

## Pnömatik Hassas Ekim Makinalarında Bazı Tohumların Delik Çaplarına ve Vakum Değerlerine Göre Tutulma Yüksekliklerinin Belirlenmesi

Ali İhsan ACAR<sup>1</sup>

Ahmet ÇOLAK<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 17.06.2001

**Özet:** Günümüzde biyoteknoloji alanında gerçekleşen gelişmeler tohum girdisinde kaliteyi ve maliyet artışını beraberinde getirmektedir. Yüksek verim, kaliteli tohumlukla, kaliteli tohum ise yüksek fiyatlarla elde edilebilmektedir. Bu nedenle, ekim işleminde, tohum kaybının en aza indirilebilmesi ve iş başarısının yükseltilebilmesi için pnömatik hassas ekim makinalarının uygulamada kullanımı yaygınlaşmıştır.

Çalışmada, vakum etkisiyle çalışan pnömatik hassas ekici düzenlerde bazı çapa bitkisi tohumlarının tutulabilme yüksekliklerinin belirlenmesi ve uygulamaya aktarılabilir verilerin eldesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 3 vakum seviyesi (-4, -6 ve -8 kPa), 14 delik çapı (1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 ve 8.0 mm) ve 5 tohum çeşidi (kaplanmış ve kaplanmamış şeker pancarı, mısır, ayçiçeği ve soya) için denemeler yapılmıştır.

Denemeler sonucunda, kaplanmış şeker pancarı tohumları 1.5-4.0 mm delik çapında ortalama 5.10-8.18 mm yüksekliklerde tutulabilirken; bu değer kaplanmamış şeker pancarı tohumlarında aynı delik çaplarında 5.24-7.99 mm, mısırdaki 4.0-8.0 mm delik çapında 6.41-12.78 mm, ayçiçeğinde 3.5-8.0 mm delik çapında 5.06-10.83 mm ve soya tohumunda ise 3.5-6.5 mm delik çapında 5.47-8.96 mm olarak gerçekleşmiştir. Aynı vakum değerinde delik çapı arttıkça tohumların tutulma yükseklikleri de artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Pnömatik hassas ekim, tutulma yüksekliği, vakum, ekici plaka delik çapı

### Determination of the Picked up Distances Due to the Hole Diameters and Vacuum Levels of Some Seeds in Precision Pneumatic Drills

**Abstract:** The developments of biotechnological area had increased either seed quality or cost of seed. High yield needs seed quality and seed quality is can be obtained with high price. Therefore pneumatic precision sowing is a precision step in mechanization. Precision pneumatic drills are used widely to minimize the seed loss and to maximize the field efficiency.

The aim of this research is to determine the suitable vacuum for picking up distance of some seeds. For this purpose, three vacuum levels (-4, -6 and -8 kPa), fourteen hole diameters (1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 and 8.0 mm) and five various seeds (coated and uncoated sugar beet, soybean, sunflower and corn) have been used in tests.

As a result, while sugar beet seeds have been picked up 5.12-8.55 mm distance on 1.5-4.0 mm hole diameters, the corn seeds and sunflower seeds and soybean seeds have been picked up respectively 6.42-12.66 mm, 5.03-10.96 mm, 5.43-8.89 mm distance and 4.0-8.0 mm, 3.5-8.0 mm, and 3.5-6.0 mm hole diameters. At the same vacuum value with the increasing the hole diameter, the picked up distance is also increased.

**Key Words:** Precision pneumatic drill, picked up distance, vacuum, the rotating metering plate holes

#### Giriş

Bitkisel üretim mekanizasyonunun en önemli aşamalarından biri, tohumların ekim tekniğine uygun olarak toprağa bırakılmasıdır. Ekimde, özellikle çimlenme yüzdesi çok fazla olan yüksek kaliteli tohumluk kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Böyle tohumların fiyatları yüksek olduğundan, üretim maliyetleri de yükselmektedir. Bu nedenle; tohumların tarlaya saçıldığı alışılagelmiş yöntemlerle ekim yerine, günümüzde ekimde en önemli istenen özellik; belirli bir alana istenilen sayıda tohum bırakılması, dolayısıyla kullanılan tohumdan tutum sağlanmasıdır. Belirli sayıda tohumun, istenilen sıra arası ve sıra üzeri uzaklıklara bırakılması, makina ile ekim yönünden, üzerinde çalışılan konular arasında önemini korumaktadır.

Tohumların istenilen sıra arası uzaklıklara ekilmesinde makinalı ekim tekniği yönünden büyük bir sorun yaşanmamaktadır. Asıl sorun, tohumların istenen sıra üzeri uzaklıklara tek tek bırakılmasındadır. Bu amaçla, mekanik olarak, tohumları tarlada istenilen sıra üzeri uzaklıklara tek tek bırakan hassas ekim makinaları geliştirilmiştir. Tohumların tek tek ekilmesi ile daha sonraki yorucu ve zaman alıcı seyreltme işleminde % 45'e varan değerlerde işgücü tutumu sağlanabilmektedir (Giannini ve ark. 1967). Ancak, tohumların, şekillerinin düzgünlüğü, boyutlarının çok geniş sınırlarda değişmesi gibi nedenlerle, bu makinaların ekici düzenlerinde yer alan plakalardaki yuvalara ya da deliklere girmesinde sorunlar ortaya çıkmıştır. Ayrıca tohumlarda mekanik zedelenmeler

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü- Ankara

de sözkonusu olabilmektedir. İlerleme hızı mekanik hassas ekim makinelerinde fazla arttırılmadığından, makina ile ekimde diğer önemli faktörlerden biri olan iş başarısı değerleri de yüksek olmamaktadır. Bu sorunların giderilebilmesi amacıyla, uygulamada, pnömatrik hassas ekim makineleri geliştirilmiştir. Bu makinelerde genellikle vakum basıncı etkisi sözkonusu olmaktadır.

