



**TAMBURLU SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN
GÜBRE ATMA TERTİBATI TASARIMI**

Merve DEMİRCİOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

Ocak, 2020

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAMBURLU SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN
GÜBRE ATMA TERTİBATI TASARIMI

Merve DEMİRCİOĞLU

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

TEKİRDAĞ-2020

Her Hakkı Saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Merve DEMİRCİOĞLU

İMZA



Bu tez NKÜBAP tarafından NKUBAP.03.YL.18.178 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN danışmanlığında, Merve DEMİRCİOĞLU tarafından hazırlanan “Tamburlu Sulama Sistemleri İçin Gübre Atma Tertibatı Tasarımı” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 13/01/2020 Tarihinde Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul/red edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Tolga ERDEM

İmza:

Danışman : Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sencer Süreyya KARABEYOĞLU

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAMBURLU SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN

GÜBRE ATMA TERTİBATI TASARIMI

Merve DEMİRCİOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

Tarımsal üretim bir enerji dönüşüm sistemidir. Bitkiler güneş enerjisini kimyasal enerjiye, gıda enerjisine dönüştüren organizmalardır. Yeşil bitki yapraklarında güneşten gelen ışık enerjisi fotosentez ile kimyasal enerji olarak organik maddede bağlanmaktadır. Bu olaydaki diğer girdiler su ve bitki besinleridir. Toprağın su ve bitki besinlerini yeterince bitkiye sağlayamaması durumunda yapılması gereken işlemler sulama ve gübrelemedir. Sulama yönetimi, tarımda sulama amaçlarını gerçekleştirmek için suyun kullanımını sağlar. Suyun kullanımı ve işletiminin periyodik olarak değerlendirilmesi gereklidir.

Bu çalışmada tarımsal sulamada kullanılan Tamburlu Sulama Makinaları ile sulama yaparken aynı zamanda gübre atabilmesini sağlayan bir tertibatın tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda sulama sistemine bir dozajlama ünitesi ve gübre deposu eklenerek belirli miktarda gübrenin su içerisine verilmesi sağlanmıştır. Tasarım gerek laboratuvarda gerekse tarla koşullarında denenmiştir. Laboratuvarda sızdırmazlık ve doğru oranda gübre atıp atmadığı gözlenmiştir. Tarla uygulamalarında gübre yerine gıda boyası atılarak filtre kağıtları üzerindeki boya miktarları incelenmiştir. Böylece gübrenin (boyanın) homojen dağılıp dağılmadığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sulama suyu kullanım ve gübreleme etkinliğini arttırmak amacıyla tamburlu sulama sistemlerinde dozajlama pompası kullanımı olumlu sonuç vermiştir. Tarla dağılımı incelendiğinde varyasyon katsayısı %21-38 arasında değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tambur, Sulama, Gübre, Dozajlama, Pompa

2020, 60 sayfa

ABSTRACT

**MASTER THESIS
FOR DRUM IRRIGATION SYSTEMS
FERTILIZER ASSEMBLY DESIGN**

Merve DEMİRCİOĞLU

Tekirdag Namik Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

Agricultural production is an energy conversion system. Plants are the organisms that convert solar energy into chemical energy and food energy. The light energy coming from the sun in the green plant leaves is connected to the organic matter as a chemical energy by photosynthesis. Other aggressors in this event are water and plant nutrients. If the soil does not provide enough water and plant nutrients to the plants, the necessary actions are irrigation and fertilization. Irrigation management enables the use of water to achieve irrigation objectives in agriculture. Periodic assessment of the use and operation of water is required.

In this study, the design of a device that will enable the manure to throw at the same time while irrigation will be designed with Drum Irrigation Machines used in agricultural irrigation. For this purpose, a dosing unit and fertilizer tank will be added to the system to ensure that the appropriate amount of fertilizer is introduced into the water. With the application, it will be revealed whether the fertilizer is distributed homogeneously or not.

In this study, the design of a device which enables the manure to throw at the same time while irrigation is designed with Linear Irrigation Machines used in agricultural irrigation. In this design, a dosing unit and fertilizer tank were added to the irrigation system and a certain amount of fertilizer was introduced into the water. The design was tested both in the laboratory and in field conditions. Water tightness in the laboratory and whether or not the fertilizer is spreading at the correct rate was observed. In field applications, food dye was discarded instead of fertilizer and the amount of paint on filter papers was examined. Thus, it was evaluated whether the fertilizer (dye) was distributed homogeneously. According to the results obtained, the use of dosing pump in drum irrigation systems has been positive in order to increase irrigation water usage and fertilization efficiency. The coefficient of variation

varied between 21-38% when the residue distribution on the sample surfaces used in the field trials was examined.

Keywords: Drum, Irrigation, Fertilizer, Dosing, Pump

2020, 60 pages



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ.....	vi
ŞEKİL DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TEŞEKKÜR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yüzey Sulama Yöntemleri.....	4
1.1.1. Salma Sulama Yöntemi.....	4
1.1.2. Karık Sulama Yöntemi.....	5
1.1.3. Tava Sulama Yöntemi.....	5
1.1.4. Uzun Tava (border) Sulama Yöntemi.....	6
1.2. Basınçlı Sulama Yöntemleri.....	7
1.2.1. Damla Sulama Yöntemi.....	7
1.2.2. Yağmurlama Sulama Yöntemi.....	7
1.2.3. Mikro Yağmurlama Sulama Yöntemi.....	8
1.2.4. Sızdırma Sulama Yöntemi.....	9
1.3. Tamburlu Sulama Makineleri.....	9
1.4. Fertigasyon.....	11
1.4.1. Fertigasyon Sisteminin Öğeleri.....	17
1.4.1.1. Denetim Birimi.....	17
1.4.1.2. Dozajlama Ekipmanları ve Yöntemleri.....	19
1.4.1.3. Venturi Pompaları.....	20
1.4.1.4. Basınç Farklılığı Sistemi.....	24
1.4.1.5. Baypas Tankı.....	26
1.4.1.6. Pompa Sistemi.....	27
1.4.1.7. Enjeksiyon Aygıtları ve Uygulama Homojenliği.....	29
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	31
2.1. Tamburlu Sulama Makineleri.....	31
2.2. Fertigasyon.....	32
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	37

3.1. Materyal.....	37
3.1.1. Tamburlu Sulama Makinesi.....	37
3.1.2. Gübreleme Sistemi.....	38
3.1.2.1. Dozajlama Pompası	39
3.1.2.2. Plastik Depo.....	40
3.1.3. Filtre Kağıtları	41
3.1.4. Gıda Boyası	41
3.1.5. Spektrofotometri	42
3.1.6. Anenometre	42
3.1.6. İstatiksel Analiz.....	43
3.2. Yöntem	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	60

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Basınçlı mikro-sulama teknikleri ile sulanmış bazı kültür bitkilerinde fertigasyon ve klasik gübreleme ile elde edilen verimlerin karşılaştırılması	15
Çizelge 1.2. Patates kültüründe fertigasyon ve klasik metot ile yapılan gübre uygulamalarının patates yumrularına yansıyan özellikleri.....	15
Çizelge 1.3. Klasik ve fertigasyon metodu ile uygulanan potasyumun patates verimine etkisi	16
Çizelge 1.4. İki sezon (mevsim) boyunca patates kültüründe yapılan çalışmanın sonuçları	16
Çizelge 4.1. Ölçüm yüzeylerinden toplanan değerlere ait tanımlayıcı istatistik tablosu.....	48



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1.	Dünyada ve ülkemizde su kullanımı	3
Şekil 1.2.	Salma sulama yöntemi	5
Şekil 1.3.	Karık sulama yöntemi	5
Şekil 1.4.	Tava sulama yöntemi	6
Şekil 1.5.	Uzun tava sulama yöntemi	6
Şekil 1.6.	Damla sulama yöntemi	7
Şekil 1.7.	Yağmurlama sulama yöntemi	8
Şekil 1.8.	Mikro yağmurlama sulama yöntemi	8
Şekil 1.9.	Sızdırma sulama yöntemi	9
Şekil 1.10.	Tamburlu sulama makinesi	10
Şekil 1.11.	Fertigasyon denetim biriminin şematik gösterimi.....	17
Şekil 1.12.	Fertigasyon sistemleri için kullanılan elektro-pompajlı sulama sisteminde bulunan güvenlik ekipmanları	18
Şekil 1.13.	Karık sulamada kullanılan bir fertigasyon sisteminin şematik gösterimi	20
Şekil 1.14.	Yağmurlama sulamada kullanılan fertigasyon sisteminin şematik gösterimi	20
Şekil 1.15.	Venturi sistemde çalışma prensibi.....	21
Şekil 1.16.	Basit venturi tipleri.....	22
Şekil 1.17.	Sıralı venturi sisteminin şematik gösterimi.....	22
Şekil 1.18.	Sulama ana borusuna baypas şeklinde monte edilen venturi sistemi.....	23
Şekil 1.19.	Santrifüj pompayla destekli baypas bağlantılı venturi sistemi.....	24
Şekil 1.20.	Basınç farklılığı sistemiyle fertigasyon sistemi.....	25
Şekil 1.21.	Eriyebilir kimyasalların basınç farklılığı sistemiyle dozajlanması.	26
Şekil 1.22.	Basınç baypas sistemli fertigasyon	26
Şekil 1.23.	Baypas tanklı fertigasyon sistemi.....	27
Şekil 1.24.	Diyaframlı pompanın kullanıldığı bir fertigasyon denetleme birimi	28
Şekil 1.25.	Pistonlu pompanın şematik görünümü.....	28
Şekil 1.26.	Enjeksiyon aygıtlarında uygulama homojenliğinin şematik gösterimi.....	29
Şekil 3.1.	Tamburlu sulama makinesi parçaları.	38
Şekil 3.2.	Tamburlu sulama makinesi.	38
Şekil 3.3.	Sistem montaj resmi	39
Şekil 3.4.	Dozajlama pompası.....	40
Şekil 3.5.	Gübre deposu.....	40

Şekil 3.6. Filtre kağıtları	41
Şekil 3.7. Tartrazine.....	41
Şekil 3.8. U-5100 HITACHI Spektroftometri.....	42
Şekil 3.9. Extech Instruments AN100- hava hızı ve sıcaklık ölçer.....	43
Şekil 3.10. Dozajlama pompası montajı.....	44
Şekil 3.11. Deneme çalışmaları	45
Şekil 4.1. Ölçüm gruplarında elde edilen kalıntı miktarının dağılım grafiği.....	49
Şekil 4.2. Ölçüm gruplarına ait kalıntı dağılım histogramları.....	49
Şekil 4.3. Ölçüm gruplarına ait korelasyon değerleri.....	50



SİMGELER ve KISALTMALAR

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$: Mikrogram/santimetrekaare
m^2	: Metrekare
ha	: Hektar
kg	: Kilogram
mg/L	: Miligram/litre
V	: Volt
L	: Litre
h	: Saat
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Ca	: Kalsiyum
NO_3^+	: Nitrat
NH_4^+	: Amonyum
%	: Yüzde
km^2	: Kilometrekare
m^3	: Metreküp
m	: Metre
cm	: Santimetre
da	: Dekar
ppm	: Milyonda bir

TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi ve yürütülmesinde beni yönlendiren, desteğini, yakın ilgisini ve değerli bilgisini esirgemeyen danışman hocam, sayın Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN'e, ArŐ. Gör. Dr. Eray ÖNLER'e, ve İRTEM Tarım Makinaları A.Ő'ye tezimin denemelerinin yürütülmesinde verdikleri destek ve kendi ürettikleri makineleri kullanmam için izinlerinden dolayı teşekkür ederim.

Ocak, 2020

Merve DEMİRCİOğLU
Biyosistem Mühendisi



1. GİRİŞ

Su olmadan dünyada yaşamın sürdürülebilmesi mümkün değildir. Tarih öncesi çağlardan beri birçok medeniyet su havzalarının yakınında kurulmuştur. Akarsulardan yararlanabilen toplumların ileri medeniyetler kurabildikleri görülürken, yararlanamayan toplumlar ise buldukları yerleri terk ederek göç etmek zorunda kalmışlardır (Avcı, 1998).

Su ve sulama günümüzdeki önemini korumakta olup, su arzının giderek artan dünya nüfusunun istemlerini karşılayamaması ile suyun stratejik bir sermaye haline geldiği görülmektedir. Nüfusun 2018 yılında 7,5 milyarı aşarak 2050 yılında 9,15 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dünyada gelecek dönemde su kaynaklarının kullanımını ve kalitesini etkileyecek en önemli etken olacaktır. Dünyanın toplam nüfusu dikkate alındığında yıllık toplam gıda maddeleri üretimi, dünya tüketimini karşılayabilecek seviyededir. Ancak bölgeler arasında üretim miktarı arasında farklılıklar bulunmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde tarımsal istihdamın genel istihdam içerisindeki oranı %60 iken, bu oran gelişmiş ülkelerde %7 seviyelerine kadar inmektedir. Ülkemizde ise tarımsal istihdam oranının genel istihdam içerisindeki payı yaklaşık %25'tir. Tarım sektörü nüfusun önemli bir kısmına istihdam yaratmanın yanı sıra bir ülkenin kalkınma için ihtiyaç duyduğu finansmanı sağlamak gibi bir görevi daha bulunmaktadır. Ekonomik kalkınmada ise tarım ve sanayi sektörleri karşılıklı ilişki içinde olmak durumundadır.

Tarım sektörü geliştikçe diğer sektörler için girdi ve tüketim mallarına da talep oluşturmakta böylece tarım dışı diğer sektörlerin de gelişimine katkı sağlamaktadır. Tarım dışı sektör ise tarımdaki fazla iş gücüne istihdam alanları sağlayarak ve aynı zamanda tarımsal ürünleri talep ederek tarımın gelişmesini sağlayacaktır. Bu nedenle tarım ve sanayi sektörleri karşılıklı olarak sürekli ilişki içinde olan ve birbirlerini karşılıklı olarak destekleyen iki pazar durumundadır. Ekonomik kalkınma atılımında her iki sektörde ihmal edilmemelidir.

Türkiye'nin yüz ölçümü 78 milyon hektar (783.577 km²) dir. Ülkemizde hala ekonomik olarak sulanabilecek 8,5 milyon hektar tarım alanı varken bu alanın yaklaşık %66'sı sulanabilmektedir. Beslenme ihtiyacının karşılanabilmesi, sanayinin ihtiyaç duyduğu tarımsal ürünlerin dengeli ve sürekli olarak üretilmesi, tarım kesiminde çalışan nüfusun işsizlik probleminin ortadan kaldırılabilmesi ve yaşam standartlarının arttırılabilmesi için geri

kalan yaklaşık 2,89 milyon hektarın da sulanması ve bunun için gerekli olan sulama tesislerinin bir an önce inşa edilmesi gerekmekte olup, bu konu büyük bir önem taşımaktadır.

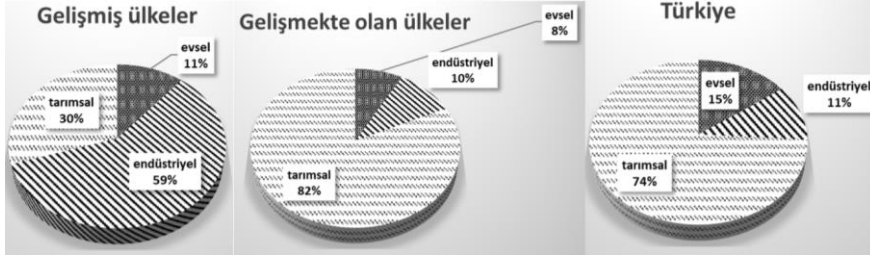
Tarımsal üretimde bitkilerin yaşamsal fonksiyonlarını sürdürmek ve yüksek verim elde etmek amacıyla bitkilerin ihtiyaç duydukları besin maddelerinin, kökler aracılığıyla eriyik halde verilmeleri gerekir. Bitkilerde besin maddelerinin toprakta eriyerek kök kısmından, gövde, dal ve yapraklarına ulaştırılması için su önemli bir rol oynamaktadır.

Tarımsal gelişmenin en önemli faktörlerinden biri olan su, toprakta bitki için gerekli olan nemi elde ederek verimi artırmanın yanı sıra, sektörü iklim şartlarından bağımsız kılmaktadır. Aynı zamanda ek istihdam alanı yaratmakta, kırsal alanda gelir dağılımını düzeltmekte, gübre kullanımına, üretimin çeşitlenmesine ve birden fazla ürün alınmasına imkân sağlamaktadır.

Tarımsal alanda sulama, bitkinin ihtiyacı olan ve yağışlarla karşılanamayan suyun toprakta bitkinin kök bölgesine gereken miktar ve zamanda verilmesidir. Ülkemizin büyük bir kısmı kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Bu kurak tarım alanlarında bitkilerin yetişme döneminde doğal yağışların yetersiz kalması durumunda yüksek verim ve kalite elde edebilmek için en uygun yöntemle tarımsal sulama yapılmalıdır (Anonim, 2005).

Tarımsal üretimde sulama yapılırken ilk kural tarlanın başına kadar getirilen suyun, en az kayıpla bütün tarlaya eşit bir şekilde dağılmasıdır. Sulamada kullanılacak bir çok sistem vardır. Bu sistemlerden birinin sulamada kullanılabilmesi için tarlanın tesviyesinin düzgün olup olmamasını, yetiştirilen ürünün cinsini, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini, sulama suyunun miktarını ve kalitesini, bölgenin rüzgâr, sıcaklık, oransal nem, yağış gibi iklim koşullarını da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yıllık kullanılabilir su miktarı ülkemizde kişi başı 1.500 m³ civarındadır. Su sıkıntısı yaşama riskine sahip bir ülke olduğumuz için var olan kısıtlı, kullanılabilir su kaynaklarının kullanımında tasarrufa gidilmeli, su harcaması yapılırken daha dikkatli ve özenli davranmamız gerekmektedir. Bitki yetiştiriciliğinde sulama yöntemlerinin uygun olarak seçilip doğru sulama uygulamalarının yapılması su tasarrufu için önemlidir.



Şekil 1.1. Dünyada ve ülkemizde su kullanımı

Bitki yetiştiriciliğinde çimlenme öncesi ve sonrasında toprağın nemli olması, tohum ve toprak kalitesi ile bitki gelişimi için ihtiyaç duyulan ısının bitki açısından en verimli şekilde kullanılabilmesi için önemlidir. Suyun bitki için önemini sıralayacak olursak;



- Bitki için en önemli besin elementlerinden biridir.
- Bitki içerisinde besin elementlerinin taşınması için ihtiyaç duyulan taşıyıcı görevini yapar.
- Fotosentez reaksiyonunda temel madde görevini üstlenir.
- Bitkinin şekil alması, yapraklarda bulunan stomaların açılıp kapanmasını sağlayan turgor basıncı ile ilgilidir.
- Besin elementlerinin eriyik hale gelmesini sağlayarak bitki tarafından alınabilmesine yardımcı olur.
- Bitki gövdesinin hava sıcaklığına (soğuk veya sıcak durumunda) karşı korunmasını sağlar.
- Toprakta biriken tuzların yıkanması sağlanır.
- Sulama ile bitkisel üretimin verimi sürdürülebilir şekilde artar.
- Sulama sayesinde bitkinin yeterli su alması sağlanarak kuraklık sonucu ortaya çıkacak problemler önlenir.
- Bitki gelişimi için bitki ve toprak arasındaki havayı serinleterek uygun ortam hazırlar.
- Su, bitkilerin vejetatif aksamalarının gelişmelerine ve bitkideki ürünün artmasına etkisi vardır.
- Toprağı sürme derinliğinde oluşan taban taşı tabakasının yumuşamasına yardımcı olur.

Bazı sulama yöntemlerinde sulama suyu ile birlikte gübre ve ilaçlar da bitkiye verilebilir. Büyüme döneminde toprakta bitkinin faydalanabileceği yeterli miktarda su

bulunması gerekmektedir. Yeterli yağış alan bölgelerde bitkilere ayrıca su sağlanması gerekmezken yağışların yetersiz olduğu bölgelerde sulu tarım yapılması bir zorunluluktur.

Başlıca sulama yöntemleri, yüzey sulama ve basınçlı sulama olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır.

