

TOPRAK SUYU

KAYNAK:

Öner Çetin 2003. Toprak-Su İlişkileri ve Toprak Suyu Ölçüm Yöntemleri.

Dicle University, Agricultural Faculty Book January 2003 DOI:
10.13140/RG.2.1.4827.1528

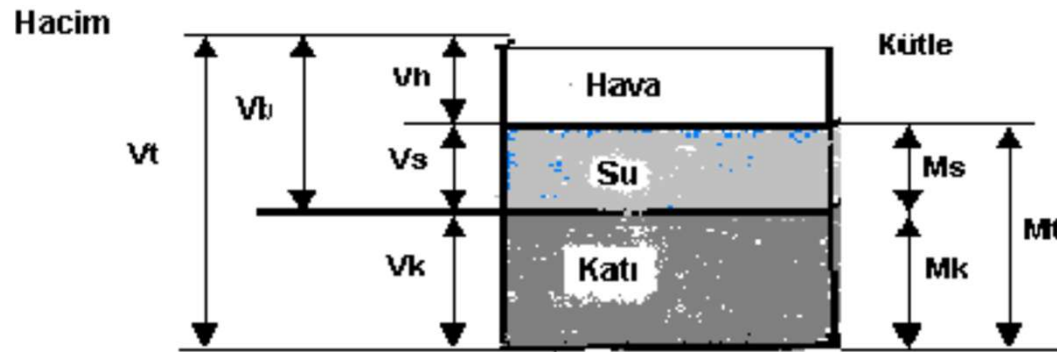
Toprak Su Bütçesi

- Bitkiye yararlı su, drenaj ve havalanma, toprağın ısı kapasitesi ve ısı geçirgenliği bitki gelişiminde önemli faktörlerdendir.
- Toprak su düzeyinin zamansal ve konumsal olarak belirlenmesi günümüzün en büyük önceliklerinden birisidir.
- Toprak suyunun belirlenmesinde pek çok farklı yöntem ve aygıt kullanılmaktadır.

TOPRAK SU İLİŞKİLERİ

• 1. Toprak-Kütle Hacim ilişkileri

- Toprağın toplam kütlesi (M_t), suyun kütlesi (M_s), katı kısmın kütlesi (M_k) ve havanın kütlesi (M_h)
- Toprağın katı kısmı, mineral ve organik maddeden meydana gelir.
- Toprağın, mineral fraksiyonunu kum, silt ve kil tanecikleri oluşturur.
- Su ve havanın kapladığı hacim toplam boşluk hacmidir.
- Toprak havasının kütlesi (M_h) diğer fazlarla kıyaslandığında ihmal edilebilir.
- Toprağın toplam hacmi (V_t), topraktaki üç fazın hacminin toplamına eşittir.



1.1 Katı tanecik yoğunluğu

- Bilinen hacimde, tamamen katı kısımları içeren bir toprak ağırlığının eşit hacimdeki saf suyun ağırlığına oranı katı tanecik yoğunluğunu verir.
- Bu değer, toprağın bileşiminde bulunan minerallere bağlıdır.
- $\rho_k = M_k / V_k$
- ρ_k : Katı taneciklerin yoğunluğunu (g/cm^3),
- M_k : Toprak katı kısmının kütesini (g),
- V_k : Toprak katı kısmının hacmini (cm^3) ifade eder
- Mineral topraklarda katı tanelerinin yoğunluğu, çoğunlukla 2.6-2.8 g/cm^3 ’dür. Bu değer, tarım toprakları için ortalama 2.65 g/cm^3 ’dür.

1.2 Toprak hacim ağırlığı

- Fırın kuru toprak ağırlığının toprak örneği hacmine oranıdır. [(Fırın kuru toprak, toprak örneğinin 105 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşmaya kadar (yaklaşık 24 saat) kurutulduktan sonraki ağırlığıdır)].
- Hacim ağırlığı, görünen ağırlık (birim hacimdeki bozulmamış toprak örneği ağırlığı) (bulk densite) olarak da kullanılır (Yeşilsoy ve Güzeliş, 1961).

