

169674

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(DOKTORA TEZİ)

DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMAYA YÖNELİK
MİNERAL GÜBRE DAĞITMA MAKİNA
TASARIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Arif Behiç TEKİN

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Bilim dalı kodu : 501.08.00

Sunuş tarihi : 23 / 12 / 2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kamil Okyay SINDIR

Bornova - İZMİR

Arif Behiç TEKİN tarafından doktora tezi olarak sunulan “Değişken Düzeyli Uygulamaya Yönelik Mineral Gübre Dağıtma Makina Tasarımı Üzerine Bir Araştırma” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 23 Aralık 2005 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Kamil O. SINDİR

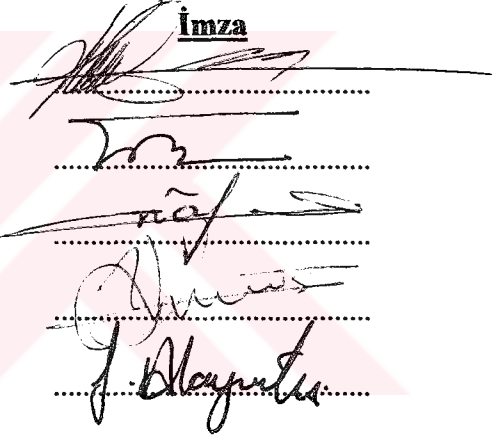
Raportör : Doç. Dr. Tuna DOĞAN

Üye : Prof. Dr. İsmet ÖNAL

Üye : Prof. Dr. Yusuf KURUCU

Üye : Prof. Dr. Fazilet ALAYUNT

İmza



ÖZET**DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMAYA YÖNELİK MİNERAL GÜBRE
DAĞITMA MAKİNA TASARIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA****TEKİN, A. Behiç**

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kamil O. SINDIR

Aralık 2005, 135 Sayfa

Son yıllarda tarım sektöründeki araştırmalar üretimi arttırmak için yeni biyoteknolojik çeşitlerin geliştirilmesi ve üretim girdilerinin daha etkin kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda, yirminci yüzyılın sonlarından itibaren tarımsal üretimde çevre dostu, sürdürülebilir ve ekonomik bir yöntem olan “Hassas Tarım” teknolojisi geliştirilmeye başlanmıştır.

Hassas tarım ile toprak özelliklerindeki değişkenliğin belirlenebilmesi için çok küçük parseller halinde toprak örnekleme ve analizleri yapılmakta ve gübre bu parsellerin analiz sonuçlarına göre farklı norm değerlerinde uygulanabilmektedir. Mineral gübrenin bu hücre veya alanlara uygun norm değerinde uygulanabilmesi için yeni makinalara gereksinim duyulmaktadır.

Bu araştırmanın amacı;

• klasik tip çift diskli bir mineral gübre dağıtma makinası üzerinde yapılacak değişiklik ile “değişken düzeyli uygulama” yapılabilmesi için uygun donanım ve yazılım tasarımı, prototip geliştirilmesi ve test edilmesi,

• olası ekonomik ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesidir.

VI

Bu amaç doğrultusunda ticari olarak üretilmekte olan bir çift diskli mineral gübre dağıtma makinasının temel organları materyal olarak alınmıştır. Makina uygun yapısal değişiklikler sonrası tasarımı yapılan değişken düzeyli uygulama sistemi ile donatılmıştır.

Prototipi üretilen makina tarla içerisinde hareket ederken üzerine yüklenen uygulama haritasına bağlı olarak mineral gübreleri değişken düzeyli uygulayabilmektedir. Bu makina, optimum gübre uygulamaları geleneksel yöntemle göre daha hassas ve daha az mineral gübre kullanılmasını sağlayabilmektedir. Toprak ve bitki koşulları dikkate alınarak yapılan bu uygulama, çiftlik gelirini arttırırken çevre üzerindeki olumsuzlukları da azaltabilecektir.

Anahtar sözcükler: Hassas tarım, GPS, GIS, Değişken düzeyli uygulama, Diskli gübre dağıtma makinası, Mineral gübre

ABSTRACT

**A STUDY ON MODIFYING A GRANULE FERTILIZER APPLICATOR
FOR +VARIABLE RATE FERTILIZER APPLICATION**

TEKİN, A. Behiç

Ph.D. Thesis in Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Kamil O. SINDIR

November 2005, 135 Pages

In recent years, research in agriculture is mainly focusing on increasing the productivity either by introducing new high-yielding variety crops or applying lower but more effective production inputs. In this respect, especially during the last decade, the technology, named as precision farming, has been developed which particularly aims at environment-friendly, sustainable and economical way of crop production.

With this new technology of Precision Farming, sampling of rather small plots is employed to determine the variability of the farmland soil fertility and fertilizers at variable-rates are applied onto each of these plots.

In order to apply fertilizers at variable rate new machine, systems and software are needed. The objectives of this study are;

- to design a machine system which allows applying granular fertilizer at variable rate, to build a prototype and then test and evaluate it,
- to evaluate possible economical and environmental effects.

VIII

In order to meet the study objectives the main part of a granular fertilizer applicator which is commercially produced was taken as material. Making the structural modification, the machine was donated with variable rate application attachment which was designed within this study.

The machine applies granular fertilizer at variable rates according to uploaded application map while driving in field. The machine, with optimum fertilizer application, using less fertilizers is aimed to get the same yields. Depending on the soil and plant conditions, this variable rate application may increase the farm income and reduce the negative effect on environment.

Key words: Precision farming, GPS, GIS, VRT, Fertilizer spreader, Broadcaster applicator, Granular fertilizer

TEŞEKKÜR

"Değişken Düzeyli Uygulamaya Yönelik Mineral Gübre Dağıtma Makina Tasarımı Üzerine Bir Araştırma" konulu tez çalışmamın gerçekleştirilmesindeki değerli düşünce, öneri ve katkılarıyla bana ışık veren hocam sayın **Prof. Dr. Kamil O. SINDİR**'a, çalışmanın kalitesinin artırılması yönünde yaptıkları çok değerli katkıları için sayın **Prof. Dr. Ünal EVCİM**'e, **Prof. Dr. İsmet ÖNAL**'a ve **Prof. Dr. Yusuf KURUCU**'ya,

Çalışmamın başarıya ulaşması yolundaki unutulmaz katkılarından dolayı başta Bölüm Başkanımız sayın **Prof. Dr. Ediz ULUSOY** olmak üzere tüm E.Ü.Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü değerli çalışanlarına,

Elektronik donanımların yapılmasındaki değerli çalışmalarından dolayı sayın **Yrd. Doç. Dr. Mustafa ENGİN**'e ve **Dr. Necdet YILDIZ**'a,

Çalışmalarımın sürdürülmesi ve bitirilmesinde başta teknik konular olmak üzere hiçbir desteğini esirgemeyen ve çalışma ortamımın güzelleştirilmesi için büyük özveride bulunan sayın **eşim İnş. Yük. Müh. Nermin TEKİN**'e,

Ayrıca bu çalışmamı destekleyen, **Devlet Planlama Teşkilatı**'na, **Ege Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna**, **Türkey Tarım Makinaları A.Ş.**'ye, **ÖZTÜRE Holding Yönetim Kurulu**'na da teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	V
ABSTARCT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	
ÇİZELGELER DİZİNİ	
1. GİRİŞ	1
1.1. Konunun Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı	10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
2.1. Hassas Tarım	13
2.2. Hassas Tarım ve Çevre	14
2.3. Değişken Düzeyli Diskli Gübre Dağıtma Makinalarının Test Edilmesiyle İlgili Çalışmalar	18
2.3.1. Simulasyon Çalışmaları	20
2.3.2. Laboratuvar ve Tarla Testi Çalışmaları	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29

İÇİNDEKİLER (Devam)**Sayfa**

3.1.1. Araştırmada Ele Alınan Çift Diskli Gübre Dağıtma makinesi.....	29
3.1.2. Dozajlama Sisteminde Kullanılan Elemanlar	30
3.1.2.1. Mekanik donanım	30
3.1.2.2. Elektronik donanım (Konum belirleme sistemi)	31
3.1.3. Araştırmada Kullanılan Gübreler	33
3.1.4. Araştırmada Kullanılan Test Düzeneği	33
3.1.4.1. Laboratuvar denemeleri ve kalibrasyonunda kullanılan ölçüm düzeni	33
3.1.4.2. Tarla denemelerinde kullanılan donanım	34
3.2. Yöntem	37
3.2.1. Makina Tasarımı	37
3.2.1.1. Problemin tanımlanması	39
3.2.1.2. Bilgi toplama	40
3.2.1.3. Kavram geliştirilmesi	41
3.2.1.4. Kavram değerlendirilmesi	42
3.2.1.5. Ürün mimarisinin geliştirilmesi.....	42
3.2.1.6. Genel yapının tasarımı.....	42
3.2.1.7. Parametrik tasarım.....	42
3.2.1.8. Detay tasarımı.....	43
3.2.2. Laboratuvar Denemeleri.....	43
3.2.2.1. Gübrelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi	43

İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sayfa
3.2.2.2. İlerleme yolunun uzunluğunun belirlenmesi	45
3.2.2.3. Değişken düzeyli uygulama sisteminin kalibrasyonu.....	45
3.2.2.4. Dozajlama testi.....	47
3.2.2.5. Enine dağılım deseninin test edilmesi.....	48
3.2.3. Tarla Denemeleri	49
3.2.3.1. Düşük ve yüksek normda sabit düzey uygulaması.....	53
3.2.3.2. Artan ve azalan geçiş uygulaması.....	53
3.2.4. Değişken Düzeyli Uygulama Sisteminin Ekonomik Analizi.....	55
3.2.4.1. Sabit giderler.....	56
4. SONUÇ ve TARTIŞMA.....	59
4.1. Denemelerde Kullanılan Gübrelerin Fiziksel Özellikleri.....	59
4.2. Değişken Düzeyli Uygulama Sistemi.....	60
4.2.1. Çift Diskli Gübre Dağıtma Makinasında Kullanılan Dozajlama Sistemi	60
4.2.1.1. Mekanik donanım	60
4.2.1.1.1. Oluklu makara.....	60
4.2.1.1.2. Yönlendirici	63
4.2.1.1.3. Payanda	67
4.2.2. Elektronik Donanım.....	68
4.2.2.1. Değişken düzeyli uygulama kontrol birimi.....	68

İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sayfa
4.2.2.2. Kontrol yazılımı.....	70
4.2.2.2.1. Konum bilgisi okuma programı.....	70
4.2.2.2.2. Motor denetim programı.....	71
4.2.2.3. Hız kontrol ünitesi	72
4.3. Makina Performans Değerleri	77
4.3.1. Oluklu Makara Kalibrasyonu	77
4.3.2. Dozajlama Testi.....	85
4.3.3. Enine Dağılım Deseni Testi	86
4.3.4. Düşük ve Yüksek Normda Sabit Düzey Uygulaması	92
4.3.5. Artan ve Azalan Geçiş Uygulaması	100
4.3.6. Değişken Düzeyli Uygulama Sisteminin Ekonomik Analizi	110
5. ÖNERİLER.....	115
KAYNAKLAR DİZİNİ	121
ÖZGEÇMİŞ.....	135

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	Sürdürülebilirlik, farklı disiplinlerin kesişimi	2
Şekil 1.2	Dünya nüfusu, verim ve bitki besin elementlerinin küresel değişimi	4
Şekil 1.3	Bütünsel çiftlik yönetimi	6
Şekil 2.1	Diskli gübre dağıtma makinasında konumsal gecikme modeli	23
Şekil 3.1	Çift diskli gübre dağıtma makinasının teknik ölçüleri	30
Şekil 3.2	DC elektrik motoru.....	31
Şekil 3.3	Garmin firması tarafından üretilen DGPS 18 PC OEM GPS alıcı modülü.....	32
Şekil 3.4	Toplama kabı.....	34
Şekil 3.5	Hava hızının ölçümünde kullanılan anemometre	35
Şekil 3.6	Gübre örneklerinin tartılmasında kullanılan SARTORIUS BL610 terazi.....	36
Şekil 3.7	Testo 475 Stroboskop.....	36
Şekil 3.8	Tasarım süreci	38
Şekil 3.9	Kalibrasyon testi.....	46
Şekil 3.10	Kalibrasyon testinde örnek alımı.....	47
Şekil 3.11	Dozajlama testi.....	48
Şekil 3.12	Enine dağılım test düzeni	49
Şekil 3.13	Tarla denemeleri test düzeneği.....	52
Şekil 3.14	Tarla denemesinden bir görünüş	52
Şekil 4.1	Tasarımı yapılan oluklu makara	61

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.2	Hızlı prototip üretme tekniği ile üretilen helisel dişli 61
Şekil 4.3	Oluklu makara ve yuvası..... 62
Şekil 4.4	Oluklu makara montajı..... 63
Şekil 4.5	Yönlendirici 1 (gübre disk üzerine dar kesitte bırakılmakta) 64
Şekil 4.6	Yönlendirici 2 (gübre disk üzerine geniş kesitte bırakılmakta) 64
Şekil 4.7	Yönlendirici 1'in teknik resmi (a- açılım b- üst görünüş) 65
Şekil 4.8	Yönlendirici 2'nin teknik resmi (a- açılım b- üst görünüş) 66
Şekil 4.9	Dozajlama sistemi montaj payandası..... 67
Şekil 4.10	Dozajlama sistemi montaj payandasının teknik resmi 68
Şekil 4.11	Merkezi kontrol ünitesi 69
Şekil 4.12	Mikrodenetleyici denetimli gübreleme sisteminin blok diyagramı 70
Şekil 4.13	Konum belirleme alt programı akış şeması..... 71
Şekil 4.14	Motor denetim programı akış şeması..... 72
Şekil 4.15	Motor denetim blok şeması..... 73
Şekil 4.16	Lokal kontrol devresi 74
Şekil 4.17	Yön ve izin kontrol devresi..... 74
Şekil 4.18	DC-DC dönüştürücü devresi..... 75
Şekil 4.19	Hız kontrol ünitesi..... 76
Şekil 4.20	Hız kontrol ünitesi kutusunun teknik resmi 76
Şekil 4.21	Diskli gübre dağıtma makinası ve üzerindeki oluklu makaralar..... 78
Şekil 4.22	Birinci oluklu makara %26 CAN gübresi akış fonksiyonu (g- min-1)..... 79

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.23 İkinci oluklu makara %26 CAN akış fonksiyonu (g-min-1)	79
Şekil 4.24 Birinci oluklu makara 20:20:0 Kompoze gübresi akış fonksiyonu (g-min-1).....	80
Şekil 4.25 İkinci oluklu makara 20:20:0 Kompoze gübresi akış fonksiyonu (g-min-1).....	80
Şekil 4.26 Oluklu makaraların %26 CAN gübresi uygulama etkinlikleri (kg/da).....	81
Şekil 4.27 Oluklu makaraların 20:20:0 Kompoze gübre uygulama etkinlikleri (kg/da).....	81
Şekil 4.28 Kalsiyum amonyum nitrat dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (1. oluklu makara).....	83
Şekil 4.29 Kalsiyum amonyum nitrat dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (2. oluklu makara).....	83
Şekil 4.30 Kompoze gübre (20:20:0) dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (1. oluklu makara).....	84
Şekil 4.31 Kompoze gübre (20:20:0) dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (2. oluklu makara).....	84
Şekil 4.32 Enine dağılım deseni (Kalsiyum Amonyum Nitrat- Dar Yönlendirici).....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.33 Enine dağılım deseni (Kalsiyum Amonyum Nitrat- Geniş Yönlendirici)	88
Şekil 4.34 Enine dağılım deseni (Kompoze Gübre-Dar Yönlendirici)	89
Şekil 4.35 Enine dağılım deseni (Kompoze Gübre-Geniş Yönlendirici).....	89
Şekil 4.36 Kalsiyum Amonyum Nitrat gübresinde işgenişliği-varyasyon katsayısı ilişkisi	90
Şekil 4.37 Kompoze Gübre de işgenişliği-varyasyon katsayısı ilişkisi	90
Şekil 4.38 Kalsiyum Amonyum Nitrat Gübre (25kg/da) uygulamasında bindirme	91
Şekil 4.39 Kompoze Gübre (25 kg/da) uygulamasında bindirme	91
Şekil 4.40 Kalsiyum amonyum nitrat 25 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi	94
Şekil 4.41 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi	94
Şekil 4.42 Kalsiyum amonyum nitrat 25 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği	95
Şekil 4.43 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği	95
Şekil 4.44 Kalsiyum Amonyum Nitrat 25 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi.....	96
Şekil 4.45 Kalsiyum Amonyum Nitrat 40 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi.....	96
Şekil 4.46 Kompoze gübre 25 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi.....	97
Şekil 4.47 Kompoze gübre 40 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi.....	97

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.48 Kompoze gübre 25 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği	98
Şekil 4.49 Kompoze gübre 40 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği	98
Şekil 4.50 Kompoze Gübre 25 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi	99
Şekil 4.51 Kompoze Gübre 40 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi	99
Şekil 4.52 Teorik norm değişim grafiği (40 kg→20kg→40 kg).....	101
Şekil 4.53 Kalsiyum amonyum nitrat 20 kg→40 kg geçiş yüzeyi	102
Şekil 4.54 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg→20 kg geçiş yüzeyi	102
Şekil 4.55 Kalsiyum amonyum nitrat gübresinde (↑40 kg→20kg→40 kg; ↓40 kg→20 kg→40 kg) uygulama deseninde geçiş yüzeyi (Bindirmeli)	103
Şekil 4.56 Kompoze gübre 20 kg→40 kg geçiş yüzeyi.....	103
Şekil 4.57 Kompoze gübre 40 kg→20 kg geçiş yüzeyi.....	104
Şekil 4.58 Kalsiyum amonyum nitrat 20 kg→40 kg geçiş grafiği	105
Şekil 4.59 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg→20 kg geçiş grafiği	106
Şekil 4.60 Kompoze gübre 20 kg→40 kg geçiş grafiği.....	106
Şekil 4.61 Kompoze gübre 40 kg→20 kg geçiş grafiği.....	107
Şekil 4.62 Mısır tarımı yapılması durumunda ek maliyeti karşılamak için tarım alanı- gübre tasarrufu ilişkisi.....	113
Şekil 4.63 Pamuk tarımı yapılması durumunda ek maliyeti karşılamak için tarım alanı- gübre tasarrufu ilişkisi.....	113
Şekil 4.64 Buğday tarımı yapılması durumunda ek maliyeti karşılamak için tarım alanı- gübre tasarrufu ilişkisi.....	114

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1	Besin elementlerinden kaynaklanan çevresel riskler	16
Çizelge 3.1	Yazılımda kullanılan coğrafi algoritma	45
Çizelge 4.1	Kullanılan gübrelere ilişkin bulgular	59
Çizelge 4.2	Akış fonksiyonlarına ait veriler ve determinasyon katsayıları.....	77
Çizelge 4.3	Doğrusal akış fonksiyonlarına ilişkin veriler ve determinasyon katsayıları	82
Çizelge 4.4	Dozajlama testine ilişkin değerler	86
Çizelge 4.5	Norm değişim grafiklerine ilişkin istatistiki veriler.....	109
Çizelge 4.6	Deneme ve sistem performansına ilişkin veriler	109
Çizelge 4.7	Ek donanım fiyatı verileri.....	110
Çizelge 4.8	Bilgi edinim maliyeti	111
Çizelge 4.9	Üretim verileri	111
Çizelge 4.10	Finans verileri	111
Çizelge 4.11	Ürünlere göre eşik gübre tasarruf miktarları (%)	112

1. GİRİŞ

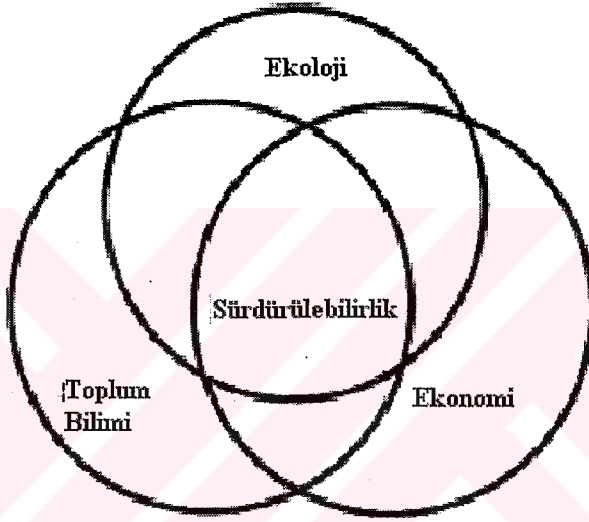
1.1. Konunun Önemi

Tarım sektöründe yirminci yüzyılın sonlarındaki araştırmalar, üretimi ve karlılığı arttırmak için yeni biyoteknolojik çeşitlerin geliştirilmesi ve üretim girdilerinin daha etkin kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunun yanında çevre koruma bilinci de hızla önem kazanmıştır. Bu kapsamda ekonomik, çevre dostu ve sürdürülebilir tarımsal üretim yöntemleri önem kazanmıştır. Uzun yıllardır üzerinde en çok tartışılan sürdürülebilirliğin ilk tanımlarından birisi genel bir yaklaşımla Birleşmiş Milletler tarafından yapılmış olup “gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılama yeteneklerini tehlikeye atmadan günümüz gereksinimlerinin elde edilmesini hedefleyen gelişme” olarak tanımlanmıştır (WCED, 1987). Son yıllarda bu anlamda uluslararası toplumsal bir farkındalık oluşmuştur. 1992 yılında Rio de Janeiro da yapılan Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi’nde, tartışmalara konu olan açlık ve aşırı nüfus artışının yanında, üzerinde çok durulan ekosistemdeki bozulmalar ve doğal kaynakların tüketilmesi endişelerinin yanında “sürdürülebilirlik” ve “sürdürülebilir büyüme” bu küresel farkındalığın ve çekincenin oluşmasını sağlamada önemli bir rol oynamıştır.

Caffey et al. (2001), sürdürülebilirliği herhangi bir gelişmenin sosyolojik, ekonomik ve çevresel etkilerinin bütünsel düşünülmesi ile ilişkilendirmiştir (Şekil 1.1). Bu genel düşünce endüstriyel üretim işlemleri kadar tarımı da kapsamaktadır. American Society of Agronomy (1989) sürdürülebilir tarımı; “Uzun süreçte, tarımın bağlı olduğu kaynakları ve çevresel kaliteyi arttırmak, temel insan gereksinimi olan besin ve giysilerin sağlanması, ekonomik olarak

uygulanabilir ve çiftçiler ile bir bütün olarak toplum için hayatın kalitesini artırma” olarak tanımlamaktadır (Bongiovanni ve Lowenberg-Deboer, 2004).

Son yıllarda artan bu küresel ve toplumsal bilinçlenme ile birlikte “sürdürülebilirliği” göz önüne alan üretim teknikleri; İyi Tarım Uygulamaları (İTU) ve Organik Tarım hızla büyük önem kazanmaktadır.



Şekil 1.1 Sürdürülebilirlik, farklı disiplinlerin kesişimi (Caffey et al., 2001)

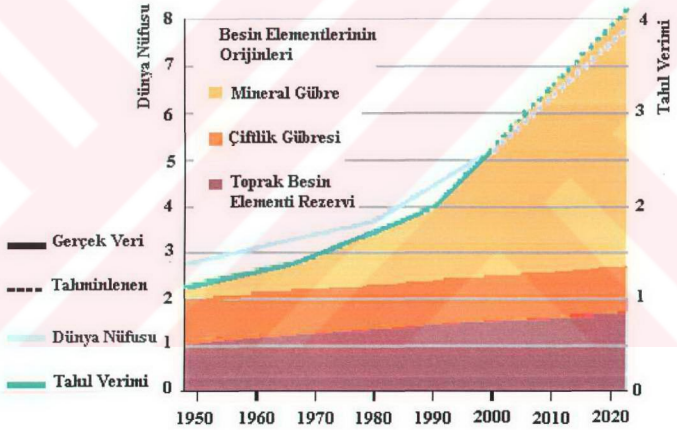
Organik tarım, ekolojik sistemde bilinçsiz uygulamalar sonucu bozulan doğal dengeyi yeniden kurmayı hedefleyen, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içermekte olup; temel olarak sentetik kimyasal tarım ilaçları, hormonlar ve mineral gübrelerin kullanımını yasaklaması yanında; organik ve yeşil gübreleme, rotasyon, toprağın korunumu, bitkinin direncini artırma, doğal düşmanlardan faydalanmayı öneren, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı, üretimde miktar artışının yanında ürün kalitesinin de yükselmesini amaçlayan bir tarımsal üretim biçimidir.

İyi tarım uygulamaları, “gıda ve gıda dışı (giyim vb.) ürünlerin sağlıklı ve güvenli elde edilebilmesinde çiftlik ve çiftlik sonrası işlemler için çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe yanıt veren, ulaşılabilir bilgi ve önerileri uygulamak” olarak tanımlanmaktadır (FAO, 2005). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ise İyi Tarım Uygulamalarını “Tarımsal üretim sisteminin sosyal açıdan yaşanabilir, ekonomik açıdan karlı ve verimli, insan sağlığını koruyan, hayvan sağlık ve refahı ile çevreye önem veren bir hale getirmek için uygulanması gereken işlemler” şeklinde tanımlamaktadır.

İyi tarım uygulamaları konsepti, hızlı değişen ve küreselleşen gıda ekonomisi koşullarında, gıda üretimi, güvenliği ve kalitesi ve tarımın çevresel sürdürülebilirliği ile ilgili olarak gıda toptancı ve perakendecilerinin tüketicilere verdiği güvenceler ile üreticilere müdahaleleri sonucunda son yıllarda hızla gelişip yayılmaktadır (FAO, 2005).

Günümüz tüketicileri kendi gıda gereksinimlerinin güvenliği ile ilgili olarak genel bildirimlerden daha fazlasını aramakta ve gıda güvenliğinin dikkate alındığı belgelendirme sistemini istemektedirler. Organik tarım ve iyi tarım uygulamalarında ana düşüncüyü oluşturan etmenlerin başında “kontrollü ve kayıt altına alınmış üretim” ve “izlenebilirlik” in geldiği görülmektedir. Bu iki yöntem ile tarladan sofraya kadar tarımsal üretimde ve elde edilen ürünler ile bu ürünlerden elde edilen gıdaların işlenmesinde yapılan bütün uygulama ve işlemler kayıt altına alınmaktadır. Üretim-tüketim sürecinin kaydının tutulması ile gıdaların güvenliği ve izlenebilirliği garantilenmektedir. Bu iki yöntem kapsamında gıda güvenliği ve izlenebilirliği ile ilgili olarak HACCP (Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizi) ve FURFPGAP (Avrupa Perakendecileri Tarım Ürünleri Çalışma Grubu) izleme sistem, sertifikasyon ve protokolleri geliştirilmiştir. HACCP; gıda üretim işlemlerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik zararlıların belirlenmesine ve önlenmesine yönelik bir

gıda üretim kontrol işlemidir. Bu yöntem zararlıların oluşmasını engelleme ve zararlı oluşumunun belirlenmesini izleyen en kısa süre içinde gerekli iyileştirmenin gerçekleştirilmesi ile ilgili adımları içermektedir. Bu belgelendirilmiş kontrol sistemi bilimsel otoriteler ve uluslararası organizasyonlar tarafından gıda üretimde en etkin yöntem olarak kabul edilmektedir. EUREPGAP; Avrupa Perakendecileri Tarım Ürünleri Çalışma Grubu (EUREP) tarafından geliştirilen ve uluslararası alanda kabul edilen İyi tarım uygulamalarına uyulması esasına dayanan bir protokoldür ve söz konusu perakendecilere ihracat edilecek ürünleri kapsamaktadır.



Şekil 1.2 Dünya nüfusu, verim ve bitki besin elementlerinin küresel değişimi (EFMA, 2003)

Gelecek yıllarda tarımın önündeki en büyük engellerden birisi de sürdürülebilirlik kapsamında artan dünya gıda gereksinimini karşılamak olacaktır (Gruhn et al., 2000). Birleşmiş Milletler 2020 yılına kadar dünya nüfusunun hızlı artışının devam ederek 7,5 milyara ulaşmasını öngörmektedir (Şekil 1.2). Tarım sektörünün bu artan besin gereksinimini karşılayacağı konusundaki endişeler

giderek artmaktadır (UNCED Earth Summit, 1992). Geçen yüzyıl içinde artan insan nüfusunun gıda gereksiniminin karşılanabilmesi için potansiyel araziler ıslah çalışmaları ile tarıma açılmış, su problemi olan alanlara ucuz sulama sistemleri ile su sağlanmış, tohum teknolojisindeki gelişmeler ile çeşitlerin verimi arttırılmıştır. Sözü edilen gelişmeler incelendiğinde bu yöntemler ile gıda üretiminin artırılmasının sınır noktalarına yaklaşıldığı ve çok az potansiyelin kaldığı görülmektedir. Sonuç olarak üretimin, nüfus artışı ve çoraklaşma ile aynı hızda tutulması son zamankinden daha da zor olacaktır (Gruhn et al., 2000). Bu anlamda var olan kaynakların daha etkin ve verimli kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Bütün bu yaklaşımlar sürdürülebilir tarım için geleneksel tarım sisteminin değiştirilerek modern tarım sistemlerinin uygulanması zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Modern tarım sistemleri dünyanın çevresel kaynaklarının (toprak-su ve hava) kalitesini korurken çiftçiler için üretimde artışı ve karlılığı arttırmayı gerektirmektedir. Gelir marjlarındaki daralma ve çevresel kısıtlardaki artış ile çiftlik üretim sisteminin stratejik planlaması daha önemli ve zor hale gelmiştir (Rotz, 2004). Bu nedenle üretimde karşılaşılan ve çoğu zaman çok karmaşık olan sorunlar ile mücadelede en iyi yöntemi bulabilmek için çiftlik bütünsel olarak ele alınmalı ve yönetilmelidir. Bütünsel Çiftlik Yönetimi dinamik bir yapıda olup, belirli bir kurallar dizininden oluşmak yerine çiftlik içinde gerçekleşen olayları (toprak besin elementlerindeki değişimi, toprak kalitesini etkileyen faktörleri ve elde edilen bu bilginin dikkat isteyen çiftlik işlemlerinin durumunun belirlenmesi için uygulanması vb.) anlamaya dayanmaktadır. Bütünsel çiftlik Yönetiminde çiftlik yönetici ve çalışanları çiftlik sisteminin bütün aşamalarını planlar, ölçümler yapar ve bunları görüntüler. Çiftlik yöneticisi genel amaç çerçevesine göre süreci yeniden gözden geçirir ve çiftlik işlemlerini buna göre tekrar düzenler (FFMA, 2003).

