

## MODERN TOPRAK İŞLEME ALETLERİNİN TOPRAĞIN YAPISINA ETKİSİ (1)

Hasan BAL (2)

Toprak işlemenin amacı optimal bir tohum yatağı hazırlamaktır. Önceki yıllarda bu iş için en iyi alet olarak tırmık ve kombikrümlerden oluşan bir alet kombinasyonu gösterilmiştir. İş ekonomisi yönünden istekler ve teknikteki gelişmeler nedeniyle (öncelikle artan traktör gücü) klasik toprak işleme aletleri yanında toprağı bir iş safhasında hazırlayabilen makinalar da geliştirilmiştir. Birkaç yıldan beri jiraskop tırmık, sarsmalı tırmık, sekonder toprak işleme aleti olarak freze ve diğerleri yanında hassas kültüvatörler, tohum yatağı hazırlamada aktüel olmuşlardır.

Traktörlerdeki kuyruk mili devir sayısı ve vites kademesindeki farklılıklar nedeniyle, değişik parçalama effektivitesi gösterebilen modern aletlerin kullanılması "Optimal Parçalama Büyüklüğü" üzerine sorunlar ortaya çıkmıştır. Çünkü parçalanmış agregatların büyüklüğü ve şekli, karşılık hacimsel istiflemede toprağın yapısını belirlemektedir. Agregatlar arasındaki boşluk, kısmen su ve kısmen hava ile dolu bir por sistemini oluşturmaktadır. Toprağın yapısı, hava ve su blançosunu kontrol ettiği için parçalanmış üst toprak, bitkinin çimlenme ve kök gelişiminde öneme sahip olmaktadır.

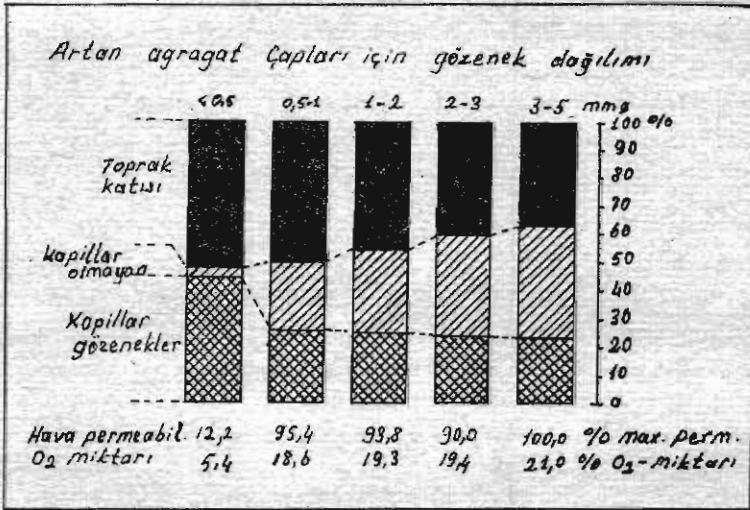
Optimal bir tohum yatağı için fiziksel toprak özellikleri belirtilirken hava ve su blançosu özellikleri yanında sıcaklık durumu da gözönüne alınmaktadır. Sıcaklık, toprağın katı aksamı, su ve hava miktarı ile belirlendiği için burada yalnız hava ve su blançosuna etki eden kriterlere değinilmektedir. Bunlar, toprak yapısında hava ileten büyük gözenekler, su ileten küçük gözenekler ve geçirgenlik olarak ölçülen gözenek sürekliliğidir. Tohum yatağı değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken dördüncü özellik, bitkinin düzgün çıkışı ve gelişimi için zorunlu olan üst toprak düzgünlüğüdür.

1. Knittel, H., 1973. Wirkungen moderner Bodenbearbeitungsgeräte auf das Bodengefüge. Landtechnik von Morgen. Folge 13, sb. 13-17 München.

2. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü Doçenti, Erzurum.

