

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(DOKTORA TEZİ)**

**VAKUMLU TEK DANE EKİMDE OPTİMİZASYON**

**VE**

**MAKİNA PERFORMANSININ  
MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

**Arzu YAZGI**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU**

**Tarım Makinaları Anabilim Dalı**

**Bilim Dalı Kodu : 501.08.00**

**Sunuş Tarihi : 16.04.2010**

**Bornova-İZMİR**

**2010**

Arzu YAZGI tarafından **Doktora Tezi** olarak sunulan “**Vakumlu Tek Dane Ekimde Optimizasyon ve Makina Performansının Matematiksel Modellemesi**” 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 **16.04.2010** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday **oybirliği** ile “*Başarılı*” bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı : Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU**

.....

**Raportör Üye : Prof. Dr. İsmet ÖNAL**

.....

**Üye : Prof. Dr. Emine BAYRAM**

.....

**Üye : Prof. Dr. Müjdat TOZAN**

.....

**Üye : Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN**

.....



**ÖZET****VAKUMLU TEK DANE EKİMDE OPTİMİZASYON****VE****MAKİNA PERFORMANSININ****MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

YAZGI, Arzu

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı  
Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU  
Nisan 2010, 189 sayfa

Bu çalışmada, vakum prensibine göre çalışan tek dane ekim makinasının farklı delik çapı ve farklı çalışma şartları (plaka çevre hızı ve vakum basıncı) altında, fiziksel ve aerodinamik özellikleri birbirinden farklı tohum çeşitleri ile çalışmadaki performansının ürün bazında optimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmadaki ana amaçlardan bir diğeri de ürün özelliklerine göre uygun delik çapı, plaka çevre hızı ve vakum basıncı değerlerini ayrı ayrı tahminlemede kullanılacak matematiksel modellerin geliştirilmesidir.

Denemeler fiziksel (küresellik, yüzey izdüşüm alanı, bindane ağırlığı, ortalama anma çap ve sürtünme katsayısı) ve aerodinamik özellikleri (kritik hız) birbirinden farklı tohum çeşitleri (mısır, nohut, ayçiçeği, soya, şeker pancarı, kanola) ile dört farklı çap ve ağırlığa sahip, kaplanmış tohumu simule eden tam küresel yapay materyaller kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Farklı tohumların ekiminde kullanılacak vakum prensibine göre çalışan düşey diskli ekici düzene ilişkin konstrüktif özellikler (delik çapı) ve çalışma koşullarına ilişkin parametrelerdeki (plaka çevre hızı ve vakum basıncı) değişimlerin her çeşit tohumun ekimine ilişkin performans üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, makina performansının optimizasyonu için *Tepki Yüzeyleri Metodolojisi* (TYM) uygulanmış ve denemeler *Central Composite Dizaynı* (CCD) prensiplerine göre kurulmuştur.

E.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü Deneme Laboratuvarı'nda, yapışkan bant üzerinde gerçekleştirilen denemelerde sıra üzeri tohum dağılımındaki düzgünlük değerleri üç farklı değişkene bağlı olarak incelenmiştir. Sıra üzeri tohum aralığındaki düzgünlüğü belirten bağımlı değişken (tepki), ikizleme oranı, boşluk oranı, kabul edilebilir tohum aralığı, hassasiyet, teorik sıra üzeri aralıktan sapma değeri ve bitki konumundaki doğruluk derecesi olarak incelenmiştir.

Her bağımsız değişkenlerin beş farklı seviyesinin kullanıldığı CCD'ye göre yapılan denemelerinden elde edilen verilerin analizi sonucunda her tohum ve küresel materyal için kuadratik ya da kübik formda polinomial formda model denklemleri geliştirilmiştir. Bağımlı değişkeni maksimize ya da minimize eden bağımsız değişkenlerin optimum değerlerinin elde edilebilmesi amacıyla, geliştirilen matematiksel modeller bir matematik yazılımı olan Maple programına aktarılmıştır.

Plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı olarak tohuma özgü saptanan optimum değerlerin ayrı ayrı tahminlenmesinde tohumun fiziksel ve aerodinamik özellikleri belirlenerek analize tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda plaka çevre hızını ifade edebilecek genel bir model denklemi geliştirilememesine karşılık plaka delik çapı ve vakum basıncına (küreler hariç) ilişkin genel model denklemleri elde edilmiştir.

Plaka delik çapı genel modeli tohumun ortalama anma çapı ve küreselliğini içermektedir. Diğer taraftan, herhangi bir tohumun vakum basıncı genel modelini tohumun küresellik ve kritik hızı değerleri oluşturmaktadır.

Çalışmanın, tek dane ekime katkı sağlayacağı ve makina imalatçıları ile çiftçilere ışık tutacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Tepki yüzeyleri metodolojisi, tohum, küresel materyal, tek dane ekim makinası, matematik modelleme.

**ABSTRACT**

**OPTIMIZATION OF THE PRECISION SEEDING**

**AND**

**MATHEMATICAL MODELING**

**OF THE MACHINE PERFORMANCE**

YAZGI, Arzu

PhD in Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

April 2010, 189 pages

The objective of this study was to optimize the performance of a vacuum type precision seeder under different seed hole diameters and operational conditions such as peripheral speed of the vacuum plate and vacuum on seed plate. The second main objective of the study was to develop mathematical functions that allow predicting the appropriate hole diameter, peripheral speed of vacuum plate and vacuum for different seeds rather than the ones used in this study.

Experiments were carried out by using different seeds (corn, chickpea, sunflower, soybeans, sugarbeet and canola) with different physical (sphericity, projected area, thousand seed mass, mean particle diameter and coefficient of friction material on metal) and aerodynamic properties (terminal velocity) along with spherical materials made of plastic at four different diameter that simulate coated seeds.

Central Composite Design (CCD), one of the designs in Response Surface Methodology (RSM) was used for the experiment design that allowed studying the effects of constructional (hole diameter on vacuum plate) and operational variables (peripheral speed of the vacuum plate and vacuum) on the performance of seeder for different seeds.

The accuracy in seeding spacing was studied in the lab and the tests were carried out on sticky belt stand and three different independent variables were considered in the study. The dependent variables (response) indicating the accuracy in seed spacing were quality of feed, miss and multiple index, precision, deviation from the theoretical seed spacing and the coefficient of precision.

The results obtained from the experiments based on CCD that use five different levels for each variable were used to develop polynomial functions either quadratic or cubic form for each seed or a spherical material. The mathematical functions then were submitted to a mathematical software called Maple in order to obtain the optimum level of each variable that maximize or minimize the dependent variable considered in the study.

The optimum values of each independent variable for each seed or spherical material were then correlated with the physical and aerodynamical properties of the materials to develop general mathematical functions to predict peripheral speed of the vacuum plate, hole diameter and vacuum need on vacuum plate. General functions were developed for the vacuum need (excluding the data from spherical materials) and hole diameter while no significant function was obtained for the peripheral speed of the vacuum plate.

The general function for the hole diameter included mean particle diameter and sphericity. On the other hand, the vacuum need general function for any kind of seed was formed by the use of sphericity and terminal velocity of the material being used.

It is believed that the study will enhance the knowledge in precision seeding and help agricultural machinery manufacturers and farmers.

**Keywords:** Response Surface Methodology, seed, spherical materials, seeder, mathematical modeling.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının belirlenmesi, yürütülmesi ve sonuçlandırılması ile iyi bir akademisyen olarak yetişebilmemde bilgi birikiminin yanında deneyimleriyle de bana yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Adnan DEĞİRMECİOĞLU'na, tez çalışmam boyunca değerli görüş ve katkılarıyla desteklerini esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. İsmet ÖNAL ve Prof. Dr. Emine BAYRAM'a, denemelerde kullanılan ekim makinası ve plakalarını temin eden Türkay Tarım Mak. San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne, denemelerde kullanılan tohumların temininde KWS Türk ve MAY Tohumculuk şirketlerine, bu firmalarla kurduğu temasın yanında kanola tohumu ve küresel materyallerin temininde, katkı ve destek sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Ediz ULUSOY'a, küresel materyallerin temini ile deneme düzeninin kurulması ve denemelerin gerçekleştirilmesinde bana yardımcı olan Zir. Yük. Müh. Anıl GÜCÜYEN'e ve denemelerin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Uzm. Nebahat KULDEMİR'e, model denklemlerin optimum değerlerinin hesaplanmasında kullanılan programın temininde ve çalıştırılmasında yardımcı olan Doç. Dr. Emine MISIRLI ve Arş. Gör. Utku ERDOĞAN'a, her zaman destek ve katkılarını yanımda hissettiğim Tarım Makinaları Bölümü Ailesi'nin değerli üyelerine, kişiliğimin gelişmesinde ve bugünlere gelmemde önemli rolü olan çok sevdiğim aileme, bana gösterdikleri sabır, anlayış ve hoşgörü için teşekkür ederim.





**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
TEŞEKKÜR .....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xviii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xxx
1 GİRİŞ .....	1
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE TEORİK ESASLAR.....	4
2.1 Önceki Çalışmalar.....	4
2.2 Teorik Esaslar .....	7
2.2.1 Tek Dane Ekim Teorisi .....	8
2.2.1.1 Tek Dane Ekimin Matematik-İstatistik Esasları.....	8
2.2.1.2 Pnömatik Tek Dane Ekici Düzen Konstrüksiyonunda Genel Esaslar .....	9
2.2.1.3 Tek Dane Ekim Makinaları Deney İlkeleri .....	12
3 MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
3.1 Materyal .....	15
3.1.1 Ekim Makinası.....	15

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
3.1.2 Tohumluk .....	18
3.1.3 Ekim Makinası Deneme Düzeni .....	20
3.1.3.1 Yapışkan Bant Düzeneği .....	20
3.1.3.2 Elektronik Tahrik Düzeni .....	21
3.1.3.3 Vakum Ölçüm Sistemi .....	21
3.1.3.4 Bilgisayar Destekli Ölçüm Düzeni .....	22
3.1.4 Görüntü İşleme, İstatistik ve Matematik Paket Programları .....	25
3.1.5 Kritik Hız Ölçüm Düzeni .....	29
3.1.6 Statik Sürtünme Katsayısı Ölçüm Düzeni .....	30
3.2 Yöntem .....	30
3.2.1 Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM).....	30
3.2.1.1 TYM'nin Temel Prensipleri .....	31
3.2.1.2 İşlem Basamakları.....	34
3.2.2 Deneme Deseni, Bağımsız Değişkenler ve Seviyeleri .....	40
3.2.3 Denemelerin Yürütülmesi.....	43
3.2.4 Performans Kriterleri, Hesaplanması ve Model Geliştirme Çalışmaları....	44
4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	49

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

4.1 Makina Performansına İlişkin Tohumla Özgü Sonuçlar ve Model Denklemleri .....	49
4.1.1 Mısır İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	50
4.1.1.1 Mısır İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	53
4.1.1.2 Mısır Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselle Gösterimi .....	55
4.1.1.3 Mısır Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	59
4.1.2 Nohut İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	64
4.1.2.1 Nohut İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	66
4.1.2.2 Nohut Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselle Gösterimi .....	68
4.1.2.3 Nohut Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	72
4.1.3 Pamuk Tohumlarıyla Çalışmada Makina Performansına İlişkin Veriler ....	74
4.1.4 Ayçiçeği İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	79
4.1.4.1 Ayçiçeği İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri.....	81
4.1.4.2 Ayçiçeği Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselle Gösterimi .....	83

**İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa

4.1.4.3 Ayçiçeği Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	87
4.1.5 Soya İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	90
4.1.5.1 Soya İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	92
4.1.5.2 Soya Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselsel Gösterimi .....	94
4.1.5.3 Soya Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	98
4.1.6 Şeker Pancarı İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	100
4.1.6.1 Şeker Pancarı İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	102
4.1.6.2 Şeker Pancarı Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselsel Gösterimi .....	103
4.1.6.3 Şeker Pancarı Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	107
4.1.7 Kanola İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	109
4.1.7.1 Kanola İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	112
4.1.7.2 Kanola Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselsel Gösterimi .....	115

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
4.1.7.3 Kanola Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	119
4.1.8 Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	122
4.1.8.1 4 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	123
4.1.8.2 4 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	125
4.1.8.3 4 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafiksel Gösterimi .....	127
4.1.8.4 4 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	131
4.1.8.5 6 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	133
4.1.8.6. 6 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri .....	136
4.1.8.7 6 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafiksel Gösterimi .....	138
4.1.8.8 6 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar .....	142
4.1.8.9 8 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar .....	145

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
4.1.8.10 8 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri.....	147
4.1.8.11 8 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselsel Gösterimi.....	149
4.1.8.12 8 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü CP3 Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar.....	153
4.1.8.13 10 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar.....	155
4.1.8.14 10 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri.....	157
4.1.8.15 10 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselsel Gösterimi.....	159
4.1.8.16 10 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar.....	163
4.2 Optimum Sonuçlara Bağlı Olarak Geliştirilen Genel Model Denklemleri.....	165
4.2.1 İlerleme Hızına Bağlı Plaka Çevre Hızı Genel Modeline İlişkin Sonuçlar.....	167
4.2.2 Plaka Delik Çapı Genel Modeline İlişkin Sonuçlar.....	168
4.2.3 Vakum Basıncı Genel Modeline İlişkin Sonuçlar.....	169
4.2.4 Genel Modellerin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar.....	171

**İÇİNDEKİLER (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.4.1 Plaka Delik Çapı Genel Modeli Hassasiyet Analizi .....	172
4.2.4.2 Vakum Basıncı Genel Modeli Hassasiyet Analizi.....	173
4.2.4.3 Genel Modellerden Elde Edilen Koşullarda Gerçekleştirilen Deneme Sonuçları.....	174
4.2.4.4 Kullanılan Tohumların Dışında Denemesi Yapılmayan Farklı Ürünlere İlişkin Sonuçlar .....	176
4.2.5 Küresel Materyallere Özgü Genel Model Denklemleri .....	180
4.2.5.1 Plaka Çevre Hızı Küresel Materyal Genel Modeli .....	180
4.2.5.2 Plaka Delik Çapı Küresel Materyal Genel Modeli .....	181
4.2.5.3 Vakum Basıncı Küresel Materyal Genel Modeli.....	182
5 GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....	183
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	186
EKLER	
Ek 1 Vakum Basıncı-Devir İlişkisi	
Ek 2 Minitab Analizleri	
Ek 3 Maple 11 Programı Çözümleri	
Ek 4 Genel Tohum Modelleri Minitab Analizleri	
Ek 5 Kürelere İlişkin Genel Model Minitab Analizleri	
ÖZGEÇMİŞ	



**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Tohum kaplama tabakaları .....	2
2.1 Delikten havanın emilmesi .....	12
3.1 Makina genel görünüşü .....	15
3.2 Vakum prensibine göre çalışan tek dane ekici düzen .....	16
3.3 Tek dane ekici düzen ile tohumun toprağa yerleştirilmesi.....	16
3.4 Tekleme düzeni ayarı .....	17
3.5 Makina hareket iletim şeması .....	17
3.6 Denemelerde kullanılan tohumlar ve küresel materyaller.....	19
3.7 Ekim makinası deneme düzeni .....	21
3.8 Bilgisayar destekli ölçüm düzeni .....	23
3.9 Project1.exe yazılımı ana ekranı .....	23
3.10 Proje1.exe yazılımı hesaplama sayfası örneği.....	24
3.11 Bazı tohumların izdüşüm görüntüleri.....	25
3.12 Image Tool programı hesaplama sayfası-1 (kanola örneği).....	26
3.13 Image Tool programı hesaplama sayfası-II (kanola örneği) .....	27
3.14 Minitab programı başlangıç sayfası .....	28
3.15 Maple programı başlangıç sayfası .....	28

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.16 Kritik hız ölçüm düzeni.....	29
3.17 Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeni .....	30
3.18 Fonksiyon türüne bağlı olarak tepki yüzeyi şekilleri .....	32
3.19 CCD Dizaynının geometriksel gösterimi .....	36
3.20 Box-Behnken dizaynı geometrisi.....	37
3.21 Denemelerde kullanılan tohum plakaları .....	43
3.22 Tohum dağılımına ilişkin örnek bir histogram .....	46
3.23 Bitki konumundaki doğruluk derecesi (CP3) tanımı .....	48
4.1 Mısır tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_m$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -1.3015) .....	56
4.2 Mısır tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.068 \text{ ms}^{-1}$ ) .....	56
4.3 Mısır tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_m$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2$ : -0.2339) .....	57
4.4 Mısır tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 3.77 mm).....	57

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5 Mısır tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_m$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3 : 0.8377$ ).....	58
4.6 Mısır tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 76.75 mbar).....	58
4.7 Mısır tohumu için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi.....	59
4.8 Mısır tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm ....	61
4.9 Mısır tohumuyla yapılan tarla denemesi .....	63
4.10 Nohut tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>karekök</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_n$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1 : -1.469$ ) .....	69
4.11 Nohut tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.061 \text{ ms}^{-1}$ ) .....	69
4.12 Nohut tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>karekök</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_n$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2 : 1.005$ ).....	70
4.13 Nohut tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 6.81 mm).....	70

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.14 Nohut tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>karekök</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_n$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : -0.387).....	71
4.15 Nohut tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 52.26 mbar) .....	71
4.16 Nohut tohumu için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi .....	72
4.17 Nohut tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm... 74	
4.18 Pamuk tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (İlerleme hızı: $0.96 \text{ ms}^{-1}$ ) .....	78
4.19 Pamuk tohumu için plaka delik çapı ve ilerleme hızına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 57.8 mbar) .....	78
4.20 Pamuk tohumu için ilerleme hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 3.08 mm) ....	78
4.21 Ayçiçeği tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>ln</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_a$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -0.4978).....	84
4.22 Ayçiçeği tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.1 \text{ ms}^{-1}$ ) .....	84

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.23 Ayçiçeği tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ $\ln$ ” dönüşümlü KETA ( $y_a$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2 : 0.1199$ ) .....	85
4.24 Ayçiçeği tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 2.06 mm) .....	85
4.25 Ayçiçeği tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ $\ln$ ” dönüşümlü KETA ( $y_a$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3 : 0.584$ ) .....	86
4.26 Ayçiçeği tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 71.68 mbar).....	86
4.27 Ayçiçeği tohumu için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi ....	87
4.28 Ayçiçeği tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm .....	89
4.29 Soya tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ $\arcsin$ ” dönüşümlü KETA ( $y_s$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1 : -0.5869$ ).....	95
4.30 Soya tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.0965 \text{ ms}^{-1}$ ).....	95

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.31 Soya tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_s$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2 : 0.3181$ ) .....	96
4.32 Soya tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 3.82 mm) .....	96
4.33 Soya tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_s$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3 : 0.5251$ ) .....	97
4.34 Soya tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 45.25 mbar) .....	97
4.35 Soya tohumu için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi .....	98
4.36 Soya tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm.....	99
4.37 Şeker pancarı tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan KETA ( $y_{sp}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1 : 0.3954$ ) .....	104
4.38 Şeker pancarı tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.136 \text{ ms}^{-1}$ ).....	104
4.39 Şeker pancarı tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan KETA ( $y_{sp}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2 :-0.2483$ ).....	105

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.40 Şeker pancarı tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 1.7 mm).....	105
4.41 Şeker pancarı tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan KETA ( $y_{sp}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : -0.4669).....	106
4.42 Şeker pancarı tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 35.33 mbar) .....	106
4.43 Şeker pancarı tohumu için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi.....	107
4.44 Şeker pancarı tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm .....	109
4.45 Kanola tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_k$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -1.2817).....	116
4.46 Kanola tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.069 \text{ ms}^{-1}$ ).....	116
4.47 Kanola tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_k$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2$ :-0.1781).....	117

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.48 Kanola tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 0.96 mm) .....	117
4.49 Kanola tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_k$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : 0.1217) .....	118
4.50 Kanola tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 41.22 mbar) .....	118
4.51 Kanola tohumu için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi .....	119
4.52 Kanola tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm .....	121
4.53 4 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{04}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -1.656) .....	128
4.54 4 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.054 \text{ ms}^{-1}$ ) .....	128
4.55 4 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{04}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2$ :-1.2262) .....	129



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.56 4 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 1.89 mm) .....	129
4.57 4 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{04}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : 1.2362).....	130
4.58 4 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 52.36 mbar) .....	130
4.59 4 mm çaplı küresel materyal için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi.....	131
4.60 4 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm .....	133
4.61 6 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{06}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -0.757).....	139
4.62 6 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.0897 \text{ ms}^{-1}$ ).....	139
4.63 6 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{06}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2$ :1.0346) .....	140

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.64 6 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 4.9 mm).....	140
4.65 6 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{06}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : -0.7394).....	141
4.66 6 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 32.61 mbar).....	141
4.67 6 mm çaplı küresel materyal için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi.....	142
4.68 6 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm .....	144
4.69 8 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü CP3 ( $y_{08}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -0.7082).....	150
4.70 8 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan CP3 performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.0917 \text{ ms}^{-1}$ ).....	150
4.71 8 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü CP3 ( $y_{08}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2$ :1.1701).....	151

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.72 8 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan CP3 performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 6.84 mm).....	151
4.73 8 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü CP3 ( $y_{08}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : -0.3163).....	152
4.74 8 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan CP3 performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 53.67 mbar).....	152
4.75 8 mm küresel materyal için CP3’e ilişkin hassasiyet analizi gösterimi .....	153
4.76 8 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm .....	154
4.77 10 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{010}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı; $X_1$ : -0.5532).....	160
4.78 10 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı: $0.0979 \text{ ms}^{-1}$ ).....	160
4.79 10 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{010}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı; $X_2$ : 0.8085).....	161

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.80 10 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 7.6 mm).....	161
4.81 10 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ <i>arcsin</i> ” dönüşümlü KETA ( $y_{010}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı; $X_3$ : -0.4729).....	162
4.82 10 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 50.54 mbar).....	162
4.83 10 mm küresel materyal için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi.....	163
4.84 10 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm.....	165
4.85 Plaka delik çapı genel modeli hassasiyet analizi .....	172
4.86 Vakum basıncı genel modeli hassasiyet analizi (küreler hariç).....	173
4.87 Börülce ve cin mısır tohumları .....	177
4.88 Börülce tohumu ile model doğrulama için yapılan yapışkan bant denemesi.....	178
4.89 Cin mısır tohumu ile model doğrulama için yapılan yapışkan bant denemesi.....	179
4.90 Küresel materyal plaka çevre hızı genel modeli hassasiyet analizi .....	181
4.91 Küresel materyal plaka delik çapı genel modeli hassasiyet analizi .....	182

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Ayarlanan sıra üzeri tohum aralığına ( $Z$ =anma ekim aralığına) göre sıra üzeri tohum/bitki dağılımı değerlendirme planı. ....	14
2.2 Kabul edilebilir sıra üzeri tohum/bitki aralıkları, ikizlenme ve boşluk oranlarının değerlendirilmesi.....	14
3.1 Sıra üzeri teorik tohum aralığı ( $Z$ ; cm) ayar olanakları .....	18
3.2 Denemelerde kullanılan tohum çeşitleri .....	19
3.3 Tohumlar ve küresel materyallerin bazı fiziksel özellikleri.....	20
3.4 Vakümölçer teknik özellikleri .....	22
3.5 Farklı deneme desenlerine göre toplam işlem sayıları.....	38
3.6 Faktör sayısına bağlı $\alpha$ değerleri.....	38
3.7 Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış ilerleme hızlarına bağlı plaka çevre hızlarının ( $X_1$ ) kodlu ve kodsuz değerleri.....	41
3.8 Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış ve imal edilmiş plaka delik çaplarının ( $X_2$ ) kodlu ve kodsuz değerleri .....	42
3.9 Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış vakum basınçlarının ( $X_3$ ) kodlu ve kodsuz değerleri.....	42
3.10 Mısır tohumu için bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerleri ile oluşturulan deneme deseni .....	45
4.1 Mısır tohumu için kullanılan TYM deneme deseni .....	51

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.2 Mısır tohumu deneme verileri .....	52
4.3 Mısır tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları ....	54
4.4 Mısır tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.068 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 3.77 mm, vakum basıncı: 76.75 mbar).....	61
4.5 Mısır tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen tarla denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.068 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 3.77 mm, vakum basıncı: 76.75 mbar) .	62
4.6 Nohut tohumu için kullanılan TYM deneme deseni.....	64
4.7 Nohut tohumu deneme verileri .....	65
4.8 Nohut tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları...	67
4.9 Nohut tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.061 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 6.81 mm, vakum basıncı: 52.26 mbar).....	73
4.10 Pamuk tohumu için kullanılan TYM deneme deseni.....	75
4.11 Pamuk tohumu deneme verileri .....	76
4.12 Pamuk tohumuna ilişkin optimum değerler .....	77
4.13 Ayçiçeği tohumu için kullanılan TYM deneme deseni.....	79
4.14 Ayçiçeği tohumu deneme verileri.....	80

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.15 Ayçiçeği tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	82
4.16 Ayçiçeği tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.01 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 2.06 mm, vakum basıncı: 71.68 mbar).....	89
4.17 Soya tohumu için kullanılan TYM deneme deseni.....	90
4.18 Soya tohumu deneme verileri.....	91
4.19 Soya tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları.....	93
4.20 Soya tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.0965 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 3.82 mm, vakum basıncı: 45.25 mbar).....	99
4.21 Şeker pancarı tohumu için kullanılan TYM deneme deseni .....	100
4.22 Şeker pancarı tohumu deneme verileri.....	101
4.23 Şeker pancarı tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	102
4.24 Şeker pancarı tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.136 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 1.7 mm, vakum basıncı: 35.33 mbar).....	108
4.25 Kanola tohumu için kullanılan TYM deneme deseni .....	110

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.26 Kanola tohumu deneme verileri.....	111
4.27 Kanola tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	113
4.28 Kanola tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.069 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 0.96 mm, vakum basıncı: 41.22 mbar).....	121
4.29 Ø4 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni .....	123
4.30 Ø4 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri .....	124
4.31 Ø4 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	126
4.32 4 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.054 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 1.89 mm, vakum basıncı: 52.36 mbar) .....	132
4.33 Ø6 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni .....	134
4.34 Ø6 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri .....	135
4.35 Ø6 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	137
4.36 6 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.0897 ms <sup>-1</sup> , plaka delik çapı: 4.9 mm, vakum basıncı: 32.61 mbar) .....	144



## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.37 Ø8 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni .....	145
4.38 Ø8 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri .....	146
4.39 Ø8 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	148
4.40 8 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: $0.0917 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 6.84 mm, vakum basıncı: 53.67 mbar) .....	154
4.41 Ø10 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni .....	155
4.42 Ø10 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri .....	156
4.43 Ø10 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları .....	158
4.44 10 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: $0.0979 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 7.6 mm, vakum basıncı: 50.54 mbar) .....	164
4.45 Tohumlara ilişkin kodlu/kodsuz optimum değerler ile optimum şartlarda elde edilen makina performansı.....	166
4.46 Genel model denklemine ilişkin veriler .....	166
4.47 Model sınır değerleri .....	171
4.48 Deneysel optimum plaka delik çapı ile genel modelden elde edilen tohuma özgü plaka delik çapları.....	172

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.49 Deneysel optimum vakum basıncı değerleri ile genel modelden elde edilen tohumla özgü vakum basıncı değerleri (küreler hariç) .....	173
4.50 Genel model sonuçlarına ilişkin tohumla özgü beklenen makina performans değerleri.....	174
4.51 Genel modellerden elde edilen değerlerle mısır tohumu kullanılarak gerçekleştirilen model doğrulama deneme sonuçları ve sıra üzeri aralık (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:0.1 ms <sup>-1</sup> , Plaka delik çapı 4.8 mm, Vakum basıncı: 62.4 mbar).....	176
4.52 Model doğrulamada kullanılan tohumlara ilişkin özellikler .....	177
4.53 Genel modellerden elde edilen değerlerle börülce tohumu kullanılarak gerçekleştirilen model doğrulama denemesi ve sıra üzeri aralık (cm) olarak elde edilen performans değerleri (Plaka çevre hızı:0.1 ms <sup>-1</sup> , Plaka delik çapı 4.0 mm, Vakum basıncı: 59 mbar).....	178
4.54 Genel modellerden elde edilen değerlerle cin mısır tohumu kullanılarak gerçekleştirilen model doğrulama denemesi ve sıra üzeri aralık (cm) olarak elde edilen performans değerleri (Plaka çevre hızı:0.1 ms <sup>-1</sup> , Plaka delik çapı 3.2 mm, Vakum basıncı: 64 mbar)) .....	179
4.55 Deneysel optimum plaka çevre hızı değerleri ile küresel materyal genel modelinden elde edilen değerler .....	181
4.56 Deneysel optimum plaka delik çapı değerleri ile küresel materyal genel modelinden elde edilen değerler .....	182

## 1. GİRİŞ

Coğrafi konumu nedeniyle, özellikle bitkisel üretimde, ürün yelpazesi geniş olan ülkemizde tarım, ülke ekonomisinin en büyük ve önemli aktörlerden biridir. İnsanoğlunun sürekli yenilik arayışı sonucunda meydana gelen ve hızla gelişen teknoloji, her alanda olduğu gibi tarım sektörü de etkilenmektedir. Tarımın teknolojiye yararlanması, ancak teknoloji kullanımıyla sektörde insan işgücü gereksiniminin azaltılabilmesi doğrultusunda olabilecektir. Bunun anlamı insan işgücü ile gerçekleştirilen birçok işin mekanize olarak yapılmasıdır. Teknoloji ancak bunu sağlayabildiği ölçüde tarım sektörü içerisinde var olacaktır.

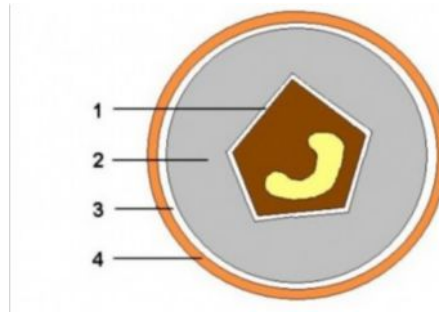
Tarım sektöründe üretim yapan işletmelerin, net gelirlerini maksimize etmek amacıyla uyguladıkları tarımsal üretim sistemlerini gerçekleştirmek için, kullandıkları girdilerin (tohum, gübre, ilaç, su v.b.) karşılığında elde ettikleri çıktının yüksek olabilmesi için sadece en uygun çeşidin ve uygulama normunun seçilmesi başarılı bir sonucu garanti etmez (Ulusoy, 2003). Bu girdilerin kendilerinden beklenen katkıyı sisteme sağlayabilmeleri ve dolayısıyla uygulama başarısının yüksek olması ancak bir üretim faktörü olan “*makina*” ile mümkündür (Ulusoy, 2001).

Gelişen teknolojinin gereği olarak ortaya çıkan mekanizasyon sadece gelişmiş makina anlamına gelmemektedir. Makina kullanımının beraberinde getirdiği bir takım kurallar ve istekler de vardır. Örneğin pamuk ekiminde, kullanılan tohumluğa göre ekim yöntemi ve makinası farklıdır. Eskiden havlı olarak normal sıravari ekilen pamuk, günümüzde delinte (havsız) tohum kullanılarak vakumlu tek dane ekim makineleri ile tek dane olarak sıraya ekilmektedir. Görüleceği gibi burada hem gelişen tohum teknolojilerinden, hem değişen makina kullanımından hem de farklılaşan ekim yönteminden bahsedilmektedir. Dolayısıyla iyi bir ekim işlemi ancak, kaliteli tohumun uygun zamanda, uygun makinayla ve doğru ekim yöntemiyle toprağa verilmesi ile mümkün olacaktır.

Tohumda kalite kavramı, tohum sağlığı, tohumun çimlenme kapasitesi, fiziksel ve genetik saflığı ile yabancı ot tohumları ile bulaşık olmama ve tohum gücü (vigor) gibi özellikleri içermektedir (Eser ve ark., 2005). Bunun anlamı ekilecek tohumun çimlenebilme yüzdesi yüksek, hastalık-zararlılara karşı dayanıklı, toprağa kolaylıkla verilebilen ve yüksek verimli çeşit olmasıdır. Tohum

teknolojisi uzmanları tarafından tohuma genetiksel ve fiziksel olarak bu özellikler kazandırılmaya, diğer bir ifadeyle tohumlar ıslah edilmeye çalışılmaktadır.

Tohumun fiziksel olarak iyileştirilmesinde tohum kaplama yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Tohum kaplamada, küçük, hafif ve şekilsiz tohumların etrafına katı partiküllerin sardırıldığı, tohum iriliğinin ve şeklinin değiştirildiği “peletleme”, tohumların orijinal şekillerinde herhangi bir değişiklik meydana getirilmeden plastikliği sağlayıcı maddeler (polimerler vb.) ile tohumun ince bir film tabakası ile kaplanması “film kaplama” ve bu iki teknolojinin bir arada kullanıldığı uygulamalar söz konusudur (Kavak ve Eser, 2005). Tohum kaplama ile, özellikle güvenilir ve hassas bir ekim işlemi gerçekleştirilir, fitotoksik etki olmaksızın birçok böcek ilacı uygulamasına olanak sağlanır. Tohum kaplama işlemi 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1.1) ve her bir tabaka için özel işlemler uygulanmaktadır.



Şekil 1.1. Tohum kaplama tabakaları

*Birinci Tabaka:* İnce bir fungusit tabakası film kaplama tekniğiyle uygulanır. Bu aktif maddeler tohum kaynaklı fungal patojenler için dezenfektandır.

*İkinci Tabaka:* Tohumların küresel şeklinin verildiği bu tabaka, tohumun şeklini ve ağırlığını en çok etkileyen tabakadır. Çimlenmeye yardımcı olan çeşitli katı ve sıvı kaplama maddelerini (örneğin gübreler) içerir.

*Üçüncü Tabaka:* Mantar ve böcek ilaçlarının yoğun olarak bulunduğu bir askı tabakasıdır. Hastalıklara, bazı toprak ve yaprak böceklerine karşı koruma için tohuma film kaplama metodu ile ilaç uygulanır.

*Dördüncü Tabaka:* Film şeklindeki bu tabaka ile pestisitlerin ekim esnasında aşınması ve dökülmesi engellenmektedir. Bu uygulama ile çiftçinin, kullanılan

aktif maddeli ilaçlarla direkt olarak teması önlenmiş olur. Ayrıca kaplanmış tohuma karakteristik özelliği olan rengi de bu tabakada verilir (KWS Türk, 2009).

Tohum kaplama ile, tohuma dayanıklılık, verimlilik gibi özelliklerin kazandırılmasının yanında tohuma şekilsel bir form verilmesi de söz konusu olduğundan, makinalı ekimde ekim düzgünlüğü açısından da önemli bir kazanım sağlanmaktadır.

Gelişen tohum teknolojisi sayesinde tohum üzerinde yapılan bu iyileştirme çalışmaları doğaldır ki beraberinde maliyet kavramını da getirmektedir. Bitkisel üretimde en önemli girdilerden biri olan tohumluk maliyetinin, ancak minimum miktarda tohum kullanımıyla azaltılabileceği açıktır. Bu da ancak tohumun agroteknik isteklerine göre toprağa verilmesini sağlayan gelişmiş tek dane ekim makinalarının kullanılmasıyla mümkündür. Bu şekilde gerçekleştirilen ekim işleminde, tohuma eş yaşam alanı sağlanması da önemli avantajlardandır.

Ülkemizde pnömatik tek dane ekim makinalarının kullanımı son zamanlarda hızla artmaktadır. 2002 yılında 15.770 adet olan pnömatik tek dane ekim makinası sayısı, 2008 yılı itibariyle 22.919 adettir (TUİK, 2010). Büyük ölçüde tohum tasarrufu sağlayan bu makinalardan beklenen en önemli özellik, farklı çeşit tohumların aynı makina ile düzgün bir şekilde toprağa kolayca ekilebilmesidir. Bu nedenle makina konstrüksiyonu son derece önemlidir. Örneğin; bir mısır tohumu ile bir pamuk tohumunun delikli tohum plakalı bir ekim makinası ile ekiminde, tohumların plakada tutunabilmek için ihtiyaç duyacağı vakum basıncı veya plaka delik çapı birbirinden farklı olacaktır.

Tohumlar arasındaki bu farklılıkların ortaya konarak ortak bir paydaya getirilmesi, diğer bir deyişle farklı büyüklükte ve özellikteki tohumlarla çalışmada, ekim kalitesi yönünden tohumlar arasında belli bir ilişki olup olmadığı, sistemin ancak polinomiyal formda ifade edilmesi ile mümkün olacaktır. Bu sayede belli özelliklere bağlı olarak gerçekleştirilen ekim optimizasyonu her ürün için, deneme yapılmayan koşullarda bile uygulamaya aktarılacak sonuçların elde edilmesinde etkili olacaktır. Bu yaklaşımda başarılı olunması durumunda gerek imalatçı gerekse de çiftçi açısından son derece değerli bilgiler elde edileceği düşünülmektedir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve TEORİK ESASLAR

### 2.1. Önceki Çalışmalar

Tek dane ekim makinalarının performanslarını konu alan birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Çoğunlukla deneysel olarak yürütülen bu çalışmalar, laboratuvar ya da tarla şartlarında performansa dayalı çalışmalar niteliğindedir.

Bu çalışmalardan birisi olan tek dane ekim makinası ile mısır tohumlarının ekimine ilişkin çalışmasında Önal (1975), iki farklı mısır tohumunun iki farklı çalışma hızında laboratuvar ve tarla şartlarında ekimini gerçekleştirmiştir. Aynı çalışma hızında anma ekim aralığı arttığında bitki dağılım üniformitesinin arttığını, aynı ekim aralığında çalışmada ise çalışma hızı arttığında bitki dağılımındaki üniformitenin azaldığını saptamıştır.

Önal (1987) diğer bir çalışmasında ise mısır, ayçiçeği ve havsız pamuk tohumlarını kullanarak dane atım frekansı, tohum plakası delik sayısı, plaka çevre hızı, ekim aralığı ve makina ilerleme hızının ekim kalitesine etkisini araştırmıştır. Çalışmada 20.58 cm ekim aralığında  $12.5 \text{ kmh}^{-1}$ ; 8.73 cm ekim aralığında ise  $5.4 \text{ kmh}^{-1}$  hızla ekimin sorunsuz bir şekilde yapılacağı ortaya konmuştur. 8.73 cm ekim aralığında ana dağılımın varyasyon katsayısı ilerleme hızı arttıkça yükselme eğiliminde olmasına karşın, 11.24 ve 14.93 cm ekim aralığında ilerleme hızı ana dağılımın varyasyon katsayısında farklılık yaratmamaktadır. (Çalışmada pamuk için firmalar tarafından önerilen 3 mm delik çaplı ve 24 delikli plaka kullanılmıştır.)

Moody *ve ark.* (2003) yürüttükleri çalışmada, çapa ürünlerinin ekiminde kullanılan ve vakum tip bir tek dane ekim makinasını kullanmışlardır. Deneysel olarak yürüttükleri bu çalışmada plaka çevre hızı olarak  $0.16$ ,  $0.23$  ve  $0.31 \text{ ms}^{-1}$  ve bunlara karşılık gelen  $4.8$ ,  $7.2$  ve  $9.7 \text{ km h}^{-1}$  makina ilerleme hızlarını, materyal olarak da pamuk ve mısır tohumlarını kullanmışlardır. Söz konusu çalışmadan elde edilen en önemli sonuç, tohum aralığındaki değişimin artan plaka çevre hızıyla birlikte arttığı şeklindedir.

Karayel *ve ark.* (2004) farklı ürün tohumları kullanarak yürüttükleri çalışmalarında yine vakum prensibine göre çalışan bir ekici düzenin ekime ilişkin performansını incelemiş ve farklı ürünlerin ekiminde uygun vakum gereksiniminin matematiksel modelini elde etmişlerdir. Karayel *ve ark.* (2004)

tarafından yürütülen çalışmada yine yukarıda verilen çalışmada olduğu gibi farklı tohumlarla yapılan denemeler; uygun plaka delik çapları yapılan kabullenmeler üzerine incelenmiştir. Örneğin, pamuk tohumları ile çalışmada delik çapı 3.5 mm olarak seçilmiş ve en uygun vakum değeri ise 3 kPa olarak elde edilmiştir.

Singh ve ark. (2005) tarafından yürütülen çalışmada, vakum prensibine göre çalışan ekici düzenin farklı vakum ve delik şeklinin ekim kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmada makina performansı boşluk, ikizlenme oranı ve kabul edilebilir tohum aralığı oranları olarak saptanmıştır. Singh ve ark. (2005) pamuk tohumları için 2.5 mm çapında deliklere sahip plaka kullanımıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında en uygun plaka çevre hızını,  $0.42 \text{ ms}^{-1}$  ve vakum değerini ise 2 kPa; bu koşullardaki kabul edilebilir tohum aralığı değerini ise %94.7 olarak bulmuşlardır.

Bu çalışmaya temel oluşturan Tepki Yüzeyleri Metodolojisi' nin dünyada Tarım Makinaları problemlerine uygulama örnekleri çok sınırlı düzeyde olmasına karşılık gıda, kimya ve diğer mühendislik alanlarında oldukça yaygın olarak uygulanmaktadır.

Underwood (1962) Tepki Yüzeyleri Metodolojisini (TYM) vida uzunluğu dizaynında kullanmıştır. Denemelerde, ölçüm yapılacak bölümün uzunluğu, ölçülecek bölümdeki kanal derinliği, besleme (feed) bölümü kanal derinliği ve vida hızı bağımsız değişkenler olarak, uzama oranı, ergime sıcaklığı, net güç isteği, uygulama düzgünlüğü ve karışımın tamlığı bağımlı değişkenler olarak atanmış ve sistemin optimizasyonu yapılmıştır.

Harper ve Wanninger (1970), TYM' yi kızarmış tahıl ekmeği imalatında işlem optimizasyonu için kullanmıştır. Çalışmanın amacı; yapılan uygulamanın ürünün tadına, rengine ve hacmine yaptığı etkinin belirlenebilmesidir. Çiğ ürünün nemi, ekmeklerin taşınma hızı, ekmek sıcaklığı ve üflenen sıcak hava hızı bağımsız değişkenler olarak denemeye alınmıştır.

Geier ve Hood (1989), TYM' yi uyguladıkları çalışmalarında, kayanın kesilerek zayıflatılmasının etkisini açıklamak üzere, bir kesim derinliği fonksiyonu olarak hem kesilen yüzeyi hem de mekanik enerjiyi tahminlemişlerdir.

Adaşoğlu (1994) ise; lavantadan süperkritik  $\text{CO}_2$  ekstraksiyonu ile esansiyel yağ eldesinde, % verim ve kompozisyon üzerine; sıcaklık, basınç,  $\text{CO}_2$  akış

debisi ve partikül büyüklüğü gibi faktörlerin değişik seviyelerdeki etkilerini belirleyen bir matematiksel model geliştirmek ve ekstraksiyon koşullarını optimize edebilmek üzere TYM'yi kullanmıştır.

Köpekbalığı kas proteininin hidroliz derecesi üzerine pH, sıcaklık ve enzim-substrat oranının etkisini araştırmak ve optimum hidroliz koşullarını belirlemek amacıyla Diniz ve Martin (1996) TYM tekniğinden yararlanmıştır.

Shieh ve arkadaşları (1996), TYM tekniğini kullanarak; reaksiyon süresi, sıcaklık substrat molar oranının, sukroz poliestere % molar çevrimi üzerindeki etkisini araştırmış ve ikinci dereceden bir model geliştirerek optimum koşulları belirlemiştir.

Capanzana ve Buckle (1997) ise TYM'yi, çirşlendirilmiş (ezilmiş, yapıştırılmış) pirinç unu kalitesine; ıslatma (sıcaklık ve süre) ve çirşlendirme koşullarının (sıcaklık ve süre) etkilerini belirleyerek çirşlendirilen pirinç ununun kalitesini tahminleyecek model geliştirmek ve yüksek amiloz içerikli pirinç unu elde etmeyi sağlayacak optimum koşulları belirlemek üzere kullanmışlardır.

Ünlü (1999), farklı tür adaçaylarından elde edilen ekstre bileşimlerinin aydınlatılmasını amaçladığı çalışmasında, optimum ekstrakt verimini belirlemek için, TYM'yi kullanılmış ve verimi tanımlayan üçüncü dereceden polinomial bir model denklem geliştirmiştir. Optimum ekstrakt verimi %2.258, optimum verim kompozisyonu sağlayan koşullar ise 33 °C, 300 psi ve 550 litre CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir.

Madamba ve Bekki (2001) vakumla havuç kurutmada optimizasyonu sağlamak amacıyla, vakum basıncı, dilim kalınlığı ve kurutma havası sıcaklığı gibi parametreleri kullanmışlar, bu parametrelerin kuruma oranı, son nem içeriği ve renk değişimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda 68 °C sıcaklık, 10 kPa basınç ve 1.6 mm dilim kalınlığı optimum değerler olarak saptanmıştır.

Xiang ve ark. (2002) kurdukları deneysel modelde konik, elips konik ve piramit şeklindeki balmumundan yapılmış delikli tohum ölçeri denemeye almış ve hücre eğriliği, hava hızı gibi parametrelere bağlı olarak değişimini incelemişlerdir. Kurulan model sonucunda en uygun hücre şeklinin elips koni olduğu saptanmıştır.



Rezzoug ve ark. (2005) çalışmalarında biberiyeden ekstraksiyon yoluyla esansiyel yağ eldesinde, kontrollü hızlı basınç düşüşünün ekstrasyon verimine etkisini TYM kullanarak araştırmışlardır. Denemelerinde uygulama basıncı, uygulama süresi ve yaprak nem içeriği deneme parametreleri olarak kullanılmış ve yapılan analizler sonucunda 410 kPa basınç, 0.40 gH<sub>2</sub>O/g nem içeriği, 15.8 dk uygulama süresi ekstrasyonda optimum şartlar olarak saptanmıştır.

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM)'nin sınırlı sayıdaki Tarım Makinaları uygulamalarından birisi Wang (1993) tarafından gerçekleştirilmiştir. Wang, soğan kabuğu soyma makinasının performansını optimize etmiş ve bu amaçla TYM'yi uygulamıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu hava basıncı, besleme hızı ve soğanın şekilsel özelliklerine bağlı olarak soyma etkinliği ve kayıpların polinomial formda matematiksel modelleri oluşturulmuştur.

Panneton ve ark. (1999) ilaçlamaya ilişkin çalışmada; 3<sup>3</sup> faktöriyel deneme sonuçlarının, bir TYM dizayn tipi olan merkez esaslı kompozit dizayn ile kıyaslamasını yapmıştır. Araştırmacılar çalışmaları sonucunda, merkez esaslı kompozit dizaynın tam faktöriyel denemelerden elde edilen sonuçlara benzer sonuçları sağladığını saptamışlardır. Sözkonusu araştırmacılar, daha az sayıda deneme, daha az zaman ve işgücü tüketimi nedeniyle merkez esaslı denemelerin benzer çalışmalarda kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Yazgı (2004) araştırmasında TYM dizaynlarından biri olan merkez esaslı kompozit dizayn uygulamasını, vakum esasına göre çalışan tek dane ekim makinasına uygulamış ve laboratuvar koşullarında yürüttüğü incelemelerini pamuk tohumlarını kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışması sonucunda Yazgı (2004) pamuk tohumu için en uygun plaka delik çapını 3.0 mm ve vakum değerini ise 5.5 kPa olarak belirlemiştir.

## 2.2. Teorik Esaslar

Bu çalışmanın temelinde yatan tek dane ekim makinası performans tayini ve bu performansın analizinde kullanılan Tepki Yüzeyleri Metodolojisi'ne ait teorinin doğru bilinmesi ve uygulanması, denemelerin etkin biçimde gerçekleştirilmesi, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında çok önemli rol oynamaktadır.

### 2.2.1. Tek Dane Ekim Teorisi

Üretimde önemli girdiler olan yakıt ve tohumluk, yapılan çalışmalar sayesinde mümkün olduğunca en az kullanıma yönlendirilmektedir. Özellikle tohumluk kullanımının geleneksel ekime göre büyük oranda azaldığı tek dane ekim ile üretimde kar marjı belirli oranda artış göstermektedir.

Tek dane ekim tekniği daha sonra yapılması gereken seyreltme ve tekleme işlemlerini de gereksiz kıldığından veya azalttığından önemli ölçüde yakıt, işgücü ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

#### 2.2.1.1. Tek Dane Ekimin Matematik-İstatistik Esasları

Tek dane ekim yapabilecek makinalarla ilgili çalışmalar 20. yy'ın ilk yıllarında Avrupa ve ABD'de başlamış ve bu alanda büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Günümüzde çok sayıda, değişik prensiplere göre çalışan farklı tek dane ekim makinalarını görmek mümkündür.

Tek dane ekimde filizler, tarla çıkış derecesine bağlı olarak rastgele bir sıra oluşturmaktadır. Neeb tarafından elle yapılan tek dane ekim denemelerinde bitki dağılımlarının istatistik bir kurala bağlı olduğu ve tarlada istenilen filiz aralıkları yüzde oranlarının aşağıdaki binomiyal eşitlikten hesaplanabileceği ortaya konmuştur (Önal, 1995).

$$X_m = p (1-p)^m = p \cdot q^m \quad \dots\dots\dots 1.$$

Formülde;

$X_m$ : Belirli bir m değeri için bitki aralıklarının oranı

m : Sırada birbiri ardına filiz vermeyen tohum sayısı (0,1,2,3...)

p : Tarla çıkış derecesi (ondalık olarak)

q : 1-p (ondalık olarak)

Tek dane ekimde, filizlenmeden sonra tarlada oluşan bitki sıklığı, sıra aralığına, ekim mesafesine ve tarla çıkış derecesine bağlı olarak aşağıdaki formüle göre değişir (Önal, 1995).

$$S = \frac{F \cdot p}{Z \cdot b} \dots\dots\dots 2.$$

Formülde;

*S*: Sıklık (bitki sayısı/ha)

*F*: 10<sup>8</sup> cm<sup>2</sup>/ha

*p*: Tarla filiz çıkışı (ondalık olarak)

*Z*: Ekim mesafesi (cm)

*b*: Sıra aralığı (cm)

### 2.2.1.2. Pnömatik Tek Dane Ekici Düzen Konstrüksiyonunda Genel Esaslar

Tarlada düzgün bir bitki dağılımı ancak iyi bir tarla hazırlığı ve arkasından gelecek doğru bir ekim işlemi ile gerçekleştirilebilir. Doğru bir ekim ise; tohum ekici disk tarafından tohumun düzgün ekim aralığında boşluksuz olarak uygun ekim derinliğinde toprağa bırakılması ve üzerinin belli irilikteki toprak granülleriyle örtülmesinden meydana gelir.

Günümüz uygulamalarında tek dane ekim makinasının iş başarısını etkileyen en önemli etmenler makina ilerleme hızı ve iş genişliğidir. İş genişliği 3 m'nin üzerine çıktığında nakliye sorunu ve traktör hidrolik sisteminde zorlanmalar ortaya çıkmaktadır. İlerleme hızı ise 5 kmh<sup>-1</sup>' in üzerine çıktığında tohum diskindeki deliklerin doluluk oranı azalmakta ve çiziye bırakılan tohumun çizide sürüklenme riski artmaktadır. Bu durumda ekim hassasiyeti önemli oranda düşmektedir (Önal, 1995).

Tohumun depodan alınıp çiziye bırakılması 4 aşamada meydana gelmektedir:

- Tohumun disk deliklerinde tutulması,
- Vakum etkisinden kurtulan tohumun plakadan ayrılması,
- Delik ile çizi arasındaki düşme,
- Tohumun çizideki hareketi

Yapılan yapışkan bant testleri sonucunda oluşturulacak tohum dağılım diyagramlarıyla ilk 3 aşama sonuçlarının değerlendirilmesi mümkündür (Önal, 1995).

Yapışkan bant ile tarla denemeleri karşılaştırıldığında, tohumun yuvarlanması ve sürüklenmesi nedeniyle tohum dağılımı, yapışkan bantta tarlaya göre daha iyidir. Sürüklenme ve yuvarlanma; makina titreşimi, ilerleme hızı, düşme yüksekliği ve çizi profilinden büyük oranda etkilenmektedir.

Tek dane ekim makinalarında olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Ekici düzenler belli sınırlar dışında ikizlenme veya boşluk yapmamalıdır.
- Tohumları kalibre etmeden ekebilmelidir.
- Özellikle küçük ve hafif tohumların ekiminde düşme yüksekliği mümkün olduğunca az olmalıdır.
- Çimlenme gücü ve tohum kaybına neden olması nedeniyle ekici düzenler tohumu zedelememelidir.
- Yapışkan bantta elde edilen tohum dağılımı düzgün olmalıdır. 0.5Z – 1.5Z içerisinde bulunan tohum oranı ne kadar yüksekse, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü de o oranda yüksek olacaktır (Önal,1995).

Tek dane ekim makinalarının seçiminde sıra aralığı son derece önemlidir. Çapa bitkisi tohumlarının ekiminde kullanılan pnömatik prensibe göre çalışan ekim makinalarında delikli plakalı veya diskli ekici düzenler kullanılırken, dar sıra aralığında ekilen tahıl tohumları için delikli silindirik ekici düzenler daha pratik olmaktadır.

Vakum prensibine göre çalışan düşey delikli plakalı veya diskli pnömatik tek dane ekici düzenlerde ekim kalitesine;

- Ekici plakanın çevre hızı ( $V_p$ ),
- Plakadaki deliklere tohumu yönlendiren ve tohumun hızını plakanın hızına senkronize eden tekleme düzeninin bulunup bulunmaması,
- Vakum basıncı

etkilidir.

Vakum prensibine göre çalışan düşey tohum diskli pnömatik tek dane ekim makinasında  $0.5 \text{ ms}^{-1}$ 'lik disk çevre hızına kadar %90-95 oranında olan tohum yakalama oranı; çevre hızı  $0.8 \text{ ms}^{-1}$ 'ye arttırıldığında %75 değerine inmektedir (Önal, 1995).

Vakum etkisiyle plakadaki deliğin tohumu yakalaması sırasında etki eden kuvvetler şunlardır:

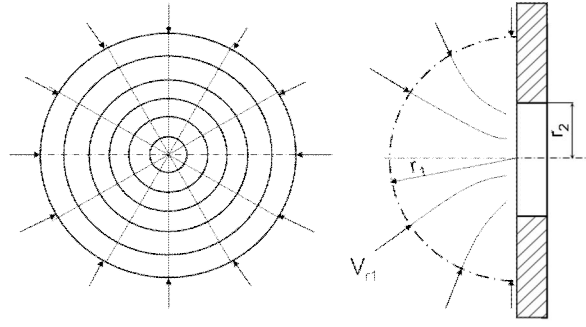
- Tohumun ağırlığı,
- Santrifüj kuvvet,
- Tohumla plaka arasındaki sürtünme kuvveti,
- Tohumun delik tarafından yakalanması ve tohuma  $V_p$  hızı kazandırılması sırasında oluşan atalet kuvveti,
- Plakadaki delik tarafından yakalanan ve tohum kütlesi içinde bir süre sürüklenen tohuma diğer tohumların gösterdiği direnç

Delikli tohum plakası üzerine monte edilen kanatlı çarklarla, bin dane ağırlığı fazla olan tohumlarda bile deliklerin tek dane yakalama oranı yükselmekte ve  $1 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında garantili tek dane yakalama oranı sağlanabilmektedir. Çünkü kanatlı çark deliğin yakalayacağı tohuma ivme vermekte ve tohumu ana tohum kütesinden ayırarak deliğe yönlendirmektedir.

Pratikte tohum, şekli nedeniyle her zaman tam olarak deliği kapatmamakta ya da tam delik üzerinde emilememektedir. Bu nedenle konstrüktif hesaplamalarda bu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Delikli plakalı ekici düzene sahip pnömatik tek dane ekim makinalarıyla boşluk ve ikizlenme olmadan ekim yapabilmek için işletme hava basıncı belli sınır değerlerinin altında ya da üzerinde olmamalıdır (Önal,1995).

Tohumun, her zaman tam delik üzerinde yakalanması söz konusu değildir. Delik açıklığından uzaklaştıkça emme kuvvetinde büyük düşüşler gözlenmektedir. Bunun nedeni, Eşitlik 3'de verildiği gibi, delikten uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak hava hızının azalmasıdır. Hava bir deliğe radyal olarak bütün yönlerde akar. Akış çizgilerinin oluşturduğu zarf bir yarım küre yüzeyidir ve yarım kürenin yarıçapını dane ile delik arasındaki mesafe belirler (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Delikten havanın emilmesi

Delikten  $r_1$  uzaklıktaki  $V_{r1}$  hava hızı;

$$V_{r1} = \frac{2.90 r_2^2 \sqrt{\Delta p}}{2 r_1^2} ; r_1 > 0 \dots\dots\dots 3.$$

formülüne göre hesaplanabilir (Önal, 1995). Formülde;

$V_{r1}$  : Delikten  $r_1$  uzaklıktaki hava hızı ( $\text{ms}^{-1}$ )

$r_1$  : Delikten uzaklık (m)

$r_2$  : Delik yarıçapı (m)

$\Delta p$  : Vakum basıncı ( $\text{kpm}^{-2}$ )

Delikli plakalı pnömomatik tek dane ekim makinalarında plaka üzerine çark yerleştirerek ya da daha basit bir konstrüksiyonla plaka üzerindeki delik sayısını arttırarak yüksek ilerleme hızlarında ( $12 \text{ kmh}^{-1}$ ) çalışılabilmektedir.

### 2.2.1.3. Tek Dane Ekim Makinaları Deney İlkeleri

Tohumları istenilen sıra üzeri mesafelerde tek tek ekebilen tek dane ekim makinaları için denemeler 3 aşamadan meydana gelmektedir.