Bütünsel Çiftlik Yönetimi; Bütünsel Toprak ve Su Yönetimi, Bütünsel Bitki Yönetimi, Bütünsel Zararlı Yönetimi gibi alt birimlerden oluşmaktadır (Şekil 1.3).

Bütünsel çiftlik yönetiminde planlayıcının başarılı olabilmesi için bir çok veriyi (sayısal ve mantıksal her türlü değer) alıp işleyerek bilgiye (işlenmiş, anlam ifade eden veri) dönüştürmesi ve/veya varolan bilgilere ulaşp bunları karar mekanizmasında ve alınan kararların uygulanmasında kullanması gerekmektedir. Bu durumda tarımsal veriler, bu verilerin niteliği ve niceliği, veri kaynakları ve bunların işlenerek bilgiye dönüştürülmesi büyük önem kazanmaktadır.



Şekil 1.3 Bütünsel çiftlik yönetimi (EFMA, 2003)

Tarımdaki (dolayısıyla çiftlik yönetiminde) bilgi çeşitleri (Sındır, 2002) şu şekilde sıralanmaktadır;

Teknik Tarım Bilgisi (bitki ve hayvan yetiştirme esasları, hastalık ve zararlılarla etkin ve çevreye duyarlı mücadele, toprak ıslahı ve verimlilik, gübreleme, sulama, işletme ve ev ekonomisi, tarımsal mekanizasyon gibi tüm teknolojik yenilikler)

- Hükümetin Tarım Politikası ve Uygulama Kararları
- Üretim Girdi Piyasaları ve Güncelleştirilmiş Girdi Fiyatları
- Ürün Piyasaları ve Güncelleştirilmiş Ürün Fiyatları
- Mevzuat ve Yasal Düzenlemeler
- Diğer Bilgiler

Bu bilgilerin yanında tarımsal işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılmak üzere çiftlik ile ilgili veriler (toprak-bitki koşulları, verim, hava durumu, hastalık ve zararlı durumu vb) elde edilmektedir.

Geleneksel Tarım Uygulamalarında, bu veri ve bilgilerin değişkenliği göz ardı edilerek çiftlik yönetilmekte ve tarımsal gelirler tarlaya homojen olarak uygulanmaktadır. Elde edilen verilerin ve bilgilerin sürekli olarak aynı olmadığı aksine değişim gösterdiği uzun yıllardır bilinmektedir. Bu değişkenlik nedeniyle homojen girdi uygulaması, agronomik, ekonomik ve çevresel olarak doğru yöntem değildir. Teknolojik yetersizlik nedeniyle değişkenliği dikkate alan girdi uygulamaları bir kaç yıl öncesine kadar yapılamamıştır.

Diğer önemli nokta ise bu bilgilerin doğru üretilebilmesinin, ulaşılabilmesinin ve kullanılabilmesinin bilişim teknolojilerinin kullanımı ile olanaklı hale gelmesidir. Bilişim teknolojilerinin son yıllarda hızla gelişmesi ve yaygınlaşması sonucunda bu teknolojiler tarımda da yer almaya başlamıştır. Bu kapsamda son yıllarda çevredostu, agronomik ve ekonomik olarak sürdürülebilir ve "Hassas Tarım" olarak adlandırılan yönetim metodu ve teknolojileri geliştirilmektedir.

Hassas tarım sisteminde tarlanın tamamının dikkate alınması yerine, tarla parsellere ayrılarak her bir parselin isteğine göre tarımsal uygulamanın (gübre,

ilaç, su vb.) yapılması söz konusudur. Mineral gübreler tarımsal üretimde yoğun kullanılan önemli kimyasallardandır.

Geleneksel uygulamada verimin az kullanımından dolayı azalmasını engellemek için çoğu kez tarlaya fazlasıyla kimyasal gübre uygulanmaktadır (Çetin ve ark., 2004). Bu uygulama yönteminde tarladaki değişkenliğe dikkat edilmeden, tarlayı oluşturan tüm parsellere eşit gübre verilmesi söz konusudur. Bu yöntemde, tarla içerisinde rastgele değişik yerlerden alınan toprak örnekleri karıştırılarak tek bir örnek haline getirilip bunun analizi sonucunda gübre normu belirlenmektedir. Belirlenen bu norma göre tarlaya uygulama yapılmaktadır (Fulton ve ark., 1999). Sabit bir norm değerinde yapılan uygulamada, tarla içinde bazı bölümlere aşırı gübre uygulanmasına neden olurken bazı bölümlere ise gereğinden az gübre uygulanmasına neden olmaktadır.

Hassas tarım yaklaşımı ile gübre uygulaması ise geleneksel gübre uygulama yöntemine göre agronomik, ekonomik ve çevresel etkiler yönünden üstünlüklere sahiptir.

Agronomik açıdan ele alındığında daha detaylı toprak örnekleme yapılmakta, buna bağlı olarak veri tabanı oluşturulmakta ve sonuçta küçük parsellerdeki toprak isteklerine, farklı toprak tiplerine bağlı, uygun gübre uygulaması yapılmaktadır. Gübre kullanımındaki etkinliğin artırılması da ancak gübrenin agroteknik isteklere uygun olarak toprağa verilmesi ile olasıdır (Önal ve Tozan, 1984).

Ekonomik avantajı ise gübrenin, verimde artışı sağlayabilecek parsellere uygulanmasını veya verim artışına neden olmayacak parsellere uygulanmamasını sağlayarak kullanılan gübre miktarını azaltma ve verim artışını sağlama yolu ile kazançta artışa neden olabilmesidir. Etkin gübre kullanımının çiftlik geliri

üzerine olduğu gibi ülke ekonomisi üzerinde de oldukça büyük olumlu etkisi bulunmaktadır. Kimyasal gübre üretimi ve tüketimi ülkemiz ekonomisi üzerinde oldukça büyük paya sahiptir. Kimyasal gübre sektörü incelendiğinde üretimin yıllara göre 3,3-3,8 milyon ton arasında, tüketimin ise 4,5-5,5 milyon ton arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Velioğlu ve ark., 2004). Üretilen gübre miktarı tüketilen gübre miktarını karşılayamamaktadır. Diğer bir önemli nokta ise gübrenin devlet tarafından desteklenmesi durumunda üretim azalıp ithalat artmaktadır. 2003 yılında üretilen gübrenin %30,8'i CAN (Kalsiyum Amonyum Nitrat), %49,5'i kompoze gübrelerden oluşmaktadır. Tüketilen 5.093.693 ton gübrenin %21,1'ini CAN gübresi ve %28,2'sini kompoze gübreler oluşturmaktadır. Gübrelerin üretim-tüketim ilişkisi incelendiğinde CAN gübresinde yaklaşık 60.000 ton Kompoze gübrede ise 80.000 ton açık bulunduğu görülmektedir. Etkin gübre kullanımı ile gübre tasarrufu yapılırken gübre ithalatı azaltılacak ve ülke kaynakları daha verimli kullanılacaktır.

Çevre yönünden düşünüldüğünde, atılan gübre miktarının azaltılması nedeniyle çevre üzerindeki olumsuz etkiler azaltılmaktadır (Fulton et al., 1999). Çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin (diğer tarımsal üretim girdilerine göre) çok yüksek olması, kimyasal girdi uygulamalarının önemini daha açık olarak göz önüne sermektedir. Kimyasal girdileri oluşturan gurubun en önemlilerinden olan mineral gübreler, sağladığı yararlar yanında çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı, uygulanmasında çok fazla özen gerektiren üretim girdilerindedir. Aşırı uygulama sonucunda gübrenin yeraltı sularına karışması veya yüzeyden su ile akıp gitmesi olası iken, az uygulama sonucunda verimde düşüklüğün yanısıra geride kalan bitki artıklarının azalmasından dolayı erozyonun artması ve toprağın özelliklerini kaybetmesi mümkündür (Frazen, 1999). Kimyasal gübreleri oluşturan temel elementlerden Azot elementi bitkilerin besin kaynağını oluşturan ve tarımsal üretimin artırılmasında kullanılan en önemli besin elementlerin

birisidir. Bitkiler genellikle azotu nitrat (NO₃) formunda almaktadırlar. Nitrat iyonları toprakta çok hareketli olduğu için bitki tarafından alınmadığı durumda yıkanarak yeraltı sularına karışmaktadır. Tarımsal üretimde verimliliğın artırılması amacıyla aşırı nitrat uygulanması çevresel problemlere ("algal bloom" ve sera etkisi) ve yeraltı sularına karışması nedeniyle sağıık problemlerine (Blue-Baby sendromu ve mide kanseri, böbrek hastalıkları gibi) neden olmaktadır (Yıldırım ve ark., 2004).

1.2. Çalışmanın Amacı

Diskli gübre dağıtma makinaları yapısal basitliğı, iş genişliğinin yüksek ve edinme maliyetinin düşük olması nedeniyle mineral gübre uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Önal, 1995). Hassas tarım kapsamında diskli gübre dağıtma makinalarının kullanılabilmesi için bu amaca uygun olarak yeniden tasarlanıp üretilmesi gerekmektedir.

Hassas tarım, dünya tarımı üzerinde büyük bir etkiye neden olmaktadır. Bu yaklaşımın altında yatan prensipler aynı olmasına karşılık uygulamalar, kullanılan alet ve makineler, üründen ürüne ve ülkeden ülkeye değişmektedir (Blackmore, 2000). Dolayısıyla gelişmiş ülkelerin kendi mekanizasyon düzeyleri ve üretim koşullarına uygun olarak tasarlamaya çalıştığı ve kullandığı değişken düzeyli uygulama sistem ve yazılımlarının, ülkemiz koşullarında kullanılabilmesi, günümüz tarım ve ekonomik şartlarında olası görülmemektedir. Bu nedenle ülkemiz koşullarına uygun değişken düzeyli uygulama yapabilen sistem ve yazılımların geliştirilmesi gerekli görülmektedir. Ülkemiz koşullarına uygun değişken düzeyli girdi uygulama yapılabilmeye olanak sağlayacak bir makinanın geliştirilmesi planlanan bu projede;

klasik tip çift diskli bir mineral gübre dağıtma makinası üzerinde yapılacak değişiklik ile “değişken düzeyli uygulama” yapılabilmesi için uygun donanım ve yazılım tasarımı, prototip geliştirilmesi ve test edilmesi, olası ekonomik ve çevresel etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünya nüfusunun hızla artması, araştırmacıların geçtiğimiz yüzyıl başlarında birim alandan daha fazla ürün elde edilmesi yönündeki çalışmalar üzerine yoğunlaşmalarına neden olmuştur. Başlangıçta yalnızca verimi arttırmaya yönelik çalışmalar, ekonomik ve çevresel baskılar nedeniyle birim alandan daha fazla ürün elde etme düşüncesinin yanında, çiflik gelirinin artırılması ve sınırlı sayıdaki doğal kaynakların korunmasına yönelik yeni üretim yöntemlerinin bulunması doğrultusunda devam etmiştir (Fulton ve ark., 1999). Bu yönde yapılan çalışmaların birisi de “Hassas Tarım”dır.

2.1. Hassas Tarım

Hassas Tarım: toprak, bitki v.b. üretim koşullarındaki kontrol edilmeyen değişkenliklerin daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi (bilgi teknolojilerinin de kullanılması yoluyla) ile tarımsal üretimdeki karar belirsizliğini azaltmayı amaçlayan sistematik yönetim yaklaşımıdır.

Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS)’nin sivil amaçlı kullanıma açılması ve Değişken Düzeyli Uygulama Teknolojisi (VRT)’nin geliştirilmesi ile “Hassas Tarım” adı verilen yeni bir üretim yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem Değişken Düzeyli Uygulama Teknolojisi, Yerine Göre Ürün İşletmeciliği, gibi değişik şekillerde de anılsa da (Kirişçi ve ark., 1999) günümüzde yaygın olarak “Hassas Tarım” olarak tanımlanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde geçtiğimiz on yıl içerisinde bir çok tarımsal işletmede hızla benimsenerek uygulamaya geçilmiştir. Bu yeni yaklaşım ile toprak özellikleri ve verimdeki değişkenliği göz önüne alarak üretim girdilerinin tarlaya geleneksel olarak eşit düzeyde uygulanması yerine değişken düzeyli uygulamasının yapılması amaçlanmaktadır. Bu amaç

doğrultusunda bir çok çalışma yürütülmektedir (Agnew et al., 2002; Anglund and Ayers., 2003; Baio and Balastreire, 2002; Bergeçik et al., 2001; Camp et al., 2000; Cerri et al., 2002; Clark and McGuckin, 1996; Ehler et al., 2004; Hummel and Stoller, 2002; Kalk et al., 2004; Kim at al., 2002; King et al., 1999; Lee et al., 1999; Lida et al., 2001; Noh et al., 2004; Schrock et al., 2001; Wenkel et al., 2002; Womac and Bui., 2001; Yang., 2001).

Hassas tarım teknolojisi ile (Sındır ve Tekin, 2002); ürün verimi, tarla performansı ve tarımsal işlemlerdeki işlem üretkenliği artırılmakta, farklı tohum çeşitlerinin, hibritlerinin, kimyasalların ve toprağın performansı ölçülebilmekte, gübre ve kimyasal uygulama giderleri azaltılmakta, daha az kimyasal kullanma yoluyla kirlilik azaltılmakta, tarladaki herbir birim alanın (m²) ne kadar iyi veya yetersiz olduğunun bilinebilmesi için tarla performansları izlenebilmekte, haritalanabilmekte ve analiz edilebilmekte, çiftlik yönetimindeki karar alma işlemi geliştirilmekte, satış ve üretimde başarıya ulaşmak için “gıda güvenliği ve izlenebilirlik” ile ilgili koşulların yerine getirilebilmesi için gerekli kayıt işlemi daha etkin olarak sağlanabilmektedir.

2.2. Hassas Tarım ve Çevre

Ekosistemin fonksiyonunu ve biyoçeşitliliği koruyarak tarımsal üretimin gerçekleştirilmesi, günümüzde insanlığın önündeki en önemli konulardan birisidir. Tarımsal üretim işlemleri, çevre ve biyoçeşitlilik üzerinde önemli oranda olumsuz etkilere neden olabilmektedir. (Robertson, 2000; Bergström, 2003).

Mineral gübreler, bitkilerin gelişimi ve büyümesi için gerekli besin elementlerini içeren doğal olarak bulunan ya da yapay olarak elde edilen

kimyasal maddelerdir. Mineral gübre uygulamaları bu nedenle tarımsal üretimde gerek agronomik gerekse çevre üzerindeki olumsuz etki olasılığı nedeniyle tarımsal işlemler içinde en kritik işlemlerdendir.

Bitkilerin en önemli temel besin elementlerini azot, fosfor ve potasyum (N,P,K) oluşturmaktadır. Bunların yanında bitkiler yine gelişim için önemli oranda sülfür, kalsiyum ve magnezyuma gereksinim duyarken bitki metabolizmasındaki çeşitli olayların oluşmasında mikro besin elementleri de (iz elementleri) kullanılmaktadır.

Bitkiler için temel besin elementleri olan azot, fosfor ve potasyum içeren mineral gübreler tarımsal üretimde miktar olarak en çok kullanılan gübrelere dir.

Tarımsal işlemlerin çevre üzerindeki en önemli olumsuz etkilerinden olan sızıntı, topraktaki su ve nem ile birlikte besin elementlerinin hedeften uzaklaşması nedeniyle oluşmaktadır. Sızıntı nedeniyle kimyasal maddeler yeraltı sularına, içme sularına ve akarsulara karışmaktadır. Kimyasal maddeler ayrıca emisyon ve buharlaşma ile atmosfere geçerek çevre üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu olumsuzluk "Sera Etkisi" olarak görülmektedir.

Geleneksel tarımda, tarlanın bir kaç noktasından alınan toprak örnekleri karıştırılarak elde edilen karışım analiz edilmekte ve bu analiz sonucu üretimi yapılacak ürün gereksinimleri dikkate alınarak geliştirilen gübre önerisine göre mineral gübreler tarlaya homojen olarak uygulanmaktadır. Tarla içi özelliklerindeki değişkenliğin göz ardı edilerek yapıldığı bu uygulama ile toprak besin elementlerince zengin olan bölgelere aşırı miktarda uygulama yapılabilirken fakir olan bölgelere ise yetersiz uygulama yapılabilmektedir.

Besin elementlerinin aşırı kullanımı nedeniyle yeraltı sularına, artezyen sularına, nehir, göl ve denizlere sızması ile oluşan ötrofikasyon nehir, göl ve denizlerdeki biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Azot nedeniyle oluşan yeraltı sularının kirliliği birim alana uygulanan nitrojen miktarının yanında topraktaki su ve nem hareketine bağlıdır (Bergström, 2003). Topraktaki yüzey suyu hareketi ve buharlaşma ile birlikte azot, akarsulara ve atmosfere yayılmaktadır. Schepers (1999) besin elementlerinin çevre üzerine olası olumsuz etkilerini sözü edilen risk etmenlerine göre açıklamıştır (Çizelge 2.1). Çizelge de “+” simgesi olabilirliğe işaret etmektedir. Toprak yapısının su hareketine olan elverişliliği azot sızıntısını artırmaktadır. Dolayısıyla kumlu toprak ağır topraklara göre daha az azot tutma özelliğine sahiptir.

Çizelge 2.1.Besin elementlerinden kaynaklanan çevresel riskler (Schepers, 1999)

İşlem	N	P	K
Sızıntı	+	-	-
Denitrifikasyon	+	-	-
Ötrofikasyon	+	+	-
Yağış	+	+	+
Yüzey Akış	+	+	-
Buharlaşma	+	-	-
Erozyon (su ve rüzgar)	-	-	+

Whitley et al. (2000) patates tarımında geleneksel azot uygulaması ile değişken düzeyli uygulama koşullarında azot sızmasındaki farklılığı belirlemeye çalışmışlardır. Yanyana iki tarla bu amaçla kullanılmış ve hücre bazlı örnekleme

yapılarak toprağın N seviyesini belirlemişlerdir. Tarlalardan birisine değişken düzeyli N uygulanırken diğerine tarla ortalamasına bağlı olarak eşit dozajlı uygulama yapılmıştır. N hareketini belirleyebilmek için araştırmacılar organik madde miktarını ve tarla topoğrafyasını dikkate alarak test alanı belirlemişler ve birisi kök derinliğinde diğeri bir miktar yukarıda olacak şekilde Ion-exchange resin ile N akışını ölçmüşlerdir. Ayrıca üretim sezonu sırasında toprak nemi ile toprak ve bitki nitrat içeriğini ölçmüşlerdir. Araştırmacılar eşit norm uygulamasının verim ve kalite üzerine olumsuz etkiye neden olurken değişken düzeyli azot uygulamasının verim üzerine olumsuz etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Değişken düzeyli azot uygulamasının NO₃-N sızma potansiyelini azalttığını bildirmişlerdir.

Delgado et al. (2001) Colorado'da bitkilerin azot kullanma etkinliğini maksimize etmek ve azot sızıntısını azaltmak için iyi yönetim uygulamalarını kullanarak bir çalışma yürütmüşlerdir. Arpa ve patates ile yaptıkları çalışmada, toprak tekstürü, yönetim biçimi ve sızabilir azot arasında önemli bir ilişki olduğunu bulmuşlardır. Konumsal bilgilerin ve değişken düzeyli uygulama teknolojisinin kullanılması ile azot yönetim uygulamaları su kalitesini koruma ve azot kayıp potansiyelini azaltmak için iyileştirilebilir olanağına sahip olduğunu göstermişlerdir.

Kholsa et al. (2001) toprak özelliklerindeki değişkenliğe bağlı olarak yapılan optimum azot uygulamasının sızıntı potansiyelini düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Wang et al. (2003) Missouri de mısır tarımında değişken düzeyli azot ve kireç uygulamasının ekonomikliğini ve su kalitesine etkisini araştırmışlardır. Elektriksel geçirgenliği ölçerek elde ettikleri veriler ile toprak üst katmanının

derinliğini belirleyerek bu parametreye dayalı simulasyon modeli ile gübre önerisini belirlemiştirler. Uniform uygulama normu olarak iki norm belirlemiştirler. UR11 üst toprak katmanı kalınlığına göre UR12 ise o bölgede çiftçiler tarafından yaygın olarak kullanılan norm değeri olarak kullanılmıştır. Değişken düzeyli uygulamanın su kalitesine etkisini belirlemek için potansiyel sızabilir N'a dayalı olarak değerlendirme yapmışlardır. Toprak üst katmanının derinliğindeki ve toprak pH'ındaki artış değişken düzeyli uygulamanın çevre üzerine olan olumlu etkisini artırmaktadır.

Mineral gübrelerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin toprak özelliklerine ve onlardaki değişkenliğe bağlı olduğu çok açıktır. Toprak, bitki gibi tarlaya ait özelliklerin dikkate alınarak mineral gübrelerin uygulanması, bu işlemin çevre üzerine olumsuz yükünü azaltıp minimuma indirecektir.

2.3. Değişken Düzeyli Diskli Gübre Dağıtma Makinalarının Test Edilmesiyle İlgili Çalışmalar

Mineral gübre uygulanması yoluyla toprakta eksik bulunan besin elementlerinin toprağa verilmesi sırasında organik madde döngüsüne önemli bir etkide bulunmaktadır. Doğru ve düzgün yapılmayan gübre uygulaması başlıca üç önemli olumsuzluğa neden olmaktadır (Moshou ve ark., 2004): aşırı gübre uygulama ile, topraktaki aşırı besin element miktarı riski artmakta, yetersiz gübre uygulaması verim kaybına neden olmakta, hassas olmayan gübre uygulaması bitkilerde kalite kaybına neden olmaktadır.

Hassas Tarım, bu anlamda gübre uygulamasındaki etkinliği ve doğruluğu arttıracak yeni bir teknoloji ve yönetim biçimidir. Bu yeni teknoloji ile konuma bağlı olarak gübrenin farklı normlarda uygulanması söz konusudur. Mineral

gübre uygulamaları, edinme maliyetinin düşüklüğü ve yapısal basitliği nedeniyle büyük oranda diskli gübre dağıtma makinaları ile uygulanmaktadır. Diskli gübre dağıtma makinalarının çalışma prensibi ve “konum belirleme sistemi” gibi elektronik donanımların da bu makinalar ile birlikte kullanılması gerekliliği nedeniyle uygulama da yeni kısıtlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle değişken düzeyli uygulama yapan diskli gübre dağıtma makinalarının tasarımı ve kullanımı çok önemlidir.

Hassas Tarım teknolojisini oluşturan ana bileşenlerden birisi olan değişken düzeyli uygulama yapabilen makinalar, tarım makinaları sektöründe çalışan büyük firmalar tarafından ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. Bu makinalar ile ilgili olarak yapılan çalışmalar genel olarak ticari ürünlerin test edilmesi ile ilgilidir. Değişken düzeyli uygulama yapabilen diskli gübre dağıtma makinaları bu grubu oluşturan ve üzerinde en çok çalışılan makinalar olsa da henüz diğer değişken düzeyli uygulama yapabilen makinalar gibi diskli gübre dağıtma makinalarının test edilmesi ile ilgili bir standart bulunmamaktadır. Bu konuda standart geliştirme çalışmaları devam etmesine rağmen üzerlerindeki elektronik sistemler nedeniyle standartların oluşturulması oldukça zaman alacaktır. Bu tip makinalar ile ilgili olarak yapılan etkinlik belirleme çalışmaları daha çok makinaların simülasyonu yoluyla veya bu tip makinaların denenmesinde kullanılan standartların farklı modifikasyonları yoluyla yapılmıştır.

Değişken düzeyli uygulama yapabilen diskli gübre dağıtma makinalarında dağılım düzgünlüğüne, makinanın dağıtma prensibi ile tasarımı yapılan sistemlerin çalışma koşullarından kaynaklanan hataların büyük ölçüde etkisi olduğu görülmektedir. “Dağılım Düzgünlüğü” değişken düzeyli diskli gübre dağıtma makinasını değerlendirmede önemli bir ölçüttür. “Uygulama

Doğruluğu” olarak adlandırılan doğru yere doğru miktarda gübre atma da değerlendirmede kullanılan diğer önemli ölçüttür. Diskli mineral gübre dağıtma makinaları için dağılım düzgünlüğünün kalitesini karakterize etmede kullanılan varyasyon katsayısı (CV) %5-10 arasında değişmektedir. Fakat bu değer tarla koşullarında daha yüksek olmaktadır (nal, 1995).

Parish (1991) varyasyon katsayısının norm değerlerine göre değişim gösterdiğini belirtmiş ve bu değerin düşük norm değerlerinde %30, yüksek uygulama normunda ise %20 olduğunu gözlemiştir.

Sogaard and Kierkegaard (1994) tarla testlerinde bu değerin %15-20 arasında olduğunu söylemişlerdir.

Değişken düzeyli uygulama yapabilen mineral dağıtma makinalarının etkinliğinin test edilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar temel olarak iki ana yaklaşım altında yapılmıştır. Bunlar; simülasyon çalışmaları ile laboratuvar ve tarla denemeleridir.

2.3.1. Simülasyon alışmaları

Simülasyon gerçek bir olayın veya sistemin modelinin tasarlanarak bu model ile olayın veya sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek ve sistem davranışına etkili değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneylerin yürütülmesi sürecidir. Bu kapsamda değişken düzeyli uygulama yapan diskli gübre dağıtma makinalarının dağılım desenleri bilgisayar yardımı ile simüle edilebilmektedir.

Simülasyon ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda genel olarak makinanın ve gübrenin geometrik ve fiziksel özelliklerinden hareketle gübre partiküllerinin

bireysel ele alınarak, depodan ayrılıp tarlaya ulaşana kadar izlediği yörünge hesaplanmıştır. Bu hareket sırasında etki eden faktörlerdeki değişimler dikkate alınarak oluşacak dağılım desenleri simule edilmiştir.

Olieslagers et al. (1996), diskli mineral gübre dağıtma makinasının gübre dağılımını karakterize etmişlerdir. Orifisin konumu ve disklerin açısı hızının da içinde bulunduğu bir çok faktörün dağılım desenini etkilediğini belirlemişlerdir. Değişken düzeyli uygulama, diskler üzerine bırakılan gübre miktarını değiştirme ile, dağılım deseninde dalgalanmalara ve dolayısıyla hedeflenen norm değerinden büyük sapmalara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Cointault et al. (2002), diskli gübre dağıtma makinasının dağılımını belirlemede kullanılmak üzere düşük maliyetli yüksek doğrulukta bir görüntü işleme sistemi tasarlamışlardır. Disk üzerindeki bir konuma yerleştirilen dijital kamera ile alınan görüntüler yardımıyla gübre partiküllerinin yörüngelerini tahminlemeye çalışmışlardır. Diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında "Markov random fields" yöntemi ile çok iyi sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir.

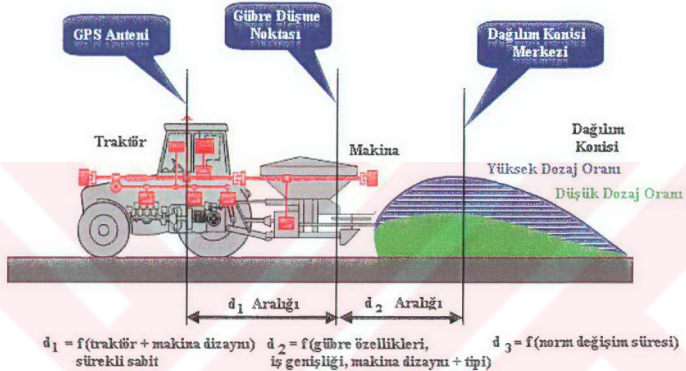
Dintwa et al. (2004), kontrol ünitesi yazılımında kullanılmak üzere geliştirilen diskli gübre dağıtma makinasının simulasyon modelini tanımlamışlardır. Model simulasyon sonuçlarının ölçülen sonuçlar ile karşılaştırılmasında iki sonuç arasında kabul edilemez farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Hesaplama orifis alanı yerine disk üzerindeki gübrenin düşüş alanına ait parametrelerin kullanılması durumunda, bu farklılıkların, kabul edilmiş seviyelere düşürüldüğünü, bunun da modelin geçerliliğini onayladığını belirtmişlerdir. Disk üzerine partiküllerin düşüş alanının model tarafından dikkate alınmayan ama gübre akışı sırasında gübre partiküllerinin etkileşimleri ile belirlenen olayların ortaya konulmasını ve model tarafından dikkate

alınmasını sağladığını bildirmişlerdir. Partikül etkileşimleri makina konfigürasyonlarına, gübre özellikleri ve çevresel faktörler kadar hassastır. Çevresel koşulların kontrol altında tutulduğu durumda farklı makina ayarlarına partiküllerin disk üzerine düşüş alanının bağımlılığını nicelleştirmek için modelin kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Ulaşılan kalibrasyon eğrilerinin gübre akış miktarı ayarlanırken dağılım deseninin şeklinin korunabilmesi için diğer kontrol parametrelerine gerekli ayarlamaların saptanabilmesi için kontrol sistemi dizaynında kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Moshou et al. (2004), gübre dağıtma işlemini tahminlemede kullanılmak üzere, yapay sinir ağları (Self-Organized Map-SOM) yöntemine dayanan, bir yöntem geliştirmişlerdir. Kullandıkları bu yeni teknik makina ayarlarının ve gübre özelliklerinin fonksiyonu olarak dağılım deseninin tahminlenmesine dayanmaktadır. SOM gübre özelliklerini ve makina ayarlarını öğrenme yoluyla gübre dağılım desenine ilişkilendirilmiştir. Kullandıkları teknik ile dağılım desenini yüksek performansta tahminlediklerini belirtmişlerdir.

