

TARIMSAL MAKİNALARI DERSİ

DİKİM VE GÜBRELEME

MAKİNELERİ



DİKİM MAKİNALARI

Dikim malzemelerinin çeşitliliği özel dikim makinelerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bakımdan dikim makineleri yaptıkları işe göre gruplandırılır. Örneğin; patates dikim makineleri, fide dikim makineleri, fidan dikim makineleri, ağaç dikmek için çukur açma makineleri gibi...



DİKİM MAKİNALARI

Kültürel üretimde bazı bitkiler:
yumru,
soğan,
çelik,
fide veya fidanlardan
üretilmektedir.

Ana bitkiyi oluşturacak bu bitkisel aksamın toprağa yerleştirilmesi işlemine dikim işlemi denir.

Yaptıkları işe göre dikim makinaları aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Fide dikim makinaları
- Fidan dikim makinaları
- Patates dikim makinaları
- Çukur açma makinaları

Fide Dikim Makinaları

Fide Dikim Tekniği:

- Tütün, domates, patlıcan, marul, lahana gibi bazı bitkiler gelişme devrelerinin ilk günlerinde özel bakıma ve belirli nem ve sıcaklık derecesine gereksinme duyduklarından, önce yastıklara tohum olarak ekilir.
- Yastıklarda fide haline gelen genç bitkiler daha sonra ana üretim alanlarına şaşırtılırlar.
- Fidelerin dikimi el ile yapılabildiği gibi bu amaçla geliştirilmiş özel makinalar da kullanılmaktadır.
- El ile dikim zaman alıcı ve yorucu olmasının yanı sıra iş gücü tüketimi de oldukça fazladır.
- Makinalı dikimde özel ayaklarla dikdörtgen profilli fide çukurları açılır.
- Günümüzde kullanılan fide dikim makinalarının büyük çoğunluğu yarı otomatik olup, fidelerin dikim düzenine verilmesi elle yapılmaktadır.

FİDE DİKİM MAKİNASININ PARÇALARI



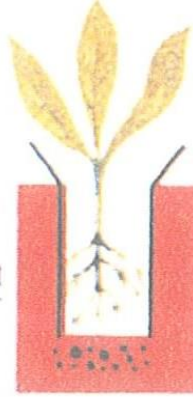
- (1) Çizi açıcı ayak
- (2) Dikim düzeni
- (3) Baskı tekerlekleri
- (4) Çizi kapatıcı
- (5) Ön silindir
- (6,7) Fide kasası platformu

Bu arada sulama sisteminden fideye can suyu verilir.



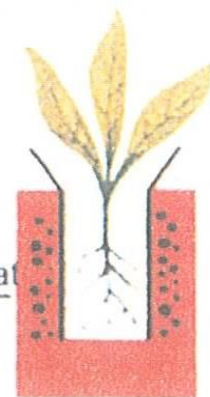
Elle Dikim

	Verim	Adet/dk	Adet/saat
Fide	6		360
Patates	25		1500



Gübrelemeli
makine ile dikim

	Verim	Adet/dk	Adet/saat
Fide	45		2700
Patales	110		6600



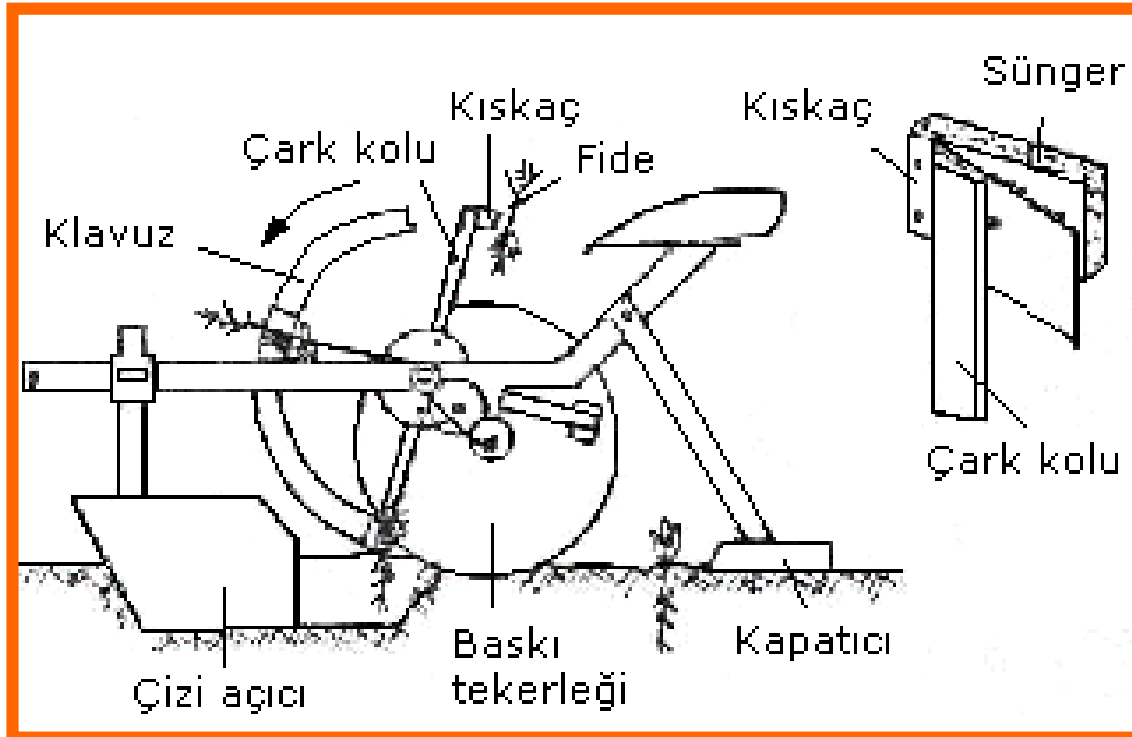
Fide dikim makinalarında bazı özellikler:

- 1- Dikim sırasında fideler zedelenmemelidir. Bu yönden fidelerin en fazla % 1'inin zedelenmesine izin verilebilir,
- 2- Dikimde fide toprağa sıkıca bastırılmalıdır. Dikimden sonra fideyi topraktan çıkarabilmek için gerekli kuvvet en az 0.3 kg olmalıdır. Bu değerde kök çıkmamalı, daha önce yapraklar kopmalıdır.
- 3- Fide dikim makinası değişik sebzelerin dikimi için uygun yapıda olmalı,
- 4- Fide tutma oranı % 95'i bulmalı,
- 5- Sıradan bitkinin sapması ± 3 cm'yi aşmamalı,
- 6- Fide dikim makinaları can suyu verme mekanizmasına sahip olmalıdır.
- 7- Fide dikim makinası ile, gerektiğinde dikimde sıraya mineral gübre verilebilmelidir.
- 8- Fide dikim makinaları gerektiğinde topraklı fideyi de dikilebilmelidir.