Değişik boyutlardaki monogerm tohumların ekilebilmesi, yüksek ilerleme hızlarında çalışabilmesi ve ekici düzen değiştirilmeden çok geniş sıra üzeri uzaklıklarda ekim işleminin yapılabilmesi gibi nedenlerden dolayı pnömatrik ekim makineleri uygulamada geniş kullanım olanağı bulmuştur (Gökçebay 1986).

Vakum etkisiyle çalışan pnömatrik ekim makinelerinin performansı, birbirleriyle etkileşim içerisinde olan birkaç değişkene bağlıdır. Ekici düzenin önemli bir elemanı olan delikli plakada tohumların maksimum tutulma yüksekliği, deliğin boyutlarına, delikli plakada uygulanan vakum basıncına, tohumların şekil ve boyutlarına bağlı olarak değişmektedir (Guarella ve ark. 1996).

Tohumların ekici düzende yer alan delikli plakalarda vakum etkisiyle tek tek tutulması, pnömatrik hassas ekim makinelerinden beklenen en önemli özelliktir. Deliklerde hiç tohum tutulamaması sıra üzerinde boşluklara neden olacağından ya da 1 adetten fazla tohum tutulması ise ileride seyreltme işlemi gerektireceğinden istenmeyen özelliklerdir.

Sıra arası uzaklıklara bağlı olarak, çapa bitkisi tohumlarının ekiminde kullanılan ve pnömatrik ilkeye göre çalışan ekim makinelerinde, delikli plakalı ya da diskli ekici düzenler bulunmaktadır (Önal 1995). Tohumların fizikomekanik özelliklerine ve agroteknik isteklerine bağlı olarak, delikli plakadaki delik çapı ve delik sayısı değişiklik göstermektedir.

Vakum ilkesine göre çalışan düşey delikli plakalı ya da diskli pnömatrik hassas ekici düzenlerde ekim kalitesine; ekici plakanın çevre hızı ile tohumu ekici plakadaki deliklere yönlendiren ve tohum hızını plaka hızına senkronize eden kanatlı çarkın yanında vakum basıncı da etkili olmaktadır (Önal 1995).

Vakumlu hassas ekim makinelerinde ilerleme hızı değeri; ekici düzende yer alan delikli plakanın çevre hızı, tohum düşme yüksekliği, çizi açıcı ve kapatıcı organın tipine bağlı olarak 7-8 km/h'nin üzerinde olmamalıdır (Önal 1995).

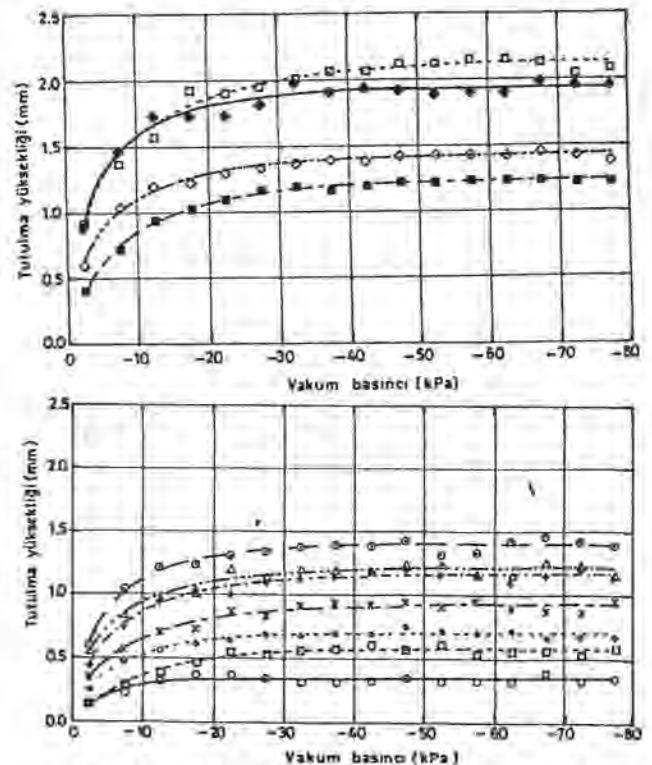
Shafil ve ark. (1991) çalışmalarında hava memeli tohum tekleyici üzerinde durmuşlardır. Araştırmada, materyal olarak domates tohumlarını kullanmışlardır. Çapı 180 mm olan ekici plaka diskli; üç farklı vakum seviyesinde (-2.44, -3.42 ve -4.40 kPa), üç farklı ekici plaka doğrusal hızında (63.6, 130.7 ve 204.3 mm/s), tekleyici hava memesinin üç değişik konumunda ve üç farklı üfleme basıncı değerinde denemişlerdir. Başka tip bir makineyi de; -3.7, -4.97 ve -6.21 kPa vakum değerlerinde 71.6, 119.4 ve 167 mm/s ekici plaka doğrusal hızında denemişlerdir.

Vakum ilkesine göre çalışan pnömatrik hassas ekim makinelerinde işletme basıncı değerinin, kesintisiz ve aynı seviyede olması çok önemlidir. Tohumlara göre değişmekle birlikte bu değer, çalışma sırasında, -5.9, -8.8 kPa'nın altına düşmemelidir (Önal 1995). Bazı tohumlar için saptanabilen işletme vakum basıncı değerleri şöyledir:

mısır için -8.8 kPa, yonca için -17 kPa (Sweetman 1957), şekerpancarı için -3 kPa ve fasulye için -15 kPa (Hammond 1965). Küçük tohumlar için ise bu değerler; maydanoz ve marulda -1.47...-2.44 kPa; havuç ve haşhaşta -1.96...-2.93 kPa; lahanaya, turp ve biberde -3.9...-5.9 kPa kadar olabilmektedir (Acar ve ark. 1994).

