

## TOPRAK FİZİKSEL KOŞULLARININ KONTROLU

Dr. İbrahim Demiralay(1)

### ÖZET

Toprak fiziksel koşullarının kontroluna niçin gereksinme duyulduğu belirtilmiş ve zamanımızda bitki büyümesini etkileyen toprak fiziksel koşulları denilince akla gelen hususlar tanıtılmıştır. Bunlar; toprak suyu, toprak havalanması, toprak sıcaklığı ve mekanik engelleme olmaktadır.

Bu koşulların kontrolunda kullanılan başlıca yöntemler, her bir toprak fiziksel koşulu bakımından müstakilen ele alınmıştır. Bu konuda yıllardır yapılan tüm çalışmaları gözden geçirmekten ziyade son yıllardaki çalışmaların ışığı altında özet bir değerlendirme yapılmıştır.

### GİRİŞ

Toprak fiziksel koşullarının kontroluna, bitki büyümesi bakımından en uygun düzeylerde olmalarını sağlamak ve toprak nuhafazası amaçlarıyla gereksinme duyulmaktadır. Ancak bitki büyümesi, tüm toprak fiziksel koşullarının birlikte dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Zamanımızda, bitki büyümesini etkileyen toprak fiziksel koşulları denilince; toprak suyu, toprak havalanması, toprak sıcaklığı ve mekanik engelleme olmak üzere dörde husus akla gelmektedir (De Boodt, 1972; Kohnke, 1968).

Toprak fiziksel koşullarının kontrolunda kullanılan çok sayıda yöntem mevcuttur. Her bir yöntem genellikle birden fazla toprak fiziksel koşulunu aynı zamanda etkilemektedir. Örneğin, sulamanın esas amacı toprakta su arzını artırmak olmakla beraber, sulama toprağın havalanmasını ve sıcaklığını da değiştirir ve hâttâ toprak strüktürünü de etkileyebilir (Kohnke, 1968). Ancak, bu yazıda, kontrol yöntemleri, her bir toprak fiziksel koşulunun değiştirilmesi bakımından ele alınacak ve esas itibariyle son yıllardaki çalışmaların ışığı altında bir değerlendirme yapılacaktır.

(1) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Bölümü Doçenti.

Yıllardır yapılan çalışmaları özetlemeye teşebbüs edilmiş değildir.

Burada hemen belirtmek gerekir ki, toprak fiziksel koşullarının değiştirilmesi ancak bir sınıra kadar mümkün olmaktadır. Onun için, önce ekonomik olduğu ölçüde arazi kullanmayı toprağın mevcut fiziksel koşulları ve iklime göre ayarlamak gerekir.

## TOPRAK SUYUNUN KONTROLU

Toprak; ideal olarak, muhtemel bir kurak periyoddan daha uzun bir süre bitkilerin kök bölgesinde bitkilerin gereksinmesine cevap vermeye yeterli miktarda 15 atm. den tercihen 5-8 atm- den daha düşük tansiyonlarda tutulan yarayıslı suya sahip olmalıdır. Diğer taraftan, toprakta suyun azlığı kadar çok fazla oluşu da problem teşkil etmektedir. Ancak her toprak doğal durumunda bu ideal koşula sahip değildir. Böyle durumlarda bazı tedbirlerin alınması suretiyle toprak suyunun bir dereceye kadar kontrolü mümkün olmaktadır. Bu kontrol yöntemlerinin başlıcaları aşağıda özetlenmektedir.

### *Sulama:*

Sulama, doğal toprak suyunun bitki su gereksinmesini karşılayamaması halinde, bitki su açığının yapay olarak karşılanmasına hizmet etmektedir. Ancak sulamanın ekonomik olacağı hallerde kullanılması gerektir. Sulamada kullanılacak suyun kalitesi, gereksinme duyulan koşullara en uygun sulama yönteminin tesbiti ve bir sulamada uygulanacak su miktarının doğru olarak

tayini üzerinde durulması gereken başlıca hususlar olarak belirtilebilir.

Burada sulamanın çok eski ve çok etkin bir yöntem olduğu ve hakkında çok sayıda kaynak bulunduğu belirtilmekle yetenilecektir.

### *Drenaj:*

Drenaj, topraktan fazla suyun süratle uzaklaştırılmasını sağlamak suretiyle toprak suyunun kontroluna hizmet etmektedir. Drenaja toprak havalanmasını ve ısınmasını hızlandırmak veya sulanan topraklarda fazla tuzları yıkamak için gereksinme duyulmaktadır. Amaca uygun drenaj tipinin, derinlik ve aralığının tesbit ve tayininde çok dikkatli olunması gerekmektedir.

Drenajın da oldukça eski ve etkin bir yöntem olduğu ve hakkında oldukça çok sayıda kaynak bulunduğu belirtilmekle yetinilecektir.

### *Malçlama:*

Malçlama, toprak yüzeyinin her hangi bir malç materyali ile kısmen veya tamamen örtülmesi olarak tanımlanabilir. Malç materyali; anız, saman, sap, taş, kum, toz, kâğıt, cam elyafı, şeker pancarı melasi, plastik, asfalt v.s. olabilmektedir. Çeşitli malç tipleri uzun zamandır toprak ve su muhafazası amacı ile başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Malç, şiddetli yağışlar sırasında yüzey akışı nisbetini azaltmaksuretiyle daha fazla suyun toprak içerisine infiltrasyon olmasını sağlamakta ve ayrıca tecrit edici rolünün bir sonucu olarak evaporasyon yolu ile toprak suyunun kaybını azaltmaktadır. Böylece, genellikle, malç altında toprakta depolanan su miktarı toprağın çıplak durumuna naza-

ran daha fazla olmaktadır. Ancak malçın toprak suyu üzerine etkisi, malç materyalinin tip ve miktarına bağlı olarak değişmektedir (Wiegand ve çalışma arkadaşları, 1968).

Bir malçın toprak suyu üzerine uzun sürede etkisinin büyük ölçüde yağışın sıklığı ve miktarına bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Gardner ve Gardner (1969) bu konuda oldukça aydınlatıcı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu araştırmacılar, yağışın zaman içinde rastgele dağılışına bir yaklaşım olarak yağışın belli miktarlarda ve kararlı frekanslarda vukubulması halinde evaporasyonun mekanizmasını laboratuvar koşullarında incelemişlerdir. Bunun için, toprak kolonlarına kararlı zaman aralıklarıyla (veya periyodlarla) tekrarlanan belli miktarlarda su uygulamışlar ve evaporasyon

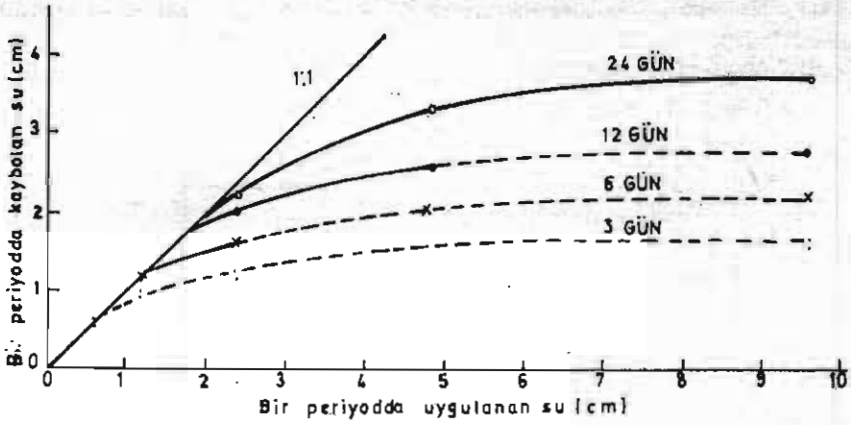
kayıplarının seyrini izlemişlerdir. Cetvel 1; bir toprak (Rago tını) için uygulanan su miktarını ve belirlenen toplam süre sonundaki ıslanma cephesi derinliğini ve evaporasyon kayıplarını vermektedir. Şekil 1 ise, aynı toprağa ait çeşitli su uygulanma frekansları için bir periyotta uygulanan su miktarına karşılık yine bir periyotta kaybolan su miktarını göstermektedir.

