



Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Bitki Koruma Bölümü

Bitki Korumada Deneme Teknikleri

Doç. Dr. Ümit ÖZYILMAZ

Bitki korumada “deneme” veya “test”, belirli bir hipotezi sınamak, bir uygulamanın etkisini ölçmek ya da farklı faktörlerin bitki sağlığı üzerindeki etkilerini nesnel olarak değerlendirmek amacıyla planlı ve kontrollü biçimde yapılan bilimsel çalışmadır. Denemeler, genellikle tarla, sera ya da laboratuvar koşullarında yürütülür ve araştırma konusu olan faktörler (örneğin farklı ilaç dozları, biyolojik ajanlar, sıcaklık veya nem düzeyleri) dikkatle belirlenir. Gözlem yapmak deneme değildir. Bir şeyi gözleyerek sonuç çıkarmak bilimsel bir yaklaşım değildir. Denemelerde her bir uygulama (karakter) “muamele” olarak adlandırılır ve sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için denemede birden fazla tekrür kullanılır. Böylece, gözlenen etkilerin tesadüfi değil, gerçekten uygulamalardan kaynaklandığı güvenilir biçimde ortaya konur. Aynı deneme / test farklı bir zamanda yeniden yapıldığında aynı sonuçların alınması beklenir. Bu denemenin veya testin farklı zamanda yenilenmesine ise tekrar adı verilir. Denemelerde “kontrol grubu” temel karşılaştırma birimi olarak kullanılır; örneğin bir fungusit denemesinde ilaçlanmamış parseller kontrolü temsil eder. Testin amacı yalnızca farkı gözlemek değil, aynı zamanda bu farkın anlamlı olup olmadığını belirlemektir. Bu nedenle, bitki koruma denemeleri genellikle uygun bir deneme desenine (tesadüf parselleri, tesadüf blokları, faktöriyel düzen, bölünmüş parseller vb.) göre kurulum istatistiksel analizlerle değerlendirilir.

Örneğin tarlada yapılan bir ilaç denemesi düşünelim, bir bitki hastalığına karşı kullanılan farklı ilaçların etkinliğini karşılaştırmak amacıyla yürütülen sistematik bir çalışmadır. Örneğin, biber bitkilerinde görülen yaprak leke hastalığına karşı bir fungusit denemesi yapılacaksa, önce hastalığın bulunduğu homojen bir alan seçilir. Bitkiler gelişme dönemi ve büyüklük bakımından birbirine yakın olmalıdır. Deneme alanı, her biri eşit sayıda bitki içeren küçük parseller halinde düzenlenir. Parsellere uygulanacak ilaçlar önceden belirlenir; bir parsel ilaçsız kontrol olarak bırakılırken, diğer parsellerde farklı ilaçlar veya aynı ilacın farklı dozları uygulanır. Her uygulama en az üç kez tekrarlanır. Böylece sonuçların istatistiksel olarak güvenilir olması sağlanır. İlaçlar genellikle etiket dozuna uygun olarak hazırlanır ve sırt pülverizatörüyle yaprakların tamamını kaplayacak şekilde püskürtülür. Uygulamalardan sonra belirli aralıklarla hastalık şiddeti değerlendirilir; örneğin her parseldeki 10 bitkiden yaprak örnekleri alınarak leke alanı yüzdesi hesaplanır. Elde edilen veriler daha sonra analiz edilerek, ilaçların hastalık kontrolünde gösterdiği başarı istatistiksel olarak karşılaştırılır. Böylece, hangi ilacın daha etkili olduğu, hangi dozun yeterli olduğu ve uygulamaların bitki gelişimine veya fitotoksiteye etkileri belirlenir. Ancak tarlada yapılan bu denemeyi gerçekleştirebilmek için bazı ön koşulların elde edilmiş olması gerekir. Çoğunlukla tarlada böyle bir deneme kurmadan bunu yansıtacak bir şekilde kontrollü koşullarda (ör. iklim odasında) denemeler kurulur.

İklim odası, bitki büyümesi ve patojen gelişimi gibi biyolojik süreçlerin kontrollü koşullar altında incelenmesini sağlayan, sıcaklık, nem, ışık ve fotoperiyot gibi çevresel faktörlerin hassas biçimde ayarlanabildiği özel araştırma ortamıdır. Bu odalarda sıcaklık genellikle 4 °C ile 40 °C arasında ± 0.5 °C hassasiyetle kontrol edilir; gece ve gündüz sıcaklıkları farklı ayarlanabilir. Bağıl nem çoğunlukla %40-95 aralığında sabitlenir ve nemlendirme-kurutma sistemleriyle dengede tutulur. Işık sistemi LED veya floresan lambalarla sağlanır, ışık şiddeti genellikle 150-400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ düzeyindedir ve fotoperiyot süresi (örneğin 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık) otomatik zamanlayıcılarla yönetilir. Hava sirkülasyonu homojen ısı ve nem dağılımı için fanlarla sağlanır. Odanın içi genellikle paslanmaz çelik raf sistemleriyle düzenlenir. Bu özellikler sayesinde iklim odaları, tarla koşullarında değişken olan çevresel etmenlerin etkisini ortadan kaldırarak ilaç etkinliği, hastalık gelişimi,

çimlenme veya bitki-mikroorganizma etkileşimleri gibi konuların tekrarlanabilir, güvenilir ve karşılaştırılabilir şekilde incelenmesine olanak sağlar.

Saksı koşullarında iklim odasında yapılacak basit bir ilaç denemesi, değişkenleri sıkı biçimde kontrol etmeye imkan verdiği için ilacın gerçek biyolojik etkisini net gösterir: Önce aynı yaş ve büyüklükte, sağlıklı fideler seçilir ve 2-3 L'lik drenaj delikli saksılara steril toprak:torf:kum (1:1:1) karışımıyla şaşırtılır; her saksıya eşit sayıda bitki (ör. 3 fide) dikilir. Deneme tamamen rastgele düzen ile kurulur; muameleler “kontrol (ilaçsız)”, “İlaç A etiket dozu”, “İlaç A yarım doz”, “İlaç B etiket dozu” gibi belirlenir ve her muamele en az 3 tekerrür (saksı) içerir; kenar etkisini önlemek için saksı yerleşimi rastgele yapılır ve haftada bir rotasyonla yerler değiştirilir. İklim odası koşulları sabitlenir: 25 °C gün / 20 °C gece, %65-75 bağıl nem, 16 saat aydınlık-8 saat karanlık fotoperiyot ve 250-300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotosentetik ışık şiddeti; sulama tüm saksılarda aynı hacimde ve aynı günlerde yapılır, besleme standardize edilmiş azaltılmış doz gübre çözeltileriyle haftada bir verilir. Hastalık etmeni kullanılacaksa, inokulum yoğunluğu (ör. 10^5 konidi mL^{-1}) standartlaştırılır, eşit hacimde (ör. 10 mL/saksı) yapraktan ince sis püskürtme ile uygulanır. İlaç uygulaması etiket talimatına göre hazırlanır ve el pülverizatörüyle yaprak yüzeyi akıntı başlayana dek kaplanır; kontrol saksılarına yalnızca taşıyıcı (su) verilir. Değerlendirmeler inokulasyondan sonra 3-4 günde bir yapılır: her saksıdaki tüm bitkilerde hastalık şiddeti yüzde leke alanı veya 0-5 skalasıyla skorlanır; ayrıca fitotoksisite (sararma, yanık, cüceleşme), bitki boyu, yaprak sayısı ve yaş/ kuru ağırlık ölçülür. Tüm veriler tekerrür ortalaması üzerinden değerlendirilir.

Buna benzer olarak denemeler laboratuvarda petri kaplarında da yürütülebilir. Temel olarak yaklaşım aynıdır. Genel anlamda çalışmalar laboratuvar > saksı denemeleri > tarla denemeleri şeklinde yürütülen bir silsile ile ilerler. Bu durumda yavaş yavaş tam kontrollü koşullardan tarla gibi kontrol edilemeyen (hava koşulları, çevre, ekosistem) koşullara doğru bir geçiş ile doğrulanmaya çalışılan hipotez istatistiksel olarak ispatlanmaya çalışılır. Laboratuvarında kontrollü koşullarda yürütülen ve içinde henüz bitkilerin yer almadığı, petrielerde, test tüplerinde yapılan denemelere / testlere *in-vitro* testler adı verilmektedir. Testler genel olarak *in-vitro* çalışmalar ile başlamaktadır. Eğer iklim odası, sera ve tarla gibi bitkilerin de devreye katıldığı denemeler yapılıyorsa bunlara da *in-vivo* testler adı verilmektedir. Bazı

araştırmacılar laboratuvarında tüpler / petriler içindeki koparılmış bitki parçaları / dokuları ile yaptıkları denemeler yarı *in-vivo* demektedir.

Tekerrür içindeki varyasyonlar (farklılıklar), aynı uygulamaya tabi tutulan deneme birimleri arasında gözlenen doğal farklılıklardır. Yani bir ilacın, dozun veya muamelenin tamamen aynı şekilde uygulanmasına rağmen, her tekerrürde elde edilen sonuçların birbirinden biraz farklı çıkması durumudur. Bu farklar genellikle kontrol edilemeyen küçük çevresel etkilerden veya biyolojik farklılıklardan kaynaklanır. Örneğin, saksı denemesinde aynı koşullarda yetiştirilen bitkiler arasında bile tohum canlılığı, kök gelişimi, su alma kapasitesi veya mikroklimadaki küçük sıcaklık-nem değişimleri nedeniyle farklar oluşabilir. Aynı şekilde, ilaç uygulamasında püskürtme homojenliği veya ışık alanı farkı da bu varyasyonlara katkı yapar. Tekerrür içindeki varyasyon, bilimsel denemelerde çok önemlidir, çünkü bu varyasyon ne kadar düşük olursa, uygulamalar arasındaki farkı o kadar güvenilir şekilde gözlemek mümkün olur. İstatistiksel analizde “hata varyansı” olarak tanımlanan bu değişkenlik, denemenin duyarlılığını doğrudan etkiler. Eğer tekerrür içi varyasyon çok yüksekse, gerçek farklar istatistiksel olarak anlamlı çıkmayabilir. Bu nedenle, deneme tasarımında birimlerin olabildiğince homojen seçilmesi, çevre koşullarının eşitlenmesi ve uygulamaların standartlaştırılması büyük önem taşır. Kısacası, tekerrür içindeki varyasyonlar doğanın kaçınılmaz bir parçasıdır; ancak doğru planlama ve özenli yürütümle bu varyasyon en aza indirilebilir ve güvenilir sonuçlar elde edilir.

Örneğin tarlada kurulan bir denemede, uygulamaların başarılı olup olmadığını anlamak için, tarladaki tüm böcekler ya da tarladaki tüm hastalanmış bitkiler mi sayılmalıdır? Cevabı tabi ki hayır. Burada iki terim bilinmesi gerekmektedir, popülasyon ve örnek. Popülasyon, aynı türden bireylerin belirli bir zamanda belirli bir alanda oluşturduğu topluluk anlamına gelir. Bu bireyler, birbiriyle çiftleşebilir, genetik olarak benzer özellikler taşır, aynı çevresel koşullara maruz kalır. Örnek ise, bir popülasyondan seçilen daha küçük grup demektir. Bu küçük grup, popülasyonun özelliklerini temsil etmesi için seçilir. Yani, Popülasyon: İncelemek istediğimiz tüm birey, olay veya nesnelerin tamamı, Örnek: Bu popülasyondan rastgele seçilen bir kısımdır. Bu rastgele seçimin nasıl seçileceği ilerleyen konularda anlatılacaktır. Örnek: Bir şehirde 10,000 çiftçi yaşıyorsa, bu 10,000 kişi popülasyon, bu kişilerden rastgele seçilen 200 kişi ise örnektir. Bu çiftçilerle anket yapılmak istenirse hepsi ile değil örnek

ile anket yapılmaktadır. Bu nedenle seçilen örnek grubunun popülasyonu temsil etmesi gerekmektedir.

Bu denemelerin kurulmasında dikkat edilirse bazı unsurların bilinmesi gerekmektedir. Denemeler sırasında ya da sonunda hangi veriler alınır ve nasıl analiz edilir. Veri nedir, nasıl değerlendirilir. Neler veridir? Nasıl ölçülür? Bu gibi konuların netleştirilmesi gerekmektedir.

Veri

Bir olgu, olay, nesne ya da süreç hakkında gözlem, ölçüm veya kayıtlardan elde edilen ham bilgilerdir. Bilimsel araştırmalarda veri, yorumlanmamış gerçekleri ifade eder; yani henüz analiz edilmemiş, ancak bilgiye dönüşmeye hazır durumdadır. Örneğin, bir denemede ölçülen bitki boyu, hastalık şiddeti ya da yaprak sayısı gibi değerler hep birer veridir. Bitkilerin gelişim sürecinde çekilen fotoğraflar, mikroskop görüntüleri, gözlem notları, hatta “var/yok” biçimindeki nitel kayıtlar bile veri olarak kabul edilir. Sayısal olmayan veriler, tanımlayıcı özellik taşıyan verilerdir. Örneğin, bitki rengi (yeşil, sarı, mor) ya da hastalık varlığı (var/yok) gibi veriler bu gruba girer. **Nominal (sınıflandırılmış):** Sıra veya büyüklük ilişkisi olmayan veriler (ör. çeşit adı, cinsiyet, il adı). **Ordinal (sıralı):** Belli bir düzene veya hiyerarşiye sahip veriler (ör. hastalık şiddet skalası: 0 = yok, 1 = az, 2 = orta, 3 = şiddetli). Sayılabilir verilere baktığımızda ise; ölçülebilen ve sayısal olarak ifade edilebilen verilerdir. Örneğin, bitki boyu (cm), yaprak sayısı, verim (g), sıcaklık (°C), ilaç dozu (mL/L) gibi değerlerdir. **Sürekli (Continuous):** Aralık içindeki her değeri alabilen veriler (ör. 24.5 cm, 25.1 cm). **Kesikli (Discrete):** Tam sayılarla ifade edilen veriler (ör., 8 yaprak, 12 meyve). Sonuç olarak, veri bir araştırmanın temel yapı taşıdır; nitel ya da nicel, gözleme ya da ölçüme dayalı her bilgi veridir. Bu veriler düzenlenip analiz edildiğinde, bilgiye ve bilimsel sonuca dönüşür.

Çoğunlukla iyi bir irdeleme yapılabilmesi ve analiz edilebilmesi için sayısal tipte verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Veri tiplerine bakılacak olursa;

1. Integer (Tam Sayı)

Ondalık içermeyen, pozitif veya negatif tam sayılardır.

Örnek:

Bitki sayısı = 25

Yaprak adedi = 12

Tekerrür numarası = 3

2. Float / Double / Decimal (Ondalıklı Sayı)

Küsuratlı (ondalıklı) değerleri ifade eder, ölçüm sonuçlarında sık kullanılır.

Örnek:

Bitki boyu = 27.4 cm

Ağırlık = 152.63 g

Sıcaklık = 24.8 °C

3. Boolean (Mantıksal / İkili)

Sadece iki değer alabilir: **True (Doğru)** / **False (Yanlış)** veya **1 / 0**.

Örnek:

Hastalık var mı? → True

Bitki öldü mü? → False

Kontrol uygulaması mı? → 1

4. Date / Time / Datetime (Tarih ve Zaman)

Zamanı veya tarihi ifade eder, kronolojik analizlerde kullanılır.

Örnek:

Uygulama tarihi = 2025-11-07

Hasat zamanı = 14:30

Ölçüm anı = 2025-11-07 14:30:00

5. String / Text (Metin)

Harf, rakam ve sembollerden oluşan metin biçimindeki verilerdir.

Örnek:

Çeşit adı = "Kandil Dolma"

İlaç adı = "Copper Oxychloride"

Gözlem notu = "Yaprak uçlarında hafif kloroz gözlendi."

6. Categorical / Enum (Sınıflandırılmış)

Belirli seçeneklerden birini temsil eden kategorik değişkenlerdir.

Örnek:

Bölge = ["Aydın", "Muğla", "Antalya"]

İlaç tipi = {A, B, C}

Bitki türü = {Domates, Biber, Patlıcan}

7. Ordinal (Sıralı Kategori)

Belirli bir sıralamaya sahip kategorilerdir.

Örnek:

Hastalık şiddeti = {0 = Yok, 1 = Az, 2 = Orta, 3 = Şiddetli}

Kalite sınıfı = {Düşük, Orta, Yüksek}

Bu veri türlerinde kayıt yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Özellikle ondalık gösterimlerde on buçuk ifadesi 10.5 şeklinde belirtilmelidir. 10,5 şeklindeki virgül ile yazım çoğu analiz programı tarafından kabul görmemektedir. Veri girişleri yapılırken ondalık ayraçın kullandığınız programda neye karşılık geldiğini muhakkak kontrol etmeniz gerekmektedir (nokta ya da virgül). Aksi halde yazdığınız

onlarca hatta yüzlerce veriyi tekrar gözden geçirip, virgüllerini nokta, ya da noktalarını virgül, yapmanız gerekebilir, bu da ciddi bir zaman kaybıdır. Yukarıdaki veri tiplerinde dikkat edilmesi gereken başka bir nokta ise tarihlerdir. Her ülke kendine ait tarih gösterimini kullanmaktadır. Rahat değerlendirilip analiz edilebilmesi için bir zaman formatının benimsenip sadece o formatta girişlerin yapılması çok doğru bir yaklaşımdır. İstatistik analiz ve bilişim alanlarında en iyi zaman formatı 2025-11-07 15:53:00 şeklinde gösterimi olan ISO 8601 formatıdır. Bu formatta sırasıyla yıl ay gün saat dakika ve saniye bilgileri yer almaktadır.

