

1 Toprak İşleme Makinaları

Bitkisel üretimin ilk aşaması olan toprak işleme ekolojik koşulları ve doğal dengeyi gözeterek en uygun toprak koşullarının oluşturulması için yapılan bir mekanizasyon işlemidir. Bu işlem için toprağın toz haline getirilmeden parçalanması gerekir. Bu parçalanma ile toprağın kabarması, havalanması ve her türlü organik maddenin çürüyüp, toprağa karışması sağlanarak, toprağı verimli kılan, canlılığı sağlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik ortam yaratılmış olur.

1.1 Toprak İşlemenin Amaçları

Toprak işlemenin temel amaçları aşağıda belirtilmiştir:

- Toprak fiziksel özelliklerinin en uygun hale getirilmesi,
- Bir önceki üretimden kalan bitkisel artıkların ve çiftlik gübresinin toprağa karıştırılması,
- Yabancı otların yok edilmesi, ve
- Ekime uygun bir tohum yatağının hazırlanması.

Toprak Fiziksel Özelliklerinin En Uygun Hale Getirilmesi

Herhangi bir mekanik işlem uygulanan toprakta başlıca dört farklı olasılık gündeme gelebilir (Kirişçi ve ark., 1995). Bunlar;

- Katı parçacıkların durum değişikliği (sıkışma, gevşeme, çatlama vb.),
- Gözeneklerde bulunan sıvı ve gazların durum (faz) değişikliği,
- Gözeneklerde bulunan sıvı ve gazların içeriklerinin değişimi ve
- Toprak parçacıklarının yeniden düzenlenmesidir.

Toprağın belirli bir andaki fiziksel durumu; *Boşluk Oranı*, *Porozite*, *Hacimsel Kütle*, *Hacimsel Ağırlık* ve *Nem İçeriği* gibi temel toprak özellikleri ile tanımlanabilir. Kütle ve hacimle ilgili bu özellikler aşağıda tanımlanmıştır.

Boşluk Oranı (e); boşluk hacminin (V_v), katı hacmine (V_s) oranıdır:

$$e = V_v / V_s \quad 1.1$$

Porozite (n); boşluk hacminin (V_v), toplam hacme (V) oranıdır:

$$n = V_v / V \quad 1.2$$

Porozite ile boşluk oranı arasındaki ilişki:

$$e = n / (1-n) \quad 1.3$$

Hacimsel Kütle (ρ , kg/m³); toplam kütlenin (m), toplam hacme (V) oranıdır:

$$\rho = m/V \quad 1.4$$

Hacimsel Ağırlık (γ , kg/m³), toplam ağırlığın (W), toplam hacme (V) oranıdır:

$$\gamma = W/V = (mg)/V \quad 1.5$$

Kuru baza göre *Nem İçeriği* (w , %), topraktaki su kütlesinin (m_w), kuru kütleye (m_s) oranıdır:

$$W = m_w / m_s \quad 1.6$$

Yukarda tanımlanan fiziksel özelliklere bağlı olarak değişen ve toprak mekaniği açısından önem arz eden değişkenlerin en önemlileri *Adezyon*, *Kohezyon*, *İçsel Sürtünme Kuvveti*, *Penetrasyon Direnci* olarak tanımlanır (Okursoy, 1992). *Kohezyon* toprak tanelerinin birbirine yapışma derecesidir. Kohezyon kuvvetinin büyük olması halinde toprak parçacıklarının birbirinden koparılmasını güçleştirir. *Adezyon* ise toprak taneciklerinin toprak işleme aletine yapışma derecesidir. *İçsel Sürtünme Açısı* toprağı oluşturan partiküllerin toprak işleme sırasında birbirine sürtünmelerinden doğan kuvvetlerin yarattığı sürtünme katsayısının ters tanjantıdır. Topraktaki nem miktarı arttıkça, toprak taneleri arasındaki boşluklar su ile dolar. Bu nedenle tanecikler arasındaki sürtünme kuvvetleri ile tanecikleri birbirine bağlayan kimyasal kuvvetlerin etkisi azalır, toprağın içsel sürtünme açıları ve kohezyon katsayısı küçülür. Kohezyon kuvveti (c , kPa), kayma gerilmesi (τ) ve toprağın içsel sürtünme açısı (ϕ) arasındaki ilişki Coulomb-Mohr kuramına göre aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\tau = c + \tan \phi \quad 1.7$$

Toprağın önemli fiziksel özelliklerinden olan *Hacimsel Yoğunluk* veya *Hacim Ağırlığı* birim hacminin kütlesidir (g/cm³). *Porozite* (P) veya *Gözeneklilik* ise toprak hacim ağırlığı (V , g/cm³) ve toprak yoğunluğuna (ρ , g/cm³) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$P = (1 - V/\rho) 100 \quad 1.8$$

Toprağın kendi içerisinde ilerleyen bir kuvvete karşı koyan tepkilerine *Penetrasyon Direnci* adı verilir. Bu direnç, bitki köklerine, toprak canlılarına ve toprak işleme aletlerine karşı olabilir (Özgöz ve Okursoy, 1997; Munsuz ve Ünver'e atfen). Penetrasyon direnci dış kuvvetler etkisiyle toprak

parçacıklarının birbirine yaklaşması ve toprak sıkışıklığı olarak adlandırılan toprak sertliğini belirtir (Say ve Işık, 1996). Mekanik nedenlerle ortaya çıkan toprak sıkışıklığı uygun mekanizasyon stratejileri ile azaltılabilir (Özgöz ve Okursoy, 1997).

Toprak fiziksel özelliklerine etki eden en önemli etken toprağın bünyesidir. Toprak bünyesi kendisini oluşturan tanecik boyutuna göre 3 esas gruba ayrılır;

- Kum (50...2000 μm),
- Silt (2...50 μm), ve
- Kil ($\leq 2 \mu\text{m}$).

Boyutu en büyük olan kum tanecikleri su tutma kapasitesi düşük, ancak hava iletimi daha kolay olan hafif toprakları oluşturur. En küçük boyutta olan kil tanecikleri ise en kolay sıkıştırılabilen, ancak su ve hava iletim yetenekleri daha düşük olan ağır toprakları oluşturur. Siltli toprakların özellikleri ise bu iki grubun arasında yer alır. Kum, kil ve silt parçacıklarını eşit oranda bünyesinde bulunduran topraklar tınlı topraklar olarak adlandırılır.

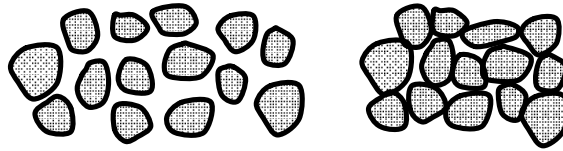
Toprak işleme mekanizasyonu açısından en önemli fiziksel özelliklerinden birisi olan ideal *Toprak Yoğunluğu* ve *Boşluk Hacmi* toprak bünyesine bağlı olarak değişir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Toprak Bünyesine Göre İdeal Hacim Ağırlığı ve Boşluk Hacmi (Eichorn, 1985).

Toprak Bünyesi	Toprak Hacim Ağırlığı (Kuru, g/cm^3)	Toplam Boşluk Hacmi (% hacimsel)
Kumlu	1.60	40
Tınlı	1.45	45
Killi	1.20	47

Toprak bünyesi kumludan killiye doğru değiştikçe, toprak yoğunluğunun daha az olması, buna karşın boşluk hacminin daha fazla olması istenir. O halde, kumlu toprakta herhangi bir yanlış uygulama nedeniyle oluşabilecek yoğunluk artışı, killi toprağa göre daha az sakıncalıdır. Toprak boşluk hacmi, birbiri ile temas eden toprak parçacıkları

arasındaki kalın ve ince gözenekler (porlar) tarafından oluşturulur. Bunlardan kalın gözenekler köklere oksijen iletimi ile, ince gözenekler ise nem, dolayısıyla bitki besin maddelerinin iletimi ile sorumludur. Toprak yoğunluğunun artması, kalın kılcal gözeneklerin sıkışıp, kapanmasına neden olur. O halde toprak sıkışıklığı, topraktaki gözenek oranlarının azalması veya toprak parçacıklarının sıkışması sonucu kuru yoğunluğun artması olarak tanımlanabilir (McKey's'e atfen Özgöz ve Okursoy, 1997). Şekil 1.1 de görüldüğü gibi dış kuvvetler etkisiyle sıkışan toprakta, toprak parçacıkları birbirine çok yakın bir şekilde istiflenir. Toprağın sıkışmasıyla toprakta hava dolu gözeneklerin oranı % 35'lere kadar azalır (Bal, 1985). Toprak sıkışıklığına neden olan dış kuvvetlerin mekanik nedeni toprak üzerindeki tarım araçları trafiğidir. Bu durumda özellikle pullukla toprak işleme derinliğinin altında (~ 25 cm derinlikte) toprak işleme aletlerinin oluşturduğu çizi tabanının traktör ve biçerdöver gibi araçların tekerlekleri ile sıkıştırılması sonucu sert, geçirimsiz bir tabaka oluşur. Bu tabaka *Taban Taşı* olarak bilinir. Mekanik sıkışma kuşkusuz daha üst toprak katmanlarında da oluşabilir. Her ne sebeple olursa olsun sıkışma sonunda toprağın bitki kök gelişimine direnci ve toprak yoğunluğu artmaktadır (Özgöz ve Okursoy, 1997; Çarman ve Doğan, 1997). Mekanik sıkışmaya ilaveten aşırı yağışlar nedeniyle toprak doygunluğunun artması ile birlikte köklere iletilen oksijen miktarı çok azalır. Kültürel üretimde bir anlamda kaçınılmaz olan mekanik kökenli toprak sıkışmasına tarım alet ve makinalarının doğru kullanımı ile çözüm bulunabilir. Bu anlamda işe uygun alet seçimi, bölgenin yağış rejimi ve zamanlamaya özen gösterilmesi gerekir.



Şekil 1.1 Normal ve sıkışmış toprak tanecikleri ve gözenekler

Toprak işleme ile değiştirilebilen diğer bir toprak özelliği toprak taneciklerinin birleşerek oluşturduğu toprak parçalarının büyüklüğüdür. Tanecik boyutundan farklı büyüklükteki keseklere kadar değişen toprak

parça büyüklüğünün bir sonraki ekim işlemine uygun hale getirilmesi gerekir. Bu amaçla toprak işleme toprağın en uygun nem koşullarındayken yapılmalıdır. *Tav* olarak tanımlanan bu durum toprağın nem ve hava başta olmak üzere infiltrasyon hızı, drenaj gibi pek çok fiziksel özelliğinin toprak işleme ve ekim açısından en ideal olduğu fiziksel durumunu tanımlar. Tavlı toprak kolaylıkla işlenip, istenen toprak özelliğine uygun mekanizasyon araçlarıyla ulaşılabilir. Yüzeyden itibaren toprak derinliği boyunca tüm toprak parçacıklarının aynı boyutta olması gerekli değildir. Tohumun bırakıldığı derinlikte çimlenme yönünden en uygun toprak parçacık boyutu ekmek ufağı kıvamına benzetilebilir (Şekil 1.2). Tohum yatağının uygun hazırlanması tohumun çimlenebilmesi ve yüksek filiz çıkışı açısından önemlidir. Toprak yüzeyinde parçacık boyutunun çok küçültülmesi erozyon ve yağışlar nedeniyle oluşan kaymak tabakası gibi olumsuz sonuçlara yol açar. Bu nedenle toprak yüzeyindeki parçacık boyutu tohum yatağındaki parçacık boyutundan daha büyük olmalıdır. Tohum çimlenme derinliğinin altında ise daha büyük keseklerin olmasında herhangi bir sakınca yoktur. Çünkü bu derinlikte yapılan toprak işleme gereksiz zaman ve enerji kayıplarına neden olur.

Organik Materyalin Toprağa Karıştırılması

Toprak işlemede bir önceki üretim döneminden kalan anızın işlenmesi ile yabancı otların mekanik olarak imha edilmesi farklı işlemlerdir. Anız ve çiftlik gübresi gibi organik materyaller parçalanma-çürüme sürecinin hızlandırılması için toprağa karıştırılması gerekir. Bu sayede topraktaki organik materyal miktarının artırılması amaçlanır. Bu amaca ulaşmak için az yağışlı bölgelerde ve birim alandaki organik materyal miktarı arttıkça, toprak işleme derinliğinin artırılması veya yağışlı bölgelerde tam tersi daha yüzeysel toprak işleme yapılması gerekir.

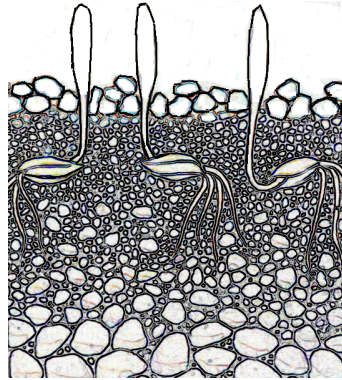
Yabancı otların imha edilmesi için, bunların parçalanarak toprağa karıştırılması uygun değildir¹. Çünkü otların bir kısmı toprak yüzeyinde kalır ve hızla tekrar çoğalırlar. Bu nedenle yabancı ot mücadelesinde toprağın devrilerek işlenmesi daha uygundur. O halde organik artıkların karıştırılması

¹ Toprak işleme sistemine bağlı olarak yabancı ot, hastalık ve zararlı gelişimi konusunda daha ayrıntılı bilgi için bkz. Tücer ve Önal (1997).

ile otların gömülmesi işlemleri farklı toprak işleme makinalarının kullanımını gerektirir.

