

Sulama Suyuna Sabit Sistem Mineral Gübre Atma Makinası ve Performans Ölçüm Sistemi Tasarımı

Bülent ÇAKMAK, Erdem AYKAS

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Bornova/İzmir,
bulent.cakmak@ege.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 21.04.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 06.05.2013

Özet: Konvansiyonel üretim yapan bazı işletmelerde salma sulama borusunun önüne bırakılan kapalı çuval içindeki mineral gübrenin çözünerek sulama suyuna eklenmesi tercih edilen bir yöntemdir ve sonuçları tartışmaya açıktır. Bu çalışmada sulama suyuna kontrollü olarak mineral gübre verebilmek amacıyla bir makine tasarlanıp üretilmiştir.

Üretilen makine üç farklı gübreyi sulama suyuna istenen normda, yeknesak ve herhangi bir sorun olmadan verebilmektedir. Makinanın ortalama maksimum kapasitesi TSP gübresi için 419.9 kg h^{-1} , 15-15-15 gübresi için 296.4 kg h^{-1} , üre gübresi için 294.4 kg h^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Sadece TSP ile yapılan çalışmada çok az miktarda kaplama maddesi çözünmeden kalmıştır. Bu nedenle TSP gübresi ile yapılacak gübrelemede gübre-su karışımının çıkışına 16 mesh'lik paslanmaz tel elek uygulaması yararlı olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmaya konu diğer gübrelerde ise tam çözünme sağlanmıştır. Gübre-su karışımının pH değeri de çıkış ağzında kararlı hale gelmektedir. Bu durum, alanda önemli düzeyde kalıcı bir gübre birikimi olmadan bitkiye kadar gübrenin taşınabileceğini ve toprak tarafından tutulan suyun içinde gübre olması nedeniyle bitki tarafından daha hızlı alınabileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında tasarlanıp üretilen mineral gübre atma makinası istenen işletme performansını gerçekleştirmiştir. Bu proje için orijinal bir tasarım olan sulu deneme sistemi de gerek çalışma yöntemi gerekse çalışma sürekliliği açısından amacına ulaşmıştır. Yine bu proje için özel olarak tasarlanan ve üretilen "Data Logger" projenin önemli bir ürünüdür.

Anahtar kelimeler: Makine, mineral gübre, sulama

The Design of Fixed Type Manure Disposal Machine into Irrigation Water and Performance Measurement System

Abstract: Some of the enterprises engaged in the production of conventional were dropped off bags of mineral fertilizer in front of surface irrigation pipe for dissolving in irrigation water. This is the preferred and commonly used method by farmers and the results are open to discussion. A machine designed and manufactured in order to put forward to be made in a controlled fertilization into irrigation water.

Produced machine has provided desirable norms in irrigation water with three different fertilizers, without any problems and is able to provide uniformity. The average maximum capacity of the machine is 419.9 kg h^{-1} for TSP fertilizer, 296.4 kg h^{-1} for 15-15-15 fertilizer and 94.4 kg h^{-1} for urea fertilizer respectively. In the study with only a small amount of TSP remained dissolved coating agent collected in front of water pipe. For this reason, 16 mesh stainless steel wire screen application would be helpful to do with TSP fertilizer-water mixture outlet.

Other fertilizers have been the subject of study is a complete dissolution. The pH value of fertilizer-water mixture in the outlet of pipe becomes stable.

This mean that the area of manure until the plant without significant accumulation of a fertilizer in the water held by the soil and the plant may take more rapidly the fertilizer than conventional method.

Designed and manufactured mineral fertilizers adding machine to irrigation water performed the required operating performance. Also an original design for the project is the aqueous test system and method. This system has reached its objective in terms of continuity of operation. However, the data logger which is designed and manufactured specifically for this project is an important product of the project.

Keywords: Machinery, mineral fertilizers, irrigation

GİRİŞ

Farklı iklim ve toprak şartlarına sahip ülkemizin çeşitli tarım bölgelerinde farklı ürünlerin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Özellikle son yıllarda meyve bahçesi tesisi ve sulama sistemlerinin geliştirilmesi için verilen teşvikler meyveciliğin hızla yayılmasına neden olmuştur (Çolakoğlu, 2012 c).

Su, tüm canlılar için mutlaka gerekli olan hidrojeni (H) yani önemli bir besin maddesini içerir. Suyun kimyasal yapısında (H_2O) bulunan hidrojenden dolayı su aynı zamanda bir gübredir. Hidrojen bitkinin organik yapısında bulunan tüm organik bileşiklerin ana yapı taşıdır. Su, bitki bünyesinde tüm fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda, organik materyallerin, bitki besin elementlerinin taşınmasında rol alır. Bitki besin elementlerinin büyük bir kısmı kökler vasıtası ile kök gelişme ortamından alınmaktadır (Mengel ve Kirkby, 2001).

