

Bazı Buğday Çeşitlerinin Fusarium Başak Yanıklığına Karşı Duyarlılık Düzeylerinin ve Deoksinivalenol Birikiminin Belirlenmesi

Önder BAYTEKİN^{1*}

Nagehan Desen KÖYÜ²

¹Edirne İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Edirne/TÜRKİYE

² Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0002-3708-395X>

²<https://orcid.org/0000-0003-2511-6096>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): onderbaytekin@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 08.10.2025

Accepted (Kabul tarihi): 17.12.2025

ÖZ: Fusarium Başak Yanıklığı (FBY), buğday ve diğer küçük taneli tahıllarda yaygın olarak gözlenen, verim ve kalite kayıplarının yanı sıra mikotoksin birikimiyle insan ve hayvan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturan, önemli bir fungal hastalıktır. 2021-2022 üretim sezonunda Edirne’de yürütülen bu çalışmayla 12 ekmeklik buğday çeşidinin FBY’ye karşı duyarlılık düzeyleri belirlenerek, verim kayıpları ve deoksinivalenol (DON) birikimleri tespit edilmiştir. *Fusarium culmorum* S-14 süspansiyonu (5×10^5 spor ml^{-1}), %50 çiçeklenme döneminde (ZGS65) spreyle başaklara suni inokule edilmiştir. Çalışma sonunda çeşitlerin hastalık şiddeti ve enfekteli tane oranı ortalamaları arasında gözlenen farklılıklar anlamlı ($p < 0,01$) bulunmuştur. FBY’ye karşı en dayanıklı çeşit inokulasyondan sonra 14.gün %24,0, 21.gün %63,2 hastalık şiddeti ve %22,2 enfekteli tane oranıyla Falado, en hassas çeşit inokulasyondan sonra 14.gün %38,6, 21.gün %96,6 hastalık şiddeti ve %85,1 enfekteli tane oranıyla Rumeli tespit edilmiştir. Çeşit duyarlılıklarına bağlı olarak FBY’nin başak ağırlığını %41,5-64,4, bin tane ağırlığını %20,9-66,4 oranında önemli seviyede ($p < 0,01$) azalttığı belirlenmiştir. Fusarium enfekteli tanelerde DON birikimi, en düşük Falado çeşidinde $2,9 \text{ mg kg}^{-1}$, en yüksek Rumeli çeşidinde $24,7 \text{ mg kg}^{-1}$ tespit edilmiştir. İkili karşılaştırmalarda, hastalık şiddeti ile enfekteli tane oranı arasında pozitif yönde ($r = 0,96$), bin tane ağırlığı ($r = -0,95$) ve başak ağırlığı ($r = -0,93$) arasında ise negatif yönde güçlü korelasyon belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygun epidemik koşullarda FBY’nin buğday üretiminde ve gıda güvenliğinde önemli bir risk oluşturabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Fusarium başak yanıklığı, *Fusarium culmorum*, deoksinivalenol, buğday.

Assessment of the Susceptibility Levels of Some Wheat Varieties to Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol Accumulation

ABSTRACT: Fusarium Head Blight (FHB) is a significant fungal disease commonly observed in wheat and other small-grain cereals, leading to substantial losses in yield and quality, as well as serious risks to human and animal health due to mycotoxin accumulation. This study, conducted in Edirne during the 2021-2022 growing season, evaluated the susceptibility levels of 12 bread wheat varieties to FHB, and determined the resulting yield losses and deoxynivalenol (DON) accumulation. The suspension of *Fusarium culmorum* S-14 (5×10^5 spores ml^{-1}) was artificially inoculated onto the spikes by spraying at the 50% flowering stage (ZGS65). At the end of the study, significant differences ($p < 0.01$) were found among the varieties regarding their disease severity and Fusarium-infected kernels means. Falado was the most resistant variety to FHB, with 24.0% and 63.2% severity at 14 and 21 days after inoculation, respectively, and 22.2% Fusarium-infected kernels. In contrast, Rumeli was the most susceptible variety, with 38.6% and 96.6% severity at 14 and 21 days after inoculation, respectively, and 85.1% Fusarium-infected kernels. It was found that FHB significantly ($p < 0.01$) reduced spike weight by 41.5–64.4% and thousand kernel weight by 20.9–66.4%, depending on varietal susceptibility. DON accumulation in Fusarium-infected grains was observed to be the lowest in Falado at 2.9 mg kg^{-1} and the highest in Rumeli at 24.7 mg kg^{-1} . In pairwise comparisons, a strong positive correlation was observed between disease severity and Fusarium-infected kernels ($r = 0.96$), while strong negative correlations were found between disease severity and thousand kernel weight ($r = -0.95$) and spike weight ($r = -0.93$). The results obtained indicate that under favorable epidemic conditions, FHB may constitute a considerable risk to wheat production and food safety.

Keywords: Fusarium head blight, *Fusarium culmorum*, deoxynivalenol, wheat.

GİRİŞ

Buğday, dünya genelinde tarımı yapılan ve mısırdan sonra en fazla üretilen ikinci tahıl türüdür (Anonim, 2020). Türkiye’de üretilen tarım ürünleri içerisinde ilk

sırada yer alan buğday, insan beslenmesinde temel karbonhidrat kaynağı olarak önemli bir yere sahiptir (Geçit ve ark., 2011). Global ölçekte buğday üretiminin %80-90’ını ekmeklik buğday oluşturmaktadır.

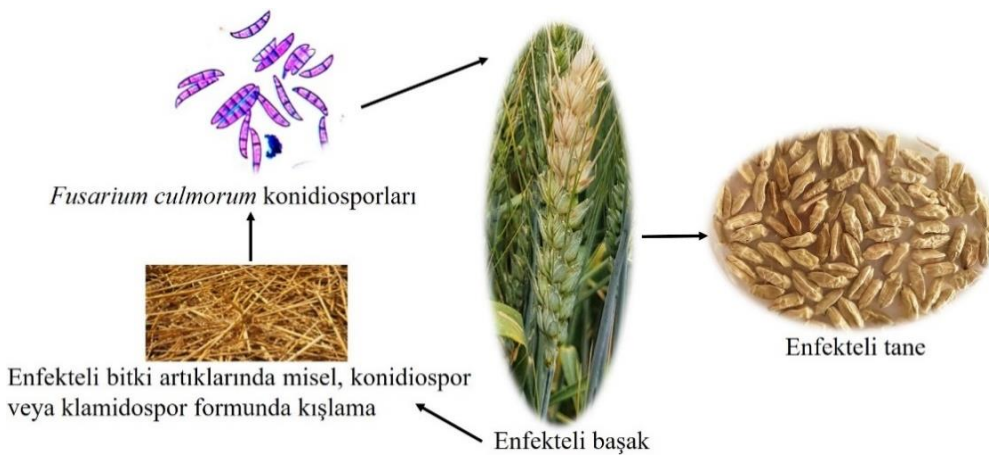
Türkiye, yaklaşık 56,9 milyon dekar ekmeklik buğday üretim alanına sahiptir. Marmara Bölgesi toplam buğday ekiliş alanının %13,0'ünü oluşturmakta ve 2,7 milyon tonluk üretim ile ülkemiz toplam ekmeklik buğday üretiminin %16,6'sını karşılamaktadır (Anonim, 2025a).