## 1. Agregat Büyüklüğü ve Model Denemelere İlişkin Toprak Yapısı

Agregat büyüklüğü ile toprak yapısı arasındaki ilgiyi anlamak için bundan 50 yıl önce denemeler yapılmıştır. Dojarenko (1926) yaptığı model çalışmalarında bir toprağı çeşitli agregat büyüklüklerinde eleyerek saksılara koymuş ve buğday ekmiştir. En yüksek verimi 1-2 mm ve 2-3 mm agregat çaplarında almıştır. Grable ve Siemer (1968), Kain ve Agrawal (1970)'ın yeni çalışmaları optimal bitki büyümesi için en uygun hava ve su durumunun bu agregat büyüklüğünde sağlandığını doğrulamıştır. Agregat büyüklüğünün artmasıyla su miktarının azalmasına karşılık hava miktarı artmaktadır. Gözenek sisteminde su ileten gözenekler hava ileten gözenekler lehinde azalmaktadır. Böylece toprağın daha iyi hava geçirgenliği sağlanarak bitki köklerinin oksijen temini iyileştirilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Kapillar olmayan, hava ileten gözeneklerin ( $\phi > 10 \mu$ ) agregat çapı ile artışı.

Dojarenko sonraki yaptığı çalışmalarında toprakta 0,25 mm'den küçük çaplı agregat miktarının artmasıyla hava dolu gözeneklerin azaldığını saptamıştır. Yapay olarak hazırlanan bu toprak koşullarında esas eğilimler demontre edilmiştir. 1-2 mm büyüklüğün, optimal kırıntı büyüklüğünü temsil etmediği, bilâkis 1-2 mm çapında % 30 kapillar olmayan ve % 25 kapillar gözeneklerin optimal bitki büyümesi sağlayacağı gösterilmeliydi. Tarla koşullarında yapılan diğer toprak fiziğine ilişkin araştırmalar, bitki köklerinin yeterli oksijeni temin edebilmesi için kapillar olmayan büyük gözenek oranının % 8'in üzerinde olması gerektiğini göstermiştir (Bayer, 1949; Miller ve Mazurak, 1958; Boguslawski ve Lenz, 1960; Czeratzky, 1972).

Normal rutubetli iklim bölgelerinde yetiştirme alanlarının büyük bir kısmında tarla üst toprağının nem değil oksijen temini düzeltilmelidir. Toprak hava oranı için sabit bir nokta verildikten sonra bu duruma nasıl ulaşılacağı sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu, toprak işleme aleti işleyici organının parçalama etkinliği ve toprak yapısına olan olumsuz etkisi yönünden toprak işleme aletinin yeniden incelenmesini gerektirir.

## 2. Tarla Denemelerine İlişkin Toprak Yapısı ve Agregat Büyüklüğü

Bunun için üç ayrı yerde kuyruk mili ile çalıştırılan tırmık, freze ve hassas kültüvatör ile bir iş safhasında tohum yatağı hazırlanmış ve hemen ekim yapılmıştır. Klasik yöntemlerle karşılaştırma yapabilmek için bir parsel de birkaç iş safhasında işlenmiş ve ekimi yapılmıştır. Denemelerin yürütüldüğü topraklar allüvyal (tL), kahverengimsi (tL) ve kısmen gleyleşmiş (tL) topraklardır. Aletlerin parçalama etkinliği, belirli miktardaki toprağın elenmesiyle ve toprak yapısına etkiler, bir bozulmamış toprak örneği alma aleti ile ölçülmüştür.