Bitkisel üretimde bitkiler için gerekli olan besin elementleri, mineral ve organik kökenli gübreler, kullanılarak sağlanmaktadır.

Mineral gübreler katı, sıvı veya gaz şeklinde üretilmekte olup tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde en çok katı formda üretilmekte ve kullanılmaktadır. Dünyada her yıl ortalama 90milyon ton N, 30 milyon ton P_2O_5 ve 25 milyon ton K_2O eşdeğeri gübre tüketilmektedir. Ülkemizde ise ortalama olarak yılda tüketilen $N+P_2O_5+K_2O$ miktarı yaklaşık 2.1 milyon tondur.

Sera bitkilerinin gübrenmesinde klasik mineral gübreler (TSE ve EC normlarına uygun) kullanılabilirdiği gibi, seralarda kullanılan damla sulama sistemine uygun, suda çözünme oranları yüksek, katkı dolgu maddesi içermeyen ve klasik gübrelere oranla etkili madde oranları daha yüksek damla sulama sistemi gübreleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde gübreleme; serpme gübreleme, bant gübreleme, ocak gübreleme, yağmurlama sistemi ile gübreleme, yapraktan gübreleme ve fertigasyon şeklinde gerçekleşmektedir. Gübreleme yöntemlerin büyük bölümünde gübre tipine ve gübrelenecek alana uygun makineler kullanılmaktadır.

Gübrelemenin, tarım sektöründe sağladığı katma değer çok yüksektir. Gübre uygulaması sonucu sağlanan ürün artışının değeri, artışı sağlayan gübre değerinin yaklaşık 11 katıdır (Çolakoğlu, 2012b). Bu nedenle tarımsal üretimde gübre ikinci en önemli girdidir.

Ülkemizde gübre kullanımı konusunda çok farklı uygulamalar bilinçli veya bilinçsiz şekilde uygulanmaktadır. Bu uygulamalar arasında en ilginç olanı salma sulama ve karık sulamanın yapıldığı alanlarda gübrenin çuvaldan/torbadan çıkarılmadan sulama suyunun verildiği bölüme bırakılması ve suda çözünen gübrenin sulama suyu ile beraber bitkiye ulaştırılmaya çalışılmasıdır. Bu uygulama literatürde olmayan ancak üreticimiz tarafından tercih edilen bir yöntemdir. Bu tür uygulamalarda farklı araçlar da kullanılabilir. Ancak yukarıda da açıklandığı gibi uygulamaya dair bilimsel bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada çiftçinin kullandığı bu yöntemin bilimsel olarak incelenmesi için kontrol edilebilir ve izlenebilir bir makine ve performans ölçüm yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Prototip olarak üretilen sulama suyuna mineral gübre atma makinası ile atılan gübrenin sulama suyu içindeki erime durumunun ve konsantrasyonunun kontrol edilebilmesinde kullanılan performans ölçüm sistemi ve araçları çalışmaya özgün ürünlerdir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Mineral Gübre

Bitkiler, büyüme ve yaşamaları için azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, demir, mangan, bakır, çinko, bor ve bazı hallerde de molibden gibi elementlere muhtaçtır. Bunlar arasında azot, fosfat ve potasyum en önemlileridir (Yağmur, 2010).

Sulama suyuna mineral gübre vermek için yapılan bu çalışmada mineral gübre olarak üç farklı gübre çeşidi seçilmiştir. Bu gübreler çiftçi-uygulayıcı tarafından yoğun kullanılan;

- Üre
- Triple Süper Fosfat (TSP)
- NPK 15-15-15 Kompoze

tip gübrelerdir.

Seçilen gübrelere kullandığı zaman, gerekçeleri ve bazı özellikleri aşağıda verilmiştir

Üre, bitkilerin azot ihtiyacını karşılamak için hemen her tür üründe çok yararlıdır. Üre yetersiz verildiğinde bitkinin gelişimi yavaşlar, yapraklar sararır, verim düşer. Üre, bitki gelişiminin bütün evrelerinde kullanılabilme özelliğine sahiptir.

TSP, Fosfor bakımından zayıf ya da orta seviyedeki topraklarda yetişen tüm bitkilerde kullanılabilir.

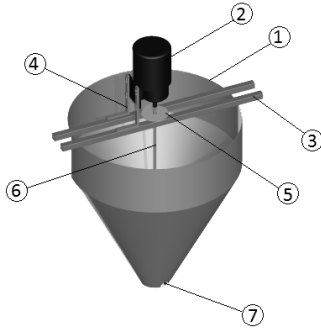
İhtiyaçtan az verilmesi ya da toprak şartlarına bağlı olarak etkinliğinin az görülmesi durumunda bitkinin kılcal kök oluşumu zayıflar, bitki bodur kalır ve verim düşer. Özellikle kış aylarında yaşlı yapraklarda (ilk çıkan yapraklar) renk değişimleri meydana gelir. Bu renk değişimleri erguvan kırmızısı ve morarma şeklinde görülür. Bitkinin enerji metabolizmasında rol alan fosfor yetersizliğinde verimde azalma ve kalitede bozulma olur.