Fusarium cinsine dahil fungal patojenler kök ve kök boğazı çürüklüğü, sap çürüklüğü, tohum ve koçan çürüklüğü, yaprak lekesi, fide yanıklığı ve başak yanıklığı gibi pek çok hastalıklara neden olarak, önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Parry ve ark., 1995; Leslie ve Summerell, 2008; Kazan ve Gardiner, 2018). Özellikle buğday ve diğer küçük taneli tahıllarda yaygın olarak gözlenen ve ekonomik olarak en zararlı fungal hastalıklardan birisi de *Fusarium* başak yanıklığı (FBY)'dir. Ülkemizde ve dünyada FBY, şiddetli epidemi koşullarında tahıl tür ve çeşidine bağlı olarak %30-70 arasında verim kayıplarına neden olmakta (Parry ve ark., 1995; Pirgozliev ve ark., 2003; Tunalı ve ark., 2006) ve tane kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Bechtel ve ark., 1985; Boyacıoğlu ve Hettiarachchy, 1995; Nightingale ve ark., 1999). *Fusarium* türleri, enfekte ettikleri bitkilerin çeşitli dokularında mikotoksin adı verilen sekonder metabolitler üretebilmektedir. Bu mikotoksinlerden trikotesenler, ökaryotik protein sentezini inhibe eden bileşiklerdir. Bu sınıftaki en yaygın ve tehlikeli mikotoksinlerin başında deoksinivalenol (DON) gelmektedir (Maresca, 2013). Bünyesinde mikotoksin

barındıran tahıllar ve bunlardan elde edilen mamüller insan ve hayvan sağlığı açısından ciddi riskler taşımaktadır (Liu ve ark., 2012).

Buğday ve küçük taneli tahıllarda FBY'ye sebep olan en yaygın türler *F. culmorum* ve *F. graminearum*'dur (Wong ve ark., 1992). Trakya Bölgesi'nde yürütülen surveylerde *F. culmorum*'un en yaygın patojen tür olduğu belirlenmiştir (Hekimhan ve Boyraz, 2011). Marmara Bölgesinde yürütülen çalışmalarda *F. culmorum*'un FBY'ye neden olan yaygın bir tür olduğu, diğer *Fusarium* türlerine kıyasla daha agresif ve DON üretme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Tunalı ve ark., 2006).

F. culmorum kışı bitki artıklarında misel, konidiospor veya klamidiospor formunda geçirir. İlkbaharda nemli koşullarda bu dokularda çoğalarak, rüzgar yoluyla veya yağmur sıçratmasıyla buğday başaklarına taşınmaktadır (Şekil 1). Buğdayın enfeksiyona karşı en hassas olduğu dönem anterlerin görülmeye başladığı çiçeklenme (antezis) dönemidir. Fungus sporları, açıkta bulunan anterlere yerleşerek, tohum, kavuz veya başağın diğer kısımlarında gelişimini sürdürebilmektedir. Enfeksiyon için en uygun koşullar 23-30°C sıcaklık ve en az 48-72 saat süren, %70 ve üzerindeki nemdir. Yüksek nem 72 saatten daha uzun sürdüğünde, daha düşük sıcaklıklarda da enfeksiyon gerçekleşebilmektedir (McMullen ve Stack 1994; Anonim, 2008).



Şekil 1. *Fusarium* başak yanıklığı enfeksiyon süreci.
Figure 1. Pathogenesis of *Fusarium* head blight.

FBY etmenleri hem tohum hem de toprak kökenli oldukları için hastalıkla etkin mücadele stratejilerinin başında dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve kullanılması gelmektedir. FBY'ye karşı dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi amacıyla geçmiş yıllarda çok sayıda reaksiyon çalışması yürütülmüş ve böylelikle hastalık şiddeti ve DON birikimi bakımından FBY'ye karşı farklı seviyelerde dayanıklılık gösteren genotiplerin veya çeşitlerin varlığı ortaya konmuştur (Mesterhazy, 1995; Mesterhazy ve ark., 1999; Özkeskin, 2019; Tunalı ve ark., 2006; Wisniewska ve ark., 2004). Bu doğrultuda yürütülen bu çalışmayla Marmara Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin *F.*

culmorum'a karşı duyarlılık düzeyleri belirlenerek, FBY kaynaklı verim parametrelerinde meydana gelen değişimler ve DON birikimleri tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

MATERYAL

Buğday Çeşitleri

Çalışmada 12 ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. Tohumluklar geliştirildikleri kurum ve kuruluşlardan temin edilmiştir. Çeşitlere ait bilgiler Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan buğday çeşitlerini geliştiren kurumlar ve kuruluşlar.

Table 1. Institutions and organizations that developed the wheat varieties used in the study.

Çeşit / Variety	Kurum ve Kuruluş / Institution and Organization	Çeşit / Variety	Kurum ve Kuruluş / Institution and Organization
Anafarta	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü	Halis	Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü
Eylül	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü	Falado	Syngenta
Saban	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü	Lancillotto	Syngenta
Damla	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü	Masaccio	Progen Tohum
Nkü Lider	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Maden	Trakya Tarım
Nkü Ergene	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Rumeli	Trakya Tarım

Fungus İzolatı

Suni inokulasyon uygulamalarında, patojenisitesi Köycü ve Özer (2019) tarafından, DON salgıladığı ise Pasquali ve ark. (2016) tarafından önceki yıllarda yürütülmüş çalışmalarda belirlenmiş, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümünden temin edilen, *Fusarium culmorum* S-14 izolatı kullanılmıştır.

METOT

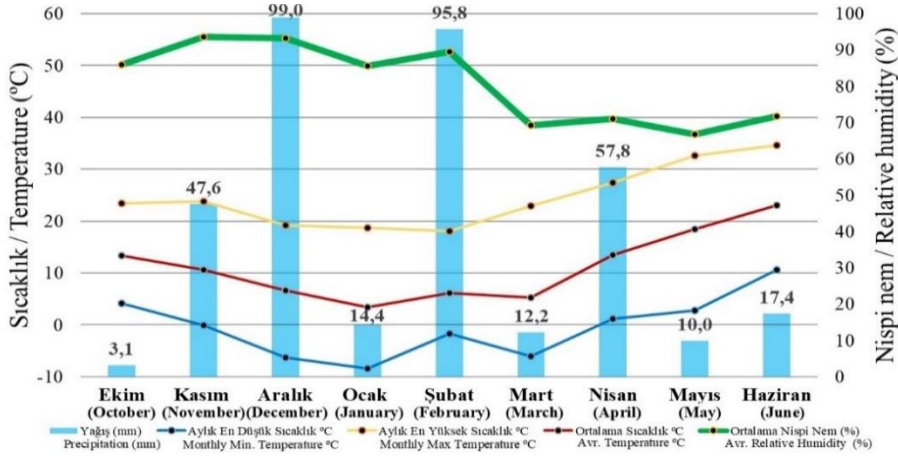
Tarla Denemesi ve Uygulama Planı

Çalışma 2021-2022 üretim sezonunda Edirne Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde (41°38'13.542" N, 26°36'2.1198" E) tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede doğal koşullarda hiçbir uygulama yapılmamış kontrol (-) ve suni inokulasyon yapılmış enfekteli (+) uygulamalar ana parselleri, çeşitler ise alt parselleri oluşturmuştur. Buğday ekimleri, 4 m²'lik parsellere, 6 sıralı parsel ekim mibzeriyle yapılmıştır. Deneme alanına 25 kg da⁻¹ 20.20.0 kompoze gübre, 15 da⁻¹ üre (%33) ve 15 kg

da⁻¹ kalsiyum amonyum nitrat gübresi (%26) sırasıyla ekim, kardeşlenme-sapa kalkma ve başaklanma öncesi dönemlerde uygulanmıştır. Deneme alanındaki yabancı otlara karşı ekim sonrası 3 g da⁻¹ herbisit (%30 Aminopyralid+%15 Florasulam) uygulaması yapılmıştır.