Griepentrog and Persson (2001), gübre dağıtma makinalarında konumsal gecikmenin belirlenmesi için bir model geliştirmişlerdir. Bir çok parametrenin yanında GPS anteni ile dağılım konisinin merkezi arasındaki uzaklık, dağılım hassasiyetini etkileyen önemli bir faktördür (Şekil 2.1). Bu konumsal gecikme norm değişimdeki yanlış zamanlamanın sonucudur. Yapılan çalışmada diskli mineral gübre dağıtma makinaları ve pnömatik mineral gübre atma makinası kullanılmıştır. Konumsal gecikme traktör hızı ve iş genişliği tarafından çok büyük oranda etkilenmektedir. Diskli mineral gübre dağıtma makinaları gübreyi çok erken uygularken pnömatik makina çok geç uygulamaktadır. Traktör-makina sistemi: düşük konumsal uygulama hatası ile yüksek iş kalitesine ulaşabilmesi için, toplam konumsal gecikmeyi göz önünde tutabilmelidir. Sistemlerde dikkate

alınan sabit konumsal gecikme ilk adım olmasına karşın traktör hızına, iş genişliğine ve gübre cinsine bağlı olan dinamik konumsal gecikme daha iyi iş kalitesine neden olacaktır.



Şekil 2.1 Diskli gübre dağıtma makinasında konumsal gecikme modeli (Griepentrog ve Persson, 2001)

2.3.2. Laboratuvar ve Tarla Testi Çalışmaları

Fulton et al. (1999), değişken düzeyli gübre uygulayabilen diskli mineral gübre dağıtma makinasının tarla koşullarında uygulama hassasiyetinin değerlendirilmesi, sabit ve değişken düzeyli mineral gübre uygulamasının modellenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Düşük normdan yüksek norm değerlerine doğru değişimin modellenmesinde sigmoidal fonksiyon kullanılırken, yüksek normdan düşük norm değerlerinin uygulamasının modellenmesinde ise linear model kullanmışlardır. Her iki model sonucu elde edilen yüzeylerin, verilere bağlı olarak üretilen yüzeyler ile benzeştiğini ve elde

edilen sonuçlardan sabit ve değişken uygulamanın modellenebileceğini ortaya çıkarmışlardır.

Fulton et al. (2000), sabit ve değişken düzeyli granül materyal uygulamasında uygulama hatalarının simülasyonu üzerine yaptıkları çalışma da Agview programını tarla üzerinde uygulanan materyalin kayıt edilmesi için kullanmışlardır. Arcview programı “Uygulanan Yüzey” in oluşturulmasında kullanılmıştır. Her bir nokta için o noktaya ait enine dağılım desenini göstermesi ve Agview tarafından oluşturulan enine dağılım deseni alınarak o noktadaki dikdörtgen poligona uygulanmıştır. Daha sonra herbir nokta için uygulanan norm değerini hesaplamak için noktaların matrisi oluşturulmuştur. Sonuçta elde edilen “Uygulanan Yüzey” tarla içerisinde potasyum uygulamasını temsil etmede kullanılan noktaların oluşturduğu tabakadır. Bu tabaka tarla uygulaması sırasında neler oluştuğunun kavranmasını sağlamaktadır. Uygulamanın büyük bir kısmında kabul edilebilir iş yapılırken, örtme payı ile ilgili bazı uyumsuzluklar bulunmaktadır. Gübre uygulaması gerektirmeyen hürelere sürücü davranışları ve gecikme zamanı nedeniyle uygulama yapılmıştır. Makina üzerindeki kontrol sistemi hücresinde istenilen norm değerinin uygulanması için norm değişiminde sürekliliği sağlayamamaktadır. Sürücü tarafından izlenen yol da uygulamada dağılım düzgünlüğünü etkilemektedir. Çoğu zaman sürücü makineyi paralel süremektedir. Bu da uygulama hatalarına neden olan örtme payındaki değişiminin minimize edilmesini sağlayamamaktadır.

Burks et al. (2000) yönlendirme yardımıyla gübre uygulama hassasiyetinin değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, yönlendirmesiz ve yönlendirme yardımcı (köpük markörü ve GPS ile donatılmış) olarak tarla içinde izlenen yolu kayıt etmişlerdir. Diskli mineral gübre dağıtma makinasının kullanıldığı çalışmada elektronik markörün kullanılması ile daha az değişkenlik

elde edilmesine rağmen birbirine paralel geçişler arasındaki ortalama uzaklık beklenenden daha fazla çıkmıştır. Bu büyük farklılığın elektronik markör sisteminin kullanılmasından ve kurulum hatalarından kaynaklanabilir. Makinayı yönlendirme ve izlenen yolu kayıt etmek için iki farklı Küresel Konum Belirleme Sistemi (DGPS)'nin kullanılması nedeniyle de bazı farklılıklara neden olabileceğini söylemişlerdir. Bu tür tarla içerisinde izlenen yoldan kaynaklanan hataların dağılım deseni üzerinde önemli etkisi olduğunu bunun da değişken düzeyli ve sabit uygulamada oluşan hataların bileşenlerinden birisi olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma ile örtme payının önemini, bu teknolojilerin her zaman istenilen mesafeyi korumada yeterli olmadığını ortaya çıkarmışlardır.

Fulton et al. (2001a), değişken düzeyli diskli gübre dağıtma makinasının dağılım düzgünlüğünü değerlendirebilmek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada ASAE S341.2 standardındaki yöntemi izlemiş ilgili standardı geliştirerek toplama kaplarını iki boyutlu ekseninde matris şeklinde dizmişlerdir. Sabit ve Değişken düzeyli uygulama testleri ile GPS kontrolü yoluyla norm değişim etkisini test etmişler ve makinanın uygulama değişkenliğini tanımlamışlardır. Elde edilen verilerden sabit ve değişken düzeyli uygulamanın modeli geliştirmişlerdir. Norm artışını sigmoidal fonksiyon tanımlarken, norm azalmasını doğrusal fonksiyon olarak tanımlamışlardır. Modelin üniform ve değişken düzeyli uygulamanın dağılım desenlerini tanımlama da başarılı olduğunu ve değişken düzeyli uygulama hatalarının simule edilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Fulton et al. (2001b), değişken düzeyli uygulama yapabilen diskli gübre dağıtma makinasının dağılım deseninin değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada makinanın ASAE S341.2 standardındaki veya Fulton et al. (1999) yaptıkları çalışmada kullanılan prosedür yerine statik testin kullanılabilirliğini

araştırmışlardır. Dağılım desenini değerlendirmede statik test kullanmasının nedenini gereksinim duyulan test alanının ve gübre miktarının azaltılması olduğunu belirtmişlerdir. Statik testin “Uygulanan Harita”nın oluşturulmasında kullanılamayacağını bulmuşlardır.

Molin et al. (2002), ticari olarak üretilmekte olan değişken düzeyli uygulama sistemine sahip diskli gübre dağıtma makinasının farklı norm ve farklı iş genişliklerinde üre gübresi ile ISO 5690/1 standartında belirtilen yöntemi kullanarak ve özel bir bilgisayar programı yardımıyla varyasyon katsayısını hesaplayarak enine dağılım desenini analiz etmişlerdir. Değişken düzeyli uygulama sisteminin tepki zamanını, toplama kapları üzerinden makina geçerken düşük-yüksek-düşük gübre uygulaması şeklinde gerçekleştirerek değerlendirmişlerdir. Norm değişimi için gerekli tepki zamanının birbirinden farklı olduğunu, normun artış durumunda 3,1 saniye, azalma durumunda ise 5,6 saniye olarak gerçekleştiğini bulmuşlardır.

Fulton et al. (2003), ticari olarak üretilmekte olan ve değişken düzeyli uygulama yapabilen iki adet diskli ve 1 adet pnömatik gübre dağıtma makinasının norm değişimini, uygulama hassasiyetini değerlendirerek, nicelleştirebilmek ve farklı norm değerlerindeki enine dağılım desenini tanımlamak için sabit ve değişken düzeyli testler yürütmüşlerdir. Diskli gübre dağıtma makinaları için tanımlanan tek geçişli dağılım desenleri, tutarlı ama istenilen desenden biraz farklılık göstermiştir. Simule edilen örtme payının çoklu geçiş istatistikleri üç makinasında varyasyon katsayısı değerleri ile yeterli düzeyde uygulama yaptıklarını göstermektedir. Diskli gübre dağıtma makinaları için yapılan testlerin tamamında, ortalama uygulama normu, istenilen gübre norm değerinden düşük olmuştur. Pnömatik gübre dağıtma makinası ise düşük normlarda daha düşük, yüksek norm değerinde daha çok uygulama yaparken orta

norm değerinde ise hemen hemen istenilen norm değerinde uygulama yapmıştır. Dağılım desenleri düşük normlarda üniform bir dağılım gösterirken norm artışına bağlı olarak desenlerde değişimler meydana gelmiştir. Yeni donanıma sahip makinada norm değişiminin daha hızlı gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Makinaların ürettiği dağılım desenleri arasındaki en büyük farklılığın newton crouch sistemine sahip makinaya göre diğer ikisinin farklı norm değerlerinde dağılım deseninin kararlı olmasıdır. Dağılım deseninin norm değerine bağlı olarak değişmesinin engellenmesi güç olup norm değişimi sırasında, donanımda sürekli ayarlamalara gereksinim göstermektedir. Halbuki farklı normlarda dağılım deseni kararlı olan makinaların sürekli değişime gereksinim göstermeden bir kez yapılacak ayarlama ile dağılım desenlerinin iyileştirilebileceğini belirtmişlerdir. Bindirme eğrilerinin, varyasyon katsayısından daha çok değişim gösterdiğini bu yüzden varyasyon katsayısının dağılım desenini nicelleştirmek için dağılım kalitesi hakkında daha iyi sonuç çıkarabilmek için dağılım eğrilerinin kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Fulton et al. (2004), ticari olarak üretilmekte olan ve değişken düzeyli uygulama yapan iki diskli ve iki pnömatik gübre dağıtma makinasının performansını tarla koşullarında test etmişlerdir. Bu çalışma ile farklı norm değerlerinde makinaların enine dağılım desenlerini ve norm değişimi sırasındaki geçiş aşamasını tanımlamışlardır. Pnömatik ve diskli gübre dağıtma makinalarının dağılım desenlerinin karışık sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Örtme payının simulasyonunda diskli ve pnömatik makinalardan birinin varyasyon katsayısı %20'nin altında olurken diğer iki makinanın ise düzgün olmayan bir dağılım deseni oluşturduğunu bulmuşlardır. Norm değişim testlerinde gecikme ve norm değişim süresi için birbirinden farklı değerler oluşmakta ve düşük norm değerinden yüksek norm değerine geçiş için gerekli sürenin daha uzun olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçların değişken düzeyli

uygulama teknolojisinin hatalarını ortaya koyduğunu, bunun için de daha hassas ürünlerin üretilmesi ve standartların oluşturulması gerektiğinin altını çizmişlerdir.

Sonuçlandırılan araştırmalar toprak ve bitki koşulları dikkate alınarak gübre uygulamalarının yapılmasının ekonomik ve çevresel avantajlar sağladığını göstermektedir.

Elde edilen diğeri önemli sonuç ise değışken düzeyli uygulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi için uygun makinaların tasarlanması gerektiğidir. Bu kapsamda çalışmalar sürmekte ve yeni araştırmaların yapılması gerekmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

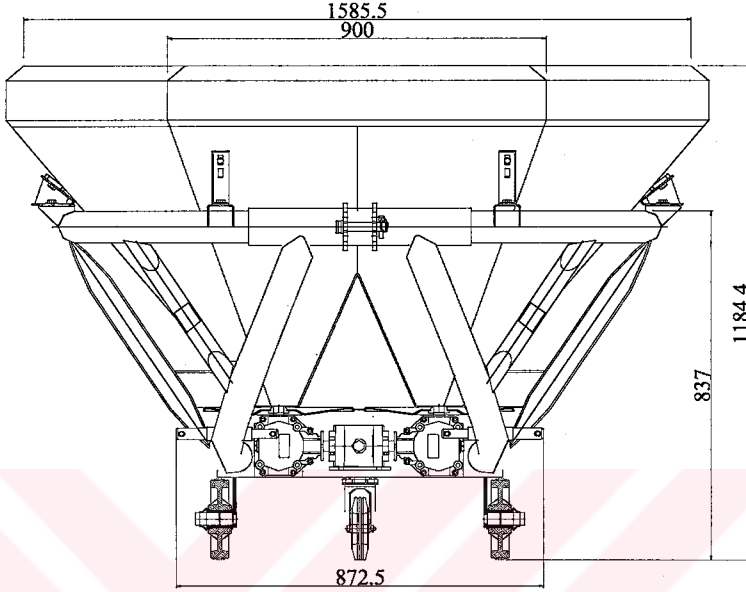
3.1.1. Araştırmada Ele Alınan Çift Diskli Gübre Dağıtma Makinası

Değişken düzeyli gübre uygulamaya yönelik mineral gübre dağıtma makinası tasarımı amaçlanan bu projede, ticari olarak üretilmekte olan bir çift diskli gübre dağıtma makinasını oluşturan temel elemanlar kullanılmıştır. Teknik ölçüler ve özellikler Şekil 3.1’de verilmektedir.

Gübre dağıtma makinası traktörün kuyruk milinden hareket alan asma tip bir makinadır. Bu makinayı oluşturan boru profilden yapılmış çatı, iki adet gübre dağıtma diski ve paletleri, dişli kutusu, gübre deposu prototip imalatında kullanılan makinanın temel elemanlarını oluşturmaktadır.

Depo, tabanına doğru daralan kesitte olup iki diskin üzerinde koni oluşturacak şekildedir. Koni uçlarının iç kısımlarında gübre çıkış delikleri bulunmaktadır.

Gübre dağıtma organı; saçtan yapılmış disklerden oluşmaktadır. Diskler üzerinde ikişer adet palet bulunmaktadır. Diskler deponun altında yer almaktadır ve dişli kutusunun millerine bağlanmıştır. Deponun tabanında ve disklerin bağlı olduğu miller üzerinde karıştırıcılar bulunmaktadır. Çıkış deliklerinden diskler üzerine bırakılan gübre, disklerin dönü hareketine bağlı olarak merkezkaç kuvveti ile dağıtılmaktadır.



Şekil 3.1 Çift diskli gübre dağıtma makinasının teknik ölçüleri

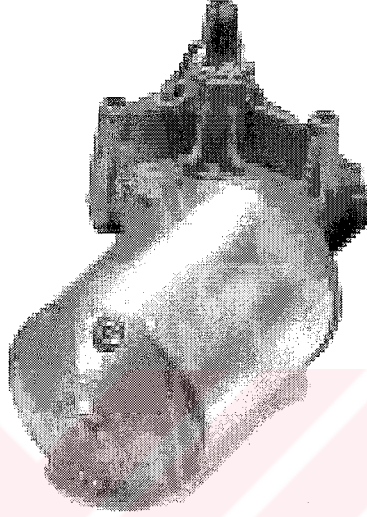
3.1.2. Dozajlama Sisteminde Kullanılan Elemanlar

Bu çalışmada, değişken düzeyli uygulama yapabilmek için, özel dozajlama birimleri tasarlanmıştır. Makinada iki disk üzerine bırakılan mineral gübreyi kontrol edebilmek için iki adet dozajlama birimi kullanılmaktadır. Bu birimler mekanik ve elektronik (konum belirleme sistemi) sistemlerden oluşmaktadır.

3.1.2.1. Mekanik donanım

Tasarımı yapılan makinada özel olarak dizayn edilen dozajlama sisteminin ana elemanlarından birisi mekanik dozajlama birimidir. Üç boyutlu olarak tasarlanan mekanik birimin tahrik edilmesinde güç kaynağı olarak FAZ Elektrik firması (Türkiye) tarafından üretilen iki adet NUM1660 model 12V

doğru akım (DC) motoru kullanılmıştır. Motorlar enerjisini, tasarımı yapılan hız kontrol ünitesine bağlı olarak traktör üzerindeki aküden almaktadır. (şekil 3.2).



şekil 3.2 DC elektrik motoru

3.1.2.2. Elektronik donanım (Konum belirleme sistemi)

Tarlada çalışma sırasında konumun belirlenebilmesi için, Küresel Konum Belirleme Sistemine (DGPS) gereksinim bulunmaktadır. Bu amaçla DGPS alıcısı olarak Garmin firması tarafından üretilmekte olan Garmin 18 DGPS (USA) modülü kullanılmıştır (şekil 3.3). Modülün besleme gerilimi 4,5V - 30V aralığında seçilebilmektedir. Dış kılıfı su geçirmez polikarbon bir kılıfla kapalanmıştır. 61 mm çapında 19.5 mm yüksekliğinde ve 184 g ağırlığında olan GPS modülü, 2 metrelik veri ve gerilim kablosu ile traktör kabini üzerinde istenilen yere miknatis tutturucusu ile yerleştirilebilmektedir. Cihaz kendi üzerindeki anten ile uydulardan gelen sinyalleri alarak ve bunları işleyerek konum bilgisini NMEA 083 formatında, RS232 seri bağlantı kablosu ile sistemin anakartına iletmektedir. GPS modülü uydudan aldığı sinyallere bağlı olarak eş zamanlı konum belirlemektedir. Konumun

belirlenmesindeki hassasiyeti arttırmak için gerekli olan düzeltme sinyali, Avrupa ülkeleri tarafından servise konulmuş olan uydu bazlı ve ücretsiz olarak servis veren, “EGNOSS” tan alınmıştır.



Şekil 3.3 Garmin firması tarafından üretilen DGPS 18 PC OEM GPS alıcı modülü

Kullanılan GPS modülünün teknik özellikleri;

Alıcı:

Konumun belirlenebilmesi için aynı anda 12 uydudan gelen sinyalleri algılayabilmektedir ve WAAS/EGNOSS düzeltme sinyali algılama özelliğine sahiptir

Çevrim Süresi (konum belirleme):

Konum bilgisi yenileme periyodu 2 saniyeden daha az

İlk konum bilgisi okuma 45 saniye

İkinci başlatmada konum bilgisi okuma 15 saniye

Otomatik konumlama 5 dakika

Gökyüzü tarama 5 dakika

Yenileme süresi: 1 saniye

Konum Belirlemedeki Doğruluk:

Standart konumlama servisi kullanıldığında;

Konum: %95 oranında 15 metreden daha küçük.

Hız: 0,1 knot = 0,514444 m/s = 1,852 km/h

WAAS veya EGNOS düzeltme sinyali servisi kullanıldığında;

Konum: %95 oranında 3 metreden daha küçük.

Hız: 0,1 knot = 0,514444 m/s = 1,852 km/h

PPS zaman doğruluğu: ± 1 mikro saniye

3.1.3. Araştırmada Kullanılan Gübreler

Araştırmada, yaygın olarak kullanılan, ülke ekonomisi ve çevre üzerinde büyük etkiye sahip olan Kalsiyum Amonyum Nitrat (%26 CAN) ve Kompoze 20:20:0 gübreleri kullanılmıştır.

3.1.4. Araştırmada Kullanılan Test Düzenegi

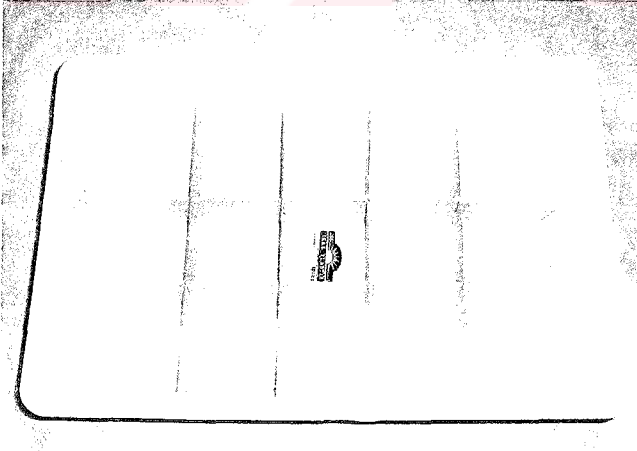
3.1.4.1. Laboratuvar denemeleri ve kalibrasyonunda kullanılan ölçüm düzeni

Makina üzerine monte edilen dozajlama birimlerinin, kullanılan farklı mineral gübrelere (%26 CAN ve Kompoze gübre 20:20:0) bağlı olarak gösterdikleri dozajlama etkinliklerinin ölçülmesi ve oluşturulan sanal verilere bağlı olarak sistemin kalibrasyonu için laboratuvarında denemeler gerçekleştirilmiştir.

Dozajlama biriminin kalibrasyonunda bir kronometre ve 0-50 kg sınırlarında ± 20 g hassasiyete sahip Tamçeki TTS 2010 model tartım cihazı kullanılmıştır. Dozajlama biriminden bırakılan gübrenin alınmasında ASAE S341.2 standardında belirtilen koşullar doğrultusundaki plastik kaplar kullanılmıştır.

3.1.4.2. Tarla denemelerinde kullanılan donanım

Tarla denemelerinde, ASAE S341.2 standardında belirtilen koşullar doğrultusundaki plastik kaplar kullanılmıştır (Şekil 3.4 Toplama kabı). Sözkonusu plastik kapların üst açıklık boyutları 472*312 mm derinliği ise 110 mm dir. Makina tarafından dağıtılan gübrenin kaplar içerisinden sıçrayarak dışarı dökülmemesi için kapların içine karton malzemedan 50 mm yüksekliğinde yapılmış seperatörler yerleştirilmiştir (Şekil). Denemeler sırasında toplama kapları ASAE S341.2 standartına ve bu konuda çalışan araştırmacıların önerilerine göre tarla üzerinde 2 boyutlu matris şeklinde dizilmiştir. Toplama kapları her iki ekseninde de eşit aralıklarla dizilmiştir. Makinanın ilerleme yönüne dik olarak eşit aralıklarla 17 toplama kabı dizilmiştir. Norm değişiminin tam olarak gerçekleşebilmesi için, ilerleme doğrultusunda da, makina tepki zamanına ve ilerleme hızına bağlı olarak belirlenen aralıklarda (2'şer metre aralıkla) 10 sıra kap dizilmiştir. Ön denemelerden sonra serpmeye genişliğinde toplama kapları 15, ilerleme yönünde ise 12 olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Toplama kabı

İstenilen rüzgar hızı koşullarında denemelerin yapılabilmesi için denemeler sırasında rüzgar hızı 0 – 20 m/s aralığında 0,2 m/s hassasiyetinde ölçüm yapan pervaneli bir anemometre (Wilh.Lambrecht GmbH) ile sürekli kontrol edilmiş ve 8 km/h'in altındaki hızlarda denemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Hava hızının ölçümünde kullanılan anemometre

Denemeler sırasında toplama kaplarında toplanan gübreler plastik torbalara konularak etiketlenmiştir. Bu örnekler laboratuvarında maksimum ölçüm kapasitesi 610 g olan ve 0,01 g duyarlılıkla ölçüm yapabilen elektronik terazi (SARTORIUS BL610) ile tartılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Gübre örneklerinin tartılmasında kullanılan SARTORIUS BL610 terazi.

Denemeler sırasında traktör 540 min-1 kuyruk mili dönüşünde çalıştırılmıştır. Kuyruk mili devir sayısı Testo 475 stroboskop ile ölçülmüştür (Şekil 3.7).



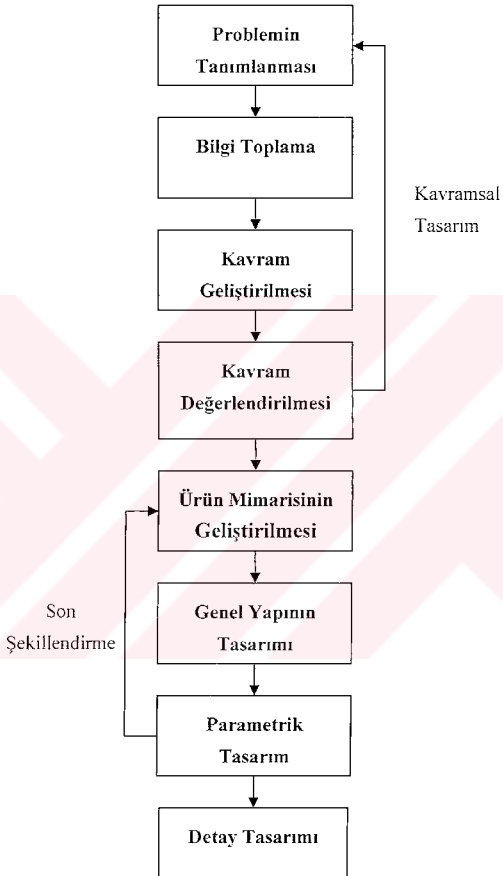
Şekil 3.7 Testo 475 Stroboskop

3.2. Yöntem

Değişken düzeyli gübre uygulamaya yönelik mineral gübre dağıtma makinasının tasarımı amaçlanan bu projede, tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan ve yerli tip bir çift diskli gübre dağıtma makinası modifiye edilmiş ve "Prefer-05" adı ile bir prototip üretilmiştir. Makina manuel veya elektronik kontrollü gübre uygulaması yapılabilmektedir. Bu makina; hassas tarım kapsamındaki toprak analiz yöntemleri veya bu amaçla kullanılmak üzere geliştirilen toprak sensörleri (Veris EC Profiler, EM38 vd.) kullanılarak oluşturulan toprak haritalarından elde edilen uygulama haritalarına bağlı olarak, tarla içerisinde konumsal değişime göre değişken düzeyli gübre uygulaması yapabilmektedir. Böylece tarla içerisindeki toprak besin elementlerindeki değişkenliğe ve konumsal farklılığa bağlı olarak gübre uygulaması gerçekleştirilebilmekte ve bitki için gerekli besinin sağlanmasında kullanılan mineral gübreler, agronomik isteklere uygun, ekonomik kayıpları ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilerek verilebilmektedir.

3.2.1. Makina Tasarımı

Değişken düzeyli gübre uygulamaya yönelik mineral gübre dağıtma makinasının tasarımı amaçlanan bu projede Şekil 3.8'de verilen tasarım süreci izlenmiştir.



Şekil 3.8 Tasarım süreci

3.2.1.1. Problemin tanımlanması

Geleneksel tarım sisteminde tarımsal üretim girdileri tarlanın özelliklerinin (toprak, verim vb.) değişmediği gözönünde bulundurularak tüm tarlaya homojen olarak uygulanmaktadır. Bu uygulama yönteminin aslında günümüzde olduğu gibi geçmişte de doğru olmadığı bilinmektedir (Lisley, Bauer, 1929). Buna rağmen geçen yüzyılın ortalarından günümüze kadar artan gıda gereksinimine bağlı olarak yüksek kapasiteli makinaların geliştirilmesi ve kullanılması ile büyük alanlarda tarım yapılması sonucu tarım alanlarındaki değişkenlik gözardı edilmiştir. Teknolojik yetersizlik de bu uygulamayı zorunlu kılmıştır.

Homojen girdi uygulamasının agronomik, ekonomik (Yang et al. 2001; Babcock and Pautsch 1998; Lambert and Lowenberg-DeBoer 2000) ve çevresel (Varsa et al. 2000; Cook, 1998) olarak sakıncaları bulunmaktadır. Bu nedenle tarımsal girdilerin tarlanın tamamına homojen uygulanması yerine toprak, verim gibi tarla özelliklerindeki değişkenliğin dikkate alınarak uygulanması gerekmektedir.

Mineral gübreler verim artışı üzerindeki olumlu, yanlış kullanılması durumunda ise ürün ve çevre üzerindeki (kimyasal madde olması nedeniyle) olumsuz etkisi nedeniyle en önemli tarımsal girdilerdendir. Mineral gübreler de, geleneksel yöntemde, diğer girdiler gibi tarlanın tamamına homojen uygulanmaktadır. Bu yöntemle besin elementinin az olduğu yere yetersiz fazla olduğu yere ise aşırı gübre uygulaması yapılmaktadır. Az ve aşırı gübre uygulaması verimde dolayısıyla kazançta kayıba neden olmaktadır. Aşırı uygulama yapılan alanlarda gübre, toprak nemi ile veya yüzey suyu ile hareket

ederek çevreye sızmaktadır. Gübre uygulamasındaki bu sakıncaların ortadan kaldırılabilmesi için doğru yere doğru miktarda gübrenin atılması gerekmektedir.

Mineral gübrelerin uygulanmasında farklı makineler kullanılmaktadır. Bu makineler içinde en yaygın olarak kullanılan yapısal basitliği, kullanım kolaylığı, iş genişliğinin yüksek olması ve edinme maliyetinin düşük olması “gibi nedenlerden dolayı diskli gübre dağıtma makineleridir (Önal ve Tozan, 1984; Önal, 1995). Günümüzde üretilmekte olan diskli gübre dağıtma makineleri, mineral gübrelerin doğru yere doğru miktarda atılabilmesine uygun değildir. Sonuç olarak doğru yere doğru miktarda mineral gübre dağıtabilen (değişken düzeyli uygulama yapabilen) diskli gübre dağıtma makinelerine gereksinim duyulmaktadır.