Yüzey sulama yöntemleri, salma sulama yöntemi, karık sulama yöntemi, tava sulama yöntemi, uzun tava sulama yöntemi gibi türleri olan geleneksel sulama yöntemleridir. Modern yöntemler ise damla, mikro yağmurlama, sızdırma ve yağmurlama gibi basınçlı sulama yöntemleridir.

1.1. Yüzey Sulama Yöntemleri

Yüzey sulama yöntemlerinde, bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarı tarla başı kanalları ya da lateral boru hatları yardımıyla tarlaya getirilir ve belirli bir eğim doğrultusunda ilerler.

1.1.1. Salma Sulama Yöntemi

Bu sulama yönteminde kaynaktan alınıp tarla başına kadar getirilen su, serbest bir şekilde arazi üzerinde yayılmaya bırakılır. Suyun tarla üzerinde ilerlemesi ve aynı zamanda da toprağın su alması (infiltrasyon) ile toprak içine alınımı sağlanır. Bu sulama yönteminde eğimin %3'ü geçmemesi, sulamaya dik yönde olmaması ve arazinin tesviyeli olması gerekmektedir. Teorik olarak, suyun toprak yüzeyini bir tabaka şeklinde kaplayarak akacağı öngörülse de uygulamada bu koşul genellikle gerçekleşmez. Tarla parselinin belirli kısmında gereğinden daha fazla, belirli kısmında ise gereğinden daha az bir su uygulaması söz konusu olur. Bu durum su uygulama randımanının düşük olmasına sebep olur. Su uygulama randımanının düşük olması toprakta tuzluluk ve drenaj problemini ortaya çıkarır. Bu sorunlar göz önünde bulundurulduğunda salma sulama yönteminin kullanılması pek tavsiye edilmemektedir.



Şekil 1.2. Salma sulama yöntemi

1.1.2. Karık Sulama Yöntemi

Bu yöntemde, bitki sıraları arasına karık adı verilen küçük kanallar açılır ve bu kanallara su verilir. Bu karıklar bitkinin ihtiyacı olan suyu taşıyabilecek kapasitede olmalıdır. Karık sulama yöntemi orta ve ağır bünyeli topraklar gibi su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda kullanılır. Sulama yönünde eğimin %1 olması istenir ancak yağışların oluşturduğu erozyon tehlikesinin bulunmadığı yerlerde eğim %3'e kadar çıkabilmektedir. Meyve bahçeleri ve bağların sulanmasında ve bitki kök boğazının ıslanmasından zarar gören bitkilerin sulanmasında kullanılır.



Şekil 1.3. Karık sulama yöntemi

1.1.3. Tava Sulama Yöntemi

Bu yöntemde, sulanacak tarla alanının etrafı toprak seddelerle çevrilerek eğimsiz tavalar oluşturulur. Tavalara yüksek debide sulama suyu uygulanarak suyun kısa sürede tavayı kaplaması sağlanır. Tava sulama yöntemi su absorbe etme hızı nispeten düşük ve kullanılabilir su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda tercih edilir. Hafif ve ağır bünyeli

topraklarda çok fazla tercih edilmez. Bunun sebebi hafif bünyeli topraklarda su alma hızının yüksek, ağır bünyeli topraklarda ise su alma hızının aşırı düşük olmasından kaynaklı kaymak tabakası bağlama özelliğine sahip oluşundandır. Sebze ve meyve bahçelerinin sulamasında kullanılır. Sebze bahçelerinde büyük tava, meyve bahçeleri ve ağaçlarda küçük tavalar oluşturularak sulama yapılır.



Şekil 1.4. Tava sulama yöntemi

1.1.4. Uzun Tava (border) Sulama Yöntemi

Bu yöntemde, tarla alanının genel eğimine paralel olacak şekilde seddeler oluşturularak tarlanın eni 3 m ile 30 m arasında, boyu ise 100 m ile 800 m arasında değişecek dar ve uzun şeritlere bölünür. Uzun tava yöntemi ile sulamada, tava sulamada olduğu gibi tavalar içerisinde su göllendirilmesi yapmaya gerek yoktur. Tavadan çıkan su bir yüzey drenaj kanalı ile uzaklaştırılır. Bu amaçla tava sonu açık bırakılır. Eğimin %3'ü geçmemesi gerekmektedir. Arazi eğimsiz ise tava sulama, eğimli ise uzun tava sulama yöntemi tercih edilir.



Şekil 1.5. Uzun tava sulama yöntemi

1.2. Basınçlı Sulama Yöntemleri

1.2.1. Damla Sulama Yöntemi

Sulama suyunun, filtre edilerek süzöldükten sonra eriyebilir gübre veya gübresiz olarak toprak yüzeyine ya da içine damlalar halinde verilmesine damla sulama denir. Damla sulama yönteminde; bitkide nem eksikliğinden kaynaklanan bir gerilim oluşturmadan sık aralıklarda ve az miktarda sulama suyunu düşük basınç altında, bitki kök kısmına yakın yerleştirilen damlatıcılarla, toprak yüzeyine damlatılarak verilmesi hedeflenmiştir (Kanber 1999).

Lateral borudaki basınçlı su damlatıcıya geçtikten sonra damlatıcı içerisindeki akış yolu boyunca enerjisi sürtünme nedeniyle azalır ve çok düşük debi ile damlalar halinde çıkararak toprağa infiltre olur. Diğer sulama yöntemlerine göre daha verimli ve kaliteli ürün elde edilmektedir. Eğimli arazilerde erozyona sebep olmadan sulama yapılabilir.



Şekil 1.6. Damla sulama yöntemi

1.2.2. Yağmurlama Sulama Yöntemi

Suyun belirli bir açı ve basınç ile havaya püskürtülerek, suyun kendi ağırlığı ile toprak ve mahsül üzerine ince damlacıklar halinde düşürülmesidir. Yağmurlama sulama yöntemi bütün toprak türlerinde, eğimli ve düz arazi koşullarında ve hemen hemen bütün bitki türlerinde rahatlıkla uygulanabilir. Yüzey sulama yöntemlerine göre daha düşük debili su kaynağı koşullarında kullanılabilir. Gerekli parçaların sağlanabilir ve uygulama sırasında kontrol edilebilir olması nedeniyle dünyada yaygın şekilde kullanılabilir.



Şekil 1.7. Yağmurlama sulama yöntemi

1.2.3. Mikro Yağmurlama Sulama Yöntemi

Bu sulama yönteminde kaynaktan alınan su daha çok bitki gövdesine yakın olacak şekilde, daha küçük sprink adı verilen yağmurlayıcılar ile atmosfere ve toprak yüzeyine püskürtülerek verilmektedir. Sulamada püskürtücüler, sisleyiciler ve mini yağmurlama başlıkları kullanılmaktadır. Damla sulama sistemlerine göre daha fazla toprak alanını ıslatmakta olup, işçiliği daha düşüktür. Buharlaşıma ve rüzgâr ile kayıpların olması en önemli etkenlerdendir.



Şekil 1.8. Mikro yağmurlama sulama yöntemi

1.2.4. Sızdırma Sulama Yöntemi

Sızdırma sulama yönteminde su, bitki kök bölgesine toprak altından sızdırılarak verilir. Bu amaçla, ya taban suyunu kontrol etmek için belirli aralıklarla açılmış derin tarla hendeklerinden yararlanılır ya da toprak altına düşük basınç altında çalışan delikli ya da geçirgen plastik boru hatları yerleştirilir. Bu boruların bir ağzı kapatılır. Diğer ağzlar ise sulama borusuna bağlanarak boruların üst kısmına 10-15 cm kalınlığında kaba çakıl, sonra kaba kum ve en son ince kum konularak çukurun tamamı toprakla doldurulur. Borulara su verildiğinde boru cidarlarından sızan su kök bölgesini ıslatır. Kök bölgesine giren su toprağa karışıp, bitkilerin kök bölgesini nemlendirir ve bitki su gereksiniminin karşılanmasında kullanılır. Sulama sistemi çok düşük işletme basıncında çalıştırılır. Gerekli olan basınç, su kaynağının yüksek bir yere koyulması veya bir pompa ile sağlanmaktadır.



Şekil 1.9. Sızdırma sulama yöntemi

1.3. Tamburlu Sulama Makineleri

Tamburlu sulama makinesi az işçilikle maliyeti düşürerek, kolay kullanım sağlayan bir sistemdir. Maliyet açısından diğer sulama yöntemlerine göre çok daha ekonomiktir. Düşük basınçlarda çalışabildiği gibi uygun sulama ile toprağın sertleşmesini ve ürünlerin zarar görmesini de engellemektedir. Birden fazla tarla alanının sulanmasına olanak sağlamaktadır. Su kaynaklarından bağlantı yapılarak plastik hortum yardımıyla basınçla çalıştırılmaktadır.

Aşağıdaki ürünlerin sulanmasında kullanılabilir;

- Buğday, çavdar, yulaf ve arpa gibi hububatlar
- Yonca ve silajlık mısır gibi yem bitkileri
- Baklagiller (nohut, bezelye, fasulye)
- Yumrulu bitkiler (patates, soğan, havuç)
- Ayçiçeği, pamuk, yer fıstığı, şeker pancarı ve mısır gibi sanayi bitkileri
- Diğer meyve ve sebzeler



Şekil 1.10. Tamburlu sulama makinesi

Bu makineler su kaynağından bir motor yardımıyla pompalanan suyun tabanca ya da kanat sistemiyle araziye istenilen zaman ve miktarda eşit dağılımını sağlayan modern bir sulama sistemidir. Sistem ana makine ve buna bağlanan kanat ya da tabanca arabasından oluşmaktadır. Ana makine su hortumu, şanzıman, su türbini, şase ve tamburdan oluşur. Tabanca yağmurlama sulama yönteminde kullanılırken, kanatlar sisleme uygulamasında tercih edilmektedir.

Tambur üstüne dolanan ana hortumun ucu, kanat veya tabanca arabasına bağlanır. Kanat veya tabanca arabası traktör yardımıyla sulama makinesinden sulanacak alanın en son noktasına çekilir. Düzenek hat üzerinde hazır hale getirildikten sonra kaynaktan su pompalanmaya başlanır. Pompalanan su, makinenin üzerindeki su türbininin içinden geçerken enerjiye dönüşerek makara üzerindeki dişliyi, dişli de makarayı ters yönde döndürerek araziye serilmiş hortumu tambur üstüne geri sarmaya başlar. Sarma işlemi gerçekleşirken hortumun ucundaki kanat ya da tabanca arabası da geriye doğru sulama yaparak gelir. Sulama hız ve zaman ayarı, isteğe göre şanzıman üzerinden ya da hız saati üzerinden ayarlanabilir. Sarma işlemi bittikten sonra otomatik kesici kol hortum sarımını durdurur. Bir çeşit fren sistemiyle türbin ve makine otomatik olarak durur. Su pompalama manuel olarak sonlandırılana kadar tabanca veya kanatlar durduğu noktada sulama işlemine devam eder. Sarım işlemi bittiğinde makine, sulanacak diğer alanın başına getirilerek aynı işlem bütün arazi sulanana kadar tekrarlanır.

1.4. Fertigasyon

Günümüzde aşırı miktarda artış gösteren gübre, mazot, işçilik gibi girdi maliyetlerine karşı üretici olarak alabileceğimiz önlemlerden birisi birim alanda meydana gelen ürünü %20-50 civarında arttırıp, ihracat kalitesinde numune ürün elde ederek karlılığımızı arttırmaktır. Bu konuda da damla sulama gibi yöntemlerle sulama yapmak hem avantaj sağlayıp hem de su kaynaklarının kullanımı ve su tasarrufu noktasında önem taşımakta olup ülkemizde daha yaygın hale getirilmesi gerekmektedir.

Su, bitki yetiştirmede ve dolayısıyla yiyecek sağlamada önemlidir ve kuraklık risklerini azaltır. Dünyada kullanılan suyun %70'inden fazlası tarımsal olarak kullanılır (Khokhar, 2017; Anonim, 2019a). Sulu tarımda verimli su kullanımı yapılmalıdır. Dünyada özellikle yüzey sulama yöntemlerinin kullanımı gelişmekte olan ülkelerde daha fazladır. Genel olarak geleneksel sulama yöntemlerinde aşırı miktarda su kullanılır.

Yarı kurak ve kurak iklim koşullarında artan tarımsal üretim esas olarak sulamaya bağlıdır. Bilindiği gibi geleneksel sulama yöntemlerinde (yüzey sulama) yağmurlama ve damla sulama gibi basınçlı sulama sistemlerine göre çok daha fazla su kullanılır. Gıda talebinin artması ve su kaynaklarını azalması tarımda su ve gübrenin verimli kullanımı için yeni teknolojiler bulunması konusunda baskı oluşturmaktadır. Ayrıca toprak ve su kaynaklarının korunması ve çevresel sürdürülebilirlik olması gereken diğer önemli

faktörlerdir. Böylece verimli ve daha az su ve gübre kullanımı çevrenin korunması açısından önemlidir (Hagin, Sneh ve Lowengart, 2003).

Tarımda suyun sürdürülebilir kullanımı için suyun kullanım verimliliğini arttırmak gereklidir (Barua, Kumar ve Singh, 2018). Bu amaca ulaşmak için verimli su kullanımı sağlayan sulama sistemleri, uygun sulama zamanlaması, havza yönetimi, kuraklığa dayanıklı bitki yetiştiriciliği, kuru tarım, dönel otlatma, malç kullanımı, kompost ve organik tarım gibi etkenler göz önünde bulundurulmalıdır. En önemli yollardan biri damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama sistemleri sulamadır. Bu sayede bitkinin kök bölgesi doğrudan sulanabilmektedir. Fertigasyon, bitki besin maddelerinin yani sıvı veya katı gübrelerin sulama sistemleri aracılığıyla birlikte toprağa veya bitki kök bölgesine uygulanmasıdır. Fertigasyonda gübrelerin tüm sulama sistemleri ile uygulanması mümkündür. Ancak fertigasyon uygulaması son yıllarda damla, mikro-jet vb. mikro sulama uygulamalarıyla gelişerek kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. Daha çok damla sulama ile uygulanması nedeniyle damla sulamayla gübreleme olarak ifade edilen fertigasyon, aslında tüm sulama sistemlerinde uygulanabilir.

Damla sulama, bitki kök bölgesine suyun yavaşça bırakıldığı basınçlı sulama yöntemlerinden biridir. Yapılan çalışmalarda, damla sulama ile su kullanımının %30 ile %70 oranında azaldığı ve mahsul veriminin %20 oranında arttığı gözlenmiştir. Damla sulama ile toprak, iklim ve ürün özelliklerine bağlı olarak %50 ile %90 arasında verim artışı gözlenmiştir (Postel ve ark. 2001; Çetin ve Bilgel, 2002; Chartzoulakis ve Bertaki, 2015).

Damla sulama bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu, doğrudan bitki kök kısmına düşük debili ve homojen olarak verebilen bir yöntemdir. Damla sulama sistemlerinin en önemli faydası gübrelerin sulama suyuyla beraber toprağa verilebilmesidir. Bu olay fertigasyon olarak adlandırılır. Fertigasyon sistemlerinde gübrenin sulama suyu ile birlikte verilebilmesi için iki önemli faktör göz önünde bulundurulmalıdır.

Bunlardan ilki sistemde sürekli bir akışın bulunmasıyla gerekli besin maddelerinin doğrudan bitki kök bölgesine uygulanabilmesi, ikincisi ise damlatıcıların tıkanmasını engellemek amacıyla suda çözünebilir ve çökelti oluşmasını önleyen gübrelerin kullanılmasıdır. Damla sulama sistemlerinde neredeyse sürekli bir akış olması nedeniyle bitki kök kısmına ihtiyaç duyulan zamanda ve yeterli miktarda gübre atılabilmektedir. Böylece uygulama için ihtiyaç duyulan gübre, işçilik ve zamandan tasarruf sağlanarak bitkinin büyüme

dönemi boyunca ihtiyaç duyduğu besin maddeleri sağlanmış olur. Aynı zamanda çevreye zararlı maddelerin toprakta birikmesi önlenerek çevre dostu bir uygulama yapılmış olur.

Görüldüğü üzere uygulamanın temel dayanağı bitkide aşırı su isteği yaratmadan gereksinim duyulan su ve bitki besin elementlerini bitkiye sağlamaktır. Toprak yüzeyinden yüzey akışı ve yıkanma sebebiyle gerçekleşen besin elementi kaybı bu yöntem ile önlenebilir. Yalnızca bitkinin bulunduğu kısım ıslatıldığı için su ve gübre tasarrufu sağlanırken, aynı zamanda bitkinin gereksinim duyduğu su ve besin elementleri de gelişme süresince karşılanmış olur.

Sulama sistemleri ile kullanılacak kimyasal gübreler, sulama sistemlerinde aşınma ve sistem elemanları içerisinde tıkanmaya sebebiyet vermemeli, kullanım için güvenli olmalı, uygulandığı bitkinin verimini arttırmalı, suda kolaylıkla çözünebilmeli, sulama suyundaki maddelerle kimyasal bir reaksiyona girmemelidir.

Fertigasyonun sağladığı avantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Sulama suyu ile birlikte gübreler ve bazı kimyasallar (ilaçlar gibi) uygulanabilir.
- Gübreler sulanan alanın tümünde homojen şekilde uygulanabilir.
- Ürünün verim ve kalitesi artar.
- Bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementleri hassas bir şekilde uygulanabilir. Özellikle damla sulama sistemlerinde yapılan fertigasyon uygulamalarında sadece kök bölgesine uygulama yapıldığı için bitki besin elementlerinin ve sulama suyunun kontrolü sağlanarak kayıplar önlenir.
- İş gücü ve zaman tasarrufu sağlanır.
- Bitki patojenlerinin gelişimi önlenerek bitkinin canlılığı korunur.
- Uygun kimyasal formülasyona sahip sıvı gübreler sayesinde gübrenin toprağa karışması hızlı ve homojen bir şekilde sağlanabilir. Tarlaya hassas olarak uygulanması zor olan mikroelementlerin homojen şekilde uygulanması sağlanır.
- Otomasyona uygulanmasına elverişlidir.
- Neredeyse tüm sulama sistemlerinde uygulanabilir.

Fertigasyon yöntemi su ve bitki besin elementlerinin bir arada uygulanmasının, ayrı ayrı uygulamadan daha yüksek bitkisel verime neden olması prensibine dayanmaktadır. Fertigasyon yöntemi sayesinde bitki büyüme döneminde ihtiyaç duyduğu besin elementlerini

sürekli şekilde sağlayabilir. Ayrıca katma değeri yüksek bitkilerde yaprak ıslanmasını önleyerek avantaj sağlar. Birçok çalışmada fertigasyon yönteminin bitkisel üretimde olumlu özellikleri rapor edilmiştir. Fertigasyonun diğer gübre mekanizasyonu yöntemlerine göre gübreden yararlanma verimini yükseltmesi, emek, makina ve yakıt tasarrufu sağlaması, araziye makine sokarak toprak sıkışıklığına sebebiyet vermeden gübre uygulama olanağı sunması, yıkanmadan dolayı oluşan gübre kayıplarını minimize etmesi, makine operatörlerinin kimyasala maruz kalmasını önlemesi, uygulamanın sadece bitki kök bölgesiyle sınırlı tutulabilmesi ve bitkinin büyüme dönemine göre gübreleme zamanında esneklik tanınması gibi avantajları bulunmaktadır.

Fertigasyon yöntemleri dünyada yağmurlama ve damla sulama yöntemleri ile yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ise üretici düzeyinde kullanımı çok yaygın değildir. Günümüzde, fertigasyonun yüzey sulama ile de kullanımı konusunda çalışmalar yapılmaktadır. 1985 yılında alınan verilere göre Amerika Birleşik Devletleri'nin de tarımsal üretim yapılan arazilerin 4,3 milyon hektarlık kısmında yılda en az bir kez fertigasyon yöntemi kullanılmıştır. Fertigasyon uygulamalarında yağmurlama, damla sulama ve yüzey sulama yöntemleri sırasıyla %84, %3 ve %13 seviyelerinde kullanılmaktadır. Bu değerler yılda yaklaşık olarak %8 ile %9 arasında artış göstermektedir. Günümüzde ABD'de bitkisel üretim yapılan tarımsal arazilerin yaklaşık 8 milyon hektarında fertigasyon yönteminin uygulandığı söylenebilir.