Deneme Yeri İklim Verileri

2021-2022 üretim sezonunda enstitü içerisindeki meteoroloji istasyonundan elde edilen, Edirne iline ait bazı iklim verileri Şekil 2'de, uzun yıllara ait ortalama iklim verileri ise Çizelge 2'de gösterilmiştir. Denemenin yürütüldüğü Ekim 2021-Haziran 2022 üretim sezonunda belirlenen ortalama sıcaklık değerinin (11,2°C) aynı dönemdeki uzun yıllar ortalamasından (10,7°C) daha yüksek olduğu, toplam yağışın (357,3 mm) ise uzun yıllar ortalamasından (510,1 mm) daha düşük olduğu kaydedilmiştir. Yağışlı gün sayısının yaz aylarında giderek azaldığı gözlenmektedir. Nispi nem oranı, en düşük ortalama %66,9 ile Mayıs ayında, en yüksek ortalama %93,5 ile Kasım ayında belirlenmiştir (Anonim, 2024).



Şekil 2. 2021-2022 üretim sezonu Edirne aylık iklim verileri (Anonim, 2024).
Figure 2. Climatic data of Edirne for the 2021–2022 growing season.

Çizelge 2. 1930-2023 Edirne uzun yıllar ortalama iklim verileri (Anonim, 2024).
Table 2. Long-term climatic normals of Edirne for the period 1930–2023.

Aylar / Months	Sıcaklık / Temperature (°C)			Yağış / Precipitation (mm)	Yağışlı Gün / Precipitation Days
	En Düşük / Min.	En Yüksek / Max.	Ortalama / Avr.		
Ekim / October	9,3	20,8	14,5	56,7	7,6
Kasım / November	5,3	14,2	9,2	67,3	10,4
Aralık / December	1,4	8,6	4,6	70,6	13,0
Ocak / January	-0,5	6,7	2,7	65,0	12,2
Şubat / February	0,5	9,4	4,4	52,2	9,5
Mart / March	2,9	13,4	7,6	50,1	9,7
Nisan / April	7,1	19,3	12,8	48,7	10,1
Mayıs / May	11,7	24,8	18,0	52,4	10,3
Haziran / June	15,5	29,2	22,2	47,1	8,7
Temmuz / July	17,4	32,0	24,7	31,7	5,4
Ağustos / August	17,3	32,0	24,5	23,3	3,9
Eylül / September	13,5	27,4	20,1	35,9	4,7

İnokulumun Hazırlanması

İnokulum hazırlığı öncesinde *Fusarium culmorum* S-14 izolatının patojenisitesinin devamlılığı test edilmiştir. Bu amaçla, Mesterhazy (1978) tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek *in vitro* koşullarda bir patojenisite testi uygulanmıştır. Bu test ile izolatın buğday tohumları üzerinde enfeksiyon oluşturma kapasitesi ve çimlenme sürecine etkisi değerlendirilerek, patojenik aktivitesinin sürdürülebilirliği ortaya konmuştur. İnokulum hazırlığı için stok kültürden Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamına ekim yapılarak, $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 14 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda, petri yüzeyine steril saf su ilave edilerek, yüzey yuvarlak uçlu plastik steril öze yardımıyla hafifçe kazınmıştır. Elde edilen süspansiyon, çift katlı steril tülbentten süzülerek, misel parçaları uzaklaştırılmıştır. Süspansiyonun konidiospor yoğunluğu, Thoma lamı ile 1×10^5 konidiospor ml^{-1}

olarak ayarlanmıştır. Konidiosporların tohum yüzeyine daha iyi tutunması amacıyla süspansiyona %0.1 Tween 20 ilave edilmiştir. Buğday tohumları, inokulasyon öncesinde %1'lik NaOCl çözeltisinde 5 dakika bekletilmiş ve ardından steril saf su ile üç kez durulanmıştır. İnokulasyon işlemi için, hazırlanan spor süspansiyonuna aktarılan tohumlar, orbital çalkalayıcıda oda sıcaklığında 200 rpm hızda 1 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol grubundaki tohumlar için steril saf su kullanılmıştır. Steril kurutma kağıtları steril saf suyla ıslatıldıktan sonra, steril cam petri kaplarına 4 kat olacak şekilde yerleştirilmiştir. Enfekteli ve kontrol grubu 150 tohum, her petriye 10'ar adet olacak şekilde yerleştirilerek, $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de ve karanlık ortamda 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda, koleoptil uzunluğu, tohum boyunun iki katına ulaşan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre

düzenlenmiş olup, 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 petri içerecek şekilde yürütülmüştür.

Suni inokulasyon uygulamalarında kullanılmak üzere inokulum hazırlanmasında Mung Bean Broth (MBB) sıvı besi ortamı kullanılmıştır (Bai ve Shaner, 1996; Shahin ve ark., 2015). 20 g maş fasulyesi çelik bir kap içerisinde 1 lt saf suyla 20 dk boyunca kaynatılmıştır. Çift katlı tülbenkten geçirilen besi ortamı saf suyla 1 lt'ye tamamlanmış ve erlenlere paylaştırıldıktan sonra 20 dk otoklavda steril edilmiştir. PDA besi yerinde geliştirilmiş 7 günlük taze kültürlerden mantar delici ile 5 mm çapında 6 disk alınarak, steril kabin içerisinde 100 ml sıvı besi ortamına ilave edilmiştir. Süspansiyon, 200 rpm'de 25°C sıcaklıkta 7 gün orbital çalkalayıcı inkübatörde inkübasyona bırakılmış, inkübasyon süresi sonunda iki katlı steril tülbenkten süzülerek stok süspansiyon elde edilmiştir.