3.2.1.2. Bilgi toplama

Problemin çözümü ile ilgili olarak gerekli bilgilere ulaşmak için sistematik bir yol izlenmiştir. Sistematik yaklaşım ile aranan bilgilere hem hızlı ulaşım sağlanmış hemde bunlar içinden gerekli olanlar kısa sürede ayıklanabilmiştir.

Bilgi toplama farklı aşamalardan oluşmuştur. Bilgiye ulaşmanın en kolay yollarından olan internet bu amaçla yoğun olarak kullanılmıştır. Konu ile ilgili internette taramalar yapılmıştır. İlk olarak dünya genelinde üniversitelerin bu konuda çalışan “Hassas Tarım Merkezleri” ne ulaşılmış ve bu merkezlerde yapılan araştırmalar incelenmiş, ilgili konuda yapılan çalışmaların makalelerine ulaşılarak bunlar analiz edilmiştir. Bu incelemeden sonra tarım makineleri sektöründe çalışan firmaların ürettikleri ürünler web siteleri ve broşürleri yardımıyla gözden geçirilmiştir.

Bilimsel çalışma sonuçlarının yayımlandığı on-line veri tabanları ile kongre kitapları da önemli bilgi kaynaklarının başında gelmektedir. Veri tabanlarına ulaşılarak bu veri tabanları taranmış ve yapılmış çalışmalar analiz edilmiştir. Ayrıca uluslararası düzeyde yapılan kongre ve konferansların bildiri kitapları da bu amaçla incelenmiştir. İlgili konuda çalışan bilim adamları ile haberleşilerek yaptıkları çalışmalar ile ilgili makale ve sonuç raporları edinilmiştir. Bu çalışma ile son yıllarda üzerinde çalışılan ve geliştirilen sistem ve makinalar ile ilgili bilgiler toplanmıştır.

İkinci aşamada, diskli gübre dağıtma makinası ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Bu amaçla literatürlere ve gerekli bilgilere birinci aşamadakine benzer yöntemler kullanılarak ulaşılmıştır. Ayrıca materyal olarak seçilen makina ile ilgili teknik bilgiler ise materyali oluşturan makinanın incelenmesi ve gerekli ölçülerin alınması ile edinilmiştir.

Üçüncü aşamada, malzeme ve üretim teknolojisi ile ilgili bilgilere ulaşılmıştır. Tasarımı yapılan donanımın imalatında kullanılacak üretim teknolojisi bilgilerine ulaşılmıştır. Ayrıca makina üzerinde kullanılacak olan elektronik sistem ve yazılım ile ilgili bilgiler edinilmiştir.

3.2.1.3. Kavram geliştirilmesi

Materyal olarak seçilen çifti diskli gübre dağıtma makinasının değişken düzeyli uygulama yapabilmesi için uygun mekanik ve elektronik donanım ile yazılıma gereksinim bulunmaktadır. Son yıllarda üzerinde çalışılan ve geliştirilen sistemler ile makinalardan elde edilen bilgiler ışığında bunların olumlu ve olumsuz yönleri de dikkate alınarak yeni kavramlar geliştirilmiştir. Dozajlama birimi tasarımlarında disk üzerine bırakılan gübre miktarının değiştirilebilmesi

için. depo altında yerleştirilecek bir sonsuz bantın hızının değiştirilmesi, çıkış kesit alanının değiştirilmesi, helezon iletilici sistem, ve oluklu makara prensiplerine dayanan kavramlar geliştirilmiştir.

3.2.1.4. Kavram değerlendirilmesi

Geliştirilen kavramlar içinde doğru olanını belirleyebilmek için kavramlar tek tek ele alınmış eksik ve üstünlükleri belirlenerek birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu bulunan ürünün problemi giderme yönündeki uygunluğu sınanmış ve uygun olduğu görüldükten sonra kavramın somutlaştırılması kararı alınmıştır.

3.2.1.5. Ürün mimarisinin geliştirilmesi

Somutlaştırma aşamasında, mekanik ve elektronik donanım ve yazılım ile ilgili ürün mimarileri geliştirilmiştir.

3.2.1.6. Genel yapının tasarımı

Belirlenen ürün mimarilerine göre mekanik donanım Auto-Cad programı ile üç boyutlu olarak tasarlanmıştır.

3.2.1.7. Parametrik tasarım

Genel yapı tasarımı sonrası sistem, parametrik olarak yeniden tasarlanmıştır.

3.2.1.8. Detay tasarımı

Bu son aşamada sistem detayları ile ilgili bazı değişikliklere gereksinim bulunmuş, yeni tasarım değişiklikleri yapılmış ve bunlar tekrar son şekillendirme döngüsü içerisinde tasarlanmıştır.

3.2.2. Laboratuvar Denemeleri

3.2.2.1. Gübrelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Araştırmada kullanılan gübrelerin fiziksel özelliklerinden gübre hacim ağırlığı, partikül dağılımı ve nem içerikleri belirlenmiştir.

Gübrenin hacim ağırlığının belirlenmesinde ASAF S281.3 standartında belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla 200x200x200 mm boyutlarında bir kap yapılmıştır. Gübre torbalarından alınan örnek, kabin üstünden dökülerek kap doldurulmuştur. Kabin üstünde kalan gübre sıyrılarak düzleştirilmiştir. Materyal net ağırlığı kap hacmine bölünerek, kullanılan gübrenin hacim ağırlığı (kg/m³) değerleri belirlenmiştir.

Gübrelerin granül iriliği dağılımı, elek analizi yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla örnek kabından 400 g örnek alınarak örnek bölme aleti yardımıyla 100'er gramlık örnekler elde edilmiştir. Eleme işleminde, mekanik bir kronometre ile donatılmış Retch tipi titreşimli eleme makinası ve DIN 4188 normuna göre imal edilmiş olan tel örme kare delikli, elek delik ölçüsü 3150, 2500, 2000, 1600, 1000 ve 800 µm olan, elekler kullanılmıştır. Ayrıca eleme performansının artırılması amacıyla küre şeklinde kauçuk elemanlar her bir elek içerisine yerleştirilmiştir. Eleme süresi, önceki çalışmalarda belirtilen değerlerin

yanı sıra, yapılan ön denemelerle de 3 dakika olarak saptanmıştır (Aytekin, 1979)

Elek analizi sonuçlarından yararlanarak ürünün ortalama granül iriliği δ_{ort} , ağırlık esas alınarak granül iriliği dağılımının aritmetik ortalaması (W_i), gübrenin homojenliğini ifade eden ortalama granül iriliğine ait standart sapma (S) değerleri aşağıda verilen eşitlikler ile hesaplanmıştır (Bölöni, 1962; Püskülcü ve İkiz, 1983).

$$\delta_{ort} = \sum_{i=1} x_i \cdot W_i \quad (1)$$

$$w_i = G_i / G_s \quad (2)$$

olmaktadır.

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n |x_i - \delta_{ort}|^2 \cdot W_i} \quad (3)$$

Nem içeriklerinin belirlenmesinde ASAE S358.2 standardında belirtilen yöntem kullanılmıştır. Gübre torbalarından alınan 25 g ağırlığın üzerindeki örnekler nemden etkilenmeyen kaplara konularak, hava dolaşımı kurutma fırınında 35 C° ve 24 h süreyle kurutulmuştur. Örnekler, kurutma öncesi ve sonrasında 0,01 g hassasiyette tartım yapan Sartorius BL 610 elektronik terazi kullanılarak tartılmış ve ölçülen ağırlık değerlerine bağlı olarak nem içerikleri yaş baz olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.2. İlerieme yolunun uzunluğunun belirlenmesi

Kontrol sistemi yardımıyla tarlanın sınırlarının haritalanabilmesi, gidilen yolun ölçülebilmesi için konumsal bilginin uygun algoritma yardımı ile yeryüzü üzerinde uzaklık birimine çevrilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda GPS tarafından belirlenen enlem, boylam ve yükselti bilgileri bir astronomi (coğrafi) algoritması yardımıyla birbirini izleyen konum bilgilerine bağlı olarak uzaklığa dönüştürülmektedir.

Çizelge 3.1 Yazılımda kullanılan coğrafi algoritma (Govern, 2004)

$$\text{Uzaklık} = (\text{Yerküre Çapı}) * \arccos(\cos(90 - \text{enlem2}) * \cos(90 - \text{enlem1}) + \sin(90 - \text{enlem2}) * \sin(90 - \text{enlem1}) * \cos(\text{boylam2} - \text{boylam1}))$$

Yerküre Çapı = 6378137 metre (World Geodetic Survey-WGS84)

Kullanılan algoritmanın ve yazılımın doğruluğunu test edebilmek için aralarında 150 metre uzaklık bulunan iki nokta belirlenmiş ilk noktada merkezi kontrol ünitesi çalıştırılmış ve GPS in konum okuması sağlanmıştır. Sistem bu noktayı başlangıç noktası olarak belirlemiştir. Traktör ile diğer noktaya doğru hareket edilmiş ve bu arada merkezi kontrol ünitesinin ekranından ilerlenen mesafe okunarak ilerleme aralığı testleri tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.3. Değişken düzeyli uygulama sisteminin kalibrasyonu

Değişken düzeyli uygulama yapmak için tasarlanan oluklu makaraların (uygulayıcıların) etkinliklerini belirlemek için kalibrasyon testi yapılmıştır (Şekil 3.9, Şekil 3.10). Kalibrasyon testinde; herbir makaranın, Kalsiyum amonyum

nitrat (CAN) ve 20:20:0 Kompoze gübreleri kullanılarak, kontrol ünitesinden gelen PWM (Pulse With Modulation) değerine, dolayısıyla oluklu makaraların devirlerine bağlı olarak normlarındaki değişim belirlenmiştir, elde edilen verilerden değişim fonksiyonları türetilmiştir, bu fonksiyonlara bağlı olarak kontrol yazılımındaki başlangıç değerleri saptanmıştır, bu amaçla DC elektrik motorunun devri, merkezi kontrol nitesi üzerindeki butonlar yardımıyla 0-maksimum sınırları arasında ortalama 10 min-1 lik artırımlarla yükseltilmiş ve her bir değerde oluklu makaraların bıraktığı gübre miktarı 10 saniye süreyle toplama kaplarına alınmıştır.

Bu lçmler, her devir değeri için üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Toplama kaplarının daraları alınarak net ağırlıklar elde edilmiştir. Bu veriler yardımıyla DATAFIT 6.0 yazılımı kullanılarak, herbir oluklu makaranın her iki gübre için akış fonksiyonları türetilmiştir.



Şekil 3.9 Kalibrasyon testi



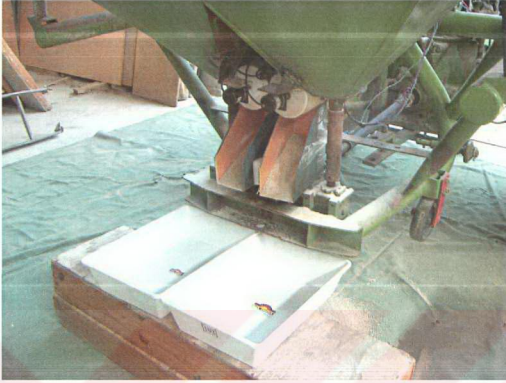
Şekil 3.10 Kalibrasyon testinde örnek alımı

3.2.2.4. Dozajlama testi

Merkezi kontrol ünitesine yüklenilen uygulama norm değerlerinin, kalibrasyon testi sonucu elde edilen fonksiyonlara bağlı olarak , diskler üzerine bırakılıp bırakılmadığı kontrol edilmiş ve aynı anda iki üniteninde aynı miktardaki gübreyi diskler üzerine bırakıp bırakmadığı yani dozajlama etkinliği test edilmiştir (Şekil 3.11).

Bu amaçla;

Merkezi kontrol ünitesine el ile kumanda edilerek farklı norm komutları girilmiş, bunun karşılığında atılması gereken gübre miktarı 10 saniye aralıkla üç tekrarlı olarak herbir makara için kaplara alınmış, alınan örnekler elektronik terazi ile tartılmış, elde edilen veriler analiz edilmiş ve iyilik derecesi belirlenmiştir.



Şekil 3.11 Dozajlama testi.

3.2.2.5. Enine dağılım deseninin test edilmesi

Makinanın enine dağılım düzgünlüğü makina performansını belirlemede önemli bir ölçüttür. Her ne kadar denemelerde kullanılan çift diskli gübre dağıtma makinası, E.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü'nce, enine dağılım düzgünlüğü ve dayanım testleri yapılmış ve Deney Raporu verilmişse de, diskler üzerine gübre akış yönündeki değişime bağlı olarak enine dağılım deseninin belirlenebilmesi için denemeler yapılmıştır. Bu amaçla toplama kapları makina tarafından atılan gübrenin enlemesine tamamını toplayacak uzunlukta tek sıra halinde ve bitişik olarak dizilmiştir. Traktörün geçebilmesine olanak vermek için traktör tekerleklerinin geçeceği konumdaki toplama kapları alınmıştır. Denemelerin tekerrürlü olabilmesi için kaplar birbirine paralel üç sıra halinde dizilmiştir (Şekil 3.12). Testler sırasında iki farklı yönlendirici kullanılarak her bir yönlendiricinin iki farklı gübre için enine dağılım desenleri belirlenmiştir.

Kaplarda toplanan örnekler plastik torbalara konularak etiketlenmiş ve elektronik terazi ile tartılarak analiz edilmiştir.



Şekil 3.12 Enine dağılım test düzeni

3.2.3. Tarla Denemeleri

Diskli gübre dağıtma makinalarının dağılım düzgünlüğünün dolayısıyla dağıtma kalitesinin belirlenmesi üzerine bir çok çalışma yapılmış ve farklı teknik ve yöntemler kullanılmıştır. Genel ve yaygın olarak kullanılan yöntem, toplama kaplarının kullanılmasıdır (ASAE S341.3, ISO 5690, TR 7416 vb.). Ayrıca araştırmacılar diskli gübre dağıtma makinalarının dağılım desenini belirlemek için görüntü işleme tekniği (Cointault et al., 2002), optik sensör (Grift, 2000; Swisher et al., 2002), kompakt test araçları gibi farklı teknikleri geliştirmenin yanısıra, tek partikülün izlediği yörüngeden hareketle partikülün disk-hava-toprak yüzeyi arasında izlediği yörüngeyi simule ederek ve bunu gübre akış kütleline

uygulayarak gübre dağılımının simülasyonu çalışmalarını sürdürmüşlerdir (Olieslagers et al.,1996).

Reumers et al. (2003), gübre dağıtma makinalarının denenmesinde, birçok tekniğin geliştirildiğini ama bunların içinde en gerçekçi sonuç verenin tarla içerisinde ilerleme yönüne dik olarak toplama kaplarının dizilerek makinanın kapların üzerinden geçerken dağıttığı gübrenin toplanması yöntemi olduğunu söylemişlerdir. Uluslararası ASAE S341.2, ISO 5690 ve ulusal TR 7416 standartlarındaki yöntemde buna dayanmaktadır. Standartlar toplama kaplarının boyutları ve dizilme yöntemleri gibi noktalarda birbirinden farklılıklar göstermektedir. ASAE S341.2 standardı sadece enine dağılım desenini dikkate alırken, ISO 5690 ve TR7416 ve TS2541 standartları boyuna dağılım desenini de dikkate almaktadır.

Bu yöntem ile toplama kaplarında toplanan gübreler tartılarak enine dağılım deseni elde edilmektedir. Dağılımın değerlendirilmesinde varyasyon katsayısı kullanılmaktadır. Düşük varyasyon katsayısı dağılımın homojen olduğunu göstermektedir.

$$CV = \frac{S}{x} \quad (4)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - x)^2} \quad (5)$$

$$x = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (6)$$

Eşitliklerde;

S = Standart sapma

n = Toplama kutusu sayısı

x_i = Herbir toplama kutusunda biriken gübre miktarı (g)

x = Herbir toplama kutusunda toplanan gübre miktarının aritmetik ortalaması

Değişken düzeyli gübre dağıtma makinasının test edilebilmesi için toplama kapları iki boyutlu olarak dizilmiştir (Şekil 3.13). Bu yöntemle; geliştirilen makinanın dağılım etkinliği, uygulama normundaki değişimin dağılım deseni üzerindeki etkisi ve GPS ile norm değişiminin dağılım desenine etkisi belirlenebilecektir. Ayrıca uygulayıcı tepki zamanı ve gecikme süresi belirlenebilecektir.

Denemeler 8 km/h sabit ilerleme hızında, yerden 1.5 metre yükseklikte rüzgar hızının 8 km/h'nin altında olduğu durumda, %2 nin altında eğime sahip deneme tarlasında ve makinanın deposunun %40 - %50 doluluk koşullarında yürütülmüştür. Denemeler 540 min-1 traktör kuyruk mili dönüşünde gerçekleştirilmiştir. Makinanın çalışma rejimine girmesi için toplama kaplarının başlangıç noktasından 15 metre önce gübre uygulanmaya başlanılmış ve kapların bitiş noktasından 15 metre sonra makinanın çalışması durdurulmuştur. Denemeler tarla koşullarında gerçekleştirilmiştir. Yaylı kültüvator- döner tırmık aleti ile tarla sürülerek uygun tarla koşulları sağlanmıştır. Toplama kaplarının konulacağı noktalar kireçle işaretlenmiştir. Örnekler üzerine konulacak işaretlemelerde kolaylık sağlaması amacıyla toplama kapları üzerine rakamsal işaretler yapıştırılmıştır. Kaplar rakam sırasına göre deneme alanına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.13 Tarla denemeleri test düzeneği



Şekil 3.14 Tarla denemesinden bir görünüş

3.2.3.1. Düşük ve yüksek normda sabit düzey uygulaması

Düşük ve yüksek norm değerlerinde makinanın uygulama etkinliğini belirleyebilmek amacıyla sabit norm uygulamaları yapılmıştır. Makina ile en iyi enine dağılım deseni ölçümü için toplama kapları her iki yana gübrenin fırlatılabileceği en uzak mesafeler dikkate alınarak 17 m'lik dağıtma genişliğinde ve ilerleme yönünde 20 m uzunluğunda eşit aralıklarla dizilmiştir (Şekil 3.14). Kapların uzunlamasına dizilim aralıkları uygulayıcının tepki zamanı ve makinanın ilerleme hızının fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Bu amaçla 25 kg/da gübre norm değerinde uygulama yapılmıştır.

Makinanın yüksek norm değerlerindeki uygulama etkinliğini belirleyebilmek amacıyla yapılan denemelerde maksimum gübre normu olarak 40kg/da gübre norm değeri kullanılmıştır.

Elde edilen veriler Sigma Plot programında analiz edilerek değişim yüzeyleri elde edilmiştir. Ayrıca denemelerde elde edilen verilerden yararlanılarak ilerleme yönünde norm değişim grafikleri çıkarılmıştır. Bu grafikleri oluşturmak için her bir (ilerleme yönündeki) sütundaki (0, 2, 4, 6, vd.) toplama kaplarındaki gübrelerin ağırlıkları toplamından yararlanılmıştır.

3.2.3.2. Artan ve azalan geçiş uygulaması

Makinanın norm değişimlerindeki uygulama etkinliğini belirleyebilmek amacıyla düşük norm değerinden yüksek norm değerine ve yüksek norm değerinden düşük norm değerine geçiş uygulaması yapılmıştır. Bu geçiş uygulamalarında minimum 20 kg/da, maksimum 40 kg/da gübre norm değerleri alınmıştır. Artan gübre uygulamasında norm değişimi minimumdan maksimuma

doğru ani artmış, azalan gübre uygulamasında ise maksimumdan minimuma doğru ani azalmıştır. Norm değişim hattının konumu, ilerleme yönünde bu konuma karşılık gelen toplama kapları sütununun merkezindeki kabının konumunun ölçülerek belirlenmesi ile elde edilmiştir. Bu toplama kaplarını oluşturan sütun norm değişim hattını dolayısıyla iki hücre arasındaki sınır çizgisini oluşturmaktadır ve birbirini izleyen uygulama hücreleri arasındaki kenarı resmetmektedir. Bu denemelerde elde edilen veriler Sigma Plot programı kullanılarak değerlendirilmiş, norm değişim yüzeyleri elde edilmiştir.

Hücreler arası gübre normu değişimini tanımlayan bu denemede makina ve sistem performansına ilişkin veriler elde edilmiştir. Bu veriler ile makina ve sistem performansına bağlı olan norm değişim süresi ve norm değişiminin başladığı noktanın hücre sınırından konumsal farklılığı belirlenmiştir.

Denemelerde ilerleme yönünde 6. metredeki toplama kapları dizini norm değişim çizgisi (hücre sınırı) olarak belirlenmiştir. GPS bu konuma karşılık gelen koordinat bilgisini okuduğunda merkezi kontrol nitesi bu sınır öncesi hücreye atanan gübre miktarını değiştirerek sınır sonrası hücreye atanan gübre miktarını uygulamaya başlamaktadır

Denemelerde elde edilen verilerden yararlanılarak ilerleme yönünde norm değişim grafikleri çıkarılmıştır. Bu grafikleri oluşturmak için her bir (ilerleme yönündeki) sütundaki (0, 2, 4, 6, vd.) toplama kaplarındaki gübrelerin ağırlıkları toplamından yararlanılmıştır. Norm değişim sınırında uygulama normu 20 kg/da dan 40 kg/da'a veya 40 kg/da dan 20 kg/da'a değişmektedir. Grafikler üzerinde 20 kg/da ve 40 kg/da düzeyi norm değişim öncesi ve sonrası birbirini izleyen değerlerden ve sabit uygulama denemelerinde elde edilen verilerden yararlanılarak belirlenmiştir.

3.2.4. Değişken Düzeyli Uygulama Sisteminin Ekonomik Analizi

Geliştirilen makinanın ekonomik analizinde kullanılacak yöntem, diğer yeni teknolojilerin ekonomik analizlerinde kullanılan yöntemden farklı değildir. Kısmi bütçeleme analizi, hassas tarımın ekonomiksel değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir (Sındır and Tekin, 2002).

Kısmi bütçeleme; uygulanan yöntemde bir çok maliyet kaleminin değişim göstermediği ve bazı maliyet unsurlarının kısmi değişimi gerçekleştiğinde kullanılmaktadır. Kısmi bütçeleme ile hesaplanabilecek üç temel değişim bulunmaktadır. Bunlar: ürün değişimi, ikamesiz yatırım değişimi ve faktör değişimidir. Faktör değişimi genellikle üretim teknolojisindeki değişimdir ve Prefer⁰⁵ in ekonomikliği bu kategoride analiz edilebilir. Değişken düzeyli mineral gübre dağıtma makinasının kullanımından kaynaklanan net gelir içindeki değişimi tahminlemek için, kazançtan kayıplar çıkarılmaktadır. Ayrıca makinanın ekonomik analizinde “bilgi” ve “makina”yı içine alan iki yatırım unsuru da dikkate alınmıştır.

Bilgi teknolojilerinin tarımda kullanım alanlarından birisi olan hassas tarım, bilginin toplanması, işlenmesi ve depolanması ile tarım makinalarının değişken düzeyli uygulama yapabilmesi için yazılım ve donanım unsurlarını gerektirmektedir. Bu kapsamda yatırım yapılacak iki ana alan bulunmaktadır; bilgi ve teknoloji. Ekonomik analizde bu iki yatırım unsuru dikkate alınmıştır.

Bilgi, ulaşma kolaylığı ve ona ulaşmak için kullanılan teknoloji ve onun sağladığı olanaklar ile ilişkili olarak ücretlendirilmek durumunda. Örneğin belirli bir ürün için toprağın besin gereksiniminin tahminlenmesinde kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır; toprak analizi, uzaktan algılama, anlık toprak

sensörleri. Toprak analizi en pahalı yöntemlerden birisi olsada verdiği daha kesin sonuçlar nedeniyle yoğun olarak kullanılmaktadır.

Varsayımlar;

Bilgi maliyetinin hesaplanmasında hücre bazlı toprak örnekleme yapıldığı varsayılmıştır. Hasat işleminin yükleniciye yaptırıldığı varsayılarak verim haritalama sistemi ile donatılmış biçerdövere sahip yükleniciye verim haritalama işlemi yaptırılmıştır. Maliyet hesaplamalarında fiyatlara KDV'nin dahil olduğu kabul edilmiştir. Maliyet analizinde pamuk, buğday ve mısır bitkisinin tarımının yapıldığı düşünülmüştür. Makinanın kredi ile edinildiği varsayılarak edinme ve gübre maliyetleri ortaya koyulduktan sonra, makinanın makina edinme maliyetinin fonksiyonu olarak farklı tarla büyüklükleri için gübre miktarındaki azalma değerleri belirlenmiştir.

Makinanın maliyet unsurları, sabit ve değişken giderler olmak üzere iki bölümde ele alınmıştır. Sabit giderler kullanıma bağlı olarak değişmezken değişken giderler kullanılan makina veya ekipman çalıştırıldıkça artmaktadır (Sındır, 1997).

3.2.4.1. Sabit giderler

Sabit giderler; kullanılan makinanın ve donanımın amortismanını, yatırım sermayesinin faizini kapsamaktadır. Makinanın sabit giderlerinden olan amortisman ve faiz belirlenmesinde aşağıdaki yöntem kullanılmıştır.

Amortisman: makina maliyetleri içinde en büyük paya sahip giderdir. Genel olarak alet, makina veya ekipmanın zamana bağlı olarak eskime, aşınma ve yaşlanma nedeniyle ortaya çıkan değer azalması, makinadan daha yeni bir

teknoloji ile üretilmiş veya aynı fonksiyonu daha iyi bir etkinlikle yerine getirebilen makinaların piyasaya çıkması sonucunda ya da işletme büyüklüğünün değişmesi ve makina kapasitesinin yeterli olmaması durumunda bu değer azalması olmaktadır (Sındır, 1999). Kısmi Bütçelemeye, amortisman masraflarını hesaplamada “Doğru Hat Yöntemi” kullanılmıştır (Hunt, 1968, Gandonou et al., 2001). Makinanın yıpranma miktarının, faydalı servis ömrüne düzgün olarak dağıldığını kabul eden doğru hat yöntemine göre yıllık amortisman masrafı; makinanın satın alma maliyetlerinin, kullanma yılına, ekonomik veya teknolojik ömürlerine bölünmesiyle bulunmaktadır. Bilgi teknolojilerinin dolayısıyla hassas tarım teknolojisinin çok hızlı gelişmesi nedeniyle makinanın mekanik ömrü bitmeden daha önce teknolojik ömrünün dolacağı kesindir. Bu nedenle makinanın servis ömrü olarak 5 yıl tahminlenmiştir. Bu yöntemine göre her yıl için hesaplanan amortisman sabittir. Yıllık amortisman masrafı:

$$R = \frac{(C_n - C_v)}{N} \quad (7)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte;

R : Amortisman gideri (TL/yıl)

C_0 : Satın alma maliyeti (TL)

C_N : Kalan (hurda) değeri (TL)

(Hesaplamalarda kalan değer sıfır alınmıştır.)

N : Tahmin edilen kullanma yılı veya faydalı servis ömrü (yıl)

Faiz masrafı: “Doğru Hat Yöntemi” kullanılması durumunda, makinanın kullanım ömrü süresince ortalama yatırımın yıllık faiz masrafı da hesaplanabilir.

Yıllık faiz masrafı, faiz oranının ve satın alma maliyetinin yarısına eşit olan ortalama yatırım maliyetinin çarpımı ile bulunmaktadır (Hunt,1968.; Sındır, 1999.; Gandonou et al., 2001).

$$I = \frac{(C_D + C_N)}{2} i \quad (8)$$

I : Yıllık faiz gideri (TL/yıl)

C_D : Satın alma maliyeti (TL)

C_N : Kalan (hurda) değeri (TL)

(Hesaplamalarda kalan değer sıfır alınmıştır)

i : Faiz oranı (ondalık)

Enflasyonsuz ortamda gerçek faiz oranı nominal faiz oranıdır. Enflasyonlu ortamda ise gerçek faiz oranı, nominal faiz oranı ve enflasyon oranı dikkate alınarak hesaplanmalıdır. Gerçek faiz oranı:

$$i_r = \frac{i_n - i_g}{1 + i_g} \quad (9)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte;

i_r : gerçek faiz oranı (ondalık)

i_n : Nominal faiz oranı (ondalık)

i_g : Enflasyon oranı (ondalık)

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

4.1. Denemelerde Kullanılan Gübrelerin Fiziksel Özellikleri

Gübrelerin teknik özelliklerinin belirlenmesi için elek analizi ve hacim ağırlığı ölçümü yapılmıştır. Kullanılan gübrelere ilişkin özellikler Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1 Kullanılan gübrelere ilişkin bulgular

Özellikler	Gübre Çeşidi	
	20:20:0 Kompoze	%26 CAN
Hacim Ağırlığı	956,44 kg/m ³	988,74 kg/m ³
Nem oranı	%4,24	%3,11
Elek Numaraları	% gübre	
> 3,15 mm	25,90	0
3,15-2,50 mm	37,79	32,88
2,50-2 mm	23,87	52,64
2-1,60 mm	7,24	6,09
1,60-1 mm	3,16	5,01
1-0,8 mm	0,51	2,21
< 0,8 mm	1,50	1,15

4.2. Değişken Düzeyli Uygulama Sistemi

4.2.1. Çift Diskli Gübre Dağıtma Makinasında Kullanılan Dozajlama Sistemi

Bu çalışma kapsamında değişken düzeyli uygulama yapabilmek için makina üzerine, tasarımı yapılan özel dozajlama birimleri bağlanmıştır. Makinada iki disk üzerine bırakılan mineral gübreyi kontrol edebilmek için iki adet dozajlama birimi tasarlanmıştır. Bu birimler, mekanik ve elektronik sistemlerden oluşmuştur.

