

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**BAĞLARDA ETKİN İLAÇLAMA İÇİN DEĞİŞKEN
DÜZEYLİ PÜSKÜRTME SİSTEMİ TASARIMI**

Fatih Göksel PEKİTKAN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

İkinci Danışman: Prof. Dr. İsmail KAVDIR

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 501.08.00

Sunuş Tarihi: 12.05.2015

Bornova-İZMİR

2015

Zir. Yük. Müh. Fatih Göksel PEKİTKAN tarafından Doktora tezi olarak sunulan “**Bağlarda Etkin İlaçlama için Değişken Düzeyli Püskürtme Sistemi Tasarımı**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 12.05.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

.....

Raportör Üye : Prof. Dr. Engin ÇAKIR

.....

Üye : Prof. Dr. Müjdat TOZAN

.....

Üye : Doç. Dr. Aybars UĞUR

.....

Üye : Prof. Dr. İsmail KAVDIR

.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum **“Bağlarda Etkin İlaçlama İçin Değişken Düzeyli Püskürtme Sistemi Tasarımı”** başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21/05/2015

ÖZET**BAĞLARDA ETKİN İLAÇLAMA İÇİN DEĞİŞKEN DÜZEYLİ
PÜSKÜRTME SİSTEMİ TASARIMI**

PEKİTKAN, Fatih Göksel

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

İkinci Danışman: Prof. Dr. İsmail KAVDIR

Mayıs 2015, 59 sayfa

Bağcılık, ülkemiz ekonomisi için ayrı öneme sahip bir tarımsal faaliyettir. 2013 yılı FAO istatistiklerine göre dünya üretiminde 6. sırada yer alan ülkemiz kuru üzüm üretimi ve ihracatında dünya birincisidir. Türkiye'nin toplam Dünya ihracatı içerisindeki payı dış piyasa koşulları ve rekolte durumuna göre ortalama % 40 civarındadır. 2013 yılındaki üzüm ihracatımızın parasal değeri 500 milyon \$'ın üzerine çıkmıştır. Bu veriler göz önüne alındığında ihraç edilen kuru üzümlerin kalıntı problemi nedeniyle geri iade edilmesinin ülke ekonomisine olacak olumsuz etkileri daha iyi anlaşılmaktadır.

Ege Bölgesinde, özellikle Manisa ve çevresindeki bağlarda hastalık ve zararlılar ile mücadele için yılda 27'ye varan sayıda tarım ilacı uygulamaları yapılmaktadır. Ülkemizdeki bağlarda yaygın olarak yüksek hacimli uygulama yapılması da göz önüne alındığında, ilaçlama maliyeti artışının yanı sıra sürüklenme ve ilaç kayıplarının çevreye olan etkileri gibi olumsuzluklar da söz konusu olmaktadır. Tarımsal ilaçlama uygulamalarında ilaç kullanımının azaltılmak istenmesindeki nedenleri; ilaç maliyetini azaltmak (dolayısıyla üretim maliyetlerini düşürmek) ve çevre kirliliğini azaltmak (dolayısıyla çevre ve doğal yaşama verilen zararı düşürmek) şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmanın amacı, asma bitkisini tespit ederek yeşil aksam hacmini hesaplamak ve hesaplanan hacme bağlı olarak püskürtme miktarını ayarlayan bir sistem oluşturmaktır.

Bu amaç doğrultusunda lazer sensör, solenoid valfler, basınç regülatörleri ve elektronik kartlar kullanılarak ticari olarak üretimi olan yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörü üzerinde gerekli modifikasyonlar yapılmıştır. Denemeler geliştirilmiş olan akıllı püskürtme sistemi ile asma bitkisinin 3 farklı gelişme dönemini temsil eden farklı yapay asma bitkileri kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmada, geliştirilen makina ile geleneksel tipte bir ilaçlama makinası püskürttükleri sıvı miktarları ve performansları bakımından karşılaştırılmışlardır. Yapılan denemeler sonucunda akıllı püskürtme sistemi ile özellikle çiçeklenme dönemini temsil eden yapay asma bitkisinde %50'ye varan oranda daha az sıvı püskürtülmüştür. Ayrıca akıllı püskürtme sistemi, geleneksel makinaya göre daha iyi iz maddesi birikim miktarı, daha fazla kaplama oranı ve daha az sürüklenme miktarı sağlamıştır.

Anahtar sözcükler: Hassas tarım, pülverizatör, bitki algılama, lazer sensör, bitki taç yapısı.

ABSTRACT**DESIGN of VARIABLE RATE SPRAYING SYSTEM for EFFICIENT
PESTICIDE APPLICATION in VINEYARDS**

PEKİTKAN, Fatih Göksel

PhD in Agricultural Machinery

Supervisor: Assoc. Prof. Hüseyin GÜLER

Co-Supervisor: Prof. Dr. İsmail KAVDIR

May 2015, 59 pages

Vineyards have an important role in Turkish economy. According to 2013 FAO statistics, Turkey keeps the 6th place in the world in vineyard production and first place in raisin production. Turkey's share in total world exports around 40%. Economical value of grape export was higher than 500 million Dollars for Turkey. That's why returning of exported grape products because of high pesticide residue has negative influences on Turkish economy.

In Ege region, particularly in and around Manisa province, various kinds of pesticides are applied up to 27 times in growing season to control disease and pests. Since high application rates are used in our country beside increase in pesticide application costs drift and its harmful effects on environment are concerned. Reasons behind the desire to reduce pesticide amounts in agriculture are; to reduce pesticide cost for farming (therefore to reduce production cost) and to reduce environmental pollution (hence to reduce harmful effects of pesticide on environment and nature). The objective of this study was; to detect vine plant canopy, to calculate canopy volume and to adjust spray amount according to the calculated canopy volume.

To realize this aim, necessary modification was made on conventional air sprayers to develop a smart spraying system by using laser scanners sensor, solenoid valves, pressure regulators and electronic cards. Experiments were conducted with this developed smart sprayer on artificial vineyard plants which were produced to represent three main growth periods of vineyards.

Developed smart spraying system was compared with conventional sprayer according to their spraying performances and spraying amount. As a result of the study, smart spraying system provided up to 50% less spraying amount especially in blossom period. Smart spray also provided better deposit, more coverage and less drift amount than conventional sprayer.

Keywords: Precision farming, sprayer, plant detection, laser sensor, plant canopy structure.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının çeşitli aşamalarında değerli katkılarıyla bana yol gösteren sayın hocalarım Doç. Dr. Hüseyin GÜLER'e, Prof. Dr. Müjdat TOZAN'a, Doç. Dr. Aybars UĞUR'a, Prof. Dr. İsmail KAVDIR'a çalışma arkadaşım Arş. Gör. Dr. Erkan URKAN'a, Zir. Müh. Hakan VURAN'a, deneme düzeninin hazırlanmasında emeği geçen Tarım Makinaları bölüm personelleri Teknisyen Recep DİNDAR'a, Makinist Çetin UYAR'a ve Halil ZÜMRÜT'e, Bornova Zirai Mücadele Araştırma İstasyonu Zirai Mücadele Alet ve Uygulama Teknikleri Şube Şefi Dr. Öncül CANER'e, çok kıymetli annem ve babama, sevgili eşim ve oğluma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	7
3.1 Materyal.....	7
3.1.1 İlaçlama makinası (Modifiye edilen).....	7
3.1.2 Geleneksel ilaçlama makinası.....	7
3.1.3 Kule tipi hava yönlendirme ünitesi.....	8
3.1.4 Traktör	9
3.1.5 Lazer sensör	9
3.1.6 Röle kartı	10
3.1.7 Arduino kart.....	10
3.1.8 Bilgisayar	10

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.9 C# programlama dili	11
3.1.10 İlerleme hızı ölçüm cihazı.....	11
3.1.11 Püskürtme memeleri	11
3.1.12 Püskürtme meme plakaları.....	12
3.1.13 Solenoid valf	12
3.1.14 Basınç regülatörü	13
3.1.15 Yüksek basınç hortumları	13
3.1.16 Yapay asma bitkisi	14
3.1.17 Suyu duyarlı kâğıtlar ve filtre kâğıtları	15
3.1.18 İz maddesi	15
3.1.19 Diğer laboratuvar araç ve gereçleri.....	15
3.1.20 Saf su üretim cihazı.....	16
3.1.21 Orbital çalkalayıcı	16
3.1.22 Spektrofotometre.....	17
3.1.23 Tarayıcı	17
3.1.24 Görüntü analiz programı	18

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.25 Termo-Anemometre	18
3.1.26 Meteorolojik ölçüm seti.....	19
3.2 Yöntem	19
3.2.1 Hacim hesaplaması	27
3.2.2 Laboratuvar analizlerinin yapılması	33
3.2.3 Kaplama oranı ölçümlerinin yapılması.....	33
3.2.4 İstatistik analizlerin yapılması	34
4. GENEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA	35
4.1 Denemelerin Sonuçları ve İstatistiksel Analizler	35
4.1.1 1. yapay asma bitkisi uygulama denemelerinin sonuçları	35
4.1.2 2. yapay asma bitkisi uygulama denemelerinin sonuçları	39
4.1.3 3. yapay asma bitkisi uygulama denemelerinin sonuçları	42
4.2 Denemelere Ait Ortalama Kaplama Oranı ve Bitki İçi Dağılım Düzensizliği Değerleri İle İlgili Sonuçlar	46
5. SONUÇ.....	50
6. ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	55

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ59

EKLER.....

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Modifiye edilen yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörü.....	7
3.2 Geleneksel yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörü.....	8
3.3 Oluşturulan kule tipi hava yönlendirme ünitesinin SolidWorks ortamında farklı açılardan görünümü.....	8
3.4 Denemelerde kullanılan traktör	9
3.5 Lazer sensör.	9
3.6 Röle kartı.	10
3.7 Arduino kart.....	10
3.8 Hız ölçümü için kullanılan GPS.	11
3.9 Kullanılan püskürtme memesi	12
3.10 Denemelerde kullanılan püskürtme meme plakaları	12
3.11 Solenoid valf.....	13
3.12 Basınç regülatörü.	13
3.13 Yüksek basınç hortumu	13
3.14 Yapay asma bitkisi.....	15
3.15 Denemelerde kullanılan filtre kâğıdı ve suya duyarlı kâğıt.....	15
3.16 Saf su üretme cihazı.....	16

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.17 Orbital çalkalayıcı.	17
3.18 Spektrofotometre.....	17
3.19 Tarayıcı.	18
3.20 Görüntü analiz programı	18
3.21 Termo-Anemometre.....	19
3.22 Meteorolojik ölçüm seti.	19
3.23 Kule tipi püskürtme rampası.	20
3.24 Kule tipi püskürtme rampasına dikey hizada dizilip kelepçeli bağlantılarla sabitlenen püskürtme memeleri	20
3.25 1 adet 1 mm, 2 adet 1,5 mm ölçülerinde meme plakasından oluşan meme grubu.....	21
3.26 Asma bitkisi taç kısmının 4 eşit parçaya bölünmesi ve 4 meme grubunun şematik görünümü.....	21
3.27 Ana iletim hortumuna bağlanan 5’li kollektör, 3’lü dağıtıcılar ve bunlara bağlanmış yüksek basınç hortumları.....	22
3.28 Solenoid valf, basınç regülatörü, yüksek basınç hortumları ve püskürtme memesi grupları.....	23
3.29 Solenoid valf ve basın regülatörlerinin bağlandığı sac levhanın depo üzerinde üstten görünümü.....	23
3.30 Püskürtme sisteminin hidrolik devre şeması.....	24

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.31 Lazer sensörün pülverizatörün ön kısmında, traktör yan tarafındaki konumu	24
3.32 Yapay asma bitkisi içindeki örnekleme noktalarının yeri	26
3.33 Deneme düzeninin yandan görünümü	26
3.34 Program ayarlarının ekran görüntüsü	27
3.35 Lazer sensörün tarama alanı	28
3.36 Lazer sensörün taradığı alan, adım sayısı ve hacim hesaplamasında dikkate alınan kısımlar (ucu noktalı olan adımlar)	29
3.37 Lazer ışın demetinin bitkiyi algılayan en üst ve en alt ışınlarının ve yatayla yaptığı açıların belirlenmesi	30
3.38 Lazer sensör ile hacim hesaplaması	31
3.39 Geliştirilen sistemin bileşenleri ve şematik görünümü	32
3.40 Spektrofotometre cihazının kalibrasyon grafiği	33
4.1 1. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları	36
4.2 1. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları.	36
4.3 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları	37
4.4 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları	38

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5 2. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları.....	39
4.6 2. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları.....	40
4.7 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları.....	41
4.8 2. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları.....	42
4.9 3. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları.....	43
4.10 3. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları.....	44
4.11 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları.....	45
4.12 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları.....	46
4.13 Her iki uygulama çeşidinde 1. bitkinin alt, orta ve üst kısımlarındaki ortalama kaplama değeri oranları.....	48
4.14 Her iki uygulama çeşidinde 2. bitkinin alt, orta ve üst kısımlarındaki ortalama kaplama değeri oranları.....	48
4.15 Her iki uygulama çeşidinde 3. bitkinin alt, orta ve üst kısımlarındaki ortalama kaplama değeri oranları.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİÇizelgeSayfa

4.1 Her iki uygulama çeşidi için bitkinin farklı noktalarındaki ortalama kaplama değeri oranları ve dağılım düzgünlüğü değerleri	47
--	----

1. GİRİŞ

Ülkemizde tüm tarım alanlarında gerçekleştirilen üretimin %17'si (18 milyon ton) sadece meyve tarım alanlarından karşılanmaktadır. Meyve tarımı birim alandan en yüksek geliri getiren tarımsal üretimdir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2013). Ülkemizde 23,8 milyon ha tarım alanı içerisinde meyve tarımının payı %14 (3,2 milyon ha) civarındadır. 3,2 milyon ha meyve tarım alanının ise %15'inde (470 bin ha) bağ yetiştiriciliği yapılmaktadır (Türkiye İstatistik Enstitüsü, 2013). Dünya'da 6,9 milyon ha alanda toplam 68 milyon ton üzüm üretilmektedir. Türkiye yaklaşık 4 milyon tonluk üretimiyle dünya üzüm üretiminin %5,5'ini karşılamaktadır (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013). Bağcılık, ülkemiz ekonomisi için ayrı öneme sahip bir tarımsal faaliyettir. 2013 yılı FAO istatistiklerine göre dünya üretiminde 6. sırada yer aldığımız üzüm, Türkiye'de çoğunlukla taze ve kuru olarak değerlendirilmektedir. Bu üretim kapasitesi ile sadece kuru üzümde yılda yaklaşık 400-500 milyon dolar düzeyinde bir ihracat geliri elde edilmekte olup, tarımsal ürünler bazında ilk üç sırada yer alan en önemli ihraç ürünlerindendir. Ülkemizin, dünyadaki kuru üzüm ihracatının %40-45'ini tek başına gerçekleştirdiği düşünülecek olursa sahip olduğu önem daha iyi anlaşılacaktır (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2013). İhraç edilen kuru üzümlerin kalıntı problemi nedeniyle geri iade edilmesi ülke ekonomisi açısından da olumsuz sonuçlara yol açmaktadır.

Öte yandan bitki koruma ilaçlarının çevredeki sirkülasyonu, çok yönlü karmaşık bir yapıya sahiptir. Örneğin tarla, bahçe veya orman ağaçlarının hastalık veya zararlılara karşı ilaçlanması sırasında ilaç zerrelere havaya, toprağa, topraktan yağmurlarla yer altı sularına ve dolayısıyla su ekosistemine karışabilmektedir (Dikmen, 2001). Bitkiler üzerinde kalan zararlı ilaç artıkları ise besin yoluyla insan ve hayvanlara geçerek ani zehirlenmelere ve hatta genetik yapıyı etkileyecek ve kansere sebep olabilecek düzeyde tehlikeler yaratabilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2004). Ege Bölgesinde, özellikle Manisa ve çevresindeki bağlarda yılda 27'ye varan sayıda ilaçlama uygulamaları yapılmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak yüksek hacimli uygulama yapılması da göz önüne alındığında, ilaçlama maliyeti artışının yanı sıra sürüklenme ve ilaç kayıplarının çevreye olan etkileri gibi olumsuzluklar da söz konusu olmaktadır. Tarımsal ilaçlama uygulamalarında ilaç kullanımının azaltılmak istenmesinin nedenleri; ilaç maliyetini (dolayısıyla üretim maliyetlerini düşürmek) ve çevre kirliliğini azaltmak (dolayısıyla çevre ve doğal yaşama verilen zararı düşürmek) şeklinde sıralanabilir.

Günümüzde tarım ilacı kullanımı vazgeçilmez duruma gelmiştir. Öyle ki, bugün dünyada tarım ilacı kullanmadan tarımsal üretim yapılsaydı verimlerde %20 ila %40 oranlarında düşüş yaşanırdı (Chen, 2010).

Günümüzde sürdürülebilir tarım, hassas tarım ve organik tarım yükselen değerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kavramlar ya tamamen kimyasallardan vazgeçmeyi ya da çevre kirliliğini en aza indirerek ve çevrenin kendi sürekliliğini sağlamasına yardımcı olarak üretim yapılmasını öngörmektedir. Ancak günümüzde en gelişmiş ülkelerde dahi mücadelenin en fazla %5'i kimyasal mücadele dışındaki yöntemlerden oluşmaktadır (Dağ ve ark., 2000; Güler'den, 2002).

Nitekim Oerke and Dehne'ye (2004) göre, yaptıkları çalışmada üreticilerin yüksek verim ve ürün kalitesini sağlamak için ağırlıklı olarak pestisit uygulamalarına başvurdıklarını, bu uygulamalar olmadan yaşanacak ürün kayıplarının gıda bitkilerinde %43-50, endüstri bitkilerinde ise %53-68 oranında değişebileceğini belirtmişlerdir (Chen, 2010).

Molto et al., (2001), İspanya'daki turunçgil ve zeytin bahçelerindeki üretim maliyetlerinin %30-42'sini pestisit uygulamalarının oluşturduğunu, bunun sebebinin ise hedef dışına atılan pestisit kayıplarının yüksekliğinin olduğunu belirtmiştir.

Türkiye'de bağlarda yapılan ilaçlamalarda yardımcı hava akımlı hidrolik pülverizatörler, püskürtme tabancalı hidrolik pülverizatörler ve pnömatik pülverizatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yardımcı hava akımlı hidrolik pülverizatörle yapılan uygulamalarda bitki üzerindeki ilaç birikiminin yetersiz olması ve sürüklenme yoluyla meydana gelen ilaç kayıpları nedeniyle ilaçlama maliyeti artmakta ve çevre kirliliği meydana gelmektedir. Son 20 yıl içerisinde ilaçlama etkinliği, pülverizatörlerin çalışma koşulları ve sürüklenme üzerine araştırmalar yoğunluk kazanmıştır (Caner, 2007). Bağlarda yardımcı hava akımlı hidrolik pülverizatörlerle yapılan uygulamalarda asmaların çiçeklenme döneminde % 64 – % 94, koruk ve olgunlaşma dönemlerinde ise % 44 – % 67 oranında ilaç kayıplarının olduğu saptanmıştır (Pergher et al., 1997).

Yapılan çalışmalar sonucunda, oranları değişmekle birlikte, kullanılan bütün makinalarda yaprak alt ve üstlerine atılan ilaç miktarları arasında kayda değer farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bitki yüksekliği ile genişliği boyunca

homojen bir ilaç dağılımı sağlanamamaktadır. Yaprakları titreştirerek ilacın bitki örtüsünün iç kısımlarına da girmesini sağlamak amacıyla kullanılan yardımcı hava akımlı ve hava akımlı pülverizatörlerle yapılan uygulamalarda da ilacın bitki üzerindeki dağılımının henüz olması gerektiği gibi olmadığı belirlenmiştir (Güler, 2002)

Ülkemizde ve dünyada bağ yetiştiricileri sürekli olarak karlarını maksimize etmenin yollarını aramaktadırlar. Bu da yeni bilgi teknolojilerinin kullanımını daha da önemli hale getirmiştir. Bu kapsamda tarımda uygulanan yeni teknolojilerden en çok konuşulani “Information Management - Site Specific Management - Precision Farming (PF)” gibi deyimlerle, İngilizce literatürde ifade edilen “Hassas Uygulamalı Tarım”dır (Peker ve ark. 2005). Hassas tarımın ardındaki felsefe; üretim girdilerinin en ekonomik üretimi yapmak için sadece gerektiğinde, gerektiği yerde ve gereken kadar kullanılmasıdır. Bu da tarımsal alandaki her kendine özel parseldeki toprak ve bitki karakterlerini bilme ve üretim girdilerini işletme alanının en küçük birimlerinde optimize etmeye dayanır (Searcy, 1999; Lourder et al.’dan, 2007).

Bağ alanlarında bir yetiştirme periyodunda gelişme dönemindeki farklılıklarla birlikte aynı dönemde bağ alanlarının farklı bölgelerinde bitkiler arasında farklılıklar görülebildiği gibi bazı sıralarda eksik ya da ölü bitkilere de rastlanılmaktadır. Bu gibi durumlarda geleneksel pülverizatörlerle çalışmada değişen bitki yoğunluğu için gerçek zamanlı olarak gereken uygulama hacminde bir değişiklik yapılması mümkün olamamaktadır. Sonuç olarak yapılan uygulamada hedef dışı kayıplar artmaktadır. Bu kayıplar nedeniyle ilaçlama işinin maliyeti artmakta, çevre kirliliğine neden olunmakta ve ayrıca ihraç edilen ürünlerde yaşanan kalıntı problemleri nedeniyle ülke ekonomisi de olumsuz etkilenmektedir.

Özetlenecek olursa, bu çalışma ile yeni teknolojilerin bağ ilaçlamasında kullanımıyla, ilaç kayıplarını azaltmak, ilaçlama maliyetini düşürmek ve çevreye olan olumsuz etkileri gidermek hedeflenmiştir. Bu hedefi gerçekleştirmek için geliştirilen akıllı püskürtme sistemi ile bitki yeşil aksam büyüklüğü ve yoğunlukları belirlenerek bu değerlere uygun hacimlerde püskürtme yapılması sağlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Escola et al., (2013), ağaç formundaki bitkilerin kanopi hacimlerine göre uygulama oranını gerçek zamanlı olarak ayarlayan ve değişken düzeyli algoritma çalıştıran bir bahçe pülverizatör prototipi geliştirmişler ve test etmişlerdir. Prototipi oluştururken ticari olarak satışı yapılan bir bağ-bahçe pülverizatörü kullanmışlar fakat püskürtme sisteminde herhangi bir değişikliğe gitmemişlerdir. Prototipi üç ultrasonik ve bir lazer sensör kullanan kanopi karakterizasyon sistemi, değişken düzeyli algoritmayı yürüten kontrol birimi ve değişken oranlı solenoid valfler olmak üzere üç bölüme ayırmışlardır. Kontrol birimi, sistemde, algılanan kanopi hacmine bir katsayı (birim kanopi hacmine gereken sıvı miktarı) uygulayarak püskürtülecek sıvı miktarına karar vermektedir. Püskürtülen sıvı miktarı, değişken düzeyli elektromanyetik valfler aracılığıyla ayarlanmaktadır. Araştırmacılar, prototipin amacını, püskürtülecek sıvı miktarına karar vermede kullanılacak katsayıyı mümkün olduğu kadar doğru olarak belirlemek olduğunu duyurmuşlardır. Araştırmalarının sonunda ise püskürtülmesi istenen ile püskürtülen sıvı miktarı arasında güçlü bir ilişki ($R^2=0.935$) gözlemlemişlerdir. Aynı şekilde kanopi kesit alanları ile püskürtülen sıvı miktarı arasındaki ilişkiyi de güçlü ($R^2=0.926$) bulmuşlardır. Ayrıca prototip ile değişken düzeyli ilaçlamada elde edilen katsayı değerlerinin, geleneksel ilaçlamada elde edilen katsayı değerlerine göre çok daha doğru olduğunu belirtmişlerdir.