Görüleceği gibi, bir periyotta uygulanan su miktarı arttıkça, evaporasyon yolu ile kaybolan su miktarı da artmış fakat 1:1 doğrusundan sapmış ve asimtotikal bir seyir ile sabit bir değere yaklaşmıştır. Bu sabit değer potansiyel değerden çok daha az olduğu bildirilmektedir.

Gardnar ve Gardner (1969), ayrıca malçın evaporasyon potansiyelini azalt-

Cetvel 1. Rago tını için uygulanan su miktarı ve 24 günlük sürenin sonunda ıslanma sепhesi derinliği ve evaporasyon kayıpları (Gardner ve Gardner, 1969'dan alınmıştır)

Su uygulamaları arasındaki süre (Gün)	Bir periyotta uygulanan su miktarı (cm.)	Toplam süre (Gün)	Islanma cephesi derinliği (cm.)	Su kaybı (%)
3	0,3	24	—	100,0
3	0,6	24	—	96,0
3	1,2	24	12,6	76,5
6	0,6	24	—	100,0
6	1,2	24	5,5	95,6
6	2,4	24	24,6	66,8
12	1,2	24	5,0	100,0
12	2,4	24	15,5	74,0
12	4,8	24	30,2	52,0
24	2,4	24	10,0	84,6
24	4,8	24	24,0	60,4
24	9,6	24	41,8	39,6



Şekil 1. Rago toprağı için çeşitli su uygulanma frekanslarında bir periyotta uygulanan su miktarına karşılık su kaybı. Eğrilerin sağa doğru kesik hatlı kesimlerindeki noktalar bir tam periyoddan (toplam süreden) daha kısa sürelerle ait donelerden alınmıştır. (Gardner ve Gardner, 1969'dan alınmıştır).

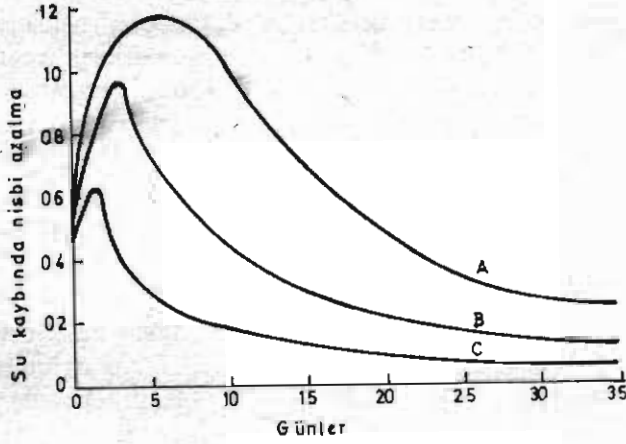
mak suretiyle evaporasyon kaybında sebep olduğu azalmanın seyrini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Şekil 2; havada kurumuş toprak materyali kullanılarak elde edilen toprak kolonundan 9,6 cm. su uygulandıktan sonra 0,72 cm. gün evaporasyon potansiyeli koşulundaki bekletilmesine nazaran % 75, % 65 ve % 50 daha düşük evaporasyon potansiyelleri altında hesaplanan su kaybındaki nisbi azalmayı göstermektedir. Şekil 2'den görüleceği gibi, bir malçın evaporasyon üzerindeki önleyici etkisini esasen bir yağıştan sonraki birkaç gün içerisinde göstermesi ve bu sürede tekrar yağış almadıkça % 50'den daha az bir azaltıcı etkinin pratik bir öneme sahip olmaması muhtemeldir.

Uzun bir yağmursuz periyotta ise, malçlı bir topraktan su kaybının aynı toprağın malçsız durumundakine yaklaştığı ortaya çıkmaktadır.

Ancak, geçirimsiz plastik örtüler veya asfalt püskürtmeler gibi tam malçlar evaporasyonu önemli ölçüde azaltmaktadırlar (Demiralay, 1973 b, c; Waggoner ve çalışma arkadaşları, 1960).

#### Toprak İşleme:

Toprak işleme, yüzey toprağının gevşetilmesi ve yabancı ot kontrolü yollarıyla toprak suyunu etkilemektedir. Yüzey toprağının gevşetilmesi, toprağa su infiltrasyonunu arttırmakta ve kurak periyotta toprak malçı oluşmasını sürdürülendirerek evaporasyon kayıplarını azaltmaktadır. Ancak toprak suyunun etkilenme derecesi; toprak işleme aletinin tipine, toprak işleme zamanına ve derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle, sıkı geçirimsiz alt toprakların derin sürüm veya alttan işleyicilerle gevşetilmesi suretiyle profil içinde su hareketi



Şekli 2. Rago toprağında 0,72 cm/gün potansiyel evaporasyona nazaran su kaybındaki hesaplanan azalma. A, B ve C eğrileri sırası ile 0,18, 0,25 ve 0,36 cm/gün sabit evaporasyon nisbeti sebebiyle kayıp azalmasını göstermektedir (Gardner ve Gardner, 1969'dan amaca uygun şekilde alınmıştır.)

ve profilde tutulan su miktarı önemli ölçüde kontrol edilebilmektedir.

#### *Toprak Agregasyonunun Geliştirilmesi:*

Özellikle yüzey toprağı agregasyonunun geliştirilmesi toprağı infiltrate olan yağış suyu miktarını arttırmak suretiyle toprak suyunu etkilemektedir. Bu amaçla, floküle ettirici veya yapıştırıcı olarak hizmet eden belli materyaller toprağı karıştırılmaktadır. Bunlar kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat, sülfürik asit, kükürt, flotal (Demortier ve Dreoven, 1957; Hemil, 1959 a, b), sodyum silikat (Laws ve Page, 1946 a,b) ve potasyum silikat (Dutt, 1947) gibi inorganik düzelticiler; çiftlik gübresi ve yeşil gübre gibi doğal organik madde kaynakları; vinilasetat ve maleik asit kopolimeri (VAMA) ve hidrolize poliakrilonitril (HPAN) (Hendrick ve Mowry, 1952; Laws, 1954 v.d.), polivinil alkol (PVA)

(Stefanson, 1973), poliakrilamid (PAM) (De Boodt, 1972) ve bitüm (De Boodt, 1972) gibi yapay organik düzelticiler olarak belirtilebilir.

