitki örtüsü ile kaplı bulundurulması gelmektedir.

Çayır ve mer'alar erozyonun kontrolünde en etkili yöntemlerden olmasına rağmen, genellikle yılın belirli dönemlerinde tarla yüzeyini kaplayan tahılların veya devamlı kültüvasyona ihtiyaç duyan çapa bitkilerinin yetiştirildiğı alanlarda büyük toprak kayıpları olmaktadır. Çayır-mer'aların çoğunluğunu oluşturan yem bitkileri ile kaplı alanlarda ise kayıplar çok düşük düzeylerde olmaktadır. Yine aynı şekilde

orman örtüsü ile kaplı alanlarda da toprak kayıpları yok denecek kadar azdır. Buna karşılık, üzerinde hiç bir kültür bitkisi olmayan nadas alanlarında ise erozyon çok fazladır.

Bu açıklamalar ve verilen örneklerle erozyon tehlikesinin boyutları ve bitkilerin bu konudaki fonksiyonları alınması gerekli önlemler bakımından değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır,

a- Toprakların erozyonla taşınmasını engellemek için tek çıkar yol topraklarımızdan 'arazi kullanma yetenek sınıflarının' gerektirdiği şekilde yararlanmamızdır (Çepel, 1996).

b- Toprak işlemeye uygun olmayan alanların devamlı çayır-mer'alara veya ormanlara dönüştürülmesi ve diğer toprak işlemeye ihtiyaç duyan tarım ürünlerinin de toprağı bozmadan ve erozyona neden olmadan yetiştirilmesinde yem bitkilerini içeren ekim nöbeti uygulanması esas alınmalıdır.

c- Tarım alanlarında kültürel önlemlere önem verilmesi; Çayır-mer'alarda arazinin iyi bir örtü ile kaplanması ve otlatmaların düzenlenmesi gereklidir. Nadas alanlarına ise olanaklar doğrultusunda kısıtlama getirilmesi, bu alanlarda eğime dik sürüm yapılması, toprakların anızlı bırakılması vb. önlemlerin alınması gereklidir.

d- Orman ve mer'aların tahribinin önlenmesi için halk bilinçlendirilmeli; Bu konuda çalışan eğitim ve araştırma kuruluşları desteklenmelidir.

11. Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 1991. Yem Bitkileri. Uludağ Üniv. Yayınları, Sayı: 456, Bursa, s. 304-309.
- Akalan, İ., 1973. Toprak Fiziği. Ankara Üniv. Yayınları, No: 527, Ders Kitabı No: 172, Ankara, s. 437-443.

Akalan, İ. ve Doğan, O., 1988. Çayır-Mer'a Bitkileri ile Toprak ve Erozyon Arasındaki İlişkiler. TC. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları, Genel No: 135, Özel No: T-49, Ankara, 66 s.

Avcıoğlu, R., 1983. Çayır Mer'a Bitki Topluluklarının Özellikleri ve İncelenmesi. Ege Üniv. Yayınları, No:466, Bornova-İzmir, 245 s.

Aydemir, H., 1974. Yüzeysel Akışla Su Kaybı ve Toprak Erozyonunun Ulusal Ekonomiye Etkisi. Tübitak IV. Bilim Kongresi Tebliğleri, Tarım ve Ormancılık Sektörüne, Sıra: 72, Tübitak Yayın No: 240, Toag Seri No: 34, s. 1-11.

Çelebi, H., 1971. Toprak Erozyonu. Atatürk Üniv. Yayınları, No:90, Zir. Fak. Yayın No: 37, Yardımcı Ders Kitabı No: 3, Erzurum, 115 s.

Çepel, N., 1996. Toprak Erozyonu, Ülkemizdeki Boyutları ve Orman Erozyon İlişkileri. Tema-Eğitim Kursları, İstanbul, s. 2-12.

Çevik, B., 1992. Toprak ve Su Koruma Mühendisliği. Çukurova Üniv. Zir. Fak., Ders Kitabı No: 28, Adana, 143 s.

Dağdeviren, İ. ve Taysun, A., 1996. Şanlıurfa Yöresi Kuru Tarım Alanlarında Bazı Tarımsal Uygulamaların Su Erozyonuna Etkileri. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yılığ 1995, Köy Hizmetleri Yayın No: 98, Ankara, s. 68-85.

Elçi, Ş. ve Açıkgöz, E., 1976. Yem Bitkileri Çayır ve Mer'a Uygulama Kılavuzu. Ankara Üniv. Zir. Fakültesi Yayınları, No: 642, Uygulama Kılavuzu No: 205, Ankara, 37 s.

Gençkan, M.S., 1985. Çayır-Mer'a Kültürü, Amenajmanı, Islahı. Ege Üniv. Zir. Fak. Yayınları No: 483, Bornova-İzmir, 655 s.

Hudson, N., 1981. Soil Conservation. Batsford Academic and Educational Ltd., New Edition, Printed in the U. S. A., pp. 324.

Karaoğlu, M. ve Çanga, M. R., 1994. Atatürk Tarım İşletmesi (Yalova) Arazileri Erozyon Etüdü. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yılığ-1993, 43 (1-2): 77-84.

Mutter, G. M. and Burnham, C. P., 1990. Plot Studies Comparing Water Erosion On Chalky and Non-Calcareous Soils. Soil Erosion on Agricultural Land; In: Editor, J. Boardman, I. D. L. Foster and J. A. Dearing. Wye College-University of London, John Wiley&Sons Ltd., UK., pp. 15-23.

Özdemir, N., 1993. Bitki Münavebesinin Toprağın Strüktürel Dayanıklılığı ve Erozyona

- Duyarlılığı Üzerindeki Etkileri. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 24 (2): 66-75.
- Stocking, M.A., 1988. Assessing Vegetative Cover and Management Effects. In: Editor, Lal, R. Soil Erosion Research Methods, Soil and Water Conservation Society, USA, pp. 162-185.
- Tarman, Ö., 1972. Yem Bitkileri, Çayır ve Mer'a Kültürü Cilt: 1, Genel Esaslar. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları No: 464, Ders Kitabı No: 157, Ankara, 192 s.
- Tarman, Ö., 1973. Türkiye Tarla Kültürünün Temelleri. Yazan: Christiansen, F.; 2. Baskı, İstanbul, s. 185-191.
- Taysun, A., 1983. Toprak ve Su Korunumu Ders Teksiri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Yayınlanmamış), Bornova-İzmir, s. 72-73.
- Taysun, A., Çanga, M.R., Uysal, H., Erpul, G., 1995. Toprak Erozyonu ve Korunma Önlemleri. IV. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No: 26, Ankara, s. 267-280.
- Türkoğlu, H. H., 1987. Münavebe. Hasat Dergisi, 27 (3):21.
- Wollenhaupt, N.C.; Bosworth, A.H.; Doll, J.D.; Undersander, D. J., 1995. Erosion From Alfalfa Established with Oat Under Conservation Tillage. Soil Science Society of America Journal. 59 (2): 538-543.
- Zemenchik, R. A.; Wollenhaupt, N. C.; Albrecht, K. A.; Bosworth, A. H., 1996. Runoff, Erosion and Forage Production from Established Alfalfa and Smooth Bromegrass. Agronomy-Journal, 88 (3): 461-466.