Tohum Yatağının Hazırlanması

Tohum yatağı tohuma göre değişmekle birlikte toprak yüzeyinden en az 4...5 cm derinlikte olan bir toprak katmanıdır (Şekil 1.2). Bu derinlikte ekilen tohumun çimlenip, toprak altı ve üstü aksamını geliştirmesi beklenir. Toprak işleme tekniğine karar verilirken yukarıda sözü edilen organik materyalin toprağa karıştırılması, yabancı otların toprağa gömülmesi ve geleneksel ekim için gereksinim duyulan düzgün tohum yatağı hazırlanması taleplerini mekanizasyon yönünden aynı anda karşılamak mümkün olmayabilir. Örneğin ikinci ürün tarımında olduğu gibi buğdayın hasadı ile bir sonraki ürünün ekimi arasındaki zaman aralığı çok dar ise, bu beklentileri kısmen karşılayan bir mekanizasyon uygulamasına karar verilir. Üreticilerden bazıları bu üç talebi aynı anda karşılamak için anız yakmayı tercih etse de, bu işlemin sakıncalı yönlerinin ağır bastığı bilinmektedir. Tohum yatağı hazırlanmasında en önemli unsur tohumun çimlenmesi için gereksinim duyulan nemin korunmasıdır.



Şekil 1.2 Toprak derinliği boyunca ideal parçacık boyutu

1.2 Traktör-Toprak İşleme Makinası İlişkisi

Traktöre bağlanan toprak işleme ve diğer tarım iş makinaları, ağırlığının taşınma durumuna göre 3 grupta incelenir. Traktöre bir çeki oku ile bağlanan tarım iş makinasının ağırlığı kendi tekerlekleri tarafından taşınıyorsa, buna *Çekilir Tip* tarım iş makinası denir. Tarım iş makinasının

ağırlığı tamamen traktör tarafından taşınıyorsa, buna *Asılır Tip* tarım iş makinası adı verilir. Ağırlığı kısmen traktör, kısmen kendi destek tekerleri tarafından taşınan iş makinalarına da *Yarı Asılır Tip* iş makinası denir. Asılır tip tarım iş makinaları traktöre üç nokta askı sistemi ile bağlanır. Traktörün en önemli güç çıkış noktalarından birisi olan üç nokta askı sisteminde bir adet üst bağlantı kolu, iki adet alt bağlantı kolu bulunur. Alt bağlantı kolları traktör hidrolik sisteminden hareket alır. Üst bağlantı kolu traktöre mafsallı olarak bağlıdır. Tarım iş makinasında bağlantı kollarının oynak küresel başlıklarına pimlerle takılmasına olanak veren üç nokta askı sistemi mevcuttur. Traktör bağlantı kollarının ucundaki küresel mafsallar tarım iş makinasındaki karşılıklarına pimlerle bağlanır.

1.3 Toprak İşleme Makinaları

Toprak işleme makinaları toprağın işlenme derinliği dikkate alınarak 2 esas bölümde incelenirler:

- Birinci sınıf toprak işleme makinaları, ve
- İkinci sınıf toprak işleme makinalarıdır.

Birinci sınıf toprak işleme makinaları toprağı 25 cm ve daha alt derinlikte işleyen makinalardır. İkinci sınıf toprak işleme makinaları ise daha çok birinci sınıf toprak işleme makinalarından sonra devreye girer ve nihai olarak bir sonraki ekim işlemine uygun bir tohum yatağı hazırlamak amacıyla kullanılır. Toprağı etki tarzı itibarıyla toprak işleme makinalarının toprağı şeritler halinde kesip, devirme, kabartma, karıştırma ve bastırma işlevleri vardır.

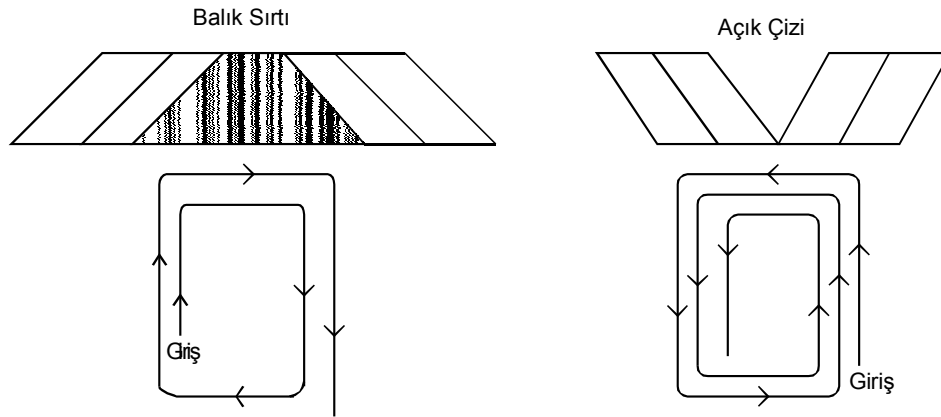
1.3.1 Pulluklar

Birinci sınıf toprak işleme makinaları olarak en yaygın kullanılan toprak işleme makinası pulluklardır. Pulluklar kulaklı ve diskli olarak iki gruba ayrılmakla birlikte, günümüzde çoğunlukla kulaklı pullukların kullanıldığı belirtilmelidir.

1.3.1.1 Kulaklı Pulluk

Kulaklı pulluk toprağı devirerek işleyen ve yaygın olarak kullanılan bir toprak işleme aletidir. Kulaklı pulluklar *Asılır*, *Yarı Asılır* ve *Çekilir* tip olmak üzere üç temel kategoride incelenir. Pulluklar *Düz Gövdeli* ve *Döner Kulaklı* olarak imal edilir. Düz gövdeli pulluklar toprağı hareket yönüne göre sürekli

sağ tarafa devirdikleri için tarlada *Balık Sırtı* ya da *Açık Çizi* oluşmasına neden olurlar (Şekil 1.3). Balık sırtı oluşumu; dikdörtgen şeklindeki bir parsel ortadan girilip, parsel başında sağa dönüp, tekrar ortadan geri dönülmesiyle oluşur. Bu durumda toprak giderken ve dönerken sağa devrildiği için orta kısımda birbiri üzerine yatırılmış balık sırtı denen bir sırt oluşur. Bu sırtın altı işlenmeden kalır. Açık çizi sürüm tekniği ise yine parsel sağ kenardan girip, parsel başında sola dönerek, dikdörtgenin sol üst köşesinden geri dönülür. Toprağın giderken ve dönerken yine sağ tarafa yatırılması nedeniyle bu kez parselin ortasında işlenmeden kalan bir ark oluşur. Bu arka açık çizi denir. Düz gövdeli pulluklarda kaçınılmaz olarak meydana gelen açık çizi veya balık sırtı, yüzey tesviyesini bozduğu için istenmeyen bir durumdur. Döner kulaklı pulluklarda ise gövde sayısı çift olup, çatının üzerinde çalışma konumundaki işleyici organın simetriği bulunur. Bu yapı sayesinde, pulluk gövdesi parsel başlarında hidrolik sistemle çevrilerek, alttaki işleyici setin üste, üsteki setin çalışma pozisyonuna getirilmesi sağlanır. Bu düzenleme toprak şeritlerinin sürekli aynı yöne devrilmesine olanak verdiği için tarlada açık çizi veya balık sırtı oluşmaz ve böylece işlenmemiş alan kalmaz. Bu sürüm tekniği *Düz Sürme* olarak adlandırılır. Döner kulaklı pulluklarda yaygın olan kulak tipi dışında farklı gövde tipinde üretilmiş *Kare Gövdeli Pulluk*'larda mevcuttur (Göknur ve ark., 1995).

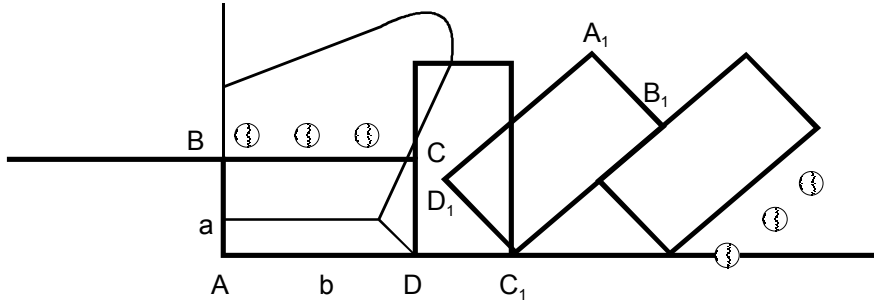


Şekil 1.3 Balık sırtı ve açık çizi oluşumu

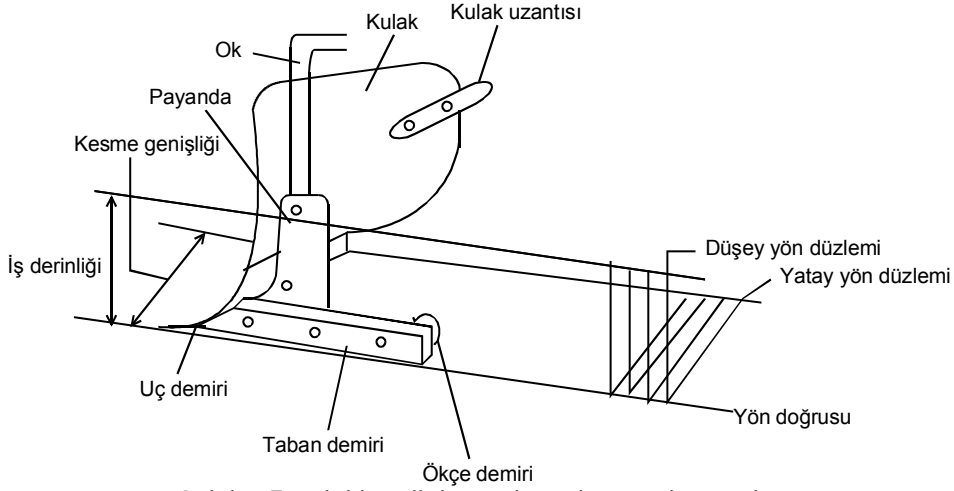
Kulaklı pulluk kuramsal olarak topraktan dikdörtgen kesitindeki bir toprak şeridini keser, yüzeyi boyunca kaldırır ve kesilen şeridin üst yüzeyi

altta kalacak şekilde yana devirir. Çalışma esnasında sırasıyla önce dikdörtgenin AB kenarı pulluğun keski demiri, AD kenarı ise uç demiri tarafından kesilir (Şekil 1.4 ve Şekil 1.5). Pulluğun ilerlemesiyle birlikte şerit önce D köşesi etrafında döner ve DC kenarı üzerine oturur. Daha sonra C köşesi etrafında dönerek bir önceki çizi üzerine devrilir. Pulluğun toprağı parçalamasına etki eden en önemli etmenler traktörün ilerleme hızı, iş derinliği ile iş genişliği arasındaki oran ve kulak tipidir. Kulaklı pulluklarda ilerleme hızı toprak, dolayısıyla buna göre seçilen kulak tipine göre 4..8 km/h arasında değişir. Pullukta iş genişliği (b) ve iş derinliği (a) değiştirilebilir. Pullukta kesilerek kaldırılan toprak şeridinin, düzgün bir şekilde devrilmesi için $b/a \geq 1.27$ olmalıdır.

Kulaklı pulluğun çalışması esnasında sık kullanılan *Yön Doğrusu*, *Yatay Yön Düzlemi*, *Düşey Yön Düzlemi*, *Kesme Genişliği*, *İş Derinliği* gibi ölçüler Şekil 1.5'de gösterilmiştir.



Şekil 1.4 Kulaklı pulluğun kesip, kaldırıp, devirdiği toprak şeridi



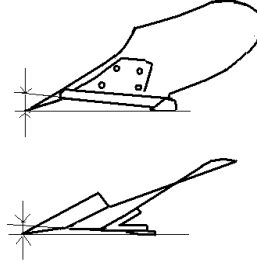
Şekil 1.5 Kulaklı pulluk gövdesinde temel tanımlar

Bir kulaklı pulluğun en temel organı ana çatı üzerine *Ok* adı verilen parça ile bağlanmış olan gövdesidir. Gövde esas olarak *Payanda* üzerine bağlanmış olan *Uç Demiri*, *Kulak* ve *Taban Demiri*'nden ibarettir (Şekil 1.5). Gövde üzerinde bulunan diğer yardımcı parçalar *Ökçe*, *Kulak Uzantısı*, *Keski Demiri*, *Ön Gövdecik* olarak belirtilebilir.

Uç demiri toprak şeridini yatay düzlemde keser, topraktan ayırır ve kulağa doğru iletir. Pulluğun en çok aşınan parçalarından birisi olduğu için payandaya havşa başlı civatalarla bağlı olup, aşındığında değiştirilmesi gerekir. Aşınmış uç demiri ile çalışmak işleme derinliğinde zemin sertleşmesini hızlandırır, kılcal gözeneklerin kapanmasına neden olur ve pulluk çeki gücü gereksinimini artırır. Bu olumsuzluklardan zemin sertleşmesi aynı parselin uzun yıllar sürekli pullukla işlenmesinde ortaya çıkan bir sorun olup, *Taban Taşı* olarak bilinir. *Uç demiri*; normal, burunlu, kamalı ve ucu değiştirilebilen gibi farklı toprak tiplerine uygun olarak imal edilir.