Fertigasyon ve klasik gübreleme yönteminin bazı kültür bitkilerinde sebep olduğu verim değerleri Çizelge 1.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Basınçlı mikro-sulama teknikleri ile sulanmış bazı kültür bitkilerinde fertigasyon ve klasik gübreleme ile elde edilen verimlerin karşılaştırılması (t/da)

KÜLTÜREL	FERTİGASYON	KLASİK
Patates	7,0	3,7
Havuç	5,4	4,2
Domates (Sera)	35,0	15,0
Domates (Tarla)	18,0	5,5
Hıyar (Sera)	30,0	14,0
Karpuz (Tarla)	11,5	6,0
Çilek (Alçak Tünel)	4,8	2,0

Çizelge 1.2’ de fertigasyon ve klasik gübreleme yöntemlerinin patates yumruları üzerinde kuru madde ve nişasta oranı bakımından etkileri görülmektedir.

Çizelge 1.2. Patates kültüründe fertigasyon sistemi ve klasik metot ile yapılan gübre uygulamalarının patates yumrularına yansıyan özellikleri

KARAKTERLER	FERTİGASYON	KLASİK
Kuru madde (%)	19,0	17,06
Nişasta (%)	13,2	11,38
Verim (dekara/ton)	7,0	3,7

Potasyum, toprakta düşey ve yanal olarak hareket etmektedir. Bunun patates üretiminde verim artışına olan etkisi aşağıda verilmiştir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Klasik ve fertigasyon metodu ile uygulanan potasyumun patates verimine etkisi (dekar/ton)

UYGULAMALAR	VERİM (DEKAR/TON)
Klasik uygulama	2,82
Fertigasyon (100 mg/L)	3,37
Fertigasyon (200 mg/L)	3,04

Yapılan araştırmalarda klasik yöntem ve fertigasyon ile gübrelenmiş elma bahçelerinde sırasıyla 79 kg/ağaç ve 93 kg/ağaç verim elde edilmiştir. Fertigasyon yönteminde 8-10 kg/da azot, 2-3 kg/da fosfor ve 14-16 kg/da potasyum verilmesi; 250 ağaç/da ve yaklaşık 6 ton/da verim alınan bir elma bahçesi için yeterli olmaktadır.

Sık aralıklarla uygulanan fosfor fertigasyonlarının toprak solüsyonuna yapmış olduğu katkılar, topraktan çözünmesi beklenen fosfor miktarından daha fazladır. Bu konuyla ilgili yapılan araştırmanın sonuçları Çizelge 1.4'te verilmiştir.

Çizelge 1.4. İki sezon (mevsim) boyunca patates kültüründe yapılan çalışmanın sonuçları

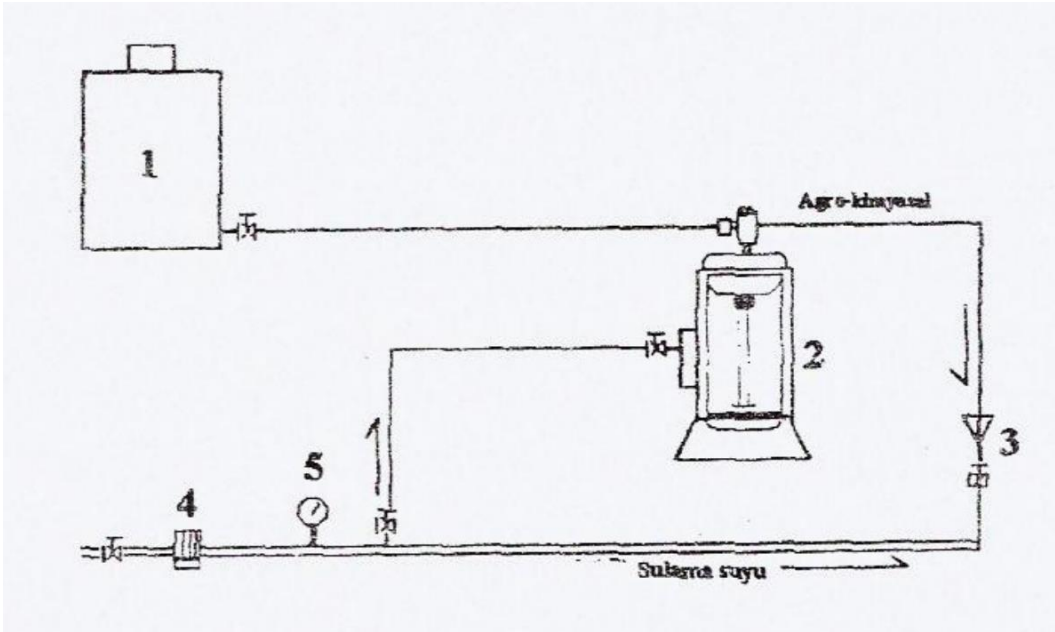
İŞLEMLER FERTİGASYON	ÜRÜN	FOSFOR ALIMI (%)
50 mg/L/fosfor	100,0	93,0
25 mg/L/fosfor	89,0	99,0
Klasik uygulama	80,0	44,0
Kontrol	51,6	-

1.4.1. Fertigasyon Sisteminin Öğeleri

1.4.1.1. Denetim Birimi

Fertigasyon sistemleri dozajlama pompası, gübre tankı, akışın geri dönüşünü engellemek amacıyla kullanılan tek yönlü vana, ana filtre, manometre ve kalibrasyon cihazlarından oluşmaktadır (Şekil 1.11). Dozajlama pompası fertigasyon sistemlerinde filtreden önce bulunarak kimyasal gübrenin ayarlanan miktarlarda sulama suyuna karıştırılmasını sağlar. Dozajlama pompasının özelliklerine göre denetim birimi içerisinde vana, basınç ve akış düzenleme regülatörleri kullanılabilir. Metal tankların aşınabilme durumundan dolayı genellikle plastik kaplar tercih edilmektedir. Her sulama işleminden sonra fertigasyon sisteminin basınçlı su ile temizlemesi sistem ekipmanları üzerindeki aşınmayı ve mikrobiyal gelişmeyi azaltmaktadır.

Fertigasyon sistemlerinde uygun kirlenme önleyiciler kullanılmadığı takdirde su kaynağının kirlenme tehlikesi bulunmaktadır. Fertigasyon sistemlerinde tek yönlü akışa izin veren vana kullanımı sayesinde pompa veya dozajlama sisteminde meydana gelecek arıza sonucunda sulama suyunun, su kaynağına ters yönlü akışı engellenir.



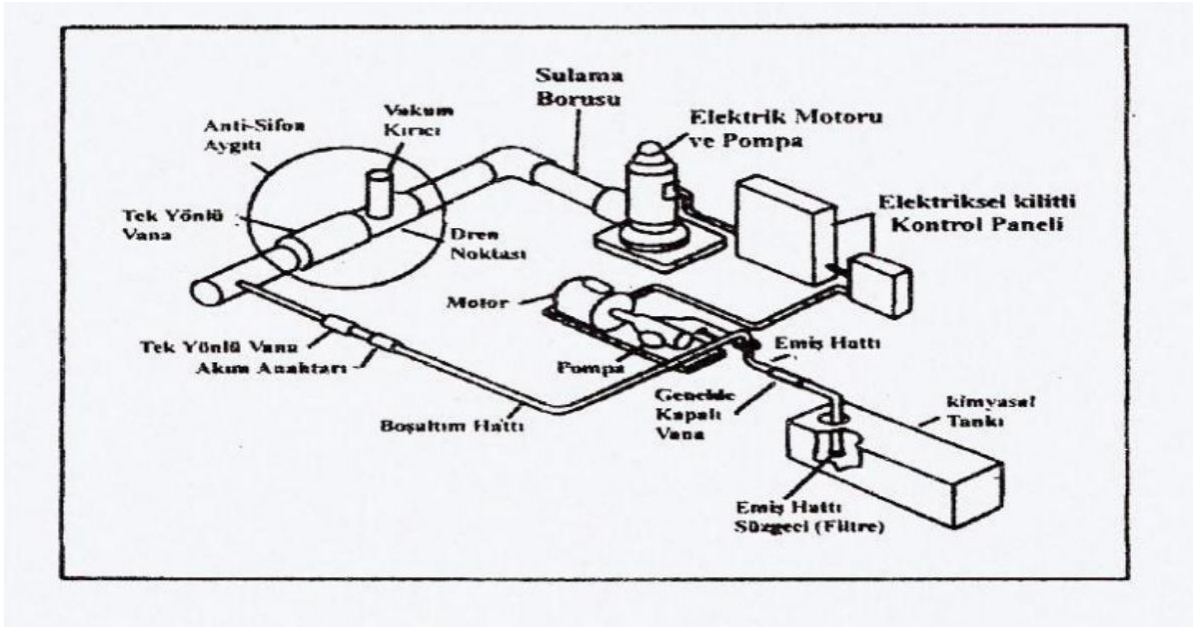
Şekil 1.11. Fertigasyon denetim biriminin şematik gösterimi (1, gübre tankı; 2, dozajlama pompası; 3, tek yönlü vana; 4, ana filtre; 5, manometre)

Fertigasyon sistemlerinde dozajlama pompası çalışır durumdayken su kaynağındaki pompanın arızalanarak durması bir problem kaynağıdır. Bu durumda ana boruda basınç

olmadığı için su kaynağına yüksek konsantrasyona sahip gübre gönderilebilir. Karşılaşılabilecek diğer bir sorun ise, gübre tankının taşması durumudur. Su kaynağındaki pompa birimi çalışırken dozajlama pompasının durması sonucu basınçlı su, ters akışla kimyasal gübre tankının taşmasına sebep olur. Bunun sonucunda kimyasal çözelti etrafa yayılarak su kaynağına sızabilir.

Bu problemleri önlemek amacıyla sulama sistemi pompası ile kimyasal dozajlama pompası birbirlerine bağlanmalıdır. Böylece sulama sistemi pompası durduğunda dozajlama pompası da otomatik olarak duracaktır. Dozajlama pompası yapısına göre hareketini kuyruk milinden veya bir elektrik motorundan alabilir. Şekil 1.12'de elektro-pompajlı bir sulama sisteminde dozajlama pompası için ayrı bir elektrik motoru kullanıldığı görülmektedir.

Kimyasal gübre hattındaki çek valfin girişine yerleştirilen sıvı akış algılayıcı, sistem durduğunda hattaki akışın durmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Bu akış algılayıcı sayesinde kimyasal tankın boşalması, dozajlama hattının bağlantısının fiziksel olarak kesilmesi, dozajlama pompasının arızalanması, dozajlama kabının tıkanması gibi problemler oluştuğu takdirde fertigasyon sisteminin çalışmasını sonlandırır.



Şekil 1.12. Fertigasyon sistemleri için kullanılan elektro-pompajlı sulama sisteminde bulunan güvenlik ekipmanları

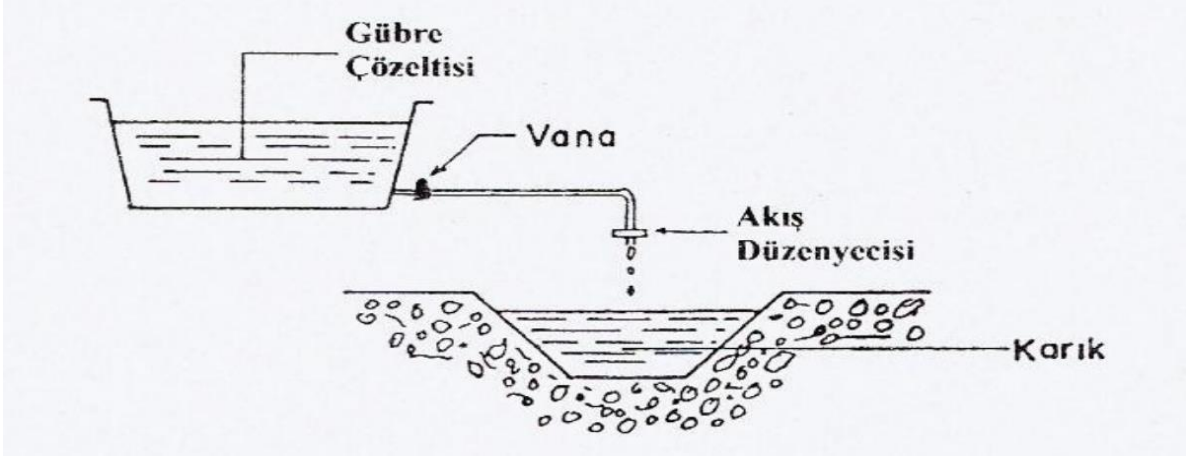
Dozajlama hattı çek valfi ve dozajlama pompası arasına yerleştirilecek bir sızıntı vanası sayesinde dozajlama hattı üzerinde herhangi bir sebeple oluşacak bağlantısızlık durumunda operatöre kimyasal bulaşması önlenebilir. Ayrıca çek valf ve diğer güvenlik ekipmanlarının tıkanmasını önlemek amacıyla dozajlama hattı üzerinde bir filtre kullanılmalıdır.

1.4.1.2. Dozajlama Ekipmanları ve Yöntemleri

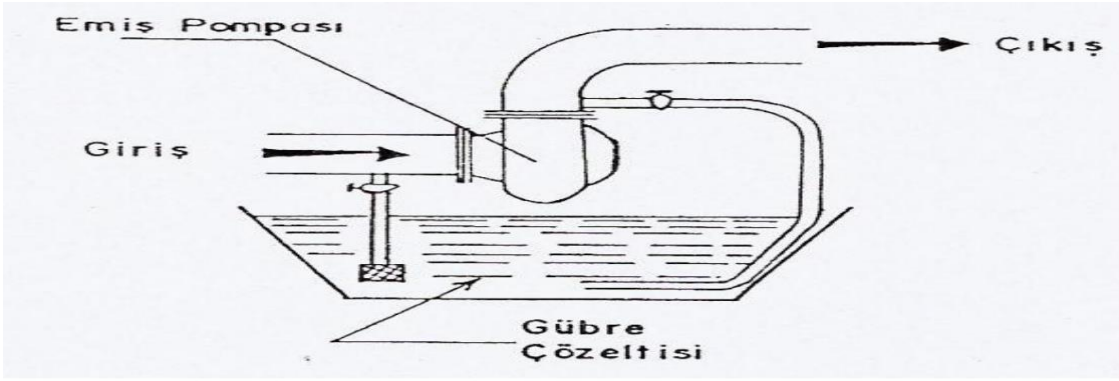
Damla sulamayla birlikte fertigasyon uygulaması planlanırken,

- Dozajlama yöntemi ve miktarı,
- Sulama suyuna enjekte edilecek gübre karışımının konsantrasyonu,
- Gübre tankının kapasitesi,
- Su kaynağının kirlenmeye karşı güvenliğinin sağlanmış olması gibi etkenler göz önünde bulundurulmalıdır.

Sulama sistemlerinde basitten karmaşığa çok farklı yapılarda fertigasyon sistemleri kullanılmaktadır. Örneğin, basit olarak karık sistemlerinde kimyasal gübrenin sulama suyuna karıştırılması ile fertigasyon yapılabilir. Karık sistemlerinde gübrenin sulama suyuna karıştırılması gübrenin paketler halinde yerleştirilerek su içerisinde erimesinin beklenmesi veya istenilen konsantrasyonda sulama suyuna damlatılması şeklinde olabilir. Gübrenin paketler halinde yerleştirilip erimesinin beklendiği sistemlerin uygulamada çok verimli olmadığı görülmüştür. Gübrenin sulama suyuna damlatılarak karıştırıldığı sistemlerde ise suda eriyebilen gübrenin sabit hızda sulama suyuna karışmasını sağlayacak ekipmanlara ihtiyaç duyulur. Bu ekipmanlar içerisinde mariotte tankı, membran düzenleyiciler, düzenleyicili çıkışlar sayılabilir (Şekil 1.13). Yağmurlama sistemlerinde ise sulama suyu ve kimyasal çözeltiyi emmek için pompa kullanılabilir. Bu yöntem ekonomik olması ve istenilen seviyede su ve gübre karışımına izin vermesi açısından uygun bir çözümdür (Şekil 1.14).



Şekil 1.13. Karık sulamada kullanılan bir fertigasyon sisteminin şematik gösterimi



Şekil 1.14. Yağmurlama sulamada kullanılan fertigasyon sisteminin şematik gösterimi

Dozajlama yöntemleri genel olarak dört başlık altında incelenebilir.

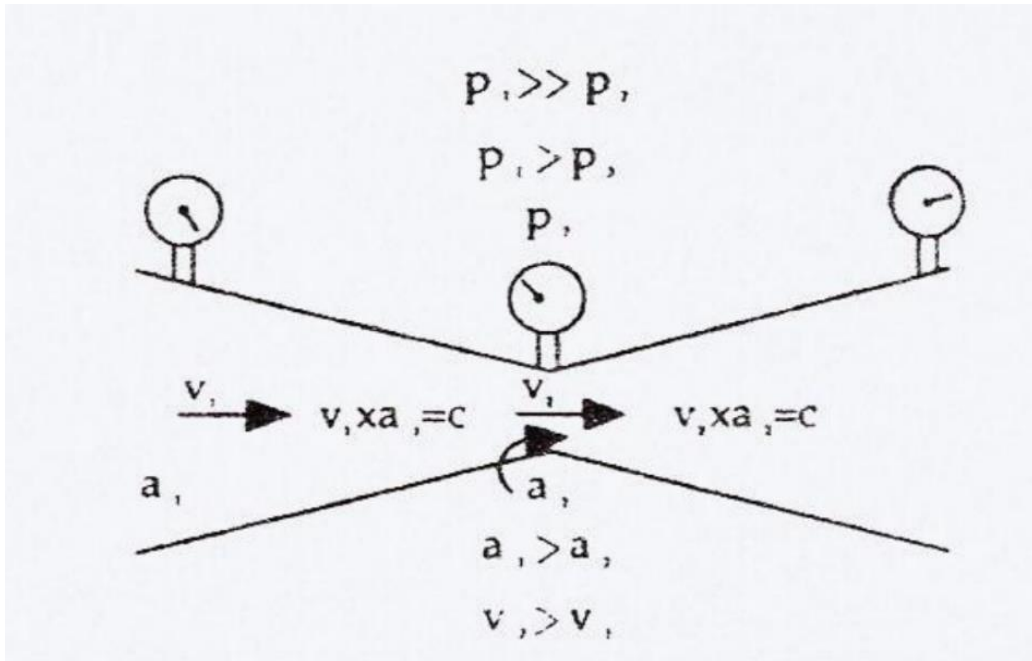
1.4.1.3. Venturi Pompaları

Venturi pompaları akış kesitinde meydana gelen daralma sonucu akışkanın hızının artması ve basınç farkı oluşması ilkesine dayanmaktadır. Sulama suyunun akışında oluşan bu basınç farkı sayesinde depodan gübre çözeltisi emilerek sulama suyuna karıştırılabilir (Şekil 1.15).

Venturi pompalarındaki akış hızı bir vana ile denetlenebilmektedir. Bu sistemler basit yapıda ve ekonomik oldukları için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Venturi kesit alanındaki basınç kayıplarının yüksek olması (işletme basıncının 1/3'ü), dozajlama miktarının

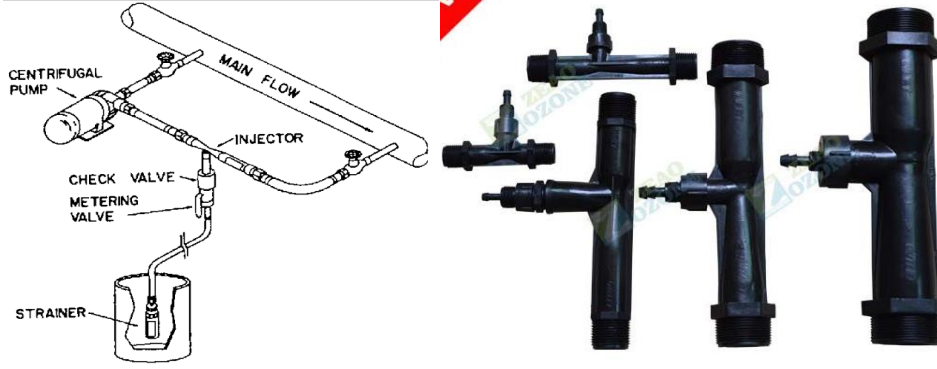
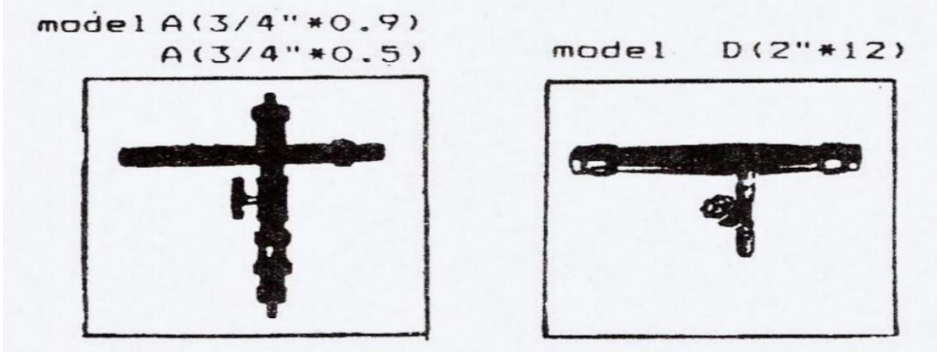
ayarlanmasının sulama suyu akış hızı ve işletme basıncına bağlı olarak zorlaşması bu yöntemin dezavantajlarıdır.