Gil et al., (2013), ağaç formundaki bitkilerin tac yapısal özelliklerinin püskürtme etkinliğinin artırılması için kilit faktör olduğunu duyurmuşlardır. Bununla birlikte doğru veriyi kolay, pratik ve etkili bir şekilde elde etmenin de önemli bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu amaçla asma bitkisi için bir pülverizatör prototipi geliştirmiş ve test etmişlerdir. Bu prototip, kanopi hacmi tabanlı bir algoritma kullanarak hedef geometriye göre püskürtme miktarını değiştirebilmektedir. Bitki sırası boyunca kanopi genişliğinde meydana gelen değişimler pülverizatör üzerinde yer alan ultrasonik sensörler aracılığı ile elektronik olarak ölçülmüş ve püskürtme memelerinden çıkan sıvı miktarının gerçek zamanlı olarak değiştirilmesinde kullanılmıştır. Bu işlemler sırasındaki temel amaçları birim kanopi hacmine püskürtülen sıvı miktarının sürekliliğini sağlamak olmuştur. Çalışmalarının sonunda geleneksel ilaçlama uygulamalarına göre %21.9 daha az pestisit kullanılabileceğini tahmin etmişler ve bu sonucun otomatik ilaçlama sistemlerindeki benzer araştırmaların sonuçları ile uyumlu olduğunu duyurmuşlardır.

Giles et al., (1987, 1988, 1989), kanopi hacmini ölçmek için geleneksel bir hava akımlı bahçe pülverizatörünün püskürtme kontrol sistemine ultrasonik sensör entegre ederek püskürtülen sıvı miktarını kontrol etmişlerdir. Ölçümler sonucu şeftali için %28 ile %35 arası, elma için %36 ile %52 daha az püskürtme yaptıklarını duyurmuşlardır. Bunlara ek olarak sensör kontrollü pülverizatörün hedef dışı kayıplarının geleneksel bir pülverizatöre göre önemli miktarda azalma gösterdiğini belirtmişlerdir.

Llorens et al., (2010), üç farklı asma bitkisi çeşidinin farklı yetiştirme dönemlerinde, birim alana sabit hacimde püskürtme yapan geleneksel yöntem ile kanopi boyutlarını elektronik olarak ölçerek değişken düzeyli uygulamayı karşılaştırmışlardır. Kanopi boyutlarını ölçerek püskürtme miktarını gerçek zamanlı olarak değiştirmek için hava akımlı bir pülverizatörün bir tarafına birbirinden bağımsız püskürtme memeleri, üç ultrasonik sensör ve üç elektro valf monte etmişlerdir. Çalışmanın sonunda değişken düzeyli uygulama ile geleneksel yöntemle göre %58 daha az kimyasal uygulayarak aynı hatta daha iyi ilaçlama etkinliği elde etmişlerdir.

Palacin et al., (2007), yaptıkları çalışmada ağaç formundaki bitkilerin yaprak yüzeylerini tahmin etmek için bir ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Sistem, ağaçların hacmini tahminleyen, daha sonra gerçek zamanlı çalışmaya olanak sağlamak için basit ve hızlı algoritmalar kullanarak yaprak alanlarını hesaplayan lazer tarayıcı tabanlı bir sistemdir. Armut ağaçlarında yaptıkları testler sonucu kanopi hacmi ve yaprak alanı arasındaki ilişkinin 0.81 korelasyon katsayısı (R) ile doğrusal olarak değerlendirilebileceğini ve %6'dan daha az ortalama hata ile hacim değerinden yaprak alanının tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Osterman et al., (2013), yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörü ile değişken geometrili meyve ağaçlarını lazer tarayıcıyla ölçen ve püskürtme kollarının pozisyonunu gerçek zamanlı ayarlayan bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri algoritma, pülverizatöre monte edilen bir lazer tarayıcı ile ağaç kanopilerinin gerçek zamanlı olarak ölçümüne dayanmaktadır. Çalışmada, ağaçların kanopi ölçümlerine göre püskürtme kollarının uçlarında bulunan püskürtme memelerinin en uygun şekilde pozisyon alması sağlanarak sürüklenme ve pestisit kalıntısının azaltılabileceği, bunlara ek olarak daha az miktarda pestisit kullanımıyla ilaçlama etkinliğinin daha da artırılabilceğini bildirmişlerdir.

Lee and Ehsani, (2008), her bir ağaca değişken düzeyli gübre, pestisit uygulanması ve erken sezonda doğru olarak verim tahminlemesi yapmak için, kanopi yüksekliği, genişliği ve hacmi gibi ağaç geometrik özelliklerinin bilinmesinin gerekli olduğunu belirtmiştir. Bu amaçla bir lazer tarayıcı, GPS, ağaç özelliklerinin ölçümü için uygun algoritmalar ile bilgisayardan oluşan lazer tabanlı bir ölçüm sistemi geliştirmişler ve uygun bir araç üzerine monte etmişlerdir. Sistemin performansını portakal ağaçları üzerinde test etmişler, lazer tabanlı ölçüm ile elle ölçüm arasındaki ölçüm hatalarını ağaç kanopi yüksekliğinde 1cm'den daha az, %0.41 oranında, kanopi genişliğinde yaklaşık 14 cm, %4.82 oranında, kanopi hacminde ise $0.01m^3$, %0.09 oranında bulmuşlardır.

Pai et al., (2009), elektro-mekanik bir sistem kullanarak bahçe pülverizatörünün hava çıkışını ayarlayarak püskürtme kayıplarını azaltmaya çalışmışlardır. Üzerinde çalıştıkları bu sistemde lazer tarayıcıdan alınan yaprak yoğunluk değerlerine göre pülverizatör hava çıkış yolunda bulunan hava yönlendirici plakanın otomatik olarak yatay hareketini sağlamışlardır. Araştırmacılar, farklı yaprak yoğunluklarına bağlı olarak ağaç içerisine nüfuz eden hava miktarında hava yönlendirici plakanın rolünü incelemişlerdir. Çalışma sonunda hava yönlendirici plakanın damlacıkların hareketine belli bir ölçüde etki ettiğini ve hava akışının sınırlandırılmasının bahçe uygulamalarında püskürtme kayıplarını azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Molto et al., (2001), hedef dışına atılan pestisit kayıpları probleminin önüne geçmek amacıyla mikrodenetleyici, ultrasonik sensörler, elektro-hidrolik valflerden oluşan elektronik kontrol sistemi ile yaprak yoğunluğuna göre dozu ayarlayan otomatik bir pülverizatör geliştirmişlerdir. Bu sistem ile deneme bahçesindeki her bir ağacın boyutları, şekilleri ve aralarındaki mesafeye bağlı olmak kaydı ile uygulama kalitesini de muhafaza ederek %37 oranında bir pestisit tasarrufu sağladıklarını duyurmuşlardır.

Tumbo et al., (2002), yaptıkları çalışmada elle ölçtükleri ağaç kanopi hacmini ultrasonik sensör ve lazer tarayıcı ile karşılaştırmışlar, bunun için farklı kanopi yüksekliğine ve hacmine sahip 15 ağaç kullanmışlardır. Çalışma sonunda ultrasonik ve lazer ölçüm yöntemlerini kabul edilebilir olarak bulmuşlardır ($R^2 > 0.85$, $RMSE < 2.15m^3$). Bunun yanında lazer ölçüm yönteminin yüksek çözünürlüğüne sahip olmasından dolayı ultrasonik yöntemine göre daha iyi tahminlemeler yaptığını, her iki yöntemin de ağaç kanopi hacimlerinin belirlenmesinde ve otomatik haritalamada kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 İlaçlama makinası (Modifiye edilen)

Denemelerde Ege Bölgesi'nde yaygın olarak kullanılan kuyruk milinden hareketli asma tip yardımcı hava akımlı hidrolik bağ-bahçe pülverizatörü kullanılmıştır (Şekil 3.1). Agrotek İlaçlama Mak. ve Tar. Tek. Ltd. Şti. (Manisa) tarafından imal edilen makinanın depo hacmi 400 L'dir. İlaçlama makinasının pirinç borulardan imal edilmiş sağ ve sol rampasında 5'er adet püskürme memesi bulunmaktadır. Traktör kuyruk milinden gelen dönü hareketi makina üzerindeki 2 kademeli şanzımana oradan da kanat açıları değiştirilebilir aksiyal fana iletilmektedir.



Şekil 3.1 Modifiye edilen yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörü.

3.1.2 Geleneksel ilaçlama makinası

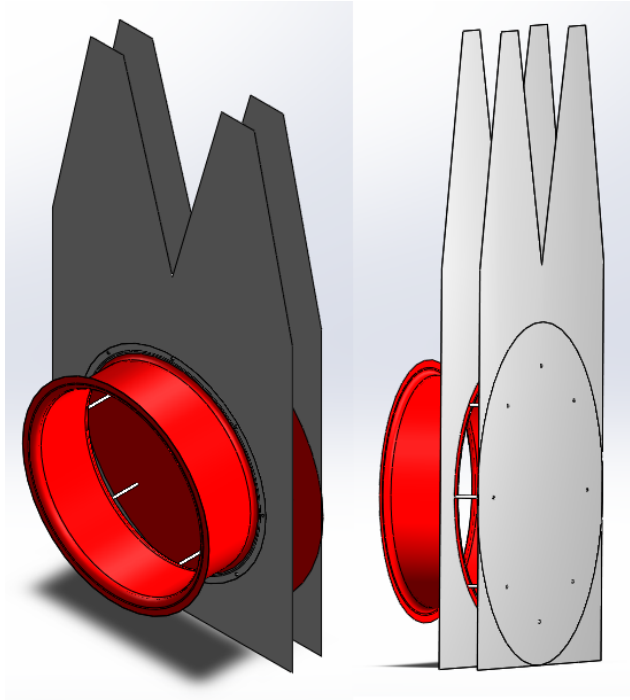
Denemelerde geleneksel makina olarak kuyruk milinden hareketli asma tip yardımcı hava akımlı hidrolik bağ-bahçe pülverizatörü kullanılmıştır (Şekil 3.2). Agrotek İlaçlama Mak. ve Tar. Tek. Ltd. Şti. (Manisa) tarafından imal edilen makinanın depo hacmi 600 L'dir. İlaçlama makinasının pirinç borulardan imal edilmiş sağ ve sol rampasında 7'şer adet püskürme memesi bulunmaktadır. Traktör kuyruk milinden gelen dönü hareketi makina üzerindeki 2 kademeli şanzımana oradan da kanat açıları değiştirilebilir aksiyal fana iletilmektedir.



Şekil 3.2 Geleneksel yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörü.

3.1.3 Kule tipi hava yönlendirme ünitesi

Aksiyal fanın oluşturduğu havanın yönlendirilmesi ve püskürtme rampasının konumlandırılması için kule tipi hava yönlendirme ünitesi kullanılmıştır. Söz konusu ünite 2 adet 2x1200x2400 mm ölçülerindeki alüminyum levhanın makina ölçülerine uygun şekilde kesilmesi ile yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Oluşturulan kule tipi hava yönlendirme ünitesinin SolidWorks ortamında farklı açılardan görünümü

3.1.4 Traktör

Denemelerde 80 BG gücünde TÜRK-FIAT marka 8066 model traktör kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Denemelerde kullanılan traktör

3.1.5 Lazer sensör

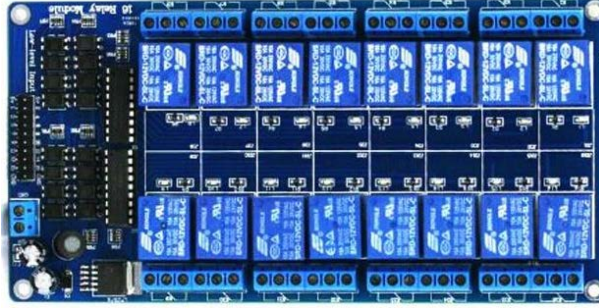
Bitki yeşil aksamının mesafesinin ölçülerek, doğru bir hacim hesaplaması yapmak amacıyla Hokuyo firması tarafından üretilen URG-04LX-UG01 model, 240° görüş açısı olan 5v DC lazer sensör kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Lazer sensör.

3.1.6 Röle kartı

Solenoid valfleri açıp kapatmak amacıyla 16'lı 12v DC röle kartı kullanılmıştır (şekil 3.6).



şekil 3.6 Röle kartı.

3.1.7 Arduino kart

Elde edilen verilerin işlenmesinden sonra röle kartını kontrol eden ve bilgisayardaki yazılım ile bağlantılı olarak çalışan, üzerinde 8 bit mikrodeneleyici bulunduran Arduino kart kullanılmıştır. Kullanılan Arduino kartın modeli Mega 2650 R3'tür (şekil 3.7).



şekil 3.7 Arduino kart.

3.1.8 Bilgisayar

Lazer sensörün anlık olarak aldığı verileri gönderdiği ve geliştirilen sisteme ait yazılımı çalıştıran Sony Vaio marka VPCZ119FX model, 2,53 Ghz işlemci gücünde Intel Core i5 M540 işlemci ve 8 GB ram bulunan bilgisayar kullanılmıştır.

3.1.9 C# programlama dili

Tez projesi kapsamında geliştirilen akıllı püskürtme sistemi aynı zamanda TÜBİTAK-1512 Girişimcilik Aşamalı Destek Programı tarafından desteklenen ticari içerikli başka bir projenin parçası olduğundan dolayı kullanılması düşünülen MATLAB programı ve araçlarının ticari lisans fiyatları oldukça yüksek olmuştur. Ayrıca geliştirilen prototip, ticari değer kazandığında karşılaşılabilecek ek ticari yükümlülükler nedeniyle geliştirilen sistemin yazılımı Microsoft Visual Studio ortamında C# programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır.

3.1.10 İlerleme hızı ölçüm cihazı

Traktörün ilerleme hızının belirlenmesi için Garmin International, Inc. (ABD) tarafından üretilen Forerunner 101 model GPS cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Hız ölçümü için kullanılan GPS.

3.1.11 Püskürtme memeleri

Akıllı püskürtme sisteminde kullanılmak üzere plastik, damla kesicili ayarlanabilir turbo atomizör memesi olarak adlandırılan memeler kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Kullanılan püskürtme memesi

3.1.12 Püskürtme meme plakaları

Geliştirilen sistemde Lazer sensör aracılığı ile algılanan bitki hacmine göre gerekli püskürtme miktarını sağlamak amacıyla iki farklı delik çapına sahip püskürtme meme plakası kullanılmıştır. Bunlar 1 ve 1,5 mm ölçülerine sahip geleneksel (içi boş konik hüzmeli) püskürtme memesi plakalarıdır. Geleneksel makinada ise aynı tipte 0,8 ve 1 mm ölçülerine sahip püskürtme meme plakaları kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Denemelerde kullanılan püskürtme meme plakaları

3.1.13 Solenoid valf

Denemelerde, püskürtme memelerinin birbirlerinden bağımsız açılıp kapanmasını sağlayan PVD marka, 0,5-16 bar basınç altında çalışabilen, 12v DC ve 1/2" ölçüsünde solenoid valfler kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Solenoid valf.

3.1.14 Basınç regülatörü

Denemelerde farklı püskürtme memelerinden çıkacak sıvının debisinin ve damla çaplarının istenen aralıkta olması amacıyla her solenoid valfin çıkışına Norgren marka, maks. 20 bar basınç altında çalışabilen bir basınç regülatörü bağlanmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Basınç regülatörü.

3.1.15 Yüksek basınç hortumları

Sistemde sıvı iletim hatları için SEL marka yüksek basınç dayanıklı (90 bar) 10 mm ölçüsünde pülverizatör hortumu kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Yüksek basınç hortumu

3.1.16 Yapay asma bitkisi

Çalışmalarda denemeleri nispeten daha kontrollü koşullarda yapmak için yapay asma bitkileri kullanılmıştır (Şekil 3.14). Yapay asma bitkisinin çatısı, 6 m uzunluğunda ve 1,6 m yüksekliğinde 40x30x3 mm'lik kutu profil kullanılarak imal edilmiştir. Bitkide 3 adet gövde bulunmaktadır. Ortadaki bitki tam, bu bitkinin sağındaki ve solundaki gövdelere ait kısımlar ise yarım bitki olarak imal edilmiştir. Yapraklar 220 µm kalınlığında polietilen sera örtü malzemesinden yapılmıştır. Bitki üzerinde bulunan yaprak sayısı ve büyüklükleri asma bitkisinin koruk dönemini temsil etmektedir (Caner, 2007). Koruk dönemini temsil eden 3 adet yapay asma bitkisinden birisi olduğu gibi kullanılmış olup, bu bitkiye ait yaprak alan indeksi 5,3 olarak ölçülmüştür. Diğer yapay asma bitkisinde koruk dönemindekine yakın bir yaprak alan indeksine sahip olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmış ve bu bitkinin yaprak alan indeksi 4,1 olarak ölçülmüştür. Bir diğer bitki üzerinde ise yaprak alan indeksi çiçeklenme dönemini temsil edecek şekilde seyreltme işlemi yapılmış olup, bu bitkinin yaprak alan indeksi 1,1 ölçülmüştür. Böylece denemelerde 3 farklı yaprak alan indeksi ve yoğunluğuna sahip bitki elde edilmiştir. Bundan sonraki bölümlerde 1., 2. ve 3. bitki olarak adlandırılan bu bitkiler aşağıdaki gibidir;

1. bitki için; 1,1 yaprak alan indeksine sahip çiçeklenme dönemini temsil eden bitki

2. bitki için; 4,1 yaprak alan indeksine sahip çiçeklenme-koruk arası dönemi temsil eden bitki

3. bitki için; 5,3 yaprak alan indeksine sahip koruk dönemini temsil eden bitki

Yaprak alan indeksi aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenir;

$$YAI = \frac{YA}{\dot{IA}}$$

YA: Bir omcaya ait toplam yaprak alanı (m²)

İA: Bir omçaya ait izdüşüm alanı (m²) (Matthews, 1992, Yağcıoğlu, 1993; Caner'den 2007)



Şekil 3.14 Yapay asma bitkisi.

3.1.17 Suyu duyarlı kâğıtlar ve filtre kâğıtları

Denemelerde, kaplama oranlarının belirlenebilmesi için suya duyarlı kâğıtlar (Syngenta Crop Protection) kullanılmıştır. İz maddesi birikim miktarlarının belirlenebilmesi için ise filtre kâğıtları (Filtrak GmbH) kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Denemelerde kullanılan filtre kâğıdı ve suya duyarlı kâğıt.

3.1.18 İz maddesi

Denemelerde kalıntı miktarlarının belirlenmesi için iz maddesi olarak Merck KgaA firması tarafından üretilen “Sodium Fluorescein” kullanılmıştır. Pülverizatör deposunun içine 1 g L⁻¹ iz maddesi koyulmuştur (Caner et al., 2013; Güler ve ark. 2009).

3.1.19 Diğer laboratuvar araç ve gereçleri

Toplanan örneklerin laboratuvar analizlerinde 2, 5 ve 10 ml’lik otomatik mikropipetler, 3,5 ml’lik tek kullanımlık pastör pipetler, 4 ml’lik florimetre

küveti, 1 L'lik mezürler, çeşitli beherler ve erlenler gibi değişik laboratuvar araç ve gereçleri kullanılmıştır. Ayrıca suya duyarlı kâğıtların, filtre kâğıtlarının bitki üzerine ve direkler üzerine tutturulması için kısıkaçlar, toplanan örnek kâğıtlarının içine konulacağı poşetler ve plastik kavanozlar kullanılmıştır.

3.1.20 Saf su üretim cihazı

Denemelerde kullanılan saf su, Elektro-Mag (İstanbul) marka M3 model cihazdan elde edilmiştir (Şekil 3.16). Bu cihaz saf suyu distilasyon yöntemini kullanarak üretmektedir. Elde edilen saf su “Sodium Fluorescein” iz maddesinin çözücü olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.16 Saf su üretme cihazı.

3.1.21 Orbital çalkalayıcı

Denemelerde Biosan marka OS-10 model orbital çalkalayıcı kullanılmıştır (Şekil 3.17). Filtre kâğıtları kavanozlara konulduktan sonra üzerlerine iz maddesi miktarına göre 30-50 ya da 80 ml saf su konulmuş, 300 min^{-1} devrinde ve 5 dakika süreyle orbital çalkalayıcıda tutularak, kâğıtlardaki iz maddesinin saf suyun içine geçmesi her örnekte standart bir şekilde sağlanmıştır.



Şekil 3.17 Orbital çalkalayıcı.

3.1.22 Spektrofotometre

Filtre kâğıtları üzerindeki iz maddesi birikim miktarının belirlenebilmesi için dalga boyu aralığı 190 – 1100 nm olan “Helios γ ” marka spektrofotometre kullanılmıştır (Şekil 3.18). Ölçümlerde 1 cm’lik kare kesitli plastik küvetler kullanılmıştır.



Şekil 3.18 Spektrofotometre.

3.1.23 Tarayıcı

Suya duyarlı kâğıtların bilgisayar ortamına aktarılması için Canon marka CanoScan LiDE 110 model tarayıcı kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Tarayıcı.

3.1.24 Görüntü analiz programı

Suya duyarlı kağıtlar üzerindeki yüzey kaplama oranları görüntü analiz yazılımı (ImageTool for Windows Version 3.0) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Görüntü analiz programı

3.1.25 Termo-Anemometre

İlaçlama makinasının aksiyal fanının oluşturduğu hava hızının ölçülmesinde Dwyer Instruments Inc. (ABD) tarafından üretilen Series 471 model termoanemometre kullanılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Termo-Anemometre.

3.1.26 Meteorolojik ölçüm seti

Denemelerde rüzgar hızı ve yönü Oregon Scientific marka WMR928NX model meteorolojik ölçüm seti kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Meteorolojik ölçüm seti.

3.2 Yöntem

Projeye ilk olarak geleneksel bir ilaçlama makinası üzerinde modifikasyonlar yapılarak başlanmıştır. Geliştirilecek sistemin farklı büyüklükteki ağaçlarda yapılacak ilaçlama işlerinde de kullanılabilmesi için 2x1200x2400 mm'lik 2 adet alüminyum levha uygun ölçülerde kesilmiş ve kule tipi bir püskürtme rampası hazırlanmıştır. Daha sonra makina üzerindeki meme grupları sökülerek yeni hazırlanan rampa makina üzerine cıvata-somun bağlantısı ile monte edilmiş, püskürtme memeleri de bu rampa üzerine 3'erli 5 grup halinde dizilerek ve kelepçelerle sabitlenerek makinanın bir sıraya püskürtme yapacak tarafında toplam 15 meme bulunan püskürtme rampası oluşturulmuştur (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Kule tipi püskürtme rampası.

Denemelerde asma bitkisinin yüksekliği ve püskürtme memelerinin çalışma esnasında bitkiye olan mesafesi göz önüne alınarak dikey hizada yerleştirilmiş olan toplam meme gruplarından en üstte bulunanı kullanım dışı bırakılmış ve toplam 4 adet meme grubu kullanılmıştır (Şekil 3.24).



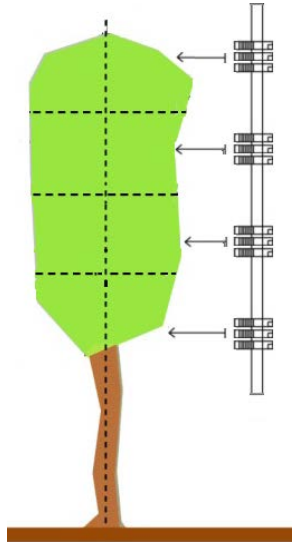
Şekil 3.24 Kule tipi püskürtme rampasına dikey hizada dizilip kelepçeli bağlantılarla sabitlenen püskürtme memeleri

Her meme grubunda 1 adet 1 mm, 2 adet 1,5 mm ölçülerine sahip toplam 3 adet geleneksel (içi boş konik hüzmeli) püskürtme meme plakası bulunmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 1 adet 1 mm, 2 adet 1,5 mm ölçülerinde meme plakasından oluşan meme grubu

Lazer sensör aracılığı ile asma bitkisinden alınan ve mesafe bilgileri içeren veri dizileri, 4 adet meme grubunun püskürtme yapacağı alana bağlı olarak 4 eşit parçaya bölünmüş ve her meme grubunun kendisine karşılık gelen alana hesaplanan hacme göre püskürtme yapması sağlanmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 Asma bitkisi taç kısmının 4 eşit parçaya bölünmesi ve 4 meme grubunun şematik görünümü.