- i. Laboratuvar Deneyleri: Ekim normu, sıra üzeri tohum düzgünlüğü, tohum zedelenme oranı, gömücü ayak sertlik derecesi, gürültü düzeyi gibi kriterlerin saptanması,

ii. Tarla Denevleri: Gerçek ekim normu, tarla çıkış derecesi ve ekim derinliğindeki düzgünlüğün saptanması, makinanın kullanım-ayar kolaylığı, iş başarısı ve konstrüktif sağlamlığın belirlenmesi,

iii. Sağlamlık ve Dayanıklılık Kontrolü

Ülkemizde bugün için uygulanan ve ekim makinaları deneyi yapan yetkili kuruluşlarca kabul görmüş ilkelere göre, denemeye alınan bir makina için değerlendirme esasları aşağıdaki gibidir (Anonim, 1999);

- Denevler sonucu elde edilen ekim normu değerlerinin hızlara göre değişiminin varyasyon katsayısı, en çok %6 olmalıdır.
- %20 eğimdeki çalışma koşullarında ekim normunda meydana gelen değişim en çok %10 olmalıdır.
- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü bozan en düşük depo doluluk oranı %10 olmalıdır.
- Elde edilen Tarla Çıkış Derecesi (TÇD) değerleri; tarla hazırlığı, toprak özellikleri, tohumun biyolojik değeri ve çıkış zamanındaki iklim koşulları dikkate alınarak değerlendirilir.
- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü denemelerinde elde edilen kabul edilebilir tohum aralıklarının nispi oranı en az %82.3 olmalıdır. Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü denemelerinde Çizelge 2.1'e göre saptanan kabul edilebilir tohum aralıkları, ikizlenme ve toplam boşluk oranlarının değerlendirilmesi, Çizelge 2.2'ye göre yapılır.
- Sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü denemelerinde Çizelge 2.1'e göre saptanan kabul edilebilir bitki aralıkları, ikizlenme ve toplam boşluk oranlarının değerlendirilmesi, elde edilen (ondalık) TÇD değeri yardımıyla Çizelge 2.2'ye göre yapılır.
- Denevler sonucu 3 çeşit tohumda değişik hızlar için gözlenen zedelenme oranı, ağırlık cinsinden en çok % 0.3 olmalıdır.
- Ekim derinliği dağılımının varyasyon katsayısı, en çok %25 olmalıdır.
- Gömücü ayakların sertlikleri en az 40 RSD-C olmalıdır.
- Tahrik tekerleği kayma oranı en çok %10 olmalıdır (Anonim, 1999).

Çizelge 2.1. Ayarlanan sıra üzeri tohum aralığına ( $Z$ =anma ekim aralığına) göre sıra üzeri tohum/bitki dağılımı değerlendirme planı (Önal, 1995).

Sıra üzeri tohum aralığı	Tanım	Sıra üzeri bitki aralığı
$< 0.5 Z$	İkizlenme	$< 0.5 Z / T\check{C}D$
$(0.5-1.5) Z$	Kabul edilebilir aralıklar	$(0.5-1.5) Z / T\check{C}D$
$(1.5-2.5) Z$	Boşluk	$(1.5-2.5) Z / T\check{C}D$
$(2.5-3.5) Z$	Boşluk	$(2.5-3.5) Z / T\check{C}D$
$> 3.5 Z$	Boşluk	$> 3.5 Z / T\check{C}D$

Çizelge 2.2. Kabul edilebilir sıra üzeri tohum/bitki aralıkları, ikizlenme ve boşluk oranlarının değerlendirilmesi (Anonim, 1999).

Kabul edilebilir tohum/bitki aralıkları oranı (%)	İkizlenme oranı (%)	Toplam boşluk oranı (%)	Değerlendirme
$> 98.6$	$< 0.7$	$< 0.7$	Çok iyi
$> 90.4 - \leq 98.6$	$\geq 0.7 - < 4.8$	$\geq 0.7 - < 4.8$	İyi
$\geq 82.3 - \leq 90.4$	$\geq 4.8 - \leq 7.7$	$\geq 4.8 - \leq 10$	Orta
$< 82.3$	$> 7.7$	$> 10$	Yetersiz



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Ekim Makinası

Denemelerde vakum prensibine göre çalışan ACCORD-Optima marka dört sıralı tek dane ekim makinası (Şekil 3.1) kullanılmıştır.

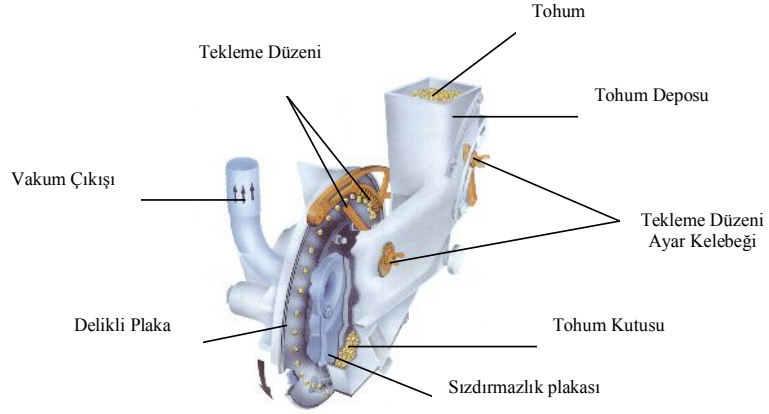
Makinanın ekici düzeni, çevresinde tohumların emilerek tutulmasını sağlayan ve düşey olarak çalışan disk şeklindeki tohum plakası, tekleme düzeni ve gömücü ayaktan oluşmaktadır. Tohum plakası, Ø185 mm yörünge üzerinde dizilmiş 36 adet deliğe sahip, 2 mm kalınlığında, 247 mm çapında paslanmaz çelik saçtan imal edilmiştir ve tohum kutusuyla vakum odasını birbirinden ayırmaktadır.



Şekil 3.1. Makina genel görünüşü

Ekim makinası üzerine monte edilmiş fan, kuyruk milinden aldığı hareketle çalışmakta olup, devir sayısı değiştirilerek maksimum 100 mbar değerine kadar vakum basıncı ayarına olanak vermektedir. Fan tarafından oluşturulan vakum etkisiyle deliklerden emilerek plakaya yapıştırılan tohumlar, plakanın döndürülmesiyle yukarı doğru kaldırılır.

Tohum plakasının alt kısmında bulunan sızdırmazlık plakası yardımıyla delikler ile vakum odası arasındaki bağlantı kesildiğinden vakum etkisinden kurtulan tohumlar yerçekiminin de etkisiyle plakayı terk ederek açılan çiziye ya da banda düşer (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Vakum prensibine göre çalışan tek dane ekici düzen



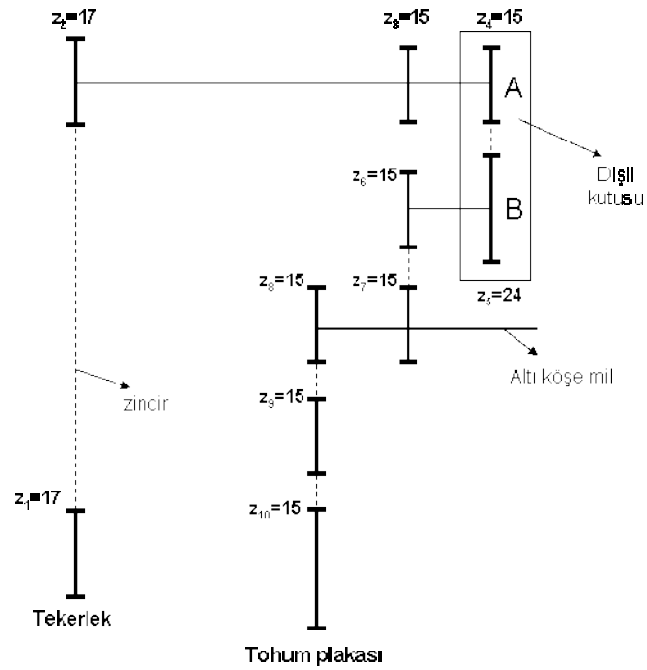
Şekil 3.3 Tek dane ekici düzen ile tohumun toprağa yerleştirilmesi

Plaka üzerinde bulunan ve konumu değiştirilerek ayarlanabilen 2 adet tohum tekeme düzeni (organı) ile delik tarafından emilen birden çok tohumun tekrar tohum kutusuna düşmesi sağlanır. Tekleme düzenlerinin konumu, kutuya bağlı kertikli ayar skalası yardımıyla (1 ve 2) ayrı ayrı değiştirilebilmektedir (Şekil 3.4).

Ekim makinası tahrik tekerleğinden alınan hareket zincir-dişli mekanizmaları yardımıyla dişli kutusuna, oradan da farklı dişliler kullanılarak transmisyon değişimine imkan veren dişli kutusu üzerinden altı köşe mile ve yine zincir-dişli sistemler yardımıyla tohum plakasına iletilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Tekleme düzeni ayarı



Şekil 3.5. Makina hareket iletim şeması

Makinada ayrıca farklı anma ekim aralıklarına (Z) ayar imkanı verecek yedek dişliler yer almaktadır. Çizelge 3.1'de, A-B dişlilerinin (Şekil 3.5) değiştirilmesi ile elde edilebilen farklı anma ekim aralıkları görülmektedir. Denemelerde sıra üzeri ekim aralıkları, kullanılan tohumların tek dane ekimine uygun olarak 11.8 cm alınmıştır.

Ekici düzende tohum plakasındaki tohum akışının ya da tohumsuz geçen deliklerin gözlenmesine olanak sağlayan şeffaf bir kapak bulunmaktadır.

Her ekici ünite için 29 dm<sup>3</sup> hacminde bir tohum deposu bulunan makinada, ekici üniteler ürünün ekimine uygun sıra arası mesafede olacak şekilde çatı üzerinde kaydırılabilmektedir.

Çizelge 3.1. Sıra üzeri teorik tohum aralığı (Z; cm) ayar olanakları

Dişli çark		Ekici disk üzerindeki delik sayısı						
A	B	12	24	32	36	48	64	96
24	13	16.0	8.0	6.0	5.3	4.0	3.0	2.0
25	15	17.7	8.8	6.6	5.9	4.4	3.3	2.2
24	15	18.4	9.2	6.9	6.1	4.6	3.5	2.3
24	17	20.9	10.4	7.8	7.0	5.2	3.9	2.6
19	15	23.3	11.6	8.7	7.8	5.8	4.4	2.9
19	16	24.8	12.4	9.3	8.3	6.2	4.7	3.1
19	17	26.4	13.2	9.9	8.8	6.6	4.9	3.3
19	18	27.9	14.0	10.5	9.3	7.0	5.2	3.5
18	19	31.1	15.6	11.7	10.4	7.8	5.8	3.9
17	19	32.9	16.5	12.4	11.0	8.2	6.2	4.1
16	19	35.0	17.5	13.1	11.8	8.8	6.6	4.4
15	19	37.3	18.7	14.0	12.5	9.3	7.0	4.7
18	24	39.3	19.7	14.7	13.1	9.8	7.4	4.9
17	24	41.6	20.8	15.6	13.9	10.4	7.8	5.2
16	24	44.2	22.1	16.6	14.7	11.1	8.3	5.5
15	24	47.2	23.6	17.7	15.7	11.8	8.8	5.9
13	22	49.9	24.9	18.7	16.6	12.5	9.4	6.2
13	24	54.4	27.2	20.4	18.1	13.6	10.2	6.8
13	25	56.7	28.3	21.3	18.9	14.2	10.6	7.1
13	27	61.2	30.6	23.0	20.4	15.3	11.5	7.7
13	28	63.5	31.7	23.8	21.2	15.9	11.9	7.9
13	30	68.0	34.0	25.5	22.7	17.0	12.8	8.5

Makina üzerinde ayrıca gübrenin tohumla birlikte verilmesine olanak sağlayacak şekilde yerleştirilmiş gübre atma düzeni ve gübre deposu bulunmaktadır.

### 3.1.2. Tohumluk

Denemeler fiziksel (küresellik, bindane ağırlığı, yüzey izdüşüm alanı, sürtünme katsayısı, ortalama anma çap) ve aerodinamik özellikleri (kritik hız) birbirinden farklı tohumluk çeşitleri (mısır, pamuk<sup>1</sup>, nohut, ayçiçeği, soya, şeker pancarı ve kanola) ile dört farklı çapa (4, 6, 8 ve 10 mm) sahip tam küresel yapay (polietilen) materyaller kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).

<sup>1</sup> Pamuk tohumuna ilişkin tüm deneme verileri Yazgı, 2004'den alınmıştır.

Tohumlardan farklı olarak, tam küresel materyallerin kullanılmasındaki temel amaç; tüm tohumları için geliştirilmesi düşünülen matematiksel modele küreselliğin %100 değerinin tanıtılabilmesidir.

Diğer yandan özellikle ilerleyen tohum kaplama teknolojisi ve kaplanmış tohumun ekim kalitesine olan olumlu etkisi düşünüldüğünde, farklı iriliklerdeki kaplanmış tohumları simule eden farklı çaplara sahip küresel materyal kullanımının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.6. Denemelerde kullanılan tohumlar ve küresel materyaller

Denemelerde kullanılan tohum çeşitleri Çizelge 3.2’de, tohumlar ve tohumluk materyallere ait bazı fiziksel özellikler ise Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemelerde kullanılan tohumluk çeşitleri

Tohum	Marka	Çeşit
Mısır	MAY	Sele
Pamuk	Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü	Nazilli 84
Ayçiçeği	MAY	Sirena
Nohut	-	Koçbaşı (beyaz)
Şeker pancarı	KWS	Julietta
Soya	MAY	Nova
Kanola	DEKALB	Californium

Çizelge 3.3. Tohumlar ve küresel materyallerin bazı fiziksel özellikleri

Tohumluk	Uzunluk (a; mm)	Genişlik (b; mm)	Kalınlık (c; mm)	Küresellik <sup>2</sup> (Φ; %)	Bin Dane Ağırlığı (m <sub>1000</sub> ; g)
Mısır	10.7	7.8	6.2	75.0	343.75
Nohut	12.2	9.1	8.4	80.3	596.3
Pamuk	8.2	4.7	4.1	65.9	90.55
Ayçiçeği	10.3	5.1	3.5	54.8	59.68
Soya	7.4	6.6	5.8	89.3	180.79
Şeker pancarı	3.9	3.5	2.9	87.5	16.55
Kanola	2.1	1.9	1.9	92.4	3.32
Küresel Materyal (4 mm)	4	4	4	100	31.5
Küresel Materyal (6 mm)	6	6	6	100	105
Küresel Materyal (8 mm)	8	8	8	100	252
Küresel Materyal (10 mm)	10	10	10	100	490.75

### 3.1.3. Ekim Makinası Deneme Düzeni

Tek dane ekim makinası performansının belirlenmesi ve optimize edilmesi amacıyla yapılan çalışmada, kurulan deneme düzeneği genel olarak, yapışkan bant düzeneği, elektronik tahrik düzeni, vakum ölçüm sistemi ve bilgisayar destekli ölçüm düzeni olmak üzere dört kısımdan meydana gelmektedir (Şekil 3.7).

#### 3.1.3.1. Yapışkan Bant Düzeneği

Ekim makinalarının laboratuvar şartlarında denenmesinde yoğunlukla kullanılan yapışkan bant düzeni, üzerine gres yağı sürülmüş yapışkan bir bant, bu bantı istenilen ilerleme hızında hareket ettiren ve bant devir sayısının kademesiz olarak ayarlanmasına olanak veren elektronik kontrollü bir elektrik motoruyla, tohum plakası ile makina ilerleme hızının senkronize bir şekilde çalışmasını sağlayan ve devir sayısı yine kademesiz olarak ayarlanabilen elektronik kontrollü diğer bir redüktörlü elektrik motorundan meydana gelmektedir.

Gres yağı sürülmüş yapışkan bant, ekim makinası gömücü ayağı altından makina ilerleme hızında hareket ettirilir ve ekici düzenden düşen tohumlar bant üzerine yapışır (Şekil 3.7).

Basit bir simülasyon mantığına göre kurulan düzenekte, tarlada olduğu gibi laboratuvarda makinanın ilerlemesi mümkün olmayacağından bir bakıma toprağın hareket etmesi, makinanın ise sabit kalması sağlanmaktadır.

$$\Phi = \frac{\sqrt[3]{abc}}{a} \times 100$$





Şekil 3.7. Ekim makinası deneme düzeni

### 3.1.3.2. Elektronik Tahrik Düzeni

Denemelerde istenen vakum basıncı değerlerinin elde edilmesinde traktör yerine devri kademesiz olarak ayarlanabilen, elektronik kontrollü redüktör düzeni kullanılmıştır (Şekil 3.7). Bu sayede traktörle çalışmada oluşabilecek olumsuz etmenler (yakıt tüketimi, egzost dumanı v.b) de ortadan kaldırılmıştır.

### 3.1.3.3. Vakum Ölçüm Sistemi

Fan tarafından oluşturulan ve tohumların plaka üzerinde yakalanmasını sağlayan vakum değerinin ölçülmesi için kullanılan sistem bir başlık, kauçuk hortum ve dijital vakum ölçerden meydana gelmektedir (Şekil 3.7). Vakum ölçere ilişkin teknik özellikler Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çalışma sırasında tohumun plakada tutulduğu andaki vakum basıncının ölçülebilmesi için bu sistem, ekici ünite üzerindeki vakum çıkış ağzına monte edilmiş ve vakum ölçümleri bu noktada gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.4. Vakumölçer teknik özellikleri

Üretici Firma	: Westfalia	Basınç Modu	: Gauge
Model/Sınıf	: -/KI 1.0	Belirsizlik Düzeyi	: %0.55 FS
Çalışma Aralığı	: 0-100 kPa	Çözünürlük	: 1 kPa
Güvenilirlik Düzeyi	: %95	Okunabilirlik	: 0.05 kPa

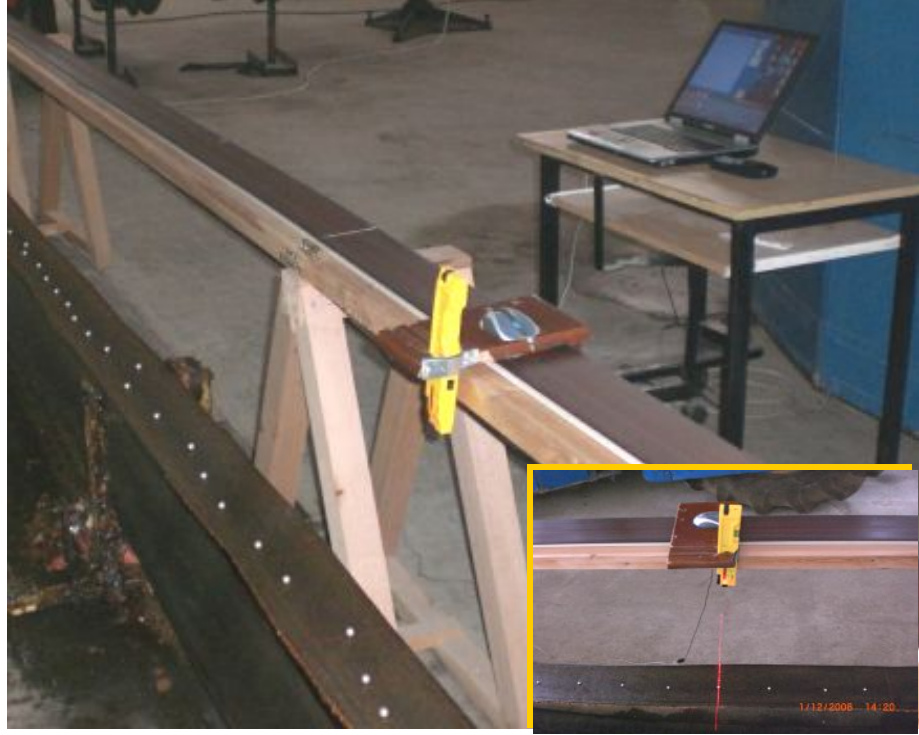
### 3.1.3.4. Bilgisayar Destekli Ölçüm Düzeni

Denemelerde, tek dane ekim makinası için performans göstergesi olan sıra üzeri tohum aralıklarının ölçülmesinde, bilgisayar destekli lazerli otomatik mesafe ölçüm sistemi kullanılmıştır. Sistem yazılımı; verilerin toplanarak bilgisayara aktarılması ve toplanan verilerin analizi olmak üzere iki aşamadan meydana gelmektedir. Verilerin toplanmasında, *Visual Basic*'de geliştirilen ve basit bir kullanıcı arayüzü ile verileri *Microsoft Excel*'e aktaran *Project1.exe* yazılımı, verilerin istatistiksel analizinde ise *Microsoft Excel* içerisinde *VB Macros* kullanılarak hazırlanan yazılım kullanılmaktadır (Önal ve Önal, 2009).

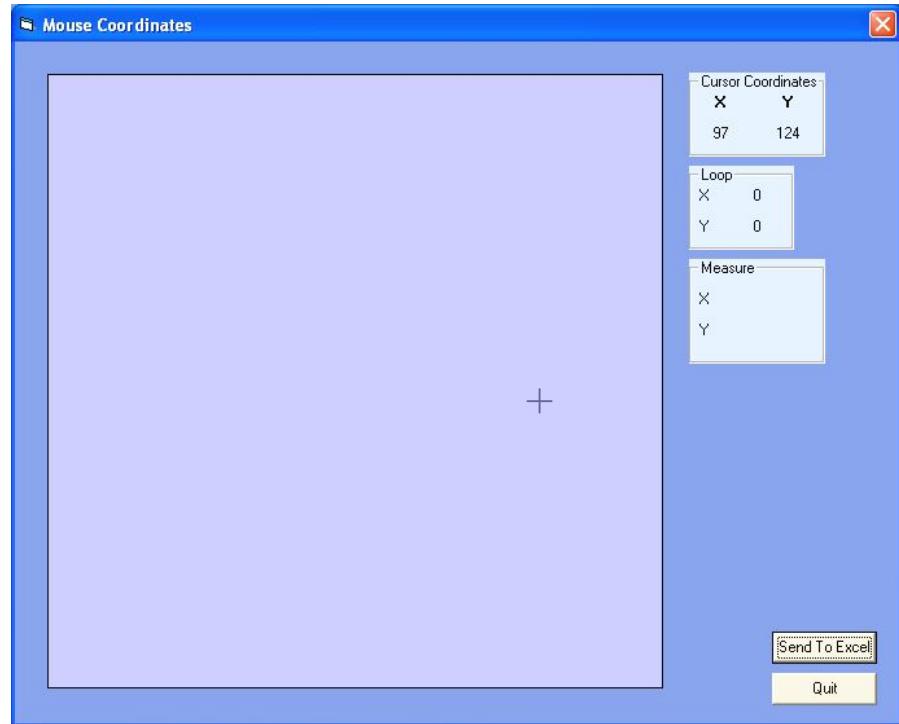
Program, ahşap bir platform üzerinde yapışkan banda paralel hareket eden lazer aygıtıyla donatılmış bir dizüstü bilgisayar mouse'ından gelen koordinat bilgilerine bağlı olarak tohum konumunun belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 3.8). Lazer ışığı izdüşümünün platform üzerinden tohum üzerine gelecek şekilde bırakıldığı anda mouse'a tıklanması sonucunda veriler program tarafından alınmaya başlamaktadır. Şekil 3.9'da programın ana ekran görüntüsü yer almaktadır.

Mouse tarafından gönderilen sinyallere bağlı olarak alınan veriler *Excel*'e aktarılarak belli komutlarla hesaplamalar yapılmaktadır. Ekime ilişkin sekiz farklı performans kriteri hesaplaması bu yazılım tarafından yapılabilmektedir. Şekil 3.10' da, denemesi yapılan bir ürüne ilişkin ikizleme oranı (multiple index), boşluk oranı (miss index) ve kabul edilebilir tohum aralığı oranı (ASES) değerlerini gösteren bir hesaplama sayfası örneği yer almaktadır.





Şekil 3.8. Bilgisayar destekli ölçüm düzeni



Şekil 3.9. Project1.exe yazılımı ana ekranı

Microsoft Excel - Deneme no 14-1 Kopya mousecalib.xls

Yardımcı menü: Dosya Düzen Görünüm Ekle Bütün Araçlar Yeri Pencere Yardım

Yardımcı menü: Yardım için soru yazın

Formül çubuğu: = -1255

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
	Y	Difference	Number of Sample	Mean of the class intervals X (cm)	Frequency (f)	% Share	X*f	Mean Seed Spacing Zlot	Multiples	Misses %	ASES %	ASES*X	ASES*X*2	Mean of the main seed spacing distribution Zn	Standard deviation of the seed spacing distribution
2	-71	9,20	58	0,5	0	0,00	0	11,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,82727	
3	-186	13,04		1,5	0	0,00	0	5,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
4	-349	15,92		2,5	0	0,00	0	17,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
5	-548	9,52		3,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Target s
6	-667	10,00		4,5	1	1,72	4,5	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Popul
7	-792	15,36		5,5	1	1,72	5,5	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		#6
8	-984	9,36		6,5	4	6,90	26		0,00	0,00	6,90	44,83	291,38		
9	-1101	12,32		7,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
10	-1255	10,32		8,5	2	3,45	17		0,00	0,00	3,45	29,31	249,14		
11	-1384	12,32		9,5	10	17,24	95		0,00	0,00	17,24	163,79	1566,03		
12	-1538	12,72		10,5	5	8,62	52,5		0,00	0,00	8,62	90,52	950,43		
13	-1697	14,88		11,5	5	8,62	57,5		0,00	0,00	8,62	99,14	1140,09		
14	-1883	9,28		12,5	11	18,97	137,5		0,00	0,00	18,97	237,07	2963,36		
15	-1999	12,80		13,5	8	13,79	108		0,00	0,00	13,79	186,21	2513,79		
16	-2159	13,04		14,5	2	3,45	29		0,00	0,00	3,45	50,00	729,00		
17	-2322	9,36		15,5	5	8,62	77,5		0,00	0,00	8,62	133,62	2071,12		
18	-2439	12,56		16,5	2	3,45	33		0,00	0,00	3,45	56,80	938,79		
19	-2596	16,32		17,5	1	1,72	17,5		0,00	0,00	1,72	30,17	528,02		
20	-2800	13,76		18,5	0	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
21	-2972	9,28		19,5	0	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	-3088	10,40		20,5	0	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
23	-3218	13,04		21,5	1	1,72	21,5		0,00	1,72	0,00	0,00	0,00		
24	-3381	11,12		22,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Hazır

Microsoft Excel - Deneme no 14-1 Kopya mousecalib.xls

Yardımcı menü: Dosya Düzen Görünüm Ekle Bütün Araçlar Yeri Pencere Yardım

Yardımcı menü: Yardım için soru yazın

Formül çubuğu: =

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
88	0,00			85,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
89	0,00			87,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
90	0,00			88,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
91	0,00			89,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
92	0,00			90,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
93	0,00			91,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
94	0,00			92,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
95	0,00			93,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
96	0,00			94,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
97	0,00			95,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
98	0,00			96,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
99	0,00			97,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
100	0,00			98,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
101	0,00			99,5	0	0,00	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
102	0,00				58		682		3,45	1,72	94,83	1121,55	13927,16	
103	0,00								Multiples	Miss				
104	0,00								Index %	index %	ASES %			
105	0,00													
106	0,00													
107	0,00													
108	0,00													
109	0,00													
110	0,00													
111	0,00													
112	0,00													
113	0,00													
114	0,00													
115	0,00													
116	0,00													
117	0,00													
118	0,00													
119	0,00													

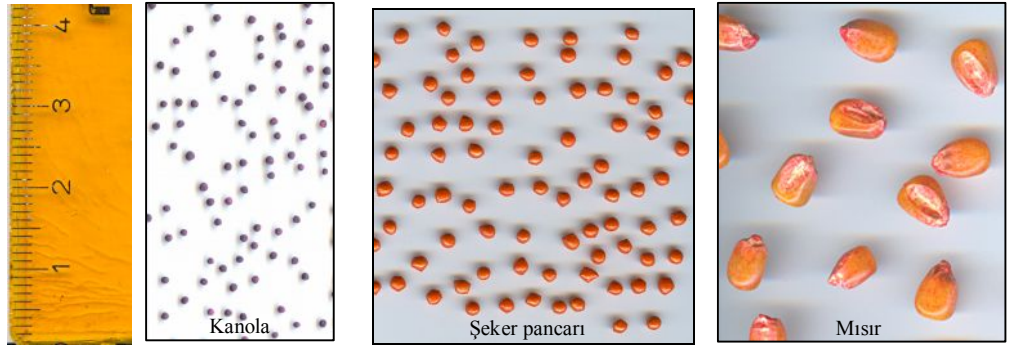
Hazır

Şekil 3.10. Proje1.exe yazılımı hesaplama sayfası örneği

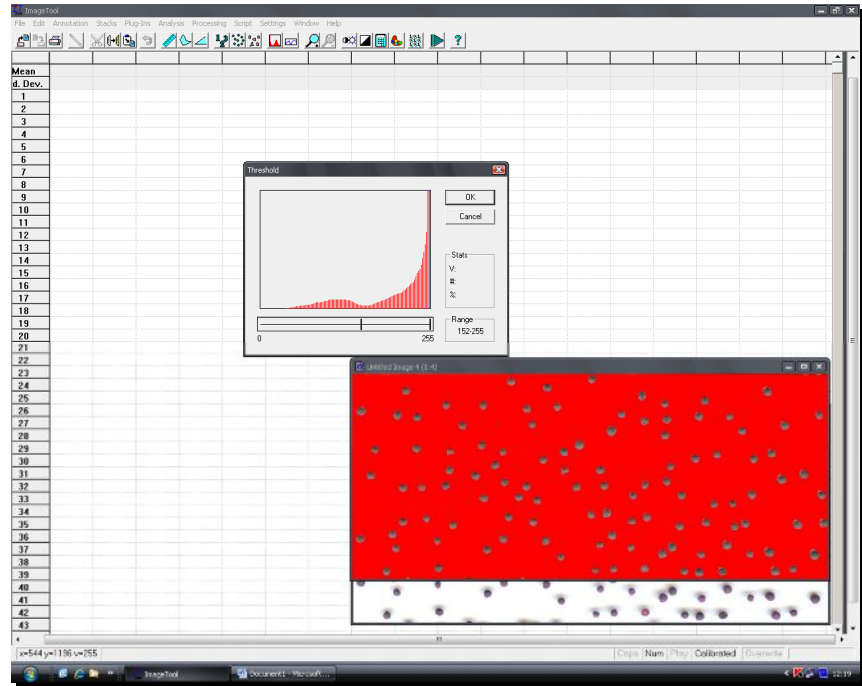
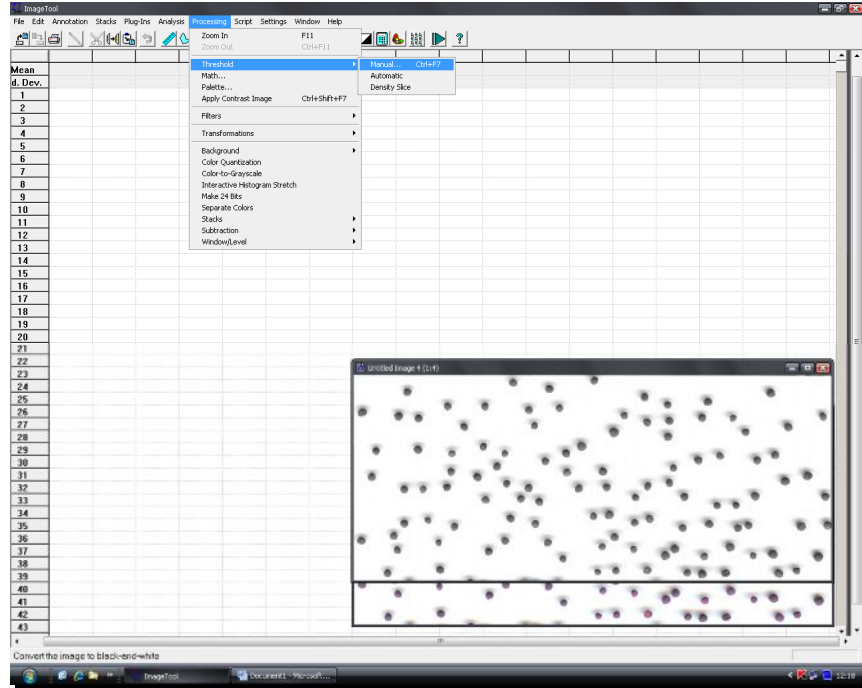
### 3.1.4. Görüntü İşleme, İstatistik ve Matematik Paket Programları

Denemede kullanılan küçük tohumların (kanola, şeker pancarı) küresellik değerlerinin saptanmasında, tohum ölçüleri için “*UTHSCSA Image Tool Version 3.0*” görüntü işleme programından yararlanılmıştır. Bu yöntem için, tohumların tarayıcıdan izdüşüm görüntüleri alınmış (Şekil 3.11) ve bu görüntüler paket programda analize tabi tutulmuştur (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13).

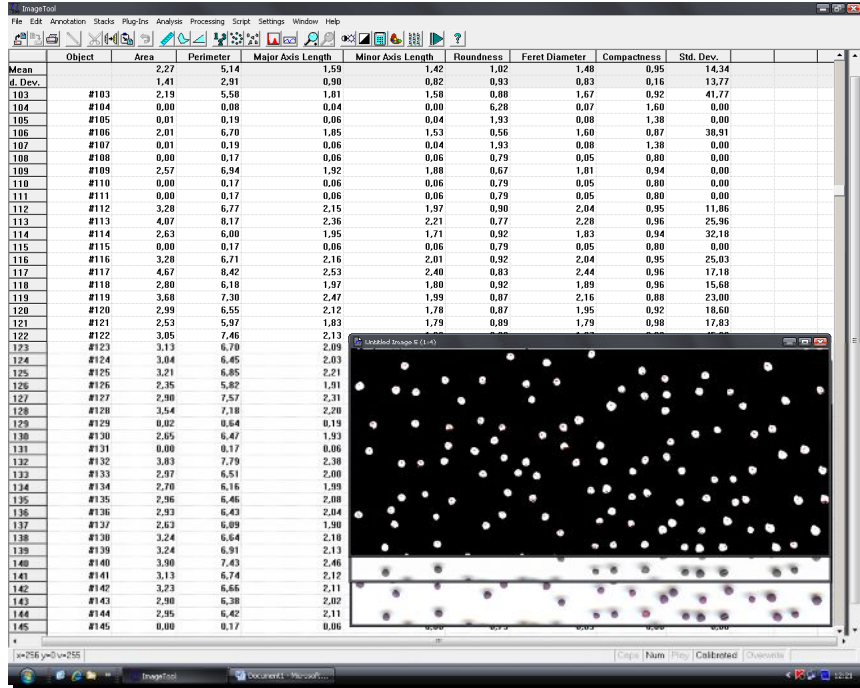
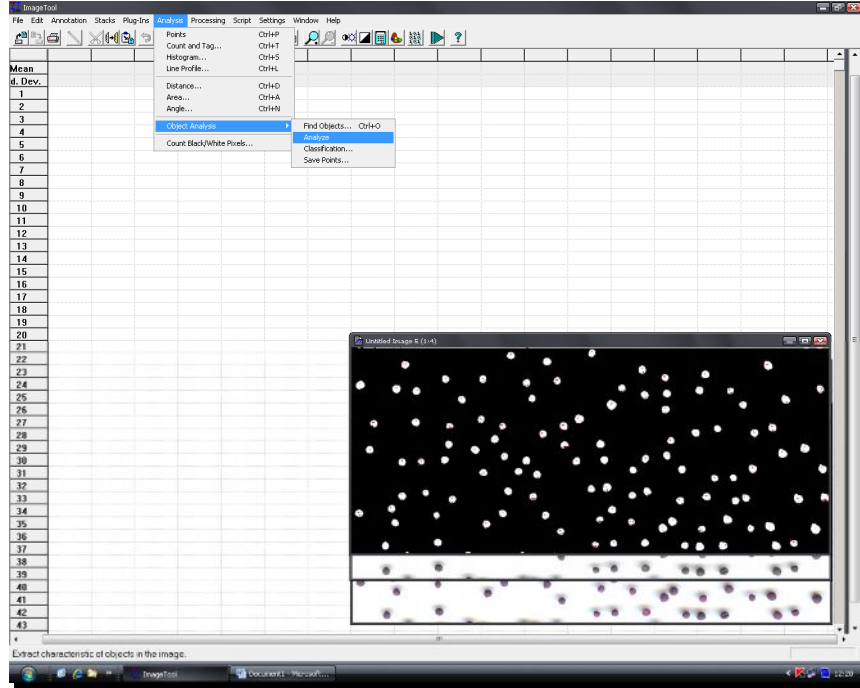
Şeker pancarı tohumlarının özelliklerinin saptanmasında ölçüler hem dijital kumpas yardımıyla hem de paket programla bulunarak, programın verdiği ölçülerin doğruluğu ve kullanılabilirliği sınanmıştır. Her iki yöntemden elde edilen sonuçların birbirine son derece yakın olduğu ve birbirini destekler nitelikte olduğu saptanmıştır. Bu nedenle de tüm tohumların yüzey alanı tespitinde yine *Image Tool* programından faydalanılmıştır.



Şekil 3.11. Bazı tohumların izdüşüm görüntüleri



Şekil 3.12 Image Tool programı hesaplama sayfası-1 (kanola örneği)



Şekil 3.13. Image Tool programı hesaplama sayfası-II (kanola örneği)

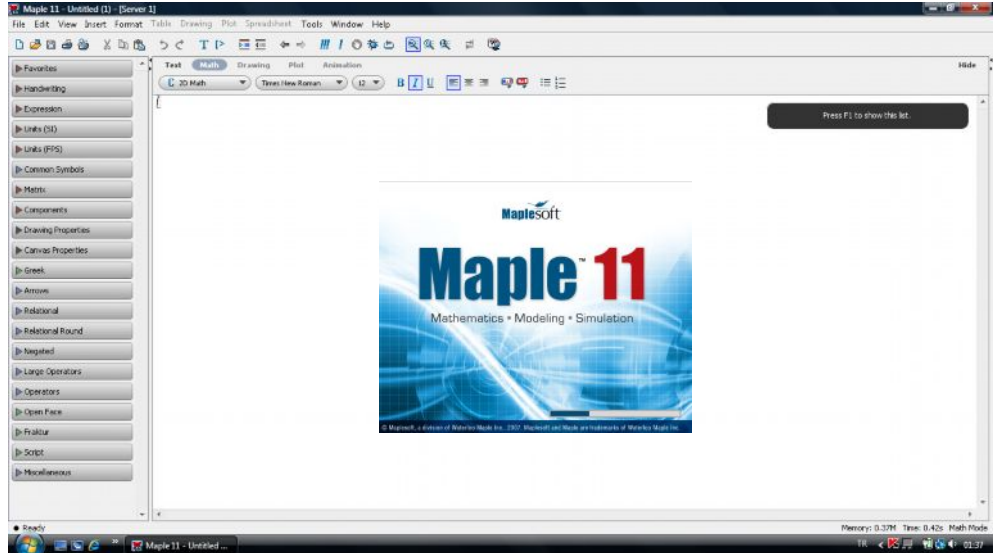
Yapılan deneme sonuçlarından elde edilen verilerin analizinde ve polinomial formda performans model eşitliklerinin geliştirilmesinde *Microsoft Excel* ve *Minitab Windows Release 13.20 Versiyonu* (Şekil 3.14), elde edilen 2. ve 3. dereceden model denklemlerinin çözümü, başka bir ifadeyle denklem



köklerinin elde edilmesinde ise *Maple 11.0 Single User Profile* (Şekil 3.15) paket programları kullanılmıştır.



Şekil 3.14 Minitab programı başlangıç sayfası

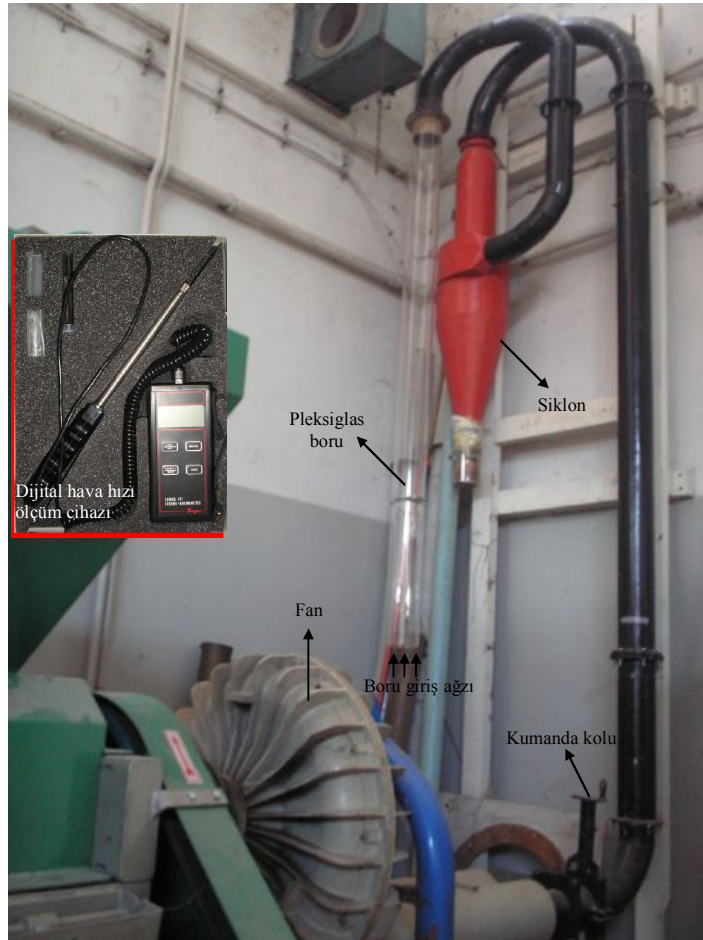


Şekil 3.15. Maple programı başlangıç sayfası

### 3.1.5. Kritik Hız Ölçüm Düzeni

Tohumun ekici plaka üzerindeki deliklere yönlenmesinde ve vakum etkisiyle delikte tutulmasında etkin olan kritik hız değerlerinin saptanmasında Şekil 3.16'da görülen kritik hız ölçüm düzeni kullanılmıştır. Düzen genel olarak bir elektrik motoru, fan, siklon ve hız ölçüm cihazından oluşmaktadır.

Siklonun alt kısmında yer alan pleksiglastan yapılmış şeffaf borudan bırakılan tohum, elektrik motorundan tahrik alan fanın yarattığı vakumun etkisiyle boru içerisinde yukarı doğru harekete geçmektedir. Elektrik motorunun önünde yer alan ve borunun kesit alanının değiştirilmesine olanak veren kumanda kolu ile hava debisi ayarlanabilmektedir. Boru kesit alanına göre değişen hava hızına maruz kalan tohumun, askıda kaldığı andaki hava hızı değeri *kritik hız* olarak tanımlanmaktadır. Kritik hız değeri, pleksiglas boru içerisine yerleştirilen dijital hava hızı ölçme cihazı yardımıyla ölçülebilmektedir. Ölçümlerde Dwyer, Series 471 Digital Thermo Anemometer cihazı kullanılmıştır.



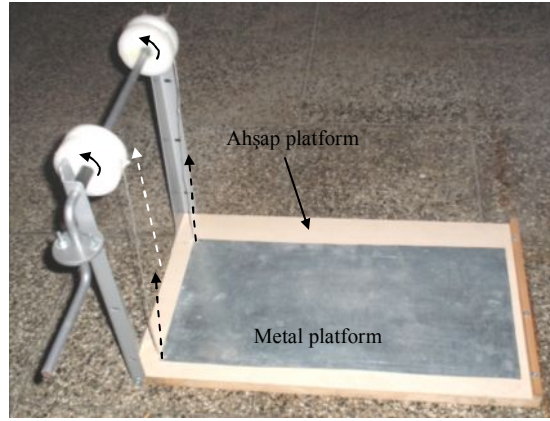
Şekil 3.16 Kritik hız ölçüm düzeni

### 3.1.6. Statik Sürtünme Katsayısı Ölçüm Düzeni

Yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak tohuma göre değişen statik sürtünme katsayısının bulunmasında Şekil 3.17'deki düzenden yararlanılmıştır.

Sistem genel olarak; sabit ahşap platform, bu platformun üzerine yerleştirilen ve açısı ayarlanabilen hareketli metal platform ile platformun açı değişimini sağlayan makaralar ve makara kolundan oluşmaktadır.

450x225 mm ölçüsündeki metal platform üzerine yerleştirilen tohumlar, platformun açısının makara kolundan değiştirilmesiyle eğimli yüzeyden kaymaya bırakılır. Eğik yüzey üzerinde tohumların harekete geçmeye başladığı andaki platform açısı değerinin tanjantı statik sürtünme katsayısını vermektedir.



Şekil 3.17. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeni

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM)

TYM, deneysel modeller kurulması ve kurulan bu modellerin başarılı olabilmesi için, incelenen sistemlere ait uygulama analizleri ve sistem optimizasyonunda kullanılan bir grup istatistiksel ve matematiksel tekniklerden meydana gelmektedir. TYM, yapılacak deneysel çalışmaların dizaynı ve analizi ile, tepki (cevap) değişkenlerinin, bağımsız değişken sayısı ve özellikleri ile ne şekilde etkilendiğini bulmaya çalışır. Bu teknik sayesinde bağımsız değişkenlerin tek veya kombine halde, proses üzerindeki etkileri açıklayabilmek ve tüm prosesi



ifade edebilecek matematik bir modeli ortaya koymak mümkündür (Box ve Draper, 1987).

Pek çok deneysel çalışmanın ortak amacı; çalışılan bağımsız değişkenler ve sistemin tepkisi arasındaki ilişkinin belirlenebilmesine yöneliktir. Bu ilişki ancak ilgilenilen faktörlerin uygun seviyelerinin seçimi ve tepkiyi ifade edebilecek bir modelin kurulması ile sağlanabilir. Pek çok endüstriyel uygulamada, kurulan modele tepki yüzeyi olarak bakılır. Çünkü tepki; tek boyutlu bir eğri (tek faktörlü bir model için) veya 2 boyutlu bir yüzey (2 faktörlü bir model için) şeklinde grafiğe dökülebilir. Daha sonra bu tepki yüzeyi; optimum çalışma koşullarının belirlenmesi için kullanılır (Box ve Draper 1987).

Mühendislik ve diğer bilim dallarının temel işlevlerinden birisi de, yapılan çalışmalardan alınan verileri kullanarak sistemin nasıl çalıştığı hakkında bilgi elde edilmesine yöneliktir. TYM, kompleks işlemlerin araştırılmasında yararlı bir istatistik ve matematik karması bir teknik olması nedeniyle mühendislik ve özellikle de gıda bilimlerinde oldukça geniş uygulama alanı bulmaktadır. Bu iki alanda, sistem performansı ve ürün geliştirmede bağımsız değişkenlerin optimum değerlerinin elde edilmesiyle ilgilenilir.

### 3.2.1.1. TYM' nin Temel Prensipleri

Tepki yüzeyi metodolojisi temeli, herhangi bir fiziksel sisteme ait k sayıdaki bağımsız değişkene (x) bağlı olarak meydana gelen tepki ölçümüne dayanır. Bu durum fonksiyonel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \dots\dots\dots 4.$$

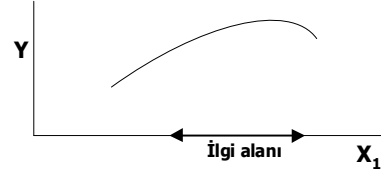
Burada;

y : Sistemin tepkisi (cevabı)

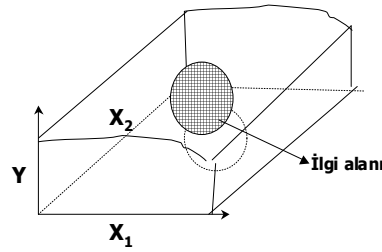
$x_k$ : Bağımsız değişkenler' dir.

Tepki fonksiyonunun türüne bağlı olarak tepki yüzeyi değişik şekiller alabilir. Örneğin; sadece bir değişkenin 2. dereceden bir fonksiyonu söz konusu ise yüzey Şekil 3.18a'da görüldüğü gibi bir eğridir. Eğer fonksiyonda 2 değişken varsa ( $k=2$ ) Şekil 3.18b'deki gibi üç boyutlu grafikte bir tepki yüzeyi elde edilebilir. k adet x değişkeni söz konusu ise, yani  $k>2$  olduğunda, değişkenlerin

sadece belli bölgeleri üç boyutta elde edilebilir olsa da, (k+1) boyuttan söz edilebilir (Box ve Draper, 1987).



(a)



(b)

Şekil 3.18. Fonksiyon türüne bağlı olarak tepki yüzeyi şekilleri

k adet değişkenli bir sistem, deneysel çalışmalarda ortaya konan x'lerin bazı değerleri için düzenlenir. Aynı şartlarda yapılan tekrarlı denemelerle ölçülen tepki değeri; ölçüm hataları, gözlem hataları ve deney materyalindeki temel değişiklikler sebebiyle değişir. Bu yüzden bazı durumlarda  $(x_1, \dots, x_k)$  ortalama tepki değeri göz önünde bulundurulmalıdır. Gözlenen tepki değeri ( $\hat{y}$ ), istatistik ayırma yöntemiyle yaklaşık olarak ortalama değerine ( $y$ ) indirgenir. Bu durumda  $\hat{y}$ 'nin beklenen değeri  $y$ 'ye eşittir. Yani,  $E(\hat{y}) = y$ 'dir. Herhangi bir denemede, gözlenen  $\hat{y}$  değeri ile beklenen  $y$  değeri arasındaki uyumsuzluk sistemin hatası olarak yorumlanır ve  $\epsilon$  ile gösterilir. Bu durumda kullanılacak eşitlik şu şekilde yazılabilir:

$$\hat{y} = f(x) + \epsilon \dots\dots\dots 5.$$

Tepki yüzeyleri modelleri ile sadece değişkenlerin önemli etkileri ya da etkileşimleri geliştirilebileceği gibi bu modeller ile kuadratik (2. derece) ve kübik (3. derece) belli terimlerin eğrilik derecesinin tanımlanması da mümkün olmaktadır. Eğrilik derecesini belirten sabit terimler fonksiyona dahil edildiğinde değişkenler arasındaki ilişki;

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad \dots\dots\dots 6.$$

olarak gösterilir. Burada;

$\hat{y}$  : Tepki (Bağımlı değişken)

$\beta_0$  : Model sabiti

$\beta_1$  : Değişken katsayısı

$x_i$  : Bağımsız değişkenler (faktörler)

$\epsilon_i$  : Hata'dır.

1. dereceden 2 faktörlü bir model polinomiyal olarak şu şekilde yazılır :

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad \dots\dots\dots 7.$$

2. dereceden (kuadratik) 3 faktörlü bir sisteme ait polinom;

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 \quad \dots\dots\dots 8.$$

3. dereceden (kübik) 3 faktörlü bir sisteme ait polinom ise ;

$$\hat{y} = \text{kuadratik model} + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 + \beta_{112} x_1^2 x_2 + \beta_{113} x_1^2 x_3 + \beta_{122} x_1 x_2^2 + \beta_{133} x_1 x_3^2 + \beta_{223} x_2^2 x_3 + \beta_{233} x_2 x_3^2 + \beta_{111} x_1^3 + \beta_{222} x_2^3 + \beta_{333} x_3^3 \quad \dots\dots\dots 9.$$

olarak ifade edilir (Engineering Statistics Handbook, 2010).

Örneğin, 2. dereceden 2 faktörlü bir model ele alınırsa;

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2$$

denklemleri elde edilir. Denklem genelleştirildiğinde;

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon_0 \quad \dots\dots\dots 10.$$

olacaktır.

Burada;

$\hat{y}$	: Sistemin tepkisi
$\beta_0$	: Model sabiti
$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$	: Değişken katsayıları
$x_i, x_j$	: Kodlanmış haldeki bağımsız değişken
$\epsilon_0$	: Deneysel hata

olarak tanımlanır.

### 3.2.1.2. İşlem Basamakları

Bilimsel bir denemenin kurulması aşamasında, işlemlerle ilgili kararların doğru ve uygun bir şekilde verilmesi ile deneme sırasında karşılaşılabilecek sorunların en aza indirgenerek deneyden istenen sonuçların elde edilmesi ne kadar önemliyse, elde edilen bu sonuçların değerlendirilmesi de o kadar önemlidir. Bu nedenle deneme öncesi ve deneme sırasında yapılması gereken işlemler ve alınması gereken bir takım önlemler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda verildiği gibidir.

#### Deney (Model Geliştirme) Öncesi Gerekli Altyapı Çalışmaları :

- Teorik bilgiler
- Matematiksel altyapı
- Geçmişte konu ile ilgili yapılan araştırmalar
- Konu ile ilgili kişisel bilgi ve deneyim

#### Denemelere İlişkin Çalışmalar :

- Bağımsız değişken/değişkenlerin seçimi
- Kullanılacak değişkenlerin formu (kodlu-kodsuz)
- Bağımsız değişken seviyelerinin seçimi
- Tepki ölçüm yöntemi
- Deneme deseninin çıkarılması

- Model denkleminin çıkarılması
- Model denkleminin uygunluğunun test edilmesi
- Denemenin grafiğe aktarılması
- Kontur plotların çıkarılarak doğru ve anlaşılır biçimde açıklanması

Bilimsel çalışma ne olursa olsun söz konusu çalışmadan sonuçlara ulaşabilmenin yolu; kullanılan yöntemin teorisini, teorisinin arkasında yatan matematiği bilmek, yapılan çalışmalarını inceleyerek kişisel bilgiyi geliştirmek ve kişisel beceriyi kullanarak bunları uygulayabilmektir.

Bağımsız değişkenlerin ne olacağına karar verme, denemenin başlangıcında deneme yürütücüsü tarafından verilmesi gereken belki de en önemli karardır. Çünkü deneme yürütücüsünün yapacağı bir hata, sistem için daha önemsiz bir değişkenin modele alınması, önemli bir değişkenin model dışında bırakılmasına neden olabilir.

TYM'de çalışılacak bağımsız değişkenlerin sayısal değerleri, kodlu değerlere dönüştürülür. Çalışma belli bir aralıkta yapılacağından kodlama aşağıdaki formüle uygun olarak yapılır:

$$X_i = \frac{\varepsilon_i - \varepsilon_{i0}}{S_i} \dots\dots\dots 11.$$

Burada;

$X_i$  : Değişken kodu

$\varepsilon_i$  : Çalışma aralığındaki değişken değeri

$\varepsilon_{i0}$  : Çalışma aralığı merkez değeri

$S_i$  : Adım değeri

Örneğin; faktörlerden birinin sıcaklık olduğu ve 3 seviyede incelendiği bir Central Composite Dizayn (CCD)' da, (-1, 0, +1) seviyelerine karşılık gelen deneysel değerler 100, 150 ve 200 °C ise kodlama aşağıdaki şekilde yapılır:

$$X = \frac{T - 150}{50} \dots\dots\dots 12.$$

Burada;

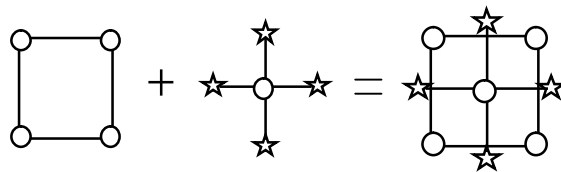
- T : Sıcaklık değeri  
 X : Bağımsız değişken kodu  
 50 : Adım değeri (°C)  
 150 : Merkez sıcaklık değeri (°C)

Deneme desenleri metodolojinin gereği olarak belirlenmiş olan 2 genel model başlığı altında 4 tiptedir. Çizelge 3.5’de dizaynlara ait deneme desenleri verilmiştir.

- Box-Wilson Merkez Esaslı Kompozit Dizayn (Box-Wilson Central Composite Design)
  - İlgi Alanını Dıştan Çevreleyen Dizayn (Circumscribed Design)
  - İlgi Alanını İçten Çevreleyen Dizayn (Inscribed Design)
  - Yüz Merkezli Dizayn (Face Centered Design)
- Box-Behnken Dizaynı (Box-Behnken Design)

Bu dizaynların birbirine göre avantajlı ya da dezavantajlı olduğu bazı durumlar söz konusudur.

**Box-Wilson Merkez Esaslı Kompozit Dizayn (Box-Wilson Central Composite Design-CCD):** Box ve Wilson tarafından geliştirilen model bir merkez noktalı tam ya da kısmi  $2^k$  faktöriyel dağılımını içerir. Yıldız noktasını bir faktör olarak dizaynda daima 2 kez içerir. Yıldız noktaları bu durumda düşük ve yüksek olarak ekstrem değerleri gösterir. Şekil 3.19.’da CCD dizaynının geometrisi verilmiştir. 3 tip CCD dizaynı bulunmaktadır.



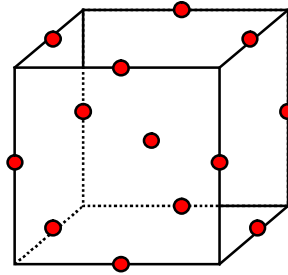
Şekil 3.19. CCD Dizaynının geometriksel gösterimi

İlgi Alanını Dıştan Çevreleyen Dizayn (Circumscribed Design-CCC): CCD'nin orijinal formudur. Tüm deney alanında yüksek tahminleme sağlanır. Her faktör için 5 seviyeye ihtiyaç vardır. Dizayn döndürülebilirlik özelliğine sahiptir.

İlgi Alanını İçten Çevreleyen Dizayn (Inscribed Design-CCI) : Belirli faktör limitlerinde tam ya da kısmi faktöriyel dizayn yaratır. CCC'nin her faktör seviyesinin  $\alpha$  ile bölünmesiyle oluşur. CCC'nin tüm yüzey alanında sağladığı yüksek tahminlemeyi sağlayamaz. Her faktör için 5 seviye istenir. Döndürülebilirlik özelliğine sahiptir.

Yüz Merkezli Dizayn (Face Centered Design-CCF): Tüm dizayn alanında nispeten yüksek tahminleme sağlar. Her faktör için 3 seviye istenir. Döndürülebilirlik özelliği yoktur.

**Box-Behnken Dizaynı (Box-Behnken Design-BB):** Tam ya da kısmi faktöriyel dizaynları içermeyen bağımsız bir karesel dizayndır. CCI gibi düşük bir tahminleme kalitesi vardır. Ancak en az işlem gerektiren dizayndır. Her faktör için 3 seviyeye ihtiyaç vardır. Tam ya da kısmen döndürülebilir. Dizaynın geometrisi işlem aralığında küre oluşturur (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Box-Behnken dizaynı geometrisi

5 seviyeli dizaynlarda işlem aralığını belirleyen  $\alpha$  (yıldız noktası) değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$\alpha = [\text{işlem sayısı}]^{1/4} \dots\dots\dots 13.$$

Eğer sistem tam faktöriyel ise;

$$\alpha = [2^k]^{1/4} \dots\dots\dots 14.$$

Çizelge 3.6.'da faktör sayısına bağlı olarak  $\alpha$  değerinin değişimi verilmektedir.