İnokulasyon Zamanı ve Yöntemi

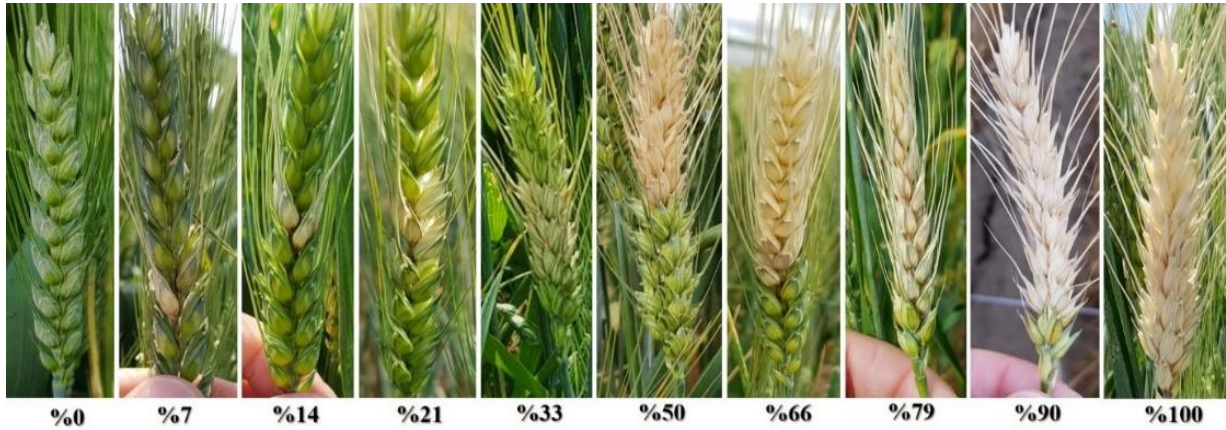
Stok süspansiyon Thoma lamı kullanılarak, 5×10^5 spor ml^{-1} yoğunluğa seyreltildikten sonra %0,1 Tween 20 ilave edilerek el spreyine aktarılmıştır. İnokulum, buğday

başaklarına %50 çiçeklenme döneminde (ZGS:65) (Zadoks ve ark., 1974), 100 ml m^{-2} dozda spreyleme şeklinde uygulanmıştır (Miedaner ve ark., 2003, 2004; Muthomi ve ark., 2007). Kontrol (-) parsellerinde yer alan başaklara ise sadece saf su uygulanmıştır. İnokulasyon sonrasında nem sağlamak amacıyla tüm parsellere öğleden sonra 2 gün süreyle sisleme yapılmıştır.

Çeşit Reaksiyonlarının Belirlenmesi

Suni inokulasyondan sonra her parselden rastgele 20 adet ana bitkiye ait başak seçilerek etiketlenmiş, 14. ve 21. günlerde hastalık gözlemleri, 10 kategoriden oluşan (%0, 7, 14, 21, 33, 50, 66, 79, 90, 100) modifiye edilmiş Horsfall-Barrett gözlem skalası kullanılarak değerlendirilmiştir (Stack ve McMullen, 2011) (Şekil 3). Çeşitlerin hastalık şiddeti Townsend ve Heuberger (1943) formülüyle hesaplanmıştır:

$$\text{Hastalık Şiddeti (\%)} = \frac{\sum (\text{Skala Değeri} \times \text{Skala Değerine Dahil Olan Bitki Sayısı})}{\text{Toplam Bitki Sayısı} \times \text{En Yüksek Skala Değeri}} \times 100$$



Şekil 3. Çalışmadan elde edilen *Fusarium* başak yanıklığı skala görselleri.
Figure 3. *Fusarium* head blight scale images obtained from the study.

Hasat Sonrası Değerlendirmeler

Hastalık değerlendirmeleri yapılan başaklar sap kısmının 1 cm altından kesilmiş ve hassas terazide ($\pm 0,01$) tartılarak, başak ağırlıkları (g) kaydedilmiştir. Başaklar el tezgahında harman edildikten sonra otomatik sayım cihazıyla (Contador) 2 defa 500 tane sayılıp tartılmış ve bin tane ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Taneler görsel olarak incelendikten sonra cılız ve buruşuk olanlar enfekteli, normal olanlar ise sağlıklı olarak sınıflandırılmış ve enfekteli tane oranları (%) tespit edilmiştir.

Buğday örneklerinde DON tespiti, çoklu mikotoksin sıvı kromatografi-kütle spektrometresi cihazında (LC-MS/MS) özel analiz kiti (Jasem) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çeşitlere ait tekerrürlerden homojen olarak alınan ve paçal edilen, 50 g'lık her bir numune homojenizatör cihazıyla karıştırıldıktan sonra içerisinde 2 adet paçal alt numune alınıp, ekstraksiyon işlemi için öğütücüye aktarılmıştır. Ekstraksiyon sonrasında 50 ml'lik polipropilen santrifüj tüpü içine 5 g numune ve üzerine 20 ml "reaktif 1" eklenerek, 15 dakika çalkalayıcıda karıştırılmış ve 4500 rpm'de 5 dakika

süreyle santifüj edilmiştir. Santifüj sonrasında numune 45 mikron filtreden geçirilerek, vialerle aktarılmıştır. Cihazda kalibrasyon eğrisi çizildikten sonra, numune çözeltileri sırasıyla okutulmuş ve sonuçlar seyreltme faktörü dikkate alınarak belirlenmiştir (Anonim, 2025b).

İstatistiksel Analizler

Çalışmada elde edilen veriler JMP Pro 17.0.0 (SAS Institute, North Carolina, USA) paket programı kullanılarak, varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farkların istatistiksel anlamlılığı en küçük önemli fark (LSD) testi ile %5 ($p \leq 0,05$) ve %1 ($p \leq 0,01$) düzeylerinde değerlendirilmiştir. Parametreler arasındaki ikili ilişkiler Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Başaklarda Gözlenen Hastalık Semptomları

İlk enfeksiyon belirtileri inokulasyondan 10-12 gün sonra, genellikle başağın orta kısımlarındaki başakçıklarda gözlenmiştir. Ancak çiçeklenme durumuna bağlı olarak başağın farklı bölgelerinde bir veya birden fazla başakçık enfeksiyonuna da rastlanmıştır. Patojenin enfeksiyon noktasından itibaren zamanla başak eksenini boyunca yukarı ve aşağı yönlü ilerleyerek diğer başakçıklara ulaştığı, bazen de başak sapının alt kısmına kadar yayıldığı gözlenmiştir. Hastalık başak üzerinde açık sarı renkteki yanıklık (kloroz) belirtisiyle kendini göstermiştir. Enfekteli başaklarda tane, enfeksiyon şiddetine bağlı olarak, açık sarı ve/veya pembe renkte, normal taneden daha cılız ve buruşuk bir görünüm kazanmıştır (Şekil 4).

Patojenisite Testi

F. culmorum S-14 izolatının, patojenisitesinin devamlılığının tespitine yönelik yapılan çalışma sonunda, inkübasyon süresi sonunda kontrol (sağlıklı) grubundaki tüm tohumların %100 çimlendiği, enfekteli grupta ise çimlenme oranının %4 olduğu gözlenmiş, patojenin tohum çimlenmesini %96 oranında engellediği belirlenmiştir. Bu bulgu, izolatın yüksek derecede virülensliğini koruduğunu açıkça ortaya koymuştur.