$$\rho_h = M_k / V_k$$

ρ_h : Toprak hacim ağırlığını (g/cm^3),

M_k : Toprak katı kısmının kütlesini (g),

V_t : Toprak toplam hacmini (cm^3) ifade eder

- Toprak hacim ağırlığı, toprak bünyesi ve yapısına bağlı olarak değişir.
- Tarım topraklarında genellikle 1.10-1.80 g/cm^3 arasında değişebilmektedir.
- Orta bünyeli topraklarda genellikle 1.30-1.40 g/cm^3 ’dür.
- Toplam boşluk hacmi, killi topraklarda daha fazla olduğu için, hacim ağırlığı killi topraklardan kumlu topraklara doğru genel olarak artar.
- Ancak, toprak yapısı ve sıkışma hacim ağırlığını değiştirebilir. Sıkışmadan dolayı özellikle killi topraklarda bu değer bazen 1.40-1.50 g/cm^3 ’e kadar yükselebilir.
- Ayrıca, Vertisol topraklarda, kompaksiyon sonucu oluşan sert tabaka ve C horizonunda bu değer 1.71-1.75 g/cm^3 ’e kadar ulaşabilmektedir (Çakır ve Cangir, 1999).
- Toprak hacim ağırlığı sulama mühendisliğinde, topraktaki suyu derinlik cinsine çevirmek ve topraktaki poroziteyi tespit etmek için gerekli ve önemli bir parametredir.
- Kil (1.10 – 1.30 g/cm^3) Tın (1.30 – 1.40 g/cm^3) kum (1.40 – 1.80 g/cm^3)

1.3 Porozite (Gözeneklilik)

- Topraktaki toplam boşluk hacminin (su+hava), örneğin toplam hacmine (katı+su+hava) oranıdır.

$$P = V_b / V_t = (V_s + V_h) / (V_s + V_h + V_k)$$

Eşitlikte,

P : Poroziteyi (gözeneklilik),

V_b : Topraktaki toplam boşluk hacmini (hava+su) (cm^3),

V_t : Toprak örneği toplam hacmini (cm^3) ifade eder.

- Tarım topraklarında toplam porozite genel olarak % 30-60 arasında değişir ve kumlu topraktan killi toprağa doğru artar.
- Gözeneklerin durumu, toprak yapısı ve gözeneklerin miktarına, partikül boyutları ve toprağı oluşturan partiküllerin oluşturduğu yapıya ya da agregatlara bağlıdır.
- Porozite, toprak hacim ağırlığı ile toprak katı tanecik yoğunluğu arasındaki ilişkiden de bulunabilir.

$$\%P = \left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_k}\right) * 100$$

ρ_k : Katı taneciklerin yoğunluğunu (g/cm^3), ρ_h : Toprak hacim ağırlığını (g/cm^3),

1.4 Boşluk oranı

- Toplam gözenek hacminin, katı taneciklerin hacmine oranıdır.

$$e = \frac{V_b}{V_k} = \frac{V_h + V_s}{V_t - V_b}$$

e : boşluk oranı

V_b : Topraktaki toplam boşluk hacmini (cm^3),

V_k : Toprak katı kısmının hacmini (cm^3) ifade eder.

- Boşluk oranı, granüler yapıya sahip topraklarda genellikle 0.40-0.80 arasında değişir. Organik topraklarda bu oran 2.0-3.0'e kadar yükselebilir.
- Ayrıca, boşluk oranı ile porozite arasında ilişki vardır

$$e = \frac{p}{1-p} \quad p = \frac{e}{1+e}$$

1.5 Suyla doymunluk derecesi

- Toprakta bulunan su hacminin toplam gözenek hacmine oranıdır.
- Bu oran, kuru topraklarda sıfır, su ile doymuş topraklarda % 100 değerine ulaşır.
- Bu durumda topraktaki tüm gözeneklerin su ile dolu olduğu kabul edilir.

$$S = \frac{V_s}{V_b} = \frac{V_s}{V_s + V_h}$$

S : Doymunluk derecesini (%),
 V_s : Topraktaki su hacmini (cm^3),
 V_b : Topraktaki toplam boşluk hacmini (cm^3),
 V_h : Hava dolu gözenek hacmini (cm^3) ifade eder.