Guarella ve ark. (1996), küçük sebze tohumlarından marul, lahanaya ve domates tohumlarını materyal olarak kullanmışlar; 0,3, 0,5, 0,7 ve 0,9 mm delik çapında ekici plakaları yaptıkları ve tohumların tutulma yüksekliklerini belirledikleri çalışmada; vakum basıncı değerini 0...-80 kPa arasında tutmuşlardır. Elde ettikleri sonuçları grafikler halinde vermişlerdir (Şekil 1). Şekil 1'de görüldüğü gibi, delik çapına bağlı olarak lahanaya tohumlarının tutulma yükseklikleri incelendiğinde yaklaşık -20 kPa'a kadar olan vakum değerlerinde tohumların tutulma yüksekliklerinde artışlar gözlenmiş, bu değerden sonra tutulma yükseklikleri yaklaşık sabit kalmıştır. Benzer bir şekilde dört farklı tohum için de aynı noktanın önemli olduğu görülmektedir. Tohumların tutulma yüksekliği değerleri arasındaki farklılıklar ise onların şekil özellikleri ile ilgili olarak küresellik değerlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma sonucunda vakum değeri -20 kPa'a kadar olduğunda tohum tutulma yüksekliği değerlerindeki artışın önemli olduğunu, ancak -20 kPa'dan fazla vakum değerinin tohumların tutulma yüksekliğinde önemli bir gelişme sağlamayacağı gibi, gereksiz enerji kullanımına ve ekimin kalitesini etkilemeksizin yüksek giderlere neden olacağını vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, vakum etkisiyle çalışan pnömatrik hassas ekim makineleri ile ekilen bazı çapa bitkileri tohumlarının, delik çaplarına ve vakum seviyelerine göre tutulma yüksekliklerinin belirlenerek, uygulamaya aktarılabilir verilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Vakum basıncına bağlı olarak tohumların tutulma yükseklikleri (Guarella ve ark. 1996)

## Materyal ve Yöntem

Denemelerde; ülkemizde yaygın olarak tarımı yapılan çapa bitkileri grubundan, kaplanmış ve kaplanmamış şeker pancarı, soya, ayçiçeği ve mısır tohumları kullanılmıştır. Tohumlara ilişkin fizikomekanik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Araştırmaya konu olan denemeler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Kadayıfçılar Atölyesi'nde gerçekleştirilmiştir. Atölyede bulunan ve yüksekliği 0.05 mm hassaslıkta ayarlanabilen freze tezgahının donanımlarından yararlanılmıştır.

Ölçme sisteminin şematik görünüşü Şekil 2'de verilmiştir. Ölçme sisteminde bulunan elektrik motoruna doğrudan bağlanmış fan döndürüldüğünde, hava, emme ağzına yerleştirilen delikli plaka üzerinden, vakum deposuna, oradan da fana doğru emilmektedir. Sistemde bulunan vakum deposu yardımıyla, havanın vakum hattında düzgün akışı sağlanmaya çalışılmıştır. Vakum deposu, esnek bir boru ile ucunda emme plakasının yer aldığı yuvarlak kesitli galvanizli boruya bağlanmıştır. Bu bağlantı yerine, bir filtre yerleştirilmiştir. Böylece, bazı tohumların, boyutlarının delikli plaka çapından küçük olabilmesi sonucu vakum hattında emilerek, emme hattında bulunan küresel vana, vakummetre gibi

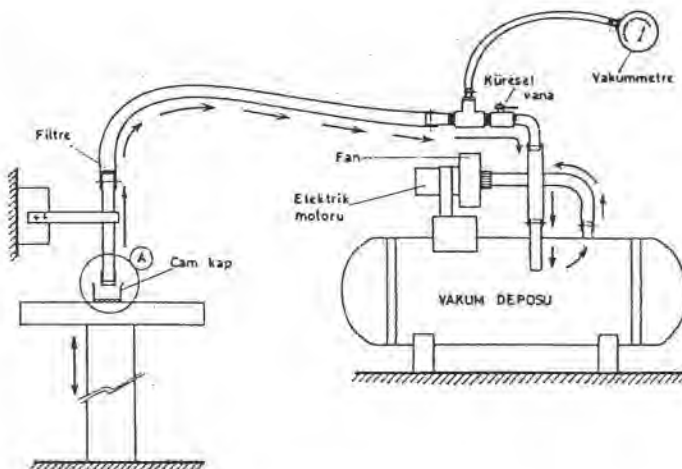
elemanlarda tıkanmalara neden olması önlenmiştir. Emme hattında 0...-16 kPa aralığında ölçüm yapabilen bir vakummetre ile vakumu ayarlama kullanılan bir küresel vana yer almaktadır. Emme ağzının da üzerinde bulunduğu boru, bir kelepçe ile freze tezgahının hareket ettirilmeyen kafasına bağlanarak sabitlenmiştir. Emme ağzının kesit görünüşü Şekil 3'de görülmektedir.

Emme ağzının tam altına gelecek şekilde freze tezgahının bağlantı tablası üzerine 8 cm çapında cam kap malzemeden yapılmış bir kap konulmuştur. Cam kap, denemeler sırasında, aşağı yukarı hareket edebilir şekilde freze tezgahının tablası üzerine oturtulmuştur.

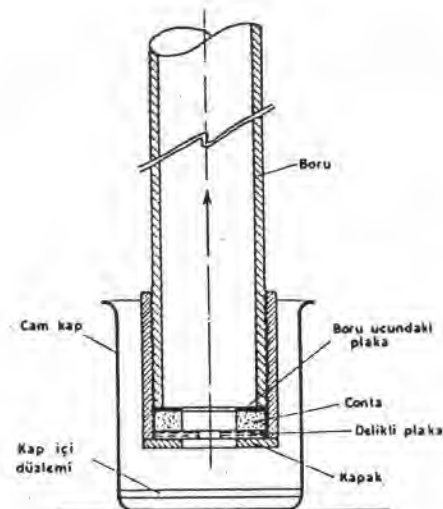
Ölçmeler sırasında, tohumlar, cam kap içerisine bir sıra oluşturacak şekilde doldurulmuştur. Emme ağzında, değişik delik çaplarında ve delik şekillerinde plakaların sökölüp değiştirilebildiği vidalı bir yapı oluşturulmuştur. Plakaların dış çapları 22 mm'dir ve delikler dairenin tam ortasına gelecek şekilde merkezlenmiştir. Delikli plakalardaki delikler tohumların boyutlarına göre 14 farklı çaptadır (1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 ve 8.0 mm). Vakum seviyesi -4, -6 ve -8 kPa değerlerinde tutulmuştur.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan tohumların fizikomekanik özellikleri