NPK 15-15-15 Kompoze, özellikle üç ana besin maddesince (azot, fosfor ve potasyum) fakir olan topraklarda dengeli gübreleme yapmak için tercih edilmesi gereken bir üründür.

Mineral gübre atma makinası

Sulama suyuna mineral gübrelerin verilmesi amacıyla seçilen gübrelerin özellikleri dikkate alınarak sabit konumda çalışan ve enerjisini şebeke elektriğinden alan bir makine tasarlanmış ve Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Laboratuvar ve Atölyelerinde üretilmiştir.

Makinanın temel parçaları ile aktif organlarının tasarımında ve sanal ortamda parçaların montajında AutoDesk Inventor 2012 (Anonim 2012d) ve AutoCad 2007 (Anonim 2007) programları kullanılmıştır. Sanal ortamda oluşturulan parçalar üretilerek makine oluşturulmuştur (Şekil 1).

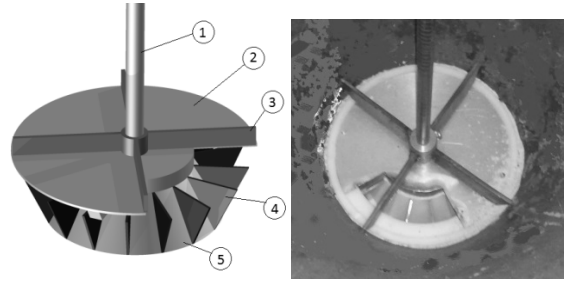


Şekil 1. Makinanın sanal oluşturulmuş ana montaj görüntüsü.

Mineral gübre atma makinası aktif organı hareketini üç fazlı bir elektrik motorundan almaktadır (2). Elektrik motoru üzerindeki redüktör, çalışma devrini düşürerek sabitleyici kılavuz (5) içinden geçen makinenin karıştırıcı milinin (6) ve aktif organın hareketini sağlamaktadır. Elektrik motoru ve redüktör sabit olarak birbirine bağlanmıştır ve makine gübre deposu (1) üzerine iki kutu profil kullanılarak yapılan taşıyıcı kiriş

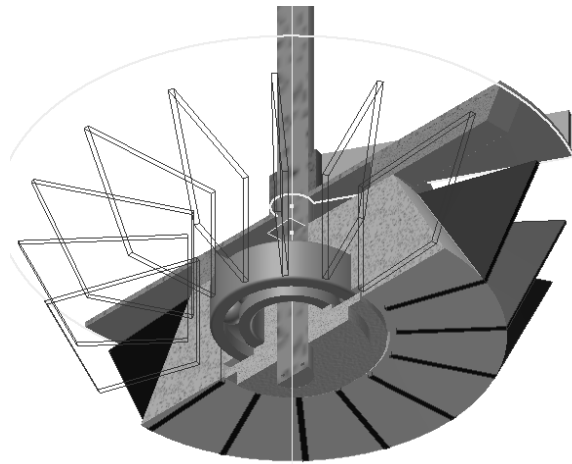
(3) kaynaklı ayaklara (4) cıvatalı olarak bağlanmıştır. Makine deposuna doldurulan gübre kapak açıklığı ayarlanabilen çıkış ağzından (7) sulama suyuna verilmektedir.

Makinanın aktif organı (Şekil 2), rulmanla yakalandırılmış 16 kanatlı bir çarktan(5) oluşmaktadır. Çark üzerindeki kanatlar (4) galvaniz kaplı çelik saçtır. Kanatların üzerine takıldığı çark ise poliamid malzeme kullanılarak yapılmıştır. Kanatlı çark ve karıştırıcı elektrik motoruna bağlı mil (1) tarafından aynı anda döndürülmektedir. Karıştırıcı (3) ve kanatlı çark arasında yine galvaniz saçtan yapılmış ayırıcı bir plaka (2) bulunmaktadır. Bu plaka mineral gübrenin kontrollü şekilde kanatlı çarka iletilmesini sağlamaktadır.



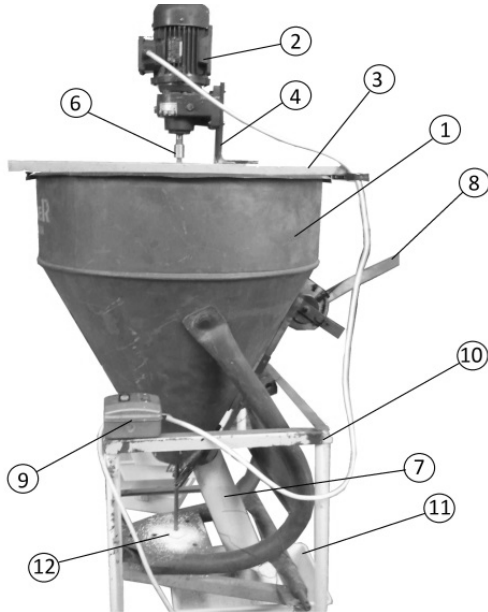
Şekil 2. Makinanın aktif organı kanatlı çark (Ön tasarım- gerçek uygulama).