Çizelge 3.5. Farklı deneme desenlerine göre toplam işlem sayıları

CCC ve CCI				CCF				BOX-BEHNKEN			
Tekrar Sayısı	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Tekrar Sayısı	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Tekrar Sayısı	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0
1	+1	-1	-1	1	+1	-1	-1	1	+1	-1	0
1	-1	+1	-1	1	-1	+1	-1	1	-1	+1	0
1	+1	+1	-1	1	+1	+1	-1	1	+1	+1	0
1	-1	-1	+1	1	-1	-1	+1	1	-1	0	-1
1	+1	-1	+1	1	+1	-1	+1	1	+1	0	-1
1	-1	+1	+1	1	-1	+1	+1	1	-1	0	+1
1	+1	+1	+1	1	+1	+1	+1	1	+1	0	+1
1	-1.682	0	0	1	-1	0	0	1	0	-1	-1
1	+1.682	0	0	1	+1	0	0	1	0	+1	-1
1	0	-1.682	0	1	0	-1	0	1	0	-1	+1
1	0	+1.682	0	1	0	+1	0	1	0	+1	+1
1	0	0	-1.682	1	0	0	-1	3	0	0	0
1	0	0	+1.682	1	0	0	+1				
6	0	0	0	6	0	0	0				
<b>TOPLAM İŞLEM : 20</b>				<b>TOPLAM İŞLEM : 20</b>				<b>TOPLAM İŞLEM : 15</b>			

Çizelge 3.6. Faktör sayısına bağlı  $\alpha$  değerleri

Faktör Sayısı	Faktöriyel Bölüm	$\pm 1$ 'e Bağlı $\alpha$ Değeri
2	$2^2$	$2^{2/4} = 1,414$
3	$2^3$	$2^{3/4} = 1,682$
4	$2^4$	$2^{4/4} = 2,000$
5	$2^{5-1}$	$2^{4/4} = 2,000$
5	$2^5$	$2^{5/4} = 2,378$
6	$2^{6-1}$	$2^{5/4} = 2,378$
6	$2^6$	$2^{6/4} = 2,828$



CCD dizaynları için yapılması gereken toplam deneme (işlem) sayısı ise aşağıdaki formülden bulunabilir :

$$TDS = 2^k + 2k + m \dots\dots\dots 15.$$

Burada;

$k$  : Faktör sayısı

$2^k$  : Faktöriyel deneme sayısı

$2k$  : Yıldız noktalı deneme sayısı

$m$  : Merkezdeki deneme sayısı' dır.

BB dizaynı için ise bu değer faktör sayısına bağlı olarak 15-20-25'dir. 3 faktörlü 5 seviyeli bir CCD dizaynında  $TDS = 20$  iken, tam faktöriyel bir dizaynda aynı model denklemi sonucu için  $TDS = 125$ ' tir.

Yapılan denemeler sonucunda uygulanan deneme desenine göre veriler toplanır. Elde edilen bu veriler bilgisayar ortamına alınarak istatistik paket programı ile polinomiyal formda bir matematiksel model oluşturulur. Oluşturulan bu modelde yer alan bağımsız değişkenlere göre kısmi türevler alındığında her bir bağımsız değişken için optimum değerleri elde edilir.

Denklem çözümünden elde edilen sonuçlar grafiğe aktarılarak görsel olarak da ifade edilir. Tepki fonksiyonunun türüne ve değişken sayısına bağlı olarak tepki yüzeyi değişik şekiller alabilir. TYM' de kuadratik modeller sonucunda doruk, yükselen bayır, semer ve yamaç olmak üzere dört farklı tip tepki yüzeyi elde edilir.

Deney öncesi yapılan işlemler ve deneyin sınırlandırılması başlıkları altında bilinçli bir şekilde yapılan tüm işlemlerin birleştirilmesiyle bilimsel bir olaydan beklenen performans değerine en kısa zamanda ve en doğru biçimde TYM kullanarak ulaşmak mümkündür.

### 3.2.2. Deneme Deseni, Bağımsız Değişkenler ve Seviyeleri

Denemelerde, vakum prensibine göre çalışan düşey tohum plakalı tek dane ekim makinasının, farklı çalışma koşullarına karşı gösterdiği tepkinin belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla, fiziksel ve aerodinamik özellikleri birbirinden farklı tohumlarla gerçekleştirilen denemelerde, her tohum için ayrı ayrı yapılan denemelerden elde edilen farklı performans değerlerinin analizi sonucunda, tohuma özgü maksimum performans değerini sağlayacak optimum çalışma koşullarının belirlenmesine çalışılmıştır. Söz konusu denemeler E.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü Deneme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde; genellikle kullanılan tam faktöriyel modellere alternatif yöntemlerden biri olan Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM) kullanıldığı bu çalışmada, özellikleri daha önceki bölümlerde açıklanan TYM dizaynlarından biri olan *Central Composite Dizayn (CCD)* kullanılmıştır.

Kullanılan CCD' de seçilen her bağımsız değişken için 5 seviye istenmektedir. Denemede yer alan 3 bağımsız değişkenli bir CCD dizaynında metodoloji gereği yıldız noktası ( $\alpha$ ) değeri yine önceki bölümlerde açıklandığı gibi  $\pm 1.682$ ' dir.

Bağımsız değişken sayısının 3, her birinin 5 seviyesi olan ve 3 tekerrürlü bir çalışmada tam faktöriyel denemelerin gerçekleştirilmesi durumunda deneme sayısı 375 iken CCD dizaynının uygulanması ile merkezdeki (kodlu değerlerin "0" olduğu koşullarda) 18 deneme ve diğer tüm noktalarda yapılan denemelerle birlikte toplam 60 deneme yeterli olmaktadır.

TYM ile sistemin farklı çalışma şartlarına gösterdiği tepki ölçülmektedir. Dolayısıyla farklı girdiler karşısında farklılık gösteren hemen her sistem için bu metodolojinin kullanımı mümkün görünmektedir.

Denemelerde her tohum için, ekim kalitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğu saptanan ilerleme hızına bağlı plaka çevre hızı, plaka (disk) delik çapı ve vakum basıncı *bağımsız değişkenler (x)*; makina performansı ise *bağımlı değişken (y)* olarak düşünülmüştür.

Denemelerde her tohum için 5 farklı hız ( $X_1$ ), delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum basıncında ( $X_3$ ) çalışılmış ve sistemin bu şartlara gösterdiği tepki (makina performansı;  $Y$ ) ölçülmüştür.

Düşey tohum plakalı tek dane ekim makinalarında, ilerleme hızına bağlı plaka çevre hızının performans üzerindeki etkisinden söz edilmesi daha doğru bir yaklaşım olacağından, bu çalışmada ilerleme hızı yerine plaka çevre hızı değerleri kullanılacaktır. Makinanın 11.8 cm tohum aralığı için ilerleme hızı değerlerinin yaklaşık  $1/10^3$  u plaka çevre hızı değerine eşittir.

Denemelerde kullanılan bağımsız değişkenlerin ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ) farklı tohumlar için Eşitlik 11’de verilen kodlama formülü uyarınca hesaplanmış kodlu ve kodsuz değerleri Çizelge 3.7 -3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.7. Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış ilerleme hızlarına bağlı plaka çevre hızlarının ( $X_1$ ) kodlu ve kodsuz değerleri

Ürün	Adım	Kodlu Değerler ve Plaka Çevre Hızları; $X_1$ (İlerleme Hızları)				
		-1.682	-1	0	1	1.682
		(ms <sup>-1</sup> )				
Mısır						
Nohut						
Pamuk						
Ayçiçeği						
Soya	0.04	0.052	0.08	0.12	0.16	0.187
Şeker pancarı						
Kanola	(0.4)	(0.52)	(0.8)	(1.2)	(1.6)	(1.87)
4 mm Küresel Materyal						
6 mm Küresel Materyal						
8 mm Küresel Materyal						
10 mm Küresel Materyal						

Çizelge 3.8. Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış ve imal edilmiş plaka delik çaplarının ( $X_2$ ) kodlu ve kodsuz değerleri

Ürün	Adım	Kodlu Değerler ve Plaka Delik Çapları; $X_2$				
		-1.682	-1	0	1	1.682
		(mm)				
Mısır	1.0	2.3180	3.0	4.0	5.0	5.6820
Nohut	1.0	4.1180	4.8	5.8	6.8	7.4820
Pamuk	0.5	1.6600	2.0	2.5	3.0	3.3400
Ayçiçeği	0.5	1.1590	1.5	2.0	2.5	2.8410
Soya	1.0	1.8180	2.5	3.5	4.5	5.1800
Şeker pancarı	0.4	1.1272	1.4	1.8	2.2	2.4728
Kanola	0.25	0.5795	0.75	1.0	1.25	1.4205
4 mm Küresel Materyal	0.5	1.6590	2.0	2.5	3.0	3.3410
6 mm Küresel Materyal	1.4	1.1452	2.1	3.5	4.9	5.8548
8 mm Küresel Materyal	2.0	1.1360	2.5	4.5	6.5	7.8640
10 mm Küresel Materyal	2.6	1.1268	2.9	5.5	8.1	9.8732

Çizelge 3.9. Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış vakum basınçlarının ( $X_3$ ) kodlu ve kodsuz değerleri

Ürün	Adım	Kodlu Değerler ve Vakum Basıncı Değerleri; $X_3$				
		-1.682	-1	0	1	1.682
		(mbar)				
Mısır	20	26.40	40	60	80	93.60
Nohut	20	26.40	40	60	80	93.60
Pamuk	20	26.40	40	60	80	93.60
Ayçiçeği	20	26.40	40	60	80	93.60
Soya	10	23.18	30	40	50	56.82
Şeker pancarı	10	23.18	30	40	50	56.82
Kanola	10	23.18	30	40	50	56.82
4 mm Küresel Materyal	10	23.18	30	40	50	56.82
6 mm Küresel Materyal	10	23.18	30	40	50	56.82
8 mm Küresel Materyal	20	26.40	40	60	80	93.60
10 mm Küresel Materyal	20	26.40	40	60	80	93.60

Tüm tohumlar ve küresel materyallerde ilerleme hızı için saptanan  $1.2 \text{ ms}^{-1}$  merkez değeri literatür bilgileri ve yapışkan bant düzeneğinin çalışma aralığı göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Ekim için en uygun hızın  $1-1.5 \text{ ms}^{-1}$  aralığında olduğu ve yapışkan bandın da  $0.5-2 \text{ ms}^{-1}$  de çalışmaya olanak tanınması nedeniyle çalışma aralığı ve adım değerleri bu kısıtlar doğrultusunda belirlenmiştir.

Plaka delik çapları belirlenirken daha önceden yapılmış çalışmalar, denemelerde kullanılacak tohumların fiziksel özellikleri ve ekim makinası üretici firmaları tarafından tohumlar için önerilen değerler dikkate alınmış ve metodolojinin öngördüğü şekilde merkez ve yıldız noktalar saptanmıştır.

Denemelerde kullanılacak plakalar, metodoloji gereği, her tohumluk materyale özgü olarak 5 farklı delik çapında, delik hassasiyeti  $\pm 0.1$  mm olacak şekilde lazer kesimde özel olarak hazırlanmıştır (Şekil 3.21).

Çalışmada vakum basıncı ve adım değerleri ise tohumların fiziksel özellikleri ve fanın çalışma aralığı olan 0-100 mbar göz önüne alınarak belirlenmiştir. Denemelerde iri tohumlar için 26.4; 40; 60; 80 ve 93.6 mbar, küçük tohumlar için ise 23.18; 30; 40; 50; ve 56.82 mbar değerleri kullanılmıştır. İstenilen vakum değerleri, fan devrinin elektronik tahrik düzeni sayesinde kademesiz olarak değiştirilmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 3.21. Denemelerde kullanılan tohum plakaları

### 3.2.3. Denemelerin Yürütülmesi

Tek dane ekim makinası performansının belirlenmesi ve optimize edilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, kurulan deneme düzeneği daha önceden açıklandığı üzere genel olarak ekim makinası, yapışkan bant düzeneği, vakum ölçüm sistemi ve elektronik tahrik düzeni olmak üzere dört kısımdan meydana gelmektedir.

Ekim makinasının sağ-sol ve ön-arka paralellik ayarları yapılarak, ilerleme yönüne göre en soldaki ekici ünite, minimum tohum düşme yüksekliğinde olacak biçimde yapışkan bant üzerine yerleştirilmiştir.

Denemede sıra üzeri teorik tohum aralığı ( $Z$ ), kullanılan tohumların tek dane ekimine uygun olarak tüm tohumlar ve küresel materyaller için 11.8 cm seçilmiştir. Makina üzerinde bulunan tablodan bu değer için öngörülen dişliler yerine takılarak tüm denemelerde transmisyon oranının, ( $i = n_{\text{plaka}} / n_{\text{tekerlek}} = 0.36$ ) sabit kalması sağlanmıştır.

Makina üzerinde bulunan diğer bir ayar da ekici ünitedeki tekleme düzeni ayarıdır. Disk üzerindeki deliklerde sadece bir tohumun yakalanmasını sağlamak ve tohum hareketini düzenlemek amacıyla kullanılan bu düzen için ayar, makina çalıştırılıp gittikçe artan plaka çevre hızlarında tekleme organlarının deliğe yaklaştırılıp uzaklaştırılmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Makinada, normun ilerleme hızına göre değişmemesi (sabit kalması) amacıyla ekici düzen hareketini tahrik tekerleğinden almaktadır. Ancak yapışkan bant deneyinde ekim makinası sabit buna karşın bant hareketli olduğundan ekici düzene hareket, devri kademesiz olarak değiştirilebilen elektronik kontrollü elektrik motoruyla (redüktör) verilmiştir. (Altı köşe mil  $1 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızında  $18.36 \text{ min}^{-1}$  devir ile çalıştırılmıştır.)

Yapışkan bant devri ise diğer elektrik motoru üzerinde bulunan ayar kolu yardımıyla ayarlanmış ve denemeler esnasında makina üzerinde bulunan gübre atma düzenine hareket iletimi tamamen kesilmiş sadece ekici düzenin çalışması sağlanmıştır.

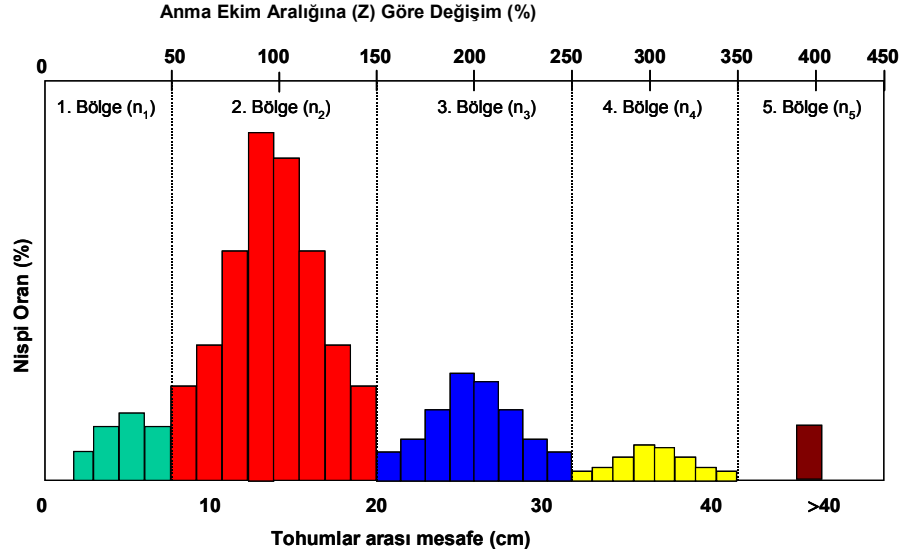
### 3.2.4. Performans Kriterleri, Hesaplanması ve Model Geliştirme Çalışmaları

Denemeler, tohuma özgü kullanılan deneme deseninde her deney numarasına ait durum için 3 tekerrürlü şekilde uygulanmış ve sıra üzeri tohum aralıkları yapışkan bandın 7-8 m'lik kısmında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.10'da mısır tohumu için hazırlanan örnek bir deneme deseni verilmiştir. Deneme desenine göre mısırdaki yapılan 1. deneyde -1,-1,-1 kodlu değerleri için plaka çevre hızı  $0.08 \text{ ms}^{-1}$ ; plaka delik çapı 3 mm ve vakum basıncı ise 40 mbar olarak kullanılmıştır. Elde edilen tohum aralıkları bilgisayar ortamında daha önce prensipleri anlatılan *Project1.exe* yazılımı kullanılarak, anma ekim aralığını ( $Z$ ;

11.8 cm) referans olarak  $\leq 0.5 Z$  değeri (5.9 cm);  $0.5 Z$  değerinden büyük ancak  $1.5 Z$  değerinden küçük mesafeler (5.9-17.7 cm aralığı) ile  $1.5 Z$  değerinden (17.7 cm) büyük aralıklardaki tohumların adet ve yüzdeleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu üç bölge oransal olarak ifade edildiğinde sırasıyla; İkizlenme (Multiple Index), Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (Quality of Feed Index) ve Boşluk Oranı (Miss Index) olarak tanımlanmaktadır (Kachman ve Smith, 1995). Bu üç performans kriterine ilave olarak Kachman ve Smith (1995) kabul edilebilir tohum aralığındaki kaliteyi ortaya koymak üzere farklı bir tanımlamada daha bulunmuşlardır. Bu tanımlama, kabul edilebilir tohum aralığı bölgesindeki ( $0.5-1.5 Z$  aralığındaki) hassasiyet (precision) ile ifade edilmektedir. Yukarıda adı geçen oransal tanımlamalara ilişkin formülasyonlar Şekil 3.22’de gösterilen değişimler uyarınca aşağıda verildiği gibidir.

Çizelge 3.10. Mısır tohumu için bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerleri ile oluşturulan deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	3	-1	40
2	-1	0.08	1	5	-1	40
3	1	0.16	-1	3	-1	40
4	1	0.16	1	5	-1	40
5	-1	0.08	-1	3	1	80
6	-1	0.08	1	5	1	80
7	1	0.16	-1	3	1	80
8	1	0.16	1	5	1	80
9	-1.682	0.052	0	4	0	60
10	1.682	0.187	0	4	0	60
11	0	0.12	-1.682	2.318	0	60
12	0	0.12	1.682	5.682	0	60
13	0	0.12	0	4	-1.682	26.4
14	0	0.12	0	4	1.682	93.6
15	0	0.12	0	4	0	60
16	0	0.12	0	4	0	60
17	0	0.12	0	4	0	60
18	0	0.12	0	4	0	60
19	0	0.12	0	4	0	60
20	0	0.12	0	4	0	60



Şekil 3.22. Tohum dağılımına ilişkin örnek bir histogram

Örnek olarak ele alınan bir dağılımda (Şekil 3.22) elde edilen bölgeler anma ekim aralığının %'si olarak farklı bölgelere ayrıldığında, ikizleme oranı olarak tanımlanan  $n_1$  bölgesi, anma ekim aralığının 0.5 katına eşit veya ondan küçük mesafede yer alan tohum yüzdesini ifade etmektedir. 0.5 ve 1.5 Z aralığındaki bölge ise kabul edilebilir tohum aralığı olup  $n_2$  ile gösterilmiştir. Diğer bölgeler, şekilden de görüleceği üzere 1.5 Z mesafesinden büyük tohum aralıkları  $n_3$ ,  $n_4$  ve  $n_5$  olup bu bölgeler toplamı boşluk oranı olarak tanımlanmaktadır.

Buna göre ikizlenme oranı (İÖ);

$$İÖ = \frac{n_1}{N} \dots\dots\dots 16.$$

olarak tanımlanır. Bu eşitlikte N, tüm dağılımdaki tohum sayısı  $n_1$  ise söz konusu aralıktaki tohum sayısıdır.

Kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA);

$$KETA = \frac{n_2}{N} \dots\dots\dots 17.$$

şeklinde ve  $n_2$ , 0.5-1.5 Z aralığındaki tohum sayısıdır.



Boşluk oranı (BO);

$$BO = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{N} \dots\dots\dots 18.$$

Bu tanımlamaya göre  $n_3$ ,  $n_4$  ve  $n_5$ , anma ekim aralığının 1.5 katından daha büyük mesafelerdeki tohum sayıları toplamalarının toplam tohum sayısına oranıdır.

Kabul edilebilir tohum aralığı bölgesi olan 0.5 – 1.5 Z bölgesindeki hassasiyet ise aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$C = \frac{s_2}{Z} \dots\dots\dots 19.$$

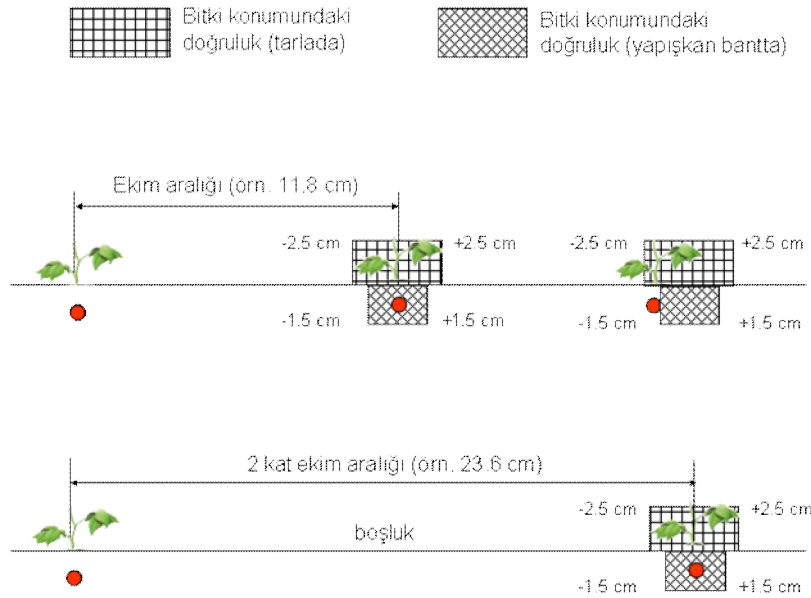
Bu tanımlamada  $s_2$  değeri Şekil 3.22’de gösterilen  $n_2$  bölgesindeki standart sapma değerinin anma ekim aralığına oranı şeklindedir. Bu değer yüzdesel olarak ifadesi herhangi bir tohum dağılımında hassasiyet olarak tanımlanmıştır (Kachman ve Smith, 1995).

Literatürde yer alan ve tek dane ekim makinası performansını ortaya koyan bu kalite kriterlerinin yanısıra çalışmada farklı bir kalite kriteri de; sadece kabul edilebilir tohum aralığı değil, tüm dağılımdan elde edilen verilerin analizi sonucunda ortalama sapma (rootmean square error) değerinin bulunması esasına dayanır. Literatürde farklı istatistiksel değerlendirmeler amacıyla kullanılan bu tanımlama aşağıda verildiği gibidir.

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - Z)^2}{N}} \dots\dots\dots 20.$$

Tanımlamadan anlaşılacağı üzere gerçekleşen sıra üzeri aralıktan, anma ekim aralığı farklarının kareleri toplamının, tüm tohum sayısı kadar ölçüm noktasına bölümünün karekökü şeklindeki bu tanımlama ile makinanın kalitesi hakkında bilgi edinilmesine çalışılmıştır. Bu şekilde yapılan bir tanımlama ve buna bağlı analizler sonucunda, oldukça sistematik ve tutarlı bir sistem olduğu düşünülen ekim makinasının belirli bir eğilimde davranıp davranmadığının ortaya konulması planlanmıştır.

Çalışmada kullanılan ve tek dane ekim makinasının ekimdeki başarısının saptanmasında kullanılan bir diğer kalite kriteri de sıra üzeri bitki (tohum) konumundaki doğruluk derecesidir (CP3). Bu kriterde, Şekil 3.23’de görüldüğü üzere, tohum aralığının 10 cm’den büyük olduğu durumda sıradaki bitkilerin tohum aralıklarının katlarından ( $Z, 2Z, \dots, nZ$ ) en fazla  $\pm 2.5$  cm sapması istenir. Aynı şekilde, laboratuvarında yapılan yapışkan bant deneyinde sıra üzerindeki tohumların, tohum aralığının katlarından en fazla  $\pm 1.5$  cm sapmasına izin verilmektedir (Önal, 1983). Örneğin  $Z=11.8$  cm ise, boşluk olmayan iki bitki arasındaki uzaklığın en az 9.3 cm, en fazla 14.3 cm değerlerinde olması istenir. Laboratuvarında ise bu değerler 10.3 ile 13.3 olmalıdır.



Şekil 3.23. Bitki konumundaki doğruluk derecesi (CP3) tanımı (Önal, 1983)

Tohumlar ve küresel materyaller için, ürün bazında ve tüm ürünleri içerecek genel bir model elde edebilecek şekilde, yukarıda tanımlanan tüm kalite kriterlerinin matematiksel bir formda ifadesine çalışılmıştır. Tepki (Cevap) Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca geliştirilmeye çalışılan modeller, polinomial formda olup model katsayıları ve diğer tüm istatistiksel bilgiler Minitab ve Excel programlarının ortak kullanımı sonucunda elde edilmiştir. Denemeler sonucunda kuadratik (ikinci dereceden) veya kübik (üçüncü dereceden) formda tanımlanarak analiz için Minitab programına aktarılan veriler, Stepwise Regresyon Analizi'ne tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda modele seçilen ya da modelden çıkarılması düşünülen bir değişkene karar vermede önem seviyesi % 95 ve 99 olarak seçilmiştir. Model denklemlerinin optimum değerlerinin bulunmasında ise Maple programından yararlanılmıştır.

## 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Makina Performansına İlişkin Tohuma Özgü Sonuçlar ve Model Denklemleri

Herhangi bir ekim makinasının ekime ilişkin performansında ideal durum, ikizlenme ve boşluk oranlarının “0” olduğu, ve tohumların tümünün öngörülen teorik mesafede bırakıldığı durumdur. Ancak ne laboratuvar ne de tarla koşullarında böylesi bir ideal durumu elde etmek imkansızdır. İdeal şartın bir diğer anlamı ekim sonrası toprağa bırakılan tohum ve sonrasında oluşacak bitkilere eş bir yaşam alanı sağlanmasıdır.

Önceden yöntem bölümünde de açıklandığı ve teorik esaslar bölümünde de bahsedildiği şekliyle ekim makinalarının ekime ilişkin performansları, kabul edilebilir tohum aralığı oranı, ikizlenme ve boşluk oranlarına göre belirlenir. Dolayısıyla kabul edilebilir tohum aralığı oranını maksimum, öte yandan ikizlenme ve boşluk oranlarını minimize eden modellerin oluşturulması gerekmektedir. Elde edilen verilerden yola çıkılarak geliştirilen modeller, tohuma özgü, en uygun ilerleme hızı (veya buna bağlı plaka çevre hızı), plaka delik çapı ve vakum değerlerinin hesaplanmasında temel oluşturmaktadır.

Tepki yüzeyleri metodolojisini kullanarak tek dane ekim makinasının, farklı kriterler uyarınca, tüm tohumlar ve küresel materyaller için performansının ortaya konulmasında, laboratuvarda yapılan denemelerde, veriler yapışkan bandın yaklaşık 7-8 m’lik kısımdan bilgisayar destekli mesafe ölçüm sistemi yardımıyla bilgisayar ortamında alınmıştır. Denemeler, her ürün için kendisine özgü deneme planı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

Makinanın ekici düzeni üzerindeki mevcut tekleme düzeneği sayesinde, bir deliğe birden fazla tohumun alınmasını engelleyici şekilde yapılan ayarlama sonucunda, bant üzerine aynı noktaya birden fazla tohumun gelmesi engellenerek, yapılan tüm denemelerde oluşan ikizlenme değerlerinin, çoğunlukla deneme şartları sonucunda oluşmasına çalışılmıştır.

Ayrıca elektronik olarak yapılan ölçümler ve deneme sonuçlarının anında kontrol edilebilmesi nedeniyle denemelerde meydana gelebilecek hatalar deneme sırasında minimum seviyeye indirilmiş ve tekerrürler arasındaki uyuma dikkat edilmiştir.

Denemelerden elde edilen tüm ham veriler incelendiğinde, tüm tohumlar ve tohumluk materyallerle çalışmada, tek dane ekim makinasının az miktarda ikizlenme yarattığı görülmektedir. Tümüyle eğimsiz koşullarda çalıştırılan ekim makinasının genelde ekim kalitesinin, özellikle plaka delik çapındaki en küçük bir değişimle farklılaştığı yani bant üzeri dağılımın değişime uğradığı gözlenmiştir. Ekim makinasının, genelde çalışma koşulu olan diğer değişkenlerin değiştirilmesi (farklı girdi şartlarında) durumlarına karşı da farklı tohumluklarda farklı tepkiler gösterdiği saptanmıştır.

Plakalardaki mevcut deliklerde tohumların tutunmasını sağlayan vakum değeri daha önce de belirtildiği üzere fan devrinin değiştirilmesi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ekici ünite giriş ağzında ölçülen vakum değerinin de yine tohumluk özelliğine bağlı olarak tohuma özel farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Vakum değerlerinin değiştirilmesinde kullanılan elektronik tahrik düzeni, istenen vakum değerini verecek şekilde her tohum için ayrı ayrı kalibre edilmiştir. Vakum değerleri, elektronik tahrik düzeninden shaft yardımıyla hareket alan fanın, devrinin artırılıp azaltılması ile değiştirilmiştir.

Oldukça sistematik çalıştığı düşünülen böylesi bir sistemin davranışına ilişkin matematiksel modeller farklı kriterler uyarınca ortaya konulmaya çalışılmış ve bunlara ilişkin sonuçlar tohuma özgü olarak alt başlıklar halinde sırayla verilmiştir. Model denklemlerin elde edilmesinde bazı tohumlarda bağımlı değişkene farklı transformasyon işlemleri uygulanmıştır. Matematiksel model geliştirme tekniğinde sıkça uygulanan bu yöntem, geliştirilecek modelde yüksek tahminleme katsayısını elde etmeye yönelik bir işlemdir.

Denemeler sonucunda elde edilen ve makina performansını ortaya koyan tohuma özgü veriler, teorik olarak, Eşitlik 8’de verilen tam kuadratik (2. derece) ya da Eşitlik 9’da verildiği gibi kübik (3. derece) formda Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir.

#### **4.1.1. Mısır İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar**

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre mısır tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra

Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir. Mısır tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mısır tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	3	-1	40
2	-1	0.08	1	5	-1	40
3	1	0.16	-1	3	-1	40
4	1	0.16	1	5	-1	40
5	-1	0.08	-1	3	1	80
6	-1	0.08	1	5	1	80
7	1	0.16	-1	3	1	80
8	1	0.16	1	5	1	80
9	-1.682	0.052	0	4	0	60
10	1.682	0.187	0	4	0	60
11	0	0.12	-1.682	2.318	0	60
12	0	0.12	1.682	5.682	0	60
13	0	0.12	0	4	-1.682	26.4
14	0	0.12	0	4	1.682	93.6
15	0	0.12	0	4	0	60
16	0	0.12	0	4	0	60
17	0	0.12	0	4	0	60
18	0	0.12	0	4	0	60
19	0	0.12	0	4	0	60
20	0	0.12	0	4	0	60

Mısır ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi Ek-1’de verilmiştir.

Mısır tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasında belirli bir uyum söz konusudur. Özellikle TYM gereği merkez değerlerde yapılan 6 denemenin (15-20 nolu denemeler) tekerrürlerine bakıldığında denemelerin tutarlı bir şekilde gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Denemelerden elde edilen sonuçların, hata payının en aza indirgenmesi nedeniyle, doğruluk derecelerinin yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Ayrıca deneme desenine bağlı olarak sisteme verilen her bağımsız değişkenin, sistemi (bağımlı değişkeni) farklı etkilediği, dolayısıyla seçilen değişkenlerin ve değişken seviyelerinin makina performansı ve ekim kalitesi üzerinde etkin rolü olduğu saptanmıştır. Bu da mısır ekiminde, sistemin tutarlı olarak çalıştığının diğer bir kanıtıdır.

Çizelge 4.2. Mısır tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	82.46	1.75	15.79	4.98	21.05
	2	-1	-1	-1	85.29	7.35	7.36	3.99	29.41
	3	-1	-1	-1	82.46	1.75	15.79	4.43	26.32
2	1	-1	1	-1	91.04	8.96	0.00	2.96	46.27
	2	-1	1	-1	94.29	5.71	0.00	2.92	48.57
	3	-1	1	-1	94.29	5.71	0.00	3.42	32.86
3	1	1	-1	-1	59.46	2.70	37.84	13.03	27.03
	2	1	-1	-1	58.97	2.57	38.46	10.67	43.58
	3	1	-1	-1	61.11	0.00	38.89	10.53	17.95
4	1	1	1	-1	92.16	1.96	5.88	4.13	41.18
	2	1	1	-1	94.64	3.57	1.79	3.05	39.29
	3	1	1	-1	92.60	3.70	3.70	5.54	29.63
5	1	-1	-1	1	92.31	1.54	6.15	3.20	46.15
	2	-1	-1	1	92.18	3.13	4.69	3.50	39.06
	3	-1	-1	1	95.38	0.00	4.62	2.86	43.08
6	1	-1	1	1	94.20	5.80	0.00	3.29	46.38
	2	-1	1	1	95.59	1.47	2.94	3.09	39.71
	3	-1	1	1	91.78	8.22	0.00	3.50	36.99
7	1	1	-1	1	73.47	6.12	20.41	6.69	20.41
	2	1	-1	1	77.55	4.08	18.37	6.39	26.53
	3	1	-1	1	72.92	6.25	20.83	6.76	31.25
8	1	1	1	1	86.44	10.17	3.39	4.10	33.90
	2	1	1	1	89.84	5.08	5.08	3.64	30.51
	3	1	1	1	89.48	1.75	8.77	3.64	24.56
9	1	-1.682	0	0	97.06	1.47	1.47	2.38	45.59
	2	-1.682	0	0	96.88	0.00	3.12	2.59	51.56
	3	-1.682	0	0	98.55	0.00	1.45	2.81	43.48
10	1	1.682	0	0	77.78	2.22	20.00	6.96	28.89
	2	1.682	0	0	75.51	4.08	20.41	6.28	24.49
	3	1.682	0	0	76.60	0.00	23.40	6.37	29.79
11	1	0	-1.682	0	75.47	5.66	18.87	5.32	32.08
	2	0	-1.682	0	75.61	0.00	24.39	9.43	31.71
	3	0	-1.682	0	75.00	0.00	25.00	8.74	31.82
12	1	0	1.682	0	85.48	11.29	3.23	4.10	30.65
	2	0	1.682	0	85.00	8.33	6.67	4.41	40.00
	3	0	1.682	0	85.25	6.55	8.20	3.92	31.15
13	1	0	0	-1.682	82.00	0.00	18.00	5.69	52.00
	2	0	0	-1.682	81.63	0.00	18.37	6.97	53.06
	3	0	0	-1.682	84.62	0.00	15.38	4.63	46.15
14	1	0	0	1.682	96.78	1.61	1.61	2.70	51.61
	2	0	0	1.682	96.67	0.00	3.33	3.15	49.23
	3	0	0	1.682	93.84	4.62	1.54	2.73	40.00
15	1	0	0	0	92.48	1.76	5.26	3.29	49.12
	2	0	0	0	94.83	1.72	3.45	2.90	56.90
	3	0	0	0	93.88	0.00	6.12	3.20	57.14
16	1	0	0	0	96.36	0.00	3.64	3.67	45.45
	2	0	0	0	96.62	1.69	1.69	2.60	61.02
	3	0	0	0	94.83	0.00	5.17	3.91	58.62
17	1	0	0	0	94.64	1.79	3.57	2.88	62.50
	2	0	0	0	95.31	3.13	1.56	2.64	64.06
	3	0	0	0	96.72	1.64	1.64	2.66	39.34
18	1	0	0	0	95.08	1.64	3.28	2.81	59.02
	2	0	0	0	94.83	0.00	5.17	2.90	43.10
	3	0	0	0	95.16	0.00	4.84	2.59	66.13
19	1	0	0	0	93.44	3.28	3.28	2.51	55.74
	2	0	0	0	96.72	0.00	3.28	2.58	63.93
	3	0	0	0	95.08	1.64	3.28	2.53	60.66
20	1	0	0	0	95.00	1.67	3.33	3.14	46.67
	2	0	0	0	95.16	0.00	4.84	2.60	62.90
	3	0	0	0	96.72	0.00	3.28	2.54	60.66

#### 4.1.1.1. Mısır İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.2’de sunulan veriler, Eşitlik 8’de verildiği gibi, kuadratik (2. derece) formda, Minitab İstatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %99 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, mısır için bağımlı değişken ( $y_m$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “arcsin” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_m = \arcsin\left(\sqrt{\frac{\text{performans}}{100}}\right) \dots\dots\dots 21.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_m = 1.351 - 0.089 X_1 + 0.0721 X_2 + 0.0459 X_3 + 0.0546 X_1X_2 - 0.048 X_2X_3 - 0.0391 X_1^2 - 0.0837 X_2^2 - 0.0341 X_3^2 \dots\dots\dots 22.$$

şeklindedir.

Modelin incelenmesi sonucunda, kuadratik formdaki kabul edilebilir tohum aralığı modelinde  $X_1X_3$  (hız-vakum) interaksyonu değişkeninin yer almadığı görülmektedir.

Model denklemini Eşitlik 8’de verilen teorik forma uygun sıralamada yazıldığından, söz konusu kabul edilebilir tohum aralığı modeli, çalışmada göz önüne alınan değişkenlerin hangi sırada olduğunu belirtmemektedir.

Değişkenlerin modele hangi sırada girdikleri ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.3’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.3. Mısır tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	1.351	-	-
1	X <sub>1</sub>	-0.089	0.124	26.82
2	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.0837	0.105	48.43
3	X <sub>2</sub>	0.0721	0.0857	66.01
4	X <sub>3</sub>	0.0459	0.0769	73.15
5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.0546	0.0686	79.05
6	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0.0391	0.0611	83.64
7	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.048	0.0524	88.21
8	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	-0.0341	0.0426	92.35

Çizelge 4.3'den de görüleceği üzere modele ilk sıralarda giren terimler plaka çevre hızı değişkeni olan X<sub>1</sub>, plaka delik çapı değişkeni olan X<sub>2</sub><sup>2</sup> ve X<sub>2</sub>'dir. Her 3 değişken de kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA) modelinde, R<sup>2</sup>'yi arttırma oranlarına bakıldığında, hemen hemen aynı değerde önemli değişimlere neden olmaktadır. Bunları takip eden değişkenler içinde vakum değeri (X<sub>3</sub>) de önemli bir değişken olarak modelde yer almaktadır. Model interaksiyon terimleri açısından irdelendiğinde X<sub>1</sub>X<sub>3</sub> interaksiyonunun modelde yer almadığı görülmektedir. Yani ilerleme hızı (ya da buna bağlı plaka çevre hızı) ve vakum interaksiyonu, modele, %99 önem seviyesinde bir katkıda bulunmamaktadır. Model, kuadratik terimler açısından irdelendiğinde ise, modelin, tüm değişkenlerin 2. derece etkilerini de içerdiği ortaya çıkmaktadır. Ancak sistemi 2. dereceden en çok etkileyen değişkenin delik çapı olduğu açıkça görülmektedir.

Modelde, değişkenlerin 2. dereceden formlarının bulunması bu değişkenlerin optimum değerlerinin hesaplanmasına imkan verir. (Optimum değerlerin hesaplanmasında daha önce "yöntem" bölümünde açıklandığı gibi *Maple 11* programından yararlanılmış ve denklem çözümlerine ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.)

Optimum değerlerin hesaplanması için, mısır tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen polinomial formdaki 22 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda bu değişkenlerin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub> = **-1.3015**, X<sub>2</sub> = **-0.2339** ve X<sub>3</sub> = **0.8377** olarak hesaplanmıştır.



Kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -1.3015 \Rightarrow X_1 = 0.068 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 23.$$

$$\frac{X_2 - 4}{1} = -0.2339 \Rightarrow X_2 = 3.77 \text{ mm} \dots\dots\dots 24.$$

$$\frac{X_3 - 60}{20} = 0.8377 \Rightarrow X_3 = 76.75 \text{ mbar} \dots\dots\dots 25.$$

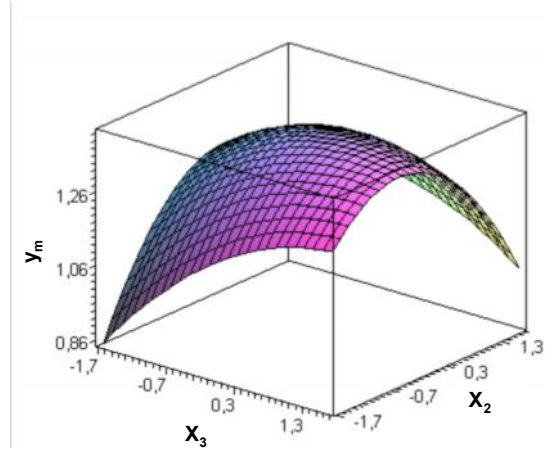
elde edilir.

Çıkan sonuçlar irdelendiğinde, plaka çevre hızı değişkeninin 1. ve 2. derece etkisi her ne kadar modele girmişse de, kaliteli bir ekim işlemi için düşük plaka çevre hızı (ilerleme hızına bağlı) gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Geçmişte yapılan çalışmalar da zaten böylesi bir bulguyu doğrulamaktadır. Zira Önal (1987) ve Barut ve Özmerzi (1999) yaptıkları çalışmalarda ilerleme hızının kabul edilebilir tohum aralığı oranı veya dane yakalama oranı üzerinde doğrusal bir etkisi olduğunu saptamışlardır.

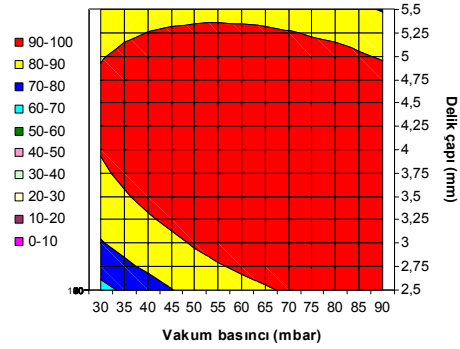
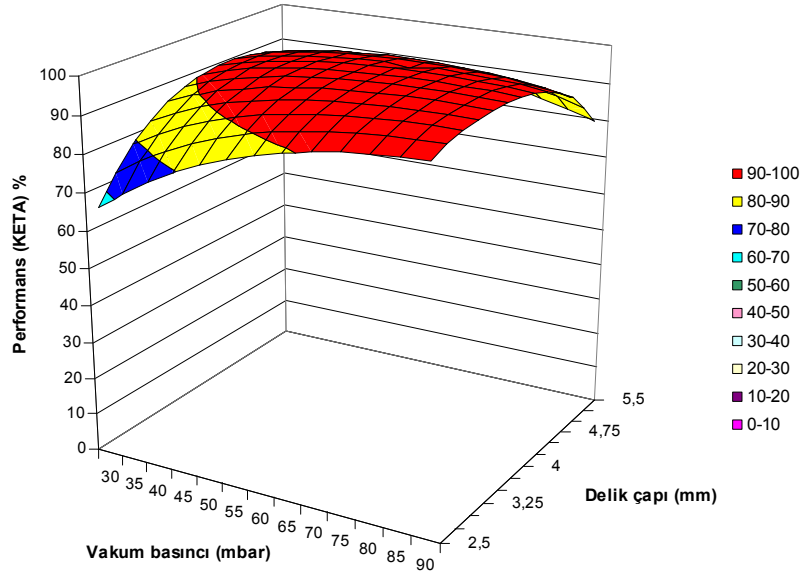
Elde edilen KETA modelinde, diğer bağımsız değişkenler olan plaka delik çapı ve vakum basıncı anlamlı değerler gibi görünmektedir. Zira bulunan  $0.068 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızından ( $0.68 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı) yüksek hızlarda aynı delik çapı ve transmisyon oranındaki ekim makinası ile çalışmada plaka çevre hızının artması nedeniyle performans düşmektedir.

#### **4.1.1.2. Mısır Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselleştirilmesi**

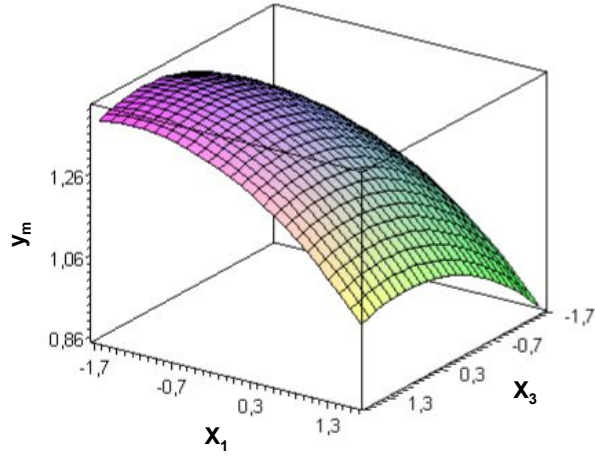
Tepki Yüzeyleri Metodolojisi; üzerinde çalışılan problemin sistematik olarak belirli aşamalardan geçirilerek sonlandırılması esasına dayanan metodolojik bir yaklaşım aracıdır. Şu ana kadar geçilen aşamalarda deneme değişkenlerine karar verilmesi, değişken seviyelerinin belirlenmesi, deneme deseninin seçimi, deneme desenine uygun denemelerin yapılması ve sonrasında istatistiksel ve matematiksel tekniklerin uygulanması ile çalışılan değişkenlerin optimum değerlerinin belirlenmesi işlemleri tamamlanmıştır. Metodolojinin sonundan önceki bu aşamasında, elde edilen KETA modelinin grafikselleştirilmesi ve bu sunumda iki değişkenin interaksiyonu şeklinde 2 ve 3 boyutta grafikselleştirilmesinin yapılması söz konusudur.



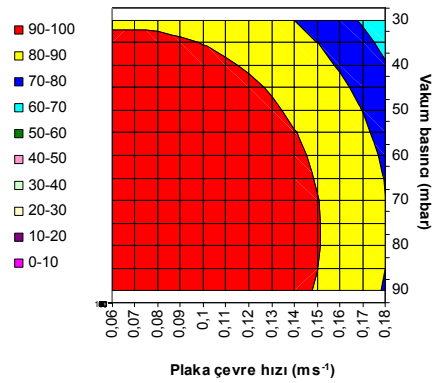
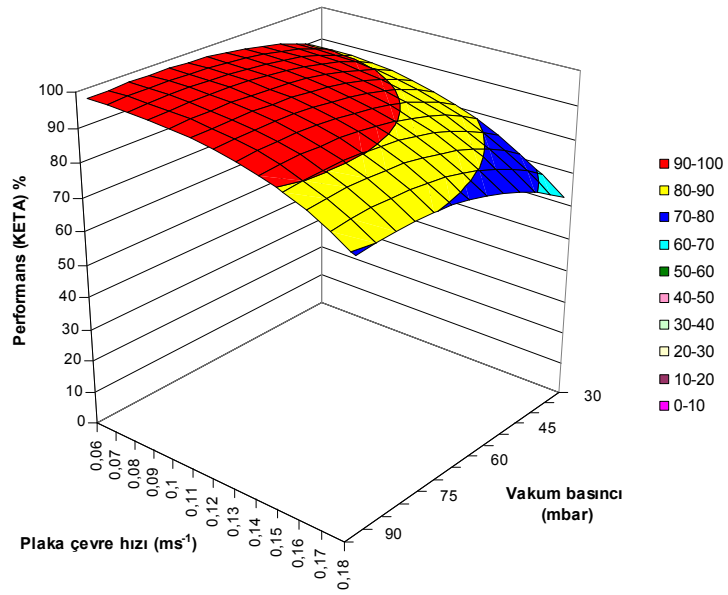
Şekil 4.1. Mısır tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_m$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -1.3015)



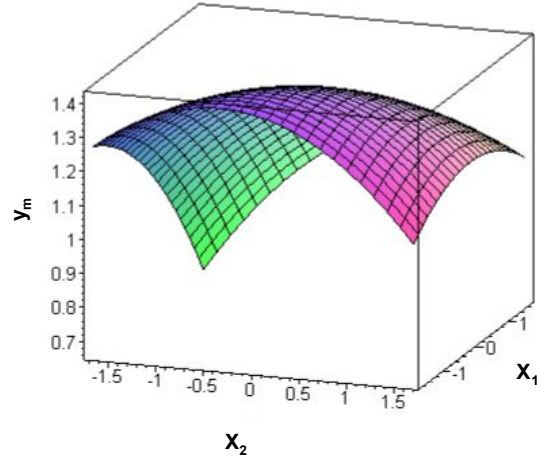
Şekil 4.2. Mısır tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.068 \text{ ms}^{-1}$ )



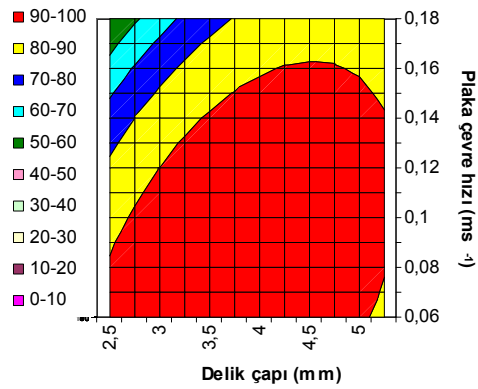
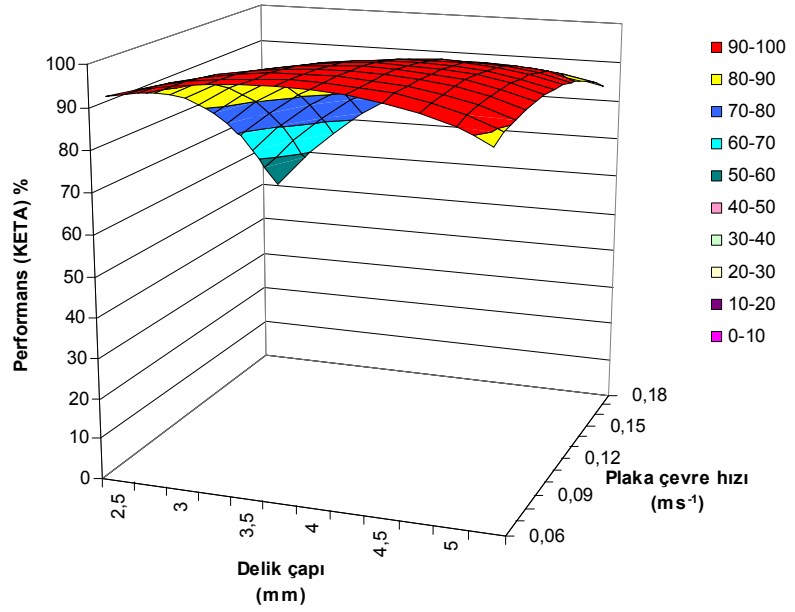
Şekil 4.3. Mısır tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_m$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  : -0.2339)



Şekil 4.4. Mısır tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 3.77 mm)



Şekil 4.5. Mısır tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_m$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3 : 0.8377$ )



Şekil 4.6 Mısır tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 76.75 mbar)

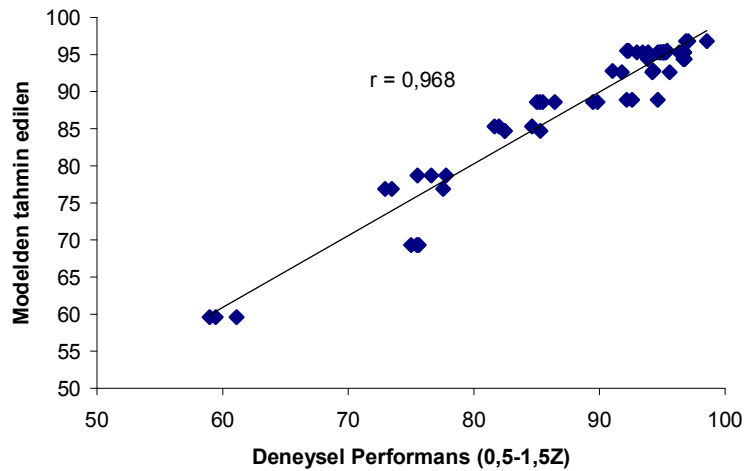
Yukarıda verilen ve grafiğe dayalı gösterimler (Şekil 4.1 ... 4.6) ile mısır tohumu ile çalışmada göz önüne alınan değişkenlerin tek dane ekim makinasının ekime ilişkin kalitesi üzerindeki etkileri daha da belirgin ve anlamlı bir hal almıştır. Özellikle plaka delik çapının ekim kalitesini nasıl ve miktar olarak ne denli değiştirdiği dikkat çekicidir. Vakum değeri de aynı delik çapı gibi performans üzerinde oldukça etkin bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, tek dane ekimde, ekimi yapılacak tohumu uygun plaka delik çapının ve sonrasında uygun vakumun sağlanması en öncelikli dizayn kriterleridir.

#### 4.1.1.3. Mısır Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Modelin doğrulanması işlemi, Tepki Yüzeyleri Metodolojisi'nin en önemli ve son aşamasını oluşturmaktadır.

Ampirik olarak geliştirilen herhangi bir probleme ilişkin matematiksel bir modelin elde edilen veriler ile ne denli uyum gösterdiğinin araştırılmasında en temel sınama işlemlerinden biri hassasiyet analizidir.

Şekil 4.7'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Kimi noktalarda fazla kimi noktalarda ise daha az tahminlemelerde bulunmak oldukça doğaldır, zira modellerin belirli bir tahminleme katsayısı söz konusudur. Şekillerde diyagonal olarak çizilen çizgiler, tahminlemenin 100 olduğu yani model ve deneysel verilerin tam bir uyum içinde olduğunu belirtmek amacıyla yöneliktir.



Şekil 4.7. Mısır tohumu için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %96.34 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak mısır tohumlarıyla yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %96.34 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geğerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında mısır tohumu ile yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında ortalama %99.48 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca hemen hemen tüm tohumların 0.5-1.5 Z aralığında olacak şekilde bırakılması  $0.068 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $0.68 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 3.77 mm delik çapındaki plakayla ve 76.75 mbar vakum basıncında gerçekleşebilmektedir.

Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen değerler izelge 4.4 ve şekil 4.8'de verilmiştir. Söz konusu sına, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1 \text{ mm}$ ) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 3.8 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 77 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $0.7 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.07 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Mısır tohumlarıyla, laboratuvarında yapışkan bant denemelerinden alınan verilere dayalı olarak elde edilen model denkleminin ve optimum değerlerinin doğruluğu ayrıca tarla koşullarında da test edilmiştir. Tarlada yapılan denemelerde makinanın tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında ortalama %97.0 (iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir. Çizelge 4.5 ve şekil 4.9'da optimum koşullarda tarlada yapılan denemelerden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 4.4. Mısır tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.068 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 3.77 mm, vakum basıncı: 76.75 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
13.60	9.12	9.92	10.56	11.28	10.16
9.44	10.32	11.52	11.68	9.76	12.16
11.04	9.20	12.64	10.96	10.64	9.52
12.08	11.76	10.72	9.28	11.28	11.12
12.16	11.04	10.40	12.72	11.60	9.68
8.00	9.60	10.64	8.72	10.48	13.68
10.48	10.88	10.72	12.16	10.56	8.88
9.84	11.28	10.64	12.00	10.48	9.84
11.92	11.44	8.56	8.40	10.40	10.02
8.72	9.68	10.88	13.12	9.84	11.04
11.92	11.92	10.96	11.52	11.04	11.84
9.68	11.36	11.60	10.72	10.24	13.12
11.84	12.24	9.76	11.68	10.88	11.52
12.80	10.72	11.84	10.32	12.80	11.92
12.56	10.80	11.04	8.72	10.80	9.44
8.72	11.52	14.24	13.44	10.24	10.48
10.96	13.20	13.60	10.24	11.52	11.22
9.28	11.28	12.16	9.84	12.00	12.81
13.36	8.72	8.72	11.20	10.64	9.68
9.20	12.64	10.24	10.72	14.24	13.6
11.68	11.68	9.76	11.52	7.44	11.28
11.36	8.56	10.00	11.12	13.28	12.64
8.08	10.80	9.84	9.44	12.96	9.84
10.56	12.72	9.84	9.20	8.08	10.64
12.00	9.52	14.16	11.12	17.76	12.56
10.80	10.24	11.12	11.68	12.32	10.16
9.76	9.04	10.72	9.64	11.36	11.52
11.92	11.52	10.64	11.62	11.20	10.48
11.28	12.24	12.00	11.46	11.04	10.24
10.56	9.12	11.36	13.91	13.28	11.68
9.52	10.32	11.76	9.82	9.76	7.76
13.04	10.08	10.16	11.5	9.44	10.24
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %98.44</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.8 Mısır tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

Çizelge 4.5. Mısır tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen tarla denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.068 ms<sup>-1</sup>, plaka delik çapı: 3.77 mm, vakum basıncı: 76.75 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
12.0	22.0	12.0	11.0	11.5	12.0
9.0	6.5	8.0	13.0	8.0	11.5
11.5	12.0	9.5	10.5	12.5	9.5
9.0	10.5	12.5	5.5	9.0	9.0
15.0	10.0	16.0	11.5	6.5	12.5
15.0	10.0	11.0	10.0	17.0	10.0
11.0	8.5	13.5	9.0	13.0	10.5
11.0	13.5	10.5	13.0	10.0	10.0
10.0	7.0	7.0	10.0	11.0	13.0
11.0	11.5	12.0	9.0	10.0	10.0
11.0	6.5	8.5	9.5	4.0*	10.5
12.0	12.0	12.0	10.5	16.0	8.0
7.5	7.5	12.5	14.5	8.0	12.0
10.0	14.0	12.0	7.5	10.5	10.0
8.0	10.5	12.5	10.0	7.0	10.5
13.0	7.0	16.0	12.0	10.0	16.0
13.0	6.5	10.0	11.0	10.5	14.0
16.0	9.0	10.0	12.0	10.0	12.0
12.0	12.0	7.5	10.0	8.5	10.0
10.5	13.5	11.5	14.0	9.0	9.5
9.0	5.5*	7.5	10.0	10.0	6.5
11.5	14.5	9.5	8.0	11.0	11.5
5.0*	9.0	11.0	13.0	10.0	13.0
15.0	7.0	11.0	5.0*	10.0	8.0
11.0	12.0	11.5	12.0	9.5	9.0
12.0	7.5	12.5	10.5	12.5	11.5
12.0	10.5	9.5	8.0	10.0	11.5
7.0	8.5	8.5	13.5	9.0	15.0
12.0	14.5	12.5	7.5	13.0	12.5
8.5	6.5	11.5	10.0	10.0	9.0
7.0	16.5	5.0*	9.5	10.0	9.5
15.0	14.5	17.0	8.0	10.0	10.0
7.5	8.0	10.5	11.0	9.5	7.5
11.0	17.0	8.0	10.5	7.5	10.5
11.0	7.5	10.5	12.0	14.0	13.0
14.5	10.5	13.5	13.5	16.0	7.5
9.0	6.5	5.5*	12.0	15.0	14.5
16.0	15.0	7.5	10.5	5.0*	13.5
<b>Performans: %97.4</b>		<b>Performans: %96.2</b>		<b>Performans: %97.4</b>	





Şekil 4.9 Mısır tohumuyla yapılan tarla denemesi

#### 4.1.2. Nohut İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre nohut tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir. Nohut tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Nohut tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	4.8	-1	40
2	-1	0.08	1	6.8	-1	40
3	1	0.16	-1	4.8	-1	40
4	1	0.16	1	6.8	-1	40
5	-1	0.08	-1	4.8	1	80
6	-1	0.08	1	6.8	1	80
7	1	0.16	-1	4.8	1	80
8	1	0.16	1	6.8	1	80
9	-1.682	0.052	0	5.8	0	60
10	1.682	0.187	0	5.8	0	60
11	0	0.12	-1.682	4.118	0	60
12	0	0.12	1.682	7.482	0	60
13	0	0.12	0	5.8	-1.682	26.4
14	0	0.12	0	5.8	1.682	93.6
15	0	0.12	0	5.8	0	60
16	0	0.12	0	5.8	0	60
17	0	0.12	0	5.8	0	60
18	0	0.12	0	5.8	0	60
19	0	0.12	0	5.8	0	60
20	0	0.12	0	5.8	0	60

Nohut ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi Ek-1'de verilmiştir.