Yüzey toprağının agregasyonunu geliştirmek amacı ile toprağı uygulanan materyallerin bazıları agregatlaştırıcı ve stabilize edici fonksiyonları sayesinde toprağı su giriş hızını etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda toprakta tutulan su miktarını da etkilemektedirler. özellikle kumlu topraklarda, çeşitli formlarda organik madde ilaveleri toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır (Buckman ve Brady, 1965). Hidrofilik karakterdeki yapay strüktür düzelticilerin de kumlu topraklarda tutulan su miktarının artmasına sebep olduğuna tanık olunmuştur. Örneğin, kuvvetli asit gruplarına (Miseller üzerinde HSO<sub>3</sub>) sahip bir emülsiyonunun kullanılması ile yarayışlı suyun % 1,5'den % 6'ya

arttığı tesbit edilmiştir (De Boodt, 1972). Bir kuvvetli dipolpolimer olan poliakrilamid-PAM, nispeten hidrofilik karakterde olup; halihazırda kumlu topraklara kullanılmaya en uygun (ekonomik) polimer olduğu bildirilmektedir (De Boodt, 1972). Diğer taraftan, hidrofobik karakterdeki bir strüktür düzeltici (örneğin bitüm) uygulandığı toprak katında tutulan su miktarını azaltıcı tesir göstermektedir (De Boodt, 1972). Özellikle kabuk formasyonu sorunu olan topraklar için bu tür düzelticiler tavsiye edilmektedir (De Boodt, 1972).

Hillel ve Berliner (1974), laboratuvar çalışmalarında, yüzey toprağı agregatlarını hidrofobik yapmak suretiyle toprak agregasyonunun toprak nemini artırıcı etkisinin daha da artırılabilirliğini göstermişlerdir. Bu araştırmacılar, farklı agregat büyüklüğünde ve farklı derinlikte hidrofobik (sodyum silikonat ile muamele edilmiş) agregatlardan oluşan bir yüzey tabakası yerleştirilmiş ünifom toprak kolonlarına 80 mm. su uygulamışlar. suyun infiltrasyon seyrini ve infiltrasyon tamamlandıktan sonra evaporasyon kayıplarının seyrini izlemişlerdir. Hidrofobik agregatlardan oluşan bir yüzey tabakasının mevcudiyeti, infiltrasyonu ve evaporasyonu etkilemiştir. Bu etkiler, agregatların büyüklüğüne ve tabakanın kalınlığına bağlı olarak azaltıcı veya artırıcı yönde olmuştur. Agregatlar yeterli büyüklükte (2-5 mm.) iseler, agregatların kendilerinin kuru kalmalarına rağmen, su kolaylıkla aşağı doğru hareket edebilmiştir. Küçük agregatlar (0,2 - 0,5 mm.) ile ise, infiltrasyonda azalma olmuştur. Hidrofobik tabakanın kalınlığı arttıkça, infiltrasyonu azaltıcı veya artırıcı etki artmıştır. Agregatları hidrofobik yapmanın, aynı

zamanda su göllenmesi altında agregat dağılmasını ve dolayısıyla kabuk oluşumunu önlemek suretiyle infiltrasyonun zamanla azalmasını önlemek gibi bir yararı da vardır. Evaporasyonun etkilenmesine gelince, 8 günlük sürede, kaba (2-5 mm.) hidrofobik agregatların 8 cm, lik tabakası, evaporasyonu kontroldakinin 1/20 sine azaltılmıştır. İnce (0,2-0,5 mm.) agregatlarda bu azalma ancak kontroldakinin 2/3'üne kadar olmuştur. Evaporasyonda azalma şeklindeki bu etki, hidrofobik yapmakla yüzey tabakası su miktarının ve kapillar su iletkenliğinin büyük ölçüde azaltılmış olduğuna bağlanmaktadır. Altteki ıslak topraktan atmosfere doğru su hareketinin esas itibariyle buhar difüzyonu şeklinde olduğu kabul edilmektedir. Yüzey tabakasının kalınlığı arttıkça, evaporasyonu azaltıcı etki artmıştır. Bu, atmosfer ile altteki ıslak toprak arasındaki buhar basıncı gradyanının küçülmesinin bir sonucudur.

Toprak yüzeyinde bir hidrofobik agregatlar tabakasının yaratılması, toprağın doğal " toprak malçı" eğilimini arttırmaya hizmet edebilecek bir işlem olarak düşünülmekte ve böyle bir yüzey tabakasının bir bakıma bir çakıl tabakası gibi iş gördüğü kabul edilmektedir (Hillel ve Berliner, 1974; Hillel ve çalışma arkadaşları, 1975).

Bu etkiden pratikte başlıca muhtemel yararlanma alanlarının şunlar olabileceği ileri sürülmüştür (Hillel ve Berliner, 1974): Birincisi, kuru tarım bölgelerinin nadas arazi topraklarında depolanan yağmur suyu miktarını yani nadasın etkinliğini arttırmak amacı ile kullanılabilir. Zira, yarıkurak bölgelerde nadas toprağı intikal eden yağışın % 50 veya

daha fazlasının yağmurlar arasındaki kurak periyotlarda evaporasyonla kaybolabildiği düşünülmektedir Buna ilaveten, yağış esnasında yüzey akışı ile kaybolması muhtemel önemli miktarlarda su kaybı da büyük ölçüde azaltılmış olacaktır. İkincisi, meyve, sebze ve çapa bitkileri alanlarında, sulama altında bile, yararlı olabilir. Buralarda ek olarak, yabancı ot kontrolü de sağlanabilir. Zira, yabancı otlar genellikle kuru kalacak yüzey tabakasında çimlenmeyebilir.

#### *Asfalt Bariyer Tesis:*

Toprak içerisinde uygun bir derinliğe tesis edilen bir asfalt bariyer, tesis derinliğindeki toprak katında tutulan nem miktarını arttırmak amacıyla hizmet etmektedir.

Toprakta tutulan su miktarının artırılması genellikle kumlu toprakların bir sorunudur. Kumlu toprakların su tutma kapasitesi çok düşük olduğundan; suyun (yağış veya sulama) kumlu topraklarda bitkilerin kullanım derinliğinin altına perkolasyonu ihtimali daima mevcuttur ki, bu, suyun israfı demektir. Bir asfalt bariyer, kumlu toprakların avantaj teşkil eden özelliklerinin (gevşeklik, iyi havalanma ve drenaj, kolay işlenme) muhafazası yanısıra bitki kök zonunda su tutulmasını arttırmaktadır. Böylece aşırı derine su perkolasyonu ve bunun sonucu olarak su israfı önlenmektedir. Buna ilaveten, bariyeri haiz topraklarda yıkanma kayıplarının ve daha aşağı horizanlardan yukarı doğru tuz hareketinin azalması beklenmektedir (Erickson, 1972).

Asfalt nem bariyerleri ya drenaj için olduğu gibi her 70-75 m. 'de bir açık-

lıklarla ya da devamlı asfalt filmleri şeklinde tesis edilmektedirler [Hansen ve Erickson, Erickson (1972)]. Ancak bariyerin, yüzey 5-10 cm. toprak tabakasına serbestçe drene olmak imkânı verecek bir derinliğe yerleştirilmesi uygun görülmektedir. Böylece, kumun " toprak malçı" (self- mulching) özelliğinin de etkinlik kazanmasına imkân verilecek ve bu sayede dapolanan fazla suyun evaporasyondan korunmasına yardım edilmiş olacaktır. Eğer bariyer yüzey toprağının nemli kalmasına imkân verecek derecede çok sığ ise, bariyer üzerinde depolanan fazla su sür'atle evaporasyona maruz kalacaktır. Örneğin, Erickson ve çalışma arkadaşları (1968), Mişigan- Amerika'da, derin kumlarda yaklaşık 70 cm. derinliğe asfalt bariyerler tesis etmişlerdir.