Uç demiri, *taban demiri* ve *ökçe demiri* ile birlikte pulluğun toprakta dengeli bir şekilde çalışması açısından iki önemli ölçü oluşturur. Bu ölçüler *Alt* ve *Yan Kavrama Payı*'dir. *Uç demiri* burun noktasında *taban demiri*nin alt kenarından geçen doğru ile yatay düzlem arasındaki kalan yüksekliğe *alt kavrama payı* denir (Şekil 1.6). Pulluk *alt kavrama payı* nedeniyle düz bir zemin üzerindeyken uç demiri burun kısmı ile *ökçe demiri* üzerinde durur. Bu sayede pulluğun toprağa batması daha kolay gerçekleşir. *Yan kavrama payı*

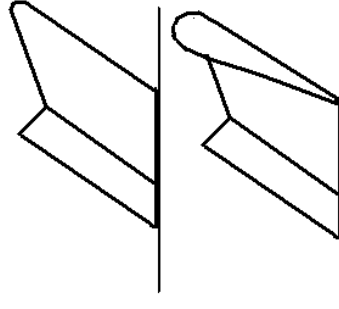
ise bir pulluk gövdesine üstten bakıldığında, uç demiri burun kısmından geçen düşey düzlem ile taban demiri yan yüzeyinden geçen düzlem arasında, uç demiri burun noktasındaki yatay uzaklıktır (Şekil 1.6). Alt kavrama payı 20-30 mm, yan kavrama payı ise yaklaşık 5 mm'dir.



Şekil 1.6 Alt (yukarda) ve yan (aşağıda) kavrama payı

Pulluk gövdesinin doğrudan toprakla temas halinde olan diğer önemli bir parçası *Kulak'* tır. Kulak, uç demiri tarafından kesilen toprak şeridini kaldırır, yükseltir ve bir önceki işlenmiş şerit üzerine devrilmesini sağlar. Pullukların sınıflandırılmasında kulak tipi önemli rol oynar. Kulak tipine göre kulaklı pulluklar *Dik*, *Orta Dik*, *Yarı Bükük* ve *Tam Bükük* olmak üzere dört sınıfa ayrılırlar. Dik kulaklı pulluklar toprağı parçalama özelliğine sahip olup, kumlu ve kumlu-tınlı topraklar için uygundur. Bu pulluklarda toprak parçalandığı için, devrilen şeritler belirgin değildir. Orta dik kulaklı pulluklar kumlu, killi-tınlı topraklar için uygundur. Toprağı parçalama etkisi yanında, devirme özellikleri de vardır. Yarı bükük kulaklı pulluklar parçalanması zor olup, devrilerek işlenmesi gereken tınlı ve killi topraklarda kullanılır. Bu pulluklarda devrilen toprak şeridi sırtları belirgin olarak ortaya çıkar. Tam bükük kulaklı pulluklar sadece devrilerek işlenebilen ağır, nemli çayır topraklarında kullanılır. Bu pullukla işlenen toprak şeridi son derece düzgün dilimler halinde bir önceki şerit üzerine devrilir. Toprağın parçalanması ancak yağış, kar vb. doğal etmenlerle ve uzun sürede gerçekleşir. Pullukla çalışma hızı dik kulaklı pulluklarda 4-5 km/h olup, tam bükük kulaklı pulluklarda 7-8 km/h'e kadar yükselir. Pratik olarak kulak tipinin ayırt edilmesinde, pulluk gövdesine üstten bakmak önemli bir ipucu verir (Şekil 1.7). Dik kulaklı pulluk üstten bakıldığında zaman, kulağın toprakla temas eden ön yüzeyi tamamen görülür. Kulak tipi tam bükük kulaklı pulluğa doğru geçtikçe, kulağın üst kısmının içe doğru

kıvrımlı olduğu görülür. Bu nedenle gövdeye üstten bakıldığında, kulağın üst arka kısmı da görülür.



Şekil 1.7 Dik (sol) ve bükük kulaklı (sağ) gövdenin üst görünüşü

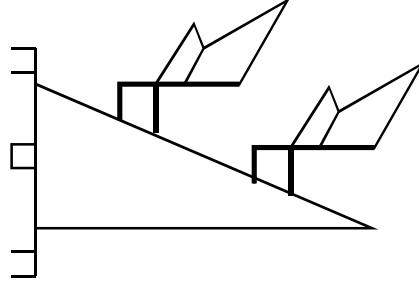
Kulak Uzantısı: Kulağın sevk ettiği toprak şeridinin ve bitkisel artıkların kulak üzerinden taşmadan, düzgün bir şekilde çizi içine bırakılmasını sağlar. Derin sürümlerde daha uzun olarak ayarlanabilir.

Taban Demiri ve Ökçe: Taban demiri pulluk gövdesinin çizi tabanı içinde, çizi duvarına dayanarak, dengeli bir şekilde gitmesini sağlar. Toprak şeridinin devrilmesi sırasında ön gövdenin taban demirine temas edip, bozulmasını önlemek için ön gövdelerde kısa, arka gövdede ise olması gereken uzunlukta taban demiri kullanılır. Ökçe demiri taban demirinin en çok aşınan arka uç kısmında bulunur. Pulluk gövdesi zemine, arka kısımda ökçe demiri ile temas eder.

Kulaklı pulluğun diğer parçaları ve görevleri şunlardır:

Payanda: Payandanın görevi pulluk parçalarını birleştirmektir.

Çatı: Pulluğun tüm parçaları bir çatı üzerine yerleştirilmiştir. Çatının geometrik şekli pulluğa gelen yükleri taşıyacak şekilde üçgen, yamuk vb. şekillerde tasarlanır. Şekil 1.8'de iki gövdeli kulaklı pulluğun üst görünümünde üçgen geometrili çatı şematik olarak gösterilmiştir. Pulluk gövdelerini çatıya bağlayan parçaya *Ok* adı verilir.

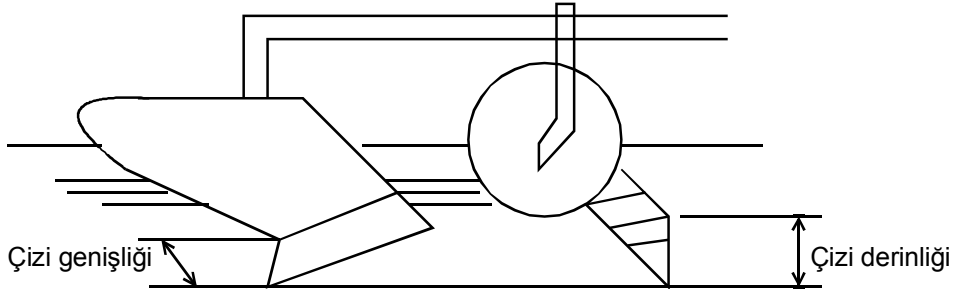


Şekil 1.8 Üçgen çatıya bağlı iki gövde (üst görünüş)

Pulluk gövdesi ve bağlandığı çatı dışında çeşitli yardımcı parçalar vardır. Bu parçalar aşağıda tanımlanmıştır.

Keski Demiri: Görevi; pulluk kulağından önce kesilecek toprak şeridini ayırmak amacıyla toprak şeridini düşey yön düzleminde kesmektir. Kulaklı pulluklarda bıçak ve disk keski olmak üzere iki tip keski demiri kullanılır. Taşlı topraklarda kullanılan bıçak keski uç demirinden 1...2 cm önde, 2...3 cm yüksekte olacak şekilde eğimli olarak oka bağlanır. Disk keski ise çelikten imal edilmiş, 300...400 mm çapındaki bir diskin çatal ve kol ile çatıya bağlanan bir parçasıdır (Şekil 1.9).

Ön Gövdecik: Pulluk gövdesinin küçük bir modeli olup, görevi; toprak şeridinin otlu üst kısmını kesip, çizi tabanına atılmasını sağlamaktır.



Şekil 1.9 Disk keski ve işlenecek şeridin ayrılması

Kulaklı pullukla toprak sürme işlemi sırasında traktör ve pulluk farklı kuvvetlerin etkisi altında kalır. Pullukla toprak işlemeden beklenen yararların elde edilmesi için *Pulluk Direnç Merkezi*, *Çeki Merkezi* ve *Çeki Hattı* kavramlarının tanımlanması gerekir.

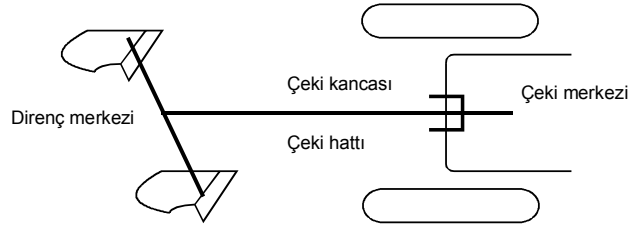
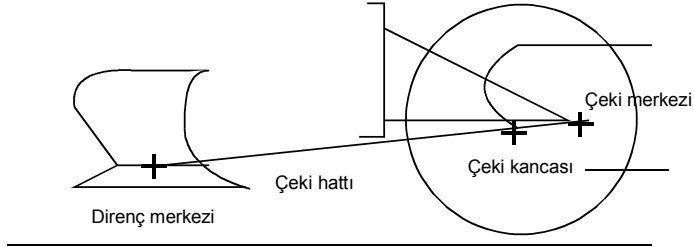
Pulluk Direnç Merkezi: Pulluk gövdesine gelen tüm kuvvetlerin bileşkesinin uygulama noktasına pulluk direnç (mukavemet) merkezi denir. Direnç merkezi pulluk gövdesinin çekilmesinden ötürü ortaya çıkan bütün düşey ve yatay kuvvetlerle, pulluğun ağırlığı ve toprak direncinin denge halinde bulunduğu noktadır (Mutaf, 1984). Bu nokta aynı zamanda pulluğun ağırlık merkezidir. Kuramsal olarak farklı hesaplama yöntemleri olan pulluk direnç merkezi uygulamada tek gövdeli pulluk için "uç demiri ile kulağın birleştiği hat ile uç demiri keskin kenar uzunluğunun, uç demiri burun kısmından itibaren 1/3 uzaklığında, düşey yön düzlemine paralel olarak çizilen düzlemin kesişme noktası" olarak tanımlanır (Mutaf, 1984; Tezer ve Zeren, 1990; Yılmaz ve ark., 2004). Uygulamada bu noktanın uç demiri ile kulağın birleştiği hattın hemen üzerinde ve kulak kenarından 8....10 cm içerde olduğu söylenebilir (Özbaş, 1977). İki gövdeli pullukta pulluk direnç merkezi, her gövdenin direnç merkezini birleştiren doğrunun orta noktası olur.

Çeki Merkezi: Pulluğu çeken traktörün kuvvet geliştirdiği nokta çeki merkezi olarak tanımlanır. Bu nokta traktörün geliştirdiği kuvvetin uygulama noktasıdır. Pratik olarak bu nokta traktör arka aksının tam orta noktasının hemen önünde, düşey ekseninde ise üç nokta askı sistemine pulluk bağlı iken, üst ve alt bağlantı kollarından geçen hattın kesim noktasındadır.

Çeki hattı: Pulluk direnç merkezi ile çeki merkezini birbirine bağlayan kuramsal bir çizgidir.

Çeki noktası: Traktör çeki kancasının orta noktasıdır.

Pulluğun toprakta en uygun şekilde çalışması için yatay düzlemde çeki noktasının çeki hattı üzerinde olması gerekir (Şekil 1.10) Bu koşul yatay ve düşey düzlem için sağlanmalıdır. Düşey düzlemde çeki kancası çeki hattının üzerinde olursa, pulluk derine batar. Yine düşey düzlemde çeki kancası çeki hattının altında kalırsa pulluk yüzeyden gider. Yatay düzlemde çeki kancası çeki hattının sağında olursa, pulluk sola, veya tersine çeki hattının solunda olursa pulluk sağa çeker.



Şekil 1.10 Çeki hattı üzerinde pulluk direnç ve traktör çeki merkezi

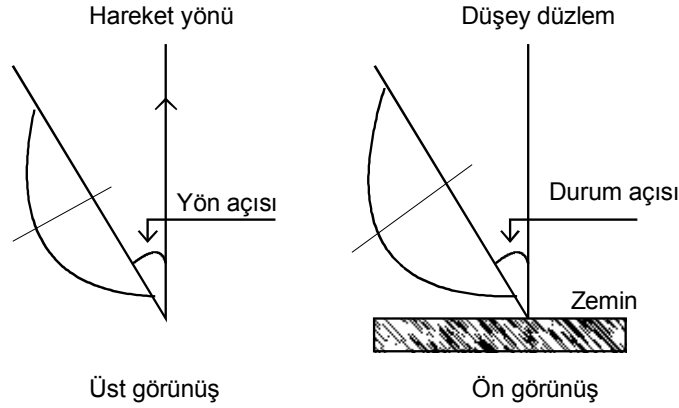
1.3.1.2 Diskli Pulluk

Diskli pulluklar kulaklı pulluğun başarılı olmadığı yerde kullanılmak üzere geliştirilmiş olup, fazla yaygınlık kazanmamıştır (MUTAF, 1984). Bu anlamda özellikle kuru-sert, taşlı-kayalı, köklü orman topraklarında ve yapışma özelliği yüksek, çok nemli topraklarda diskli pullukların daha uygun olduğu ifade edilir (Dilmaç, 1984). Buna karşın en önemli olumsuzlukları; alet toprağa ağırlığı ile etki ettiği için ağırlığı fazla olup, toprak tipine göre farklı işleyici organ seçmek olanaksız ve çizi tabanı düz olmayıp, eğimli arazilerde kullanımı uygun değildir (Tezer ve Zeren, 1990).