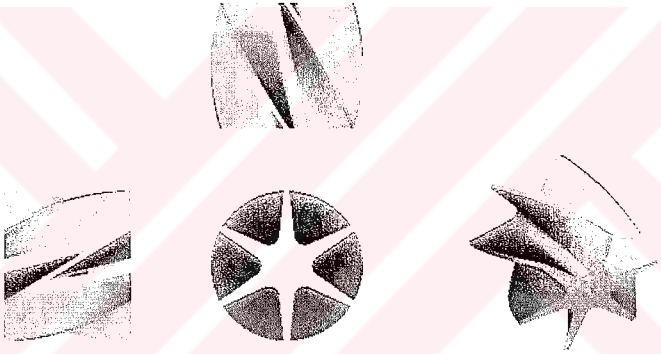
4.2.1.1. Mekanik donanım

Tasarımı yapılan dozajlama sisteminin ana elemanlarından birisi mekanik dozajlama birimidir. Üç boyutlu olarak tasarlanan mekanik birim bir oluklu makara ve buna yuvalık yapan bir elemandan (helisel dişli yuvası), yönlendiricilerden ve payandadan oluşmaktadır.

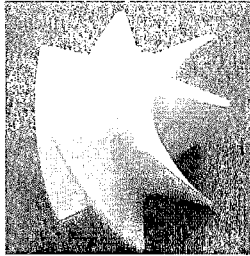
4.2.1.1.1. Oluklu makara

Dozajlama biriminin tasarımında dekara uygulanacak gübre normunun 0-100 kg aralığında değiştirilebilmesi ve bu değişimin DC elektrik motorun 0-100 min-1 hız aralığında sağlanması kabullenilmiştir. Gübre hacim ağırlığı 900-1000 kg/m³ sınırları arasında değişim göstermektedir (Önal, 1995). Traktör uygulama sırasında 8 km/h hızla hareket etmektedir ve etkin işgenişliği 12 m olarak kabullenilmiştir. Bu koşullara bağlı olarak oluklu makaranın bir dönüsünde diskler üzerine bırakılması gereken hacim 798 cm³ olarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle uygun ölçüler belirlenerek oluklu makara 6 oluklu olarak

tasarlanmıştır (Şekil 4.1). Bu birimin tasarımında Auto-Cad 2002 Programı kullanılmıştır. Dozajlama birimi özel olarak tasarlanmış bir helisel oluklu makara (disk üzerine akan gübre miktarında dalgalanma olmaması için) ve bu dişliye yuvalık yapan elemandan oluşmaktadır. Dozajlama biriminin üç boyutlu tasarımından sonra üretimi gerçekleştirilmiştir. Oluklu makaranın üretilmesinde Hızlı Prototip Tekniği kullanılmıştır (Tanplast Ltd. Şti.). Bu teknikte polietilen granülleri kullanılarak oluklu makaralar üretilmiştir. (Şekil 4.2)

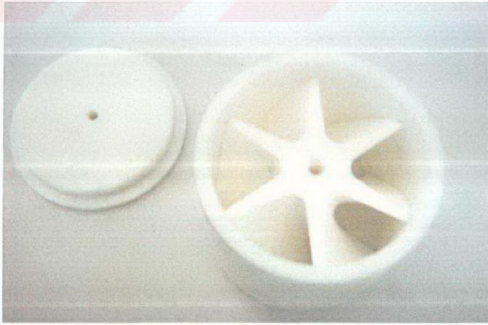


Şekil 4.1 Tasarımı yapılan oluklu makara



Şekil 4.2 Hızlı prototip üretme tekniği ile üretilen helisel dişli

Oluklu makaraya yuvalık yapan parçanın imalinde ise delrin malzeme kullanılmıştır. Silindirik malzemeden, 2 adet 130 mm ve 2 adet 25 mm uzunluğunda silindir bloklar elde edilmiştir. 130 mm uzunluğundaki delrin malzemeler işlenerek dış çapı 140 mm, iç çapı 120 mm olan ve bir ucu kapalı boru profil kesitli parçalar yapılmıştır. Bu parçaların açık uçlarına içten dış açılmıştır. 25 mm kalınlığındaki malzemeler de işlenerek dış çapı 140 mm olan bloklar elde edilmiştir. Bu blokların üzerinde 15 mm uzunluğunda 120 mm çapında dış açılmıştır. Bu yapılan kapaklar bir ucu kapalı boru profil şeklinde oluşturulan parçaların dış açılan uçlarına, üzerine açılan dişler yardımıyla monte edilip çıkarılabilmektedir (Şekil 4.3). Ayrıca dozajlama ünitesi ve buna hareket veren elektrik motorunun payanda üzerine monte edilebilmesi için iç taraftan havşa başlı delikler açılmıştır (Şekil 4.4). Kapakların monte edilmesi ile oluşturulan silindir kutu, oluklu makaraların içinde döneceği yuvayı oluşturmaktadır. Gübrenin dozajlama sistemine depodan alınabilmesi için silindir bloklar üzerinde 100x50 mm boyutunda giriş deliği yapılmıştır. Dozajlama birimine alınan gübrenin diskler üzerine bırakılmasını sağlamak için 100x25 mm boyutlarında çıkış deliği yapılmıştır.



Şekil 4.3 Oluklu makara ve yuvası



Şekil 4.4 Oluklu makara montajı

4.2.1.1.2. Yönlendirici

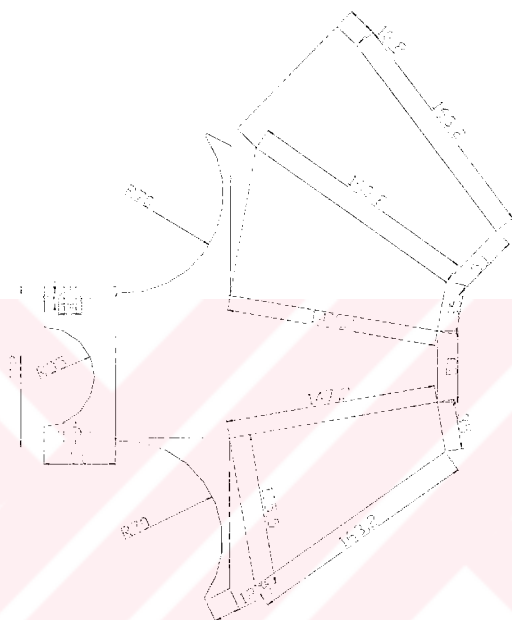
Oluklu makara ile depodan alınan gübrenin diskler üzerinde istenilen noktaya dökülebilmesi için iki farklı yönlendirici tasarlanmıştır (Şekil , Şekil). Oluklu makaraların bıraktığı gübrenin disk üzerine düşüş noktası, çıkış kesitinin iz düşüm alanı içinde, alternatif hareket ile değişim göstermektedir. Bu düşüş noktasındaki değişimin enine dağılım deseni üzerine olumlu/olumsuz etkisinin ortaya konulması için Yönlendirici 1 tasarlanmıştır, klasik çift diskli gübre dağıtma makinası ile aynı noktaya gübrenin bırakılabilmesi için de Yönlendirici 2 tasarlanmıştır. İki yönlendiricinin gübre çıkış kesit alanları birbirinden farklı olup Yönlendirici 1'in çıkış kesit alanı Yönlendirici 2'nin yarısı kadardır. Auto-Cad'de üç boyutlu olarak tasarlanan yönlendiricilerin açılımları aynı programda elde edilmiştir. Bu açılımlar Krom-Nikel malzemeden laser kesme makinasında kesilmiştir. Kesilen parçalar CNC apkant tezgahında U şeklinde kıvrılmış ve açık ucuna aynı malzemeden kesilen parçalar argon kaynağı ile kaynatılmıştır.



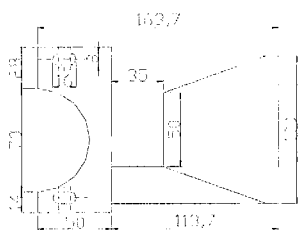
Şekil 4.5 Yönlendirici 1 (gübre disk üzerine dar kesitte bırakılmakta)



Şekil 4.6 Yönlendirici 2 (gübre disk üzerine geniş kesitte bırakılmakta)

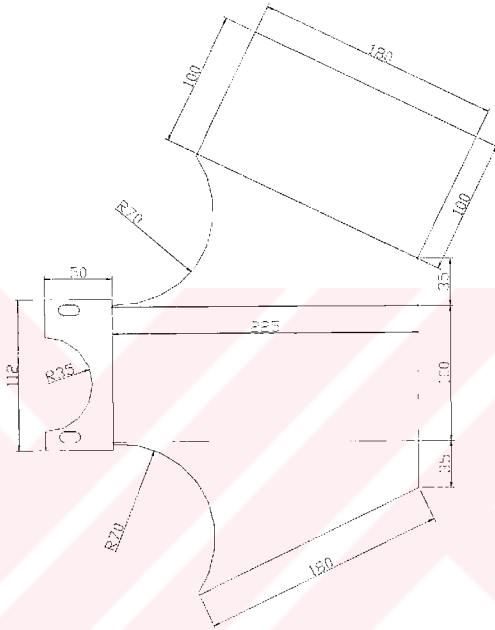


(a)

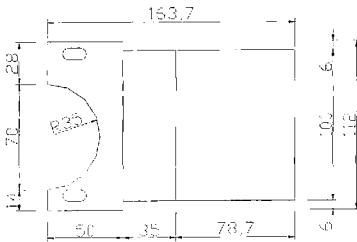


(b)

Şekil 4.7 Yönlendirici 1'in teknik resmi (a- açılım b- üst görünüş)



(a)

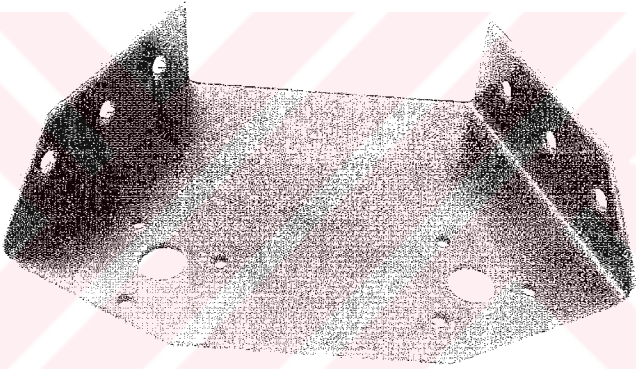


(b)

Şekil 4.8 Yönlendirici 2'nin teknik resmi (a- açılım b- üst görünüş)

4.2.1.1.3. Payanda

Oluklu makara ve DC elektrik motorlarının birbirlerine ve ayrıca depoya monte edilebilmesi için Auto-Cad'de üç boyutlu olarak bir payanda tasarlanmıştır. Saç maizmeden kesilmek üzere aynı programda açılımı elde edilmiştir (Şekil 4.10). Bu açılım saç maizmeden laser kesme makinasında kesilmiştir. Kesilen parça CNC apkant tezgahında kıvrılmıştır (Şekil 4.9).

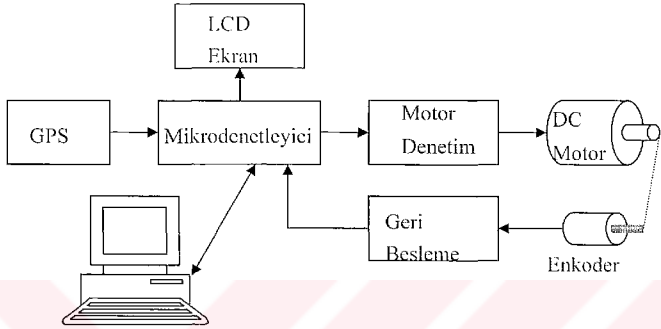


Şekil 4.9: Bejgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..9 Dozajlama sistemi montaj payandası

bulunmaktadır. Mikrodenetleyici, belleğindeki bilgilere (uygulama haritasına), anlık okunan konum bilgisine (enlem-boylam) ve gerçek ilerleme hızına bağlı olarak, hız kontrol ünitesine sinyal göndermektedir. Çalışmada Silicon Laboratory Firması (ABD) tarafından üretilen C8051F022 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyici dünyada en yaygın kullanılan MCS-51 serisi mikrodenetleyicilerin mimarisinde üretilmiş bir işlemcidir. Bu mikroişlemci, denetim sisteminde kullanılacak GPS, motor denetim, enkoder ve bilgisayar bağlantılarını yapabilmektedir. Dozajlama birimlerinin millerine KOYO Electronic Control Equipment (JAPONYA) tarafından üretilen TRD-J500-RZ-2M model bir rotary-enkoder bağlanmıştır. Bu enkoder ile oluklu makaranın gerçek dönüşü geri besleme olarak sisteme bildirilmektedir. Makina kullanıcı arayüzünü oluşturmak için anakart üzerinde bir LCD ekran kullanılmıştır. Bu arayüz elemanı yardımı ile tarla, makina ve çalışma koşulları ile ilgili bilgiler görselleştirilmektedir.



Şekil 4.11 Merkezi kontrol ünitesi



Şekil 4.12 Mikrodenetleyici denetimli gübreleme sisteminin blok diyagramı

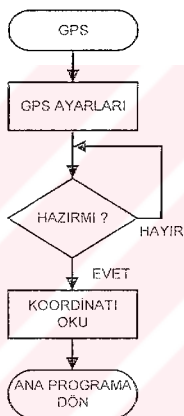
4.2.2.2. Kontrol yazılımı

Mikrodenetleyici programı, Raisonance 8051 IDE programı kullanılarak C dilinde yazılmıştır. Yazılan programı, Silicon Laboratory firması tarafından yazılmış seri port iletişim programı kullanılarak mikrodenetleyiciye yüklenmiştir. Yazılan program, konum bilgisi okuma ve motor denetimi alt programlarından oluşmaktadır.

4.2.2.2.1. Konum bilgisi okuma programı

Sistem ilk çalıştırıldığında mikrodenetleyici ekrana açılış mesajını yazmakta ve GPS modülünü çalıştırmaktadır ve modül yaklaşık 5 dakika boyunca görüş alanındaki uydulardan aldığı bilgileri kullanarak, ilk enlem ve boylam değerlerini hesaplar. Sürenin bitiminde ilk enlem ve boylam bilgisi LCD ekranına yazılmakta ve bu andan itibaren sistem kullanıma açık duruma

gelmektedir. Konum bilgisinin belirlendiği bu alt program, öncelikli olarak GPS modülü ile sistem arasındaki iletişim hızı ayarını sağlamaktadır. İkinci adımda yeni bilginin hazır olup olmadığı sorgulanır. Eğer hazır ise yeni konum bilgisi okunur ve ana programa geri döner. Konum bilgisi hazır değilse 2 saniye boyunca hazır olup olmadığı denetlendikten sonra hata mesajı vererek alt programdan ana programa dönlmektedir (Şekil 4.13).

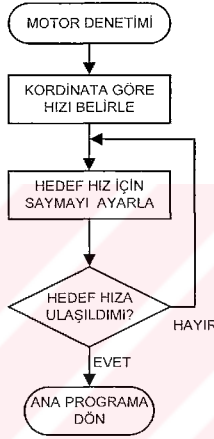


Şekil 4.13 Konum belirleme alt programı akış şeması

4.2.2.2.2. Motor denetim programı

Belirlenen konum bilgisine göre önceden belirlenmiş gübre miktarı bellekten alınmaktadır. Bu miktara göre makinanın atması için gerekli motor dönü hızı hesaplanmaktadır. Bu hızı sağlayan sayma değeri sayıcıya yazılmakta ve motor istenilen hıza ulaşmaktadır. Motor devri motorun yüküne bağlı olarak hedeflenen hızın altında kalabilmekte veya üstüne çıkabilmektedir. Motorun hızı,

motor miline bağılı artırmalı enkoder ile ölçülerek hedeften sapma miktarı kadar sayma değeri artırılarak veya azaltılarak hedeflenen hıza ulaşılmaktadır (Şekil 4.14).

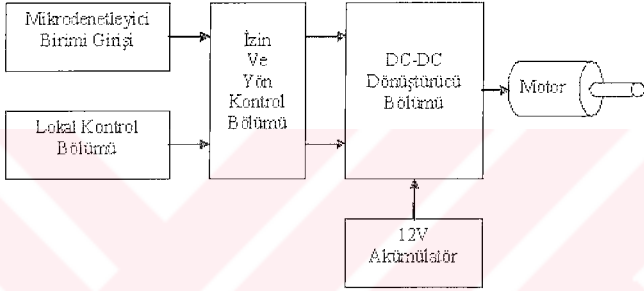


Şekil 4.14 Motor denetim programı akış şeması

4.2.2.3. Hız kontrol ünitesi

Hız kontrol üniteleri, dozajlama birimleri üzerindeki doğru akım motorlarının dönüş hızlarını kontrol etmektedir. Hız kontrol ünitesi ile motorların hız kontrolleri el ile veya değişken düzeyli uygulama kontrol birimi (mikroişlemci) ile yapılabilmektedir. Her iki yöntemde de motor hız değişimi kademesiz olarak gerçekleştirilmektedir. El ile kontrolde kontrol paneli üzerinde yer alan bir hız ayar butonu ile devir sayısı değiştirilebilmektedir. Değişken düzeyli uygulama kontrol birimi ile motor hız kontrolünde, birimden gelen sinyale bağılı olarak devir sayısı değiştirilmektedir.

Motor denetim birimini lokal kontrol birimi, mikrodenetleyici giriş birimi, izin ve yön kontrol birimi ve dört bölgeli bir DC-DC dönüştürücü oluşturmaktadır (Şekil 4.15).

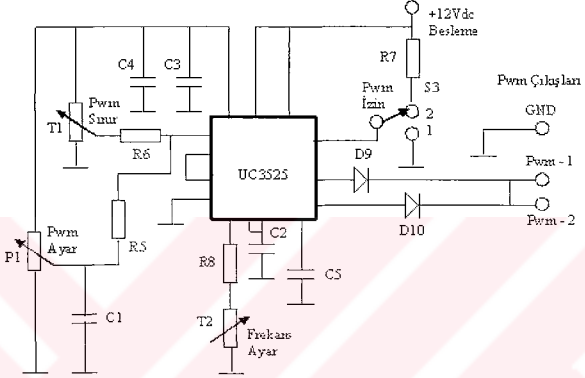


Şekil 4.15 Motor denetim blok şeması

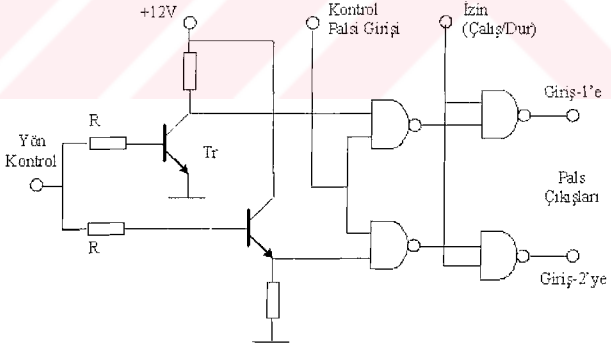
Lokal kontrol biriminde, motorun dönü hızının kontrolü için 12V doğru akım gerilimi 2,5 kHz’de anahtarlanmakta ve anahtarlanan bu gerilimin görev süresi (duty cycle) %0 ile %100 arasında değiştirilerek hız kontrolü PWM yöntemi ile sağlanmaktadır (Şekil 4.16). Üretilen kare dalganın görev süresi dolayısıyla dönü hızı ise T1 trimpotu yardımıyla sınırlandırılabilmekte ve P1 potansiyometresi yardımıyla lokal olarak ayarlanabilmektedir.

Yön ve izin kontrol devresi mikrodenetleyici veya lokal kontrol biriminden gelen kontrol sinyallerini değerlendirerek, DC-DC dönüştürücüye aktarmaktadır (Şekil 4.17). Üzerindeki mantık kapıları yardımıyla “Kontrol Palsi” girişinden gelen 2,5 kHz’lik uyarma sinyali istenilen güç devresi girişine (“Giriş-1” veya “Giriş-2”) iletilebilmektedir. Aynı zamanda “İzin” kontrol girişi

ile de yine 2,5 kHz'lik kontrol sinyalinin çıkışa ulaşip ulaşmamasını kontrol etmektedir.

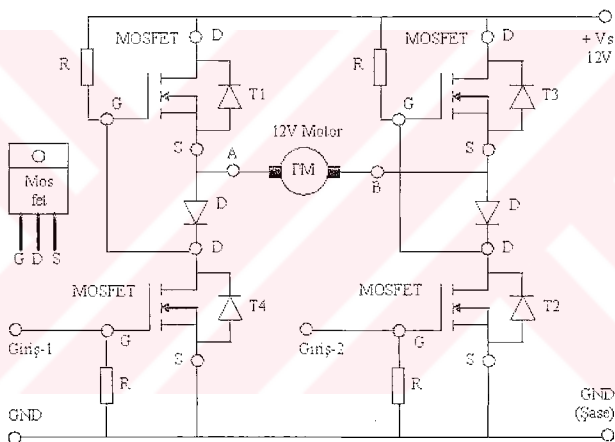


Şekil 4.16 Lokal kontrol devresi



Şekil 4.17 Yön ve izin kontrol devresi

DC-DC dönüştürücüsü güç birimidir (Şekil 4.18). Devrenin kontrol girişleri, besleme girişi ve motor çıkışı bulunmaktadır. Girişlerine gelen kontrol sinyaline göre T1-T2 veya T3-T4 mosfetlerini ilettime geçirecek, motorun saat yönünde veya tersi yönde dönmesini sağlamaktadır. Motorun döndürülmek istendiği yöne göre "Giriş-1" veya "Giriş-2"ye kontrol devresi tarafından 2.5 kHz frekansında bir kare dalga uyarına sinyali uygulanmaktadır.



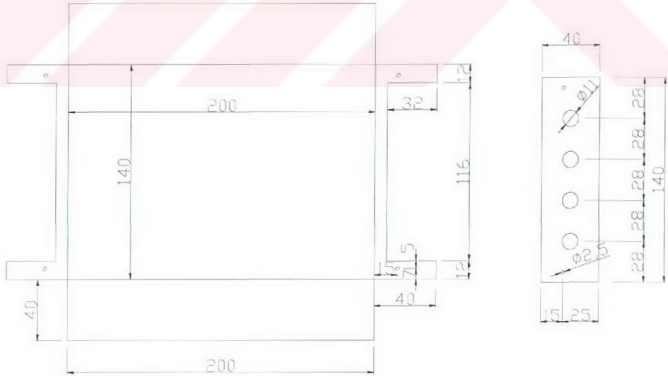
Şekil 4.18 DC-DC dönüştürücü devresi

Motor hız kontrol birimi için Auto-Cad yazılımında özel bir kutu tasarlanarak bunun açılımı elde edilmiştir (Şekil 4.19; Şekil 4.20). Elde edilen açılım laser kesim makinasında kesilerek CNC apkant makinasında kıvrılmıştır. Kutu paslanmaz çelikten yapılmıştır. Kıvrım sonrası kenarlar birbirine köşe noktalarında argon kaynağı ile kaynatılmıştır. Elde edilen kutunun her iki ucuna

giriş-çıkış portlarının monte edildiği kapaklar vida ile tutturularak kutu oluşturulmuştur.



Şekil 4.19 Hız kontrol ünitesi



Şekil 4.20 Hız kontrol ünitesi kutusunun teknik resmi

4.3. Makina Performans Değerleri

4.3.1. Oluklu Makara Kalibrasyonu

Diskli gübre dağıtma makinasına yerleştirilen oluklu makaraların (Şekil 4.21) farklı devir sayılarındaki dozajlama etkinlikleri, %26 CAN ve 20:20:0 Kompoze gübreleri için laboratuvar çalışmaları ile ayrı ayrı belirlenmiştir. Her iki makara aynı gübreyi dozajlarken farklı değişim fonksiyonlarını izlemektedir. Oluklu makaraların devir sayısının değişimine göre dozajladığı gübre miktarı ilişkisini tanımlayan fonksiyonlar birisi dışında $R^2 > \%98$ doğruluk derecesindedir (Çizelge 4.2). Dozajlama eşitlikleri her durum için aynı bulunmuş ve aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmıştır. Her ne kadar bulunan eşitlikler aynı ise de iki oluklu makaranın gübreyi farklılıklar ile iletmediği görülmektedir (Şekil 4.22, Şekil 4.23. Bu durum heriki gübrenin iletilmesinde de görülmektedir. Bu iletim farklılığına oluklu makaraların yataklanmasındaki sürtünme kuvveti farklılığı neden olmaktadır. Yapılan ön denemeler sırasında karıştırıcının beslemeyi engellediği görülmüş ve karıştırıcıda değişiklik yapılmıştır. İletim miktarına depo içindeki karıştırıcıların da etki edebileceği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.2 Akış fonksiyonlarına ait veriler ve determinasyon katsayıları

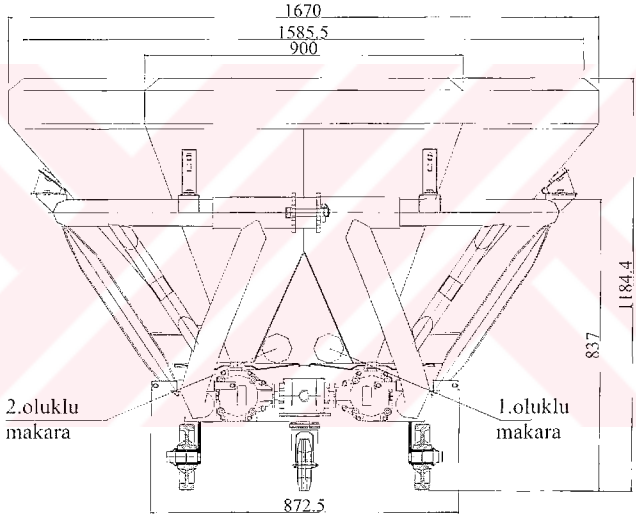
Kullanılan Gübre/ Makara	1. Oluklu Makara				2. Oluklu Makara			
	a	b	c	R ²	a	b	c	R ²
%26 CAN	0,73535	177,8408	242,556	0,9950	0,89884	206,8403	737,28	0,9802
20:20:0 Kompoze	0,6951	162,1907	1120,57	0,9876	0,70012	147,3279	110,454	0,9604

$$W = ax^2 + bx + c \quad (10)$$

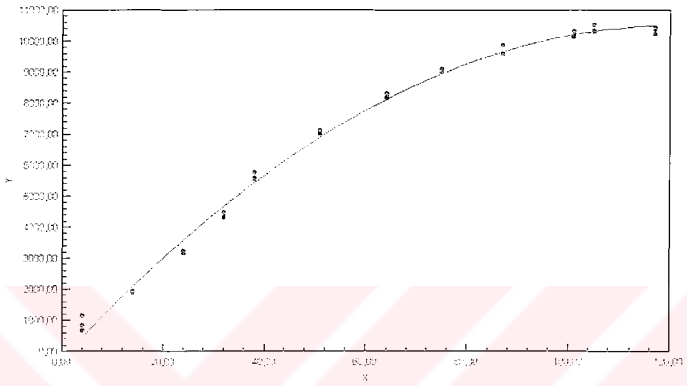
W= Akan gübre miktarı (g)

x= Oluklu makaraların devir sayısı (min-1)

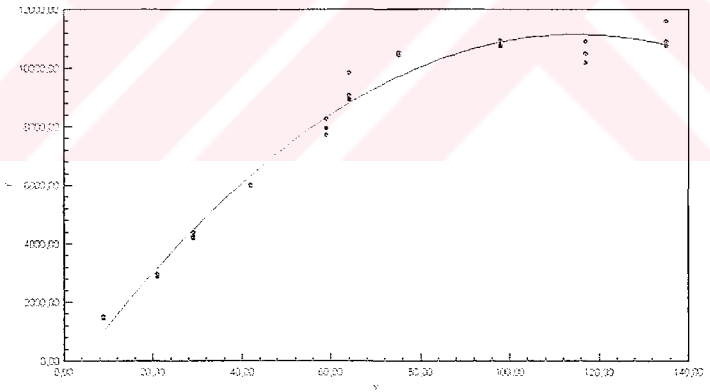
a, b, c = Sabit sayı



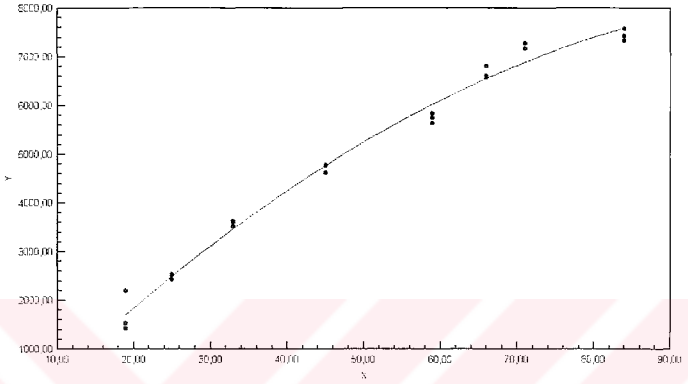
Şekil 4.21 Diskli gübre dağıtma makinası ve üzerindeki oluklu makaralar



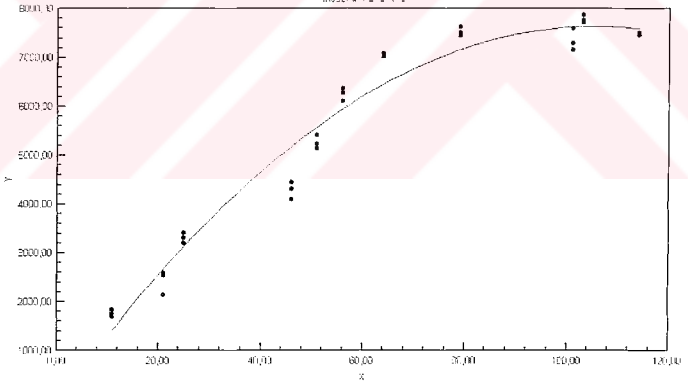
Şekil 4.22 Birinci oluklu makara %26 CAN gübresi akış fonksiyonu (g-min-1)



Şekil 4.23 İkinci oluklu makara %26 CAN akış fonksiyonu (g-min-1)



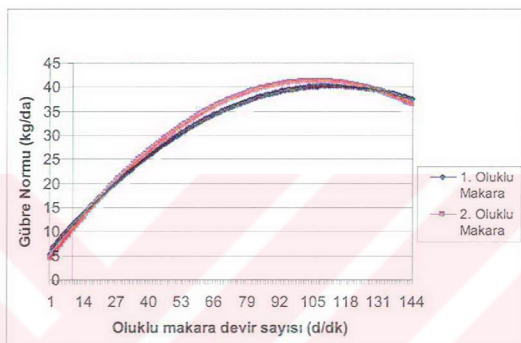
Şekil 4.24 Birinci oluklu makara 20:20:0 Kompoze gübresi akış fonksiyonu (g-min-1)



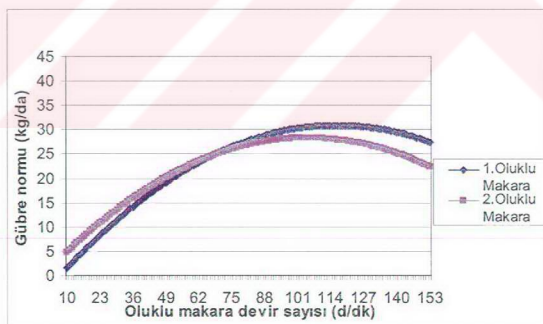
Şekil 4.25 İkinci oluklu makara 20:20:0 Kompoze gübresi akış fonksiyonu (g-min-1)

Oluklu makaralar ile farklı tipteki gübrelerin akış etkinliği beklendiği gibi mineral gübrenin fiziksel özelliklerine göre değişmektedir. Granül iriliği, hacim

ağırlığı ve şekli farklı olan 20:20:0 Kompoze gübrenin akışı sırasında elde edilen veriler, %26 CAN gübresi ile karşılaştırdığında daha az bulunmuştur (Şekil 4.26, Şekil 4.27).



