

Bazı makarnalık buğday çeşitlerinde Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının sarı pas hastalığının şiddetine etkileri

Effects of Fe, Zn and Fe+Zn fertiliser applications on the severity of yellow rust disease in some durum wheat varieties

Metin AYDOĞDU¹, Kadir AKAN²

¹Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Recieved / Geliş: 10.07.2023 Accepted / Kabul: 19.09.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Makarnalık buğday Çok bantlı (Hiperspektral) veriler Mineral gübreler Fenolojik dönemler Hastalık şiddeti</p> <p>Keywords: Durum wheat Hyperspectral data Mineral fertilizers Phenological period Disease severity</p> <p>✉ Corresponding author/Sorumlu yazar: Metin AYDOĞDU metin.aydogdu@tarimorman.gov.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz.</p> <p>© Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</p> <p>This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> 	<p>Bu araştırmada, bazı makarnalık buğday çeşitlerinin fenolojik dönemlerinde farklı dozlarda uygulanan mineral gübre uygulamalarının pas hastalığının şiddeti üzerine etkileri 2018-2019 yetiştirme sezonunda araştırılmıştır. Makarnalık (Kızıltan 91, Eminbey, Çeşit-1252 ve Mirzabey) ve standart buğday çeşitlerine (Morocco ve Little Clup) kardeşlenmeden sapa kalkma dönemine kadar olan farklı dozlarda Fe (Fe₅, Fe₁₀, Fe₂₀), Zn (Zn_{7.5}, Zn₁₅, Zn₃₀) ve kombinasyonları (Fe+Zn_(5+7.5), Fe+Zn₍₁₀₊₁₅₎, Fe+Zn₍₂₀₊₃₀₎) uygulanmıştır. Farklı dozda gübre uygulamalarına karşın hastalık şiddetindeki değişimler 4 farklı fenolojik dönemde ArcGIS'in "Image Classification" modülünde kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle değerlendirilmiştir. Gübre uygulaması yapılmayan çeşitlerle kıyaslandığında, erken dönemde makarnalık Kızıltan-91 ve Çeşit-1252 çeşitlerinde Fe ve Zn gübre uygulamalarının tüm dozlarda hastalık şiddetinde azalmaya neden olmuştur. Eminbey çeşidinde Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde değişen düzeylerde artışlar belirlenirken, en fazla artışlar orta-geç dönemde (+%200) saptanmıştır. Mirzabey 2000 çeşidi için Fe gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde azalmaların, daha çok erken dönemde (-%16.69) olduğu değerlendirilmiştir.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>In this study, the effects of mineral fertiliser applications at different doses on the severity of rust disease during the phenological stages of some durum wheat varieties were investigated during 2018-2019 production period. Different doses of Fe (Fe₅, Fe₁₀, Fe₂₀), Zn (Zn_{7.5}, Zn₁₅, Zn₃₀) and their combinations (Fe+Zn_(5+7.5), Fe+Zn₍₁₀₊₁₅₎, Fe+Zn₍₂₀₊₃₀₎) were applied to durum (Kiziltan 91, Eminbey, Variety-1252 and Mirzabey) and standard wheat varieties (Morocco and Little Clup) from tillering to stalk emergence. Changes in disease severity against different doses of fertiliser applications were evaluated by uncontrolled classification method in "Image Classification" module of ArcGIS in 4 different phenological periods. Fe and Zn fertiliser applications caused a decrease in disease severity at all doses in durum cultivars Kiziltan-91 and Variety-1252 in the early period compared to the cultivars without fertiliser application (control). In Eminbey cultivar, Fe, Zn and Fe+Zn fertiliser dose applications caused increases in disease severity at different levels, while the highest increases were found in the middle-late period (+200%). For Mirzabey 2000 variety, it was evaluated that the decreases in disease severity in Fe fertiliser dose applications were mostly in the early period (-16.69%).</p>
<p>Cite/Atıf</p>	<p>Aydoğdu, M., & Akan, K. (2023). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinde Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının sarı pas hastalığının şiddetine etkileri. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 28 (3), 694-711. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1325285</p>

GİRİŞ

Bitkisel üretimin miktar ve kalitesini sınırlayan önemli biyotik faktörlerden biri de, fitopatogenler tarafından oluşturulan bitki hastalıklarıdır. Biyotik stres faktörlerinin kontrol edilmesinde klasik pestisit uygulamaları herhangi bir kalıntı içermeyen gıda üretimi ile sürdürülebilir gıda güvenliği konularında tereddütlere yol açmaktadır. Bu duruma ek olarak pestisit uygulamalarının çevre ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri ile üründe pestisit kalıntısı veya biyotik stres faktörlerinde belirlenebilen direnç problemleri, günümüz bitkisel üretiminde öncelikle ve acilen çözülmesi gereken konular arasındadır. Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik için, bitki hastalıklarının kontrolünde insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen, ürün verim ve kalitesinde stabiliteyi koruyan kimyasal kontrol uygulamalarına alternatif olabilecek yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi şarttır (Atkinson & McKinlay, 1997; Batish ve ark., 2007; Camprubí ve ark., 2007). Bu kapsamda, farklı bitki besin maddelerinin, bitkiler ve bitkilerle ilişkili olan mikroorganizmaların gelişmesini ve büyümesini olumlu veya olumsuz yönde ve değişen düzeylerde etkilediği bilinmektedir (Agrios, 2005). Özellikle bitki patojenlerine karşı bitki besin maddelerinin kullanımı, hastalıklara olan toleransı veya dayanıklılığın artırması açısından önem kazanmıştır (Graham & Webb, 1991). Dünyada buğday üretilen ekolojilerde önemli verim ve kalite kayıplarına sebep olan buğday hastalıklarının başında, *Puccinia* etmenlerinin neden olduğu pas hastalıkları gelmektedir (Samborski, 1985; Roelfs ve ark., 1992; Cat ve ark., 2021; Tekin ve ark., 2022; İpek ve ark., 2023). Pas hastalıkları hakim rüzgarlar ile geniş alanlara yayılabilmekte, küresel düzeyde buğday üretimi için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır (Saari & Prescott, 1985; Kolmer, 2005; Tekin ve ark., 2021; Çat, 2022; Cat ve ark., 2023). Son yıllarda fungusit kullanımı nedeniyle oluşan maliyet artışı ve fungusitlerin çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri nedeniyle, pas hastalıklarının erken dönemde tespit edilerek kontrol altına alınması önem kazanmıştır (Cat ve ark., 2017).

Bitki besin maddelerinin fizyolojik fonksiyonları genel olarak iyi anlaşılmasına karşın, bitki besin maddeleri ile bitki fitopatogen etkileşimlerinin dinamik yapısı hala yeterince anlaşılammıştır (Huber ve ark., 1996). Yürütülen çalışmalar sonucunda, daha yüksek birim alan verimi ve bazı hastalıkların kontrolü için doğru miktar ve zamanda gübre uygulamalarının önemli olduğu rapor edilmiştir. (Marschner 2011; Huber ve Graham 1999; Graham ve Webb 1991).

Bu amaçla son yıllarda bitki besin maddesi olarak azot (N), fosfor (P), potasyum (K), çinko (Zn), mangan (Mn), bor (B), klor (Cl) ve silisyum (Si) sürdürülebilir tarımda, bitkinin sağlıklı yetiştirilerek hastalığa dayanıklılık reaksiyonunun artırılmasında veya hastalık şiddetinin azaltılmasında kullanıldığı bilinmekte olup genel kabul olarak “doğru yapılan bitki besin maddeleri uygulamalarının bazı bitki hastalıklarını kabul edilebilir bir düzeye kadar azaltabileceği” bildirilmiştir (Dordas, 2008). Diğer taraftan bütün bitki besin maddelerinin değişen düzeylerde hastalık şiddetini etkilediği rapor edilmiştir (Huber & Graham, 1999). Genel bir kural olmamakla birlikte özel herhangi bir besin elementi, herhangi bir bitki hastalığının şiddetini ortamdaki diğer hastalıkların yoğunluğuna ve çevre şartlarına bağlı olarak azaltabilir veya artırabilir. (Marschner 1995; Graham & Webb, 1991; Huber, 1980). Bitki besin maddeleri hastalık direncini ve toleransını değişen düzeylerde etkileyebilmektedir. Konukçunun hastalığa genetik dayanıklılığı, patojen enfeksiyonu, gelişmesi, miktarını arttırması ve sekonder enfeksiyonlarını engellemesi bakımından oldukça önemlidir (Graham & Webb, 1991). Bazı mikro bitki besin maddelerinin (iz elementler) farklı bitki hastalıkları üzerinde değişken bir etkiye sahip olduğu, bazı durumlarda hastalığın şiddetini azaltıcı, bazı durumlarda ise hastalığın şiddetini artırıcı bir etkiye sahip olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Huber, 1980; Römheld & Marschner, 1991; Huber & Graham, 1999; Marschner, 2011). Bitki hastalıklarının olumsuz etkilerinin en düşük seviyeye indirebilmesinin yollarından biri de, etkin bitki besin maddelerinin kullanımıyla, bitkinin biyokimya ve fizyolojisini sağlıklı yönde geliştirilmesi esasına dayandırılmaktadır. Mikro bitki besin maddelerinin önemli bir kısmının, bitkilerin patojenlerine karşı dayanıklı veya toleranslı olmada önemli sorumlulukları olabileceği bildirilmiştir (Marschner, 2011).

Domates bitkilerine hem tek başına ve hem de vermikompost kullanımı, mikoriza ile birlikte uygulanan potasyum gübrelenmesi kombinasyonu, *Pseudomonas cichorii*' nin neden olduğu domates öz nekrozu hastalığını önlemede %52-74 oranında başarılı olduğu rapor edilmiştir (Ercan ve ark., 2022). Karnez ve ark., (2021) tarafından domateste vermikompost gübrelenmenin bakteriyel benek hastalığını (Etmen; *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) baskılanmasının incelenmesi amacıyla yürütülen saksı denemesinde hem toprağa hem de yaprağa uygulanan mikro ve makro element düzeylerindeki değişim incelenmiştir. Çalışma sonucu vermikompost uygulamasının domateste mikro ve makro bitki besin maddesi içeriğinde artışın sağlandığı ve bu durumun bir sonucu olarak yeterli ve dengeli beslenen domateslerde bakteriyel benek hastalığı önemli oranda baskılandığı bildirilmiştir. Araştırma sonucunda, hastalığa yakalanmış bitkilerin mikro ve makro bitki elementlerinin alması için vermikompost'un hem topraktan hem de yapraktan kombinasyon halinde uygulanması tavsiye edilmiştir.