Nohut tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Merkez değerlerde yapılan 6 denemeden (15-20 nolu denemeler) denemelerin tutarlı bir şekilde gerçekleştirildiği gözlenmektedir.

Çizelge 4.7. Nohut tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	73.47	0.00	26.53	6.06	30.61
	2	-1	-1	-1	71.11	0.00	28.89	7.52	33.33
	3	-1	-1	-1	69.77	0.00	30.23	8.61	34.88
2	1	-1	1	-1	95.38	0.00	4.62	2.65	41.54
	2	-1	1	-1	89.09	0.00	10.91	4.98	52.73
	3	-1	1	-1	93.33	0.00	6.67	3.12	46.67
3	1	1	-1	-1	50.00	0.00	50.00	18.81	15.38
	2	1	-1	-1	48.15	0.00	51.85	16.04	33.33
	3	1	-1	-1	50.00	0.00	50.00	12.76	28.13
4	1	1	1	-1	90.00	2.00	8.00	4.26	28.00
	2	1	1	-1	90.57	5.66	3.77	3.56	37.74
	3	1	1	-1	94.34	0.00	5.66	3.02	35.85
5	1	-1	-1	1	97.02	1.49	1.49	2.42	41.79
	2	-1	-1	1	93.94	3.03	3.03	2.98	42.42
	3	-1	-1	1	93.84	3.08	3.08	2.90	49.23
6	1	-1	1	1	88.89	3.17	7.94	4.34	39.68
	2	-1	1	1	69.39	0.00	30.61	5.38	28.57
	3	-1	1	1	87.10	1.61	11.29	3.47	45.16
7	1	1	-1	1	90.39	1.92	7.69	4.31	42.31
	2	1	-1	1	83.72	0.00	16.28	6.70	39.53
	3	1	-1	1	87.76	2.04	10.20	6.86	36.73
8	1	1	1	1	85.97	8.77	5.26	3.68	35.09
	2	1	1	1	84.61	5.77	9.62	4.79	34.62
	3	1	1	1	75.68	0.00	24.32	8.24	29.73
9	1	-1.682	0	0	92.65	4.41	2.94	3.74	26.47
	2	-1.682	0	0	94.28	4.29	1.43	2.99	35.71
	3	-1.682	0	0	96.92	0.00	3.08	3.24	35.38
10	1	1.682	0	0	80.43	0.00	19.57	6.70	30.43
	2	1.682	0	0	84.44	0.00	15.56	5.29	33.33
	3	1.682	0	0	80.85	2.13	17.02	6.98	19.15
11	1	0	-1.682	0	68.63	9.80	21.57	7.40	29.41
	2	0	-1.682	0	62.16	0.00	37.84	10.32	18.92
	3	0	-1.682	0	67.44	6.98	25.58	7.67	13.95
12	1	0	1.682	0	94.55	0.00	5.45	2.86	69.09
	2	0	1.682	0	94.64	0.00	5.36	2.85	62.50
	3	0	1.682	0	93.44	4.92	1.64	2.73	55.74
13	1	0	0	-1.682	32.00	0.00	68.00	17.97	16.00
	2	0	0	-1.682	29.17	0.00	70.83	19.93	25.00
	3	0	0	-1.682	33.33	0.00	66.67	19.73	18.52
14	1	0	0	1.682	94.83	3.45	1.72	2.66	44.83
	2	0	0	1.682	94.74	1.75	3.51	3.25	31.58
	3	0	0	1.682	90.38	3.85	5.77	3.54	34.62
15	1	0	0	0	86.28	3.92	9.80	4.59	33.33
	2	0	0	0	91.23	1.75	7.02	3.77	52.63
	3	0	0	0	87.50	1.79	10.71	4.40	46.43
16	1	0	0	0	89.09	0.00	10.91	4.02	41.82
	2	0	0	0	89.47	3.51	7.02	3.86	40.35
	3	0	0	0	88.68	5.66	5.66	4.47	47.17
17	1	0	0	0	89.47	3.51	7.02	3.85	47.37
	2	0	0	0	91.07	1.79	7.14	3.70	33.93
	3	0	0	0	90.57	0.00	9.43	5.06	43.40
18	1	0	0	0	92.98	1.75	5.27	3.23	36.84
	2	0	0	0	84.91	3.77	11.32	4.52	41.51
	3	0	0	0	91.23	1.75	7.02	4.00	38.60
19	1	0	0	0	91.07	0.00	8.93	4.01	37.50
	2	0	0	0	89.48	5.26	5.26	4.18	47.37
	3	0	0	0	89.47	3.51	7.02	3.46	52.63
20	1	0	0	0	88.24	0.00	11.76	4.00	35.29
	2	0	0	0	86.27	1.96	11.77	5.08	33.33
	3	0	0	0	87.76	2.04	10.20	4.30	28.57

#### 4.1.2.1. Nohut İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.7’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, nohut için bağımlı değişken ( $y_n$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “karekök” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_n = \sqrt{\text{performans}} \dots\dots\dots 26.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_n = 9.48 - 0.219 X_1 + 0.393 X_2 + 0.225 X_1 X_2 + 0.137 X_1 X_3 - 0.589 X_2 X_3 - 0.111 X_2^2 - 0.564 X_3^2 - 0.118 X_1 X_2 X_3 + 0.408 X_3^3 \dots\dots\dots 27.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formdaki kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 9 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Modele giren değişkenlerden özellikle vakum basıncının kübik ve kuadratik etkisi, delik çapının kuadratik formu ve delik çapı vakum basıncı interaksiyonu dikkat çekicidir.

Model denklemi Eşitlik 9’da verilen teorik forma uygun sıralamada yazıldığından, söz konusu kabul edilebilir tohum aralığı modeli, çalışmada göz önüne alınan değişkenlerin hangi sırada olduğunu belirtmemektedir.

Değişkenlerin modele hangi sırada girdikleri ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Nohut tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	9.48	-	-
1	X <sub>3</sub> <sup>3</sup>	0.408	0.791	42.35
2	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	-0.564	0.632	63.82
3	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.589	0.508	77.05
4	X <sub>2</sub>	0.393	0.384	87.12
5	X <sub>1</sub>	-0.219	0.338	90.23
6	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.225	0.305	92.17
7	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.111	0.291	93.02
8	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0.137	0.278	93.75
9	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.118	0.268	94.28

Çizelge 4.8'den de görüleceği üzere modele ilk sıralarda giren terimler vakum basıncı değişkeni olan X<sub>3</sub><sup>3</sup>, X<sub>3</sub><sup>2</sup>, plaka delik çapı değişkeni olan X<sub>2</sub> ve birbirlerinin interaksyonu olan X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>'dür. Sayılan 4 terimin kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA) modelinde, R<sup>2</sup>'yi artırma oranlarına bakıldığında, sistemi açıklamada büyük öneme sahip olduğu görülmektedir.

5. sırada modele giren plaka çevre hızı ve takip eden diğer değişkenler ise, sistemin açıklanmasını tamamlayan ve sisteme etki dereceleri birbirine yakın terimler olarak modelde yer almaktadır.

Modelden görülen diğer bir ayrıntı ise, delik çapı ve vakum basıncı değişkenlerinin kuadratik formları modelde yer alırken, plaka çevre hızı değişkeninin kuadratik ya da kübik formda bulunmayışıdır. Modelde, değişkenlerin 2. dereceden formlarının bulunması bu değişkenlerin optimum değerlerinin hesaplanmasına imkan verdiği düşünülürse, X<sub>2</sub> yani plaka delik çapı ve X<sub>3</sub> değişkenlerinin (vakum) optimumları söz konusu iken plaka çevre hızı değişkenini sembolize eden X<sub>1</sub> değişkeninin optimumu söz konusu değildir.

Optimum değerlerin hesaplanması için, nohut tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen polinomial formdaki 27 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda bu değişkenlerin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub> = -1.469, X<sub>2</sub> = 1.005 ve X<sub>3</sub> = -0.387 olarak hesaplanmıştır.

Kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -1.469 \Rightarrow X_1 = 0.061 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 28.$$

$$\frac{X_2 - 5.8}{1} = 1.005 \Rightarrow X_2 = 6.81 \text{ mm} \dots\dots\dots 29.$$

$$\frac{X_3 - 60}{20} = -0.387 \Rightarrow X_3 = 52.26 \text{ mbar} \dots\dots\dots 30.$$

elde edilir.

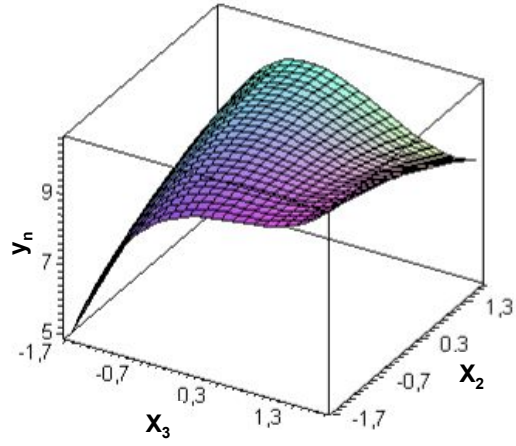
Tekrar vurgulamak gerekirse bu sistemde,  $X_2$  yani plaka delik çapı ve  $X_3$  değişkenlerinin (vakum) optimumları söz konusu iken plaka çevre hızı değişkenini sembolize eden  $X_1$  değişkeninin optimumu söz konusu değildir. Yani elde edilen  $0.061 \text{ ms}^{-1}$ 'lik hız değeri 27 nolu eşitliği "0" yapan bir kırılma noktası niteliğindedir.

KETA modelinden elde edilen değişkenlerden plaka delik çapı ve vakum değeri anlamlı değerler gibi görünmektedir. Plaka çevre hızının sisteme olan lineer etkisi ise geçmişte yapılan çalışmalarını doğrular nitelikte bir kez daha ortaya çıkmıştır.

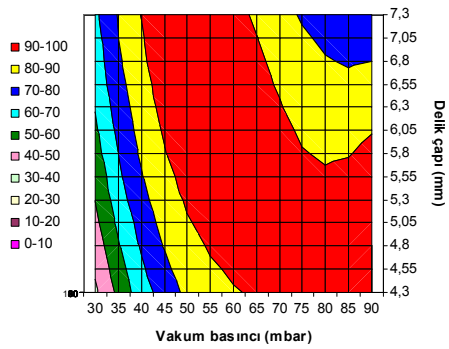
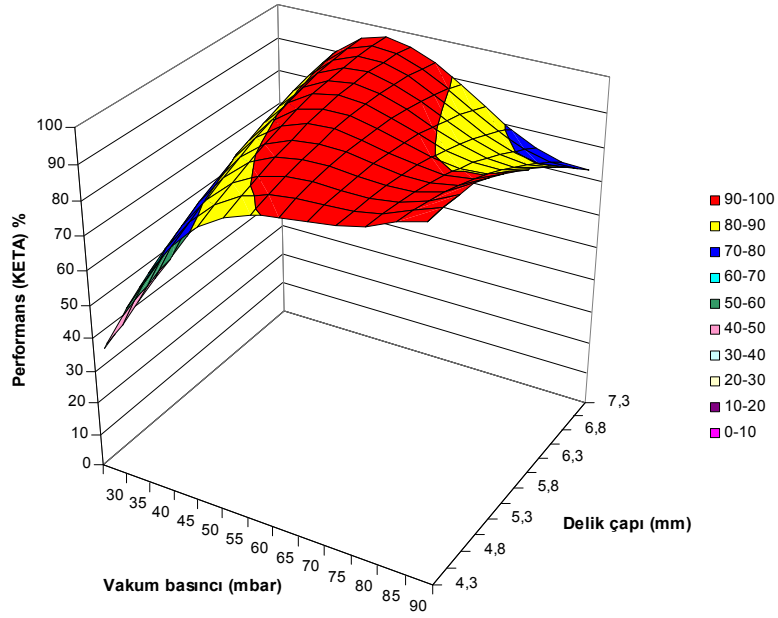
#### **4.1.2.2. Nohut Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselleştirilmesi**

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca nohut tohumları ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafikselleştirilmesi Şekil 4.10 ile Şekil 4.15 arasında verilmiştir.

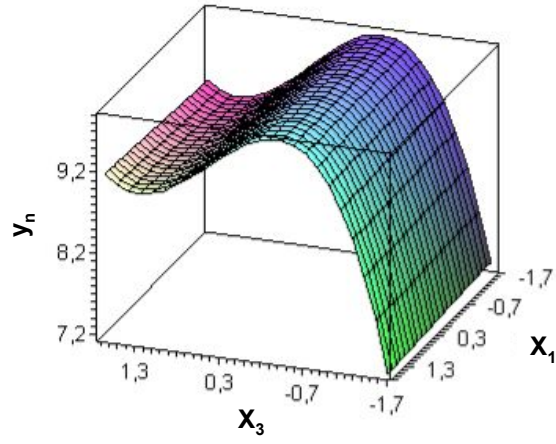
Grafiğe dayalı bu gösterimler ile nohut tohumu ile çalışmada göz önüne alınan bağımsız değişkenlerden vakum basıncı ve plaka delik çapının, tek dane ekim makinasının ekim kalitesi ve makina performansı üzerindeki etkileri daha belirgin ve anlamlı bir hal almıştır.



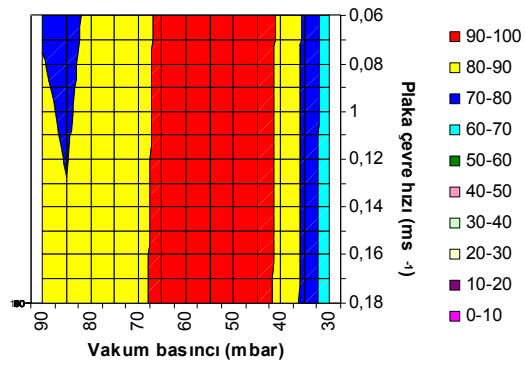
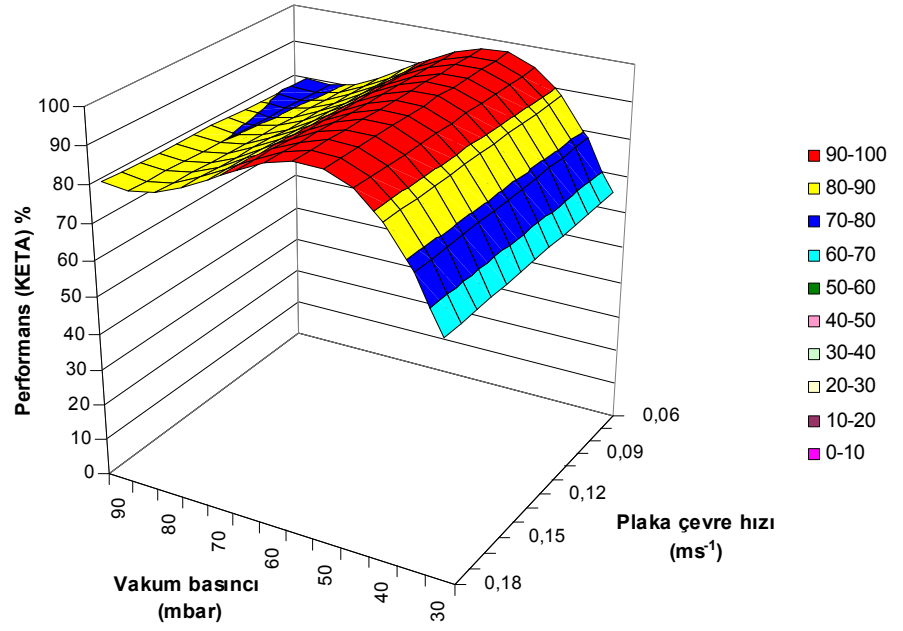
Şekil 4.10. Nohut tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "karekök" dönüşümlü KETA ( $y_n$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1 : -1.469$ )



Şekil 4.11. Nohut tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.061 \text{ ms}^{-1}$ )

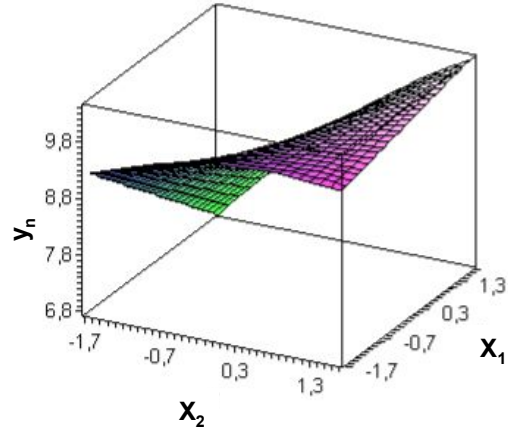


Şekil 4.12. Nohut tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “karekök” dönüşümlü KETA ( $y_n$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  : 1.005)

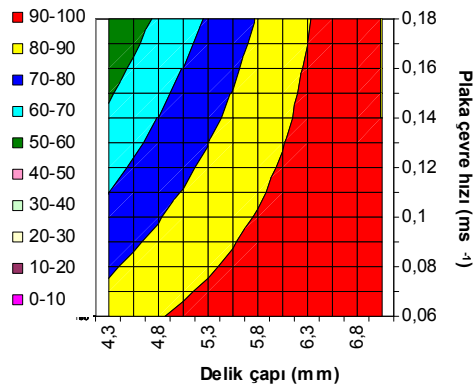
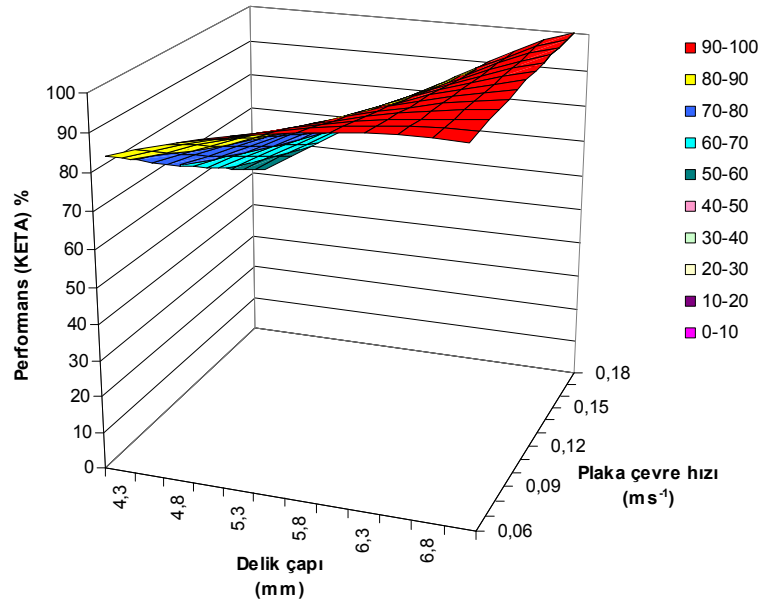


Şekil 4.13. Nohut tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 6.81 mm)





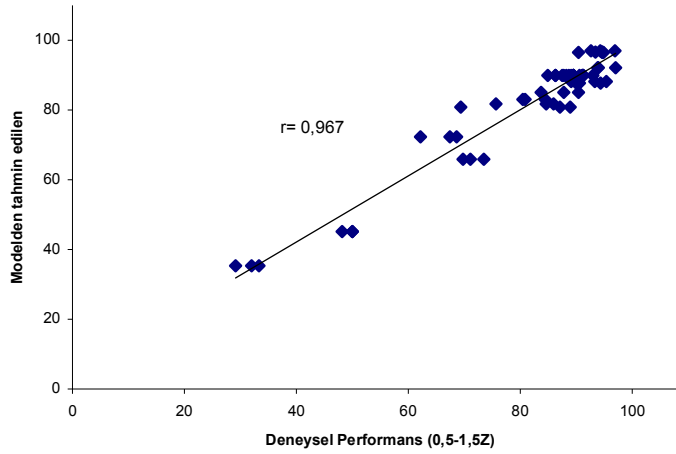
Şekil 4.14. Nohut tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “karekök” dönüşümlü KETA ( $y_n$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : -0.387)



Şekil 4.15. Nohut tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 52.26 mbar)

### 4.1.2.3. Nohut Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.16'dan anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Verilerin  $r=1$  doğrusu etrafında toplanmış olması, modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasındaki uyumu göstermektedir.



Şekil 4.16. Nohut tohumu için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %97.69 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak nohut tohumlarıyla yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %97.69 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında nohut tohumu ile yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca hemen hemen tüm tohumların 0.5-1.5 Z

aralığında olacak şekilde bırakılması  $0.061 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $0.61 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 6.81 mm delik çapındaki plakayla ve 52.26 mbar vakum basıncında gerçekleşebilmektedir.

Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.9 ve Şekil 4.17' de verilmiştir. Söz konusu sına, 6.8 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 52 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $0.6 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.06 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.9. Nohut tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.061 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 6.81 mm, vakum basıncı: 52.26 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
12.16	10.32	10.40	8.32	9.12	13.44
9.92	9.60	9.12	12.24	9.04	8.32
11.92	10.88	9.68	10.64	12.32	10.24
7.28	10.24	12.08	8.16	15.84	11.52
13.36	8.88	10.88	12.16	15.84	12.16
9.60	11.52	10.72	8.48	12.64	10.88
10.32	8.80	8.08	12.88	9.28	11.04
12.08	8.32	8.80	8.48	10.40	9.76
8.96	11.20	13.04	11.36	9.20	12.24
11.28	10.48	11.28	11.52	11.36	10.80
13.36	9.36	9.28	10.32	10.56	12.16
9.76	11.20	7.76	8.80	13.04	10.56
10.24	10.64	12.88	12.72	12.32	11.52
8.08	13.52	14.96	11.84	10.40	8.88
13.84	9.92	9.92	12.80	10.56	13.68
17.52	10.40	9.76	12.40	14.00	8.24
12.32	10.00	12.32	13.52	7.20	8.32
12.88	9.44	9.84	10.40	11.28	13.04
9.20	10.00	10.00	12.40	10.16	11.60
11.28	10.24	9.52	9.76	10.80	13.20
10.00	11.04	10.16	13.60	12.00	6.30
8.72	9.12	12.80	12.48	10.00	10.64
9.28	10.88	10.88	11.92	11.60	14.48
13.52	8.00	8.00	8.96	12.96	12.24
12.64	11.36	13.20	10.48	9.12	9.84
9.20	9.76	12.00	10.96	12.64	10.80
9.76	14.72	9.52	12.88	10.56	13.44
11.52	8.64	10.72	11.52	12.56	7.92
8.24	9.36	13.52	8.88	9.36	10.16
11.76	10.00	11.20	13.12	12.88	11.68
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.17. Nohut tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.1.3. Pamuk Tohumlarıyla Çalışmada Makina Performansına İlişkin Veriler

Bu çalışmada pamuk tohumlarına ilişkin herhangi bir deneme yapılmamış olup pamuk tohumlarına özgü tüm veriler Yazgı (2004)'den alınmıştır. Bu çalışmanın temelini oluşturan ve yol gösterici konumundaki söz konusu çalışma, tepki yüzeyleri metodolojisinin tek dane ekime ilk uygulama örneği niteliğindedir.

Çalışmada tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre pamuk tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ) olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada ilerleme hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı bağımsız değişkenler olarak, makina performansı ise bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Pamuk tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.10'da, pamuk tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Pamuk tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )		Delik Çapı (X <sub>2</sub> )		Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	2	-1	40
2	-1	0.08	1	3	-1	40
3	1	0.16	-1	2	-1	40
4	1	0.16	1	3	-1	40
5	-1	0.08	-1	2	1	80
6	-1	0.08	1	3	1	80
7	1	0.16	-1	2	1	80
8	1	0.16	1	3	1	80
9	-1.682	0.052	0	2.5	0	60
10	1.682	0.187	0	2.5	0	60
11	0	0.12	-1.682	1.66	0	60
12	0	0.12	1.682	3.34	0	60
13	0	0.12	0	2.5	-1.682	26.4
14	0	0.12	0	2.5	1.682	93.6
15	0	0.12	0	2.5	0	60
16	0	0.12	0	2.5	0	60
17	0	0.12	0	2.5	0	60
18	0	0.12	0	2.5	0	60
19	0	0.12	0	2.5	0	60
20	0	0.12	0	2.5	0	60

Çalışmada deneme desenine bağlı olarak sisteme verilen her bağımsız değişkenin, sistemi (bağımlı değişkeni) farklı etkilediği, dolayısıyla seçilen değişkenlerin ve değişken seviyelerinin makina performansı ve ekim kalitesi üzerinde etkin rolü olduğu saptanmıştır.

Çalışmada, yapılan değerlendirmeler sonucunda, tümüyle kuadratik formda, KETA, BO ve E<sub>rms</sub> modelleri elde edilmiş ve bu model denklemlerini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.12).

*Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;*

$$\sqrt{y} = 9.33 - 0.412 X_1 + 0.943 X_2 + 0.702X_3 + 0.351 X_1X_2 - 0.693 X_2X_3 - 0.361 X_2^2 - 0.385 X_3^2 \quad (R^2=94.75) \dots\dots\dots 31.$$

*Boşluk Oranı Modeli;*

$$Y_b = 0.317 + 0.129 X_1 - 0.307 X_2 - 0.208X_3 - 0.103 X_1X_2 + 0.197 X_2X_3 + 0.101 X_2^2 + 0.112 X_3^2 \quad (R^2=94.39) \dots\dots\dots 32.$$

*Ortalama Sapma Modeli;*

$$\sqrt{E_{rms}} = 2.165 + 0.304 X_1 - 1.192 X_2 - 0.752X_3 - 0.23 X_1X_2 + 0.788 X_2X_3 + 0.511 X_2^2 + 0.353 X_3^2 \quad (R^2=95.58) \dots\dots\dots 33.$$

şeklindedir.

Çizelge 4.11. Pamuk tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)			
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)
1	1	-1	-1	-1	56.41	0.00	43.59	23.72
	2	-1	-1	-1	54.84	0.00	48.84	21.70
	3	-1	-1	-1	51.16	0.00	45.16	25.16
2	1	-1	1	-1	98.44	0.00	1.56	2.07
	2	-1	1	-1	98.44	0.00	1.56	2.20
	3	-1	1	-1	96.88	0.00	3.12	2.29
3	1	1	-1	-1	26.32	0.00	73.68	39.92
	2	1	-1	-1	27.27	3.03	69.70	45.68
	3	1	-1	-1	25.93	0.00	74.07	38.56
4	1	1	1	-1	87.50	6.25	6.25	3.49
	2	1	1	-1	98.44	0.00	1.56	2.18
	3	1	1	-1	93.75	0.00	6.25	3.11
5	1	-1	-1	1	90.63	1.56	7.81	3.65
	2	-1	-1	1	92.19	0.00	7.81	5.36
	3	-1	-1	1	90.63	1.56	7.81	4.13
6	1	-1	1	1	98.44	1.56	0.00	1.89
	2	-1	1	1	96.88	1.56	1.56	2.17
	3	-1	1	1	96.88	1.56	1.56	2.12
7	1	1	-1	1	75.00	0.00	27.42	8.78
	2	1	-1	1	72.58	0.00	26.15	7.33
	3	1	-1	1	73.85	3.03	21.67	8.22
8	1	1	1	1	95.31	0.00	4.69	3.01
	2	1	1	1	96.88	1.56	1.56	2.80
	3	1	1	1	93.75	3.13	3.12	2.97
9	1	-1.682	0	0	93.75	3.13	3.12	2.77
	2	-1.682	0	0	93.75	0.00	6.25	4.91
	3	-1.682	0	0	92.18	3.13	4.69	3.63
10	1	1.682	0	0	69.36	8.06	22.58	6.67
	2	1.682	0	0	72.58	1.61	25.81	8.15
	3	1.682	0	0	69.35	3.23	27.42	7.22
11	1	0	-1.682	0	42.31	0.00	57.69	35.70
	2	0	-1.682	0	46.15	2.70	45.95	38.21
	3	0	-1.682	0	30.00	0.00	53.85	28.09
12	1	0	1.682	0	89.03	3.16	7.81	5.09
	2	0	1.682	0	85.94	7.81	6.25	4.19
	3	0	1.682	0	90.63	7.81	1.56	2.96
13	1	0	0	-1.682	62.71	2.13	44.68	17.33
	2	0	0	-1.682	67.74	2.33	53.49	26.42
	3	0	0	-1.682	53.19	4.55	50.00	20.90
14	1	0	0	1.682	86.49	4.05	9.46	4.81
	2	0	0	1.682	82.44	4.05	13.51	5.16
	3	0	0	1.682	85.14	4.05	10.81	6.03
15	1	0	0	0	93.75	1.56	4.69	4.74
	2	0	0	0	84.37	3.13	12.5	5.12
	3	0	0	0	89.07	1.56	9.37	4.51
16	1	0	0	0	89.06	4.69	6.25	4.27
	2	0	0	0	85.93	3.13	10.94	4.15
	3	0	0	0	85.94	6.25	7.81	4.92
17	1	0	0	0	90.48	4.76	4.76	3.86
	2	0	0	0	87.30	6.35	6.35	4.08
	3	0	0	0	90.47	1.59	7.94	5.01
18	1	0	0	0	89.07	0.00	9.33	4.11
	2	0	0	0	85.93	1.56	9.37	5.90
	3	0	0	0	90.67	3.13	10.94	4.61
19	1	0	0	0	92.19	1.56	6.25	4.45
	2	0	0	0	85.94	6.25	7.81	4.70
	3	0	0	0	81.25	10.94	7.81	5.37
20	1	0	0	0	89.07	1.56	9.37	4.83
	2	0	0	0	89.06	3.13	7.81	6.55
	3	0	0	0	85.93	3.13	10.94	6.23

Kaynak: Yazgı, 2004

Çizelge 4.12. Pamuk tohumuna ilişkin optimum değerler

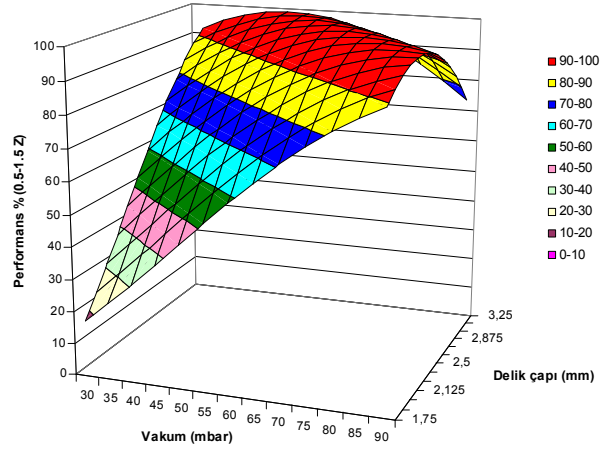
MODEL	Optimum Değerler					
	İlerleme Hızı (X <sub>1</sub> )		Delik Çapı (X <sub>2</sub> )		Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	
	Kodlu	Kodsuz (ms <sup>-1</sup> )	Kodlu	Kodsuz (mm)	Kodlu	Kodsuz (mbar)
KETA	-0.586	0.96	1.173	3.08	-0.11	57.8
BO	-0.85	0.86	1.25	3.12	-0.17	56.6
E <sub>rms</sub>	-0.718	0.91	1.32	3.16	-0.408	51.84

Kaynak: Yazgı, 2004

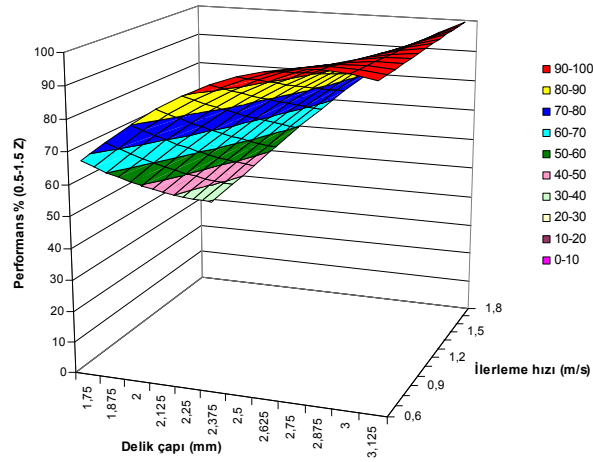
Çizelge 4.12'den de görüldüğü gibi tüm modellerden elde edilen optimum değerler birbirine oldukça yakındır. Bu nedenle, sadece KETA değerlerini bu çalışma kapsamında ele almak yanlış olmayacaktır. Pamuğa ilişkin KETA verileri, diğer tüm tohumluk materyallerden elde edilecek verilerle birlikte genel model eldesi kapsamında değerlendirilecektir.

Çalışmada, tüm modellerde en önemli değişimlere neden olan değişkenin plaka delik çapı olduğu, ardından da vakum değerinin önemli bir değişken olarak modellerde yer aldığı belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen diğer bir bulgu da ilerleme hızının model üzerinde doğrusal bir etkisinin olduğu yönündedir. Optimum değerlere bağlı olarak KETA performans değişimi Şekil 4.18-4.20 arasında verilmiştir.

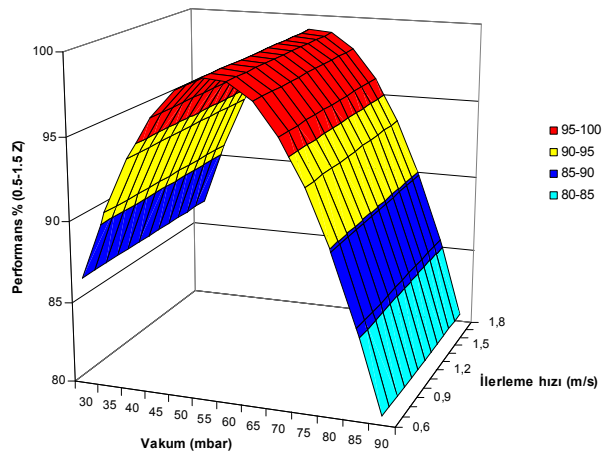
Çalışmada KETA'ya ilişkin optimum şartlarında denemeler yapılmış ve makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri mesafede ortalama olarak %99.67 başarıyla ektiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılan hassasiyet analiziyle de modelin doğruluğu ortaya konmuştur.



Şekil 4.18. Pamuk tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (İlerleme hızı:  $0.96 \text{ ms}^{-1}$ )



Şekil 4.19. Pamuk tohumu için plaka delik çapı ve ilerleme hızına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 57.8 mbar)



Şekil 4.20. Pamuk tohumu için ilerleme hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 3.08 mm)



#### 4.1.4. Ayçiçeği İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre ayçiçeği tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir. Ayçiçeği tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Ayçiçeği tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	1.5	-1	40
2	-1	0.08	1	2.5	-1	40
3	1	0.16	-1	1.5	-1	40
4	1	0.16	1	2.5	-1	40
5	-1	0.08	-1	1.5	1	80
6	-1	0.08	1	2.5	1	80
7	1	0.16	-1	1.5	1	80
8	1	0.16	1	2.5	1	80
9	-1.682	0.052	0	2	0	60
10	1.682	0.187	0	2	0	60
11	0	0.12	-1.682	1.159	0	60
12	0	0.12	1.682	2.841	0	60
13	0	0.12	0	2	-1.682	26.4
14	0	0.12	0	2	1.682	93.6
15	0	0.12	0	2	0	60
16	0	0.12	0	2	0	60
17	0	0.12	0	2	0	60
18	0	0.12	0	2	0	60
19	0	0.12	0	2	0	60
20	0	0.12	0	2	0	60

Ayçiçeği ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi Ek-1’de verilmiştir.

Ayçiçeği tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasında belirli bir uyum söz konusudur.

Ayrıca deneme desenine bağlı olarak sisteme verilen her bağımsız değişkenin, sistemi (bağımlı değişkeni) farklı etkilediği, dolayısıyla seçilen değişkenlerin ve değişken seviyelerinin makina performansı ve ekim kalitesi üzerinde etkin rolü olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.14. Ayçiçeği tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	60.72	7.14	32.14	28.01	17.86
	2	-1	-1	-1	63.83	12.77	23.40	9.51	14.89
	3	-1	-1	-1	67.24	17.24	15.52	6.26	22.41
2	1	-1	1	-1	90.14	8.45	1.41	3.88	23.94
	2	-1	1	-1	87.14	10.00	2.86	4.22	24.29
	3	-1	1	-1	88.73	8.45	2.82	3.90	42.25
3	1	1	-1	-1	37.93	6.90	55.17	20.85	10.00
	2	1	-1	-1	33.33	7.41	59.26	20.13	11.11
	3	1	-1	-1	33.33	10.00	56.67	18.94	17.24
4	1	1	1	-1	80.40	9.80	9.80	4.98	40.00
	2	1	1	-1	75.86	15.52	8.62	4.85	18.97
	3	1	1	-1	76.36	10.91	12.73	4.96	31.37
5	1	-1	-1	1	78.26	15.94	5.80	5.31	20.29
	2	-1	-1	1	76.47	16.18	7.35	4.73	23.53
	3	-1	-1	1	75.00	19.12	5.88	5.00	19.12
6	1	-1	1	1	67.65	25.00	7.35	5.44	23.53
	2	-1	1	1	68.12	21.74	10.14	5.09	26.09
	3	-1	1	1	73.62	19.44	6.94	5.08	22.22
7	1	1	-1	1	71.15	11.54	17.31	7.04	30.77
	2	1	-1	1	69.39	8.16	22.45	8.00	14.29
	3	1	-1	1	69.39	8.16	22.45	7.34	10.20
8	1	1	1	1	82.26	8.06	9.68	4.74	24.19
	2	1	1	1	77.36	9.43	13.21	5.17	22.64
	3	1	1	1	73.08	7.69	19.23	5.84	23.08
9	1	-1.682	0	0	77.78	17.46	4.76	5.47	23.81
	2	-1.682	0	0	77.27	21.21	1.52	4.68	25.40
	3	-1.682	0	0	79.37	15.87	4.76	4.87	34.85
10	1	1.682	0	0	60.00	18.00	22.00	6.78	18.00
	2	1.682	0	0	53.06	16.33	30.61	7.48	18.37
	3	1.682	0	0	64.58	10.42	25.00	7.03	12.50
11	1	0	-1.682	0	45.00	0.00	55.00	30.40	20.00
	2	0	-1.682	0	50.00	0.00	50.00	25.10	14.29
	3	0	-1.682	0	32.00	4.00	64.00	26.17	4.00
12	1	0	1.682	0	63.79	24.14	12.07	6.57	22.41
	2	0	1.682	0	66.07	17.86	16.07	6.08	25.00
	3	0	1.682	0	69.81	13.21	16.98	5.84	30.19
13	1	0	0	-1.682	67.50	2.50	30.00	15.00	30.00
	2	0	0	-1.682	65.52	0.00	34.48	24.35	48.28
	3	0	0	-1.682	64.51	3.23	32.26	16.26	32.26
14	1	0	0	1.682	71.19	13.56	15.25	4.94	22.03
	2	0	0	1.682	75.41	16.39	8.20	5.62	22.95
	3	0	0	1.682	76.37	16.36	7.27	4.81	18.18
15	1	0	0	0	77.78	17.46	4.76	4.80	19.05
	2	0	0	0	73.68	12.28	14.04	6.06	26.32
	3	0	0	0	77.97	11.86	10.17	5.16	22.03
16	1	0	0	0	75.81	11.29	12.90	5.13	22.58
	2	0	0	0	74.58	15.25	10.17	4.61	31.67
	3	0	0	0	81.66	6.67	11.67	5.84	22.03
17	1	0	0	0	74.55	10.90	14.55	6.65	23.64
	2	0	0	0	71.67	13.33	15.00	5.49	21.67
	3	0	0	0	78.33	11.67	10.00	4.71	18.33
18	1	0	0	0	73.78	13.11	13.11	5.53	19.67
	2	0	0	0	78.95	15.79	5.26	4.45	29.82
	3	0	0	0	78.69	11.47	9.84	4.64	22.95
19	1	0	0	0	78.33	11.67	10.00	4.21	35.00
	2	0	0	0	78.33	11.67	10.00	4.77	33.33
	3	0	0	0	79.67	11.86	8.47	5.41	18.64
20	1	0	0	0	79.67	8.47	11.86	5.07	20.34
	2	0	0	0	78.69	14.75	6.56	4.86	27.87
	3	0	0	0	72.88	13.56	13.56	5.46	25.42

#### 4.1.4.1. Ayçiçeği İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.14’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, ayçiçeği için bağımlı değişken ( $y_a$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “ln” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_a = \ln (y) \dots\dots\dots 34.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_a = 4.327 - 0.088 X_1 + 0.141 X_2 + 0.062 X_3 + 0.084 X_1 X_2 + 0.095 X_1 X_3 - 0.14 X_2 X_3 + 0.025 X_1^2 - 0.115 X_2^2 - 0.035 X_1 X_2 X_3 \dots\dots\dots 35.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formdaki kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 9 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Model kübik olarak kurulmasına karşılık modelde değişkenlerin üçlü interaksyonu haricinde üçüncü dereceden hiçbir değişken yer almamaktadır.

Değişkenlerin modele giriş sıraları ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.15’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.15. Ayçiçeği tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	4.327	-	-
1	X <sub>2</sub>	0.141	0.196	26.79
2	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.115	0.171	45.13
3	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.140	0.146	60.59
4	X <sub>1</sub>	-0.088	0.127	70.96
5	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0.095	0.111	78.02
6	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.084	0.0973	83.52
7	X <sub>3</sub>	0.062	0.0815	88.64
8	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.035	0.0788	89.59
9	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.025	0.0762	90.46

Çizelge 4.15'den de görüleceği üzere modele ilk sıralarda giren terimler plaka delik çapı değişkeni olan X<sub>2</sub> ve X<sub>2</sub><sup>2</sup> olup sistemin yaklaşık %45'i bu iki terim tarafından açıklanabilmektedir. Buradan da ayçiçeği ekiminde delik çapının ne denli öneme sahip olduğu diğer bir ifadeyle, sistemi kontrol altında tutan değişkenin delik çapı olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Takip eden değişkenler ise vakum basıncı ile delik çapı interaksyonu olan X<sub>2</sub>X<sub>3</sub> ve plaka çevre hızı değişkeni X<sub>1</sub>'dir. Bu değişkenlerin modele katkısı ise yaklaşık %26 oranındadır. Modelde kuadratik formda yer alan iki değişken ise delik çapı ve plaka çevre hızı değişkenleridir. X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub> üçlü interaksyonu ise modele önemli ölçüde katkı sağlamamakla birlikte modelde tek kübik terim olarak yer almaktadır.

Optimum değerlerin hesaplanması için, ayçiçeği tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 35 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda bu değişkenlerin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub> = -0.4978, X<sub>2</sub> = 0.1199 ve X<sub>3</sub> = 0.584 olarak hesaplanmıştır.

Kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.4978 \Rightarrow X_1 = 0.1 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 36.$$

$$\frac{X_2 - 2}{0.5} = 0.1199 \Rightarrow X_2 = 2.06 \text{ mm} \dots\dots\dots 37.$$

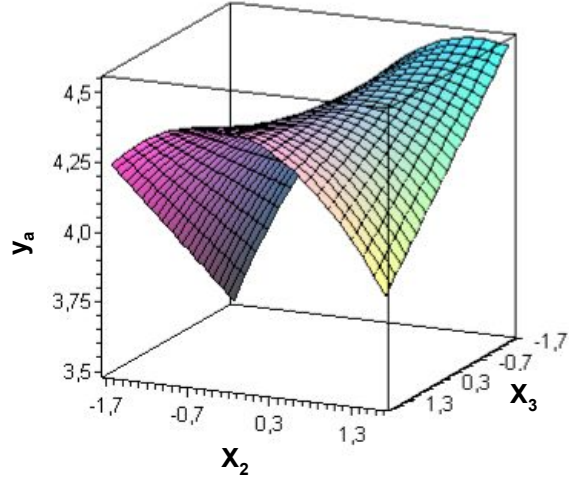
$$\frac{X_3 - 60}{20} = 0.584 \Rightarrow X_3 = 71.68 \text{ mbar} \dots\dots\dots 38.$$

elde edilir.

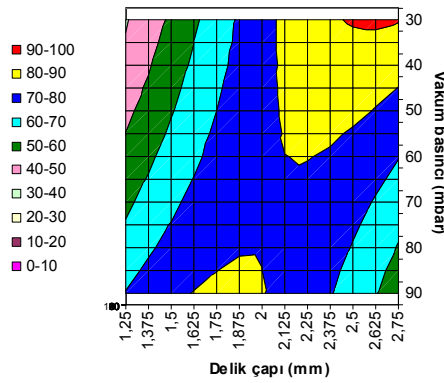
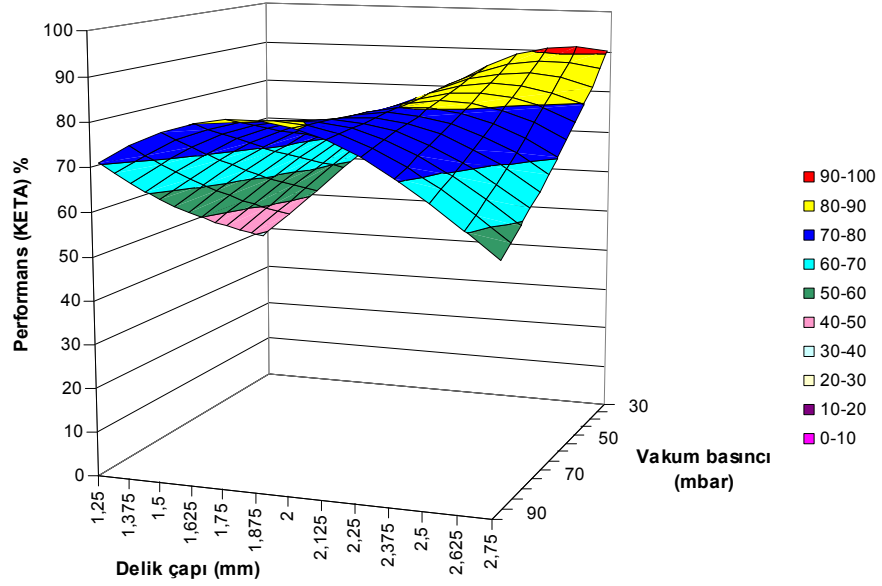
#### 4.1.4.2. Ayçiçeği Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselleştirilmesi

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca ayçiçeği tohumları ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafikselleştirilmesi Şekil 4.21 ile Şekil 4.26 arasında verilmiştir.

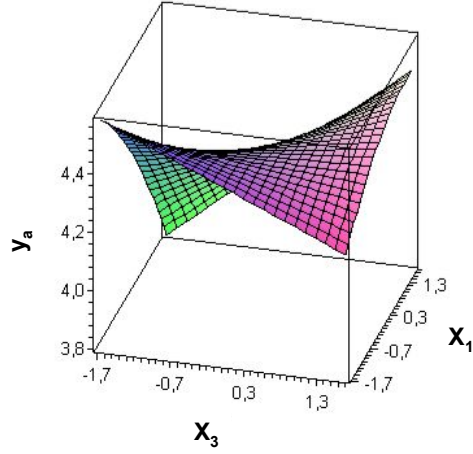
Ayçiçeği için özellikle plaka delik çapının performans üzerindeki etkisi, ekim kalitesini nasıl ve miktar olarak ne denli değiştirdiği grafiklerden de görüldüğü gibi dikkat çekicidir. Dolayısıyla, ayçiçeğinin tek dane ekiminde, öncelikli olarak ekimi yapılacak tohumu uygun plaka delik çapı seçimi, ardından uygun vakum ve uygun plaka çevre hızının seçilmesi gerekmektedir.



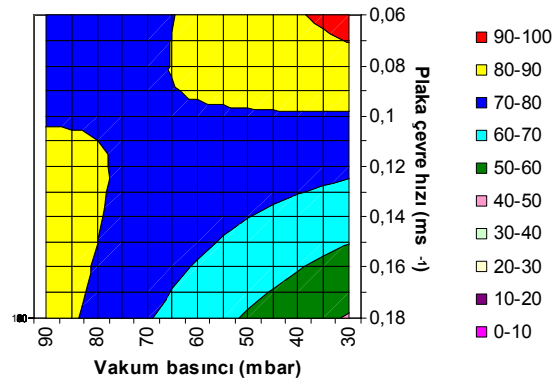
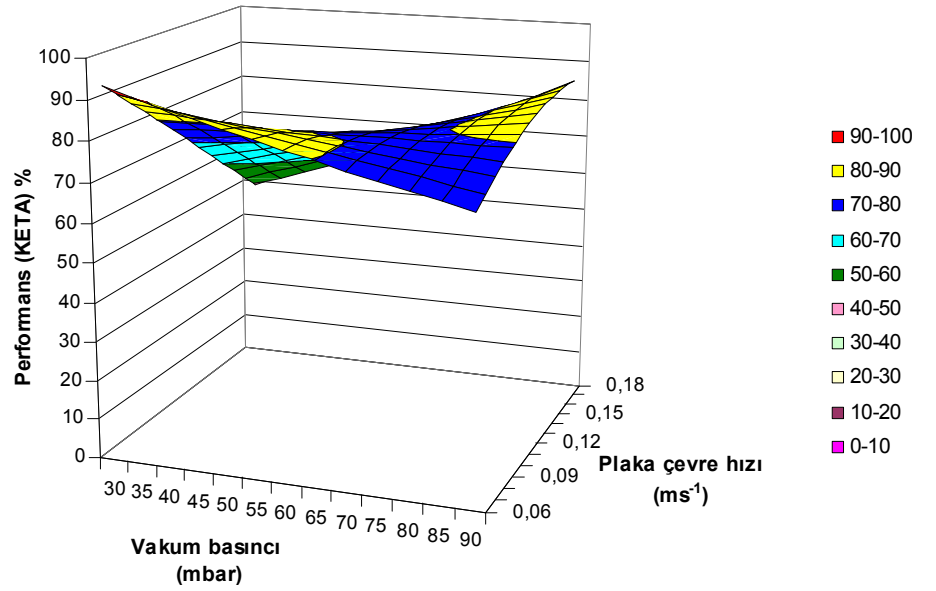
Şekil 4.21. Ayçiçeği tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ $ln$ ” dönüşümlü KETA ( $y_a$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -0.4978)



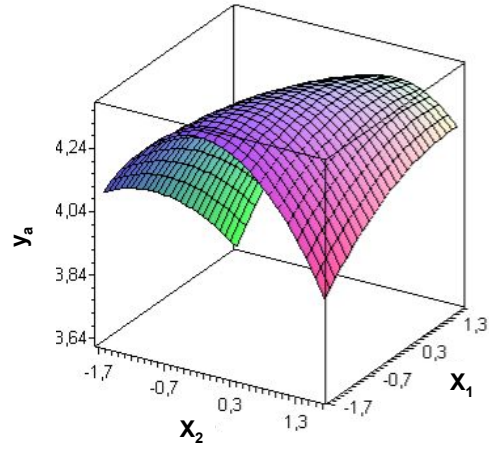
Şekil 4.22. Ayçiçeği tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.1 \text{ ms}^{-1}$ )



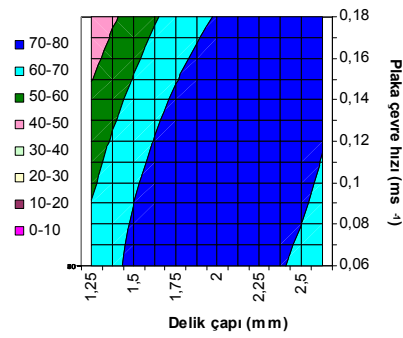
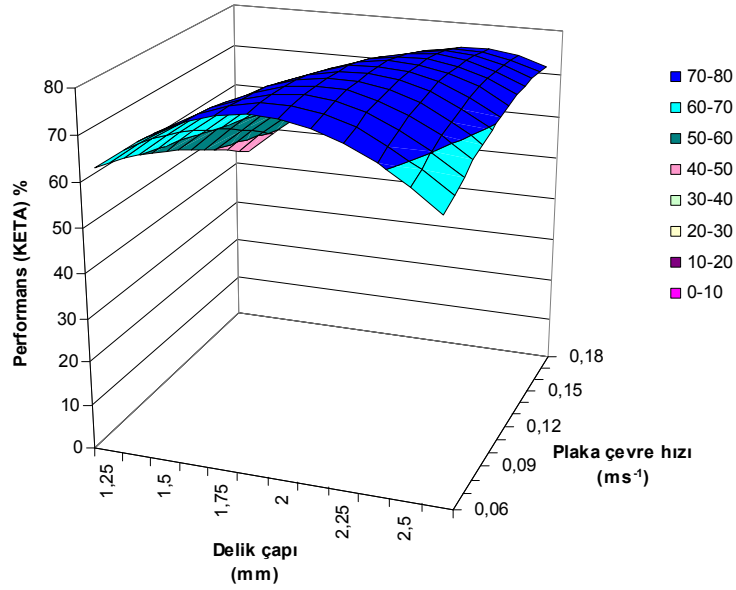
Şekil 4.23. Ayçiçeği tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “ $\ln$ ” dönüşümlü KETA ( $y_a$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2 : 0.1199$ )



Şekil 4.24. Ayçiçeği tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 2.06 mm)



Şekil 4.25. Ayçiçeği tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “ln” dönüşümlü KETA ( $y_a$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3 : 0.584$ )

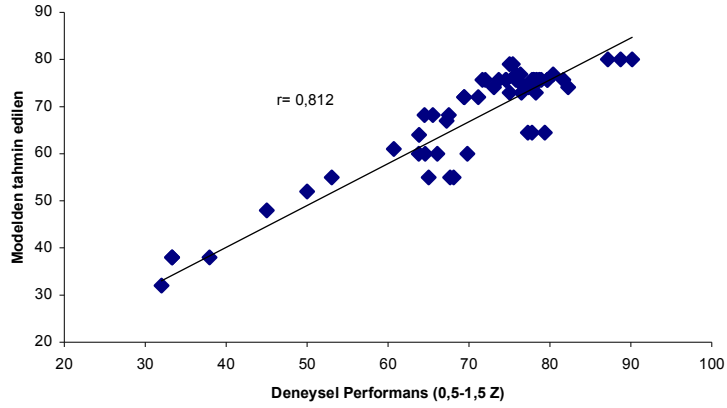


Şekil 4.26. Ayçiçeği tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 71.68 mbar)



#### 4.1.4.3. Ayçiçeği Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.27'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasında bazı noktalarda farklılıklar gözlenmekteyse de verilerin mümkün olduğunca  $r=1$  doğrusu etrafında toplandığı görülmektedir.



Şekil 4.27. Ayçiçeği tohumu için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %82.77 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak ayçiçeği tohumlarıyla yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %82.77 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında ayçiçeği tohumu ile yapılan denemeler sonucunda makinanın, hemen hemen tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında ortalama %95.24 (iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında iyi düzeyde

birakılması  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $1 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 2.06 mm delik çapındaki plakayla ve 71.68 mbar vakum basıncında gerçekleştirilmektedir.