Şekil 4.26 Oluklu makaraların %26 CAN gübresi uygulama etkinlikleri (kg/da)



Şekil 4.27 Oluklu makaraların 20:20:0 Kompoze gübre uygulama etkinlikleri (kg/da)

Devir sayısının artması sonucu, makaraların dolma katsayılarının küçülmesi iletilen gübre miktarının bir sınır değerden sonra azalmasına neden

olmaktadır. Dolayısıyla bu sınır değere karşılık gelen devir sayısının üzerindeki devir sayılarında elde edilen kalibrasyon değerleri göz ardı edilmiştir. Ayrıca uygulamada tek seferde birim alana atılacak maksimum gübre miktarı maksimum 40-50 kg/da değerlerindedir. Sonuçta makinanın güvenilir düzeyde doğru olarak atabileceği maksimum gübre miktarı 45 kg/da olarak belirlenmiş ve buna bağlı olarak kalibrasyon değerleri tekrar analiz edilmiştir (Çizelge 4.3). Analiz sonucunda oldukça iyi determinasyon katsayılarına sahip doğrusal fonksiyonlar elde edilmiş ve bu fonksiyonlar kontrol yazılımında kullanılmıştır.

Fonksiyon;

$$y = ax + b \quad (11)$$

olarak tanımlanmıştır. Fonksiyonda;

y = Oluklu makaraların devir sayısı (min-1)

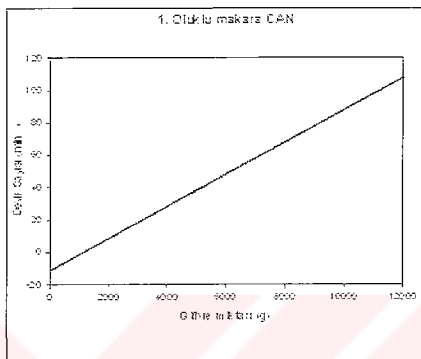
x = Gübre miktarı (g)

a, b = Sabit sayı

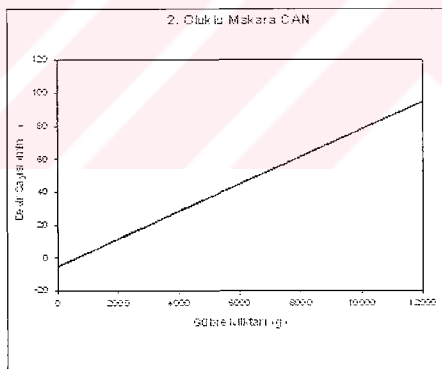
Makina ile bu sınır değerinin üzerinde de gübre uygulanabilmesine karşılık hedef değerden sapmalar olabilecektir. Yazılımda kullanılan fonksiyon grafikleri Şekil , Şekil , Şekil ve Şekil görülmektedir.

Çizelge 4.3 Doğrusal akış fonksiyonlarına ilişkin veriler ve determinasyon katsayıları

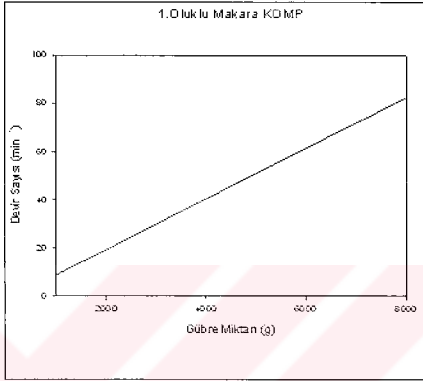
Kullanılan Gübre/ Makara	1. Oluklu Makara			2. Oluklu Makara		
	A	b	R ²	a	b	R ²
%26 CAN	0,0099	-11,6116	0,9514	0,0083	-5,42	0,9545
20:20:0 Kompoze	0,0105	-1,7194	0,9709	0,0106	-6,21	0,9618



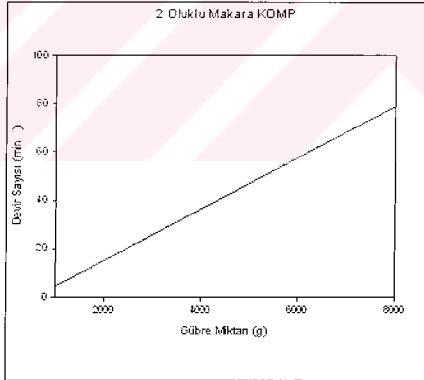
Şekil 4.26 Kalsiyum amonyum nitrat dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (1. oluklu makara)



Şekil 4.29 Kalsiyum amonyum nitrat dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (2. oluklu makara)



Şekil 4.30 Kompoze gübre (20:20:0) dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (1. oluklu makara)



Şekil 4.31 Kompoze gübre (20:20:0) dozajlama fonksiyonu, her devirde 10 saniyede alınan gübre miktarına bağlı olarak (2. oluklu makara)

4.3.2. Dozajlama Testi

Oluklu makaraların aynı anda aynı miktarda gübreyi farklılıklar ile iletebildiği görülmüştür (Çizelge 4.4.). Sisteme girilen norm değerini uygularken 2. oluklu makaranın 1. oluklu makaraya göre çok küçük miktarda fazla gübre ilettiği belirlenmiştir. Bunu test öncesi kontrol için sökülen oluklu makaranın montaj sırasında daha iyi yataklanabilmesi sağlamıştır. Kompoze gübre de makaraların ilettiği gübre arası farklılığın kalsiyum amonyum nitrat gübresine göre daha çok olduğu görülmüştür. Kalsiyum amonyum nitrat gübresinde 20 kg/da norm değeri seviyelerinde iki makara arasında yaklaşık 500 g (%20) bir farklılık bulunmaktadır. Norm değeri artışı ile bu farklılık 0-100 g (%0-2) seviyelerine düşmektedir. Kompoze gübrede ise iki makara arasındaki farklılık norm değerine bağlı olarak bir değişim göstermektedir ve 2. oluklu makara daha fazla gübre uygulamaktadır. Bu farklılık yazılımda, kompoze gübre için kullanılan fonksiyonda, düzeltme yapılarak dengelenmiştir. Kompoze gübre ile yapılan testte merkezi kontrol ünitesine girilen norm değeri ile elde edilen norm değeri arasında farklılık bulunmuştur ve bu farkın iletilen gübre miktarı artışı ile doğrusal olarak arttığı görülmüştür. Yapılan inceleme ve ölçümler sonrası bu farklılığın, denemede kullanılan gübrenin nem düzeyinin kalibrasyonda kullanılan gübreninkine göre fazla olmasından kaynaklandığı bulunmuştur. Ayrıca 40 kg/da norm değerine kadar makaraların gübreyi sisteme girilen miktarda iletebildiği bu değerden sonra küçük oranlarda farklılaşmaların oluştuğu görülmüştür.

Çizelge 4.4 Dozajlama testine ilişkin değerler

Gübre Çeşidi	Kalsiyum Amonyum Nitrat			Kompoze 20:20:0		
	1. Oluklu Makara (g/10 s)	2. Oluklu Makara (g/10 s)	Uygulama Normu (kg/da)	1. Oluklu Makara (g/10 s)	2. Oluklu Makara (g/10 s)	Uygulama Normu (kg/da)
20 kg/da	2982	2382	19,8468	2842	3311	22,7661
	2781	2273	18,6998	2890	3298	22,8956
	2864	2369	19,3621	2882	3333	22,9955
30 kg/da	4226	4218	31,2428	4349	5089	34,9206
	4261	4156	31,1429	4353	4940	34,3841
	4012	3942	29,4298	4450	4967	34,8429
45 kg/da	6754	6811	50,1905	6863	7779	54,1754
	7319	7402	54,4677	6465	7244	50,7233
	6688	6741	49,6873	6430	7275	50,7085

4.3.3. Enine Dağılım Deseni Testi

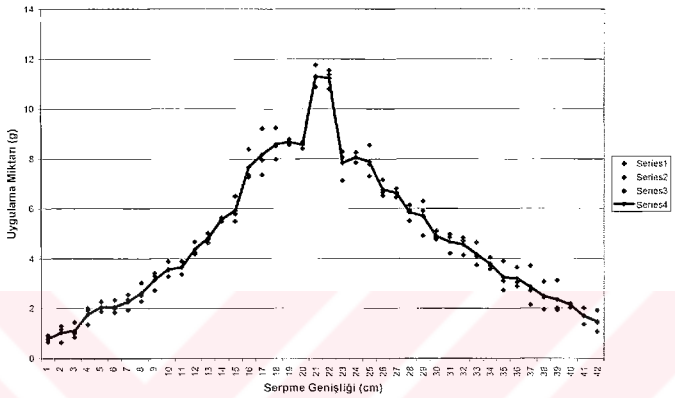
İki farklı yönlendirici kullanılarak yapılan testlerde yönlendiricilerin her iki gübre çeşidinin dağıtılması sırasında enine dağılım desenine olan etkileri incelenmiştir. Enine dağılım desenleri incelendiğinde geniş yönlendirici ile dar yönlendirici arasında çok belirgin bir farklılık oluşmamakla birlikte geniş yönlendiricinin daha iyi bir enine dağılım deseni sağladığı görülmüştür (Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35). Yönlendiricilerin her iki gübre çeşidi ile uygulamada etkisi farklı olsada enine dağılım desenleri üçgen formunda oluşmuştur. Kalsiyum amonyum nitrat gübresinde üçgen formundan şekilsel olarak çok küçük farklılıklar görülürken kompoze gübrede farklılık oldukça belirgin oluşmuştur. Geniş yönlendiriciye ilişkin dağılım deseni dar yönlendiriciye göre daha simetrik.

Dağılım desenlerinin sol tarafında ani bir düşüş oluşmuşken sağ tarafta pik değerinin hemen yanında küçük bir pik oluştuktan sonra ani düşüş oluşmuştur. Üçgen formu diskli gübre dağıtma makinalarında olması istenen dağılım desenlerinin başında gelmektedir. Üçgen formu bindirme sonrası tarlada (veya hücrede) eş dağılım elde edilmesini sağlayabilmektedir.

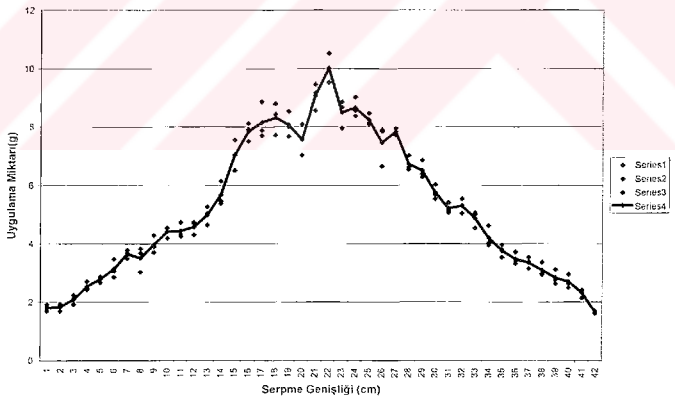
Enine dağılım desenleri incelendiğinde görülen diğer önemli nokta ise traktör geçiş eksenin sağına ve soluna atılan gübre miktarındaki farklılıktır. Dar yönlendirici kullanılması durumunda (her iki gübre uygulamasında da) ilerleme yönü dikkate alındığında sol tarafa (1. oluklu makaranın olduğu tarafa) belirgin olarak fazla gübre uygulanmıştır. Geniş yönlendirici kullanılması durumunda her iki yana da hemen hemen eşit miktarda gübre uygulandığı belirlenmiştir.

Bu elde edilen sonuçlara bağlı olarak varyasyon katsayısı-iş genişliği analizleri yapılmıştır (Şekil 4.36, Şekil 4.37). Kalsiyum amonyum nitrat gübresi uygulamasında 9,32 m işgenişliğinde V.K.= %9 gibi çok iyi bir değer bulunmuştur. Kompoze gübre uygulamasında ise daha küçük iş genişliğinde (8 m) varyasyon katsayısı kabul edilebilir kritik üst sınırdaki olduğu görülmüştür.

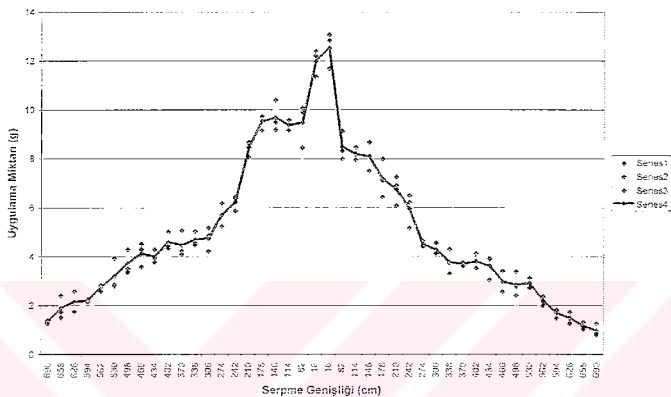
Varyasyon katsayısı-iş genişliği analizi sonucu elde edilen değerlere bağlı olarak git-gel çalışma deseninde bindirme sonucu oluşan dağılım desenleri belirlenmiştir (Şekil 4.38, Şekil 4.39). Bu analizlerde kalsiyum amonyum nitrat gübresinde daha homojen bir dağılım elde edildiği görülmektedir. Makina sağ ve sol yan taraflara hemen hemen eşit oranda gübre uygulamaktadır. Kompoze gübre uygulamasında ise makinanın her iki yanına atılan gübre miktarındaki farklılık geliş-geliş bindirme bölgesine ve geliş-gidiş bindirme bölgesine bakıldığında açıkça görülmektedir. Makina her iki yanına farklı miktarda gübre uygulamaktadır. Bu farklılığın gübrenin fiziksel özelliklerinden kaynaklandığı görülmektedir.



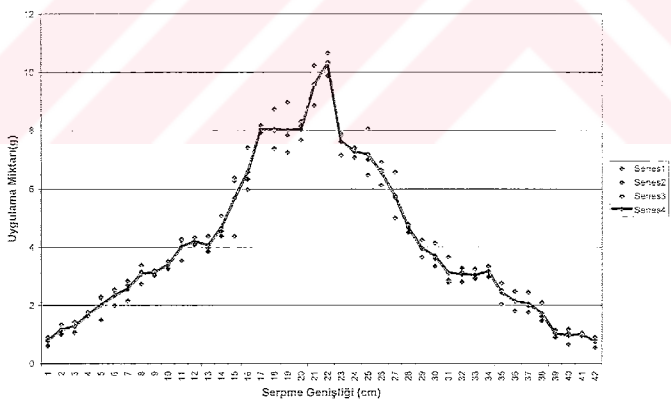
Şekil 4.32 Enine dağılım deseni (Kalsiyum Amonyum Nitrat- Dar Yönlendirici)



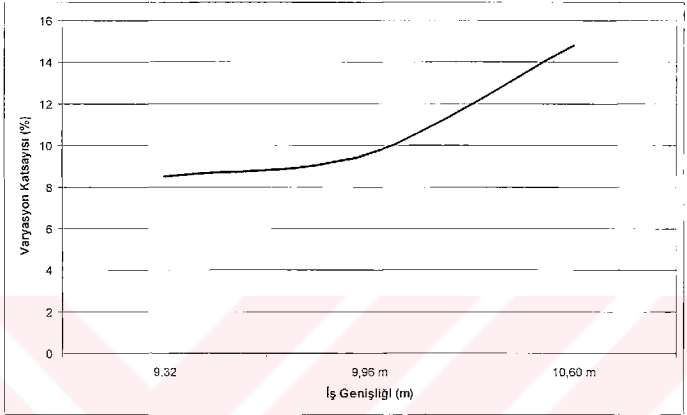
Şekil 4.33 Enine dağılım deseni (Kalsiyum Amonyum Nitrat- Geniş Yönlendirici)



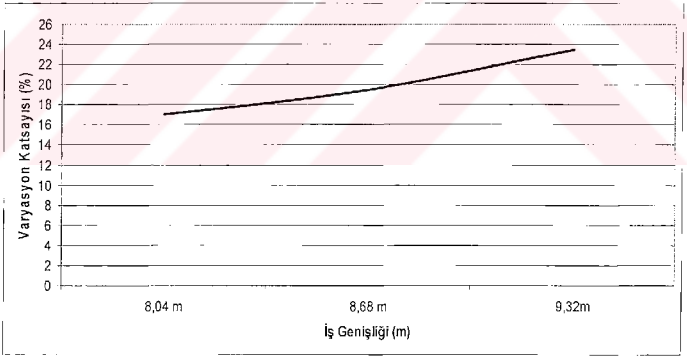
Şekil 4.34 Enine dağılım deseni (Kompoze Gübre-Dar Yönlendirici)



Şekil 4.35 Enine dağılım deseni (Kompoze Gübre-Geniş Yönlendirici)



Şekil 4.36 Kalsiyum Amonyum Nitrat gübresinde işgenişliği-varyasyon katsayısı ilişkisi



Şekil 4.37 Kompoze Gübre de işgenişliği-varyasyon katsayısı ilişkisi



Şekil 4.38 Kalsiyum Amonyum Nitrat Gübre (25kg/da) uygulamasında bindirme



Şekil 4.39 Kompoze Gübre (25 kg/da) uygulamasında bindirme

4.3.4. Düşük ve Yüksek Normda Sabit Düzey Uygulaması

Tarla koşullarında yapılan bu denemelerde düşük ve yüksek norm değerlerinde (25 kg/da, 40 kg/da) geniş yönlendirici (Şekil 4.6) kullanılarak makinanın dağılım desenleri belirlenmiştir (Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47).

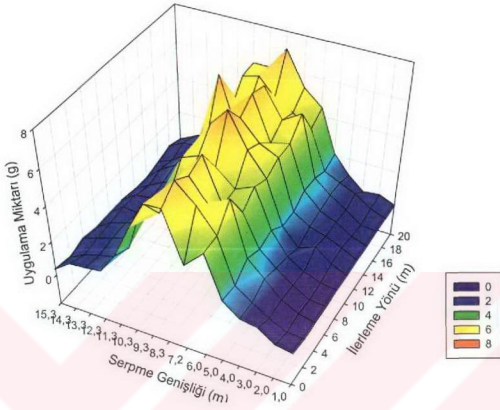
Makinanın sabit norm uygularken ürettiği dağılım yüzeyleri incelendiğinde enine dağılım desenlerinin laboratuvarında yapılan testlerde elde edilen sonuçlar ile örtüştüğü görülmüştür. Dağılım yüzeyleri incelendiğinde her iki gübre denemesinde de norm artışı üçgen formdaki dağılım yüzeyinin dikliğini arttırmıştır. Buna, atılan gübrenin merkeze yakın bölgelerde toplanması neden olmaktadır. Yüzeyin sol yanında (ilerleme yönüne göre) bir pik oluşurken diğer yanda bu pik oluşumu arastra görülmüştür.

İlerleme yönü boyunca dağılım desenlerinde küçük değişimler oluşmuştur. Bu değişimler dağılım deseninin merkezine bakıldığında daha belirgin olarak görülebilmektedir. Bu değişimlerin tüm desenlerde aynı konumlarda veya o noktalara yakın yerlerde oluşması bu düzensizliklerin zemin bozukluğundan kaynaklandığını ortaya koymuştur. Zemin düzgünsüzlüğü dağılım desenini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu düzgünsüzlük nedeniyle dağılım kalitesini belirtmede kullanılan CV değerleri daha yüksek olmaktadır (Önal,1995; Mutaf, 1974). Belirlenen bu küçük düzensizlikler aslında tüm diskli gübre dağıtma makinaları ile uygulama yaparken görülmüştür. Test alanına girişte ve test alanının sonuna doğru zemin düzgünsüzlüğü traktörün dikey eksende salınım yapmasına neden olmuş bu da dağılım desenlerindeki bu küçük düzensizlikleri doğurmuştur.

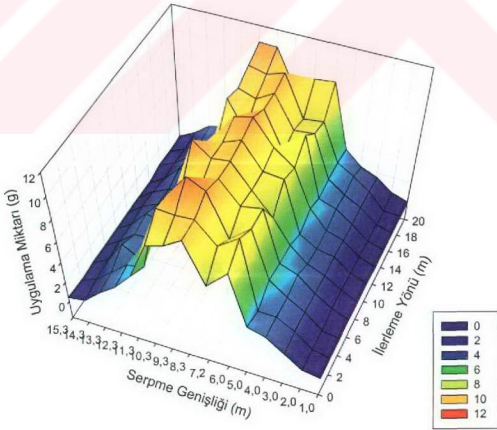
Kalsiyum amonyum nitrat ve kompoze gübreye ait dağılım yüzeyleri birbirinden farklılık göstermiştir. Enine dağılım deseni testi bulgularında da görülen bu farklılık gübreye ait fiziksel özelliklerden kaynaklanmaktadır.

Deneme sırasında serpme genişliğindeki kaplarda biriken gübre miktarları ilerleme yönündeki herbir konum için toplanarak dağılım grafiği elde edilmiştir. Bu dağılım grafikleri yardımıyla uygulama sırasında ilerleme yönünde atılan gübre miktarındaki değişim ortaya konulmuştur (Şekil 4.48, Şekil 4.49, Şekil 4.58 ve Şekil 4.59). Dağılım grafikleri incelendiğinde çok düşük değişimlerle uygulanan miktarın değişmediği görülmüştür. İlerle yönündeki homojenliği gösteren varyasyon katsayıları grafikler üzerinde görülmektedir. Oldukça küçük olan varyasyon katsayıları ilerleme yönünde normun sabit kaldığını ortaya koymaktadır. Dağılım grafiğindeki dalgalanmalar yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak toplama kaplarında biriken gübre miktarındaki değişimlerden kaynaklanmıştır. Bu grafiklerdeki değişimlerin de dağılım yüzeylerinde görülen değişimler gibi hemen hemen aynı konumlarda oluşması yüzey pürüzlülüğünün etkisini ortaya koymaktadır.

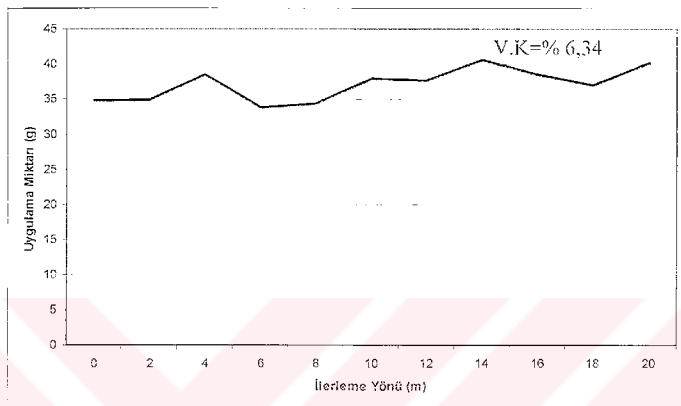
Sabit norm değerlerinde her iki gübre için git-gel çalışma desenine göre bindirme yüzeyleri elde edilmiştir (Şekil 4.44, Şekil 4.45, Şekil 4.50 ve Şekil 4.51). Her iki gübrenin kullanılarak yapıldığı uygulamalarda uygulama normundaki artış dağılımın homojenliğine azda olsa olumlu yönde katkıda bulunduğu görülmektedir.