Kumlu topraklarda asfalt bariyerin yüzey 10 cm. toprak tabakasının serbest drenaj nem miktarına ulaşmasına imkan verecek derinlikte olması halinde, oksijen difüzyonu ölçmeleri havalanma problemi olmadığını göstermişlerdir. (Erickson, 1972).

Erickson (1972)'e göre, sulama bölgelerinde bariyeri haiz toprağın daha seyrek sulanmaya ihtiyaç göstermesini beklemek mümkündür. Asfalt nem bariyerleri, kumlu topraklarda normal olarak kullanılmaları randımanlı olmayan karışık ve tava sulama yöntemlerinin kullanılmalarına imkân vermektedir.

#### *Yüzey Akışın Teşvik Edilmesi:*

Baver ve çalışma arkadaşları (1972) 'na göre, bu yöntemin esası, yüzeyin belirli bir kesiminden yüzey akışı sağlamak amacı ile toprak yüzeyinin topografyasını, örneğin sırtlar tesis etmek

şeklinde değiştirmektedir. Böylece elde edilen yüzey akışı yüzeyin arta kalan kısmınca kazanılır. Yüzey akışı alanının yüzey akışını toplama alanına oranını ayarlamak suretiyle yüzey akışını toplam alanında infiltrasyon nisbeti istenilen düzeyde tutulabilir. İlâveten, yüzey akışı alanına asfalt, plastik örtü v.s. uygulamak suretiyle yüzey akışı daha da arttırılabilir (Myers, 1967).

Tadmor ve çalışma arkadaşlarına atfen Baver ve çalışma arkadaşları (1972) bu yöntemin tarihinin çok eski olduğunu ve bir zamanlar Neced çölünde çakıl tepeliklerinin veya çakıl şeridlerinin çöl tarımında kullanıldığını bildirmektedirler.

#### *Yapay Gölgeleme ve Örtü:*

Baver ve çalışma arkadaşları (1972) 'na göre, ağaç veya metal şeridler vasıtasıyla mekanik gölgeleme, solar enerjinin yolunu keserek bitki veya toprak üzerine ulaşan net radyasyonda lokal bir azalmaya sebep olur. Işık seviyeleri bitkilerin ihtiyacının altına düşürülmediği takdirde, evapotranspirasyondaki azalmanın önemli bir ölçüye ulaşması ihtimal dahilindedir. Ayrıca, gelecekte, deniz suyunun arıtılması sayesinde kurak bölgelerin bir çoğunda mevcut tatlı suya katkıda bulunulması muhtemeldir. Bu mümkün olursa, geniş alanlar şeffaf örtülerle kaplanabilir. Böylece, fotosentez mahallerine ışığın ulaşmasına imkân verilir ve fakat sistemden su kaybı azaltılabilir. Su perkolasyonla tam kayba uğramadan önce bir çok defa devretmiş olur. Ancak böyle bir sistem büyük miktarda ısı toplanmasına sebep olacaktır. Bunun vantalisyonla önlenmesi gerekir.

## TOPRAK HAVALANMASININ KONTROLU

Bitki besin maddelerinin ticari gübrelere şeklinde bolca uygulandığı ve suyun sulama ile bol miktarda sağlanabildiği hallerde, ürün veriminin sık sık topraktaki oksijen miktarındaki azalma tarafından sınırlandırıldığına tanık olunmaktadır. Optimum bitki büyümesi ve ürün verimi için başlıca koşullardan birisi olarak toprağın yeterli havalanmaya sahip olması gerekmektedir. Yeterli havalanma, yetişmekte olan bitkinin kök derinliği boyunca toprak havasındaki oksijen konsantrasyonunun en azından % 10 (Kohnke 1968; Taylar ve çalışma arkadaşları, 1972) veya oksijen difüzyon nisbetinin en azından  $30 \times 10^{-8} \text{ g. /cm.}^2/\text{dak.}$  (Stolzy ve letey, 1964) olduğu koşul olarak tanımlanabilir. Öte yandan, aşırı havalanma ise, organik maddenin çok süratli bir şekilde oksitlenmesine ve toprağın kurummasına sebep olma dezavantajlarına sahiptir. Tarla koşullarında böyle aşırı havalanma sadece kaba tekstürlü topraklarda, yüksek seviyede organik topraklarda ve kuraklık periyotlarındaki devamlı yüksek sıcaklıklara sahip alanların topraklarında vukubulur. Zaman-sız sık toprak işleme de aşırı havalanmaya sebep olabilir.

Ilıman iklimlerdeki orta ve ağır bünyeli topraklarda pratik olarak daima havalanmayı artırma problemi mevcuttur. İyi bir pratik kaide, toprakta % 10 hava kapasitesi temini ile sorunun çözümünde minimum koşul sağlanmış olacaktır [Baver, 1966; Kohnke, 1968; Wesseling ve van Wiljk, Grable (1966)].

Toprak havalanmasının mekanizması esas itibariyle difüzyon olduğuna



göre, toprak havasının kontroluna hizmet edecek yöntemlerin toprakların gaz difüzyon potansiyelerini etkileyecek nitelikte olması gerekir (Kohnke, 1968). Bir toprakta gaz difüzyonunun etkilenmesi ancak toprak strüktüründe, toprak neminde ve toprak sıcaklığında sağlanacak değişmelerle mümkündür. Daha açık bir strüktür, daha düşük bir nem miktarı ve daha yüksek sıcaklık dereceleri gaz difüzyon nispetini arttıracaktır.

Ancak, toprağın toplam hava dolu gözenek hacmi gaz difüzyon nispetini tayin ettiğine ve gözeneklerin büyüklüğü çok küçük bir etkiye sahip olduğuna göre toprak strüktürü ve nem miktarını bir arada mütalâa etmek gerekir (Kohnke, 1968). Zira, bir toprak kabuğu veya bir sıkışık toprak tabakası kuru olduklarında oksijen ve karbon dioksidin yeterli miktarda difüzyonu mümkündür. Fakat böyle hallerde bir ıslanmadan sonra su ince toprak gözeneklerinde uzun süre tutulur ve gaz difüzyonu engellenir. Onun için, toprak havasının kontrolunda kabuk oluşumunu ve toprak sıkışmasını önlemek esastır.

#### *Toprak İşleme:*

Toprak işleme, uygun toprak nemi koşulunda yapıldığı takdirde, genellikle sıkışık bir yüzey toprağının gevşetilmesi ve dolayısıyla hava kapasitesinin artırılması ile sonuçlandığı anlaşılmaktadır (Russell, 1938). Toprak işlemenin toprak hava kapasitesi üzerine etkisi, toprak işleme sıklığına ve işleme aletinin tipine bağlı olmakta beraber, toprak işleme anındaki toprak nem miktarına çok bağlıdır. Toprak tav nemi alt sınırının altındaki bir nem miktarında işlendiğinde pülverizasyona ve tav nemi üst

sınırının üstündeki bir nem miktarında ise balçıklaşmaya sebep olunmaktadır. Her iki halin de toprak havalanmasını güçleştirmesi muhtemeldir.