Toplu veri girişi yapılırken en önemli ilke doğruluk, tutarlılık ve standartlaşmadır. Öncelikle girilecek verilerin hangi formatta olacağı (örneğin tarih biçimi, ondalık ayracı, birim sistemi, değişken adları) önceden belirlenmeli ve tüm kayıtlar bu kurala uymalıdır. Farklı kaynaklardan gelen veriler birleştirilecekse, birim dönüşümleri (örneğin gram-kilogram, µl-ml) ve isim eşleştirmeleri mutlaka kontrol edilmelidir. Veri girişinde, mutlaka, boş şablon tablolar oluşturulmalı, gelecek/yazılacak her bir değer için yeri önceden belirlenmiş olmalıdır (kağıt üzerinde ya da bilgisayarda). Bu boş, veri girilecek şablon, deneme kurulmadan önce muhakkak oluşturulmalıdır. Her sütunun veri türü (tam sayı, ondalıklı, metin, tarih, boolean vb.) açıkça tanımlanmalı; bu tür karışıklıkların ileride istatistiksel analizlerde hata yaratabileceği unutulmamalıdır. Veriler tablodaki yerlerine yazılırken ölçüm birimleri dahil (kg, ml vb.) yanına başka hiçbir şey yazılmamalıdır. Bu husus çok önemlidir. Sadece okunan ya da değerlendirilen bilgi ham hali ile yazılmalı, harici olarak boşluk karakteri dahil hiçbir karakterin yazılmasına müsaade edilmemelidir. Kesinlikle aynı alana ek not, bilgi, açıklama gibi şeyler de yazılmamalıdır, tek bir değer için sistematik olmayan açıklamalardan kaçınılmalıdır. Eğer bir açıklama belirtilmek isteniyorsa tabloda o verinin konumu belirtilerek, başka bir alana/kağıda yazılmalıdır. Ayrıca bu şablonun oluşturulmasında, deneme sonunda hangi analiz yapılacak ise, kullanılacak programa veya modele özgün, veri girişi/şekli isteniyor olabilir (ör. karakterler birinci sütunda, kaçınıcı tekerrür olduğu ikinci sütunda ve geri kalan tüm verilerin hepsi üçüncü tek bir sütunda gibi). Bu nedenle deneme sonunda ne yapılacağı deneme kurulmadan önce iyi irdelenmelidir. Giriş sırasında veriler rastgele değil, önceden tanımlanmış değişken sırasına göre girilmelidir. Eksik veriler boş bırakılmalıdır. Eksik verilere sıfır (0) değeri kesinlikle verilmemelidir, 0 hiçliği ifade etmez, sayısal bir değerdir, sıfır (0) ile eksik veri birbirine karıştırılmamalıdır. Verilerin tutarlılığını

sağlamak için kodlama sistemleri (örneğin “1 = erkek, 2 = dişi” veya “A = kontrol, B = ilaçlı”) kullanılabilir, ancak bu kodların anlamı mutlaka bir kenarı not edilmelidir. Girilen veriler mümkünse iki kişi tarafından çapraz kontrol edilerek doğrulanmalı, yazım hataları veya kopyala-yapıştır hataları düzenli olarak taranmalıdır. Veri girişlerinde Excel, Google Sheets, SPSS vb. gibi tablo oluşturabilen programlar kullanılmalıdır. Veriler girildikten sonra bir yedekleme (backup) alınmalı, orijinal veri dosyası asla değiştirilmemeli; analizler için “kopya çalışma dosyası” oluşturulmalıdır. Son olarak, her veri setinin sürüm bilgisi, düzenlenme tarihi ve sorumlu kişi bilgisi kayıt altında tutulmalı, böylece veri izlenebilirliği sağlanmalıdır. Bu adımlar, toplu veri girişinde hem güvenilirliği hem de analiz aşamasında hatasız çalışmayı garanti eder. Yukarıda anlatılanlar verilerin toplanması aşamasında dikkat edilmesi gerekenleri içermektedir. Denemenin sonunda, tüm veriler analiz edildikten sonra sonuçların verilmesi/gösterilmesi/görselleştirilmesi başka başlık altında anlatılacaktır.

Temel İstatiksel Hesaplar

Örneğin 10 yaprak olsun ve her yaprağın üzerinde de 20’şer böcek bulunsun. Bu yaprakların üzerine aynı yöntem ve aynı koşullarda A ilacı atılmış olsun. Sonuçta bu yapraklar üzerindeki böcekler ölecektir, sayımlar ise her bir yaprak üzerindeki ölü böceklerin sayımı şeklinde gerçekleştirilmiş olsun. Ölen böcek sayıları sırasıyla şöyle olsun;

17, 18, 18, 17, 17, 17, 19, 17, 14, 17

Bu sayılarda fazla dağılım olması (varyasyon) istenmez. Üç aşağı beş yukarı yaklaşık aynı ölü böcek sayısı beklenir. Ancak doğada bunu tam olarak yakalamak mümkün değildir, çok ufak varyasyonlar görülmesi son derece doğaldır. Ama varyasyon artarsa bu denemenin kurulumunda bir problemin olduğuna işaret eder. Bildiğimiz yöntemlerle bunların basit ortalamasını almak, A ilacı için ortalama kaç böceğin öldüğü konusunda bir tek sayı verir, o da 17.1 olarak hesaplanır.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Bu formülde;
 x veri setindeki her bir değeri

$\sum x$ veri setindeki her bir değerin toplamını (örnekte 171, soldaki simge toplam karakteridir)

\bar{x} buradaki veri setinin ortalamasını (örnekte 17.1, \bar{x} bar olarak okunur)

n veri setinin kaç değerden oluştuğu (gözlem sayısı) (örnekte 10)

İstatistikte basit ortalamanın yanında veri grubunun merkezini ya da en sık tekrar eden sayısını bulmanın iki yolu daha vardır. Bunlardan biri medyan (ortanca) diğeri de mod (tepe değer)'dir. Bu iki terim açıklanacak olursa;

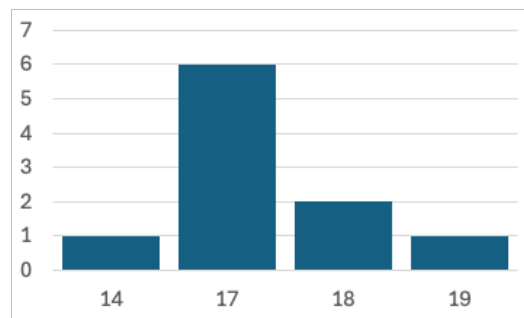
Medyanda veri setindeki değerler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bizim örnekteki değerler şu sıraya yerleşir;

14, 17, 17, 17, 17, 17, 17, 18, 18, 19

Bu sıralanmış setteki tam ortadaki değer medyandır. Veri setimiz 10 sayıdan oluşmakta, bu sıranın tam ortası aslında yok. Tam ortası yukarıda altı çizili iki 17'nin ortalaması yani yine 17'dir. Eğer 9 sayımız olsaydı medyan 4 solunda 4 sağında sayı bulunan 5. sayı olacaktı. Örneğin setimizde en soldaki 14 olmasaydı bu 9 sayı içinden koyu yazılmış olan 17 medyan olacaktı (Veri sayısı tek ise ortadaki değer, veri sayısı çift ise ortadaki iki değerin ortalaması).

Bunlara benzer olarak en çok tekrar eden sayının belirlenmesi de istatistiksel olarak bilinmesi gereken başka bir bilgidir. Veri setimize tekrar bakacak olursak her bir sayı kaçar kez tekrar ediyor onu not alalım;

Sayı	14	17	18	19
Kaç kere tekrar	1	6	2	1



Örnekte 17 sayısının diğerlerine göre daha fazla tekrar ettiği (6 kez) görölmektedir. Bu da bu veri setinin mod değeridir (tepe değeri).

Box Plot

Ne basit ortalama ne mod, ne de medyan ile bulunan tek değer bu sayıların gerçekte nasıl dağıldığı (veri setinde varyasyon bulunup bulunmadığı) konusunda okuyucuya net bir bilgi vermez. Bu nedenle eğer varsa varyasyona neden olan değerlerin bulunması ve diğer değerlerin kendi aralarında nasıl dağıldığının görselleştirilmesi için box plot grafiğinden yararlanılmaktadır.

Örneğin bir uygulamanın tekerrrleri arasında aşağıdaki 20 adet değer ölçülmüş olsun. Normalde bir ortalama etrafında toplanmaları gerekirken bir dağılım göstermektedir. Bu seti analiz ederek dağılımı göstermek ve varsa uç değerli bulmak için aşağıdaki adımlar izlenir;

51, 47, 55, 49, 48, 65, 52, 53, 45, 56, 47, 54, 50, 49, 52, 51, 44, 46, 48, 51

Veri seti ilk önce küçükten büyüğe doğru sıralanmalıdır. Böylece medyan değeri bulunabilir.

44, 45, 46, 47, **47**, **48**, 48, 49, 49, 50, 51, 51, 51, 52, **52**, **53**, 54, 55, 56, 65

Buna göre medyan (ortanca) değeri (50 + 51) / 2'den 50.5 olarak bulunur (yukarıdaki sette altı çizili olanlar, QII). Artık set ikiye blnde, bu iki parçayı da tekrar ikiye bölerek seti toplamda 4 parçaya ayırmış olacağız [yukarıdaki sette koyu olanlar, QI: (47 + 48) / 2, QIII: (52 + 53) / 2]. Veri seti çift sayıdan (20 adet) oluştuğu için medyanlar ortadaki iki sayının ortalaması, eğer tek sayıda olsaydı ortadaki değer olacaktı. Böylece setteki bazı değerler şöyle bulunmuş olur;

QI: 47.5

QII: 50.5

QIII: 52.5

Min: 44 (setteki en düşük değer)

Max: 65 (setteki en yüksek değer)

Bu değerler kullanılarak IQR değeri bulunur;

IQR: QIII - QI = 52.5 - 47.5 = 5

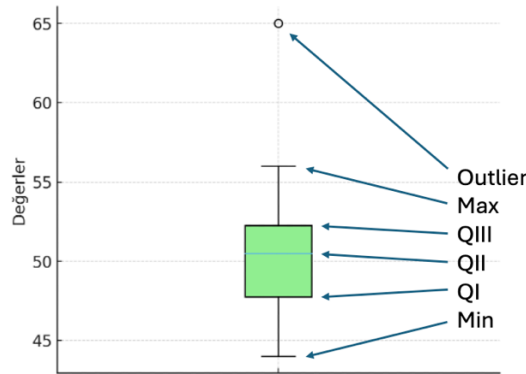
limit: IQR × 1.5 = 5 × 1.5 = 7.5

Elde edilen bu yukarıdaki 5 değeri 1.5 (sabit) sayısı ile çarpılır ve 7.5 değerine ulaşılır. Daha sonra limitleri belirlemek için;

$$\text{alt limit: } QI - 7.5 = 47.5 - 7.5 = 40$$

$$\text{üst limit: } QIII + 7.5 = 52.7 + 7.5 = 60$$

değerlerine ulaşılır ve bu şu anlama gelmektedir. 40'dan düşük ve 60'dan büyük her değer bu veri setinde varyasyona neden olan değerleri göstermektedir. Bu uç değerlere outlier adı verilmektedir. Veri setinde 40'dan düşük veri bulunmazken, 60'dan büyük bir değer olan 65 değeri bulunmaktadır ve bu onu outlier yapar. Bundan dolayı, artık 65 değeri outlier ve yeni Max değeri bir önceki 56 olmaktadır (Eğer hiç outlier çıkmıyaydı yeni Min ve yeni Max değerleri olmayacaktı, olduğu gibi Min ve Max değerleri kullanılacaktı). Bu değerler görselleştirilirse aşağıdaki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



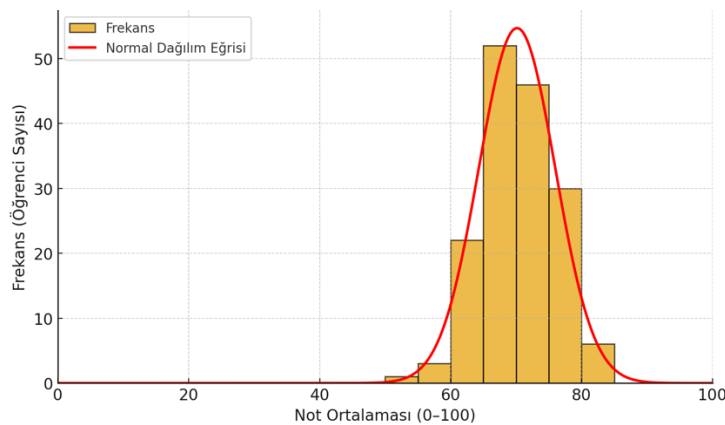
Oluşan bu kutu ne kadar büyük olursa varyasyon fazla, ne kadar dar olursa varyasyon az anlamına gelmektedir. Dağılımın aza mı yoksa çoğa mı doğru yığıldığı, minimum ve maksimumunun ne olduğu ve ayrıca uç değerlerin (outlier) ne olduğu bu grafikten rahatlıkla okunabilmektedir.

Histogram

Histogram, sayısal verilerin dağılımını görsel olarak anlamamızı sağlayan en temel istatistik grafiklerinden biridir. Bir veri setindeki değerler belirli aralıklara (sınıf aralıklarına) bölünür ve her aralığa düşen veri sayısı (frekans) bir sütunla gösterilir. Yatay eksen bu aralıklar, dikey eksen ise frekanslar yer alır. Sütunların yüksekliği,

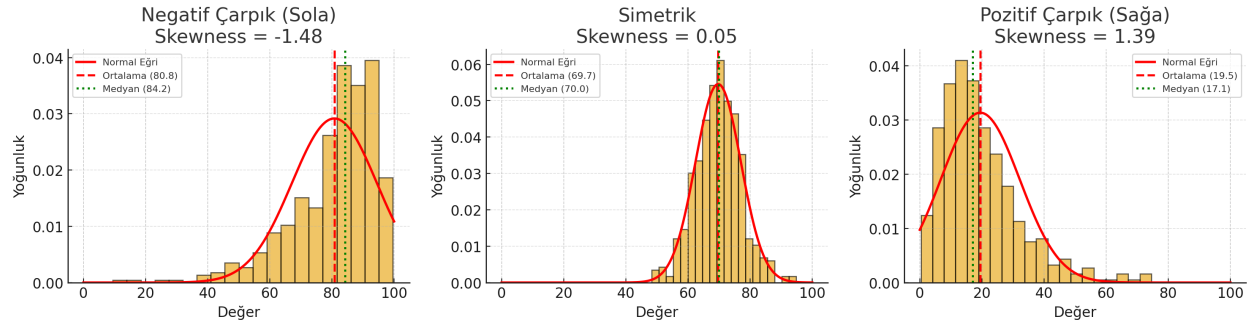
o aralıkta kaç gözlem bulunduğunu ifade eder. Histogram, verilerin nasıl dağıldığını, hangi değer aralıklarında yoğunlaştığını, simetrik mi yoksa çarpık mı olduğunu açıkça gösterir. Örneğin öğrencilerin sınav notlarını histogramda gösterdiğimizde, çoğunluğun hangi not aralığında toplandığını, uç değerlerin olup olmadığını hemen fark edebiliriz. Çubuk grafiklerden farkı, histogramın yalnızca sayısal (süreklili) veriler için kullanılması ve sütunların birbirine bitişik olmasıdır; çünkü değer aralıkları arasında kesinti yoktur. Bu sayede histogram, bir dağılımın biçimini (örneğin normal, sağa ya da sola çarpık, çok modlu vb.) görsel olarak yorumlamamıza yardımcı olur ve veri analizi sürecinin en önemli başlangıç adımlarından birini oluşturur. Normal dağılım eğrisi, verilerin büyük kısmının ortalama (\bar{x}) civarında toplandığını (yüksek olasılık), uç değerlerin ise daha seyrek olduğunu (düşük olasılık) gösteren simetrik bir eğridir. Eğrinin şekli “çan” biçimindedir; bu yüzden “çan eğrisi” de denir. Simetriktir, tepe noktası vardır, uçlarda azalma olur, eğrinin altındaki toplam alan tüm olasılıkları temsil eder. Notlar aşağıdaki gibi olsun;

72, 62, 76, 78, 54, 60, 71, 68, 70, 63, 77, 76, 70, 79, 74, 63, 73, 62, 77, 70, 68, 76, 72, 69, 74, 83, 59, 71, 66, 77, 62, 70, 58, 64, 68, 82, 67, 70, 67, 68, 72, 67, 64, 65, 78, 64, 65, 69, 73, 68, 61, 64, 58, 74, 61, 65, 71, 69, 68, 66, 70, 73, 61, 64, 67, 65, 73, 71, 79, 69, 77, 62, 66, 83, 78, 72, 71, 76, 69, 62, 77, 72, 61, 79, 70, 65, 74, 78, 70, 69, 74, 60, 75, 69, 74, 79, 65, 75, 73, 63, 62, 79, 72, 68, 82, 79, 67, 66, 63, 77, 66, 62, 74, 67, 82, 66, 66, 68, 71, 74, 76, 65, 65, 69, 77, 70, 69, 68, 70, 73, 72, 82, 66, 79, 68, 69, 66, 68, 68, 77, 69, 69, 72, 71, 78, 69, 66, 66, 74, 74, 70, 69, 76, 73, 79, 74, 68, 79, 70, 73.



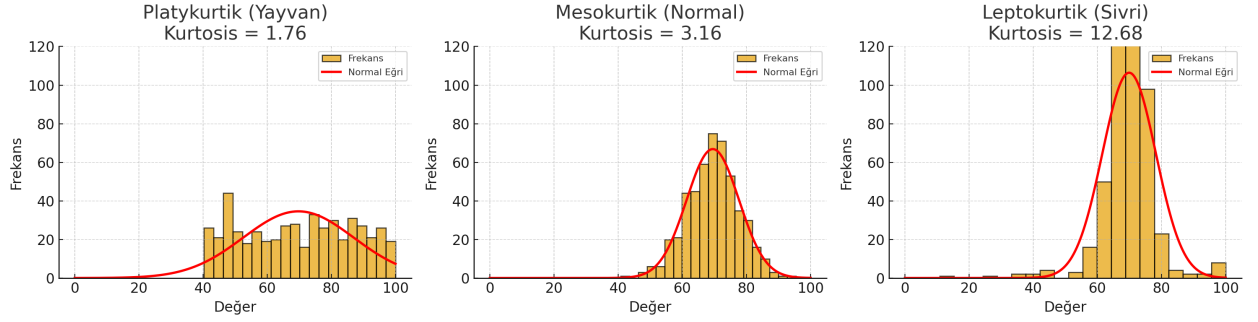
Grafikte x eksenindeki not aralıklarına giren her bir not ayrı ayrı sayıldığında bu şekilde bir dağılım yaptığı görülmektedir.