Kombine Kısaçlı Zincirli Fide Dikim

Makinası

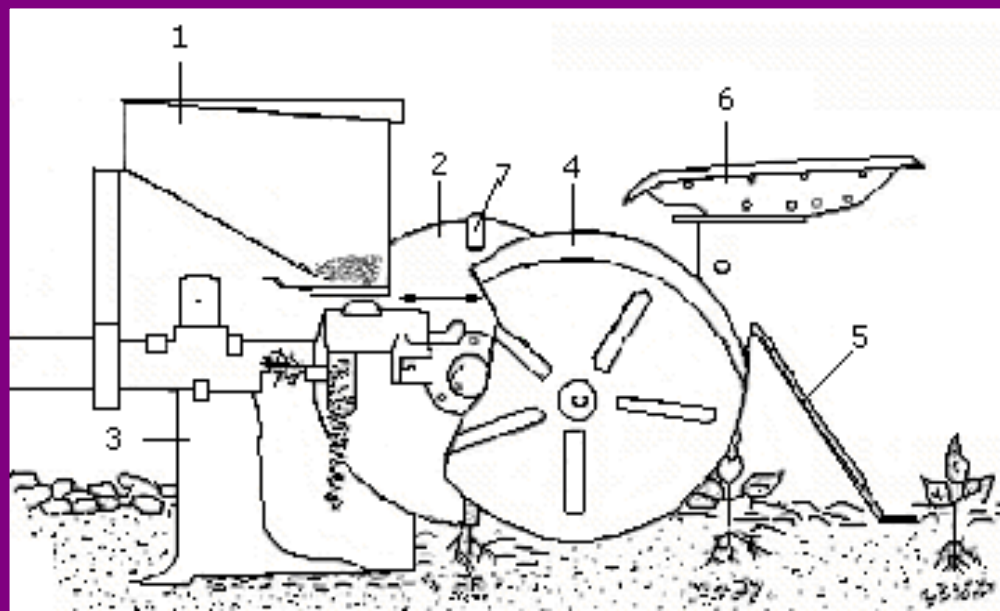
Makina tekerleğinden hareket alarak dönen açık kısaçların arasına fideler elle, kökleri dışarı gelecek şekilde dik olarak yerleştirilir. Kılavuz demirinin etkisiyle kısaçlar kapanarak fideyi tutar. Fidenin zedelenmemesi için kıskaçın iç yüzey süngerle kaplanmıştır. Aşağı doğru çizi içine taşınan fideler açık çiziye yerleştirilirken can suyu verilir, baskı tekerlekleri toprağı bastırır ve kılavuz demirinden çıkan kısaçların açılması ile fide serbest bırakılır. Topraklı veya çıplak köklü değişik özellikteki



Diskli Dikim Düzenli Fide Dikim

Makinası

Dikim düzeni, ön tarafta aralarında açığı oluşturacak şekilde çatıya yataklanmış esnek iki diskten oluşmuştur. Baskı tekerleklerinden hareket alan disklerin çevresine belirli aralıklarla fidelerin yerleştirilecekleri noktalar işaretlenmiştir. Çalışma sırasında diskler dönerken işçi disklerin değme noktasından önce işaretli yerlerin arasına kökleri yukarı gelecek şekilde fideyi yerleştirir. Bu noktadan sonra birbirine temas ederek dönen diskler yakaladıkları fideyi çiziye kadar taşırlar. Alt noktada birbirinden ayrılan diskler fideyi serbest bırakırlar. Disklerin dönü hızı veya disk üzerinde fide yerleştirme noktalarının sayısı değiştirilerek sıra üzeri fide dikim aralığı diğer



Patates Dikim Makinaları

- Bir çapa bitkisi olan ve geniş bir yaşam alanına gereksinim duyan patates bitkisinin yumruları, geniş sıra arası (50-75 cm) ve sıra üzeri (35-55 cm) uzaklıklarda dikilmektedir.
- Bölgenin toprak ve iklim koşullarına göre yumrular düze, sırta veya çiziye dikilebilir.
- Hafif topraklarda, sıcaklığın yeterli olduğu koşullarda ve toprak nemini korumanın önem kazandığı yerlerde yumrular çiziye, ağır topraklarda, yağışlı ve sıcaklığın düşük olduğu bölgelerde sırta dikim tekniği uygulanır.

Patates dikim makinalarının temel çalışma ilkesi;

- 1- Ayaklar tarafından yumruların yerleşeceği çizilerin açılması,
- 2- Yumruların çiziye belirli aralıklarla bırakılması
- 3- Üzerlerinin toprakla örtülüp kapatılmasıdır.

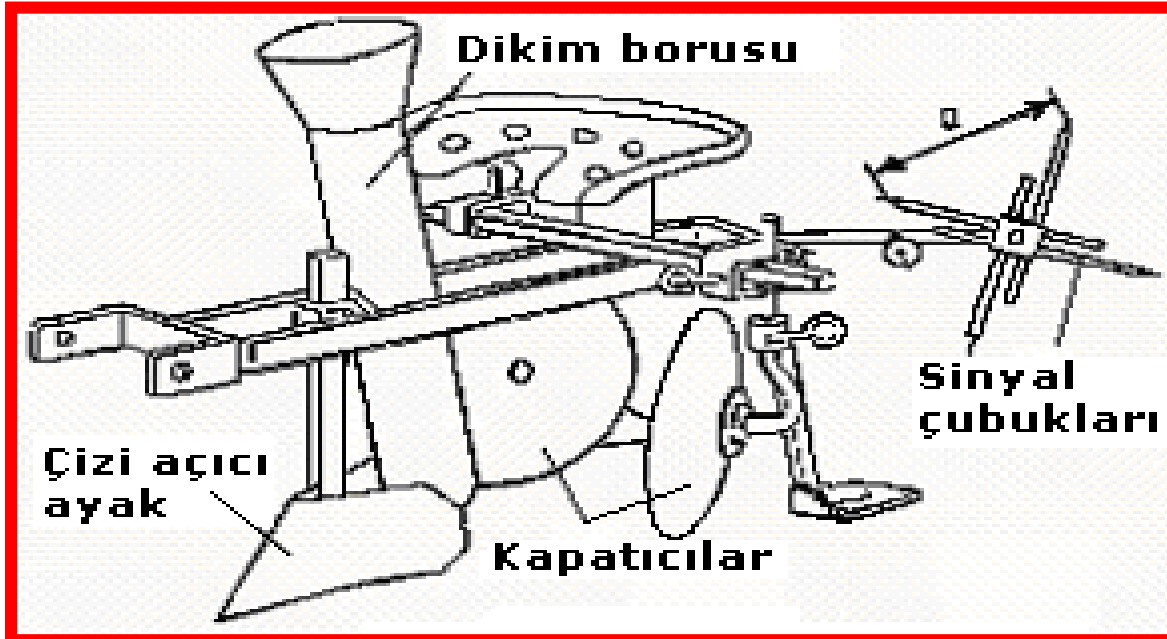
Yumruların dikim düzenine verilme şekline göre patates dikim makinaları:

1. Elle beslemeli (sinyalli dikim borulu, bölmeli tambur, ve kepçeli zincirdir)
2. Otomatik beslemeli patates dikim makinaları (kepçeli çark, kıskaçlı çark ve kepçeli zincirli)