Kanatlı çarkın çalışması sırasında tıkanma veya sıkışma olmaması için çark alttan rulmanlı olarak yataklanmıştır (Şekil 3). Kanatlı çark makine deposunun tabanına yerleştirilmiştir ve hareket milinin dönüşüyle sabit devirde çalışmaktadır



Şekil 3. Makine aktif organı kanatlı çark, rulmanlı yatak

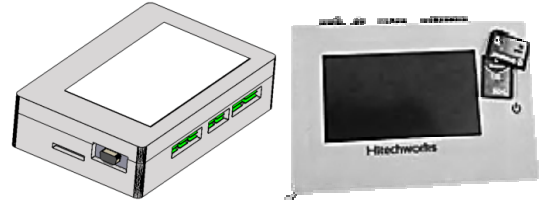
Kanatlı çark bir tur yaptığında teorik olarak toplam 350 cm³ hacmi dolduran mineral gübreyi sulama suyuna verilebilmektedir. Ancak bu değerin gübreleme yapılacak bitkinin gübre ve sulama istekleri dikkate alınarak ayarlanabilmesi gerekmektedir. Bu amaçla makine üzerindeki çıkış açıklığını kapatan özel olarak tasarlanmış sürgülü bir kapak yerleştirilmiştir. Kapak, istenen gübre çıkış açıklığı sağlamak için bir manivela kolu (8) yardımıyla ayarlanıp sabitlenmektedir. Farklı mineral gübrelerin farklı fiziksel özellikleri nedeniyle çıkış açıklığının farklı olacağı bilindiğinden makine üzerinde kullanılan gübreler için ayrı denemeler yapılarak hangi kapak açıklığında ne kadar gübre atılabildiği ve elde edilen değerlerinin kararlılığı için gübre akış denemeleri yapılmıştır. Denemeler sırasında plastik tavalar kullanılmıştır (11). Akış denemelerinin ardı sıra gerçekleştirilebilmesi için makine, özel olarak yapılmış bir platform üzerine yerleştirilmiştir (10). Makinanın enerjisinin verilmesinde aşırı yük korumalı termik şalter kullanılmıştır (9). Akış denemeleri sırasında önemsiz miktarda gübre tozu mil yatağının üzerine biriktirilir (12)(Şekil 4).



Şekil 4. Sulama suyuna sabit tip mineral gübre atma makinası genel görünüşü

Data-Logger

Sulama suyuna sabit tip mineral gübre atma makinasının suyla yapılan denemeleri sırasında verilerin toplanması için portatif bir datalogger tasarlanıp üretilmiştir (Şekil 5)



Şekil 5. Projede veri toplamak amacıyla tasarlanıp üretilen portatif datalogger (Ön tasarım-gerçek uygulama)

Data Logger bir prototip olarak üretilmiştir. Data Logger performans deneme sisteminden topladığı verileri bir transmitter aracılığıyla dijital forma dönüştürdükten sonra SecureDigital kart içine depolanmaktadır. Dat uzantısıyla kayıt yapılan veri dosyaları MS Excell programında doğrudan açılmakta ve veriler nümerik formda olduğundan çevrim yapmadan çalışabilmektedir. Performans deneme sisteminde ölçümlerinin bireysel ve ardışık yapılması için Data Logger, LiP pilli ve portatif olarak tasarlanıp üretilmiştir.

Cam problu pH sensörü

Performans deneme sisteminde mineral gübre ve su karışımının konsantrasyonunun ve zamana bağlı değişiminin belirlenmesi için cam problu pH sensörleri kullanılmıştır (Şekil 6). Data logger cam problu pH sensörlerine bağlanarak, sistemdeki veriler çalışma sırasında anlık ve gerçek zamanlı olarak alınmıştır. Sensörler BNC tip bağlantıya sahiptir ve çalışma ortamı sıcaklığı 0-80 C° ve 0-14 pH aralığında ölçüm yapabilmektedir. Her ölçüm öncesi pH değeri 6.8 olan kalibrasyon sıvısı kullanılarak sensörlerin doğruluğu kontrol edilmiştir.