Toprak işleme, toprağı gevşetme etkisine ilâveten, toprak agregasyonunu teşvik edici olduğu hallerde, toprak havalanması üzerindeki olumlu etkisinin daha uzun süreli olması bakılabilir. Zira, sadece gevşetme etkisinin toprağın yerleşme eğilimi sebebiyle nisbeten kısa süreli olması gerektiği akla gelmektedir (Demjralay, 1973 a.)

Derin toprak işleme ve toprağı alttan işleme ile yüzey altındaki sıkışmış tabakaların gevşetilerek profilin derinliklerindeki havalanma bozukluklarının iyileştirilmesi mümkün gözükmektedir.

#### *Toprak Agregasyonunun Geliştirilmesi:*

Yüzey altı toprağının iyi vasıflara sahip olması halinde bile, sıkışma ve kabuk oluşumu ile sonuçlanan menfi etkilere yüzey toprağı daima açıktır. Yüzey toprağına yapılacak ilâvelerle bu tehlike en azından azaltılabilir.

Killi topraklara kum ve organik materyal (çiftlik-gübre, bitki artıkları, pit, kömür vs. artığı) ilâve etmek suretiyle toprak hava kapasitesi arttırılabilmektedir (Baver, 1966).

Ayrıca toprak neminin kontroluna ilişkin olarak sözü edilen floküle ettirici ve çimentolayıcı unsurlar olarak hizmet gören inorganik ve yapay organik düzelticilerinin toprağı karıştırılması ile toprak agregasyonundaki artışın bir sonucu olarak hava kapasitesinde artış sağlanmaktadır.

### *Bitki Yetiştirme:*

Bitki yetiştirilmesi, toprak hava kapasitesini yağmur damlalarının mekanik tahribatına karşı yüzey toprağını korumak ve kök aktivitesi sayesinde toprak agregasyonunu arttırmak ve toprağa organik madde ilaveleri yolu ile etkileyebilir (Baver, 1966). Toprakta kök gelişiminin hava kapasitesinde artışa sebep olduğuna çok sık tanık olunmaktadır. Bu duruma özellikle orman vejetasyonu veya üçgül ve alfalfa gibi geniş kök sistemine sahip bitkiler altındaki topraklarda rastlanmaktadır. Derin köklü bitkiler yetiştirmek suretiyle derin toprak katlarının havalanma durumu geliştirilebilir.

### *Drenaj:*

Toprak havalanmasının özellikle yüksek bir taban suyu tablası tarafından sınırlandırıldığı hallerde, drenaj yegane ıslah yoludur. Drenaj sadece nem miktarını azaltıp etkili hava porozitesini arttırmakla kalmayacak fakat aynı zamanda toprak sıcaklığını arttırmak ve dolaylı olarak toprak strüktürünü etkilemek suretiyle de toprak havalanmasını etkileyecektir.

### *Malçlama :*

Malç toprağı yağmur damlalarının darbesine karşı koruyarak toprağın iyi vasıflarının idamesini sağlar. Bu husus havalanmanın lehinedir. Diğer taraftan, malç toprağı daha nemli tutar. Böylece, etkili hava porozitesi sınırlandırılır. Bunun bir sonucu olarak havalanmaya çok iltiyaç gösterilen ilkbaharda ve yaz başlangıcında gaz difüzyon nisbetleri azalacaktır. Onun için, malçın toprak

havalanması üzerine net etkisi münferit durumlara bağlı olarak pozitif veya negatif olabilir. Bununla beraber, gözlemler malçın genellikle toprakta oksijen difüzyonunun azalması ile sonuçlandığını göstermektedir (Kohnke, 1968).

### **TOPRAK SICAKLIĞININ KONTROLÜ**

Toprak sıcaklığı, toprağın termal özelliklerinin değiştirilmesi veya toprağa giren ve topraktan çıkan radyasyonun ayarlanması suretiyle kontrol edilebilir. Ancak alınacak tedbirlerle toprak sıcaklığının büyük ölçüde değiştirilmesi mümkün değildir. Fakat toprak sıcaklığında sebep olunan küçük değişimler bile, pratikte büyük öneme sahip olmaktadır ( Bunting, 1972; Burrows ve Larson, 1962; Larson ve çalışma arkadaşları, 1960; Walker, 1969; Willis ve çalışma arkadaşları, 1957). Örneğin, Landragin (Spor ve Giles, 1973), tohum derinliğinde toprak sıcaklığı 10°C'nin üstünde olmadıkça mısır çeşitlerinin çoğunun çimlenmediğini tesbit etmiştir. Bunting (1972), Oxford'da üç yıl süren denemelerinde, mısır çıkışının 7 gün daha erken olması sağlanabildiğinde, çiçek açmanın 11 gün ve hasadın ise 19 gün daha erken olduğunu göstermiştir. Buna dayanarak, Spoor ve Glies (1973), "İlkbaharda ortalama toprak sıcaklıkları yaklaşık 1 °C/ haftalık bir nispette artışına göre, 1-2 °C gibi nispeten küçük bir sıcaklık derecesi artışının mısırın çimlenme tarihinin muhtemelen 1-2 hafta erken olmasını sağlayacaktır" hükmüne ulaşmışlardır.

### *Drenaj :*

Drenaj, ıslak toprakların ısı kapasitesini azaltarak toprak sıcaklığının

yükselmesini sağlamaktadır. Onun için drenaj ilkbaharda toprağın ısınmasında önemli bir rol oynar. Aynı bölgede bulunan zayıf drenajlı bir toprak ile iyi drenajlı bir toprak arasında, tohumların çimlenmesi bakımından birkaç derecelik sıcaklık farkının bile önemli olduğu ilkbahar başında, 3-7 °C'lık bir sıcaklık farkı bulunabilmektedir. Bunun nedeni fazla su ihtiva eden zayıf drenajlı toprağın ısı kapasitesinin yüksek olmasına ilâveten, bu toprakların suyu aşağı geçirmeleri çok yavaş olduğundan suyun büyük bir kısmının buharlaşarak kaybolmasıdır. Bilindiği gibi, buharlaşma için çok fazla ısıya (ortalama 580 kal/g.) ihtiyaç vardır. Islak toprağın daha çabuk ısınmasını sağlamanın en pratik yolu drenajdır.

Genellikle iyi drenajlı topraklar daha fazla su ihtiva eden topraklara nazaran dış tesirler altında daha sür'atli sıcaklık değişmelerine uğrarlar.

#### *Sulama :*

Sulama; toprağın ısı kapasitesini arttırmak, havanın nemini yükseltmek, toprağa yakın hava sıcaklığını düşürmek ve toprağın ısı iletkenliğini arttırmak suretiyle toprak üzerinde soğutucu etki yapmaktadır. Sulama altında toprak sıcaklığındaki günlük varyasyonlar azalmaktadır.

Toprak, bitkinin optimum talebinin üstünde ısındığı hallerde sulama ile toprak sıcaklığı düşürülebilir..

#### *Malçlama*

Malçlama, toprak sıcaklığını kontrolün başlıca yollarından biridir. Revut (1973)'ün tesbitine göre, Ameri-

kalı çiftçiler malç kullanmaya 1880'lerde başlamışlardır. Kağıt malçı Havai adalarında şeker kamışı yetiştirilmesinde 1914'den beri kullanılmaktadır. Daha sonra Almanya 'da kullanılmıştır. Malçlama İtalya'da 1920'lerin sonunda başlatılmıştır. Rusya'da ilk malçlama denemeleri, Kiev yakınında şeker pancarı yetiştirilmesinde, 1907'de yürütülmüştür.