Elle Beslemeli Patates Dikim Makinaları

a- Sinyalli Dikim Borulu

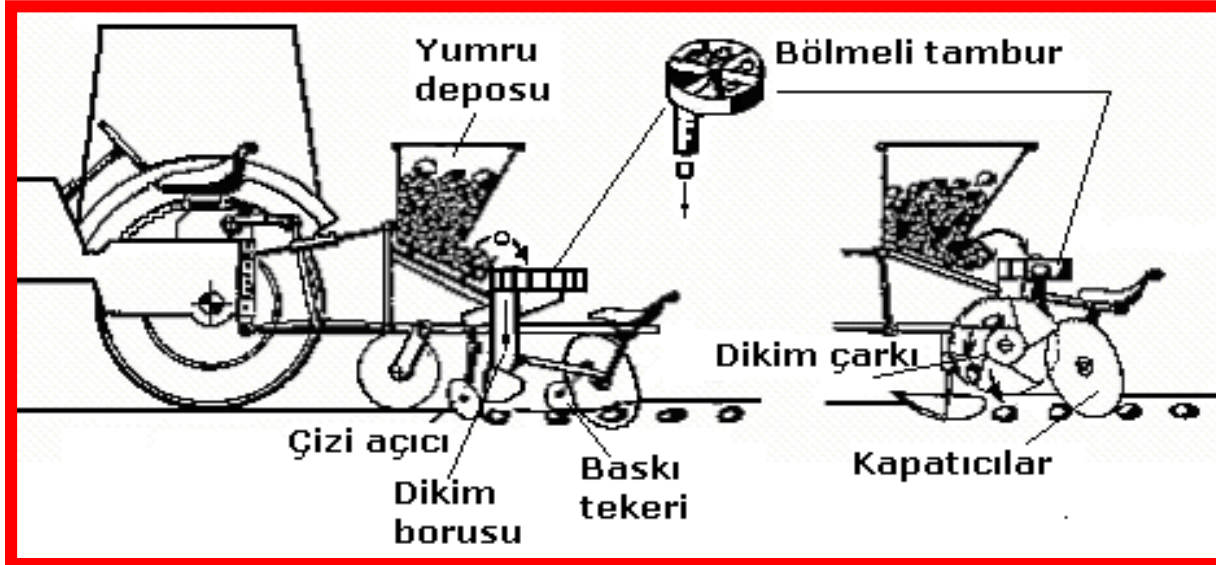
Sinyalli dikim borulu ekim makinalarında, çizi açıcı ayağın kanatları arasına uzanan bir boru yerleştirilmiştir. Tek veya çok sıralı olan makinanın dikim üniteleri, dikim borusu, çizi açıcı, kapaticılar ve sinyal düzeninden oluşmaktadır. Makinanın arkasında istenilen sıra üzeri uzaklıklarına göre ayarlanabilen sinyal çubukları toprağa takılarak dönerler ve zile çarparak belli aralıklarla sinyal verilmesini sağlarlar. Sinyal çubuklarının boyu değiştirilerek dikim aralığı ayarlanır



Elle Beslemeli Patates Dikim Makinaları

b- Bölmeli tamburlu

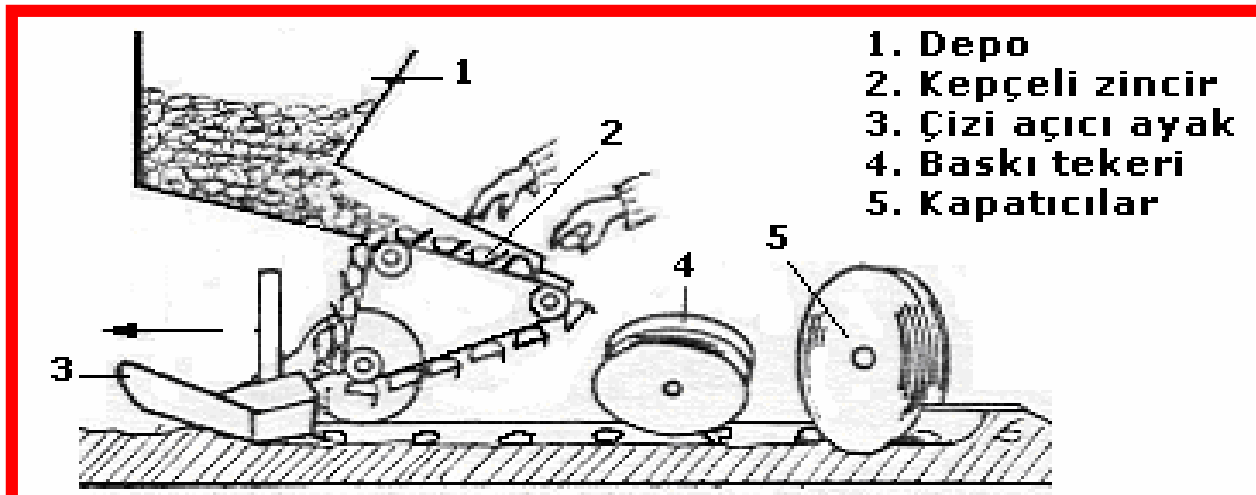
Bölmeli tamburlu makinalarda dikim borusunun üstüne, makina tekerleğinden hareket alarak dönen bir yatay veya düşey tambur yerleştirilmiştir. Tambur bölmelerinin doldurulması işçilerce yapılır. Patates dolu olan bölmeler yumru borusu veya dikim çarkının üstüne gelince, bölmenin alt kapağı açılarak yumru dağıtıcıya düşer. Bu makinalarda sıralar üzeri uzaklık bölmeli tamburun hızına göre değişir ve doğrudan makinanın aldığı yola bağlıdır. İstenilen sıra üzeri yumru uzaklığı, tekerlek ile tambur arasındaki iletim oranı değiştirilerek elde edilir.