Tohum	1000 dane ağırlığı (g)	Hacim ağırlığı (kg/dm <sup>3</sup> )	Dane boyutları (mm)		
			Uzunluk	Genişlik	Kalınlık
Şekerpancarı (kaplanmış)	24	0.47	3.8-4.2	3.7-4.3	2.7-3.3
Şekerpancarı (kaplanmamış)	14	0.35	4.1-4.8	3.6-4.3	1.8-2.1
Soya	154	0.79	6.5-7.5	6.1-6.9	4.6-5.3
Mısır	404	0.82	9.3-10.6	7.4-8.7	5.7-6.2
Ayçiçeği	160	0.39	13.1-14.8	8.3-9.8	4.6-5.3



Şekil 2. Ölçme sisteminin şematik görünüşü



Şekil 3. Emme ağzının kesiti

Denemeler gerçekleştirilirken, öncelikle denenecek tohumlar cam kaba doldurulmuştur. Daha sonra, sırasıyla delik çapı bilinen delikli plaka emme ağzına takılmış, vakum düzeyi ayarlanmıştır. Freze tablasının her seferinde aynı seviyeden yukarı doğru hareket edebilmesi için, cam kabin tohumlar doldurulduktan sonra emme ağzının altına kolayca koyulabilmesine olanak verecek uygun bir aralıkta seviyesi sıfırlanmıştır. Freze tablası daha aşağı indirilse de, bu sıfır seviyesinden itibaren yukarı doğru hareket yolu ölçülmüştür. İçinde tohumlar bulunan cam kabin üzerinde bulunduğu freze tablası bu sıfır seviyesinden yukarı doğru hareket ettirilerek, ucunda delikli plaka takılmış olan emme borusuna doğru yaklaştırılmıştır. Bu sırada tohumun delikte tutulması gözlenmiş, tam tutulma anında freze tablasının yukarı doğru hareketi durdurularak, tablanın cam kap içerisinde bulunan tohumları ne kadar yukarı taşıdığı ya da emme ağzının ne kadar aşağı indiği freze tablasının ayar mekanizmasından okunmuştur. Aynı zamanda tohumların tek tek ya da bir adetten fazla tutulması gözlenerek, geliştirilmiş çizelgelere deneme seviyeleriyle birlikte kaydedilmiştir.

Tohumların boyut özelliklerine bağlı olarak, delikte tutulabilmesi için vakum hattına kaçmayacakları en büyük delik çapına kadar denemeler sürdürülmüştür.

### Bulgular ve Tartışma

Farklı 5 tohumda, farklı delik çaplarının ve vakum seviyelerinin tohumların tutulmasına etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilen veriler üzerinde, faktöriyel varyans analizi tekniği uygulanarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada 5 tohumun her biri, incelenen 14 delik çapının her seviyesinde tutulmadığından; küçük çaplı tohumlar, daha küçük çap değerlerinde tutulup, belirli bir çap değerinden sonra tutulmadığından; büyük çaplı tohumlar ise, küçük çap değerlerinin belirli seviyesine kadar hiç tutulmadığından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Kaplanmış şekerpancari tohumlarının tutulma yüksekliğine 5 farklı delik çapının, 3 değişik vakum seviyesinde etkisi belirlenmiştir. Çizelge 2'de tohumların ortalama tutulma yükseklikleri üzerine, delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi ile Duncan gruplandırılmaları görülmektedir.

Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, genel eğilim olarak her delik çapı değerinde, vakum basıncı değeri arttıkça tohumların ortalama tutulma yükseklikleri de artmaktadır. Bu artış, diğer vakum basıncı seviyelerine göre -8 kPa vakum basıncı seviyesinde daha açık olarak görülebilmektedir. Kaplanmış şekerpancari tohumlarında, ortalama tutulma yükseklikleri üzerine, vakum basıncına bağlı olarak delik çaplarının etkisi ile Duncan gruplandırılmaları Çizelge 3'de yer almaktadır.

Çizelge 3'den de izlenebileceği gibi, her bir vakum basıncı seviyesinde delik çapları arttıkça tohumların ortalama tutulma yükseklikleri de artmıştır. Vakum basıncı değeri -6 kPa olduğunda, tohumların tutulma yükseklikleri 2.5 mm delik çapından sonra istatistiksel anlamda önemli olacak şekilde bir artış göstermemiştir.

Çizelge 2. Kaplanmış şekerpancari tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi

Delik çapı (mm)	Vakum basıncı (kPa)	Ortalama tutulma yükseklikleri (mm) $\bar{x} \pm S_x$
1.5	-4	5.1060.04 a
	-6	5.3960.08 b
	-8	5.9060.10 c
2.0	-4	6.0960.05 a
	-6	6.1860.08 a
	-8	6.2960.08 a
2.5	-4	6.1560.01 a
	-6	7.6460.15 b
	-8	7.4560.14 b
3.0	-4	6.8760.08 a
	-6	7.7560.07 c
	-8	7.1960.07 b
3.5	-4	7.4760.05 a
	-6	7.5460.03 a
	-8	8.1860.19 b
4.0	-4	8.1160.08 b
	-6	7.6060.15 a
	-8	7.9760.12 b

Çizelge 3. Kaplanmış şekerpancari tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine vakum basıncına bağlı olarak delik çaplarının etkisi

Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	1.5	2.0	2.5
-4	5.1060.04 a	6.0960.05 b	6.1560.01 b
-6	5.3960.08 a	6.1860.08 b	7.6460.15 c
-8	5.9060.10 a	6.2960.08 b	7.4560.14 c
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	3.0	3.5	4.0
-4	6.8760.08 c	7.4760.05 d	8.1160.08 e
-6	7.7560.07 c	7.5460.03 c	7.6060.15 c
-8	7.1960.07 c	8.1860.19 d	7.9760.12 d

Kaplanmamış şekerpancari tohumları ile gerçekleştirilen denemelerde elde edilen değerler üzerinde yapılan istatistiksel analizler sonucunda, tohumların ortalama tutulma yükseklikleri üzerine, delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi ile Duncan gruplandırılmaları Çizelge 4'de; benzer biçimde vakum basıncına bağlı olarak delik çaplarının etkisi ise Çizelge 5'de görülmektedir.