Malçın toprak sıcaklığını üç yoldan etkilemesi muhtemeldir. Bunların birincisi, toprak yüzeyinin albedosunu değiştirir. İkincisi, malç materyali toprak yüzeyinde bir tecrit tabakası teşkil ettiği için, toprağa intikal edecek ısının bir kısmı bu tabaka tarafından genellikle düşüktür. Böylece toprağa intikal eden ısı daha az olacaktır. Üçüncüsü, buharlaşmayı bir dereceye kadar azalttığı için, toprağa intikal eden ısının daha az bir kısmı buharlaşma için gizli ısı olarak sarfedilir ve nispeten büyük bir kısmı toprak sıcaklığının yükselmesine hizmet eder.

Bir malçın toprak sıcaklığı üzerindeki net etkisini esas itibarıyla malç materyalinin tabiatı ve miktarı tayin etmektedir (McCalla ve Army, 1961). Genellikle, ortalama toprak sıcaklığının yıllık seyri, malç altında çıplak topraktakine nazaran yalnız kış boyunca daha yüksek ve ilk bahar, yaz ve güz boyunca daha düşük olmaktadır (Kohnke ve Werkhoven, 1963; McCalla ve Army, 1961). Ancak malç toprak sıcaklığındaki varyasyonları ve don nüfuz derinliğini azaltmaktadır (Kohnk ve Werkhoven, 1963). Malçlı toprağın ilkbaharda ısınması çıplak toprağa nazaran gecikmektedir. Bu konuda Kohnke ve Werkhoven (1963)'in elde ettikleri sonuçlar Cetvel 2'de verilmektedir. Cetvel 2'den görüleceği gibi, malçlı toprak çıplak top-

rağa nazaran ilkbaharda 1 inç (2,5 cm.) derinlikte ortalama sıcaklık derecesine ulaşmada bir hafta civarında bir gecikme göstermiş olmasına rağmen, bu gecikme günlük maksimum sıcaklık derecesi için çok daha büyük olmuştur.

Bu durumda, sıcaklık kontrolü bakımından, toprak sıcaklığının ilkbahar başlangıcında bitki büyümesi için uygun değerden düşük olduğu yerlerde malç yararlı olmayacaktır. Ancak, bitki büyüme mevsiminin herhangi bir safhasında toprak sıcaklığının bitki için optimum olan değerden daha yüksek olduğu hallerde malçın sıcaklık düşürücü fonksiyonundan istifade edilebileceği ortaya çıkmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin bir ürünü olarak son yıllarda plastik malç üzerinde durulmaya başlanmıştır. Plastik malç altında toprak sıcaklığı genellikle çıplak duruma nazaran daha yüksek olmaktadır (Adams, 1962, 1967 ve 1970; Army ve Hudspeth, 1960; Doss ve çalışma arkadaşları, 1966; Miller ve Bunker, 1963; Revut, 1973).

Ancak, şeffaf plastik toprak sıcaklığını siyah plastikten daha fazla arttırmaktadır Adams (1962), 3 inç (7,5 cm.) derinlikte toprak sıcaklığının bitki büyüme mevsimi başlangıcında şeffaf plastik ile tam örtü altında çıplak topraktan yaklaşık 10° F daha yüksek olduğunu bulmuştur. Siyah plastik toprak sıcaklığı üzerinde daha az etkili olmuştur. Revut (1973), Leningrad civarında 7 yıl süren tarla denemelerinde, şeffaf plastiğin 20-25 cm. derinlikte toprak sıcaklığını açık günlerde 4-6 °C, orta derecede sıcak günlerde 1,5 - 3 °C ve son 1 -2 5 °C kadar attırdığını bulmuştur.

Siyah plastik de toprak sıcaklığını arttırmıştır. Ancak, şeffaf plastik kadar etkili olmamıştır. İlk bakışta, bir siyah filmin bir şeffaf filmden daha fazla toprağı ısıtıcı etki göstermesi gerektiği akla geldiği halde, gerçekte durumun tamamen aksi olması şöyle açıklanmaktadır (Revut, 1973): Şeffaf filimler, kırmızı ötesi radyasyonun yakınındakinin hemen hemen tümü ile birlikte tayfın görülebilir kısmındaki ışığı geçirir. Bu miktar, gelen enerjinin egemen kısmını teşkil eder. Geceleyin toprak uzun dalga kırmızı ötesi radyasyon şeklinde ısı kaybeder ki, şeffaf film bunu oldukça zayıf iletir. Böylece, şeffaf bir film ile örtülü bir toprak çok yavaş ısı kaybeder. Buna karşılık, siyah filmler, gelen radyasyonu büyük ölçüde absorbe ederler ve toprak yüzeyinden bir hava tabakası ile tecrit edilmiş olma sebebiyle kendi ısınmalarının toprağın ısınmasına etkisi az olmaktadır. Diğer taraftan, bir plastik film ile pürüzlü toprak yüzeyi arasında oluşan hava tabakası ikili etkiye sahip olabilmektedir. Şöyleki; bir şeffaf plastik malç kullanıldığında, solar enerji direkt olarak toprak yüzeyi tarafından akümüle edilmekte ve hava tabakası iletim yolu ile yüzeyin soğumasını önlemekte ve yüzeyin ısı miktarı yüksek kalmaktadır. Bir siyah film kullanıldığında ise, solar enerji film yüzeyi tarafından absorbe edilmekte ve hava tabakası toprağı ısı akışını önemli derecede azaltmaktadır. Solar enerjinin absorpsiyonundaki farklılık, şeffaf ve şeffaf olmayan filmlerin kullanılması halinde, yere yakın hava tabakasının sıcaklık rejiminin farklı olması ile sonuçlanır.

#### *Toprak İşleme :*

Baver ve çalışma arkadaşları (1972) 'na göre toprak yüzeyinin sıkışması

Cetvel 2. 1,5 ton/acre buğday samanı malçınca sebep-olunan, 1 inç derinlikte toprak sıcaklık derecesinin belli seviyelere ulaşmasındaki gecikme (5 yıl ortalaması) Kohnke ve Werkhoven, 1963'den alınmıştır).

Toprak sıcaklık derecesi

Çıplak ve malçlı toprak arasında belli sıcaklık derecesi seviyesine ulaşmadaki gecikme

seviyesi

Ortalama sıcaklık derecesi

Maksimum sıcaklık derecesi

50°F

4,5 gün

13,5 gün

60°F

6,0 gün

15,0 gün

70°F

7,5gün

16,5 gün

80°F

x

21,8 gün

x Malç altında 1 inç derinlikte ortalama sıcaklık derecesi maksimum 78 F'ye ulaşmıştır.

toprağın kütle yoğunluğunu ve ısı iletkenliğini artırır. Diğer taraftan, toprak işleme, genellikle, yüzey toprağının gevşetilmesi ile sonuçlanır. Böylece, yüzeyden alt katlara ısı iletimi azalır. Günlük sıcaklık değişiminin amplitüdü işlenen toprakta işlenmeyen topraktakinden çok daha büyüktür.