Graham ve Webb (1991), bitki gelişimi süresince pas hastalıklarının kontrol edilmesi ve olumsuz etkilerinin sınırlandırılması için tavsiye edilen fungusit uygulamalarının yerine Mn ve Zn gibi mikro bitki besin maddelerinin kullanılmasının çevre sağlığının korunarak, fungusit uygulamalarına alternatif olabilecek etkili ve daha düşük maliyetli çözümler sunabileceğini bildirmişlerdir. Demir (Fe) insan, hayvan ve bitki sağlığında önemli bir besin maddesi olup Fe uygulamalarının bitki hastalıkları reaksiyonlarına ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Fe uygulamalarının, buğday'da sarı pas (Etmen; *Puccinia striiformis*), kahverengi pas (Etmen; *Puccinia triticana*) ve kara pas (Etmen; *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*) hastalıkları gibi birçok yaprak hastalığının şiddetinin azaltılmasına veya değişen düzeylerde kontrol edilmesine katkı sağladığı rapor edilmiştir (Graham, 1983; Graham & Webb, 1991). Çinko (Zn), bitkilerin hastalıklara karşı olan reaksiyonlarında çok farklı etkileşimlere neden olabilmektedir. Bazı durumlarda hastalığın şiddetinin ve yaygınlığının azaltılmasına katkı sağlarken, bazı durumlarda ise mevcut durum üzerine herhangi bir etkisi olmadığı rapor edilmiştir (Graham & Webb, 1991; Grewal ve ark., 1996). Büyüme parametrelerinin zenginleştirilmesinde Zn'nin rolü, buğdayda pas hastalıklarına karşı olan dayanıklılık reaksiyonlarını harekete geçirmesi yönünde olabilmektedir. Ek olarak Zn bitkideki "oksin" seviyesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Ohki, 1978). Oksin bitkideki meristem aktivitesini uyararak daha fazla hücre bölünmesini ve hücrenin genişlemesini sağladığı bildirilmiştir (Devlin & Witham, 1983). Danedeki protein içeriğine ek olarak danedeki ve bayrak yaprağındaki Fe, Mn ve Zn konsantrasyonları bu bitki besin maddelerinin kullanımı ile artabilmektedir. Zn eksikliği belirlenen *Hevea brasiliensis* (kauçuk ağacı) bitkisinde, *Oidium* spp. etmeni enfeksiyonu sonrası kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hastalık şiddetinin arttırdığı rapor edilmiştir (Bolle-Jones & Hilton, 1956). Buğdayda pas hastalığının kimyasal yöntemlerle engellenmesi ve aşırı gübre ve fungusit kullanımının önüne geçilmesi için Fe, Zn gibi mikro besin elementlerinin ilave edilmesi alternatif bir çözüm olarak görülmüştür. Bu sayede girdi maliyetlerinde önemli azalışlar görülecek, kimyasalların insan ve hayvan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri azaltılacaktır. Erken dönemde hastalığın önüne geçilerek, bitkinin hastalığa olan dayanıklılığı artacaktır. Gelecekte bu amaçla farklı lokasyonlarda hastalığın önüne geçilmesi için farklı mikro besin elementlerinin kullanımı daha fazla önem kazanacaktır. Farklı buğday çeşitlerinde pas hastalıklarının (sarı pas, kara pas, kahverengi pas vb.) önüne geçmek için mikro besin elementlerinin kullanımının yaygınlaşması için daha fazla araştırma yapmak ihtiyacı doğmuştur.

Bu çalışmanın amacı; farklı büyüme dönemlerinde olan Çeşit-1252, Eminbey, Kızıltan 91 ve Mirzabey 2000 makarnalık buğday çeşitlerine farklı Fe, Zn ve Fe+Zn mineral gübre uygulamalarının mevsimsel etkilerinin hiperspektral veriler (çok bantlı) kullanılarak yapay epidemi şartları altında sarı pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığının reaksiyonlarının değerlendirilmesi ve hastalık şiddeti değişimi üzerine olan etkilerinin incelenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme alanının iklim ve toprak özellikleri

Çalışma, Yenimahalle’de (Ankara) yerleşik olan Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü (TARM) Müdürlüğü araştırma alanlarında 2018-2019 üretim sezonunda yürütülmüştür. Ağustos 2018 ve Temmuz 2019 dönemi iklim verileri birlikte değerlendirildiğinde (OMNI-Meteoroloji) aylık ortalama yağışın 33.2 mm, aylık ortalama sıcaklığın ise 12.08°C, olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2019). Toprak tekstürü killi-tınlı olarak tespit edilmiştir.

Bitki materyali ve ekimi

Araştırma sonuçlarının daha kolay anlaşılması ve yorumlanabilmesi amacıyla Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne geliştirilmiş ve tescil ettirilmiş sarı pas hastalığına karşı reaksiyonları bilinen Eminbey (Dayanıklı), Çeşit-1252 (Orta Hassas), Kızıltan-91 (Orta Hassas) ve Mirzabey 2000 (Orta Hassas) çeşitleri ve hassas kontrol olarak “Little Club” genotipi kullanılmıştır. Tüm test materyali Ekim ayı içinde (2018) her bir çeşit için sıra uzunluğu 0.60 m, 4 sıra ve 3 tekerrürlü olacak şekilde 10 m’lik parsellere elle ekilmiştir. Erken dönemde hastalığın bulaşmasının sınırlandırabilmesi için tekerrürler arası 0.50 m, bloklar arası 0,75 m mesafe olacak şekilde düzenlenmiştir.

Denemenin planlanması ve mineral gübre uygulama zamanları

Tüm test materyali, her sıraya 2,5-3 g tohum (20 kg da⁻¹ tohum) olacak şekilde 4 sıra olarak elle ekilmiştir. Ekimle birlikte 14 kg da⁻¹ hesabıyla (6.3 gr/0,45 m²) Diamonyum Fosfat (DAP) gübre uygulaması yapılmıştır. Parsel genişliği 0.60 m parsel boyu 10 m (0.60 m*10 m = 6 m²) olup demir (Fe) ve çinko (Zn) ve demir+çinko (Fe+Zn) mineral gübre uygulamaları için gübre dozu bu alan üzerinden hesaplanmıştır.

Fe gübreleme uygulamaları için Fe-6 Forte® kullanılarak 5, 10, 20 g/5 l dozunda, Zn gübreleme uygulamaları için Toz-Forte® kullanılarak 7.5, 15, 30 g/5 l dozunda, Fe+Zn gübreleme uygulamaları için kullanılarak 12,5, 25, 50 g/5 l dozunda Zadoks 25 döneminden (Zadoks ve ark., 1974) başlanarak 6 farklı fenolojik dönemde (Zadoks skalasına göre) uygulama yapılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Uygulanan mineral gübreler, dozları ve uygulama sırasında bitkinin Zadoks skala evreleri

Table 1. Applied mineral fertilisers, doses and Zadoks scale stages of the plant during application

Uygulamalar	Gübreler	Dozlar (g/5L)	Zadoks Skala Evresi
I. Uygulama	Fe	5.0	
	Zn	7.5	
	Fe+Zn	12.5	Z25
II. Uygulama	Fe	10.0	Z31
	Zn	15.0	Z33
	Fe+Zn	25.0	Z35
III. Uygulama	Fe	20.0	Z39
	Zn	30.0	Z47
	Fe+Zn	50.0	

Patojen inokulasyonu ve hastalık reaksiyonlarının incelenmesi

Patojenin inokulasyonu için, taze olarak toplanmış sarı pas hastalığı ürediosporları kullanılmıştır. Patojen inokulasyonları özellikle havanın kararmasına yakın bir zaman diliminde (akşamüstü) rüzgarsız bir havada “Ulusal Bitki Koruma Standartlarına” (Li ve ark., 1989) uygun olarak yapılmıştır. Hastalık inokulasyonu ULV+® cihazı kullanılarak 06 Mayıs 2019 (Feekes 6) ve 13 Mayıs 2019 (Feekes 10) tarihlerinde olmak üzere iki kez yapılmıştır. İnokulasyon sırasında sporların sürüklenmesi engellenerek, homojen inokulum dozu uygulamasının sağlanması için bloklar arasında plastik bariyerler kullanılmıştır.

Hastalık reaksiyonlarının değerlendirilmesi ve veri analizi

Tüm test materyalinin hastalık reaksiyon değerlendirmeleri farklı fenolojik gelişme dönemlerinde (Feekes skalası kullanılarak) yapılmıştır (Large, 1954). Tüm test materyalinin (hastalık inokulasyonu yapılmayan gruplar ve hastalık inokulasyonu yapılan gruplar ile hassas kontrol genotipi) reaksiyonları, “çiçeklenme başlangıcı (25 Mayıs 2019), erken dönem (Feekes 10.5.1)”, “dane dolum (06 Haziran 2019), erken-orta dönem (Feekes 10.5.3)”, “süt olum (15 Haziran 2019) orta-geç dönem (Feekes 10.5.4)” ve “sararma (23 Haziran 2019) geç dönem (Feekes 11.1)” olmak üzere 4 dönemde yapılmıştır (Fowler, 2018).

Hastalığın değerlendirilmesinde incelenen her sıra için Modifiye Cobb skalası kullanılarak gözlenen en yüksek hastalık reaksiyon skoru kaydedilmiştir. “Hastalıklı alan (Hastalığın şiddeti)” (Hastalığın yaprak üzerinde kapladığı % alan) (Peterson ark., 1948) ve “hastalığın reaksiyon tipleri” (Reaksiyon tipleri; R: 0,2; MR: 0,4, MR-MS: 0,6; MS: 0,8; S: 1) çarpımı ile Enfeksiyon Katsayısı (EK) hesaplanmıştır (Roelfs ve ark., 1992). EK reaksiyon birlikte değerlendirildiğinde 5 grup oluşturulmuş ve oluşturulan bu gruplamaya göre; EK= 0-20 skorları dayanıklı grup, EK = 20.1-100 skorları hassas grup olarak değerlendirilmiştir (Akan, 2019).

Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının mevsimsel etkilerinin hiperspektral veriler (çok bantlı) kullanılarak incelenmesi için; her uygulamada (mineral gübre uygulaması ve gübre dozu uygulaması için) her bir tekerrürden 20 yaprak olacak şekilde (4 çeşit *5 yaprak örneği) üç tekerrürden toplam 60 adet yaprak değerlendirilmiştir. Hastalık şiddetinin hesaplanması için bitkinin üstten üçüncü yaprağı değerlendirilmiş olup, bu şekilde değerlendirmenin mümkün olmadığı durumlarda üstten ikinci yaprak değerlendirilmiştir. Hastalığın ortalama şiddetinin belirlenmesi için, her tekerrürden her çeşit için değerlendirilen 5 yaprak için 1 adet ortalama hastalık skoru hesaplanmıştır. Bu şekilde her bir mineral gübre ve gübre dozu uygulamasında yer alan her bir çeşit için 1 adet ortalama hastalık şiddeti hesaplanmıştır. Yaprak örneklerinin dijital ve termal kamera ile çekilen resimleri, ArcGIS 10.5.1 Programı® kullanılarak “Image Classification” görüntü sınıflama modülünde kontrolsüz sınıflandırma (Unsupervised Classification) uygulaması ile her bir test materyali için ortalama bir hastalık şiddeti skoru hesaplanmıştır.