### 2.1. Çeşitli Aletlerin Parçalama Etkinlikleri

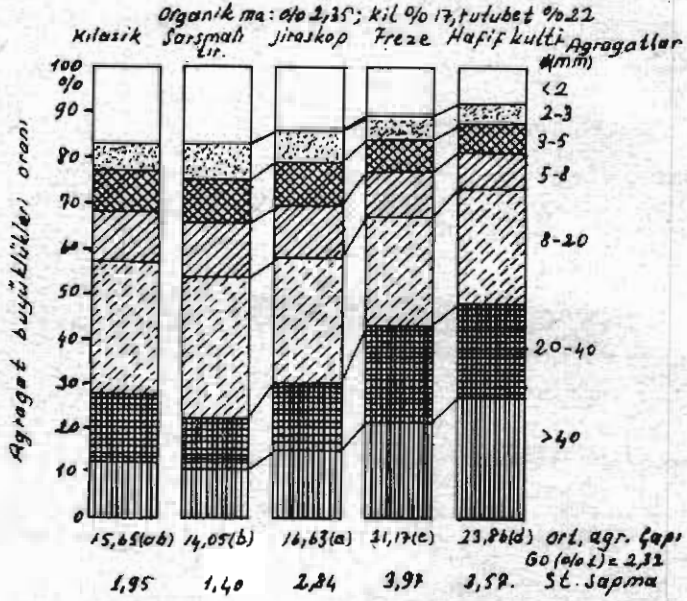
Önce parçalama etkinlikleri belirlenmiştir. Şekil 2'de agregat büyüklükleri % olarak verilmiştir. Aletler arasındaki farklılıklar, esasta en büyük ve küçük fraksiyonlarda görülmüştür.

Sarımsal tırmıktan, klasik alet kombinasyonu, jiraskop tırmık, freze ve hassas kültüvatörlere doğru bir sıralama için 2 ve 2-3 mm'lik agregatların miktarı azalırken 40 mm'den büyük agregatların miktarı sürekli artmaktadır. Orta büyüklükteki fraksiyonlar, buna karşılık bütün aletlerde aynı olmaktadır. Bütün fraksiyonlar ortalama bir çap olarak belirtilecek olursa (GMD; van Bavel, 1949), parçalama etkinlikleri aşağıdaki şekilde verilmektedir (Cetvel 1),

Cetvel 1. Çeşitli aletlere ilişkin ortalama agregat çapları (GMD) ve standard sapmaları (s).

Aletler	Agregat çapı GMD (m)	Standard sapma (s)
Sarımsal tırmık	14,05 (a)	1,40
Klasik alet kombinasyonu	15,65 (ab)	1,95
Jiraskop tırmık	16,63 (b)	2,84
Freze (H)	21,17 (c)	3,97
Hafif kültüvatör	23,86 (d)	3,57
GD (% 1) = 2,32		

Farklı tohum yatağı hazırlamaları için agregat büyüklükleri dağılımı.  
(Sürümden sonra çeşitli sekonder aletler kullanılması)



Şekil 2. Sarsmalı ve jiraskop trırmık, klasik alet kombinasyonundaki gibi hemen hemen aynı parçalamaya etkinliğine sahip olmakta, hassas kültüvatör ve freze ise daha kaba yapılı tohum yatağı hazırlamaktadır.

Eleme sonuçları diğer yerlerde de aynı değerleri (gruplandırmayı) göstermişlerdir. Bir iş safhasında hafif kültüvatörler ve freze kaba bir tohum yatağı hazırlarken sarsmalı trırmık ve jiraskop trırmıklar klasik yöntemden asla ayrılmamışlardır.