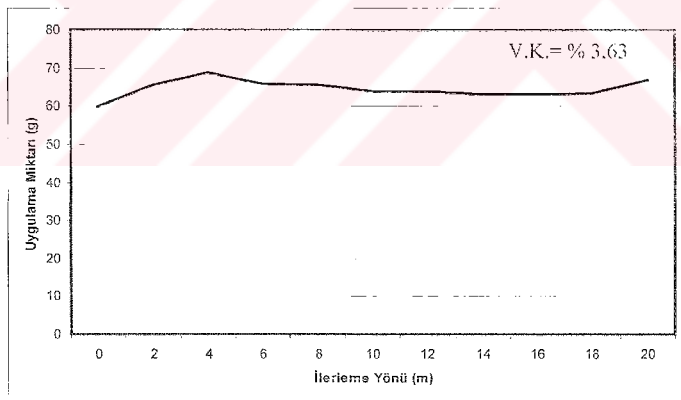
Şekil 4.40 Kalsiyum amonyum nitrat 25 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi



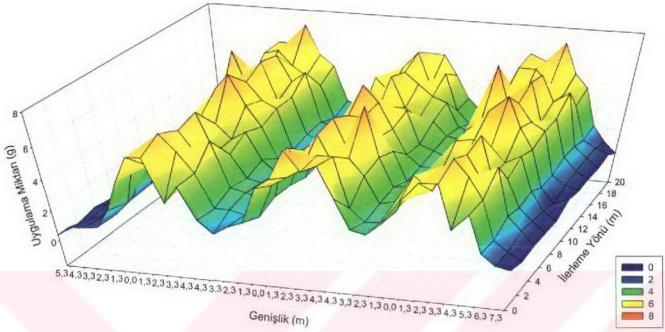
Şekil 4.41 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi



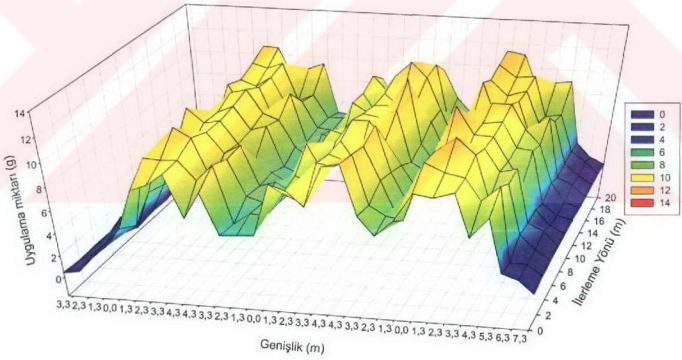
Şekil 4.42 Kalsiyum amonyum nitrat 25 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği



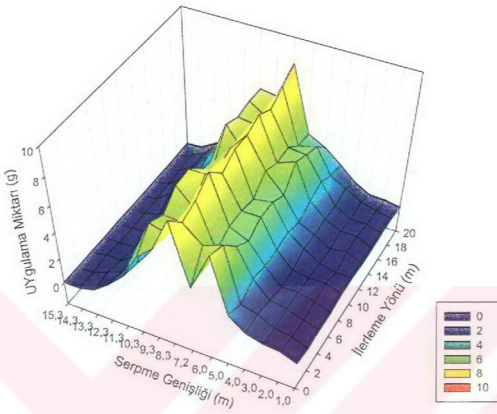
Şekil 4.43 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği



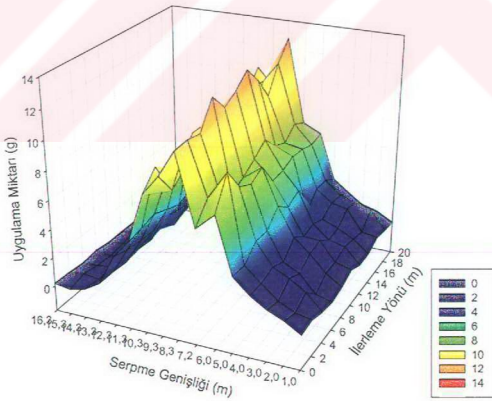
Şekil 4.44 Kalsiyum Amonyum Nitrat 25 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi



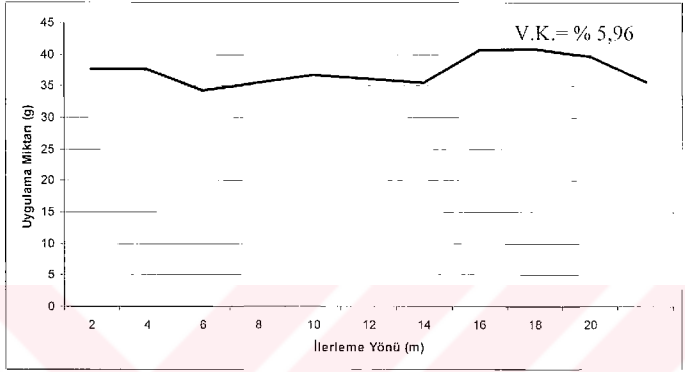
Şekil 4.45 Kalsiyum Amonyum Nitrat 40 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi



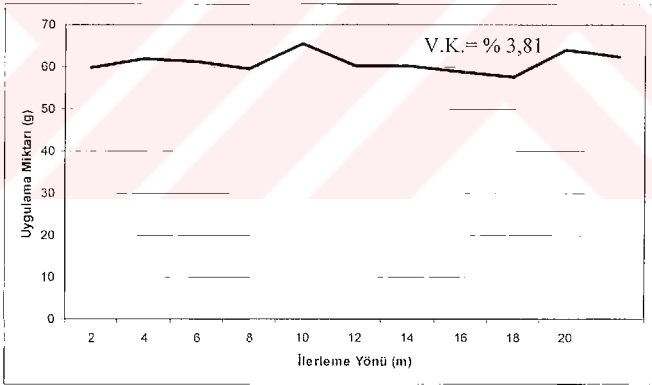
Şekil 4.46 Kompoze gübre 25 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi



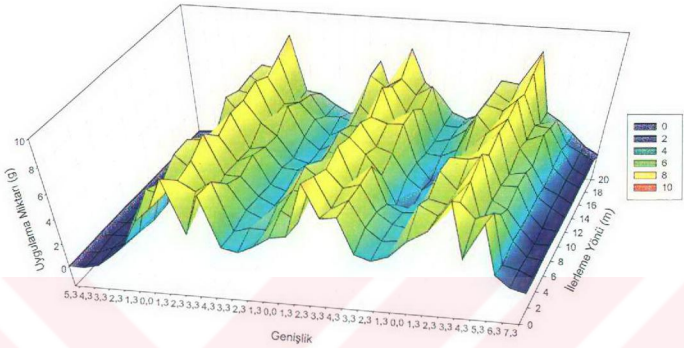
Şekil 4.47 Kompoze gübre 40 kg/da sabit uygulama dağılım yüzeyi



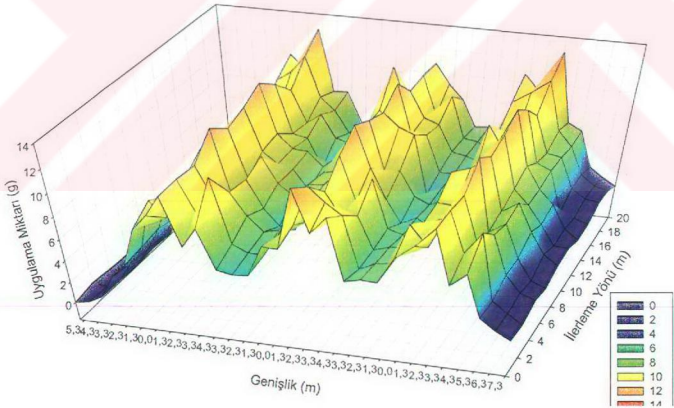
Şekil 4.48 Kompoze gübre 25 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği



Şekil 4.49 Kompoze gübre 40 kg/da sabit uygulama dağılım grafiği



Şekil 4.50 Kompoze Gübre 25 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi



Şekil 4.51 Kompoze Gübre 40 kg/da gübre uygulamasında bindirmeden sonraki gübre dağılım yüzeyi

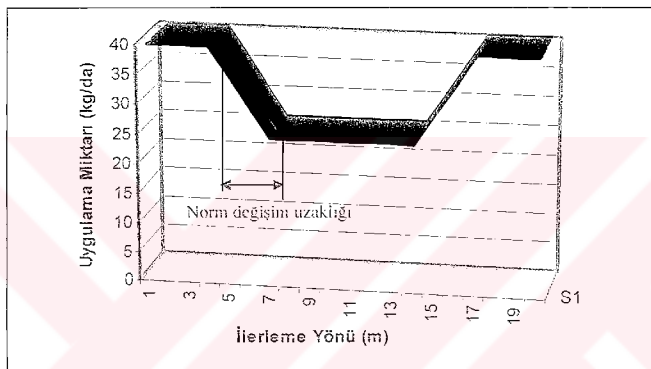
4.3.5. Artan ve Azalan Geçiş Uygulaması

Sistemden beklenen; norm değişiminin hücre sınırında başlaması ve hücreye girer girmez istenen norma ulaşılmasıdır. Bu beklenti Hassas tarım'ın gerekliliklerinden olan doğru yere doğru miktarda girdi uygulamasından kaynaklanmaktadır. Teorik olarak norm değişimi hücre sınırında başlamalı ve hemen o noktada değişimini tamamlanmalıdır. Yine teorik olarak aynı noktada değişim tamamlanamayacağı için Şekil 4.52'deki gibi bir değişim olmalıdır. Gerçek koşullarda ise temel olarak sinyal işleme süresi ve ilerleme hızı ilişkisi, ile GPS anteni ile dağılım konisinin merkezi arasındaki uzaklık ve DGPS in konum okuma hassasiyeti farklılıklarına neden olmaktadır. Gerçek koşullar altında git-gel çalışma ve $\uparrow 40 \text{ kg} \rightarrow 20 \text{ kg} \rightarrow 40 \text{ kg}$; $\downarrow 40 \text{ kg} \rightarrow 20 \text{ kg} \rightarrow 40 \text{ kg}$ uygulama deseninde bindirilmiş durumda geçiş yüzeyindeki değişimin nasıl olacağı Şekil 4.55'de görülmektedir. Tasarımı yapılan sistemlerde Hassas tarımdan beklenen hedefe ulaşmak istenmektedir. Bu denemede makina ile doğru yere doğru miktarda gübre uygulanması sorgulanmıştır.

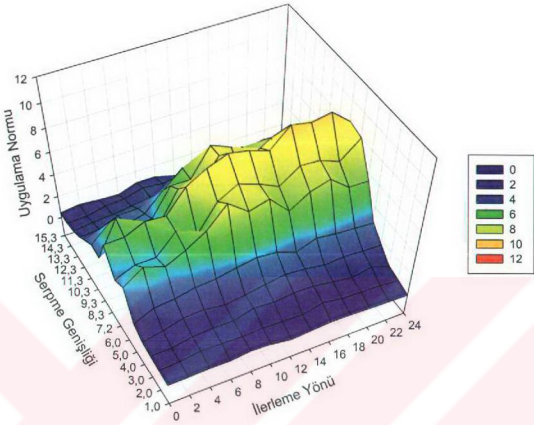
Hücreler arası gübre normu değişimini tanımlayan bu denemede makina ve sistem performansına ilişkin veriler elde edilmiştir. Bu veriler ile makina ve sistem performansına bağlı olan norm değişim süresi ve norm değişiminin başladığı noktanın hücre sınırından konumsal farklılığı belirlenmiştir.

Denemelerde ilerleme yönünde 6. metredeki toplama kapları dizini norm değişim çizgisi (hücre sınırı) olarak belirlenmiştir. GPS bu konuma karşılık gelen koordinat bilgisini okuduğunda merkezi kontrol ünitesi bu sınır öncesi hücreye atanan gübre miktarını değiştirerek sınır sonrası hücreye atanan gübre miktarını uygulamaya başlamaktadır. Bu denemelere ilişkin geçiş yüzeylerinin perspektif görüntüleri Şekil 4.53, Şekil 4.54, Şekil 4.56 ve Şekil 4.57'de verilmektedir.

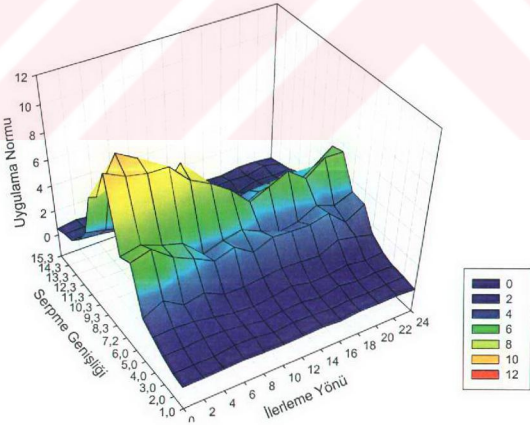
Geçiş yüzeyleri incelendiğinde, hücre sınırındaki norm değişimi uygulama yüzeylerinin pik noktalarındaki değişim yoluyla görülmektedir. Görülen pik noktaları traktörün geçiş ekseninin yakınındaki toplama kaplarında toplanan gübre miktarları ile belirlenmektedir.



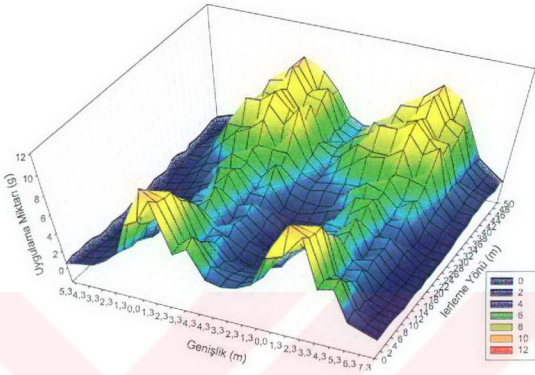
Şekil 4.52 Teorik norm değişim grafiği (40 kg→20kg→40 kg)



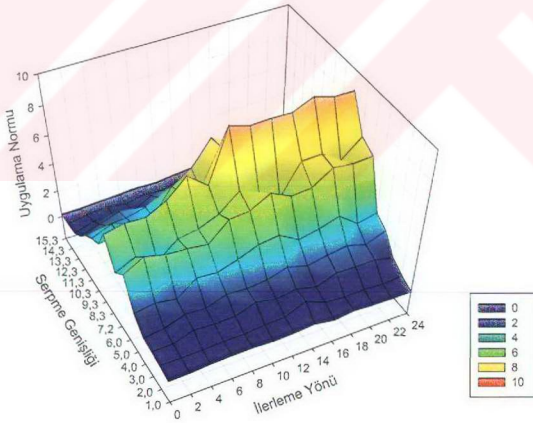
Şekil 4.53 Kalsiyum amonyum nitrat 20 kg→40 kg geçiş yüzeyi



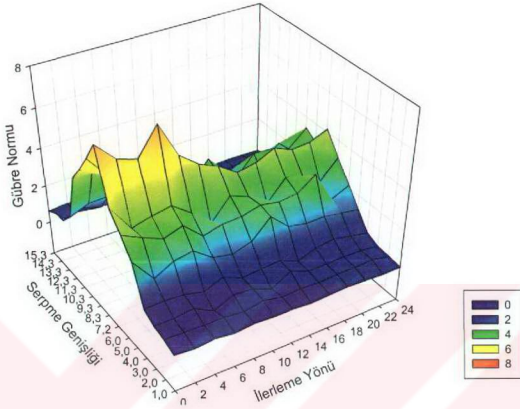
Şekil 4.54 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg→20 kg geçiş yüzeyi



Şekil 4.55 Kalsiyum amonyum nitrat gübresinde ($\uparrow 40 \text{ kg} \rightarrow 20 \text{ kg} \rightarrow 40 \text{ kg}$; $\downarrow 40 \text{ kg} \rightarrow 20 \text{ kg} \rightarrow 40 \text{ kg}$) uygulama deseninde geçiş yüzeyi (Bindirmeli)



Şekil 4.56 Kompoze gübre 20 kg \rightarrow 40 kg geçiş yüzeyi

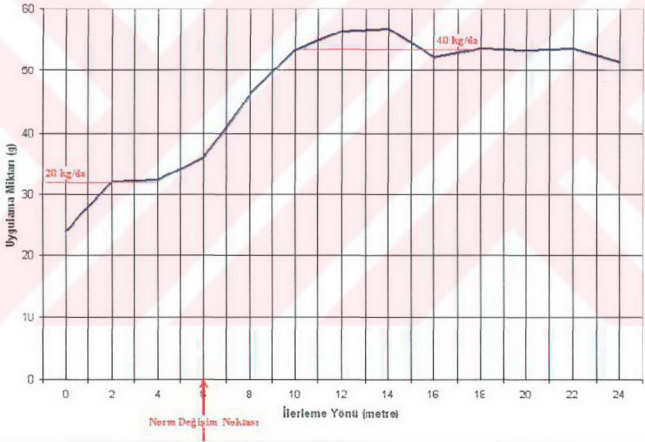


Şekil 4.57 Kompoze gübre 40 kg→20 kg geçiş yüzeyi

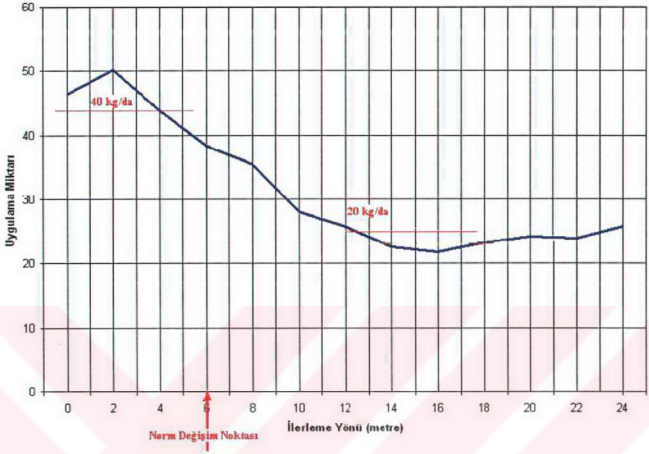
Yüzeylerin incelenmesi yoluyla norm değişiminin başladığı ve tamamlandığı noktalar belirlenebilmektedir. Kalsiyum amonyum nitrat gübresine ait dağılım yüzeyleri incelendiğinde norm değişiminin belirlenen konumda başladığı görülmüştür. Değişimin ise 12. ve 14. metrede tamamlandığı görülmektedir. Kompoze gübreyle ilişkin dağılım yüzeyleri incelendiğinde ise norm değişiminin başlangıç noktasının farklı olduğu görülmüştür. Norm artışının olduğu uygulamada 4. metrede değişim başlarken normun azaldığı uygulamada 6. metrede değişim başlamıştır. Norm değişimi ise yine sırasıyla 12. ve 14. metrelerde tamamlanmıştır. Norm değişimi sırasında pik noktalarda oldukça belirgin değişikliklere rastlanmıştır.

Denemelerde elde edilen verilerden yararlanılarak norm değişim grafikleri çıkarılmıştır (Şekil 4.58, Şekil 4.59, Şekil 4.60 ve Şekil 4.61). Grafikler ilerleme yönünde herbir sütundaki toplama kaplarında uygulama

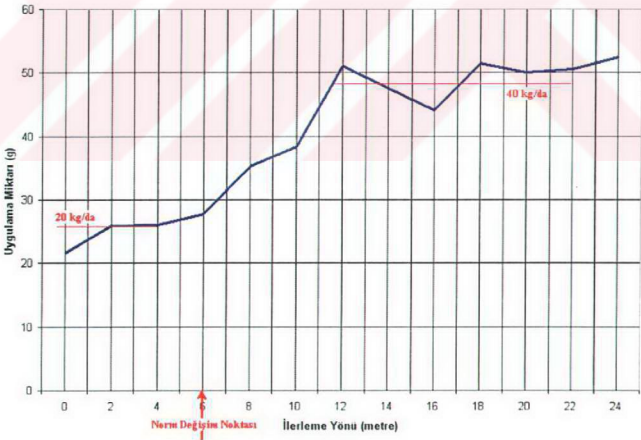
sonrası biriken gübrelerin ağırlıklarının toplanması ile elde edilen ağırlıklar ile oluşturulmuştur. Norm değişimi serpme genişliğinde atılan gübre miktarındaki değişme ile daha doğru olarak tanımlanabilmektedir. Grafikler üzerinde norm değişim noktası belirlenmiştir (6. metre). Bu noktada uygulama normunun 20 kg/da dan 40 kg/da'ya veya 40 kg/da dan 20 kg/da'ya değişmesi gerekmektedir. Grafikler üzerinde 20 kg/da ve 40 kg/da düzeyi norm değişim öncesi ve sonrası birbirini izleyen değerlerden ve sabit uygulama denemelerinde elde edilen verilerden yararlanılarak belirlenmiştir.



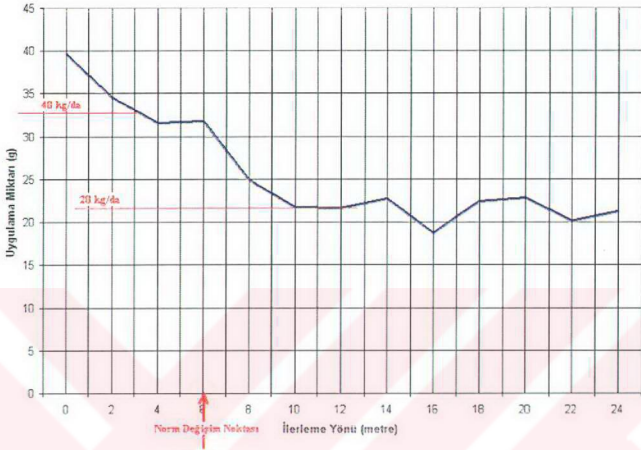
Şekil 4.58 Kalsiyum amonyum nitrat 20 kg→40 kg geçiş grafiği



Şekil 4.59 Kalsiyum amonyum nitrat 40 kg→20 kg geçiş grafiği



Şekil 4.60 Kompoze gübre 20 kg→40 kg geçiş grafiği



Şekil 4.61 Kompoze gübre 40 kg→20 kg geçiş grafiği

Norm değişim grafikleri incelendiğinde kompoze gübrenin azalan uygulamasının 4. metreye çok yakın değişim göstermeye başladığı diğer tüm uygulamalarda ise norm değişiminin 4. metrede başladığı görülmüştür. Norm değişimleri ise 10 ile 14. metreler arasında tamamlanmıştır. Norm değişiminin başlangıç noktasının dağılım yüzeylerinden çok küçük değerde (2 metre) farklı olduğu görülmüştür. Buna büyük oranda DGPS in konum okuma hassasiyeti etkili olduğu düşünülmektedir. Kullanılan DGPS in konum okuma hassasiyeti, 3 metrenin altında azalmaktadır. Buna DGPS'in performansı ve düzeltme sinyalinin kalitesi etki etmektedir. Dolayısıyla düzeltme sinyalinin de kalitesine bağlı olarak belirlenen konumdan ± 3 metre sapmanın olması beklenmektedir.

Norm değişim grafikleri incelendiğinde norm değişiminin başladığı ve bittiği noktalar arası doğrusal bir değişimin olduğu görülmüş ve bu sınır değerler arasındaki veriler doğrusal regresyon ile analiz edilmişlerdir. Analiz sonucunda yüksek güvenilirlik düzeyinde fonksiyonların doğrusal olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Norm değişim denemeleri ve sistem performansı ile ilgili bilgiler Çizelge 4.6'da verilmektedir. Norm değişimleri birisi dışında üç uygulamada aynı konumda ama olması gereken konumdan önce başlamıştır. Bu farklılık 2 ve 3 metre olarak gerçekleşmiştir. Norm değişimi için gerekli süre üç uygulamada 2,3-2,4 saniye olarak gerçekleşirken kalsiyum amonyum nitrat 40-20 kg/da geçiş uygulamasında norm değişimi 3 saniyede gerçekleşmiştir. Bu uygulamadaki zaman farklılığına, deneme anında, oluklu makaranın beslenmesi sırasında döni direncindeki kısa süreli ani bir artışın neden olduğu sanılmaktadır. Norm değişimleri için gerekli zaman artışın ve azalışın olduğu uyulamalarda birbirine çok yakın bulunmuştur. Fulton et all. (2004) yaptıkları çalışmada ticari olarak üretilen iki farklı diskli gübre makinası testinde norm değişimi için daha uzun zaman gereksinimi olduğunu (3,6-10,6 saniye) ve konumsal gecikmenin daha büyük değerlerde (-0,9 ile -3,5) olduğunu belirlemişlerdir. Norm değişiminin azalması ve artması sırasında ölçülen zamanların farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ticari olarak üretilen değişken düzeyli uygulama yapabilen makinelerin merkezi kontrol sistemlerinde gecikme zamanının etkisini ortadan kaldırmak için bir opsiyon konulmaktadır. Bu opsiyon ile ilerleme hızına göre 0, 1 veya 2 saniye sonra makinanın ulaşacağı konuma göre önceden norm değişimi başlatılmaktadır.

Çizelge 4.5 Norm değişim grafiklerine ilişkin istatistikleri veriler

Regresyon İstatistikleri							
Kalsiyum Amonyum Nitrat (%26 CAN)				Kompoze Gübre (20:20:0)			
CAN 20-40 Geçiş		CAN 40-20 Geçiş		Komp 20-40 Geçiş		Komp 40-20 Geçiş	
Multiple R	0,98	Multiple R	0,97	Multiple R	0,95	Multiple R	0,93
R Square	0,96	R Square	0,95	R Square	0,92	R Square	0,87
Adjusted R Square	0,95	Adjusted R Square	0,94	Adjusted R Square	0,89	Adjusted R Square	0,83
Standard Error	2,126	Standard Error	1,960	Standard Error	3,262	Standard Error	2,081
Observations	5	Observations	7	Observations	5	Observations	5

Çizelge 4.6 Deneme ve sistem performansına ilişkin veriler

Uygulanan Gübre	Uygulama	İlerleme Hızı (m/s)	Konumsal Farklılık (m)	Gecikme Zamanı (s)	Değişme Uzaklığı (m)	Değişme Zamanı (s)
Kalsiyum Amonyum Nitrat (%26 CAN)	CAN 20-40 Geçiş	2,56	4-6= -2 m	0,78	10-4= 6 m	2,34
	CAN 40-20 Geçiş	2,66	4-6= -2 m	0,75	12-4= 8 m	3,0
Kompoze Gübre (20:20:0)	Komp 20-40 Geçiş	2,7	4-6= -2 m	0,74	11,5-4= 6,5 m	2,4
	Komp 40-20 Geçiş	2,97	3-6= -3 m	1,01	10-3= 7 m	2,35

4.3.6. Değişken Düzeyli Uygulama Sisteminin Ekonomik Analizi

Makinanın ekonomik analizinde üç farklı senaryo izlenmiştir. Bu senaryolarda pamuk, mısır ve buğday bitkilerinin yetiştirilmesi planlanmıştır. Bu bitkilerin yetiştirilmesi durumunda gübreden (alan büyüklüğü ile ilişkilendirerek) ne kadar tasarruf yapıldığında sistemin maliyetinin karşılanabileceği belirlenmiştir.

Maliyet analizinde makina üzerine monte edilecek ek donanımın yaklaşık olarak yapım maliyeti göz önünde bulundurulmuştur. Ek donanımın maliyeti ve analizde kullanılan ekonomik veriler aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10).

Çizelge 4.7 Ek donanım fiyatı verileri

Değişken Düzeyli Uygulama Sistemi Fiyat Unsurları			
Donanım Elemanı	Birim (adet)	Birim Fiyatı (YTL)	Toplam (YTL)
Oluklu Makara	2	150	300
Enkoder	2	125	250
Elektrik motoru	2	200	400
Payanda	1	50	50
Merkezi kontrol ünitesi	1	500	500
Hız kontrol ünitesi	1	50	50
Yönlendirici	2	75	150
DGPS	1	350	350
		Toplam	2.050

Çizelge 4.8 Bilgi edinim maliyeti

Bilgi Edinim Maliyeti Verileri	
Hücre Alanı (ha)	0,400
Hücre Örnekleme Maliyeti (YTL/örnek)	12,500
Toplam Toprak Testi Maliyeti	3125,000
Toprak Analizi (YTL/ha)	31,250
Haritalama ve Analiz Maliyeti (YTL/ha)	50,000
Toplam (YTL/ha)	81,250

Çizelge 4.9 Üretim verileri

Ürün ve Gübre Verileri				
Bitki	Verim (kg/ha)	Satış Fiyatı (YTL/kg)	Gübre	Satış Fiyatı (YTL/kg)
Pamuk	4500	0,95	DAP	0,50
Mısır	12500	0,28	ÜRE	0,56
Buğday	7000	0,31	AN	0,40

Çizelge 4.10 Finans verileri

Finans Verileri	
Enflasyon (%)	15
Faiz (%)	21
Gerçek Faiz Oranı (%)	5,217
Gerçek Faiz Oranı (desimal)	0,052
Makina Ömrü (yıl)	5
Döviz Kuru (YTL/USD)	1,360

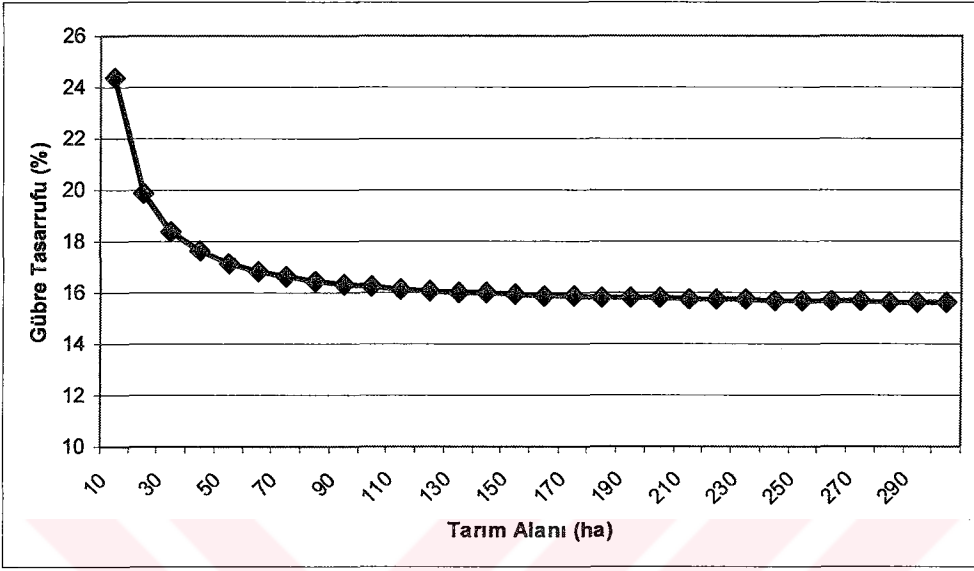
Ekonomik analiz sonucunda, üretim yapılacak alanın büyüklüğüne bağlı olarak tasarruf edilmesi gerekli minimum gübre miktarı oransal olarak Şekil 4.62, Şekil 4.63 ve Şekil 4.64’de tarımı yapılması planlanan ürünler için görülmektedir. Alan büyüklüğündeki artışa bağlı olarak hızlı düşüş gösteren eğriler daha sonra doğrusala yakın duruma gelmektedir. Buğday tarımı mısır ve pamuk bitkisine göre daha çok tasarruf yapılmasını gerektirmektedir.

Çizelge 4.11 Ürünlere göre eşik gübre tasarruf miktarları (%)

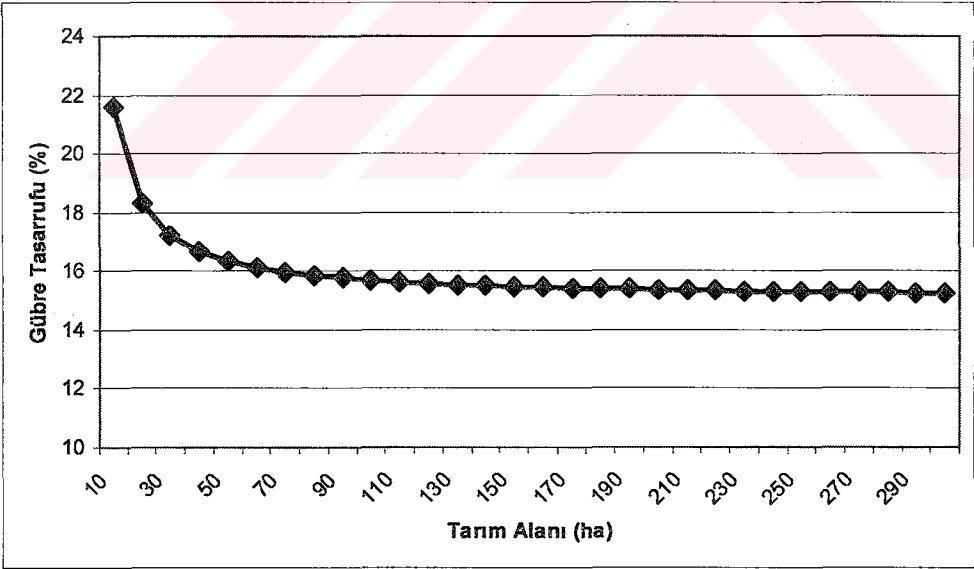
Ürün	Gerekli Gübre Tasarrufu (%)	
	10 ha	100 ha
Pamuk	22	15,5
Mısır	24	16
Buğday	28	20

10 ha alanda pamuk üretilmesi durumunda sistemin maliyetinin karşılanabilmesi için %22 tasarruf gerekirken aynı alanda mısır yetiştirilmesi durumunda bu oran %24 ‘e buğday yetiştirilmesi durumunda ise %28’e çıkmaktadır. 100 ha alanda pamuk için gerekli tasarruf %15,5, mısır için gerekli tasarruf %16, buğday için ise %20 dir. Bu ürünler için sözü edilen sınır değerlerde (tarla alanı) gerekli gübre miktarı %8 azalmıştır.