Elle Beslemeli Patates Dikim Makinaları

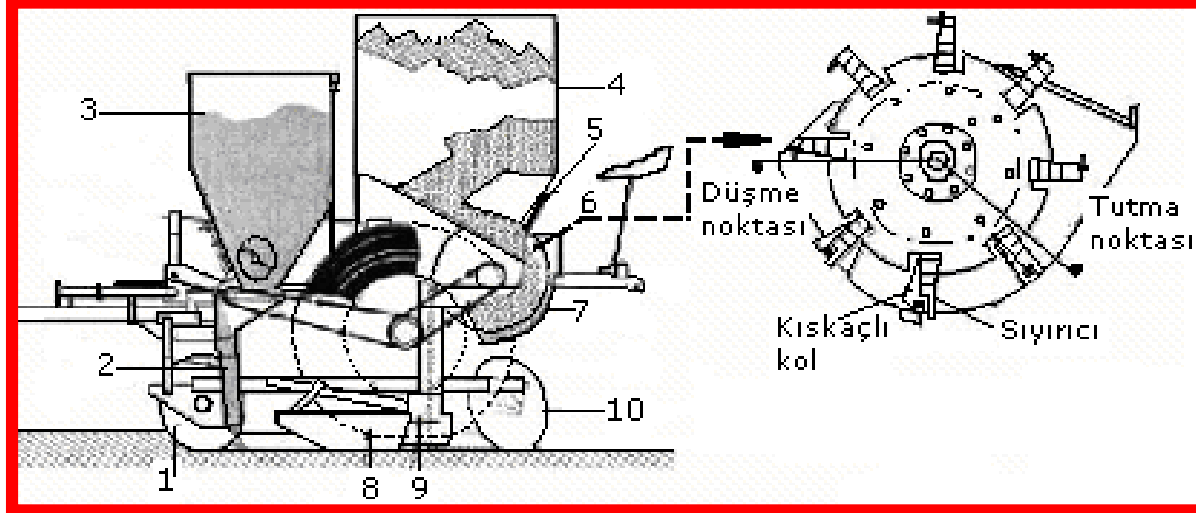
c-Kepçeli zincirli

Kepçeli dikim düzenli makinalarda bir zincir üzerine bağlanmış olan kepçeler yumruyu çiziye taşımaktadır. Kepçelere işçiler tarafından birer adet yumru yerleştirilir. Bu yumrular, iki ya da üç adet makara çevresinde dolaşan zincirle çizi ayağın açtığı çiziye kadar taşınır. Baskı tekerlekleri toprağı yumrulara doğru sıkıştırarak yumru-toprak temasını arttıırlar. Arkadan gelen kapatıcılar ise çizi üzerindeki toprağı düzelterek dikim işlemini sona erdirirler. İstenilen sıra üzeri yumru uzaklığı makaraların dönü hızı veya zincir üzerindeki kepçe sayısı değiştirilerek ayarlanır.



Otomatik beslemeli Patates Dikim Makinaları

Otomatik beslemeli dikim makinalarında çizinin açılıp kapatılmasının yanı sıra, yumruların depodan alınıp çiziye bırakılması işlemleri de makina tarafından yapılır. Filizlenmiş yumruların dikimine uygun değildir. Otomatik beslemeli patates dikim makinalarında kullanılacak yumruların boyutlarına göre sınıflandırılmış ve düzgün şekilli olması gerekmektedir. Otomatik patates dikim makinaları; yumruyu taşıyan bir depo, dikim düzeni, çizi açıcı ayak, kapatıcılar,

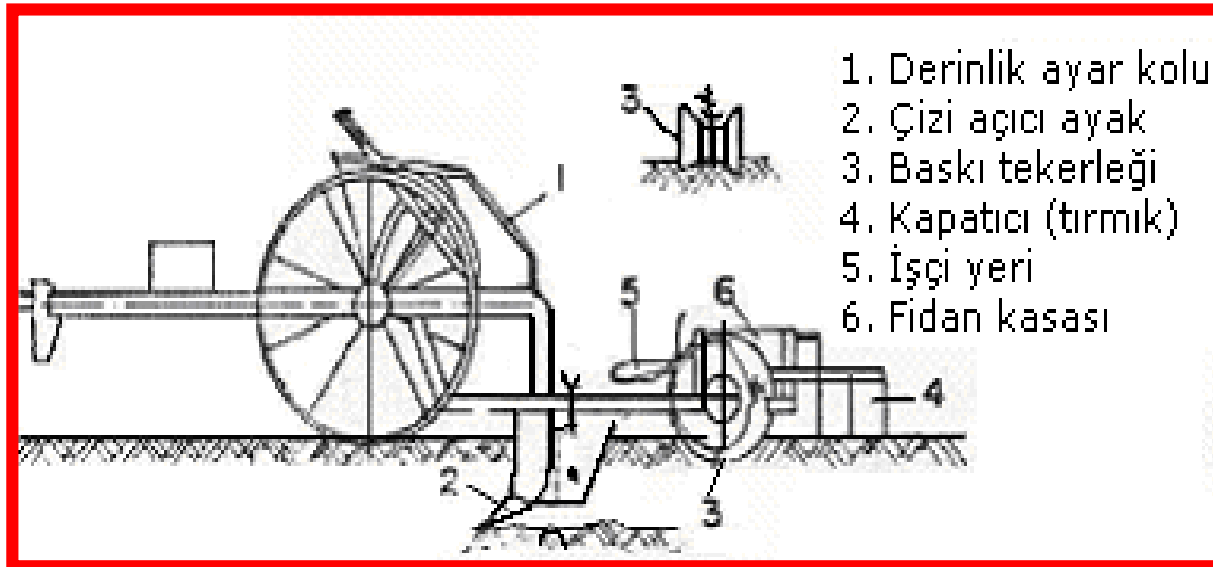


1. Gübre ayağı, 2. Gübre borusu, 3. Gübre deposu, 4. Yumru deposu,
5. Sürgülü kapak, 6. Kıskaçlı çark, 7. Yumru hücresi, 8. Çizi açıcı ayak,
9. Yumru borusu, 10. Kapatıcı diskler)



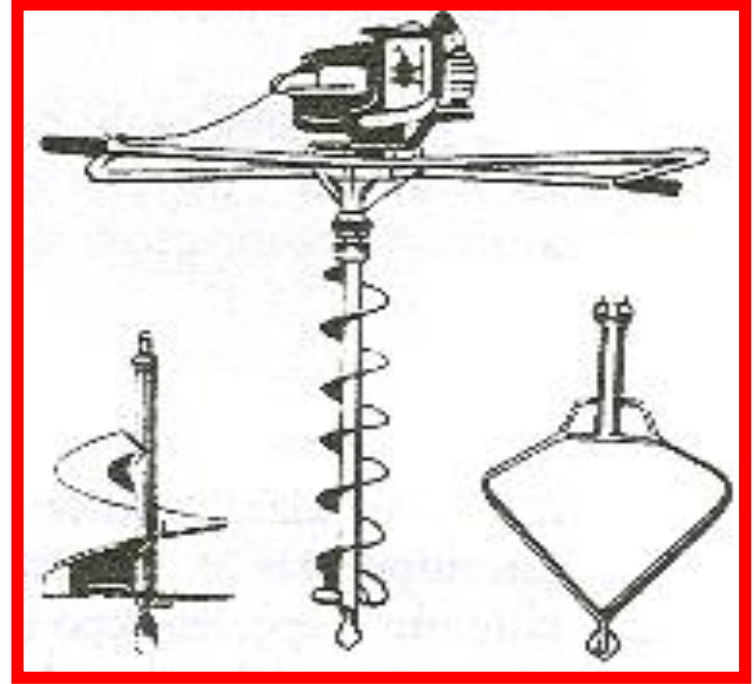
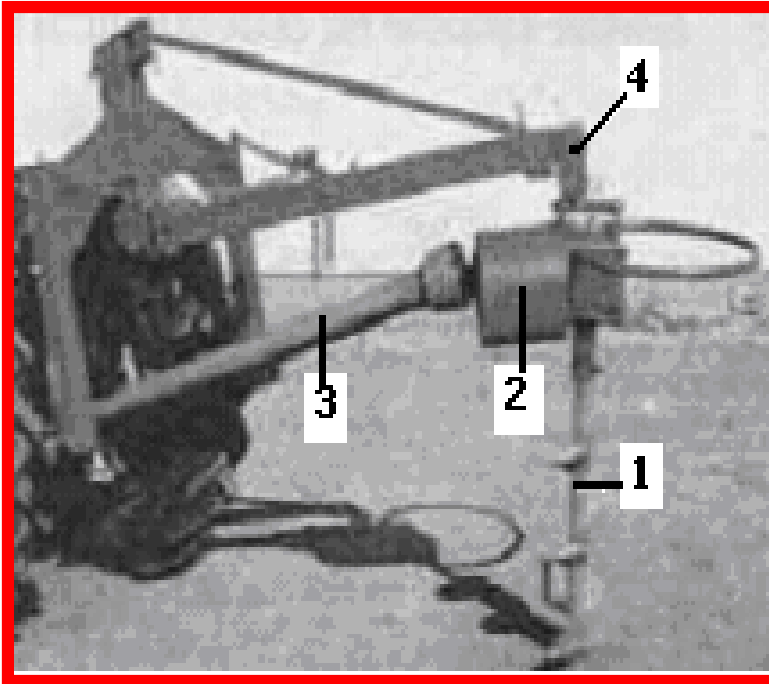
Fidan Dikim Makinaları