Venturi pompalarında emiş hızının birimi L/h'tir. Emiş hızı giriş basıncına, yük kayıplarına, su girişi kesit alanına bağlı olarak değişir (2-2000 L/h arasında). Genellikle küçük tarımsal arazilerin fertigasyon uygulamalarında tercih edilmektedirler. Bu sistemlerde gübre deposu olarak basit bir plastik kap kullanılır. Kap içerisine koyulan kimyasal venturi pompası tarafından emilerek sisteme verilir.



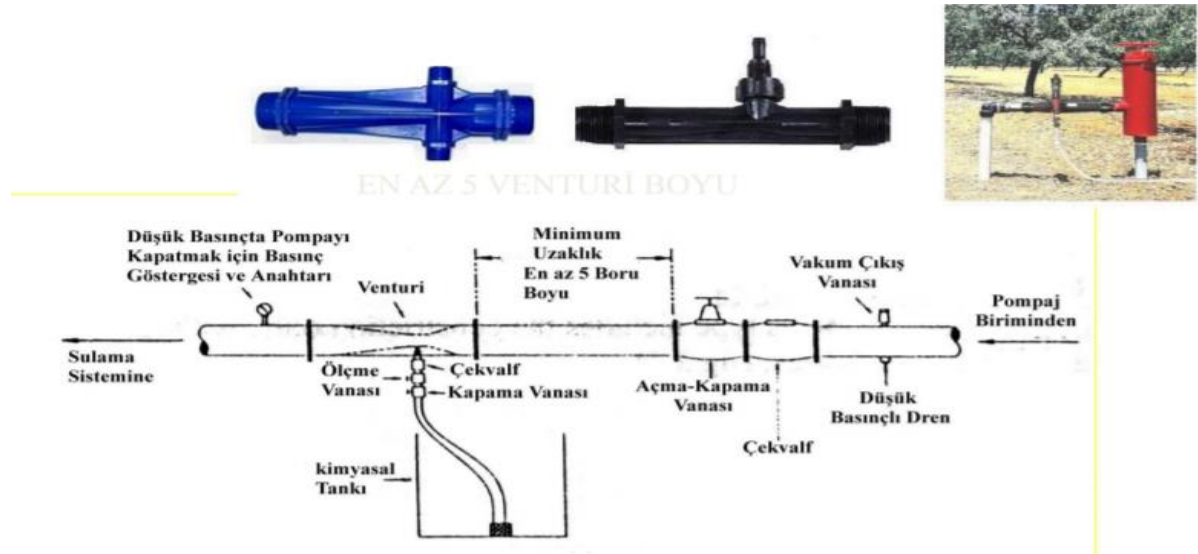
Şekil 1.15. Venturi sistemde çalışma prensibi

Değişik venturi tipleri bulunmakla birlikte kullanım kolaylığı nedeniyle sadece akış yolu daralmasını kullanan ekipmanla kullanılmaktadır (Şekil 1.16). Venturilerin kullanımı sırasında genellikle gübre tankından venturiye giden hat üzerinde geriye doğru akışı önlemek için bir çek valf kullanılır.



Şekil 1.16. Basit venturi tipleri

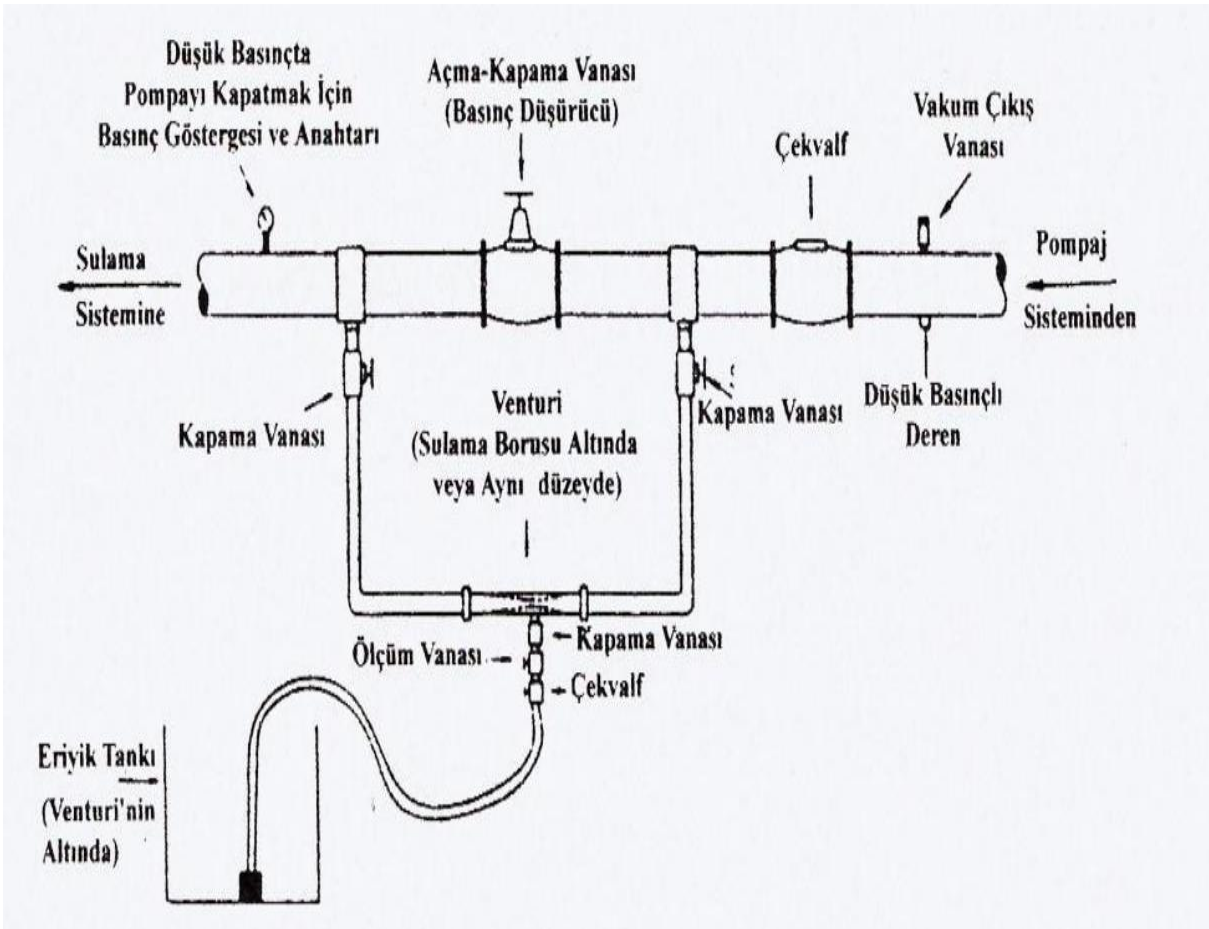
Aynı hat üzerinde elektriksel veya hidrolik olarak açılıp kapanabilen bir vana daha kullanılabilir. Venturi sistemi sulama sistemlerine farklı şekillerde monte edilebilir. Örneğin, düşük debili ve basınç düşmelerinin problem olmadığı sistemlerde venturi sisteminin ana boru üzerinde monte edilmesi tercih edilir (Şekil 1.17).



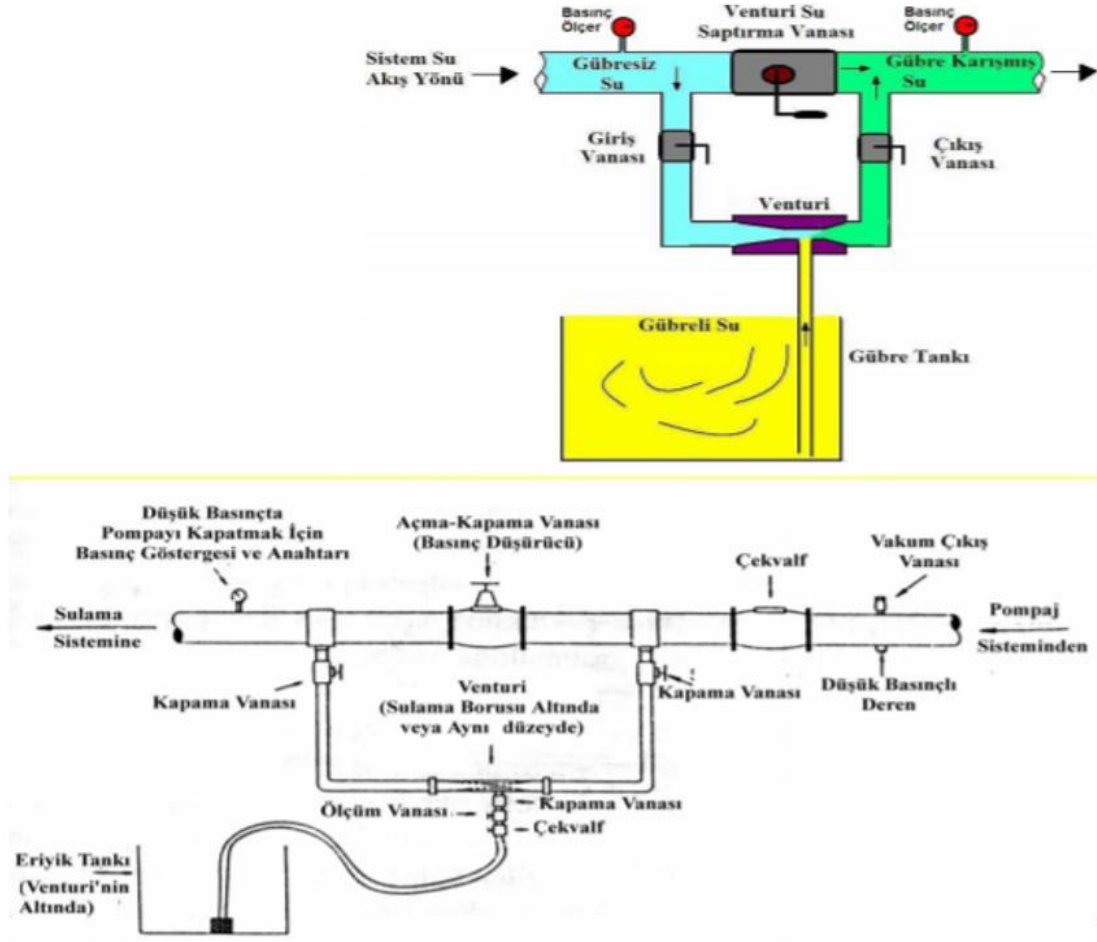
Şekil 1.17. Sıralı venturi sisteminin şematik gösterimi

Bir başka düzenlemede kullanılan baypas yönteminde venturi girişine bir çek valf takılmaktadır. Venturi iki kolla gübre tankına bağlanmakta ve bu bağlantı bir valf ile kontrol edilmektedir (Şekil 1.18).

Baypas venturi sistemlerinde ekstrapan bir santrifüj pompası kullanılan başka bir seçenek daha bulunmaktadır. Santrifüj pompasının hareketini sulama pompasından aldığı bu sistemlerde sulama pompası herhangi bir sebeple durduğunda santrifüj pompası da durmaktadır. Bu sistem genellikle sera ve topraksız tarımda kullanılır (Şekil 1.19).



Şekil 1.18. Sulama ana borusuna baypas şeklinde monte edilen venturi sistemi

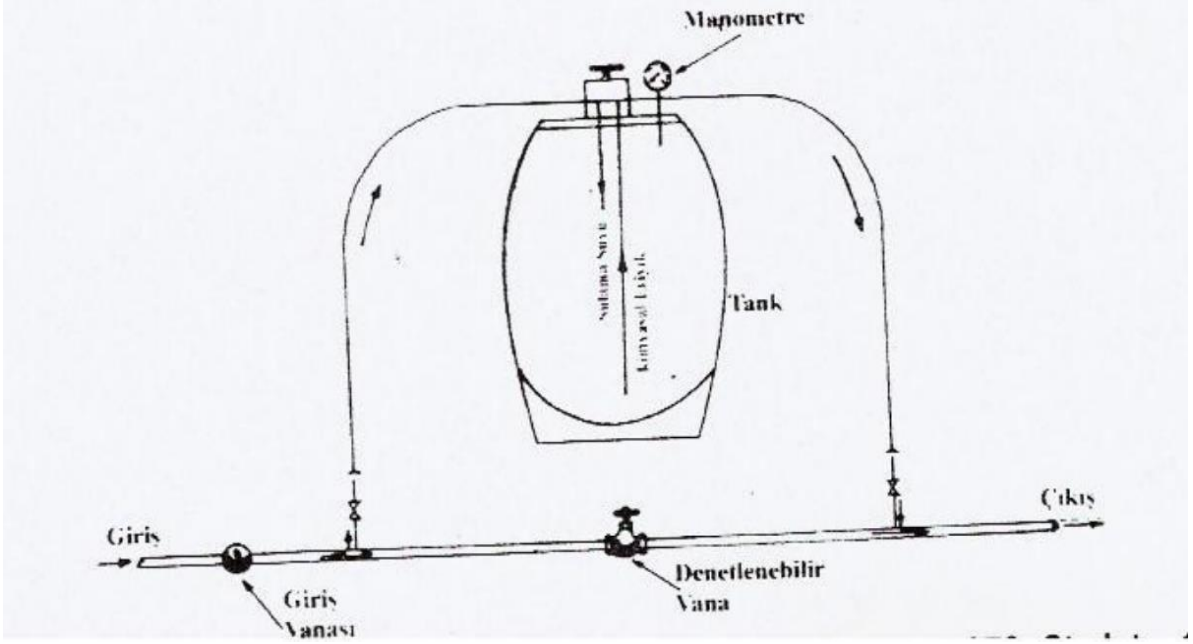


Şekil 1.19. Santrifüj pompayla destekli baypas bağlantılı venturi sistemi

1.4.1.4. Basınç Farklılığı Sistemi

Basınç farklılığı sistemi baypas venturi sisteminin bir varyasyonudur. Bu sistemlerde gübre tankında eriyik ve sulama suyunu birbirinden ayırmak için lastik bir diyafram kullanılır. Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı kimyasal dozajlama hızını etkilemektedir. Bu basınç farkı bir manometre ile ölçülür.

Plastik hortumlar kullanılarak gübre tankının girişi ve çıkışı ana su borusuna bağlanmaktadır (Şekil 1.20). Bu yöntem daha çok yağmurlama sulama sistemlerinde tercih edilmektedir.

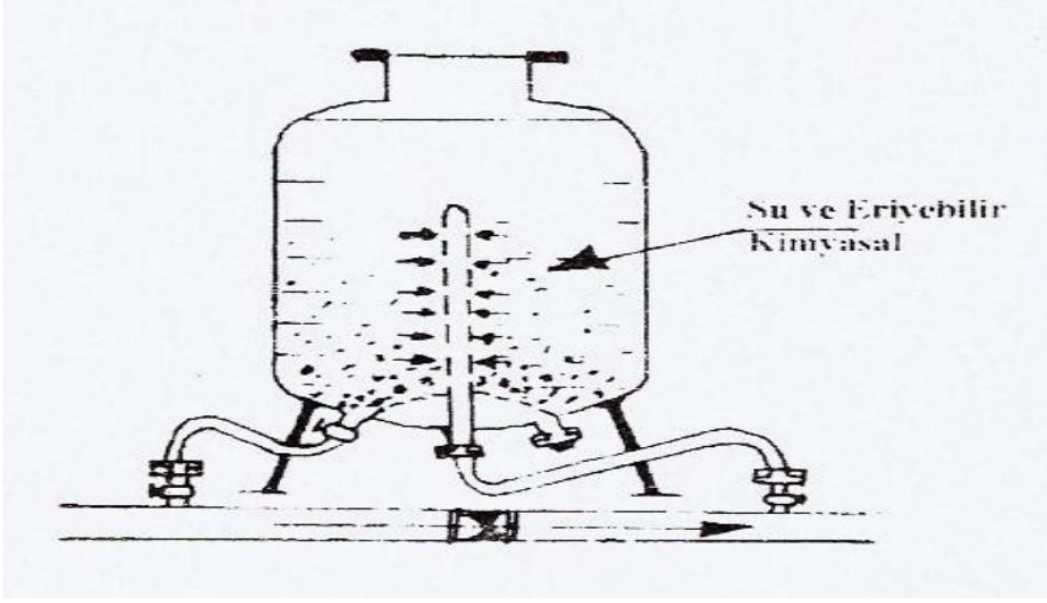


Şekil 1.20. Basınç farklılığı sistemiyle fertigasyon sistemi

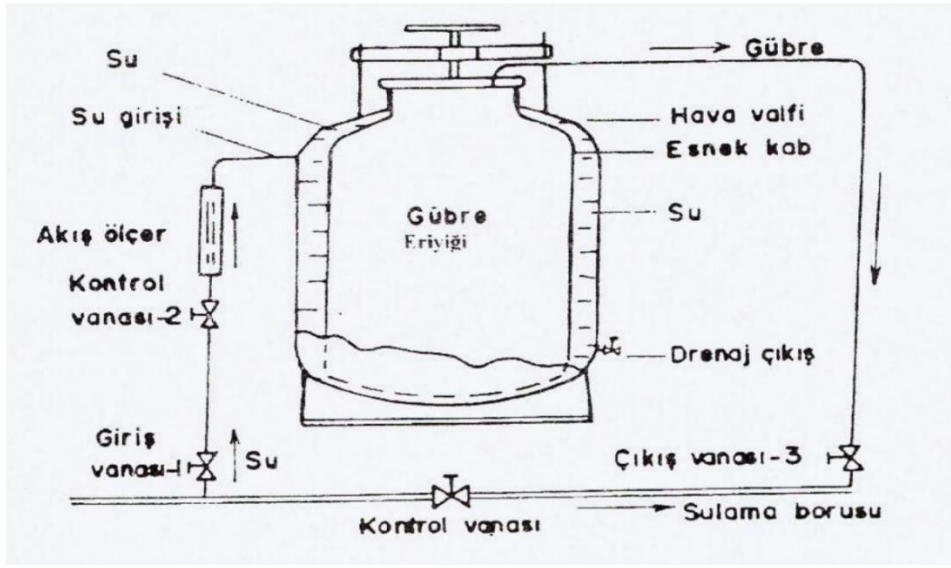
Basınç farklılığına dayalı fertigasyon sistemlerinin en önemli avantajı herhangi bir enerji kaynağına ihtiyaç duymamalarıdır. Su akışı ve buna bağlı olarak basınç düşmesi meydana gelen her sistem için kullanılabilir. Sulama suyu içerisindeki gübrenin homojen dağılmaması bu sistemlerin en önemli kısıtları arasındadır.

Bu sistemler eriyebilir ve sıvı gübrelerin sulama suyuna karıştırıldığı iki farklı tipte olabilir. Eriyebilir gübrelerin tercih edildiği sistemlerde gübre bir tankın içerisinde emilerek sulama sistemine karıştırılır. Bu yöntem daha çok hareketli yağmurlama sulama sistemlerinde tercih edilmektedir (Şekil 1.21).