Diskli pulluklar genel olarak iki tipte imal edilir. Normal diskli pullukta her disk çatı üzerinde ayrı yatakla yataklandırılmıştır. Diskli anız pulluğu (*one-way*) olarak bilinen ikinci tipte ise disk gövdeleri çatıya bağlı ortak bir mile yataklandırılmıştır.

Normal diskli pulluğun işleyici organı keskin kenarlı, 600...800 mm çapında iç bükey bir disklerdir. Disk düzlemi hem hareket düzlemi, hem de düşey düzlem ile belirli bir açı yapar. Diskin keskin kenarlarından geçen düzleminin hareket doğrultusu ile yaptığı açığı *Yön Açısı*, düşey düzlemle

yaptığı açığa *Durum Açısı* denir. Durum açısının değişimi pulluğun parçalama özelliğini, yön açısının değişimi de iş genişliğini etkiler.



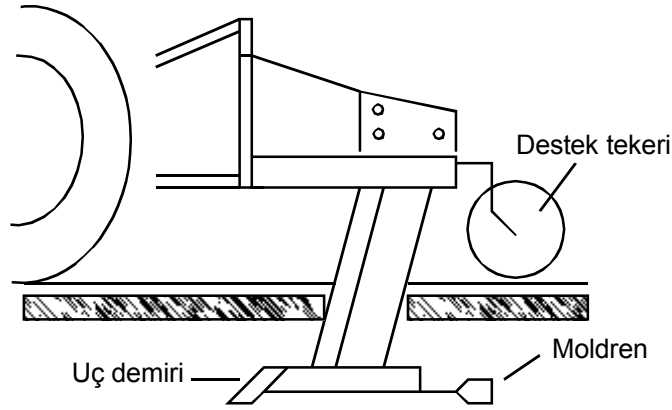
Şekil 1.11 Diskli pullukta yön ve durum açısı

Diskli anız pulluğu (*one-way*) tahıl anızının yüzeysel olarak karıştırılarak işlenmesi için kullanılır. Bu aletler diskli pullukla diskli tırmık (diskaro) arasında yer alırlar. Görünüm olarak diskli pulluğu, dik konumlandırılmış olması nedeniyle diskaroyu andırır. Dolayısıyla disklerin konum açısı 0° , yön açısı ise 45° 'dir. Disk çapı diskli pulluktan daha küçük olur.

1.3.2 Dipkazan

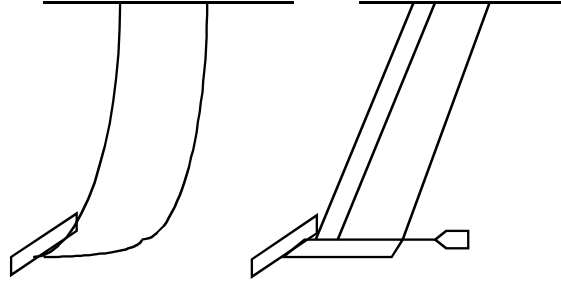
Geleneksel toprak işleme tekniğinde toprağın uzun yıllar pullukla sürülmesinden ötürü çizi tabanının altında sıkışmış, bitki kök gelişimi yönünden yapısal özellikleri bozulmuş bir tabaka oluşur. *Taban Taşı* olarak adlandırılan bu tabaka kırılmadığı takdirde, ürün veriminde süreç içerisinde ciddi azalmalar meydana gelir. Bu tabakanın kırılması amacıyla 40...60 cm derinlikte çalışan *Dipkazan* kullanılır (Şekil 1.12). Pulluk toprak işleme derinliği olan 25 cm'nin altında çalışan dipkazanın 3-4 yılda bir kez ve toprak kuru olduğunda, 4...10 m aralıkla çekilmesi önerilir (Işık ve ark., 1993). Yapılan araştırmalara göre dipkazan doğru kullanılması halinde ürün veriminde 4 kata kadar artış sağlanabilmektedir (Yılmaz ve ark, 2004). Dipkazanın çalışma derinliğinin fazla olması nedeniyle çalışma esnasında daha yüksek toprak direnci ile karşılaşılır. Bunun somut sonucu traktör güç gereksiniminin artmasıdır.

Dipkazan yapı olarak uç demiri, ayak ve çatıdan ibarettir. Dipkazanların işleyici organı olan uç demiri 11...15 cm genişlikte olup, çift taraflı bilenmiş bir bıçaktır. Aşındığında sökülerek yeni olan kısmı öne gelecek şekilde bağlanabilir. Dipkazan gövdesinin alt kısmına takılan *Moldren* işleme derinliğinden 5...10 cm daha aşağıda kanal açarak, drenaja yardımcı olur.

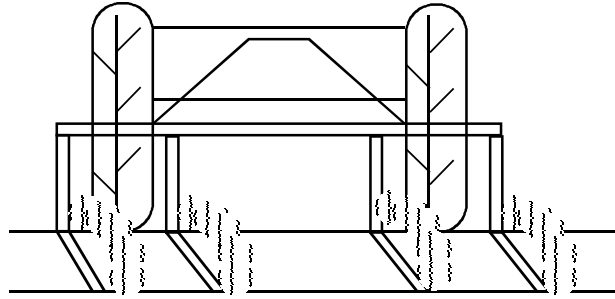


Şekil 1.12 Dipkazan

Dipkazanlar uç demiri ve ayağın oluşturduğu gövdenin çatıya bağlanma tarzına göre sabit ve titreşimli olmak üzere iki kısımda incelenir. Sabit dipkazanlarda gövde sayısı 1-7 arasında değişmekle birlikte, en yaygın olanı tek gövdeli olanıdır. Çok gövdeli dipkazanlarda işlev aynı olmakla birlikte, gövde yapısı biraz farklılık gösterir (Şekil 1.13). *Ripper Ayaklı Dipkazan (Ripper subsoiler)* veya *Ripper Pulluğu* olarak ta adlandırılan bu toprak işleme makinalarında Şekil 1.13'de görülen gövdeler ya düz, yada V şeklindeki bir çatı üzerine dizilir. Ripper ayaklı dipkazanlar işleyici gövde sayısı birden fazla olduğu için, standart dipkazanlara göre daha az derinlikte (~40 cm) çalışırlar. Dipkazan gövdesinin toprağa etkisini arttırmak için çok gövdeli dipkazanlarda özel gövde formlarının da kullanıldığı bilinmektedir. Şekil 1.14'te 45° eğimli dipkazan (*Paratill*) gövdesi görülmektedir. Bu dipkazana önden bakıldığında, gövdenin çatıdan itibaren belirli bir yükseklikten sonra 45° eğimli bir form verildiği görülür.



Şekil 1.13 Ripper (sol) ve standart dipkazan gövdesi (sağ)



Şekil 1.14 45° eğimli dipkazan

Titreşimli veya *Salınımlı* dipkazanlarda traktörün çeki gücüne ilaveten, birde kuyruk milinden bir eksantrik düzeni ile hareket alarak gövdenin ileri-geri, yukarı aşağı veya üç yönde salınımı sağlanır. Titreşimli dipkazanın gövdesi büyüklüğü ve şekli itibarıyla aynı tek gövdeli dipkazanlarda olduğu gibidir. Titreşimli dipkazanın çalışma derinliği sabit dipkazana göre daha fazladır. Işık ve ark. (1993) tarafından yapılan bir çalışmada yatay yönde titreşimli, tek ayaklı bir dip kazanın çeki kuvveti gereksinimi, aynı makinenin titreşimsiz çalıştırılmasına göre ortalama % 60 daha az, efektif alan kapasitesi de % 40 dolayında daha fazla bulunmuştur. Keza titreşimli dipkazanın patlatma etkinliği de daha fazladır. Demir ve ark (1993) tarafından da titreşimli dipkazanda çeki kuvveti gereksinimi % 40, çeki gücü gereksiniminde de % 11 civarında azalma olduğu tespit edilmiş, alan kapasitesinin 0.23 ha/h olarak bildirilmiştir.

1.3.3 Kültivatör

Kültivatörler toprağı devirmeden, yırtarak işleyen ve bu sayede toprağı kabartma, havalandırma, büyük kesekleri kırma ve yabancı otları köklerinden kesip, yüzeye bırakma işlevini yerine getiren makinalardır.

Kültivatör işleyici organı 15 cm derinlikte gevşek bir yapı oluşturur. Çalışma esnasında küçük parçacıkları aşağıya, görel olarak büyük kesekleri de yukarı çıkartır. Bu işlem nemli bölgeler için sorun değildir. Ancak kurak bölgelerde nemli toprak katmanının yukarı çıkartılması, toprakta nem kaybını da beraberinde getirir. Bu nedenle kültivatörün kurak bölgelerde kullanımında nem kaybı olasılığı gözden uzak tutulmamalıdır (Mutaf, 1984).

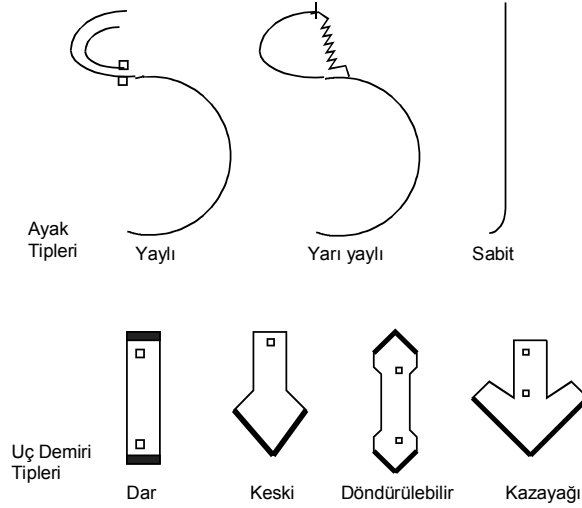
Kültivatör işleyici organına *Kültivatör Ayağı* adı verilir. Zeminden 40...90 cm yükseklikte olan kültivatör ayağı bir gövde ucuna takılmış uç demirinden ibarettir. Kültivatör ayakları *Yaylı*, *Yarı Yaylı* ve *Sabit* olmak üzere üç tiptir.

Yaylı ayak S şeklinde bükülmüş çelik bir lamadan yapılmış olup, üst kısmındaki büküntü ikinci bir çelik lama ile güçlendirilmiştir (Şekil 1.15). Bu yapı ayağın herhangi bir engelle karşılaştığı zaman geriye doğru açılmasına olanak tanır. Aletin güvenliği açısından uygun olan bu durumun sık tekrar etmesi, ondüveli bir çizgi tabanının oluşmasına yol açar. Yaylı ayaklar çoğunlukla parçalanması kolay olan hafif topraklarda uygun olup, sert topraklarda çalışamazlar.

Yarı Yaylı Ayak, yaylı ayak kadar esnek olmayıp, bir miktar geriye doğru açılabilirler (Şekil 1.15). Fazla yaylanmadığı içinde iş derinliğini daha iyi korurlar. Toprağı daha çok yırtarak işler ve altta bulunan toprak parçacıklarını yukarı çıkarmazlar.

Sabit Ayak ise dar, düz bir çelik lamadan ibarettir. Bu tip ayaklar ağır ve taşlı toprakların kabartılması için uygundur. Sabit ayaklı kültivatör toprağı yırtarak kaldırıp ve parçalarken, çevresindeki toprak kütlesinin de bir miktar gevşemesine neden olur.

Kültivatörlerde çoğunlukla *Dar* veya *Kazayağı* tipinde iki tip uç demiri kullanılır (Şekil 1.15). Kesme genişliği ~ 55 mm olan dar uç demirinin iki ucu keskinleştirilmiş olup, aşındığında yeni tarafı öne gelecek şekilde değiştirilebilir. Dar uç demirli yaylı ayaklar toprağı 10...15 cm derinlikte kabartarak, tohum yatağı hazırlamada kullanılırlar. Kesme genişliği 300 mm olan kazayağı uç demirli yaylı ayaklar, anız bozmada ve otluların işlenmesinde kullanılır.



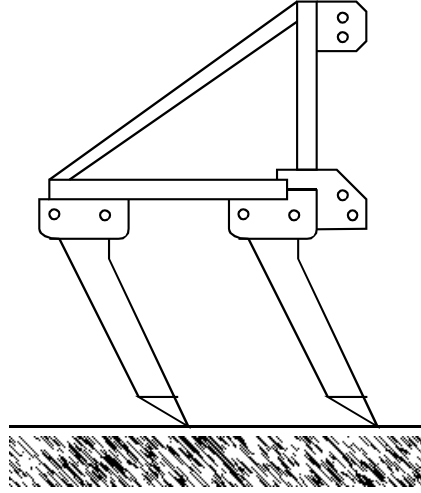
Şekil 1.15 Kültivatör ayak ve uç demiri tipleri

1.3.4 Çizel

Bir çeşit kültivatör olarak nitelendirilebilecek *Çizel*, anız bozmada ve koruyucu toprak işleme sisteminde yaygın olarak kullanılan bir toprak işleme aletidir (Yalçın ve ark., 1997). *Ağır Kültivatör* olarak ta adlandırılan çizel toprağı devirmeden, yırtarak kabartır ve anızın yüzeyde kalmasını sağlar. 30...40 cm iş derinliğinde, toprak sıkışıklığının sorun olduğu yerlerde kullanılan çizel kültivatöre benzeyen yapı (Şekil 1.16) ve işlevleriyle ikinci sınıf toprak işleme aleti olarak nitelendirilmesine karşın, ayçiçeği tarımı başta olmak üzere bazı bölgelerde pulluğa seçenek olarak kullanılmaktadır. Pullukla kıyaslandığında iş başarısının yüksek, yakıt tüketiminin daha az olduğu bilinmektedir. Çizelin yakıt tüketimi açısından pulluğa kıyasla % 50 oranında bir tasarruf sağladığı bilinmektedir (Keener ve Koller'e atfen Yalçın ve ark., 1997). Buna ilaveten anız işleme, tohum yatağı hazırlama, derin kabartma, pulluk tabanını kırma, gübrenin karıştırılması, ve derin köklü yabancı otlara karşı etkin bir şekilde kullanımı nedeniyle giderek daha sık tercih edildiği gözlenmektedir.