- Bir veya iki yıllık ağaç fidanlarının ana üretim alanlarına dikimi yoğun iş gücüne gereksinim göstermektedir. Fidan çukurlarının açılması, fidanların çukurlara yerleştirilmesi, köklerinin toprakla örtülüp etrafındaki toprağın bastırılması, nem kaybını azaltmak için toprağın kabartılması gibi işlemlerin zor ve zaman alıcı olması fidan dikim veya çukur açma makinalarının (toprak burgularının) geliştirilmesine yol açmıştır.



Çukur Açma Makinaları

Çukur açma makinaları meyve ve orman ağaçları ile çit ve bağ direklerinin dikilmesinde kullanılan ve elle çalışmaya göre iş hacmini büyük oranda azaltan makinalardır. Fidanın büyüklüğüne göre açılacak çukurun çapı 20-100 cm, derinliği ise 100 cm'ye kadar ulaşmaktadır.



Gübreleme Makinaları

Birim alandaki ürün verimini artırmak için kullanılan girdilerden biriside gübredir. Gübre; tohumun çimlenmesinden olgunluk devresinin sonuna kadar bitki toprak altı veya toprak üstü organları tarafından alınabilen organik veya inorganik esaslı olan ve bitkilerde gelişmeyi

I- Organik Gübre Dağıtma Makinaları

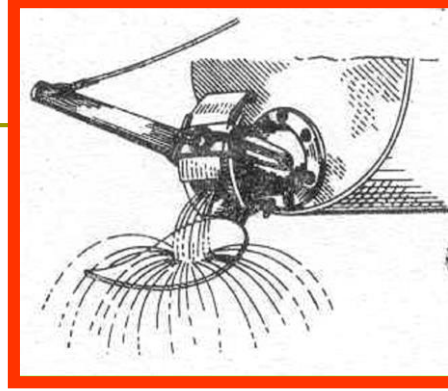
1. Sıvı Gübre Dağıtma Makinaları
2. Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinaları

II- İnorganik Gübre Dağıtma Makinaları

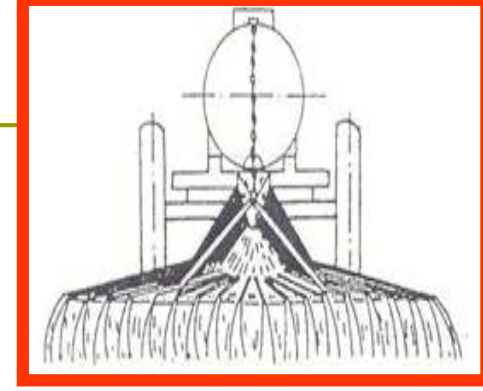
- 1- Katı Gübre Dağıtma Makinaları
 - a. Sandıklı Gübre Dağıtma Makinaları
 - b. Hassas Gübre Dağıtma Makinaları
 - c. Santrifüj (Savurmalı) Gübre Dağıtma Makinası
- 2- Sıvı ve Gaz Gübre Dağıtma Makinaları

Sıvı Gübre Dağıtma Makinaları

Çiftlik hayvanlarının sıvı dışkıları özel olarak hazırlanmış şerbet kuyularında depolanır. Bu kuyulardan pompa veya doğal yükseklik farkından yararlanılarak alınan şerbet, tanklara doldurulur. Şerbet tankları tarım arabasına benzer şekilde lastik tekerlekli bir şasi üzerinde taşınır. Bu tanklarla şerbet, tarlaya taşınmakta ve özel dağıtıcılarla tarlaya uygulamaktadır. Şerbet tankları genellikle silindirik şeklindedir ve tank kapakları hermetiktir.



Çarpmalı

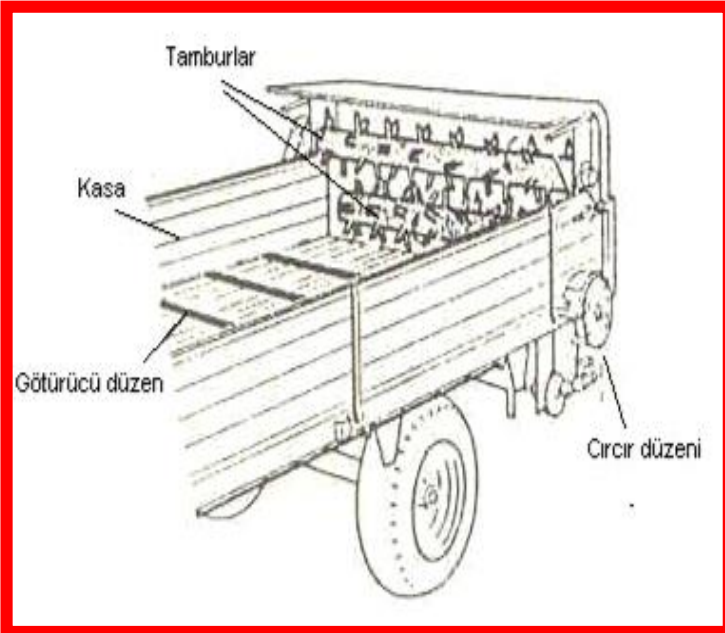


Klavuzlu



Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinaları

- Çiftlik gübresinin ahırdan alınması ve tarlaya insan gücüyle dağıtılması sık tekrarlanan, yorucu ve zaman alıcı bir iştir. Çiftlik gübresi dağıtma makinaları; götürücü ve dağıtıcı düzenlerden oluşan, lastik tekerlekli genellikle tek akslı bir tarım arabası biçimindedir. Bu makinalar iki sonsuz zincire bağlı köşebentlerden yapılmış ve arabanın kasa tabanına yerleştirilmiş götürücü düzen, gübre tabakasının düzeltilmesini sağlayan dişli helezonlu üst tambur ve gübreyi dağıtmaya yarayan dişli helezonlu alt tamburdan oluşmaktadır. Götürücü düzen ve dağıtıcı tamburlar hareketini genellikle traktör kuyruk milinden bir dişli kutusu aracılığıyla



Organik Gübre Dağıtma Makinalarında Kalibrasyon

Sıvı gübre dağıtma makinalarında; dolu bir tank ile birim alana atılan şerbet miktarı:

$$N_s = \frac{H}{L \cdot B}$$

N_s = Birim alana atılan şerbet miktarı (l/m^2)

H = Tanktaki şerbet miktarı (l),

L = Tank boşalincaya kadar alınan yol (m) ve

B = Şerbet dağılım genişliği (m) dir.