Çizelge 4'den görülebileceği gibi, tohumların ortalama tutulma yükseklikleri üzerine, delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi düzenli bir şekilde olmamıştır. Genel olarak vakumun bir etkisi görülmemiş, her 3 vakum seviyesi de aynı grupta yer almıştır. Çizelge 5'den izlenebileceği gibi, vakum basıncına bağlı olarak delik çapları arttıkça tohumların tutulma yükseklikleri de artmıştır. Vakum basıncının -4 kPa ve -6 kPa değerlerinde delik çapı 2.5 mm'ye kadar aynı etki görülmüş, 2.5 mm'den sonra farklı gruplar ortaya çıkmıştır. En yüksek vakum değerinde (-8 kPa) ise bu etki 2.0 mm delik çapından itibaren önemli olmuştur.

Ayrıca tohumlarının ortalama tutulma yüksekliği üzerine delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi Çizelge 6'da, vakum basıncına bağlı olarak delik çapının etkisi ise Çizelge 7'de, Duncan gruplandırılmaları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4. Kaplanmamış şekerpancarı tohumlarının ortalama tohum tutulma yükseklikleri üzerine delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi

Delik çapı (mm)	Vakum basıncı (kPa)	Ortalama tutulma yükseklikleri (mm) $\bar{x} \pm S_x$
1.5	-4	5.4760.11 a
	-6	5.2460.06 a
	-8	5.3560.04 a
2.0	-4	5.3160.04 a
	-6	5.3360.09 a
	-8	5.7460.13 b
2.5	-4	6.6260.08 a
	-6	6.5760.12 a
	-8	6.4960.07 a
3.0	-4	6.6960.02 a
	-6	7.3360.07 c
	-8	7.0260.05 b
3.5	-4	7.1660.02 a
	-6	7.3660.11 a
	-8	7.3660.08 a
4.0	-4	7.6160.08 a
	-6	7.9960.06 b
	-8	7.5160.08 a

Çizelge 5. Kaplanmamış şekerpancarı tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine vakum basıncına bağlı olarak delik çapının etkisi

Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	1.5	2.0	2.5
-4	5.4760.11 a	5.3160.04 a	6.6260.08 b
-6	5.2460.06 a	5.3360.09 a	6.5760.12 b
-8	5.3560.04 a	5.7460.13 b	6.4960.07 c
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	3.0	3.5	4.0
-4	6.6960.02 b	7.1660.02 c	7.6160.08 d
-6	7.3360.07 c	7.3660.11 c	7.9960.06 d
-8	7.0260.05 d	7.3660.08 e	7.5160.08 e

Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi, delik çapına bağlı olarak artan vakum basıncı değerlerinde tohumların ortalama tutulma yükseklikleri de artmıştır. Genel eğilim olarak Duncan gruplandırılmalarına bakılacak olursa, -6 kPa ve -8 kPa vakum basıncı değerlerinde tohumların tutulma yükseklikleri aynı grupta yer almıştır. Bu durumda, her iki vakum değerinde etkilerin hemen hemen aynı olduğundan sözedilebilir. Çizelge 7'de, vakum basıncına bağlı olarak delik çapları arttıkça tohumların tutulma yükseklikleri de artmıştır. Vakum değerleri -4 kPa ve -8 kPa olduğunda, bu etki 4.5 mm delik çapına kadar aynı olmuş, bu değerden sonra daha belirgin olarak farklılıklar göstermiştir. Vakum basıncının tüm seviyelerinde, delik çapı 7.0 mm'den sonra, aynı gruplar oluşmuş, dolayısıyla tohumların tutulma yüksekliklerindeki farklılıklar istatistiksel anlamda önemli olmamıştır.

Soya tohumları ile yapılan çalışmada elde edilen tohumların ortalama tutulma yükseklikleri değerleri üzerine, delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi Çizelge 8'de, vakum basıncına bağlı olarak delik çapının etkisi, Çizelge 9'da Duncan gruplandırılmaları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 6. Ayçiçeği tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi

Delik çapı (mm)	Vakum basıncı (kPa)	Ortalama tutulma yükseklikleri (mm) $\bar{x} \pm S_x$
3.5	-4	5.4760.10 b
	-6	5.0660.05 a
	-8	6.2660.05 c
4.0	-4	5.3060.10 a
	-6	6.1660.05 b
	-8	6.2360.04 b
4.5	-4	6.3160.30 a
	-6	6.9460.10 b
	-8	7.0960.05 b
5.0	-4	6.6160.21 a
	-6	7.6260.17 b
	-8	6.7260.22 a
5.5	-4	6.6260.21 a
	-6	7.4360.07 b
	-8	7.6260.24 b
6.0	-4	7.4460.22 a
	-6	8.9360.08 b
	-8	9.7660.03 c
6.5	-4	8.0460.14 a
	-6	8.7560.21 b
	-8	10.7760.10 c
7.0	-4	8.1760.05 a
	-6	9.4060.09 b
	-8	9.5160.49 b
7.5	-4	9.3160.03 a
	-6	10.5660.10 b
	-8	10.8360.07 b
8.0	-4	9.4160.05 a
	-6	10.4860.11 b
	-8	10.5760.06 b

Çizelge 7. Ayçiçeği tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine vakum basıncına bağlı olarak delik çapının etkisi

Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)			
	3.5	4.0	4.5	5.0
-4	5.4760.10 a	5.3060.10 a	6.3160.30 b	6.6160.21 b
-6	5.0660.05 a	6.1660.05 b	6.9460.10 c	7.6260.17 d
-8	6.2660.05 a	6.2360.04 a	7.0960.05 b	6.7260.22 b
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)			
	5.5	6.0	6.5	
-4	6.6260.21 b	7.4460.22 c	8.0460.14 d	
-6	7.4360.07 d	8.9360.08 e	8.7560.21 e	
-8	7.6260.24 c	9.7660.03 d	10.7760.10 e	
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)			
	7.0	7.5	8.0	
-4	8.1760.05 d	9.3160.03 e	9.4160.05 e	
-6	9.4060.09 f	10.5660.10 g	10.4860.11 g	
-8	9.5160.49 d	10.8360.07 e	10.5760.06 e	

Çizelge 8'den de görülebileceği gibi, genel eğilim olarak -4 kPa ve -6 kPa vakum seviyelerinde, tohumların ortalama tutulma yükseklikleri arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamış, bunlar aynı grupta yer almışlar, dolayısıyla aynı etkiyi yapmışlardır. Değişim, -8 kPa vakum basıncında önemli bulunmuş, diğer vakum seviyelerine göre daha yüksek değerler belirlenmiştir.

Çizelge 8. Soya tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi

Delik çapı (mm)	Vakum basıncı (kPa)	Ortalama tutulma yükseklikleri (mm) $\bar{x} \pm S_x$
3.5	-4	5.8560.14 a
	-6	5.8060.09 a
	-8	5.4760.04 a
4.0	-4	5.9060.09 a
	-6	5.6860.10 a
	-8	6.2960.09 b
4.5	-4	5.9560.24 a
	-6	6.1860.09 a
	-8	6.8060.04 b
5.0	-4	6.6360.15 a
	-6	7.0360.12 b
	-8	6.9960.04 b
5.5	-4	7.4460.09 a
	-6	7.4760.07 a
	-8	7.5060.06 a
6.0	-4	7.8460.08 a
	-6	7.6060.16 a
	-8	8.2860.11 b
6.5	-4	8.5260.08 a
	-6	8.3660.06 a
	-8	8.9660.16 b

Çizelge 9. Soya tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine vakum basıncına bağlı olarak delik çapının etkisi

Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)			
	3.5	4.0	4.5	5.0
-4	5.6560.14 a	5.9060.09 a	5.9560.24 a	6.6360.15 b
-6	5.8060.09 a	5.6860.10 a	6.1860.09 b	7.0360.12 c
-8	5.4760.04 a	6.2960.09 b	6.8060.04 c	6.9960.04 c
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)			
	5.5	6.0	6.5	
-4	7.4460.09 c	7.8460.08 d	8.5260.08 e	
-6	7.4760.07 d	7.6060.16 d	8.3660.06 e	
-8	7.5060.06 d	8.2860.11 e	8.9660.16 f	

Çizelge 9'dan izlenebileceği gibi, vakum basıncına bağlı olarak delik çapı arttıkça tohumların ortalama tutulma yükseklikleri de artmıştır. Vakum basıncı değerleri -4 kPa olduğunda delik çapı 4.5 mm'den sonra, -6 kPa olduğunda 4.0 mm'den sonra ve -8 kPa olduğunda 3.5 mm'den sonra bu artışlar önemli olmuştur.

Mısır tohumları ile gerçekleştirilen çalışmada, tohumların ortalama tutulma yüksekliği üzerinde, delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi Çizelge 10'da ve vakum basıncına bağlı olarak delik çaplarının etkisi Çizelge 11'de, Duncan gruplandırılmaları birlikte görülmektedir.

Çizelge 10'da görüldüğü gibi, delik çapına bağlı olarak vakum basıncı arttıkça tohumların ortalama tutulma yükseklikleri de artmıştır. Bu artış 5.5 mm delik çapından sonra daha belirgin olarak gerçekleşmiş, 5.5 mm'ye kadar her üç vakum seviyesinde de ortalama tutulma yüksekliği değerleri aynı grupta yer almıştır. Dolayısıyla, 5.5 mm delik çapına kadar vakum basıncının bir etkisinin olmadığından sözedilebilir. Bundan sonraki delik çaplarında artan vakum basıncı değerleriyle birlikte tohumların ortalama tutulma yüksekliklerinde gerçekleşen artışlar istatistiksel anlamda önemli olmuş ve bu ortalama değerler farklı gruplarda yer almışlardır.

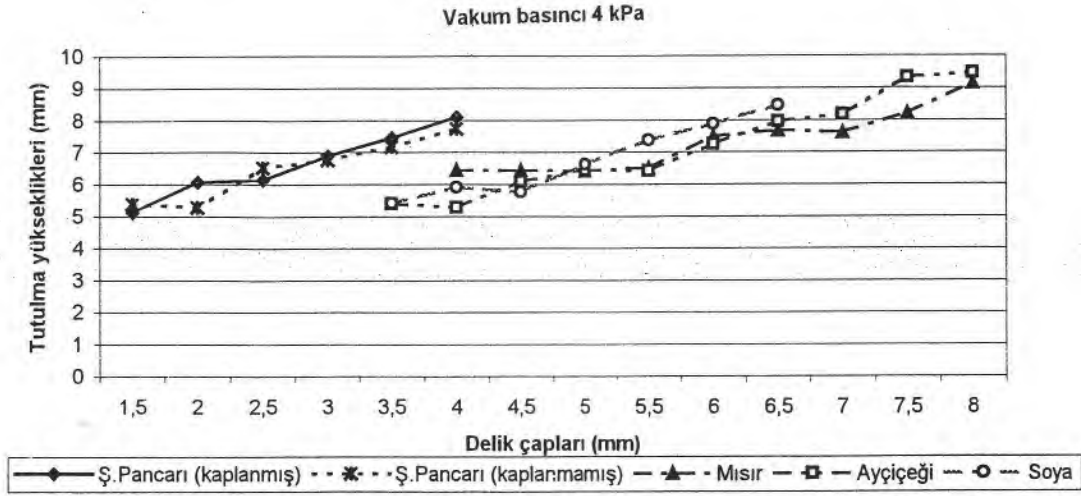
Çizelge 10. Mısır tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine delik çapına bağlı olarak vakum basıncının etkisi