Sıvı gübrenin tercih edildiği sistemlerde ise gübre tankı içerisinde sıvı gübre konulan katlanabilir lastik bir diyafram içermektedir (Şekil 1.22). Sulama suyu tank ile torba arasındaki alana girerek basınç oluşturmakta, bu basınç nedeniyle diyaframın kalibre edilmiş çıkışından, sulama suyuna sıvı gübre geçişi olmaktadır. Bu yöntemin diğer bir varyasyonunda ise tank içerisinde bir diyafram bulunmamakta ve tanka giren sulama suyunun basıncıyla sıvı gübre sulama suyuna karışmaktadır.



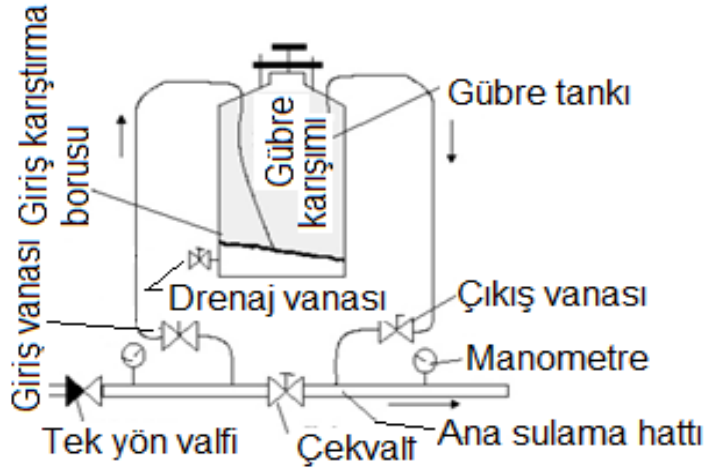
Şekil 1.21. Eriyebilir kimyasalların basınç farklılığı sistemiyle dozajlanması



Şekil 1.22. Basıncılı baypas sistemli fertigasyon

1.4.1.5. Baypas Tankı

Baypas tankı yönteminde içerisinde sıvı veya kuru olarak gübre konulacak bir tank kullanılmaktadır. Bu tank ana sulama borusuna baypas şeklinde bağlanmıştır (Şekil 1.23). Baypas bağlantı sayesinde sulama suyunun bir kısmı tank içerisinden geçerek kimyasalı eritir. Ayrıca tank içerisi ve dışarısı arasında bir basınç farkı oluşturur.



Şekil 1.23. Baypas tanklı fertigasyon sistemi

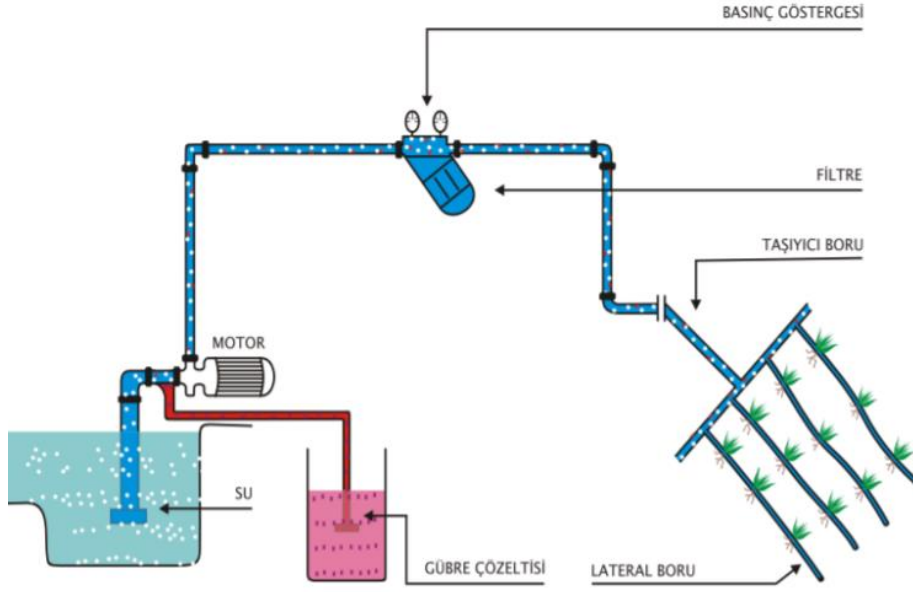
Baypas tanklı sistemlerin temel avantajları ekonomik olması, işletme kolaylığı, işletme basıncı ile sistem debisinde meydana gelen değişmelere fazla duyarlı olmaması ve çalışırken ek enerji kaynağına gereksinim göstermemesidir. Bu yöntemin dezavantajları ise kimyasal derişiminin sabit olmaması, gübre tankının her sulamadan önce doldurulma gerekliliği ve özellikle ilk sulama başlangıcında gübrenin önemli bir kısmının sulama suyuna karıştırılmasıdır. Ayrıca bu sistemler tam otomasyon için uygun değildir.

1.4.1.6. Pompa Sistemi

Pompa sistemi kullanan fertigasyon yönteminde kimyasal gübre bir pompa yardımıyla sulama sistemine karıştırılmaktadır. Bu sistemlerde çok farklı tipte pompa kullanılabilir. Pompa seçimi enerji kaynağına göre yapılmaktadır. Pompalar, içten yanmalı bir motor, elektrik motoru veya traktör gücü ile tahrik edilebilir.

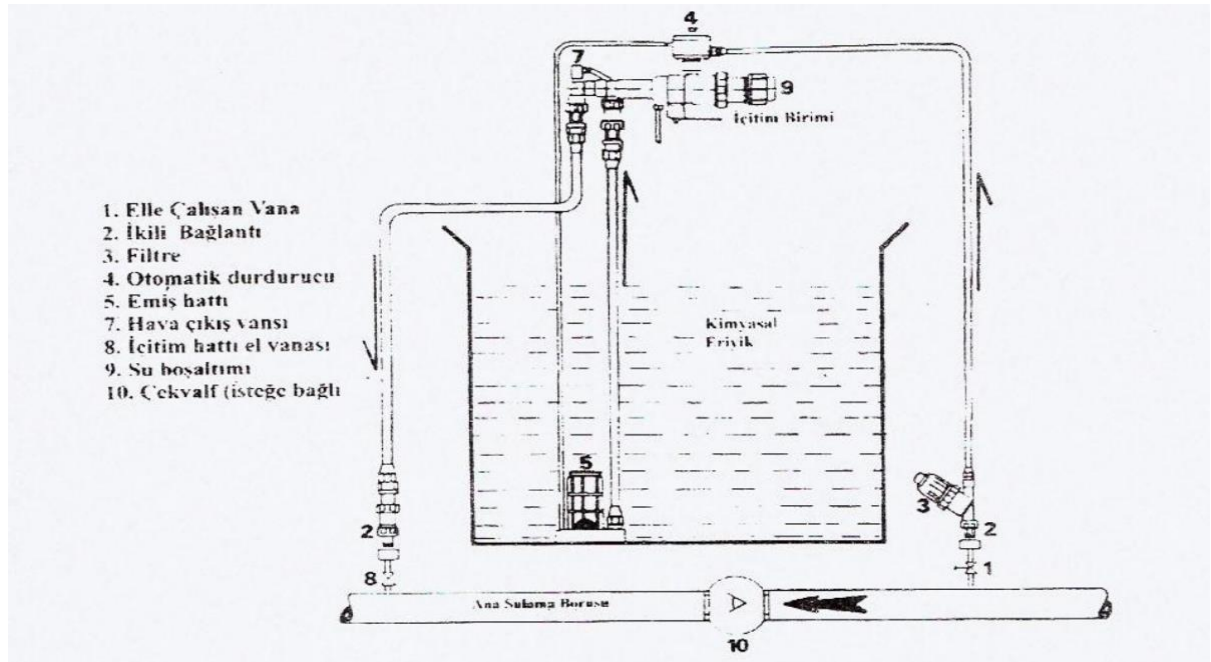
Dozajlama hızının sistemin işletme basıncı ve debisine bağlı olarak ayarlanabildiği hidrolik pompalar akışkanın bir türbin içerisinden geçerek pistonları hareket ettirmesi prensibiyle çalışır. Diyaframlı ve pistonlu hidrolik pompalar en yaygın kullanılanlardır.

Şekil 1.24'te görülen diyaframlı pompalarda kimyasal gübre dik bir eksene bağlı alt ve üst diyaframlar ve dağıtıcı vana ile sulama suyu sistemine verilmektedir. Bu pompalarda dozajlama hızı, 3-1200 L/h, basınç ise 1,4-8,0 atm arasında değişkenlik göstermektedir. (Papadopoulos ve Eliades, 1987).



Şekil 1.24. Diyaframlı pompanın kullanıldığı bir fertigasyon denetleme birimi

Piston pompalar ise ana vana ve pistonlardan oluşmaktadır. Hareketini bağlı olduğu bir motordan alan pompa gübre tankından kimyasal gübreyi emerek sulama hattına basar. Sistemde güvenlik amacıyla acil kesme vanası bulunmaktadır. Pistonlu pompalar gübre tank seviyesi belli bir değerin altına düştüğünde otomatik olarak sistemi durdurmaktadır. Şekil 1.25'te pistonlu bir pompanın şematik görünüşü verilmiştir.

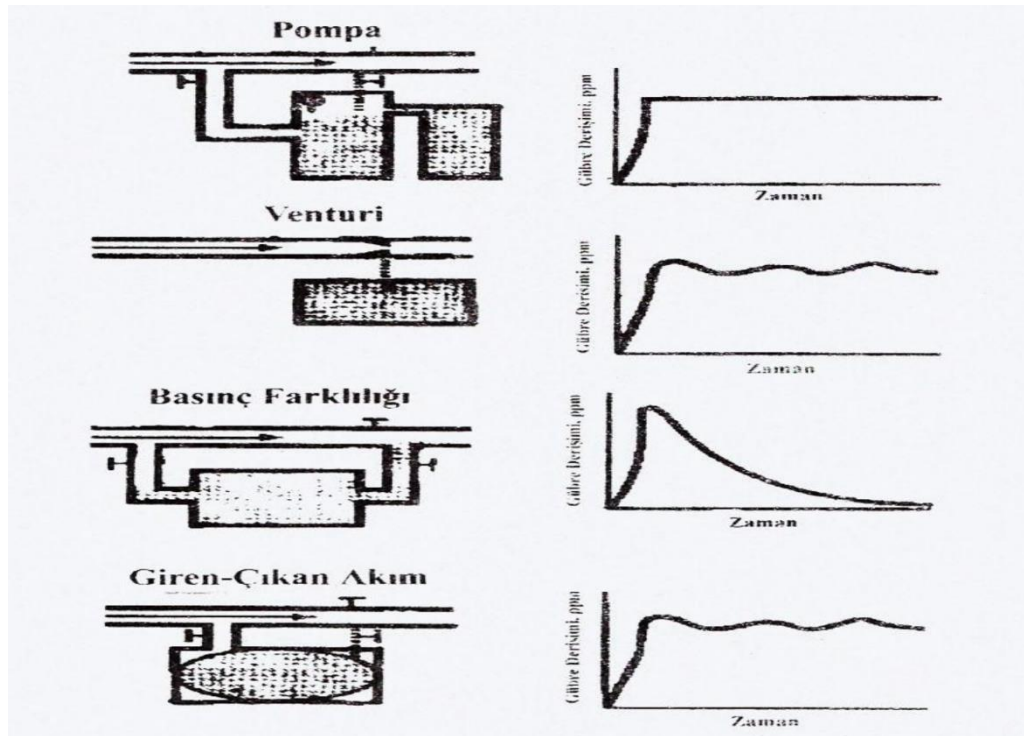


Şekil 1.25. Pistonlu pompanın şematik görünüşü

Elektrik enerjisinin ucuz, güvenilir, işletme giderlerinin düşüklüğü ve otomasyona uygunluğu nedeniyle mümkün olan durumlarda fertigasyon pompalarını çalıştırmak için elektrik enerjisi tercih edilir.

1.4.1.7. Enjeksiyon Aygıtları ve Uygulama Homojenliği

Kullanılan dozajlama aygıtları fertigasyon sistemi kullanılarak sulama suyuna katılan kimyasal gübrenin konsantrasyonu üzerinde etkilidir. Şekil 1.26'da farklı dozajlama sistemleri arasındaki konsantrasyon değişimi zamanın bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Kimyasal gübrenin zamana göre konsantrasyon değişimi, özellikle nitrat formundaki gübreler gibi suyla birlikte toprak profilinde kolayca hareket eden gübrelerin uygulanmasında önemli bir parametredir. Aşırı sulama suyu uygulaması hem suyun hem de gübrenin bitki kök bölgesinin derinliklerine kadar yıkanmasına ve taban suyunun kirlenmesine sebep olabilir.



Şekil 1.26. Enjeksiyon aygıtlarında uygulama homojenliğinin şematik gösterimi

Kimyasal gübrenin konsantrasyonunda zamana bağlı olarak meydana gelen değişimler sistemin işletme debisine ve çalışma basıncına göre değişir. Fertigasyon uygulamalarında gübrenin homojen bir şekilde sulama suyuna karıştırılması ve toprak içerisinde homojen bir

dağılım göstermesi istenir. Dozajlama sistemleri bu beklentiler göz önüne alınarak seçilmelidir.

Bu tezin amacı tarımsal sulamada fazla su tüketimini azaltacak olan bir sistemin tamburlu sulama makinaları için geliştirilmesidir. Bu amaçla dozajlama pompası, gübre tankı ve bağlantı parçaları içeren bir sistem tasarlanmıştır. Daha sonra bu sistem tarım alanında püskürtme dağılımı incelenerek değerlendirilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Tamburlu Sulama Makineleri

Wahdan ve El-Gayar (1988), yaptıkları bir çalışmada, sulama sistemlerinin performansının; (i) sulanan alanda suyun dağılım üniformitesi, (ii) sulamaların bitki su gereksinimini karşılama açısından yeterliliği, (iii) bitki için uygulanan elverişli suyun toplam miktarı ve (iv) uygulanan suyun derine sızan kısmı gibi parametrelerle tanımlanabileceği belirtmişlerdir.

Dechmi ve ark. (2003), Kuzey Doğu İspanya'da sulama sistemi özellikleri ile su kullanım etkinliği, net sulama ihtiyaçları ve su kullanımını etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Tarla verileri ve bölgesel katsayılar sulama sistemlerinin teknik olarak bazı eksikliklerini ortaya koymuşlardır.

King, Mccann, Eberlein ve Stark (1999), sürekli hareketli sulama sistemleriyle su ve kimyasal uygulamaların değişimi için bilgisayar kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Yapılan gözlemler su ve kimyasal uygulamaların klasik sistemlerle aynı doğruluğa ulaştığını göstermiştir.

Li ve Rao (2003), yağmurlama sulama yöntemi ile üniform olmayan sulama ve gübrelemede kışlık buğday verimi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Deneme sonuçları su uygulama üniformitesi arttıkça gübreleme üniformitesinin arttığını sonuçta verimin arttığını göstermiştir.

Hoffman, Howell ve Solomon (1990), yağmurlama sistemlerinin etkinliğini ve sulamanın üniformitesini olumsuz yönde etkileyen faktörler; yağmurlama hızının toprağın infiltrasyon hızından daha yüksek olması, yağmurlama sistemlerinde düşük basınçla çalışan ve küçük ıslatma çapına sahip yağmurlama başlıklarının kullanılması, yağmurlama üniformitesindeki düşüşler ile buharlaşma ve suyun rüzgar tarafından sürüklenmesi olarak belirtilmişlerdir.

Amir ve ark. (1986), doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin işletiminin birçok faktöre bağlı olduğunu altını çizmişlerdir. Özellikle, makine, boru ağı, hidrolik işletim becerisi ve ekipmanın bunlar arasında önemli olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin enerji analizi sonuçlarına göre, gerekli toplam

enerjinin %60- 70' nin suyun dağıtımı için gerekli olduğu, makinenin hareketi ve boru toplanması için gerekli enerjinin %3' ten ve küçük makinelerin enerji tüketimlerinin büyük makinelerden %30 daha az olduğu belirtilmiştir.

2.2. Fertigasyon

Bazı araştırmacılar özellikle toprakta düşük besin elementi konsantrasyonlarında fertigasyon ile gübre uygulama sıklığının artışı ile bitki veriminin önemli derecede arttığını ve verimdeki bu artışın temel nedeninin besin elementi alımının düzenli oluşundan kaynaklandığını bildirmişlerdir (Silber vd. 2004; Xu ve Wang, 2007). Fertigasyon sıklığının azalışı ile verimdeki azalışın su yetersizliğinden ziyade besin elementleri eksikliğinden kaynaklandığını ve fertigasyon uygulama sıklığının artmasıyla besin elementleri noksanlığının giderilebileceğini belirtmişlerdir. Fertigasyon uygulama sıklığının artmasıyla besin elementleri alımının artışının iki temel yolla gerçekleştiği bildirilmektedir. Bunlar; fertigasyonla kök bölgesinde veya yakınında eksilen besin elementlerinin sürekli olarak yenilenmesi, sık fertigasyon uygulamasında gün boyunca ortamdaki su içeriği ortalamasının çoğu zaman yüksek olmasından dolayı kitle akımı ile çözülmüş besin elementleri taşınımının artışı olarak gösterilmektedir (Silber vd. 2004; Xu ve Wang, 2007). Daha önce yapılan araştırmalarda da tarımsal üretimde kullanılan bitki besin elementleri ve kimyasalların, damla sistemlerinde sulama suyu ile birlikte sıkça, hatta sürekli bir şekilde verilebildiğini, gübre ve kimyasal uygulamaları randımanının diğer sistemlere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Overman, 1974; Lange vd. 1974).

Pan vd. (2011) muz fidelerinde yaptıkları çalışmada fertigasyonun geleneksel gübrelemeyle karşılaştırıldığında 0-8 cm toprak yüzeyinde kök dağılımının %7,8-9,4 arasında arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca fertigasyonla mikrobiyal biyokütle, kök dağılımı ve kök aktivitesinin artmasıyla fosfor alım etkinliğinin arttığını ve toprak yüzeyinde fosfor sorpsiyon indeksinin azaldığını rapor etmişlerdir. Bu bağlamda kök gelişimi ile bitki besin elementleri alımı arasında doğrudan ilişki bulunduğu rapor edilmektedir (Jungk, 1996). Bir diğer çalışmada Hebbar ve ark. (2004), tarla koşullarında domates bitkisine fertigasyon uygulaması ile daha yüksek verim elde edildiğini, aynı zamanda, nitrat (NO₃-N) yıkanmasında azalma, bitki kök gelişimi ve bitkinin azot, fosfor ve potasyum alımında ise artışlar olduğunu tespit etmişlerdir.

Evren ve ark. (2004), Iğdır ovası koşullarında damla sulama yönteminde fertigasyon sisteminden yararlanılarak domatesin sulama programının belirlenmesi amacıyla Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Iğdır Araştırma İstasyonu arazisinde 2002 yılında yürüttükleri çalışmada en yüksek verimi 15 kg N/da uygulamasıyla, A sınıfı buharlaşma kabından olan toplam buharlaşmanın 1,25'i dikkate alınarak sulanan konudan elde edildiği saptanmıştır.

Kanber ve ark. (2003) Nevşehir yöresinde farklı sulama yöntemleriyle sıvı gübre uygulamalarının (fertigasyon) patates verimi ve azot kullanımına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında patates bitkisine farklı sulama gübreleme programları uygulanarak damla ve yağmurlama sulama yöntemleriyle yaklaşık 7 günlük aralarla sulama yapılmıştır. Damla sulama yönteminde, fertigasyon tekniği ile 4 farklı azot dozları kullanılmıştır. Damla sulama da en yüksek verim 4870 kg/da ile 20 kg/da saf madde azot uygulanarak elde edilmiştir.