Modelden tahmin edilen performans değeri ile, optimum noktalarda yapılan denemeler sonucunda elde edilen deneysel performans değeri birbirinden az da olsa farklılık göstermektedir. Ancak modelden beklenenden çok daha iyi bir deneysel performans değeri elde edildiğinden ayçiçeği için geliştirilen model denklemi uygun bir model olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bilindiği üzere ayçiçeğinin tek dane ekiminde en az 15 cm sıra aralığı öngörülmektedir. Sıra üzeri aralığın arttığı oranda performansın da artacağı öngörüsüyle modelin geçerli bir model olduğunu belirtmek yerinde olacaktır.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.16 ve Şekil 4.28' de verilmiştir. Söz konusu sına, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1 \text{ mm}$ ) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 2 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 72 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $1 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.1 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.16. Ayçiçeği tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.1 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 2.06 mm, vakum basıncı: 71.68 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
13.12	14.32	14.08	13.52	11.12	6.64
14.16	8.80	12.64	12.24	12.32	15.52
13.12	15.12	8.16	11.76	11.52	12.56
10.00	12.56	17.82	12.64	9.84	17.96
13.28	12.56	11.20	11.36	14.00	11.36
13.28	12.88	14.40	15.12	13.52	10.4
14.80	9.76	11.36	13.20	12.24	10.56
8.64	19.84	13.92	12.96	16.48	15.68
14.64	9.44	14.16	9.76	9.68	7.36
11.52	12.88	8.96	11.92	9.04	12.08
10.24	10.56	15.76	16.02	11.92	12.16
18.40	13.84	17.01	10.80	9.68	19.12
7.52	12.88	8.72	15.76	6.72	7.44
11.12	7.44	11.92	23.04	10.48	11.28
16.56	18.00	11.84	12.00	8.48	14.24
10.88	8.40	7.76	13.04	9.68	8.32
12.00	15.12	16.80	12.88	9.68	11.92
13.28	11.68	17.12	15.84	12.72	13.12
11.44	10.32	10.08	11.20	9.68	15.36
20.56	13.36	25.12	17.20	8.56	11.84
15.04	13.52	14.80	15.76	14.32	13.36
11.68	12.80	12.24	13.20	14.64	11.28
14.00	13.68	8.64	12.16	12.00	11.52
10.48	12.00	14.80	14.00	9.60	12.4
13.28	9.76	13.04	12.41	13.84	13.92
7.92	12.24	11.52	12.67	22.96	9.84
13.52	11.21	14.20	14.22	14.40	12.56
12.78	13.25	13.58	11.78	10.00	11.92
<b>Performans: %94.64</b>		<b>Performans: %94.64</b>		<b>Performans: %96.43</b>	



Şekil 4.28. Ayçiçeği tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.1.5. Soya İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre soya tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir. Soya tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Soya tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	2.5	-1	30
2	-1	0.08	1	4.5	-1	30
3	1	0.16	-1	2.5	-1	30
4	1	0.16	1	4.5	-1	30
5	-1	0.08	-1	2.5	1	50
6	-1	0.08	1	4.5	1	50
7	1	0.16	-1	2.5	1	50
8	1	0.16	1	4.5	1	50
9	-1.682	0.052	0	3.5	0	40
10	1.682	0.187	0	3.5	0	40
11	0	0.12	-1.682	1.818	0	40
12	0	0.12	1.682	5.18	0	40
13	0	0.12	0	3.5	-1.682	23.18
14	0	0.12	0	3.5	1.682	56.82
15	0	0.12	0	3.5	0	40
16	0	0.12	0	3.5	0	40
17	0	0.12	0	3.5	0	40
18	0	0.12	0	3.5	0	40
19	0	0.12	0	3.5	0	40
20	0	0.12	0	3.5	0	40

Soya ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi Ek-1’de verilmiştir.

Soya tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasında belirli bir uyum söz konusudur.

Çizelge 4.18. Soya tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	76.74	0.00	23.26	9.99	53.49
	2	-1	-1	-1	72.50	0.00	27.50	12.06	57.50
	3	-1	-1	-1	74.36	2.56	23.08	7.19	35.90
2	1	-1	1	-1	94.92	0.00	5.08	2.86	47.46
	2	-1	1	-1	95.00	1.67	3.33	2.95	40.00
	3	-1	1	-1	94.92	1.69	3.39	2.70	42.37
3	1	1	-1	-1	42.11	0.00	57.89	29.58	15.79
	2	1	-1	-1	36.00	0.00	64.00	23.82	12.00
	3	1	-1	-1	35.71	3.58	60.71	17.46	10.71
4	1	1	1	-1	61.22	12.25	26.53	6.60	16.33
	2	1	1	-1	70.00	10.00	20.00	6.09	16.00
	3	1	1	-1	67.31	11.54	21.15	5.54	32.69
5	1	-1	-1	1	94.83	0.00	5.17	3.01	62.07
	2	-1	-1	1	83.67	0.00	16.33	5.53	46.94
	3	-1	-1	1	89.29	0.00	10.71	3.42	71.43
6	1	-1	1	1	93.34	3.33	3.33	3.13	45.00
	2	-1	1	1	94.92	1.69	3.39	2.92	42.37
	3	-1	1	1	95.00	5.00	0.00	2.68	48.33
7	1	1	-1	1	65.71	0.00	34.29	10.15	34.29
	2	1	-1	1	67.57	0.00	32.43	12.19	21.62
	3	1	-1	1	65.12	2.32	32.56	7.58	23.26
8	1	1	1	1	71.15	5.77	23.08	5.51	17.31
	2	1	1	1	75.00	5.77	19.23	5.21	23.08
	3	1	1	1	74.55	7.27	18.18	5.03	23.64
9	1	-1.682	0	0	95.95	4.05	0.00	3.08	41.89
	2	-1.682	0	0	95.95	4.05	0.00	2.87	36.49
	3	-1.682	0	0	97.26	2.74	0.00	2.72	31.51
10	1	1.682	0	0	88.24	3.92	7.84	4.13	33.33
	2	1.682	0	0	85.11	2.13	12.76	5.47	23.40
	3	1.682	0	0	83.33	2.09	14.58	5.11	14.58
11	1	0	-1.682	0	33.33	0.00	66.67	44.76	8.33
	2	0	-1.682	0	41.67	0.00	58.33	46.68	33.33
	3	0	-1.682	0	30.77	0.00	69.23	33.47	15.38
12	1	0	1.682	0	94.34	0.00	5.66	3.38	37.74
	2	0	1.682	0	90.38	3.85	5.77	4.46	38.46
	3	0	1.682	0	90.91	5.45	3.64	3.33	36.36
13	1	0	0	-1.682	82.61	0.00	17.39	6.09	30.43
	2	0	0	-1.682	85.42	2.08	12.50	4.90	29.17
	3	0	0	-1.682	85.42	0.00	14.58	6.87	41.67
14	1	0	0	1.682	92.59	0.00	7.41	3.06	37.04
	2	0	0	1.682	90.57	1.89	7.54	3.40	32.08
	3	0	0	1.682	92.45	0.00	7.55	2.69	58.49
15	1	0	0	0	92.45	1.89	5.66	3.14	35.85
	2	0	0	0	88.00	4.00	8.00	4.18	26.00
	3	0	0	0	92.31	0.00	7.69	3.19	34.62
16	1	0	0	0	91.67	0.00	8.33	3.95	37.50
	2	0	0	0	92.00	0.00	8.00	3.61	38.00
	3	0	0	0	94.23	0.00	5.77	2.89	36.54
17	1	0	0	0	92.45	0.00	7.55	3.47	45.28
	2	0	0	0	92.31	0.00	7.69	3.51	42.31
	3	0	0	0	94.12	1.96	3.92	2.76	41.18
18	1	0	0	0	96.00	0.00	4.00	3.34	34.00
	2	0	0	0	94.23	0.00	5.77	3.45	36.54
	3	0	0	0	94.34	0.00	5.66	3.22	33.96
19	1	0	0	0	92.45	1.89	5.66	3.87	41.51
	2	0	0	0	92.31	0.00	7.69	2.92	38.46
	3	0	0	0	90.20	0.00	9.80	3.90	43.14
20	1	0	0	0	92.31	0.00	7.69	2.93	34.62
	2	0	0	0	92.00	0.00	8.00	3.98	32.00
	3	0	0	0	92.45	0.00	7.55	3.62	49.06

#### 4.1.5.1. Soya İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.18’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, soya için bağımlı değişken ( $y_s$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “*arcsin*” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_s = \arcsin\left(\sqrt{\frac{\text{performans}}{100}}\right) \dots\dots\dots 39.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_s = 1.298 + 0.041 X_2 + 0.089 X_3 + 0.022 X_1 X_3 - 0.052 X_2 X_3 - 0.0214 X_1^2 - 0.1351 X_2^2 - 0.0415 X_3^2 - 0.15 X_1 X_2^2 - 0.0208 X_1^3 + 0.0535 X_2^3 - 0.0193 X_3^3 \dots\dots\dots 40.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formdaki kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 11 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı değişkenlerinin tümünün de kuadratik ve kübik formlarının modelde yer alması dikkat çekicidir.

Değişkenlerin modele giriş sıraları ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.19’da verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.19. Soya tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	1.298	-	-
1	X <sub>2</sub> <sup>3</sup>	0.0535	0.183	30.07
2	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.1351	0.145	56.74
3	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.150	0.094	82.13
4	X <sub>3</sub>	0.089	0.082	86.63
5	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	-0.0415	0.0748	89.08
6	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.052	0.0667	91.47
7	X <sub>1</sub> <sup>3</sup>	-0.0208	0.0583	93.60
8	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0214	0.0555	94.32
9	X <sub>2</sub>	0.041	0.0534	94.84
10	X <sub>3</sub> <sup>3</sup>	-0.0193	0.0516	95.29
11	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0.022	0.0497	95.71

Çizelge 4.19'dan da görüleceği üzere modele ilk sıralarda giren terimler plaka delik çapı değişkeni olan X<sub>2</sub><sup>3</sup> ve X<sub>2</sub><sup>2</sup> olup sistemin yaklaşık %57'si bu iki terim tarafından açıklanabilmektedir. Modele 3. sırada giren ilerleme hızı ve delik çapı interaksiyonu olan X<sub>1</sub>X<sub>2</sub><sup>2</sup> ise, yine önemli sayılabilecek oranda sistemi etkilemektedir. X<sub>1</sub><sup>2</sup>, X<sub>1</sub><sup>3</sup>, X<sub>3</sub><sup>3</sup> değişkenleri ise modelde yer almalarına rağmen modele katkıları son derece düşüktür. Buradan da soya ekiminde delik çapının ne denli öneme sahip olduğu, diğer bir ifadeyle, sistemi kontrol altında tutan değişkenin delik çapı olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Optimum değerlerin hesaplanması için, soya tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 40 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda denklemi optimize eden 2 farklı kök elde edilmiştir. Değişkenlerin birinci köke ilişkin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub>= **-0.5869**, X<sub>2</sub>= **0.3181** ve X<sub>3</sub>= **0.5251** olarak, ikinci köke ilişkin kodlu optimum değerler ise sırasıyla X<sub>1</sub>= **0.2749**, X<sub>2</sub> = **0.0057** ve X<sub>3</sub>= **0.7496** olarak hesaplanmıştır.

İlk kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.5869 \Rightarrow X_1 = 0.0965 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 41.$$

$$\frac{X_2 - 3.5}{1} = 0.3181 \Rightarrow X_2 = 3.82 \text{ mm} \dots\dots\dots 42.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = -0.5251 \Rightarrow X_3 = 45.25 \text{ mbar} \dots\dots\dots 43.$$

elde edilir.

İkinci kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = 0.2749 \Rightarrow X_1 = 0.131 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 44.$$

$$\frac{X_2 - 3.5}{1} = 0.0057 \Rightarrow X_2 = 3.51 \text{ mm} \dots\dots\dots 45.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = -0.7496 \Rightarrow X_3 = 47.49 \text{ mbar} \dots\dots\dots 46.$$

elde edilir.

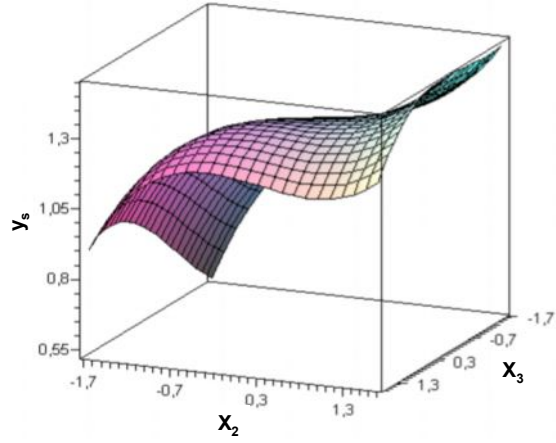
Her iki optimum çözümde de plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı değerlerinin birbirine son derece yakın olduğu saptanmıştır. Bu nedenle her iki çözümden birinin kullanılmasının yanlış olmayacağından yola çıkılarak, düşük plaka çevre hızı gereksinimi olan 1. çözümden elde edilen değerler, soya ekiminde optimum değerler olarak seçilmiştir.

#### 4.1.5.2. Soya Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselleştirilmesi

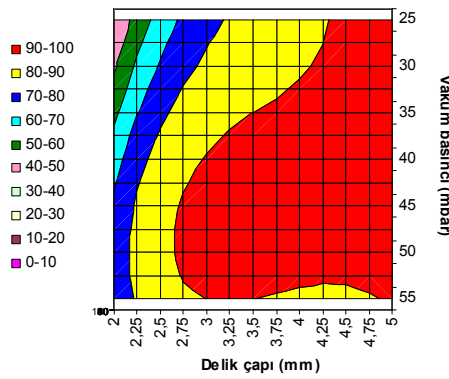
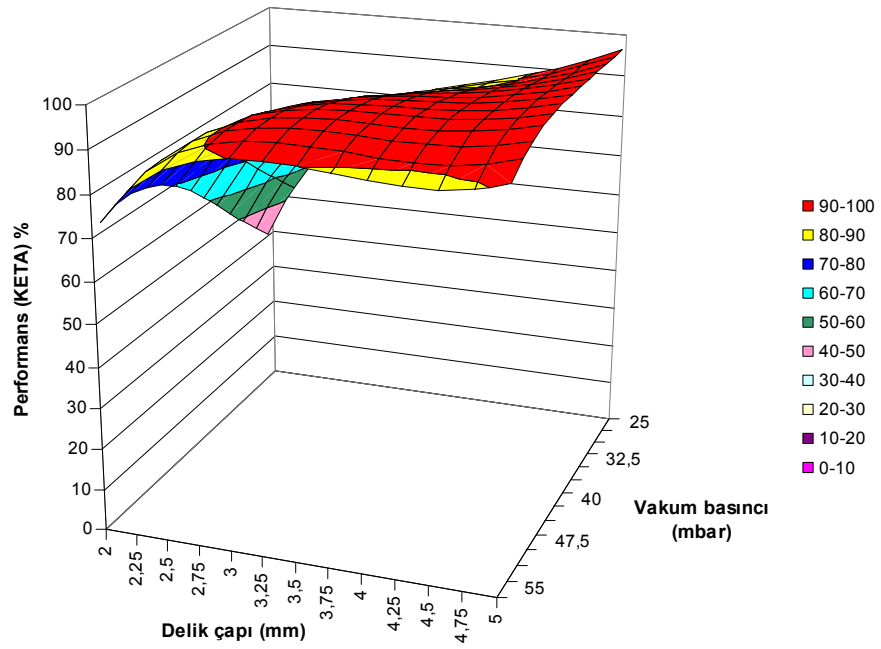
Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca soya tohumları ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksiyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafikselleştirilmesi Şekil 4.29 ile Şekil 4.34 arasında verilmiştir.

Grafiğe dayalı bu gösterimlerden soya tohumu ile çalışmada tek dane ekim makinasının ekime ilişkin kalitesi üzerinde özellikle plaka delik çapının etkin parametre olduğu görülmektedir.

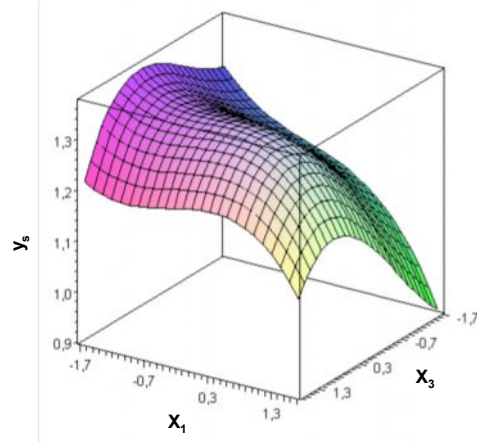




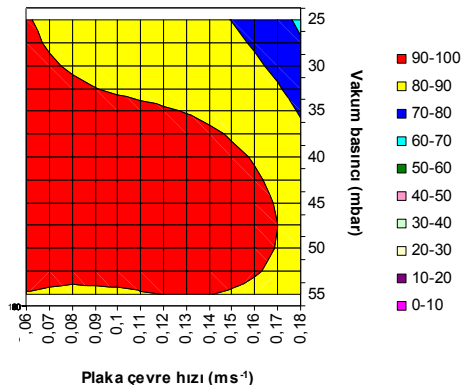
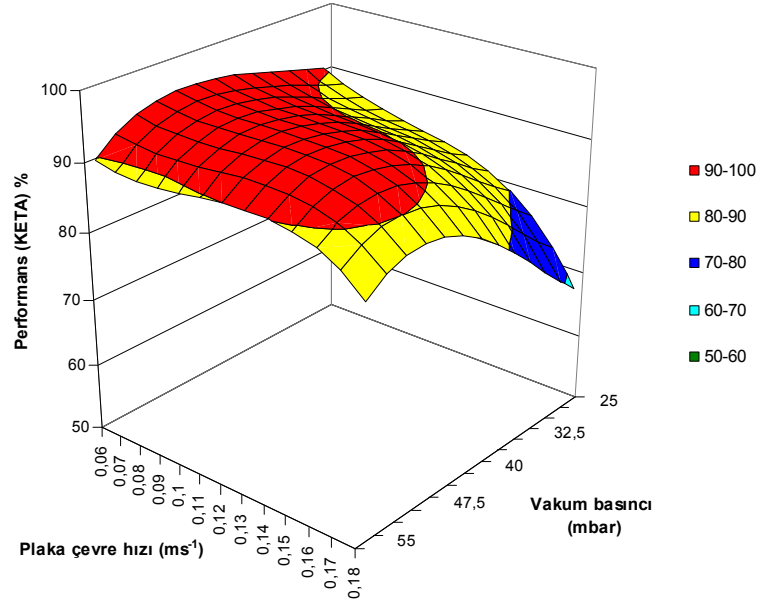
Şekil 4.29. Soya tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_s$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -0.5869)



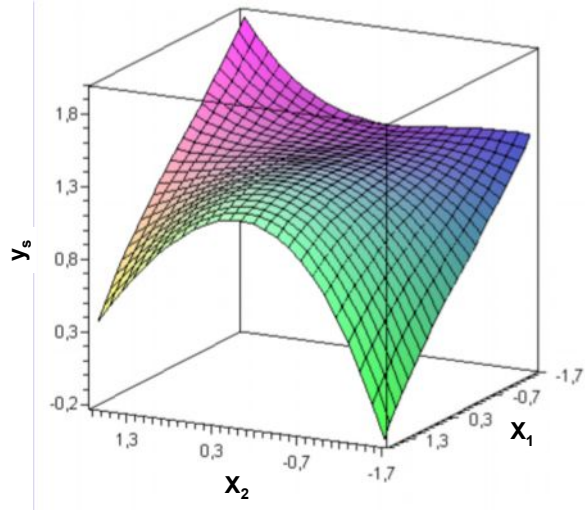
Şekil 4.30. Soya tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.0965 \text{ ms}^{-1}$ )



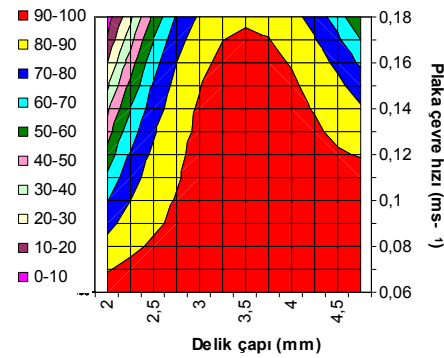
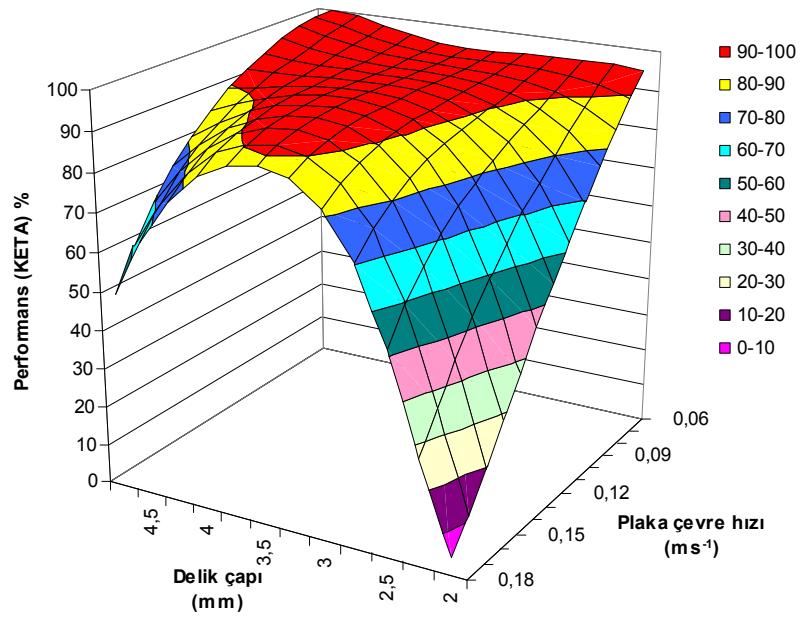
Şekil 4.31. Soya tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_s$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2 : 0.3181$ )



Şekil 4.32. Soya tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 3.82 mm)



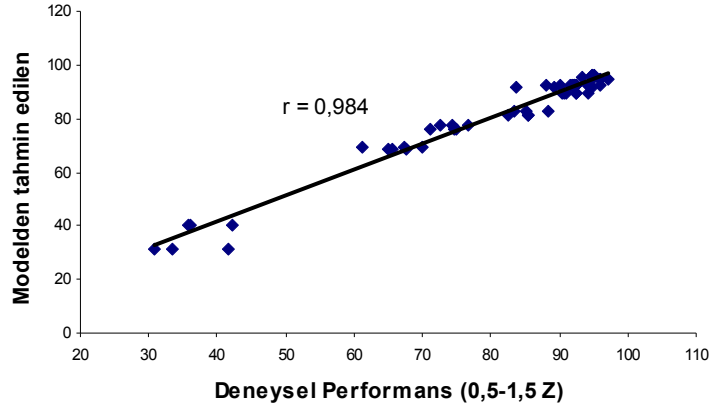
Şekil 4.33. Soya tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_s$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : 0.5251)



Şekil 4.34. Soya tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 45.25 mbar)

#### 4.1.5.3. Soya Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.35’den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Verilerin çoğunlukla  $r=1$  doğrusunda toplanmış olması, modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasındaki uyumu göstermektedir.



Şekil 4.35. Soya tohumu için KETA’ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %93.93 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak soya tohumlarıyla yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %93.93 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında soya tohumu ile yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması  $0.0965 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $0.965 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 3.82 mm delik çapındaki plakayla ve 45.25 mbar vakum basıncında gerçekleştirilebilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.20 ve Şekil 4.36’ da verilmiştir. Söz konusu sına, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1 \text{ mm}$ )

ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 3.8 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 45 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $1 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.1 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.20. Soya tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.0965 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 3.82 mm, vakum basıncı: 45.25 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
10.96	12.32	9.92	12.24	10.32	9.84
12.80	10.24	9.76	12.48	12.64	10.24
10.16	10.80	14.08	9.28	11.20	13.84
9.92	13.36	10.56	13.20	12.32	10.96
15.36	7.92	13.44	13.12	10.88	9.44
13.60	13.76	12.24	11.28	10.48	14.16
11.52	12.48	10.72	10.24	9.36	11.20
12.56	10.80	10.48	14.64	11.84	10.00
12.48	10.88	11.44	8.96	11.68	12.24
12.72	9.92	13.12	14.80	11.92	9.12
10.88	14.24	11.52	13.76	11.12	14.16
10.00	10.16	11.84	10.32	13.04	10.96
13.92	12.96	13.12	12.72	10.16	12.16
10.16	9.44	11.60	9.60	12.32	9.28
14.48	12.40	13.04	15.20	12.80	10.88
11.68	13.20	8.96	9.04	12.96	13.04
8.40	8.64	13.36	12.08	10.64	13.44
12.00	11.60	13.68	12.96	12.40	12.24
14.80	13.04	10.80	11.12	10.16	14.08
13.04	10.64	11.60	10.48	12.96	12.88
10.40	11.20	12.56	14.32	11.76	9.12
11.44	10.08	11.52	10.88	11.20	11.6
11.12	13.52	10.72	9.92	12.40	11.6
14.32	11.76	11.04	13.60	11.36	10.24
8.40	10.80	10.88	11.04	12.88	14.00
14.00	11.60	13.04	13.36	9.52	9.20
10.64	11.52	9.44	9.60	12.48	8.72
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.36. Soya tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.1.6. Şeker Pancarı İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre şeker pancarı tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir. Şeker pancarı tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Şeker pancarı ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi Ek-1’de verilmiştir.

Şeker pancarı tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasındaki uyum nedeniyle denemelerin tutarlı bir şekilde gerçekleştirildiği söylenebilmektedir.

Çizelge 4.21. Şeker pancarı tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	1.4	-1	30
2	-1	0.08	1	2.2	-1	30
3	1	0.16	-1	1.4	-1	30
4	1	0.16	1	2.2	-1	30
5	-1	0.08	-1	1.4	1	50
6	-1	0.08	1	2.2	1	50
7	1	0.16	-1	1.4	1	50
8	1	0.16	1	2.2	1	50
9	-1.682	0.052	0	1.8	0	40
10	1.682	0.187	0	1.8	0	40
11	0	0.12	-1.682	1.1272	0	40
12	0	0.12	1.682	2.4728	0	40
13	0	0.12	0	1.8	-1.682	23.18
14	0	0.12	0	1.8	1.682	56.82
15	0	0.12	0	1.8	0	40
16	0	0.12	0	1.8	0	40
17	0	0.12	0	1.8	0	40
18	0	0.12	0	1.8	0	40
19	0	0.12	0	1.8	0	40
20	0	0.12	0	1.8	0	40

Çizelge 4.22. Şeker pancarı tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	90.48	0.00	9.52	4.10	15.87
	2	-1	-1	-1	93.75	0.00	6.25	5.66	34.38
	3	-1	-1	-1	88.52	0.00	11.48	4.38	31.15
2	1	-1	1	-1	83.56	10.96	5.48	4.36	29.40
	2	-1	1	-1	81.12	10.50	8.38	5.54	31.25
	3	-1	1	-1	84.50	10.72	3.78	3.64	29.17
3	1	1	-1	-1	85.18	7.41	7.41	5.79	38.89
	2	1	-1	-1	85.48	5.56	8.96	4.81	35.19
	3	1	-1	-1	85.42	0.00	14.58	6.76	56.25
4	1	1	1	-1	85.72	7.14	7.14	4.79	37.50
	2	1	1	-1	84.00	6.00	10.00	6.76	34.00
	3	1	1	-1	81.48	7.41	11.11	5.06	25.93
5	1	-1	-1	1	92.96	5.63	1.41	3.61	18.31
	2	-1	-1	1	94.36	1.41	4.23	3.07	32.39
	3	-1	-1	1	92.54	0.00	7.46	3.24	31.34
6	1	-1	1	1	83.33	9.09	7.58	4.61	22.73
	2	-1	1	1	80.00	15.71	4.29	4.68	30.00
	3	-1	1	1	78.88	14.08	7.04	4.70	28.17
7	1	1	-1	1	83.02	3.77	13.21	5.08	43.40
	2	1	-1	1	80.00	9.09	10.91	4.96	34.55
	3	1	-1	1	79.24	7.55	13.21	5.42	32.08
8	1	1	1	1	77.36	5.66	16.98	5.08	33.96
	2	1	1	1	78.18	10.91	10.91	5.81	25.45
	3	1	1	1	76.36	12.73	10.91	4.84	29.09
9	1	-1.682	0	0	91.03	6.41	2.56	3.54	15.38
	2	-1.682	0	0	92.86	5.71	1.43	2.59	47.14
	3	-1.682	0	0	94.20	2.90	2.90	2.92	43.48
10	1	1.682	0	0	90.38	0.00	9.62	3.90	53.85
	2	1.682	0	0	88.32	2.92	8.76	6.10	45.10
	3	1.682	0	0	92.59	1.85	5.56	4.31	44.44
11	1	0	-1.682	0	87.30	0.00	12.70	4.90	78.26
	2	0	-1.682	0	88.64	0.00	11.36	5.65	61.36
	3	0	-1.682	0	86.54	0.00	13.46	5.24	73.08
12	1	0	1.682	0	79.93	10.96	9.11	6.98	37.04
	2	0	1.682	0	79.32	10.34	10.34	5.30	32.76
	3	0	1.682	0	79.17	2.08	18.75	6.15	41.67
13	1	0	0	-1.682	88.89	0.00	11.11	4.78	50.00
	2	0	0	-1.682	88.10	2.38	9.52	5.00	71.43
	3	0	0	-1.682	89.09	1.82	9.09	4.88	56.36
14	1	0	0	1.682	84.48	3.45	12.07	4.86	44.83
	2	0	0	1.682	86.06	4.76	9.18	5.05	39.68
	3	0	0	1.682	86.45	1.69	11.86	4.04	35.59
15	1	0	0	0	92.98	3.51	3.51	3.02	66.67
	2	0	0	0	92.98	1.75	5.27	3.48	56.14
	3	0	0	0	91.07	3.57	5.36	3.51	48.21
16	1	0	0	0	92.86	3.57	3.57	3.69	51.79
	2	0	0	0	90.50	3.57	5.93	5.91	62.50
	3	0	0	0	93.22	1.69	5.09	3.46	47.46
17	1	0	0	0	88.33	1.67	10.00	4.06	53.33
	2	0	0	0	93.44	0.00	6.56	2.99	62.30
	3	0	0	0	91.53	1.69	6.78	3.60	55.93
18	1	0	0	0	88.89	6.35	4.76	3.14	55.56
	2	0	0	0	93.33	1.67	5.00	4.57	60.00
	3	0	0	0	91.94	0.00	8.06	3.29	58.06
19	1	0	0	0	90.48	4.76	4.76	3.05	50.79
	2	0	0	0	88.33	3.33	8.34	3.58	48.33
	3	0	0	0	86.21	3.45	10.34	4.15	63.79
20	1	0	0	0	93.33	0.00	6.67	3.05	51.67
	2	0	0	0	88.71	3.23	8.06	3.82	53.23
	3	0	0	0	86.21	3.45	10.34	4.56	50.00

#### 4.1.6.1. Şeker Pancarı İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.22’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, soya için bağımlı değişken ( $y_s$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine herhangi bir transformasyon işlemi uygulanmadan, doğrudan performans değerleri kullanılmıştır.

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_{sp} = 90.6 - 2.88 X_2 - 1.15 X_3 + 1.96 X_1 X_2 - 1.39 X_1 X_3 - 3.2 X_2^2 - 1.82 X_3^2 - 2.6 X_1 X_2^2 \dots 47.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formda kurulan kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 7 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka delik çapı ve vakum basıncı değişkenlerinin kuadratik formları yer alırken, plaka çevre hızı modelde sadece ikili interaksiyonlar şeklinde yer almaktadır. Ayrıca model kuadratik formda kurulmasına rağmen model denkleminde sadece plaka çevre hızı ile delik çapı interaksiyonu olan  $X_1 X_2^2$  kübik terim olarak bulunmaktadır.

Değişkenlerin modele hangi sırada girdikleri ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.23’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.23. Şeker pancarı tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	90.6	-	-
1	$X_2^2$	-3.2	4.41	26.42
2	$X_2$	-2.88	3.72	48.62
3	$X_1 X_2^2$	-2.6	3.34	59.21
4	$X_3^2$	-1.82	2.96	68.68
5	$X_1 X_2$	1.96	2.68	74.70
6	$X_3$	-1.15	2.51	78.25
7	$X_1 X_3$	-1.39	2.35	81.28



Çizelge 4.23'den de görüleceği üzere modele ilk sıralarda giren terimler plaka delik çapı değişkeni olan  $X_2^2$  ve  $X_2$  ile plaka çevre hızı-plaka delik çapı interaksyonu değişkeni olan  $X_1 X_2^2$  olup sistemin yaklaşık %59'u bu üç terim tarafından açıklanabilmektedir. Modele 4. sırada giren vakum basıncı değişkeni olan  $X_3^2$  ise, yine önemli sayılabilecek oranda sistemi etkilemektedir. Özellikle ilk üç terimde yer alan plaka delik çapının, şeker pancarı ekiminde ne denli öneme sahip olduğu, diğer bir ifadeyle, sistemi kontrol altında tutan değişkenin plaka delik çapı olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Optimum değerlerin hesaplanması için, şeker pancarı tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 47 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda denklemi optimize eden kodlu optimum değerleri sırasıyla  $X_1 = 0.3954$ ,  $X_2 = -0.2489$  ve  $X_3 = -0.4669$  olarak hesaplanmıştır.

Kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = 0.3954 \Rightarrow X_1 = 0.136 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 48.$$

$$\frac{X_2 - 1.8}{0.4} = -0.2489 \Rightarrow X_2 = 1.7 \text{ mm} \dots\dots\dots 49.$$

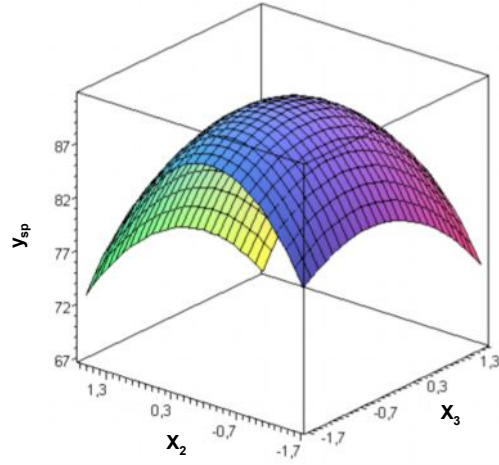
$$\frac{X_3 - 40}{10} = -0.4669 \Rightarrow X_3 = 35.33 \text{ mbar} \dots\dots\dots 50.$$

elde edilir.

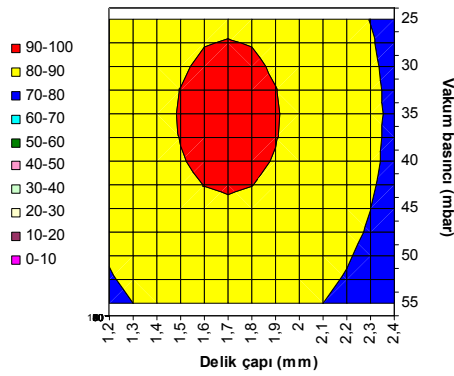
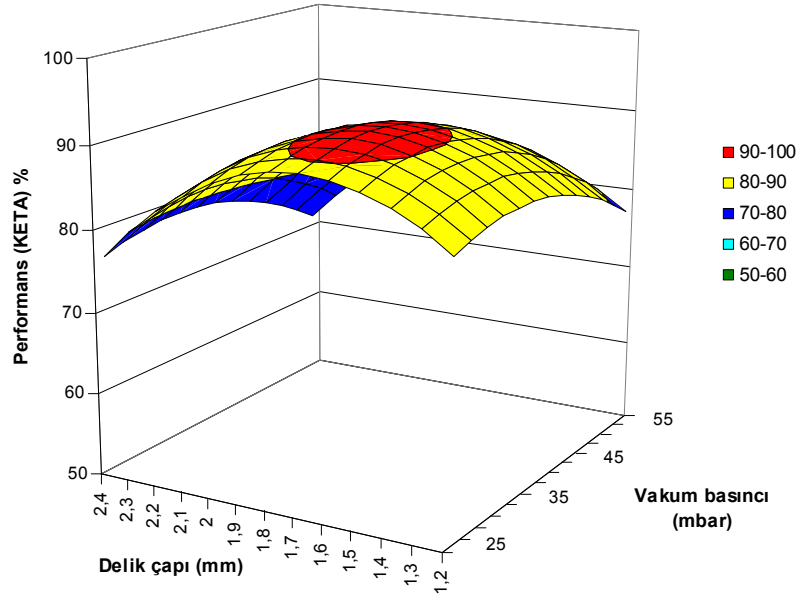
#### 4.1.6.2. Şeker Pancarı Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafıksel Gösterimi

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca şeker pancarı tohumları ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafıksel gösterimi Şekil 4.37 ile Şekil 4.42 arasında verilmiştir.

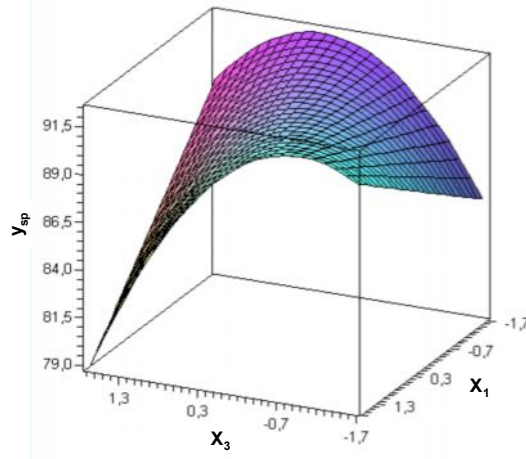
Grafıksel gösterimlerde de açıkça görüldüğü gibi şeker pancarı tohumu ile çalışmada özellikle plaka delik çapı performans üzerinde önemli değişimlere neden olurken, vakum basıncı ve plaka çevre hızı ikincil etkiye sahiptirler.



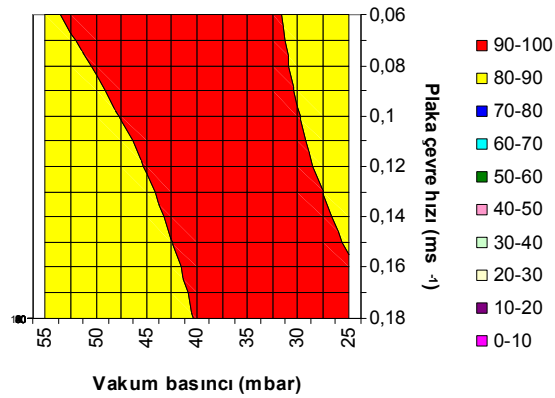
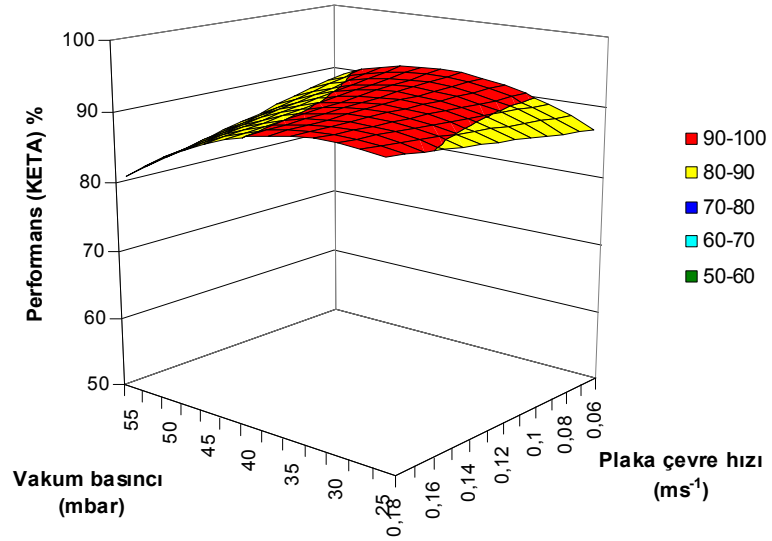
Şekil 4.37. Şeker pancarı tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan KETA ( $y_{sp}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1 : 0.3954$ )



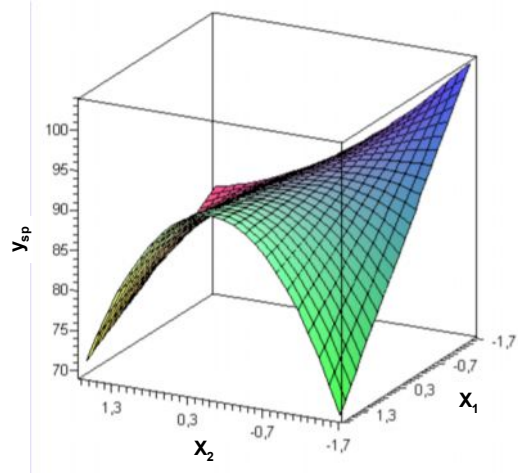
Şekil 4.38. Şeker pancarı tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.136 \text{ ms}^{-1}$ )



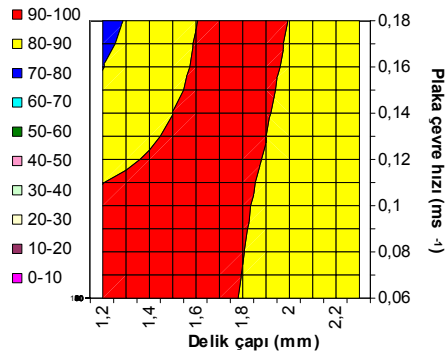
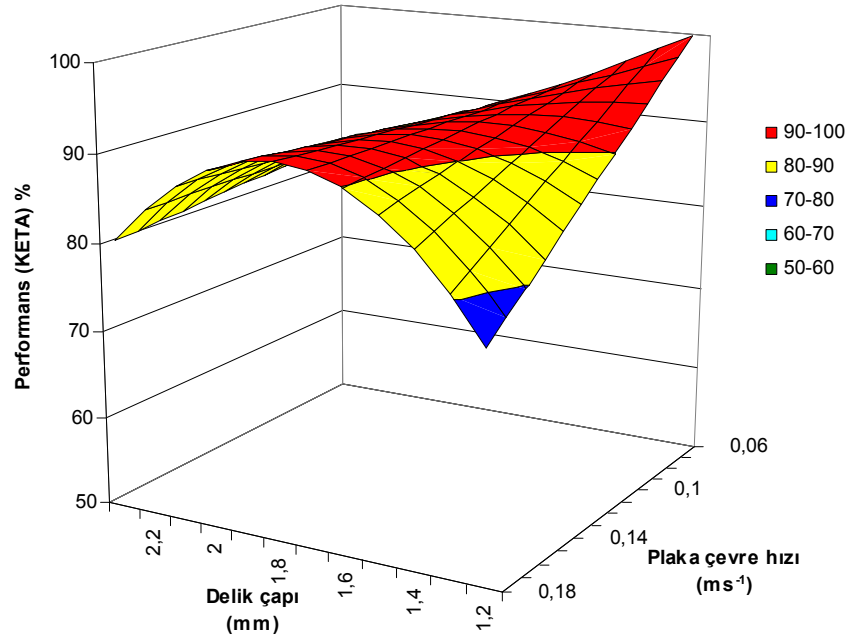
Şekil 4.39. Şeker pancarı tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan KETA ( $y_{sp}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  :-0.2483)



Şekil 4.40. Şeker pancarı tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 1.7 mm)



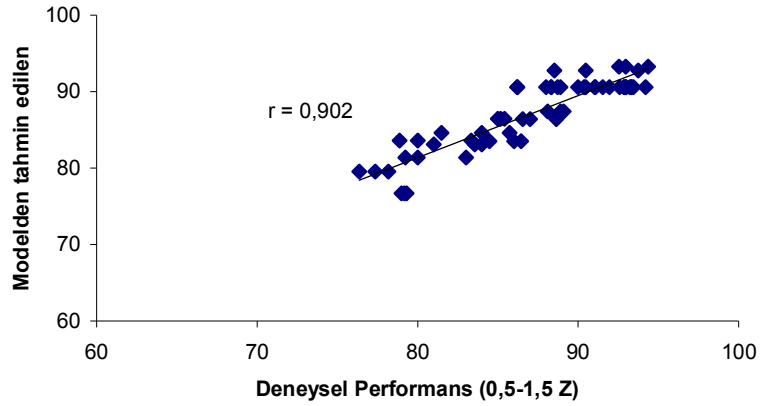
Şekil 4.41. Şeker pancarı tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan KETA ( $y_{sp}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : -0.4669)



Şekil 4.42. Şeker pancarı tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 35.33 mbar)

#### 4.1.6.3. Şeker Pancarı Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.43'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Verilerin  $r=1$  doğrusu etrafında toplanmış olması, modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasındaki uyumu göstermektedir.



Şekil 4.43. Şeker pancarı tohumu için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %91.26 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak şeker pancarı tohumlarıyla yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %91.26 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında şeker pancarı tohumu ile yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması  $0.136 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $1.36 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 1.7 mm delik çapındaki plakayla ve 35.33 mbar vakum basıncında gerçekleştirilebilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.24 ve Şekil 4.44' da verilmiştir. Söz konusu sına, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1$  mm) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 1.7 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 35 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $1.3 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.13 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.24. Şeker pancarı tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.136 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 1.7 mm, vakum basıncı: 35.33 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
12.32	14.64	12.16	12.56	13.76	13.20
12.80	13.36	12.80	14.96	12.00	13.52
11.44	11.84	8.88	12.08	14.72	12.22
13.44	13.68	17.04	10.56	10.56	10.96
12.08	15.68	12.80	11.28	12.72	14.64
16.72	10.96	13.60	12.40	15.04	12.56
13.84	12.56	9.28	16.02	11.28	13.2
10.48	14.00	16.40	11.12	10.40	13.2
16.00	12.00	10.64	11.52	15.20	12.56
12.40	12.32	16.00	10.96	12.08	13.84
14.40	14.00	12.48	13.60	11.52	13.12
11.92	11.44	14.00	16.09	13.60	12.48
10.80	14.96	13.20	13.76	12.72	13.12
17.04	12.96	10.48	13.68	13.52	9.68
13.44	15.20	13.92	11.92	9.84	14.8
10.96	11.20	12.96	13.60	11.04	9.12
13.36	11.28	12.96	13.76	14.00	11.36
13.36	10.96	11.68	13.20	15.68	13.44
13.60	16.02	13.12	13.36	14.40	11.28
12.40	13.68	13.84	14.32	12.08	11.12
12.88	12.24	16.04	15.76	12.40	10.88
12.08	9.84	10.80	10.16	11.60	9.68
8.88	12.88	10.96	10.88	10.96	10.00
12.64	9.04	11.68	12.4	9.52	11.44
8.48	11.76	11.76	8.72	12.96	11.52
11.44	10.64	12.56	10.24	10.72	11.92
12.24	13.36	10.88	12.88	11.60	9.68
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.44. Şeker pancarı tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### **4.1.7. Kanola İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar**

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre kanola tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir. Kanola tohumu için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini de gösteren deneme deseni Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Kanola ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi ise Ek-1’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Kanola tohumu için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	0.75	-1	30
2	-1	0.08	1	1.25	-1	30
3	1	0.16	-1	0.75	-1	30
4	1	0.16	1	1.25	-1	30
5	-1	0.08	-1	0.75	1	50
6	-1	0.08	1	1.25	1	50
7	1	0.16	-1	0.75	1	50
8	1	0.16	1	1.25	1	50
9	-1.682	0.052	0	1	0	40
10	1.682	0.187	0	1	0	40
11	0	0.12	-1.682	0.5795	0	40
12	0	0.12	1.682	1.4205	0	40
13	0	0.12	0	1	-1.682	23.18
14	0	0.12	0	1	1.682	56.82
15	0	0.12	0	1	0	40
16	0	0.12	0	1	0	40
17	0	0.12	0	1	0	40
18	0	0.12	0	1	0	40
19	0	0.12	0	1	0	40
20	0	0.12	0	1	0	40

Kanola tohumlarının 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasında belirli bir uyum söz konusudur.

Deneme desenine bağlı olarak sisteme verilen her bağımsız değişkenin, diğer tohumlarda olduğu gibi, sistemi (bağımlı değişkeni) farklı etkilediği, dolayısıyla seçilen değişkenlerin ve değişken seviyelerinin makina performansı ve ekim kalitesi üzerinde etkin rolü olduğu saptanmıştır.

Yukarıda sayılanlardan yola çıkılarak, çoğunlukla normal sınavari ekim yöntemiyle tarlaya ekilen kanolanın, tek dane ekim ile gerçekleştirilen bu çalışmaya özgü denemelerinde, sistemin tutarlı olarak çalıştığını söylemek yanlış olmayacaktır.



Çizelge 4.26. Kanola tohumu deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	74.51	3.92	21.57	6.72	35.29
	2	-1	-1	-1	72.00	0.00	28.00	7.00	34.00
	3	-1	-1	-1	75.00	5.36	19.64	5.07	39.29
2	1	-1	1	-1	74.08	3.70	22.22	5.90	25.93
	2	-1	1	-1	75.86	8.62	15.52	7.46	25.93
	3	-1	1	-1	78.57	1.79	19.64	5.66	37.50
3	1	1	-1	-1	42.86	4.76	52.38	27.72	33.33
	2	1	-1	-1	60.00	3.33	36.67	22.46	20.00
	3	1	-1	-1	57.89	5.27	36.84	45.41	10.53
4	1	1	1	-1	52.94	2.94	44.12	13.78	8.82
	2	1	1	-1	51.43	5.71	42.86	13.69	14.29
	3	1	1	-1	55.26	5.27	39.47	11.59	31.58
5	1	-1	-1	1	82.54	6.35	11.11	4.11	34.92
	2	-1	-1	1	85.29	5.88	8.83	3.77	36.76
	3	-1	-1	1	85.00	5.00	10.00	4.45	48.33
6	1	-1	1	1	65.31	6.12	28.57	8.76	22.45
	2	-1	1	1	69.39	10.20	20.41	9.42	28.57
	3	-1	1	1	70.69	8.62	20.69	6.18	37.93
7	1	1	-1	1	56.10	4.88	39.02	10.22	26.83
	2	1	-1	1	50.00	3.33	46.67	16.37	10.00
	3	1	-1	1	53.85	7.69	38.46	12.43	28.21
8	1	1	1	1	60.00	8.89	31.11	8.79	22.22
	2	1	1	1	57.14	2.86	40.00	16.41	8.57
	3	1	1	1	58.83	5.88	35.29	14.65	23.53
9	1	-1.682	0	0	94.20	2.90	2.90	3.43	49.28
	2	-1.682	0	0	94.87	5.13	0.00	3.67	33.33
	3	-1.682	0	0	92.00	6.67	1.33	3.61	22.67
10	1	1.682	0	0	86.79	3.78	9.43	4.45	24.53
	2	1.682	0	0	77.27	6.82	15.91	5.72	25.00
	3	1.682	0	0	77.36	11.32	11.32	5.85	33.96
11	1	0	-1.682	0	28.57	0.00	71.43	90.12	28.57
	2	0	-1.682	0	33.33	0.00	66.67	74.38	16.67
	3	0	-1.682	0	28.57	0.00	71.43	75.52	14.29
12	1	0	1.682	0	59.46	2.70	37.84	12.60	27.03
	2	0	1.682	0	55.27	7.89	36.84	12.69	10.53
	3	0	1.682	0	57.78	8.89	33.33	10.35	28.89
13	1	0	0	-1.682	86.54	1.92	11.54	4.73	46.15
	2	0	0	-1.682	82.35	3.92	13.73	5.51	49.02
	3	0	0	-1.682	88.89	0.00	11.11	4.95	74.07
14	1	0	0	1.682	82.76	8.62	8.62	4.88	34.48
	2	0	0	1.682	82.00	4.00	14.00	5.87	32.00
	3	0	0	1.682	83.33	3.71	12.96	4.71	50.00
15	1	0	0	0	87.27	3.64	9.09	5.81	50.91
	2	0	0	0	84.75	8.47	6.78	4.56	54.24
	3	0	0	0	87.28	5.45	7.27	5.57	43.64
16	1	0	0	0	87.72	5.26	7.02	3.87	56.14
	2	0	0	0	85.18	5.56	9.26	5.15	38.89
	3	0	0	0	87.27	5.46	7.27	4.45	47.27
17	1	0	0	0	89.66	5.17	5.17	3.33	50.00
	2	0	0	0	90.91	3.64	5.45	4.30	55.56
	3	0	0	0	87.04	3.70	9.26	3.79	49.09
18	1	0	0	0	91.23	3.51	5.26	3.33	61.40
	2	0	0	0	88.89	1.85	9.26	4.39	44.44
	3	0	0	0	87.93	6.90	5.17	3.85	55.17
19	1	0	0	0	84.61	3.85	11.54	5.23	50.00
	2	0	0	0	89.47	3.51	7.02	3.93	42.11
	3	0	0	0	86.53	3.85	9.62	4.66	40.38
20	1	0	0	0	84.31	1.96	13.73	5.26	49.02
	2	0	0	0	88.89	1.85	9.26	3.69	50.00
	3	0	0	0	88.68	1.89	9.43	4.31	45.28

#### 4.1.7.1. Kanola İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.26’da sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %99 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, kanola için bağımlı değişken ( $y_k$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “*arcsin*” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_k = \arcsin\left(\sqrt{\frac{\text{performans}}{100}}\right) \dots\dots\dots 51.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_k = 1.203 - 0.1417 X_1 - 0.067 X_2 - 0.1888 X_2^2 - 0.0319 X_3^2 + 0.034 X_1 X_2 X_3 + 0.0289 X_1^3 + 0.0531 X_2^3 \dots\dots\dots 52.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formda kurulan kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 7 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka delik çapı değişkeninin 1., 2. ve 3. dereceden tüm formlarda modelde yer alması dikkat çekicidir.

Değişkenlerin modele giriş sıraları ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.27’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.27. Kanola tohumu için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	1.203	-	-
1	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.1888	0.112	67.77
2	X <sub>1</sub>	-0.1417	0.0822	82.87
3	X <sub>2</sub> <sup>3</sup>	0.0531	0.0733	86.60
4	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	-0.0319	0.0683	88.58
5	X <sub>2</sub>	-0.067	0.0636	90.28
6	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	0.034	0.0599	91.53
7	X <sub>1</sub> <sup>3</sup>	0.0289	0.0559	92.77

Çizelge 4.27’den de görüleceği üzere modele ilk sırada giren plaka delik çapı değişkeni X<sub>2</sub><sup>2</sup>, sistemin yaklaşık %68’ini tek başına açıklayabildiğinden, sistem için en önemli parametrenin plaka delik çapı olduğunu belirtmek doğru olacaktır. Kanola tohumlarının tek dane ekiminde, plaka çevre hızı da yine önemli bir parametre olarak modelde yer almakta ve modeli negatif yönde doğrusal olarak etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle, ilerleme hızına bağlı olarak değişen plaka çevre hızının azaldığı oranda makina performansı artma eğilimindedir. Vakum basıncının modele etkisi ise kuadratik formda olup R<sup>2</sup>’de sadece %2’lik bir artışa neden olmaktadır. Buradan yola çıkarak kanola tohumunun ekiminde vakum basıncının öneminin az olduğu, tohumun plakada tutunmasını sağlayacak herhangi bir vakum değerinin ekim işlemi için yeterli olabileceği saptanmıştır.

Optimum değerlerin hesaplanması için, kanola tohumu ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 52 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3’de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin “0” a eşitlenmesi sonucunda denklemi optimize eden 2 farklı kök elde edilmiştir. Değişkenlerin birinci köke ilişkin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub>= 1.2751, X<sub>2</sub> = -0.1779 ve X<sub>3</sub>= -0.1209 olarak, ikinci köke ilişkin kodlu optimum değerler ise sırasıyla X<sub>1</sub>= -1.2817, X<sub>2</sub> = -0.1781 ve X<sub>3</sub>= 0.1217 olarak hesaplanmıştır.

İlk kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = 1.2751 \Rightarrow X_1 = 0.171 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 53.$$

$$\frac{X_2 - 1}{0.25} = -0.1799 \Rightarrow X_2 = 0.96 \text{ mm} \dots\dots\dots 54.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = -0.1209 \Rightarrow X_3 = 38.79 \text{ mbar} \dots\dots\dots 55.$$

elde edilir.

İkinci kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -1.2817 \Rightarrow X_1 = 0.069 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 56.$$

$$\frac{X_2 - 1}{0.25} = -0.1781 \Rightarrow X_2 = 0.96 \text{ mm} \dots\dots\dots 57.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = 0.1217 \Rightarrow X_3 = 41.22 \text{ mbar} \dots\dots\dots 58.$$

elde edilir.

Her iki optimum çözümde de plaka delik çapı ve vakum basıncı değerleri birbirine son derece yakınken plaka çevre hızı değerlerinde farklılık olduğu saptanmıştır. Bu nedenle iki çözümden doğru olanın seçimi son derece önem kazanmıştır.

Model denklemin sınanması anlamına gelen bu durumda, ilk etapta bulunan optimum değerler model denklemine koyularak denklemden elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Ek-3’de verilen çözüme ilişkin ayrıntılarda kodlu verilerle yapılan doğrulama işlemi de yer almaktadır. Her iki çözümdeki kökler yerine koyulduğunda 1. kökten “*arcsin (1.088)*”, 2. kökten ise “*arcsin (1.3299)*” değerleri bulunmuştur. Bu değerlere karşılık gelen makina performansı değerleri de Eşitlik 51’de verilen transformasyon formülü uyarınca %78.45 ve %94.31 olarak hesaplanmıştır.

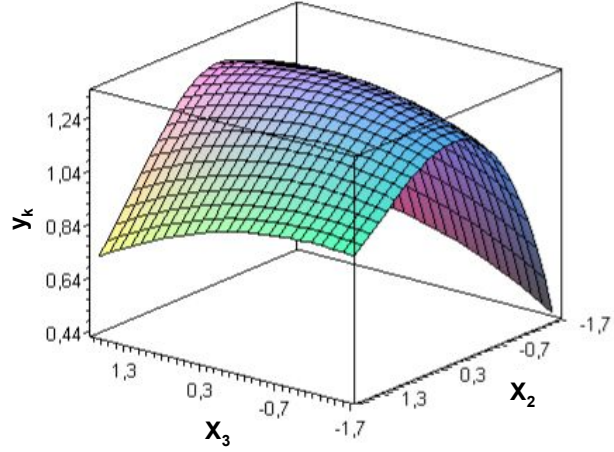
Performansın maksimize edildiği böylesi bir sistemde 2. kökten elde edilen optimum değerlerin kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülerek, kanola

ekiminde plaka çevre hızı için  $0.069 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı için  $0.96 \text{ mm}$  ve vakum basıncı için  $41.22 \text{ mbar}$  değerleri, sistemi optimize eden değerler olarak kabul edilmiştir. Yapışkan bantta yapılan ek denemelerle de bu seçim doğrulanmıştır.