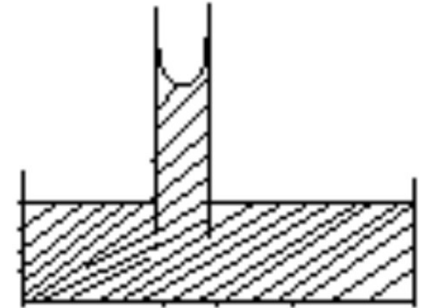
- Ayrıca, laboratuvarında bozulmuş toprak örneklerinde belirlenen saturasyon yüzdesi ise hava kuru toprak örneğini sature hale getirinceye kadar harcanan su miktarının örnek ağırlığına oranıdır.
- Bu oran ise kumlu topraktan killi topraklara doğru artış gösterir. Bu değerler, toprağın bünyesi ve gözenekliliği hakkında bilgi verir.
- Örneğin saturasyon yüzdesi 70 olan killi bir toprakta, sature durumda suyla doymunluk derecesi % 100"dür. Dolayısıyla, suyla doymunluk derecesi ve saturasyon yüzdesi farklı kavramlar olup, pratikte saturasyon yüzdesi değerleri sıklıkla kullanılmaktadır.

2. Suyun Toprakta Tutulması ve Bulunma Biçimleri

- Çeşitli yollarla (yağış ve sulama) toprağa giren su, bazı fiziksel kuvvetlerin etkisi ile yönlendirilir ya da hareket eder.
- Bunlar, toprak taneciklerinin yüzeyleri tarafından gösterilen çekim (adsorpsiyon kuvveti) ve yerçekimi kuvvetidir (Özkan, 1985).
- Su, bilindiği üzere çift kutuplu bir moleküldür.
- Toprak kil tanecikleri eksi (-) ve artı (+) yüklü bölgeler içerir.
- Kil taneciklerinin elektrikle yüklü bölgelerinin suyu bağlama enerjisi, su moleküllerinin birbirlerine bağlayan kuvvetlerin bağlama enerjisinden çok daha fazladır.
- Bunun sonucu olarak kuru bir toprak su ile temas ettiğinde, toprak tanecikleri su moleküllerini kuvvetle çekmekte ve taneciklerin yüzeyleri bir su zarı ile kaplanmaktadır.

2. Suyun Toprakta Tutulması ve Bulunma Biçimleri

- Toprak tanecikleri yüzeyindeki su adhezyon (farklı yüzeyler, suyun toprak tanecikleri tarafından tutunması) ve kohezyon (su moleküllerinin bir arada ve toprak boşluğunda bulunduğu şekilde tutunması) kuvvetlerinin etkisi altındadır.
- Suyun toprakta tutunmasını ve hareket etmesini sağlayan adhezyon ve kohezyon kuvvetlerinin oluşturduğu kapillaritedir.
- Düşey durumdaki bir kapillar boru içinde suyun yükselmesi, kapillarite kavramının açıklanmasında kullanılan yöntemlerin en basitidir.
- Suyun kapillar boru içinde yükselmesine neden olan kuvvet, kapillar borunun kuru durumdaki iç yüzeyi ile su molekülleri arasındaki adhezyon kuvvetidir.
- Suyun kapillar borunun yalnızca çeperlerinde değil boru kesitini tamamen dolduran bir sütun halinde yükselmesi ise su molekülleri arasındaki kohezyon kuvveti ile sağlanmaktadır (Özkan, 1985).



Kapillar bir boruda suyun kapillar yükselişinin şematik gösterimi

2.1. Kristal su veya kimyasal-bağlı- su

- Toprak partiküllerinin minerolojik kimyasal bileşimlerinde bulunan (pF 7.0) su molekülleridir.
- Çakır ve Cangir (1999) yaptıkları çalışmada, kristal su miktarını genel olarak ağırlık cinsinden % 3.0-5.0 arasında değiştiğini, kil içeriği yüksek topraklarda % 6.5-8.6, daha az kil içeren topraklarda ise % 1.65-3.22 arasında tespit etmişlerdir.

2.2 Higroskopik su

- Higroskopik su, toprak zerreleri tarafından, büyük kuvvetlerle tutulur (pF=4.5-7.0) ve toprak partiküllerinin iç ve dış yüzeylerini çok ince bir tabaka halinde örter.
- Yaklaşık 10 000 atmosferik basınç altında toprağı terk edebilir.
- Kültür bitkileri bu sudan yararlanamazlar (Munsuz, 1982; Tüzüner, 1983). Bu nedenle, bitkiler yararlanamadığı için faydasız su olarak adlandırılır.