*Toprak Yüzeyinde Pürüzlülük Yaratılması :*

Tarlalarda sırt tesis etmek suretiyle toprak yüzeyinin pürüzlülüğünün artırılması ve mikroröliyefinin değiştirilmesi yoluyla toprak sıcaklığını önemli ölçüde etkilemek mümkündür. Sırt tesis edilmiş tarlalarda, 5-10 cm. derinliklerdeki toprak sıcaklığının sırt tepesinde karık tabanından ve düz yüzeyden daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Burrows, 1963; Larsen, 1963; Shaw ve Buchele, 1957). Ludwig ve çalışma arkadaşları

(1957) da mısır çıkışının güneye bakan yamaçlarda en sür'atli olduğunu (güneye bakan yamaçlar > batıya bakan yamaçlar > düz yüzeyler > doğuya bakan yamaçlar > kuzeye bakan yamaçlar) ve yamacın dikliği (yatayla 22 °C ye kadar) arttıkça çıkış nispetinin arttığını bulmuşlardır.

Spoor ve Giles (1973), patates yetiştirilmesinde tesis edilen geleneksel sırtlarda, 5 cm. derinlikteki toprak sıcaklığının güneye bakan yamaçların ortasında sırtın tepesine ve düz yüzeye nazaran daha yüksek olduğunu tesbit etmişlerdir. Ortalama maksimum sıcaklık yamaçta düz yüzeye nazaran 2 °C daha yüksek olmuş ve belli münferit günlerde bu fark 7 °C ye kadar ulaşmıştır. Sırt tepesi ikisi arasında bir durum göstermiştir. Minimum sıcaklık ise, her üç pozisyonda benzer olmuştur.

## Yapay Gölgeleme ve Rüzgar Bariyeri:

Ergene (1972) ve Van Wijk (1963)' a göre yapay gölgeleme güneşten gelen direkt ışınların etkilerini azaltmak için bazı hallerde başvurulan bir yöntemdir. Tütün bitkileri için bazı yerlerde bez gölgelikler kullanılır. Bazı bölgelerde kahve ağaçları daha yüksek ağaçların gölgelerinde yetiştirilir. Bütün bunlar esas itibarıyla güneş ışınlarının direkt etkilerini önlemek için yapılmakta iseler de toprak sıcaklığını da etkilerler. Yapay gölgeleme daima toprağa ulaşan solar radyasyon miktarını azaltmak için kullanılmaz. Yarı çöl koşullarında, kış sebze-lerinin yetiştirildiği yerlerde, sıralar üstüne meyilli gölgelikler tesis edilir ki, böylece güneşten direkt radyasyonun değil fakat topraktan atmosfere uzun dalga radyasyonunun yolu kesilerek topraktan ısı kaybı azaltılır. Meyilli gölgelikler toprağa yakın havanın hareketliliğini azaltarak topraktan konveksiyon yolu ile ısı kaybını da azaltır.

Rüzgâr bariyerlerinin havanın hareketliliğini etkilemek suretiyle özellikle muhafazalı taraftaki toprak sıcaklığını etkilediği ve buna ilâveten bariyerin yakınındaki saha toprağı üzerinde gölgeleme etkisi de gösterdiği tespit edilmiştir (Siddoway, 1970; Skidmore ve çalışma arkadaşları, 1972). Sıcaklık dereceleri bir rüzgâr bariyerinin muhafazalı tarafında açık tarafına nazaran gündüzleyin daha yüksek ve geceleyin daha düşük olmaktadır. Muhafazalı taraftaki sıcaklık derecesi artışları, toprak yüzeyi çıplak ve kuru olduğu zaman en yüksek ve yüzey nemli olduğu zaman ise en düşük olmaktadır. Gölgeleme etkisi, gölgelerin etkisi, gölgelerin çok uzun olduğu sabah

ve akşam/vakitlerinde daha çok kendini göstermektedir.

## MEKANİK ENGELLEMENİN KONTROLU

Toprağın mekanik engellemesi, toprak sıcaklığının ve sıkışmasının bir sonucu olarak, kök nüfuzuna ve sürgün çıkışına karşı kendini göstermektedir.

Bitki köklerinin toprağa nüfuz kabiliyetini toprağın porozitesi (veya densitesi) ve plastikliğinin önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir (Gill ve Miller, 1956; Veihmeyer ve Hendrickson, 1948; Wiersum, 1957). Toprağın kütle yoğunluğu ve plastikliği müsait olduğu takdirde, kökler toprak içerisinde ilerleyebilmektedir.

Mekanik engellemenin kontroluna hizmet edecek yöntemlerin, çok genel bir ifade ile, üst toprakta penitrometre ile yapılan ölçmelere göre (Taylor ve Burnett, 1964; Taylor ve çalışma arkadaşları, 1966), toprak direncini 20 veya 30 atm. altında tutmayı amaç edinmeleri gerekmektedir. Bununla beraber, sürgün çıkışını önlemek bakımından kabuk direnci için ve kök nüfuzunu önlemek bakımından da toprak direnci için kritik değerlerin tespiti hususunda yapılmış olan çalışmaların konuya henüz açıklık kazandıramamış olduğu anlaşılmaktadır.

Toprakların kabuk bağlaması, malçlama ve strüktür geliştirici materyallerin toprağa karıştırılması yolu ile kontrol edilebilir. Yüzey altı toprak tabakalarının sıklık ve sıkışmışlığı ise, derin sürünü, toprağı alttan işleme ve derin ve kesif köklü bitkilerin yetiştirilmesi gibi yollarla kontrol edilebilir.

## LİTERATÜR

- Adams, J.E. 1962. Effect of soil temperature on grain sorghum growth and yield. *Agron. J.* 54: 257-261.
- Adams, J.E. 1967. Effect of mulches and bed configuration: I. Early-season soil temperature and emergence of grain sorghum and corn. *Agron. J.* 59:5-599.
- Adams, J.E. 1970. Effect of mulches and bed configuration: Soil temperature and growth and yield responses of grain sorghum and corn. *Agron. J.* 62:785-790,
- Army, T.J., and E. B. Hudspeth, 1960. Alternation of the microclimate of the seed zone. *Agron. J.* 52:-17-22
- Baver, L.D. 1966. *Soil Physics*. Third Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Baver, L.D., W.H. Gardner, and W.R. Gardner, 1972. *Soil physics*. Fourth Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Buckman, H.O., and N.C. Brady, 1965. *The Nature and Properties of Soils*. 6th Edition. Macmillan Company, New York.
- Bunting, E.S. 1972. Ripening in maize: Inter-relationships between time, Water content and weight of dry material in ripening grain of a Flint x Dent Hybrid (Inra 200). *J. Agric. Sci.*
- Burrows, W. C. 1963. Characteristics of soil temperature distribution from various tillage induced micro-reliefs. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27: 350-353.
- Burrows, W. C., and W.E. Larson, 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. *Agron. J.* 45: 19-23.
- De Boodt, M., Improvement of soil Structure by chemical means. In D. Hillel (Ed.), *Optimizing The soil Physical Environment Toward Greater Crop Yields*. Academic Press, New York, 1972, p: 43-55
- Demiralay, İ. (Çeviren), 1973 a. Toprak işlemeksizin tarım münasebetiyle toprak strüktürü Üzerine mülâhazalar. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Dergisi, Cilt: 4. Sayı 1 s: 199-208.
- Demiralay, İ. 1973 b. Malçın mikroklima elementleri ve bitki büyümesi ve Mahsul verimi üzerine etkisi. *Hidro- meteoroloji Dergisi*, Sayı: 65, s. 17-21
- Demiralay, İ. 1973 c. Mikroklima kontrolü. *Topraksu Dergisi*, Sayı: 37, s: 44-42.
- Demortier, G., and G. Droeven, 1957. Flotal and the improvement of structure on heavy soils, *Rev. Agric. Brux.* 10; 946-974.
- Doss, B. D., O.L Bennett, and D. A. Ashley, 1966. Effect of plastic mulch herbicide and tillage on moisture use and yield of corn. *J. Soil and Water Conserv*, 21: 99- 101.