Nimura ve ark. (2001), kesme gül yetiştiriciliğinde, Mohammad ve Zuraiqi (2003), sarımsakta, Thorburn vd. (2003), şeker kamışında, Mohammad (2004a), balkabağında, Aujla ve ark. (2005), pamukta yaptıkları araştırmalarda, azotun fertigasyon ile uygulanmasının geleneksel olarak topraktan uygulanmasına göre önemli düzeyde verim artışı sağladığını belirtmişlerdir. Gonzalez-Meza ve ark. (1998), mısır bitkisinde, gübre 13 uygulamasını geleneksel ve fertigasyon yöntemi uygulayarak yaptıkları araştırmada, mısır veriminin fertigasyon uygulamasında %31 daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Genel olarak damla sulama ile gübre uygulamasına bitkilerin tepkisinin çok iyi ve fertigasyonla sık besin elementi uygulamalarının gübre kullanım etkinliğini artırdığı rapor edilmektedir (Malik ve ark. 1994). Fertigasyon, sulama suyu ile çözünebilir gübrelerin ve diğer kimyasalların birlikte uygulanmasına, üniform (dengeli dağılım) ve daha etkin olmasına olanak sağlamaktadır (Patel ve Rajput, 2000; Narda ve Chawla, 2002). Miller ve ark. (1976) ve Locascio ve ark. (1985), damla sulama ile su ve gübre uygulamasının verim ve kaliteyi artırması yanında, su ve gübrenin kullanım etkinliğini artırması bakımından da önem taşıdığını belirtmişlerdir. Su ve gübrenin kullanım etkinliğinin artırılması çevre ve doğal kaynakların korunması açısından önemli olduğu kadar insan sağlığı için de önemlidir. Geleneksel gübre uygulama yöntemlerinin (serpme veya banda uygulama) fertigasyon kadar etkili olmadığı, fertigasyonun bitkilere su ve besin elementi sağlamada hem etkin bir yol hem de ucuz maliyet sağladığı belirtilmektedir (Kafkafi ve Kant, 2005). Genel olarak bitkiler fertigasyona banda ve serpme gübre uygulamalarına göre daha iyi tepki vermektedirler.

Fertigasyon temiz bir çevre için fungusitlerin ve mikro elementlerin karışım halinde uygulanmasında avantaj sağlayabilir ve bu kimyasalların ayrı ayrı kullanımını ortadan kaldırarak osmotik basınç sağlayabilir (McBeath ve ark. 2007).

Fertigasyon, gübreleme maliyetini düşürmek ve çevre kirliliğini en aza indirmek için düşük gübre dozunda en yüksek verimin alınabilmesinde daha etkilidir. Mohammad (2004b), fertigasyonun kabak bitkisinde topraktan uygulamaya göre verimi artırmada ve gübre kazancında daha etkili olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Brian (1995), greyfurtta yaptığı çalışmada fertigasyon uygulamasıyla geleneksel gübrelemeye göre daha yüksek gübre kullanım etkinliği elde ettiğini bildirmiştir.

Fertigasyonun gübre kullanım etkinliğindeki yüksekliğin yanı sıra verim ve kalitede artış, yıkanma nedeniyle meydana gelen gübre kayıplarında azalış, toprak solüsyonunda besin elementleri konsantrasyonunun kontrol edilebilmesi, gübreleme zamanındaki esneklik ve ayarlanabilirlik, mikro besin elementlerinin toprağa homojen olarak uygulanabilmesi, su ve besin elementleri tasarrufu ve marjinal alanlarda (taşlık, kayalık alanlar, kumlu topraklar) kullanılabilirlik gibi avantajları da bulunmaktadır (Özgümüş, 1996; Papadopoulos, 2000; Shigure ve ark. 1999; Mohammad, 2004 a,b). Geleneksel gübrelemeye göre, fertigasyon uygulaması ile gübre kullanım etkinliğinin %20-50 arasında daha fazla olduğu bildirilmiştir (Gaskell, 2004). Optimum gübre kullanımının elde edilmesinde gübre uygulama yöntemi çok önemlidir. Gübrelerin zamanında ve bölünerek düzenli olarak uygulanması önerilmektedir (Neeraja ve ark. 1999). Bu şekilde bitkiler tarafından gübre kullanım miktarının arttığı ve yıkanma kayıplarının azaldığı belirtilmektedir (Shock ve ark. 1995).

Burt (1995) göre, hava koşullarının gübre çözeltilisinin çözünürlüğü üzerine oldukça büyük etkisi vardır. Araştırmacılar, soğuk mevsimlerde gübre materyallerinin çözünürlüklerinin düşerek çökelmeler oluşturabildiklerinden, soğuk iklimlerde düşük konsantrasyonlu ve sık gübre uygulamalarını önermektedirler. Bu bağlamda, ılıman iklimlerde soğuk iklimlere oranla daha yüksek konsantrasyonlarda azot ve potasyum uygulanabilmektedir. İsrail'de sulanan alanların neredeyse tamamında sulama suyuyla gübrelerin birlikte verilmesi ile daha yüksek verim ve daha kaliteli ürün alınmasını sağlaması ve gübre kullanım etkinliğini artırması dolayısı ile fertigasyon uygulanmaktadır (Imas, 1999).

Darwish ve ark. (2002), patatesteki yaptıkları çalışmada, fertigasyon uygulamasının geleneksel gübreleme yöntemine göre daha yüksek su ve besin elementleri kullanım etkinliği

sağladığını rapor etmektedirler. Bussi ve ark. (1991), fertigasyon yoluyla gübreden %25-50 arasında tasarruf sağlandığını rapor etmişlerdir. Solaimalai ve ark. (2005), Hindistan cevizi ve yağlık palmyede fertigasyon yolu ile verimin arttığını ve gübreden kazanç sağlandığını bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar fertigasyonun pamuk (*Gossypium spp*), domates (*Lycopersicon esculentum Mill*), şeker kamışı (*Saccharum officinarum L.*), çilek (*Fragaria ananassa Duch*) ve brokoli (*Brassica oleracea L.*) bitkilerinde besin elementi alım etkinliğini %15–50 ve verimi %7–49 artırdığını belirtmişlerdir (Ng Kee Kwong ve Deville, 1994; Çetin ve Bilgel, 2002; Li ve ark. 2006; Xu ve Wang, 2007; Wang ve Zhang, 2008; Erdem vd. 2010).

Majahan ve Singh (2006), serada yetiştirilen domatese sulamanın ve fertigasyonun etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada damla sulamayla %48,1 sulama suyu kazanıldığını ve %51,7 oranında daha yüksek meyve verimi elde edildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Hindistan’da Bangal ve ark. (1987), damla sulama sistemleriyle yetiştirilen domates bitkisinin veriminin karık sulamaya göre %4,8 daha yüksek olduğunu ve %45 su kazancı sağlandığını belirtmişlerdir.

Aktaş ve Ateş (1998), kimyasal gübrelerin gelişimi ile gübrelemede önemli gelişmeler olduğunu, gübre kullanımındaki artışın bazı makro ve mikro elementlerin alımında olumsuz etki yaptığını belirtmektedirler. Örneğin araştırmacı, demir noksanlığının çoğunlukla diğer bazı faktörlerin etkisiyle ortaya çıktığını, demir dışındaki bazı besin eksikliklerinin de bazen mutlak eksiklikten değil diğer elementlerin antagonistik etkilerinden kaynaklandığını bildirmektedir.

Burt ve Styles (1998), bitki bünyesine besin elementlerinin alınması sırasında anyon-kasyon dengesinin önemli olduğunu, gübrelerin bu anyon-kasyon dengesi gözetilerek verilmesi gerektiğini bildirmişleridir. Araştırmacılar, verilen gübrelere göre hangi elementin az, hangisinin çok alınacağını ortaya çıktığını, herhangi bir anyon veya kasyonun eksik verilmesi halinde yerinin mutlaka bir başka anyon veya kasyon tarafından doldurulacağını, dolayısıyla anyon veya kasyonlardan herhangi birisinin fazlalığının bir diğerinin eksikliğe sebep olacağını, bu dengenin oluşturulmasında birinci derecede azot formunun etkili olduğunu belirtmişlerdir. Yani azot Amonyum (NH_4^+) formunda ise diğer kasyonların alımının azalacağını, buna karşılık H_2PO_4^- , SO_4^{2-} gibi anyonların alımının artacağını, eğer azot formu Nitrat (NO_3^-) ise diğer anyonların alımının azalacağını K^+ , Mg^+ ve Ca^+ gibi

katyonların alımlarının artacağını bildirmektedirler. Bu çerçevede aynı araştırıcılar, besin elementleri arasında bir etkileşim olduğunu söylemişlerdir.

Kenworthy (1979)'e göre fertigasyon yöntemi kullanılarak yapılan gübreleme uygulamalarında kullanılan azot dozu yarıya düşmektedir. Fertigasyon ile gübreleme yapılan, dekara 250 ağaç dikilen ve 5-6 ton verim alınan bir elma bahçesine 8 - 10 kg/da N, 2 - 3 kg/da P ve 14 - 16 kg/da K verilmesi yeterlidir (Peterson ve Stevens, 1994).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında gübre deposu, karıştırma odası, dozajlama ünitesi ve borulardan oluşan sistem tamburlu sulama makinesi kombinasyonu oluşturulmuştur. Sistem başarısı ve sulama dağılım düzgünlüğü irdelenmiştir.

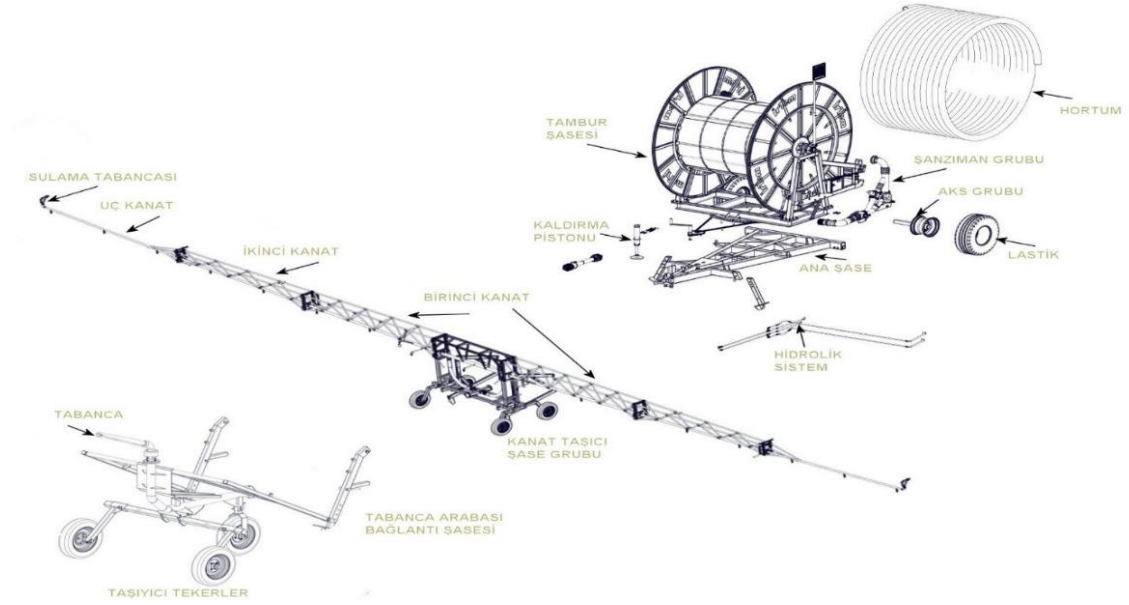
Teorik çalışmalar TNKÜ Biyosistem Mühendisliği Bölümü bünyesinde yürütülerek montaj ve denemeler Tekirdağ İli Hayrabolu İlçesinde yer alan İrtem Tarım Makineleri San. Tic. Ltd Şti fabrikasına ait deneme alanlarında yürütülmüştür. Deneme parselinin sulanmasında kullanılan sulama suyu, deneme tarlasınınırında yer alan ve debisi 120 m³/h olan derin kuyudan alınmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Tamburlu Sulama Makinesi

Denemelerde kullanılan tamburlu sulama makinesi İrtem Tarım Makineleri A.Ş. tarafından üretilmiştir. Kanatlı veya tabancalı olarak kullanılabilir. Genel olarak Tambur şasesi, şanzıman gurubu, aks gurubu, ana şase, kaldırma pistonu, lastikler, hortum, su türbini, sulama tabancası, kanat şasesi ve kanat taşıma arabasından, oluşmaktadır (Şekil 3.1). Tamburlu sulama makinesi toplam ölçüleri (genişlik x uzunluk x yükseklik) 2310 x 3000 x 2250 mm'dir. Çapı 90 mm ve kalınlığı 8 mm olan 300 m tambura sarılabilen polietilen boru kullanılmıştır. Tamburlu sulama makinesi 45 m kanat genişliğine sahip olup üzerinde 30 adet püskürtme memesi vardır. Her bir püskürtme memesi 6 mm çapa sahiptir. Ayrıca uçlarda sulama tabancası yer almaktadır. Bu şekilde 60 m ye kadar sulama yapmaktadır. Kanat yüksekliği 80-220 cm arasında ayarlanabilmektedir. Bir seferde 18 dönüm alan sulanabilmektedir. Makine açıldıktan sonra kendini toplama hızı 10-100 m/h'dir.

Makinaya plastik hortumlar vasıtasıyla bir su kaynağından bağlantı yapılmaktadır. Ayarlanan bir basınç altında çalıştırılabilir. Makina üzerindeki su türbininin çalışma hızı, pompadan gelen suyla bypass valf sistemi kullanılarak ayarlanabilmektedir. Türbin şaftının bağlı olduğu şanzıman yardımıyla da elde edilen 4 farklı hız kademesiyle tamburun dönüş hızı kontrol edilmektedir. Aşınma ve korozyona önlem olarak suyla temas eden bütün parçalar galvaniz kaplanmıştır. Hortumun sarılı olduğu makara saat yönünde ve saat yönünün aksinde 90 derece döndürülebilir.



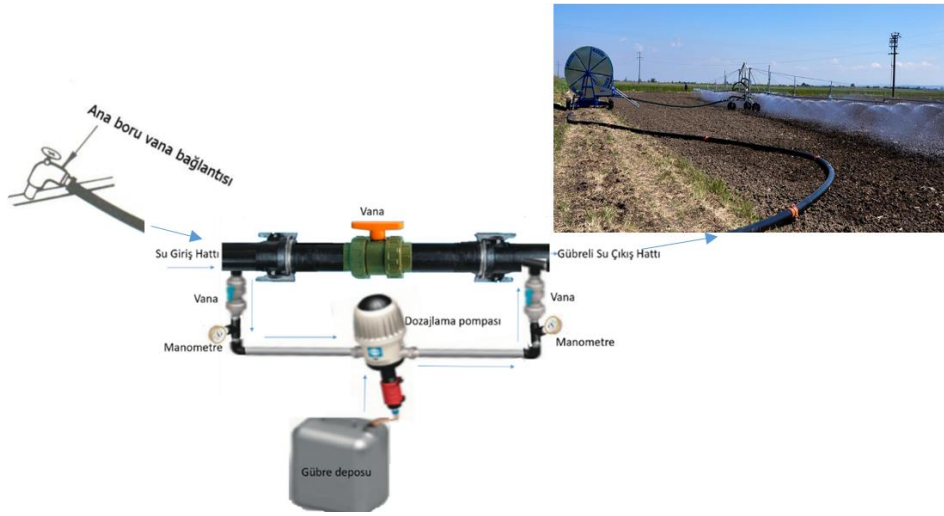
Şekil 3.1. Tamburlu sulama makinesi parçaları



Şekil 3.2. Tamburlu sulama makinesi

3.1.2. Gübreleme Sistemi

Gübre atma düzeni bir depo, dozajlama pompası, boru ve bağlantılardan oluşmaktadır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi suyu kaynaktan çekip ve sisteme ileterek, basınçlı sıvı bir boru yardımıyla gübre deposuna girecek ve buradan dozajlama ünitesi ile belirlenen miktarda sisteme gübreyle birlikte geri aktaracaktır.

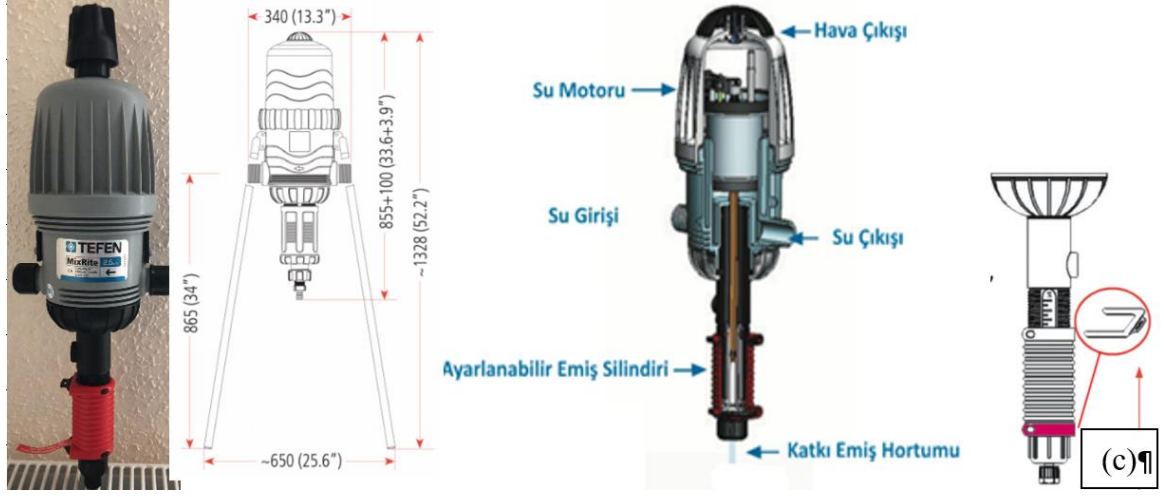


Şekil 3.3. Sistem montaj resmi

3.1.2.1. Dozajlama Pompası

Toz (pudra şeklinde veya granül yapıdaki) malzemenin yeniden tartılma/ölçülme şeklinde kontrol edilmesi veya yeniden bir araya getirilmesi mümkün olmayan türünde besleme yapması için kullanılan hacimsel ölçme sistemidir. Pudra veya granül yapıdaki toz malzemenin düzenli olarak bir yere akışını veya başka bir ortama geçişini aynı zamanda deposuna doldurulan tozun hassas biçimde bir yere dolmasını sağlamak için geliştirilen bir katı dozaj ünitesidir.

Bu çalışmada kullanılan pompa sadece su basıncı ile çalışan, fonksiyonel katkı maddelerini sıvı içine düzenli olarak enjekte eden ve aynı metodun tekrarı ile kullanılan bir sistemdir. Giriş çıkış yönünde sulama borusuna bağlanmıştır. Şekilde TEFEN firması tarafından üretilen Mixrite dozajlama pompasının şekli görülmektedir. Pompa 20-2500 L/h debiye sahiptir. Üzerinde yer alan ayarlanabilir emiş silindiri üzerinden katkı yapılacak gübre oranı ayarlanabilmektedir (Şekil 3.4). Pompa sulama sistemine bağlanırken bazı bağlantı parçalarından faydalanılmıştır. Ayrıca sisteme dışarıdan boru ile girilmiş, giriş ve çıkış noktaları arasında küresel vana yerleştirilmiştir. Giriş ve çıkış öncesi 2 adet manometre basıncı kontrol edebilmek için bağlanmıştır. Pompaya giriş ve çıkışlara da ayrıca vana takılarak kontrol sağlanmıştır.



Şekil 3.4. Dozajlama pompası

3.1.2.2. Plastik Depo

Dozajlama pompasının gübreyi alabileceği ve gübrenin depolanacağı şekilde plastik bir depo hazırlanmıştır. Depo 100 litre hacimde ve 40 x 77 cm boyutlarında olup kapak kısmı kelepçe ile sıkıştırılabilmektedir.



Şekil 3.5. Gübre deposu

3.1.3. Filtre Kağıtları

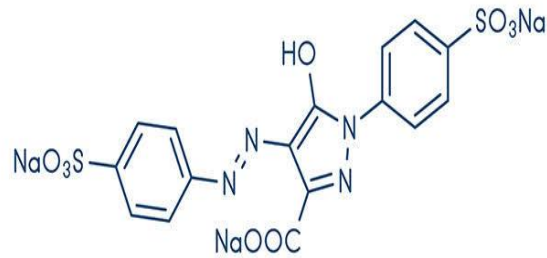
Deneme parselinde örnekleme yüzeyi olarak 10x20 cm² alana sahip, dörtte bir daire dilimi şeklindeki, Schlicher& Schuell 589 marka filtre kağıtları kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Filtre kağıtları

3.1.4. Gıda boyası

Püskürtme sıvısı içerisinde İz maddesi olarak suda çözünebilir bir gıda boyası olan Tartrazine (C₁₆H₉N₄Na₃O₉S₂) kullanılmıştır. Tartrazine ve yiyecek ve içeceklere sarı renk vermek için yararlanılan bir katkı maddesidir. Tartrazine kolayca ekstrakte edilebilir ve nispeten fotoğraflanabilmektedir. Tartrazinenin yüksek geri kazanım oranı nedeniyle tarımsal püskürtücülerden kalıntı değerlendirmesi için uygun olduğu düşünülmüştür (Pergher, 2001).



tartrazine

Şekil 3.7. Tartrazine

3.1.5. Spektrofotometri

Kalıntı dağılımı analizi için kullanılan püskürtme sıvısının (Tartrazine) analizi için U-5100 HITACHI spektrofotometri cihazı kullanılmıştır.