Aşağıdaki üç histogram grafiği incelendiğinde 1. grafiğin verilerinin sola doğru çarpıklık gösterdiği görülmektedir (skewness < 0). Buna skewness adı verilmektedir ve genel olarak bunun olmaması istenir. İkinci grafiğe bakıldığında ise sağdaki ve soldaki dağılımın neredeyse eşit olduğu görülür, bu normal dağılımın göstergesidir (skewness \approx 0). Üçüncü grafikte ise sağa dağılım söz konusudur (skewness > 0).

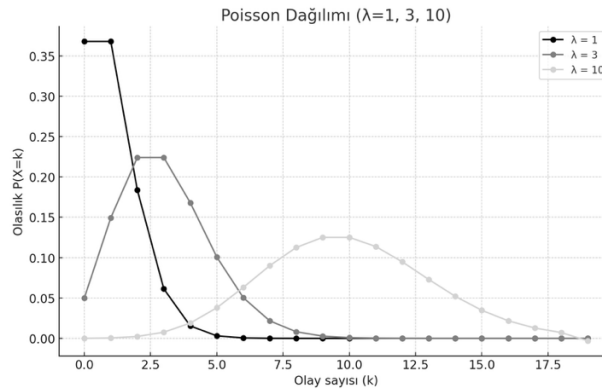


Bu tamamen beklenti ile alakalıdır. Bitki koruma denemelerinde dengeli bir dağılım beklenir (2 nolu grafik). Örneğin, olimpiyatlarda uzun atlama müsabakasına katılan 100 kişinin, yarışma sırasında ölçülen değerleri bir histogram grafiği çizilmek istenirse, verilerde çarpıklık bekler misiniz, sizce grafik bu 3 grafikten hangisine daha çok benzer?

Buna benzer olarak kurtosis (basıklık katsayısı), bir dağılımın tepesinin sivriliğini veya basıklığını ölçen istatistiksel bir değerdir. Yani verilerin ortalama çevresinde ne kadar yoğunlaştığını gösterir. Normal dağılımda bu değer 3 kabul edilir ve mesokurtik denir. Eğer dağılımın tepe kısmı normalden daha sivri ve uç değerler daha sık görülüyorsa kurtosis > 3 olur; buna leptokurtik dağılım denir. Bu tür dağılımlarda veri ortalama çevresinde yoğunlaşmış, ancak uçlarda da az sayıda çok uzak değerler vardır. Ters durumda, yani dağılım daha yayvan ve uç değerler daha azsa kurtosis < 3 olur; buna da platykurtik dağılım denir. Basıklık değeri, çarpıklıkla birlikte bir veri setinin sadece yönünü değil, aynı zamanda uç değerlerin etkisini de anlamaya yardımcı olur. Bu nedenle özellikle kalite kontrol, finansal risk analizi ve ölçüm hatası değerlendirmelerinde önemli bir parametredir.



Yukarıda bahsedilen dağılımların hepsi normal dağılım olarak isimlendirilir. Yani bir çana benzeyen belirgin bir tepe noktası olan simetrik eğimi olan bir grafiğe sahiptir. Ancak buna benzeyen ancak belirli bir zaman, alan veya hacim içinde gerçekleşen olayların kaç kez meydana geldiğini modelleyen ayrık (kesikli) bir olasılık dağılımı daha vardır, bunun ismi poisson dağılımdır. Bunu gösterecek olaylar nadir gerçekleşir (çok sık değildir), bağımsızdır (bir olay diğerini etkilemez), ortalama oranı (λ) sabittir. Biyoloji ile ilgili örnek verecek olursak; mikroskopta bir görüş alanında bakteri kolonisi sayısı, 1 m² toprakta nematod sayısı, 1 saatte laboratuvara gelen örnek sayısı söylenebilir. Günlük yaşamdan örnekler verecek olursak; 1 dakikada çağrı merkezine gelen telefon sayısı, 1 günde köprüden geçen araçlardan arızalanan araç sayısı, bir programın 1 dakikada verdiği hata sayısı. Poisson dağılımı, nadir ama sürekli olasılığı bulunan olayların sayısını tahmin etmeye yarar. Tek parametresi vardır: λ (ortalama olay sayısı). Küçük λ asimetriktir, büyük λ normal dağılıma benzer hale gelir. Aşağıdaki grafiği inceleyiniz. x eksenini “Kaç olay gerçekleşti?”, y eksenini ise “O olay sayısının olasılığı nedir?” değerlerini göstermektedir.



Binomiyal dağılım ise; belirli sayıda bağımsız denemede, her denemenin sadece iki sonucu (başarı veya başarısızlık) olduğu durumlarda, başarıların sayısını modelleyen bir olasılık dağılımıdır. Bir olayın binomiyal dağılıma uyması için dört

koşul vardır: 1. Belirli sayıda deneme (n) yapılır. 2. Her deneme yalnızca iki sonuçtan biriyle biter (başarı veya başarısızlık). 3. Denemeler birbirinden bağımsızdır (birinin sonucu diğerini etkilemez). 4. Başarı olasılığı her denemede aynıdır. Binomiyal dağılım, belirli sayıda tekrarlanan deneyde, kaç kez başarı elde edileceğinin olasılığını verir.

Standart Sapma

Veri setindeki verilerin ortalamadan ne kadar saptığı konusunda hem box plot hem de histogram grafikleri görsel olarak birçok parametreyi yorumlamamıza yardımcı olurken, bunu bir iki sayı ile göstermemiz gerekirse standart sapmayı bu iş için kullanabiliriz. Standart sapmada “dağılımı sadece sayısal olarak özetleyeceğim” cümlesinin cevabı verilmiş olur. Örneğin;

Atılan ilaç	Böcek sayısı (ölü)	Ortalama	Standart sapma
A	68,70,71,69,72	70	1.58 (küçük)
B	50, 60, 70, 80, 90	70	15.81 (büyük)

Örnek incelenecek olursa ölü böcek sayılarının ortalaması her iki ilaç için de 70. Ancak standart sapma değerlerine (ortalamadan sola ya da sağa doğru ne kadar uzaklık) bakıldığında A ilacında 1.58, B ilacında ise 15.81. Bu da şu anlama gelmektedir; A ilacının değerleri daha güvenilir, B ilacından elde edilen değerler arasında varyasyon var. Gösterimi şu şekildedir: A ilacı için 70 ± 1.58 , B ilacı için 70 ± 15.81 . Standart sapmanın (s) formülü aşağıda verilmiştir.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Bu formülü kullanarak, yukarıdaki verilerden hesaplanan standart sapma değerlerine ulaşmaya çalışınız.

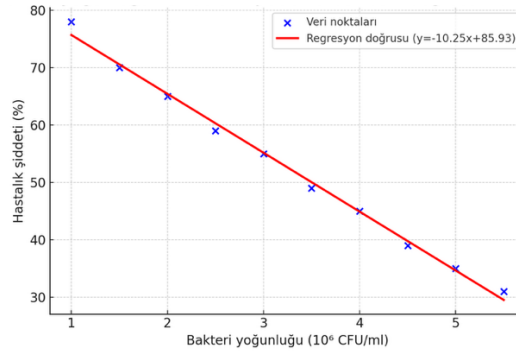
Korelasyon Regresyon

Doğrusal korelasyon (linear correlation), iki değişken arasındaki ilişkiyi ölçen istatistiksel bir kavramdır ve bir değişkendeki artışın ya da azalışın diğerindeki değişimle ne kadar paralel gittiğini inceler. Eğer iki değişken birlikte artıyor veya birlikte azalıyor bu ilişki pozitif korelasyon, biri artarken diğeri azalıyor negat

korelasyon olarak tanımlanır. Korelasyon katsayısı genellikle r harfiyle gösterilir ve değeri -1 ile $+1$ arasında değişir. $r = +1$ değeri, iki değişkenin mükemmel şekilde aynı doğrultuda arttığını; $r = -1$ değeri, birinin artarken diğerinin tamamen aynı oranda azaldığını; $r = 0$ ise aralarında hiçbir doğrusal ilişki bulunmadığını ifade eder. Basit bir örnek verecek olursak, ekim alanı artıkça buradan elde edilen ürün miktarı arasında pozitif yönlü doğrusal bir korelasyon vardır. Buna karşılık, birim alana yapılan gübreleme artıkça verimin de artabileceği düşünülebilir ancak bir noktadan sonra artık ne kadar gübreleme yapsanız da verimi değiştiremezsiniz. Dikkat edilecek olursa burada bir ilişki vardır, ancak ilk başta belki doğrusal olsa da daha sonra bu doğrusallığın ortadan kalktığı görülebilir. Bu nedenle ilişkinin doğrusal olup olmayacağı konusunda bir ön hipotezin ortaya atılmış olması gerekir. Ancak korelasyon, neden-sonuç ilişkisini (nedenselliği) kanıtlamaz, iki değişken arasında ilişki olması, birinin diğerine neden olduğu anlamına gelmez. Bu yüzden doğrusal korelasyon, ilişkilerin yönünü ve gücünü tanımlamakta güçlü bir araç olsa da, analizin dikkatli yorumlanması gerekir. Genellikle korelasyon analizi, verilerin dağılma grafiği (scatter plot) üzerinde bir doğruyla temsil edilir ve bu doğruya ne kadar yakın bir dağılım varsa, korelasyon o kadar güçlüdür. Örneğin aşağıdaki örneği ele alalım.

Deneme No	Bakteri yoğunluğu (ml) (10^6 CFU/ml'dan)	Hastalık şiddeti (%)
1	1	78
2	1.5	70
3	2	65
4	2.5	59
5	3	55
6	3.5	49
7	4	45
8	4.5	39
9	5	35
10	5.5	31

Yapılan bir denemede, bakterileri kullanarak biyolojik savaş ile fungal bir bitki hastalığı engellenmeye çalışılmıştır. On farklı deneme yapılmış ve bakteri yoğunluğunun artması ile aynı koşullarda hastalandırılan bitkilerdeki hastalık şiddetinin azaldığı görülmüştür. Bu bir grafik haline getirilirse;



Bu doğrunun denklemi hesaplandığında $y = -10.25x + 85.93$ olarak bulunur. Bu denklem içinde, ister x (bakteri yoğunluğu), ister y (hastalık şiddeti) yerine bir değer girildiğinde diğeri rahatlıkla bulunabilir. Peki bu denklem nasıl bulundu. Dikkat edilecek olursa denklemde bir eğim (slope, -10.25) bir de kesişim (intercept, 85.93) değeri bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki formüller ile bulunabilir;

$$a \text{ (slope)} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2}$$

$$b \text{ (intercept)} = \bar{y} - \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \bar{x}$$

Aşağıda formülü işletebilmeniz için bazı hesaplama değerleri tabloda verilmiştir.

Deneme	x	y	$(x - \bar{x})$	$(y - \bar{y})$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$
1	1	78	-2.25	25.4	-57.15	5.06	645.16
2	1.5	70	-1.75	17.4	-30.45	3.06	302.76
3	2	65	-1.25	12.4	-15.50	1.56	153.76
4	2.5	59	-0.75	6.4	-4.80	0.56	40.96
5	3	55	-0.25	2.4	-0.60	0.06	5.76
6	3.5	49	0.25	-3.6	-0.90	0.06	12.96
7	4	45	0.75	-7.6	-5.70	0.56	57.76
8	4.5	39	1.25	-13.6	-17.00	1.56	184.96
9	5	35	1.75	-17.6	-30.80	3.06	309.76
10	5.5	31	2.25	-21.6	-48.60	5.06	466.56
Ortalama	3.25	52.6		Toplam	-211.50	20.63	2180.40
					slope	-10.25	
					intercept	85.93	

Buradan da;

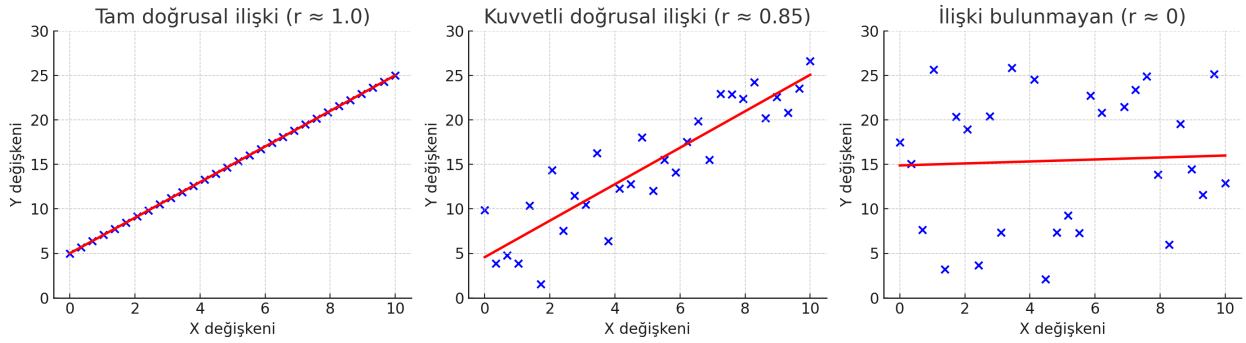
$$y = ax + b$$

$$y = -10.25x + 85.93$$

olarak bulunur. Korelasyon katsayısı olan r yi hesaplamak için de aşağıdaki formül kullanır.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$
$$r = \frac{-211.50}{\sqrt{20.63 \times 2180.40}}$$

bu formülden de r -0.9973 olarak bulunarak negatif yönlü çok kuvvetli bir korelasyon olduğu görülmektedir. Aşağıda verilen 3 farklı örnekte tam ilişkiyen ilişkisizliğe doğru 3 set veri için grafikler çizilmiştir (r değerleri grafik üzerindedir).



Korelasyon katsayısı olan r ile birlikte, doğru denkleminin r^2 değeri de bulunabilir. Ancak ilişki yönünü ve düzeyini belirtmek için korelasyon katsayısını (r) kullanmak daha doğrudur.

Her ilişkinin doğrusal olarak aranmayacağı daha önceden belirtilmişti. Örneğin bir böceğin gelişmesi için gereken sıcaklık doğrusal değildir. Düşük sıcaklıklarda gelişme durgun ya da azken sıcaklıklar arttıkça gelişme çoğalır, bir noktada maksimuma gelir. Daha sonra sıcaklık artmaya devam ettikçe gelişme yavaş yavaş geriler, sonuçta çok yavaşlar ve durur (böcek ölür). Bu örnekte dikkat edilecek olursa doğrusal bir yapı söz konusu değildir. Eğer doğrusal düşünülüp de analiz edilirse, sıcaklık değişimi ile böcek gelişimi arasında bir bağın olmayacağı söylenir, fakat bu kesinlikle yanlıştır. Bu nedenle kullanılacak modelin iyi belirlenmiş olması gerekir. Yukarıda doğrusal bir model anlatılmıştır, ancak nonlinear yani doğrusal olmayan birçok model de bulunmaktadır (Çan, sigmoid, logaritmik vb.). Analize başlamadan bu husus iyi irdelenmelidir. Diğer modellere bu ders kapsamında değinilmeyecektir.

Denemelerdeki Kontrol Grupları

Bitki koruma denemelerinde kontrol grupları, denemenin güvenilirliğini, uygulamaların (ilaç, bakteri, fungus, biyostimülant vb.) gerçek etkisini belirleyebilmek için temel referans noktası olarak kullanılan, uygulama yapılmayan ya da standart bir uygulama yapılan karakterleridir. Yani kontrol grubu, denemede “karşılaştırma ölçütü” olarak görev yapar. Bu gruplar, bitkide gözlenen değişikliklerin gerçekten uygulamadan mı, yoksa çevresel veya doğal koşullardan mı kaynaklandığını ayırt etmeyi sağlar. Aşağıda bitki koruma denemelerinde kullanılan kontrol türlerini, amaçlarını ve sayısını ayrıntılı biçimde açıklanmıştır;

Negatif kontrol (hastalık kontrolü veya mutlak kontrol): Bu, en temel ve her denemede bulunması zorunlu kontroldür. Bu gruptaki bitkilere hiçbir uygulama yapılmaz, sadece hastalık etmeni inokule edilir (veya doğal bulaşmaya bırakılır). Amaç: Patogenin oluşturduğu doğal hastalık şiddetini görmektir. Böylece test edilen biyolojik ajan, fungusit veya bakteriyel antagonistlerin etkisi bu grupla karşılaştırılır. Örnek: *Phytophthora capsici* inokulasyonu yapılmış ama hiçbir bakteri veya fungusit uygulanmamış biber bitkileri. Bu grup genellikle “Enfekteli kontrol (Inoculated control)” olarak da adlandırılır.

Pozitif kontrol (referans ilaç kontrolü): Bu grupta, etkisi daha önceden bilinen standart bir kimyasal veya biyolojik ilaç uygulanır. Amaç: Yeni test edilen uygulamanın etkinliğini, mevcut piyasa standardı ile karşılaştırmaktır. Örneğin, *Bacillus subtilis* biyopreparatı test ediliyorsa, pozitif kontrol olarak “metalaksil” gibi bilinen bir fungusit uygulanabilir. Pozitif kontrol, denemenin doğru çalıştığını gösteren bir tür “başarı ölçütü”dür: Eğer pozitif kontrol beklenen şekilde hastalığı azaltmıyorsa, deneme şartlarında bir hata olduğu düşünülür.

Sağlıklı (negatif enfeksiyon) kontrol: Bu grupta bitkilere ne ilaç ne de patojen uygulanır. Amaç: Bitkilerin normal büyümesini, gelişimini ve görünümünü gözlemleyerek patojensiz, ilaçsız koşullarda nasıl davrandığını belirlemektir. Bu grup, çevresel faktörlerin (sıcaklık, nem, toprak koşulları) tek başına bitkide herhangi bir stres yaratıp yaratmadığını anlamak için gereklidir. Genellikle “Sağlıklı kontrol (uninoculated, untreated)” olarak tanımlanır.