Delik çapı (mm)	Vakum basıncı (kPa)	Ortalama tutulma yükseklikleri (mm) $\bar{x} \pm S_x$
4.0	-4	6.4160.02 a
	-6	6.4760.02 a
	-8	6.7460.08 b
4.5	-4	6.5360.10 a
	-6	6.4460.14 a
	-8	6.6660.04 a
5.0	-4	6.5860.09 a
	-6	6.8860.10 a
	-8	6.7560.08 a
5.5	-4	6.5360.07 a
	-6	6.6660.12 a
	-8	7.1460.09 b
6.0	-4	7.4960.08 a
	-6	7.6460.06 a
	-8	7.7660.05 ab
6.5	-4	7.6860.09 a
	-6	8.1360.06 b
	-8	8.4860.08 c
7.0	-4	7.6660.06 a
	-6	8.9260.14 b
	-8	8.8960.06 b
7.5	-4	8.2560.05 a
	-6	8.8460.07 b
	-8	8.9260.05 b
8.0	-4	9.1860.09 a
	-6	10.9160.09 b
	-8	12.7860.09 c

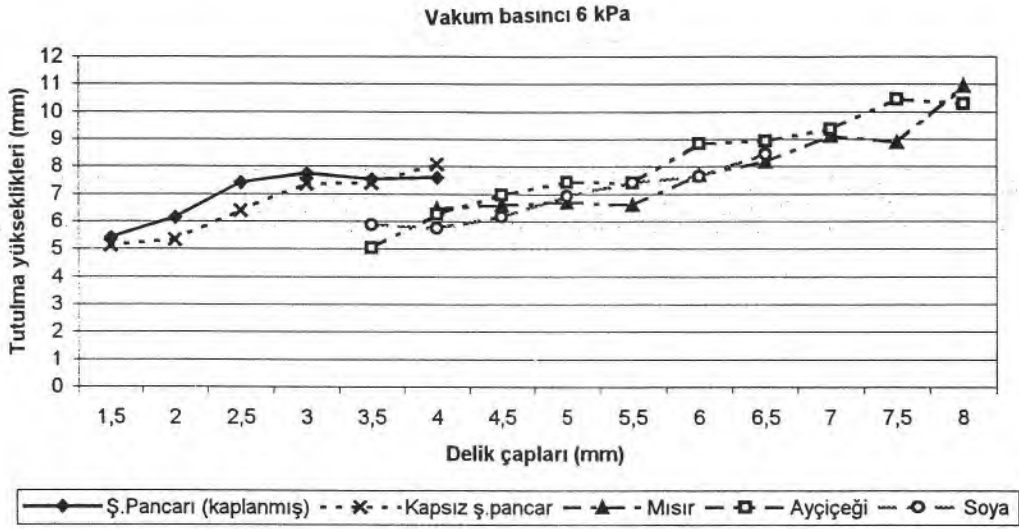
Çizelge 11. Mısır tohumlarının ortalama tutulma yükseklikleri üzerine vakum basıncına bağlı olarak delik çapının etkisi

Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	4.0	4.5	5.0
-4	6.4160.02 a	6.5360.10 a	6.5860.09 a
-6	6.4760.02 a	6.4460.14 a	6.8860.10 a
-8	6.7460.08 a	6.6660.04 a	6.7560.08 a
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	5.5	6.0	6.5
-4	6.5360.07 a	7.4960.08 b	7.6860.09 b
-6	6.6660.12 a	7.6460.06 b	8.1360.06 c
-8	7.1460.09 b	7.7660.05 c	8.4860.08 d
Vakum basıncı (kPa)	Delik çapı (mm)		
	7.0	7.5	8.0
-4	7.6660.06 b	8.2560.05 c	9.1860.09 d
-6	8.9260.14 d	8.8460.07 d	10.9160.09 e
-8	8.8960.06 e	8.9260.05 e	12.7860.09 f

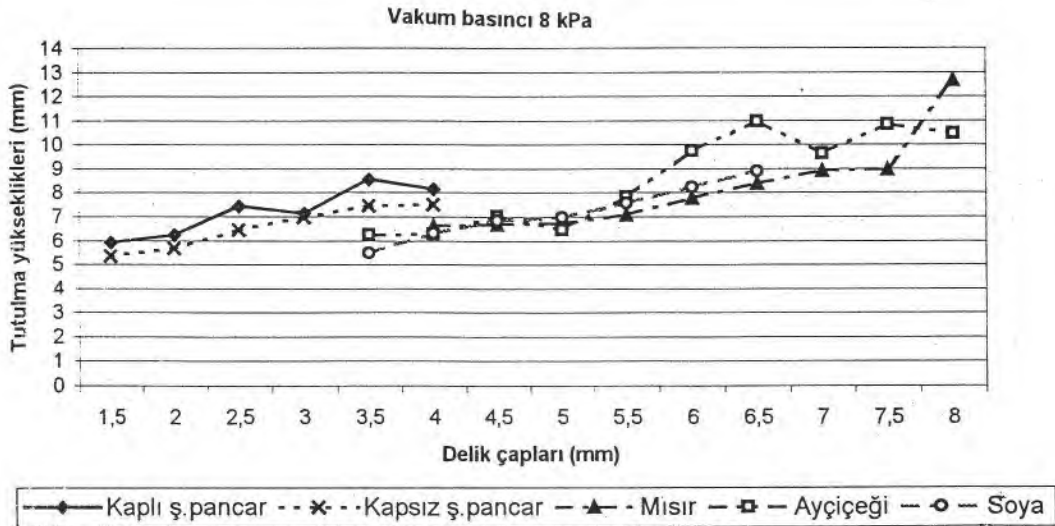
Çizelge 11'de ise vakum basıncına bağlı olarak, delik çapı arttıkça tohumların ortalama tutulma yüksekliği değerlerinin de arttığı görülmektedir. Yapılan Duncan gruplandırmasında vakum basıncı -4 kPa ve -6 kPa olduğunda, delik çapı 6.0 mm değerine kadar tohumların tutulma yüksekliklerindeki değişimler istatistiksel olarak önemli olmamış, bunlar aynı grup içerisinde yer almışlardır.