Bu cihazda çift ışın tasarımı sayesinde, ışık kaynağının enerjisi, bir yarı referans ile ikiye bölünür, böylece bir tanesi referans tarafından, diğeri ise tek ışın tasarımı ile kullanılamayan numune tarafından geçer. Referans tarafı enerjisi aynı zamanda bir detektörde de meydana geldiğinden, bu sinyal temelinde fotometri gerçekleştirilir.

Bu cihaz optiği, bir içbükey kırınım ızgara monokromatör olarak yaygınlaştırır. Bir içbükey kırınım ızgarasının hem ışın yoğunlaştırıcı hem de dağıtıcı işlevlere sahip olması nedeniyle, daha az aynayla yapılandırılmış bir optik sistemdir. Bir spektrofotometrede, daha az ayna kullanılması, daha kısa bir optik yolu işaret eder ve böylece sapmadan arınmış bir parlak optiğe yol açar. Stigmatik bir iç bükey kırınım ızgarasına sahiptir. Böylece daha yüksek bir çözünürlük elde edilmektedir.



madde	Açıklama
Optik	Seya-Namioka monokromatör montajı, oran ışını
Dalga boyu aralığı	190-1.100 nm
Spektral bant geçidi	5 nm
Işık kaynağı	Xenon (Xe) flaş lambası
Görüntüle	Aydınlatmalı LED 120 mm × 90 m, 320dot × 240dot
Hücre	6 hücreli taret (Otomatik) (Tek hücreli tutucu isteğe bağlıdır)
Boyut (ana birim)	355 (W) × 425 (D) × 235 (H) mm
Ağırlık (ana ünite)	13 kg
Güç kaynağı / Güç tüketimi	100, 115, 220, 230 veya 240 V, 50/60 Hz 60 VA

Şekil 3.8. U-5100 HITACHI Spektrofotometri

3.1.6. Anenometre

Rüzgâr ve sıcaklığı ölçmek amacıyla el tipi bir anenometre Extech Instruments an100-hava hızı ve sıcaklık ölçer kullanılmıştır. Dijital ekrana sahip olup max-min değerleri hafızasında tutarak ölçüm yapabilmektedir. 20 ölçüm yaparak ortalama değerleri vermektedir.



Şekil 3.9. Extech instruments AN100- hava hızı ve sıcaklık ölçer

3.1.7. İstatiksel Analiz

Verilerin değerlendirilmesi için Python 3.0 programlama dilinin kütüphaneleri olan Pandas 0.23.0, verilere ait grafiklerin çizilmesi için Matplotlib 2.2.2, Seaborn 0.8.1 ve istatistiksel testler için Scipy 1.0.0 kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Tüm sistem elemanları alınmadan önce gerekli gübre oranı dikkate alınarak dozajlama pompası seçimi yapılmıştır. Tamburlu sulama makinalarının yonca, mısır, pancar gibi bitkilerin sulanmasında kullanıldığı düşünüldüğünde bu bitkiler için en fazla uygulanan 30 kg/da gübre normudur. Sistemde kullanılacak pompa karakteristikleri ve literatür bilgileri karşılaştırılarak pompanın uygunluğuna karar verilmiştir. Bu amaçla 0,2-8 bar arasında çalışabilen 2,5 m³/h debili (dozajlama oranı :1:500) pompa seçilmiştir. Birbirlerine montajı sağlanmıştır.

Şekilde görüldüğü gibi dozajlama pompasına gübre hattında iki adet küresel vana ve 2 adet manometreler giriş ve çıkışa gelecek şekilde bağlanmıştır. Ayrıca dozajlama pompası emme hattına plastik boru takılarak depo içerisindeki gübrenin emilmesine olanak verilmiştir.

Sistem farklı dozlarda, atölye şartlarında (0,5-1,0-4,0-6,0-8,0 bar) çalıştırılarak sızdırmazlık ve başarısı test edilmiştir. Su emme, su basma, istenilen oranda gübre deposundan gübre sıvısı alma ve bu oranı sisteme basma başarıları kontrol edilmiştir. Elde

edilen sonuçlar ışığında tamburlu sulama sistemine bağlanarak tarla denemelerine başlanmasına karar verilmiştir.



Şekil 3.10. Dozajlama pompası montajı

Tarla denemesinin yürütüleceği tarla parseli sonbaharda kulaklı pullukla sürülmüş, kürüm ekipmanı ile işlenerek tesviye edilmiştir. Su kaynaktan çekilerek ve sisteme iletilirken basınçlı sıvı bir boru yardımıyla gübre deposuna girerek ve buradan dozajlama ünitesi ile belirlenen miktarda sisteme gübreyle birlikte geri aktarılmaktadır. Doğru gübreleme yapılıp yapılmadığını saptamak amacıyla kalıntı dağılımı testi yapılmıştır. Püskürtmenin başarısı için deneme alanına belirli noktalara (5 m aralıklarla filtre kağıtları yerleştirilerek değerlendirilmiştir. Püskürtme sıvısı içerisinde İz maddesi olarak suda çözünebilir bir gıda boyası olan Tartrazine (20 g/L) kullanılmıştır. Tartrazine kolayca ekstrakte edilebilir ve nispeten fotoğraflanabilmektedir. Tartrazinenin yüksek geri kazanım oranı nedeniyle tarımsal püskürtücülerden depozit değerlendirmesi için uygun olduğu düşünülmüştür (Pergher, 2001). Denemelerde, 4000 g/ha olarak iz maddesi normu kullanılmıştır.

Yapılan denemelerde, örnek yüzey olarak filtre kâğıdı kullanılmış ve uygulama sonrası suda bekletilerek Tartrazine boyanın yüksek oranda suya geçiş yapması sağlanmıştır. Deneme parselinde örnekleme yüzeyi olarak 10x20 cm² alana sahip, dörtte bir daire dilimi şeklindeki, Schlicher& Schuell 589 marka filtre kağıtları kullanılmıştır Deneme alanında ilerleme yönüne dik olacak ve filtre kağıtları kanatlar altına (sağına ve soluna) gelecek şekilde 5 m aralıklarla 3 tekerrür için yerleştirilmiştir. Kanatlardaki püskürtme memesi sayısı ve tabanca ıslatma alanı dikkate alınarak 34 adet filtre kâğıdı yerleştirilmiştir. Toplamda 102 adet

filtre kâğıdı kullanılmıştır. Bu çalışmada filtre kağıtlarındaki iz maddesi konsantrasyonunu ölçmek için kolorimetrik yöntemden faydalanılmıştır.

Püskürtme yapıldıktan sonra 15 dakika beklenecek filtre kağıtlarının boyayı iyice emmesi beklenmiştir. Daha sonra alüminyum folyolara sarılarak saklanmıştır.



Şekil 3.11. Deneme çalışmaları

Denemelerden sonra, iz maddesinin filtre kağıtlarından yıkanmasını sağlamak üzere içerisinde 80 ml saf su bulunan plastik kutulara konmuştur. Burada 15 saat gün ışığından uzakta yıkama suyunda bekletilmiş ve elde edilen yıkama suları içerisindeki gıda boyasının (Tartrazine) konsantrasyonunu ölçmek için; 1 ppm düzeyinde boya konsantrasyonunu ölçebilecek duyarlıkta bir spektrofotometre kullanılmıştır. Denemelerden elde edilen örneklerin okunmasına geçilmeden önce, konsantrasyonları belli olan bir standart seri hazırlanmış, yıkama sonunda plastik kaplarda toplanan, deneme örneklerine ait yıkama suları, filtre kağıtları üzerinde toplanan boya miktarlarına bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda elde edilmiştir.

Bu boya konsantrasyonlarının hesabı, standart seri değerleriyle karşılaştırılarak yapılmıştır. Hazırlanan standart serideki konsantrasyonlar (X) ve cihaz okumaları (Y) ile gösterilirse, standart serinin (X) ve (Y) değerleri arasında korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. (X) ve (Y) değerlerine ait regresyon denklemi kurularak boya konsantrasyonları ile spektrofotometre okumaları arasındaki ilişki belli hacimlere seyreltilmiş örneklerin içindeki boya miktarını vermiştir (Çilingir 1983). Diğer bir deyişle örnek yüzey olarak kullanılan ve alanı 200 cm^2 olan filtre kâğıdı üzerine gelen boya miktarıdır ($\text{mg}/200 \text{ cm}^2$). Hedef yüzeyin birim alanına düşen miktar yani ilaç kalıntı miktarı (mg/cm^2) ise, toplam boya miktarının

toplam hedef yüzey alanına bölünmesiyle bulunmuştur. Denemeler arasındaki kalıntı dağılımı açısından istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığı Friedman Ki Kare testi ile incelenmiştir. Püskürtme alanındaki her alan için ortalama kalıntı miktarları ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) belirlenmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tasarımı yapılan sistem laboratuvar ortamında çalıştırılarak farklı basınçlarla yüklenmiştir. Sistemin sızdırmazlığı gözlenmiş ve herhangi bir sorun ile karşılaşılmamıştır. Ayrıca sistemin depo içerisinden aldığı sıvıyı belirlenen oranlarda ana boru hattına verdiği görülmüştür. Daha sonra test alanında tamburlu sulama sistemine montajı gerçekleştirilmiştir.

Yöntemde belirtildiği gibi filtre kağıtları deneme alanına yerleştirilmiştir. Sulama uygulaması 100 m yolu 68 dakikada almıştır. Denemelerde ölçüm grupları 30 örnek yüzeyi içerecek şekilde 4 grup (4 tekerrür) olarak toplanmıştır. Bu gruplar sırasıyla A, B, C ve D olarak isimlendirilmiştir.

Denemelerden elde edilen örneklerin okunmasına geçilmeden önce, konsantrasyonları belli olan bir standart seri hazırlanmıştır. Yıkama sonunda plastik kaplarda toplanan, deneme örneklerine ait yıkama suları, filtre kağıtları üzerinde toplanan boya miktarlarına bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda olmaktadır. Bu boya konsantrasyonlarının hesabı, standart seri değerleriyle karşılaştırılarak yapılmıştır. Hazırlanan standart serideki konsantrasyonlar (X) ve cihaz okumaları (Y) ile gösterilirse, standart serinin (X) ve (Y) değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayısı $r^2=0,998$ bulunmuştur. (X) ve (Y) değerlerine ait regresyon denklemi ise;

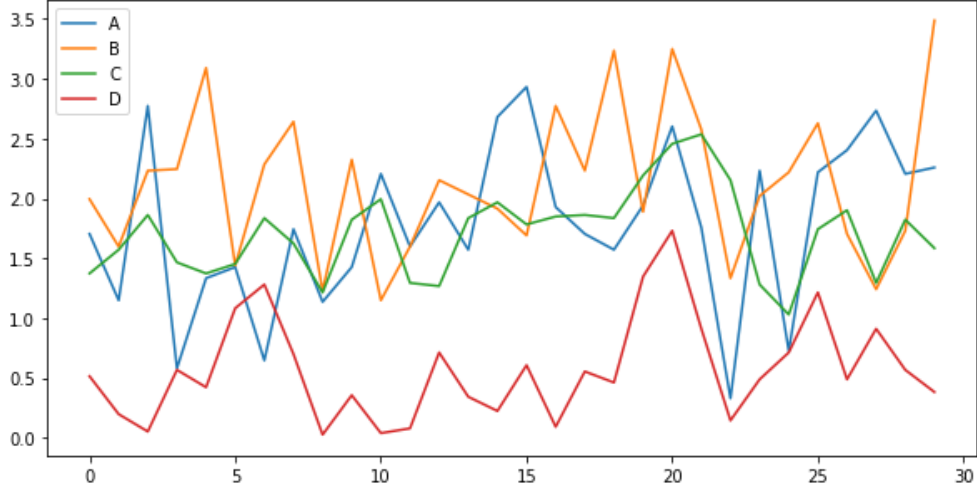
$Y= -0,112+21,8X$ olarak belirlenmiştir. Burada (X)'in katsayısı doğrunun eğimi (m)'dir. Standart seri hazırlanırken spektrofotometride 1 mg'a karşılık 0,011, 10 mg'a karşılık 0,768 değerleri okunmuştur. Daha sonra ise minimum-maksimum değerlere göre normalizasyonu sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. Ölçüm yüzeylerinden toplanan değerlere ait tanımlayıcı istatistik tablosu

	A	B	C	D
Örnekleme yüzeyi sayısı	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000
Ortalama (mg/cm²)	1.783355	2.131660	1.709819	0.574196
Standart sapma(mg/cm²)	0.682431	0.626689	0.363178	0.429986
Minimum (mg/cm²)	0.330251	1.149273	1.030383	0.026420
25% (mg/cm²)	1.426684	1.694188	1.393659	0.254293
50% (mg/cm²)	1.750330	2.093791	1.803170	0.501982
75% (mg/cm²)	2.229194	2.513210	1.862616	0.713342
Maksimum (mg/cm²)	2.932629	3.487450	2.536328	1.730515

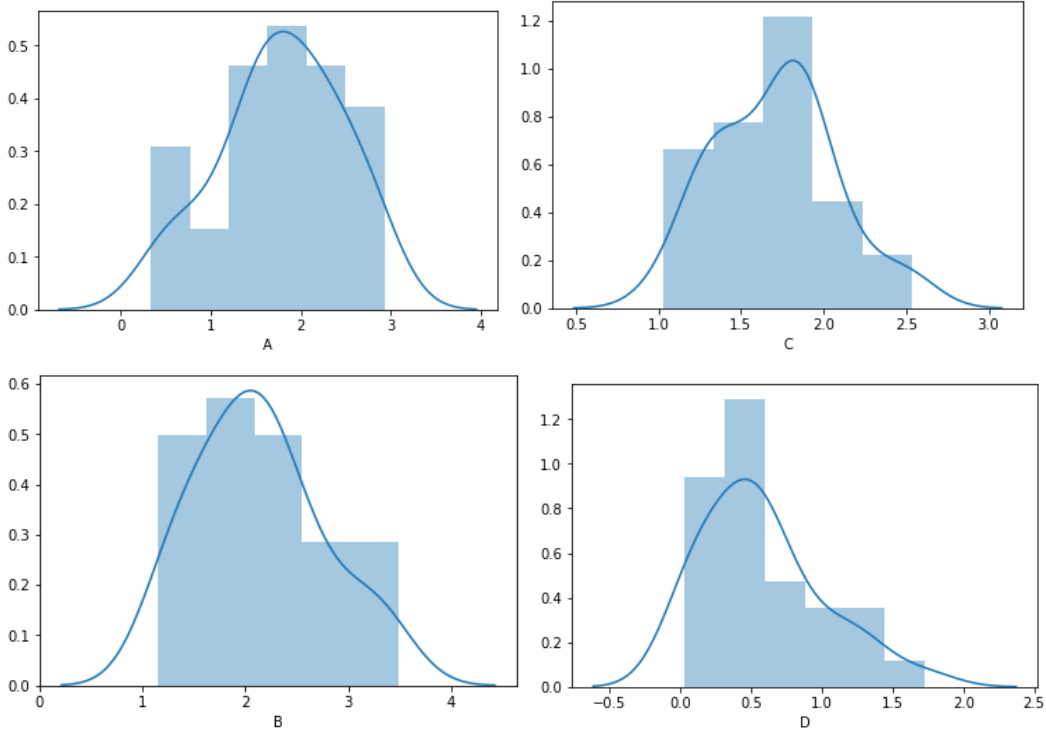
Çizelge 4.1’de ölçüm yüzeylerinden toplanan değerlere ait tanımlayıcı istatistik tablosu verilmiştir. En yüksek kalıntı miktarı ortalaması 2,13 mg/cm² ile B grubunda elde edilmiştir. A grubu 0,68 mg/cm² standart sapma ile en yüksek standart sapma değerine sahiptir. Ölçüm gruplarına ait ortanca değerler 0,50 mg/cm² ile 2,09 mg/cm² arasında değişim göstermektedir. Maksimum kalıntı miktarı 3,48 mg/cm² ile B ölçüm grubundan elde edilmiştir. Tüm test alanında yapılan ölçümlere ait filtre kâğıtları üzerindeki kalıntı miktarları arasındaki varyasyon katsayıları %21-38 arasında değişmiştir.

Ölçüm gruplarında elde edilen kalıntı miktarları Şekil 4.1’ de görülmektedir. A, B ve C grupları birbirleriyle kesişen dağılım göstermektedir. D grubunun ise diğer 3 gruptan daha az kalıntı miktarına sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi D grubunda kullanılan filtre kağıtlarının eğimli bir arazi üzerinde kullanılması olduğu düşünülmektedir



Şekil 4.1. Ölçüm gruplarında elde edilen kalıntı miktarının dağılım grafiği

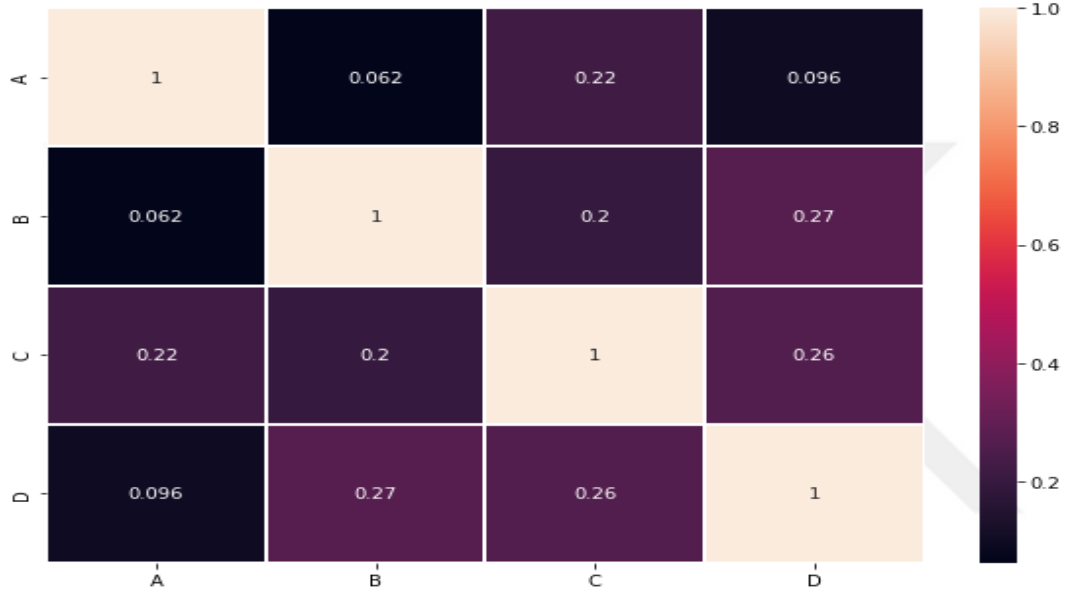
Ölçüm gruplarına ait tanımlayıcı istatistik değerleri incelendikten sonra, her bir ölçüm grubunda elde edilen kalıntı değerlerinin normal dağılım gösterip göstermedikleri histogram grafikler ile incelenmiştir (Şekil 4.2). Kalıntı ölçümlerine ait histogram grafikler incelendiğinde A, B ve C gruplarında alınan ölçümlerde normal dağılıma yakın sonuçlar alındığı, D grubunda da normal dağılıma yakın sonuçlar alınmakla birlikte ortalama değer eksenin soluna doğru toplandığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Ölçüm gruplarına ait kalıntı dağılım histogramları

Ölçüm değerlerinin normallik testi D'Agostino ve Pearson (D'Agostino, 1971; D'Agostino ve Pearson, 1973) testi kullanılarak yapılmıştır. A, B, C ve D ölçüm grupları için sırasıyla 0,65, 0,53, 0,75 ve 0,09 p-değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu p-değerlerinin tamamı p-değer: 0,05' ten büyük olduğu için bu değerlerin normal dağılıma sahip oldukları değerlendirilmiştir.