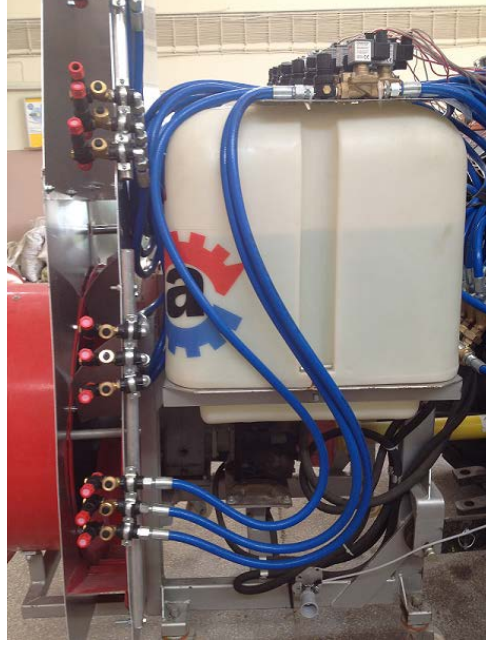
Değişken düzeyli uygulamayı sağlamak için püskürtme memelerinin birbirlerinden bağımsız olarak çalışması amacıyla her bir meme hattına ayrı bir solenoid valf ve basınç regülatörü takılmıştır. Denemelere başlamadan önce bütün basınç regülatörleri tek tek kalibre edilerek farklı büyüklükteki memelere ait damla çaplarının orta sınıf aralığında kalması sağlanmıştır.

Makinanın sıvı iletim hattını oluşturmak için pompadan gelen ana hortuma 5'li kollektör bağlanmış, bu kollektörün çıkışlarına da 3'lü dağıtıcı bağlanıp toplam 15 adet sıvı çıkış noktası (denemelerde 12 adeti kullanılmıştır) elde edilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27 Ana iletim hortumuna bağlanan 5'li kollektör, 3'lü dağıtıcılar ve bunlara bağlanmış yüksek basınç hortumları

Çıkış noktalarının her birine yüksek basınç hortumları bağlanmış, bu hortumların diğer uçları ise solenoid valflere takılmıştır. Solenoid valflere ardışık olarak bağlanan her bir basınç regülatörünün çıkışına yüksek basınç hortumları bağlanmış, bu hortumların diğer uçları ise püskürtme rampası üzerine dizilmiş püskürtme memelerine takılmıştır. Böylece sistemin sıvı iletim hattı oluşturulmuştur (Şekil 3.28).



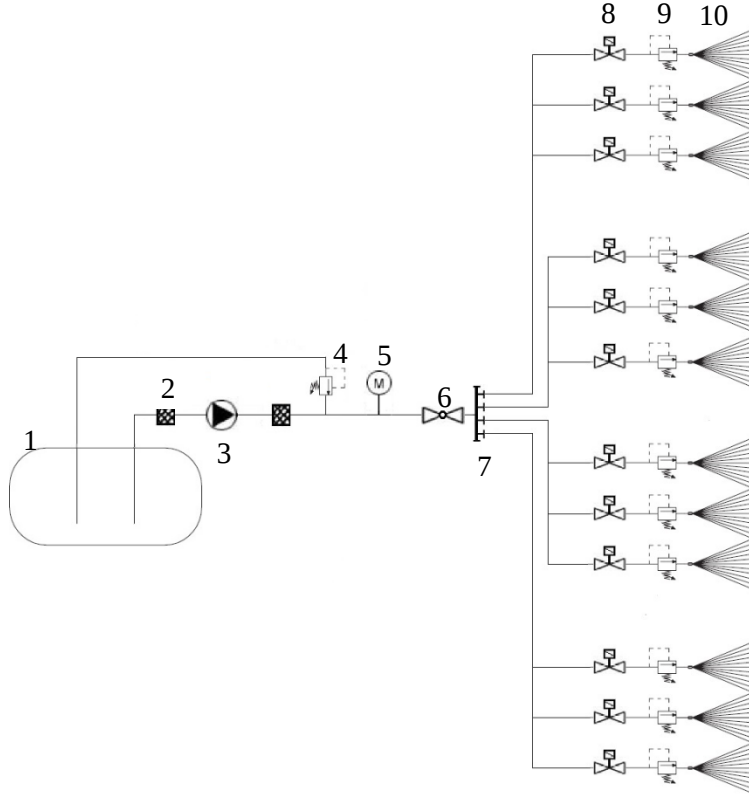
Şekil 3.28 Solenoid valf, basınç regülatörü, yüksek basınç hortumları ve püskürtme memesi grupları

Solenoid valfler ve bunlara ardışık olarak bağlanan basınç regülatörlerini oluşturan grup, sac bir levhaya plastik kelepçelerle bağlanmış, sac levha da pülverizatör deposu üzerine konumlandırılmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Solenoid valf ve basınç regülatörlerinin bağlandığı sac levhanın depo üzerinde üstten görünümü

Oluşturulan püskürtme sisteminin şematik görünümü aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30 Püskürtme sisteminin hidrolik devre şeması (1) Depo, (2) Filtre, (3) Pompa, (4) Basınç regülatörü, (5) Manometre, (6) Küresel vana, (7) Kollektör, (8) Solenoid valf, (9) Basınç regülatörü

Lazer sensörün ilaçlama makinasının ön tarafında yer alması gerektiği için, lazer sensör traktörün çamurluğuna cıvata-somun bağlantısı ile bağlanan bir kola monte edilmiştir (Şekil 3.31). Lazer sensör ile püskürtme memeleri arasındaki mesafe (1,4 m) ve ilerleme hızı (5 km h^{-1}) arasındaki ilişki tespit edilerek gecikme süresi belirlenmiş (1 sn) ve püskürtme işleminin zamanında olması sağlanmıştır.



Şekil 3.31 Lazer sensörün pülverizatörün ön kısmında, traktör yan tarafındaki konumu

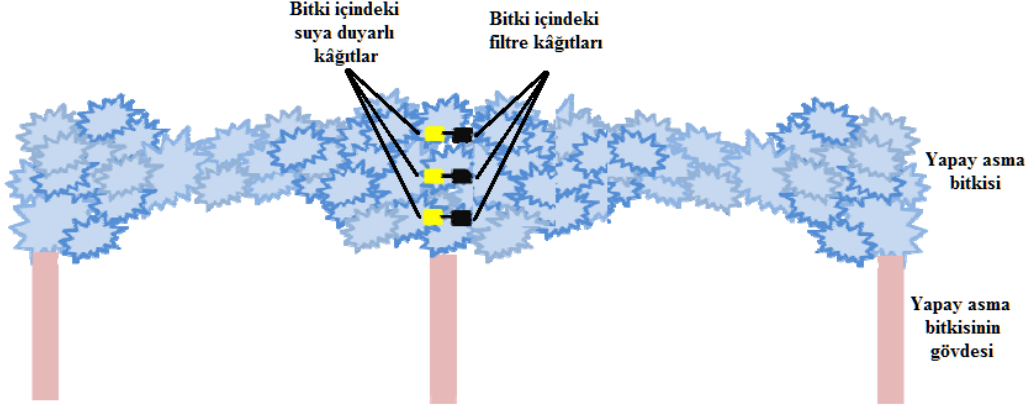
Sensörün konumlandırıldığı yükseklik ise asma bitkisi taç bölgesinin orta kısmına denk gelecek şekilde belirlenmiştir. Lazer sensör dikey olarak tarama yaptığı için asma bitkisi tacından aldığı veriler her defasında 4 eşit parçaya bölünerek, her bir meme grubunun kendisine karşılık gelen alana hesaplanan hacim doğrultusunda değişken düzeyli olarak püskürtme yapılmıştır.

Geliştirilen akıllı püskürtme sistemi ve geleneksel pülverizatörün denemeleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü deneme alanında yapılmıştır. Bu amaçla 3 farklı yaprak alan indeksine sahip yapay asma bitkisi kullanılmıştır. Proje kapsamında geliştirilen sistem ve geleneksel ilaçlama makinası olmak üzere 3'er tekerrürlü olarak gerçekleştirilen denemeler sırasında bitki üzerindeki iz maddesi birikim miktarı, kaplama oranı, yere ve havaya sürüklenen iz maddesi miktarları ile püskürtülen sıvı miktarları da belirlenmiştir.

Kaplama oranlarının belirlenebilmesi için suya duyarlı kâğıtlar, yapay asma bitkilerinin bitki merkez bölgesindeki üst, orta ve alt kısımlara 5x2,6 cm ölçülerinde kesilerek kısıkaçlar ile tutturulmuştur.

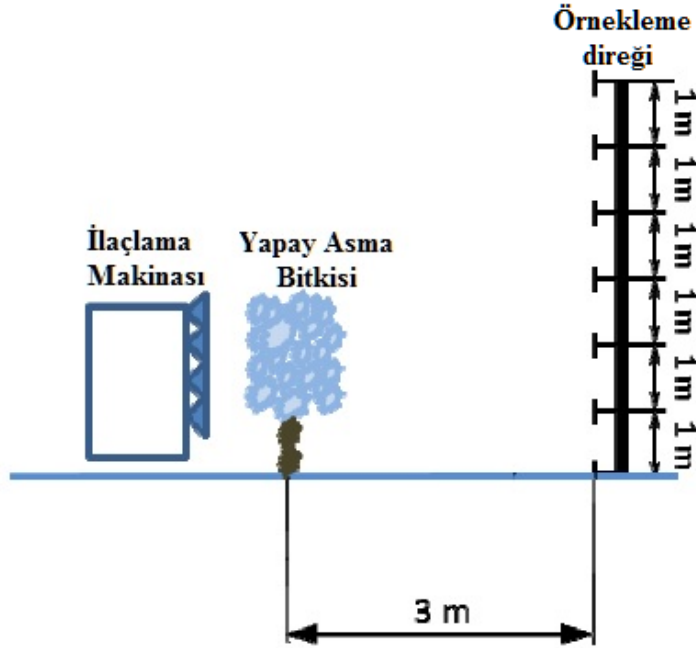
İz maddesi birikim oranlarının belirlenebilmesi için kullanılan filtre kâğıtları 10x10 ve 30x10 cm ölçülerinde kesilerek bitki merkez bölgesindeki üst, orta, alt kısımlarda, direklerde ve direk diplerinde kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda özellikle havaya olan sürüklenmenin ölçülmesinin zorluğundan dolayı daha farklı yöntemler geliştirilmiştir. Urkan, (2012), Bui et al.'e (1998) ve Fritz and Hoffman'a (2008) atfen, bu tip ölçümlerde plastik veya pamuk ipler, plastik bantlar, teller, ağlar gibi çeşitli pasif toplayıcılar kullanıldığını, Panneton et al.'e (2006) atfen, yere oluşan sürüklenmenin ölçülmesi için filtre kâğıtlarını belirli aralıklarla bitkilerin altına ve sıra aralarına yerleştirdiklerini söylemektedir.

Bitki içindeki iz maddesi birikim miktarı ve kaplama oranının belirlenmesi için ana gövdenin iç tarafına kısıkaçlarla tutturulan hem 10x10 cm ölçülerinde filtre kâğıtları hem de 5x2,5 cm ölçülerinde suya duyarlı kâğıtların yerleşimi Şekil 3.32'de görülmektedir.



Şekil 3.32 Yapay asma bitkisi içindeki örneklem noktalarının yeri

Havaya ve yere olan sürüklenme ölçümleri için yapay asma bitkisi arkasına direkler Şekil 3.33'deki ölçülerde yerleştirilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sürüklenme ölçümleri hedef bitki olan yapay asma bitkisi ekseninden, sıra arası mesafesi olan 3 m uzaklıktan yapılmıştır.



Şekil 3.33 Deneme düzeninin yandan görünümü

Traktör ilerleme eksenine paralel olarak, her yapay asma bitkisinin orta kısmından 3 m uzaklığa yerleştirilen 6 m yüksekliğindeki 3 adet direğin diplerine her biri 30x10 cm ölçüsünde ve yerden 1., 2., 3., 4., 5., 6. m yüksekliklere ise her biri 10x10 cm ölçüsünde filtre kâğıtları yerleştirilmiştir. Direkler yardımıyla havaya olan sürüklenme miktarları ayrı ayrı ölçülmüştür. Jensen and Arvidsson

(2000) yaptıkları çalışmada havaya giden sürüklenmeyi ölçebilmek için 6 m yüksekliğinde ve üzerlerinde belli mesafelerde ölçüm noktaları bulunan direkler kullanmışlardır (Urkan, 2012).

Geleneksel makina ile yapılan denemelerde oluşan türbülansın etkisinin azaltılması için püskürtme işlemi yapay asma bitkisinden yaklaşık 1,5 m önce başlatılmış ve yine yaklaşık 1,5 m geçinceye kadar sürdürülmüştür. Püskürtme işlemi bitkinin sadece bir tarafına doğru yapılmış, filtre ve suya duyarlı kâğıtların toplanması için en az 15 dakika kurumaları beklenmiştir. Daha sonra filtre kâğıtları, kasalardaki kodlanmış cam ve plastik kavanozların içine, suya duyarlı kâğıtlar ise şeffaf torbalara koyularak toplanmıştır.

İlk olarak geliştirilen sistem ile yapılan denemeler daha sonra geleneksel ilaçlama makinasıyla da aynı şekilde yapılarak bitirilmiş, elde edilen verilerin analizi yapılmıştır.

3.2.1 Hacim hesaplaması

Lazer sensör ile hacim hesaplaması temel olarak sensör aracılığı ile algılanan mesafelerin aritmetik işlemlerden geçirilmesi ile yapılmaktadır. Bu amaç için hazırlanan programda asma bitkisinin ortalama yüksekliği, kamera yüksekliği, kameranın bitki merkezine olan mesafesi, bağın alt yapraklarının yerden ortalama yüksekliği, traktör hızı, kamera emniyet mesafesi, bölüm sayısı, teorik bitki genişliği ve “T” bağ genişliği değerleri sabit alınmıştır (Şekil 3.34).

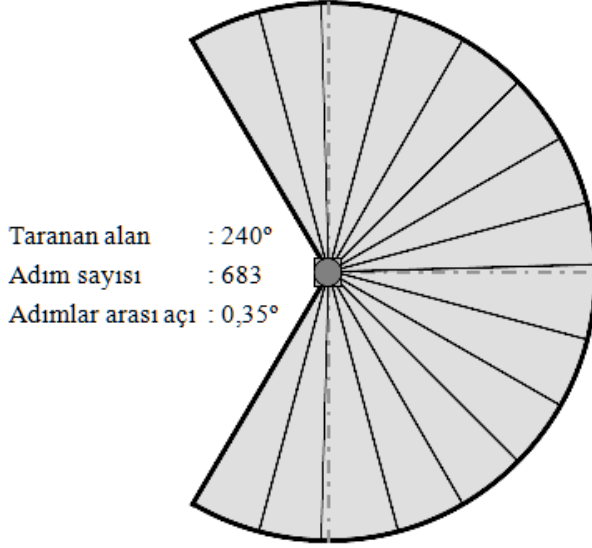
The screenshot shows a 'Settings' window with the following parameters and values:

BAĞ YÜKSEKLİĞİ :	1800 mm	Kamera COM Port :	COM15
KAMERA YÜKSEKLİĞİ :	1150 mm	Kamera Bağlantı Hızı :	115200
KAMERA MESAFESİ :	950 mm	Arduino COM Port :	COM22
BAĞ ALT SEVİYESİ :	900 mm	Arduino Bağlantı Hızı :	38400
TRAKTÖR HIZI :	6 km/saat	1 Saniyedeki Tekrar Sayısı :	4
KAMERA EMNİYET MESAFESİ :	200 mm	Veri Oranı :	20
BÖLÜM SAYISI :	4		
TEORİK BITKİ GENİŞLİĞİ :	700 mm		
T BAĞ GENİŞLİĞİ :	600 mm		

At the bottom of the window, there are two buttons: 'Kaydet ve Kapat' (Save and Close) and 'İptal' (Cancel).

Şekil 3.34 Program ayarlarının ekran görüntüsü

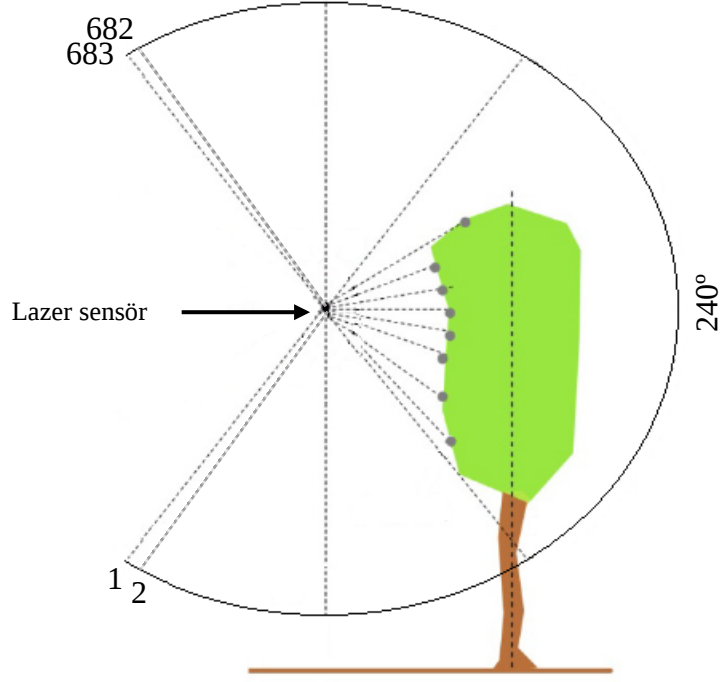
Lazer sensörün tarama hızı 100 ms'dir ve her taramada yaklaşık 240°'lik alanı taramaktadır. 240°'lik tarama alanı 683 adımda gerçekleşmekte, böylece her taramada 683 ayrı noktanın mesafe değerini vermektedir. Adımlar arasındaki açı değeri tam olarak 0,3515625°'dir ($0,3515625 \times 682 \approx 240^\circ$) (Şekil 3.35).



Şekil 3.35 Lazer sensörün tarama alanı

Saniyede 10 kez gerçekleşen tarama hızı solenoid valflerin tepki süresi, veri boyutu ve bilgisayar işlemci hızı dikkate alındığında yüksek bulunmuş, denemeler yapılırken bu hız saniyede 4 kez olacak şekilde ayarlanmıştır.

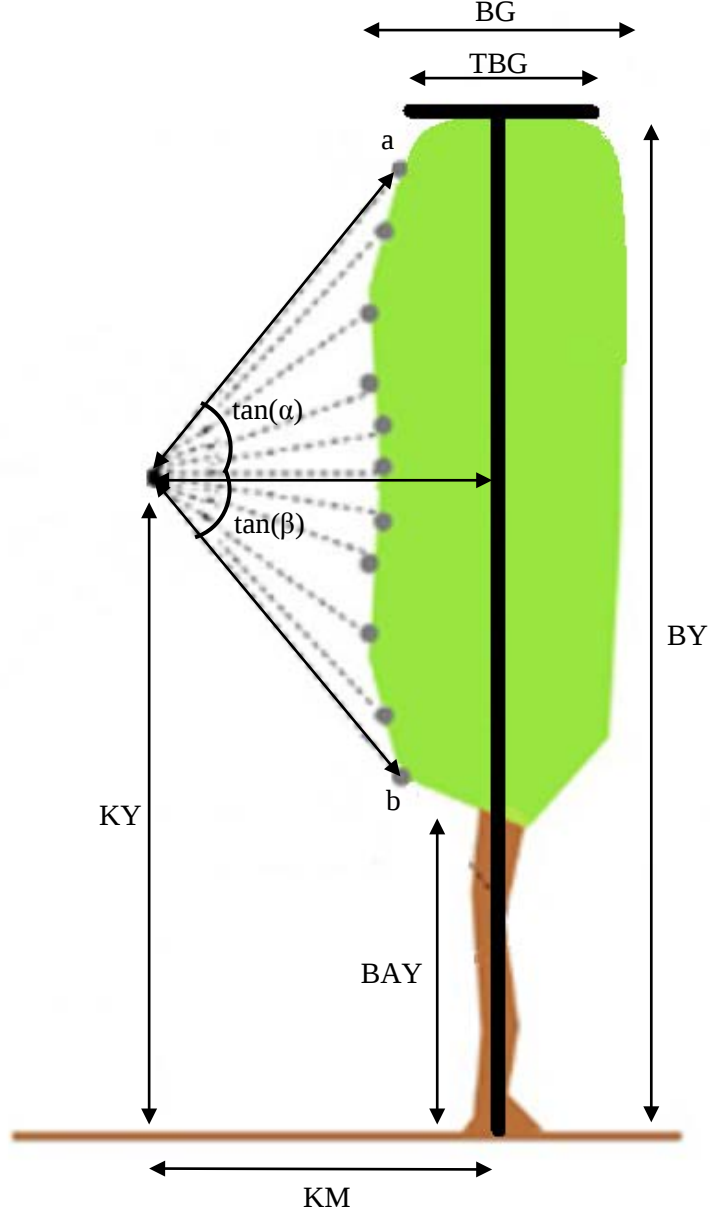
Veri alımına başlamadan önce asma yapraklarının maksimum ve minimum yükseklikleri daha önce belirtildiği gibi belirlenip tanımlanmıştır. Lazer sensörün aldığı veriler içindeki bu değerler dışında kalanlar elimine edilmiştir (Şekil 3.36). Bunun yanı sıra lazer sensör tarama yaparken bazı adımların yaprakların arasındaki boşluklara denk gelip, tespit edebildiği maksimum mesafeyi (5600 mm) veri olarak okuması nedeniyle oluşacak hacim hesaplaması hatalarının önüne geçmek için belli bir değerin üstündeki değerler de göz ardı edilmiştir.



Şekil 3.36 Lazer sensörün taradığı alan, adım sayısı ve hacim hesaplamasında dikkate alınan kısımlar (ucu noktalı olan adımlar)

Asma bitkisinin ve lazer sensör konumunun daha önce ifade edilen bazı mesafe bilgileri ön tanımlı olarak programa girildiği için sensörün yaydığı lazer ışınlarından hangilerinin bitkiyi algıladığı, bitkiyi algılayan en üst ve en alt lazer ışınları arasındaki açı belirlenebilmektedir. Bu açılardan, bilinen ve anlık olarak algılanan mesafe verilerinden yola çıkılarak bitkinin algılandığı ardışık her 2 lazer ışını arasında kalan hacim ilerleme hızı da dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

Şekil 3.37’de verilen örnekte öncelikle yapay asma bitkisinin en üst ve en alt noktasını algılayan “a”, “b” ışınlarının yatayla yaptığı açı ve bu ışınların kaç numaralı ışın olduğu belirlenmektedir. Daha sonra (a) ve (b) ışınlarının arasındaki mesafe değerleri algılanan ışınların numaraları da belirlenerek, ardışık her iki ışının bitki üzerinde algıladığı noktaların bitki merkezine olan uzaklıkları tespit edilmekte, aralarındaki alanlar hesaplanmaktadır.