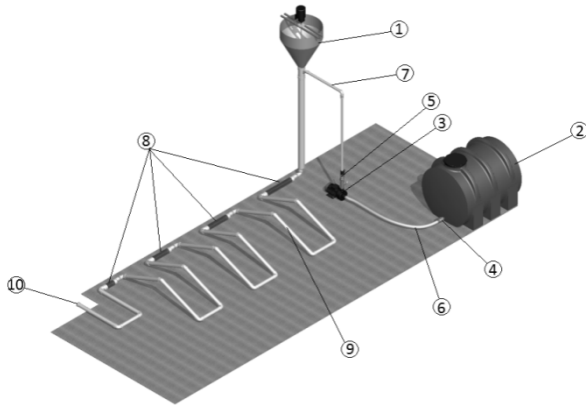


Şekil 6. Sulama suyu hattına bağlanan cam problu pH sensörü.

Su ile yapılan denemeler için deneme sistemi

Sulama suyuna sabit tip mineral gübre atma makinası üretildikten sonra, sulama suyuyla yapılacak denemeler için makinaya uygun performans deneme sistemi tasarlanmış ve PVC boruları kullanılarak özel şekilli borulama sistemi oluşturulmuştur. Deney sisteminde toplam boru iletim hattı uzunluğu 20 m dir. Sisteminin temel özelliği sulama suyunun üç boyutlu olarak taşınmasıdır. Bu hat, PVC borular içinden geçen suyu 90°lik açılarla sağa ve sola yönlendirirken (xy düzlemi), 22,5°lik açıyla yukarı ve aşağı yönlendirebilmektedir (+z ve -z düzlemi). Bu tasarımın amacı, mineral gübrenin sulama suyu içine eklenmesinin ardından suda çözünen gübrenin homojen bir şekilde karışmasını sağlamaktır. Diğer bir avantajı ise mineral gübre içinde ve/veya granüllerin üzerinde daha geç çözünen kaplama ve katkı malzemelerinin yerçekimi etkisi ile sıvı içinde daha uzun süre kalmasını sağlamaktır. Böylece mineral gübrenin salma sulama yöntemi ile sulama sırasında maksimum çözünme amaçlanmıştır.

Su ile yapılan denemeler için tasarlanıp üretilen deneme sistemi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Su ile yapılan denemeler için tasarlanıp üretilen E.Ü. Z.F. Tarım makinaları Bölümü Atölyesinde üretilen deneme sistemi

Deneme sisteminin oluşturan elemanları; mineral gübre atma makinası (1), su tankı (2), su pompası (3), emiş hattı girişi ve küresel vanası (4), basma çıkışı ve küresel vanası (5), emiş hattı hortumu (6), basmada su iletim hattı (7), su-mineral gübre karışım ve şeffaf akış izleme bölmeleri (8), pH sensörlerinin takıldığı 22,5°lik çıkış borusu (9), deneme sistemi çıkış ağzı (10).

Deneme sisteminde su debisinin kontrolü pompa çıkış hattı üzerine yerleştirilen bir küresel vana yardımıyla sağlanmıştır. Küresel vana ile yapılan verdi basıncı hat üzerine bağlı bir analog manometre üzerinden izlenmiştir.

Denemeler sırasında sulama suyu verdisinin ayarlandığı değerde pompanın yuttuğu güç dalgalanması taşınabilir bir enerji analizörü tarafından anlık olarak izlenmiştir.

Mineral gübre atma makinası performans denemeleri

Makina Gübre Atma Denemeleri

Üretilen mineral gübre atma makinasının üç farklı gübre ile farklı kapak açıklıklarında gübre atma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla makinanın çıkış açıklığı;

- Tam açık
- ¾ açık
- 2/4 açık
- ¼ açık

olacak şekilde ayarlanıp her mineral gübre çeşidi için gübre atma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu denemeler sırasında zaman artışı olarak toplam 210 s süre içinde 10-30-60-100-150 ve 210. saniyelerde atılan gübre miktarları belirlenmiş ve bu işlem de üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Zaman artışına bağlı olarak artan gübre miktarının karşılaştırılmasında kullanılan grafik yöntemde apsiste bulunan süreler bir önceki değerden fark olan süre olarak hesaplanmıştır. Bu tür bir grafik, makinanın çalışma zamanı içinde gübre atma kararlılığını ortaya koymaktadır. Denemeler; Üre, TSP ve 15-15-15 gübreleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen değerler kullanılarak ayarlanan kapak açıklıklarında, denemede kullanılan her mineral gübre çeşidi için açıklık ayarı belirlenmiş ve değerler arasındaki sapmalar aritmetik ortalama (\bar{x}), Standart Sapma (σ) ve Varyasyon Katsayısı (% VK) değerleri kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Makinanın farklı kapak açıklıkları ve farklı gübre çeşitleri ile yapılan deneme sonuçlarından gidilerek regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur (Çizelge 1). Bu eşitlikler, su ile yapılan denemelerde makine çıkış kapak açıklıklarının mineral gübre tiplerine ve gerçek uygulamada birim alana atılacak gübre miktarlarına bağlı olarak belirlenmesinde kullanılmıştır.