Taşıyıcı (solvent veya formülasyon) kontrol: Bazı denemelerde, uygulanan madde su dışında bir çözücü (örneğin etanol, DMSO, Tween 20, vb.) içinde hazırlanır. Bu durumda, sadece taşıyıcı madde uygulanarak bir kontrol grubu oluşturulur. Amaç: Kullanılan çözücünün veya taşıyıcının tek başına bitkiye veya patojene bir etkisi olup olmadığını ayırt etmektir. Örneğin, bakteriyel süspansiyon Tween-20 içinde hazırlanmışsa, “sadece Tween-20 uygulanan” bir kontrol eklenir.

Denemelerdeki kontrol sayısı, denemenin amacına, etmen türüne ve tasarımına göre değişir. Ancak genel bir örnek verilecek olursa: Örneğin bitki hastalıkları biyokontrol denemesi genellikle 3 ila 4 kontrol grubu bulunur:

Sağlıklı kontrol (patojen yok)
Enfekteli kontrol (patojen var, uygulama yok)
Pozitif kontrol (standart fungusit uygulanmış)
Taşıyıcı kontrol (gerekirse)

Bu kontrol grupları, uygulamalar ile karşılaştırılarak istatistiksel farkların anlamlılığı değerlendirilir.

Verilerin Okunması / Derecelendirilmesi

Gerek laboratuvar gerekse iklim odası /sera / tarla denemelerinde değerlendirmeler elde edilen verilere göre yapılmaktadır. Aşağıda ne tür veriler alınabileceği konusunda iki farklı liste oluşturulmuştur. Ancak bu listeler çok sınırlıdır ve genişletilebilir.

Laboratuvarda çalışmalarında okunan değerler

Doğrudan sayım (böcek sayımı, mikroskopta spor sayımı vb.)
Koloni çapı, sayısı,
Renk değiştirme (var/yok).
Besi yerinde ışımaya (var/yok), besi yerinde açık alanların oluşması (var/yok),
Koloni gelişimi (var/yok),
Bulanıklık (skala),
Cihazlar tarafından okunan sayısal değerler (spektrofotometre, ph metre, ec metre vb.)
vb.

Saksı ve arazi çalışmalarında okunan değerler

Doğrudan sayım (Böcek sayısı, yabancı ot sayısı vb.),
Çöken / ölen bitki sayısı,
Çimlenen tohum sayısı,
Leke sayısı,
Kalıntı analizleri,
Meyve, çiçek sayısı,
Yaprak, dal, sürgün sayısı,
Bitki boyu, kök boyu,
Yaş kuru ağırlık (gövde / kök),
Meyve, yaprak gibi organların büyüklükleri ağırlıkları,
Renk (meyve rengi, yaprak rengi vb.),
Fotosentetik aktivite,
Solgunluk derecesi (göreceli, skala),
Pazarlanabilir verim (en önemlilerinden biri, sonuçta bunun için uğraşıyoruz),
vb.

Dikkat edilecek olursa ölçülebilecek çok sayıda parametre vardır. Deneme kurulmadan önce neyin ölçüleceği konusunda bir karara varılması gerekmektedir. Daha sonra verilecek olan kararlar parametrelerin ölçümüne engel bazı durumları ortaya koyabilir. Doğrudan sayılarak yapılan değerlendirmeler nispeten daha kolaydır. Ama göreceli, sayılamayan ya da sayılamayacak kadar çok olan bulguların bir şekilde sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu konuya geçmeden önce bitki koruma alanında sıklıkla karşımıza çıkan “bulunma oranı, yaygınlık ve şiddet” gibi kavramların açıklanması gerekmektedir.

Bulunma oranı (Incidence / Presence rate): İncelenen toplam örnekler içinde hastalık görülen örneklerin yüzdesidir.

$$\text{bulunma oranı (\%)} = \left(\frac{\text{hastalıklı örnek sayısı}}{\text{toplam örnek sayısı}} \right) \times 100$$

Bir tarla, bahçe veya bölgedeki hastalığın var olup olmadığını ve ne kadar alana yayıldığını gösterir. Örneğin 100 bitkinin 30’unda belirtiler varsa, bulunma oranı %30’dur. Hastalığın varlığını ve sıklığını ölçer ama şiddetini göstermez.

Hastalığın yaygınlığı (Disease prevalence): Hastalığın bölgesel veya coğrafi ölçekte ne kadar alana yayıldığını gösterir.

$$\text{yaygınlık (\%)} = \left(\frac{\text{hastalık saptanan alan sayısı}}{\text{incelenen toplam alan sayısı}} \right) \times 100$$

Bir köyde, ilçede veya bölgede yapılan taramalarda, hastalık görülen parsel sayısının toplam parsel sayısına oranıdır. Örneğin, 10 tarladan 7'sinde hastalık varsa yaygınlık %70'dir.

Bunlardan bir tanesi de hastalık şiddetidir.

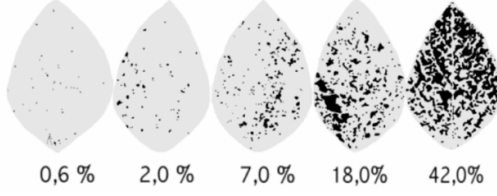
Hastalık şiddeti (Disease severity / intensity): Hastalıklı bitkilerde, bitkinin ya da yaprağın ne kadarının etkilendiğini gösterir.

Hastalığın yoğunluğunu veya ciddiyetini ifade eder. Aynı bulunma oranına sahip iki tarlada hastalık şiddeti çok farklı olabilir. Örneğin, her iki tarlada da %50 bitki hasta (bulunma oranı aynı), ama birinde yaprakların %10'u, diğerinde %70'i etkilenmiş olabilir.

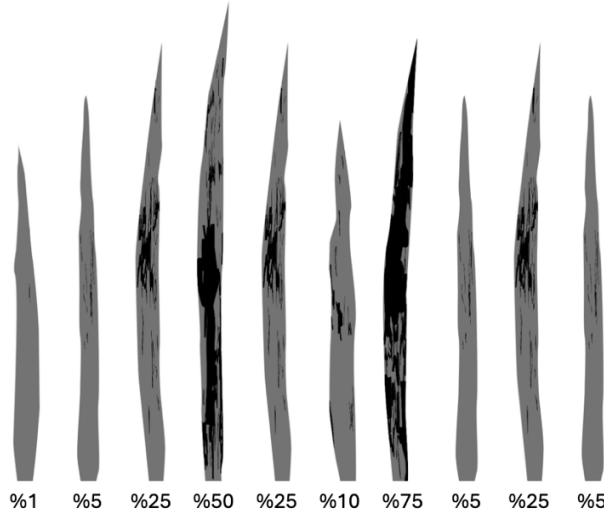
Değerlendirme yapılabilmesi için toparlanan bulguların sayısallaştırılması gerekmektedir. Yani sadece sayıları elde etmek hemen analiz edebileceğimiz anlamına gelmemektedir. Hastalık şiddeti; görsel ölçüm ya da bilgisayar yardımı ile ölçüm şeklinde hesaplanabilir. Günümüzde birçok bilgisayar programı, yaprak alanlarını tarayarak, zarar görmüş alanı toplam yaprak alanına oranlayabilmektedir (APS Assess 2.0). Buna benzer olarak solgunluk gibi göreceli belirtileri değerlendirerek sayısallaştıran bilgisayar sistemleri de vardır (PhytAi).

Görsel ölçüm içinde yer alan doğrudan tahmin, hastalığın / zararın araştırmacı tarafından görsel olarak yüzde olarak değerlendirilmesidir. Buna benzer olarak bir diyagram (skala) kullanılarak da hastalık / zarar derecelendirilebilir. Skala 0-4 gibi bir derecelendirme olabileceği gibi yüzdeler de gösterebilir. Bu yöntemlerin hepsinde, araştırmacı karşılaştırma yapabilmesi için, elinde farklı derecelerde hastalanmış / zarar görmüş bitkinin / yaprağın fotoğrafını tutmalı ve buna göre tahminde bulunmalıdır.

Aşağıda yapraktaki lekeler doğrudan % olarak tahmin edilmiştir. **Sağda** ise bu skala kullanılarak daha sonra değerlendirilen bitkiler bunlara bakılarak 0-4 arasında puanlanacaktır.



Örneğin aşağıda bir skalaya göre (%1, 5, 10, 25, 50, 75) karşılaştırılarak 10 yaprağa verilmiş % skala değerleri gösterilmiştir. Basit ortalama ile bu grubun %22.6 oranın hasta olduğu kolaylıkla söylenebilmektedir. Eğer 0-4 gibi bir skala olsaydı, ortalama skala değerine ulaşılabilirdi. Ancak skala değerleri ile analiz yapmak pek arzu edilen bir durum değildir. Bu nedenle skala değerlerinin çoğu durumda oransal (%) hastalık / zarar şiddetine çevrilmesi gerekmektedir. Bunun için tekerrür sayısının fazla tutulması zorunludur. Detayları aşağıda verilecektir (bkz. Townsend Heuberger).



Çok sayıda gözlemin yer aldığı skala değerlendirmelerinde indeks formülü de zarar şiddetinin hesaplanmasında kullanılabilir (aslında tüm skala değerlerinin toplamının gözlem sayısına bölümüdür). Örneğin elimizde şöyle bir 0-4 skalası bulunsun: 0 - sağlıklı yaprak, 1- 1/4'ü böcek tarafından zarara uğratılmış, 2- 2/4'ü böcek tarafından zarara uğratılmış, 3- 3/4'ü böcek tarafından zarara uğratılmış ve 4- tamamı böcek tarafından zarara uğratılmış. Bu skala elma ağaçlarındaki zararı

belirlemek için kullanılsın. Bir ağaçtan 50 tane rastgele yaprak örneği alındığı düşünölsün. Her skala değeri giren yaprak sayıları aşağıda verilmiştir.

Skala değeri	Yaprak sayısı
0	5
1	8
2	12
3	15
4	10
Toplam	50

$$indeks = \left(\frac{\sum(\text{skala değeri} \times \text{skaladaki yaprak sayısı})}{\text{toplam yaprak sayısı}} \right)$$

$$indeks = \left(\frac{(0 \times 5) + (1 \times 8) + (2 \times 12) + (3 \times 15) + (4 \times 10)}{5 + 8 + 12 + 15 + 10} \right)$$

$$indeks = (2.34)$$

Buna göre index değeri (ortalama skala değeri) 2.34 olarak bulunmaktadır.

Benzer olarak skala değil de oransal (%) bir değere ulaşmak istendiğinde **Towsend Heuberger** formülünden yararlanır. Bu formül, skala olarak değerlendirilen sonuçtan oransal bir değer vermekte ve bu nedenden dolayı da tercih edilen bir yöntemdir.

$$\text{hastalık şiddeti (\%)} = \left(\frac{\sum(\text{skala değeri} \times \text{skaladaki yaprak sayısı})}{\text{toplam yaprak sayısı} \times \text{en yüksek skala değeri}} \right) \times 100$$

Bu formülde yer alan en yüksek skala değeri (ör. 0-4 skalası için) 4'tür. Aslında bu 4, 0 ile başlayan 4 ile biten bir eksenin kaç eşit parçaya bölündüğünü gösteren bir sayıdır (skala aslında 5 değerden oluşuyor, 0 ve 4 dahil). Formüle konulduğunda aşağıdaki sonuç bulunur;

$$\text{hastalık şiddeti (\%)} = \left(\frac{(0 \times 5) + (1 \times 8) + (2 \times 12) + (3 \times 15) + (4 \times 10)}{(5 + 8 + 12 + 15 + 10) \times 4} \right) \times 100 = \%58.5$$

Dikkat edilecek olursa veri setine ait tüm değerler kullanılarak artık tek bir oransal değere ulaşıldı. Bu nedenle deneme tasarlanırken bu durum göz ardı edilmemelidir. Yani aynı gruba ait diğer tekerrürlerin de bu kadar gözlem içermesi gerekir (tekerrür içinde tekerrür, alt tekerrür). Bu alt tekerrürün gözlemleri tek bir oransal sayı vereceğinden, daha sonra analiz yapılabilmesi için aynı grubun tekerrürlerine de ihtiyaç duyulacaktır.

Yapılan bir uygulamanın gerçekte etkili olup olmadığını anlamak için kontrol grubu ile mukayese edilmesi gerekir. Şöyle bir örnek verelim; ufak bir deneme

kurulsun ve iki parsel olsun, iki parselde de aynı bitkiler ve hastalık bulunsun. Parsellerden birine A ilacı atıldığında hastalık oranının %30 olduğu hesaplınsın. Bu ilaç %70 etkilidir denilebilir mi? Sonuçta %30 hasta %70 kontrol edilmiş hastalık durumu var gibi gözükmetedir. Bunun cevabı hayır, çünkü eğer ilaç değil de su atılmış olsaydı, hastalık belki de bitkilerin tamamını değil de bir kısmını öldürecek (mesela %80'ini). Bunun garantisi verildi mi? Yani deneme kurarken bizim karşılaştırma yapacağımız bir kontrolün bulunması gerekmektedir. Bu örneğimize göre, bitkilerimizin bir kısmı ilaç tarafından korunurken, bir kısmı zaten hastalanmayacaktı. Aslında bu %70'in içinde bunun da hesaba katılması gerekmektedir. Bunu hesaplamak için kullanılan yöntemin ismi Abbott'tur (düzeltilmiş etki oranı) ve aşağıdaki şekilde formülize edilir;

$$etki(\%) = \frac{[kontroldeki hastalık (\%) - uygulamadaki hastalık (\%)]}{kontroldeki hastalık (\%)} \times 100$$

$$etki(\%) = \frac{(80 - 30)}{(80)} \times 100 = 62.5$$

bu durumda düzeltilmiş etki oranı %62.5 olarak bulunur.

İlaçsız parsellerde doğal ölüm %20'yi geçtiği durumlarda ya da ilaçlama ile sayım arasındaki sürede popülasyonda artma, azalma yaşandığında kullanımı uygun değildir. Abbott formülü sadece oransal (%) değerler için değil, doğrudan ölü / canlı adedi kullanılarak da hesaplanabilir, buna yüzdesiz Abbott denilmektedir.

Popülasyonlarında sürekli çoğalm gösteren zararlılarda Abbott formülünün yerine **Henderson Tilton** formülü kullanılmaktadır.

$$etki (\%) = 100 \times \left[1 - \frac{ilaçlıda deneme sonu canlı \times kontrolde deneme önu canlı}{ilaçlıda deneme önu canlı \times kontrolde deneme sonu canlı} \right]$$

İlaçlamadan sonra yalnız canlı veya yalnız ölülerden değer elde etmek mümkün olduğu ve akarlar gibi bir kaç günlük sürede popülasyonda çoğalma gösteren zararlıların bulunduğu hallerde kullanılmaktadır.

Abbott formülünün yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan başka bir formül ise **Sun Sheperd** formülüdür;

$$etki(\%) = \frac{pt \mp pck}{100 \mp pck} \times 100$$

pt: ilaçlıda, ilaçlamadan önce ve sonraki canlı sayılarından hesaplanan ölüm oranı (ilaçlıda % değişim)

pck: İlaçsızda popülasyon değişimi oranı (kontrol % değişim)

∓: Artma gösteren popülasyonlarda (+), azalma gösterenlerde (-) işaretinin kullanılacağını göstermektedir.

Örneğin bir ilaç denemesinde ilaçlı ve ilaçsız parsellerden ilaçlama öncesi ve sonrası aşağıdaki böcek sayıları elde edilmiş olsun.

	Deneme öncesi	Deneme sonrası
İlaçlı	180	5
İlaçsız (kontrol)*	182	400

* Popülasyon artma trendinde

$$etki(\%) = \frac{\left[\left(\frac{180 - 5}{180} \right) \times 100 \right] + \left[\left(\frac{400 - 182}{182} \right) \times 100 \right]}{100 + \left[\left(\frac{400 - 182}{182} \right) \times 100 \right]} \times 100 = 98.74$$

Diğer bir etki formülü ise **Schneider Orelli** formülüdür. Abbott formülünden farklı sadece ifade ediliş şeklidir. Sonuç aynıdır. Formül aşağıdadır;

$$etki(\%) = \frac{100 \times (ilaçlıda \text{ ölü } \% 'si - ilaçsızda \text{ ölü } \% 'si)}{100 - ilaçsızda \text{ ölü } \% 'si}$$

Aşağıda kendi içinde analiz edilen grupların birbirleri ile karşılaştırılması irdelenecektir. Örneğin 1 ya da 1'den fazla ilacın etkinliği kontrolle kıyaslanarak, benzer ilaçlar olup olmadığı ya da kontrolden farkı olup olmadığı konusunda istatistik analizler bu başlıklar altında anlatılacaktır.

t-testi

Özellikle deneme teknikleri veya biyolojik deneylerde veri analizinin bel kemiğidir. t-testi, iki grup arasındaki ortalama farkının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Söz konusu karşılaştırma sadece iki grup arasında yapılıyorsa geçerlidir. Yani, gözlenen fark gerçek bir fark mı, yoksa tesadüfen

mi oluřtu? Örneęin: Bir fungusit uygulamasından sonra hastalık řiddeti %30'a dūřmūőe, kontrolde %50 idiyse, bu fark "gerçek" midir (istatistiksel olarak)?

(a) Bir örnek için t-test, (b) bağımsız iki grup t-test ve (c) birbiri ile ilişkili iki grup için t-test şeklinde 3 tipi vardır, formüllerini aşağıdadır.

$$(a) t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$(b) t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$(c) t = \frac{\bar{x}_d - 0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Bir örnek için t-testinde, grup, bilinen bir referans ortalama ile karşılaştırılır (ikinci grup yoktur, onun yerine referans bir ortalama vardır). Bağımsız iki grup için yapılan t-testinde iki grup arasında farkın olup olmadığı ortaya konur. Birbiri ile ilişkili iki grup için t-testinde ise, gruplar arasında karşılıklı eőleri vardır ve aralarında bir korelasyon bulunmaktadır (Öncesi ve sonrası gibi bir deneme olabilir ya da simule edilmiş bir veri ile gerçeği arasında farkın olup olmadığı). Genellikle bağımsız t-test kullanılır (iki bağımsız grubun karşılaştırılması). Bu testi kullanabilmek için; veriler bağımsız olmalı, her grup normal dağılıma uymalı (Shapiro-Wilk ile kontrol edilmelidir) ve grupların varyansları yaklaşık eşit olmalıdır (Levene testiyle kontrol edilmelidir) (Bu alt testlerin nasıl yapılacağı bu ders notunda verilmemiőtir).