Çeşitlerin Duyarlılık Düzeyleri

12 ekmeklik buğday çeşidinin FBY'ye karşı duyarlılık düzeyleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Çeşitlerin inokulasyondan sonraki 14. ve 21. gün hastalık şiddeti ve enfekteli tane oranı ortalamaları arasında gözlenen farklar %1 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Kontrol (-) parsellerinde ise hastalık belirtisine ve enfekteli taneye rastlanmamıştır. Enfekteli (+) parsellerde ortalama hastalık şiddeti inokulasyondan sonra 14.günde %38,7, 21. günde %85,0 olarak tespit edilirken, ortalama enfekteli tane oranı %59,2 olarak kaydedilmiştir. İnokulasyondan sonraki 14.günde en yüksek hastalık şiddeti Maden (%51,6), en düşük hastalık şiddeti Falado (%24,0) çeşitlerinde gözlenmiştir. 21.günde en yüksek hastalık şiddeti Rumeli (%96,6) çeşidinde gözlenirken, Nkü Lider (%95,7) ve Anafarta (%95,5) ile aynı grupta yer almış, en düşük hastalık şiddeti ise Falado (%63,2) çeşidinde tespit edilmiştir.

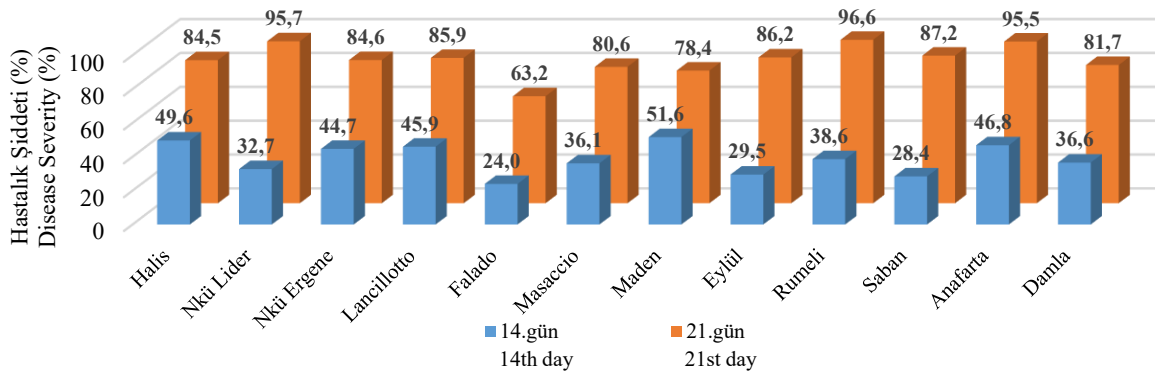


Şekil 4. a-d: Buğday başaklarında *Fusarium* başak yanıklığı hastalık semptomları, e: Başak sapında yanıklık belirtisi, f: Süt olum dönemi (ZGS:71), g: Hamur olum dönemi (ZGS:83), h: Tam olum dönemi (ZGS:92) kontrol - (sağ) ve enfekteli + (sol) tanelerin görünümü.
Figure 4. a-d: *Fusarium* head blight disease symptoms on wheat heads, e: Blighting symptom on the peduncle, f: Milk stage (ZGS:71), g: Dough stage (ZGS:83), h: Full maturity stage, the appearance of control - (left) and infected + (right) kernels.

Enfekteli tane oranı değerlendirmesinde en yüksek değer Rumeli (%85,1), en düşük değer ise Falado (%22,2) çeşitlerinde gözlenmiştir (Çizelge 3). Çeşitler arasında hastalık şiddeti ve enfekteli tane oranı bakımından FBY'ye karşı en tolerant çeşit Falado, en hassas çeşitler ise Rumeli ve Anafarta olarak belirlenmiştir.

Farklı buğday genotiplerinin FBY'ye karşı farklı düzeylerde reaksiyon gösterdiğine dair çalışma sonucumuza benzer bulgular birçok araştırmacı

tarafından da rapor edilmiştir (Tunalı ve ark., 2006; Kansu, 2009; Mesterhazy ve ark., 2011; Işık ve Mert-Türk, 2013). Duyarlılık düzeylerinde gözlenen bu farklılıklar, buğday genotiplerinin sahip oldukları farklı FBY dayanıklılık mekanizmalarından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte duyarlılık düzeyi üzerinde iklimsel koşulların da önemli etkiye sahip olduğu vurgulanmaktadır (Mesterhazy, 2002; Chrpova ve ark., 2010).



Şekil 5. Çeşitlerin *Fusarium* başak yanıklığına karşı duyarlılıkları.
Figure 5. Susceptibility of varieties to *Fusarium* head blight.

Çizelge 3. Buğday çeşitlerinin *Fusarium* başak yanıklığına karşı duyarlılık düzeyleri.
Table 3. Sensitivity levels of wheat cultivars to *Fusarium* Head Blight.

Çeşit / Variety	Hastalık Şiddeti / Disease Severity (%)		Enfekteli Tane / Infected Kernel (%)	
	14.Gün	21.Gün		
Halis	49,6	84,5	72,1	
Nkü Lider	32,7	95,7	56,1	
Nkü Ergene	44,7	84,6	41,3	
Lancillotto	45,9	85,9	52,7	
Falado	24,0	63,2	22,2	
Masaccio	36,1	80,6	60,9	
Maden	51,6	78,4	55,9	
Eylül	29,5	86,2	50,8	
Rumeli	38,6	96,6	85,1	
Saban	28,4	87,2	74,0	
Anafarta	46,8	95,5	79,5	
Damla	36,6	81,7	59,2	
Ortalama (Avr.)	38,7	85,0	59,2	
F Değeri (F-Value)	6,5758**	16,2368**	56,3661**	
Kareler Toplamı (SS)	2684,6027	2746,9771	9884,6847	
Kareler Ortalaması (MS)	244,0548	249,7252	898,6077	
En Küçük Önemli Fark (LSD)	10,3	6,6407	6,76	
Varyasyon Katsayısı (CV) (%)	15,7	4,61	6,75	

¹Aynı sütundaki farklı harfler, LSD testine göre anlamlı farklılıkları gösterir. **:p<0,01

¹Different letters in the same column indicate significant differences according to LSD test. **:p<0,01.

Başak Ağırlığı ve Bin Tane Ağırlığı Azalışı (%)

FBY enfeksiyonu sonrasında elde edilen, çeşitlere ait verim bulguları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çeşitlerin başak ağırlığı azalışı (%) ve bin tane ağırlığı azalışı (%) ortalamaları arasında gözlenen farklar %1 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Enfekteli (+) parsellerde ortalama başak ağırlığı azalışı %50,2, ortalama bin tane ağırlığı azalışı ise %44,2 olarak belirlenmiştir. Başak ağırlığı kaybı en yüksek Halis (%64,4), en düşük Falado (%41,5) çeşitlerinde tespit edilmiştir. Bin tane ağırlığında en yüksek azalış Rumeli (%66,4), en düşük azalış ise Falado (%20,9) çeşitlerinde gözlenmiştir. Düşük kayıp oranlarıyla Falado diğer çeşitlere kıyasla öne çıkarken, Halis ve Rumeli

çeşitlerindeki yüksek kayıplar belirgin bir şekilde dikkat çekmiştir.