2.3 Kapillar su

- Yerçekimi kuvveti ile artık topraktan uzaklaşmayan (tarla kapasitesi) ve yerçekimi kuvvetlerinden daha büyük kuvvetlerle ($pF=2.5-4.5$) toprak gözeneklerinde tutulan sudur.
- Bu, bitkiler tarafından kullanılan faydalı sudur. Toprağın bünyesi, yapısı, organik madde içeriği bu suyun miktarına ve tutulma enerjisine etki eder.
- Yapılan bir çalışmada, kapillar su miktarını ağırlık esasına göre, hafif bünyeli topraklarda % 10.0-18.0, kil içeriği yüksek olan topraklarda ise % 27.0-31.0 olarak tespit etmişlerdir.
- Aynı araştırmacılar, bünyesinde az kil bulunduran kimi topraklarda, faydalı olmayan suyun elverişli su değerinden yaklaşık % 50 daha yüksek olduğu halde, kil miktarları çok yüksek olan bazı topraklarda ise elverişli suyun yaklaşık iki katı olduğunu ortaya koymuşlardır.

2.4 Yerçekimi suyu

- Toprak tarafından tutulmayıp, yerçekimi kuvveti ile boşluklardan bitki kök bölgesinden aşağı doğru süzülen ($pF=0-2.5$) suya denir.
- Bu durumda, toprak saturasyon halindedir.
- Böyle bir suya sahip topraklar bitki beslemesi bakımından olumsuz bir rol oynarlar.
- Toprak havalanması azalır ya da olmaz.
- Yerçekimi suyu, drenaj önlemleri ile topraktan uzaklaştırılabilir.

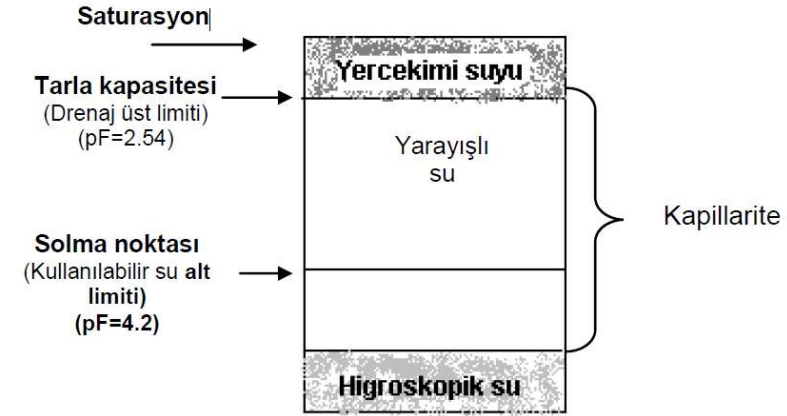
3. Sulama Açısından Toprakta Önemli Su Düzeyleri

3.1 Tarla kapasitesi (TK)

- Toprağın en fazla düzeyde, faydalı su olarak isimlendirilen su ile dolu olduğu su miktarıdır.
- Başka bir anlatımla, serbest drenaj koşulları altında, toprak zerrelerinin yerçekimine karşı tuttuğu en fazla su miktarıdır.
- Böyle bir durum sulamayı izleyen 2-3 gün sonra meydana gelir.
- Bu durumda toprak "*tarla kapasitesi*" ndedir denir. Yeni bir terim olarak tarla kapasitesi yerine "*drenaj üst limiti*" (*drain upper limit*) olarak kullanılmaya başlanmıştır (Allen, 1998-a).
- Tarla kapasitesi ya da drenaj üst limiti (pF 2.54), toprağın bünyesine, yapısına, toprak zerrelerinin biçimine ve gözeneklerin durumuna göre değişir.
- Bu nedenle tarla kapasitesi yerine 1/3 bar (yaklaşık 1/3 atm) düzeyindeki toprakta tutulan su miktarı olarak değerlendirilir.
- Ancak büyük gözenekli ve kaba bünyeli topraklarda bu değer 1/10 atm."e kadar düşebilmektedir.
- Laboratuvarlarda basınç ve seramik levhali-gözenekli bir düzenek yardımıyla saptanır.
- Aygıtta konulan toprağın 1/3 bar basınç altında tuttuğu su miktarı o toprağın tarla kapasitesi ya da drenaj üst limiti olarak kabul edilir.