Çizel paralel iki sıradan oluşan çatı üzerine yerleştirilen 5, 7, 9 veya 11 işleyici organdan oluşur (Şekil 1.16). Örneğin 7 ayaklı bir çizelde çatının ön sırasında 3, arka sırasında 4 işleyici organ bulunur. Bu dizilimin tersine, yani ön sırada 4, arka sırada 3 ayak olması halinde çeki kuvveti ve çeki gücü gereksinimi artar (YALÇIN ve ark., 1997). Toprakta çalışma esnasında

herhangi bir ayak aşırı bir yükle karşılaşır, emniyet pimini keserek, geriye doğru hareket ederek aletin yada traktörün zarar görmesini önler.



Şekil 1.16 Çizel

1.3.5 Tırmık

Tırmıklar pullukla işlenmiş bir parselde toprağın kabartılması, keseklerin kırılması, yabancı ot köklerinin yüzeye çıkarılıp, toplanması, yağışlardan sonra oluşan kaymak tabakasının kırılmasında, çayır-mera alanlarının bakımında ve serpme olarak ekilen tohumların kapatılmasında kullanılır. Tırmıklar uygun olarak kullanıldığı takdirde üst toprak katmanındaki kılcal gözenekleri parçalayarak, nem kaybını engeller. Ancak sık kullanımı toprak strüktürünü bozar ve tozlaşmaya neden olur. Bu durum gerek erozyon, gerekse kaymak tabakasının oluşumu yönünden istenmeyen bir durumdur. Tırmıklar işleyici organına göre *Diskli*, *Dişli* ve *Yaylı* olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

Diskli Tırmık (Diskaro)

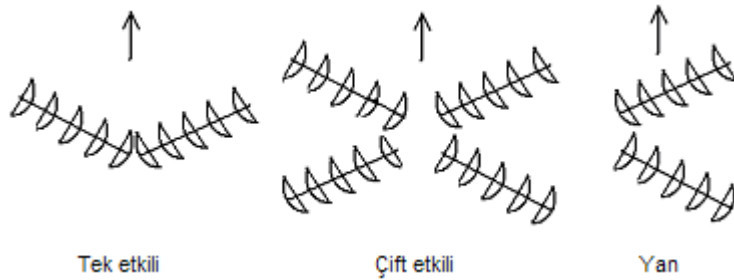
Çoğunlukla *Diskaro* (*Disc-Harrow*) adıyla bilinen diskli tırmığın işleyici organı 400...500 mm çapında ve 3...4 mm kalınlığında, kenarları düz veya kesikli-kıvrımlı içbükey bir çelik disklerdir. Çekilir veya asılır tipte olan diskli tırmıkta disklerin durum açısı sıfırdır. Disklerin bağlı olduğu batarya, disklerin

yön açısı² 0...20° olacak şekilde konumlandırılabilir. Diskli tırmığın iş derinliği disklerin çapına, yön açısına ve aletin ağırlığına bağlıdır. Yön açısı büyüdükçe, iş derinliği artar. Yön açısının büyümesi karıştırma ve ufalama etkisinin artmasına, küçülmesi ise kesme etkisinin artmasına neden olur.

Diskler *Batarya* adı verilen gruplar halinde çatıya konumlandırılmıştır. Her bataryada en çok 12 disk bulunur. Diskli tırmıklar bataryaların sayısı ve konumuna göre üç gruba ayrılır:

- Tek etkili,
- Çift etkili (*Tandem*), ve
- Yan (*Offset*) (Şekil 1.17).

Tek etkili diskli tırmık simetrik iki bataryadan meydana gelir. Her batarya toprağı simetriğine göre ters tarafa ötelendirir. Çift etkili diskli tırmıkta dört batarya bulunur. Öndeki batarya grubu toprağı ortadan dışarı doğru, arkadaki batarya grubu toprağı tam tersine dışardan içeri doğru iletir. Yan tırmıklarda iki bataryanın bağlı olduğu çatı V şeklindedir. Yan etkili diskli tırmığın arka bataryası dışa doğru kaydırılarak meyve bahçelerinde ağaç altlarının daha kolay işlenmesi sağlanır. Diskli tırmığın toprağına olan etkisi aletin ayar durumuna göre ya *Kesme*, ya da *Parçalama-Karıştırma* şeklinde belirginlik kazanır. Ağır topraklarda çok geniş nem düzeylerinde çalışabilen diskli tırmık genel olarak anız bozma, kaymak kırma, mineral ve organik gübreleri kapatma, sap ve yeşil gübrenin toprağına gömülmesi gibi işlerde kullanılır.



Şekil 1.17 Diskli tırmık bataryalarının düzenlenmesi

Diskli tırmıklar pulluktan önce veya sonra kullanılabilir. Parselin pulluktan önce diskli tırmıkla sürülmesi halinde, bir önceki vejetasyondan

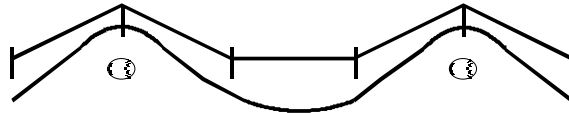
² Yön açısı: Diskin hareket doğrultusu ile yaptığı açı

kalan anız artıkları kesilerek parçalanır ve pulluğun kesip devireceği toprak şeridi hava boşluğu kalmadan, çizi tabanına daha iyi oturması sağlanır (Mutaf, 1984). Bu yapı organik maddenin çürüme sürecine olumlu yönde katkı sağlar. Sonbaharda pullukla işlenen parselin, ilkbaharda diskli tırmıkla işlenmesi ise "İkileme" olarak bilinir. Bu işlemde amaç büyük keseklerin kırılıp, tarla yüzeyinin düzgün hale getirilerek, tohum yatağının hazırlanmasıdır.

Dişli Tırmık

Dişli tırmıklar üst toprağı yırtarak çizi açar, kaymak tabakasını kırar, kabartır, küçük kesekleri parçalar, ve yakalayabildiği ot rizomlarını yüzeye çıkarır. Dişli tırmıklar çatı yapısına göre *Sabit* ve *Oynak Çatılı* olmak üzere iki grupta incelenir. Sabit çatılı dişli tırmıkta dişlerin bağlandığı sıralar çatıya sabit olarak bağlanır. Bu nedenle dişler aynı düzlemde hareket eder. Oynak çatılı dişli tırmıkta çatı mafsallı parçalardan oluşur. Dişli tırmığın aktif organı çatıya düşey olarak bağlı olan çelik bir parmadır. Diş olarak adlandırılan ve her biri toprakta ayrı iz açan bu parmanın enine kesiti yuvarlak, kare, üçgen veya oval olabilir. Yuvarlak ve oval kesitli dişlerin toprağı parçalama etkisi fazla olup, hafif topraklarda kullanılır. Kare kesitli dişlerin bir köşegeni hareket doğrultusunda olacak şekilde çatıya bağlanır ve orta ağır topraklar için uygundur.

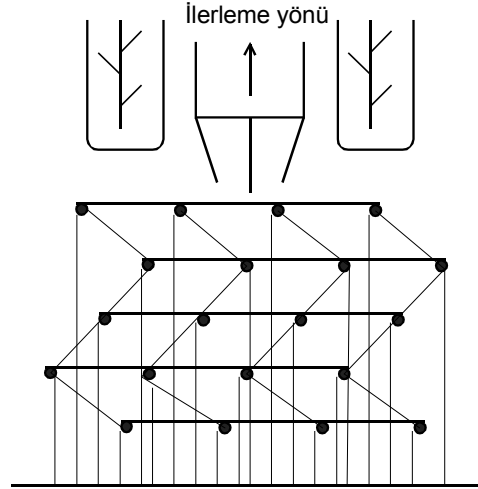
Dişli tırmıkların *Ağ Tırmığı* olarak bilinen tipi, ince düz çubuk şeklinde dişlerin oynak çatıya bağlanmasıyla oluşur (Şekil 1.18) (Mutaf, 1984; Yılmaz ve ark, 2004). Bu özellik sırta dikim yapılan patates gibi yumru bitkilerde, yumrulara zarar vermeden yeni çıkan otların sökülmesinde önemli işlev görür. Bütün dişler kendi aralarında eklemlili olduğu için ağ tırmığı parselin bölgesel engebelerine rahatlıkla uyar. Ağ tırmığı çiftlik gübresi ve yeşil gübrenin dağıtılmasında, patates ve pancar tarımında çimlenme öncesi ve çimlenme sonrasında bakım ve ot mücadelesinde kullanılır.



Şekil 1.18 Yumru bitkilerde ağ tırmığı kullanımı

Kültivatör işleyici organına benzer yaylı çelik parmaklardan oluşan *Yaylı Tırmık* iyi işlenmemiş, engebeli taşlı topraklarda kullanılır. İşleyici organın yay şeklindeki formu hem taş gibi engellerden kurtulmasını, hem de titreşimi sayesinde otların yüzeye çıkartılmasını sağlar. Yaylı tırmık arkasına döner tırmık ve merdane bağlanarak alet kombinasyonu olarak kullanılır.

Parmaklı Tırmık olarak bilinen dişli tırmıklar tarlayı yüzeysel olarak işlemek amacıyla kullanılır. Şekil 1.19'da görülen tip zig zag çatılı olup dişlerin en uygun yerleşimine olanak verdiği için toprak yüzeyinde daha dengeli çalışır. Bu üniteler yan yana kullanılarak iş genişliği arttırılır. Dişli tırmıklar ancak tarla yüzeyine paralel olarak çalıştırılırsa tüm dişlerin eşit derinlikte çalışması mümkün olur. Bunun için çeki hattının tırmık direnç merkezinin diş uçları düzeyinde bulunan yatay düzlem üzerindeki izdüşüm noktasından geçmelidir.

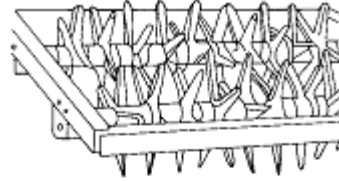


Şekil 1.18 Dişli tırmığın üst görünüşü

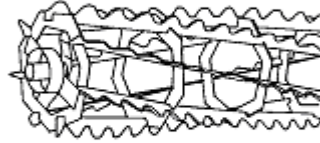
Döner Tırmık

Toprak üzerinde dönerek çalışan döner tırmıklar genellikle diğer toprak işleme aletlerinin arkasına bağlanarak alet kombinasyonu şeklinde kullanılır. Döner tırmık işleyici organa sahip ünitelerin bir çatı üzerinde birleştirilmesiyle oluşur. Her üniteye hareket yönüne dik olan bir milin silindirik olarak çevresine yerleştirilmiş işleyici organ mevcuttur. Bu işleyici organa göre döner tırmıklar *Yıldızvari*, *Dişli*, *Telli* olarak sınıflandırılır.

Yıldızvari yada *Yıldız Döner Tırmık* yıldız şekilli işleyici organların bir mil üzerine yerleştirilmesiyle oluşur (Şekil 1.19). Bu yıldızlar mile uçları helis açılımı sağlayacak şekilde bağlanır. Bu sayede milin dönmesi ile sivri yıldız uçlarının birbirini izleyerek toprağa girmesi ve kesikleri kırarak, toprağı bastırması sağlanır. Toprağı ufalama etkisi sınırlıdır. Diğerlerine göre iş derinliği daha fazla olan bu tırmık (5...10 cm) bitki artıklarının toprağı karıştırılmasında tercih edilmektedir (Yılmaz ve ark., 2004).



Yıldız Döner Tırmık



Dişli Döner Tırmık



Lamalı Döner Tırmık

Şekil 1.19 Döner tırmık tipleri

Dişli Döner Tırmık'ta bir silindirin çevresine üzerinde diş bulunan lamalar helis açılım yörüngesine yerleştirilmiştir (Şekil 1.19). Dişli döner tırmığın kullanım amacı kesek kırmaktan çok, çimlenmiş tohumlara zarar vermeden kaymak tabakasını kırmaktır. Ağır topraklarda sıkıştırma ve ufalama etkisi yüksektir.

Telli (Çubuklu, Lamalı) Döner Tırmık bir mil üzerine belirli aralıklarla yerleştirilen silindirik tambur çevresine helisel yörüngede sarılan çelik çubuk veya lamalardan oluşur (Şekil 1.19). Aynı etki çelik çubuğun mil üzerine

yerleştirilmiş yıldız uçlarının çelik çubukla birleştirilmesiyle de elde edilir. Aletin toprakta çalışması esnasında çelik çubuk toprağa paralel olarak çalışmadığı için toprak fazla bastırılmaz. Tarlada çalışma sırasında toprağı kabartır ve toz haline getirmeden parçalar. İş derinliği ~3 cm'dir. Özellikle hassas ekim açısından önemli olan bu etkinin oluşturulması için ilerleme hızının yüksek olması (~8...10km/h) önerilir.