Matthaus ve ark. (2004), yürüttükleri benzer bir çalışmada FBY'nin verimde %45,9 ve bin tane ağırlığında %36,0 oranında belirgin bir azalışa neden olduğunu bildirmiştir. Tunalı ve ark. (2006), FBY reaksiyon çalışması sonucunda, buğday genotipleri arasında FBY'ye karşı önemli derecede farklılıklar gözlemlediklerini, hassas belirledikleri çeşitlerde %84'e varan verim kayıpları tespit ettiklerini bildirmiştir. Araştırma bulgularımıza benzer şekilde, FBY'nin verim bileşenlerine önemli düzeyde zarar verdiği, önceki yıllarda yürütülmüş çalışmalarda da rapor edilmiştir (Işık ve Mert-Türk, 2013; Polisenska ve ark., 2020).

Çizelge 4. *Fusarium* başak yanıklığının buğday çeşitleri üzerindeki verim parametrelerine etkisi.

Table 4. The effect of *Fusarium* head blight on yield parameters of wheat varieties.

Çeşit / Variety	Başak Ağırlığı (g) Spike Weight (g)		Azalış (%) Decrease (%)		Bin Tane Ağırlığı (g) Thousand Kernel Weight (g)		Azalış (%) Decrease (%)	
	Kontrol (-)	Enfekteli (+)			Kontrol (-)	Enfekteli (+)		
	Control (-)	Infected (+)			Control (-)	Infected (+)		
Halis	58,2	20,7	64,4	a ¹	39,3	18,5	52,8	bc
Nkü Lider	57,9	29,3	49,3	cd	45,6	20,2	55,5	b
Nkü Ergene	54,4	27,6	48,7	cd	42,3	22,5	46,5	cde
Lancillotto	46,9	24,2	48,1	cd	38,9	24,1	38,0	f
Falado	60,3	35,3	41,5	d	38,7	30,6	20,9	g
Masaccio	43,8	23,6	45,5	d	41,7	26,9	35,4	f
Maden	51,0	26,6	47,5	d	40,3	24,2	39,8	ef
Eylül	56,5	24,7	56,1	bc	37,6	22,6	39,6	ef
Rumeli	57,2	21,9	61,7	ab	40,5	13,6	66,4	a
Saban	56,8	31,5	44,5	d	44,4	23,0	48,1	bcd
Anafarta	56,2	29,3	47,6	d	39,3	21,2	46,0	cde
Damla	60,2	31,6	47,5	d	42,2	24,7	41,4	def
Ortalama (Avr.)	55,0	27,2	50,2		40,9	22,7	44,2	
F Değeri (F-Value)			6,2796**				19,1759**	
Kareler Toplamı (SS)			1585,2893				4276,2812	
Kareler Ortalaması (MS)			144,1172				388,7528	
En Küçük Önemli Fark (LSD)			8,11				7,62	
Varyasyon Katsayısı (CV) (%)			9,55				10,19	

¹Aynı sütundaki farklı harfler, LSD testine göre anlamlı farklılıkları gösterir. **:p<0,01

¹Different letters in the same column indicate significant differences according to LSD test. **:p<0,01.

DON Birikimi (mg kg⁻¹)

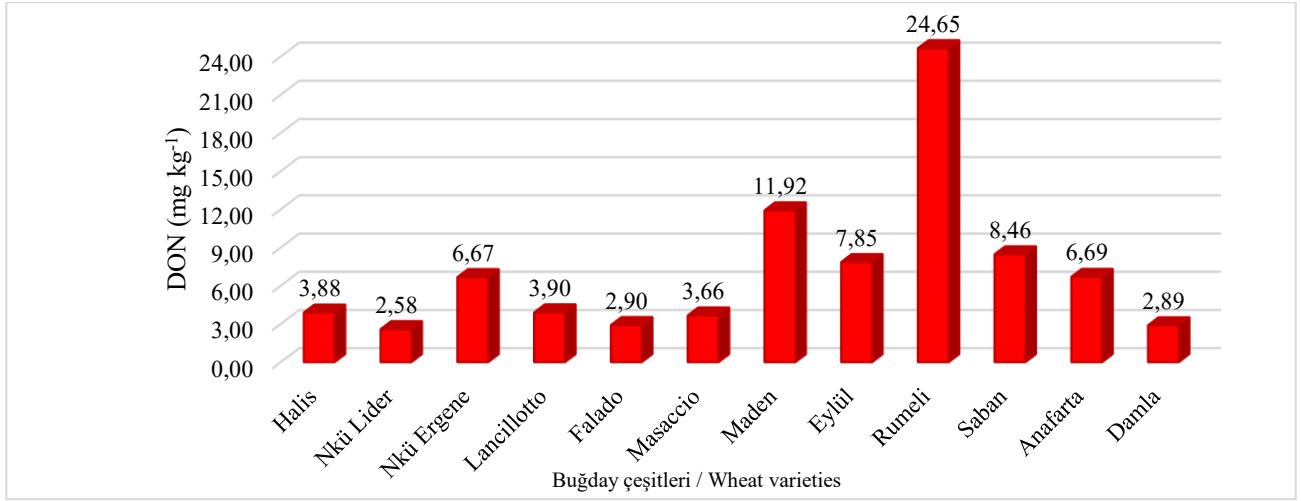
Araştırmamız sonucunda, FBY'nin buğdayda verim bileşenlerine olumsuz etkilerinin yanı sıra yüksek seviyelerde DON birikimine de sebep olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). En yüksek DON birikimi sırasıyla Rumeli (24,65 mg kg⁻¹), Maden (11,92 mg kg⁻¹) ve Saban (8,46 mg kg⁻¹) çeşitlerinde, en düşük DON birikimi ise sırasıyla Nkü Lider (2,58 mg kg⁻¹), Damla

(2,89 mg kg⁻¹) ve Falado (2,90 mg kg⁻¹) çeşitlerinde tespit edilmiştir.

DON birikiminde gözlenen farklılıkların, buğday çeşitlerinin sahip oldukları genotipik özelliklerden ve dayanıklılık mekanizmalarından kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma bulgumuza paralel olarak, Chrpova ve ark. (2010), DON birikiminin, çeşit özelliklerine bağlı olarak değişim gösterebileceğini

bildirmiştir. Mesterhazy (2002), FBY'ye dayanıklı genotiplerde DON birikiminin sıfıra yakın değerlerde seyrettiğini, FBY'ye hassas genotiplerde ise çok yüksek seviyelerde gözlemlendiğini bildirmiştir. Buna karşılık bazı çalışmalarda DON birikiminin hastalık şiddetiyle ilişkili olmadığı da rapor edilmiştir

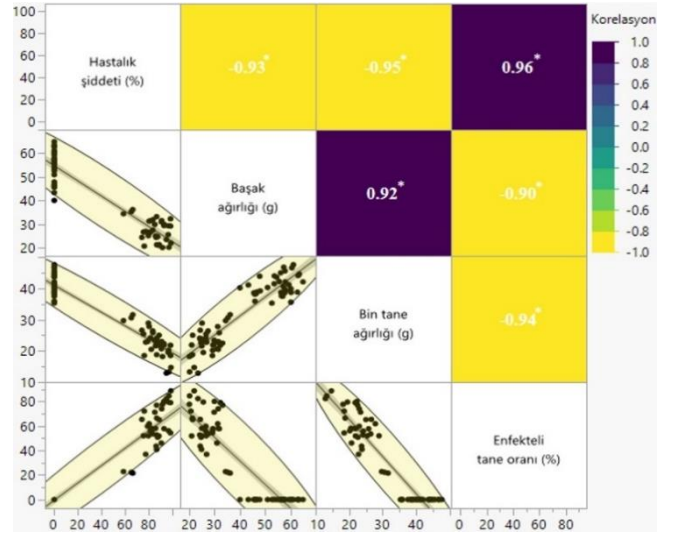
(Wisniewska ve ark., 2004). Ayrıca birçok araştırmacı önceki yıllarda yürüttükleri çalışmalarda, *Fusarium*'un virülensliği ile DON üretme kapasitesi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu vurgulamıştır (Eudes ve ark., 2001; Mesterhazy, 2002).