Bağımsız iki grup arasında bir t-testi gerçekleőtirelim. Aşağıda farklı iki uygulama yapılmış tarladaki verim değerlerine yer verilmiştir (n = 16).

	x_1	x_2
1	15.2	15.9
2	15.3	15.9
3	16.0	15.2
4	15.8	16.6
5	15.6	15.2
6	14.9	15.8
7	15.0	15.8
8	15.4	16.2
9	15.6	15.6
10	15.7	15.6
11	15.5	15.8
12	15.2	15.5
13	15.5	15.5
14	15.1	15.5
15	15.3	14.9
16	15.0	15.9
Mean (ortalama)	15.381	15.681
s (standart sapma)	0.312	0.407
s² (varyans)	0.098	0.166
n	16	16
df (serbestlik derecesi)	30	<-- (n ₁ +n ₂)-2
t değeri	2.34	

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{|15.381 - 15.681|}{\sqrt{\frac{0.098}{16} + \frac{0.166}{16}}}$$

$$t = 2.34$$

t değeri bulunduktan sonra t tablosunda (bkz. ek); sütunda p değeri (p value, 0.05 ihtimalle), satırda ise serbestlik derecesinin [(n₁ + n₂) - 2] keşiştiği noktaya bakılır. Tablodaki değerin 2.042 olduğu bulunur, bu da bizim t değerinden (2.34) küçük olduğu için, bu iki grup arasında fark olduğu (p < 0.05) istatistiki olarak ispatlanmış olur (%95 güvenle diyebiliriz ki, gruplar arasında gerçek bir fark vardır). Hesaplanan t değeri, tablodaki kritik değerden büyükse fark istatistiksel olarak anlamlıdır, eğer küçükse fark önemsizdir.

Ki-kare testi

Başka bir test ise ki-kare testidir. Bu test kategorik verilerde gruplar arasındaki farkın veya ilişkinin anlamlı olup olmadığını inceleyen istatistiksel bir testtir. t-testi ortalamaları karşılaştırırken, ki-kare testi frekansları (sayıları) karşılaştırır. Cevaplar kategorikse (örneğin “Hasta / Sağlıklı”, “Erkek / Kadın”, “Var / Yok”) ve bu kategoriler arasında bağımsızlık veya uyum testi yapmak isteniyorsa ki-kare testi kullanılır.

	Hasta	Sağlıklı	Toplam
Domates çeşidi 1	30	20	50
Domates çeşidi 2	10	50	60
Toplam	40	70	110

Yukarıda verilen bulgular kullanılarak beklenen değerler her hücre için hesaplanır. Hesap veri bulunan her hücreye uygulanır.

$$f_e = \frac{\text{satır toplamı} \times \text{sütun toplamı}}{\text{genel toplam}}$$

	Hasta	Sağlıklı	Toplam
Domates çeşidi 1	$(50 \times 40) / 110 = 18.18$	$(50 \times 70) / 110 = 31.82$	50
Domates çeşidi 2	$(60 \times 40) / 110 = 21.82$	$(60 \times 70) / 110 = 38.18$	60
Toplam	40	70	110

Daha sonra aşağıdaki formül kullanılarak X^2 değerleri bulunur.

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

	Hasta	Sağlıklı
Domates çeşidi 1	$(30 - 18.18)^2 / 18.18 = 7.68$	$(20 - 31.82)^2 / 31.82 = 4.39$
Domates çeşidi 2	$(10 - 21.82)^2 / 21.82 = 6.40$	$(50 - 38.18)^2 / 38.18 = 3.66$

Yukarıdakilerin toplamı (yani formül sonucu) $7.68 + 4.39 + 6.40 + 3.66 = 22.13$. Tablomuz 2×2 olduğu için serbestlik derecesi $df = (2-1) \times (2-1) = 1$ olarak bulunur. En son olarak ki-kare dağılım tablosundan serbestlik derecesi ve bakılmak istenen anlamlılık düzeyi (genelde $p = 0.05$) kesişim noktasındaki değer bulunur (örnek tabloda 3.841 değerine denk geliyor). Bulunan X^2 değeri 22.13 bu tablo değeri 3.841'den büyük olduğu için domates çeşidi ile hastalık durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki var denilebilmektedir. Hatta ki-kare dağılım tablosundaki daha hassas olan 0.001 değerine bakıldığında bile (10.83), X^2 değerinin büyük olduğu görülmekte ve $p < 0.001$ (çok anlamlı) düzeyde istatistiki olarak bu iki çeşit hastalanma açısından birbirinden farklıdır denebilmektedir.

Transformasyon

İstatistiksel analizde veri transformasyonu (data transformation), bir veri setindeki gözlemlenen değerlerin, analize uygun hale getirilmesi amacıyla matematiksel bir fonksiyon kullanılarak değiştirilmesi sürecidir. Temel olarak, transformasyonun amacı, verileri belirli istatistiksel varsayımları karşılayacak ve yorumlamayı kolaylaştıracak şekilde dönüştürmektir. İstatistiksel testlerin (özellikle parametrik testlerin, örneğin ANOVA veya regresyon analizi) sonuçlarının güvenilir

olması için, verilerin belirli varsayımları karşılaması gerekir. Transformasyonun ana amaçları şunlardır:

1. Normallik Varsayımını Sağlamak: Verilerin veya hataların, normal dağılıma yakın bir şekil almasını sağlamaktır. Parametrik testlerin çoğu, verilerin (veya hataların) normal dağıldığını varsayar.

2. Varyans Homojenliğini (Homoskedastisiteyi) Sağlamak: Farklı grupların veya tahmin edilen değer seviyelerinin varyanslarının (dağılımlarının) yaklaşık olarak eşit olmasını sağlamaktır. Özellikle ANOVA ve regresyon analizinde önemli bir varsayımdır.

3. Doğrusallık (Linearite) Varsayımını Sağlamak: Değişkenler arasındaki ilişkinin (örneğin regresyonda) doğrusal bir forma daha yakın olmasını sağlamaktır.

4. Aykırı Değerlerin Etkisini Azaltmak: Aşırı yüksek veya düşük aykırı değerlerin (outliers) analizin sonucunu bozmasını engellemektir. Transformasyon, genellikle bu değerleri merkeze yaklaştırır.

Yaygın Transformasyon Yöntemleri

Kullanılacak transformasyon yöntemi, verinin mevcut dağılımına ve problemin türüne göre seçilir. Aşağıda en sık kullanılan transformasyon türleri listelenmiştir:

Transformasyon	Matematiksel Formül	Etkisi	Ne Zaman Kullanılır?
Kare Kök	$Y' = \sqrt{Y}$	Orta derecede eğikliği düzeltir, varyansı dengeler.	Sayım verileri (küçük sayılar), Poisson dağılımına yakın veriler.
Logaritma	$Y' = \log(Y)$	Güçlü pozitif eğikliği düzeltir, varyansı dengeler.	Veri aralığı geniştir, katlanarak artan büyüme (örneğin gelir, biyolojik büyüme) gösteren veriler.
Ters (Reciprocal)	$Y' = 1/Y$	En güçlü pozitif eğiklik düzeltme.	Hız (mesafe/zaman) gibi ters oranlar, çok yüksek eğiklik.
Kare	$Y' = Y^2$	Pozitif eğikliği artırır, negatif eğikliği düzeltir.	Negatif eğikliğe sahip veriler veya varyansın ortalama azaldığı durumlar.
Arksinüs Kök	$Y' = \arcsin(\sqrt{Y})$	Oran verilerinin (0 ile 1 veya %0 ile %100 arası) varyansını dengeler.	Oran ve Yüzde verileri (özellikle bitki koruma denemelerinde etkililik yüzdeleri).

Not: Bu yöntemler genellikle pozitif eğiklik (sağa çarpıklık) gösteren verileri normale yaklaştırmak için kullanılır.

Analiz transformasyon yapılmış ölçekte yapıldığı için, sonuçların (ortalama, regresyon katsayısı vb.) orijinal birimlere geri çevrilmesi ve yorumlanması genellikle zordur. Örneğin, logaritması alınmış bir verinin ortalaması, orijinal verinin geometrik ortalamasıdır. Eğer varsayımlar transformasyon yapılmadan da yeterince karşılanıyorsa veya transformasyon amaçlanan varsayımı sağlamazsa, gereksiz ve yanlış bir adım olur.

ANOVA

Altı farklı domates bitkisi çeşidinin domates bakteriyel benek hastalığına karşı olan duyarlılıklarının belirlenmesi amacıyla bir deneme yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre tasarlanmış ve 4 tekerrürden oluşmaktadır. Tüm bitkiler eşit miktardaki bakteri süspansiyonunun püskürtülmesi ile inoküle edilmiştir. Uygulamadan bir hafta sonra her bitkiden bir gerçek yapraktaki bakteriyel benek belirtileri sayılmış ve aşağıdaki tabloya işlenmiştir.

Karakterler	Tekerrürlerdeki benek sayıları			
	I	II	III	IV
Çeşit1	12	11	13	11
Çeşit2	12	15	13	12
Çeşit3	12	16	17	15
Çeşit4	20	21	22	19
Çeşit5	15	14	13	16
Çeşit6	23	20	21	22

İlk olarak çeşitler arasında bir farklılığın bulunmadığı ve çeşitlerin hepsinin duyarlılık açısından aynı olduğu hipotezi kabul edilir.

Düzeltilme teriminin hesaplanması (dt)

$$dt = \frac{(\sum x)^2}{\text{karakter sayısı} \times \text{tekerrür sayısı}} = \frac{(385)^2}{24} = 6176.042$$

Genel kareler toplamının hesaplanması (gkt)

$$gkt = \sum x^2 - dt$$

$$gkt = (12^2 + 11^2 + 13^2 + 11^2 + 12^2 + \dots + 22^2) - 6176.042 = 6537 - 6176.042$$

$$= 360.958$$

Karakter karelerinin toplamının hesaplanması (kkt)

$$kkt = \sum \frac{x_k^2}{n_k} - dt$$

$$kkt = \left(\frac{47^2}{4} + \frac{52^2}{4} + \frac{60^2}{4} + \frac{82^2}{4} + \frac{58^2}{4} + \frac{86^2}{4} \right) - 6176.042 = \frac{25997}{4} - 6176.042$$

$$= 323.208$$

Hata kareler toplamının hesaplanması (hkt)

$$hkt = gkt - kkt$$

$$hkt = 360.958 - 323.208 = 37.750$$

Hesaplanan bu değerler yardımıyla Varyans analiz tablosu oluşturulur

Varyasyon kaynakları	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (sd)	Kareler ortalaması	F	P	
					0.05	0.01
Genel	360.958	23				
Karakterler	323.208	5	$\frac{323.208}{5}$ = 64.642**	30.826	2.77	4.25
Hata	37.750	18	$\frac{37.750}{18} = 2.097$			

$$F = \frac{\text{büyükvaryans}}{\text{küçükvaryans}}$$

$$F = \frac{64.642}{2.097} = 30.826$$

Genel serbestlik derecesi = (karakter sayısı x tekerrür sayısı)-1 = (6 x 4)-1 = 23

Karakterler serbestlik derecesi = karakter sayısı -1 = 6-1 = 5

Hata serbestlik derecesi = Genel serbestlik derecesi - Karakterler serbestlik derecesi = 23-5 = 18

Denemelerden hesaplanan karakterlere ait $F = 30.826$ bulunmuştur. F tablolarında (P 0.05 ve P 0.01) karakterler serbestlik derecesi olan 5 sütunda, hata serbestlik derecesi olan 18 satırda bulunur ve kesiştikleri hücre P değeri olarak varyans

analiz tablosunda yerine yazılır. Hesaplanan F değeri tabloda bulunan P 0.05 değerinden büyükse kareler ortalamasının üzerine bir yıldız (*), eğer P 0.01 değerinden de büyükse iki yıldız (**) konulur. Bu durumlarda başta kabul edilen hipotez reddedilir ve değerler arasında fark olduğu belirlenir.

Ortalamaların Karşılaştırılması

Karakterler arasında bir farklılığın olduğu saptandığı takdirde Duncan ya da LSD yöntemlerinden birinden faydalanılarak hangi karakterler birbiri ile aynı hangileri farklı bulunur. Aşağıda LSD yöntemi anlatılmıştır.

Bu yöntem ile ortalamalar karşılaştırılırken ilk önce LSD değeri hesaplanır. Formüldeki $t_{0.05}$ değeri T tablosundaki hata serbestlik derecesinin denk geldiği sayıdır.

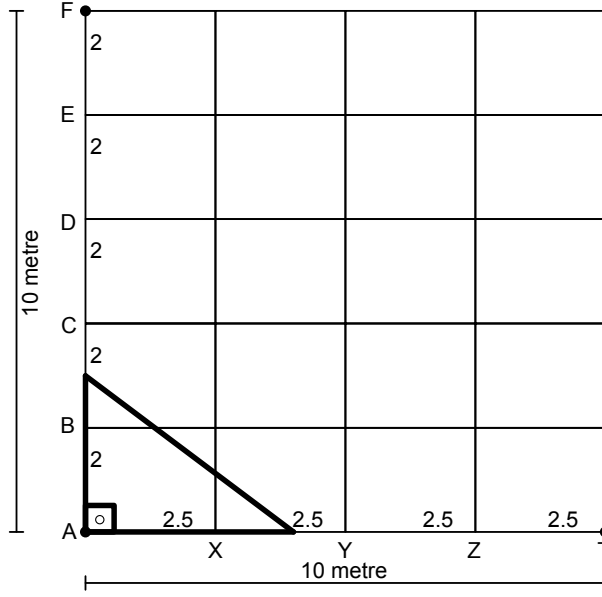
$$LSD = t_{0.05} \cdot \sqrt{hko \cdot \frac{2}{tekerrür}} = 2.10 \cdot \sqrt{2.097 \cdot \frac{2}{4}} = 2.15$$

Daha sonra karakter ortalamaları büyükten küçüğe doğru yazılır. En üstten başlayarak sırasıyla LSD değeri bu ortalamalardan çıkarılır. Örneğin $21.50 - 2.15 = 19.35$ değeri Çeşit 4 ve 3 arasında bir yere denk gelmektedir. Bu durumda Çeşit 6 ve 4 bir grupta (a) yer alır. Devam edecek olursak $20.50 - 2.15 = 18.35$ ta aynı gruptadır. $15.00 - 2.15 = 12.85$ Çeşit2 ile 1 arasında bir yere denk gelmektedir. Bu durumda Çeşit 3, 5 ve 2 de farklı bir grupta ve hepsi b grubunda yer alır. $14.50 - 2.15 = 12.35$ bu da Çeşit5 ile Çeşit2'nin aynı olduğunu göstermektedir, bir önceki hesapta bunu zaten bulmuştuk o nedenle harfte bir değişiklik yapmamıza gerek kalmamaktadır. Son olarak; $13.00 - 2.15 = 10.85$ dikkat edilirse bu sayı Çeşit1'in de altına denk geliyor ve böylece Çeşit2 ve Çeşit1 aynı grupta yer alıyor. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir şey var. Çeşit2 bir öncekilerle aynı gruptaydı, bu son yaptığımız işlemle de bir alttaki (Çeşit1) ile aynı grupta oldu. Bunu ayırmak için bir öncekine bağlayan "b" harfi aynen bırakılarak yanına bir "c" harfi ilave ediliyor. Dikkat edilirse Çeşit1'in yanına da c verilmiş, bu da yine ikisinin farklı bir grup olduğunu gösteriyor.

Karakter	Ortalama	Grup	
Çeşit6	21.50	a	
Çeşit4	20.50	a	
Çeşit3	15.00	b	
Çeşit5	14.50	b	
Çeşit2	13.00	bc	
Çeşit1	11.75	c	

Deneme Desenleri

Deneme desenlerine geçmeden önce, tarımsal araştırmalarda neden bir düzene ihtiyaç duyulduğunu ve denemeyi sahada doğru, tekrarlanabilir ve güvenilir kılan temel ilkeleri net biçimde ortaya koymak gerekir. Çünkü deneme deseni, tek başına istatistiksel bir tercih değil; araziye çıkıldığında yapılan her ölçümden, kullanılan her alete ve deneme alanının seçimine kadar uzanan bütüncül bir sistemin parçasıdır. Bugüne kadar denemelerden ve uygulamalardan söz edilmiş olsa bile, bu çalışmaların rastgele değil, önceden tanımlanmış bir plan ve disiplin içinde yürütülmesi gerektiği çoğu zaman gözden kaçırılır. Oysa özellikle bitki hastalıkları ilaç denemeleri, bakanlık talimatları ve uluslararası standartlar gereği belirli kurallara bağlıdır. Bu kurallar, denemenin sonucunun bilimsel olarak kabul edilebilir olmasını sağlar. Arazi denemelerinde ilk karşılaşılan konu parsel ölçümü ve işaretleme sürecidir. Parsellerin düzgün, birbirine paralel ve eşit alanlara sahip olması gerekir. Bunun için sahada “göz kararı” değil; ip çekme, dik açı oluşturma ve tek parça ölçüm alma esas alınır. Ölçümü parça parça yapmak, özellikle uzun mesafelerde birikimli hatalara yol açar. Bu nedenle mümkün olduğunca tek seferde ölçüm yapılmalı, ölçüm doğrultusunun düzlüğü ip çekilerek kontrol edilmelidir. Dik açı oluştururken sahada en güvenilir yöntemlerden biri 3-4-5 üçgeni kuralıdır. Bu yöntemle, kazıklar yardımıyla tam dik açı elde edilir ve parsellerin yamulması önlenir.



Yukarıda Y ekseninde 3 birim ve X ekseninde 4 birim bir üçgen gösterilmiştir. Pisagor'a göre hipotenüsün 5 birim ve A köşesinin 90 derece olması gerekmektedir. Bu bağıntıdan yola çıkarak arazide rahatlıkla dik açılı kenarlar oluşturulabilmektedir.