Hastalık şiddetinin (%HŞ) hesaplanması için hastalığın yaprak üzerinde kapladığı “hastalıklı alanın toplam yaprak alanına bölünmesi” ve “etkinlik katsayısı ile çarpılmasıyla” elde edilmiş olup, hastalık şiddeti 9 sınıfa (%0, %1, %10, %20, %30, %45, %60, %80 ve %100) ayrılmıştır. Hastalığın belirlenmediği durum için %0 değeri, hastalığın yaprağı tamamen kapladığı durum için ise %100 hastalık sınıfı olarak belirlenmiştir. Hastalık indeksinin (%Hİ) hesaplanması için Huang ve ark., (2007) tarafından geliştirilen eşitlik 1 ile ve hastalık şiddeti (%HŞ) hesaplanması için hastalık indeksi ile Enfeksiyon Katsayısı (EK) çarpılarak eşitlik 2 ile hesap edilmiştir.

$$H\dot{I}(\%) = \frac{\sum xf}{n \sum f} \times 100 \quad \text{Eq.(1)}$$

Hİ (%)= Hastalık İndeksi

x= Hastalık şiddeti

n= En yüksek hastalık şiddeti değeri

f= Her hastalık şiddeti derecesindeki yaprakların sayısı

$$H\dot{S}(\%) = H\dot{I}(\%) \times EK \quad \text{Eq.(2)}$$

HŞ (%)= Hastalık Şiddeti

EK = Enfeksiyon Katsayısı

Gözlem alının fenolojik dönemler için temel istatistik varyasyon (ANOVA) analizleri SPSS-24® (versiyon) istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır (IBM SPSS Statistics, 2016).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı fenolojik dönemlerde Fe, Zn ve Fe+Zn mineral gübre doz uygulamaları yapılan ve yapılmayan gruplar arasında hastalık şiddeti değişimleri karşılaştırılmış olup elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

Kızıltan 91 çeşidi için; farklı mineral gübre uygulamaları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, hastalık şiddetindeki en fazla değişimi, erken dönemde (Çiçeklenme başlangıcı, 25 Mayıs 2019 (Feekes 10.5.1)) Zn gübre dozu uygulamalarının olduğu grupta belirlenmiştir (Çizelge 2). Yapılan istatistiki değerlendirmede, erken dönemde Fe gübre uygulamalarının ve Zn gübre uygulamalarında hastalık şiddetinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Gözlem alınan fenolojik dönemler birlikte değerlendirildiğinde, Fe gübre uygulamalarının özellikle erken ve erken-orta dönemde (Dane dolum, 06 Haziran 2019 (Feekes 10.5.3)), hastalık şiddetinde azalmaların (-%55.33) orta-geç dönemde (süt olum, 15 Haziran 2019 (Feekes 10.5.4)) hastalık şiddetinde artışların (+%14.29) olduğu belirlenmiştir. Erken dönemde Zn₁₅, Zn₃₀, Fe+Zn_{5+7.5}, Fe+Zn₁₀₊₁₅ ve Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde -%62.17 oranında bir azalma belirlenmiş olup, bu durumu -%55.3' lük hastalık şiddetinde azalma belirlenen Fe5 dozu takip etmiştir. Erken-Orta dönemde ise, hastalık şiddetinde en fazla azalma Zn₁₅, Fe+Zn_{5+7.5}, Fe+Zn₁₀₊₁₅ ve Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamalarında -%36.40 oranında olduğu tespit edilmiştir Bu durumu sırasıyla Fe₂₀ (-%18.20), Fe₅, Fe₁₀ gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde -%9.13 azalmanın izlediği değerlendirilmiştir. Diğer taraftan Zn₃₀ gübre dozu uygulamasında ise hastalık şiddetinde herhangi bir değişim belirlenememiştir. Orta-Geç dönemde Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde önemli artışların olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Yine aynı dönemde, genel olarak bütün Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde artışların olduğu belirlenmiştir. En fazla artışın Zn_{7.5} uygulama dozunda +%23.79 olduğu, bunu sırasıyla +%14.29 hastalık şiddeti artışı ile Fe₁₀, Zn₃₀ ve Fe+Zn₁₀₊₁₅ gübre dozu uygulamalarının izlediği saptanmıştır. Fe₂₀, Zn₁₅ ve Fe+Zn_{5+7.5} gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde sınırlı artış olduğu (+%4.79) belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kızıltan 91 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde hastalık şiddeti ve değişim oranları (%)

Table 2. Disease severity and change rates (%) of Fe, Zn and, Fe+Zn fertilizer dose applications for Kızıltan 91 variety at different phenological periods

Dönemler (Feekes) Uygulamalar (g/5 l)/ %HŞ	Fenolojik Dönemler (Kızıltan 91)								Ortalama	
	(10.5.1)		(10.5.3)		(10.5.4)		(11.1.1)		%HŞ	%Değ.
Gübresiz (0)	6.00	0.00	14.67	0.00	14.00	0.00	16.00	0.00	12.67	0.00
Fe 5 g	2.27	-55.33	13.33	-9.13	14.00	0.00	16.01	0.00	11.50	-9.23
Fe 10 g	4.27	-28.83	13.33	-9.13	16.00	+14.29	16.00	0.00	12.40	-2.13
Fe 20 g	4.67	-22.17	12.00	-18.20	14.67	+4.79	16.00	0.00	11.84	-6.55
Zn 7.5 g	6.67	+11.17	14.67	0.00	17.33	+23.79	16.01	0.00	13.67	+7.89
Zn 15 g	2.27	-62.17	9.33	-36.40	14.67	+4.79	16.00	0.00	10.57	-16.57
Zn 30 g	2.27	-62.17	14.67	0.00	16.00	+14.29	16.00	0.00	12.80	+1.03
Fe+Zn 5+7.5 g	2.27	-62.17	9.33	-36.40	14.67	+4.79	16.00	0.00	10.57	-16.57
Fe+Zn 10+15 g	2.27	-62.17	9.33	-36.40	16.00	+14.29	20.00	+25.00	11.90	-6.08
Fe+Zn 20+30 g	2.27	-62.17	9.33	-36.40	12.00	-14.29	16.00	0.00	9.90	-21.86

Çizelge 3. Kızıltan 91 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde hastalık şiddeti değişimlerinin ANOVA çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi)

Table 3. ANOVA multiple comparison analysis of variance results (Tukey B*HSD Test) of disease severity changes in different phenological periods of Fe, Zn and, Fe+Zn fertilizer applications for Kızıltan 91 variety

		Fenolojik Dönemler (Kızıltan 91)			
Ekimden Sonraki Günler		ESG-185	ESG-197	ESG-206	ESG-214
Dönemler (Feekes)		10.5.1	10.5.3	10.5.4	11.1.1
Uygulamalar (g/5 l)	Tek	Ort±SH	Ort±SH	Ort±SH	Ort±SH
0	12	6.00±0.49 a	14.67±1.42 a	14.00±0.85 a	16.01±0.01 a
Fe 5 g	12	2.27±0.80 a	13.33±1.99 a	14.00±0.85 a	16.01±0.01 a
Fe 10 g	12	4.27±1.65 ab	13.33±1.99 a	16.00±0.85 a	16.00±0.00 a
Fe 20 g	12	4.67±0.28 ab	12.00±0.00 a	14.67±0.57 a	16.00±0.00 a
Anlamlılık	48	0301 / 0.581	0.632	0.293	0.750
0	12	6.00±0.49 a	14.67±1.42 a	14.00±0.85 b	16.01±0.01 a
Zn 7.5 g	12	6.67±1.14 a	14.67±1.42 a	17.33±0.28 a	16.01±0.01 a
Zn 15 g	12	2.27±0.80 b	9.33±1.14 b	14.67±0.57 b	16.00±0.00 a
Zn 30 g	12	2.27±0.80 b	14.67±1.42 a	16.00±0.85 ab	16.00±0.00 a
Anlamlılık	48	1.000 / 0.942	1.000	0.177 / 0.52	0.750
0	12	6.00±0.49 a	14.67±1.42 a	14.00±0.85 b	16.01±0.01 b
Fe+Zn 5+7.5 g	12	2.27±0.80 b	9.33±1.14 b	14.67±0.57 ab	16.00±0.00 b
Fe+Zn 10+15 g	12	2.27±0.80 b	9.33±1.14 b	16.00±0.00 a	20.00±0.00 a
Fe+Zn 20+30 g	12	2.27±0.80 b	9.33±1.14 b	12.00±0.00 c	16.00±0.00 b
Anlamlılık	48	1.000	1.000	1 / 0.794	1.000 / 0.497

Ort: Ortalama Hastalık Şiddeti (%HŞ), SH: Ortalamanın Standart Hatası, Tek: Tekerrür

ESG: Ekimden Sonraki Günler

Aynı sütun üzerinde birbirini takip eden küçük harfler aynı fenolojik dönem içinde hastalık reaksiyonları arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Birbirini takip eden küçük harfler istatistik açıdan önemli değildir (Tukey Post Hoc testi).

* Ortalamadaki farklılık $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli (Tukey's HSD test ($p < 0.05$)).