- Dutt, A.K. 1947. The effect of water soluble potassium silicate and various other treatments on soil structure and crop growth. *Soil Sci Soc. Amer. Proc.* 12: 497-501.
- Ergene, A., 1972. Toprak biliminin Ensasları. Genişletilmiş 2. Baskı. Atatürk Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınları No:12.
- Erickson, A.E., Improving the water properties of sand soil. In D. Hillel (Ed.), *Optimizing. The Soil Physical Environment Toward Greater Crop Yields.* Academic Press, New York, 1972, P: 35-41.
- Erickson, A. E., C. M. Hansen, and A. J. M. Smucker, 1968. The influence of sub-surface asphalt barriers on the water properties and productivity of sand soils. *Trans. 9 th Int. Congr. Soil sci. Adelaide 1:* 331-337.
- Gardner, H. R., and W. R. Gardner, 1969. Relation of water application to evaporation and storage of soil water. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 192-196.
- Gill, W.R., and R. D. Miller, 1956. A method for study of the influence of mechanical impedance and aeration on the growth of seedling roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 154-157.
- Grable, A. R. 1966. Soil aeration and plant growth. *Advan. Agron.* 18: 57-106.
- Hemel, J. W. 1959 a. of the structure regulator Flotal. II. The action of Flotal on heavy soils. *Weinberg u. Keller* 6: 88-95.
- Hemel J. W. 1959 b. The mode of action of the soil scontitioner Flotal. II. Practical experiments in viticulture. *Weinberg u. Keller.* 6: 136-147.
- Hendrickson, R. M., and D. T. Mowry, 1952. Effect of synthetic polyelectrolytes on aggregation, aeration, and water relationships of soils. *Soil Sci.* 73: 427-441.
- Hillel, D., and P. Berliner, 1974. Water-proofing surface-zone soil aggregates for water conservation. *Soil Sci.* 118: 131-135.
- Hillel, D.I., S. H.M. van Bavel, and H. Talpaz, 1975. Dynamic simulation of water storage in fallow soils as affected by mulch of hydrophobic aggregates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 826-833.
- Kohnke, H. 1968. *Soil Physics* McGraw-Hill Book Company, New, York.
- Kohnke, H., and C. H. Werkhoven, 1963. Soil temperature and soil freezing as affected by an organic mulch. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27:13-17.
- Larsen, W. E. 1963. Important soil parameters for evaluating tillage practices in the United States. *Netherlands J. Agric. Sci.* 11 (2), Special Issue 100-109.
- Larsen, W.E. , W. C. Burrows, and W. O. Willis, 1960. Soil temperature, soil moisture and corn growth as influenced by mulches of crop residues. *Trans. Int Congr. Soil Sci., 7 the Congr. Madison* 1:629--637.
- Laws, W. D. 1954. The influence of soil properties on the effectiveness of synthetic soil conditioners. *Soil Soc. Amer. Proc.* 18: 378- 381.
- Laws. W. D. , and J. B. Page, 1946 a. Silicate of soda as a soil stabilizing agent. *Highway Res. Board, Div.*



- Eng. Ind. Res., Nat. Res. Counc. Bull. 1. Washington, D. C.
- Laws W. D., and J. B. Page, 1946 b. Silicate of soda as a soil aggregating agent. *J. Amer. Soc. Agron.* 38:95-97.
- Ludwig, J. W., E. S. Bunting and J. L. Harper, 1957. The influence of environment on seed and seedling mortality. III. The influence of aspect on maize germination. *J. Ecol.* 45: 205: 224.
- McCalla, T.M., and T.J. Army, 1961. Stubble mulch farming. *Advan. agron.* 13: 125-196.
- Miller, D.E., and Wm. C. Bunger, 1963 Use of plastic soil covers in sweet corn production *Agron. J.* 55:417-419.
- Myers, L. E. 1967. Recent advances in water harvesting. *J. Soil and Water Conserv.* 22: 95-97.
- Revut, V. I. 1973. Possibility of controlling the thermal regime of soils by mulching. *Soviet Soil Sci.* 5: 117-122.
- Russell, E.W. 1938. Soil structure. *Imp. Bur. Soil Sci. Tech. Commun.* 37.
- Shaw, R. H., and W. E. Buchele, 1957. The effect of the shape of the soil surface profile on soil temperature and moisture. *Iowa State College J. Suc.* 32. 95-104.
- Siddoway, F. H. 1970. Barriers for wind erosion control and water conservation, *J. Soil and -Water Conserv.* 25: 180- 184.
- Skidmore, E. L., H. S. Jacobs, and L.J. Hagen, 1972. Microclimate modification by slat-fence windbreaks. *Agron. J.* 64: 160-162.
- Spoor, G., and D. F. H. Giles, 1973. Effect of cultivations on raising spring ring soil temperatures for germination with particular reference to maize *J. Soil Sci.* 24: 392- 398.
- Stefanson, R. C. 1973. Polyvinyl alcohol is a stabilizer of surface soils. *Soil Sci.* 115: 420-428.
- Stolzy, L. H., and J. Letey, 1964. Correlation of plant response to oxygen diffusion rates. *Hilgardia*, 35: 567-576.
- Taylor. H. M., and E. Burnett, 1964. Influence of soil strength on the root-growth habits of plants. *Soil Sci.* 98: 174-180.
- Taylor, H. M., G. M. Roberson, and J.J. Jr. Parker, 1966. Soil Strength-root penetration relations for medium - to coarse-textured soil materials. *Soil Sci.* 102: 18-22.
- Taylor, H. M., G. Huck, and B. Klepper, Root development in relation to soil physical conditions. In D. Hillel (Ed) *Optimizing The Soil Physical Environment Toward Greater Crop Yields.* Academic Press, New York, 1972, p. 57-77.
- Van Wijk. W. R. 1963. *Physics of Plant Environment.* North Holland Publishing Co., Amsterdam.
- Veihmeyer, F. J., and A. H. Hendrickson, 1948. Soil density and root penetration *Soil Sci.* 65: 487- 493.
- Waggoner, P. E., P. M. Miller, and H. C. De. Roo, 1960. Plastic mulching. *Conn. Agr. Exp. Sta. Bull.* 634.

Valker J. M. 1969. One-degree increments in soil temperature affect maize seedling behaviour. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 729- 736.

Wiegand, C.L., M.D. Heilman, and W. A. Swanson, 1968. Sand and cotton bur mulches, bermudagrass sod, and bare soil effects on:  
I. Evaporation Suppression.

*Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 276- 280.

Wiersum, L. K. 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant and Soil*, 9: 75-85.

Willis, W. O., W. E. Larson, and D. Kirkham, 1957. Corn growth as affected by soil temperature and mulch. *Agron. J.* 49: 323-328.