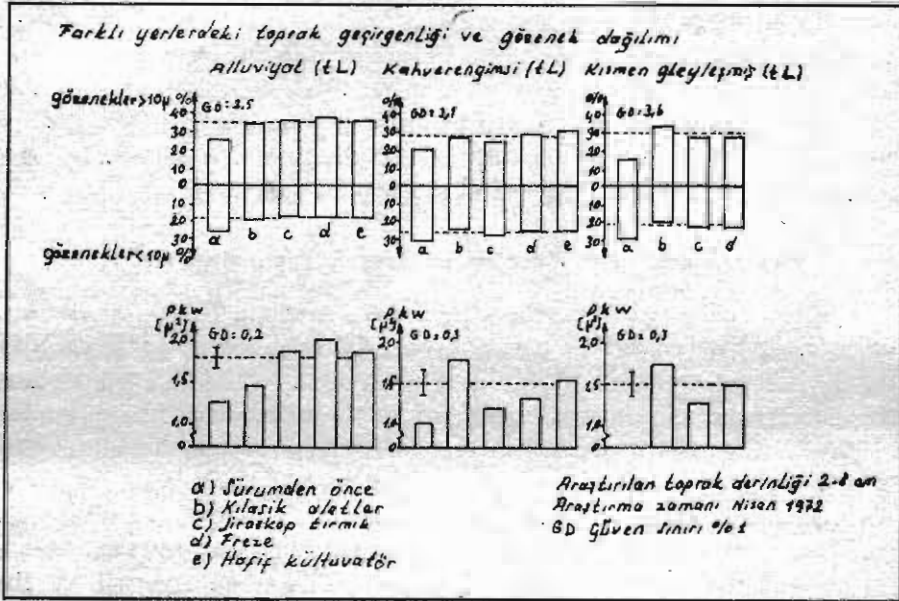
Tohum yatağının düzgünlüğü için kriter, ortalama çapın standard sapmasıyla belirlenmektedir. Kısmen gleyleşmiş toprakta verilen koşullar için agregat büyüklüğünün artmasıyla standard sapmanın da arttığı yani toprak üst katında homojenitenin azaldığı ve böylece düzgün bir çıkışın garantilenemeyeceği saptanmıştır (Cetvel 1).

## 2.2. Farklı Yüzeysel Toprak İşlemeden Sonra Toprağın Yapısı

Model denemelerde agregat büyüklüğünün gözenek dağılımı üzerine büyük etki yaptığı gösterilmiştir. Tarla denemelerinde toprak işleme aletleri arasında farklılık bu kadar açık görülememiştir. Çünkü hava etkileri ve endojen toprak özellikleri (örneğin agregat stabilitesi gibi) parçalanma etkinliğine kıyasla daha

etkili olmaktadır. Ortalama çap ve büyük gözenek oranı arasında önemli bir ilgi vardır ( $r=0,66$ ). Araştırılan bölgede büyük gözeneklerin oranının artan agregat büyüklüğü ile arttığı saptanmıştır.

Aletlerin direkt olarak karşılaştırılmasında şu konu açık olarak saptanabilmektedir: Toprak tipine göre ve vejetasyon periyodunun sonuna doğru % 15'in altına düşebilen kaba gözeneklerin miktarı, sürüm ve tohum yatağı hazırlığı ile % 10 artma ve kapillar gözenekler ise % 5 azalmaktadır. Aletler, toprak yapısı üzerinde hemen hemen aynı effektiviteye sahiptirler (Şekil 3). Gözenek dağılımında çok az bir farklılık var iken klasik alet kombinasyonu, düşük geçirgenlik sarsmalı tırmık ise yüksek geçirgenlik değerleri ile dikkati çekmektedir.



Şekil 3. Minimum ekim tekniğine ilişkin aletler, hava ve su blançosu yönünden klasik yöntemde olduğu gibi aynı gözenek oranını sağlamaktadırlar.

Klasik işlemede traktör tekerinin ve arkaya bağlanan döner tırmığın sıkıştırma etkisi olmaktadır. Bu etki, ekime kadar tarla toprağının çok kez çığnemesi ile açığa çıkmaktadır. Sarsmalı tırmık ile işlemedeki daha yüksek geçirgenlik, agregatların çok karışması ile azalmaktadır. Çünkü dişlileri taşıyan bataryaların sallanan hareketleri ile küçük agregatlar aşağıya düşmekte ve tohumun yerleşme zonunda toprak yapısına iştirak edememektedir.

Farklı parçalanmalara rağmen münferit aletler toprak yapısına aynı etkiyi gösteriyor ve parçalanmadaki düzgünlük farklı oluyorsa, homojen bir tohum

yatağı hazırlayan aletler tercih edilmelidir. Alet kombinasyonlarında (toprağı parçalayan işleyici organlar ve ekim makinası) uygun ekim yöntemi ile tohumun toprağa yerleştirilmesi çeşitli parçalanma derecelerinde uygunluk gösterdiği için minimum ekim tekniğine ilişkin aletlere muadil olarak bakılabilir.