Şekil 3.37 Lazer ışın demetinin bitkiyi algılayan en üst ve en alt ışınlarının ve yatayla yaptığı açılarının belirlenmesi

$$\tan(\alpha) = \frac{BY - KY}{KU - (TBG/2)}$$

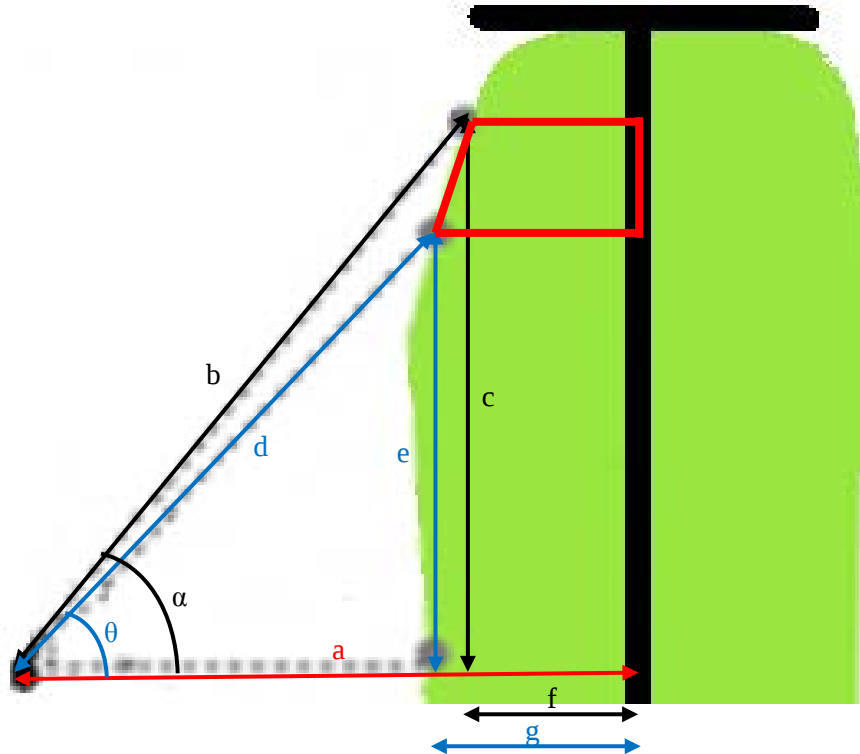
$$\tan(\beta) = \frac{KY - BAY}{KU - (TBG/2)}$$

$$a = 342 - \frac{\tan(\alpha)^{-1}}{AAÇ^*}$$

$$b = 342 + \frac{\tan(\beta)^{-1}}{AAÇ^*}$$

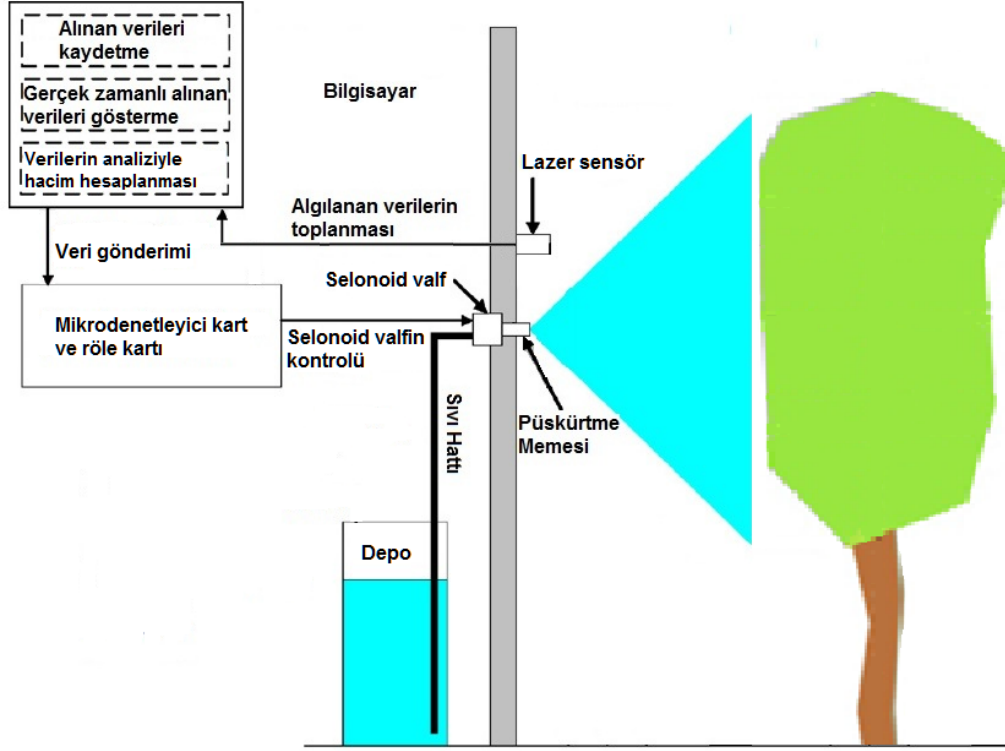
- KY : Kameranın yerden yüksekliği
 KM : Kameranın bitki merkezine olan mesafesi
 BAY : Asma bitkisi alt yapraklarının yerden yüksekliği
 BY : Asma bitkisinin yüksekliği
 BG : Bağ genişliği
 TBG : “T” bağ genişliği
 AAÇ : Adımlar arası açı ($0,35^\circ$)
 a : Bitki en üst noktasını algılayan ışının numarası
 b : Bitki en alt noktasını algılayan ışının numarası
 342 : Yere paralel olan ışının numarası

Şekil 3.38’de ise bitkiyi algılayan 2 adet lazer ışını görülmektedir. Bu iki nokta arasındaki kırmızı çerçeve içine alınmış yamuğun alanı hesaplanırken, lazer ışınlarının yatayla yaptığı açılar ve oluşturdukları dik üçgenler yardımıyla kenar uzunlukları ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Daha sonra $\cos\alpha = a-f/b$ ’den “f” mesafesi hesaplanıp söz konusu noktanın bitki merkezine olan uzaklığı belirlenmektedir. Aynı şekilde “d” ışınının yatayla yaptığı açı (θ) ve lazer sensörün bitki merkezine olan uzaklığı (a) bilinmekte, $\cos\theta = a-g/d$ ’den “g” mesafesi hesaplanıp söz konusu noktanın bitki merkezine olan uzaklığı belirlenmektedir. “b” ve “d” ışınlarının bitkiyi algıladıkları noktalarındaki dikey mesafe ise $\sin\alpha = c/b$ ’den “c”, $\sin\theta = e/d$ ’den ise “e” mesafesi arasındaki farkın hesaplanması ile bulunmaktadır. Böylece yamuğun bütün kenarları bulunup önceden belirlenmiş ilerleme hızı faktörü de dikkate alınarak hacim hesaplaması yapılmaktadır.



Şekil 3.38 Lazer sensör ile hacim hesaplaması

Akıllı püskürtme sisteminin bileşenleri ve şematik görünümü Şekil 3.39'da gösterilmiştir.



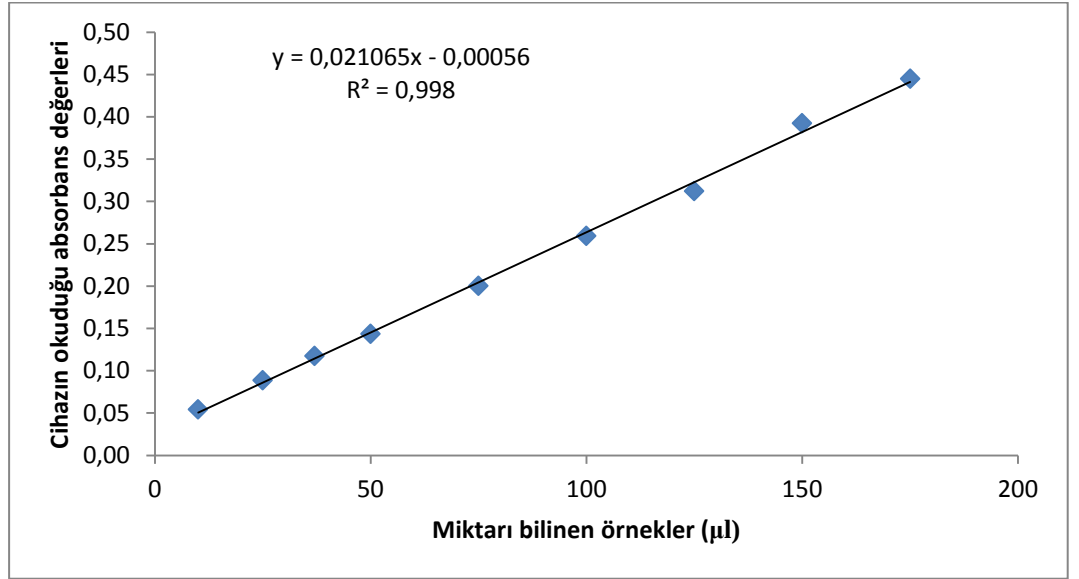
Şekil 3.39 Geliştirilen sistemin bileşenleri ve şematik görünümü

Denemeler 5 km h^{-1} ilerleme hızında gerçekleştirilmiş, geliştirilen yazılım ile lazer sensör 1 saniyede 4 adet veri dizisi alacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra bu verilerin ortalamaları alınması suretiyle tek bir veri dizisi haline getirilerek, akıllı püskürtme sisteminin hesaplanan hacme göre her saniye değişen oranlı püskürtme yapması sağlanmıştır.

Ege Bölgesi bağ alanlarında uygulama normu çiçeklenme döneminde $50-60 \text{ L da}^{-1}$, koruk ve tam oluşum dönemlerinde ise $90-110 \text{ L da}^{-1}$ olmaktadır. Bundan dolayı geleneksel makina ile denemeler yapılırken uygulama normu 1. yapay asma bitkisinde 60 L da^{-1} , 2. ve 3. yapay asma bitkisinde ise 100 L da^{-1} olarak belirlenmiştir. Akıllı püskürtme sisteminde ise maksimum uygulama normu 100 L da^{-1} olacak şekilde ayarlanmıştır. Sistem algıladığı yaprak yoğunluğuna bağlı olarak uygulama hacmine karar vermektedir.

3.2.2 Laboratuvar analizlerinin yapılması

Spektrofotometre cihazında ölçümler yapılmadan önce cihazın kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Bu işlem için otomatik mikro pipetler kullanılarak 1 gL^{-1} 'lik çözeltiden belirli miktarlarda örnekler alındıktan sonra her bir örneğe 30 ml saf su eklenerek standart seri hazırlanmıştır. İçindeki iz maddesi miktarları bilinen seyreltilmiş örnekler spektrofotometre cihazında okutulmuştur. Okunan değerler cihazın hafızasına kayıt edilmiştir. Denemelerde örnekleme noktalarından toplanan filtre kâğıtları 30 mL saf suyun içine konularak orbital karıştırıcıda 3 dakika süreyle çalkalanmıştır. Yüksek konsantrasyonlu örnekler spektrofotometrenin okuyabilmesi için bilinen oranlarda seyreltilmiş ve okunan değerler seyreltme oranlarına bağlı katsayılarla çarpılarak düzeltilmiştir. Daha sonra bu örneklerden tek kullanımlık pipetler yardımıyla alınan sıvılar küvetlere konularak spektrofotometre cihazında okutulmuştur. Cihazın okuduğu değerler, standart seriden elde edilen kalibrasyon grafiğine yerleştirilerek örnek sıvı içindeki iz maddesi miktarları bulunmuştur. Daha sonra filtre kâğıdı alanına bölünmesiyle birim alana düşen iz maddesi değerleri hesaplanmıştır. Cihaza ait kalibrasyon grafiği Şekil 3.40'ta verilmiştir.



Şekil 3.40 Spektrofotometre cihazının kalibrasyon grafiği

3.2.3 Kaplama oranı ölçümlerinin yapılması

Suya duyarlı kâğıtlar (5x2,5 cm) tarayıcı vasıtası ile taranarak $2,25 \text{ cm}^2$ 'lik alanları büyütülmüş ve bu görüntüler bilgisayara kayıt edilmiştir. Daha sonra ImageTool programının kalibrasyonu yapılmış ve kayıt edilen görüntüler

programda tek tek açılarak Grayscale (gri seviyeye indirme) ve Threshold (İkili seviyeye indirme) gibi işlemlerden geçirilmiştir. En son olarak da taranan alanlardaki kaplama oranları program tarafından hesaplanıp piksel sayıları ve yüzde kaplama oranları değerler şeklinde belirlenmiştir.

3.2.4 İstatistik analizlerin yapılması

Denemelerde elde edilen veriler SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. tarafından geliştirilen JMP 5.0.1a istatistik programı ile analiz edilmiştir. Ayrıca bitkilerin alt, orta ve üst bölgelerinde oluşan iz maddesi birikim miktarlarına ait dağılım düzgünlüğü değerleri varyasyon katsayıları hesaplanarak belirlenmiştir.

4. GENEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

4.1 Denemelerin Sonuçları ve İstatistiksel Analizler

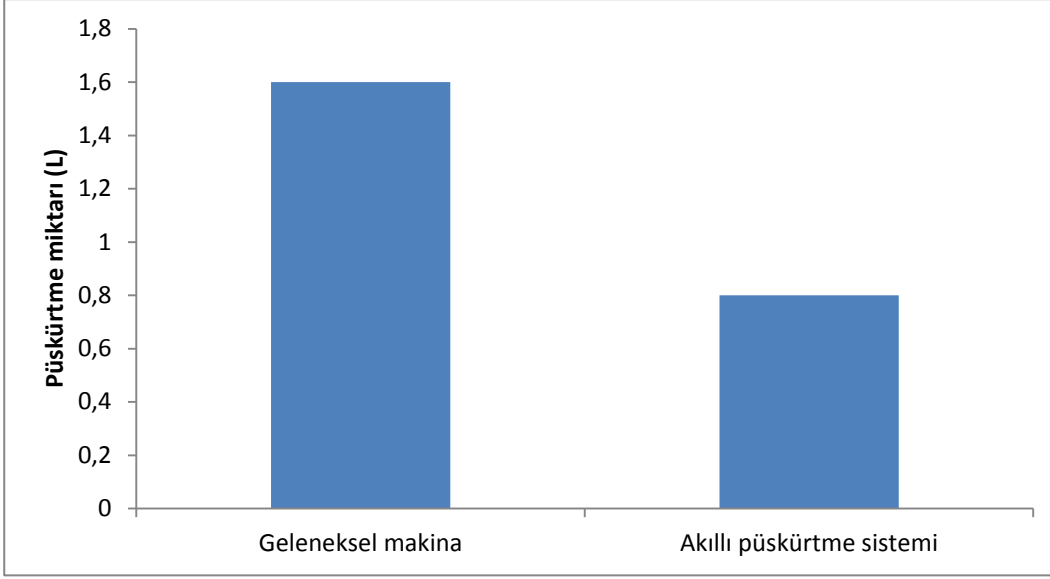
Bu bölümde proje kapsamında geliştirilen akıllı püskürtme sistemi ve geleneksel makina ile yapılan püskürtme denemelerinden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapay asma bitkisi içindeki örnekleme noktalarından ölçülen iz maddesi birikim miktarları, bitki arkasındaki direklerde ölçülen sürüklenme miktarları, grafikler halinde verilerek açıklanmış, elde edilen verilere göre kullanılan her iki yöntemin aralarındaki ilişki istatistiksel yönden karşılaştırılmıştır. Deneme verilerinin istatistik analizlerine ait çizelgeler Ekler kısmında verilmiştir.

4.1.1 1. yapay asma bitkisi uygulama denemelerinin sonuçları

Proje kapsamında geliştirilen akıllı makina ile 1. yapay asma bitkisinde geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi ile yapılan püskürtme denemelerinden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1.1 1. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları

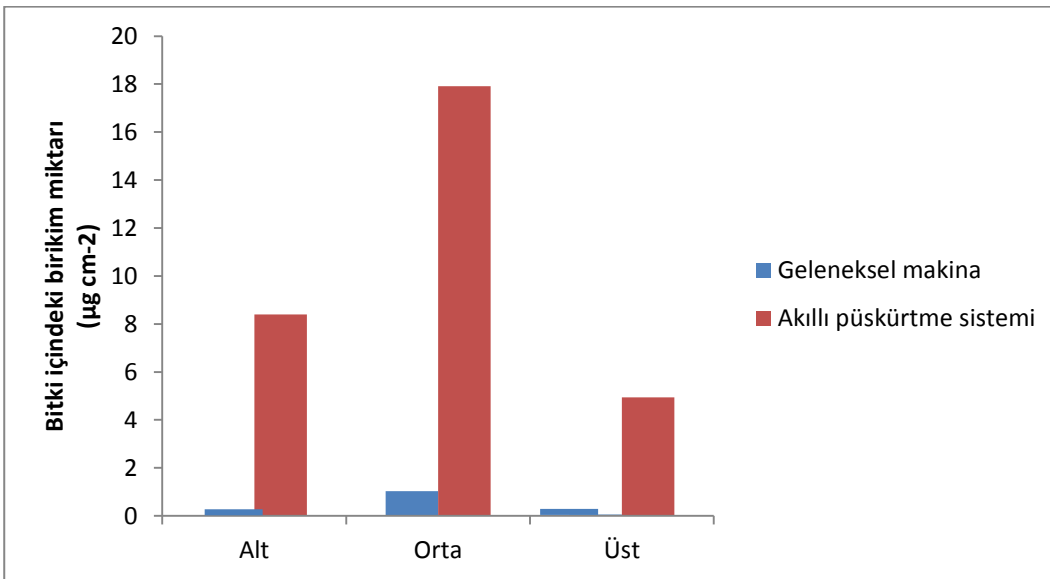
Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 1. yapay asma bitkisinde gerçekleşen püskürtme miktarları Şekil 4.1’de görülmektedir. Geleneksel makina ile yapılan denemelerde gerçekleşen püskürtme miktarı akıllı püskürtme sistemi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarının yaklaşık 2 katı olarak ölçülmüştür. 1. yapay asma bitkisinin alt kısımlarında yapraklanmanın olmaması dolayısıyla akıllı püskürtme sisteminin bu bölgeye püskürtme yapmamasına ve püskürtme miktarının daha düşük olmasına yol açmıştır.



Şekil 4.1 1. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları

4.1.1.2 1. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 1. yapay asma bitkisi içindeki bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları Şekil 4.2’de görülmektedir. Geleneksel makina her üç bölgede düşük iz maddesi birikim miktarları sağlamış, öte yandan akıllı püskürtme sisteminin daha yüksek birikim miktarları sağladığı tespit edilmiştir. İz maddesi birikim miktarı her iki uygulamada da orta bölgede diğer bölgelere göre daha fazla ölçülmüştür.



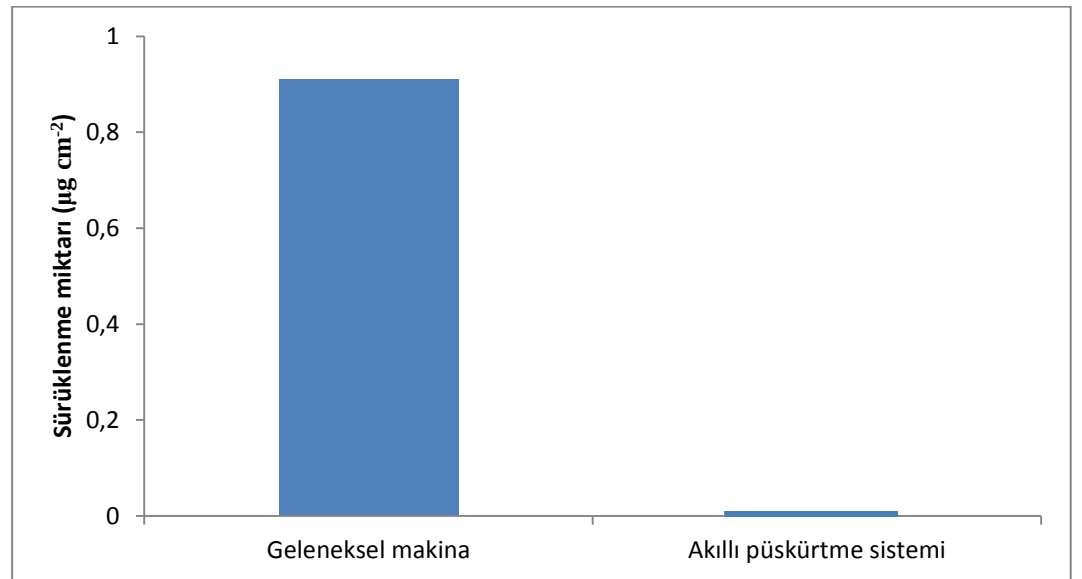
Şekil 4.2 1. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları.

Her iki uygulama çeşidinin yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde bulunan örnekleme bölgelerinde ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarlarına etkisi istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Bkz. Ek 1, 2 ve 3). Eklerden anlaşılabacağı gibi kullanılan yöntemlerin yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen ortalama iz maddesi birikimi miktarına etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($\alpha < 0,05$).

Her iki uygulama çeşidinin yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarlarına etkisi de istatistiksel olarak incelenmiştir (Bkz. Ek 10). Ekten anlaşılabacağı gibi kullanılan yöntemlerin yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikimi miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\alpha < 0,05$).

4.1.1.3 1. yapay asma bitkisi arkasında yere olan sürüklenme miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları Şekil 4.3'te görülmektedir. Direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarı geleneksel makina ile yapılan uygulamada yüksek miktarlardayken, akıllı püskürtme sistemi ile yapılan uygulamada yere sürüklenme olmamıştır. 1. yapay asma bitkisi alt bölgelerinde yapraklanma olmaması ve akıllı püskürtme sisteminin bu bölgeye püskürtme yapmaması sebebiyle yere sürüklenme gerçekleşmemiştir.

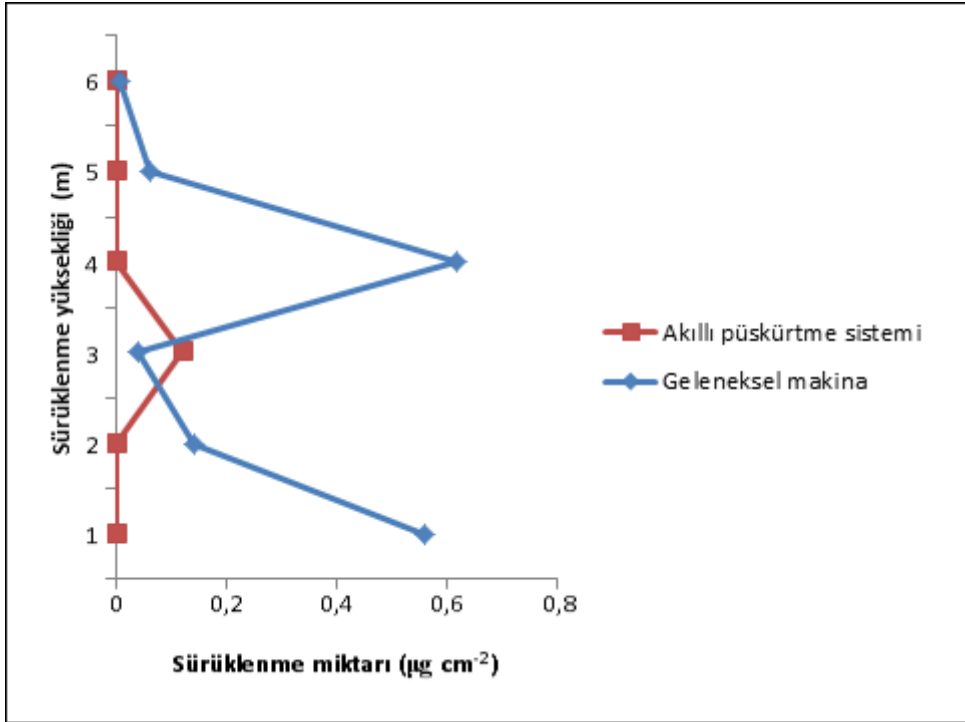


Şekil 4.3 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları.

Her iki uygulama çeşidinin yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarlarına etkisi istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Bkz. Ek 13). Ekten anlaşılacağı gibi kullanılan yöntemlerin yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarlarına etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($\alpha < 0,05$).

4.1.1.4 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerindeki örnekleme yüzeylerinde ölçülen havaya olan sürüklenme miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen sürüklenme miktarları Şekil 4.4'te görülmektedir. Akıllı püskürtme sistemi ile yapılan uygulamada sadece 3 metre yükseklikte sürüklenme tespit edilirken, diğer yüksekliklerde sürüklenme olmamıştır. Geleneksel makina ile yapılan uygulamada ise en yüksek sürüklenme miktarı 1 ve 4 metre yüksekliklerinde ölçülmüştür.



Şekil 4.4 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları

İki tip yöntem ile yapılan çalışmalarda yapay asma bitkisinin arkasında bulunan direk üzerinde ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili

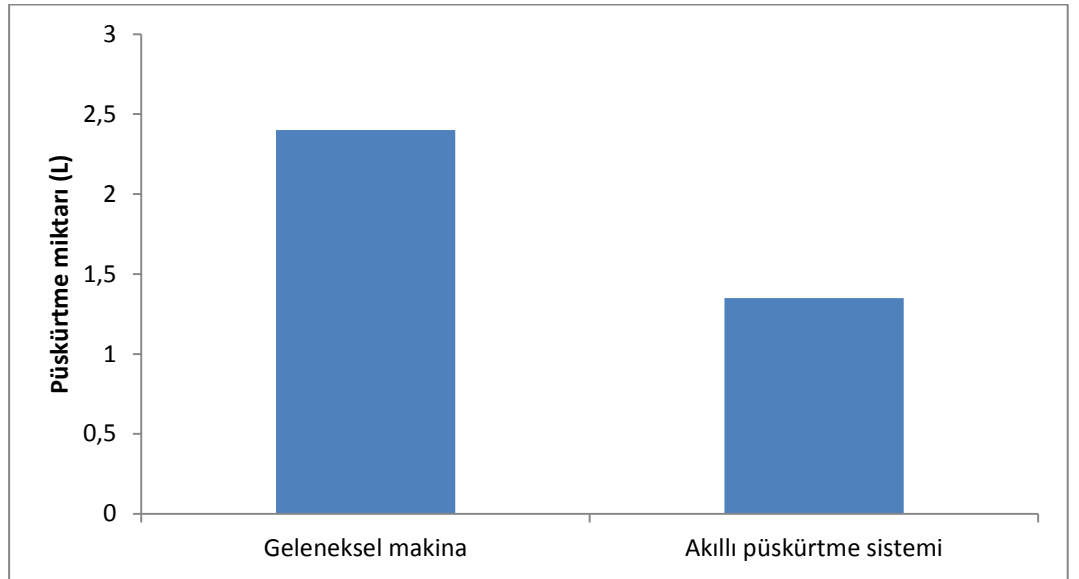
istatistiksel analiz çalışması yapılmıştır (Bkz. Ek 16). Kullanılan yöntemlerin, bitki arkasında bulunan direk üzerindeki filtre kağıtlarının analiz edilmesi sonucu ölçülen iz maddesi miktarlarına etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($\alpha < 0,05$).