3.2 Solma noktası (SN)

- Genel olarak bitkilerin solmaya başladığı, kökleriyle artık topraktan su alamadıkları durumda toprağın içerdiği su miktarıdır.
- Bitki topraktan su almaya devam ettikçe topraktaki su miktarı azalmaya başlar.
- Bu durumda bitkilerde geçici renk değişimi ve solgunluk (pörsüme) görülür, ve daha ileri dönemlerde sürekli solgunluk başlar.
- Bu durumda toprak “*devamlı solma noktası*” ndadır. Yeni terminoloji olarak, devamlı solma noktası yerine “*kullanılabilir su alt limiti*” (lower limit of extractable water) olarak da kullanılmaktadır (Allen, 1998-a).
- Genellikle laboratuvarında 15 bar basınç altında tutulan su miktarı ($pF=4.2$) olarak belirlenir.



Toprakta bulunan suyun grafiksel gösterimi

3.3 Yarayışlı su düzeyi (Available Water)

- Yarayışlı su düzeyi (YSD), kısaca tarla kapasitesi ile solma noktası arasında, (pF 2.54-4.2) toprakta tutulan ve bitkiler tarafından kullanılabilen sudur. YSD, toprak bünyesine göre değişir.
- Ancak bazen toprak bünyesi tek başına YSD“yi belirlemek için yeterli değildir. Toprak yapısı, organik madde içeriği ve gözeneklerin durumu gibi faktörler YSD“ye etki eder.
- Yarayışlı su miktarı, kum ve/veya kumlu bünyeye sahip topraklarda en düşük düzeyde olup, toprak partiküllerinin inceliği arttıkça ya da daha ağır bünyeye doğru bu miktar artmaktadır.
- Toprak bünyesi inceldikçe yarayışlı su miktarı artış gösterse de, bu genel olarak yalnızca bünyeye bağlı olarak düşünöldüğünde doğru olabilir.
- Ancak kil içeriği çok yüksek olduğunda ise, YSD nispi olarak azalabilmektedir. Vertik özellik gösteren topraklarda, bünye ve gözeneklerin dağılımına bağlı olarak tutulan suyun büyük kısmı bitkiler için yarayışlı olmayabilir (Çakır ve Cangir, 1999).
- Bu nedenle, nispi olarak daha ağır bünyeli (kil) topraklarda, yarayışlı su düzeyi orta ve orta ağır bünyeli topraklara göre daha az olabilmektedir.

Farklı toprak bünyelerine göre yarayışlı su miktarı

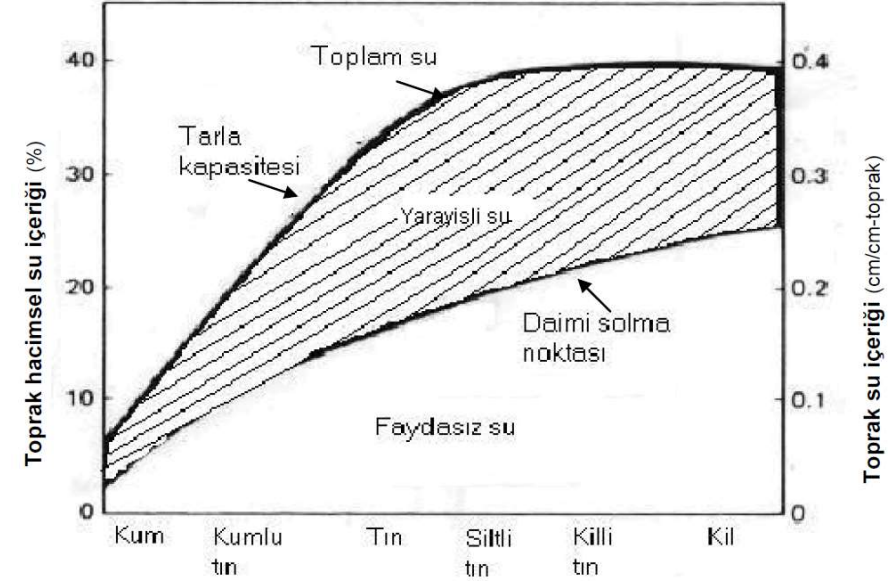
| Toprak bünyesi | Yarayışlı su (mm/m) | |
|--|----------------------------------|----------|
| | En düşük ve en yüksek aralıkları | Ortalama |
| Çok kaba kum | 33-62 | 42 |
| Kaba kum, ince kum, tınlı-kum | 62-104 | 83 |
| Kumlu-tın | 104-145 | 125 |
| Çok ince kumlu-tın, tın, siltli-tın | 125-192 | 167 |
| Killi-tın, siltli-killi-tın, kumlu-killi-tın | 145-208 | 183 |
| Kumlu-kil, sitli-kil, kil | 133-208 | 192 |
| Organik topraklar (Peat ve mucks) | 167-250 | 208 |