Ölçüm sırasında işaret kazıklarına temas edilmesi, ipin gevşek bırakılması veya metre bandının eğik tutulması gibi küçük hatalar, parsel alanını doğrudan etkiler. Bu nedenle ölçüm aletlerinin kalibrasyonu ve ölçüm tekniğinin standartlaştırılması zorunludur. Parsel ölçüleri ve şekilleri belirlenirken “ne kadar alan yeterli?” sorusu sorulmalıdır. Parsel çok küçük olursa biyolojik varyasyon artar, çok büyük olursa hem iş gücü hem de alan kaybı oluşur. Aynı şekilde tekerrür sayısı da rastgele belirlenmez. Tekerrür sayısı, istatistiksel olarak yeterli serbestlik derecesi sağlayacak şekilde ve bakanlık talimatlarına uygun olmalıdır. Yetersiz tekerrür, denemenin istatistiksel olarak geçersiz olmasına neden olur. Örneğin Tarım ve Orman Bakanlığının Bitki Hastalıkları Standart Deneme Metotları kitabında bir deneme için gereken minimum gereksinimler hastalık ve bitki bazında ayrı ayrı detaylı olarak verilmiştir. Değerlendirme aşamasında her bitkinin değerlendirilmesi her zaman mümkün veya gerekli değildir. Bu noktada örnekleme yöntemi devreye girer. Hangi bitkilerin, kaç tanesinin ve parselin hangi kısmından değerlendirileceği önceden tanımlanmalıdır. Kenardaki bitkiler çoğu zaman kenar etkisi altında kaldığı için değerlendirmeye alınmaz. Her parsel arasında; kenar tesirinden kurtulmak ve uygulamaları birbirinden tam olarak ayırmak için, güvenlik alanları/boşlukları/sıraları “emniyet şeridi” olarak bırakılır. Emniyet şeritleri; ilaç sürüklenmesini ve parseller arası etkileşimi önlemek

için zorunludur. Deneme alanının seçimi, tüm çalışmanın temelini oluşturur. Alanın homojen olması, yani toprak yapısı, eğim, drenaj ve önceki uygulamalar açısından mümkün olduğunca benzer özellikler göstermesi gerekir. Aynı durum kullanılan bitkisel materyal için de geçerlidir. Çeşit, fide yaşı ve gelişim durumu bakımından heterojen materyal, sonuçları doğrudan bozar. Bitki hastalıkları ve zararlılarla ilgili denemelerde, denemenin doğal bulaşık alanlarda mı yoksa sonradan bulaştırma yapılarak mı yürütüleceği açıkça belirlenmelidir. Doğal bulaşık alanlar gerçek koşulları yansıtırken, kontrollü bulaştırma daha homojen enfeksiyon sağlar. Her iki yaklaşımın da avantaj ve sınırlılıkları vardır. Bu tercih deneme amacına ve biyolojik materyalin ekolojik önemine göre yapılır. Aynı şekilde deneme süresince kullanılan aletlerin, ölçüm cihazlarının ve hatta değerlendirmeyi yapan kişilerin mümkün olduğunca aynı olması, gözlem hatalarını azaltır. Tartı, metre, pülverizatör gibi tüm ekipmanlar deneme öncesinde kontrol edilmeli ve kalibre edilmelidir. Son olarak, deneme süresince meteorolojik verilerin alınması ihmal edilmemelidir. Sıcaklık, nem, yağış ve rüzgar gibi faktörler özellikle hastalık gelişimi ve ilaç etkinliği üzerinde doğrudan etkilidir. Bu veriler olmadan yapılan bir değerlendirme, eksik kalır.

Özetle, ölçüm, alan seçimi, homojenlik, tekerrür, örnekleme, kenar etkisi, ekipman standardizasyonu ve çevresel koşullar gibi unsurların net ve eksiksiz biçimde anlaşılması gerekir. Bu temel oluşturulmadan seçilen hiçbir deneme deseni, beklenen bilimsel güvenilirliği tek başına sağlayamaz.

Tamamen Tesadüfi Parseller Deneme Deseni (Completely Randomized Design): Çevresel koşulların (laboratuvarda olduğu gibi) mümkün olduğunca homojen olduğu durumlarda en uygun desendir. Tüm deneme üniteleri (örneğin petri kapları, test tüpleri, test edilen böcekler) tamamen rastgele olarak deneme konularına atanır. Bu, varyasyonu eşit olarak dağıtmaya yardımcı olur. Tamamen Tesadüfi Parseller Deneme Deseni istatistiksel deney tasarımının en basit ve en temel şeklidir. Özellikle laboratuvar ve sera gibi homojen koşulların olduğu yerlerde tercih edilir.

Bu desendeki temel varsayım ve prensip şudur; deneme alanı veya koşulları (sıcaklık, nem, toprak vb.) olabildiğince homojendir, yani muamelelerin uygulanacağı birimler arasındaki doğal farklılıklar (tesadüfi hata) rastgele dağılmıştır ve önemsizdir. Rastgele Atama (Randomization); her bir deneme konusu (A, B, C gibi),

her bir deneme ünitesine atanma konusunda eşit şansa sahiptir. Eğer 3 konu (A, B, C) ve 4 tekerrür kullanıyorsanız, toplam $3 \times 4 = 12$ deneme üniteniz olur. Bu 12 birim, tamamen rastgele olarak muamelelere atanır. Tekerrür sayısı eşit olma zorunluluğunun bulunmamasıdır (düzensiz tekrarlar kullanılabilir). Ancak istatistiksel gücü artırmak için genellikle eşit tekrar kullanılır. Laboratuvar ve seraların haricinde çok küçük arazi denemeleri için de kullanılabilir.

Kurulumu ve istatistiksel analizi (ANOVA) en kolay olan desendir. Tekerrür sayılarının eşit olmasına gerek yoktur (bir deneme ünitesinin kaybolması veya hasar görmesi istatistiksel analizi zorlaştırmaz). Hata (Error) serbestlik derecesi diğer desenlere göre daha yüksektir, bu da istatistiksel testin gücünü artırır.

Ancak; homojenlik gereksinimi en büyük kısıtlamasıdır. Eğer deneme koşulları homojen değilse (örneğin bir seranın bir tarafı daha sıcaksa), bu deseni kullanmak doğru değildir. Heterojen bir ortamda (arazi gibi) kullanıldığında, çevresel farklılıklar (toprak kalitesi, eğim) doğrudan deneme hatasına (rastgele hataya) karşır ve muamele etkilerini gölgeler. Bu nedenle tarla denemelerinde tercih edilmez.

Faktöriyel Denemeler: Birden fazla faktörün (örneğin, farklı ilaç dozları ve farklı sıcaklık seviyeleri) birlikteki etkilerini (interaksiyonlarını) araştırmak istendiğinde kullanılır. Tamamen Tesadüfi Parseller Deseni içinde kurulabilir.

Arazi denemeleri, çevresel koşulların (toprak tipi, eğim, nem, zararlı/hastalık dağılımı vb.) heterojen olduğu ortamlarda yürütülür. Bu nedenle, deneysel hataları kontrol altına almak için daha karmaşık desenler kullanılır. Tekerrürleme (replication) ve bloklama (blocking) temel prensiplerdir.

Arazi/tarla Denemeleri için;

1. Temel Desenler

Aşağıdaki desenler arazi denemelerinde en sık kullanılanlardır:

Tesadüfi Bloklar Deneme Deseni (Randomized Complete Block Design): Tarla denemelerinde en yaygın kullanılan desendir. Deneme alanında tek yönde (örneğin eğim, toprak verimliliği) bir heterojenlik (farklılık) olduğunda tercih

edilir. Deneme alanı, her bir blok içindeki koşulların olabildiğince homojen olduğu, ancak bloklar arasındaki koşulların farklılık gösterebileceği eşit büyüklükteki bloklara ayrılır. Tüm deneme konuları (muameleler), her bir blok içinde birer kez, rastgele olarak yerleştirilir. Bitki koruma (ve genel olarak tarım) denemelerinde arazi koşullarında en çok kullanılan ve en güvenilir desendir. Tamamen Tesadüfi Parseller Deneme Deseninin aksine, çevresel heterojenliği (farklılığı) kontrol altına almak için özel olarak tasarlanmıştır. Deneme alanındaki doğal farklılıkların (toprak verimliliği, nem, eğim, ışık yoğunluğu vb.) muamele sonuçları üzerindeki etkisini izole etmek ve en aza indirmek asıl amacıdır. Ana prensibi bloklamadır. Deneme alanı, koşulların tek bir yönde (örneğin sadece eğim veya sadece toprak tipi) değiştiği varsayımıyla, her bir blok içindeki koşulların olabildiğince homojen olduğu, ancak bloklar arasında farklılık gösterebilen bölgelere ayrılır. Bu bölgelere Blok adı verilir. Deneme alanında beklenen varyasyonun yönüne (örneğin, nehrin akış yönü, toprağın killi kısımlarının yönü) dik olarak, bu varyasyonu içine alacak şekilde bloklar oluşturulur. Örneğin, bir arazinin batısından doğusuna doğru toprak verimliliği azalıyorsa, bloklar kuzeyden güneye, yani verimlilik değişimi yönüne dik olarak oluşturulur. Her bir blok, denemede incelenen tüm muameleleri (deneme konularını) (A, B, C, D...) birer kez içermelidir. Bu nedenle desene “Komple (Complete)” adı verilir. Her bir blok içinde, muameleler (A, B, C, D) bloktaki parsellere tamamen rastgele olarak atanır. Her blok bağımsız bir deneme gibi ele alınır. Blok sayısı doğrudan tekrar sayısını ifade eder. Eğer 4 blok kullanıyorsanız, her muamelenin 4 tekrarı vardır. Bu nedenle, tekerrür sayıları her zaman eşit olmak zorundadır. Hata varyasyonu (rastgele hata) küçülür, bu da F-testinin ve dolayısıyla istatistiksel analizin duyarlılığını ve gücünü artırır. Başka bir deyişle, muameleler arasındaki gerçek farklılıkları tespit etme olasılığımız yükselir.

Arazi koşullarındaki varyasyonu kontrol altına alarak, deneme sonuçlarının güvenilirliğini önemli ölçüde artırır. Muamele ve tekrar sayıları kolayca ayarlanabilir. İstatistiksel analizi (iki yönlü ANOVA) nispeten kolaydır ve pratikte yaygın olarak kullanılır. Dezavantajları; Tüm muamelelerin tekrar sayısının (blok sayısının) eşit olması zorunludur. Eğer deneme alanında varyasyon iki yönde (hem eğim hem de su tutma kapasitesi gibi) mevcutsa, bu durumu kontrol altına almada yetersiz kalır. Bu durumda Latin Kare Deneme Deseni veya Gözetimli Blok Deseni gibi daha karmaşık desenler gerekir. Muamele sayısı çok fazlaysa, bir bloğu homojen tutmak zorlaşır.

Latin Kare Deneme Deseni (Latin Square Design): Arazi koşullarında iki yönde (örneğin hem eğim hem de neme bağlı) heterojenlik beklendiğinde kullanılır. Bloklama hem satırlar hem de sütunlar boyunca yapılır. Her bir deneme konusu, her satırda ve her sütunda yalnızca bir kez yer alır. Denemeye katılan muamele sayısının, aynı zamanda satır sayısına ve sütun sayısına eşit olduğu, kare şeklinde bir düzenlemedir. Ana Prensiptir: Çift Bloklama. Tesadüfi Bloklar Deseni varyasyonu tek bir yönde kontrol ederken (bloklama), Latin Karede varyasyonu iki yönde (hem satırlar hem de sütunlar) kontrol eder. Bu sayede, deneme hatasına karışacak çevresel faktörler minimuma indirilir. Eğer denemede k tane muamele varsa (örneğin A, B, C, D), desen $k \times k$ boyutlarında bir kare olmak zorundadır.

Muamele Sayısı = Satır Sayısı = Sütun Sayısı olmak zorundadır.

Her bir muamele, desendeki her satırda yalnızca bir kez ve her sütunda yalnızca bir kez yer almalıdır.

	Sütun 1	Sütun 2	Sütun 3	Sütun 4
Satır 1	A	B	D	C
Satır 2	B	C	A	D
Satır 3	C	D	B	A
Satır 4	D	A	C	B

Bu örnekte, A muamelesi hem satırlarda hem de sütunlarda tam olarak bir kez tekrarlanmıştır. Tekrar sayısı, muamele sayısına eşittir. (Yukarıdaki örnekte 4 muamele ve her birinin 4 tekrarı vardır). Hata Varyasyonu daha da küçülür, bu da F-testinin (ANOVA) çok daha duyarlı olmasını sağlar. En büyük kısıtlama, muamele sayısı (k) çok küçük (2 veya 3) veya çok büyük (10'dan fazla) olamaz. k küçükse, serbestlik derecesi (özellikle Hata Serbestlik Derecesi) çok az olur ve istatistiksel testin gücü düşer. k büyükse, deneme alanı ($k \times k$ parsel) çok büyür (örneğin 10 muamele için 100 parsel) ve iki yönde de homojenlik varsayımı gerçekçi olmaz. Bir parselin verisinin kaybolması (örneğin 100 parselden 1 parsel) tüm denemenin analizini karmaşık hale getirir. Tekerrür sayısı muamele sayısına eşit olmak zorundadır, bu da araştırmacının kontrolünü kısıtlar.

2. Gelişmiş ve Özel Desenler

Bölünmüş Parseller Deneme Deseni (Split-Plot Design): İki farklı faktörün incelendiği ve bu faktörlerden birinin (ana parsel faktörü) büyük alan gerektirdiği veya rastgele uygulamasının zor olduğu durumlarda (örneğin sulama yöntemi, toprak işleme) kullanılır. Her bir ana parsel faktörüne, alt parsellere ayrılarak ikinci faktörün deneme konuları rastgele atanır. Ana parsel faktörü için doğruluk düşüktür, ancak alt parsel faktörü ve interaksiyon için daha doğrudur.

Bir deneme alanını hiyerarşik olarak iki seviyeye bölerek, her seviyede farklı bir faktörün incelenmesini sağlar. Temel prensip İki Seviyeli Rastgeleleştirmedir. Ana Parsel Seviyesi (Main Plot): İlk faktör (A), daha büyük parsellere (ana parseller) atanır ve rastgeleleştirilir. Alt Parsel Seviyesi (Sub Plot): Ana parseller daha sonra daha küçük parsellere (alt parseller) bölünür ve ikinci faktör (B) bu alt parsellere rastgele atanır. Genellikle Tesadüfi Bloklar Deneme Deseni veya Tamamen Tesadüfi Parseller Deneme Deseni çatısı altında kurulur. En yaygın kurulum, Bloklanmış Bölünmüş Parsel Deseni'dir. Tüm ana ve alt parsel kombinasyonları bir blok içinde tekrarlanır. Her blokta, ana parsel faktörünün tüm seviyeleri rastgele atanır. Her ana parselin içinde, alt parsel faktörünün tüm seviyeleri rastgele atanır.

Ana Parsel Faktörü (A): Genellikle daha az tekrara (blok sayısına) sahip olduğu için, etkisinin testi daha düşük hassasiyetle yapılır. Yani, Ana Parsel faktörünün etkisini anlamak daha zordur. Alt Parsel Faktörü (B) ve İnteraksiyon (A x B): Alt parsellerin birbiriyle daha yakın olması ve aynı ana parselin etkisini paylaşması nedeniyle, etkilerinin testi daha yüksek hassasiyetle yapılır.

Örnek: Ana Parsel olarak farklı Sulama Yöntemleri (A₁: Damla, A₂: Yağmurlama) belirlenir. Bu, büyük parsel gerektirir. Alt Parsel olarak ise farklı Fungisit Uygulamaları (B₁, B₂, B₃) rastgele atanır. Fungisit etkisi ve sulama x fungusit interaksiyonu daha yüksek hassasiyetle test edilir.

Büyük alan gerektiren veya uygulanması zor olan faktörlerin denemeye alınmasına olanak tanır. Araştırmacının, daha önemli veya test edilmesi daha zor olan faktöre (alt parsel faktörü ve interaksiyon) daha yüksek hassasiyet atamasını sağlar. Ancak, ana parsel faktörünün etkisini tespit etme hassasiyeti (istatistiksel gücü)

düşüktür. Analizi, temel diğer desenlere göre daha karmaşıktır, çünkü iki farklı hata terimi kullanılmalıdır.

Eş Yapma Denemeleri (Paired Comparison/t-test Tasarımı): İki muameleyi (örneğin yeni bir BİK ve standart BİK) doğrudan ve hassas bir şekilde karşılaştırmak istendiğinde. Bu desen, hem laboratuvar hem de arazi denemelerinde kullanılabilir ve rastgele hatanın (varyasyonun) etkisini ortadan kaldırmak için bireyleri veya deneme ünitelerini eşleştirme prensibine dayanır. Eşleştirilmiş denemede, her bir deneme konusu (muamele) yalnızca diğer bir deneme konusuyla (kontrol veya standart) karşılaştırılır. Deney birimleri arasındaki doğal farklılıkların (deneme hatası) muamelelerin etkisini maskeleymesini önlemektir. Bu, deneme ünitelerini mümkün olduğunca benzer özelliklere sahip çiftler (eşler) halinde gruplayarak yapılır. Temel prensip eşleştirmedir. Denemeye katılacak birimler (örneğin bitki, böcek, parsel) önemli bir dış faktör (yaş, büyüklük, konum, toprak tipi vb.) açısından mümkün olduğunca benzer olacak şekilde çiftler (eşler) halinde gruplanır. Oluşturulan her bir çift içinde, iki muamele (A ve B) rastgele olarak iki birime atanır. Diyelim ki, yeni bir fungusitin (Muamele A) piyasadaki standart bir fungusitten (Muamele B) daha iyi olup olmadığını test ediyoruz. Arazi heterojen (farklı) olduğu için, sadece Muamele A'yı alan parsel ile Muamele B'yi alan parseli karşılaştırmak doğru olmaz (belki Muamele A, daha verimli bir toprağa denk geldi). Eş Yapma Deseninde, aynı toprak parçasının yan yana olan iki yarısı eşleştirilir. Bu, iki parselin (A ve B) toprak, nem, eğim vb. koşullar açısından maksimum benzerliğe sahip olduğu anlamına gelir. Karşılaştırma, mutlak verimler üzerinden değil, eşler arasındaki farklar (A - B) üzerinden yapılır. Bu, eşin sahip olduğu çevresel etkinin (örneğin yüksek verimli toprak olma durumu) her iki muamele için de eşit olduğu varsayımıyla, çevresel etkinin matematiksel olarak ortadan kaldırılmasını sağlar. Eş Yapma Deseninin istatistiksel analizi genellikle Eşleştirilmiş t-Testi (Paired t-Test) ile yapılır.