4.1.2 2. yapay asma bitkisi uygulama denemelerinin sonuçları

Proje kapsamında geliştirilen akıllı makina ile 2. yapay asma bitkisinde geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi ile yapılan püskürtme denemelerinden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.2.1 2. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları

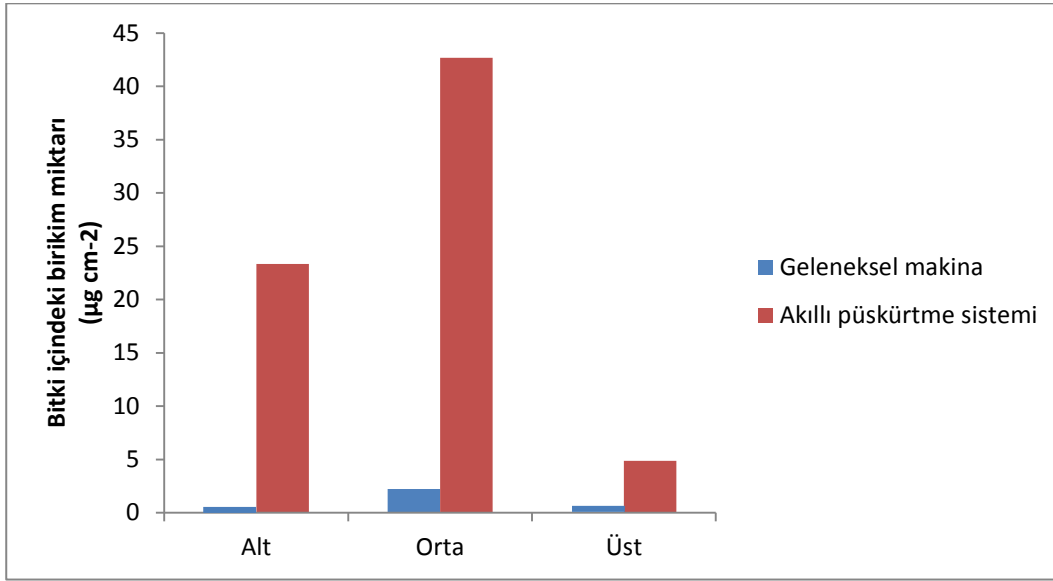
Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 2. yapay asma bitkisinde gerçekleşen püskürtme miktarları Şekil 4.5'te görülmektedir. Akıllı püskürtme sistemi uygulamasında gerçekleşen püskürtme miktarı geleneksel makina ile yapılan uygulamadaki püskürtme miktarından yaklaşık %45 oranında daha az ölçülmüştür.



Şekil 4.5 2. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları

4.1.2.2 2. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 2. yapay asma bitkisi içindeki bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları Şekil 4.6'da görülmektedir. Geleneksel makina ile yapılan uygulamada alt ve orta bölgede çok az miktarda iz maddesi birikimi ölçülürken, üst kısımda birikim olmamıştır. Akıllı püskürtme sistemi uygulamasında ise en fazla iz maddesi birikim miktarı sırasıyla orta, alt ve üst bölgelerde ölçülmüştür.



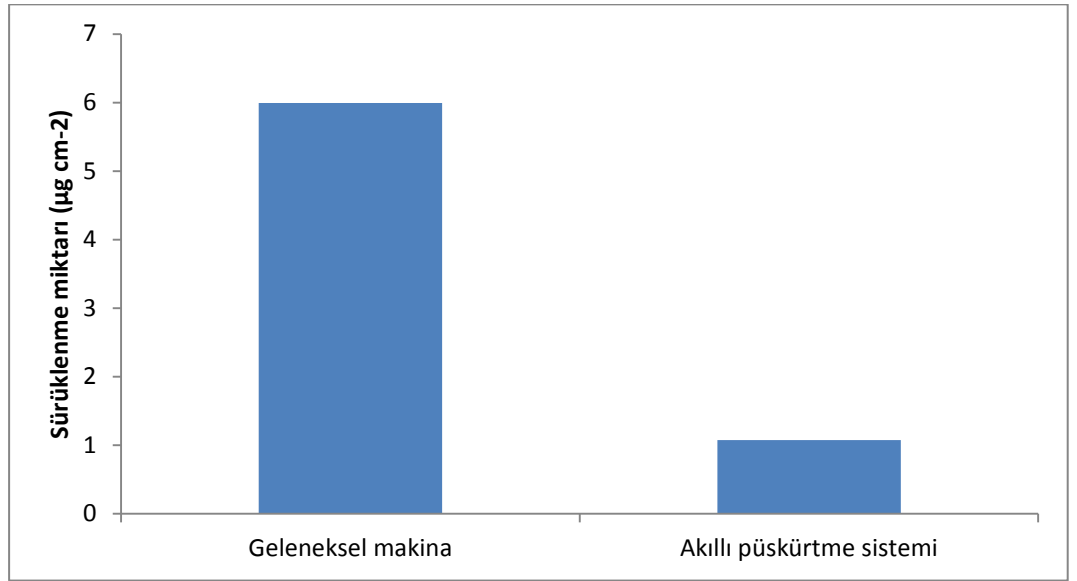
Şekil 4.6 2. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları.

Her iki uygulama çeşidinin yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde bulunan örnekleme bölgelerinde ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarlarına etkisi istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Bkz. Ek 4, 5 ve 6). Eklerden anlaşılabacağı gibi kullanılan yöntemlerin 2. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen ortalama iz maddesi birikimi miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\alpha < 0,05$).

Her iki uygulama çeşidinin 2. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarlarına etkisi de istatistiksel olarak incelenmiştir (Bkz. Ek 11). Kullanılan yöntemlerin yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikimi miktarına etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($\alpha < 0,05$).

4.1.2.3 2. yapay asma bitkisi arkasında yere olan sürüklenme miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 2. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları Şekil 4.7’de görülmektedir. Direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarı geleneksel makina ile yapılan uygulamada daha fazla gerçekleşirken, akıllı püskürtme sistemi uygulamasında çok daha az sürüklenme ölçülmüştür.



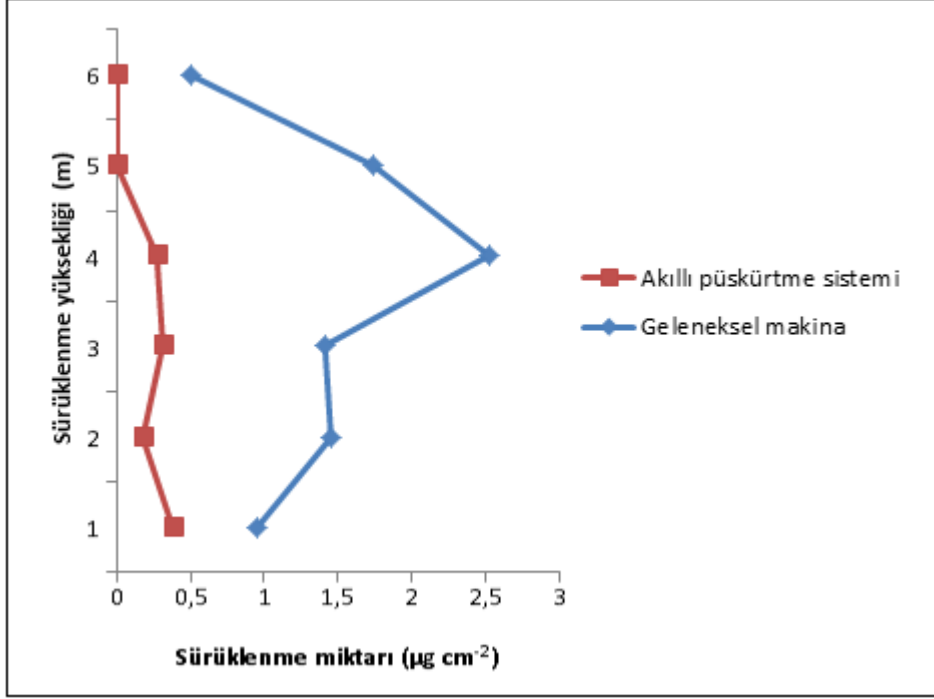
Şekil 4.7 1. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları.

Her iki uygulama çeşidinin yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarlarına etkisi istatistiksel olarak incelenmiştir (Bkz. Ek 14). İnceleme sonucu kullanılan yöntemlerin yere olan sürüklenme miktarlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\alpha < 0,05$).

4.1.2.4 2. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerindeki örnekleme yüzeylerinde ölçülen havaya olan sürüklenme miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 2. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları Şekil 4.8’de görülmektedir. Geleneksel makina ile yapılan uygulamada daha fazla sürüklenme tespit edilirken, en fazla sürüklenme miktarı 4

metre yükseklikte ölçülmüştür. akıllı püskürtme sistemi denemelerinde ise en fazla sürüklenme 1 metre yükseklikte ölçülmüş, 5 ve 6 metre yükseklikte sürüklenme olmamıştır.



Şekil 4.8 2. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları

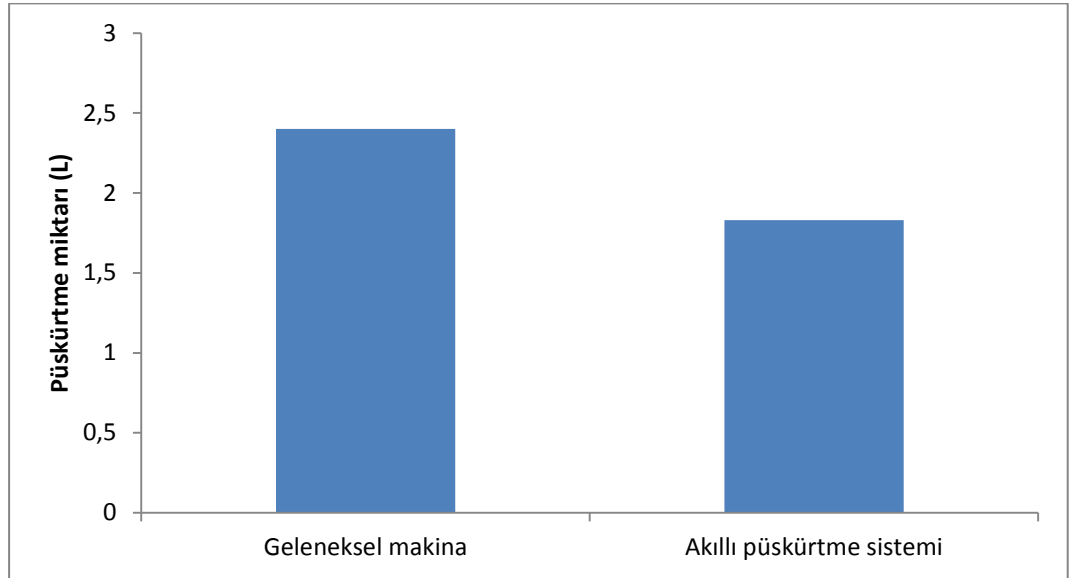
İki tip yöntem ile yapılan çalışmalarda 2. yapay asma bitkisinin arkasında bulunan direk üzerinde ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz yapılmıştır (Bkz. Ek 17). Kullanılan yöntemlerin, bitki arkasında bulunan direk üzerindeki filtre kâğıtlarının analiz edilmesi sonucu ölçülen iz maddesi miktarlarına etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($\alpha < 0,05$).

4.1.3 3. yapay asma bitkisi uygulama denemelerinin sonuçları

Proje kapsamında geliştirilen makina ile 3. yapay asma bitkisinde geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinden elde edilen sonuçlar sonraki alt bölümlerde verilmiştir.

4.1.3.1 3. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları

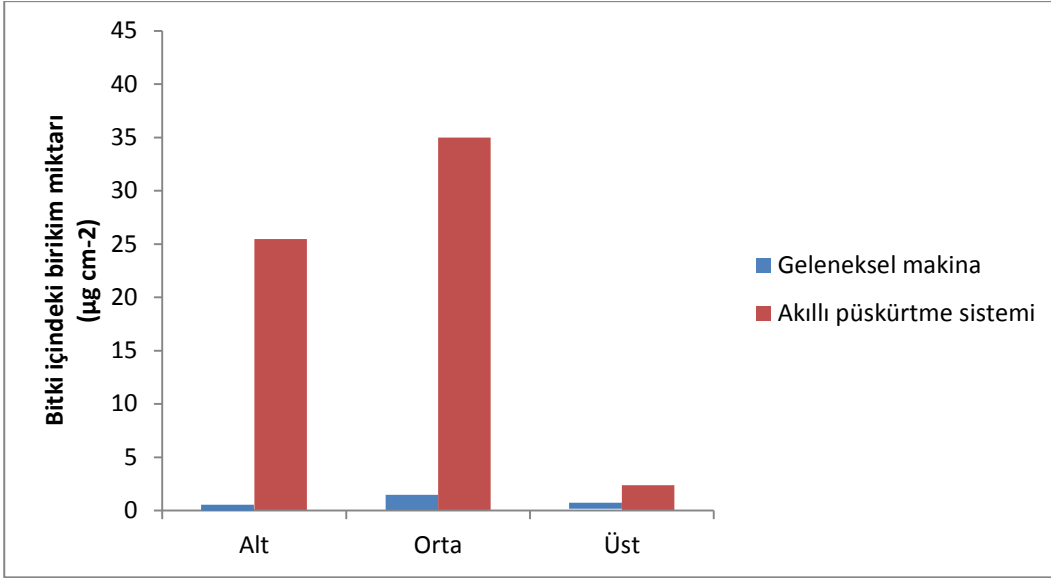
Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 3. yapay asma bitkisinde gerçekleşen püskürtme miktarları Şekil 4.9'da görülmektedir. Akıllı püskürtme sistemi ile gerçekleşen püskürtme miktarı geleneksel makina ile yapılan uygulamadaki püskürtme miktarından az olmakla beraber, bu fark diğer yapay asma bitkilerinde gerçekleşen farktan daha az seviyede olmuştur. Akıllı püskürtme sisteminin, koruk dönemini temsil eden 3. yapay asma bitkisi denemelerinde püskürtme memelerinin tümünün aktif olması püskürtülen sıvı miktarını arttırmış fakat yine de geleneksel makinadan daha az seviyede bir püskürtme miktarı ölçülmüştür.



Şekil 4.9 3. yapay asma bitkisi denemelerinde gerçekleşen püskürtme miktarları

4.1.3.2 3. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 3. yapay asma bitkisi içindeki bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları Şekil 4.10'da görülmektedir. Geleneksel makina ile yapılan uygulamada alt ve orta bölgedeki iz maddesi birikim miktarı çok az ölçülürken, üst kısımda birikim olmamıştır. Akıllı püskürtme sistemi uygulamalarında ise en fazla iz maddesi birikim miktarı sırasıyla orta, alt ve üst bölgelerde ölçülmüştür.



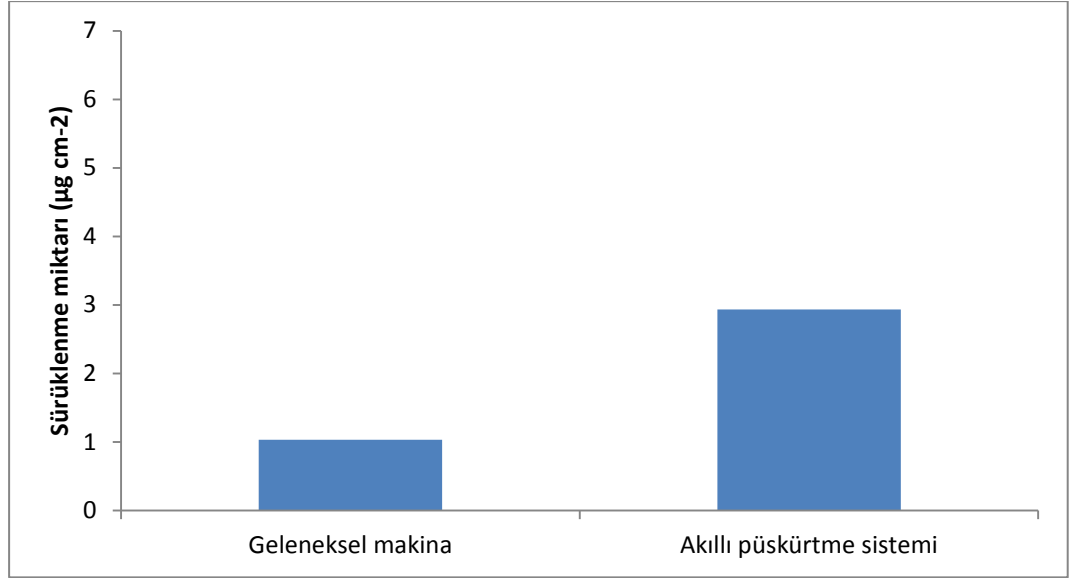
Şekil 4.10 3. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerinde ölçülen iz maddesi birikim miktarları.

Her iki uygulama çeşidinin 3. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde bulunan örnekleme bölgelerinde ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarlarına etkisi istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Bkz. Ek 7, 8 ve 9). Eklerden anlaşılacağı gibi kullanılan yöntemlerin 3. yapay asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen ortalama iz maddesi birikimi miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\alpha < 0,05$).

Her iki uygulama çeşidinin 3. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarlarına etkisi de istatistiksel olarak incelenmiştir (Bkz. Ek 12). Kullanılan yöntemlerin yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikimi miktarına etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($\alpha < 0,05$).

4.1.3.3 3. yapay asma bitkisi arkasında yere olan sürüklenme miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları Şekil 4.11’de görülmektedir. Direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarı akıllı püskürtme sistemi ile yapılan denemelerde daha fazla gerçekleşirken, geleneksel makina ile yapılan uygulamada çok daha az sürüklenme ölçülmüştür. Koruk dönemini temsil eden söz konusu yapay asma bitkisi denemelerinde akıllı püskürtme sisteminin alt kısımdaki meme gruplarının hepsinin aktif olması yere olan sürüklenmeyi artırıcı bir faktör olmuştur.

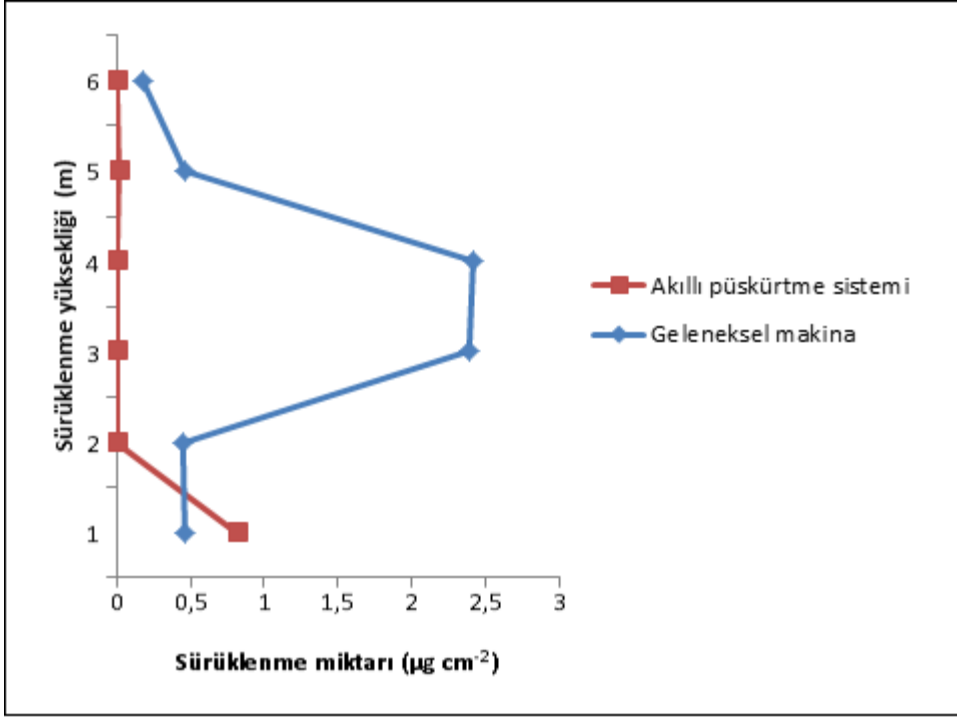


Şekil 4.11 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları.

Her iki uygulama çeşidinin 3. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarlarına etkisi istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Bkz. Ek 15). Ekten anlaşılacağı gibi kullanılan yöntemlerin yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($\alpha < 0,05$).

4.1.3.4 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerindeki örnekleme yüzeylerinde ölçülen havaya olan sürüklenme miktarları ile ilgili sonuçlar

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi denemelerinde, 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları Şekil 4.12’de görülmektedir. Geleneksel makina ile yapılan uygulamalarda daha fazla sürüklenme tespit edilirken, en fazla sürüklenme miktarı 3 ve 4 metre yükseklikte ölçülmüştür. Akıllı püskürtme sistemi uygulamalarında ise en fazla sürüklenme 1 metre yükseklikte ölçülmüş, diğer yüksekliklerde sürüklenme olmamıştır.



Şekil 4.12 3. yapay asma bitkisi arkasındaki direk üzerinde belirlenen yüksekliklerinde ölçülen toplam sürüklenme miktarları

İki tip yöntem ile yapılan çalışmalarda 3. yapay asma bitkisinin arkasında bulunan direk üzerinde ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz yapılmıştır (Bkz. Ek 18). Yapılan analize göre, kullanılan yöntemlerin, bitki arkasında bulunan direk üzerindeki filtre kâğıtlarının analiz edilmesi sonucu ölçülen iz maddesi miktarlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\alpha < 0,05$).

4.2 Denemelere Ait Ortalama Kaplama Oranı ve Bitki İçi Dağılım Düzgünlüğü Değerleri İle İlgili Sonuçlar

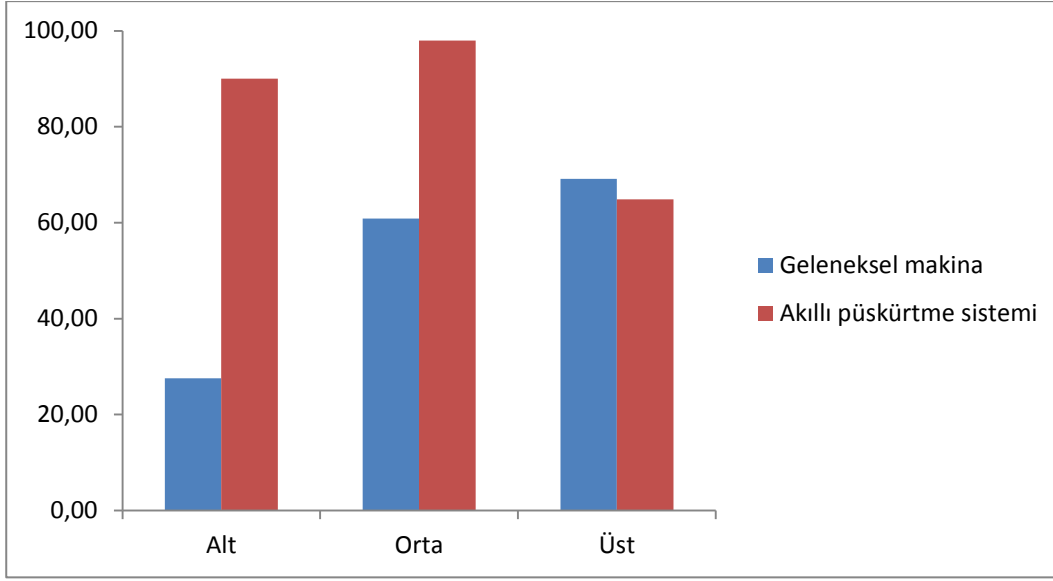
Yapılan denemeler sonucunda yapay asma bitkisinin üst, orta ve alt kısımlarında hesaplanan kaplama oranı ve bitki içi dağılım düzgünlüğü değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. İz maddesi birikim miktarlarına ait dağılım düzgünlükleri varyasyon katsayıları hesaplanarak belirlenmiştir.