Su ile Yapılan Denemeler

Sulu denemeler için tasarlanan sistemde 2000 L'lik PVC su tankı kullanılmıştır. Tanktan santrifüj bir pompa ile çekilip basılan su, mineral gübre atma makinasının çıkış ağzının altında oluşturulan geniş çaplı boruya dökülmekte ve aynı anda mineral gübre ile karışmaktadır.

Denemeler sırasında atılacak gübre miktarı ile gerekli sulama suyu miktarının belirlenmesi için üç farklı ürün (pamuk, domates, turuncgiller) dikkate alınmış ve genel bir yaklaşımla her bitki için bir sula-mada gerekli su ve gübrelemede gerekli gübre miktarları hesaplanarak bu verilerle denemeler gerçekleştirilmiştir (Çolakoğlu, 2012a, Yağmur, 2011, Yağmur ve ark. 2012). Deneme sisteminde üç istasyon halinde cam problu pH sensörleri akış hattı üzerine yerleştirilmiştir. Çalışma sırasında pH sensörlerinden anlık ve gerçek zamanlı veriler Data logger'a bağlanarak alınmıştır. Sensörler çalışma ortam sıcaklığı 0-80 C° ve 0-14 pH aralığında ölçüm yapabilmektedir. Her ölçüm öncesi pH değeri 6.8 olan kalibrasyon sıvısı kullanılarak sensörlerin doğruluğu kontrol edilmiştir.

Her gübre için denemeler sırasında yapılan işlemler sırayla aşağıda verilmiştir;

- Mineral gübre atma makinası kapak (çıkış) açıklığı ayarı
- Su ile yapılan deneme sistemi su verdi değeri ayarı
- Gübre-su karışımının izleme odalarında akış ve gübre birikiminin anlık olarak izlenmesi
- 22.5°lik çıkış borularında pH değerlerinin gerçek zamanlı ölçümü
- Su ile yapılan deneme sisteminde çözünmeyen mineral gübreye ait kaplama ve dolgu malzemesinin toplanması için su çıkış ağzına yerleştirilen kaba filtre (16 mesh'lik paslanmaz çelik tel elek) üzerinde tortu kontrolü
- Su ile yapılan deneme sisteminde güç tüketimi kontrolü

ARAŞTIRMA BULGULARI

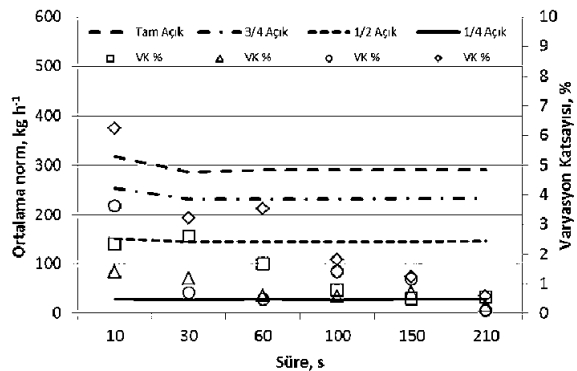
Mineral gübre atma makinasının performans denemelerinde farklı kapak (çıkış) açıklıklarında elde edilen ortalama mineral gübre normu, % varyasyon katsayısı, regresyon eşitliği ve R² değerleri çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi makine en küçük kapak açıklığında 28.9 kg h⁻¹, en büyük açıklıkta ise 419.9 kg h⁻¹ gübre atabilmektedir. Üretilen makinanın özellikle en küçük kapak açıklığında %3-6 arasında VK değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak bu değer diğer kapak açıklıklarında daha da azalmıştır. Çalışmada kullanılan farklı mineral gübrelerin norm değerleri ile kapak açıklığı arasında polinomial bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Çizelge 1 den de görüldüğü gibi R² değerleri tamamında 1 olarak hesaplanmıştır. Bu durum makinanın denemeye alınan gübre tipleriyle başarılı bir şekilde çalışabildiğini göstermektedir.

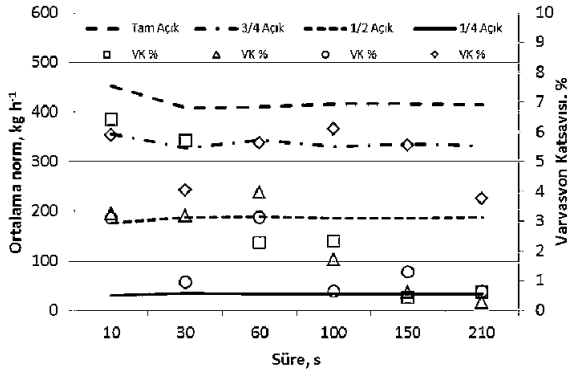
Çizelge 1. Mineral gübre atma makinasının ortalama norm ve varyasyon katsayısı değerlerinin gübre tipine göre çıkış açıklığına bağlı değişimi.