Düzensiz Blok Deneme Desenleri (Incomplete Block Designs): Deneme konusu sayısının çok fazla olduğu ve bu konuların hepsini homojen bir bloğa sığdırmanın mümkün olmadığı durumlarda kullanılır. Temel olarak Tesadüfi Bloklar Deneme Deseninin bir modifikasyonudur ve özellikle muamele (deneme konusu) sayısı çok fazla olduğunda kullanılır. Bu desenlerin temel amacı, TBDD'de olduğu gibi bloklama yaparak çevresel hatayı kontrol altına almak, ancak blokların çok büyük

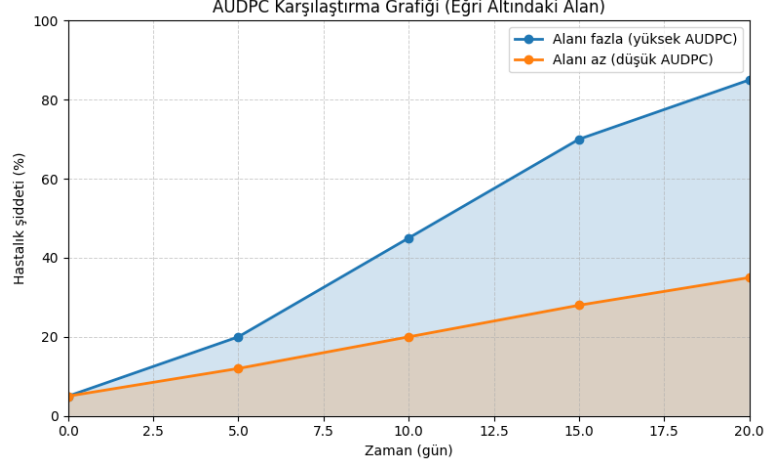
olmasını engellemektir. TBDD’de, her blok tüm muameleleri içerir (Komple Blok). Muamele sayısı 15-20’ye çıktığında, bir bloğun bu kadar büyük ve yine de homojen kalması imkansız hale gelir. Düzensiz Blok Deneme Deseninde bloklar küçültülür. Her bir blok, tüm muameleleri içermez; sadece muamelelerin bir alt kümesini (bir kısmını) içerir. Yani, bloklar Düzensizdir (Incomplete). Muameleler, küçük bloklar (örneğin 4 veya 5 muamelelik bloklar) halinde düzenlenir. Bu küçük bloklar daha sonra daha büyük bloklar (grup bloklar) içinde gruplanır ve her muamele, diğer muamelelerle belirli bir sıklıkta aynı küçük bloğa düşecek şekilde tasarlanır.

Çevresel varyasyonu hem küçük bloklar (mikro çevre) hem de büyük bloklar (makro çevre) seviyesinde kontrol ederek TBDD’ye göre daha yüksek hassasiyet sağlar. Bu desenler, deneme sonuçlarının güvenilirliğini ve geçerliliğini (istatistiksel olarak ispat edilebilirliğini) en üst düzeye çıkarmak için kullanılır.

AUDPC (Hastalık Gelişim Eğrisi Altındaki Alan)

AUDPC (Area Under Disease Progress Curve), bitki hastalıkları denemelerinde bir hastalığın zaman içindeki gelişimini tek bir sayısal değerle ifade eden en temel ve en güvenilir ölçütlerden biridir. Bu yöntem, yalnızca belirli bir tarihteki hastalık şiddetini değil, deneme süresi boyunca hastalığın toplam etkisini dikkate alır. Bu nedenle özellikle ilaç etkinliği, çeşit dayanıklılığı ve farklı uygulamaların karşılaştırılması için standart olarak kullanılır. Bir hastalık denemesinde tek bir tarihte yapılan değerlendirme yanıltıcı olabilir. İki uygulamada son ölçümde aynı hastalık şiddeti görülebilir, ancak biri hastalığı erken dönemde baskılamış, diğeri geç dönemde baskılamış olabilir. AUDPC tam olarak bu farkı ortaya koyar. Hastalığın ne kadar şiddetli olduğu kadar, ne kadar süreyle etkili olduğu da hesaplamaya dahil edilir.

Temel mantık hastalık şiddeti-zaman grafiğinde oluşan eğrinin altındaki alanın hesaplanmasıdır. X eksen: Zaman (gün, hafta, değerlendirme tarihi). Y eksen: Hastalık şiddeti (% ya da skala değeri). Alan ne kadar büyükse, hastalık o kadar uzun süre ve/veya şiddetli seyretmiş demektir.



AUDPC'nin güvenilir olması için; En az 3-4 değerlendirme yapılmalıdır (tercihen daha fazla). Değerlendirmeler düzenli aralıklarla yapılmalıdır. Tüm parsellerde ölçüm tarihleri aynı günlerde olmalıdır.

AUDPC değerleri tek tek parseller için hesaplanır. Daha sonra varyans analizi (ANOVA) yapılır. Gerekirse LSD çoklu karşılaştırma testleri uygulanır.

Sonuçların Sunumu ve Rapor Yazımı

Laboratuvar, iklim odası ve arazide kurulan bir denemelerin değeri, sadece doğru uygulanmasına değil; sonuçların doğru şekilde verilmesine, okunabilir sunulmasına ve doğru yorumlanmasına bağlıdır. Bilimsel raporda amaç "ham veriyi yığmak" değil, ham veriden üretilen analiz çıktısını (özet istatistikler, test sonuçları, güvenilir görselleştirmeler) net biçimde ortaya koymaktır. Okuyucu, raporu açtığı anda şu üç şeyi tek bakışta anlayabilmelidir:

- 1) Deneme nasıl kuruldu? 2) Veri nasıl toplandı? 3) Sonuç ne söylüyor?

Materyal ve Yöntem

Bu bölüm "ne yaptın, nasıl yaptın, hangi koşulda yaptın" sorularını yanıtlar. Denemeyi siz yapmasanız bile, bu bölümü okuyarak aynı deneme yeniden kurulabilmeli. Amaç net olmalı, "X hastalığına karşı Y fungusinin farklı dozlarının etkinliği" gibi. Deneme yeri, zamanı, çevresel koşullar detaylıca verilmeli. Lokasyon (il/ilçe/koordinat gerekiyorsa), rakım, toprak tipi (kısa), önceki ürün/ekim geçmişi. Deneme başlangıç-bitiş tarihleri. Hastalık denemelerinde özellikle meteorolojik

veriler (sıcaklık, nem, yağış, yaprak ıslaklığı varsa) ve bunların kaynağı (istasyon, sensör, en yakın MGM istasyonu vb.). Eğer hastalık doğal bulaşık ise “doğal bulaşık alan” gerekçesi; yapay inokulasyon varsa inokulum hazırlama ve uygulama ayrıntısı verilmelidir.

Materyal

Bitki: çeşit/hat, fide yaşı, dikim sıklığı, parselde bitki sayısı. Hastalık etmeni / böcek (varsa): tür/izolat, kaynağı, tanılama yöntemi. İlaçlar: ticari isim + etken madde + formülasyon (WG/SC/EC vb.) + dozlar + uygulama sayısı + aralıklar verilmelidir. Ayrıca; negatif kontrolden (ilaçsız) ve pozitif kontrolden (standart ilaç/standart uygulama) bahsedilmelidir.

Yöntem

Deneme deseni ve parsel düzeni açıklanmalıdır. Tekerrür sayısı ve gerekçesi (bakanlık talimatı/serbestlik derecesi/alan kısıtı). Parsel boyutu (m × m), sıra sayısı, sıra arası/sıra üzeri mesafe. Parseller arası boşluk/koruma şeridi (drift ve bulaşma etkileri için). Kenar etkisi yönetimi: değerlendirmeye alınmayan kenar sıralar/bitkileri verilmelidir. Gerekirse bunlar için ufak krokiler şemalar kullanılmalıdır. İlaç uygulama yöntemi ve hastalık/zarar değerlendirmesi detaylıca belirtilmelidir (ne zaman?, nasıl?). En son olarak da değerlendirmede kullanılan istatistiksel analizlerin hangi yönteme göre yapıldığı ve hangi bilgisayar programlarının kullanıldığı verilmelidir.

Bulgular

Bulgular bölümünün görevi, analiz sonuçlarını açık ve okunabilir şekilde sunmak. Ham veri genellikle verilmez; çünkü okuyucuyu boğar ve hatayı artırır. Ham veri gerekiyorsa Ekler bölümüne konur veya veri deposu bağlantısı verilir (kurumsal gereklilik varsa). Bulguları anlatırken üç kanalın dengesi önemlidir: Tablo (sayısal özet ve istatistik), grafik (desen, trend ve kıyas) ve metin (okuyucuya tablo/grafiği okuma rehberi). Kullanılan her tablo ve grafik metin içinde “Çizelge 2’de görüldüğü gibi...” / “Şekil 1’de...” şeklinde mutlaka referans verilmelidir. Metin, tabloyu tekrar etmemeli yorumunu içermelidir. En iyi-en kötü değer, kontrolle fark, eğilim, pratik anlam gibi bilgilere metin içinde değinilmelidir.

Raporda / tezde / makalede iyi bir tablo Şu özellikleri taşıır

Satırlar: uygulamalar (dozlar, ilaçlar, kontroller, vb.)

Sütunlar: ölçümler (Şiddet, verim, vb.). Verilen değerler genellikle “Ortalama \pm standart sapma” veya “Ortalama \pm standart hata” verilir. Çoklu karşılaştırma yapıldıysa ortalamaların yanına a, b, c harfleri konulmalıdır.

En altta dip not olarak: istatistik bilgisi (LSD/Tukey gibi) ya da dikkat çekilmek istenen konular. Tekerrür sayısı “n=” Şeklinde dipnotta olmalıdır. Çoklu karşılaştırma yapıldıysa, “Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında fark yoktur ($p \leq 0.05$)” gibi bilgiler dip nota eklenmelidir.

Her Şey tek tabloya sıkıŐtırılmamalı, her tablo tek bir ana mesaj vermelidir. Grafikler, “sonucun hikayesini” hızlı gösterir. Bu nedenle tablolarla birlikte kullanılması bulguların rahat okunmasına yardımcı olur. Grafiklerde eksenler mutlaka etiketli ve birimli olmalı ve çok kalabalık grafiklerden kaçınılmalıdır.

Temel olarak bulgularda; kontrole göre düşüş/artıŐ (% etki) ve en iyi uygulama ve istatistiksel fark üzerinde durulmalıdır. Kesinlikle tablo değerleri metin içinde bire bir tekrar edilmez. Kesin çıkarım yapmak için istatistik analiz yapılması gerekmektedir. Analiz yapmadan etkilidir, kuvvetlidir gibi çıkarımlara gidilmez. Analiz yapılıp fark çıkarsa “istatistiki olarak etkilidir” ibaresi kullanılır. “İyi oldu”, “Daha iyi gibi gözüküyor” gibi muğlak ifadeler kesinlikle kullanılmaz.

Anketler

Anket çalışmaları, özellikle doğrudan ölçülmesi zor olan bilgi, tutum, algı ve davranıŐların ortaya konulmasında kullanılan temel araştırma yöntemlerinden biridir. Tarımsal yayım, bitki koruma uygulamaları, eğitim süreçleri ve sosyal boyutu olan pek çok bilimsel çalışmada anketler, denemelerle elde edilemeyen verilerin toplanmasını sağlar. Ancak anket çalışmaları, çoğu zaman sanıldığı gibi yalnızca soru sormaktan ibaret değildir; aksine doğru planlanmadığında bilimsel geçerliliği zayıflayan, yanlış yorumlandığında yanıltıcı sonuçlara yol açabilen bir yöntemdir. Bu nedenle anket çalışmaları da tıpkı arazi denemeleri gibi belirli bir metodolojik disiplin içinde ele alınmalıdır.

Anket çalışmalarında en kritik unsurlardan biri evren ve örneklem ilişkisidir. Evren, araştırmanın sonuçlarının genellenmek istendiği tüm bireyleri ifade ederken; örneklem, bu evrenden seçilen ve fiilen ankete katılan gruptur. Örneklemin evreni temsil edebilmesi, anket sonuçlarının güvenilirliği açısından zorunludur. Bu nedenle örneklem büyüklüğü rastgele belirlenmemeli; evrenin büyüklüğü, kabul edilen hata payı ve güven düzeyi dikkate alınarak belirlenmelidir. Rastgele veya tabakalı örnekleme yöntemleri, bilimsel açıdan en güvenilir yaklaşımlar olup; kolayda örnekleme gibi yöntemler kullanıldığında bu durum çalışmanın sınırlılığı olarak açıkça ifade edilmelidir.

Anketin bilimsel niteliğini belirleyen bir diğer temel unsur soru tasarımıdır. Sorular, ölçülmek istenen kavramı doğrudan ve açık biçimde yansıtmalıdır. Tek bir soruda birden fazla fikri barındıran, yönlendirici veya teknik açıdan karmaşık ifadeler, katılımcıların soruyu farklı anlamasına neden olur. Özellikle tutum ve algı ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan Likert tipi ölçeklerde, ifadelerin aynı yönde düzenlenmesi ve ölçek aralıklarının açıkça tanımlanması gerekir. Orta seçeneklerin (kararsızım gibi) bilinçli olarak verilip verilmediği de metodolojik bir tercihtir ve bu tercih raporda belirtilmelidir.

Veri toplama sürecinde etik ilkeler gözetilmeli, katılımcılara çalışmanın amacı açıklanmalı ve gönüllü katılım esas alınmalıdır. Akademik çalışmalarda etik kurul onayı gerektiren durumlar açıkça belirtilmeli, alınmamışsa bunun gerekçesi ifade edilmelidir.

Sonuçların sunumunda tablo ve grafikler, okunabilirlik açısından büyük önem taşır. Tablolar, sayısal bilgiyi düzenli biçimde sunarken; grafikler eğilimleri ve farkları hızlıca görmeyi sağlar. Ancak tablo ve grafikler tek başına yeterli değildir. Metin içinde bu görsellere mutlaka referans verilmeli ve okuyucuya neye bakması gerektiği açıkça anlatılmalıdır. Metin, tablodaki tüm sayıları tekrar etmek yerine; anlamlı farkları, dikkat çekici eğilimleri ve beklenen ya da beklenmeyen sonuçları vurgulamalıdır.

KAYNAKLAR

- Açıköz, N., 1983. Tarla Deneme Tekniği, Ege Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınları 448. 168 sayfa
- Anonymous, 2009. Bitki Zararlıları Standart İlaç Deneme Metodları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, 660 sayfa.
- Anonymous, 2009. Bitki Hastalıkları Standart İlaç Deneme Metodları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, 416 sayfa
- Anonymous, 2009. Yabancı Ot Standart İlaç Deneme Metodları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, 163 sayfa
- Bora, T., İ., Karaca, 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Matbaası, 43 sayfa.
- Karman, M., 1971. Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler. Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. Bölge Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü, 278 sayfa.

t testi için t tablosu						
two-tailed, alfa level (p value)						
df	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.599
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.633
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.622
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.611
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.601
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.591
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.582
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.574
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.566
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.558
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
41	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.544
42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.538
43	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.532
44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.526
45	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.520
46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.515
47	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.510
48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.505
49	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.500
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.496
51	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676	3.492
52	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	3.488
53	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672	3.484
54	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	3.480
55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668	3.476
56	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	3.473
57	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665	3.470
58	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	3.466
59	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662	3.463
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
61	1.296	1.670	2.000	2.389	2.659	3.457
62	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	3.454
63	1.295	1.669	1.998	2.387	2.656	3.452
64	1.295	1.669	1.998	2.386	2.655	3.449
65	1.295	1.669	1.997	2.385	2.654	3.447

66	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	3.444
67	1.294	1.668	1.996	2.383	2.651	3.442
68	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	3.439
69	1.294	1.667	1.995	2.382	2.649	3.437
70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.435
71	1.294	1.667	1.994	2.380	2.647	3.433
72	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	3.431
73	1.293	1.666	1.993	2.379	2.645	3.429
74	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	3.427
75	1.293	1.665	1.992	2.377	2.643	3.425
76	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	3.423
77	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.421
78	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	3.420
79	1.292	1.664	1.990	2.374	2.640	3.418
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.416
81	1.292	1.664	1.990	2.373	2.638	3.415
82	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	3.413
83	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.412
84	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.410
85	1.292	1.663	1.988	2.371	2.635	3.409
86	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.407
87	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.406
88	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	3.405
89	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.403
90	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.402
91	1.291	1.662	1.986	2.368	2.631	3.401
92	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	3.399
93	1.291	1.661	1.986	2.367	2.630	3.398
94	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	3.397
95	1.291	1.661	1.985	2.366	2.629	3.396
96	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	3.395
97	1.290	1.661	1.985	2.365	2.627	3.394
98	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	3.393
99	1.290	1.660	1.984	2.365	2.626	3.392
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.390
Sonsuz	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

ANOVA için F tablosu (p = 0.05)