Varyasyon katsayısının düşük olduğu bitki ve uygulama çeşidindeki bitki içi dağılım daha düzgün gerçekleşmiştir. Diğer taraftan akıllı püskürtme sistemi ile yapılan denemelerde farklı yetiştirme periyotlarını temsil eden 3 adet yapay asma bitkisinde de alt, orta ve üst bölgelerindeki ortalama kaplama oranı daha yüksek ölçülmüştür.

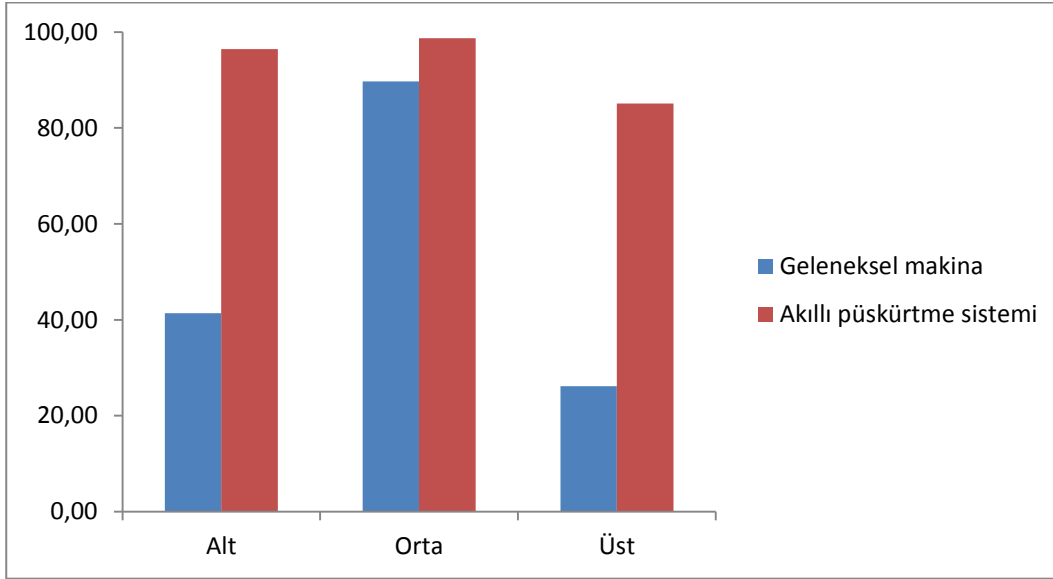
Çizelge 4.1 Her iki uygulama çeşidi için bitkinin farklı noktalarındaki ortalama kaplama değeri oranları ve dağılım düzgünlüğü değerleri

Uygulama çeşidi	Konum	Ortalama Kaplama Oranı (%)		
		Bitki		
		1	2	3
Akıllı püskürtme sistemi	Üst	65	85	77
	Orta	98	99	98
	Alt	90	96	94
CV (%)		64	80	80
Geleneksel makina	Üst	69	26	48
	Orta	61	90	29
	Alt	28	41	35
CV (%)		153	170	147

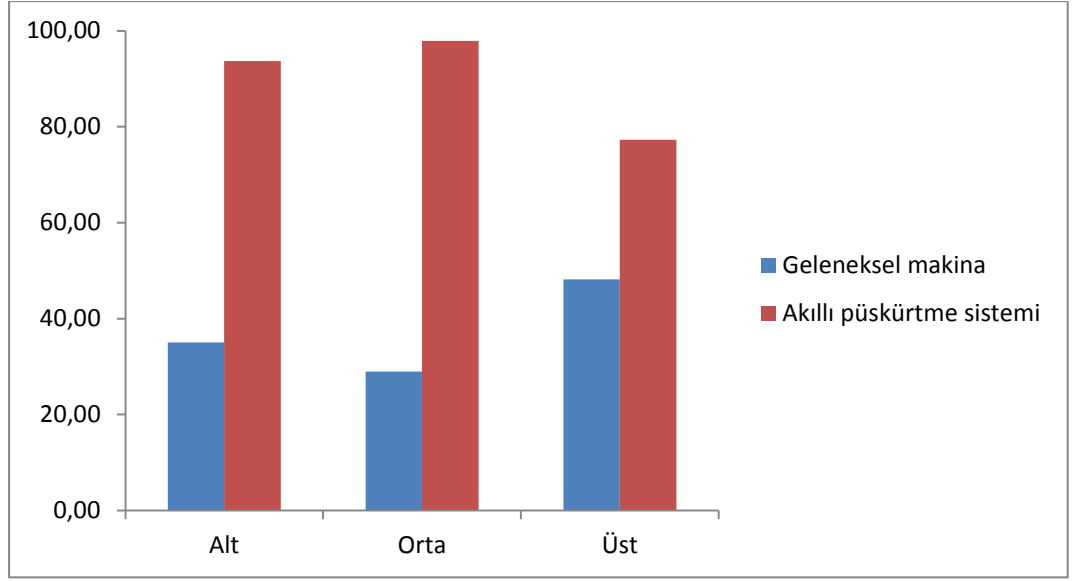
Aşağıda, akıllı püskürtme sistemi ve geleneksel makina denemelerine ait ortalama kaplama oranı değerlerinin grafik halinde gösterimi verilmiştir (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15).



Şekil 4.13 Her iki uygulama çeşidinde 1. bitkinin alt, orta ve üst kısımlarındaki ortalama kaplama değeri oranları



Şekil 4.14 Her iki uygulama çeşidinde 2. bitkinin alt, orta ve üst kısımlarındaki ortalama kaplama değeri oranları



Şekil 4.15 Her iki uygulama çeşidinde 3. bitkinin alt, orta ve üst kısımlarındaki ortalama kaplama değeri oranları

5. SONUÇ

Tarım alanlarının genişleme hızının artan dünya nüfusuna yetişememesi, bunun sonucunda birim alandan daha yüksek verim ve daha kaliteli ürünler elde edilme zorunluluğu tarımsal üretimde hastalık ve zararlılarla mücadeleyi daha kritik bir konu haline getirmiştir. Hastalık ve zararlılarla mücadele için en çok kullanılan yöntem olan kimyasal mücadele en etkili yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat bu yöntemin uygulanması sırasında ortaya çıkan olumsuzluklar, mücadelenin etkinliğini kısa ve uzun vadede düşürmekte, bunun yanında hem insan-çevre sağlığı üzerine, hem de ülke ekonomisine zarar vermektedir. Bu zararları asgari seviyede tutmak insan-çevre sağlığını koruma ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlama açısından önem kazanmıştır.

Tarımsal faaliyetlerin hemen hepsinde gündeme gelen hassas tarım teknolojileri, kimyasal ilaçların zararlarının asgari seviyeye düşürülmesi amacıyla kullanılmakta, son yıllarda da bu konuyla alakalı çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Tez projesindeki değişken düzeyli püskürtme sistemi tasarımı amacı doğrultusunda bir prototip oluşturulmuş, lazer algılayıcı yardımıyla algılanan farklı taç hacmindeki 3 adet yapay asma bitkisine ait taç hacimleri, hazırlanan bilgisayar programı vasıtasıyla hesaplanarak değişken düzeyli püskürtme işlemi gerçek zamanlı olarak yapılmıştır. Aynı yapay asma bitkileri kullanılarak geleneksel pülverizatör ile de püskürtme işlemi yapılmış, birikim ve sürüklenme miktarları, kaplama oranları, püskürtme miktarları bakımından prototip makinadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Yapılan karşılaştırma sonrası akıllı püskürtme sistemi bitki içinden alınan örnekleme yüzeylerinde istatistiksel yönden önemli bir farkla daha fazla birikim sağlamıştır. Değişken düzeyli uygulamadaki birikim miktarı en fazla 2. yapay asma bitkisinde, daha sonra 3. yapay asma bitkisinde, en az da 1. yapay asma bitkisinde gerçekleşmiştir. Her iki uygulamada da bitkilerin en fazla orta bölümlerinde birikim olmuştur, bunu sırasıyla alt ve üst bölgeler izlemiştir. Bitkilerin her üç bölgesinde de (alt, orta ve üst) uygulama çeşidinden kaynaklanan birikim miktarı farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birikim miktarı olarak bakıldığında akıllı püskürtme sistemi geleneksel makineye oranla daha başarılı bir ilaçlama sağlamıştır.

Her iki uygulama, yere sürüklenme bakımından karşılaştırıldığında en fazla sürüklenme 2. yapay asma bitkisinde geleneksel yöntemde gerçekleşmiştir. 1.

yapay asma bitkisinde değişken düzeyli uygulamada sürüklenme tespit edilmemiştir. 3 yapay asma bitkisinde ise değişken düzeyli uygulamadaki sürüklenme geleneksel uygulamaya göre daha fazla gerçekleşmiştir. 1. ve 2. yapay asma bitkilerinde uygulamalar arasındaki fark önemli olmuş, 3. yapay asma bitkisinde ise önemsiz bulunmuştur. Sürüklenme miktarı olarak bakıldığında değişken düzeyli uygulama ile geleneksel uygulamaya göre daha etkin bir ilaçlama yapıldığı söylenebilmektedir.

Geleneksel ve değişken düzeyli uygulama havaya olan sürüklenme açısından incelendiğinde, üç farklı yapay asma bitkisinde de geleneksel uygulamada değişken düzeyli uygulamaya göre daha fazla sürüklenme olduğu görülmüş ve bu farklar her üç bitkide de istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. İki farklı uygulama yönteminde de en az sürüklenme 1. yapay asma bitkisinde gerçekleşmiş, diğer iki yapay asma bitkisinde özellikle geleneksel uygulama yönteminde daha fazla sürüklenme olmuştur. Havaya olan sürüklenme olarak bakıldığı zaman değişken düzeyli uygulama ile geleneksel uygulamaya göre daha etkin bir ilaçlama yapıldığı görülmektedir.

Her iki uygulama, püskürtme miktarları bakımından karşılaştırıldığında, her üç yapay asma bitkisinde de geleneksel uygulama yöntemindeki püskürtme miktarı daha fazla olmuş, en büyük fark ise 1. yapay asma bitkisinde gerçekleşmiştir. Yöntemlere ait püskürtme miktarları arasındaki fark 2. yapay asma bitkisinde daha az, 3. yapay asma bitkisinde ise en az olacak şekilde tespit edilmiştir. Zira full vejetasyona yaklaşıldığında akıllı sistem baştan belirlenen norm değerini sağlamak adına tüm püskürtme memelerini aktif hale getirdiği için püskürtme miktarlarının birbirine yakın olması normal karşılanmaktadır. 1. yapay asma bitkisinde değişken düzeyli uygulama ile püskürtme miktarında %50'ye yakın bir oranda azalma sağlanmıştır.

Geleneksel makina ve akıllı püskürtme sistemi ile yapılan uygulamalar kaplama oranları açısından incelendiğinde en yüksek kaplama oranları akıllı püskürtme sistemi ile bitkilerin orta bölümlerinde gerçekleştirmiştir.

Geleneksel makina ile yapılan püskürtme uygulamalarında püskürtülen sıvının hedef bitki yerine yere ve havaya sürüklendiği yapılan analizler sonucu tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak geleneksel makina ile yüksek basınç altında çalışılırken püskürtülen damlaların çok küçük olması ve bu damlaların hedef bitki yapraklarında oluşan hava film tabakasını aşamayıp fanın yarattığı uygun

olmayan yüksek hızdaki hava akımıyla sürüklenmesi olduğu düşünülmektedir. Bir diğer faktör ise bitki yoğunluğuna bakılmaksızın daima aynı devirde çalışan fanın yaprak yoğunluğunun az olduğu bölgelerde gereğinden fazla devirde dönmesi ve bunun sonucunda aşırı hızlı hava akımı yaratarak damlaları sürüklemesi olarak gösterilebilir. Geleneksel makina ile yapılan denemelerde sürüklenmeye neden olan başka bir faktörün ise püskürtme rampasının yapısal özelliği olduğu düşünülmüştür. Geleneksel makinadaki dairesel formdaki püskürtme rampasının alt ve üst tarafındaki püskürtme memelerinin yönü her ne kadar ayarlanabilir olsa da damlaların küçük olması ve/veya fan devrinin gereğinden fazla olması sürüklenmeye yol açmaktadır. Bu bakımdan akıllı püskürtme sisteminde yer alan kule tipi püskürtme rampasının asma bitkisi özelinde geleneksel makinalara göre daha etkin bir ilaçlama sağladığı görülmüştür.

Nitekim Güler (2002) yaptığı çalışmada, geliştirdiği hava yönlendirme ve ilaç püskürtme ünitesi ile geleneksel makinayı dağılım düzgünlüğü, kaplama oranları, kalıntı miktarı ve damla sayıları bakımından karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda geliştirdiği ünitenin daha az sürüklenme sağladığı, hedef üzerindeki kalıntı miktarını arttırdığı ve dağılım düzgünlüğünün daha iyi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Gil et al. (1998) yaptıkları çalışmada bitki içi birikim miktarı ve sürüklenme açısından hava yönlendirmeli ve tünel tipi makinanın geleneksel makinaya göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Urkan, 2012).

6. ÖNERİLER

Yapılmış olan tez projesi ile bağlarda etkin ilaçlama için yaprak yoğunluğuna bağlı olarak püskürtme miktarını anlık olarak değiştirebilen akıllı bir püskürtme sistemi geliştirilmiş ve bu sistem geleneksel pülverizatör ile karşılaştırılarak olumlu sonuçlar alınmıştır. Fakat sistemin pratikte daha kullanılabilir olması için hem donanımsal hem de yazılımsal olarak geliştirilmeye ihtiyacı vardır. İlaçlama etkinliği ve insan-çevre sağlığının önemi bakımından değişken oranlı uygulamaların öneminin her geçen gün arttığı düşünülecek olursa bundan sonra yapılacak olan çalışmalar için şu önerilerde bulunabilir;

- Tez projesi kapsamında geliştirilmiş olan akıllı püskürtme sisteminde püskürtülen damla büyüklüklerinin aynı aralıkta olması için aç-kapa solenoid valfler kullanılmış ve püskürtme miktarının ayarlanabilmesi için aynı noktada 1'den fazla püskürtme memesi kullanılmıştır. Her meme için ayrı bir sıvı iletim hattı gerektiğinden dolayı bu da sisteme hem donanımsal hem de yazılım olarak yük getirmiştir. İlaçlama etkinliği açısından önemli olan damla büyüklüklerinin istenen aralık dışına çıkılmaması kaydıyla bu sistemlerde oransal valflerin kullanılması verimi arttırıcı bir etken olacaktır.
- Püskürtme rampasının dairesel formda değil de kule tipinde veya bundan önceki çalışmalarda bahsedildiği gibi tünel tipinde olması ilaçlama etkinliği arttırıcı rol oynayacaktır.
- Geliştirilen sistemdeki kule tipi püskürtme rampası her ne kadar ilaçlama etkinliğini arttırıcı rol oynasa da rampanın üst kısımlarında hava hızı fana yakın kısımlara göre daha düşük ölçülmüş, bu da ilaçlama etkinliğinin başarısını sınırlayıcı bir etmen olmuştur. Bundan dolayı daha önceki çalışmalarda bahsedildiği gibi püskürtme sistemine ek bir hava yönlendirme ünitesi koyulması bu sınırlayıcı etmeni ortadan kaldıracaktır.
- Yapılan denemelerde fan devrinin bitki yaprak yoğunluğuna bakılmaksızın sürekli aynı olmasının özellikle yoğunluğun az olduğu bölgelerde gereğinden fazla bir hava hızı yaratıp sürüklenmeyi arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu problemin önüne geçmek için püskürtme miktarıyla beraber fan devrinin, dolayısıyla hava hızının da değişken oranlı olması ilaçlama etkinliğini önemli ölçüde arttıracaktır.

- Akıllı püskürtme sisteminde hacim hesaplamasının mümkün olan en doğru şekilde yapılabilmesi için işlem yapılmadan önce ön tanımlı olarak girilen değerlerin (hız, mesafe vb) sisteme ilave edilecek sensörler aracılığı ile otomatik olarak algılanması makinanın başarısını arttıracaktır.
- İlaçlama etkinliğinin daha kapsamlı değerlendirilebilmesi için akıllı püskürtme sisteminin arazi şartlarında denenmesi daha yararlı olacaktır. Aynı zamanda ilaçlama uygulaması sonunda biyolojik etkinliğin de belirlenmesi ilaçlama etkinliğini daha somut olarak ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bui, Q.D., Womac, A.R., Howard, K.D., Mulrooney, J.E. and Amin, M.K.,** 1998, Evaluation of Samplers for Spray Drift, Transactions of the ASAE, Vol. 41(1):37-41 0001-2351 / 98 / 4101-37.
- Caner, Ö.,** 2007, Yardımcı Hava Akımlı Hidrolik Pülverizatörle Bağ İlaçlamasında Toprak Yüzeyine Sürüklenmeyi Azaltmaya Yönelik En Uygun Kullanım Koşullarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Caner, Ö., Guler, H., Urkan, E. ve Apaydin, M.,** 2013, Performance evaluation of two different air injection nozzles in vineyard application. Integrated Protection of Fruit Crops, 91, 483-492pp.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** “Türkiye Çevre Atlası”, <http://www.cedgm.gov.tr> (2004) (Erişim tarihi: 2014).
- Chen, Y.,** 2010, Development of an Intelligent Sprayer to Optimize Pesticide Applications in Nurseries and Orchards, MSc Thesis, The Ohio State Univ.
- Dağ, S.S., Aykaç, V.T., Gündüz, A., Kantarcı, M. ve Şişman N.,** 2000, Türkiye’de Tarım İlaçları Endüstrisi ve Geleceği, Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 933-957pp.
- Dikmen, B.,** 2001, Uluabat Gölü Ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Organoklorlu Pestisit Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Escola, A., Rosell-Polo, J.R., Planas, S., Gil, E., Pomar, J., Camp, F., Llorens, J. and Solanelles, F.,** 2013, Variable Rate Sprayer. Part 1 – Orchard Prototype: Design, Implementation and Validation. Computers and Electronics in Agriculture 95 (2013) 122-135pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations,** “FAO verileri”, <http://www.fao.org.tr> (Erişim tarihi: 2014)
- Fritz, B.K. and Hoffmann, W.C.,** 2008, Development of a System for Determining Collection Efficiency of Spray Samplers. Applied Engineering in Agriculture Vol. 24(3): 285–293pp.
- Gil, E., Barrufet, J.M., Cluet, M and Teruel, J.A.,** 1998, Improvement of the Pesticide Applications in Vineyard. Relationship between Methodology of Application and Quality Parameters, Paper No: 98-A-015 EurAgEng.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gil, E., Llorens, J., Llop, J., Fabregas, X., Escola, A. and Rosell-Polo, J.R.,** 2013, Variable Rate Sprayer. Part 2 – Vineyard Prototype: Design, Implementation and Validation. Computers and Electronics in Agriculture 95 (2013) 136-150pp.
- Giles, D.K., Delwiche, M.J. and Dodd, R.B.,** 1987, Control of orchard spraying based on electronic sensing of target characteristics. Transactions of the ASAE, 30(6), 1624-1630pp.
- Giles, D. K., Delwiche, M.J. and Dodd, R.B.,** 1988, Electronic measurement of tree canopy volume. Transactions of the ASAE, 31(1), 264-272pp.
- Giles, D. K., Delwiche, M. J. and Dodd, R. B.,** 1989, Sprayer control by sensing orchard crop characteristics: Orchard architecture and spray liquid savings. Journal of Agricultural Engineering Research, 43(4), 271-289pp.
- Güler, H.,** 2002, Değişik Hava Akımı ve İlaç Püskürtme Yönlerrinin Tele Alınmış Bağlarda İlaç Dağılım Düzgünlüğüne Olan Etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güler, H., Urkan, E. ve Tozan, M.,** 2009, Prototip bir hava akımı yönlendirme ve ilaç püskürtme ünitesinin bağlarda ilaç dağılım düzgünlüğüne olan etkileri, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Proje No: 2006 ZRF 019 (yayımlanmamış).
- Gümrük ve Ticaret Bakanlığı,** “2013 Yılı Çekirdeksiz Kuru Üzüm Raporu”, <http://koop.gtb.gov.tr/data/5342b6ce487c8ea5e4b4d9c1/2013%20Kuru%20%C3%9Cz%C3%BCm%20Raporu.pdf> (2014) (Erişim tarihi: 20 Mart 2015)
- Jensen P.K. and Arvidsson, T.,** 2000. Does droplet size affect airborne drift and sedimentation drift to the same extent? Aspects of Applied Biology 57, 2000 Pesticide Application, 91-96pp.
- Lee, K.H. and Ehsani, R.,** 2008, A Laser-Scanning System for Quantification of Tree-Geometric Characteristics, 2008 ASABE Annual International Meeting, Paper number; 083980.
- Llorens, J., Gil, E., Llop and J., Escola, A.,** 2010, Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency. Crop Protection, 29, 239-248pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lourder, V.T. and Felino P.L.**, 2007, Coping strategies with agrometeorological risks and uncertainties for crop yield, *Managing Weather and Climate Risks in Agriculture*, 209-235pp.
- Matthews, A.**, 1992, *Pesticide Application Methods*, 2nd Edition, Longman Group UK Limited, New York, 405p.
- Molto, E., Martin, B. and Gutierrez, A.**, 2001, Pesticide Loss Reduction by Automatic Adaptation of Spraying on Globular Trees, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78(1), 35–41pp.
- Oerke, E.C. and Dehne, H.W.**, 2004, Safeguarding production - losses in major crops and the role of crop protection, *Crop Protection*, 23(4), 275-285pp.
- Osterman, A., Godesa, T., Hocevar, M., Sirok, B. and Stopar, M.**, 2013, Real-time positioning algorithm for variable-geometry air-assisted orchard sprayer, *Computers and Electronics in Agriculture* 98 (2013) 175–182pp.
- Pai, N., Salyani, M. and Sweeb, R.D.**, 2009, Regulating Airflow of Orchard Airblast Sprayer Based on Tree Foliage Density, *Transactions of the ASABE*, 52(5), 1423-1428pp.
- Palacin, J., Palleja, T., Tresanchez, M., Sanz, R., Llorens, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Arno, J., Escola, A. and Rosell, J. R.**, 2007, Real-time tree-foliage surface estimation using a ground laser scanner. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 56(4), 1377-1383pp.
- Panneton, B., Lacasse, B., Piche and Theriault, M.R.**, 2006, Pollution Reduction from a Spray Recovery Sprayer, *ASAE Meeting Presentation Paper Number: 061123*.
- Peker, K., Çelik, Y., Oğuz, C. ve Direk, M.**, 2005, Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Üretim Ekonomisi ve Şanlıurfa İlinde Pamuk Üretimi Yapılan İşletmelerde Kullanılabilme Olanakları. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa, Cilt 1: 389-394s.
- Pergher, G., Gubiani, R. and Tonetto, G.**, 1997, Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in Hedgerow vineyard, *Crop Protection*, 16 (1): 25-33pp.
- Searcy, S.W.**, 1999, *Precision farming: A New Approach to Crop Management*, Texas Agricultural Extension Service, Publication L-5177

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tumbo, S.D., Salyani, M., Whitney, J.D., Wheaton, T.A. and Miller, W.M.,** 2002, Investigation of Laser and Ultrasonic Ranging Sensors for Measurements of Citrus Canopy Volume, Applied Engineering in Agriculture Vol. 18(3): 367-372pp.
- Türkiye İstatistik Enstitüsü,** “Bitkisel Üretim İstatistikleri”, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim tarihi: 10 Ekim 2014)
- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği,** “Türkiye Tarım Sektörü Raporu”, http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2014/turkiye_tarim_meclisi_sektor_raporu_2013_int.pdf (2013) (Erişim tarihi: 20 Mart 2015)
- Urkan, E.,** 2012, Farklı Tip Memelerle Bağ İlaçlamasında Pülverizatör Performansının ve Sürüklenmenin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yağcıoğlu, A.,** 1993, Bitki Koruma Makineleri, Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 508, Bornova-İzmir, 338s.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Çanakkale’de doğan Fatih Göksel PEKİTKAN; lise öğrenimini Çanakkale Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümünde tamamladı. 2002 yılında Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde lisans eğitimini, 2005 yılında Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Tarım Makinaları Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2005 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümüne Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2008 yılında 2547 sayılı Yüksek Öğretim Kanunu’nun 35. Maddesine istinaden, doktora öğrenimi için Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı’na görevlendirildi. Halen Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak çalışan PEKİTKAN evli ve bir çocuk sahibi olup, İngilizce bilmektedir.