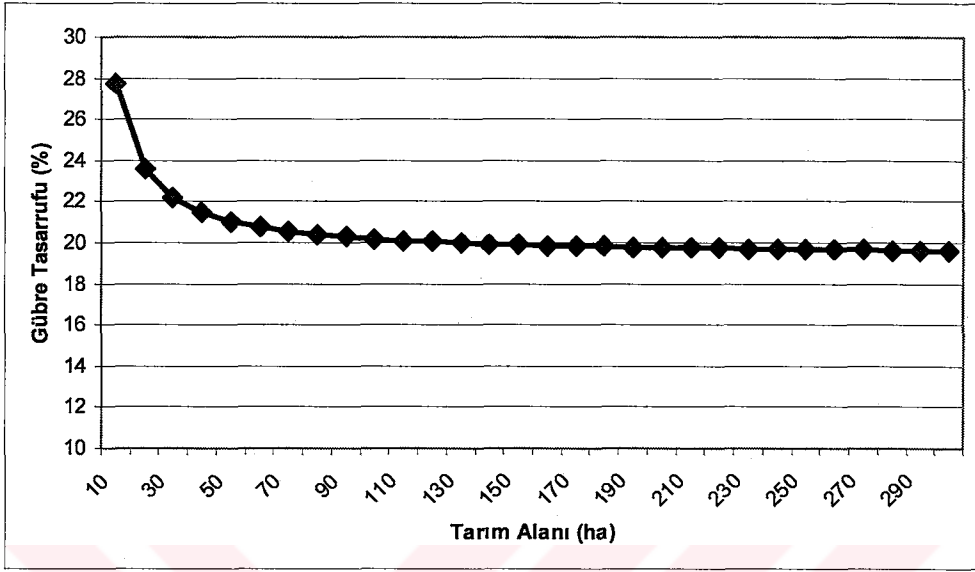
Bu analizde, yalnızca tasarlanan makina ile gübre uygulamasının yapılacağı zamanlardaki uygulamalar ve uygulanan gübre miktarları dikkate alınmıştır. Analiz sonucu elde edilen veriler yalnızca gübre tasarrufunu göz önünde bulundurmıştır. Agronomik isteklere uygun gübre kullanımının verim ve ürün kalitesine olan olumlu etkisinin gelir artışına neden olması da göz önünde bulundurulduğunda sistemin ekonomikliği daha az gübre azalma gereksinimlerinde olasıdır.



Şekil 4.62 Mısır tarımı yapılması durumunda ek maliyeti karşılamak için tarım alanı- gübre tasarrufu ilişkisi



Şekil 4.63 Pamuk tarımı yapılması durumunda ek maliyeti karşılamak için tarım alanı- gübre tasarrufu ilişkisi



Şekil 4.64 Buğday tarımı yapılması durumunda ek maliyeti karşılamak için tarım alanı- gübre tasarrufu ilişkisi

5. ÖNERİLER

Tarım 20. yüzyılda başlayan ve gittikçe artan hızda devam eden bir değişim içindedir. Hızlı artan dünya nüfusunun beslenebilmesi üretimin artırılmasını da daha çok mineral gübre, kimyasal ilaç ve fosil yakıtların kullanılmasını gerektirmektedir. Küreselleşen dünya ise tarım üzerindeki ekonomik baskıları artırmaktadır. Tarımsal üretimde daha çok girdi kullanıma zorunluluğu da tarımın çevre üzerindeki olumsuz etkilerini artırmaktadır. Bu koşullar altında tarım sektöründeki araştırmalar son yıllarda çevre dostu, sürdürülebilir yeni yöntemlerin bulunması üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Hassas Tarım; geleneksel tarıma göre taşıdığı agronomik, ekonomik ve çevresel avantajları nedeniyle gelecek vaad eden ve son yıllarda üzerinde en çok çalışmaların yapıldığı bilişim teknolojileri odaklı bir üretim yöntemidir. Hassas Tarımı oluşturan temel unsurlar veri toplama, veri işleme ve karar verme ve değişken düzeyli uygulamadır.

Değişken düzeyli uygulama bileşeni kapsamında girdiler en küçük alanların gereksinimine göre uygun makinalar ile uygulanmak durumundadır. Değişken düzeyli girdi uygulamasından gerekli yararın sağlanabilmesi için bu makinaların üzerlerindeki donanım ile birlikte uygun yere, uygun zamanda ve uygun miktarda girdiyi uygulayabilmek zorundadır.

Değişken düzeyli gübre uygulamaya yönelik mineral gübre dağıtma makinası tasarımı amaçlanan bu projede değişken düzeyli uygulama yapabilen bir makina tasarlanıp prototipi üretilmiştir.

Araştırmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Ülkemiz koşullarında ticari olarak üretilen çift diskli gübre dağıtma makinası üzerinde tasarım değişikliği yapılarak değişken düzeyli gübre uygulayabilen bir prototip üretilmiştir.

Prototipi yapılan makina, merkezi kontrol ünitesinin hafızasına yüklenen uygulama haritasına bağlı olarak tarla içerisinde hareket ederken zerindeki DPGS ile konum okumakta ve uygulama haritasında bu koordinata ait norm değerine bağlı olarak dozajlama ünitesine sinyal göndermekte ve gerekli miktarda gübreyi uygulamaktadır.

Makina ile uygulanabilecek en kk hücre büyüklüğünü iş genişliği ve sistemin sinyal işleme zamanı ile ilerleme hızı ilişkisi belirlemektedir. Hücre genişliği kompoze gübrede 8 m, kalsiyum amonyum nitrat gübrede 9,32 m olarak belirlenmiştir. Hücre uzunluğu ise, norm değişme mesafesi göz önünde tutulduğunda, 12 m olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla en kk hücre büyüklüğü 8mx12m (96 m²) olacaktır.

Sistem hafızasına 256 hücre uygulama verisi girilebilmekte ise de bu ek hafıza ile ya da yazılımda hücre uzunluğunu değiştirme durumunda da artırılabilir.

Makinanın dozajlama birimleri bire bir aynı üretilmiş olsada besleme ve sürtünme direnci farklılığı ile aynı devir sayılarında aynı miktarda gübreyi sağlayamamalarına karşılık her bir makaranın farklı gübreler için dozajlama fonksiyonları belirlenip merkezi kontrol ünitesinin yazılımında kullanıldığında iki ünite aynı anda aynı miktarda gübreyi çok önemsiz farklılıklar ile iletteği grlmştir. Farklı gübrelerin uygulanmasında uygulama normu sınır değerleri

farklılık göstermektedir. Makina ile uygulamada kullanılacak her bir gübre için dozajlama fonksiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Gübrenin disk üzerine düşüş alanını değiştiren iki tip yönlendiriciden geniş yönlendiricinin çok az farkla daha iyi enine dağılım sağladığı görülmüştür. Enine dağılım desenleri üçgen formundadır.

Tarla testlerinde dozaj artışının enine dağılım deseni üzerine azda olsa etkisi olduğu görülmüştür. Kalsiyum amonyum nitrata göre kompoze gübrede bu etki daha fazla olmuştur.

Uygulama sırasında konumsal gecikmenin 0,74-1,01 saniye aralığında, norm değişim süresinin de 2,34-3,0 saniye aralığında gerçekleştiği görülmüştür. Bu değerlerin diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında makinanın oldukça iyi performansa sahip olduğu görülmüştür.

Denemeler sırasında “uygulama haritası” mikroişlemci yazılımı yardımıyla merkezi kontrol ünitesine yüklenmiştir. Makinayı kullananlar (Çiftçiler v.d.) tarafından “uygulama haritasının” merkezi kontrol ünitesine yüklenebilmesi için bilgisayar ile bağlantısının kurulmasında bir arayüz programına gereksinim bulunmakta ve bunun geliştirilmesi gerekmektedir.

Makinanın yalnızca gübre dikkate alındığında, %16-28’lik gübre tasarrufunun makina yatırımını karşıladığı görülmüştür.

Ekonomik analizde bilginin oldukça önemli bir paya sahip olduğu görülmüştür. Toprak ve bitki koşulları ile ilgili bilgilerin edinilmesinde daha hızlı, kolay ve ucuz yöntemlere gereksinim bulunduğu söylenebilir.

Doğru yere doğru miktarda gübre uygulamayı sağlayacak makina, geleneksel uygulamaya göre daha yüksek konumsal znrlkteki toprak ve bitki koşullarına uygun olarak belirlenen norm değerlerini tarlaya uygulayabilmesi herhangi bir konumun eşit uygulama durumunda gereğinden fazla gübre almasını önleyerek mineral gübrelerin vreye sızmasına engel olacağı söylenbilir.

Makina ile diskler üzerine bırakılan gübre miktarı birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmektedir. Özellikle tarla sınırlarına yakın bölümlere gübre uygulanmasında birimlerden birisinin durdurularak yalnızca tek birimle (1. veya 2. oluklu makara) uygulama yapılarak sınır dışına gübre uygulanması da minimize edilebilir ve ekonomik ve vresel olarak bir avantaj sağlanabilir.

Bu sonuçlar çerçevesinde aşağdaki öneriler yapılmaktadır;

Makinanın iftiler tarafından rahat kullanılabilmesi için kontrol nitesi ile ilgili çalışmaların devam etmesi gerekmektedir.

Toprak ve bitki özelliklerinin yeterli doğrulukta, znrlkte ve doğru zamanda belirlenebilmesi Hassas Tarım'dan beklenen yararın elde edilmesindeki temel kriterlerden birisidir. Ayrıca hücre veya alan bazlı toprak örnekleme maliyet ve zaman gereksiniminin fazla olması nedeniyle uygulamanın ekonomikliği önündeki engellerden birisidir. Bu nedenle toprak ve bitki koşullarının yüksek hız ve znrlkte belirlenmesinde kullanılmak üzere sensör ve makinalar geliştirilmelidir.

Makina üzerinde kullanılan sistemin modifikasyonu ile kombine ekim makinası ve sıraya gübre veren makinalar da değişken düzeyli uygulayabilecek Şekilde yeniden tasarlanmalıdır.

Tarım makinaları imalatçılarımızın küreselleşen dünya koşullarında rekabet edebilmeleri için son yıllarda hızla önem kazanan Hassas Tarım kapsamında kullanılabilir şekilde makinalar üretmelidirler. İmalatçıların bu konuda bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi gerekmektedir.

Ülkemiz koşullarına uygun değişken düzeyli uygulama yapabilen makinaların tasarlanıp üretilmesi ve kullanıma sunulması için Ar-Ge çalışmalarının sürdürülmesi gerekmektedir. Bu kapsamda tarım makinaları sanayisindeki imalatçılar da önemli bir ayağı oluşturmakta ve üniversite sanayii işbirliği çerçevesinde çalışmalar sürdürülmedir.

Tarımsal üretimde kullanılan gübre ve diğer girdilerin çevreye olası olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için değişken düzeyli uygulama yapılması gerekmektedir. Bu nedenle değişken düzeyli uygulama yapan makinalar çiftçiler tarafından kullanılmalı bu yönde üreticiler bilgilendirilmeli, yönlendirilmeli ve desteklenmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Agnew, J., Landry, H., Laguë, C., Roberge, M., and Iskra, C., 2004. Prototype Precision Applicator for Solid and Semisolid Livestock Manure. ASAE/CSAE Annual International Meeting Ottawa, Ontario, Canada 1 - 4 August Paper No: 041116
- Anglund, E. A., and Ayers, P. D., 2003. Field Evaluation of Response Times for a Variable Rate (pressure-based and injection) Liquid Chemical Applicator. *Applied Engineering in Agriculture*, 19(3): 273–282
- Anonymous, 1992. Conference Report. United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro,
- Anonymous, 2003. Farmig for the Future. European Fertilizer Manufacturers Association. www.efma.org
- Anonymous, 2005. FAO. www.fao.org.
- ASAE Standards, 2003. S358.2. Moisture Measurement- Forages. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- ASAE Standards, 2004. S281.3. Capacity Designation of Fertilizer and Pesticide Hoppers and Containers. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- ASAE Standards, 2004. S341.3 Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Broadcast Spreaders. St. Joseph, Mich.: ASAE.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Aytekin, Y., 1979. İnce tane ölçüm yöntemleri. Ege Üniversitesi Makina Fakültesi, S:14-15 İzmir.
- Babcock, B.A., Pautsch, G.R. 1998. Moving from Uniform to Variable Fertilizer Rates on Iowa Corn: Effects on Rates and Returns. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol 23(2): 385-400
- Baio, F. H. R., and Balastreire, L. A., 2002. Evaluation of a Site Specific Chemical Application System Based on the Spatial Variability of Weeds. *Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources* Pp. 225-231 13-15, March, Iguacu Falls, Brazil ASAE
- Bergeijk, J., Goense, D., Willigenburg, L.G., Speelman, L., 2001. Dynamic Weighing for Accurate Fertilizer Application and Monitoring. *Journal of Agricultural Engineering Research* 80 (1), 25-35.
- Bergström, L. F., 2003. The Impact of Food Production on Soils and Groundwater Resources. *Journal of Food Science* (69): 181- 184
- Blackmore, S., 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agriculture*. 26 (2000) 37-51
- Blackmore, S., and Griepentrog, H. W., 2002. A Future View of Precision Farming. In: *Visioner for Fremtidens Jordbrug* (eds. E.S. Jensen and H. Veile). Gads Forlag, Copenhagen

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Bongiovanni, R., Lowenberg-Deboer, J. 2004. Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*, 5, 359-387. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Bölöni, I., 1962. Some Regularities of Grain Distribution and Fineness Variation as Observed in Hammermill Products *Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae* 45:1,2 45-63
- Burks, T. F., Shearer, S.A., Fulton, J. P., 2000. Assesment of fertilizer application accuracy with the use of navigaiton aids. Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, July 9-12 . Paper No. 001154.
- Caffey, R. H., Kazmierczak, R. F. and Avault, J. W. 2001. Incorporating Multiple Stakeholder Goals into the Development and Use of a Sustainable Index: Consensus Indicators of Aquaculture Sustainability. Department of AgEcon and Agribusiness of Louisiana State University. Staff Paper 2001-8. 40 pp.
- Camp, C. R., Sadler, E. J., Evans, D. E., and Usrey, L. J., 2000. Variable-rate, Digitally Controlled Metering Device. *Applied Engineering in Agriculture*. 16(1): 39-44.
- Cerri, D.G.P., Balastreire, L.A., and Amaral, J.R., 2002, Development of a Variable Rate Lime Application System. Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources Pp. 238-243. 13-15, March 2002, Iguacu Falls, Brazil ASAE

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Clark, R. L., and McGuckin, R. L., 1996. Variable Rate Application Equipment for Precision Farming. Beltwide Cotton Conference, January 8-12, Tennessee, USA
- Cointault, F., Sarrazin, P., and Paindavoine, M., 2002. High Resolution Low Cost Imaging System for Particle Projection Analysis: Application to Fertilizer Centrifugal Spreading. Measurement Science and Technology. 13 (2002) 1087–1093 Institute of Physics Publishing. France
- Cook, S., 1998. Spatial Information Technologies To Manage Uncertainty in Agriculture. Academy Symposium, <http://www.atse.org.au/publications/symposia/proc-1998p4.htm>
- Çetin, M., Dilmaç, M., ve Yıldırım, S., 2004. Hassas Tarımın Uygulanabilmesi Açısından Nitrat Probleminin Değerlendirilmesi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım- Sanayi- Çevre. Tokat
- Delgado, J. A., Follett, R. F., Buchleiter, G., Stuebe, A., Sparks, R. T., Dillon, M. A., Thompson, A. And Thompson, K. 2001. Use of Geospatial Information for N Management and Conservation of Underground Water Quality. The Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. 5–7 November 2001, Denver, Colorado, USA (<http://www.erim-int.com/CONF/3rdag/3rdag.html>).
- Dintwa, E., Liedekerle, P. V., Olieslagers, R., Tijskens, E., and Ramon, H., 2004. Model for Simulation of Particle Flow on A Centrifugal Fertilizer Spreader. Biosystems Engineering.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Ehlert, D., Schmerler, J., and Voelker, U., 2004. Variable Rate Nitrogen Fertilization of Winter Wheat Based on A Crop Density Sensor. *Precision Agriculture*, 5, 263-273. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Evcim, Ü., 1990. Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması Veri Tabanı, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:495
- Franzen, D., (1999). Site-Specific Farming and the Environment. NDSU Extension Service. North Dakota State University. Dakota, USA.
- Fulton, J.P., S.A., Shearer, G. Chabra, and Higgins, S.F. 1999. Field Evaluation of a Spinner Disc Variable-Rate Fertilizer Applicator. Annual International Meeting, July 18-21, Sheraton Centre, Toronto, Canada. Paper No. 991101.
- Fulton, J.P., Shearer, S.A., Anderson, M.E., Burks, T.F., and Higgins, S.F. 2000. Simulated Application Errors for Granular Materials for Fixed and Variable-Rate Application. Annual International Meeting, Midwest Express Center, Milwaukee, Wisconsin, July 9-12. ASAE Paper No. 001153.
- Fulton, J. P., Shearer, S.A., Stombaugh, T.S., and Higgins, S.F., 2001a. Pattern Assessment of a Spinner Disc Variable-Rate Fertilizer Applicator. ASAE Annual International Meeting Sacramento, California, USA July 30-August 1. Paper No: 01-1116

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Fulton, J.P., Shearer, S.A., Chabra, G., and Higgins, S.F. 2001b. Performance Assessment and Model Development of A Variable-Rate, Spinner-Disc Fertilizer Applicator. Transactions of the ASAE Vol. 44(5): 1071-1081 2003.
- Fulton, J. P., Shearer, S.A., Stombaugh, T.S., and Higgins, S.F., 2003. Comparison of Variable-Rate Granular Application Equipment. ASAE Annual International Meeting Las Vegas, Nevada, USA 27- 30 July. Paper No: 031125
- Fulton, J. P., Shearer, S.A., Higgins, S.F., Stombaugh, T.S., Darr, M.J., Hancock, D.W., and Hutchens, E.L., 2004. Comparison of Variable-Rate Granular Applicators. ASAE/CSAE Annual International Meeting Ottawa, Ontario, CANADA Paper No: 041113
- Gandonou, J., M., Stombaugh, T., S., Dillon, C., R., and Shearer, S., A., 2001. Precision Agriculture: A Break-Even Acreage Analysis. ASAE Annual International Meeting Sacramento, California, USA July 30-August 1.
- Govern, M., 2004. Geographic Distance and Azimuth Calculations. Founder, Virtual Geographics, Inc. USA
- Griepentrog, H. W. and Persson, K., 2001. A Models to Determine the Positional Lag for Fertilizer Spreaders. <http://www.agsci.kvl.dk/~hwg/index.htm>
- Grift, T., 2000. Spread Pattern Analysis Tool (spat): I. Development and Theoretical Examples. Transactions of the ASAE 43(6): 1341-1350

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Gruhn, P., Goletti, F., and Yudelman, M., 2000. Integrated Nutrient Management, Soil Fertility, and Sustainable Agriculture: Current Issues and Future Challenges. International Food Policy Research Institute 2033 K Street, N.W. Washington, D.C. 20006 U.S.A.
- Hummel, J. W., and Stoller, E. W., 2002. On-the-go Weed Sensing And Herbicide Application for The Northern Cornbelt. ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress Chicago, Illinois, USA July 28-July 31, Paper No: 021021
- Hunt, D., 1968. Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- ISO Standarts, 1985. ISO 5690. Equipment for Distributing Fertilizers -- Test methods -- Part 1: Full width fertilizer distributors. www.iso.org
- Kalk, W. D., Ulrich, V., Detlef, E., and Kurt, J. H., 2004, Assessment Of Sensor-Based Site-Specific Nitrogen Fertilizing ISSN 0365-0340 print; ISSN1476-3567 online 2004 Taylor&Francis Ltd.
- Kholsa, R., Shaver, T. M., Reich, R. M. and Gangloff, W. J. 2001. Evaluating Management Zones for Variable Rate Nitrogen Management in Corn. The Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. Denver, Colorado (<http://www.erimint.com/CONF/3rdag/3rdag.html>).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Kim, Y. , Reid, J. F., and Han, S., 2002. Evaluation of A Real-time N Sensing and Fertilizer Control. Automation Technology for Off-Road Equipment, Proceedings of the July 26-27, 2002 Conference Chicago, Pp. 102-111 Illinois, USA
- King, B.A., McCann, I.R., Eberlein, C.V., and Stark, J.C. 1999. Computer Control System for Spatially Varied Water And Chemical Application Studies With Continuous Move Irrigation Systems. Computers and Electronics in Agriculture. (24) 177-194
- Kirişçi,V., Keskin,M., Say,S.M., ve Keskin,S.G. 1999. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisi. Nobel Yayınları. Kızılay, ANKARA
- Lambert,D., Lowenberg-DeBoer,J. 2000. Precision Agriculture Profitability Review. Site-specific Management Center, Purdue University, West Lafayette, USA
- Lee, W. S., Slaughter, D. C., and Giles, D. K., 1999. Robotic Weed Control System for Tomatoes. Precision Agriculture, 1, 95-113. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Lida, M., Umeda, M., and Radite, P. A. S., 2001. Variable Rate Fertilizer Applicator for Paddy Field. ASAE International Meeting July 30-August 1, 2001 California, USA
- Lisley,C.M., Bauer,F.C., 1929. Test Your Soil for Acidity. Circular 346. Univ. of Ill. Agric. Experiment Station, Urbana, IL.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Molin, J.P., Menegatti, L.A.A., Pereira, L.L., Cremonini, L.C., and Evangelista, M., 2002. Testing a Fertilizer Spreader with VRT . Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources 13-15, March, Pp. 232-237 Iguacu Falls, Brazil
- Moshou, D., Deprez, K., and Ramon, H., 2004. Prediction of Spreading Processes Using A Supervised Self-Organizing Map. Mathematics and Computers in Simulation Vol. 65 (2004) 77-85
- Mutaf, E., 1974. Tarım Alet ve Makinaları - I, E.Ü.Z.F Yayınları No.218, Bornova, İzmir.
- Noh, H. K., Zhang, Q., and Han, S., 2004. Sensor Based Variable Rate Application of Nitrogen by Using A Multi-Spectral Image Sensor. ASAE Annual International Meeting Ottawa, ON, Canada 1- 4 August Paper No: 041133
- Olieslagers, R., Ramon. H., and De Baerdemaeker, J., 1996, Calculation of Fertilizer Distribution Patterns From A Spinning Disc Spreader by Means of A Simulation Model. Journal of Agricultural Engineering Research, 63, 137-152
- Önal, İ., Tozan, M. 1984.Ege Bölgesinde İmal Edilen Tek Diskli Gübre Dağıtma Makinaları Üzerinde Bir Araştırma. TZDK Yayınları. Yayın No: 30
- Önal, İ., 1995. Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları. E. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 490

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Parish, R.L., 1991. Effect of Rough Operating Surface on Rotary Spreader Application Rate. *Applied Engineering in Agriculture* 7(1):61-63.
- Püskülcü, H., ve İkiz, F., 1983. İstatistiğe Giriş. E.Ü. Mühendislik Fakültesi İZMİR
- Reumers, J. Tijskens, E., and Ramon, H., 2003, Experimental Characterisation of The Tangential And Cylindrical Distribution Pattern of Centrifugal Fertiliser Spreaders: Towards An Alternative for Spreading Hall Measurements. *Biosystems Engineering*.
- Robertson, A. I., 2000, The Gaps Between Ecosystem Ecology and Industrial Agriculture. *Ecosystems* (3): 413-418.
- Rotz, A., C., 2004. The Integrated Farm System Model: A Tool for Developing more Economically and Environmentally Sustainable Farming Systems for the Northeast. Northeast Agricultural and Biological Engineering Conference University Park, Pennsylvania, USA June 27- 30.
- Schepers. J., 1999. Environmental Problems Facing Agriculture. Seminar: Precision Agriculture and the Environment. National Academy of Science.
- Schrock, M. D., Grimm, J. J., Oard, D. L., Taylor, R. K., Kolb, T. C., and Anderson, J. D. 2001. Performance of a Multipont Pulse-Width Modulation Metering System for Ammonia. *Transactions of the ASAE*. 44(2): 211-216

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Sındır, K. O., 1997. Tarımsal Mekanizasyonda Maliyet Analizi, Tarım Makinalarında Güvenilirlik Eğitim Semineri, 1-7 Eylül, Menemen-İzmir
- Sındır, K. O., 1999. Tarımda Makina Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri, T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Yayın No: 110, Ankara, 27-46.
- Sındır, K.O., 2002. “Tarımsal Bilişim, Tanımı, Kapsamı ve Elektronik Ticaret”.TAYEK (TYUAP) Ege-Marmara Dilimi, Tarla Bitkileri Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı, Bildiriler Kitabı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Menemen, İzmir
- Sındır, K.O., and Tekin, A.B., 2002. Prospects And Challenges for Precision Farming In Turkey. Proceedings Book, International Conference on the Energy Efficiency and Agricultural Engineering, 4-6 April, Rouse, Bulgaria.
- Sındır, K.O., Tekin, A.B., Engin, M., Yıldız, N., Yurdem, H., 2005. Tarım Makinalarında Değişken Düzeyli Girdi Uygulama Amacına Yönelik Bir Elektronik Kontrol Ünitesi Tasarımı. E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü (2003/ZRF/014 nolu proje)
- Sogaard, H. T, and Kierkegaard, P., 1994, Yield Reduction Resulting from Uneven Fertilizer Distribution. Transactions of the ASAE, 37(6), 1749–1752
- Swisher, D. W., Borgelt, S. C., and Sudduth, K. A., 2002. Optical Sensor for Granular Fertilizer Flow Rate Measurement. Transactions of the ASAE, 45(4): 881–888

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- TSE, 1989. TS 7416. Kimyevi Gübre Dağıtıcıları Deney Metodları- Satış Gübre Dağıtıcıları
- TSE, 1996. TS 2541. Tarım Makinaları- Santrifüjlü Kimyevi Gübre Dağıtıcıları- Deney Metodları
- Varsa, E.C., Ebelhar,S.A., Chong,S.K., Indorante, S.J. and Wyciskalla,T.D. 2000. Evaluation of Variable Rate Technology As A Management Tool For Potassium Fertilization Of Grain Crops. Illinois Fertilizer Conference Proceedings. Peoria, ILLINOIS. USA
- Velioglu, H., Elmas, İ., Taşkın, Ö. and Güneri, A., 2004. Gübre Üretim ve Tüketim Durumumuz. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım- Sanayi- Çevre. Tokat
- Wang, D., Prato, T., Qiu, Z., Kitchen, N. and Sudduth, K. 2003. Economic and Environmental Evaluation of Variable Rate Nitrogen and Lime Application for Claypan Soil Fields. Precision Agriculture 4, 35–52. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- WCED (World Commission on Environment and Development). Advisory Panel on Food Security, Agriculture, Forestry, and Environment, 1987. Food 2000: Global Policies for Sustainable Agriculture. Zed Books, London, New Jersey.
- Wenkel, K. O., Brozio, S., Gebbers, R., and Mirschel, W., 2002, Approaches To Site-Specific Nitrogen Fertilization. ISSN 0365-0340 print; ISSN1476-3567 online#2003 Taylor&Francis Ltd

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Whitley, K. M., Davenport, J. R. and Manley, S. R. 2000. Differences in Nitrate Leaching Under Variable and Conventional Nitrogen Fertilizer Management in Irrigated Potato Systems. Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture, edited by P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson. (ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA).
- Womac, A. R., and Bui, Q. D., 2001. Development of a Variable Flow Rate Fan Spray Nozzle for Precision Chemical Application. ASAE Annual International Meeting Sacramento, California, USA
- Yang, C., 2001. A Variable Rate Applicator for Controlling Rates of Two Liquid Fertilizers. Applied Engineering in Agriculture. 17(3):409-417. American Society of Agricultural Engineers.
- Yang, C., Everitt, J. H., Bradford, J. M. 2001. Comparison of Uniform and Variable Rate Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Applications for Grain Sorghum. Transactions of the ASAE Vol.44(2): 201-209
- Yıldırım, S., Tekelioğlu, O., ve Başarık, A., 2004. Hassas Tarım Uygulamalarına Yönelik Gerçek Zaman Nitrat Ölçme Teknikleri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım- Sanayi- Çevre. Tokat

ÖZGEÇMİŞ

26 Ocak 1972 yılında Manisa da doğan Arif Behiç TEKİN, Gazi İlkokulu ve Şehitler Orta Okulu bitirdikten sonra 1986 yılında girdiği Meslek Lisesi özel sınavı ile Elektronik bölümünü 6. sırada kazanmıştır. Birinci sınıftaki derslerini başarı ile tamamlayarak Teknik Lise'ye geçmeye hak kazanmış ve Elektronik bölümü olmadığı için Elektrik bölümüne geçiş yaparak 1990 yılında başarı ile lise öğrenimini tamamlamış ve Elektrik Teknisyeni ünvanını almıştır. 1991 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde üniversite öğrenimine başlamış ve 1995 yılında bölüm birincisi olarak mezun olmuştur. 1993-1999 yılları arasında Philip Morris Marlboro A.Ş.'den karşılıksız burs alan TEKİN, 1999 yılında "Akhisar Bölgesinde Tütün Tarımında Mekanizasyon Durumunun Belirlenmesi " konulu tez ile yüksek lisansını tamamlamıştır. 1997 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. 1999 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Doktora Öğrenimine başlamış 2000 yılında da aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Aynı kurumda görevini sürdürmekte olan TEKİN evlidir ve İngilizce bilmektedir.