Şekil 6. Çeşitlerin deoksinivalenol (DON) birikimi.
Figure 6. Accumulation of deoxynivalenol (DON) in varieties.

Parametereler Arasındaki İlişkiler

Hastalık şiddeti, başak ağırlığı, bin tane ağırlığı ve enfekteli tane oranı arasındaki ilişkiler incelendiğinde, hastalık şiddeti ile enfekteli tane oranı arasında pozitif ve yüksek düzeyde korelasyon ($r = 0,96$; $p < 0,01$) gözlenirken, hastalık şiddetiyle bin tane ağırlığı ($r = -0,95$; $p < 0,01$) ve başak ağırlığı ($r = -0,93$; $p < 0,01$) arasında negatif ve güçlü düzeyde korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu sonuçlar, hastalık şiddetinde meydana gelen artışın enfekteli tane oranını arttırdığını, verim bileşenlerini ise önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Çalışma bulgularımız, önceki yıllarda yürütülmüş çalışma sonuçları ile paralellik göstermektedir (Haidukowski ve ark., 2005; Mesterhazy ve ark., 2011; Işık ve Mert-Türk, 2013).



Şekil 6. Pearson korelasyon matrisi (r) ve dağılım grafikleri.
Figure 6. Pearson correlation matrix (r) and scatter graphs.

SONUÇ VE ÖNERİLER

FBY, buğday tarımında küresel ölçekte önemi giderek artan bir hastalık olarak dikkat çekmektedir. Özellikle *F. culmorum*, uygun çevresel koşullarda hızla yayılarak, buğday yetiştiriciliğinde önemli bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle çeşit seçimi, entegre hastalık yönetimi stratejilerinin içerisinde kritik bir rol oynamaktadır. Hastalığın yayılımı ve şiddeti büyük ölçüde çevresel koşullara bağlı olup; bu faktörler çeşit reaksiyonlarının değerlendirilmesinde temel bir belirleyici olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmamız kapsamında buğday çeşitlerinin FBY'ye karşı duyarlılık düzeyleri incelendiğinde, Falado çeşidinin FBY'ye karşı daha toleranslı, Rumeli, Nkü Lider ve Anafarta çeşitlerinin ise daha duyarlı oldukları belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular, FBY'nin buğdayda verim parametreleri üzerinde belirgin düzeyde olumsuz etkilere yol açtığını, özellikle başak ağırlığı ve bin tane ağırlığını büyük oranda azaltarak, ciddi ürün kayıplarına neden olduğunu göstermektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim. 2008. Buğdayda Başak Yanıklığı. s. 24-25. M. Aydemir (Ed.). Ziraî mücadele teknik talimatları (Cilt 1). Ankara.
- Anonim. 2020. 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu. Toprak Mahsulleri Ofisi. Available at <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2020.pdf> (Erişim: 10.01.2025).
- Anonim. 2024. MGM Resmi İklim İstatistikleri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Available at <https://www.mgm.gov.tr/veri-degerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=EDIRNE> (Erişim: 10.02.2025).
- Anonim. 2025a. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Available at <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 19.02.2025).
- Anonim. 2025b. Agilent Tech. Application Not.: 00394 Available at <https://share.google/XNzoOxL3qw1Sas7Qh> (Erişim: 13.04.2025).
- Bai, G. H. and G. Shaner. 1996. Variation in *Fusarium graminearum* and cultivar resistance to wheat scab. Plant Disease 80: 975-979. <https://doi.org/10.1094/PD-80-0975>.
- Bechtel, D. B., L. A. Kaleikau, R. L. Gaines, and L. M. Seitz. 1985. The Effects of *Fusarium graminearum* infection on wheat kernels. Cereal Chemistry 62: 191-197.

Bununla birlikte *F. culmorum* enfeksiyonunun yalnızca verim kaybıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda yüksek miktarlarda DON birikimiyle gıda güvenliği açısından da önemli bir tehdit oluşturabileceği anlaşılmıştır.

Buğday yetiştiriciliğinde yüksek epidemi riski taşıyan ve etmenin yaygın olarak gözlemlendiği alanlarda, entegre mücadele kapsamında özellikle topraktaki inokulum miktarını azaltmak için derin toprak işleme ve ekim nöbeti gibi kültürel önlemlerin yanında FBY duyarlılığı yüksek çeşitlerden kaçınılması ve *Fusarium* toleransı yüksek çeşitlerin tercih edilmesi FBY ile mücadeleye büyük katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, sorumlu yazarın doktora tezinden üretilmiş olup, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından NKUBAP.03.DR.22439 no'lu Bilimsel Araştırma Projesiyle finansal olarak desteklenmiş, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'nün katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

- Boyacioglu, D. and N. S. Hettiarachchy. 1995. Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with *Fusarium graminearum*. Journal of Cereal Science, 21(1): 57-62. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(95)80008-5).
- Chrpova, J., V. Sip, L. Stockova, Z. Milec, and L. Bobkova. 2010. Resistance of winter wheat varieties registered in the Czech Republic to *Fusarium* head blight in relation to the presence of specific Rht alleles. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 46(3): 122. <https://doi.org/10.17221/74/2010-CJGPB>
- Eudes, F., A. Comeau, S. Rioux, and J. Collin. 2001. Impact of trichothecenes on *Fusarium* head blight [*Fusarium graminearum*] development in spring wheat (*Triticum aestivum*). Canadian Journal of Plant Pathology 23(3): 318-322. <https://doi.org/10.1080/07060660109506948>.
- Geçit, H. H., C. Y. Çiftçi, H. Y. Emeklier, S. İkincikarakaya, M. S. Adak, Ö. Kolsarı. ve H. Ekiz. 2011. Tarla Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı. Ankara.
- Haidukowski, M., M. Pascale, G. Perrone, D. Pancaldi, C. Campagna, and A. Visconti. 2005. Effect of fungicides on *Fusarium* head blight, yield and deoxynivalenol accumulation in wheat inoculated under field conditions with *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 191-198. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1965>.