EKLER

Ek 1. 1. yapay asma bitkisi içindeki üst bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 2. 1. yapay asma bitkisi içindeki orta bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 3. 1. yapay asma bitkisi içindeki alt bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 4. 2. yapay asma bitkisi içindeki üst bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 5. 2. yapay asma bitkisi içindeki orta bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 6. 2. yapay asma bitkisi içindeki alt bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 7. 3. yapay asma bitkisi içindeki üst bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 8. 3. yapay asma bitkisi içindeki orta bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 9. 3. yapay asma bitkisi içindeki alt bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 10. 1. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 11. 2. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 12. 3. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 13. 1. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 14. 2. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 15. 3. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Ek 16. 1. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz sonuçları

Ek 17. 2. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz sonuçları

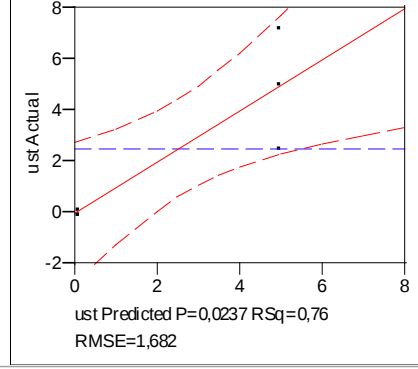
Ek 18. 3. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz sonuçları

Ek 1. 1. yapay asma bitkisi içindeki üst bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response ust

Whole Model

Actual by Predicted Plot



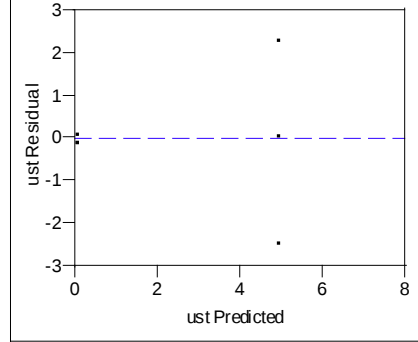
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	2,5016667	0,686685	3,64	0,0219
yontem[A]	2,4416667	0,686685	3,56	0,0237

Effect Tests

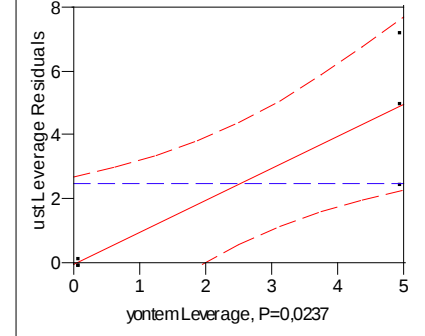
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	35,770417	12,6432	0,0237

Residual by Predicted Plot



yontem

Leverage Plot



Least Squares Means Table

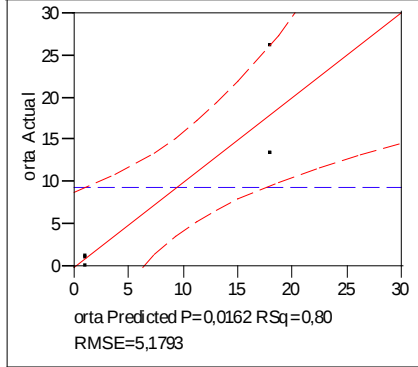
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	4,9433333	0,97111906	4,94333
G	0,0600000	0,97111906	0,06000

Ek 2. 1. yapay asma bitkisi içindeki orta bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response orta

Whole Model

Actual by Predicted Plot



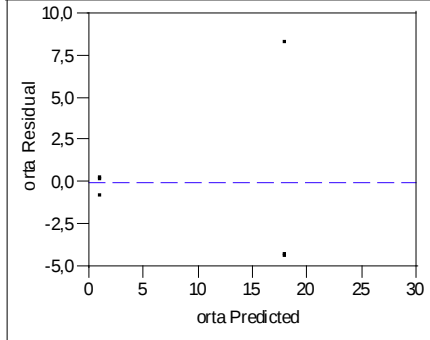
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	9,47	2,114456	4,48	0,0110
yontem[A]	8,44	2,114456	3,99	0,0162

Effect Tests

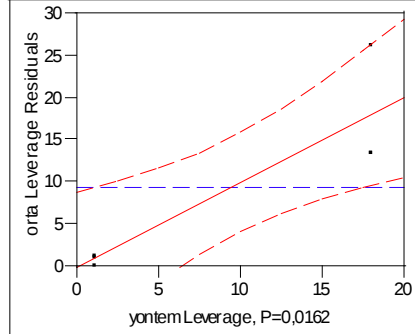
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	427,40160	15,9326	0,0162

Residual by Predicted Plot



yontem

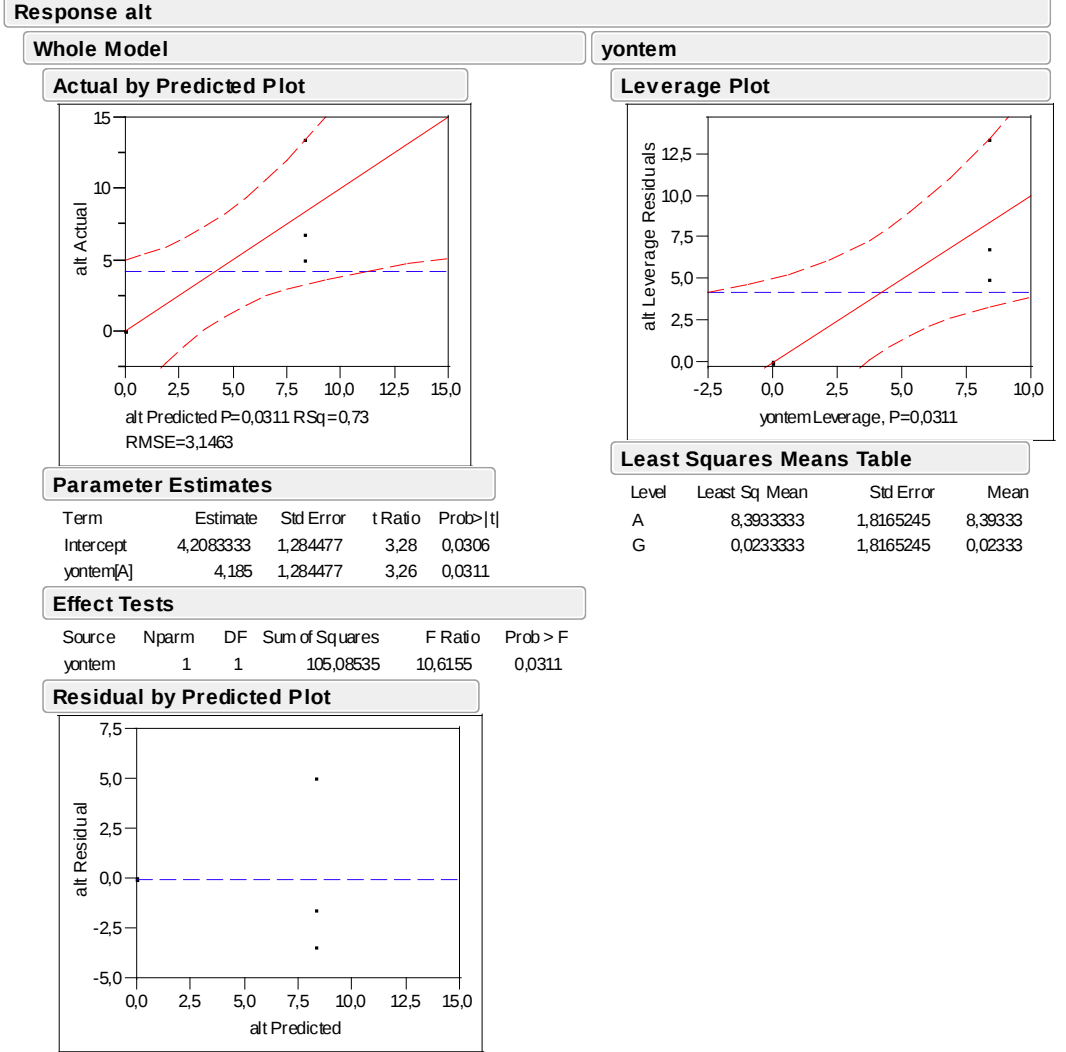
Leverage Plot



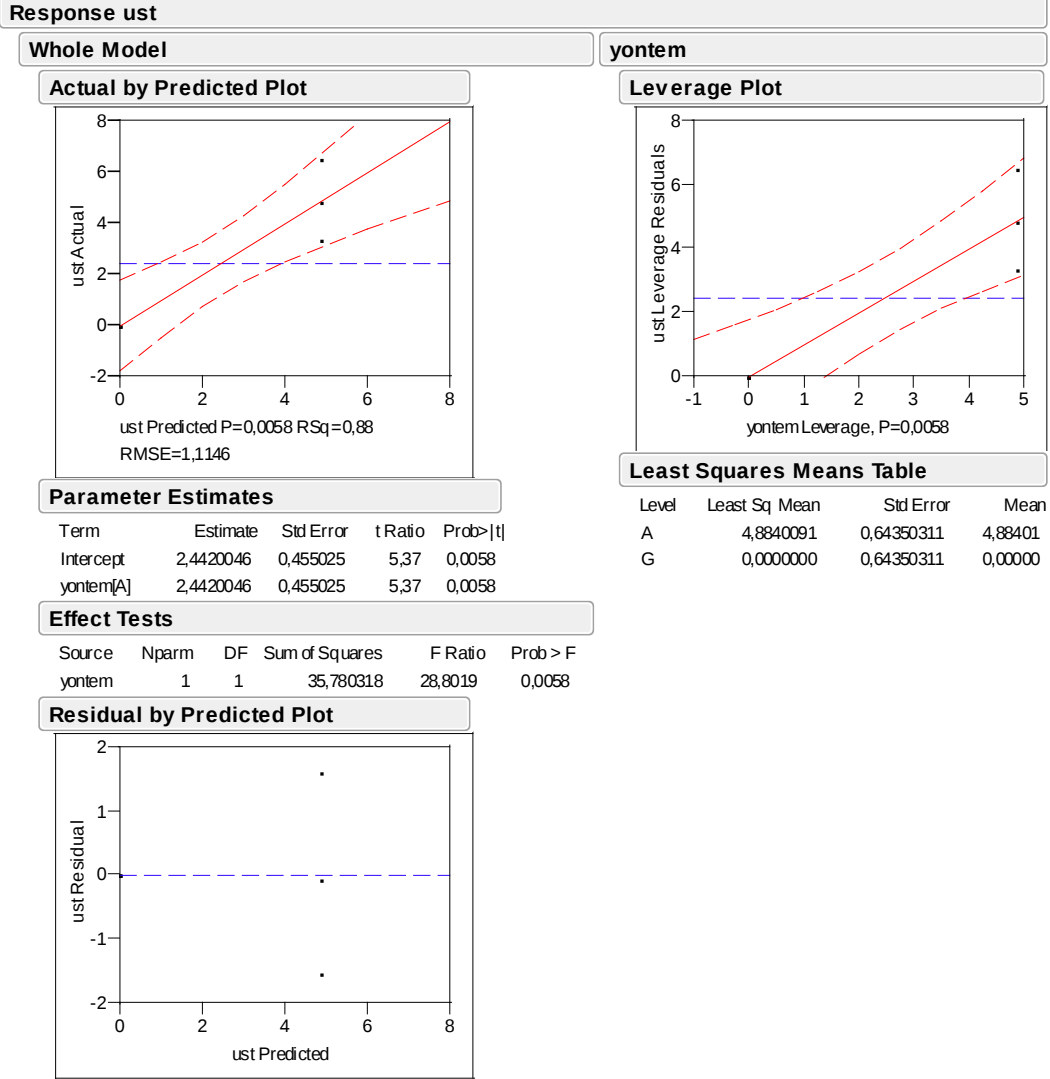
Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	17,910000	2,9902926	17,9100
G	1,030000	2,9902926	1,0300

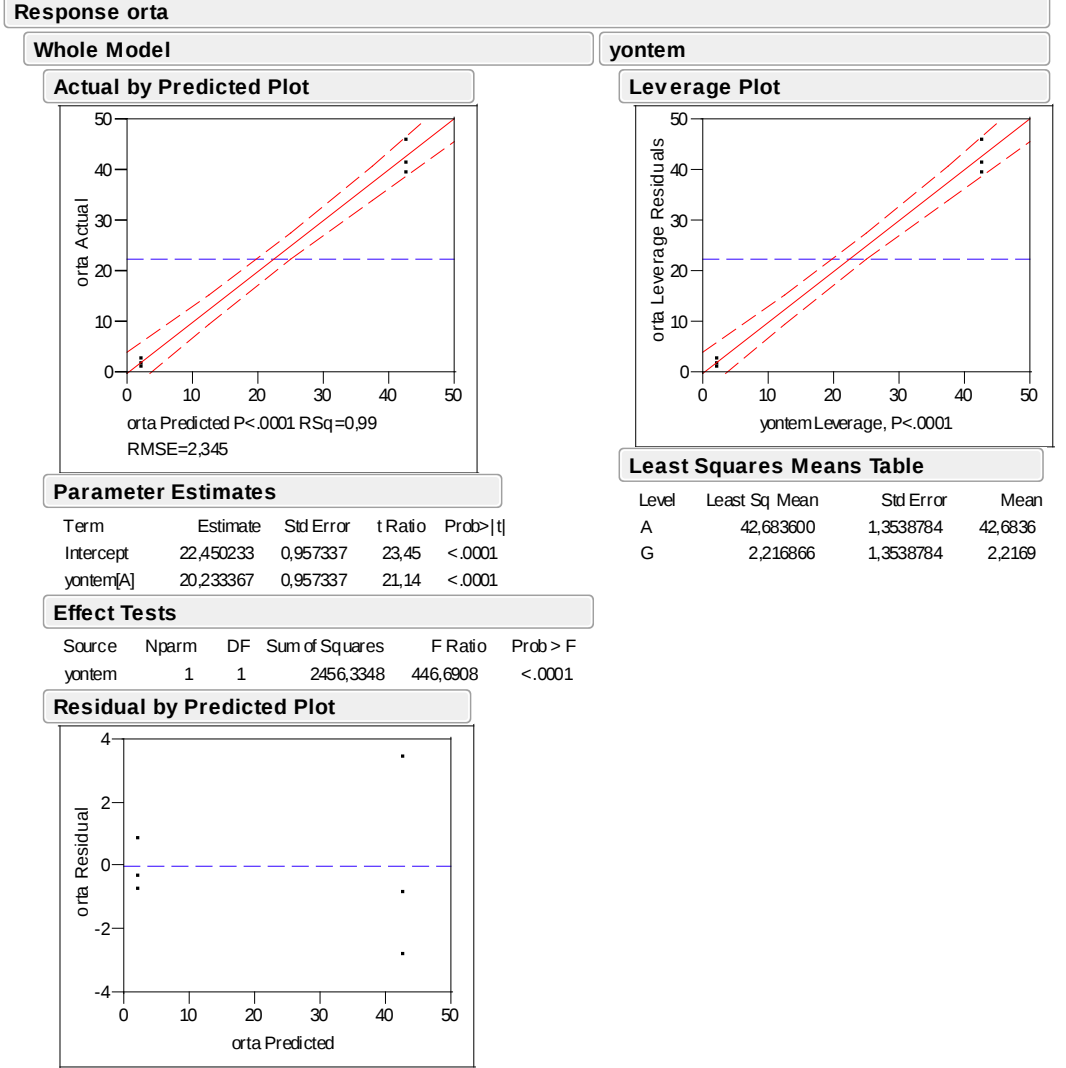
Ek 3. 1. yapay asma bitkisi içindeki alt bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları



Ek 4. 2. yapay asma bitkisi içindeki üst bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları



Ek 5. 2. yapay asma bitkisi içindeki orta bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

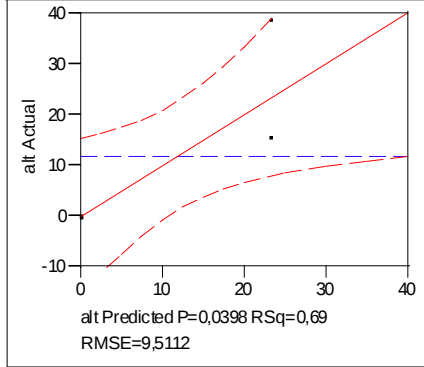


Ek 6. 2. yapay asma bitkisi içindeki alt bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response alt

Whole Model

Actual by Predicted Plot



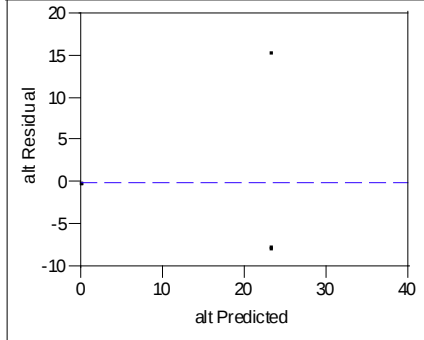
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	11,688629	3,882926	3,01	0,0395
yontem[A]	11,660391	3,882926	3,00	0,0398

Effect Tests

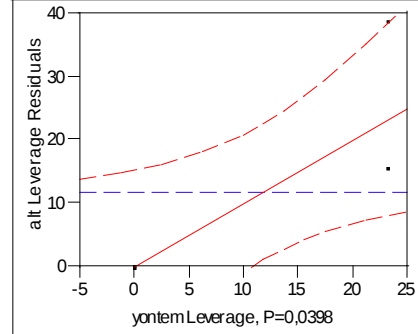
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	815,78829	9,0180	0,0398

Residual by Predicted Plot



yontem

Leverage Plot



Least Squares Means Table

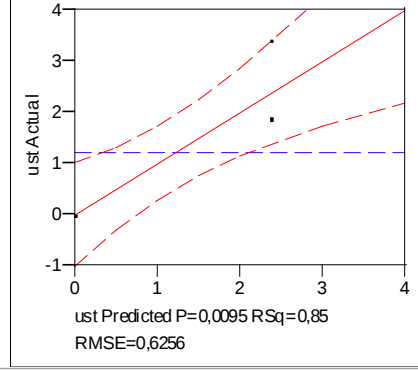
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	23,349020	5,4912867	23,3490
G	0,028238	5,4912867	0,0282

Ek 7. 3. yapay asma bitkisi içindeki üst bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response ust

Whole Model

Actual by Predicted Plot



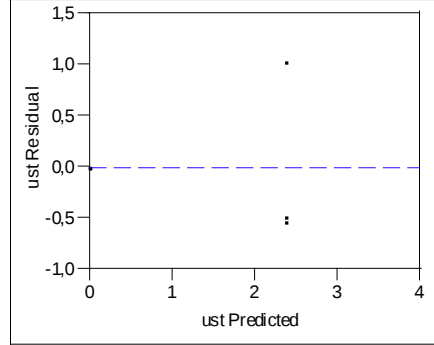
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	1,1939153	0,255396	4,67	0,0095
yontem[A]	1,1939153	0,255396	4,67	0,0095

Effect Tests

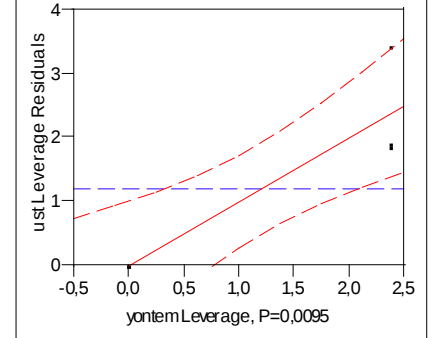
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	8,5526019	21,8534	0,0095

Residual by Predicted Plot



yontem

Leverage Plot



Least Squares Means Table

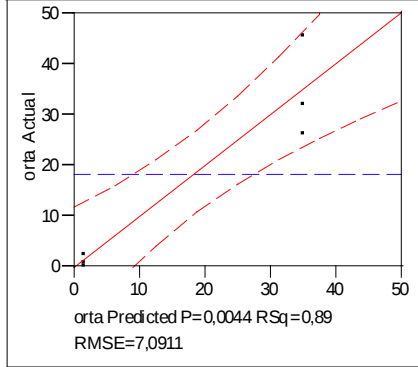
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	2,3878305	0,36118418	2,38783
G	0,0000000	0,36118418	0,00000

Ek 8. 3. yapay asma bitkisi içindeki orta bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response orta

Whole Model

Actual by Predicted Plot



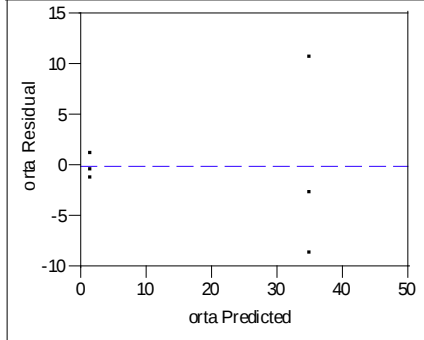
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	18,220276	2,894947	6,29	0,0033
yontem[A]	16,753982	2,894947	5,79	0,0044

Effect Tests

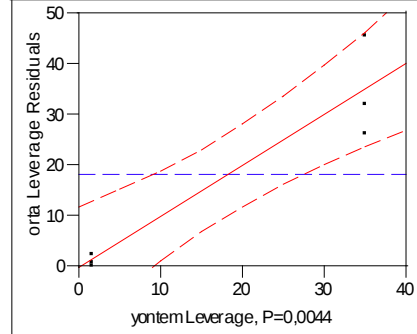
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	1684,1754	33,4931	0,0044

Residual by Predicted Plot



yontem

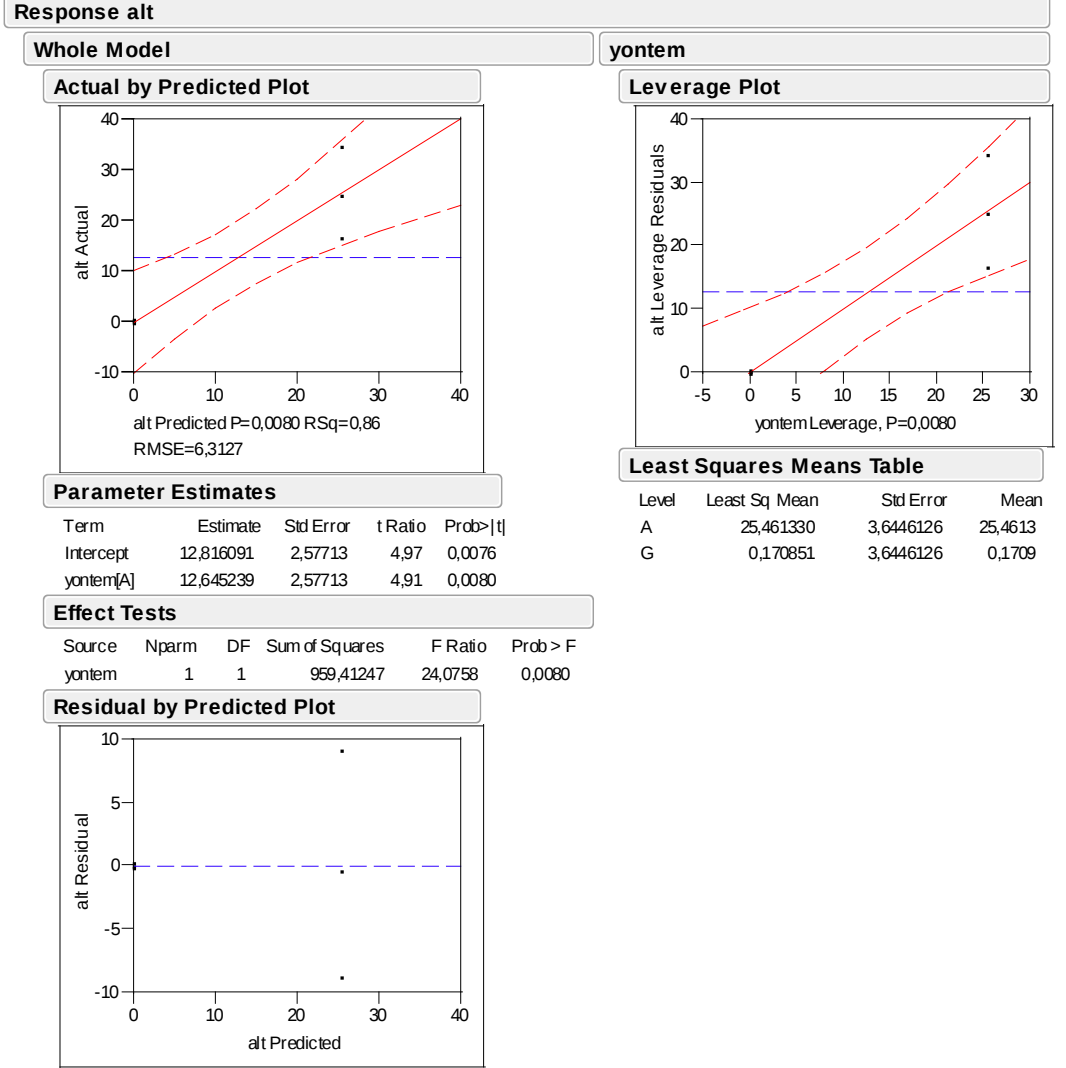
Leverage Plot



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	34,974257	4,0940737	34,9743
G	1,466294	4,0940737	1,4663