Çiftlik gübresi dağıtma makinasının gübreleme verdisini hesaplayabilmek:

$$Q_m = L_t \cdot V_g \cdot D_g \cdot h$$

Q_m = Gübreleme verdisi (kg/s)

L_t = Dağıtıcı tambur uzunluğu (dm),

V_g = Götürücünün hızı (dm/s),

D_g = Gübrenin hacim ağırlığı (kg/dm) ve

h = Tamburun etkilediği gübre tabakası kalınlığı (dm)

$$N_g = \frac{Q_m}{B \cdot V}$$

N_g = Gübreleme normu (kg/m^2),

B = İş genişliği (m) ve

V = İlerleme hızı (m/s) dir.

İnorganik Gübre Dağıtma Makinaları

Katı Gübre Dağıtma Makinaları: **Sandıklı, Hassas ve Santrifüj gübre dağıtma makinalarıdır.**

Sandıklı Gübre Dağıtma Makinaları:

a-Yarıklı Dağıtıcı: Depo tabanındaki bir mil üzerine yanyana sıralanmış karıştırıcı diskler bulunmaktadır.

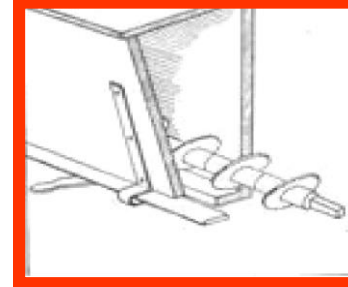
b-Delikli plakalı dağıtıcı: Depo tabanında oblong delikli iki sac plaka arasında ve uzun ekseninde ileri-geri hareket eden bir üçüncü delikli plakadan oluşur.

c-Merdaneli Dağıtıcı: Depo tabanı dış yüzeyinde bulunan açık oluk içinde çalışan helezonlu merdanelerden oluşmaktadır.

d-Konveyörlü Dağıtıcı: Depo tabanını oluşturan yüzey, konveyörden oluşmaktadır.

e-Zincirli Dağıtıcı: Dağıtıcı organ, depo tabanında hareket eden parmaklı sonsuz bir zincirdir.

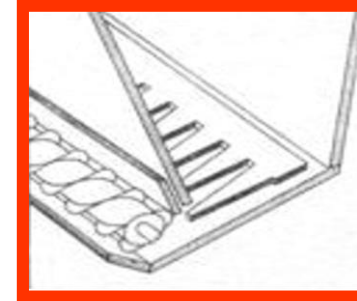
f-Tabaklı Dağıtıcı: Sandıklı gübre dağıtma makinaları içerisinde en yaygın kullanılanıdır.



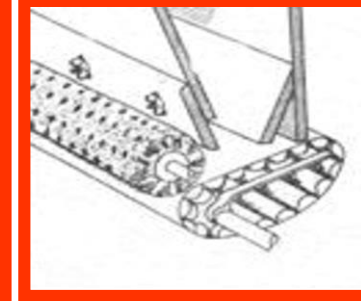
Yarıklı Dağıtıcı



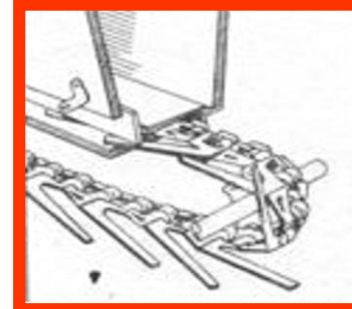
Delikli plakalı



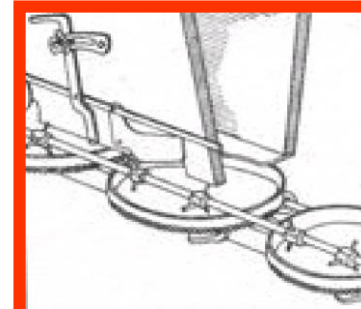
Merdaneli



Konveyörlü



Zincirli



Tabaklı

İnorganik Gübre Dağıtma Makinaları

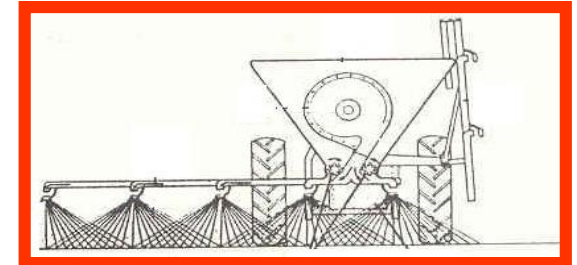
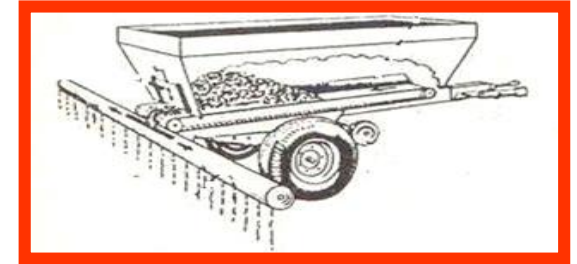
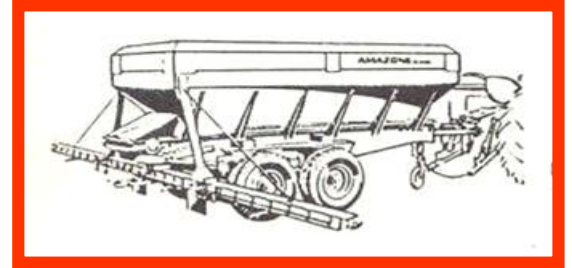
Hassas Gübre Dağıtma Makinaları:

Geniş dağıtma düzenine sahip katı gübre dağıtma makinalarıdır. Dağıtıcı organ hareketini genellikle traktör kuyruk milinden almaktadır. Gübre deposu içinde karıştırma ve yedirme işlemi gören bir karıştırıcı bulunmaktadır. Bu makinalar; taşıyıcı helezonlu (a), taşıyıcı bantlı-zincirli (b) ve pnömatrik (havalı) (c) dağıtıcılardır

a-Taşıyıcı helezonlu dağıtıcılar: Depo tabanından sağa-sola doğru uzayan içi boş bir mil içerisinde helezon bulunmaktadır. Helezon, gübrelerin köprüleşmesini önlemekte ve gübre borusuna iletilmesini sağlamaktadır.

b-Taşıyıcı Bantlı-Zincirli Dağıtıcılar: Depo tabanında, sonsuz zincir-dişli sisteminden hareket alan bir bantlı götürücü düzen bulunmaktadır.