Çeşit-1252 çeşidi için; tüm Fe gübre dozu uygulamalarında incelenen fenolojik dönemler birlikte değerlendirildiğinde ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hastalık şiddetinde önemli azalmaların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Fe gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetindeki en fazla değişim erken (Feekes skalası 10.5.1), erken-orta (Feekes skalası 10.5.3) ve geç (Feekes skalası 11.1.1) dönemlerinde -%63.80 olarak saptanmıştır. Fe uygulamalarında hastalık şiddetinde en fazla azalma Fe₁₀ ve Fe₂₀ dozu uygulamalarında erken (-%63.80) ve geç (-%50) dönemde belirlenmiştir. Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde en fazla değişim erken dönemde belirlenmiştir. Zn gübre dozu uygulamalarının tamamında gözlem alınan fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde azalma olduğu ve en fazla azalmanın, erken (-%63.80), erken-orta (-%46.16) ve geç dönemlerde (-%63.33) olduğu tespit edilmiştir. Erken dönemde hastalık şiddetinde en fazla azalma Fe₁₀ dozu uygulamasında, Zn gübre dozu uygulamalarında (Zn_{7.5}, Zn₁₅, Zn₃₀), Fe+Zn_{5+7.5} ve Fe+Zn₁₀₊₁₅ gübre dozu uygulamalarında -%63.80 azalma olarak belirlenmiştir. Bu durumu Fe₂₀ (-%36.20), Fe+Zn₂₀₊₃₀ (-%23.88) ve Fe₅ (-%23.88) gübre dozu uygulamalarının izlediği belirlenmiştir (Çizelge 4). Erken-Orta dönemde, hastalık şiddetinde en fazla azalmalar, Fe₁₀, Zn_{7.5}, Zn₁₅, Zn₃₀, Fe+Zn₁₀₊₁₅ gübre dozu uygulamalarında -%46.16 azalma olarak saptanmıştır. Bu durumu sırasıyla Fe₅, Fe₂₀, Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamaları (-%38.43) takip etmiş olup, en sınırlı azalma Fe+Zn_{5+7.5} gübre dozu uygulamasında (-%23.08) tespit edilmiştir. Fe+Zn gübre doz uygulamalarının tümünde gözlem alınan fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Hastalık şiddetinde en fazla azalmalar erken ve erken-orta ve geç dönemlerde Fe+Zn_{5+7.5} (-%63.80) ve Fe+Zn₁₀₊₁₅ (-%63.33) gübre dozu uygulamalarında belirlenmiştir. Orta-Geç dönemde, genel olarak bütün Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde azalma olduğu değerlendirilmiştir. Hastalık şiddetinde en fazla azalmalar, Fe₅, Fe₁₀, Fe₂₀, Zn₃₀, Fe+Zn_{5+7.5} ve Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamalarında -%25.0 olarak belirlenmiştir. Bu durumu sırasıyla Zn_{7.5}, Zn₁₅, Fe+Zn₁₀₊₁₅ gübre dozu uygulamalarının (-%8.31) izlediği belirlenmiştir (Çizelge 4). Geç dönemde hastalık şiddetindeki değişim en fazla Zn_{7.5}, Zn₃₀ ve

Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamalarında -%63.33 düzeyinde azalma olarak belirlenmiştir. Bu durumu sırasıyla Fe₁₀ ve Fe₂₀ gübre dozu uygulamaları izlemekte (-%50) olup, Fe₅, Zn₁₅ ve Fe+Zn₁₀₊₁₅ gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde bir değişim belirlenmemiştir. Ortalamalar üzerinden yapılan değerlendirmelerde; hastalık şiddetindeki en fazla değişim -%44.59 azalmayla Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamasında belirlenmiş olup, bunu sırasıyla -%43.88'lik azalma ile Zn₃₀ gübre dozu uygulaması, -%43.17'lik azalma ile Fe₁₀ gübre dozu uygulaması, -%40.76 azalma ile Fe₂₀ gübre dozu uygulaması, -%37.88'lik azalma ile Zn_{7.5} gübre dozu uygulaması, -%31.42'lik azalma ile Fe+Zn_{5+7.5} gübre dozu uygulaması, -%23.97'lik azalma ile Zn₁₅ ile Fe+Zn₁₀₊₁₅ gübre dozu uygulamaları ve -%19.17'lik azalma ile Fe₅ gübre dozu uygulamasının izlediği değerlendirilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Çeşit-1252 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde hastalık şiddeti ve değişim oranları (%)

Table 4. Disease severity and change rates (%) of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Çeşit-1252 variety at different phenological periods

Dönemler (Feekes) Uygulamalar (g/5 l) / %HŞ	Fenolojik Dönemler (Çeşit-1252)								Ortalama	
	(10.5.1)		(10.5.3)		(10.5.4)		(11.1.1)		%HŞ	%Değ.
Gübresiz (0)	6.27	0.00	17.33	0.00	16.00	0.00	16.00	0.00	13.90	0.00
Fe 5 g	4.67	-23.88	10.67	-38.43	12.00	-24.95	16.00	-0.05	11.24	-19.17
Fe 10 g	2.27	-63.80	9.33	-46.16	12.00	-25.00	8.00	-50.00	7.90	-43.17
Fe 20 g	4.00	-36.20	10.67	-38.43	12.00	-25.00	8.00	-50.00	8.24	-40.76
Zn 7.5 g	2.27	-63.80	9.33	-46.16	14.67	-8.31	5.87	-63.33	8.64	-37.88
Zn 15 g	2.27	-63.80	9.33	-46.16	14.67	-8.31	16.00	0.00	10.57	-23.97
Zn 30 g	2.27	-63.80	9.33	-46.16	12.00	-25.00	5.87	-63.33	7.80	-43.88
Fe+Zn 5+7.5 g	2.27	-63.80	13.33	-23.08	12.00	-25.00	10.67	-33.35	9.53	-31.42
Fe+Zn 10+15 g	2.27	-63.80	9.33	-46.16	14.67	-8.31	16.00	-0.05	10.57	-23.97
Fe+Zn 20+30 g	4.67	-23.88	10.67	-38.43	12.00	-25.00	5.87	-63.33	7.70	-44.59

Çizelge 5. Çeşit-1252 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde hastalık şiddeti değişimlerinin ANOVA çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi)

Table 5. ANOVA multiple comparison analysis of variance results (Tukey B*HSD Test) of disease severity changes in different phenological periods of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Çeşit-1252 variety

Ekimden Sonraki Günler Dönemler (Feekes) Uygulamalar (g/5 l)		Fenolojik Dönemler Çeşit-1252)			
		ESG-185 10.5.1	ESG-197 10.5.3	ESG-206 10.5.4	ESG-214 11.1.1
Tek	Ort±SH	Ort±SH	Ort±SH	Ort±SH	
0	12	6.27±2.50 a	17.33±2.84 a	16.00±1.71 a	16.01±0.01a
Fe 5 g	12	4.67±0.28 a	10.67±0.57 b	12.01±0.01 b	16.00±0.00 a
Fe 10 g	12	2.27±0.80 a	9.33±1.14 b	12.00±0.00 b	8.00±1.71 a
Fe 20 g	12	4.00±0.00 a	10.67±0.57 b	12.00±0.00 b	8.00±1.71 a
Anlamlılık	48	0.156	0.933 / 1.000	1.000	1.000
0	12	6.27±2.50 a	17.33±2.84 a	16.00±1.71 a	16.01±0.01 b
Zn 7.5 g	12	2.27±0.80 a	9.33±1.14 b	14.67±0.57 ab	5.87±2.16 b
Zn 15 g	12	2.27±0.80 a	9.33±1.14 b	14.67±0.57 ab	16.00±0.00 a
Zn 30 g	12	2.27±0.80 a	9.33±1.14 b	12.00±0.00 b	5.87±2.16 a
Anlamlılık	48	0.211	1.000	0.204 / 0.750	1.000
0	12	6.27±2.50 a	17.33±2.84 a	16.00±1.71 a	16.01±0.01 a
Fe+Zn 5+7.5 g	12	2.27±0.80 a	13.33±1.99 a	12.00±0.00 ab	10.67±1.14 b
Fe+Zn 10+15 g	12	2.27±0.80 a	9.33±1.14 b	14.67±0.57 ab	16.00±0.00 a
Fe+Zn 20+30 g	12	4.67±0.28 a	10.67±0.57 b	12.00±0.00 b	5.87±2.16 c
Anlamlılık	48	0.185	0.428 / 0.066	0.170 / 0.722	1.000

Ort: Ortalama Hastalık Şiddeti (%HŞ), SH: Ortalamanın Standart Hatası, Tek: Tekerrür

ESG: Ekimden Sonraki Günler

Aynı sütun üzerinde birbirini takip eden küçük harfler aynı fenolojik dönem içinde hastalık reaksiyonları arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Birbirini takip eden küçük harfler istatistik açıdan önemli değildir (Tukey Post Hoc testi).

* Ortalamadaki farklılık $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli (Tukey's HSD test ($p < 0.05$)).

Eminbey çeşidi için; farklı mineral gübre dozu uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde, hastalık şiddetindeki en fazla artışın +%200 oranla Zn₃₀ gübre uygulamasında orta-geç (10.5.4) dönemde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6). Bu durumu sırasıyla erken-orta (10.5.3) dönem (+%171.49) ve erken (10.5.1) dönem (+%155.97) hastalık reaksiyonlarının takip ettiği belirlenmiştir. Gözlem alınan fenolojik dönemler, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında gübre dozu uygulamalarına bağlı olarak hastalık şiddetinde değişen düzeylerde artışların varlığı değerlendirilmiştir. Fe gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetindeki en fazla artışlar Fe₁₀ ve Fe₂₀ gübre dozu uygulamalarından erken (+%93.68), orta-geç (+%83.38) ve geç dönemde (+%100) tespit edilmiştir (Çizelge 6). Zn gübre dozu uygulamaları genel olarak değerlendirildiğinde, gözlem alınan fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde değişen düzeylerde artışın olduğu belirlenmiştir. En yüksek artışların orta-geç dönemde (+%83.38) Zn_{7.5} ve Zn₃₀ gübre dozu uygulamalarında (+%200) olduğu değerlendirilmiştir. Bu durumu erken dönemde Zn₃₀ gübre dozu uygulamasının (+%155.97) izlediği saptanmıştır. Tüm Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında incelenen fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde artışların olduğu tespit edilmiştir. Özellikle erken dönemde Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde önemli oranda artışların varlığı saptanmıştır. En yüksek hastalık şiddeti artışları sırasıyla erken (+%103.04), orta-geç (+%100) ve geç (+%66.63) dönemlerde belirlenmiştir. Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında en fazla hastalık şiddeti değişimleri erken dönemde Fe+Zn₁₀₊₁₅ ve Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulama dozlarında (+%103.04) tespit edilmiş olup bu durum aynı uygulamadaki orta-geç (+%50) ve geç (+%100) dönemlerdeki artışların izlendiği saptanmıştır. Geç dönemde en yüksek hastalık şiddeti Fe₁₀ gübre dozu uygulamasında (+%100.0) belirlenmiştir. Geç dönemde Zn_{7.5} ve Zn₁₅ gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinin azaldığı değerlendirilmiştir (Çizelge 6).