		F tablosu (P 0.05)																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65	8.64	8.63	8.62	8.62	8.60	8.59	8.59	8.58	8.57	8.57	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53	8.54	3	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75	5.73	5.72	5.71	5.70	5.69	5.68	5.67	5.66	5.65	5.64	5.63	5.63	4	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54	4.53	4.52	4.50	4.50	4.48	4.46	4.45	4.44	4.43	4.42	4.42	4.41	4.39	4.37	4.37	4.36	5	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	3.67	6	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43	3.41	3.40	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.30	3.29	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23	3.23	7	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	2.99	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93	2.93	8	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92	2.90	2.89	2.87	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79	2.78	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	2.71	9	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.70	2.68	2.66	2.65	2.64	2.62	2.61	2.60	2.59	2.56	2.55	2.54	2.54	10	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63	2.61	2.59	2.58	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.46	2.43	2.42	2.41	2.41	11	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.44	2.43	2.41	2.40	2.38	2.37	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30	2.30	12	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30	2.28	2.27	2.26	2.23	2.22	2.21	2.21	13	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39	2.37	2.35	2.33	2.32	2.31	2.28	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21	2.20	2.19	2.16	2.14	2.14	2.13	14	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.20	2.19	2.18	2.16	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.07	15	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.09	2.08	2.07	2.04	2.02	2.02	2.01	16	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.17	2.16	2.15	2.12	2.10	2.09	2.08	2.06	2.05	2.03	2.02	1.99	1.97	1.97	1.96	17	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02	2.00	1.99	1.98	1.95	1.93	1.92	1.92	18	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.93	1.92	1.91	1.89	1.88	1.88	19
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.23	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.93	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	1.84	20	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.82	1.80	1.79	1.78	22	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84	1.83	1.82	1.80	1.77	1.75	1.74	1.73	24	
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.78	1.76	1.73	1.71	1.70	1.69	26	
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77	1.75	1.74	1.73	1.69	1.67	1.66	28		
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.71	1.70	1.66	1.64	1.63	30		
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.08	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.63	1.60	1.57	1.56	35		
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.55	1.53	1.52	40		
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.68	1.66	1.64	1.63	1.60	1.59	1.57	1.55	1.51	1.49	1.48	45		
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52	1.48	1.46	1.45	50		
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.56	1.53	1.52	1.48	1.44	1.41	1.40	1.39	60		
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.70	1.67	1.65	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.50	1.49	1.47	1.45	1.40	1.37	1.36	70		
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70	1.68	1.65	1.63	1.62	1.60	1.57	1.54	1.52	1.51	1.48	1.46	1.45	1.43	1.38	1.35	1.34	80		
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.48	1.45	1.43	1.41	1.39	1.34	1.31	1.30	100		
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.60	1.57	1.55	1.53	1.52	1.48	1.46	1.43	1.41	1.39	1.36	1.35	1.32	1.26	1.22	1.21	200		
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.50	1.48	1.45	1.42	1.40	1.38	1.35	1.32	1.30	1.28	1.21	1.16	1.14	500		
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.55	1.53	1.51	1.49	1.47	1.43	1.41	1.38	1.36	1.33	1.31	1.29	1.26	1.19	1.13	1.11	1000		
>1000	1.04	3.00	2.61	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75																											

ANOVA için F tablosu (p = 0.01)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000			
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000					
F tablosu (P 0.01)	3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.13	27.05	26.98	26.92	26.87	26.83	26.79	26.75	26.72	26.69	26.64	26.60	26.56	26.53	26.50	26.45	26.41	26.38	26.35	26.32	26.29	26.27	26.24	26.18	26.15	26.13	26.15	3		
	4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.31	14.25	14.20	14.15	14.11	14.08	14.05	14.02	13.97	13.93	13.89	13.86	13.84	13.79	13.75	13.71	13.69	13.65	13.63	13.61	13.58	13.52	13.49	13.47	13.47	4		
	5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.82	9.77	9.72	9.68	9.64	9.61	9.58	9.55	9.51	9.47	9.43	9.40	9.38	9.33	9.29	9.26	9.24	9.20	9.18	9.16	9.13	9.08	9.04	9.03	9.02	5		
	6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.66	7.61	7.56	7.52	7.48	7.45	7.42	7.40	7.35	7.31	7.28	7.25	7.23	7.18	7.14	7.11	7.09	7.06	7.03	7.01	6.99	6.93	6.90	6.89	6.89	6		
	7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.41	6.36	6.31	6.28	6.24	6.21	6.18	6.16	6.11	6.07	6.04	6.02	5.99	5.94	5.91	5.88	5.86	5.82	5.80	5.78	5.75	5.70	5.67	5.66	5.65	7		
	8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.73	5.67	5.61	5.56	5.52	5.48	5.44	5.41	5.38	5.36	5.32	5.28	5.25	5.22	5.20	5.15	5.12	5.09	5.07	5.03	5.01	4.99	4.96	4.91	4.88	4.87	4.86	8		
	9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.05	5.01	4.96	4.92	4.89	4.86	4.83	4.81	4.77	4.73	4.70	4.67	4.65	4.60	4.57	4.54	4.52	4.48	4.46	4.44	4.42	4.36	4.33	4.32	4.32	9		
	10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.77	4.71	4.65	4.60	4.56	4.52	4.49	4.46	4.43	4.41	4.36	4.33	4.30	4.27	4.25	4.20	4.17	4.14	4.12	4.08	4.06	4.04	4.01	3.96	3.93	3.92	3.91	10		
	11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.34	4.29	4.25	4.21	4.18	4.15	4.12	4.10	4.06	4.02	3.99	3.96	3.94	3.89	3.86	3.83	3.81	3.78	3.75	3.73	3.71	3.66	3.62	3.61	3.60	11		
	12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.10	4.05	4.01	3.97	3.94	3.91	3.88	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.70	3.65	3.62	3.59	3.57	3.54	3.51	3.49	3.47	3.41	3.38	3.37	3.36	12		
	13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.91	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.69	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53	3.51	3.46	3.43	3.40	3.38	3.34	3.32	3.30	3.27	3.22	3.19	3.18	3.17	13		
	14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.70	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.75	3.70	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53	3.51	3.46	3.43	3.40	3.37	3.35	3.30	3.27	3.24	3.22	3.18	3.16	3.14	3.11	3.06	3.03	3.01	3.01	14		
	15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.61	3.56	3.52	3.49	3.45	3.42	3.40	3.37	3.33	3.29	3.26	3.24	3.21	3.17	3.13	3.10	3.08	3.05	3.02	3.00	2.98	2.92	2.89	2.88	2.87	15		
	16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.62	3.55	3.50	3.45	3.41	3.37	3.34	3.31	3.28	3.26	3.22	3.18	3.15	3.12	3.10	3.05	3.02	2.99	2.97	2.93	2.91	2.89	2.86	2.81	2.78	2.76	2.75	16		
	17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.46	3.40	3.35	3.31	3.27	3.24	3.21	3.19	3.16	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.96	2.92	2.89	2.87	2.83	2.81	2.79	2.76	2.71	2.68	2.66	2.65	17		
	18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.43	3.37	3.32	3.27	3.23	3.19	3.16	3.13	3.10	3.08	3.03	3.00	2.97	2.94	2.92	2.87	2.84	2.81	2.78	2.75	2.72	2.71	2.68	2.62	2.59	2.58	2.57	18		
	19	8.19	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.24	3.19	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.96	2.92	2.89	2.87	2.84	2.80	2.76	2.73	2.71	2.67	2.65	2.63	2.60	2.55	2.51	2.50	2.49	19		
	20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.09	3.05	3.02	2.99	2.96	2.94	2.90	2.86	2.83	2.80	2.78	2.73	2.69	2.67	2.64	2.61	2.58	2.56	2.54	2.48	2.44	2.43	2.42	20		
	22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.88	2.85	2.83	2.78	2.75	2.72	2.69	2.67	2.62	2.58	2.55	2.53	2.50	2.47	2.45	2.42	2.36	2.33	2.32	2.31	22		
	24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.09	3.03	2.98	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.70	2.66	2.63	2.60	2.58	2.53	2.49	2.46	2.44	2.40	2.38	2.36	2.33	2.27	2.24	2.22	2.21	24		
	26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	3.02	2.96	2.90	2.86	2.82	2.78	2.75	2.72	2.69	2.66	2.62	2.58	2.55	2.53	2.50	2.45	2.42	2.39	2.36	2.33	2.30	2.28	2.25	2.19	2.16	2.14	2.13	26		
	28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.96	2.90	2.84	2.79	2.75	2.72	2.68	2.65	2.63	2.60	2.56	2.52	2.49	2.46	2.44	2.39	2.35	2.32	2.30	2.26	2.24	2.22	2.19	2.13	2.09	2.08	2.07	28		
	30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.91	2.84	2.79	2.74	2.70	2.66	2.63	2.60	2.57	2.55	2.51	2.47	2.44	2.41	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.18	2.16	2.13	2.07	2.03	2.02	2.01	30		
	35	7.42	5.27	4.40	3.91	3.59	3.37	3.20	3.07	2.96	2.88	2.80	2.74	2.69	2.64	2.60	2.56	2.53	2.50	2.47	2.44	2.40	2.36	2.33	2.31	2.28	2.23	2.19	2.16	2.14	2.10	2.07	2.05	2.02	1.96	1.92	1.90	1.89	35		
	40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.73	2.66	2.61	2.56	2.52	2.48	2.45	2.42	2.39	2.37	2.33	2.29	2.26	2.23	2.20	2.15	2.11	2.08	2.06	2.02	1.99	1.97	1.94	1.87	1.83	1.82	1.81	40		
	45	7.23	5.11	4.25	3.77	3.45	3.23	3.07	2.94	2.83	2.74	2.67	2.61	2.55	2.51	2.46	2.43	2.39	2.36	2.34	2.31	2.27	2.23	2.20	2.17	2.14	2.09	2.05	2.02	2.00	1.96	1.93	1.91	1.88	1.81	1.77	1.75	1.74	45		
	50	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.19	3.02	2.89	2.79	2.70	2.63	2.56	2.51	2.46	2.42	2.38	2.35	2.32	2.29	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.97	1.95	1.91	1.88	1.86	1.82	1.76	1.71	1.70	1.69	50		
	60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.44	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.15	2.12	2.08	2.05	2.03	1.98	1.94	1.90	1.88	1.84	1.81	1.78	1.75	1.73	1.70	1.62	1.57	1.56	1.60	60
	70	7.01	4.92	4.07	3.60	3.29	3.07	2.91	2.78	2.67	2.59	2.51	2.45	2.40	2.35	2.31	2.27	2.23	2.20	2.17	2.14	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.75	1.71	1.69	1.65	1.58	1.53	1.51	1.50	80	
	80	6.96	4.88	4.04	3.56	3.26	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55	2.48	2.42	2.36	2.31	2.27	2.23	2.20	2.17	2.14	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.75	1.71	1.69	1.65	1.58	1.53	1.51	1.50	80		
100	6.90	4.82	3.98	3.51	3.21	2.99	2.82	2.69	2.59	2.50	2.43	2.37	2.31	2.27	2.22	2.19	2.15	2.12	2.09	2.07	2.02	1.98	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.76	1.74	1.69	1.66	1.63	1.60	1.52	1.47	1.45	1.43	100			
200	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.89	2.73	2.60	2.50	2.41	2.34	2.27	2.22	2.17	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.58	1.55	1.52	1.48	1.39	1.33	1.30	1.28	200			
500	6.69	4.65	3.82	3.36	3.05	2.84	2.68	2.55	2.44	2.36	2.28	2.22	2.17	2.12	2.07	2.04	2.00	1.97	1.94	1.92	1.87	1.83	1.79	1.76	1.74	1.68	1.63	1.60	1.57	1.52	1.48	1.45	1.41	1.31	1.23	1.20	1.17	500			

T Tablosu

Sd	Değer
1	12.706205
2	4.302653
3	3.182446
4	2.776445
5	2.570582
6	2.446912
7	2.364624
8	2.306004
9	2.262157
10	2.228139
11	2.200985
12	2.178813
13	2.160369
14	2.144787
15	2.131450
16	2.119905
17	2.109816
18	2.100922
19	2.093024
20	2.085963
21	2.079614
22	2.073873
23	2.068658
24	2.063899
25	2.059539
26	2.055529
27	2.051831
28	2.048407
29	2.045230
30	2.042272
31	2.039513
32	2.036933
33	2.034515
34	2.032245
35	2.030108
36	2.028094
37	2.026192

38	2.024394
39	2.022691
40	2.021075
41	2.019541
42	2.018082
43	2.016692
44	2.015368
45	2.014103
46	2.012896
47	2.011741
48	2.010635
49	2.009575
50	2.008559
51	2.007584
52	2.006647
53	2.005746
54	2.004879
55	2.004045
56	2.003241
57	2.002465
58	2.001717
59	2.000995
60	2.000298
61	1.999624
62	1.998972
63	1.998341
64	1.997730
65	1.997138
66	1.996564
67	1.996008
68	1.995469
69	1.994945
70	1.994437
71	1.993943
72	1.993464
73	1.992997
74	1.992543
75	1.992102

76	1.991673
77	1.991254
78	1.990847
79	1.990450
80	1.990063
81	1.989686
82	1.989319
83	1.988960
84	1.988610
85	1.988268
86	1.987934
87	1.987608
88	1.987290
89	1.986979
90	1.986675
91	1.986377
92	1.986086
93	1.985802
94	1.985523
95	1.985251
96	1.984984
97	1.984723
98	1.984467
99	1.984217
100	1.983972
101	1.983731
102	1.983495
103	1.983264
104	1.983038
105	1.982815
106	1.982597
107	1.982383
108	1.982173
109	1.981967
110	1.981765
111	1.981567
112	1.981372
113	1.981180

114	1.980992
115	1.980808
116	1.980626
117	1.980448
118	1.980272
119	1.980100
120	1.979930
121	1.979764
122	1.979600
123	1.979439
124	1.979280
125	1.979124
126	1.978971
127	1.978820
128	1.978671
129	1.978524
130	1.978380
131	1.978239
132	1.978099
133	1.977961
134	1.977826
135	1.977692
136	1.977561
137	1.977431
138	1.977304
139	1.977178
140	1.977054
141	1.976931
142	1.976811
143	1.976692
144	1.976575
145	1.976460
146	1.976346
147	1.976233
148	1.976122
149	1.976013
150	1.975905
151	1.975799

152	1.975694
153	1.975590
154	1.975488
155	1.975387
156	1.975288
157	1.975189
158	1.975092
159	1.974996
160	1.974902
161	1.974808
162	1.974716
163	1.974625
164	1.974535
165	1.974446
166	1.974358
167	1.974271
168	1.974185
169	1.974100
170	1.974017
171	1.973934
172	1.973852
173	1.973771
174	1.973691
175	1.973612
176	1.973534
177	1.973457
178	1.973381
179	1.973305
180	1.973231
181	1.973157
182	1.973084
183	1.973012
184	1.972941
185	1.972870
186	1.972800
187	1.972731
188	1.972663
189	1.972595

190	1.972528
191	1.972462
192	1.972396
193	1.972332
194	1.972268
195	1.972204
196	1.972141
197	1.972079
198	1.972017
199	1.971957
200	1.971896
201	1.971837
202	1.971777
203	1.971719
204	1.971661
205	1.971603
206	1.971547
207	1.971490
208	1.971435
209	1.971379
210	1.971325
211	1.971271
212	1.971217
213	1.971164
214	1.971111
215	1.971059
216	1.971007
217	1.970956
218	1.970906
219	1.970855
220	1.970806
221	1.970756
222	1.970707
223	1.970659
224	1.970611
225	1.970563
226	1.970516
227	1.970470

228	1.970423
229	1.970377
230	1.970332
231	1.970287
232	1.970242
233	1.970198
234	1.970154
235	1.970110
236	1.970067
237	1.970024
238	1.969982
239	1.969939
240	1.969898
241	1.969856
242	1.969815
243	1.969774
244	1.969734
245	1.969694
246	1.969654
247	1.969615
248	1.969576
249	1.969537
250	1.969498
251	1.969460
252	1.969422
253	1.969385
254	1.969348
255	1.969311
256	1.969274
257	1.969237
258	1.969201
259	1.969166
260	1.969130
261	1.969095
262	1.969060
263	1.969025
264	1.968990
265	1.968956

266	1.968922
267	1.968889
268	1.968855
269	1.968822
270	1.968789
271	1.968756
272	1.968724
273	1.968692
274	1.968660
275	1.968628
276	1.968596
277	1.968565
278	1.968534
279	1.968503
280	1.968472
281	1.968442
282	1.968412
283	1.968382
284	1.968352
285	1.968323
286	1.968293
287	1.968264
288	1.968235
289	1.968206
290	1.968178
291	1.968150
292	1.968121
293	1.968093
294	1.968066
295	1.968038
296	1.968011
297	1.967984
298	1.967957
299	1.967930
300	1.967903

Ki kare dağılım tablosu

df	Level of Significance										
	0.995	0.975	0.2	0.1	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.00004	0.00098	1.642	2.706	3.841	5.024	5.412	6.635	7.879	9.55	10.83
2	0.01	0.0506	3.219	4.605	5.991	7.378	7.824	9.21	10.6	12.43	13.82
3	0.0717	0.216	4.642	6.251	7.815	9.348	9.837	11.35	12.84	14.8	16.27
4	0.207	0.484	5.989	7.779	9.488	11.14	11.67	13.28	14.86	16.92	18.47
5	0.412	0.831	7.289	9.236	11.07	12.83	13.39	15.09	16.75	18.91	20.52
6	0.676	1.237	8.558	10.65	12.59	14.45	15.03	16.81	18.55	20.79	22.46
7	0.989	1.69	9.803	12.02	14.07	16.01	16.62	18.48	20.28	22.6	24.32
8	1.344	2.18	11.03	13.36	15.51	17.54	18.17	20.09	21.96	24.35	26.12
9	1.735	2.7	12.24	14.68	16.92	19.02	19.68	21.67	23.59	26.06	27.88
10	2.156	3.247	13.44	15.99	18.31	20.48	21.16	23.21	25.19	27.72	29.59
11	2.603	3.816	14.63	17.28	19.68	21.92	22.62	24.73	26.76	29.35	31.26
12	3.074	4.404	15.81	18.55	21.03	23.34	24.05	26.22	28.3	30.96	32.91
13	3.565	5.009	16.99	19.81	22.36	24.74	25.47	27.69	29.82	32.54	34.53
14	4.075	5.629	18.15	21.06	23.69	26.12	26.87	29.14	31.32	34.09	36.12
15	4.601	6.262	19.31	22.31	25	27.49	28.26	30.58	32.8	35.63	37.7
16	5.142	6.908	20.47	23.54	26.3	28.85	29.63	32	34.27	37.15	39.25
17	5.697	7.564	21.62	24.77	27.59	30.19	31	33.41	35.72	38.65	40.79
18	6.265	8.231	22.76	25.99	28.87	31.53	32.35	34.81	37.16	40.14	42.31
19	6.844	8.907	23.9	27.2	30.14	32.85	33.69	36.19	38.58	41.61	43.82
20	7.434	9.591	25.04	28.41	31.41	34.17	35.02	37.57	40	43.07	45.32