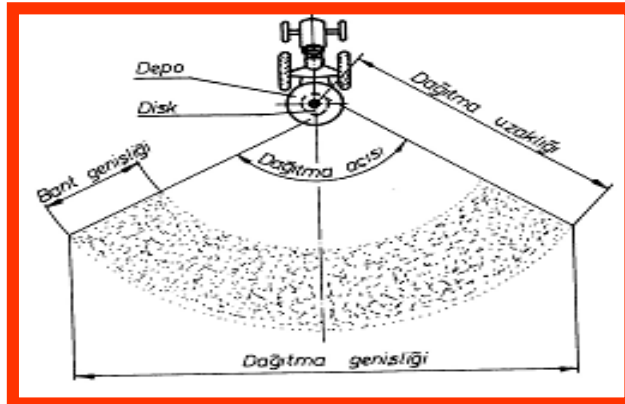
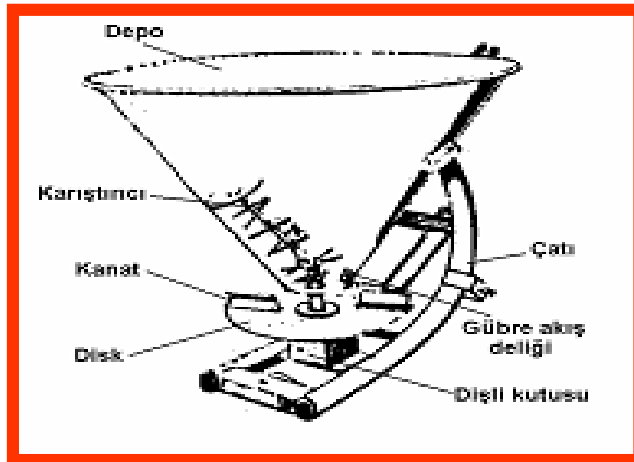
c-Pnömatrik (Havalı) Gübre Dağıtma Makinaları: Bir vantilatör yardımıyla üretilen basınçlı hava gübreyi depodan dağıtma başlığına iletmektedir. Bu başlık gübre borularına eşit miktarda gübre dağıtmaktadır. Daha sonra gübreler, gübre borusu uçlarındaki dağıtma memeleri veya çarpma plakaları sayesinde dağıtılır.



İnorganik Gübre Dağıtma Makinaları

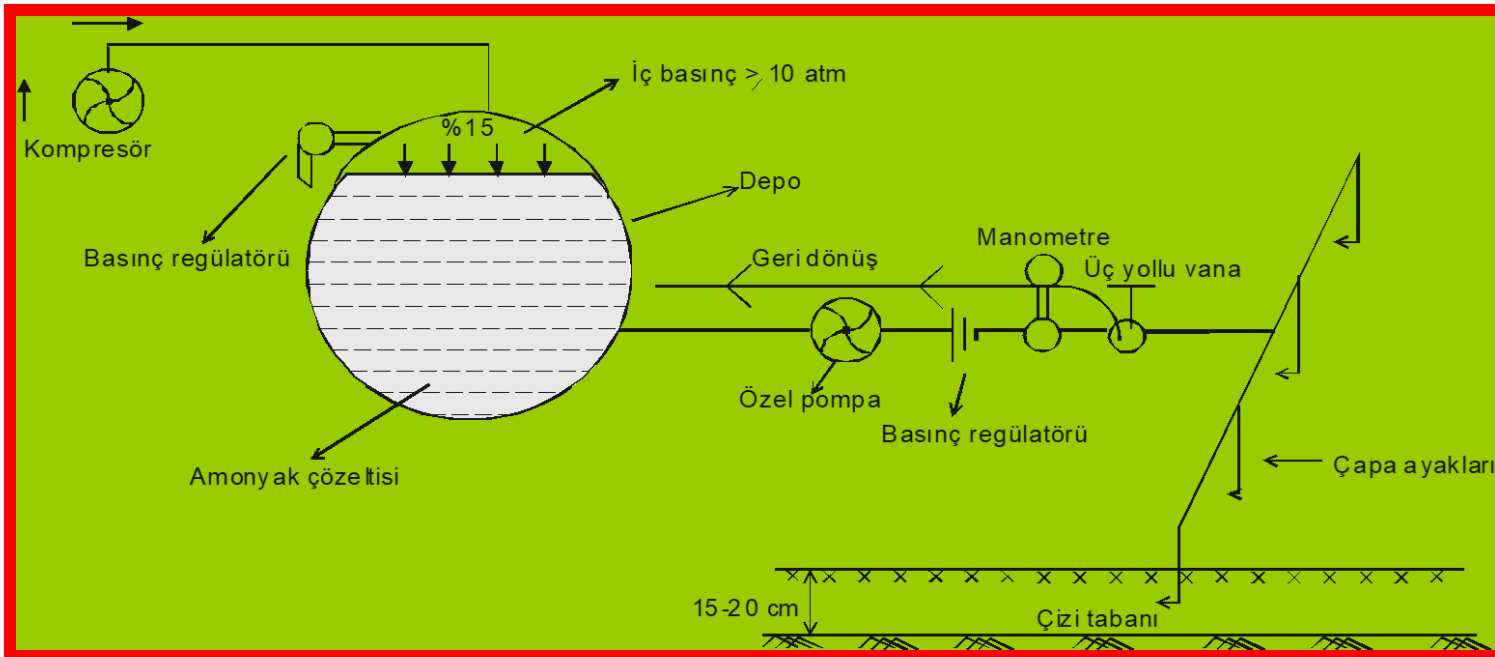
Santrifüj (Savurmalı) Gübre Dağıtma Makinası

Santrifüj (savurmalı) gübre dağıtma makinası, diskli gübre dağıtma makinası olarak da adlandırılmaktadır. Bu makinalar, traktör üç nokta askı sistemine bağlanan, traktör kuyruk milinden hareket alarak dönen diskle çalışan ve gübreleri diskin meydana getirdiği santrifüj kuvvetle dağıtan bir makinedir. Bu makinalar, gübrelerin serpme olarak uygulanmasında



Sıvı ve Gaz Gübre Dağıtma Makinaları

Sıvı gübre dağıtma makinası olarak tarla pülverizatörlerine benzer araçlar kullanılmaktadır. Bir kompresörle gübre deposu içine hava basılmakta ve elde edilen bu basınçla sıvı gübreler, gübreleme memelerinden püskürtülmektedir. Sıvı gübreler püskürtme memeleri tarafından tarla veya bitki yüzeylerine uygulanmakta veya sıvı-gaz gübreler çapa ayaklarının açmış olduğu çizi içerisine yerleştirilmektedir.



Sıvı ve Gaz Gübre Dağıtma Makinaları



Gübreleme Makinalarının Kalibrasyonu

Gübreleme makinalarının kalibrasyon işlemlerinde öncelikli olarak dağıtıcı düzenin hareketini tekerlekten mi, yoksa traktör kuyruk milinden mi aldığı bilinmesi gerekir. Daha sonra kalibrasyon işlemlerine geçilir.

Tekerlekten Hareketli Makinaların Kalibrasyonu

Tekerlekten hareketli gübreleme makinalarının kalibrasyonunda ilk olarak makina takoza alınır. Daha sonra depoya 2 da alana yetecek kadar gübre konur. Tekerleğin 500 m² lik alanı gübrelemek için kat ettiği tarla şeridinde dönmesi gerekli dönü sayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$n = \frac{500m^2}{\pi \cdot D \cdot B} \text{ Burada;}$$

n = 500 m² alanı gübrelemek için tekerin dönmesi gerekli dönü sayısı (devir),

D = Tekerlek çapı (m) ve

B = Gübreleme makinası iş genişliği (m)'dir.