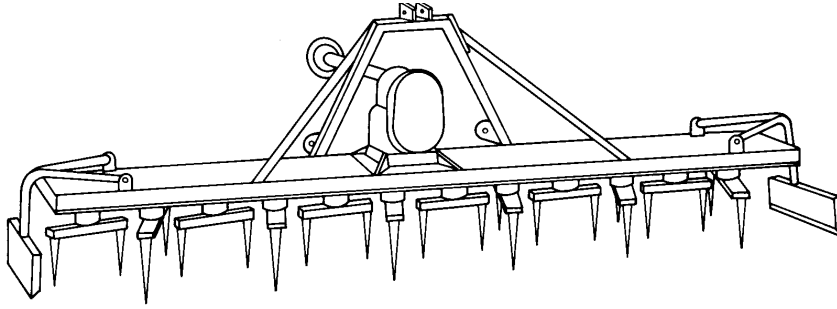
Kuyruk Milinden Hareketli Tırmıklar

Dairesel Dönme Hareketli Tırmık

İkinci sınıf toprak işleme makinalarında kuyruk milinden hareket almanın çeşitli yararları vardır. Bunlar özetle; traktör motor gücünden daha fazla yararlanma, patinajın azaltılması, farklı nem, tekstür ve strüktür koşullarına daha rahat uyum sağlama, toprak parçacık büyüklüğünün amaca uygun olarak ayarlanabilmesi ve nihayet diğer toprak işleme ve ekim makinaları ile alet kombinasyonunun daha uygun koşullarda kullanılmasıdır. Kuyruk milinden hareket alan tırmıklar yurtdışı kökenli oldukları için, henüz yerleşmiş bir terminoloji mevcut değildir. O nedenle farklı kaynaklarda, farklı isimlerin kullanıldığı bilinmelidir.

Kuyruk milinden hareket alan en tipik ikinci sınıf toprak işleme makinası *Dairesel Dönme Hareketli Tırmık*'tir. Bu aletin işleyici organı yatay düzlemde dairesel dönme hareketi yapan bir lamaya düşey olarak karşılıklı bağlanmış, iki adet ucu inceltilmiş çelik parmaktır (Şekil 1.20). Toprakla doğrudan temas eden parmaklar düşey düzlemde dönerek, kesikleri parçalarlar. Parmakların bağlı olduğu dairesel hareket yapan eleman ilerleme yönüne dik bir çatı üzerinde iş genişliği boyunca yan yana dizilmiştir. Her işleyici organın iş genişliği 250...500 mm'dir. Her işleyici organın iş genişliğinin, yanındaki ile bir miktar örtme yapması için, işleyici organlar düşey parmaklar birbirine değmeden çalışacak şekilde ana çatıya yataklandırılmıştır. Kuyruk milinden alınan hareket makine çatısı üzerinde bir dişli kutusuna verilir. Dişli kutusu hem dışında bulunan bir kol, hem de gerektiği takdirde içinde bulunan dişlilerin değiştirilmesi sayesinde işleyici organın farklı hız kademelerinde çalıştırılmasına olanak verir. Toprak işleme yoğunluğu, yada toprak keseklerinin ufalanma düzeyi işleyici organın hızı ile artar. İşleyici organın sabit hız kademesi için traktör ilerleme hızının arttırılması, keseklerin parçalanma düzeyini azaltır. Kuyruk milinden alınan

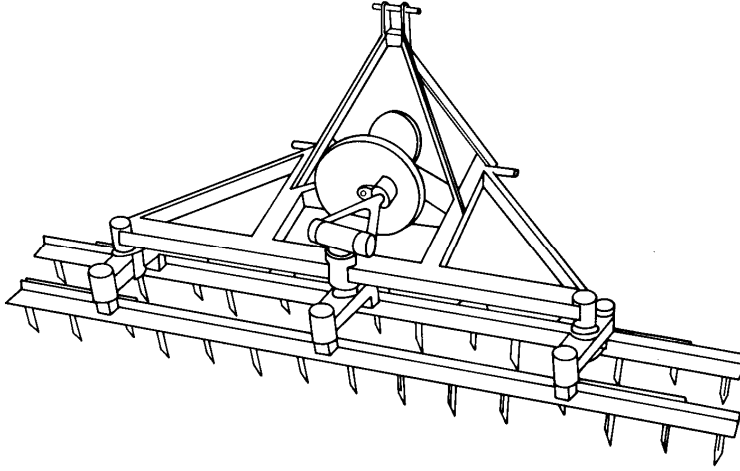
hareket sayesinde bu alet ağır veya anızlı toprak koşullarında bile tıkanmadan çalıştırılabilir. Ancak bu aletin bitkisel artıkları toprağa karıştırma etkisi yoktur. Keza taşlı parsellerde parmakların zarar görme olasılığı vardır. Dairesel dönme hareketli tırmık genellikle ekim makinası ile birlikte kullanılır.



Şekil 1.20 Dairesel dönme hareketli tırmık

Sarsıntılı (Titreşimli) Tırmık

Sarsıntılı tırmığın işleyici organı ilerleme yönüne dik yönde titreşim hareketi yapan iki adet lamaya bağlı 15...30 cm uzunluğundaki parmaklardan ibarettir. Kuyruk milinden alınan hareket bir eksantrik düzeni ile lamalara verilir. Sarsıntılı tırmık yalnız başına kullanıldığında hem hareket yönünde, hem de hareket yönüne dik düzlemde toprağı önemli ölçüde hareketlendirir. Bu hareketlendirme bir anlamda ince tesviyeyi sağlayacak kadar önemlidir. Bir başka ifade ile hiçbir ikinci sınıf toprak işleme aleti sarsıntılı tırmığın oluşturduğu bu etkiyi sağlayamaz. Kuşkusuz bu kadar yoğun işlemenin erozyonu kolaylaştırıcı etkisi de gözden uzak tutulmamalıdır. Sarsıntılı tırmık ayrıca arkasına bağlanan döner tırmık veya merdane ile birlikte veya bunlarında arkasına bağlanan ekim makinası ile birlikte kullanılmaktadır.



Şekil 1.21 Sarsıntılı tırmık

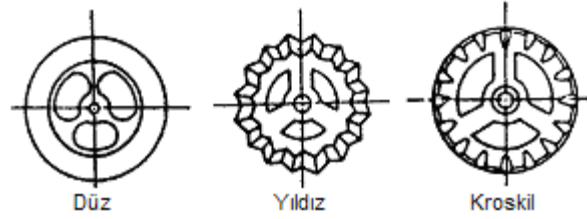
1.3.6 Merdane

Merdanelerin en önemli özelliği diğer aletlerin parçalayamadığı kesikleri ezerek kırması ve bu gevşek yapıyı bastırarak, oturmuş bir tohum yatağı oluşturmasıdır. Bu yolla tohumun toprakla teması ve alt katmanlardaki suyun bitki köklerine kadar yükselmesi sağlanmış olur. Merdanelerin çalışma derinliği 5...10 cm'dir. Merdaneler işleyici organına göre *Düz*, *Parçalı (Dalgalı)* ve *Dipbastıran* olmak üzere üç grupta incelenir.

Düz merdane tarla yüzeyinin bastırılması ve düzeltilmesinde kullanılır. İşleyici organı bir mil üzerine yataklarılmış 45...60 mm çapında yüzeyi düz bir silindirdir. Toprağın düz merdane ile üstten bastırılması sonrasında kılcal gözenekler oluşur. Bu gözeneklerden buharlaşma ile nem kaybını önlemek için merdane arkasına tırmık bağlanabilir.

Parçalı (Dalgalı) Merdane bir mil üzerine takılan ve bağımsız olarak dönebilen değişik profilli halkalardan oluşur. Dalgalı merdanelenin toprağı parçalama ve bastırma etkisi düz merdaneye göre daha fazladır. Parçalı merdane bağımsız olarak dönen işleyici organın şekline göre *Düz Halkalı*, *Yıldız Halkalı*, *Kembriç (Cambridge)* ve *Kroskil* olmak üzere dört tipe ayrılır (Mutaf, 1984). *Düz halkalı* merdanede bağımsız dönen halka konik profillidir (Şekil 1.21). Bu yapı toprakta kılcal gözeneklerden yukarı doğru nem hareketini sağlar. *Yıldız halkalı* merdanelenin halkası piramit uçları şeklinde çıkıntılıdır. Bu merdanelenin toprağı etki tarzında bastırma işlevinin ardından,

yüzeyde hafif ufalanmış bir yapı bırakılması söz konusudur. Bu yapı sayesinde kılcal gözeneklerden yükselen suyun buharlaşması engellenir. *Kembriç* tipi merdanede iki konik halka arasında daha büyük çaplı bir yıldız halka bulunur. Bu sayede aletin çalışırken kendini temizlemesi ve tıkanmadan çalışması sağlanır. *Kroskil* tipi merdanede iki yan yüzeyinde parmak şeklinde çıkıntılar vardır. Halkanın toprakla temas yüzeyi dar olduğu için birim alanda uyguladığı basınç, dolayısıyla kesikleri parçalama etkisi daha fazladır.



Şekil 1.21 Halkalı merdane tipleri

Yukarıda bahsedilen merdane tipleri toprağı yüzeysel olarak bastırır. 10 cm'den daha derin toprak katmanının bastırılması için *Dipbastıran Merdane* kullanılır. İşleyici organı bir mil üzerine dizilmiş, halkalı merdanelere kıyasla daha büyük çaplı konik profilli halkalardır. Dipbastıran merdane organik gübre verilerek, derin sürülmüş bir toprağın kısa zamanda oturması için kullanılır.

1.3.7 Toprak Frezesi

Toprak frezesi kuyruk milinden hareket alarak çalışan bir toprak işleme aletidir. Aktif organı hareket yönüne dik olan yatay bir mile tespit edilmiş flanşlara bağlı olan bıçaklardır. Bu işleyici organın tamamı *Rotor* veya *Tambur* olarak adlandırılır. Frezede bir flanşa bağlı bıçak sayısı genelde 4 adet olmakla birlikte, 2...6 arasında değişir. Bıçak sayısının artmasıyla freze güç gereksinimi azalır. Yaygın olarak bilinen frezelerde (*Düz Dönülü Freze*) rotor ilerleme yönünde döner. Düz dönü yapan frezeler toplam güç gereksiniminin düşük olması ve ilerleme yönünde döndükleri için traktörün çekişine yardımcı olması nedeniyle daha fazla tercih edilir (Çakır, 1989). Birde ilerleme yönüne zıt yönde dönen *Ters Dönülü Freze*'ler mevcuttur. Ters frezeler taşlı arazilerde tercih edilir. Çalışma ilkesi nedeniyle daha geniş bir işleme alanı oluşturur. Ancak enerji gereksinimi daha yüksektir.

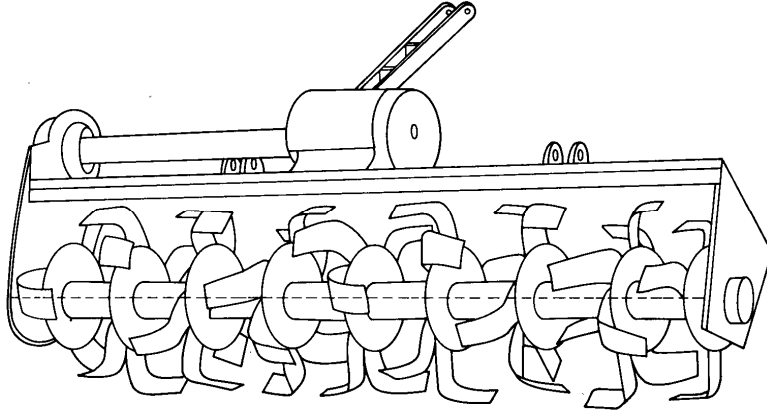
Freze ile çalışma sırasında bıçakların kesip, kopardığı parçalar üstte bulunan koruma sacına çarparak daha küçük parçalara ayrılırlar. Frezenin toprağı parçalayarak, havalandırma özelliğı toprakta humus ayrışmasını hızlandırır. Frezenin toprağı parçalaması rotorun çevre hızı (u) ve ilerleme hızı (v) arasındaki orana bağlıdır. u/v oranı arttıkça, toprak parçacık büyüklüğü azalır ve toprak daha çok ufalanır. Bu oranın arttırılması traktör güç gereksinimini arttırır. Freze rotorunun hızı, kuyruk milinden hareketli tırmıklarda olduğu gibi makina üzerindeki dişli kutusundan değiştirilebilir.

Frezenin çalışma derinliğı çatinın iki yanında bulunan destek tekeri veya kızaklarla ayarlanır. Diğer toprak işleme makinalarında olduğu gibi iş derinliğinin artması, freze güç gereksinimini arttırır. Ancak işlenen birim toprak hacmi için gerekli güç olarak tanımlanan *Özgül Güç Gereksinimi* azalır. Frezenin derinliğı ile birlikte ilerleme hızı da arttırılırsa, güç gereksinimi daha da artar. Yapılan araştırmalarda frezenin derinliğı (h) ve rotor çapı (D) ise, D/h oranının 1.2...1.4 olması gerektiğı bulunmuştur (Çakır, 1989). Rotor yarıçapı freze bıçağının keskin kenarının uç kısmının, flanşın bağlı olduğu mil merkezine olan uzaklığıdır. Büyük çaplı rotorların güç gereksinimi fazladır.