Ek 9. 3. yapay asma bitkisi içindeki alt bölgede ölçülen ortalama iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

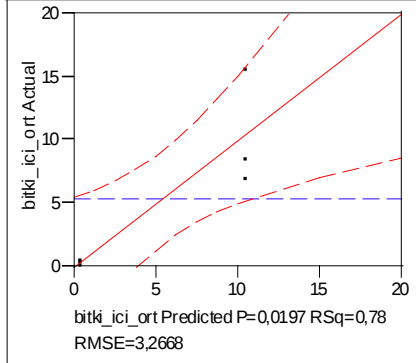


Ek 10. 1. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response bitki_ici_ort

Whole Model

Actual by Predicted Plot



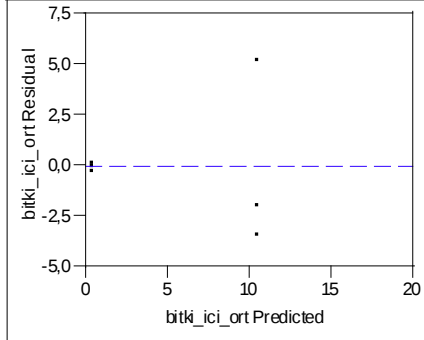
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	5,3938348	1,333666	4,04	0,0155
yontem[A]	5,0215661	1,333666	3,77	0,0197

Effect Tests

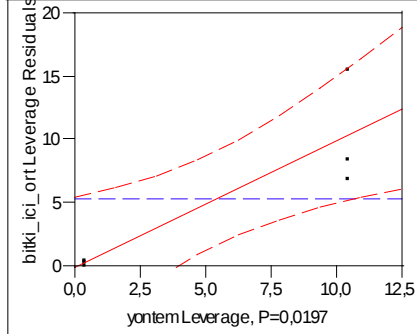
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob> F
yontem	1	1	151,29676	14,1770	0,0197

Residual by Predicted Plot



yontem

Leverage Plot



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	10,415401	1,8860890	10,4154
G	0,372269	1,8860890	0,3723

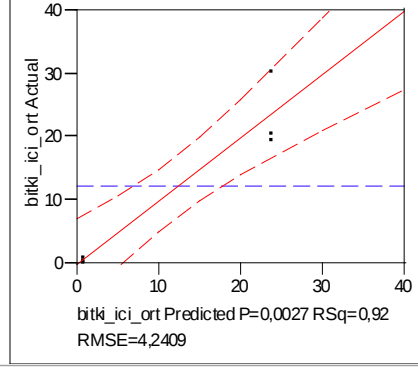
Ek 11. 2. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response bitki_ici_ort

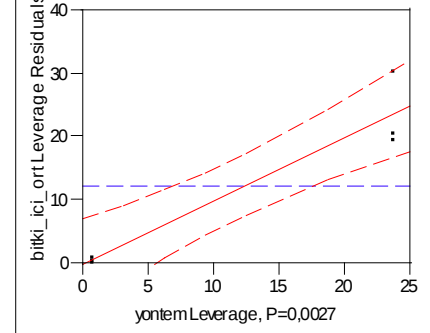
Whole Model

yontem

Actual by Predicted Plot



Leverage Plot



Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	12,193622	1,731332	7,04	0,0021
yontem[A]	11,445254	1,731332	6,61	0,0027

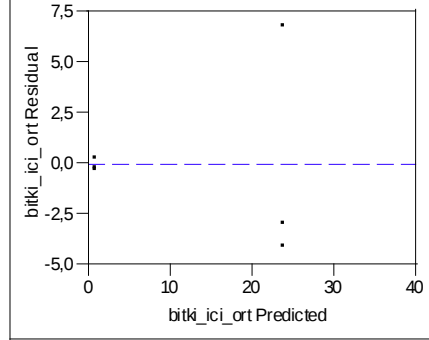
Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	23,638876	2,4484731	23,6389
G	0,748368	2,4484731	0,7484

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	785,96305	43,7009	0,0027

Residual by Predicted Plot

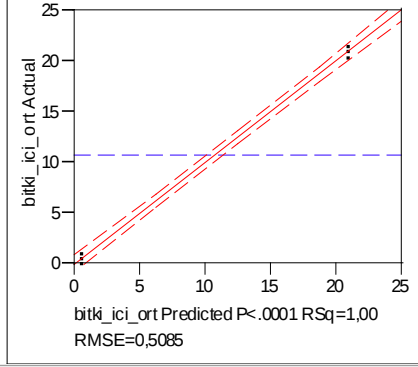


Ek 12. 3. yapay asma bitkisi içinde ölçülen toplam iz maddesi birikim miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response bitki_ici_ort

Whole Model

Actual by Predicted Plot



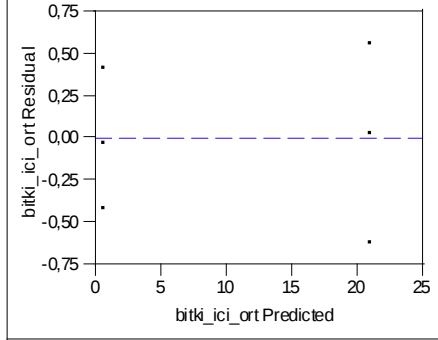
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	10,743427	0,207594	51,75	<.0001
yontem[A]	10,197712	0,207594	49,12	<.0001

Effect Tests

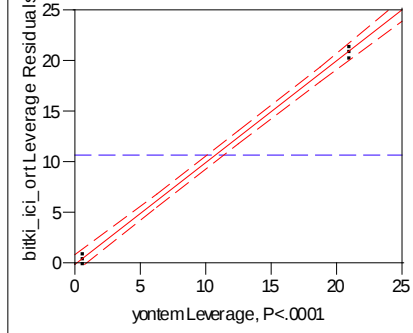
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
yontem	1	1	623,95999	2413,107	<.0001

Residual by Predicted Plot



yontem

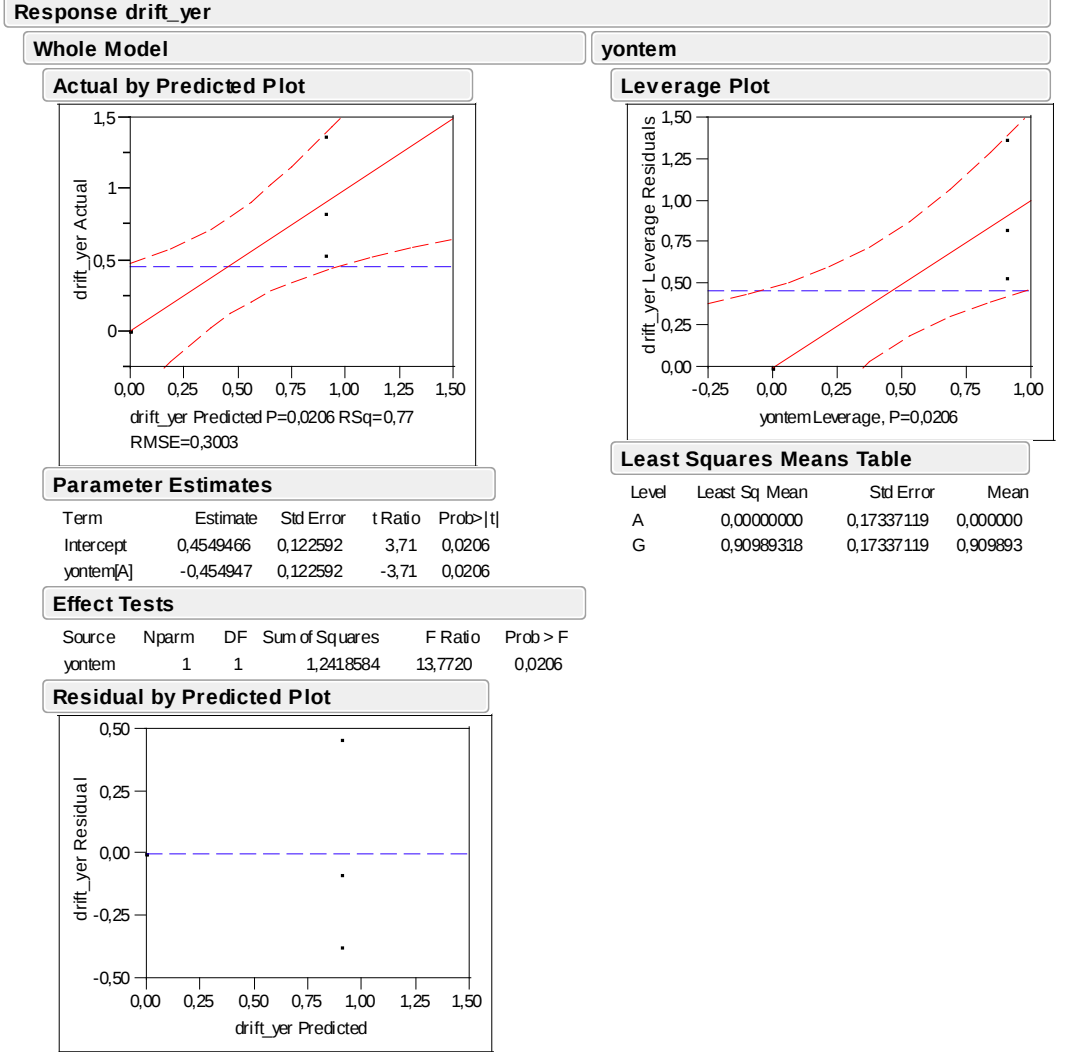
Leverage Plot



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	20,941139	0,29358204	20,9411
G	0,545715	0,29358204	0,5457

Ek 13. 1. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

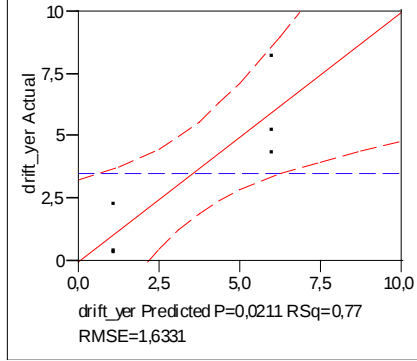


Ek 14. 2. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

Response drift_yer

Whole Model

Actual by Predicted Plot



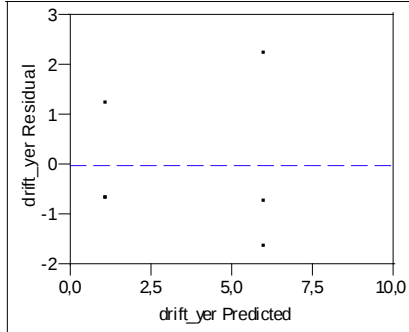
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	3,5344561	0,666706	5,30	0,0061
yontem[A]	2,4577161	0,666706	3,69	0,0211

Effect Tests

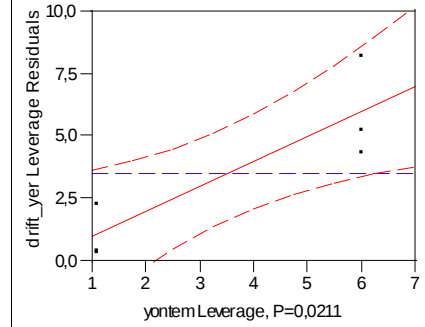
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	36,242211	13,5892	0,0211

Residual by Predicted Plot



yontem

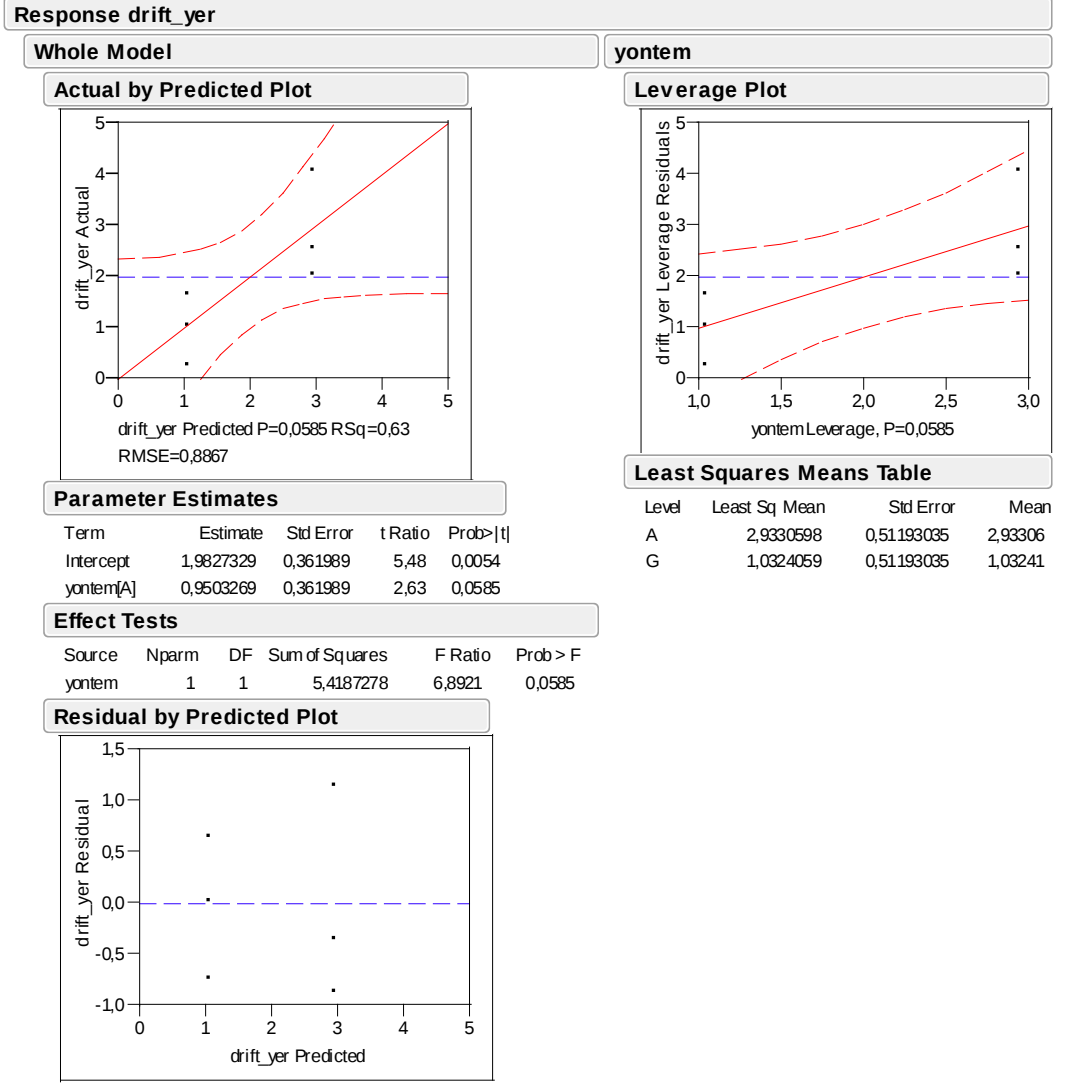
Leverage Plot



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	5,9921722	0,94286446	5,99217
G	1,0767400	0,94286446	1,07674

Ek 15. 3. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk dibinde ölçülen sürüklenme miktarları için yapılan istatistiksel analiz sonuçları

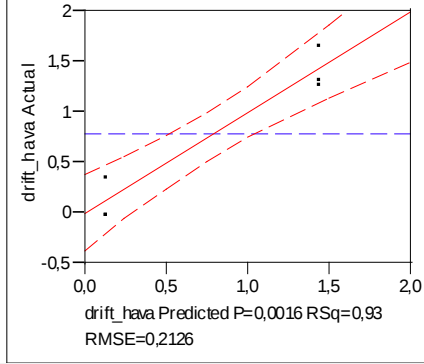


Ek 16. 1. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz sonuçları

Response drift_hava

Whole Model

Actual by Predicted Plot



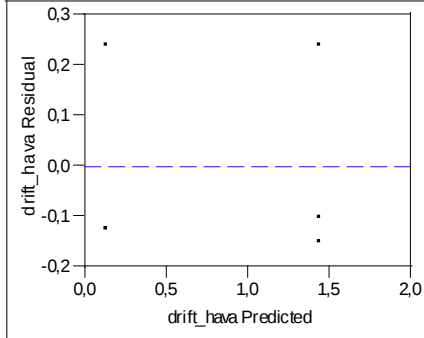
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	0,777689	0,086786	8,96	0,0009
yontem[A]	-0,655121	0,086786	-7,55	0,0016

Effect Tests

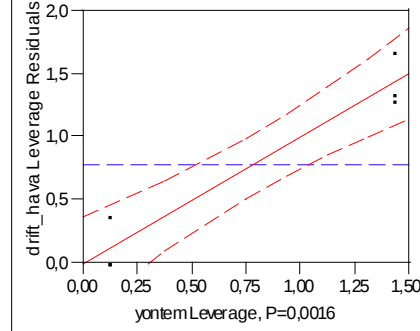
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	2,5751044	56,9834	0,0016

Residual by Predicted Plot



yontem

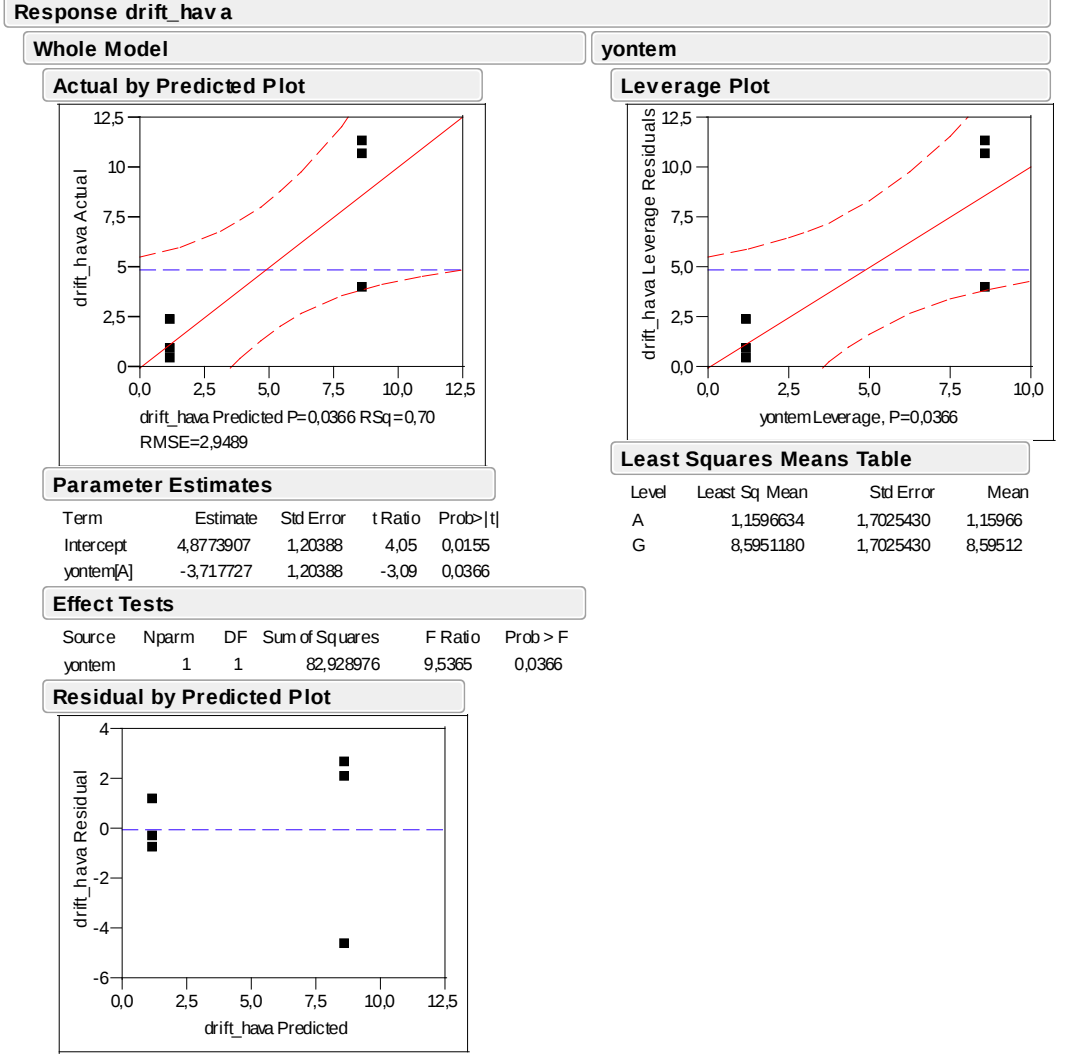
Leverage Plot



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	0,1225676	0,12273340	0,12257
G	1,4328104	0,12273340	1,43281

Ek 17. 2. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz sonuçları

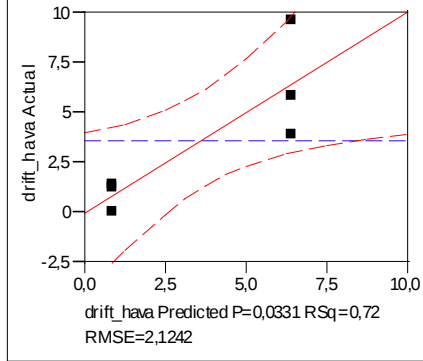


Ek 18. 3. yapay asma bitkisi arkasında bulunan direk üzerindeki örnekleme noktalarında ölçülen havaya olan toplam sürüklenme miktarları ile ilgili istatistiksel analiz sonuçları

Response drift_hav a

Whole Model

Actual by Predicted Plot



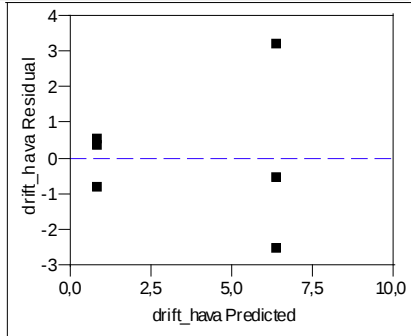
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	3,6142062	0,867199	4,17	0,0141
yontem[A]	-2,768636	0,867199	-3,19	0,0331

Effect Tests

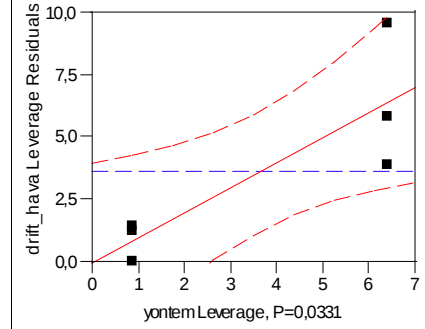
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
yontem	1	1	45,992084	10,1928	0,0331

Residual by Predicted Plot



yontem

Leverage Plot



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
A	0,8455699	1,2264043	0,84557
G	6,3828426	1,2264043	6,38284