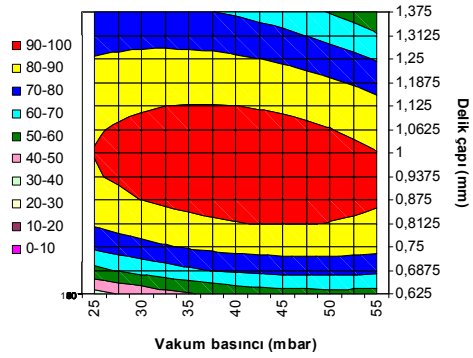
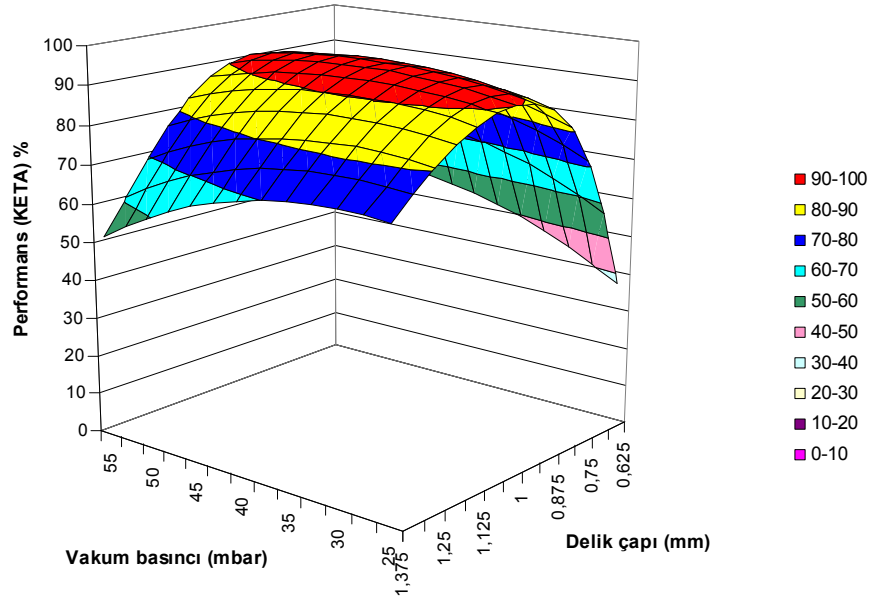
#### **4.1.7.2. Kanola Tohumuna Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafikselleştirilmesi**

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca kanola tohumları ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafikselleştirilmesi Şekil 4.45 ile Şekil 4.50 arasında verilmiştir.

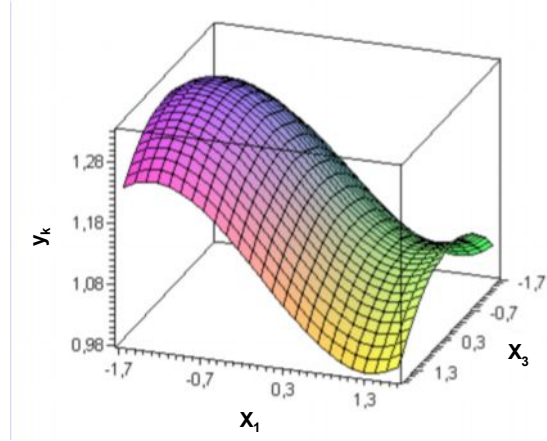
Grafiğe dayalı bu gösterimler ile kanola tohumu ile çalışmada gözönüne alınan değişkenlerin, tek dane ekim makinasının ekime ilişkin kalitesi üzerindeki etkileri daha da belirgin ve anlamlı hale gelmiştir. Özellikle plaka delik çapının performans üzerindeki etkisi, tüm tohumlarda olduğu gibi ekim kalitesini ve miktarını değiştirmede birincil rolü oynamaktadır. Dolayısıyla, kanolanın tek dane ekiminde, öncelikli olarak uygun plaka delik çapı seçiminin, ardından uygun plaka çevre hızı ve uygun vakum basıncının sağlanması dizayn kriterleri olarak ortaya çıkmaktadır.



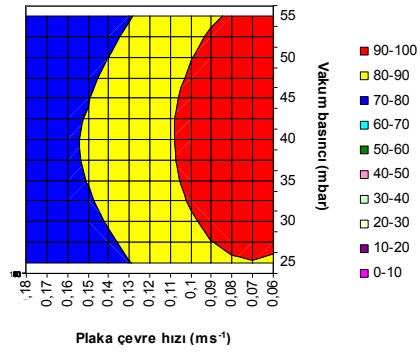
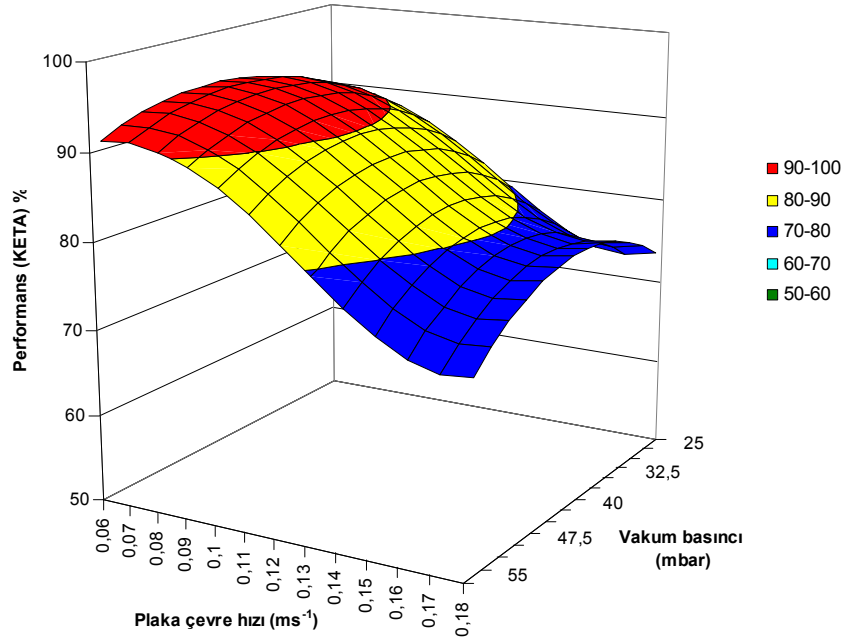
Şekil 4.45. Kanola tohumu için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_k$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -1.2817)



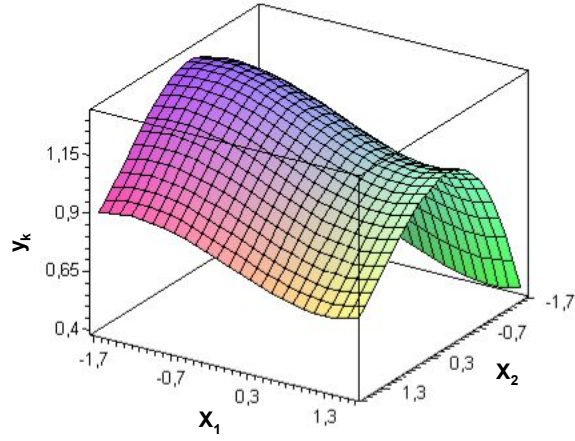
Şekil 4.46. Kanola tohumu için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.069 \text{ ms}^{-1}$ )



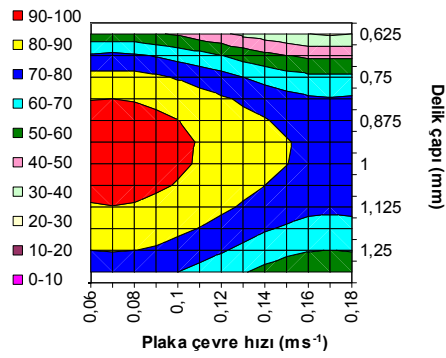
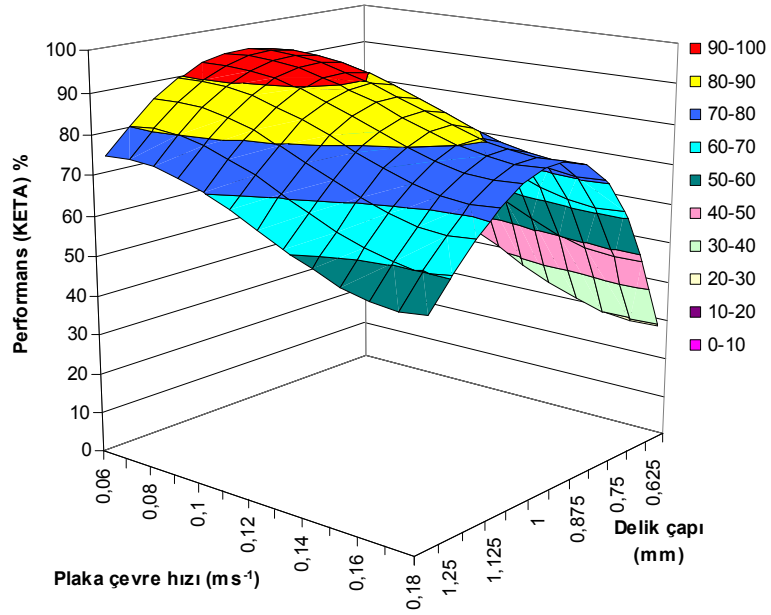
Şekil 4.47. Kanola tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_k$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  :-0.1781)



Şekil 4.48. Kanola tohumu için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 0.96 mm)



Şekil 4.49. Kanola tohumu için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “*arcsin*” dönüşümlü KETA ( $y_k$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : 0.1217)

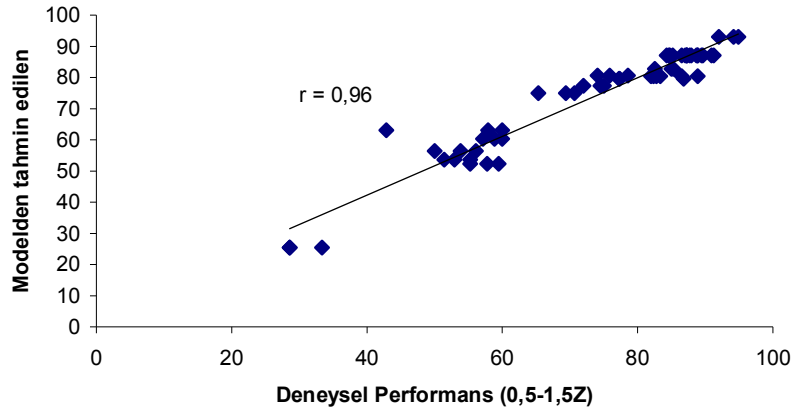


Şekil 4.50. Kanola tohumu için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 41.22 mbar)



#### 4.1.7.3. Kanola Tohumuna Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.51'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Verilerin çoğunlukla  $r=1$  doğrusunda toplanmış olması, modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasındaki uyumu göstermektedir.



Şekil 4.51. Kanola tohumu için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %94.31 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak kanola tohumlarıyla yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin %94.31 olmasıdır.

Denklem çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında kanola tohumu ile yapılan denemeler sonucunda makinanın, hemen hemen tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında ortalama %93.89 (iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması

0.069 ms<sup>-1</sup> plaka çevre hızında (0.69 ms<sup>-1</sup> ilerleme hızı), 0.96 mm delik çapındaki plakayla ve 41.22 mbar vakum basıncında gerçekleştirilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.28 ve Şekil 4.52' de verilmiştir. Söz konusu sınıma, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1$  mm) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 1 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 42 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık 0.7 ms<sup>-1</sup> (plaka çevre hızı 0.07 ms<sup>-1</sup>) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Kanola tohumu çoğunlukla normal sıravari ekim tekniğine uygun olarak sıra üzeri 5 cm olacak şekilde ekimi yapılan bir bitkidir. Özellikle tarla filiz çıkışı ve yaşam alanı düzgünlüğü düşünüldüğünde, kanolanın tek dane ekiminde düşük sıra aralığı gereksinimi söz konusudur. Bu nedenle, 30 tohum/m<sup>2</sup> düşük ekim normuna kadar, kanola ekimi günümüzde tahıl ekim tekniği kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tahıl ekiminde kullanılan normal sıraya ekim makinasıyla kanola tohumunun 24 cm sıra aralığında sık ekimini, 45 cm sıra aralığında yapılan tek dane ekimin yerine kullanmak mümkündür (Ertuğrul ve Önal, 2009).

Genellikle normal sıraya ekilen kanola tohumu için, optimum noktalarda yapılan denemeler sonucunda elde edilen deneysel performans değeri son derece yüksektir. Ancak saptanan bu değerlerin, kanolanın 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında tek dane ekimi için geçerli olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca bu çalışmada, farklı tohumların ve tohumluk materyallerin değişik parametreler karşısında vermiş oldukları tepkiler incelenmiş, tek dane ekim yöntemine uygun olup olmadıkları araştırılmamıştır.

Çizelge 4.28. Kanola tohumuyla optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.069 ms<sup>-1</sup>, plaka delik çapı: 0.96 mm, vakum basıncı: 41.22 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
14.40	11.84	9.52	14.08	10.80	8.00
12.48	6.72	14.88	16.72	8.80	12.64
6.88	13.84	8.64	12.64	14.72	18.36
11.68	12.32	10.64	10.72	11.84	13.68
12.80	11.12	11.60	11.04	9.76	11.60
12.00	8.96	10.08	12.56	11.92	9.84
18.32	13.20	10.56	10.32	12.88	10.72
7.52	13.04	10.00	13.44	9.20	10.88
6.48	11.20	12.48	12.00	16.16	10.72
11.92	10.64	18.48	11.60	11.20	17.02
14.80	12.32	12.08	11.28	12.96	12.16
16.08	8.16	13.52	12.56	9.36	10.56
14.48	9.44	12.00	24.64	11.60	12.56
8.72	12.00	8.96	12.00	17.28	16.04
13.84	10.64	11.28	10.72	13.52	8.48
11.20	8.80	9.44	12.24	8.64	11.12
21.20	13.04	13.36	23.04	8.80	12.00
12.56	9.92	8.48	10.24	20.72	9.68
11.28	8.64	11.68	12.80	9.92	12.48
10.72	11.60	12.88	16.24	12.22	12.28
13.92	11.04	11.92	12.40	14.48	9.12
14.56	7.28	9.28	12.16	10.16	11.92
10.40	12.00	8.24	10.32	10.88	8.48
10.64	11.12	12.16	14.16	11.04	9.2
10.24	22.72	11.68	12.80	11.44	14.08
11.52	9.36	11.28	21.28	9.44	17.96
10.32	11.76	10.96	13.52	12.80	12.64
10.24	16.96	8.56	12.72	18.88	11.12
13.36	9.60	13.84	10.00	12.88	13.25
<b>Performans: %95.00</b>		<b>Performans: %93.33</b>		<b>Performans: %93.33</b>	



Şekil 4.52. Kanola tohumuyla yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### **4.1.8. Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar**

Bu çalışmada kullanılan tüm tohumlar, ülkemizde ve dünyada ekonomik değere sahip ve bitkisel üretimi yapılan tarımsal ürünlerdir. Tohumların ekiminde tohumluğun seçiminden tarlaya bırakılmasına kadar, tohumun türüne ve çeşidine bağlı olarak farklı ekim teknikleri, bu teknikleri uygulama şartları ve şartların uygun olduğu zamanda ekimin yapılması gibi kriterler söz konusudur.

Tohum ekiminde, tohumların çeşitli özelliklerine bağlı genel bir model oluşturulmasını hedef alan bu çalışmada, kullanılan tohumlar haricinde, aynı malzemeden yapılmış, küreselliği %100 olan ve 4 farklı çapa sahip küre de denemeye alınmıştır. Yapışkan bant deneyinde tohumlara uygulanan tüm işlemler bu materyallere de uygulanarak çıkan sonuçlar irdelenmiştir.

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre 4, 6, 8 ve 10 mm çaplarındaki küresel materyaller ile yapılan denemelerden elde edilen veriler, her çaptaki materyal için ayrı olmak üzere, Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA), Boşluk Oranı (BO), İkizlenme Oranı (İO), Ortalama Sapma ( $E_{rms}$ ), Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) olarak değerlendirilmiştir.

Küresel materyallerin ekiminde kullanılan vakum değerlerinin, denemeler öncesinde yapılan kalibrasyon değerleri ve kullanılan vakum değerlerinin elektronik tahrik düzeni mili devirleriyle ilişkisi Ek-1'de verilmiştir.

#### 4.1.8.1. 4 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Ø4 mm olan küresel materyal için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini gösteren deneme deseni Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Ø4 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	2	-1	30
2	-1	0.08	1	3	-1	30
3	1	0.16	-1	2	-1	30
4	1	0.16	1	3	-1	30
5	-1	0.08	-1	2	1	50
6	-1	0.08	1	3	1	50
7	1	0.16	-1	2	1	50
8	1	0.16	1	3	1	50
9	-1.682	0.052	0	2.5	0	40
10	1.682	0.187	0	2.5	0	40
11	0	0.12	-1.682	1.659	0	40
12	0	0.12	1.682	3.341	0	40
13	0	0.12	0	2.5	-1.682	23.18
14	0	0.12	0	2.5	1.682	56.82
15	0	0.12	0	2.5	0	40
16	0	0.12	0	2.5	0	40
17	0	0.12	0	2.5	0	40
18	0	0.12	0	2.5	0	40
19	0	0.12	0	2.5	0	40
20	0	0.12	0	2.5	0	40

Ø4 mm olan küresel materyallerin 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasında belirli bir uyum söz konusudur.

Çizelge 4.30. Ø4 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	98.36	1.64	0.00	2.45	59.02
	2	-1	-1	-1	96.83	3.17	0.00	2.48	63.49
	3	-1	-1	-1	98.36	1.64	0.00	2.28	59.02
2	1	-1	1	-1	97.96	0.00	2.04	1.77	73.47
	2	-1	1	-1	96.72	1.64	1.64	1.87	80.33
	3	-1	1	-1	98.33	0.00	1.67	1.76	73.33
3	1	1	-1	-1	88.46	5.77	5.77	4.15	34.62
	2	1	-1	-1	87.76	6.12	6.12	4.14	36.73
	3	1	-1	-1	89.58	2.08	8.34	4.24	53.06
4	1	1	1	-1	92.00	0.00	8.00	3.36	46.00
	2	1	1	-1	88.31	5.85	5.84	4.02	58.82
	3	1	1	-1	90.38	3.85	5.77	3.86	42.31
5	1	-1	-1	1	96.77	3.23	0.00	2.25	69.35
	2	-1	-1	1	98.36	1.64	0.00	1.83	78.69
	3	-1	-1	1	95.24	4.76	0.00	2.67	60.32
6	1	-1	1	1	98.33	0.00	1.67	1.97	63.33
	2	-1	1	1	98.39	1.61	0.00	2.04	67.74
	3	-1	1	1	96.83	3.17	0.00	1.97	65.08
7	1	1	-1	1	95.92	2.04	2.04	2.90	32.65
	2	1	-1	1	92.30	3.85	3.85	3.34	36.54
	3	1	-1	1	92.00	2.00	6.00	2.95	32.00
8	1	1	1	1	80.00	4.00	16.00	3.80	38.00
	2	1	1	1	84.62	3.84	11.54	4.17	36.54
	3	1	1	1	80.00	8.00	12.00	3.70	36.00
9	1	-1.682	0	0	96.72	1.64	1.64	1.96	77.05
	2	-1.682	0	0	96.62	1.69	1.69	1.67	81.36
	3	-1.682	0	0	96.50	1.75	1.75	1.78	73.68
10	1	1.682	0	0	75.47	11.32	13.21	4.47	28.30
	2	1.682	0	0	81.48	7.41	11.11	3.79	42.59
	3	1.682	0	0	78.43	9.80	11.77	4.80	29.41
11	1	0	-1.682	0	94.12	1.96	3.92	3.22	64.71
	2	0	-1.682	0	90.91	1.82	7.27	3.49	49.09
	3	0	-1.682	0	92.59	0.00	7.41	3.16	57.41
12	1	0	1.682	0	66.07	16.07	17.86	6.74	26.79
	2	0	1.682	0	64.81	16.67	18.52	5.47	22.22
	3	0	1.682	0	60.71	21.43	17.86	6.30	21.43
13	1	0	0	-1.682	90.57	5.66	3.77	3.13	56.60
	2	0	0	-1.682	91.07	1.79	7.14	2.98	46.63
	3	0	0	-1.682	90.91	3.64	5.45	2.70	56.36
14	1	0	0	1.682	94.55	1.81	3.64	2.92	41.82
	2	0	0	1.682	92.46	3.77	3.77	3.29	45.28
	3	0	0	1.682	94.55	0.00	5.45	2.66	41.82
15	1	0	0	0	94.23	1.92	3.85	2.55	65.38
	2	0	0	0	94.44	1.85	3.71	3.04	51.85
	3	0	0	0	92.45	1.89	5.66	3.30	52.83
16	1	0	0	0	94.55	0.00	5.45	2.25	58.18
	2	0	0	0	92.45	5.66	1.89	2.43	58.49
	3	0	0	0	94.44	3.71	1.85	2.24	66.67
17	1	0	0	0	94.55	3.64	1.81	2.63	58.18
	2	0	0	0	94.55	3.64	1.81	2.41	54.55
	3	0	0	0	94.34	0.00	5.66	2.93	37.74
18	1	0	0	0	92.45	5.66	1.89	2.76	45.28
	2	0	0	0	93.88	0.00	6.12	2.19	59.18
	3	0	0	0	94.12	0.00	5.88	2.33	58.82
19	1	0	0	0	94.44	1.86	3.70	2.56	50.00
	2	0	0	0	92.86	1.78	5.36	2.85	48.21
	3	0	0	0	94.64	3.57	1.79	2.51	51.79
20	1	0	0	0	92.86	3.57	3.57	2.75	58.93
	2	0	0	0	94.44	3.71	1.85	2.93	48.15
	3	0	0	0	92.59	5.56	1.85	2.75	38.89

#### 4.1.8.2. 4 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.30’da sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Regresyon analizine tabi tutulan verilerle model oluşturulmasında, 4 mm çaplı küresel materyal için bağımlı değişken ( $y_{\phi 4}$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “*arcsin*” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_{\phi 4} = \arcsin \left( \sqrt{\frac{\text{performans}}{100}} \right) \dots\dots\dots 59.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_{\phi 4} = 1.316 - 0.091 X_1 + 0.034 X_2 - 0.023 X_1 X_2 - 0.022 X_2 X_3 - 0.0046 X_1^2 - 0.0493 X_2^2 + 0.0149 X_3^2 - 0.051 X_2^3 - 0.0314 X_1 X_2 X_3 \dots\dots\dots 60.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formda kurulan kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 9 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka delik çapı değişkeninin 1., 2. ve 3. dereceden tüm formlarda modelde yer alması dikkat çekicidir. Model denklemini elde edilirken yapılan analiz sonuçlarında  $X_1^2$  değişkeninin mutlaka model denkleminde yer alması gerektiği saptandığından model bu değişkeni içerecek şekilde oluşturulmuştur. Bu nedenle bu değişken modele ilk sırada girmiş gibi görünecektir.

Değişkenlerin modele giriş sıraları ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.31’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.31. Ø4 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	1.316	-	-
1	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0046	0.124	0.01
2	X <sub>1</sub>	-0.091	0.0982	38.19
3	X <sub>2</sub> <sup>3</sup>	-0.051	0.0788	60.85
4	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.0493	0.0654	73.54
5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.0314	0.0626	76.20
6	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-0.023	0.0612	77.63
7	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.022	0.0600	78.93
8	X <sub>2</sub>	0.034	0.0590	80.04
9	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.0149	0.0579	81.12

Çizelge 4.31'den görüleceği gibi modele ilk sırada giren değişken X<sub>1</sub><sup>2</sup> olsa da yukarıda sebebi açıklandığı üzere, esasen modele ilk sırada giren terim plaka çevre hızı değişkeni olan X<sub>1</sub>'dir ve sistemin yaklaşık %38'ini tek başına açıklayabilmektedir. 4 mm çaplı küresel materyallerin tek dane olarak ekiminde, plaka delik çapı değişkeni olan X<sub>2</sub><sup>3</sup> ve X<sub>2</sub><sup>2</sup> de önemli parametreler olarak modelde yer almaktadır. Bu iki terimin modele katkı toplamı plaka çevre hızının sistemi açıklayabilme oranına yakındır. Vakum basıncının modele etkisi ise son derece küçüktür. Buradan yola çıkarak 4 mm çaplı küresel materyalin tek dane ekiminde vakum basıncının öneminin az olduğu, kürenin plakada tutunmasını sağlayacak herhangi bir vakum değerinin ekim işlemi için yeterli olabileceği saptanmıştır.

Optimum değerlerin hesaplanması için, 4 mm çaplı küreler ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 60 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda bu değişkenlerin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub> = -1.656, X<sub>2</sub> = -1.2262 ve X<sub>3</sub> = 1.2362 olarak hesaplanmıştır.



Kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -1.656 \Rightarrow X_1 = 0.054 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 61.$$

$$\frac{X_2 - 2.5}{0.5} = -1.2262 \Rightarrow X_2 = 1.89 \text{ mm} \dots\dots\dots 62.$$

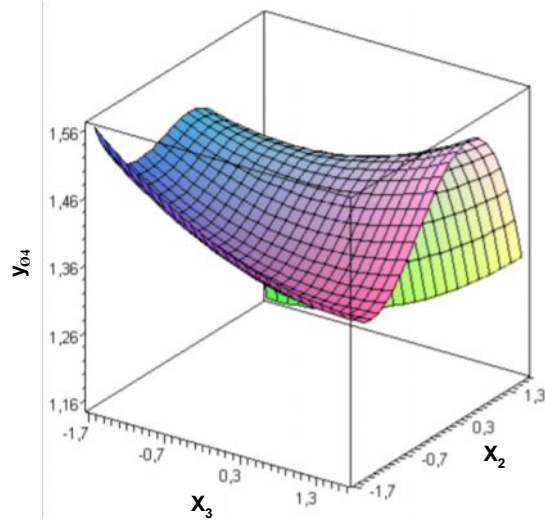
$$\frac{X_3 - 40}{10} = 1.2362 \Rightarrow X_3 = 52.36 \text{ mbar} \dots\dots\dots 63.$$

elde edilir.

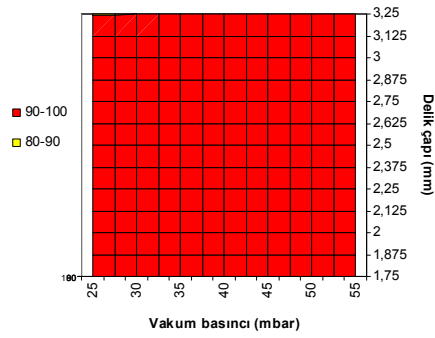
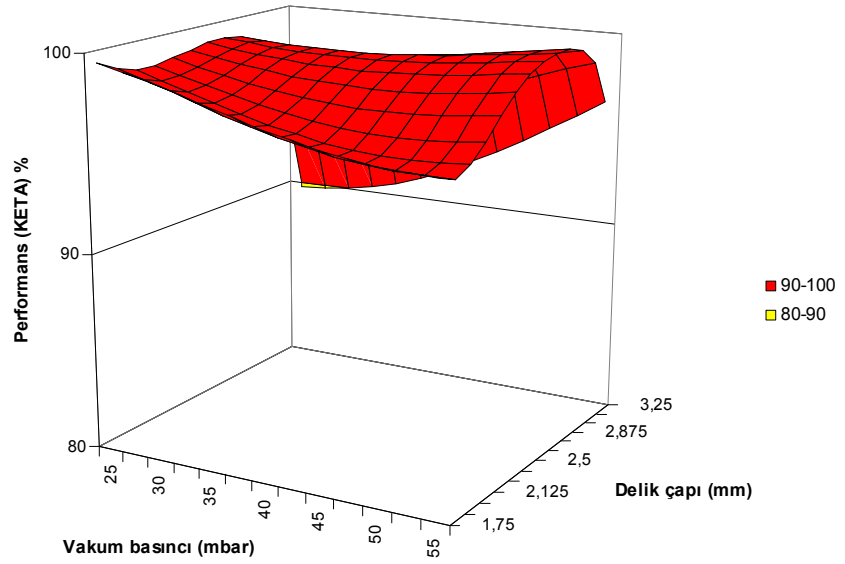
#### 4.1.8.3. 4 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafıksel Gösterimi

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca 4 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafıksel gösterimi Şekil 4.53 ile Şekil 4.58 arasında verilmiştir.

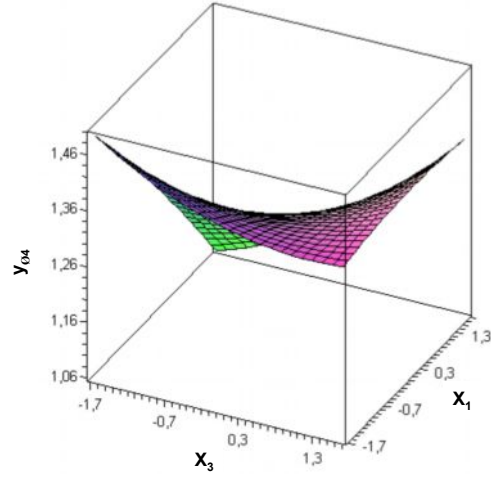
Grafığe dayalı bu gösterimler ile 4 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada göz önüne alınan değişkenlerin, tek dane ekim makinasının ekime ilişkin kalitesi üzerindeki etkileri daha da belirgin ve anlamlı bir hal almıştır. Özellikle plaka çevre hızı ve plaka delik çapının performans üzerindeki etkileri, ekim kalitesini nasıl ve miktar olarak ne denli değiştirdikleri dikkat çekicidir.



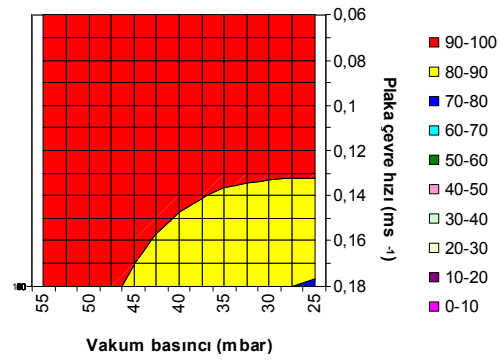
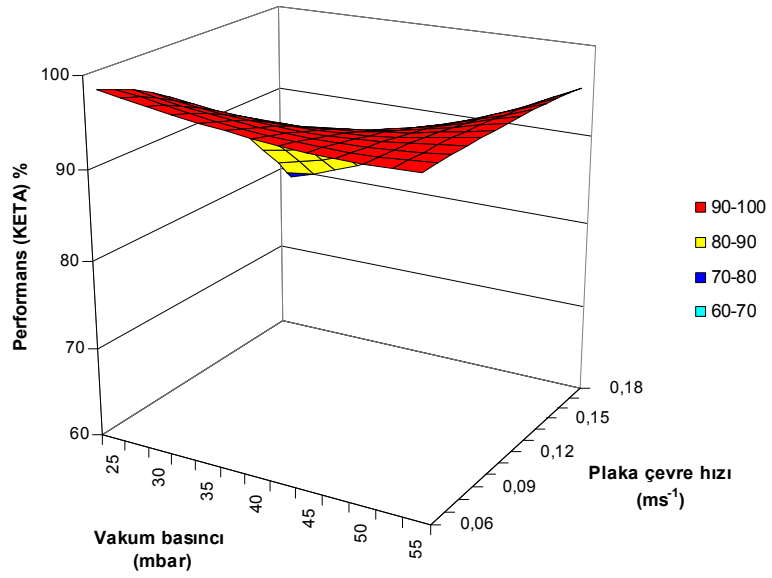
Şekil 4.53. 4 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_{04}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1 : -1.656$ )



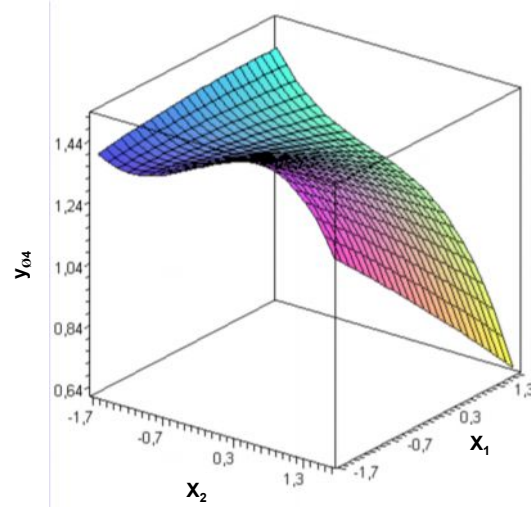
Şekil 4.54. 4 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.054 \text{ ms}^{-1}$ )



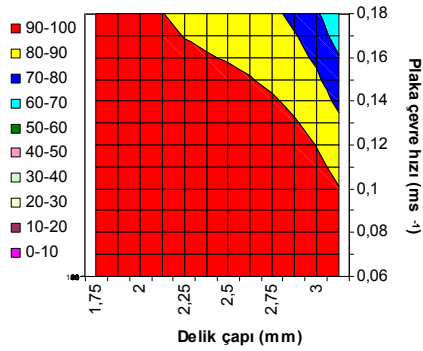
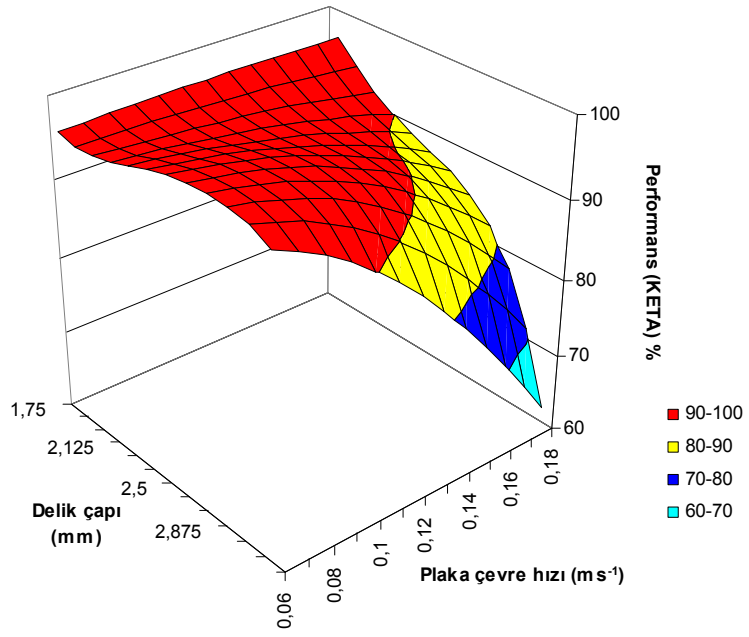
Şekil 4.55. 4 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_{04}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  :-1.2262)



Şekil 4.56. 4 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 1.89 mm)



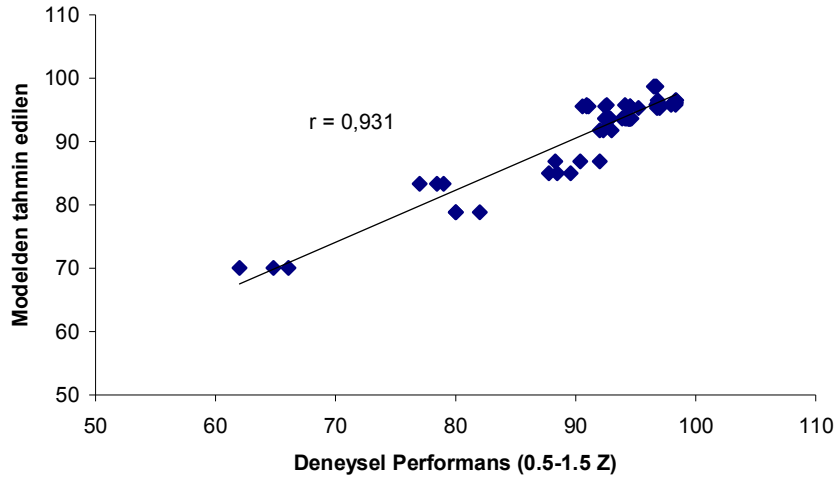
Şekil 4.57. 4 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_{04}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : 1.2362)



Şekil 4.58. 4 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 52.36 mbar)

#### 4.1.8.4. 4 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.59'dan anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir.



Şekil 4.59. 4 mm çaplı küresel materyal için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %95.76 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak 4 mm çaplı küresel materyaller ile yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin %95.76 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında 4 mm çaplı küresel materyallerle yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması

0.054 ms<sup>-1</sup> plaka çevre hızında (0.54 ms<sup>-1</sup> ilerleme hızı), 1.89 mm delik çapındaki plakayla ve 52.36 mbar vakum basıncında gerçekleştirilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.32 ve Şekil 4.60' da verilmiştir. Söz konusu sınama, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1$  mm) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 2 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 53 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık 0.55 ms<sup>-1</sup> (plaka çevre hızı 0.055 ms<sup>-1</sup>) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.32. 4 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.054 ms<sup>-1</sup>, plaka delik çapı: 1.89 mm, vakum basıncı: 52.36 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
11.36	13.36	13.68	12.32	12.96	10.56
14.16	11.60	11.76	12.64	12.56	11.44
13.28	13.60	13.52	10.16	8.16	14.48
11.68	9.92	11.28	14.00	16.16	12.32
14.40	15.36	11.92	12.56	13.84	11.84
12.16	15.04	11.60	13.20	11.36	14.32
14.40	12.64	13.84	11.28	13.20	9.84
13.20	13.52	11.36	8.72	11.36	13.92
12.40	13.12	12.64	12.00	14.08	12.16
13.68	10.40	8.88	13.12	12.08	11.44
13.60	10.16	15.20	13.12	11.12	13.76
11.44	13.68	12.32	10.80	13.60	8.16
14.24	13.60	12.80	13.12	13.04	15.2
10.16	13.60	12.80	13.04	13.20	14.56
13.12	6.16	12.32	12.64	12.00	12.24
13.20	12.56	13.36	13.04	12.56	12.72
12.24	12.72	11.28	12.16	13.28	12.56
9.28	13.60	13.44	14.96	11.52	13.25
12.44	11.28	13.52	12.64	11.12	12.22
13.92	13.92	11.60	9.60	14.72	12.72
10.24	11.60	12.72	12.48	11.68	12.32
15.16	13.84	12.32	15.36	12.32	13.36
10.24	12.48	12.16	10.16	12.64	10.81
15.44	11.84	13.28	12.56	12.72	12.16
12.88	12.16	12.88	12.72	12.80	12.24
12.88	12.88	11.36	12.08	8.88	13.92
13.84	11.76	13.76	13.12	15.24	11.52
11.68	12.00	11.68	13.12	12.64	12.00
12.00	13.20	12.72	10.32	11.84	13.04
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.60. 4 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.1.8.5. 6 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Ø6 mm olan küresel materyal için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini gösteren deneme deseni Çizelge 4.33'de verilmiştir.

Ø6 mm olan küresel materyallerin, 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, Çizelge 4.33'e göre 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.34'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tekerrürler arasında belirli bir uyum söz konusudur. Deneme desenine bağlı olarak sisteme verilen her bağımsız değişkenin, sistemi (bağımlı değişkeni) farklı etkilediği gözlenmiştir. 6 mm çapa sahip küresel materyallerle çalışmada sistem diğer tohumlarda olduğu gibi tutarlı bir biçimde çalışmaktadır.

Çizelge 4.33. Ø6 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )		Delik Çapı (X <sub>2</sub> )		Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	2.1	-1	30
2	-1	0.08	1	4.9	-1	30
3	1	0.16	-1	2.1	-1	30
4	1	0.16	1	4.9	-1	30
5	-1	0.08	-1	2.1	1	50
6	-1	0.08	1	4.9	1	50
7	1	0.16	-1	2.1	1	50
8	1	0.16	1	4.9	1	50
9	-1.682	0.052	0	3.5	0	40
10	1.682	0.187	0	3.5	0	40
11	0	0.12	-1.682	1.1452	0	40
12	0	0.12	1.682	5.8548	0	40
13	0	0.12	0	3.5	-1.682	23.18
14	0	0.12	0	3.5	1.682	56.82
15	0	0.12	0	3.5	0	40
16	0	0.12	0	3.5	0	40
17	0	0.12	0	3.5	0	40
18	0	0.12	0	3.5	0	40
19	0	0.12	0	3.5	0	40
20	0	0.12	0	3.5	0	40



Çizelge 4.34. Ø6 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	95.16	3.23	1.61	3.61	95.16
	2	-1	-1	-1	91.80	4.92	3.28	3.07	91.80
	3	-1	-1	-1	88.73	6.45	4.82	3.78	88.73
2	1	-1	1	-1	91.94	8.06	0.00	3.08	91.94
	2	-1	1	-1	93.33	5.00	1.67	2.79	93.33
	3	-1	1	-1	95.31	3.13	1.56	2.99	95.31
3	1	1	-1	-1	53.66	9.76	36.58	9.61	53.66
	2	1	-1	-1	60.00	6.67	33.33	7.96	60.00
	3	1	-1	-1	56.10	7.32	36.58	10.37	56.10
4	1	1	1	-1	83.64	5.45	10.91	4.14	83.64
	2	1	1	-1	94.34	1.89	3.77	3.53	94.34
	3	1	1	-1	81.48	3.70	14.82	4.82	81.48
5	1	-1	-1	1	96.92	3.08	0.00	2.79	96.92
	2	-1	-1	1	98.44	1.56	0.00	2.27	98.44
	3	-1	-1	1	98.41	1.59	0.00	2.55	98.41
6	1	-1	1	1	89.84	5.08	5.08	4.37	89.84
	2	-1	1	1	84.12	7.94	7.94	4.16	84.12
	3	-1	1	1	92.31	6.15	1.54	3.09	92.31
7	1	1	-1	1	66.67	11.90	21.43	6.77	66.67
	2	1	-1	1	66.04	15.09	18.87	6.16	66.04
	3	1	-1	1	70.37	11.11	18.52	5.19	70.37
8	1	1	1	1	61.54	13.46	25.00	7.37	61.54
	2	1	1	1	62.26	15.09	22.65	7.02	62.26
	3	1	1	1	64.16	15.09	20.75	6.63	64.16
9	1	-1.682	0	0	100.00	0.00	0.00	1.10	100.00
	2	-1.682	0	0	100.00	0.00	0.00	1.92	100.00
	3	-1.682	0	0	100.00	0.00	0.00	1.65	100.00
10	1	1.682	0	0	84.91	1.89	13.20	4.22	84.91
	2	1.682	0	0	80.77	5.77	13.46	4.33	80.77
	3	1.682	0	0	78.85	5.77	15.38	4.91	78.85
11	1	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1	0	1.682	0	100.00	0.00	0.00	2.00	100.00
	2	0	1.682	0	98.11	0.00	1.89	2.09	98.11
	3	0	1.682	0	98.00	0.00	2.00	1.95	98.00
13	1	0	0	-1.682	86.27	0.00	13.73	4.95	86.27
	2	0	0	-1.682	90.56	1.89	7.55	4.23	90.56
	3	0	0	-1.682	92.98	0.00	7.02	4.15	92.98
14	1	0	0	1.682	100.00	0.00	0.00	1.95	100.00
	2	0	0	1.682	100.00	0.00	0.00	2.03	100.00
	3	0	0	1.682	100.00	0.00	0.00	1.97	100.00
15	1	0	0	0	98.21	0.00	1.79	2.36	98.21
	2	0	0	0	98.21	0.00	1.79	2.68	98.21
	3	0	0	0	98.25	1.75	0.00	2.43	98.25
16	1	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.14	100.00
	2	0	0	0	98.18	1.82	0.00	2.29	98.18
	3	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.10	100.00
17	1	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.52	100.00
	2	0	0	0	98.18	0.00	1.82	2.58	98.18
	3	0	0	0	96.15	0.00	3.85	3.44	96.15
18	1	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.25	100.00
	2	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.33	100.00
	3	0	0	0	98.18	0.00	1.82	2.89	98.18
19	1	0	0	0	98.21	0.00	1.79	2.46	98.21
	2	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.01	100.00
	3	0	0	0	100.00	0.00	0.00	2.28	100.00
20	1	0	0	0	98.15	0.00	1.85	2.63	98.15
	2	0	0	0	98.18	0.00	1.82	2.20	98.18
	3	0	0	0	96.42	1.79	1.79	2.77	96.42

#### 4.1.8.6. 6 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.34’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, 6 mm çaplı küresel materyal için bağımlı değişken ( $y_{\phi 6}$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “*arcsin*” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_{\phi 6} = \arcsin\left(\sqrt{\frac{\text{performans}}{100}}\right) \dots\dots\dots 64.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_{\phi 6} = 1.482 - 0.1517 X_1 - 0.214 X_2 - 0.075 X_3 + 0.058 X_1 X_2 - 0.029 X_1 X_3 - 0.079 X_2 X_3 - 0.0464 X_1^2 - 0.2621 X_2^2 - 0.0246 X_3^2 + 0.231 X_2^3 + 0.06 X_3^3 \dots\dots\dots 65.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formda kurulan kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 11 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı değişkenlerinin 1. ve 2. dereceden tüm formlarda modelde yer alması dikkat çekicidir. Ayrıca model denkleminde plaka delik çapı ve vakum basıncının kübik formları da yer almaktadır.

Değişkenlerin modele hangi sırada girdikleri ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.35’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.35’den görüleceği gibi modele ilk iki sırada giren değişkenler plaka delik çapı değişkenleri olan  $X_2^3$  ve  $X_2^2$ ’dir ve sistemin yaklaşık %74’ü bu

iki terim tarafından açıklanmaktadır. Denklem diğer terimler açısından incelendiğinde plaka çevre hızının sistemi az da olsa etkilediği ancak vakum basıncı değerinin sistem üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Denemeler sırasındaki gözlemler de bu bulguyu doğrulamakta olup, 6 mm'lik kürenin tek dane ekiminde aynı 4 mm'lik kürede olduğu gibi, kürenin ekici plakada tutunmasını sağlayacak herhangi bir vakum değerinin ekim işlemi için yeterli olabileceği saptanmıştır.

Çizelge 4.35. Ø6 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	1.482	-	-
1	X <sub>2</sub> <sup>3</sup>	0.231	0.291	36.96
2	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.2621	0.190	73.81
3	X <sub>1</sub>	-0.1517	0.140	85.88
4	X <sub>2</sub>	-0.214	0.114	90.90
5	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.079	0.102	92.80
6	X <sub>3</sub> <sup>3</sup>	-0.06	0.0923	94.23
7	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0464	0.0840	95.31
8	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.058	0.0748	96.35
9	X <sub>3</sub>	-0.075	0.069	96.96
10	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	-0.0246	0.0657	97.29
11	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-0.029	0.0631	97.55

Optimum değerlerin hesaplanması için, 6 mm çaplı küreler ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 65 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda denklemi optimize eden 2 farklı kök elde edilmiştir. Değişkenlerin birinci köke ilişkin kodlu optimum değerleri sırasıyla  $X_1 = -0.757$ ,  $X_2 = 1.0346$  ve  $X_3 = -0.7394$  olarak, ikinci köke ilişkin kodlu optimum değerler ise sırasıyla  $X_1 = -1.204$ ,  $X_2 = 1.196$  ve  $X_3 = 1.012$  olarak hesaplanmıştır.

İlk kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.757 \Rightarrow X_1 = 0.0897 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 66.$$

$$\frac{X_2 - 3.5}{1.4} = 1.0346 \Rightarrow X_2 = 4.9 \text{ mm} \dots\dots\dots 67.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = -0.7394 \Rightarrow X_3 = 32.61 \text{ mbar} \dots\dots\dots 68.$$

elde edilir.

İkinci kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -1.204 \Rightarrow X_1 = 0.0718 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 69.$$

$$\frac{X_2 - 3.5}{1.4} = 1.196 \Rightarrow X_2 = 5.17 \text{ mm} \dots\dots\dots 70.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = 1.012 \Rightarrow X_3 = 50.12 \text{ mbar} \dots\dots\dots 71.$$

elde edilir.

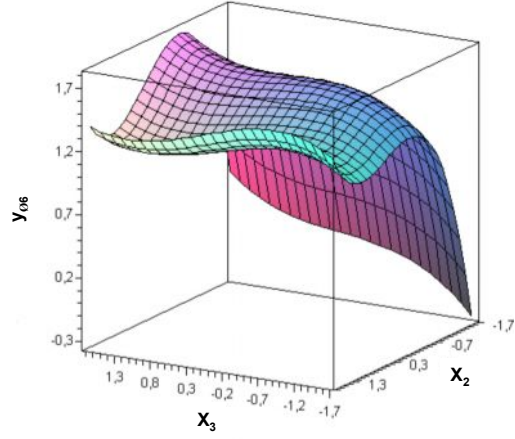
Model denklemini optimize eden her iki köke ait optimum değerler model denklemine koyularak denklemden elde edilen değerler incelenmiştir. Ek-3’de verilen çözüme ilişkin ayrıntılarda kodlu verilerle yapılan bu sınaama işlemi de yer almaktadır. Her iki çözümdeki kökler yerine koyulduğunda 1. kökten “*arcsin (1.341)*”, 2. kökten ise “*arcsin (1.179)*” değerleri bulunmuştur. Bu değerlere karşılık gelen makina performansı değerleri de Eşitlik 64’de verilen transformasyon formülü uyarınca %94.81 ve %85.42 olarak hesaplanmıştır.

Performansın maksimize edildiği böylesi bir sistemde 1. kökten elde edilen optimum değerlerin kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülerek, 6 mm çaplı kürenin ekiminde plaka çevre hızı için  $0.0897 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı için 4.9 mm ve vakum basıncı için 32.61 mbar değerleri, sistemi optimize eden değerler olarak kabul edilmiştir. Yapışkan bantta yapılan ek denemelerle de bu seçim doğrulanmıştır.

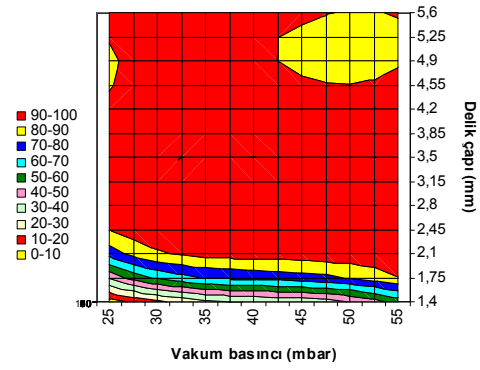
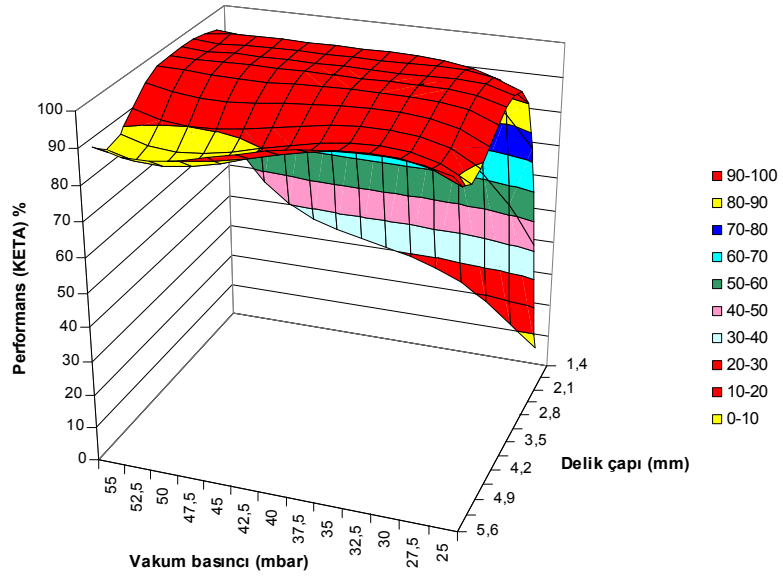
#### **4.1.8.7. 6 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafıksel Gösterimi**

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca 6 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafıksel gösterimi Şekil 4.61 ile Şekil 4.66 arasında verilmiştir.

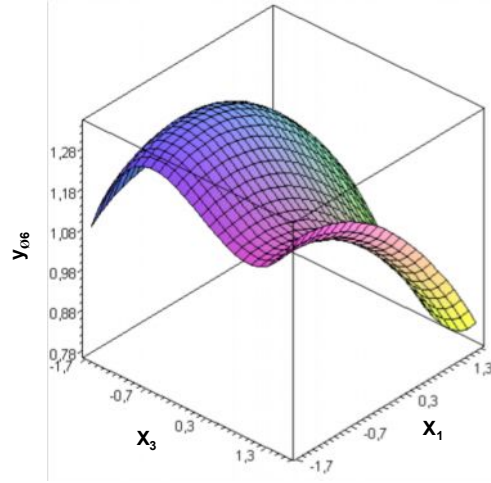
Grafığe dayalı bu gösterimlerden görüleceği gibi 6 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada göz önüne alınan değişkenlerden plaka delik çapının performans üzerindeki etkisi, ekim kalitesini nasıl ve miktar olarak ne denli değiştirdiği dikkat çekicidir.



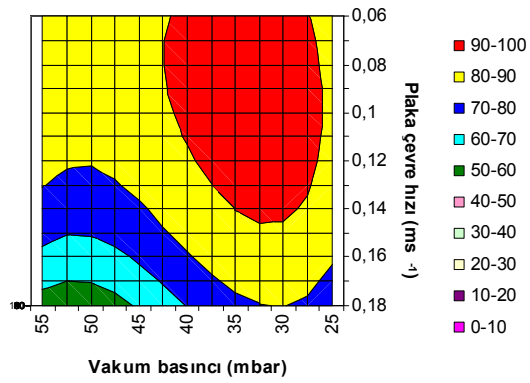
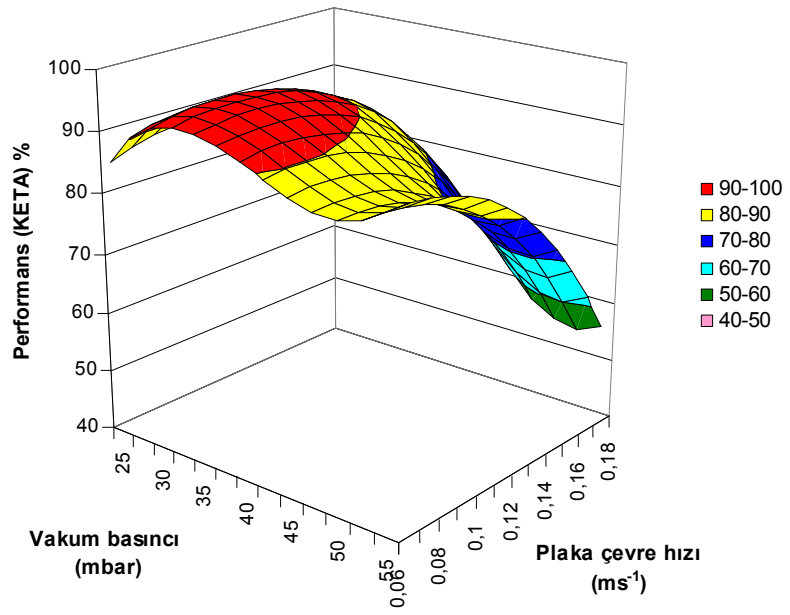
Şekil 4.61. 6 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_{06}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -0.757)



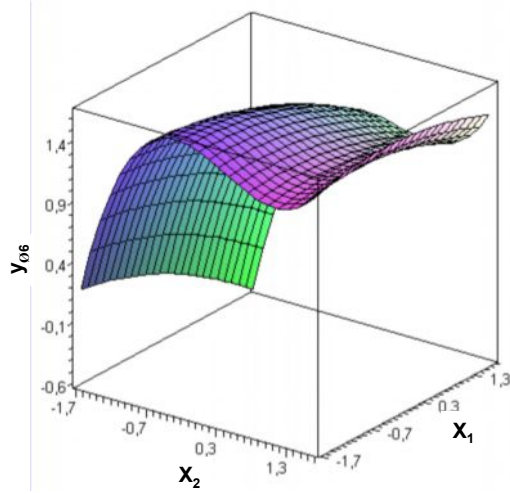
Şekil 4.62. 6 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.0897 \text{ ms}^{-1}$ )



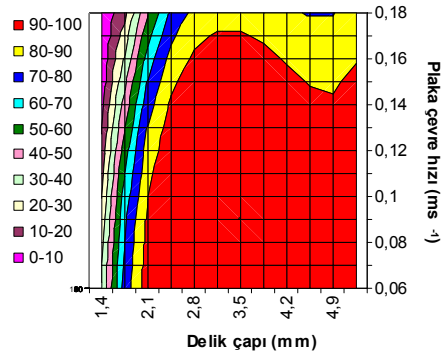
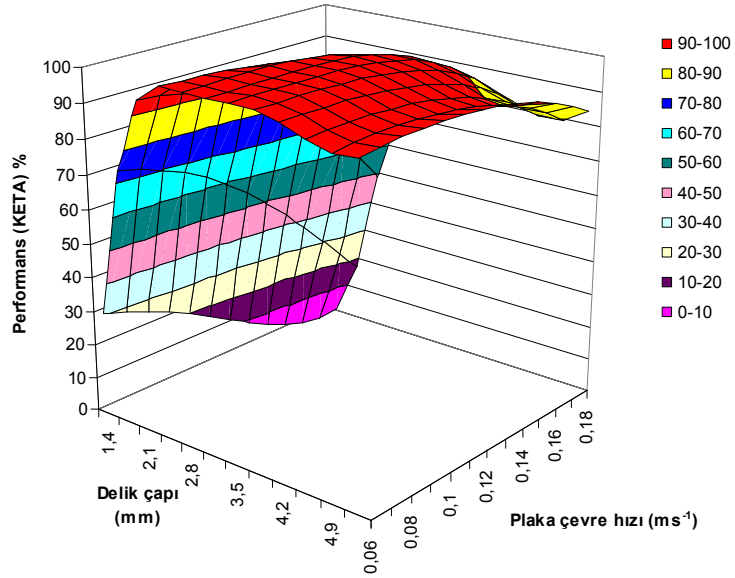
Şekil 4.63. 6 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_{06}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  :1.0346)



Şekil 4.64. 6 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 4.9 mm)



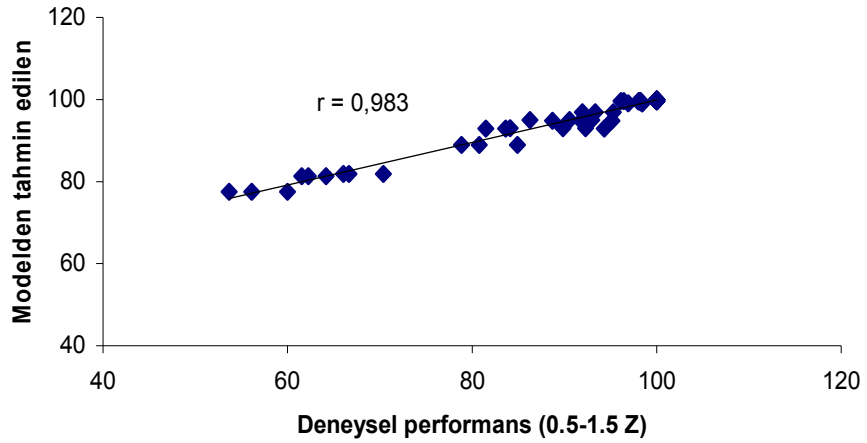
Şekil 4.65. 6 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü KETA ( $y_{06}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : -0.7394)



Şekil 4.66. 6 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 32.61 mbar)

#### 4.1.8.8. 6 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.67'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Verilerin çoğunlukla  $r=1$  doğrusunda toplanmış olması, modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasındaki uyumu göstermektedir.