Genel olarak Fe ve Zn gübre dozu uygulamaları yapılan ve gübre uygulaması yapılmayan gruplar karşılaştırıldığında; gübre uygulamaları yapılan gruplarda hastalık şiddetinde artışların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7). Özellikle erken ve geç dönemdeki Zn₃₀ gübre dozu uygulaması, erken-orta ve orta-geç dönemdeki Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamasında hastalık şiddetinin arttığı belirlenmiştir. İncelenen fenolojik dönemler birlikte değerlendirildiğinde, fenolojik dönemler ve gübre dozu uygulama dozları ile hastalık şiddeti değerleri arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Sırasıyla orta-geç, erken, erken-orta, ve geç dönemdeki Fe ve Zn gübre dozu uygulamalarının hastalık şiddeti değişiminde önemli ($p < 0.001$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 6. Eminbey çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde hastalık şiddeti ve değişim oranları (%)

Table 6. Disease severity and change rates (%) of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Eminbey variety at different phenological periods

Dönemler (Feekes) Uygulamalar (g/5 l)/ %HŞ	Fenolojik Dönemler (Eminbey)								Ortalama	
	(10.5.1)		(10.5.3)		(10.5.4)		(11.1.1)		%HŞ	%Değ.
	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.
Gübresiz (0)	4.27	0.00	9.33	0.00	8.08	0.00	8.00	0.00	7.40	0.00
Fe 5 g	4.00	-46.84	8.00	-14.25	8.00	0.00	8.00	0.00	6.57	-11.22
Fe 10 g	8.27	+93.68	13.33	+42.87	14.67	+83.38	16.00	+100.00	13.07	+76.62
Fe 20 g	6.67	+56.21	14.67	-28.51	14.67	+83.38	13.33	+66.63	10.34	+39.73
Zn 7.5 g	4.67	+9.37	9.33	0.00	14.67	+83.38	3.20	-60.00	7.97	+7.70
Zn 15 g	4.27	0.00	13.33	+42.87	14.67	+83.38	8.00	0.00	10.07	+36.08
Zn 30 g	10.93	+155.97	25.33	+171.49	24.00	+200.0	13.33	+66.63	18.40	+148.65
Fe+Zn 5+7.5 g	6.67	+56.21	10.67	+14.36	13.33	+66.63	13.33	+66.63	11.00	+48.65

Çizelge 6 (devamı). Eminbey çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemlerde hastalık şiddeti ve değişim oranları (%)

Table 6 (continued). Disease severity and change rates (%) of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Eminbey variety at different phenological periods

Fe+Zn 10+15 g	8.67	+103.04	13.33	+42.87	12.00	+50.00	8.00	0.00	8.00	+8.11
Fe+Zn 20+30 g	8.67	+103.04	14.67	+57.23	16.00	+100.0	13.33	+66.63	13.17	+77.97

Çizelge 7. Eminbey çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemler de hastalık şiddeti değişimlerinin ANOVA çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi)

Table 7. ANOVA multiple comparison analysis of variance results (Tukey B*HSD Test) of disease severity changes in different phenological periods of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Eminbey variety

Fenolojik Dönemler (Eminbey)					
Ekimden Sonraki Günler		EGS-185	EGS197	EGS-206	EGS-214
Dönemler (Feekes)		10.5.1	10.5.3	10.5.4	11.1.1
Uygulamalar (g/5 l)	Tek	Ort±SH	Ort±SH	Ort±SH	Ort±SH
0	12	4.27±1.65 a	9.33±1.14 bc	8.08±0.08 b	8.01±0.01 b
Fe 5 g	12	4.00±0.00 a	8.00±0.00 c	8.00±0.00 b	8.00±0.00 b
Fe 10 g	12	8.27±3.35 a	13.33±1.99 ab	14.67±1.42 a	16.00±1.71 a
Fe 20 g	12	6.67±1.14 a	14.67±1.42 a	14.67±1.42 a	13.33±1.14 a
Anlamlılık	48	0.420	0.897 / 0.170	1.000	1.000 / 0.269
0	12	4.27±1.65 a	9.33±1.14 b	8.08±0.08 b	8.01±0.01 b
Zn 7.5 g	12	4.67±0.28 a	9.33±1.14 b	14.67±0.57 b	3.20±1.02 c
Zn 15 g	12	4.27±1.65 a	13.33±1.99 b	14.67±1.42 b	8.00±0.00 b
Zn 30 g	12	10.93±4.49 a	25.33±4.55 a	24.00±3.41 a	13.33±1.14 a
Anlamlılık	48	0.260	0.701 / 1.000	0.076 / 1.000	1.000
0	12	4.27±1.65 a	9.33±1.14 b	8.08±0.08 c	8.01±0.01 b
Fe+Zn 5+7.5 g	12	6.27±1.14 a	10.67±0.57 ab	13.33±1.14 ab	13.33±1.14 a
Fe+Zn 10+15 g	12	8.67±1.99 a	13.33±1.99 ab	12.00±0.00 b	8.00±0.00 b
Fe+Zn 20+30 g	12	8.67±0.99 a	14.67±1.42 a	16.00±0.85 a	13.33±1.14 a
Anlamlılık	48	0.286	0.185	1.000 / 0.553	1.000

Ort: Ortalama Hastalık Şiddeti (%HŞ), SH: Ortalamanın Standart Hatası, Tek: Tekerrür

EGS: Ekimden Sonraki Günler

Aynı sütun üzerinde birbirini takip eden küçük harfler aynı fenolojik dönem içinde hastalık reaksiyonları arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Birbirini takip eden küçük harfler istatistik açıdan önemli değildir (Tukey Post Hoc testi).

* Ortalamadaki farklılık $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli (Tukey's HSD test ($p < 0.05$)).

Mirzabey 2000 çeşidi için; İncelenen fenolojik dönemler birlikte değerlendirildiğinde, mineral gübre uygulaması yapılan ve yapılmayan gruplar karşılaştırıldığında, Fe gübre dozu uygulamalarında genel olarak orta-geç (10.5.4) dönem dışında hastalık şiddetinde azalmaların olduğu belirlenirken, en fazla hastalık şiddeti değişimi geç (11.1) dönemde Fe₅ (-%28.13) ve Fe₁₀ (-%16.66) gübre dozu uygulamalarında azalmalar olarak belirlenmiştir (Çizelge 8). Bu durumu erken-orta (10.5.3) dönemdeki azalmalar (-%18.37) takip etmiştir. Ayrıca Fe₁₀ (+%4.75) ve Fe₂₀ (+%35.71) gübre dozu uygulamalarında orta-geç dönemde hastalık şiddetinde artışların olduğu değerlendirilmiştir. Tüm Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde artış ve azalışların varlığı belirlenmiştir. Gözlem alınan fenolojik dönemler birlikte değerlendirildiğinde orta-geç dönem dışındaki dönemlerde hastalık şiddetinde azalma olduğu değerlendirilmiştir. En fazla hastalık şiddeti değişimi geç dönemde Zn_{7.5} (-%33.34) ve Zn₁₅ (-%16.66) gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde azalma olarak değerlendirilmiştir. Orta-geç dönemde Zn gübre dozu uygulamalarının tümünde (Zn_{7.5} (+%4.75), Zn₁₅ (+%9.54), Zn₃₀ (+%45.25)) hastalık şiddetinde artışların olduğu saptanmıştır. Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında orta-geç dönem dışındaki gözlem alınan diğer fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde azalmaların olduğu değerlendirilmiştir (Çizelge 8). Hastalık şiddetindeki azalmalar en fazla erken dönemde tüm Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında (Fe+Zn_{5+7.5} (-%16.69), Fe+Zn₁₀₊₁₅ (-%33.31),

Fe+Zn₂₀₊₃₀ (-%16.69) belirlenmiştir. Bu durumu geç dönemdeki Fe+Zn_{5+7.5} (-%16.66) ve Fe+Zn₁₀₊₁₅ (-%8.34) gübre dozu uygulamalarındaki hastalık şiddetinde azalmaların takip ettiği (F=16.160, df=3, p<0.000) değerlendirilmiştir. Orta-geç dönemde tüm Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında (Fe+Zn_{5+7.5} (+%4.75), Fe+Zn₁₀₊₁₅ (+%4.75) ve Fe+Zn₂₀₊₃₀ (+%23.82)) hastalık şiddeti değerlerinde artışların olduğu belirlenmiştir. Farklı gübre dozu uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde; hastalık şiddetindeki en fazla artışın, Zn₃₀ gübre dozu uygulamasında orta-geç dönemde (+%45.25) olduğu belirlenmiştir. Bu durumu sırasıyla orta-geç dönemde Fe₂₀ gübre dozu uygulamasında (+%35.71) hastalık şiddetinde artma, Zn_{7.5} gübre dozu uygulamasında orta-geç dönemde hastalık şiddetinde azalma (-%33.34) olarak belirlenmiştir. Tüm gübre uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde, orta-geç dönemde gübre dozu uygulaması yapılmayan ile gübre dozu uygulaması yapılan gruplar karşılaştırıldığında; hastalık şiddetinde azalmaların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9). Orta-geç dönemde, hastalık şiddetinde artışların olduğu değerlendirilirken, diğer uygulamalarda hastalık şiddetinde azalmaların olduğu belirlenmiştir. En fazla azalmalara geç dönemde Fe₅ ve Zn_{7.5} gübre dozu uygulamasında belirlenmiştir (-%28.13, -%33.4).

Çizelge 8. Mirzabey 2000 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre uygulamalarının farklı fenolojik dönemler de hastalık şiddeti (HŞ) ve değişim oranları (%)

Table 8. Disease severity and change rates (%) of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Mirzabey 2000 variety at different phenological periods

Dönemler (Feekes) Uygulamalar (g/5 l)/ %HŞ	Fenolojik Dönemler (Mirzabey 2000)									
	(10.5.1)		(10.5.3)		(10.5.4)		(11.1.1)		Ortalama	
	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.	%HŞ	%Değ.
Gübresiz (0)	16.00	0.00	32.67	0.00	28.00	0.00	32.00	0.00	27.17	0.00
Fe 5 g	16.00	0.00	26.67	-18.37	26.67	-4.75	23.00	-28.13	23.09	-15.02
Fe 10 g	14.67	-8.31	32.67	0.00	29.33	+4.75	26.67	-16.66	25.84	-4.90
Fe 20 g	13.33	-16.69	32.67	0.00	38.00	+35.71	32.00	0.00	29.00	+6.74
Zn 7.5 g	13.33	-16.69	31.33	-4.10	29.33	+4.75	21.33	-33.34	23.83	-12.29
Zn 15 g	13.33	-16.69	26.67	-18.37	25.33	+9.54	26.67	-16.66	23.00	-15.35
Zn 30 g	16.00	0.00	31.33	-4.10	40.67	+45.25	32.00	0.00	30.00	+10.42
Fe+Zn 5+7.5 g	13.33	-16.69	32.67	0.00	29.33	+4.75	26.67	-16.66	25.50	-6.15
Fe+Zn 10+15 g	10.67	-33.31	25.33	-22.47	29.33	+4.75	29.33	-8.34	23.67	+12.88
Fe+Zn 20+30 g	13.33	-16.69	32.67	0.00	34.67	+23.82	32.00	0.00	28.17	+3.68

Çizelge 9. Mirzabey 2000 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemler de hastalık şiddeti değişimlerinin ANOVA çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi)

Table 9. ANOVA multiple comparison analysis of variance results (Tukey B*HSD Test) of disease severity changes in different phenological periods of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Mirzabey 2000 variety