Normallik testinden sonra ölçüm grupları arasında korelasyon olup olmadığı Pearson korelasyon testi ile incelenmiştir. Korelasyon testine ait sonuçlar Şekil 4.3' te görülmektedir.



Şekil 4.3. Ölçüm gruplarına ait korelasyon değerleri

Ölçüm grupları arasındaki korelasyon değerleri karşılaştırıldığında en yüksek korelasyon B ve D ölçüm grupları arasında pozitif yönde 0,270 olarak bulunmuştur. En düşük korelasyon ise 0,062 ile A ve B grupları arasında ortaya konmuştur.

Ölçüm grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı Friedman Ki Kare testi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz p-değeri: 0,07 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0,05'ten büyük olduğu için tüm ölçüm gruplarının aynı dağılımdan geldiği sonucu değerlendirilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmalar sulamayla yapılan gübrelemenin başarılı ve gerekli olduğunu işaret etmektedir. Özellikle damla sulama sistemlerindeki başarısı verim artışı ve kimyasal tüketimini azaltmasıyla kendini göstermiştir (Walker ve Johnson ,1998; Waller P.M., 2003; Thomas vd., 2004; Taylor ve Francis, 2007). Tamburlu sulama makinalarıyla yapılan uygulamalarda ise bu yöneme ihtiyaç duyulmaktadır.

Kimyasalın uygun dozda ve şekilde uygulanması sağlanamadığında yeraltı suyunu kirletme gibi ciddi çevresel sorunlara neden olma potansiyeli vardır. Su ile kimyasalların efektif ve güvenli bir şekilde toprağa uygulanması için uygun bir sisteme ve bileşenlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistem genellikle sulama suyu pompalama istasyonu, kimyasal enjeksiyon pompası, kimyasal için bir depolama ünitesi, sistem kalibrasyon cihazı, geri akışı engelleyici sistem ve sistem güvenlik ekipmanlarından oluşmaktadır. Bu amaçla tamburlu sulama sistemleri ile kullanılabilir bir dozajlama sistemi geliştirilmiştir.

Ekonomik ömrü ve kullanım maliyeti açısından diğer sulama yöntemlerine göre çok daha ekonomik ve kullanışlı olan tamburlu sulama makineleri sıcak havalarda su tasarrufu sağlar ve çevreye duyarlıdır. Düşük basınçlarda bile çalışabilen otomatik tamburlu sulama makineleri tarımsal üretim sırasında etkili sulama ile toprağın sertleşmesini ve ürünlerin zarar görmesini engellemektedir. Sulama tek başına bile yapılabildiğinden işçilik maliyeti düşüktür.

İyi bir dizayn ve kalibrasyona uygun işletildiğinde kimyasal maddenin suya homojen karışımını sağlar. Bu uygulamada, tarımda kullanılan gübrenin etkinliği için gerekli nem değerine sahip toprak derinliğine bu sistem ile kolayca ulaşılır. Arazide traktör vs. gibi araçların kullanımına gerek olmadığından toprak sıkışmasının önüne geçilmiş olunur. Gübre atan kişinin kimyasal maddeye maruz kalmasını kısıtlar. Çiftçileri, uygulanacak kimyasal madde miktarı maliyetinden ve enerjiden tasarruf ettirir. Bu sistem müsaade edilen maksimum kalıntı limitlerinin altında kimyasal madde dozajlamasıyla kirliliği diğer uygulamalara göre azaltır.

Bu tezin amacı tarımsal sulamada fazla su tüketimini azaltacak olan bir sistemin Tamburlu sulama makinaları için geliştirilmesidir. Bu amaçla dozajlama pompası, gübre tankı ve bağlantı parçaları içeren bir sistem tasarlanmıştır. Daha sonra bu sistem tarla denemelerinde püskürtme dağılımı incelenerek değerlendirilmiştir.

Dozajlama ünitesinde gıda boyası sulama suyuna katılmış ve filtre kağıtları üzerindeki kalıntı miktarı incelenmiştir. Dört tekerrür halinde yapılan ölçümler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamakla birlikte eğimli arazideki filtre kağıtları üzerinde miktar olarak daha az kalıntı dağılımı saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre sulama suyu kullanım ve gübreleme etkinliğini arttırmak amacıyla tamburlu sulama sistemlerinde dozajlama pompası kullanımı olumlu sonuç vermiştir. Homojen dağılıma ait varyasyon katsayısı %21-38 arasında değişim göstermiştir. Bu konuda, bir sonraki adım olarak gerçek gübre kullanılarak gübreleme etkinliği ve biyolojik verimlilik değerlendirilebilir.



KAYNAKLAR

- Aktaş, M., Ateş, A. (1998). *Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları*. Nurol Matbaacılık A.Ş. Ostim-Ankara.
- Aujla, M.S., Thind, H.S., Buttar, G.S. (2005). Cotton yield and water use efficiency various levels of water and N trough drip irrigation under two methods of planting. *Agricultural Water Management*, 71, 167-179
- Amir, I., Mcfarland, M. J., Reddell, D. L. (1986). Energy Analysis of Lateral Move Irrigation Machines. *Energy in Agriculture*. 5 (4): 325-337.
- Amir, I., Farbman, M., Dag, J. (1986). Analysis of Labor to Operate Linear Move Irrigation Machines. *Agricultural Systems*. 22(2):127-140
- Anonim, 2005. 1995–2004 50. Yılında DSI, *DSI Genel Müdürlüğü* 84s. Ankara
- Anonim, (2019a). Water and agriculture. Available at: <https://blogs.worldbank.org/opendata/chart-globally-70-freshwater-used-agriculture>
- Avcı, İ., 1998. Su Kaynaklarının Geliştirilmesinde İnşaat Mühendisinin Rolü ve Sorumluluğu. *TMMOB, Türk Mühendislik Haberleri Dergisi*, sayı:393, Ankara, 111s.
- Bangal, G.B., Landhe, F.B., Kalbande, D.H., (1987). Comparative Studies of Furrow and Drip Irrigation System in Tomato. Proceedings Drip and Sprinkler Irrigation Methods- Adoption IFD-IWM Publ No. 1, Mahatma Phule Agricultural University, Rahuri Maharashtra.
- Barua, S., Kumar, R., Singh, S.P. (2018). Water saving techniques in agriculture. Available at: <https://www.indiawaterportal.org/articles>
- Brian, J.B. (1995) Fertigation Versus Conventional Fertilization of Flatwood Grapefruit. *Fert. Res.* 44 (2), 123–128.
- Burt, V.K. (1995) Impulse-control disorders not elsewhere classified. *Comprehensive Textbook of Psychiatry*, 6. Baskı, cilt 2, Kaplan HI. Sadock BJ (Ed), Baltimore, Williams & Wilkins, sf 1409-1418.
- Burt, C.M., Styles, S.W. (1998). Modern Water Control and Management Practices in Irrigation: Impact on Performance. AGR, IPTR ve ITRC Araştırma Raporu. Prepared for the World Bank Research Committee.

- Bussi, C., Huguet, J.G., Defrance, H., (1991). Fertilization Scheduling in Peach Orchard under Trickle Irrigation. *J. Hortic. Sci.* 66, 487–493.
- Chartzoulakis, K., Bertaki, M. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. In *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2015 no. 4 pp. 88–98.
- Çetin, O., Bilgel L. (2002). Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. In *Agric. Wate. Manage* vol. 54 2002 no. 1 pp. 1–15.
- Çilingir, İ. 1983. Şeker pancarı tarımsal savaşında turbo atömizörlerin ilaçlama karakteristikleri ve iş başarıları üzerinde bir araştırma. Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 172 s.
- D'Agostino, R. B. (1971). An omnibus test of normality for moderate and large sample size. *Biometrika*, 58, 341-348
- D'Agostino, R., Pearson, E. S. (1973). Tests for departure from normality. *Biometrika*, 60, 613-622
- Darwis, T., Therese, A., El-Katip, M., Hajhasan, S. (2002). Impact of irrigation and fertilization on NO₃ leaching and soil-ground water contamination in Lebanon. 17 th. WCSS, 14-21 August 2002, Thailand.
- Dechmi, F., Playan, E., Faci, J. M., Tejero, M. (2003a). Analysis of an Irrigation District in Northeastern Spain I. Characterization and Water Use Assessment, *Agricultural Water Management*, 61(7):75-92.
- Dechmi, F., Playan, E., Faci, J. M., Tejero, M. (2003b). Analysis of an Irrigation District in Northeastern Spain II. Irrigation evaluation, Simulation and Sheduling, *Agricultural Water Management*, 61 (7): 93-109.
- Erdem, T., Arın, L., Erdem, Y., Polat, S., Devenci, M., Okursoy, H., Gültaş, H.T. (2010). Yield and Quality Response of Drip Irrigated Broccoli (*Brassica oleracea* L. var.) under Different Irrigation Regimes, Nitrogen Applications and Cultivation Periods. *Agric. Water Manage.* 97, 681–688.
- Evren, S., Yılmaz, H., Kaya, S., Adıgüzel, M.C., Ardahanlıoğlu, O., Sevim Gülmez, F., Diler, S. (2004). Iğdır Ovası koşullarında Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Domateste Azot-su ilişkileri. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı-2003 Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Yayınları*, Yayın O: 124, Ankara, 126-144.

- Gaskell, M. (2004). Acid injection in irrigation water improving pH adjustment for blueberries [http:// www.ces.uga.edu.edu./pubcd/b1130](http://www.ces.uga.edu.edu./pubcd/b1130) (19/05/2016)
- Gonzalez-Meza, A., Ramirez-Jaramillo, G., Perez-Miranda, L.A., Hernandez-Leos, B.A. (1998). Fertigation to increase corn yield The Henequez Zone in Yucatan, Mexico. Proceeding of the Irrigation Association's 19 th Annual, November 1-3, 1998 San Diego, California, USA, 237-243.
- Hagin, J., Sneh, M., Lowengart, A. (2003). Fertigation Fertilization through Irrigation. International Potash Institute IPI Research Topics Basel Switzerland, no. 23.
- Hebbar, S.S., Ramachandrapa, B.K., Nanjappa, H.V., Prabhakar, M. (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Europ. J. Agronomy*, 21, 117-127.
- Hoffman, G. J., Howell, T. A., Solomon, K. H. (1990). Management of farm irrigation systems. *American Society of Agricultural Engineers*. pp. 149
- Imas, P. (1999). Recent Techniques in Fertigation of Horticultural Crops in Israel. Workshop on Recent Trends in Nutrition Management of Horticultural Crops, 11-12 February, Dapoli, Maharashtra, India
- Jungk, A.O., 1996. Dynamics of nutrient movements at the soil-root interface. In *Plant Roots- The Hidden Half*. 2nd edition. Eds. Waisel, Y Eshel, A. and Kafkafi, U., PP: 529-556. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Kafkafi, U., Kant, S. (2005). Fertigation, in: H. Daniel (Ed.), *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Elsevier, *Oxford*, pp. 1-9.
- Kanber, R. (1997). Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Genel Yayın No. 174, *Ders Kitapları Yayın No. 52*, Adana, 530s.
- Kanber R (1999). Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Genel yayın no: 174. 530 s. ADANA.
- Kanber, R., Köksal, H., Ünlü, M., Şenyiğit, U., Onaran, H., Ünlü, A.L., Özekici, B., Sezen, M.S., Ortaç, G. (2003). Nevşehir Yöresinde Farklı Sulama Yöntemleriyle Sıvı Gübre Uygulamalarının (Fertigasyon) Patates Verimi ve Azot Kullanımına Etkileri, *TÜBİTAK Araştırma Projesi Sonuç Raporu (TARP 2256)*.
- Kenworthy, A.L. (1979). Applying nitrogen to fruit trees through trickle irrigation systems. *ACTA HORT.* 89: 107-110.

- King, B. A., Mccann, I. R., Eberlein, C. V., Stark, J. C. (1999). Computer Control System for Spatially Varied Water and Chemical Application Studies with Continuous-Move Irrigation Systems. *Article Computers and Electronics in Agriculture*, 24(11): 77-194.
- Khokhar, T. (2017). Globally 70% of freshwater is used for agriculture. Available at: <https://blogs.worldbank.org/opendata/chart-globally-70-freshwater-used-agriculture>
- Lange, A., Aljibury, F., Fischer, B., Humprey, W., Otto, H., (1974). Weed Control under Drip Irrigation and Vineyard Crops. Proc. Int. Drip Irrig. Congr., 2nd. Pp.421-424.
- Li, J., Rao, M. (2003). Field Evaluation of Crop Yield As Affected by Nonuniformity of Sprinkler–Applied Water and Fertilizers. *Agriculture Water Managment*, 59:1-13.
- Li, Y.F., Li, J.S., Rao, M.J. (2006). Effects of Drip Fertigation Strategies on Root Distribution and Yield of Tomato. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 22, 205–207 (in Chinese with English abstract).
- Locascio, S.J., Olson, S.M., Rhoades, F.M., Stanley, C.D., Csizinszky, A.A., (1985). Water and Fertilizer Timing for Trickle-irrigated Tomatoes. Proc. Fla. State Hort. Soc. 98:237-239.
- Majahan, G., Singh, K.G. (2006). Response of Greenhouse Tomato to Irrigation and Fertigation. *Agricultural Water Management* 84, 202-206.
- Malik, R.S., Kumar, K., Bhandari, A.R. (1994). Effect of Urea Application Through Drip Irrigation System on Nitrate Distribution in Loamy Sand Soils and Pea Yield. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 42 (1), 6-10. 508-509.
- Mcbeath, T.M., Mclaughlin, M.J., Armstrong, R.D., Bell, M., Bolland, M.D.A., Conyers, M.K., Holloway, R.E., Mason, S.D. (2007). Predicting the Response of Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Liquid and Granular Phosphorus Fertilisers in Australian soils, *Aust. J. Soil Res.* 45 (6) 448–458.
- Miller, R.J., Rolston, D.E., Rauschkolb, R.S., Wolfe, D.W. (1976). Drip Application of Nitrogen is Efficient. *California Agri.* 30 (11) 16-18.
- Mohammed, M.J., Zuraiqi, S. (2003). Enhancement of yield and nitrogen water use efficiencies by nitrogen drip-fertigation of garlic. *Journal of Plant Nutrition* . 26 (9) 1749-1766

- Mohammed, M.J. (2004). Squash yield, nutrient content and soil fertility parameters in response to methods of fertilizer application and rates of nitrogen fertigation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 68 (2) 99-108
- Mohammad, M.J. (2004a). Utilization of Applied Fertilizer Nitrogen and Irrigation Water by Drip-fertigated Squash as Determined by Nuclear and Traditional Techniques. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 68 (1), 1–11.
- Mohammad, M.J. (2004b). Squash Yield, Nutrient Content and Soil Fertility Parameters in Response to Fertilizer Application and Rates of Nitrogen Fertigation. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 68 (2), 99–108.
- Narda, N.K., Chawla, J.K., (2002). A Simple Nitrate Sub-model for Trickle Fertigated Potatoes. *Irrig. Drain.* 51, 361–371.
- Neeraja, G., Reddy, K.M., Reddy, I.P., Reddy, Y.N. (1999). Effect of Irrigation and Nitrogen on Growth Yield and Yield Attributes of Rabi Onion (*Allium cepa*) in Andhra Pradesh. *Veg. Sci.* 26 (1), 64– 68.
- Ng Kee Kwong, K.F., Deville, J. (1994). Application of ¹⁵N-labelled Urea to Sugar Cane through a Drip-irrigation System in Mauritius. *Fert. Res.* 39, 223–228.
- Nimura, M., Yoshimi, H., Kondou, M. 2001. The Influence of porous ceramic particle size and fertigation quantity on the yield and quality of roses grown in soilless culture. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science.* 70 (5), 650-655
- Overman, A.S. (1974). Nematicides in Linear Drip Irrigation for Full-Bed Mulch of Tomatoe. *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla.* 34, 197-200.
- Özgümüş, A. (1996). Topraklı ve Topraksız Ortamlardaki Yetiştiricilikte Fertigasyon. *Tr. J. Of Agricultural and Forestry.* 20:61-67 (Özel Sayı).
- Pan, N., Shen, N., Wu, D.M., Deng, L.S., Tu, P.F., Gan, H.H., Liang, Y.C.. (2011). Mechanism of Improved Phosphate Uptake Efficiency in Banana Seedlings on Acidic Soils Using Fertigation. *Agricultural Water Management*, 98: 632–638
- Papadopolos, I., Eliades G.A. 1987. Nitrogen Fertigation of Greenhouse-Grown tomato. *Soil Sac and Plant Analysis*, 18:897-907
- Patel, N. and Rajput, T.B.S. (2000). Effect of fertigation on growth and yield of onion. *In: Micro Irrigation, CBIP publication no. 282:* 451-454.

- Pergher, G. (2001). Recovery rate of tracer dyes used for spray deposit assessment. *Transactions of the ASAE*, 44(4): 787-794.
- Peterson, A.B., Stevens, R.G. (1994). Tree Fruit Nutrition. Published by Good Fruit Grower, p.211 Yakima, Washington.
- Postel, S., Polak, P., Gonzales, F., Keller, J. (2001). Drip irrigation for small farmers. A new initiative to alleviate hunger and poverty. *In Water Intern.* vol. 26 2001 no. 1 pp. 3–13
- Shigure, P.S., Lallan, R., Marathe, R.A., Yadav, K.P., Ram, L., (1999). Effect of Nitrogen Fertigation as Vegetative Growth and Leaf Nutrient Content of Acid Lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle) in Central India. *Indian J. Soil Conserv.* 27 (1), 45–49.
- Shock, C.C., Feibert, E., Saunders, M. (1995). Nitrogen Fertigation for Drip-irrigated Onions. Malheur Experiment Station, *Oregon State University*, p. 10.
- Silber A., Bruner M., Kenig E., Reshef G., Zohar H., Posalski I., Yehezkel, Shmuel, Cohen S., Dinar M., Matan E., Dinkin I., Cohen Y., Karmi L., Aloni B., Assoulin S. (2004). High fertigation frequency and phosphorus level: effects of on summer- grown bell pepper growth and blossom and root incidence. *Plant and Soil*: 1-12.
- Solaimalai, A., Baskar, M., Sadasakthi, A., Subburamu, K., (2005). Fertigation in High Value Crops. A review. *Agric. Rev.* 26 (1), 1–13
- Taylor ve Francis, (2007). Encyclopedia of Pest Management.
- Thomas J.G., Pennington D.A., Pringer L., (2004). Chemigation. Published in Furtherance of Acts of Congress, May8-June30, 1914. US
- Thorburn, P.J., Dart, I.K., Biggs, I.M., Baillie, C.P., Smith, M.A., Keating, B.A. (2003). The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation, micro-irrigation: advances in system design and management. *Irrigation Science*, Vol. 22, Num. 3-4, 201-209
- Wahdan, A.A. and El-Gayar, A. M. (1988). Spatial Distribution of Irrigation Water Application in Sprinkler Irrigation, *American Society of Agricultural Engineers*, (88-2620):7p.
- Walker M., Johnson W., (1998). The risk of water contamination from irrigation and chemigation. Protecting Nevada's Water. Special Publication, SP-98-03F(1).
- Waller P.M., (2003). Chemigation. Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering.

- Wang, J., Zhang, J.Q. (2008). Effect of Drip Fertilization on Facilitated Strawberry. *Chin. J. Soil Fert. Sci.* 1, 78–79 (in Chinese with English abstract).
- Xu, X.M., Wang, A.C. (2007). Beneficial Analysis of Drip Fertilization in Cotton. *Xingjiang Agric. Sci. Techn.* 2, 14 (in Chinese with English abstract).



ÖZGEÇMİŞ

İstanbul iline bağlı olan Eminönü ilçesinde 19/11/1992 tarihinde doğdu. İlk ve orta öğretimini İstanbul'da tamamladı. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölümünde lisans eğitime 2010 yılında başladı. Lisans eğitimini 2015 yılında tamamlayarak Biyosistem Mühendisi olarak mezun oldu. 2016-2017 yılı içerisinde Sular Tarım Makineleri Tic. Ve San. Ltd. Şti. -Malkara'da Ziraat Mühendisi olarak görev yaptı. 2017 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitime başladı. 2017 yılından beri özel sektörde görevine devam etmektedir.