Genel olarak vejetasyon periyodu başlangıcında bütün aletler için gözenek hacmi % 51-54 olmuştur. Bunlardan yaklaşık % 30'u büyük gözeneklere, % 25'i küçük gözeneklere tekabül etmektedir. Tarla toprağının üst 10 cm'lik tabakasındaki bu gözenek dağılımında köklerin optimal oksijeni sağlayabildiği belirlenmiştir. Buna karşın kapillar gözeneklerin % 20'nin altında bulunmasında su temini kurak geçen yıllarda ve yüzlek topraklarda yeterli olmamaktadır.

Alluviyal topraklar (gözenekler  $< 10\mu$ ) az su tutma kabiliyeti ve yüksek geçirgenlikleri ile dikkati çekmektedirler. Derin oluşmuş gri kahverengimsi ve su gölgenmiş kısmen gleyleşmiş topraklarda bu, su temini için dezavantaj gösterilmemektedir. Sathi alluviyal toprakta, bu gözenek miktarında su temini minimumdur. Çünkü tabana akan su bitkiler için kayıp olmuştur. Bu topraklarda aşağıya doğru sıkı irtibat, bir dipbasturan aletinin yahut klasik alet kombinasyonunun birçok defa kullanılması ile sağlanabildiğinden avantajlı olmaktadır.

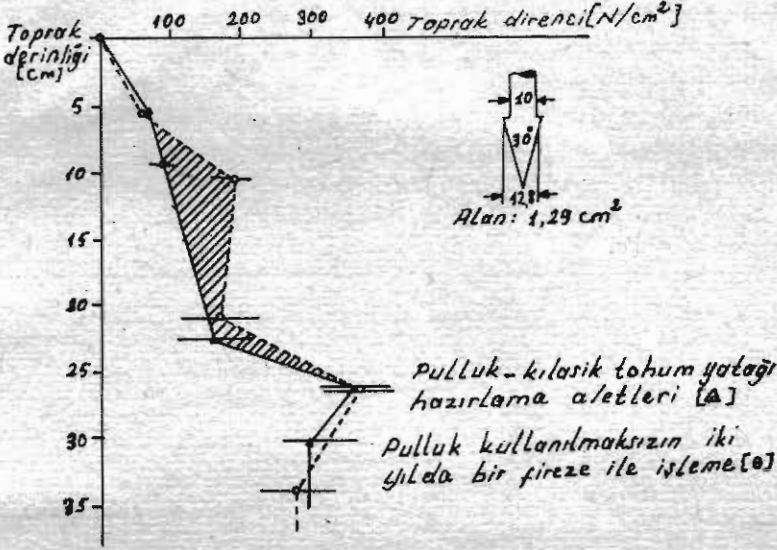
### 3. Pulluk Kullanmadan Kaçınma İle Toprak Yapısındaki Gelişmeler

Sürülmüş bir tarla toprağında kabartma intensitesi, toprak zerreleri arasındaki irtibat kırılacak şekilde büyük olunca, (Yüzeyle olan gevşek bağlantı kapillar su iletimini azaltmakta) alt toprak tabakasının pulluk ile kabartılmasından kaçınılmaktadır. Çünkü freze ile önceden bir sürüm yapılmadan, ince bünyeli ve ve homojen bir tohum yatağı hazırlanabilmektedir. Freze hiç sürülmemiş toprağı sürülmüş gibi aynı effektivitede parçalamakta, toprak yüzeyinden 6 cm derinlikte kabarmış, geçirgenliği iyi bir tabaka oluşturmakta ve aşağıya doğru toprak irtibatını sağlamaktadır. Pulluk ile sürümden kaçınma için koşullar, kök geçebilirlik ve geçirgenliktir. Büyük gözenekler ( $> 10\mu$ ) her ikisine de etki ettiği için alt tabakalarda öneme sahiptirler.

Sürümün 3 sene geri bırakılmasından sonra frezelenmiş toprak yüzeyinin altında sıkı bir toprak yapısı oluşmaktadır. Toprak direncinin artmasını yansıtan toprak sıklığı (Sertlik), toprağa batırılmak istenen bir koni ucuna karşı gelen kuvvettir (Şekil 4). Toprak direnci, toprak yüzeyinde farksız olmaktadır. 10-25 cm derinlikte toprak direnci senelik pulluk sürümününkine karşın iki kat, pulluk tabanında ve onun altında toprak direnci her iki parselde eşit olmuştur. Toprak fiziği araştırmaları için şu üç zon ilginç olmaktadır:

1. Frezelenmiş ve işlenmemiş tabaka arasındaki geçit katman,
2. Yaklaşık 15 cm derinlikte birkaç seneden beri sürülmemiş toprak katı,
3. Pulluk tabanı katmanı.

### Farklı toprak işlemlere göre direnç kurvetleri



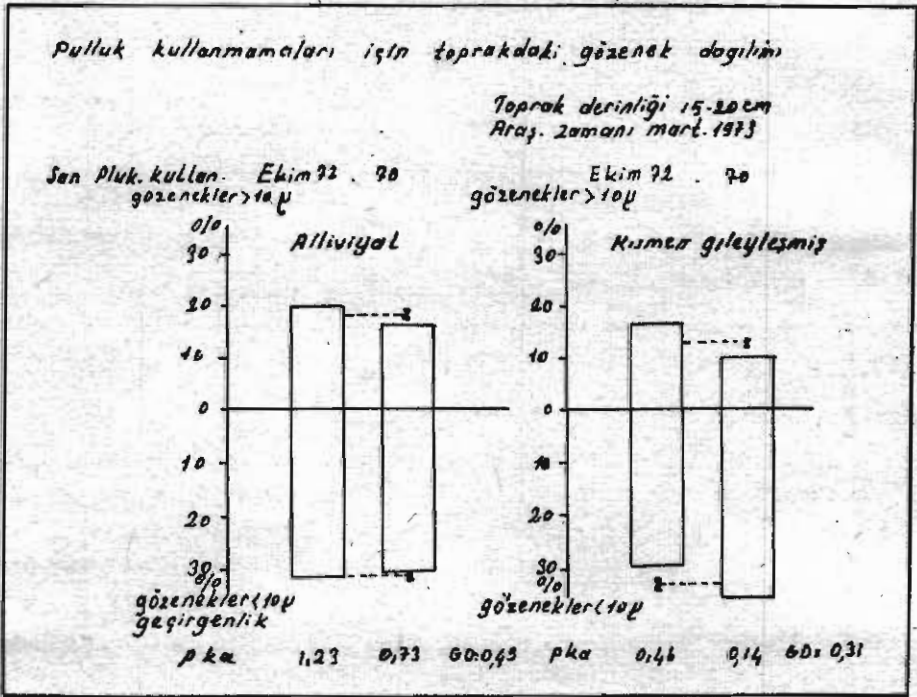
Şekil 4. Pulluk kullanmadan kaçınma ile 5-20 cm toprak derinliğindeki toprak direnci yıllık pulluk sürümüne kıyasla artmaktadır.

İki ayrı yerde (Allüviyal toprak ve gri kahverengimsi toprak) sürümden kaçınılma üzerine araştırma yapılmıştır. Freze altında, pulluktakine benzer sertleşmiş bir tabaka oluşması beklenebilmektedir. Gerçekte freze ile sonbaharda büyük gözeneklerin miktarı azaltılarak üst toprak katındaki geçirgenlik düşürülmüştür. İlkbahardaki işlemlerde bu sertleşme tabakası henüz saptanmamıştır.