Ekimden Sonraki Günler Dönemler (Feekes) Uygulamalar (g/5 l)	Tek	Fenolojik Dönemler (Mirzabey 2000)			
		EGS -185 10.5.1 Ort±SH	EGS -197 10.5.3 Ort±SH	EGS -206 10.5.4 Ort±SH	EGS -214 11.1.1 Ort±SH
0	12	16.00±5.12 a	32.67±5.259 a	28.00±1.71 b	32.01±0.01 a
Fe 5 g	12	16.00±5.12 a	26.67±3.980 a	26.67±1.14 b	23.00±3.84 b
Fe 10 g	12	14.67±3.70 a	32.67±5.259 a	29.33±1.14 b	26.67±1.14 ab
Fe 20 g	12	13.33±3.98 a	32.67±5.259 a	38.00±2.99 a	32.00±0.00 a
Anlamlılık	48	0.975	0.828	0.754 / 1000	0.571 / 0.248
0	12	16.00±5.12 a	32.67±18.22 a	28.00±1.71 b	32.01±0.01 a
Zn 7.5 g	12	13.33±3.98 a	31.33±20.19 a	29.33±1.14 b	21.33±2.27 c
Zn 15 g	12	13.33±3.98 a	26.67±13.79 a	29.33±1.14 b	26.67±1.14 b
Zn 30 g	12	16.00±5.12 a	31.33±20.19 a	40.67±1.85 a	32.00±0.00 a
Anlamlılık	48	0.976	0.852	0.921 / 1.000	1.000

Çizelge 9 (devamı). Mirzabey 2000 çeşidi için Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının farklı fenolojik dönemler de hastalık şiddeti değişimlerinin ANOVA çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi)
 Table 9 (continued). ANOVA multiple comparison analysis of variance results (Tukey B*HSD Test) of disease severity changes in different phenological periods of Fe, Zn and, Fe+Zn fertiliser dose applications for Mirzabey 2000 variety

0	12	16.00±5.12 a	32.67±5.26 a	28.00±1.71 b	32.01±0.01 a
Fe+Zn 5+7.5 g	12	13.33±3.98 a	32.67±5.26 a	29.33±1.14 ab	26.67±1.14 c
Fe+Zn 10+15 g	12	10.93±4.49 a	25.33±4.55 a	29.33±1.14 ab	29.33±0.57 b
Fe+Zn 20+30 g	12	13.33±3.98 a	32.67±5.26 a	34.67±2.27 a	32.00±0.00 a
Anlamlılık	48	0.849	0.739	0.938 / 0.111	1.000

Ort: Ortalama Hastalık Şiddeti (%HŞ), SH: Ortalamanın Standart Hatası, Tek: Tekerrür

EGS: Ekimden Sonraki Günler

Aynı sütun üzerinde birbirini takip eden küçük harfler aynı fenolojik dönem içinde hastalık reaksiyonları arasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Birbirini takip eden küçük harfler istatistik açıdan önemli değildir (Tukey Post Hoc testi).

* Ortalamadaki farklılık $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli (Tukey's HSD test ($p < 0.05$)).

Sarı pas hastalığı yapay epidemi şartlarında makarnalık çeşitlerin farklı mineral gübre dozu uygulamaları altında, fenolojik dönemlere göre çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi) hesaplanmış, önemlilik dereceleri ortaya konulmuştur (Çizelge 10).

Çizelge 10. Kızıltan 91, Çeşit-1252, Eminbey ve Mirzabey 2000 çeşitlerinin farklı fenolojik dönemlerinde Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamaları-hastalık şiddeti (%HŞ) değerlendirmeleri için ANOVA çoklu karşılaştırma varyans analiz sonuçları (Tukey B*HSD Testi)

Table 10. ANOVA multiple comparison analysis of variance results (Tukey B*HSD Test) for repeated Fe, Zn and Fe+Zn fertiliser dose applications-disease severity evaluations of Kızıltan 91, Variety-1252, Eminbey and Mirzabey 2000 varieties at different phenological periods

Çeşit	Uygulama	Fen. Dön. (Feekes)	HKT	SD	KO	F	Anlamlılık (P)
Kızıltan-91	Fe	10.5.1	85.920	3	28.640	2.598	0.064
		10.5.4	201.120	3	67.040	7.974	0.000
	Zn	10.5.3	78.667	3	26.222	4.703	0.006
		10.5.4	100.000	3	33.333	10.577	0.000
		11.1	143.801	3	47.934	23.810	0.000
Çeşit-1252	Fe	10.5.3	469.333	3	156.444	5.204	0.004
		10.5.4	143.801	3	47.934	5.492	0.003
	Zn	10.5.3	576.000	3	192.000	5.351	0.003
		11.1	1233.227	3	411.076	14.679	0.000
		10.5.3	448.000	3	149.333	3.645	0.020
Eminbey	Fe	10.5.3	362.667	3	120.889	5.541	0.003
		10.5.4	526.729	3	175.576	14.460	0.000
	Zn	11.1	575.334	3	191.778	15.213	0.000
		10.5.3	2064.000	3	688.000	8.421	0.000
		10.5.4	1542.729	3	514.243	12.255	0.000
Fe+Zn	11.1	616.934	3	205.645	29.291	0.000	
	10.5.4	391.396	3	130.465	21.453	0.000	
	11.1	340.801	3	113.600	14.643	0.000	
Mirzabey 2000	Fe	10.5.4	942.667	3	314.222	7.272	0.000
		10.5.4	1262.667	3	420.889	15.748	0.000
	Zn	11.1	939.467	3	313.156	16.147	0.000
		10.5.4	314.667	3	104.889	3.278	0.030
		11.1	235.067	3	78.356	16.160	0.000
HKT: Hata Kareler Toplamı			F: Örnek Ortalamalarının Karşılaştırma Tablo Değeri			SD: Serbestlik Derecesi	
KO: Kareler Ortalaması			Anlamlılık(p): Karşılaştırmada Anlamlılık Değeri			KO: Kareler Ortalaması	

Graham & Webb, (1991) konukçunun, bitki patojenlerine göstermiş olduğu dayanıklı ve toleranslı reaksiyonun artırılması için değişen bitki besin maddeleri uygulamalarının önemli olabileceğini değerlendirmişlerdir. Bütün bitki besin maddelerinin, bitkinin sağlıklı gelişmesine değişen düzeylerde katkı sağladığı ve hastalık şiddetini bu durumdan dolayı farklı derecelerde etkilediği rapor edilmiştir (Huber & Graham, 1999). Diğer taraftan genel bir kural olmamakla birlikte, özel bitki besin maddelerinin (çevresel şartlarına da bağlı olarak) hastalıkların varlığı veya gelişimleri birlikte değerlendirildiğinde, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında herhangi bir bitkinin hastalık şiddetinde azalma veya artışların olabileceği, farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur (Huber, 1980; Graham & Webb, 1991; Marschner, 2011). Bildirilen çalışma sonuçları ile yürütülen çalışmanın sonuçları bu kapsamda örtüşmektedir. Birçok önemli hastalığın kontrolünde, bitki besin maddelerinin bitkinin sağlıklı gelişmesi için önemli olduğunun bilinmesine karşın, sürdürülebilir tarım uygulamalarında yeterli ve dengeli bitki besleme stratejilerinin daima daha az önemli olduğu değerlendirilmiştir. Demir içeren gübre uygulamaları elma ve armut yetiştiriciliğinde *Sphaeropsis malorum* Beck. (Teleomorph: *Botryosphaeria obtusa* (Schwein.) Shoemaker = *Physalospora obtusa* (Schwein.) Cooke) etmeni ve kabak yetiştiriciliğinde *Olpidium brassicae* etmenine karşı hastalığa olan toleransı arttırdığı bildirilmiştir. Kabak yetiştiriciliğinde yapılan ek gübre uygulamaları ile demir eksikliğinin önlenemediği ve konukçunun hastalığa olan toleransının arttırılabildiği fakat bu uygulamanın konukçuda enfeksiyonun yayılmasını önlenemediği rapor edilmiştir (Graham & Webb, 1991; Römheld & Marschner, 1991). Yine demir içeren gübre uygulamaları, buğday ve muz gibi bitkilerde değişen düzeylerde pas ve diğer yaprak hastalığına neden olan enfeksiyonların etkilerini azaltabildiği belirlenmiştir (Graham, 1983; Graham & Webb, 1991). Yürütülen çalışma sonucunda değişen Fe ve Zn gübre dozu uygulamalarında erken dönemde (10.5.1) ve erken-orta (10.5.3) dönemde Eminbey çeşidi dışında diğer çeşitlerde (Kızıltan 91, Çeşit-1252, Mirzabey 2000) hastalık şiddetinde azalmaların (-%8.31 ila -%63.80) olduğu değerlendirilmiştir. Eminbey çeşidinde ise incelenen fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde artışların olduğu belirlenmiştir. En yüksek artışların orta-geç ve erken dönemlerde (+%200, +%155.97) olduğu saptanmıştır. Kızıltan 91 ve Mirzabey 2000 çeşitlerinde orta-geç dönemde (15 Haziran 2019), hastalık şiddetinde küçük artışların olduğu (+%4.79, +%45.25) tespit edilmiştir. Çeşit-1252 için bütün dönemlerde hastalık şiddetinde azalmaların olduğu değerlendirilmiştir. Bu durum Fe ve Zn uygulamalarının sarı pas hastalığının yaprak enfeksiyonlarının etkilerinin azalmasında etkili olduğu ifadesi ile benzer olup, yürütülen çalışma ile benzer çalışmalar bu kısımda örtüşmektedir.

Çinko (Zn), içeren gübre uygulamalarının bitkilerin hastalıklara karşı olan reaksiyonlarında çok farklı etkileşimlere sebep olduğu bilinmektedir. Bazı durumlarda değişen düzeylerde çinko (Zn) uygulamaları ile hastalığın şiddeti ve yaygınlığının azaldığı, bazı durumlarda ise hastalığın şiddeti ve yaygınlığının arttığı ya da, mevcut durum üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Graham & Webb, 1991; Grewal ve ark., 1996). Birçok durumda Zn gübre uygulamalarının hastalık şiddeti üzerindeki etkisi, bitki metabolizması üzerine olan etkisinden ziyade, bitki patojeni üzerindeki toksik etkisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Graham & Webb, 1991). Zn uygulamalarında erken fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde artışların, orta fenolojik dönemlerde hastalık şiddetinde azalmaların, geç fenolojik dönemlerde ise hem artışların ve hem de azalışların gözlemlendiği bildirilmiştir (Graham & Webb, 1991; Grewal ve ark., 1996). Yürütülen çalışma kapsamında, Zn gübre dozu uygulamalarında erken dönemde Eminbey çeşidi dışında hastalık şiddetinde azalmaların, orta-geç dönemde ise Çeşit-1252 dışında artışların olduğu değerlendirilmiştir. Geç dönemde ise Mirzabey 2000 ve Çeşit-1252 çeşidinde azalışlar, Eminbey çeşidinde azalış ve artışlar şeklinde belirlenirken, Kızıltan 91 çeşidinde hastalık şiddetinde herhangi bir değişim belirlenememiştir. Bu durum Graham ve Webb, (1991) ile Grewal ve ark., (1996) tarafından yürütülen çalışma ile benzerlik göstermektedir. Potarzycki ve Grzebisz (2009), bitkinin hayat döngüsünde Zn' nun önemli bir yere sahip olduğunu bildirmiş olup, Zn eksikliği belirlenen bitkilerde protein sentezi ve protein kapsamının azaldığını bildirmiştir. Morsy (2012) çinko, kalsiyum ve mangan uygulamalarının bitki büyümesi (bitki boyu) ve verimi (parseldeki bitki sayısı ve (100) tohum ağırlığı) üzerine etkili olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda Eminbey dışında diğer makarnalık çeşitlerde Zn dozu uygulamalarının erken ve erken-orta dönemde hastalık şiddetinde azalmaların olduğu, orta-geç