Şekil 4. Vakum basıncı -4 kPa iken tohumların delik çaplarına bağlı ortalama tutulma yüksekliği değerlerinin değişimi



Şekil 5. Vakum basıncı -6 kPa iken tohumların delik çaplarına bağlı ortalama tutulma yüksekliği değerlerinin değişimi



Şekil 6. Vakum basıncı -8 kPa iken tohumların delik çaplarına bağlı ortalama tutulma yüksekliği değerlerinin değişimi

Vakum -8 kPa olduğunda ise 5.5 mm delik çapından itibaren artışlar önemli olmuştur.

Denemeler sonucunda elde edilen değerler grafiksel olarak da ortaya konmuştur. Grafikler Şekil 4, 5 ve 6'da gösterilmiştir. Şekillerden görülebileceği gibi, tohumların deliklerde tutulduğu yükseklikler, onların boyutlarıyla doğrudan ilgili olmaktadır. Kaplanmış ve kaplanmamış şekerpancari tohumları 1.5-4.0 mm delik çaplarında tutulabilirken, mısır 4.0-8.0 mm, ayçiçeği 3.5-8.0 mm ve soya tohumları 3.5-6.5 mm delik çaplarında tutulabilmiştir.

Tohumlara göre değerleri değişmekle birlikte, aynı vakum değerinde delik çapı arttıkça tohumların tutulma yükseklikleri de artmaktadır.

Şekil 4'den görülebileceği gibi, -4 kPa vakum değerinde, tohumların ortalama tutulma yükseklikleri; kaplanmış şekerpancari tohumları için 5.10-8.18 mm, kaplanmamış şekerpancari tohumlarında 5.24-7.99 mm, mısır tohumlarında 6.41-12.78 mm, ayçiçeği tohumlarında 5.06-10.83 mm ve soya tohumlarında 5.47-8.96 mm arasında değişmiştir. Şekil 5'de -6 kPa ve Şekil 6'da -8 kPa vakum değerinde değişimler görülmektedir.

### Sonuç

Vakum etkisiyle çalışan pnömatik hassas ekim makinelerinde yer alan ekici düzende bulunan ekici plaka deliklerinde, tohumların ortalama tutulma yükseklikleri üzerine, vakum basınçlarının ve delik çaplarının etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada; delik çapının artmasıyla tohumların deliklerde tutulma yüksekliklerinin de arttığı saptanmıştır. Bunun yanında, tohumların şekil ve boyut özelliklerinin de önemli faktörler olduğu gözlenmiştir.

Araştırmaya konu olan kaplanmış ve kaplanmamış şekerpancari tohumları 1.5-4.0 mm delik çaplarında tutulabilirken, mısır 4.0-8.0 mm, ayçiçeği 3.5-8.0 mm ve soya tohumları 3.5-6.5 mm delik çaplarında tutulabilmiştir.

Genel olarak, yapılan denemeler sonucunda, kaplanmamış şekerpancari tohumları dışında diğer tohumlarda delik çapına bağlı olarak, vakum basıncı değerleri arttıkça tohumların ortalama tutulma yüksekliği değerleri de artmıştır. Kaplanmamış şekerpancari tohumlarının gerek şekillerinin düzgünlüğü ve gerekse bin dane ağırlığı değerlerinin çok düşük olması, ayrıca tohumların yüzeyinin çok pürüzlü ve girintili, çıkıntılı olması, bunların birlikte sürüklenmelerine neden olduğundan elde edilen değerlerde diğer tohumlara göre daha fazla sapma göstermiştir.

Tüm tohumlarda vakum basıncına bağlı olarak, delik çapı değerleri arttıkça tohumların ortalama tutulma yüksekliği değerleri de artmıştır. Özellikle, mısır, kaplanmamış şekerpancari ve soya tohumlarında bu etki belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

### Kaynaklar

- Acar, A. İ., İ. Çilingir, A. Çolak ve R. Öztürk, 1993. Küçük tohumlar için tamburlu tip ekici düzen tasarımı. 5<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 11-14 Oct 1993, Kuşadası, Türkiye.
- Acar, A. İ., R. Öztürk, A. Çolak ve K. Saçılık, 1994. Küçük taneli tohumlar için bir ekim makinası vantilatörünün temel tasarım parametrelerinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- Anonim, 1999. New Holland Trakmak GASPARDO Pnömatik Ekim Makinası Kullanım ve Bakım Kitabı.
- Anonim, 1987. Türkiye Zirai Donatım Kurumu HASSIA Hava Emişli (Pnömatik) Hassas Ekim Makinası Kullanma, Ayar ve Bakım El Kitabı.
- Giannini, G. R., W. J. Chancellor and R. E. Garrett, 1967. Precision planter using vacuum for seed pickup. Transactions of the ASAE, 10 (5) 607610-614, Michigan.
- Gökçebay, B. 1986. Tarım Makinaları - I. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları: 979, Ankara.
- Guarella, P., A. Pallerano and S. Pascuzzi, 1996. Experimental and Theoretical Performance of a Vacuum Seeder Nozzle for Vegetable Seeds. J. Agric. Eng. Res., 64, 29-36.
- Hammond, J. E. 1965. Precision Vakuum Type Planter Head. USDA-ARS, 42-115.
- Önal, İ. 1995. Ekim, Dikim, Gübreleme Makinaları (II. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 490, İzmir.
- Shafii, S., A. Sasao and S. K. Upadhyaya, 1991. Air-Jet Seed Singulation. Transactions of the ASAE, 34(5) 1973-1977, Michigan.
- Sweetman, I. C. 1957. A suction operated precision planter. N. Z. J. of Sci. and Technol., A38 (6) 577-582.