Frezi aleti altında oluşan tabakanın aksine, yıllar içerisinde oluşan pulluk tabanı, henüz pulluk kullanılmadan üç yıllık bir zaman içerisinde de oluşabilmektedir. Gerçi geçirgenlik az bir miktar artmakta fakat pulluk tabanı alt yarısını sınırlayan tabaka daha büyük bir geçirgenlik göstermektedir.

Göttingen gri kahverengi toprakları üzerinde 1965 yılından beri pulluk kullanılmadan yürütülen denemelerde, toprak geçirgenliğinin bütün toprak profilinde yersolucanı geçitleri ile arttığı saptanmıştır. Deneme bölgesinde biyolojik aktivite ile pulluk tabakası etkilerinin kaldırılabilmesi uzun yıllarda mümkün olabilmektedir. Çünkü bu solucan geçitlerinin stabilitesi çok fazladır. Toprağın 10-20 cm derinlikteki yapı gelişimi çok ilginç olmaktadır. Burada öncelikle her iki toprak tipinin ayrılması gereklidir. Allüviyal topraklarda % 16 olan hava gözenekleri miktarı, yıllık

sürülmemiş parsellere kıyasla yaklaşık % 4 daha az olmaktadır. Gri kahverengimsi topraklarda % 10 olan bu miktar, bir sene pulluk ile sürümden vazgeçme ile pulluk parsellerinden % 6 daha aşağı olmaktadır (Şekil 5). Sonraki toprakta % 10 kaba gözenek sınır değerine ulaşıldığında alt katlardaki tabakalarda oksijen noksanlığı ve bir su birikimi etkisi görülebilmektedir. Alt tabakalarda suyun sıkışması ile üst tabakalara yükselen bir su durumu da ortaya çıkmaktadır. Gri kahverengimsi topraklarda frezelenmiş parsellerdeki su miktarı, yapılan bütün gözlemlerde her ölçme sırasında sürülmüş parsellere kıyasla daha yüksek olmuştur. Buna karşın alluvial topraklarda frezelenmiş ve sürülmüş parseller arasında bir farklılık görülememiştir. Su noksanlığından bitkilerin zaman zaman zarar görmesi, kurak geçen yıllarda freze parsellerinde daha fazla olmaktadır.



Şekil 5. Alluvial topraklarda pulluk kullanmama sakıncalı olmakta, gri kahverengimsi toprakta hava ile dolu gözeneklerin miktarı %'1'e kadar düşmektedir.

Bulunan araştırma verilerinden şu sonuçlar çıkarılabilmektedir: 1. Aletlerin araştırıldığı çalışma koşullarında agregat büyüklüğü ile kaba gözeneklerin miktarı artmakta, aynı zamanda hafif parçalanma ile tohum yatağının düzgünlüğü azalmaktadır (Cetvell). 2. Pulluk ile sürümden sonra çeşitli sekonder toprak işleme aletlerinin toprağı parçalaması, farklı effektiviteye rağmen üst toprak tabakasındaki



hava ve su miktarında az bir farklı etki yaptıklarından (Şekil 3) minimum ekim tekniğine ilişkin aletlere muadil olarak görülebilir.

3. Geçmiş yıllardaki gibi daha fazla iş safhasındaki bir alet kombinasyonu ile tohum yatağı hazırlanınca, traktör tekerlekleriyle ve arkadan gelen döner tırmıkla toprağın sıkıştırılması nedeniyle geçirgenlik azalmakta ve toprak zerrelere arasındaki temas dengeli olarak artmaktadır. Bu durum kurak geçen yıllarda yüzlek topraklarda olumlu etki yapmaktadır. Yağışlı yıllarda ve su birikintisine sahip topraklarda ise olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

4. Pulluk ile sürümden kaçınılınca, öncelikle 15-20 cm toprak tabakasında toprak yapısı sıklaşmaktadır (Şekil 4). Toprak tipi ve iklim koşullarına göre bu sıklaşma çok yahut az zararlı olabilmektedir.