Tekerlek yukarıdaki eşitlikte elde edilen (n) dönü sayısında döndürülür ve toplanan gübre miktarı tartılır. Böylece 500 m² alana ne kadar gübre atıldığı bulunur. Atılması gereken gübre miktarı $\pm\%5$ hata payı ile elde edilmeye çalışılır.

Kontrol amacıyla aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$q_n = \frac{\pi \cdot D \cdot B \cdot n \cdot N_g}{10000} \quad 4.11$$

Burada;

q_n = Tekerleğin n devrinde atılması gereken gübre miktarı (kg veya l) ve

N_g = Gübreleme normu (kg/ha veya l/ha) dur.

Daha sonra gübre deposuna ölçülü miktarda (H) gübre konur ve toplam gübreleme şeridi (L) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$L = \frac{10,000 \cdot H}{N_g \cdot B} \quad 4.12$$

Burada;

H = Depodaki gübre miktarı (l veya kg) ve

L = Depo boşalincaya kadar alınan yol (m) dur.

Kontrollerde, L değerinin $\pm\%10$ hata payı ile elde edilmesine çalışılır.

Tarla boyutu a x b ise uzun kenar (a) boyunca yapılacak gübrelemede şerit sayısı belirlenir (4.13 nolu eşitlik).

eşitlik).

$$n_{\text{serit}} = \frac{L}{a} \quad 4.13$$

Daha sonra kısa kenar (b) üzerinde ikmal noktaları aralığı (L_{ikmal}) ve ikmal sayısı (n_{ikmal}) belirlenir:

$$L_{\text{ikmal}} = n_{\text{serit}} \cdot B \quad 4.14$$

$$n_{\text{ikmal}} = \frac{b}{L_{\text{ikmal}}} \quad 4.15$$

4.2.4.2 Kuyruk Milinden Hareketli Makinaların Kalibrasyonu

Gübre besleme açıklığı ayarlanan makina, traktör üç nokta askı düzenine bağlanmakta ve 540 d7min traktör kuyruk mili devrinde en az 30 s çalıştırılmaktadır. Toplanan gübreler 0.1 g hassasiyetindeki tartı ile tartılmakta ve bu işlem üç kez tekrar edilmektedir. Üç tekrarın ortalaması alınmakta ve 2 katı ile çarpılarak makinanın dakikadaki gübreleme verdisi belirlenmektedir.

Gübreleme normu aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$N_g = \frac{10000 \cdot Q}{V \cdot B} \quad 4.16$$

Burada;

N_g = Gübreleme normu (kg ha^{-1} veya l ha^{-1}),

Q = Gübreleme verdisi (kg min^{-1} veya l min^{-1}),

V = İlerleme hızı (m min^{-1}) ve

B = İş genişliği (m)

Depo boşalma süresi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$t = \frac{H}{Q} \quad 4.17$$

Burada;

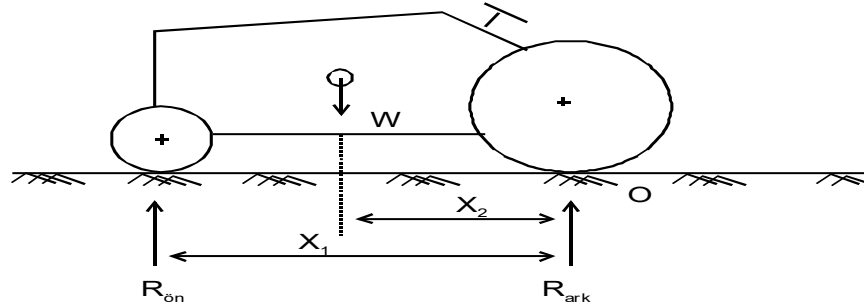
H = Depodaki gübre miktarı (kg veya l) ve

Q = Gübreleme verdisi (kg/min veya l/min)'dir.

Traktör ve Asılır Tip Gübre Dağıtma Makinası Dinamiği

Gübre uygulamalarında asılır tip gübre dağıtma makinaları kullanıldığında; traktör ve gübre dağıtma makinaları arasında aşağıdaki yük durumları oluşmaktadır (Deligönül, 2002).

1- Traktör Ön Dingil Yüğü: Şekil 4.8 de verilen denge durumuna göre O noktasına göre moment alınırsa aşağıdaki eşitlikler elde edilir:



Şekil 4.8 Traktör yük dağılımı

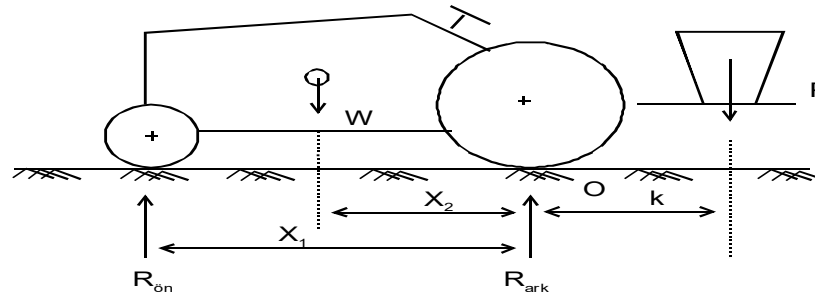
$$M_O = 0$$

$$R_{\text{ön}} \cdot X_1 - W_t \cdot X_2 = 0$$

$$stkR_{\text{ön}} = \frac{W_t \cdot X_2}{X_1}$$

$$stkR_{\text{ön}} \cong 0.25W_t(\text{pratikte})$$

2- Santrifüj Gübre Dağıtma Makinası ile Traktör Ön Dingil Dinamik Yüğü için yine O noktasına göre moment alınır (Şekil 4.9):



Şekil 4.9 Traktör ve Asılır tip gübre dağıtma makinasında yük dağılımı

Gübre tanesinin diski terketmesi için $F_{\text{santrifüj}} > F_{\text{sürtünme}}$ olması gerekmektedir. Aksi halde gübre disk üzerinde ve diskle beraber döner.

Kritik disk devrini hesaplamak için;

$$F_{\text{sürtünme}} = F_{\text{santrifüj}}$$
$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot W^2 \cdot R$$

$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot \left(\frac{V_g}{R} \right)^2 \cdot R$$

$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot \frac{V_g^2}{R}$$

$$\mu \cdot g = \frac{V_g^2}{R}$$

$$\mu \cdot g = \frac{(2 \cdot \pi \cdot R \cdot n)^2}{60^2} \cdot \frac{1}{R}$$

$$\mu \cdot g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R \cdot n_{\text{kritik}}^2}{60^2}$$

$$n_{\text{kritik}} \geq \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot g}{R}}$$

olmalıdır (Deligönül, 2002).

Burada;

μ = Sürtünme katsayısı (-),

m = Gübre kütlesi (gr),

g = Yerçekimi ivmesi (cm s^{-2}),

W = n devrindeki diskin açısal hızı (rad s^{-1}) ve

R = Diskin yarıçapı (cm)'dir.