Şekil 4.67. 6 mm çaplı küresel materyal için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %97.32 gibi bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak 6 mm çaplı küresel materyaller ile yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %97.32 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında 6 mm çaplı küresel materyallerle yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

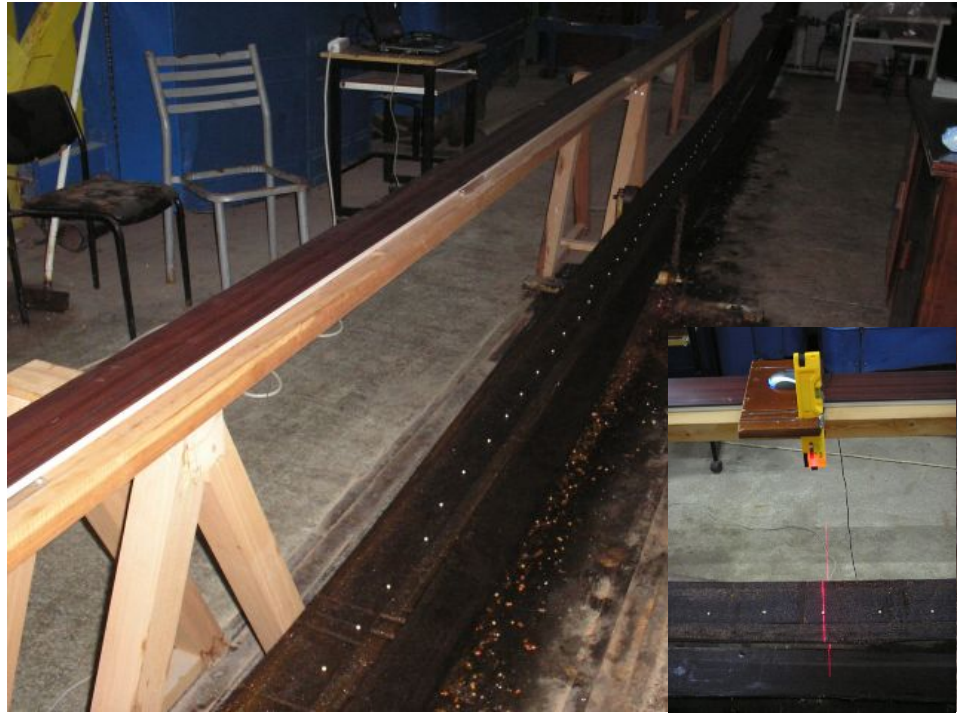


Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması  $0.0897 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $0.897 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 4.9 mm delik çapındaki plakayla ve 32.61 mbar vakum basıncında gerçekleşebilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.36 ve Şekil 4.68' de verilmiştir. Söz konusu sına, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1 \text{ mm}$ ) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 5 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 33 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $0.9 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.09 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.36. 6 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.0897 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 4.9 mm, vakum basıncı: 32.61 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
11.28	10.80	10.88	12.88	10.96	8.72
12.48	12.24	10.56	12.08	12.24	12.16
12.88	11.60	12.24	10.64	11.84	12.64
10.80	12.00	10.16	11.20	13.28	9.60
9.76	11.44	12.88	11.68	11.12	12.80
11.12	12.32	11.60	12.40	12.40	9.60
13.68	12.56	12.80	9.36	11.04	13.60
10.88	11.60	10.80	10.64	10.72	11.44
11.60	11.20	10.80	11.12	11.04	12.08
13.12	11.28	11.12	9.36	11.76	11.20
11.12	10.72	11.44	12.80	9.60	11.92
11.20	9.44	10.88	9.92	11.68	8.96
11.28	10.48	11.12	9.76	12.48	12.32
12.48	10.40	10.80	12.08	12.88	13.20
11.68	13.04	9.84	10.96	11.84	12.08
11.12	10.48	10.32	11.12	12.08	9.44
11.68	10.56	11.12	7.84	12.32	11.68
10.72	12.40	11.92	12.00	12.08	13.04
12.08	10.80	11.04	12.64	11.36	11.44
12.64	9.76	9.92	11.04	9.76	11.20
9.44	9.04	9.76	10.00	13.44	10.96
10.32	13.12	15.44	10.08	12.08	12.32
14.08	14.00	11.44	10.64	9.04	10.80
13.04	11.12	11.92	10.08	14.32	12.00
11.52	12.00	10.40	12.40	11.04	9.92
11.68	9.52	12.80	12.56	11.84	10.08
12.16	14.64	10.56	11.44	12.48	12.08
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.68. 6 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.1.8.9. 8 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Ø8 mm olan küresel materyal için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini gösteren deneme deseni Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Ø8 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	2.5	-1	40
2	-1	0.08	1	6.5	-1	40
3	1	0.16	-1	2.5	-1	40
4	1	0.16	1	6.5	-1	40
5	-1	0.08	-1	2.5	1	80
6	-1	0.08	1	6.5	1	80
7	1	0.16	-1	2.5	1	80
8	1	0.16	1	6.5	1	80
9	-1.682	0.052	0	4.5	0	60
10	1.682	0.187	0	4.5	0	60
11	0	0.12	-1.682	1.136	0	60
12	0	0.12	1.682	7.864	0	60
13	0	0.12	0	4.5	-1.682	26.4
14	0	0.12	0	4.5	1.682	93.6
15	0	0.12	0	4.5	0	60
16	0	0.12	0	4.5	0	60
17	0	0.12	0	4.5	0	60
18	0	0.12	0	4.5	0	60
19	0	0.12	0	4.5	0	60
20	0	0.12	0	4.5	0	60

Ø8 mm olan küresel materyallerin 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, birbirleriyle uyumlu 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Ø8 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	68.18	0.00	31.82	11.29	31.82
	2	-1	-1	-1	65.12	0.00	34.88	9.87	32.56
	3	-1	-1	-1	67.57	0.00	32.43	7.37	35.14
2	1	-1	1	-1	95.59	4.41	0.00	3.22	32.35
	2	-1	1	-1	95.65	4.35	0.00	3.16	39.13
	3	-1	1	-1	94.12	5.88	0.00	3.10	29.41
3	1	1	-1	-1	13.33	0.00	86.67	37.96	0.00
	2	1	-1	-1	16.67	3.33	80.00	41.15	3.33
	3	1	-1	-1	16.13	0.00	83.87	41.59	0.00
4	1	1	1	-1	84.91	3.77	11.32	4.12	33.96
	2	1	1	-1	84.90	1.89	13.21	5.21	28.30
	3	1	1	-1	86.54	3.84	9.62	4.49	28.30
5	1	-1	-1	1	78.18	3.64	18.18	4.79	45.50
	2	-1	-1	1	81.97	6.55	11.48	4.38	37.70
	3	-1	-1	1	81.03	3.45	15.52	4.34	53.33
6	1	-1	1	1	92.75	5.80	1.45	3.16	44.93
	2	-1	1	1	92.54	4.48	2.98	3.27	44.12
	3	-1	1	1	96.92	3.08	0.00	2.85	39.71
7	1	1	-1	1	55.00	7.50	37.50	10.39	28.79
	2	1	-1	1	55.81	9.30	34.89	8.08	23.26
	3	1	-1	1	56.09	7.32	36.59	11.17	17.07
8	1	1	1	1	76.36	12.73	10.91	5.41	14.55
	2	1	1	1	72.22	9.26	18.52	6.63	16.36
	3	1	1	1	68.52	16.67	14.81	6.77	21.82
9	1	-1.682	0	0	96.39	3.61	0.00	3.49	39.44
	2	-1.682	0	0	98.59	1.41	0.00	2.46	45.83
	3	-1.682	0	0	95.83	4.17	0.00	2.96	45.83
10	1	1.682	0	0	64.44	8.89	26.67	8.31	24.44
	2	1.682	0	0	67.35	12.24	20.41	7.92	20.41
	3	1.682	0	0	65.22	8.70	26.08	6.67	12.24
11	1	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1	0	1.682	0	87.93	6.90	5.17	3.97	32.76
	2	0	1.682	0	87.92	3.46	8.62	3.98	36.21
	3	0	1.682	0	90.91	1.82	7.27	5.42	41.82
13	1	0	0	-1.682	71.43	12.50	16.07	6.99	37.50
	2	0	0	-1.682	73.68	8.78	17.54	5.47	29.82
	3	0	0	-1.682	68.52	11.11	20.37	6.66	39.29
14	1	0	0	1.682	87.93	8.62	3.45	3.72	34.48
	2	0	0	1.682	90.48	6.35	3.17	3.20	41.27
	3	0	0	1.682	85.48	4.84	9.68	3.69	38.71
15	1	0	0	0	90.20	1.96	7.84	3.88	33.33
	2	0	0	0	84.90	7.55	7.55	4.05	35.85
	3	0	0	0	83.64	7.27	9.09	4.02	37.04
16	1	0	0	0	93.22	3.39	3.39	4.06	35.59
	2	0	0	0	94.23	1.92	3.85	3.37	39.22
	3	0	0	0	89.36	4.26	6.38	3.32	32.61
17	1	0	0	0	83.93	10.71	5.36	4.18	35.71
	2	0	0	0	87.72	5.26	7.02	3.96	29.82
	3	0	0	0	85.11	6.38	8.51	3.57	28.89
18	1	0	0	0	88.46	5.77	5.77	3.35	42.31
	2	0	0	0	81.58	15.79	2.63	3.85	31.58
	3	0	0	0	85.96	10.53	3.51	4.19	28.95
19	1	0	0	0	87.93	6.90	5.17	4.05	31.58
	2	0	0	0	84.32	7.84	7.84	4.06	30.00
	3	0	0	0	87.50	7.14	5.36	3.69	44.64
20	1	0	0	0	90.32	6.45	3.23	3.44	34.43
	2	0	0	0	86.44	6.78	6.78	3.69	34.48
	3	0	0	0	89.47	7.02	3.51	3.39	33.33

#### 4.1.8.10. 8 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.38’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece CP3’ye ilişkin, %95 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, 8 mm çaplı küresel materyal için bağımlı değişken ( $y_{\phi 8}$ ) durumundaki bitki konumundaki doğruluk (CP3, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “*arcsin*” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_{\phi 8} = \arcsin\left(\sqrt{\frac{CP3}{100}}\right) \dots\dots\dots 72.$$

Sıra Üzeri Bitki Konumundaki Doğruluk Derecesi (CP3) Modeli;

$$y_{\phi 8} = 0.6271 - 0.171 X_1 + 0.059 X_1X_2 - 0.077 X_2X_3 - 0.1024 X_2^2 - 0.07 X_1X_2X_3 + 0.064 X_1^2X_3 + 0.0315 X_1^3 + 0.0664 X_2^3 \dots\dots\dots 73.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formda kurulan CP3 modelinde 8 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka çevre hızının 1. ve 3. dereceden, plaka delik çapının 2. ve 3. dereceden formları yer alırken, vakum basıncının sadece interaksiyonlar şeklinde modelde yer alması dikkat çekicidir.

Değişkenlerin modele hangi sırada girdikleri ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.39’da verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.39. Ø8 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	0.6271	-	-
1	X <sub>2</sub> <sup>3</sup>	0.0664	0.168	30.19
2	X <sub>1</sub>	-0.171	0.138	53.54
3	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.1024	0.105	73.34
4	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.077	0.0933	79.47
5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.07	0.082	84.46
6	X <sub>1</sub> <sup>2</sup> X <sub>3</sub>	0.064	0.0707	88.64
7	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.059	0.059	92.25
8	X <sub>1</sub> <sup>3</sup>	0.0315	0.0538	93.67

Çizelge 4.39'dan görüleceği gibi modele ilk iki sıralarda giren değişkenler plaka delik çapı değişkeninin kübik ve kuadratik formu ile plaka çevre hızı değişkenidir. Bu üç terim sistemin yaklaşık %73'ünü açıklayabildiğinden sistem için önemli değişkenler olarak ortaya çıkmaktadırlar. Vakum basıncı değişkeni model denkleminde ikili ya da üçlü interaksyonlar şeklinde yer aldığından sistem üzerine önemli bir etkiye sahip değildir. 4 ve 6 mm'lik kürelerde olduğu gibi materyallerin küresel formları nedeniyle, yuvarlak delikli ekici plakada kolayca tutunabildiği ve bu tutunmayı sağlayabilecek herhangi bir vakum değerinin, ekim işlemi için yeterli olabileceği saptanmıştır.

Optimum değerlerin hesaplanması için, 8 mm çaplı küreler ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 73 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda denklemleri optimize eden 2 farklı kök elde edilmiştir. Değişkenlerin birinci köke ilişkin kodlu optimum değerleri sırasıyla  $X_1 = -0.4656$ ,  $X_2 = 0.3124$  ve  $X_3 = -1.6214$  olarak, ikinci köke ilişkin kodlu optimum değerler ise sırasıyla  $X_1 = -0.7082$ ,  $X_2 = 1.1701$  ve  $X_3 = -0.3163$  olarak hesaplanmıştır.

İlk kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.4656 \Rightarrow X_1 = 1.014 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 74.$$

$$\frac{X_2 - 4.5}{2} = 0.3124 \Rightarrow X_2 = 5.13 \text{ mm} \dots\dots\dots 75.$$

$$\frac{X_3 - 60}{20} = -1.6214 \Rightarrow X_3 = 27.57 \text{ mbar} \dots\dots\dots 76.$$

elde edilir.

İkinci kök için kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.7082 \Rightarrow X_1 = 0.0917 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 77.$$

$$\frac{X_2 - 4.5}{2} = 1.1701 \Rightarrow X_2 = 6.84 \text{ mm} \dots\dots\dots 78.$$

$$\frac{X_3 - 40}{10} = -0.3163 \Rightarrow X_3 = 53.67 \text{ mbar} \dots\dots\dots 79.$$

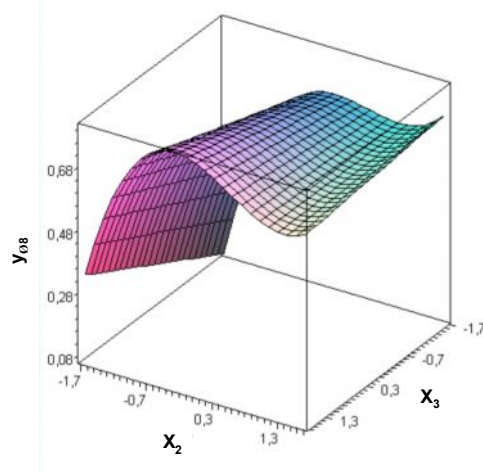
elde edilir.

Model denklemini optimize eden her iki köke ait optimum değerler ile yapışkan bant üzerinde yapılan sınaama sonucunda 2. kökten elde edilen optimum değerlerin kullanılmasının daha doğru olduğu saptanarak, 8 mm çaplı kürenin ekiminde plaka çevre hızı için  $0.0917 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı için 6.84 mm ve vakum basıncı için 53.67 mbar değerleri, sistemi optimize eden değerler olarak kabul edilmiştir.

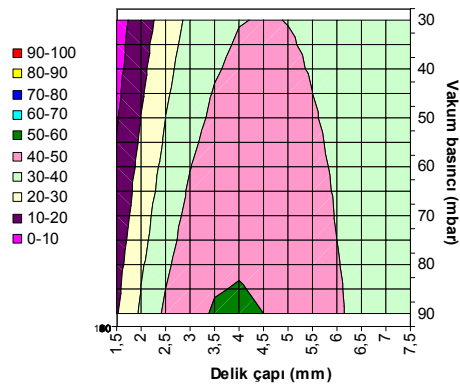
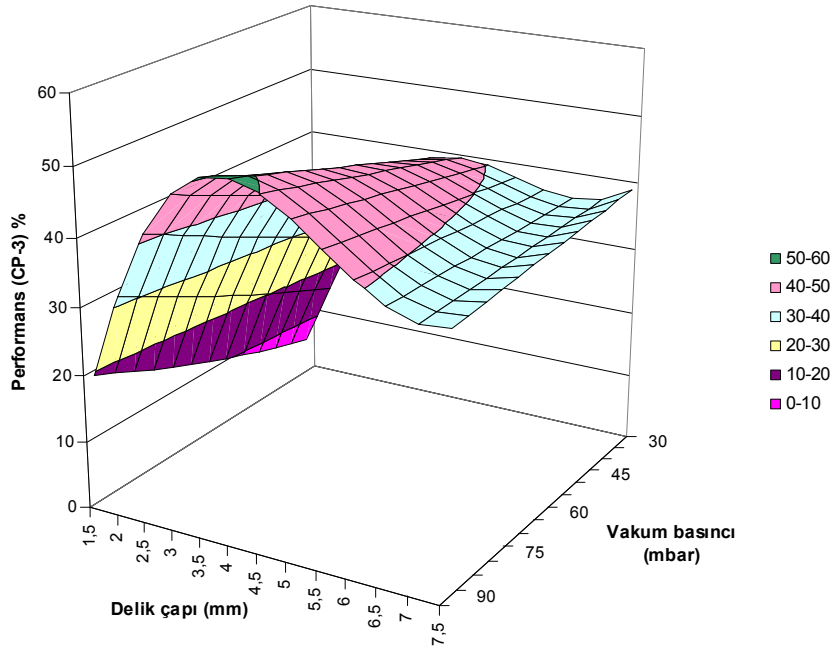
#### 4.1.8.11. 8 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafıksel Gösterimi

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca 8 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada elde edilen CP3 modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafıksel gösterimi Şekil 4.69 ile Şekil 4.74 arasında verilmiştir.

8 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada göz önüne alınan değişkenlerin, tek dane ekim makinasının ekime ilişkin kalitesi üzerindeki etkileri grafıksel gösterimlerle daha da belirgin ve anlamlı bir hal almıştır. Özellikle plaka delik çapı ve plaka çevre hızının performans üzerindeki etkileri, ekim kalitesini nasıl ve miktar olarak ne denli değiştirdikleri dikkat çekicidir.

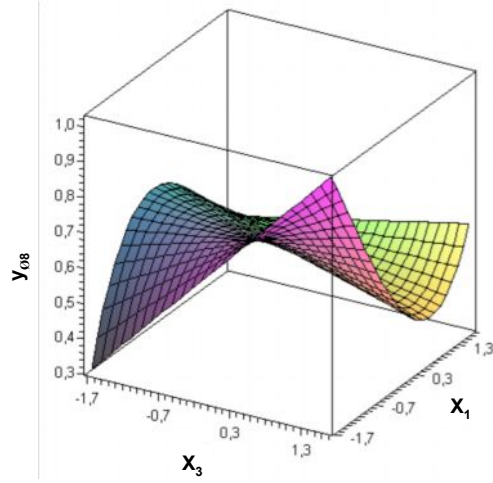


Şekil 4.69. 8 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “arcsin” dönüşümlü CP3 ( $y_{08}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -0.7082)

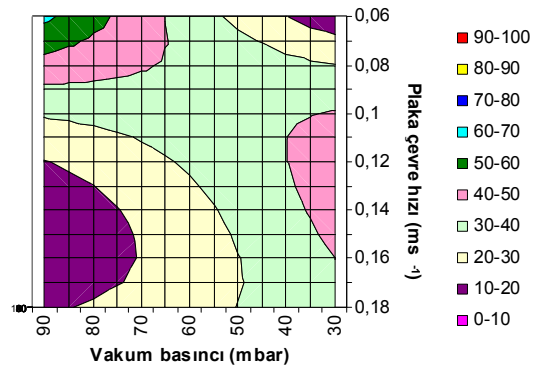
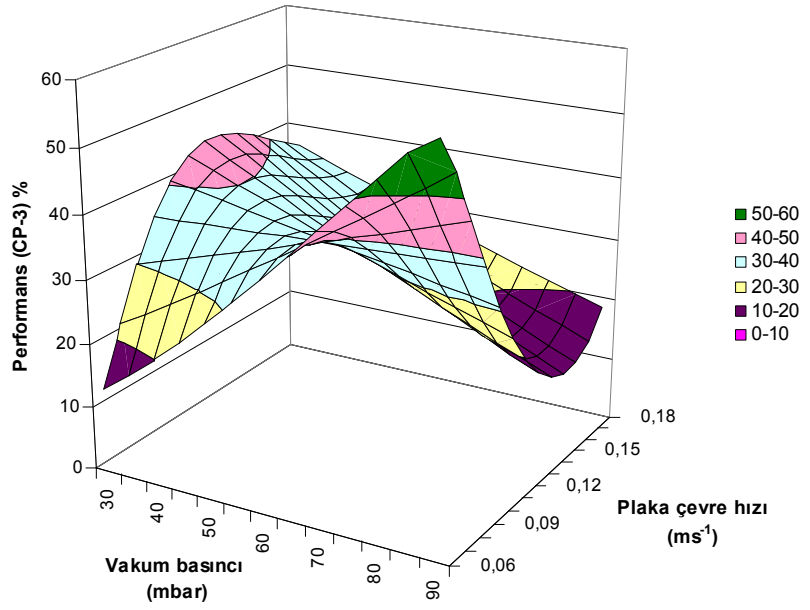


Şekil 4.70. 8 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan CP3 performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.0917 \text{ ms}^{-1}$ )

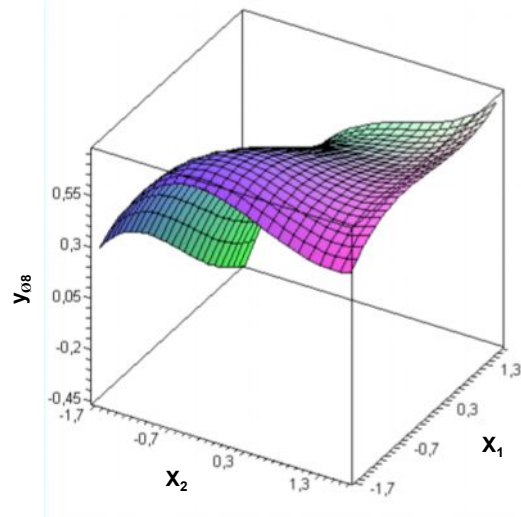




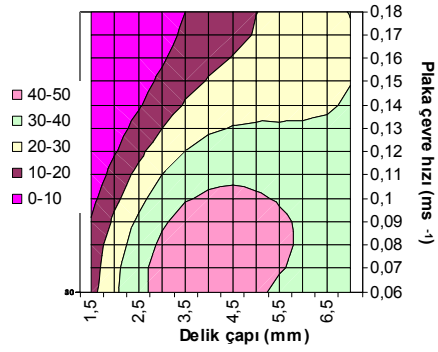
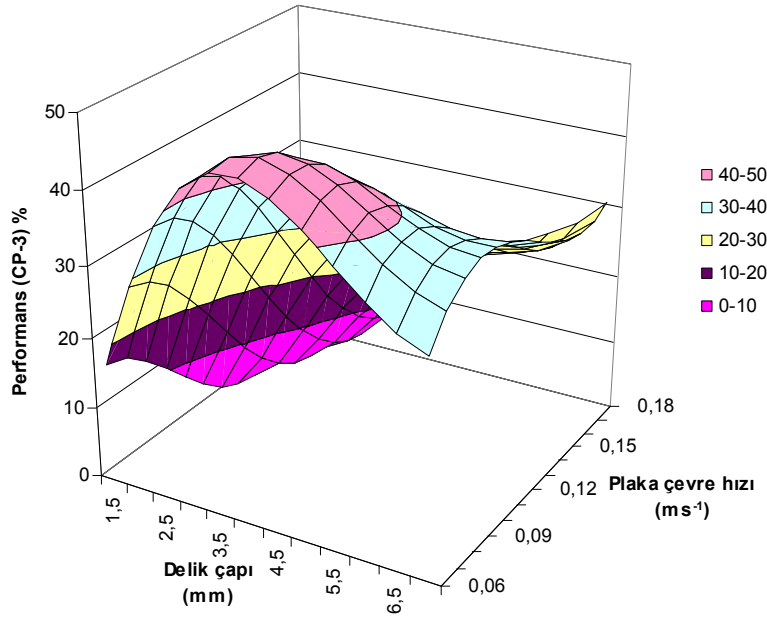
Şekil 4.71. 8 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “*arcsin*” dönüşümlü CP3 ( $y_{08}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$  :1.1701)



Şekil 4.72. 8 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan CP3 performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 6.84 mm)



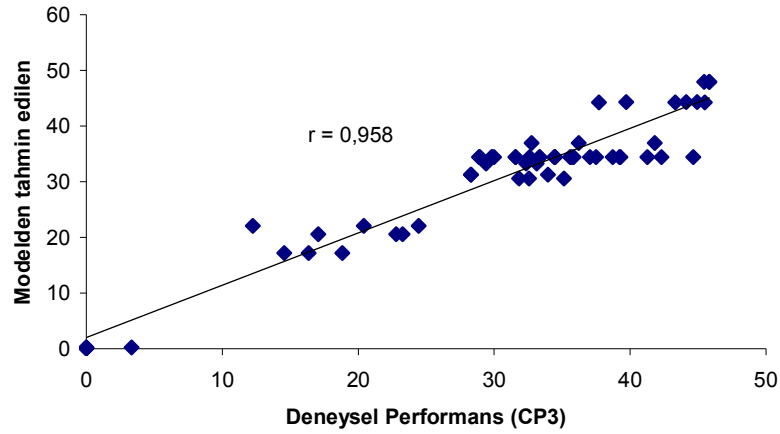
Şekil 4.73. 8 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü CP3 ( $y_{08}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : -0.3163)



Şekil 4.74. 8 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan CP3 performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 53.67 mbar)

#### 4.1.8.12. 8 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü CP3 Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.75'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Modelden elde edilen sonuçlarla deneysel veriler arasında bazı noktalarda farklılıklar gözlenmekteyse de verilerin mümkün olduğunca  $r=1$  doğrusu etrafında toplandığı görülmektedir.



Şekil 4.75. 8 mm küresel materyal için CP3'e ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklem çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Bitki konumundaki doğruluk değerinin optimum şartlarında 8 mm çaplı küresel materyallerle yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir. Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması  $0.0917 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızında ( $0.917 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı), 6.84 mm delik çapındaki plakayla ve 53.67 mbar vakum basıncında gerçekleşebilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.40 ve Şekil 4.76' da verilmiştir. Sözkonusu sınıma, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1 \text{ mm}$ ) ve vakum ölçerin okuma hassasiyeti nedeniyle 6.5 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 54 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık  $0.9 \text{ ms}^{-1}$  (plaka çevre hızı  $0.09 \text{ ms}^{-1}$ ) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.40. 8 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı:  $0.0917 \text{ ms}^{-1}$ , plaka delik çapı: 6.84 mm, vakum basıncı: 53.67 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
11.22	10.24	10.96	10.48	10.32	11.68
10.02	10.40	12.72	10.88	13.20	10.88
12.16	12.56	11.60	13.52	13.52	11.68
10.72	10.32	10.96	10.96	11.04	12.32
10.16	11.04	10.40	9.60	11.68	10.56
11.68	11.76	11.12	13.60	9.20	10.56
11.60	12.64	12.00	11.12	13.20	11.04
10.64	10.80	12.96	10.80	13.68	9.60
9.52	12.88	13.20	9.20	11.04	11.76
11.76	11.28	10.64	12.16	12.40	10.48
11.28	10.56	10.56	11.20	10.40	13.6
11.84	10.96	14.32	13.28	11.28	11.6
13.04	11.84	11.20	10.56	13.44	11.92
9.68	10.64	10.00	11.84	10.32	11.36
12.08	12.96	12.88	12.48	11.84	10.48
11.52	10.88	12.64	12.40	10.24	10.48
9.68	10.48	10.16	11.68	9.76	12.48
11.52	10.40	11.92	11.44	12.24	10.88
13.04	12.72	12.00	10.24	12.56	11.04
13.68	9.28	12.56	12.24	13.92	12.08
10.00	12.08	12.72	10.56	12.24	12.40
11.20	10.00	11.12	11.92	11.76	11.36
10.56	10.80	11.92	11.84	13.44	10.88
10.96	11.60	13.04	10.40	11.04	12.16
12.64	11.60	12.00	10.08	11.52	12.40
11.44	13.60	11.68	13.52	11.28	10.56
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.76. 8 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.1.8.13. 10 mm Çapındaki Küresel Materyaller İle Çalışmada Elde Edilen Veriler ve Makina Performansına İlişkin Genel Sonuçlar

Ø10 mm olan küresel materyal için uygulanan, bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini gösteren deneme deseni Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Ø10 mm olan küresel materyal için kullanılan TYM deneme deseni

Deney No	Bağımsız Değişkenler					
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )	
	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz	Kodlu	Kodsuz
1	-1	0.08	-1	2.9	-1	30
2	-1	0.08	1	8.1	-1	30
3	1	0.16	-1	2.9	-1	30
4	1	0.16	1	8.1	-1	30
5	-1	0.08	-1	2.9	1	50
6	-1	0.08	1	8.1	1	50
7	1	0.16	-1	2.9	1	50
8	1	0.16	1	8.1	1	50
9	-1.682	0.052	0	5.5	0	40
10	1.682	0.187	0	5.5	0	40
11	0	0.12	-1.682	1.1268	0	40
12	0	0.12	1.682	9.8732	0	40
13	0	0.12	0	5.5	-1.682	23.18
14	0	0.12	0	5.5	1.682	93.60
15	0	0.12	0	5.5	0	40
16	0	0.12	0	5.5	0	40
17	0	0.12	0	5.5	0	40
18	0	0.12	0	5.5	0	40
19	0	0.12	0	5.5	0	40
20	0	0.12	0	5.5	0	40

Ø10 mm olan küresel materyallerin 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, yapışkan bantta, 3 tekerrürlü olarak yapılan denemelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Ø10 mm olan küresel materyale ilişkin deneme verileri

Deney No	Tekerrür No	Bağımsız Değişkenler			Bağımlı Değişken (Performans Göstergeleri)				
		Plaka Çevre Hızı (X <sub>1</sub> )	Delik Çapı (X <sub>2</sub> )	Vakum Basıncı (X <sub>3</sub> )	KETA (%)	İkizleme (%)	Boşluk (%)	E <sub>rms</sub> (Sapma)	CP3 (%)
1	1	-1	-1	-1	59.46	0.00	40.54	22.54	27.03
	2	-1	-1	-1	61.11	0.00	38.89	12.19	44.44
	3	-1	-1	-1	57.58	0.00	42.42	13.95	18.18
2	1	-1	1	-1	98.28	0.00	1.72	1.62	98.28
	2	-1	1	-1	96.43	0.00	3.57	2.11	94.64
	3	-1	1	-1	94.55	0.00	5.45	2.64	87.27
3	1	1	-1	-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1	-1	-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	1	-1	-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1	1	1	-1	88.89	0.00	11.11	10.58	55.56
	2	1	1	-1	88.89	0.00	11.11	8.50	42.22
	3	1	1	-1	91.30	0.00	8.70	5.40	47.83
5	1	-1	-1	1	78.85	3.84	17.31	6.56	42.31
	2	-1	-1	1	74.47	0.00	25.53	6.32	31.91
	3	-1	-1	1	76.47	0.00	23.53	7.02	39.22
6	1	-1	1	1	100.00	0.00	0.00	2.27	57.81
	2	-1	1	1	98.48	1.52	0.00	2.68	34.38
	3	-1	1	1	100.00	0.00	0.00	2.74	40.91
7	1	1	-1	1	50.00	0.00	50.00	25.16	4.17
	2	1	-1	1	47.06	2.94	50.00	14.43	11.76
	3	1	-1	1	46.67	0.00	53.33	17.99	20.00
8	1	1	1	1	89.29	5.35	5.36	4.25	23.21
	2	1	1	1	90.38	1.93	7.69	4.27	26.92
	3	1	1	1	87.27	1.82	10.91	4.54	32.73
9	1	-1.682	0	0	98.63	1.37	0.00	2.87	20.55
	2	-1.682	0	0	98.55	1.45	0.00	2.33	50.72
	3	-1.682	0	0	97.10	1.45	1.45	2.40	55.07
10	1	1.682	0	0	62.00	14.00	24.00	6.87	22.00
	2	1.682	0	0	66.67	13.72	19.61	6.80	23.53
	3	1.682	0	0	63.64	11.36	25.00	7.70	13.64
11	1	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0	-1.682	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1	0	1.682	0	94.34	0.00	5.66	3.01	45.28
	2	0	1.682	0	94.44	0.00	5.56	3.04	35.14
	3	0	1.682	0	96.36	0.00	3.64	2.25	56.36
13	1	0	0	-1.682	80.39	3.92	15.69	6.63	68.63
	2	0	0	-1.682	85.71	0.00	14.29	6.27	67.35
	3	0	0	-1.682	88.68	0.00	11.32	6.73	73.58
14	1	0	0	1.682	94.83	3.45	1.72	3.14	36.21
	2	0	0	1.682	94.83	1.72	3.45	3.19	36.21
	3	0	0	1.682	94.83	1.72	3.45	4.42	36.21
15	1	0	0	0	91.23	1.75	7.02	4.16	29.82
	2	0	0	0	89.66	3.44	6.90	3.75	15.52
	3	0	0	0	91.53	1.69	6.78	3.77	44.07
16	1	0	0	0	89.47	3.51	7.02	3.45	35.09
	2	0	0	0	91.07	1.79	7.14	3.90	41.07
	3	0	0	0	90.38	3.85	5.77	3.36	36.54
17	1	0	0	0	93.22	3.39	3.39	3.65	32.14
	2	0	0	0	91.23	1.75	7.02	3.32	37.29
	3	0	0	0	94.64	1.79	3.57	4.79	38.60
18	1	0	0	0	89.47	1.76	8.77	4.39	38.98
	2	0	0	0	87.27	3.64	9.09	4.98	38.60
	3	0	0	0	89.84	5.08	5.08	3.89	38.18
19	1	0	0	0	87.72	5.26	7.02	5.10	34.55
	2	0	0	0	91.07	1.79	7.14	3.88	31.58
	3	0	0	0	87.27	1.82	10.91	6.14	33.93
20	1	0	0	0	93.22	3.39	3.39	3.65	44.64
	2	0	0	0	92.98	0.00	7.02	3.51	42.37
	3	0	0	0	89.29	3.57	7.14	4.36	36.84

#### 4.1.8.14. 10 mm Çapındaki Küresel Materyal İle Çalışmada Elde Edilen Performans Modelleri

Çizelge 4.42’de sunulan veriler, Eşitlik 9’da verildiği gibi, kübik (3. derece) formda, Minitab istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sadece KETA’ya ilişkin, %99 önem seviyesinde, istatistiksel olarak anlamlı bir modele ve bu model denklemini optimize eden denklem köklerine ulaşılmıştır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında, 10 mm çapındaki küresel materyal için bağımlı değişken ( $y_{\phi 10}$ ) durumundaki kabul edilebilir tohum aralığı oranı (KETA, %) değerlerine transformasyon işlemi uygulanmıştır. Söz konusu değerlere aşağıda gösterildiği şekliyle “*arcsin*” uygulaması en olumlu sonucu vermiştir.

$$y_{\phi 10} = \arcsin \left( \sqrt{\frac{\text{performans}}{100}} \right) \dots\dots\dots 80.$$

Kabul Edilebilir Tohum Aralığı Modeli;

$$y_{\phi 10} = 1.236 + 0.362 X_2 - 0.207 X_2^2 - 0.181 X_1 + 0.135 X_1^2 X_3 - 0.102 X_2 X_3 + 0.093 X_1 X_2 - 0.092 X_1 X_2 X_3 \dots\dots\dots 81.$$

şeklindedir.

Model denklemin incelenmesi sonucunda, kübik formda kurulan kabul edilebilir tohum aralığı modelinde 7 değişkenin yer aldığı görülmektedir. Bu değişkenler içerisinde plaka delik çapı değişkenininin 1. ve 2. dereceden formlarının modelde yer alması dikkat çekicidir. Plaka çevre hızı 1. dereceden model denkleminde yer alırken vakum basıncı sadece ikili ya da üçlü interaksiyonlar şeklinde yer almaktadır.

Değişkenlerin modele hangi sırada girdikleri ve modele katkıları ile temel istatistiksel bilgiler Çizelge 4.43’de verilmiştir. Modele ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise Ek-2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.43. Ø10 mm küresel materyal için KETA modeline ilişkin istatistiksel analiz sonuçları

Sıra No	Değişken	Katsayısı	Standart hata	R <sup>2</sup> (%) ve değişimi
-	Model sabiti	1.236	-	-
1	X <sub>2</sub>	0.362	0.282	53.90
2	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.207	0.218	72.79
3	X <sub>1</sub>	-0.181	0.157	86.22
4	X <sub>1</sub> <sup>2</sup> X <sub>3</sub>	0.135	0.130	90.63
5	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.102	0.113	93.15
6	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.093	0.0948	95.23
7	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-0.092	0.0726	97.25

Çizelge 4.43'den görüleceği gibi modele ilk sırada giren terimler plaka delik çapı değişkeni olan X<sub>2</sub> ve X<sub>2</sub><sup>2</sup>'dir ve sistemin yaklaşık %73'ünü bu iki terim açıklayabilmektedir. 10 mm çaplı küresel materyallerin tek dane olarak ekiminde, plaka çevre hızı değişkeni olan X<sub>1</sub> de önemli bir parametre olarak modelde yer almakta ve sistemin yaklaşık %14'ü de bu terim tarafından açıklanabilmektedir.

Vakum basıncının modele etkisi sadece interaksiyonlardan ibaret olup son derece düşüktür. 10 mm küre için ulaşılan bu bulgu, diğer kürelerde (4, 6 ve 8 mm) vakum basıncının etkisine yönelik olarak kullanılan ifadeleri doğrular niteliktedir. Bu da kürenin delikte tutunabileceği herhangi bir vakum basıncı değerinin ekim işlemi için yeterli olabilmesi anlamına gelmektedir.

Optimum değerlerin hesaplanması için, 10 mm çaplı küreler ile yapılan denemelerden elde edilen polinomiyal formdaki 81 nolu eşitlik, *Maple 11* programına aktarılmıştır. Programda yapılan çözümlere ilişkin ayrıntılar Ek-3'de verilmiştir.

Programda her bir değişkene bağlı kısmi türevler alınıp elde edilen değerlerin "0" a eşitlenmesi sonucunda bu değişkenlerin kodlu optimum değerleri sırasıyla X<sub>1</sub> = **-0.5532**, X<sub>2</sub> = **0.8085** ve X<sub>3</sub> = **-0.4729** olarak hesaplanmıştır.



Kodlu değerler kodsuz (gerçek) değerlere dönüştürüldüğünde;

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.5532 \Rightarrow X_1 = 0.0979 \text{ ms}^{-1} \dots\dots\dots 82.$$

$$\frac{X_2 - 5.5}{2.6} = 0.8085 \Rightarrow X_2 = 7.60 \text{ mm} \dots\dots\dots 83.$$

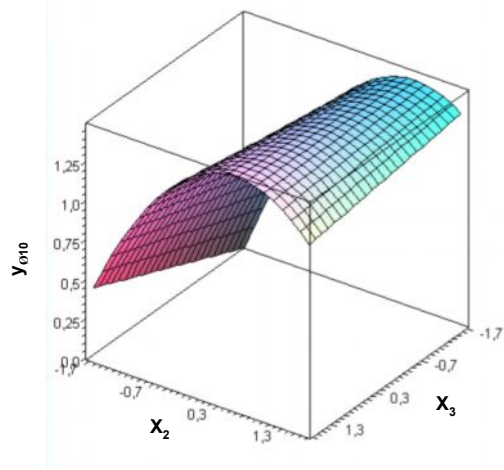
$$\frac{X_3 - 60}{20} = -0.4729 \Rightarrow X_3 = 50.54 \text{ mbar} \dots\dots\dots 84.$$

elde edilir.

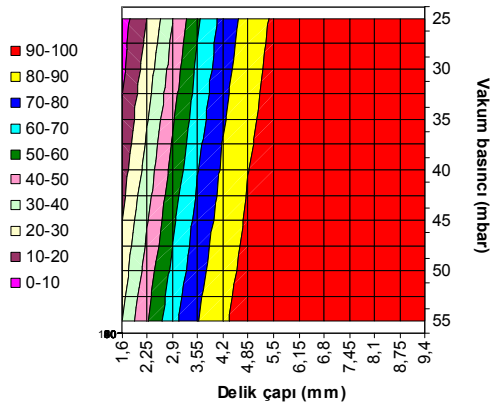
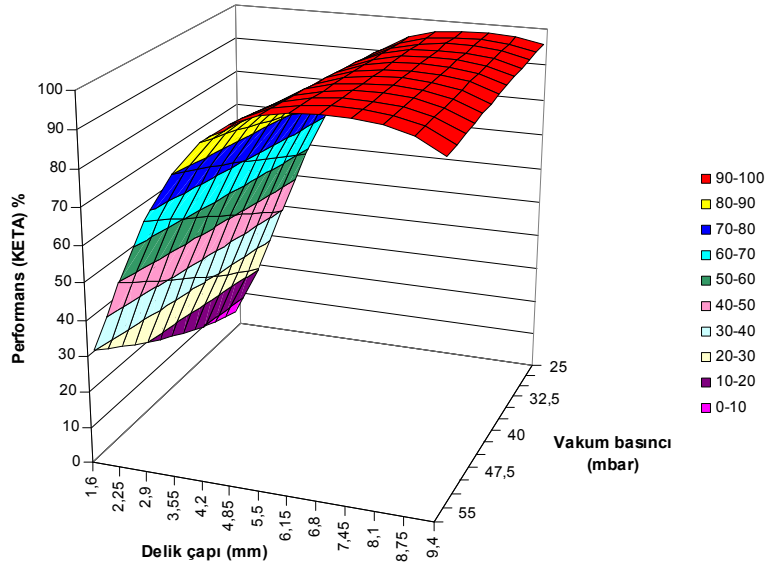
#### 4.1.8.15. 10 mm Çapındaki Küresel Materyale Özgü Tepki Yüzeyleri Modellerinin Grafıksel Gösterimi

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca 10 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada elde edilen KETA modeline ilişkin, iki değişkenin interaksyonu şeklindeki 2 ve 3 boyutta grafıksel gösterimi Şekil 4.77 ile Şekil 4.82 arasında verilmiştir.

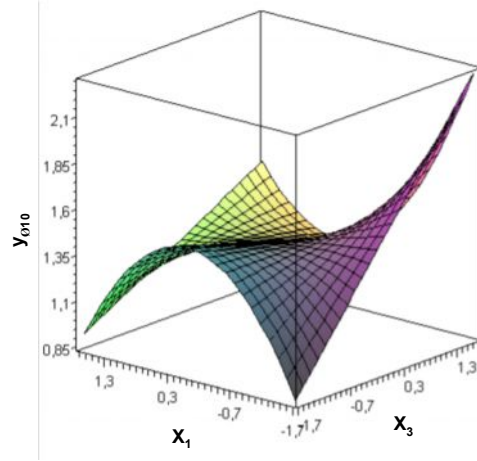
Grafığe dayalı bu gösterimler ile 10 mm çaplı küresel materyal ile çalışmada göz önüne alınan değişkenlerin, tek dane ekim makinasının ekime ilişkin kalitesi üzerindeki etkileri daha da belirgin hale gelmiştir. Diğer tohumlar ve küresel materyallere benzer şekilde özellikle plaka delik çapının performans üzerindeki etkisi, ekim kalitesini nasıl ve miktar olarak ne denli değiştirdiği dikkat çekicidir.



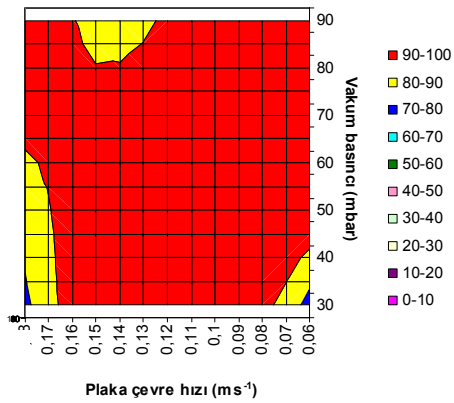
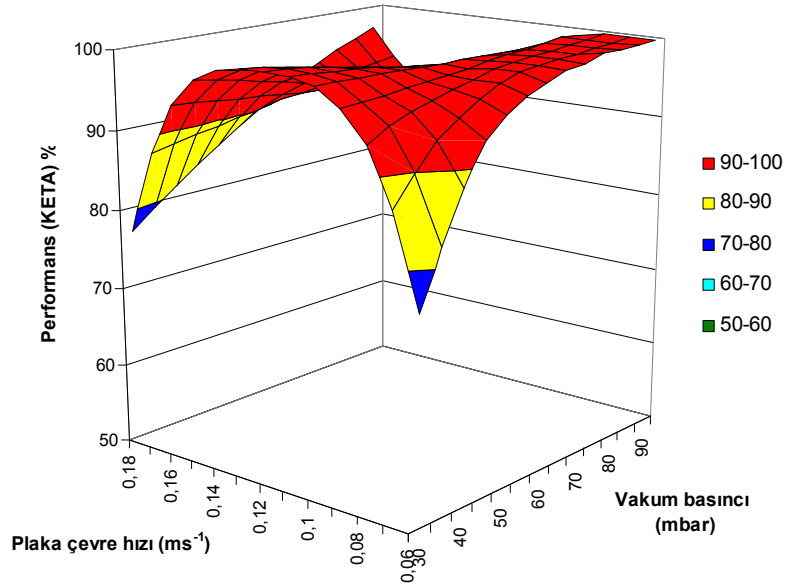
Şekil 4.77. 10 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka delik çapı ( $X_2$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_{010}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka çevre hızı;  $X_1$  : -0.5532)



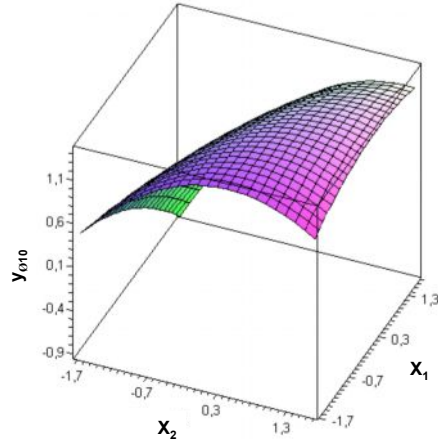
Şekil 4.78. 10 mm çaplı küresel materyal için plaka delik çapı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Plaka çevre hızı:  $0.0979 \text{ ms}^{-1}$ )



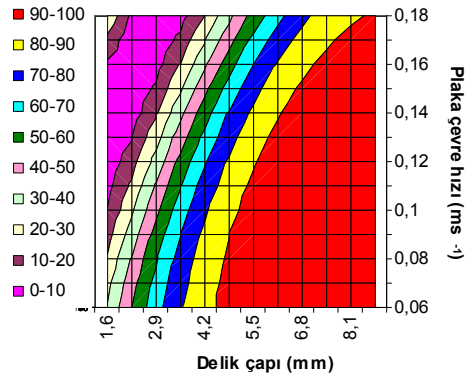
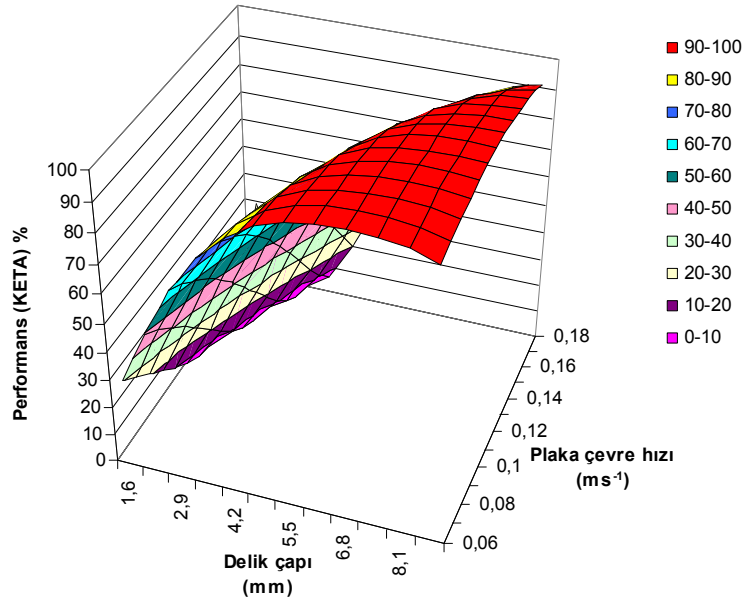
Şekil 4.79. 10 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve vakum değerlerine ( $X_3$ ) bağlı olarak oluşan “*arcsin*” dönüşümlü KETA ( $y_{010}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu plaka delik çapı;  $X_2$ :0.8085)



Şekil 4.80. 10 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve vakuma bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Delik çapı: 7.6 mm)



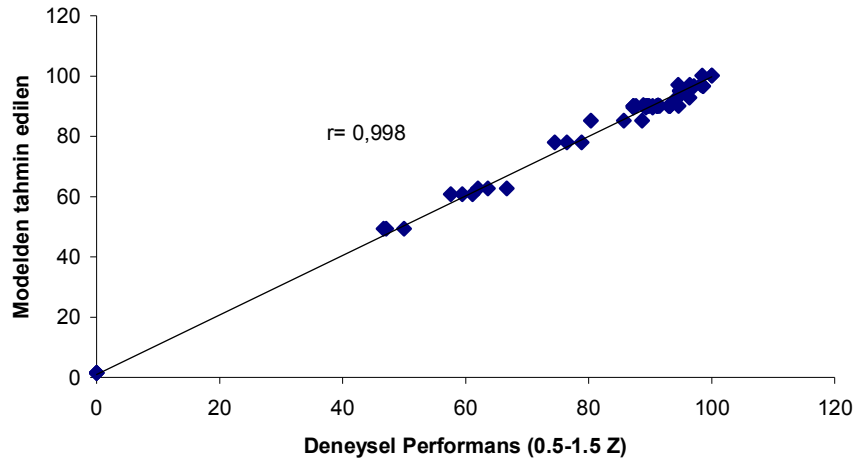
Şekil 4.81. 10 mm çaplı küresel materyal için kodlu plaka çevre hızı ( $X_1$ ) ve delik çapı değerlerine ( $X_2$ ) bağlı olarak oluşan "arcsin" dönüşümlü KETA ( $y_{010}$ ) performans değişiminin 3 boyutta gösterimi (Kodlu vakum basıncı;  $X_3$  : -0.4729)



Şekil 4.82. 10 mm çaplı küresel materyal için plaka çevre hızı ve delik çapına bağlı olarak oluşan KETA performans değişiminin 2 ve 3 boyutta gösterimi (Vakum basıncı: 50.54 mbar)

#### 4.1.8.16. 10 mm Çaplı Küresel Materyale Özgü KETA Modelinin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Şekil 4.83'den anlaşılacağı üzere geliştirilen modelin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Verilerin neredeyse tamamının  $r=1$  doğrusu üzerinde toplanması modelden elde edilen sonuçlarla deneysel sonuçlar arasındaki uyumu göstermektedir.



Şekil 4.83. 10 mm küresel materyal için KETA'ya ilişkin hassasiyet analizi gösterimi

Denklemden elde edilen optimum değerler model denklemine değer olarak girildiğinde KETA modeli ile %98.59 gibi yüksek bir performans değeri hesaplanmıştır. Bunun anlamı, elde edilen optimum değerler kullanılarak 10 mm çaplı küresel materyaller ile yapılacak denemelerde, makinadan beklenecek performans değerinin en az %98.59 olmasıdır.

Denklemin çözümünden elde edilen optimum değerlerin doğruluğunu, diğer bir ifadeyle model denklemin geçerliliğini saptamak amacıyla tek dane ekim makinası ile yapışkan bantta ilave denemeler yapılmıştır.

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranının optimum şartlarında 10 mm çaplı küresel materyallerle yapılan denemeler sonucunda makinanın, tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında %100 (çok iyi) başarıyla ektiği belirlenmiştir.

Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek dane ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca tohumların 0.5-1.5 Z aralığında bırakılması

0.0979 ms<sup>-1</sup> plaka çevre hızında (0.979 ms<sup>-1</sup> ilerleme hızı), 7.6 mm delik çapındaki plakayla ve 50.54 mbar vakum basıncında gerçekleştirilmektedir.

Optimum şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve sıra üzeri anma ekim aralığı olarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.44 ve Şekil 4.84' de verilmiştir. Sözkonusu sınıma, deliklerin yapım hassasiyeti ( $\pm 0.1$  mm) ve vakum ölçerinin okuma hassasiyeti nedeniyle 7.8 mm çapındaki plakayla, yaklaşık 50 mbar vakum basıncında ve bant ilerleme hızının yaklaşık 1 ms<sup>-1</sup> (plaka çevre hızı 0.1 ms<sup>-1</sup>) düzeyinde olduğu durumda yapılmıştır.

Çizelge 4.44. 10 mm çaplı küresel materyal ile optimum noktalarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemelerinden sıra üzeri anma ekim aralığı (cm) olarak elde edilen değerler (Plaka çevre hızı: 0.0979 ms<sup>-1</sup>, plaka delik çapı: 7.6 mm, vakum basıncı: 50.54 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
12.88	14.56	11.36	13.20	9.92	13.12
13.76	11.12	11.52	10.72	10.80	11.04
12.32	10.40	11.04	12.00	13.12	12.4
11.52	12.64	10.96	10.64	13.52	11.68
11.44	10.08	11.92	10.88	10.88	11.28
11.76	12.72	10.32	10.72	10.96	12.32
11.84	13.76	12.16	11.92	10.96	11.28
10.56	10.08	8.72	9.84	11.52	10.48
10.64	10.88	11.20	11.44	12.24	10.40
14.32	10.64	10.16	10.08	11.20	10.96
9.60	10.96	11.44	11.52	12.16	11.76
13.12	11.12	10.00	12.16	11.28	9.60
11.76	12.40	10.32	9.92	9.28	10.48
11.52	11.28	13.28	12.00	11.20	10.96
10.08	10.16	10.48	9.52	12.88	10.8
12.96	11.52	10.48	9.76	11.04	10.88
12.48	11.44	10.72	11.20	12.88	12.88
10.08	12.80	12.96	11.92	10.32	12.16
12.16	10.88	9.76	11.20	11.28	10.56
11.84	10.72	12.56	11.60	10.80	10.48
10.40	12.64	11.04	9.92	10.96	11.52
10.40	10.88	11.44	10.80	12.48	11.76
13.36	11.68	11.28	9.76	10.64	10.64
11.76	10.16	10.40	12.88	13.04	10.16
13.12	11.20	10.00	10.96	13.28	11.84
10.24	10.32	11.12	11.84	11.36	10.88
13.92	13.04	13.60	11.44	9.20	9.84
11.20	10.88	11.68	11.84	13.84	12.64
12.40	10.64	10.96	10.40	8.88	11.20
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.84. 10 mm çaplı küresel materyal ile yapılan yapışkan bant denemesinden bir görünüm

#### 4.2. Optimum Sonuçlara Bağlı Olarak Geliştirilen Genel Model Denklemleri

Bu çalışmada, vakum prensibine göre çalışan tek dane ekim makinasının farklı delik çapı ve farklı çalışma şartları (plaka çevre hızı ve vakum basıncı) altında, fiziksel ve aerodinamik özellikleri birbirinden farklı tohum çeşitleri ile çalışmadaki performansının, ürün bazında optimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu amacın yanı sıra, ürün özelliklerine göre uygun delik çapı, plaka çevre hızı ve vakum basıncı değerlerini ayrı ayrı tahminlemede kullanılacak matematiksel bir modelin geliştirilmesi de hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, Çizelge 4.45’de toplu halde görülen ve deneysel verilere dayalı olarak saptanan, ürüne özgü optimum değerlerin, ürün özellikleriyle ilişkili olup olmadığı, diğer bir ifadeyle, tohumun fiziksel ve aerodinamik özelliklerinin (küresellik, bin dane ağırlığı, yüzey izdüşüm alanı, kritik hız, tohumun ortalama anma çapı ve sürtünme katsayısı), plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı üzerinde herhangi bir etkiye sahip olup olmadığı incelenmiştir.

Çizelge 4.45. Tohumlara ilişkin kodlu/kodsuz optimum değerler ile optimum şartlarda elde edilen makina performansı

Tohumlar	Bağımsız Değişkenler						Optimum Şartlardaki Makina Performansı (ort,%)
	Plaka Çevre Hızı ( $X_1$ )		Plaka Delik Çapı ( $X_2$ )		Vakum Basıncı ( $X_3$ )		
	Kodlu	Kodsuz ( $\text{ms}^{-1}$ )	Kodlu	Kodsuz (mm)	Kodlu	Kodsuz (mbar)	
Mısır	-1.3015	0.068	-0.2339	3.77	0.8377	76.75	99.48
Nohut	-1.469	0.061	1.005	6.81	-0.387	52.26	100
Pamuk	-0.586	0.96	1.173	3.08	-0.11	57.8	99.67
Ayçiçeği	-0.4978	0.1	0.1199	2.06	0.584	71.68	95.24
Soya	-0.5869	0.0965	0.3181	3.82	0.5251	45.25	100
Şeker pancarı	0.3954	0.136	-0.2489	1.7	-0.4669	35.33	100
Kanola	-1.2817	0.069	-0.1781	0.96	0.1217	41.22	93.89
Ø4 mm küre	-1.656	0.054	-1.2262	1.89	1.2362	52.36	100
Ø6 mm küre	-0.757	0.0897	1.0346	4.9	-0.7394	32.61	100
Ø8 mm küre	-0.7082	0.0917	1.1701	6.84	-0.3163	53.67	100
Ø10 mm küre	-0.5532	0.0979	0.8085	7.6	-0.4729	50.54	100

Genel model eldesine yönelik olarak her tohumun küresellik, bin dane ağırlığı, yüzey izdüşüm alanı, kritik hız, ortalama anma çap ve tohumun metal üzerindeki sürtünme katsayısı değerleri, daha önce materyal ve yöntem bölümünde açıklandığı gibi belirlenmiştir. Bu değerlerin plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı ile arasındaki ilişkinin ayrı ayrı incelenebilmesi için elde edilen veriler Excel'de hazırlanarak MINITAB programına aktarılmıştır. Çizelge 4.46'da analize tabi tutulan veriler toplu halde görülmektedir.