Mineral Gübre	Kapak Açıklığı	Ortalama Norm kg h ⁻¹	VK %	Regresyon Eşitliği	R ²
Üre	Tam	294.4	3.9	y=0.003x ³ -	0,99
	¾	235.6	3.7	0.4164x ² +	
	½	146.6	2.2	24,025x-	
	¼	28.9	3.4	133,68	
TSP	Tam	419.9	4.8	y=-0.0216x ³ +	0,99
	¾	337.5	3.6	0.94 41x ² +	
	½	185.5	2.7	7.5747x -	
	¼	32.5	5.8	72.846	
15-15-15	Tam	296.4	2.4	y=-0.0006x ³ -	0,99
	¾	248.4	2.0	0.2355x ² +	
	½	163.7	3.1	20.593x-	
	¼	51.7	4.0	93.51	

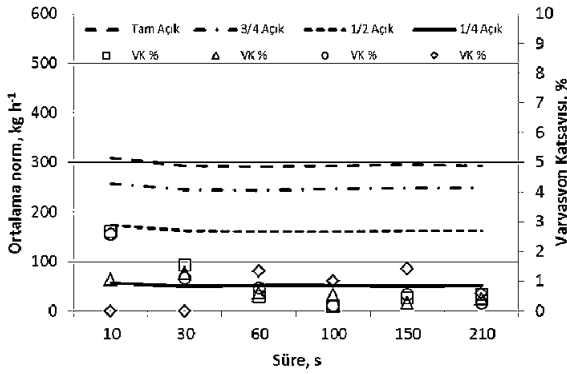
Makine ile ilgili diğer performans göstergesi olarak zamana bağlı ortalama norm değişimi incelenmiştir. Makinanın, çalışma sırasında ayarlanan norm değerine ulaşması ve bunu zaman içinde hızlı, sabit ve karalı bir şekilde sürdürebilmesi hedeflenmiştir. Şekil 8, 9 ve 10 üç farklı mineral gübre ile yapılan denemelerin sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 8. Mineral gübre atma makinasının gübre çıkış açıklığına ve zamana bağlı Üre gübresinin norm ve varyasyon katsayısı değerlerinin değişimi.



Şekil 9. Mineral gübre atma makinasının gübre çıkışı açıklığına ve zamana bağlı TSP gübresinin norm ve varyasyon katsayısı değerlerinin değişimi.



Şekil 10. Mineral gübre atma makinasının gübre çıkışı açıklığına ve zamana bağlı 15-15-15 gübresinin norm ve varyasyon katsayısı değerlerinin değişimi.

Şekillerden de görüldüğü gibi bütün kapak açıklıklarında 30 s gibi kısa bir süre içinde gübre atımı sabit bir değere oturmuş, zaman ilerledikçe daha kararlı işler hale gelmiştir. Ortalama norm değerinin % VK değerlerinde zaman bağlı azalma bunu ortaya koymaktadır.

Sulama suyuna mineral gübrenin verilmesi için özgün bir tasarım olan su ile yapılan deneme sisteminde Üre, TSP ve 15-15-15 gübreleri ile ayrı ayrı çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan mineral gübreler için istasyonlarda ölçülen pH değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede görülen istasyon numaraları mineral gübreyle karışan suyun akış yönündeki istasyonları ifade etmektedir.

Su ile yapılan denemelerde su debisi değişmediğinden mevcut çalışma koşullarında sistemin yüklenme durumunu belirlemek için güç analizörü kullanılmıştır. Analizörden elde edilen akım değerleri ile pompa üzerinde belirtilen değerler karşılaştırılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Su ile yapılan deneme sistemi ölçüm istasyonlarından elde edilen pH ve VK değerleri

Mineral Gübre	Ölçüm İstasyonu	pH	VK (%)
Üre	1	5,25	6.00
	2	5,63	3.50
	3	6,27	1.85
TSP	1	6,73	1.35
	2	6,80	1.50
	3	6,82	0.45
15-15-15	1	6,67	1.75
	2	6,75	1.40
	3	6,80	0.55

Çizelge 3. Üç fazlı elektrik motorunun çektiği akım değerleri

Faz	Ortalama Akım Şiddeti A	VK %
L1	5.7	0.39
L2	5.5	0.46
L3	6.3	0.41
Kontrol	4.9	-

Çalışma sırasında elde edilen akım değerlerinin kontrol (boşta çalışma) değerinden yüksek çıkmasının nedeni pompanın yüklenmesi ve hesaplanan uygun verinin sağlanması için kısma vanalarının belli oranda kapatılmasıdır. Kısma vanalarının kararlı çalışma eğilimi ise sistem üzerine yerleştirilen bir analog manometre yardımıyla anlık olarak izlenmiştir.

