



Sıvı Gübre Dağıtma Makinasının Farklı Çalışma Hızlarındaki İşletme Özelliklerinin Belirlenmesi

Halil ÜNAL^{1*}, Hilal ERDOĞAN¹, Sinem GÜRCAN¹, Seda SATIOĞLU¹,
Feridan ÖZGÜR¹

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye
*e-posta: hunal@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.02.2016; Kabul Tarihi: 09.03.2017

Öz: Sürdürülebilir tarımın temel ilkelerinden biri doğal bitki besin maddeleri kullanımına ağırlık verilmesidir. Bu da genellikle hayvan gübresi ile sağlanmaktadır. Azot bakımında zengin olan sıvı hayvan gübresi, ülkemizde maalesef yararlanılmadan hendek ve akarsulara bırakılmaktadır. Sıvı hayvan gübresinin depolanmasına ilişkin bilgi eksikliği ve yasal mevzuatların yetersizliği, hayvan çiftliklerinin yakınındaki arazilere aşırı gübre uygulamasına ve çevrenin yoğun bir şekilde kirletilmesine sebep olmaktadır. Yer altı ve yüzey sularının kirliliği, başta çiftlikler olmak üzere tüm yakın bölgelerdeki insan ve hayvan sağlığını tehdit etmektedir. Bundan dolayı, hayvancılık işletmelerinin uygun sıvı gübre depolarına sahip olmaları önemlidir. Depolarda bekletilen sıvı gübre, sıvı dağıtıcı tanklarla tarım arazilerine toprağın ve bitkinin ihtiyacı doğrultusunda verilebilmelidir. Bu amaçla, son yıllarda katı gübre dağıtma römorkları ve sıvı gübre dağıtma tankları imalatı ve ithalatında büyük artışlar olmuştur.

Bu çalışmada traktörle çekilir tip 8000 L kapasiteli arkadan çarpma plakalı dağıtımlı yerli üretim bir sıvı gübre dağıtma makinası kullanılmıştır. Yapılan tarla çalışmalarında makinanın üç farklı ilerleme hızındaki (3, 6 ve 9 km/h) çalışma zamanları, efektif iş başarıları, gübreleme debileri, gübreleme kapasiteleri (ton/ha ve ton/h), patinaj oranları gibi parametreler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, makinanın 6 km/h ilerleme hızında efektif çalışma zamanı, efektif iş başarıları, birim alandaki gübreleme kapasitesi ve birim zamandaki gübreleme kapasitesi sırasıyla 0.19 h/ha, 5.26 ha/h, 17.5 ton/ha ve 126.0 ton/h bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Efektif iş başarıları; Gübreleme kapasitesi; Sıvı gübre; Sıvı gübre dağıtıcı; Patinaj oranı.

Determination of Operation Characteristics of Liquid Manure Spreaders at Different Ground Speeds

Abstract: One of the basic principles of sustainable agriculture is to an emphasis on the use of natural plant nutrients. This is generally provided by the animal manure. Liquid animal manure, which is rich in nitrogen, is unfortunately thrown into ditches and rivers without making use of it in our country. Lack of information regarding the liquid animal manure storage and the inadequacy of legal regulations cause the excessive manure applications and the intense environmental pollution on lands near the animal farms. Pollution of groundwater and surface water threatens the human and animal health in all nearby regions, especially the farms. Therefore, the fact that livestock plants have appropriate liquid manure storages is important. The liquid manure kept in storages should be able to be spread on agricultural lands with liquid spreader tanks according to the need of soil and plant. For this purpose, in recent years, there have been massive increases in manufacture and importation of solid manure spreading trailers and liquid manure spreading tanks. In this study, a domestic manufactured, tractor pulled type, rear-flapper spreading, and liquid manure spreader tank with a capacity of 8000 L was used. In the field studies carried out, parameters at different three feed rates (3, 6 and 9 km/h) of the machine were determined such as the operating time, effective operation achievements, manuring flow rates, manuring capacities (tons/ha and tons/h) and spinning rates. According to the obtained results, the effective operating time at 6 km/h feed rate, the effective operation achievements, the manuring capacity per unit area and the manuring capacity per unit of time were observed as 0.19 h/ha, 5.26 ha/h, 17.5 tons/ha and 126.0 tons/h, respectively.

Keywords: Slurry manure, liquid (slurry) spreader tankers, effective working capacity, spin rate, manuring capacity.

Giriş

Gübreleme, bitkisel üretimde verimi arttırmak amacıyla eskiden beri uygulanan bir tarımsal işlemdir. Gübrelemenin amacı toprakta eksilen bitki besin maddelerini (azot, fosfor, potasyum vb.) karşılamaktır. Bunlar katı ve sıvı çiftlik gübresi ya da mineral gübreler şeklinde toprağa verilmektedir. Burada mineral gübreler sadece besin maddeleri ihtiyacını karşılamak için verilirken çiftlik gübresinin diğer bir yararı da toprağın fiziksel yapısını iyileştirerek verimliliğin devamını sağlamaktır. Hayvanların sıvı dışkılarının veya gübrelikten sızan suların şerbet çukuru dediğimiz su geçirmeyen yerlerde biriktirilmesinden elde edilen gübrenin homojen hale getirilmiş karışımına sıvı gübre (şerbet) denir (PERMEM, 2006; MEB, 2011).

Hayvancılıktaki gelişmeye paralel olarak artan çiftlik gübresi ve son yıllardaki enerji masraflarındaki artışa bağlı olarak kimyasal gübre fiyatlarında büyük oranlarda artış olması, organik gübre kullanımını arttırmıştır. Gelişmiş ülkelerde çiftlik gübresinin olabildiği kadar kayıpsız olarak elde edilmesi, kolay ve düzgün bir şekilde dağıtılması için modern makine ve sistemler geliştirilmiştir (Özbek ve Konak, 2009).

Gelişmiş ülkelerde kimyasal gübrelerin kullanım oranları yavaş yavaş azalmakta olup sürdürülebilir tarım uygulamaları artış göstermektedir. Bilindiği gibi, sürdürülebilir tarımda doğal bitki besin maddeleri kullanılmakta ve bu genellikle hayvan gübresiyle sağlanmaktadır. Azotça zengin olan sıvı gübre ülkemizde yararlanılmadan hendek ve

akarsulara akıtılmakta ve suların ve çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için sıvı gübreden verimli bir şekilde yararlanmak gerekmektedir.

Modern ahırlarda bugün ahırdan tarlaya olan ‘Gübre Zinciri’nin tamamı makinalı yapılmaktadır. Bunda sıvı karışımların pompalanabilme özelliklerinin çok iyi olmasının rolü büyüktür. Sıvı gübre dağıtma tankları homojen hale getirilmiş hayvan idrar ve dışıklarını toprağa-bitkiye vermekte kullanılan makinalardır. Şerbet olarak isimlendirilen bu atıklar, bir pompa ve şerbeti tarlaya püskürten bir dağıtıcıdan oluşmaktadır. Sıvı gübrenin dağıtılmasında kullanılan makinalar genellikle gübrenin doldurulması ve nakliyesi işlerini de yapmaktadırlar (Arora ve ark., 2004; Kaasik, 2012; Koenig ve ark., 2010; Jokella, 2014).

Sıvı gübre dağıtıcı tanklar genellikle 3-24 m³ kapasitede imal edilmektedir. Sac malzemesi sıcak galvanizli çelikten ve aşınmaya karşı dayanıklı malzemeden yapılmaktadır. Tank, yükleme sırasında 0.6-0.8 bar, dağıtma sırasında 0.6-1.2 bar veya tam dolu iken 3 bar’a kadar basınca uygun mekanik dayanımlı olarak yapılmalıdır. Tankın arka kısmında açılabilen bir kapak bulunur. Bu kapak çöken maddeleri temizlemede kullanılır. Tank; tank içerisindeki ataletten doğacak sıvı hareketlerini sınırlamak ve tankın tümüyle temizlenmesini sağlamak amacıyla geriye doğru eğimli yapılır. Operatörün düşme ya da kayma risklerini azaltmak, traktörden inmeden tankı doldurmasını sağlamak ve dolayısıyla gübreye temasını önlemek için sabit bir ağza bağlanan yanlamasına doldurma kolları ya da doğrudan şerbet çukuruna dalan üst yükleme kolları vardır. Emme borusu yerdeki ağza ya da şerbet çukuruna esnek bir boruyla bağlanmaktadır. Yükleme için, operatör dağıtıcıyı hendeğe yaklaştırır ve yükleme kolunu hidrolik kumanda ile açarak yerdeki ağza bağlar. Kompresör çalıştığında, tankta oluşan vakumla sıvı gübre tanka dolmaktadır (PERMEM, 2006; MEB, 2011).

Sıvı gübre tankının dağıtma debisi; şerbetin türüne (yoğunluk, akışkanlık, vb.), tanktaki hava basıncına ve dağıtıcıdaki yük kaybına bağlıdır. Ürünlerin çeşitliliği ve fiziki özelliklerini belirleme güçlüğü ele alındığında, sıvı gübre dağıtıcıların debisini belirlemek ve ayarlamak için sadece denemeye dayalı çözümler yapılabilmektedir. En basit çözüm, belirli bir parselde belirli bir gübre hacmini dağıtmak için geçen zamanı hesaplayıp, buradan m³/dak olarak debiyi ve m³/ha olarak gübre miktarını (normu) ortaya çıkarmaktır (Koenig, ve ark., 2010; Jokella, 2014).

Günümüzde modern hayvancılık işletmelerinde sıvı gübrenin araziye tatbiki büyük ölçüde sıvı gübre tankerleriyle yapılmaktadır. Diğer taraftan son yıllarda Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı makina desteklemeleri, ülkemizde sıvı gübre dağıtma makinalarının imal edilmesine de öncülük etmiştir. Ancak imal edilen makinaların gübreleme debisi, gübreleme kapasitesi ve çalışma hızları yönünden gerekli ayarlamalarının yapılması oldukça önem arz etmektedir. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerine “Tasarım Proje” dersi kapsamında verilen bu çalışma ile yerli üretimi yapılan bir sıvı gübre dağıtma makinasının farklı çalışma hızlarındaki çalışma kapasitelerinin (temel çalışma zamanları, patinaj ölçümleri, efektif iş başarısı, birim alana atılan sıvı gübre miktarı ve birim zamanda atılan gübre miktarının) belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme Alanı

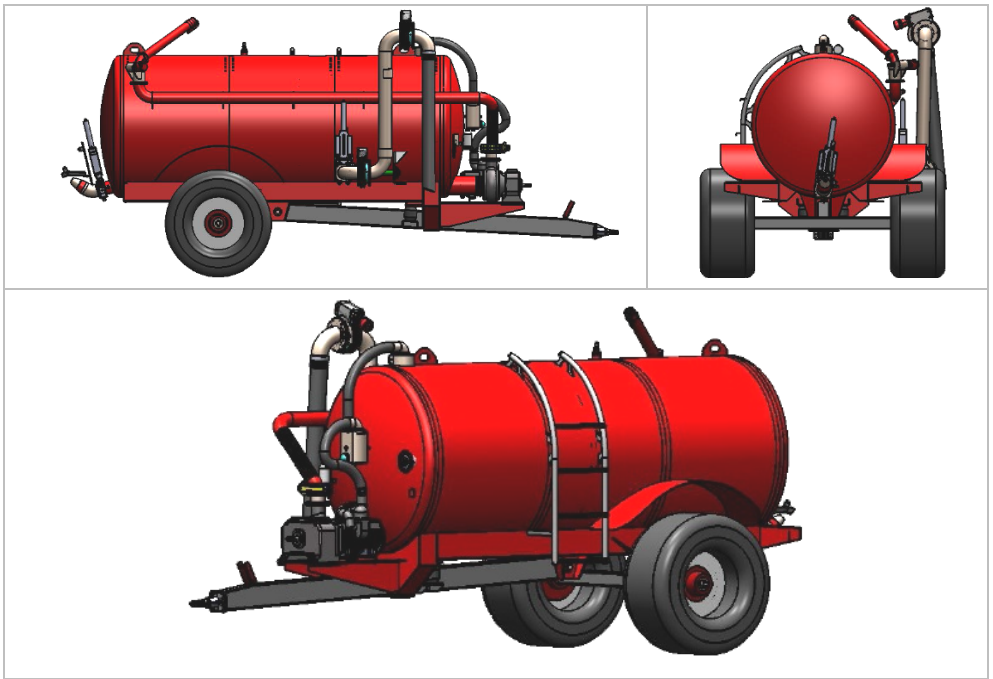
Sıvı gübre dağıtma makinasının tarla deneyleri Bursa ili Karacabey ilçesindeki bir mera alanında yapılmıştır. Deney alanı olarak seçilen arazinin büyüklüğü 15 da'dır. Arazide deney başlangıcı ve devamında ortalama rüzgâr hızı, ortam sıcaklığı, deniz seviyesinden yükseklik ve atmosfer basıncı değerleri ölçülmüştür.

Hayvan Gübresi

Araştırmada kullanılan hayvan gübresi, aynı ilçedeki özel bir süt sığırcılığı işletmesinden temin edilmiştir. Gübre separatörden geçirilmiş, gübre havuzunda yaklaşık 6 ay bekletilmiş sıvı formda olan bir materyaldir. Sıvı gübreden üç kavanoza örnekler (1'er kg) alınmış ve laboratuvarında hacim ağırlığı ve kuru madde tayini yapılmıştır.

Sıvı Gübre Dağıtma Makinesi

Deneylerde kullanılan sıvı gübre dağıtma makinası, 8000 L kapasiteli, traktörle çekilir tip, tek dingilli, iki lastik tekerlekli, sıvı haldeki çiftlik gübresini kendi üzerinde bulunan pompa ile emerek tanka dolduran ve aynı pompa ile gübreyi üzerindeki mekanizması ile tarla yüzeyine homojen olarak dağıtan bir makinedir (Şekil 1). Makinanın üzerinde emme ve basma için paletli bir pompa vardır. Pompa 540 dev/dak'da çalışmakta ve 0.5-1.5 bar arasında basınçta yaklaşık 2100 L/dak akış debisi sağlamaktadır. Sıvı gübrenin çiftlik havuzundan tank içine alınabilmesi için makine üzerine bir emiş düzeni (Ø140 mm boru) yerleştirilmiştir. Emiş düzenin alt ve üst olmak üzere iki noktadan döner mekanizması vardır. Alt döner mekanizmaya pistonla, üst döner mekanizmaya ise hidromotorla komut verilmektedir. Makinanın gübre boşaltma sistemi, tank arkasına belirli bir açıyla yerleştirilmiş bir boru ve ayarlanabilir sürgülü bir klapeden oluşmaktadır. Bir manivela ile açılıp kapanan sürgülü klape akış miktarını ayarlamaktadır. Sıvı gübre çarpma levhasına çarparak ve yatay bir kavis oluşturarak yayılmaktadır. Gübre akış debisi, tank içindeki sıvının basıncı ile sağlanmaktadır. Tanktaki sıvı gübre azaldıkça basınç düşmekte ve akan gübre miktarı azalmaktadır. Bunu önlemek için tank içine basınç dengeleme düzeni yerleştirilmiştir. Makinanın çalıştırılmasında New Holland marka TL90A model traktör kullanılmıştır.



Şekil 1. Sıvı gübre dağıtma makinasının genel görünüşü

Makina, traktör ve deneme alanı için bazı işletme değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Sıvı gübre dağıtma makinesi, traktör ve deneme alanı için bazı işletme değerleri

Parametre	Ölçülen Değer
Parsel boyutu (uzunluk x genişlik)	150x100 m
Tank hacmi	8000 L
Tankın genel boyutları	
Yükseklik	2990 mm
Genişlik	2750 mm
Uzunluk	6280 mm
Kuyruk mili devri	540 dev/dak
Gübre dağıtım genişliği	10 m
Makine ilerleme hızları	3, 6 ve 9 km/h
Vites kademeleri	
1. Vites Takviye 2 (hızlı)	3 km/h
1. Vites Takviye 4 (hızlı)	6 km/h
1. Vites Seri	9 km/h

Gübreinin Tarla Uygulamaları

Sıvı gübrenin araziye dağıtılmasında iki temel yöntem kullanılmıştır. Bunlar, branda yöntemi ile iş genişliği ve uzaklığı yöntemidir (TSE, 2004). Branda yönteminde; eni 12 m, boyu 4 m olacak şekilde 12 adet PVC brandalar hazırlanmış ve ağırlıkları tartılarak numaralandırılmıştır. Gübreleme kapasitesi ölçümleri için her çalışma hızında deneme alanına üçer adet branda serilmiştir. Brandalar arasında branda uzunluğu kadar boşluk bırakılmıştır. Brandaların rüzgâr etkisiyle uçmaması için köşelerinden tahta kamalarla yere sabitlenmiş ve orta kısımlarına ağırlıklar yerleştirilmiştir (MacKeller ve Jacobs, 1995; Jokella, 2014). Deneyler sonunda gübreleme kapasitesi için serilen brandalar ayrı ayrı bütün olarak toplanmaya çalışılmış, ancak gübrenin kuru madde içeriğinin düşük olması nedeniyle bu yöntem başarılı olamamıştır. Bu nedenle, diğer bir yöntem olan iş genişliği ve uzaklığı yöntemiyle makinanın gübreleme kapasite ölçümleri yapılmıştır. Bunun için dağıtıcının iş genişliği ve gübrenin belirli bir miktarını yaymak için gereken mesafeler ölçülmüştür (Şekil 2). Makina ile belirlenen parsel uzunluğunda her hız kademesi için üçer defa gübre dağıtılmış ve ardından makinanın ağırlığı tartılmıştır.



Şekil 2. Sıvı gübrenin tarla uygulaması

Çalışma Zamanları Ölçümleri

Tarımın dinamik yapısı, üretim sürecine giren tüm girdilerin en verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak bir planlamayı zorunlu kılmaktadır. Tarımsal işlemlerde verimlilik ise, uygulamaların ayrı ayrı ve en iyi şekilde yapılmasıyla değil, üretim girdilerinin etkin ve akılcı kullanımını sağlayacak iyi bir planlama ve organizasyon ile artırılmalıdır. Bu nedenle gerekli zaman etütleri yapılmalıdır.

Sıvı gübre dağıtma makinasının arazi deneyleri sırasındaki iş aşamaları aşağıdaki işlemlerle belirlenmiştir.

Makinanın efektif çalışma zamanı; esas zaman, yardımcı zaman ve kayıp zamanların toplamından oluşmaktadır ve Eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır (Kasap ve Erdem, 1994; Ünal, 1994):

$$EÇZ = EZ + YZ + KZ \quad (1)$$

$EÇZ$: Efektif çalışma zamanı (h/ha), EZ : Esas zaman (h/ha), YZ : Yardımcı zaman (h/ha), KZ : Kayıp zaman (h/ha).

İş başarılarının hesaplanmasında efektif çalışma zamanları dikkate alınmıştır. Zaman ölçümlerinde 1/100 dakika duyarlı dijital bir kronometreden yararlanılmıştır. Her ilerleme hızı için parsel boyunu kat etme süresi ve bir dönüşte geçen süreler belirlenmiştir.

İlerleme Hızı Ölçümleri

Hızın belirlenmesi için belirli bir uzaklığı kat etme süresi ölçülerek Eşitlik (2)'de hesaplanmıştır. Traktörün üzerinde ayrıca hız göstergesi mevcut olup, gerek ölçülen ve hesaplanan ve gerekse traktördeki hız değeri karşılaştırılarak doğru hız kademesi belirlenmiştir. Makine için 3, 6 ve 9 km/h ilerleme hızları seçilmiş ve tüm denemeler bu hızlara uyacak şekilde yapılmıştır. Traktörün istenilen ilerleme hızlarına ait vites kademeleri Çizelge 1'de verilmiştir.

$$V = 3.6 \cdot L/t \quad (2)$$

V : Makinanın ilerleme hızı (km/h), L : Makinanın kat ettiği mesafe (m) ve t : makinanın belirli uzaklığı kat ettiği süre (s).

Patinaj Oranı

Belirli bir uzaklığın kat edilmesi sırasında, traktör arka tekerleğinin kaç devir yaptığı, tekerleğe bir çizgi çekilerek sayılmıştır. Bu uzaklıkta kaç devir yaptığı sayılmış ve tekerlek çapı esas alınarak patinajın olmadığı koşulda alınan yol hesaplanmıştır. Ayrıca başlangıç ve sonu arasındaki mesafe şerit metre ile ölçülerek kat edilen patinajlı yol belirlenmiştir. Bulunan değer yardımıyla patinaj oranı (Eşitlik 3) bulunmuştur (Kasap, 1994).

$$PO = \frac{L_p}{L_p} \cdot 100 \quad (3)$$

PO : Patinaj oranı (%), L_p : Kat edilen patinajlı mesafe (m), L_{pz} : Patinaj yokken kat edilen mesafe (m).

Zaman Gereksinimi ve İş Başarısının Hesaplanması

Ortalama olarak standart parsel değeri alınmış (1 ha) ve iş başarısının hesaplanması için esas zaman ve yardımcı zaman temel hesaplamaları (Eşitlik 4 ve 5) öncelikli olarak yapılmıştır (Demirci, 1985; Sabancı, 1988; Ünal, 1994):

$$E = \frac{n \cdot t_e}{60.60} \quad (4)$$

$$YD = \frac{n \cdot t_{vd}}{60.60} \quad (5)$$

E : Esas zaman (h/ha), YD : Yardımcı zaman (dönme zamanı) (h/ha), t_e : Bir sırayı gidiş süresi (s), t_{vd} : Bir dönme için geçen süre (s), n : Sıra veya dönme sayısı.

t_e , 150 m uzunluktaki bir sıra için, n ise 66,67 m genişliğindeki parsel için bulunan değerdir. Denemeler sırasında yardımcı zaman, dönme zamanına eşit olarak alınmıştır.

Sıvı gübre dağıtma makinasının efektif iş başarısının hesaplanmasında sırasıyla temel zaman (Eşitlik 6), kaçınılması imkânsız zaman (Eşitlik 7) ve hesaplanan bu iki zamanın toplamı olan efektif çalışma zamanı (Eşitlik 8) hesaplanmıştır. Sonuçta efektif iş başarısı (Eşitlik 9) belirlenmiştir (Sabancı, 1988; Kasap, 1994; Ünal, 1994):

$$TZ = E + YD \quad (6)$$

$$KI = \left(\frac{P}{100}\right) \cdot TZ \quad (7)$$

$$EÇZ = TZ + KI \quad (8)$$

$$F_e = 1/EÇZ \quad (9)$$

TZ : Temel zaman (h/ha), KI : Kaçınılması imkânsız kayıp zaman (h/ha), p : Çarpım katsayısı (Makina için “1” alınmıştır (Kasap ve Erdem, 1994), $EÇZ$: Efektif çalışma zamanı (h/ha), F_e : Efektif iş başarısı (ha/h).

Efektif iş başarısı Eşitlik (10) ile de hesaplanabilmektedir:

$$F_e = 0.1 \cdot B \cdot V \cdot K_e \quad (10)$$

B : Makinanın iş genişliği (m), V : Makinanın ilerleme hızı (km/h), K_e : Zamandan yararlanma katsayısı ($K_e = E / EÇZ$). Tüm tarla denemelerinde makinanın gübre dağıtım genişliği ortalama 10 m ölçülmüştür.

Makinanın birim alana atacağı sıvı gübre miktarı; tank hacminin, sıvı gübre tankının boşalıncaya kadar aldığı yol ile dağıtıcı iş genişliğinin çarpımına bölünmesiyle (Eşitlik 11) elde edilmiştir (MEB, 2011):

$$Q_s = \frac{V_t}{L \cdot B} \quad (11)$$

Q_s : Makinanın birim alana atacağı sıvı gübre miktarı (L/m^2), V_t : Tank hacmi (L), L : Tankın belirli bir boşaltma için aldığı yol (m), B : Tankın dağıtım genişliği (m). Makinanın ilerleme hızı dikkate alındığında birim alan atılan gübre miktarı (normu) Eşitlik (12) den de hesaplanabilmektedir (PERMEM, 2006):

$$Q_s = \frac{D \cdot 600}{B \cdot V} \quad (12)$$

Q_s : Birim alana atılan gübre miktarı (m^3/ha), D : gübre akış debisi (m^3/dak), V : Makinanın ilerleme hızı (km/h).

Yapılan ölçümlerde tank, ortalama 2100 L/dak akış debisi sağlamaktadır. Tankın içindeki gübre miktarı “ L veya m^3 ” hacmi yerine ağırlık “ ton ” birimi esas alınmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Gübreleme yapılan arazinin deniz seviyesinden yüksekliği 28 m ölçülmüştür. Arazide deney süresince ölçülen ortalama rüzgar hızı, ortam sıcaklığı ve atmosfer basıncı değerleri sırasıyla 2.1 km/h, 24.5°C ve 100.8 kPa dır. Deneylerden önce kavanozlara alınan sıvı gübre örneklerinin ortalama hacim ağırlığı 791 kg/m^3 , kuru madde içeriği %6.3 olarak belirlenmiştir.

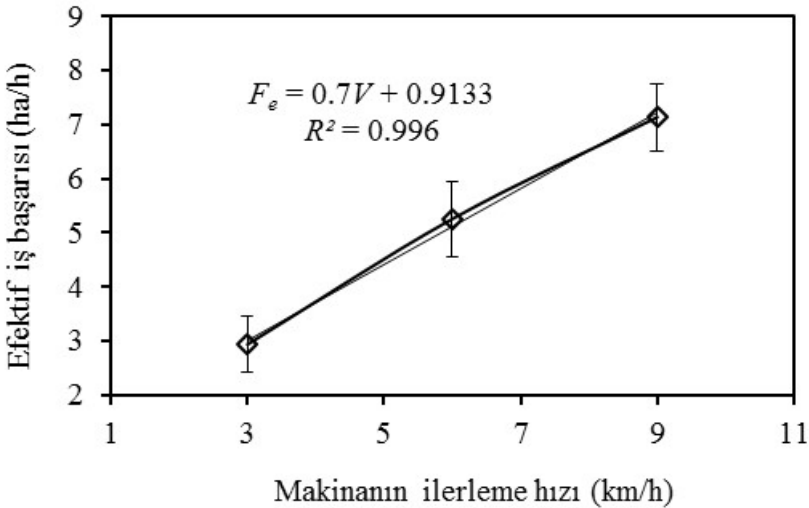
8000 L kapasiteli sıvı gübre tankı ile çalışmada elde edilen bazı zamanlılık ve kapasite sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, makinanın 3 km/h ilerleme hızındaki efektif çalışma zamanı 0.34 h/ha iken, bu değer 9 km/h hızda 0.14 h/ha’ya düşmüştür. Hızın artması beraberinde patinaj sorununu getirmiştir. Buna göre 3 km/h te %0.7 olan patinaj, 6 ve 9 km/h’te sırasıyla %1.2 ve %2.1’e yükselmiştir.

Çizelge 2. 8000 L kapasiteli sıvı gübre dağıtım makinasının tarla denemesi sonuçları (Ort±SH)

Zaman Ölçüm Sonuçları	İlerleme Hızı (km/h)		
	3	6	9
Esas zaman (h/ha)	0.28±0.06	0.14±0.05	0.09±0.02
Yardımcı (dönme) zamanının oranı (h/ha)	0.05±0.02	0.04±0.02	0.04±0.01
Temel zaman (h/ha)	0.33±0.05	0.18±0.04	0.13±0.05
Efektif çalışma zamanı (h/ha)	0.34±0.05	0.19±0.04	0.14±0.05
Efektif iş başarısı (ha/h)	2.94±0.51	5.26±0.70	7.14±0.62
Patinaj (%)	0.7±0.08	1.2±0.11	2.1±0.21
<i>Kapasite Sonuçları</i>			
Makinanın birim alana attığı gübre miktarı (ton/ha)	35.0±2.1	17.5±2.6	11.7±3.1
Makinanın birim zamanda attığı gübre miktarı (ton/h)		126.0±17.2	

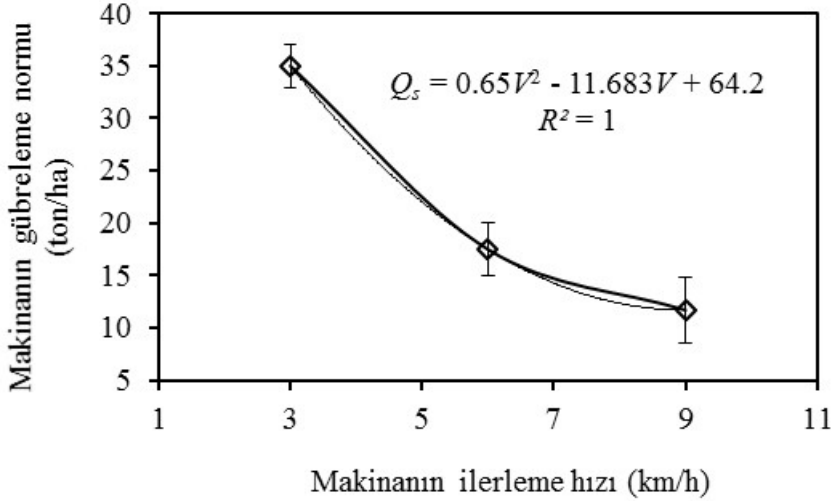
Sıvı gübre tankı ile 126.0 ton/h'lik gübreleme debisi elde edilmiştir (Çizelge 2).

Tarla denemelerinden elde edilen sonuçlar grafik olarak da ifade edilmiş ve makinanın ilerleme hızı ile ilişkili regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Üç farklı ilerleme hızında yapılan deneylerde makinanın saatlik efektif iş başarısı (F_e), 2.94 ile 7.14 ha/h arasında değişmiştir (Şekil 3). İlerleme hızı ve iş başarısı arasında ilişki incelendiğinde doğrusal bir ilişki gözlenmiş ve determinasyon katsayısının $R^2=0.996$ olması, denklemin yüksek doğrulukla kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 3. Makinanın ilerleme hızına bağlı efektif iş başarısı

Makinanın 3 km/h ilerleme hızında hektara 35.0 ton sıvı gübre atılırken, 9 km/h'te bu değer 11.7 ton/ha'a düşmüştür (Çizelge 2). Elde edilen gübreleme normu sonuçları diğer araştırmacıların çalışmalarına benzerlik göstermiştir (MacKeller ve Jacobs, 1995; Arora ve ark., 2004; Koenig ve ark., 2010; Kaasik, 2012). Yapılan deneylerde ilerleme hızı ile gübreleme kapasitesi arasında polinaminal bir ilişki gözlenmiş ve buna göre Şekil 4'te verilen eşitlik elde edilmiştir. Determinasyon katsayısının $R^2=1$ bulunması, bu denklemin yine yüksek doğrulukla kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 4. Makinanın ilerleme hızına bağlı alan gübreleme kapasitesi

Sonuç ve Öneriler

Sıvı gübre dağıtma makinası ile yapılan araştırmaya göre elde edilen sonuçlar ve gerekli öneriler aşağıda verilmiştir:

- Makinanın 3 km/h hızında efektif çalışma zamanı 0.34 h/ha bulunmuşken, bu değer 6 ve 9 km/h hızlarda sırasıyla 0.19 ve 0.14 h/ha'a düşmüştür.
- Makinanın ilerleme hızının artması beraberinde patinajı artırmıştır. Patinaj 3 km/h hızda %0.7, 6 km/h hızda %1.2 ve 9 km/h hızda %2.1 bulunmuştur.
- Makinanın efektif iş başarısı 3, 6 ve 9 km/h hızlarda sırasıyla 2.94, 5.26 ve 7.14 ha/h olarak elde edilmiştir.
- Makinanın 3 km/h ilerleme hızındaki gübreleme normu 35.0 ton/ha elde edilirken, hız 9 km/h'e çıkarıldığında gübreleme normu 11.7 ton/ha'a düşmüştür.
- Makinanın efektif iş başarısı ve saatlik gübreleme kapasiteleri için belirlenen regresyon eşitliklerinin $R^2= 0.996$ ve $R^2= 1.0$ gibi yüksek doğrulukta sonuç vermesi, oluşturulan eşitliklerin güvenilir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

- Gübreleme normunun ayarlanmasında besleme debisi önemli bir faktördür. Makinanın sıvı akış debisi sabit olup 2100 L/dak'dır. Debi değişimi için püskürtme başlığı kesit alanının değiştirilmesi daha uygun olacaktır.
- Lisans öğrencileriyle "Tasarım Proje" dersi kapsamında Bitirme Çalışması olarak gerçekleştirilen bu çalışmanın tarla deneyi sonuçları, ileride yapılacak araştırma ve uygulamalara katkı sağlayabilecektir.
- Ülkemizde henüz yaygın kullanım alanı bulunmayan sıvı gübre dağıtma makinalarının ve uygulamalarının tanıtılması, konu ile ilgili araştırmaların yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Araştırmamızdaki sıvı çiftlik gübresi dağıtma makinasını kullanımımıza sunan ve tarla deneyleri için gerekli sıvı hayvan gübresini, deney malzemelerini, ulaşım hizmetimizi sağlayan FİMAKS A.Ş. yönetici ve çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Arora K., M.A. Licht, K. Kohl and J.L. DeJong. 2004. Calibrating Liquid Tank Manure Applicators. Agriculture and Environment Extension Publications. Book 147. http://lib.dr.iastate.edu/extension_ag_pubs/147
- Demirci, K. 1985. Gözlü devlet üretme çiftliğinde tarım makinalarının iş başarılarının saptanması ve artırılması üzerinde bir araştırma. Ege Üniv., Ziraat Fakültesi (Doktora Tezi), 107 s., Ankara.
- Jokella B. 2014. Manure spreader calibration, University of Vermont, Burlington, Vermont, USA. 5 p., <http://pss.uvm.edu/vtcrops/articles/ManureCalibration.pdf>
- Kasap A. ve G. Erdem. 1994. Çiftlik gübresi dağıtma makinesiyle çalışmada iş başarısının belirlenmesi üzerine bir çalışma. Gazi Osmanpaşa Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 11: 71–78.
- Kaasik A. 2012. Techniques for application of manure to land. Sustainable Agriculture. Ed. Christine Jakobsson. Uppsala University: Baltic University Programme, 132–35.
- Koenig R., Goodrich K. and J.D. Harrison. 2010. Calibrating and operating manure spreaders (process improvement for animal feeding operations). Agricultural Waste Management Fact Sheet AG-AWM-09-1, Revision: 1., 4 p. http://extension.usu.edu/files/publications/factsheet/AG_AWM-09-1.pdf
- MacKeller B.A. and L.W. Jacobs. 1995. Manure spreader calibration and spreader capacities. Michigan State University Extension, East Lansing, MI, Bulletin MM-5., 5 p., <http://animalagteam.msu.edu/uploads/files/20/Bull%20MM-5.pdf>
- MEB. 2011. Gübreleme makinalarının ayarları ve kullanılması. Milli Eğitim Bakanlığı Orta Öğretim Projesi, Tarım Teknolojileri, 40 s., Ankara.
- Özbek O. ve M. Konak. 2009. Çarpma plakalı şerbet dağıtma makinalarında bazı yapısal ve işletme özelliklerinin dağılım düzgünlüğüne etkisi. Selçuk Üniv., Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23(48): 51-56.
- PERMEM. 2006. Sıvı gübre dağıtma makinaları. Tarım Alet ve Makinaları, PERMEM, s.131-136, Ankara.

- Sabancı, A. 1988. Tarımsal Mekanizasyonda İşletmecilik. Çukurova Üniv., Ziraat Fak. Yayın No: 67, 120 s., Adana.
- TSE. 2004. Tarım makinaları - Sıvı gübre tankerleri ve gübre dağıtma tertibatları - Çevre koruma - Gübre dağıtma hassasiyeti ile ilgili kurallar ve deney metotları. TS EN 13406, 23 s. Ankara.
- Ünal H. 1994. Silindirik balya yapan makinaların mekanizasyon planlamasına yönelik işletme özelliklerinin saptanması. U.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, 96 s., Bursa.