- Toprakların yarayışlı su tutma düzeylerinin bilinmesi, sulama planlamasında, dolayısıyla bitkilere verilecek sulama suyu miktarının hesaplanması için gereklidir.
- Bunun için, ayrıca, her bitkinin toprakta tüketilmesine izin verilen su düzeyinin (TISD) (MAD, management allowed deficit) ve bitkilerin etkili kök derinliklerinin bilinmesi gerekir.
- Bilindiği üzere, etkili kök derinliği, bitkilerin suyun %80-85'nin aldığı derinliktir. Yaygın olarak yetiştirilen bitkilerde etkili kök derinlikleri ve TISD değerleri Çizelgede verilmiştir.
- Bu değerler, genel ve ortalama değerlerdir. Uygulanan tarım teknikleri ve bölge koşullarına göre değişebilir.
- Bu nedenle, bu konudaki gerekli veriler öncelikle, araştırma sonuçları ve bölgesel verilerden sağlanmalıdır. Hassas çalışmalar için, bölge ve o toprak özelliklerine göre yerinde yapılan araştırma ve tecrübelerden yararlanılarak tespit edilmelidir.

- Toprakta tüketilmesine izin verilen sulama suyu derinliği ya da bir sulamada verilecek olan net sulama suyu miktarı aşağıdaki Eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$d_n = \frac{TIDS}{100} * D * YSD$$

- d_n : Net sulama suyu ihtiyacı (mm),
- TIDS : Toprakta tüketilmesine izin verilen su düzeyi (%),
- D : Bitkinin etkili kök derinliği (m),
- YSD : Toprağın yararlı su tutma düzeyi (mm/m)'ni ifade eder.



Farklı bünyedeki toprakta yararlı ve yararlı olmayan su miktarlarının diyagram olarak gösterilmesi

3.4 Toprak Suyunu Hesaplama Yöntemleri

• 3.4.1 Ağırlık cinsinden toprak suyu

- Toprakta bulunan su kütlesinin, kuru toprak ağırlığına oranıdır. Bu “gravimetrik su miktarı” ya da “ağırlık cinsinden su” olarak adlandırılır. Kuru toprak ağırlığı, 105 oC’de sabit ağırlığa kadar kurutularak dengeye gelmiş topraktır. Buna göre,

$$\emptyset_a = \frac{M_S}{M_k} * 100 = \frac{M_t - M_k}{M_k} * 100$$

- Eşitlikte,

\emptyset_a : Kuru ağırlık cinsinden toprak su düzeyini (%),

M_t : Örnek toprağın yaş ağırlığını (g),

M_k : Fırın kuru toprak ağırlığını (g) ifade eder.

Bitkilerin etkili kök derinlikleri ve tüketilmesine izin verilen su düzeyleri
(Keller ve Bliesner, 1990; Allen, 1998-a).