Frezenin tarla tarımı açısından belli başlı kullanım alanları çiftlik gübresinin toprağı karıştırılması, fide ile çoğaltılan bitkilerde dikim yatağının hazırlanması ve tohum yatağı hazırlığı olarak özetlenebilir. Ayrıca orman ve çayır arazilerinin işlenmesinde pulluktan önce frezenin kullanılması pullukla toprak işlemeyi kolaylaştırır. Son yıllarda sıra bitkilerinde kullanılan bir tipide *Frezeli Ara Çapa*'dır. Frezeli ara çapa işleyici organı aralıklı olarak bir mil üzerine yerleştirilmiş olan freze ünitesidir. Her freze ünitesinin iş genişliğı flanş üzerine bağlanan bıçakların sayısının ve bağlanma pozisyonunun değiştirilmesi (düz-ters) ile ayarlanır. Flanşa hareket zincir dişli ile verilmektedir. Frezeli ara çapa 60 cm sıra aralığına ekilen ürünlerde 3 ve 5 üniteli, 45 cm sıra aralığında ekilen ürünlerde ise 2, 4 veya 6 sıralı olarak tercih edilmektedir. Frezeli ara çapa üzerine takılan bir gübre düzeni çapalama ile birlikte mineral gübre uygulanmasına veya lister³ takılarak boğaz doldurmaya da olanak vermektedir.

³ Lister; sağ ve sol pulluk gövdelerinin birleştirilmesiyle oluşan bir gövdeye sahip olan ve ark açarak, parseli sulamaya hazırlamak için kullanılan bir toprak işleme aletidir.

Örtü altı yetiştiriciliğinde küçük iş genişliğine sahip kendi yürür bahçe frezelerin kullanılmaktadır. Meyve bahçelerinde traktör eksenine göre ağaç gövdesine yaklaşabilecek şekilde bağlanarak kullanılan asılır tip frezelerde mevcuttur.



Şekil 1.22 Toprak frezesi

1.4 Toprak İşleme Yöntemleri

Son yıllarda giderek artan çevre bilinci ve işletmecilik anlayışı nedeniyle bitkisel üretim tekniklerinde farklı yaklaşımların daha çok tartışılır ve uygulanır hale geldiği görülmektedir. Bu yaklaşımların tarımsal mekanizasyonu ilgilendiren yanı; bitkisel üretim girdileri içinde önemli bir payı olan mekanizasyon uygulamalarının etkin, ekonomik ve çevreye uyumlu bir şekilde yapılmasıdır. Tarımsal mekanizasyonda işletmecilik giderleri en yüksek olan uygulama toprak işlemedir. O nedenle toprak işleme bitkisel üretime farklı bakış açısı kazandıran sistemlerin sınıflandırılmasında terim olarak ta yer alır. Toprak işleme yöntemini esas alan üç üretim sistemi vardır. Bunlar;

- *Geleneksel Toprak İşleme (Conventional Tillage⁴),*
- *Koruyucu Toprak İşleme (Conservation Tillage), ve*
- *Toprak İşlemesiz Tarım Tekniği (No-Tillage).*

⁴ Parantez içinde verilen İngilizce anahtar terimler kullanılarak web arama makinalarından kapsamlı kaynaklara ulaşmak olanaklıdır.

*Geleneksel Toprak İşleme Yöntemi'*ne dayanan bitkisel üretimde toprak işleme tekniği açısından herhangi bir alet kısıtlaması olmayıp, mevcut toprak işleme aletlerinin tamamından yararlanılabilir. Toprak önce en az 25 cm derinliğinde pullukla devrilerek işlenir, sonra ikinci sınıf toprak işleme aletleriyle büyük kesekler kırılır, bastırılır ve ekime hazır hale getirilir. İkinci sınıf toprak işleme aletleriyle yapılan tohum yatağı hazırlama ve ekim işlemi ayrı ayrı veya birleştirilerek yapılabilir. Geleneksel toprak işlemeli tekniğinin olumlu yönleri;

- Toprakta konaklayan zararlıların yuvalarının imhası, yaşam evrelerinin (yumurta, larva, pupa, ergin) kesintiye uğratılması, mevcut zararlıların toprak yüzeyine çıkartılarak, avcı kuş ve böcekler tarafından yok edilmesi,
- Bitki besinlerinin toprak derinliği boyunca dağıtılması,
- Toprağın havalanması,
- Yabancı ot kontrolü ve
- Ekim vb. işlemlerin kolaylaştırılmasıdır.

Geleneksel toprak işleme özellikle toprak sıkışması ve erozyonu teşvik etmesi yönünden ciddi sorunlara yol açmaktadır. Geleneksel toprak işleme tekniğinin olumsuz yönleri özetle;

- Toprak üst verimli katmanının yok edilmesi, strüktürün bozulması,
- Toprak erozyonu olasılığının artması,
- Nem kaybı,
- Yararlı toprak organizmalarının zarar görmesi ve
- İşletme giderlerinin artmasıdır.

Ülkemizde de uygulanan *Koruyucu Toprak İşleme Tekniği (Conservation Tillage)* bazı kaynaklarda *Azaltılmış Toprak İşleme (Reduced Tillage)* olarak geçmektedir. Bu sistemde temel olarak toprağın devrilerek işlenmesi, yani pulluklar devre dışı bırakılmış olup, toprak sıkışıklığının çok yoğun olduğu yerlerde çizel kullanılmaktadır (Önal ve Aykas, 1992). Bu yöntemde de çizel, tohum yatağı hazırlama ve ekim makinaları ayrı ayrı veya birleştirilerek kullanılabilir. Ülkemizde ikinci ürün mısır veya ayçiçeği tarımında buğday anızının pulluk yerine çizel kullanılarak işlenmesiyle toprak neminin korunduğu, birim alandaki enerji girdisinin azaltılabildiği, zaman kaybının önlenildiği ve iş başarısının yükseltilebildiği tespit edilmiştir (Çakır ve

Keçeciöđlu, 1988; KayıŖođlu, 1990). Genel olarak koruyucu toprak işleme sisteminde yüzeyde bulunan çok az bitki örtüsünün bile erozyonu azaltmakta olduğu bilinmektedir. Bu yöntemde tarla yüzeyinin en az % 30 oranında bitki artığı ile kaplı olması önerilmektedir (Aykas ve ark, 2004).

Koruyucu toprak işleme tekniğinin olumlu yönleri;

- Toprak üzerindeki anız buharlaşmayı önler ve toprak nemi daha iyi korunur,
- Ön bitki veya ikinci ürün artıkları toprak yüzeyine veya yüzeye yakın katmanlara karıştırılarak Üst toprak katmanı korunduğu için yağış ve rüzgar etkisiyle oluşun erozyon azalır,
- Toprak işleme yoğunluğu, dolayısıyla toprak sıkışması azalır,
- Toprak organik madde içeriği artar,
- Yararlı böcekler korunur,
- Toplam üretim maliyetlerinden tasarruf sağlanır.

Koruyucu toprak işleme tekniğinin olumsuz yönleri ise;

- Kültürel işlemlerde yapılan hataların giderilmesi güçtür,
- Toprakta konaklayan zararlı popülasyonu artabilir,
- Yabancı ot popülasyonu esas ürünle rekabet edecek düzeyde artabilir,
- Bir önceki vejetasyondan kalan hastalık ve zararlıların bir sonraki vejetasyona bulaşabilir,
- Toprakta organik materyal dağılımı heterojendir ve genellikle üst katmanda yoğunlaşır,
- Bitkisel üretim açısından ideal bir toprak yapısı görel olarak daha uzun bir zamanda oluşur.

Koruyucu toprak işleme açısından önemli olan yöntemler şunlardır (Aykas ve ark., 2004):

- *Şerit Halinde Toprak İşleme (Strip Tillage)*: Toprak işleme genellikle ekim işlemleri ile birlikte yapılır. Bu amaçla tohumun ekileceği sıra 5...10 cm genişliğinde işlenir. Geri kalan kısım anızlı olarak bırakılır.
- *Ekim Sırasında Toprak İşleme (Plant Tillage)*: Toprak frezesi gibi ikinci sınıf toprak işleme aletleri ile ekim makinasını aynı anda kullanmayı öngören sistemdir. Bu işlem tarlanın tamamında veya şerit halinde uygulanabilir.

- *Malçlı Toprak İşleme (Mulch Tillage)*: Toprak yüzeyi tüm yıl boyunca bitkiyle veya bitki artıklarıyla örtülü bir şekilde muhafaza edilerek, erozyonu ve kaymak tabakası oluşumunu önlemeyi, yüksek filiz çıkışını sağlamayı amaçlayan bir sistemdir. Bu sistemde de tohumun ekileceği bölgenin bitkisel artıklardan temizlenmesi gerekir.
- *Azaltılmış Toprak İşleme (Minimum Tillage)*: Bu yöntemde birinci sınıf toprak işleme aleti olarak çizel ve diskli aletler, ikinci sınıf toprak işlemede de yine diskaro ve kültivatörler kullanılır. Özellikle pulluğun devre dışı kalmasıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanır.

Toprak işlemez tarım tekniği *Sıfır Toprak İşleme (Zero Tillage)* veya ekimle ilişkilendirilerek *Doğrudan Ekim Tekniği (Direct Seeding)* olarak ta adlandırılır. Bu sistemde ürün hasat edildikten sonra ekim öncesi hiçbir toprak işleme uygulanmaz. Bunun için özel anıza ekim makinaları kullanılarak ekim yapılır. Toprak işlemez tarım tekniği doğada kendilinden yetişen bitkilerde zaten süregelen bir durumdur. Ancak toprağı hiç işlemeden kültürel üretim söz konusu olduğunda kuşkusuz üreticinin tarla seçiminden yabancı ot kontrolüne ve ekime kadar olan süreçte daha dikkatli olması gerekir. Bu tekniğin başlıca aşamaları; tarla seçimi, yüzeydeki organik artıklarının düzenlenmesi, yabancı ot kontrolü, hastalık ve zararlılara karşı savaş, gübreleme ve ekim olarak özetlenir (Dursun, 2001). Toprak işlemez tarım tekniğinin uygulandığı parselde drenaj, yabancı ot ve toprak sıkışıklığı sorunları çözülmüş olmalıdır. Bu tarım tekniğiyle diğer tarım tekniklerine benzer, hatta kimi kez daha fazla verim alınabilmektedir. Üretim giderleri az olmasına karşın, en önemli gider unsuru yabancı ot mücadelesidir. Yabancı ot ilaçlarının uygun koşullarda kullanımı ile bu sorunun kısmen giderilmesi olanaklıdır. Toprak işlemez tarım tekniğinin ülkemizdeki en yaygın uygulaması ikinci ürün mısır tarımıdır. Geleneksel toprak işleminin devreden çıkması sayesinde ikinci ürün mısırın anıza doğrudan ekimi 10...15 gün erkene alınmıştır. Toprak işlemez tarım tekniği uzun yıllar uygulandığında toprak organik madde (organik karbon) içeriğinin arttığı bilinmektedir.

Bitkisel üretim açısından uygulanacak tarım tekniğine karar verirken üreticinin pek çok faktörü göz önüne alması gerekir. Beklentilerin gerçekçi bir zemine oturtulması, sonradan ortaya çıkabilecek sorunları önler. Bu anlamda uygulanan sistemlerin uzun yıllık sonuçlarının farklı değişkenler açısından

irdelenmesi gerekir. Örneğin kimi zaman salt verim unsurunu göz önüne almak yeterli olmayabilir. Yalçın'a (1998) atfen Yalçın ve ark., (2003) tarafından yapılan bir yayında silajlık mısır için geleneksel toprak işlemede verim 4100 kg/da olurken, doğrudan ekim yönteminde 3700 kg/da elde edildiği bildirilmiştir. Yalçın ve ark. (1997) tarafından yapılan diğer bir çalışmada buğday tarımında tohum yatağı hazırlama amacıyla geleneksel, koruyucu ve toprak işlemez tarım teknikleri arasında ürün verimi açısından herhangi bir fark tespit edilmemiştir. Tam tersi en yüksek dane verimi toprak işlemez tarım tekniğinde elde edilmiştir. Yalçın ve ark. (2003) tarafından yapılan bir araştırmada pulluk, tek geçişte dipkazan, çift geçişte (çapraz) dipkazan ve anıza doğrudan ekim yöntemi ile ikinci ürün mısır ekimi yapılmıştır. Araştırmacılar başlangıçta yabancı ot sorunu olsa da, toprak işlemez tarımın ürün veriminde önemli bir fark yaratmadığını belirtmiştir. Yine 10 yıl süre ile mısır tarımı yapılan bir alanda toprak işlemez ve geleneksel toprak işleme yöntemlerinin organik madde yönünden karşılaştırılması Çizelge 1.2'de verilmiştir. Çizelge 1.2' den toprak işlemez sistemde 0-5 cm derinlikte daha fazla organik madde biriktirilebildiği anlaşılmaktadır. 5 cm'nin altındaki derinliklerde ise bu kez geleneksel toprak işleme sisteminde organik maddenin daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun gerekçesi derin sürüm nedeniyle organik maddelerin toprak işlemez sisteme göre daha derine gömülebilmesidir. Toprak işleme sisteminin seçiminde çevresel kaygılarda önemli yer tutar. Örneğin Zeren (1985) tarafından yapılan bir atıfta Çizelge 1.3 deki toprak kayıpları bildirilmiştir.