Çizelge 4.46. Genel model denklemine ilişkin veriler

Tohumlar	Küresellik ( $\Phi, \%$ )	Bin Dane Ağırlığı ( $m_{1000}, \text{g}$ )	Yüzey İzdüşüm Alanı ( $A_p, \text{mm}^2$ )	Kritik Hız ( $V_c, \text{ms}^{-1}$ )	Ortalama Anma Çap <sup>3</sup> ( $D_p, \text{mm}$ )	Materyalin Metal Üzerinde Sürtünme Katsayısı ( $\mu$ )	Plaka Çevre Hızı ( $\text{ms}^{-1}$ )	Plaka Delik Çapı (mm)	Vakum Basıncı (mbar)
Mısır	75.0	343.75	17.29	13.5	8.03	0.294	0.0680	3.77	76.75
Nohut	80.3	596.30	36.18	13.7	9.77	0.276	0.0610	6.81	52.26
Pamuk	65.9	90.55	7.38	10.7	5.41	0.336	0.9600	3.08	57.8
Ayçiçeği	54.8	59.68	11.43	6.5	5.69	0.335	0.1000	2.06	71.68
Soya	89.3	180.79	9.77	13.9	6.57	0.297	0.0965	3.82	45.25
Şeker pancarı	87.5	16.55	3.25	7.5	3.41	0.302	0.1360	1.70	35.33
Kanola	92.4	3.32	3.13	7.1	1.96	0.297	0.0690	0.96	41.22
Ø4 mm küre	100.0	31.50	12.56	10.4	4.00	0.296	0.0540	1.89	52.36
Ø6 mm küre	100.0	105.00	28.26	12.9	6.00	0.296	0.0897	4.90	32.61
Ø8 mm küre	100.0	252.00	50.24	13.4	8.00	0.296	0.0917	6.84	53.67
Ø10 mm küre	100.0	490.75	78.50	14.1	10.00	0.296	0.0979	7.60	50.54

$$D_p = \sqrt[3]{abc}$$



#### 4.2.1. İlerleme Hızına Bağlı Plaka Çevre Hızı Genel Modeline İlişkin Sonuçlar

Plaka çevre hızı için yapılan stepwise regresyon analizi sonucunda, tohumun, çalışmada ele alınan fiziksel ve aerodinamik özelliklerine ilişkin, istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir modele ulaşılammıştır. Bu bulgu, daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, ilerleme hızına bağlı plaka çevre hızının, ekim makinasının performansından ziyade ekim kalitesi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Tohumlara özgü elde edilen sonuçlar da bunu doğrular niteliktedir. Çizelge 4.46'dan da görüldüğü gibi bazı tohumlar için (mısır, nohut, kanola ve 4 mm çaplı küre) bulunan optimum plaka çevre hızı değerleri uygulama açısından çok düşüktür. Bu değerlerle çalışmada makina tarla iş başarısı da düşük olacaktır. Ancak unutulmamalıdır ki elde edilen bu değerler makina performansını maksimum yapan optimum değerlerdir.

Optimum plaka çevre hızı düşük olan mısır, nohut, kanola ve 4 mm çaplı küre için, optimum şartlarda yapılacak denemelerden beklenecek minimum makina performans değerleri, önceki bölümlerde açıklandığı gibi, sırasıyla %96.34, %97.69, %94.31 ve %95.76'dır. Bu değerlerin tümü tek dane ekim kriterlerinin değerlendirmesinde "iyi" kalitedeki bir ekimi temsil etmektedir. Ancak tek dane ekim için makinadan "yeterli" düzeyde beklenen performansın en az %82.3 olduğu düşünüldüğünde bu değerlerin altına düşmeyecek biçimde yüksek ilerleme hızıyla çalışmada iş başarısının artış göstereceği açıktır. Bu bağlamda yukarıda adı geçen tohumların kendi model denklemlerinden elde edilen optimum plaka çevre hızı değerlerinin yaklaşık 3 katı olan  $0.15 \text{ ms}^{-1}$  değerindeki plaka çevre hızına ( $1.5 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı) vereceği tepki, diğer bir ifadeyle makina performansının değişimi model denklemlerinden hesaplanarak incelenmiştir. Seçilen plaka çevre hızı değeri değerine karşılık gelen 0.75 kodlu değeri her tohum için kendi model denkleminde girildiğinde tohumlardan beklenen makina performans değerleri sırasıyla %92.27, %97.68, %80.51 ve %94.61 olarak hesaplanmıştır.

Görüldüğü gibi nohut tohumu için ilerleme hızına bağlı plaka çevre hızının artışı herhangi bir performans değişikliğine sebep olmazken, mısır tohumu ve 4 mm kürede performans açısından küçük miktarda azalma meydana getirmiştir. Ancak bu değerler yine de tek dane ekim için uygun değerlerdir. (Hesaplamalarda sadece plaka çevre hızı değeri değiştirilmiş olup plaka delik çapı ve vakum basıncı değerleri tohuma özgü optimum şartlarında kullanılmıştır.)

Sonuçlar kanola tohumu için irdelendiğinde,  $0.15 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızıyla ( $1.5 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı) kanola tohumlarının tek dane ekiminin mümkün olmayacağı açıkça görülmektedir. Yapılan hesaplamalar kanola tohumlarının tek dane ekiminde, plaka delik çapı veya vakum basıncında herhangi bir değişiklik yapılmaksızın, %82.3 minimum performans değeri için maksimum plaka çevre hızının  $0.14 \text{ ms}^{-1}$  ( $1.4 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı) olması gerektiğini göstermektedir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığında, kaliteli bir ekim için, makina tarla iş başarısının (ha/h) kabul edilebilir bir düzeyde tutulması koşuluyla, makinanın mümkün olduğunca düşük ilerleme hızında çalıştırılmasının uygun olacağı açıkça ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle, yüksek makina tarla iş başarısı elde edebilmek için yüksek ilerleme hızları ile çalışmada ekim kalitesinden ödün verilebileceği göz ardı edilmemelidir.

#### 4.2.2. Plaka Delik Çapı Genel Modeline İlişkin Sonuçlar

Deneysel verilere dayalı olarak tohuma özgü elde edilen plaka delik çaplarının, tohumların fiziksel ve aerodinamik özellikleriyle yapılan stepwise regresyon analizi sonucunda, %95 önem seviyesinde  $R^2=0.9269$  olan ve istatistiksel olarak yüksek öneme sahip, Eşitlik 85’ de verilen **“Plaka Delik Çapı Genel Modeli”** elde edilmiştir. Modele ilişkin analiz sonuçları Ek-4’de verilmiştir.

$$y_{d\phi} = -5.177 + 0.819 * D_p + 0.047 * \Phi \dots\dots\dots 85.$$

Model denkleminde görüldüğü gibi plaka delik çapı üzerinde tohumun ortalama anma çapı ( $D_p$ ) ve küreselliği ( $\Phi$ ) etkili faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle, sistemin %83.08’ini tek başına açıklayan tohumun ortalama anma çapı ve %9.61’ini açıklayan küresellik değerleri, herhangi bir tohum için kullanılacak plakanın delik çapını tahminlemede yeterli olan parametrelerdir.

Tohumun plakada tutulması, tohumun deliğe yönlendirilmesi ve deliğe yerleşmesiyle yakından ilişkilidir. Tüm ekim makinelerinde tohumun deliğe yönlendirilmesi için, genellikle plakalar üzerinde, tırnaklar şeklinde ilave organlar yer almaktadır.

Delige yönlendirilen tohumun deliği kaplaması tamamen tohumun özelliğine bağlıdır. Tohumun deliği kaplama miktarı, makinada sağlanan vakum basıncından daha etkin bir şekilde yararlanabilmesini de beraberinde getirecektir. Bu yaklaşımlara göre ortalama anma çap ve küresellik değerlerinin modelde yer alması anlamlı görünmektedir.

Ayrıca plaka delik çapına ilişkin yüksek tahminlemeye sahip genel bir model denkleminin elde edilmiş olması, bu parametrenin ekim işlemi için önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Bugüne kadar yapılmış çalışmalarda plaka delik çapı genellikle sabit tutularak diğer parametrelerin ekim düzgünlüğü ve kalitesine etkileri araştırılmıştır. Örneğin, Karayel ve ark. (2004) çalışmalarında tohumlara uygun plakaları (mısır ve soya için 3.5 mm, pamuk için 2.5 mm, şeker pancarı için 1.5 mm, vb.) kullanarak farklı ürünlerin ekiminde uygun vakum gereksiniminin matematiksel modelini elde ederken; Moody ve ark. (2003), tohuma özgü plakaları kullanarak tohum aralığındaki değişimin artan plaka çevre hızıyla birlikte arttığını saptamışlardır.

Singh ve ark. (2005) ise delik şekli ve vakum basıncının ekim kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmada pamuk tohumları için 2.5 mm çapında deliklere sahip plaka kullanımıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında en uygun plaka çevre hızını,  $0.42 \text{ ms}^{-1}$  ve vakum değerini ise 2 kPa; bu koşullardaki kabul edilebilir tohum aralığı değerini ise %94.7 olarak bulmuşlardır.

Oysaki daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi sisteme hükmeden parametre plaka delik çapıdır. Diğer bir ifadeyle plaka delik çapında meydana gelen en küçük değişimler bile makinanın ekim performansında önemli değişimlere neden olmaktadır. Yazgı (2004) tarafından yapılan çalışmada plaka delik çapının pnömatik tek dane ekimde sistem için önemi belirlenmiş ve pamuk tohumlarıyla yürütülen çalışmada uygun plaka delik çapı 3.08 mm ve vakum değeri ise 5.78 kPa olarak saptanmıştır. Bu değerler kullanılarak yapılan denemelerde kabul edilebilir tohum aralığı değeri ise %99.67 olarak bulunmuştur.

#### **4.2.3. Vakum Basıncı Genel Modeline İlişkin Sonuçlar**

DeneySEL verilere dayalı olarak tohuma özgü elde edilen vakum basıncı değerlerinin, tohumların fiziksel ve aerodinamik özellikleriyle yapılan stepwise

regresyon analizi sonucunda, %75 önem seviyesinde  $R^2=0.7674$  olan, Eşitlik 86'da verilen "**Vakum Basıncı Genel Modeli**" elde edilmiştir. Model denklemine ilişkin analiz sonuçları Ek-4'de verilmiştir.

Detaylı yapılan analizler sonucunda küresel materyallerin vakum basıncına ilişkin önemli bir katkısı olmadığı saptandığından genel vakum basıncı modeli küresel materyaller olmaksızın elde edilmiştir. Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere, delikte kürenin yakalandığı andaki minimum vakum basıncı değeri ekim işlemi için yeterli olmaktadır.

Stepwise regresyon analiz tekniği uyarınca küreler hariç tutularak gerçekleştirilen analizler ve model oluşturulmasında transformasyon işlemi uygulanmış olup tüm değerlerin doğal logaritmaları alınarak analizler bu değerlerle gerçekleştirilmiştir. ( $y_{vb}=\log(y_{vb})$ )

$$y_{vb} = 10^{3.833} * \Phi^{(-1.31)} * V_c^{(0.37)} \dots\dots\dots 86.$$

Model denkleminde görüldüğü gibi vakum basıncı üzerinde tohumun küreselliği ( $\Phi$ ) ve kritik hızı ( $V_c$ ) etkili faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle, sistemin %58.87'sini tek başına açıklayan tohumun küresellik ve %17.87'sini açıklayan kritik hız değerleri, herhangi bir tohumun pnömomatik ekimi için makina tarafından sağlanacak vakum basıncı değerini tahminlemede yeterli olan parametrelerdir.

Daha önce de açıklandığı gibi tohumun plakada tutulmasında, tohumun deliğe yönlendirilmesi ve deliğe yerleşmesi önemli aşamalardır. Ancak tutunmayı sağlayan asıl parametre vakum basıncı değeridir.

Tohumun deliği kaplama miktarı ile tohumun deliğe yönlendirilmesi sırasındaki hareketliliği vakum basıncı değerinin değişimine neden olmaktadır. Deliğe yönlendirilen tohumun deliği kaplaması tamamen tohumun fiziksel özelliklerine bağlıyken, tohumun deliğe yaklaşması, fiziksel özelliklerine bağlı olarak, tohumun vakum etkisine girdiği andan deliğe tam olarak yapışmasına kadar geçen süredeki hareketine bağlıdır.

Tohumun deliği her zaman kapatması beklenemeyeceği gibi, her zaman tam delik üzerinde emilmesi de söz konusu değildir. Delik açıklığından uzaklaştıkça emme kuvvetinde büyük düşüşler gözlenmektedir. Bunun nedeni Eşitlik 3'de

verildiği gibi delikten uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak hava hızının azalmasıdır. Havanın akış çizgilerinin oluşturduğu yarım küre yüzeyinde kürenin çapını dane ile delik arasındaki uzaklık belirlediğinden, tohumun deliğe yakın olduğu oranda vakum etkisine gireceği söylenebilmektedir.

Bu yaklaşımlara göre tohumun fiziksel olarak şeklini ortaya koyan küresellik ile tohumun aerodinamik özelliğini gösteren kritik hız değerlerinin modelde yer alması anlamlı görünmektedir.

Ayrıca vakum basıncına ilişkin genel model denkleminin elde edilmiş olması, bu parametrenin de, plaka delik çapı genel modelinde olduğu gibi ekim işlemi için önemini ortaya koymaktadır.

#### 4.2.4. Genel Modellerin Doğrulanmasına İlişkin Sonuçlar

Elde edilen genel model denklemleri tüm model denklemlerinde olduğu gibi belirlenen sınırlar içerisinde geçerli olup sınır değerlerin dışına çıkılması durumunda model denklemleri geçerliliğini yitirebilmektedir. Tüm tohumların özelliklerinin minimum ve maksimum değerlerini belirten modellere ilişkin sınır değerler Çizelge 4.47’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.47. Model sınır değerleri

Tohum Özellikleri	Model sınırları
Küresellik ( $\Phi$ , %)	$54.8 \leq \Phi \leq 100$
Bin Dane Ağırlığı ( $m_{1000}$ , g)	$3.32 \leq m_{1000} \leq 596.30$
Yüzey İzdüşüm Alanı ( $A_p$ , mm <sup>2</sup> )	$3.13 \leq A_p \leq 78.5$
Kritik Hız ( $V_c$ , ms <sup>-1</sup> )	$6.5 \leq V_c \leq 14.1$
Ortalama Anma Çap ( $D_p$ , mm)	$1.96 \leq D_p \leq 10$
Materyalin Metal Üzerinde Sürtünme Katsayısı ( $\mu$ )	$0.276 \leq \mu \leq 0.336$

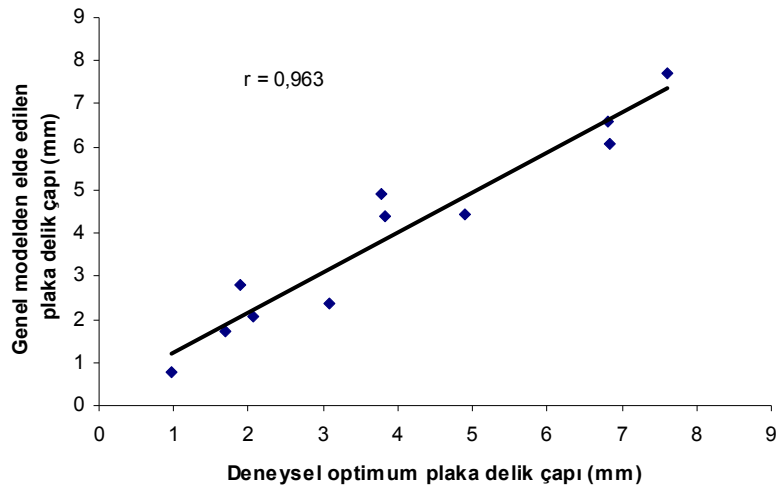
Modelleme, tahminlemeye dayalı olarak sistemlerin çalışması hakkında fikir edinilmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle modelin geçerliliğinin saptanması için bazı sınaama işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

#### 4.2.4.1. Plaka Delik Çapı Genel Modeli Hassasiyet Analizi

Plaka delik çapı genel modelinde etkili faktörler olarak saptanan, tohumun ortalama anma çapı ( $D_p$ ) ve küresellik ( $\Phi$ ) değerleri, genel model denkleminde tüm tohumlar için ayrı ayrı yerine konarak model denklemden tahminlenen tohuma özgü plaka delik çapları hesaplanmıştır. Çizelge 4.48’de tohumların deneysel verilere dayalı olarak bulunan optimum plaka delik çapları ile genel modelden hesaplanan plaka delik çapları verilmiştir. Çizelge 4.48’deki verilerin birbiriyle uyumunu gösteren hassasiyet analizi grafiği ise Şekil 4.85’de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Deneysel optimum plaka delik çapı ile genel modelden elde edilen tohuma özgü plaka delik çapları

Tohumlar	Deneysel Optimum Plaka Delik Çapı (mm)	Genel Model Denkleminde Elde Edilen Plaka Delik Çapı (mm)
Mısır	3.77	4.92
Nohut	6.81	6.60
Pamuk	3.08	2.35
Ayçiçeği	2.06	2.059
Soya	3.82	4.40
Şeker pancarı	1.70	1.73
Kanola	0.96	0.77
Ø4 mm küre	1.89	2.79
Ø6 mm küre	4.90	4.44
Ø8 mm küre	6.84	6.08
Ø10 mm küre	7.60	7.71



Şekil 4.85. Plaka delik çapı genel modeli hassasiyet analizi

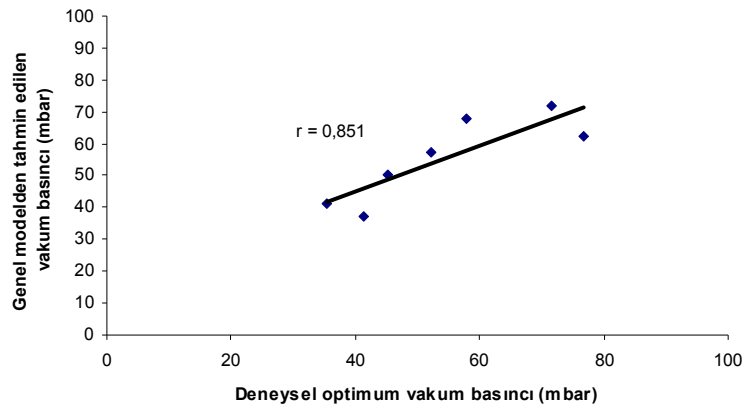
Şekil 4.85'den anlaşılacağı üzere geliştirilen plaka delik çapı genel modelinin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Modellerin belirli bir tahminleme katsayısı sözkonusu olduğundan, bazı tohumlar için yüksek, bazılarında ise daha düşük tahminlemelerde bulunmak doğaldır.

#### 4.2.4.2. Vakum Basıncı Genel Modeli Hassasiyet Analizi

Vakum basıncı genel modelinde etkili faktörler olarak saptanan, tohumun ortalama anma çapı küresellik ( $\Phi$ ) ve kritik hız ( $V_c$ ) değerleri, genel model denkleminde küreler dışındaki tüm tohumlar için ayrı ayrı yerine konarak model denklemden tahminlenen tohuma özgü vakum basıncı değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.49'de tohumların deneysel verilere dayalı olarak bulunan optimum vakum basıncı değerleri ile genel modelden hesaplanan vakum basıncı değerleri verilmiştir. Çizelge 4.49'deki verilerin birbiriyle uyumunu gösteren hassasiyet analizi grafiği ise Şekil 4.86'da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Deneysel optimum vakum basıncı değerleri ile genel modelden elde edilen tohuma özgü vakum basıncı değerleri (küreler hariç)

Tohumlar	Deneysel Optimum Vakum Basıncı (mbar)	Genel Model Denkleminde Elde Edilen Vakum Basıncı (mbar)
Mısır	76.75	62.36
Nohut	52.26	57.33
Pamuk	57.8	67.78
Ayçiçeği	71.68	71.76
Soya	45.25	50.15
Şeker pancarı	35.33	40.99
Kanola	41.22	33.67



Şekil 4.86. Vakum basıncı genel modeli hassasiyet analizi (küreler hariç)

Şekil 4.86'dan anlaşılacağı üzere geliştirilen vakum basıncı genel modelinin, deneysel verileri tahminlemedeki hassasiyeti kabul edilir düzeydedir. Modellerin belirli bir tahminleme katsayısı söz konusu olduğundan, bazı tohumlar için yüksek, bazılarında ise daha düşük tahminlemelerde bulunmanın doğal olduğu bir kez daha vurgulanmalıdır.

#### 4.2.4.3. Genel Modellerden Elde Edilen Koşullarda Gerçekleştirilen Deneme Sonuçları

Delik çapı ve vakum basıncı genel modellerinden her tohum için elde edilen optimum değerler, deneysel olarak tohuma özgü model denklemlerine ayrı ayrı girilmiş ve bu değerlerle söz konusu tohumlarla çalışmada makina performansı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Örneğin, mısır tohumu için genel model denkleminde elde edilen 4.92 mm delik çapı, 62.36 mbar vakum basıncı ve  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızı ( $1 \text{ ms}^{-1}$  ilerleme hızı) değerlerine karşılık gelen 0.92, 0.118 ve -0.5 kodlu değerleri, deneysel verilere dayalı olarak elde edilen mısır tohumuna özgü Eşitlik 22'de yerine konarak 1.353 değeri elde edilmiştir. *Arcsin* dönüşümlü formülasyondan elde edilen bu değere karşılık gelen makina performans değeri ise %95.33'dir.

Plaka çevre hızına ilişkin genel bir model denklemi elde edilemediğinden, genellikle ekim işlemlerinde kullanılan  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızı ( $1 \text{ ms}^{-1}$  sabit ilerleme hızı) değeri seçilerek hesaplamalarda bu değer kullanılmıştır. Çizelge 4.50'de küreler hariç tüm tohumlara ilişkin genel model değerlerine ve seçilen plaka çevre hızı değerine bağlı olarak beklenen makina performansları görülmektedir.

Çizelge 4.50. Genel model sonuçlarına ilişkin tohuma özgü beklenen makina performans değerleri

Tohumlar	Plaka Çevre Hızı ( $\text{ms}^{-1}$ )	Genel Model Denkleminde Elde Edilen Plaka Delik Çapı (mm)	Genel Model Denkleminde Elde Edilen Vakum Basıncı (mbar)	Tohuma Ait Modelden Tahmin Edilen Makina Performansı (%)	Genel Modele Göre Tahminlenen Makina Performansı (%)
Mısır		4.92	62.36	96.34	95.33
Nohut		6.60	57.33	97.69	95.99
Pamuk		2.35	67.78	99.67	91.68
Ayçiçeği	0.1	2.059	71.76	82.77	71.87
Soya		4.40	50.15	93.93	87.19
Şeker pancarı		1.73	40.99	91.26	90.94
Kanola		0.77	33.67	94.31	80.07



Çizelgeden de görüldüğü gibi mısır, nohut ve şeker pancarına ilişkin makina performansları ile genel modelden tahminlenen makina performansları birbirine son derece yakındır. Bunun yanında, genel model denkleminde beklenen bazı performans değerleri (pamuk, ayçiçeği, soya, kanola), tohumların kendi modellerinden elde edilen makina performans değerlerine oranla bir miktar düşüktür. Ancak, hesaplanan değerler, herhangi bir tohumun ekimine ilişkin makina performansının, deneme yapılmaksızın ne olabileceği hakkında genel bir fikir verdiğinden önemlidir. Ayrıca tohumlara ait ayrı ayrı tahmin edilen ekim performansından daha düşük değerler hesaplandığı için de bir bakıma “*garanti edilen en düşük performans*” niteliğindedir.

Diğer taraftan tohumların kendi modellerinden elde edilen optimum noktalarda yapılan yapışkan bant denemelerindeki deneysel performanslarının, tohuma özgü elde edilen model denkleminde beklenen performans değerlerine oranla daha yüksek çıktığı da daha önceki bölümlerde açıklanmıştır.

Bütün bunların ışığında, bir tohumun sadece fiziksel (küresellik, ortalama anma çap) ve aerodinamik (kritik hız) özellikleri belirlendiği takdirde, deneme yapılmaksızın, makina performansı hakkında fikir edinebilme ya da yüksek performansa ulaşılabilecek plaka delik çapı ve vakum basıncı değerinin ne olacağına karar verme önemli bulgular olarak ortaya çıkmaktadır.

Delik çapı ve vakum basıncı genel modellerinden her tohum için elde edilen optimum değerlerin doğrulanması amacıyla makina bir kez daha yapışkan bantta denemeye alınmıştır. Denemeler, model tarafından tahmin edilen plaka çevre hızı ve vakum basıncının, deneysel optimum değerlerinden farklı olan mısır tohumları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Plaka çevre hızına ilişkin genel bir model denklemi elde edilemediğinden, denemeler  $1 \text{ ms}^{-1}$  sabit ilerleme hızında ( $0.1 \text{ ms}^{-1}$  plaka çevre hızı) gerçekleştirilmiştir. Mısır tohumu için genel model denkleminde hesaplanan plaka delik çapı 4.92 mm, vakum basıncı ise 62.36 mbar olmasına karşın denemeler, plaka delik çapı yapım hassasiyeti nedeniyle 5 mm çapındaki plakayla ve 62.4 mbar vakum basıncında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.51’de bu koşullarda gerçekleştirilen yapışkan bant denemesine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi mısır tohumuyla yapılan denemelerde, tek dane ekim kriterleri uyarınca, makinanın tüm tohumları istenilen sıra üzeri tohum aralığında ektiği belirlenmiştir (KETA=%100).

Çizelge 4.51. Genel modellerden elde edilen değerlerle mısır tohumu kullanılarak gerçekleştirilen model doğrulama deneme sonuçları ve sıra üzeri aralık (cm) olarak elde edilen performans değerleri (Plaka çevre hızı:0.1 ms<sup>-1</sup>, Plaka delik çapı 4.8 mm, Vakum basıncı: 62.4 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
11.60	11.12	11.60	10.64	8.56	10.96
14.80	10.40	12.16	11.84	11.44	14.40
11.36	8.88	8.56	13.04	9.84	12.88
8.24	11.92	10.88	9.36	7.92	10.08
9.84	8.96	12.80	9.92	13.60	9.84
9.92	10.72	14.64	10.56	9.60	8.80
11.04	12.24	13.36	9.04	8.64	9.28
11.84	9.20	9.84	13.04	9.20	10.08
8.32	8.40	11.60	8.00	14.56	10.72
12.08	10.32	10.08	9.60	9.68	12.80
8.72	10.08	10.80	9.04	11.28	8.08
11.60	10.24	11.28	10.72	8.48	10.64
9.36	10.00	9.36	10.32	16.08	9.84
10.08	7.76	8.64	11.36	8.48	8.72
12.32	13.20	11.04	10.96	10.88	11.44
12.16	8.24	10.16	9.12	7.52	9.20
9.76	8.16	10.48	10.48	12.00	9.20
10.72	11.20	11.12	12.08	10.32	10.08
11.44	8.96	12.56	6.64	9.84	9.60
8.40	10.96	9.52	11.44	10.72	10.96
9.68	10.48	20.32	13.36	11.92	10.00
9.20	8.80	11.28	7.60	9.44	11.68
10.48	12.08	10.16	9.20	9.84	7.92
10.72	10.24	9.68	8.16	10.56	8.08
11.84	8.56	9.36	11.20	9.60	12.48
8.88	8.88	11.92	12.16	12.08	7.84
12.48	13.84	11.28	8.80	9.60	10.40
10.00	10.40	8.80	12.40	10.16	11.36
9.44	13.36	8.80	13.20	8.16	8.88
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	

#### 4.2.4.4. Kullanılan Tohumların Dışında Denemesi Yapılmayan Farklı Ürünlere İlişkin Sonuçlar

Tohumlara ilişkin genel bir model denklemi elde edilmeye çalışılmasının en önemli amacı, önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, deneme yapılmaksızın farklı tohumlarla çalışmada yüksek performansa ulaşılabilecek plaka delik çapı ve vakum basıncı değerinin ne olacağına karar verilmesidir.

Bu amaçla, denemesi yapılan tohumların dışındaki iki tohumun (börülce ve cin mısır) kritik hız, küresellik ve ortalama anma çap değerleri belirlenerek genel model denklemlerinden (Eşitlik 85 ve Eşitlik 86), plaka delik çapı ve vakum değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler ile adı geçen her iki tohum için, makina yapışkan bantta denemeye alınmıştır. Denemelerde tüm tohumların model doğrulama denemelerinde olduğu gibi ilerleme hızı 1 ms<sup>-1</sup> (0.1 ms<sup>-1</sup> plaka çevre

hızı) seçilmiştir. Şekil 4.87’de model doğrulama için kullanılan börülce ve cin mısır tohumları, Çizelge 4.52’de ise bu tohumlara ilişkin özellikler ile plaka delik çapı ve vakum basıncı değerleri verilmiştir.



Şekil 4.87. Börülce ve cin mısır tohumları

Çizelge 4.52. Model doğrulamada kullanılan tohumlara ilişkin özellikler

Tohumlar	Küresellik (%)	Kritik Hız ( $\text{ms}^{-1}$ )	Ortalama Anma Çap (mm)	Plaka Çevre Hızı ( $\text{ms}^{-1}$ )	Genel Model Denkleminde Elde Edilen Plaka Delik Çapı (mm)	Genel Model Denkleminde Elde Edilen Vakum Basıncı (mbar)
Börülce	75.8	12.2	7.0	0.1	4.12	59.24
Cin mısır	72.2	12.5	6.1	0.1	3.21	63.71

Seçilen her iki tohum da küresellik, kritik hız ve ortalama anma çap değerleri bakımından Çizelge 4.47’de verilen model sınır değerleri içerisinde yer aldığından model doğrulama denemesi için uygun tohumlardır. Sınırların dışında kalan herhangi bir tohum için genel model denklemlerinin geçerliliğini yitirebileceği bir kez daha vurgulanmalıdır.

Börülce ve cin mısır tohumlarının belirlenen şartlarda yapılan yapışkan bant denemelerinde sırasıyla Çizelge 4.53 ve 4.54’de verilen sonuçlar elde edilmiştir. Denemelerde börülce için 4 mm delik çaplı plaka ve 59 mbar vakum basıncı; cin mısır için ise 3.2 mm çaplı plaka ve 64 mbar değerleri kullanılmıştır.

Denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş olup, denemelere ilişkin görüntüler börülce için Şekil 4.88’ de, cin mısır için ise Şekil 4.89’da verilmiştir.

Çizelge 4.53. Genel modellerden elde edilen değerlerle bürülce tohumu kullanılarak gerçekleştirilen model doğrulama denemesi ve sıra üzeri aralık (cm) olarak elde edilen performans değerleri (Plaka çevre hızı:0.1 ms<sup>-1</sup>, Plaka delik çapı 4.0 mm, Vakum basıncı: 59 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
11.20	7.68	9.68	10.64	10.40	10.24
12.24	12.48	9.36	9.28	12.40	10.64
10.40	14.40	9.76	12.48	8.48	11.20
10.32	9.76	11.28	11.44	12.80	10.96
10.88	10.72	12.80	8.48	8.32	9.92
12.80	12.24	11.28	14.16	9.60	9.44
10.00	7.92	10.16	8.72	10.56	10.32
9.60	11.44	12.08	10.80	9.92	9.28
13.68	14.72	8.64	7.12	10.88	11.28
8.32	8.24	10.00	12.96	11.60	12.40
14.32	10.88	12.16	8.08	8.24	10.40
10.00	11.76	9.28	10.80	11.20	10.16
8.72	7.28	12.24	10.80	9.68	9.36
13.84	11.36	13.68	9.12	10.64	10.96
10.24	13.04	9.52	9.28	12.48	11.60
8.40	7.60	12.16	16.08	11.12	10.56
9.20	10.64	9.76	8.72	7.76	11.04
13.04	11.28	14.56	11.36	10.96	11.76
12.88	12.56	11.28	7.84	8.40	9.92
9.04	11.20	10.00	10.24	13.92	12.08
11.20	9.36	9.68	11.44	8.08	7.60
7.44	8.96	12.64	12.72	11.36	12.24
13.28	9.60	8.96	8.32	9.68	12.32
9.36	14.16	8.56	11.84	11.36	10.00
10.00	8.40	12.40	9.76	10.40	9.60
10.80	11.76	10.00	12.00	9.36	9.84
13.44	10.88	9.92	9.52	10.56	9.60
8.16	10.48	12.08	10.64	10.08	13.12
11.52	8.16	9.44	9.04	11.36	9.20
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.88. Bürülce tohumu ile model doğrulama için yapılan yapışkan bant denemesi

Çizelge 4.54. Genel modellerden elde edilen değerlerle cin mısır tohumu kullanılarak gerçekleştirilen model doğrulama denemesi ve sıra üzeri aralık (cm) olarak elde edilen performans değerleri (Plaka çevre hızı:  $0.1 \text{ ms}^{-1}$ , Plaka delik çapı 3.2 mm, Vakum basıncı: 64 mbar)

1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
8.48	10.40	11.12	12.00	10.64	11.60
14.56	9.52	11.28	11.52	8.08	9.28
11.20	9.92	14.40	9.12	13.20	10.96
10.88	10.64	10.88	8.08	15.04	10.88
12.24	8.40	14.00	10.96	11.76	10.96
10.16	13.12	9.20	11.04	11.52	8.88
14.24	11.84	13.20	10.32	8.40	13.68
8.32	10.32	11.60	11.52	13.76	7.92
11.12	14.08	9.52	11.92	9.92	10.40
12.16	10.32	12.00	7.44	13.84	12.40
14.08	9.52	13.68	11.12	6.56	10.96
8.40	12.40	8.40	8.64	11.84	8.72
10.32	8.64	11.20	12.08	9.92	12.40
13.52	11.36	14.40	10.32	14.08	9.04
8.24	8.48	8.00	8.08	8.88	11.44
13.12	13.52	11.44	9.52	12.40	9.60
8.56	10.00	15.04	13.84	11.44	10.32
11.12	12.80	11.20	7.44	8.24	10.48
10.88	12.24	9.04	11.44	13.12	12.72
9.52	9.44	9.92	10.80	10.16	10.08
12.88	11.28	11.92	12.56	12.24	11.52
11.52	8.40	7.76	9.04	10.64	7.36
10.72	10.72	9.60	10.48	7.36	10.96
13.04	9.52	10.24	7.68	9.92	10.56
7.60	15.44	10.40	11.36	10.96	9.60
17.28	9.20	12.00	11.76	12.80	12.40
9.68	9.68	11.20	7.92	12.72	8.32
11.52	12.00	7.84	10.00	8.16	11.60
11.28	10.24	12.00	10.48	11.76	10.80
<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>		<b>Performans: %100</b>	



Şekil 4.89. Cin mısır tohumu ile model doğrulama için yapılan yapışkan bant denemesi

#### 4.2.5. Küresel Materyallere Özgü Genel Model Denklemleri

Detaylı yapılan analizler sonucunda küresel materyallerin vakum basıncına ilişkin önemli bir katkısı olmadığı göz önünde tutularak, genel vakum basıncı modeli küresel materyaller olmaksızın elde edilmiştir. Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere, kürenin deliği tam olarak kapatmasından dolayı, kürenin delikte yakalandığı minimum vakum basıncı değerinin, ekim işlemi için yeterli olacağı saptanmıştır. Buradan yola çıkılarak küresel materyaller için diğer tohumlardan ayrı, kürelere özgü genel model denklemleri elde edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Küresel materyallere özgü genel model denklemlerinin eldesine yönelik olarak yapılan analizler, Çizelge 4.46’da verilen değerlerden sadece küresel materyallere ilişkin olanlar alınarak gerçekleştirilmiştir.

##### 4.2.5.1. Plaka Çevre Hızı Küresel Materyal Genel Modeli

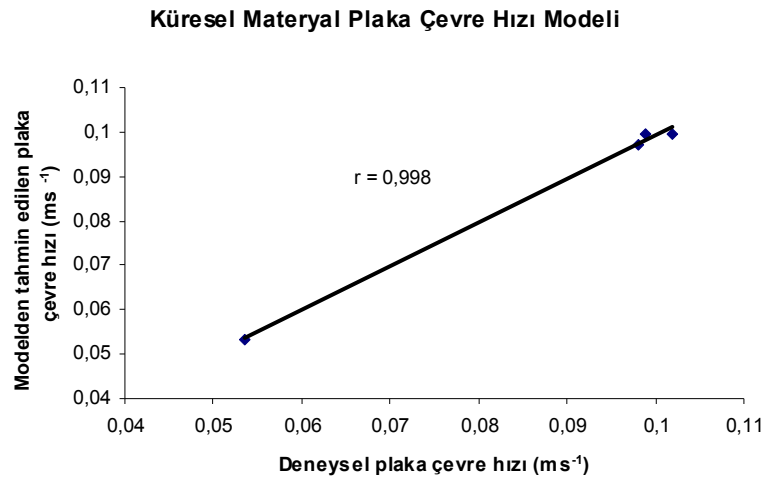
Deneysel verilere dayalı olarak elde edilen, 4 farklı çaptaki küreye özgü plaka çevre hızlarının, kürelerin fiziksel (bin dane ağırlığı, yüzey izdüşüm alanı ve ortalama anma çapı) ve aerodinamik (kritik hız) özellikleriyle yapılan stepwise regresyon analizi sonucunda, %85 önem seviyesinde  $R^2=0.9972$  olan ve istatistiksel olarak yüksek öneme sahip, Eşitlik 87’ de verilen **“Plaka Çevre Hızı Küresel Materyal Genel Modeli”** elde edilmiştir. Modele ilişkin analiz sonuçları Ek-5’de verilmiştir.

$$y_{kçh} = - 0.15753 + 0.0205 * V_c - 0.00007 * m_{1000} \dots\dots\dots 87.$$

Model denkleminde görüldüğü gibi plaka çevre hızı üzerinde kürenin kritik hızı ( $V_c$ ) ve bin dane ağırlığı ( $m_{1000}$ ) etkili faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle, sistemin yaklaşık %89’unu tek başına açıklayan tohumun kritik hızı ve %10’unu açıklayan bin dane ağırlığı değerleri, herhangi bir kürenin pnömomatik ekimi için, makinanın ilerleme hızına bağlı plaka çevre hızı değerini tahminlemede yeterli olan parametrelerdir. Çizelge 4.55’de kürelerin deneysel verilere dayalı olarak bulunan plaka çevre hızı optimum değerleri ile küresel materyal genel modelinden hesaplanan değerleri, Şekil 4.90’da ise bu değerlerin birbiriyle uyumunu gösteren hassasiyet analizi grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.55. Deneysel optimum plaka çevre hızı değerleri ile küresel materyal genel modelinden elde edilen değerler

Küreler	Deneysel Optimum Plaka Çevre Hızı (ms <sup>-1</sup> )	Küresel Materyal Genel Model Denkleminde Elde Edilen Plaka Çevre Hızı (ms <sup>-1</sup> )
Ø4 mm küre	0.0540	0.0535
Ø6 mm küre	0.0897	0.0996
Ø8 mm küre	0.0917	0.0995
Ø10 mm küre	0.0979	0.0972



Şekil 4.90. Küresel materyal plaka çevre hızı genel modeli hassasiyet analizi

#### 4.2.5.2. Plaka Delik Çapı Küresel Materyal Genel Modeli

Deneysel verilere dayalı olarak elde edilen, 4 farklı çaptaki küreye özgü plaka delik çaplarının, kürelerin fiziksel (bin dane ağırlığı, yüzey izdüşüm alanı ve ortalama anma çapı) ve aerodinamik (kritik hız) özellikleriyle yapılan stepwise regresyon analizi sonucunda, %85 önem seviyesinde  $R^2=0.9601$  olan ve istatistiksel olarak yüksek öneme sahip, Eşitlik 88’ de verilen **“Plaka Delik Çapı Küresel Materyal Genel Modeli”** elde edilmiştir. Modele ilişkin analiz sonuçları Ek-5’de verilmiştir.

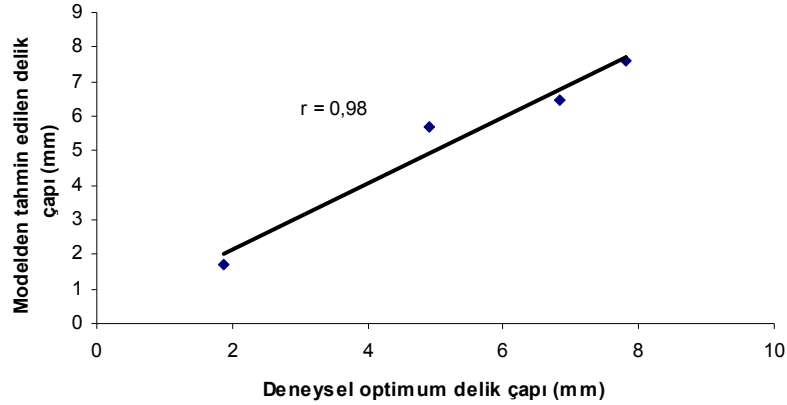
$$y_{kdç} = - 14.83 + 1.59 * V_c \dots\dots\dots 88.$$

Model denkleminde görüldüğü gibi plaka delik çapı üzerinde sadece kürenin kritik hızı ( $V_c$ ) etkili faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle,

sistemin neredeyse tamamını tek başına açıklayan tohumun kritik hız değeri, herhangi bir kürenin pnömatik ekimi için, makinada kullanılacak plaka delik çapı değerini tahminlemede yeterli olan parametredir. Çizelge 4.56’da kürelerin deneysel verilere dayalı olarak bulunan plaka delik çapı optimum değerleri ile küresel materyal genel modelinden hesaplanan değerleri, Şekil 4.91’de ise bu değerlerin birbiriyle uyumunu gösteren hassasiyet analizi grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.56. Deneysel optimum plaka delik çapı değerleri ile küresel materyal genel modelinden elde edilen değerler

Küreler	Deneysel Optimum Plaka Delik Çapı (mm)	Küresel Materyal Genel Model Denkleminde Elde Edilen Plaka Delik Çapı (mm)
Ø4 mm küre	1.89	1.71
Ø6 mm küre	4.90	5.68
Ø8 mm küre	6.84	6.48
Ø10 mm küre	7.60	7.59



Şekil 4.91. Küresel materyal plaka delik çapı genel modeli hassasiyet analizi

#### 4.2.5.3. Vakum Basıncı Küresel Materyal Genel Modeli

Vakum basıncı için yapılan stepwise regresyon analizi sonucunda, küresel materyallerin, ele alınan fiziksel ve aerodinamik özelliklerine ilişkin, istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir modele ulaşılamamıştır.



## 5. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ekim makinalarının agroteknik beklentilere tam uyum sağlayacak bir performansla çalışması hedeflenirken *makinadan*, *tohumdan* ve *çalışma koşullarından* kaynaklanan, olumlu veya olumsuz etki yapan faktörlerin tanımlanması, analizi ve optimizasyonu önem kazanmaktadır. Tüm parametrelerin sistematik bir biçimde faktöriyel olarak incelenmesi durumunda çok sayıda laboratuvar denemesi yapılmasını ve elde edilen sonuçların tarlada sınanmasını gerektirir. Böyle bir yaklaşım rasyonel olmayacağı gibi, bugüne kadar yapılmış pek çok araştırmanın da değerlendirilmemesi anlamına gelir.

Makinadan kaynaklanan sorunların giderilmesinde; depo, tohum iletimi, tohum borusu, ekici organ, çizi açma/kapatma ve bastırma ünitesi ardışık sisteminde tasarımdan malzeme seçimine, genel konstrüksiyondan imalat yöntemlerine, tahrik düzeninden ağırlığa kadar göz önünde tutulması gereken etmenlerle uğraşmak zorunludur.

Tohumdan kaynaklanan sorunların çözümünde; başta değişik geometrik şekilleri olmak üzere, biyolojik materyalin fiziksel özelliklerini tanımlarken, bunların değişkenliklerini, zedelenme tehlikesini, sorun yaratan özelliklerinin giderilmesini düşünmekte yarar bulunmaktadır.

Çalışma koşullarından kaynaklanan sorunların çözümünde; düz arazi, meyil yukarı, meyil aşağı, meyile paralel konum farklılıklarının etkisini, ilerleme hızını, tohum yatağının fiziksel durumunu ekim makinası+traktör sisteminin dinamiğini değerlendirmek gerekecektir.

Bütüncül bir yaklaşımla tüm bu faktörlerin tartışılması, “*Ekim İşleminin Etkinleştirilmesi*” konusunda çok geniş bir bilgi tabanı oluşturur. Araştırmacının görevi bu veri zenginliği arasından, henüz çözümlenmemiş noktaları seçmek, bunların *teorik*, *pratik* ve *ekonomik* önceliklerini belirleyerek gerçekçi çalışma programları yapmaktır. Bu açıdan bakıldığında “*Vakumlu Tek Dane Ekimde Optimizasyon ve Makina Performansının Matematiksel Modellemesi*” ne ilişkin ciddi teori eksiklikleriyle karşılaşmaktadır.

Tek dane ekim makinalarından beklenen en önemli özellik, farklı çeşit tohumların aynı makina ile düzgün bir şekilde, toprağa kolayca ekilebilmesidir. Farklı büyüklükte ve özellikteki tohumlarla çalışmada, ekim kalitesi yönünden

tohumlar arasındaki ilişkinin saptanması, aralarındaki farklılıkların ortaya konarak ortak bir paydaya getirilmesi ile mümkündür.

Bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılmaya başlanan ve daha uzun yıllar makina parklarında önemli bir yeri olacağı açıkça görülen “*Vakumlu Tek Dane Ekim Makinası*” imalatında ve çeşitli tohumların ekimine kolayca adaptasyonunda, makina performansını düşüren sorunlar bulunmaktadır. Bunların başında ilerleme hızına bağlı plaka çevre hızı, plaka delik çapı ve vakum basıncı gibi bağımsız değişkenlerin tek tek ve ortaklaşa etkilerinin bilinmemesi gelmekte, bağımlı değişken olan makina performansının tohum çeşidi ve özelliklerine göre genel bir matematik modelle tanımlanamaması yatmaktadır.

Pratik ve uygulama tekniği açısından ise, aynı makinanın her tohumun ekiminde kullanılabilmesi, makina performansını arttıracak ayarlamaların uzmanlık gerektirmeksizin kolayca yapılabilmesi önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, yukarıda değinilen bağımsız değişkenlerin teorik olarak tanımlanmaları, pratik olarak sınanmaları ve uygulamada kontrol edilebilmeleri gerekmektedir.

Teori ve pratikteki eksik noktaların giderilmesi; daha yüksek ilerleme hızı, daha etkin işlev gören organların geliştirilmesi, koşullara ve isteklere uygun çalışma rejiminin gerçekleştirilmesini sağlayacağından doğrudan ve dolaylı ekonomik avantajlar getirecektir.

Ekonomik avantajların çok önemli bir başka boyutu da “*Araştırma Materyali*” ne dönük zaman, emek ve materyal tasarrufudur. Yapılan bu çalışma bu bağlamda da öneri getirmekte, sınamakta ve yaklaşımın doğruluğunu desteklemektedir. Her birinin 5 seviyesi olan 3 bağımsız değişkenle yapılacak 3 tekerrürlü tam faktöriyel bir çalışmada 375 deneme yürütmek gerekirken, *Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM)* kullanılan ve *Central Composite Dizayn (CCD)* deneme deseninden yararlanılan bu çalışmada, yürütülen 60 deneme ile üst düzey doğruluk ve hassasiyete sahip sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada, sistem; her ürün için ayrı ayrı polinomial formda ifade edilerek ürünün en yüksek makina performansını sağlayıcı kendine özgü optimum sonuçları saptanmıştır. Doktora tezi, bu optimum sonuçlardan elde edilen genel model denklemleriyle, deneme yapılmaksızın herhangi bir tohumla çalışmada, yüksek makina performansına ulaşılabilecek plaka delik çapı ve vakum basıncı

değerinin ne olacağına karar verilmesi gibi uygulamaya aktarılacak sonuçları da içermektedir. Bu yeni yaklaşımla, gerek imalatçı gerekse çiftçi açısından uygulamadaki bu sorunların çözümüne katkı sağlayıcı değerli bilgiler elde edilmiştir.

Bitkisel üretimin en önemli aşamalarından biri olan ekim işleminde amaç; ekimin, uygulanabilecek en yüksek ilerleme hızında ve en yüksek kalitede yapılabilmesidir. İş başarısının artması anlamına gelen bu yaklaşımda, ilerleme hızından doğan ve ekim kalitesinde sınırlayıcı rol oynayan plaka çevre hızının olumsuz etkisinin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak geliştirilecek konstrüktif çözümler büyük önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda plakadaki mevcut delik sayısının artırılması gerçekçi çözümlerden biridir. Ancak plaka çapının ve plaka üzerinde açılan deliğin çapının büyüklüğü bu hususta sınırlayıcı durumundadır.

Alternatif konstrüktif çözümlerden biri de tek disk yerine, karşılıklı çalışan ikiz (çift) disk kullanılması olarak önerilebilir. İkiz disk kullanımında diskler birbiriyle senkronize biçimde çalışacağından disklerdeki toplam delik sayısının tek diske göre iki kat fazla olması nedeniyle iki kat yüksek ilerleme hızıyla çalışmaya olanak tanıyacaktır. Araştırmacı ve üretici firmalarla birlikte yürütülecek çalışmalarla bu konuda makina performansını arttıracak önemli gelişmeler sağlanabilir.

Küresel materyaller için vakum basıncının makina performansı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptandığından, küresel materyaller kullanılarak yapılacak yeni çalışmalarda, bu parametreden kurtularak plaka çevre hızının, dolayısıyla da ilerleme hızının arttırılabilmesi sağlanabileceği gibi, sisteme etkisi olan diğer parametrelerin de incelenebilmesine olanak sağlanabilecektir. Bu husus, özellikle geometrik şekilleri nedeniyle pnömatik tek dane ekimi yapılamayan tohumların küresel biçimde kaplanmasının da tekrar gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

**KAYNAKLAR DİZİNİ**

1. **Adaşoğlu, N.**, 1994, Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi, F.B.E. Kimya Müh. A.B.D. Temel İşlemler ve Termodinamik B.D. İstanbul,134 s.
2. **Anonim**, 1999, Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metodları, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
3. **Barut, B.Z.; Özmerzi. A.**, 1999, Tek Tane Pamuk Ekiminde Kullanılan Düşey Tohum Plakalarında Tohum Yakalanma Oranının İyileştirilmesi, Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.
4. **Box, G.E.P; N. Draper**, 1987, Empirical Model-Building and Response Surfaces, John Wiley & Sons, New York, 669 p.
5. **Capanzana, M.V. ; Buckle, K.A.**, 1997, Optimisation of Germination Conditions by Response Surface Methodology of a High amylose rice cultivar. Lebensm.-Wiss. u.-Technol, 30:155-163
6. **Diniz, F.M; Martin, A.M.**, 1996, Use of Response Surface Methodology to Describe The Combined Effects of pH, Temperature and E/S Ratio on the Hydrolysis of Dogfish (squalus aconthias) Muscle, International J. Of Food Sci. And Tech., 31:419-426.
7. **Engineering Statistics Handbook**, “Response Surface Designs”, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri336.htm> (Erişim tarihi: 15 Ocak 2010)
8. **Ertuğrul, Ö., Önal, İ.**, 2009, Kanola Tohumu Ekim Yöntemlerinin Matematik-İstatistik Esasları ve Ekim Uygulamaları, Tarımsal Mekanizasyon 25. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s:187-196.
9. **Eser, B., İlbi, H., Abay, C., Kavak, S.**, 2005, Tohum Kalitesi Açısından Tohum Gücünün (Vigor) Önemi ve Türkiye'deki Uygulamalar, Türkiye II. Tohumculuk Kongresi Bildiriler ve Posterler Kitabı, s:67-72.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

10. **Geier, J. E. and Hood, M.**, 1989, The Effect on Cutting Toll Forces or Pre-Weaking a Rock Surface by WaterjetKerfing. J. of Engineering for Industry 1-6 p.
11. **Harper, J.M.; Wanninger, L.A.**, 1970, Process Modeling & Optimization, 2. Modeling, Food Technology 266-268p.
12. **Kachman, S.D.; Smith, J.A.**, 1995, Alternative Measures of Accuracy in Plant Spacing for Planters Using Single Seed Metering, Transactions of the ASAE, 379-387p.
13. **Karayel, D.; Barut, Z.B.; Özmerzi, A.**, 2004, Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder, Biosystem Engineering.
14. **Kavak, S., Eser, B.**, 2005, Tohumların Film Kaplanması Kullanılan Bazı Polimerlerin Çimlenme ve Çıkış Üzerine Olan Olumsuz Etkisinin Ortadan Kaldırılması Üzerine Araştırmalar, Türkiye II. Tohumculuk Kongresi Bildiriler ve Posterler Kitabı, s:76-81.
15. **KWS Türk Tarım Tic. A.Ş.**, “Şeker Pancarı Tohumu Üretim Teknolojisi” [http://www.kwsturk.com.tr/aw/KWS/turkey/\\_eker\\_Pancar/\\_eker\\_Pancar\\_Tohum\\_Uretimi/Copy\\_of\\_Saatgutaufbereitung/~ckyf/KWS-\\_eker\\_Pancar\\_Kaplanm/](http://www.kwsturk.com.tr/aw/KWS/turkey/_eker_Pancar/_eker_Pancar_Tohum_Uretimi/Copy_of_Saatgutaufbereitung/~ckyf/KWS-_eker_Pancar_Kaplanm/) (Erişim tarihi: 19 Aralık 2009)
16. **Madamba, P.S.; Bekki, E.**, 2001, Optimization of the Vacuum Dehydration of Carrot (Daucus Carota L.) Strips, ASAE Annual International Meeting.
17. **Moody, F.H.; Hancock, J.H.; Wilkerson, J.B.**, 2003, Evaluating Planter Performance-Cotton Seed Placement Accuracy, American Society of Agricultural Engineering (ASAE) Paper, 031146, 13 p.
18. **Önal, İ.** 1975. Bir Pnömatik Hassas Ekim Makinası ile Mısır Tohumunun Ekim Olanakları Üzerinde Bir Araştırma. T.B.T.A.K V. Bilim Kongresi.
19. **Önal, İ.**, 1983, Yuvaya Ekim Tekniği Üzerinde Bir Araştırma, Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Yayın No:28, İzmir.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

20. **Önal, İ.**, 1987, Vakum Prensibiyle Çalışan Bir Pnömatik Hassas Ekici Düzenin Ayçiçeği. Mısır ve Pamuk Tohumu Ekim Başarısı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 2.
21. **Önal, İ.**, 1995, Ekim-Bakım-Gübreleme Makinaları, E.Ü.Z.F. Ders Kitabı, Yayın No:490, İzmir.
22. **Önal, O., Önal, İ.**, 2009, Development of a Computerized Measurement System for in-Row Seed Spacing Accuracy, TÜBİTAK Turk J Agric For 33 (2009) 99-109.
23. **Panetton, B.; Phillion, H.; Dutilleul, P.; Theriault, R.; Khelifi, M.**, 1999, Full Factorial Design Versus Central Composite Design: Statistical Comparison and Implications for Spray Droplet Deposition Experiments, American Society of Agricultural Engineers.
24. **Rezzoug, S.A., Boutekedjiret, C., Allaf, K.**, 2005, Optimization of Operating Conditions of Rosemary Essential Oil Extraction by a Fast Controlled Pressure Drop Process Using Response Surface Methodology, Journal of Food Engineering, 71 (2005) 9-17.
25. **Shieh, C.; Koehler, P.E.; Akoh, C.C.**, 1996, Optimisation of Sucrose Polyester Synthesis Using Response Surface Methodology., J. Food Sci., Vol 61(1):97-100
26. **Singh, R.C., Singh, G., Saraswat, D.C.**, (2005), Optimizing of Design and Operational Parameters of Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds, Biosystem Engineering, 92 (4), 429-438.
27. **Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK)**, “Tarımsal Alet ve Makina Sayısı” [http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb\\_id=49&ust\\_id=13](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=49&ust_id=13) (Erişim tarihi: 2 Ocak 2010)
28. **Ulusoy, E.**, 2001, İki Bin’li Yıllarda Tarımsal Üretimde Değişen Koşul ve Kavramlar Karşısında Tarım Tekniğinin Görevleri, Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, Şanlıurfa.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

29. **Ulusoy, E.**, 2003, Pamuk Tarımında Kullanılan Makinalar ve Alternatif Yöntemler, Pamukta Eğitim Semineri, 37-47, İzmir.
30. **Underwood, W. M.**, 1962, Experimental Method for design Extrusion Screws, Chemical Engineering Process, 59-65 p.
31. **Ünlü, Z. N.**, 1999, Adaçayının Süperkritik CO<sub>2</sub> ile Ekstraksiyonu Üzerinde Araştırmalar, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
32. **Wang, L.**, 1993, Performance Testing of an Onion Peeling Machine Using Response Surface Methodology, Msi Thesis, Michigan State University.
33. **Xiang, W.; Luo, X.; Wang, Y.; Tang, C.**, 2002, Experimental Research on Pneumatic Precise Sowing Technology of Hybrit Rice, an ASAE Meeting Presentation, USA.
34. **Yazgı, A.** 2004. Hava Emişli Tek Dane Ekim Makinası Örneğinde Ekim Performansının Tepki Yüzeyleri Metodolojisi Kullanılarak Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.