| Bitki | Etkili kök derinliği (m) | TİDS % | Bitki | Etkili kök derinliği (m) | TİDS % | Bitki | Etkili kök derinliği (m) | TİDS % |
|-----------------|--------------------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------|-----------------|--------------------------|--------|
| Sebzeler | | | Nane | 0.4-0.8 | | 40 Yerfıstığı | 0.5-1.0 | 40 |
| Balkabağı | 0.6-0.9 | | Patates | 0.4-0.6 | | 35 Yonca | 1.0-2.0 | 55 |
| Bezelye | 0.4-0.8 | 45 | Patlıcan | 0.8 | | 45 Yulaf | 0.6-1.1 | |
| Ayçiçeği | 0.8-1.5 | 45 | Soğan | 0.3-0.8 | | 40 Meyveler | Etkili kök derinliği (m) | TİDS % |
| Biber | 0.5-1.0 | 25 | Şalgam | 0.5-0.8 | | 40 Ananas | 0.3-0.6 | 50 |
| Brokoli | 0.6 | 40 | Turp | 0.3 | | 30 Avakado | 0.6-0.9 | 40 |
| Domates | 0.6-1.2 | 40 | Tarla Bitkileri | Etkili kök derinliği (m) | TİDS % | Badem | 0.6-1.2 | |
| Enginar | 0.6-0.9 | 45 | Arpa | 0.9-1.5 | | 55 Bağ | 0.5-2.0 | 35-45 |
| Fasulye (kuru) | 0.6-0.9 | 45 | Buğday | 0.8-1.5 | | 55 Ceviz | 1.7-2.4 | 50 |
| Fasulye (yeşil) | 0.5-0.7 | 45 | Keten | 0.9 | | 50 Elma | 0.8-1.2 | |
| Havuç | 0.5-1.00 | 35 | Mısır (dane ve silajlık) | 0.6-1.2 | | 60 Erik | 0.8-1.2 | |
| Hıyar | 0.7-1.2 | 50 | Mısır (tatlı) | 0.4-0.6 | | 60 Çilek | 0.20.5 | 15 |
| Ispanak | 0.3-0.5 | 20 | Otlak ve çayırlar | 0.3-0.8 | | 50 İncir | 0.9 | 50 |
| Karnıbahar | 0.6 | | Pamuk | 0.8-1.7 | | 60 Kahve | 0.9-1.5 | |
| Karpuz | 0.6-0.9 | 45 | Sorghum | 0.9-2.0 | | 55 Kayısı | 0.6-1.4 | |
| Kuşkonmaz | 1.2-1.8 | 45 | Soya | 0.6-1.3 | | 55 Kiraz | 0.8-1.2 | |
| Lahana | 0.4-0.5 | 45 | Sudan otu | 0.9-1.2 | | Muz | 0.3-0.6 | 35 |
| Marul | 0.3-0.50 | 30 | Şekerkamışı | 0.8-1.8 | | 65 Şeftali | 0.6-1.2 | |
| Kavun | 1.0-1.5 | 45 | Şekerpancarı | 0.6-2.0 | | 55 Turunçgiller | 0.9-1.5 | 50 |
| Kereviz | 0.3-0.5 | 20 | Tütün | 0.6-1.2 | | 55 Zeytin | 0.9-1.5 | 65 |

3.4.2 Hacim cinsinden toprak suyu

- Topraktaki suyun hacimsel olarak ifadesidir. Bu değer yalnız toprak tanelerinin hacminden değil, toprağın toplam hacmine göre hesaplanır.

Eşitlikte,

$$\emptyset_h = \frac{V_S}{V_t} * 100 \quad \emptyset_a = \frac{\rho_h}{\rho_s}$$

- \emptyset_h : Toprak hacminin yüzdesi cinsinden su miktarı (%),
- V_S : Suyun hacmi (cm³),
- V_t : Toplam hacim (cm³),
- \emptyset_a : Toprak kuru ağırlığı cinsinden su miktarı (%),
- ρ_h : Toprak hacim ağırlığını (g/cm³),
- ρ_s : +4 oC'deki suyun yoğunluğunu ifade etmektedir.
- $\rho_s = 1.0$ g/cm³ olduğundan, kısaltılarak, $\emptyset_h = \emptyset_a * \rho_h$
- Ayrıca, toprak hacimsel su içeriği, toprağın su ile doygunluk derecesi (S) ve porozite (P) yüzdesinin çarpımı ile de bulunabilir.

$$\emptyset_h = S . P$$

3.4.3 Derinlik cinsinden toprak suyu

$$D = \frac{\emptyset_a}{100} * \rho_h d = \frac{\emptyset h * D}{100}$$

- Eşitlikte,
- D : Topraktaki su derinliğini (cm),
- \emptyset_a : Toprak kuru ağırlık cinsinden su miktarı (%),
- ρ_h : Toprak hacim ağırlığını (g/cm^3),
- d : Toprak derinliğini (cm),
- $\emptyset h$: Toprak hacminin yüzdesi olarak su miktarını (%) ifade eder.

F: Etkili porozite = Toprak doyma noktasındaki su düzeyi - tarla kapasitesindeki su düzeyi cm^3

Örneğin F: 0.07 cm^3 olan bir arazide taban suyu düzeyinin 50 cm derinlikte ise, bunu 120 cm"ye düşürmek için :

$D = F \cdot (h_2 - h_1) = 0.07 (120 - 50) = 4.9 \text{ cm} = 49 \text{ mm}$ su drene olabilir.