ve geç dönemde ise Eminbey ve Kızıltan 91 çeşitlerinde ise hastalık şiddetinde artışların olduğu gözlenmiştir. Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde önemli artışlar belirlenmiştir. Kızıltan 91 çeşidinde erken ve erken-orta dönemde tüm Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde azalmaların (sırasıyla -%62.17, -%36.40) olduğu değerlendirilmiştir. Orta-geç ve geç dönemde ise, Fe+Zn₁₀₊₁₅ uygulamasında hastalık şiddetinde artışlar (+%14.29, +%25.00) olduğu belirlenmiştir. Çeşit-1252 için Fe ve Zn gübre uygulamalarının gözlem alınan fenolojik gelişim dönemlerinde hastalık şiddetinde azalmaların olduğu belirlenirken, en fazla değişimin erken dönemde Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında (-%63.80) olduğu belirlenmiştir. Orta-geç ve geç dönemde genel olarak tüm Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında hastalık şiddetinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Eminbey çeşidi için farklı fenolojik dönemlerde Fe+Zn gübre uygulamalarında hastalık şiddetinde önemli artışların varlığı değerlendirilirken, en fazla artışların erken dönemde olduğu saptanmıştır. Erken dönemde en fazla artışlar Fe+Zn₁₀₊₁₅ ve Fe+Zn₂₀₊₃₀ dozlarında (+%103.04) belirlenmiştir. Mirzabey 2000 çeşidinde Fe+Zn gübre dozu uygulamalarında orta geç dönem hariç, hastalık şiddetinde azalmaların olduğu saptanmıştır. En fazla azalmanın erken dönemde, Fe+Zn₁₀₊₁₅ dozu uygulamasında (-%33.31) olduğu, en yüksek artışın ise orta-geç dönemde Fe+Zn₂₀₊₃₀ gübre dozu uygulamasında (+%23.82) olduğu tespit edilmiştir.

El-Hai ve ark., (2007), laboratuvar ve tarla çalışmalarında bakla' da pas (Etmen; *Uromyces viciae-fabae*) ve çikolata lekesi (Etmen; *Botrytis fabae*) hastalıklarının kontrolünde bazı bitki besin maddelerinin (Fe, Zn, Ca, Mn) ümitvar olduklarını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Abd-El-Karem ve ark., (2004) ile Nadia ve ark., (2007) tarafından yürütülen çalışmalarda, bazı bitkilerde yapraktan uygulanan mikro bitki besin maddelerinin bitki hastalıklarını azaltabildiğini rapor etmişlerdir. Mikro bitki besin maddeleri farklı bitkisel üretim alanlarında, bitki gelişim simülatörleri olarak kullanılmıştır (Scheuerll & Mahafee, 2006). Araştırma kapsamında, Fe ve Zn gübre uygulamaları ve bunların kombinasyonlarının farklı fenolojik dönemler itibariyle hastalık şiddetinde azalmalara sebep olduğu değerlendirilmiş olup, elde edilen sonuçların bildirilen bu çalışmalarla kısmen örtüştüğü görülmüştür.

Klorofil kapsamı, etkili yeşil alanı temsil eden bir indeks derecesi olarak ifade edilir. Pas hastalıkları, bitki yapraklardaki fotosentetik aktiviteyi azaltmaktadır. Fe ve Zn uygulamalarının, yapraklarda klorofil-a ve klorofil-b konsantrasyonlarını arttırdığı ve sonuç olarak verimin arttığı bildirilmiştir (Sinha ve ark., 1970; Rahhal, 1993). El-Razek ve ark., (2013) tarafından yürütülen bir çalışma da 4 g/l Fe mikro bitki besin maddesi uygulamasının kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında, klorofil-a kapsamını önemli derecede artırdığını, benzer şekilde aynı eğilimin klorofil-b içinde geçerli olduğunu bildirilmişlerdir. Bununla birlikte klorofil-b değerinin klorofil-a'ya göre önem düzeyi daha düşüktür. Fotosentetik aktivitenin artışına bağlı olarak klorofil-a ve klorofil-b konsantrasyonlarındaki artış, çalışmamızda Eminbey çeşidi dışında diğer çeşitlerde hastalık şiddetinde azalmaya sebep olduğu yönünde değerlendirilmiş ve sonuç olarak Kızıltan 91, Çeşit-1252 ve Mirzabey 2000 çeşitlerinde hastalığa olan toleransını arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır.

Morsy & El Morsy, (2013), mısır hasadı sonrası aynı alana soya fasulyesi ekilişinin yapıldığı bir çalışma (2010-2011 ve 2011-2012 üretim sezonunda) sonucunda; pas hastalığının Fe+Zn+Mn gübre uygulaması sonucu -%15.4 ila -%62.8 oranında hastalık şiddetinin azaldığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, bitkinin kök yüzeyinden itibaren yukarıya doğru 60 cm ' lik kısmının daha fazla etkilendiği ve ilk yıl Fe+Zn+Mn gübre uygulamasının kontrol (gübresiz) grubu ile karşılaştırıldığında pas hastalığının -%6.03 ila -%16.4 oranlarında hastalık şiddetinin azaldığını, sonuç olarak hastalığın %62.8 oranında azalttığını bildirilmişlerdir. Aynı çalışmada, pas hastalığında Zn gübre uygulamasının -%7.47 oranında ve Fe+Mn gübre uygulamasının ise -%8.6 oranında hastalık şiddetinde azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. 2011-2012 üretim sezonunda, sadece Zn gübre uygulamasından -%5.1 ve Mn gübre uygulamasından -%7.6 ile Fe+Zn+Mn gübre uygulamasından -%7.9 oranında hastalık şiddetinde azalmaların olduğunu (en iyi sonuçlar) belirlemişlerdir. Bu çalışma ile araştırma sonuçları uyumlu olup, yapılan gübre uygulamaları makarnalık buğdayda sarı pas hastalığının şiddetinde de azalmaların olduğu değerlendirilmiştir.

Gübre uygulamaları, bitkilerin ihtiyacı olduğu bitki besin maddelerini sağlamanın doğrudan yolu olmuştur. Bu yönüyle farklı besin maddelerinin bitki savunmasıyla ilgili biyokimyasal yollarını ve bitki hastalıklarının

yönetilmesindeki rolünü bilmek çok önemlidir. Mikro bitki besin maddeleri, özellikleri (içerikleri) nedeniyle hastalığın şiddetini azaltabilir, savunma ile ilgili bileşiklerin sentezinden sorumlu çeşitli metabolik yollara katılım sağlayabilirler. Ancak farklı bitki besin maddeleri ve bunların çeşitli madde veya biyolojik süreçler üzerindeki etkileri hakkındaki bilgiler halen yeterli değildir. Bu nedenle bitki besin maddelerinin entegre olarak kullanımı için detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır (Gopi ve ark., 2021). Yürütülen çalışma kapsamında hastalık şiddetinde artışların veya azalmaların nedeninin anlaşılması için hastalık konukçu interaksiyonunu dikkate alarak, entegre uygulamalar için detaylı araştırmalara gerekli olduğunu düşündürmektedir.

Sonuç olarak, Fe, Zn ve Fe+Zn gübre dozu uygulamalarının Kızıltan 91, Çeşit-1252, Eminbey ve Mirzabey 2000 çeşitlerinde yapay epidemiyi şartlarında sarı pas hastalığı şiddeti üzerindeki değişimleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde; genel olarak erken (25 Mayıs 2019) dönemde Fe+Zn gübre uygulamalarında Çeşit-1252 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde hastalık şiddetinde özellikle değişen düzeylerde azalmaların olduğu belirlenirken, Kızıltan 91 çeşidinde, orta-geç (06 Haziran 2019) dönemde Zn ve Fe+Zn uygulamalarında artışların olduğu, Ç-1252 çeşidinde ise aynı dönemde Fe+Zn uygulamalarında azalışların olduğu belirlenmiştir. Eminbey çeşidinde gözlem alınan fenolojik dönemlerde, gübre uygulaması ile birlikte hastalık şiddetinde özellikle erken dönemde artışların olduğu, Mirzabey 2000 çeşidinde ise erken dönemlerde hastalık şiddetinde azalmaların, orta-geç ve geç dönemlerde ise hastalık şiddetinde artışların olduğu belirlenmiştir.

Makarnalık grup içinde Fe gübre uygulamalarında Çeşit-1252 ve Eminbey çeşitlerinin, sarı pas hastalığını tolere edebilen çeşitler olduğu, Zn gübre uygulamalarında ise hastalığı tolere eden çeşitin Mirzabey 2000 olduğu değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçlarının daha iyi değerlendirilebilmesi ve mineral gübre uygulamalarının buğday'da sarı pas hastalığının gelişimindeki etkilerinin daha anlaşılabilir veya uygulamaya aktarılabilmesi için gelecekte doğal veya yapay epidemiyi şartlarında sarı pas hastalığı epidemilerinin olduğu yetiştiricilik bölgeleri için tavsiye edilen çeşitler kullanılarak, benzer çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Farklı fenolojik dönemlerde Fe, Zn ve diğer mikro bitki besin maddesi uygulamaları ile bu mikro bitki besin elementlerinin hastalık enfeksiyonu ve gelişimine olan etkilerinin toprakta ve bitkide izlenmesi için, bitki besin maddesi içeriğinin farklı olduğu üretim alanlarında tekrarlanarak, teyit edilmesi ve veri hassasiyetinin artırılması gerekmektedir. Bu sayede buğdayda pas hastalıklarının kontrolünde ve verim kayıplarının en aza indirilmesinde, mineral gübre uygulamalarının yaygınlaştırılması sağlanabilir, aşırı ve gereksiz fungisit kullanımının önüne geçilerek girdi maliyetlerinde tasarruf edilerek insan ve çevre sağlığı korunmasına katkı sağlanabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Metin AYDOĞDU tarafından Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalında yürütülen "Kışlık buğdayda farklı demir ve çinko uygulamalarının sarı pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığı üzerine olan mevsimsel etkilerinin çok bantlı veriler kullanılarak belirlenmesi" isimli yüksek lisans tezinin (YÖK Tez No: 671046 /Tarih: 25.05.2021) bir kısmını kapsamaktadır. Tez jürisinde bulunan sayın Prof. Dr. Hikmet GÜNAL ve sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurullah ACİR'e katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Çalışmaya katkılarından dolayı Dr. Nilüfer AKÇI ve Dr. Esra ÇELİK'e teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Fikir/Hipotez, Materyal, Yöntem, Araştırma, Veri İşleme, Veri Analizi, Görselleştirme, Yürütücü, Proje Yönetimi, Özgün Taslak Hazırlama, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, Metin AYDOĞDU; Veri İşleme, Danışman, Yazma-İnceleme