- Hekimhan, H. ve N. Boyraz. 2011. Trakya Bölgesi buğday ekiliş alanlarında fungal kaynaklı kök ve kökboğazı çürüklüğü hastalıklarının tespiti. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 25(3): 25-34.
- Işık, V. ve F. Mert-Türk. 2013. Buğday başak yanıklığı etmeni *Fusarium culmorum*'un farklı buğday çeşitlerinde zearalenone üretimi ve verime etkisinin araştırılması. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 18(1): 13-24.
- Kansu, B. 2009. Buğdayda kök-boğazı çürüklüğü ve başak yanıklığı etmeni *Fusarium culmorum* (W.G.SM) SACC. ve oluşturduğu deoksinivalenol düzeyleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Kazan, K. and D. M. Gardiner. 2018. *Fusarium* crown rot caused by *Fusarium pseudograminearum* in cereal crops: recent progress and future prospects. Molecular Plant Pathology 19: 1547-1562. <https://doi.org/10.1111/mpp.12639>.
- Köycü, N. D. ve N. Özer. 2019. Trakya Bölgesi'nde bazı buğday çeşitlerinin *Fusarium* spp. izolatlarına karşı dayanıklılığın tespit edilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 22(4): 498-505. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.494117>.
- Leslie, J. F. and B. A. Summerell. 2008. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. Ames, Iowa, 230-239.
- Liu, Y., C. Chang, G. Marsh, and F. Wu. 2012. Population attributable risk of aflatoxin-related liver cancer: Systematic review and meta-analysis. European Journal of Cancer 48(14): 2125-2136. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2012.02.009>.
- Maresca, M. 2013. From the gut to the brain: journey and pathophysiological effects of the food-associated trichothecene mycotoxin deoxynivalenol. Toxins 5(4): 784-820. <https://doi.org/10.3390/toxins5040784>.
- Matthaus, K., S. Danicke, W. Vahjen, O. Simon, J. Wang, H. Valenta,... and G. Flachowsky. 2004. Progression of mycotoxin and nutrient concentrations in wheat after inoculation with *Fusarium culmorum*. Archives of Animal Nutrition 58(1): 19-35. <https://doi.org/10.1080/00039420310001656668>.
- McMullen, M. P. and R. W. Stack. 1994. Head blight (scab) of small grains. Circular (NDSU Extension Service).
- Mesterhazy, A. 1978. Comparative analysis of artificial inoculation methods with *Fusarium* spp. on winter wheat varieties. Phytopathologische Zeitschrift 93(1): 12-25.
- Mesterhazy, A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. Plant Breeding 114(5): 377-386. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1995.tb00816.x>.
- Mesterhazy, A. 2002. Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight. Mycotoxins in Plant Disease: Under the aegis of COST Action 835 'Agriculturally Important Toxigenic Fungi 1998-2003, EU project (QLK 1-CT-1998-01380), and ISPP 'Fusarium' Committee, 675-684. <https://doi.org/10.1023/A:1020631114063>.
- Mesterhazy, A., T. Bartok, C. G. Mirocha, and R. Komoroczy. 1999. Nature of wheat resistance to *Fusarium* head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. Plant Breeding, 118: 97-110. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.1999.118002097.x>.
- Mesterhazy, A., B. Toth, M. Varga, T. Bartok, A. Szabo-Hever, L. Farady, and S. Lehoczki-Krsjak. 2011. Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol. Toxins 3(11): 1453-1483. <https://doi.org/10.3390/toxins3111453>.
- Miedaner, T., M. Moldovan, and M. Ittu. 2003. Comparison of spray and point inoculation to assess resistance to *Fusarium* head blight in a multienvironment wheat trial. Phytopathology 93:1068-1072. <https://doi.org/10.1094/PHTO.2003.93.9.1068>.
- Miedaner, T., N. Heinrich, B. Schneider, G. Oettler, S. Rohde, and F. Rabenstein. 2004. Estimation of deoxynivalenol (DON) content by symptom rating and exoantigen content for resistance selection in wheat and triticale. Euphytica 139: 123-132. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-2489-4>.
- Muthomi, J. W., G. M. Riungu, J. K. Ndung'u, and R. D. Narla. 2007. Occurrence of wheat head blight and *Fusarium* species infecting wheat. African Crop Science Conference Proceedings Vol. 8: 863-867.
- Nightingale, M., B. A. Marchylo, R. M. Clear, J. E. Dexter, and K. R. Preston. 1999. *Fusarium* head blight: Effect of fungal protease on wheat storage protein. Cereal Chemistry 76: 150-158. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.1.150>.
- Özkeskin, E. 2019. Bazı buğday çeşitlerinin başak yanıklık hastalığı etmeni *Fusarium graminearum* ve *Fusarium culmorum*'a duyarlılıklarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Parry, D. W., P. Jenkinson, and L. McLeod. 1995. *Fusarium* ear blight (Scab) in small grain cereal- a review. Plant Pathology 44: 207-238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02773.x>.
- Pasquali, M., M. Beyer, A. Logrieco, K. Audenaert, V. Balmas, R. Basler,... and S. Vogelgsang. 2016. A European database of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* trichothecene genotypes. Frontiers in Microbiology 7: 406. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00406>.

- Pirgozliev, S. R., S. G. Edwards, M. C. Hare, and P. Jenkinson. 2003. Strategies for the control of *Fusarium* head blight in cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 731-742. <https://doi.org/10.1023/A:1026034509247>.
- Polisenska, I., K. Vaculova, O. Jirsa, I. Sedlackova, and J. Frydrych. 2020. The effect of *Fusarium culmorum* on yield and grain characteristics of winter wheat cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture* 107(2): 113–122. <https://doi.org/10.13080/z-a.2020.107.015>.
- Shahin, S. A., L. R. Gunupuru, and F. M. Doohan. 2015. Visual assessment of the severity of *Fusarium* seedling blight (FSB) and *Fusarium* head blight (FHB) disease in barley, *Bio-protocol* 5(12): e1507. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.1507>.
- Stack, R. W. and M. P. McMullen. 2011. A Visual Scale to Estimate Severity of *Fusarium* head blight in wheat retrieved from North Dakota State University. PP1095.
- Townsend, G. R. and J. W. Heuberger. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. 27: 340-343.
- Tunalı, B., İ. Özseven, O. Büyük, D. Erdurmuş, and A. Demirci. 2006. *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation of wheat in Marmara Region and reactions of wheat cultivars and lines to *F. graminearum* and *F. culmorum*. *Plant Pathology Journal* 5: 150-156. <https://doi.org/10.3923/ppj.2006.150.156>.
- Wisniewska, H., J. Perkowski, and Z. Kaczmarek. 2004. Scab response and deoxynivalenol accumulation in spring wheat kernels of different geographical origins following inoculation with *Fusarium culmorum*. *Journal of Phytopathology* 152: 613–621. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2004.00904.x>.
- Wong, L. S. L., A. Tekauz, D. Leisle, D. Abramson, and R. I. H. McKenzie. 1992. Prevalence, distribution and importance of *Fusarium* head blight in wheat in Manitoba. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 14: 233–238. <https://doi.org/10.1080/07060669209500882>.
- Zadoks, J. C., T. T. Chang, and C. F. Konzak 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14(6): 415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>.