Çizelge 1.2 Toprak İşleme Sistemine Bağlı Organik Madde İçeriği
(Phillips&Philipps'e atfen; Akkuş ve Bayat, 1993)

Toprak Derinliği (cm)	Organik Madde (%)	
	Toprak işlemez sistem	Alışlagelmiş toprak işleme
0-5	2.71	1.38
5-15	1.22	1.73
15-30	0.77	0.90

Çizelge 1.3 Toprak Kaybı Tahminleri (Zeren, 1985)

Toprak İşleme Sistemi		Tahmin edilen toprak kaybı (ton/ha/yıl)
Alışlagelmiş toprak işleme		22.50
Koruyucu toprak işleme	Azaltılmış (Diskaro+Ekim)	11.75
	Şeritvari ekim	5.00
Toprak işlenmesiz sistem		2.00

O halde, yukarıda açıklanan üç tarım tekniğinin (geleneksel, korumalı, toprak işlenmesiz) hiçbirisinden birdenbire mucizevi, rekabet edebilir sonuçlar beklenmemelidir. Tarımın doğaya bağımlılığı nedeniyle bitkisel üretime bilinen ve henüz bilinmeyen çok sayıda faktörün etki ettiği unutulmamalıdır. O nedenle, yöntemlerin verim, organik madde vb. salt tek bir kriterle değerlendirilmesi hatalı sonuçlara neden olabilir. Bu noktada vurgulanması gereken kavram son yıllarda çok sık kullanılan *Sürdürülebilirlik (Sustainability)* veya *Sürdürülebilir Tarım (Sustainable Agriculture)* kavramlarıdır. Toprak işleme dahil olmak üzere tüm mekanizasyon uygulamaları hem sürdürülebilirlik, hem de kütleli üretimin getirdiği teknik-ekonomik zorunluluklar yönünden değerlendirilmelidir.

1.5 Toprak İşleme Aletlerinin Kombinasyonu

Her toprak işleme makinası yalnız başına kullanıldığı zaman çalışma tarzı ve işleyici organının özelliklerine bağlı olarak toprakta özel bir etki oluşturur. Farklı toprak işleme makinalarının kombinasyon halinde, aynı anda, tek bir çatı üzerinde kullanımı ise farklı amaçların tek trafikte gerçekleşmesine olanak verir. "*Kombinasyon*" terimi ile birden fazla toprak işleme makinasının aynı çatı üzerine bağlanarak, aynı anda, yani tek geçişte kullanımı kast edilmiştir. Bu kavram farklı toprak işleme aletlerinin kullanım sırasının ve yerinin değiştirilmesindeki kombinasyon ile karıştırılmamalıdır. Toprak işleme makinalarının kullanım sırasının değiştirilerek, farklı zamanlarda kullanımı "*Toprak İşleme Yöntemi*" olarak algılanmalıdır. Makine kombinasyonunda toprak işleme makinaları ile birlikte ekim makinalarının da kullanıldığı belirtilmelidir.

Toprak işleme aletleri kombinasyonun üstünlükleri şunlardır;

- Toprak işlemeden beklenen yarar açısından birden fazla etkinin aynı anda, tek geçişte sağlanması,
- Zamandan ve işletme giderlerinden tasarruf edilmesi ve
- Toprak üzerindeki trafiğin, dolayısıyla toprak sıkışıklığının azaltılmasıdır.

Toprak işlemeden beklenen yararların aynı anda sağlanması bazen tek trafikte mümkün olmayabilir. Kimi zaman özellikle derin sürümün önem kazandığı hallerde önce bir derin sürüm aleti ile işleme yapılır, ardından tek trafikte alet kombinasyonu kullanılır. Örneğin Yalçın ve ark (2001) tarafından yapılan araştırmada ikinci ürün tarımına hazırlık amacıyla buğday anızının işlenmesinde aşağıdaki toprak işleme yöntemleri kullanılmıştır;

- I. Pulluk + Yaylı Kültivatör – Döner Tırmık Kombinasyonu
- II. Çizel + Yaylı Kültivatör
- III. Çizel + Yaylı Kültivatör – Döner Tırmık Kombinasyonu
- IV. Çizel – Döner Tırmık Kombinasyonu

Yukarıda belirtilen yöntemlerin ilkinde örneğin önce pullukla derin sürüm yapılmış, ardından tek geçişte *Yaylı Kültivatör–Döner Tırmık Kombinasyonu* (I) kullanılmıştır. Keza sonuncu yöntemde sadece *Çizel – Döner Tırmık Kombinasyonu* (IV) tek trafikte kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler içinde *Çizel + Yaylı Kültivatör – Döner Tırmık Kombinasyonu* (III) en az toprak sıkışıklığı, en düşük yakıt tüketimi ve yüksek iş başarısı nedeniyle en uygun yöntem olarak önerilmiştir. Bu yöntem, toprak parçacık büyüklüğü ve dağılımı yönünden ideal bir tohum yatağı oluşturmaktadır. Diğer yandan dördüncü yöntem (*Çizel – Döner Tırmık Kombinasyonu*), üçüncü yöntemden (*Çizel + Yaylı Kültivatör – Döner Tırmık Kombinasyonu*) daha az yakıt tüketimine ve en yüksek iş başarısına sahip olmasına karşın, 5 mm'den büyük toprak parçacıklarının fazlalığından ötürü ikinci uygun yöntem olarak belirlenmiştir. Pulluğun kullanıldığı birinci yöntemde (*Pulluk + Yaylı Kültivatör – Döner Tırmık Kombinasyonu*) yüksek toprak sıkışıklığı, düşük iş başarısı ve büyük toprak parçacık yapısı nedeniyle en olumsuz sonucu vermiştir. Toprak işleme aletlerinin gerek kendi arasında, gerekse bu gruba ekim makinalarının da dahil edilmesiyle oluşturulan kombinasyonda toprak sıkışıklığına yol açtığı bilinen tarla trafiğinin sayısı azaltılmaktadır. Yapılan araştırmalar toprak işleme nedeniyle toprakta meydana gelen sıkışıklığın ilk üç geçişte olduğunu

göstermiştir (Çakır ve ark., 1997). Tarla trafiğine ilaveten traktör hızının ve makine ağırlığının da toprak sıkışıklığı üzerinde olumsuz etkisi vardır (Çarman, 1993). O halde, bitkisel üretimde kullanılan toprak işleme aletlerinin sayısının azaltılarak, tek geçişte toprak işleme ve ekim işleminin tamamlanması toprak sıkışıklığının azaltılmasına önemli bir katkı sağlar. Ancak özellikle toprak işleme yönünden kültür bitkisine ve ekolojik gereksinimlere dikkat edilmelidir.

Kaynaklar

- AKKUŞ, Ş, A. BAYAT. 1993. Toprak İşleme Sistemlerinin Organik Madde İçeriği Bakımından İncelenmesi ve Konya'nın Kadınhanı ve Ilgın İlçelerindeki Uygulamaları. 5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 11-14 October 1993, Kuşadası-İzmir, Proceedings:210-218.
- AYKAS, E., E. ÇAKIR, H. YALÇIN. 2004. Koruyucu Toprak işleme ve Doğrudan Ekim Tekniklerinin Ege Bölgesi Koşullarında Uygulanabilirliği. TAYEK Toplantısı Bildirileri, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, No:117, 80-88
- BAL, H., 1985. Toprak Sıkışması, Sorunları ve Çözüm Yolları. Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi, 20-22 Mayıs 1985, Adana. Bildiriler: 131-138.
- ÇAKIR, E., 1989. Toprak Frezesinin Dizayn Parametreleri. Tarım Makinaları Bilimi ve Tekniği Dergisi: 3, 58-60.
- ÇAKIR, E., G. KEÇECİOĞLU, 1988. Buğday ve Mısır Bitkilerinde Çizel ve Pullukla Toprak İşlemede Enerji Gereksinimi. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi, 10-12 Ekim 1988, Erzurum. Bildiriler: 164-171.
- ÇAKIR, E., C.E. JOHNSON, A.C. BAILEY. 1997. Tekrarlı Yüklemelemede Toprağın Davranışı. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Tokat. Bildiriler: 762-769.
- ÇARMAN, K. 1993. Tarla Trafikinin Toprak Sıkışmasına Etkisi. Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi 1, 255-266.
- ÇARMAN, K., H. DOĞAN, 1997. Farklı Temas Basıncı ve Yüklme Süresinin Toprağın Mekanik Özelliklerine Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Tokat. Bildiriler: 348-356.
- DEMİR, F., U. YILDIZ, A. PEKER, 1993. Titreşimli Dipkazanın Yapımı ve İşletme Karakteristiklerinin Belirlenmesi. 5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 11-14 October 1993, Kuşadası-İzmir, Proceedings:151-160.
- DURSUN, İ.G., 2001. Toprak işlemsiz Tarım Tekniği. Tarımsal Mekanizasyon 20. Uusal Kongresi, 13-15 Eylül 2001, Şanlıurfa, 151-156.
- EICHHORN, H., 1985. Landtechnik. 6. Auflage. Ulmer Verlag, Deutschland, 660 p.
- GÖKNUR, İ., E. DURSUN, M.A. EROL, 1995. Kare Gövdeli Döner Kulaklı ve Mevcut Kulaklı Pullukların Bazı İşletme Karakteristiklerinin Karşılaştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 16. Uusal Kongresi, 5-7 Eylül 1995, Bursa, 344-352.
- IŞIK, A., İ.K.TUNÇER, İ. AKINCI, N.E.KARAKAYA, 1993. Titreşimli Tek Ayaklı Dipkazan Prototipi ve Çeki Gücü Gereksinimi. 5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 11-14 October 1993, Kuşadası-İzmir, Proceedings:141-150.
- KAYIŞOĞLU, B., 1990. Tarakya Bölgesinde Ayçiçeğinin Mekanizasyonu ile Bitkinin Mekanizasyona Dönük Özelliklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. T.Ü.F.B.E., Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- KİRİŞÇİ, V., S.M. SAY, A. IŞIK, İ. AKINCI, 1995. Tarım Makinaları ile Çalışmada Etkili Toprak Özellikleri. Tarımsal Mekanizasyon 16. Uusal Kongresi, 5-7 Eylül 1995, Bursa, 490-501.

- MUTAF, E., 1984. Tarım Alet ve Makinaları I. EÜZF Yayınları: 218. 464 s.
- OKURSOY, R., 1992. Toprak İşleme Aletlerinin Dizaynında Toprak Parametreleri. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, 14-16 Ekim 1992, Samsun, Bildiriler: 20-27.
- ÖNAL, İ., E. AYKAS, 1992. Tahılda Koruyucu Toprak İşlemeye Uygun Ekim Teknikleri. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, 14-16 Ekim 1992, Samsun, Bildiriler: 74-89.
- ÖZBAŞ, K., 1977. Pulluk Ayarları ve Sürüm Tekniği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk-Alman Ziraat Makinaları Eğitim Merkezi-Söke. Ders Notları: 2, 38 s.
- ÖZGÖZ, E., R. OKURSOY, 1997. Toprak Sıkışması ve Penetrasyon Direncinin Ölçümünde Kullanılan Penetrometreler. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Tokat. Bildiriler: 310-320.
- SAY, S.M., A. IŞIK, 1996. Penetrasyon Direncinin Toprak Koşulları ile Değişiminin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 433-444.
- TEZER, E. ve Y. ZEREN, 1990. Tarımsal Mekanizasyon. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları. Ders Kitabı No: 72. 260 s.
- TÜCER, A., İ. ÖNAL, 1997. Farklı Toprak İşleme Sistemlerinde Bitki Hastalıkları, Zararlıları, Yabancı Otlar ve Bunlarla Mücadele Yöntemleri. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Tokat. Bildiriler: 282-289.
- YALÇIN, H., V. DEMİR, R. UÇUCU, 1997a. Çizel Aktif Organların Farklı Diziliş Konumlarında ve Farklı Çalışma Hızlarında İşlevsel Etkinliğinin ve İşletme Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Tokat. Bildiriler: 406-414.
- YALÇIN, H., V. DEMİR, H. YÜRDEM, N. SUNGUR, 1997b. Buğday Tarımında Azaltılmış Toprak İşleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, 17-19 Eylül 1997, Tokat. Bildiriler: 415-423.
- YALÇIN, H., E. ÇAKIR, E. GÜLSOYLU, G. KEÇECİOĞLU. 2001. Tohum Yatağı Hazırlamada Uygulanan Farklı Toprak İşleme Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma. EÜZF Dergisi: 38(1), 71-78.
- YALÇIN, H., E. ÇAKIR, H. AKDEMİR, T.ÖCEL, H. SOYA. 2003. Doğrudan Ekim ve Dipkazan Uygulamalarının İkinci Ürün Mısırdaki Verime Etkileri. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül 2003, Konya, Bildiriler: 167-171.
- YILMAZ, M., B. ENGÜRÜLÜ, Ö. ÇİFTÇİ, M. GÖLBAŞI, H.Ç. BAŞARAN, M. AKKURT, 2004. Toprak İşleme Alet ve Makinaları. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Makine eğitim Merkezi Müdürlüğü Yayınları. 233 s.
- ZEREN, Y., 1985. Toprak İşlemesiz Tarım tekniği ve İkinci Ürün Soya ve Mısıra Uygulanması. TZDK mesleki Yayınları, No:39, Ankara.