ve Düzenleme, Doç. Dr. Kadir AKAN tarafından yapılmıştır. Bütün yazarlar yayına sunulan makalenin son şeklini gördüler ve onayladılar.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd-El-Kareem, F., El-Mougy, N.S., El-Gamal, N.G., & Fotouh, Y.O. (2004). Induction of resistance in squash plants against powdery mildew and Alternaria leaf spot diseases using chemical inducers as protective or therapeutic treatments. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 32 (1-2), 65-76. <https://doi.org/10.21657/soilst.1328499>
- Agrios, G.N. (2005). *Plant pathology*. 5th edn, Elsevier Academic Press, California, USA.
- Akan, K. (2019). Sarı pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığına dayanıklı makarnalık buğday hatlarının geliştirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6 (4), 661-670. <https://doi.org/10.30910/turkjans.633548>
- Anonim (2019). Ankara Yenimahalle Lokasyonu İklim Verileri. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Atkinson, D., & McKinlay, R.G. (1997). Crop protection and its integration within sustainable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 64 (2), 87-93. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00026-1)
- Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kohli, R.K., Kaur, S., & Yadav, S.S. (2007). Alternative control of littleseed canary grass using eucalypt oil. *Agronomy for Sustainable Development*, 27, 171-177. <https://doi.org/10.1051/agro:2007008>
- Bolle-Jones, E.W., & Hilton, R.N. (1956). Zinc-deficiency of Hevea brasiliensis as a predisposing factor to Oidium infection. *Nature*, 177 (4509), 619-620.
- Camprubí, A., Estaún, V., El Bakali, M.A., Garcia-Figueres, F., & Calvet, C. (2007). Alternative strawberry production using solarization, metham sodium and beneficial soil microbes as plant protection methods. *Agronomy for Sustainable Development*, 27, 179-184. <https://doi.org/10.1051/agro:2007007>
- Cat, A., Tekin, M., Akan, K., Akar, T., & Catal, M. (2021). Races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* identified from the coastal areas of Turkey. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43 (sup2), S323-S332. <https://doi.org/10.1080/07060661.2021.1978000>
- Cat, A., Tekin, M., Akan, K., Akar, T., & Catal, M. (2023). Virulence characterization of the wheat stripe rust pathogen, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, in Turkey from 2018 to 2020. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 45 (2), 158-167. <https://doi.org/10.1080/07060661.2023.2166126>
- Cat, A., Tekin, M., Catal, M., Akan, K., & Akar, T. (2017). Wheat stripe rust and breeding studies for resistance to the disease. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (2), 97-105.
- Çat Ahmet (2022). Tescilli makarnalık buğday (*Triticum durum*) çeşitlerinin sarı pas (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) hastalığına karşı dayanıklılığının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9 (2), 136-143. <https://doi.org/10.19159/tutad.1040665>
- Devlin, R.M., & Witham, F.H. (1983). *Plant physiology*. 4th Edn., A Division of Wads Worth, Inc., Wadads Worth Publishing Co., Belmont, California. 577 pp.
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 33-46. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_28
- El-Hai, A., El-Metwally, M.A., & El-Baz, S.M. (2007). Alleviation of the damage of faba bean chocolate spot and rust diseases by some nutritional elements. *Journal of Plant Production*, 32 (10), 8231-8243. <https://doi.org/10.21608/JPP.2007.220901>

- El-Razek, U.A.A., Dorgham, E.A., & Morsy, S.M. (2013). Effect of certain micronutrients on some agronomic characters, chemical constituents and Alternaria leaf spot disease of faba bean. *Asian Journal of Crop Science*, 5 (4), 426-435. <https://doi.org/10.21608/10.3923/ajcs.2013.426.435>
- Ercan, N., Karnez, E., Aktepe, B.P., & Aysan, Y. (2022). Domates öz nekrozu hastalığına vermikompost, mikoriza ve potasyum gübrelmesinin etkinliğinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 299-308. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1087472>
- Fowler, D. (2018). Winter Wheat Production Manual Chapter 2: Conservation and Winter Wheat Development. In *book: Winter Wheat Production Manual Publisher: Ducks Unlimited Canada and Conservation Production Systems Ltd.*
- Gopi, R., Madhavi, G.B., Kapoor, C., Raj, C., Singh, S., & Ramprakash, T. (2021). 4. Role of Mineral Nutrients in the Management of Plant Diseases. In: *Sampat Nehra, (eds) Plant Disease: Management Strategies*. p. 87-117.
- Graham, R.D. (1983). Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. In *Advances in Botanical Research* 10, 221-276. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(08\)60261-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(08)60261-X)
- Graham, R.D., & Webb, M.J. (1991). Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. *Micronutrients in Agriculture*, 4, 329-370. <https://doi.org/10.2136/sssabookser4.2ed.c10>
- Grewal, P.S., Gaugler, R., & Wang, Y.I. (1996). Enhanced cold tolerance of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* through genetic selection. *Annals of Applied Biology*, 129 (2), 335-341. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb05756.x>
- Huang, W., Lamb, D.W., Niu, Z., Zhang, Y., Liu, L., & Wang, J. (2007). Identification of yellow rust in wheat using in-situ spectral reflectance measurements and airborne hyperspectral imaging. *Precision Agriculture*, 8, 187-197. <https://doi.org/10.1007/s11119-007-9038-9>
- Huber, D.M. (1980). The role of mineral nutrition in defense. *Plant Disease*, 5, 381-405.
- Huber, D.M., & Graham, R.D. (1999). The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases. In: *Rengel Z (Ed.), Mineral nutrition of crops fundamental mechanisms and implications*. Food Product Press, New York, pp: 205-226.
- Huber, O., Korn, R., McLaughlin, J., Ohsugi, M., Herrmann, B.G., & Kemler, R. (1996). Nuclear localization of β -catenin by interaction with transcription factor LEF-1. *Mechanisms of Development*, 59 (1), 3-10. [https://doi.org/10.1016/0925-4773\(96\)00597-7](https://doi.org/10.1016/0925-4773(96)00597-7)
- IBM SPSS Statistics (2016). IBM SPSS Statistics Software Version 24. Chicago.
- İpek, E., Tekin, M., Cat, A., & Akar, T. (2023). Resistance to stripe rust in Turkish durum wheat varieties and wild emmer genotypes. *Cereal Research Communications*, 51 (1), 147-154. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00284-z>
- Karnez, E., GÜldoğan, Ö., Ercan, N., Korkmaz, K., & Aysan, Y. (2021). Domateste bakteriyel benek hastalığının mücadelesinde vermikompost uygulamasının etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 726-735. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.986521>
- Kolmer, J.A. (2005). Tracking wheat rust on a continental scale. *Current Opinion in Plant Biology*, 8 (4), 441-449. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2005.05.001>
- Large, E.C. (1954). Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology*, 3, 128-129.
- Li, G.B., Zeng, S.M., & Li, Z.Q. (1989). Integrated management of wheat pests. *Beijing: Press of Agriculture Science and Technology of China*, 185-186.
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press. 32rd ed. Academic, London, p. 650.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic, London, p. 889.

- Morsy, K. (2012). Induced resistance in faba bean plants for controlling rust disease *Uromyces viciae-fabae* (Pers.) Schrot. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 40 (1), 1-11. <https://doi.org/10.21608/ejp.2012.104794>
- Morsy, S.M.A., & El Morsy, S.A. (2013). The use of micronutrients to control chocolate leaf spot and rust of faba bean and to enhance its growth characteristics and yield under field condition. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 4 (4), 325-336.
- Nadia, G., El-Gamal, G., Abd-El-Kareem, F., Fotouh, Y., & El-Mougy, N. (2007). Induction of systemic resistance in potato plants against late and early blight diseases using chemical inducers under greenhouse and field conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3 (2), 73-81.
- Ohki, K. (1978). Zinc concentration in soybean as related to growth, photosynthesis, and carbonic anhydrase activity. *Crop Science*, 18 (1), 79-82. <https://doi.org/10.2135/cropsci1978.0011183X001800010021x>
- Peterson, R.F., Campbell, A.B., & Hannah, A.E. (1948). A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 26 (5), 496-500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- Potarzycki, J., & Grzebisz, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant, Soil and Environment*, 55 (12), 519-527. <https://doi.org/10.17221/95/2009-PSE>
- Rahhal, M.M.H. (1993) Effect of microelements on some fungal diseases of broad bean. *Alexandria Science Exchange Journal*, 14 (1), 97-113.
- Roelfs, A.P., Singh, R.P., & Saari. E.E. (1992). Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. Mexico, D.F.: CIMMYT. 81 pages.
- Römheld, V., & Marschner, H. (1991). Function of micronutrients in plants. *Micronutrients in Agriculture*, 4, 297-328. <https://doi.org/10.2136/sssabookser4.2ed.c9>
- Saari, E.E., & Prescott, J.M. (1985). World distribution in relation to economic losses. In *Diseases, Distribution, Epidemiology, and Control* (pp. 259-298). A.P. Roelfs, and Bushnell, W.R. (ed), Academic Press, Orlando, FL, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-148402-6.50017-1>
- Samborski, D.J. (1985). Wheat leaf rust. In *Diseases, Distribution, Epidemiology, and Control* (pp. 39-59). A.P. Roelfs, and Bushnell, W.R. (ed), Academic Press, Orlando, FL, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-148402-6.50010-9>
- Scheuerell, S.J., & Mahaffee, W.F. (2006). Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas. *Plant Disease*, 90 (9), 1201-1208. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1201>
- Sinha, M.K., Singh, R., & Jeyarajan, R. (1970). Graphiola leaf spot on date palm (*Phoenix dactylifera*): susceptibility of date varieties and effect on chlorophyll content. *Plant Disease Reporter*, 54, 617-19.
- Tekin, M., Cat, A., Akan, K., Bulut, H., & Akar, T. (2022). Evaluation of resistance of Turkish bread wheat (*Triticum aestivum*) varieties to recently emerged *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* races. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 101928. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2022.101928>
- Tekin, M., Cat, A., Akan, K., Catal, M., & Akar, T. (2021). A new virulent race of wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on the resistance gene Yr5 in Turkey. *Plant Disease*, 105 (10), 3292. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-21-0629-PDN>
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., & Konzak, C.F. (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>