Deneme sisteminde sulama suyuna atılan mineral gübrelerden TSP dışındaki gübreler belirlenen çalışma koşullarından tamamen çözülmüştür ve herhangi bir tortu oluşmamıştır. TSP gübresinde ise kaplama malzemesinin bir kısmı deneme sisteminin çıkış ağzına konan 16 mesh'lik bir elek tarafından tutulmuştur. Tutulan değer 4.31 kg TSP gübresi için ortalama 29 g olarak belirlenmiştir. Bu değer atılan TSP gübresinin % 0,7'si kadardır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Proje kapsamında tasarlanıp üretilen mineral gübre atma makinası istenen işletme performansını gerçekleştirmiştir. Bu proje için orijinal bir tasarım olan deneme sistemi de gerek çalışma yöntemi gerekse çalışma sürekliliği açısından amacına ulaşmıştır.

Yapılan çalışma bu konuda yapılan ilk örnek olduğundan tartışmaya konu bir kaynağa veya bu konuda çalışılmış bir araştırmayla karşılaşmamıştır. Ancak konvansiyonel üretim yapan bazı çiftçiler ve işletmelerde salma sulama borusunun önüne bırakılan kapalı çuval içindeki mineral gübrenin çözünerek sulama suyuna eklenmesi tercih edilen bir yöntemdir.

Proje kapsamında üretilen makine üç farklı gübreyi salma sulama suyuna istenen normda, yeknesak ve herhangi bir sorun olmadan verebilmektedir. Sadece TSP ile yapılan çalışmada çok az miktarda kaplama maddesi çözünmeden kalmıştır. Bu nedenle TSP gübresi ile yapılacak gübrelemede gübre-su karışımının çıkışına 16 mesh'lik paslanmaz tel elek uygulaması yararlı olacaktır. Çalışmaya konu diğer gübrelere is tam çözünme sağlanmıştır. Gübre-su karışımının pH değeri de salma sulama suyu çıkış ağzında kararlı hale gelmektedir. Bu durum salma sulanan alanda önemli düzeyde kalıcı bir gübre birikimi olmadan bitkiye kadar gübrenin taşınabileceğini ve toprak tarafından tutulan suyun içinde gübrenin olması nedeniyle

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim 2007. AutoCad 2007 Tutorials.
Anonim 2012 d. AutoDesk Inventor 2012 Tutorials.
Çolakoğlu, H., 2012a. Sera Yetiştiriciliğinde Gübreleme. <http://www.toros.com.tr/ciftci-dostu-kategori-etay.asp?kategoriNo=2&kategoriAdi=GübrelemeÖnerileri>
Çolakoğlu, H. 2012b. Sert Çekirdekli Meyvelerde Gübreleme. <http://www.toros.com.tr/ciftci-dostu-kategori-detay.asp?kategoriNo=2&kategoriAdi=GübrelemeÖnerileri>
Çolakoğlu, H, Çokuysal, B., Çakıcı, H., 2012 c Türkiye'de Gübre Üretimi ve Tüketimi International Potash Institute Web Site.
Mengel, K., Kirkby, E.A, 2001; Principles of Plant Nutrition, Kluwer Academic Publishers ISBN 1402000081 Norwell, USA

bitki tarafından daha hızlı alınabileceği hipotezini desteklemektedir.

Bu çalışmada gübrenin toprakta oluşturacağı olumsuz etkiler incelenmemiş, gübreyi sulama suyuna veren prototip bir makine üretilip üretilen makinanın performansı ortaya konulmuştur. Ancak çalışmaya konu sistemlerle yapılacak yeni çalışmalarda farklı gübre çeşitleriyle, gerçek tarım koşullarında toprak tuzluluğu, gübre birikimi, bitki gübre alım hızı ve hatta verim gibi üretim ve çevre açısından anlamlı değişkenlerin incelenmesi üretilen makine ve sistemin üretime aktarılması için büyük önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde verdikleri destekten dolayı öncelikle Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Komisyonuna, Yrd. Doç. Dr. Bülent Yağmur'a ve Doç. Dr. Erhan Akkuzu'ya, özverili çalışmaları için Tarım Makinaları Bölümü teknik personeline teşekkür ederiz.

- Yağmur, B., 2011. Bahçe Bitkilerinin Gübrenmesi Ders Notları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü
Yağmur, B., Hakerlerler, H., Okur, B., 2012. Pamuk Yetiştiriciliği Yapılan Kireçli Alkalin Topraklara Uygulanan Elementel Kükürdün Pamuk Bitkisinin Ağır Metal İçeriğine Etkisi E.Ü. Araştırma Fonu Projesi Kesin Rapor. Proje No: 2007-ZRF-016
Yağmur, B., 2010. Gübreler ve Bahçe Bitkilerinin Gübrenmesi Ders Notları, E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü.