

**Atf İçin:** Erdel E, 2021. Farklı Toprak İşleme Sistemlerinde Yetiştirilen Buğday Bitkisinin Farklı Gelişim Dönemlerinde Toprakların Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4): 3243-3253.

**To Cite:** Erdel E, 2021. Determination of Soil Enzyme Activities in Different Wheat Growing Stages under Different Tillage Systems. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(4): 3243-3253.

## Farklı Toprak İşleme Sistemlerinde Yetiştirilen Buğday Bitkisinin Farklı Gelişim Dönemlerinde Toprakların Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

Erhan ERDEL<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Tarımsal üretim altında kalan toprakların fiziksel kimyasal ve biyolojik özellikleri gerek tarımsal uygulamalar gerekse iklim faktörleri sebebiyle sürekli değişime uğramaktadırlar. Bu nedenle yetiştirilen bitki türüne, topraklar üzerinde yapılan uygulamalara göre toprak özelliklerinin incelenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada minimum ve konvansiyonel toprak işlemeli tarım sistemleri altında yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinin, bazı gelişim dönemlerinde (ekim, sapa kalkma ve tane dolum) üreaz, alkali fosfataz ve katalaz aktiviteleri araştırılmıştır. Bu amaçla buğdayın, ekim, sapa kalkma ve tane dolum dönemlerinde farklı derinliklerden (0-10,10-20 ve 20-30 cm) toprak örnekleri alınmış ve analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda; en yüksek üreaz ve alkali fosfataz aktivitelerinin her iki toprak işleme sisteminde de sapa kalkma döneminde olduğu; katalaz aktivitesinin ise bitki gelişim periyodu süresince istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur. Ayrıca minimum toprak işleme sistemlerinde üreaz ve alkalın fosfataz aktivitelerinin daha yüksek olduğu ve toprak derinliği arttıkça üreaz, alkali fosfataz ve katalaz aktivitelerinin azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak enzimleri, buğday, minimum toprak işleme, konvansiyonel toprak işleme

### Determination of Soil Enzyme Activities in Different Wheat Growing Stages under Different Tillage Systems

**ABSTRACT:** Soil physical, chemical and biological properties under agricultural production are constantly changing due to both agricultural practices and climatic factors. For this reason, it is very important to examine soil properties according to plant species and the applications made on soils. In our study, soil urease, alkaline phosphatase and catalase activities were investigated in some wheat growing periods under minimum and conventional tillage systems. For this purpose, soil samples were collected at sowing, stemming and grain filling periods of wheat at the depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm and analyzed for determining soil enzyme activities. Results showed that the highest urease and alkaline phosphatase activities were in stemming in both tillage systems and catalase activity was found to be statistically insignificant during the plant growth period. In addition, it was determined that urease and alkaline phosphatase activities were higher in minimum tillage systems, and urease, alkaline phosphatase and catalase activities decreased with increasing soil depth.

**Keywords:** Soil enzymes, wheat, minimum tillage, conventional tillage

<sup>1</sup>Erhan ERDEL ([Orcid ID: 0000-0002-8011-9452](https://orcid.org/0000-0002-8011-9452)), Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erhan ERDEL, erhanerdel@gmail.com

## GİRİŞ

Buğday, geçmişten günümüze insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahip olan ve ülkemizde toplam ekilen tarım alanının yaklaşık %44'ünü oluşturan bir tahıl bitkisidir (TÜİK, 2020). TÜİK (2019) verilerine göre ülkemiz buğday üretiminin yaklaşık %83'ünü, birçok tüketim alanı olan (bisküvi, ekmek, kek, kraker vs.) ekmeklik buğday oluşturmaktadır. Iğdır İli'nde ise buğday, en çok üretimi yapılan tahıl bitkisidir. TÜİK (2019) verilerine göre yörede 201.555 dekar (durum buğdayı hariç) alanda buğday üretimi yapılmaktadır. Oldukça geniş alanlarda üretimi yapılan buğdayın yetiştirildiği toprakların özelliklerinin (besin içerikleri, organik madde, vs.) bilinmesi hem mevcut üretim dönemi hem de sonraki üretim dönemi açısından önemlidir. Her yıl üretimi yapılan, yıllar geçtikçe de üretim alanı artan buğday yetiştiriciliğinde toprak özelliklerinin bozulmadan, toprak kalitesinin ve sağlığının korunması veya sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir.

Günümüzde toprak kalitesinin ve sağlığının sürdürülebilirliğini sağlayan uygulamalar (toprak işlemez tarım, azaltılmış toprak işleme, örtü bitkili tarım) geliştirilmiştir. "Korumalı toprak yönetim uygulamaları" olarak adlandırılan bu uygulamaların toprak özellikleri üzerine birçok olumlu etkileri belirlenmiştir. Birçok araştırmacı korumalı toprak yönetim uygulamaları altında toprakların organik karbonunun arttığını (Mukherjee ve Lal, 2015; Sainju ve ark., 2017), topraklara besin elementi sağladığını (Sweeney ve Moyer 1994; Couëdel ve ark., 2018; Landriscini ve ark., 2019), toprak sıkışmasını azalttığını bildirmişlerdir (Chabi-Olaye ve ark., 2005). Korumalı toprak işleme, toprak yüzeyinin en az %30'unu kaplayan, toprak erozyonu ve degradasyonu ile ilgili sorunları önlemek veya en aza indirmek amacıyla ürün artıklarının kullanımına ve yönetimine dayanan çeşitli uygulamaları belirtmektedir. Minimum veya azaltılmış toprak işlemeli ve toprak işlemez tarım sistemi de bu uygulamalar arasında yer almaktadır. Azaltılmış toprak işlemeli tarım sistemi, geleneksel işlemeye göre toprağın daha az işlenmesini esas alan ve kulaklı pulluk yerine çizel, diskli aletler, kültivatör kullanılarak yapılan uygulamalardan oluşmaktadır. Toprak işlemez tarım ise, direkt ekim veya sıfır toprak işleme yapılarak tohumun toprağa yerleştirilmesinden oluşmaktadır. Minimum toprak işlemeli ve toprak işlemez tarım sistemlerinin toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu, birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Radicetti ve ark., 2016; Wolff ve ark., 2018).

Toprakların biyolojik özelliklerinden olan enzimler bitki, hayvan veya mikrobiyal kaynaklıdır (Burns, 1982). Toprak enzimleri birçok reaksiyonları katalizleyerek, ekosistem süreçlerinin merkezini oluştururlar (Dick, 1994). Enzim aktivitesi toprak mikrobiyal aktivitesiyle bağlantılı olup toprak verimliliği, toprak kalitesi ve biyolojik aktivitenin göstergesidir (Quilchano ve Marañon, 2002; Roldan ve ark., 2005). Hidrolaz ve glikosidaz organik maddenin ayrışmasında ve besin elementi döngüsünde önemlidirler. Fosfataz, organik P mineralizasyonunda rol oynamaktadır. Üreaz, ürenin amonyak ve karbon dioksit hidrolizini katalizleyen bir enzimdir. Üreaz aktivitesi sıcaklık, su içeriği ve azot uygulamaları ile yakından ilişkilidir (Sardans ve ark., 2008). Katalaz tüm aerobik organizmalarda bulunan bir antioksidan enzimdir ve hidrojen peroksidi su ve oksijene kataliz eder. Toprak enzimleri topraklar üzerine yapılan uygulamalardan (sulama, gübreleme, işleme) etkilenmektedir (Wang ve ark., 2011; Borowik ve Wyszowska, 2016; Siwik-Ziomek ve Szczepanek, 2019). Bu çalışmanın amacı, farklı toprak işleme sistemleri altında yetiştirilen buğday bitkisinin bazı gelişim dönemlerinde toprakların üreaz, alkalın fosfataz ve katalaz aktivitelerini belirlemektir.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Çalışma, Iğdır Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yürütülmüştür. Iğdır, iklimi mikroklima özelliğinden dolayı yazlar sıcak ve kışlar ılık geçmektedir. Bölgede, en yüksek yağış Mayıs, en düşük yağış ise Ağustos ayında görülmektedir. Yıllık ortalama 254.2 mm yağış düşerken, 1.094,9 mm buharlaşma meydana gelmektedir (Anonim, 2018).

Deneme alanına ait bazı toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere killi tın bünyeye sahip toprakların organik madde ve fosfor içerikleri düşük sınıflarında, pH bakımından güçlü alkali ve elektriksel iletkenlik yönünden ise tuzsuz sınıflarında yer almaktadır.

### Çizelge 1. Toprak özellikleri

Uygulamalar	Toprak özellikleri					
	Tekstür	OM %	AS, %	P, kg da <sup>-1</sup>	EC, µmhos cm <sup>-1</sup>	pH
Minimum toprak işleme	Killi tın	1.50±0.12	20±1.20	5.30±0.48	524±24	8.54±0.21
Konvansiyonel toprak işleme	Killi tın	1.45±0.20	18±2.12	4.87±0.54	421±15	8.66±0.34

\*OM: toprak organik maddesi; AS: agregat stabilitesi; P: bitkiye yararlı fosfor; EC: elektriksel iletkenlik; pH: toprakların pH'sı.

### Metot

Deneme 2016 yılında 20mx 15m alanda kurulmuştur. 2016 yılından itibaren bu alanın yarısında minimum, diğer yarısında konvansiyonel toprak işlemeli olarak buğday tarımı yapılmıştır. Ayrıca, deneme alanının tamamında daha önceleri konvansiyonel toprak işlemeli tarım yapılmıştır.

Çalışmada, kulaklı pullukla sürüm ve sonrasında frezeyle işleme konvansiyonel toprak işlemeyi, toprak frezesi ile (0-10 cm) işleme ve sonrasında tahıl ekim makinesiyle (mibzer) ekim ise minimum işlemeyi oluşturmaktadır. Araştırma, 2019 yılında minimum ve konvansiyonel toprak işlemeli tarım sistemleri altında ilkbaharda (mart ayında) buğday ekimiyle başlamıştır. Araştırmada buğday çeşidi olarak ekimlik buğday (*Triticum aestivum*) kullanılmıştır. Buğdayda, ekimle 18-20 kg/da DAP (% 18-46) gübresi ve sapa kalkma döneminde 10-12 kg/da üre (% 46) olmak üzere iki farklı dönemde gübreleme yapılmış, sadece sapa kalkma döneminde yağmurlama sulama sistemi ile sulama yapılmıştır.

Buğday gelişim dönemleri süresince toprak enzimlerinin aktivitelerini belirlemek amacıyla 2019 yılında minimum ve konvansiyonel toprak işleme altında buğday yetiştiriciliği yapılan alandan; ekim, sapa kalkma ve tane dolum dönemlerinde; enzim analizleri için 0-10, 10-20, 20-30 cm toprak derinliklerinden 3 tekerrürlü olarak bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Diğer toprak özellikleri için ise 0-30 cm derinlikten bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler enzim analizleri için, nemli haliyle 2 mm elekten elendikten sonra +4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiş; diğer analizler için ise havada kurutulup 2 mm elekten elendikten sonra analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprakların tekstür sınıfları Gee ve Bauder (1986)'ya, organik madde içeriği Walkley ve Black (1934)'e; agregat stabilitesi analizi Kemper ve Rosenau (1986)'ya; bitkiye yararlı fosfor içeriği Olsen ve ark. (1954)'na; elektriksel iletkenlik analizi Rhoades (1983)'e; pH değerleri McLean (1982)'ye göre belirlenmiştir.

Katalaz aktivitesi; 5 g toprağa 20 ml fosfat tamponu (pH, 7) ve 10 ml %3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> substrat çözeltisi ilave edilip kalsimetreye yerleştirilmiştir. Örnek çalkalanmaya başlamış ve 23°C'de 3. dakikada açığa

çıkan O<sub>2</sub> hacmi (ml) schibler kalsimetresinde belirlenmiştir. Kontroller ise aynı şekilde ancak 2 ml %6.5 NaN<sub>3</sub> ilave edilerek saptanmıştır (Beck, 1971).

Üreaz aktivitesi; 1 gr toprağa 0.25 ml toluen, 0.75 ml sitrat tamponu (pH, 6.7) ve 1 ml %10 üre substrat solüsyonu eklenerek ve karışım 1 saat 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Amonyum oluşumu 578 nm'de spektrofotometrik olarak tespit edilmiştir (Hoffman ve Teicher, 1961).

Alkalin fosfataz aktivitesi; 1 gr toprak örneğine 4 ml fosfat tamponu (pH, 8.0) ve 1 ml p-nitrofenil fosfat solüsyonu eklenmiş ve örnekler 1 saat 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. p-nitrofenol (p-NP) oluşumu 410 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Hofmann ve Hoffmann, 1966).

Veriler istatistiksel yazılım programı olan "SPSS" kullanılarak analiz edilmiştir (SPSS Inc., USA). Grup ortalamalarını karşılaştırmak için p<0.05 seviyesinde ANOVA ve gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (p<0.05).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprak işleme sistemlerinin sadece üreaz aktivitesi üzerine, bitki gelişim dönemlerinin ise hem üreaz hem de alkalin fosfataz aktivitesi üzerine ve örnekleme derinliğinin ise her üç enzim aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. İkili interaksiyonlar arasında ise; toprak işleme sistemleri ile bitki gelişim dönemleri interaksiyonunun sadece üreaz aktivitesi üzerine etkisi, toprak işleme sistemleri ile derinlik ve bitki gelişim dönemleri ile örnekleme derinliği interaksiyonlarının üreaz ve alkalin fosfataz aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur. Üçlü interaksiyonun (toprak işleme sistemleri \* derinlik \* bitki gelişim dönemleri) toprak enzimleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

### Üreaz Aktivitesi

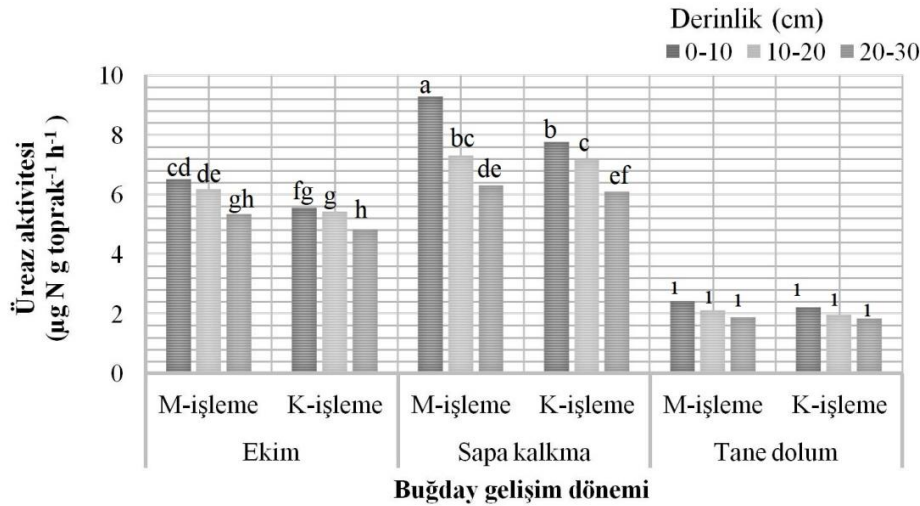
Çalışmadan elde edilen bulgular incelendiğinde, üreaz aktivitesinin bitki gelişim dönemleri, toprak işleme sistemleri ve örnekleme derinliğinden önemli (p<0.05) ölçüde etkilendiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Minimum toprak işlemeli ve konvansiyonel toprak işlemeli tarım sistemlerinde en yüksek üreaz aktivitesi sapa kalkma döneminde (7.64, 7.02  $\mu\text{g g N toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ), en düşük üreaz aktivitesi ise tane dolum döneminde tespit edilmiştir (2.13, 1.99  $\mu\text{g g N toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) (Çizelge 2). Sapa kalkma döneminde belirlenen yüksek enzim aktivitesi, aynı dönemde uygulanan önemli bir azot kaynağı olan üreden ve aynı dönemde yapılan sulamadan kaynaklanabilir. Sardans ve ark., (2008) üreaz aktivitesinin toprak sıcaklığına ve toprak nem içeriğine bağlı olduğunu, ancak toprak azot konsantrasyonuna bağlı olmadığını bildirmişlerdir. Diğer taraftan, Dick ve ark., (1988) ile Bandick ve Dick (1999) inorganik azot ilavesiyle toprakların üreaz aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Hâlbuki, bulgularımız gübre (üre) uygulama dönemi olan sapa kalkma döneminde üreaz aktivitesinin en yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Lei ve ark., (2018) çalışmalarının sonucunda üreaz aktivitesi üzerinde sadece sıcaklığın değil, aynı zamanda bulgularla uyumlu olarak azot dozlarının ve toprak nem içeriğinin de önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Buğdayın farklı gelişim dönemlerinin ve toprak derinliğinin ortalamaları dikkate alındığında minimum toprak işleme sisteminin konvansiyonel toprak işlemeye göre daha yüksek üreaz enzim aktivitesi ürettiği (meydana getirdiği, oluşturduğu) bulunmuştur (Çizelge 2). Üreaz aktivitesindeki bu değişim, minimum toprak işlemeli parsellerdeki organik madde miktarındaki artıştan kaynaklanabilir (Çizelge 1). Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Saha ve ark., 2008; Liang ve ark., 2014; Nivelles ve ark., 2016; Sánchez-Llerena ve ark., 2016; Malobane ve ark., 2020; Rahmati ve ark., 2020; Yang ve ark., 2020).

**Çizelge 2.** Uygulamalara bağlı olarak farklı toprak derinliklerindeki buğday gelişim dönemlerinde üreaz ( $\mu\text{g N g toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) aktiviteleri

Uygulama	Derinlik (cm)	Buğday gelişim dönemleri			Derinlik ortalama
		Ekim	Sapa kalkma	Tane dolum	
Minimum toprak İşleme	0-10	6.75±0.52	9.29±0.41	2.42±0.9	6.15±3.02A
	10-20	6.17±0.39	7.3±0.41	2.1±0.23	5.19±2.38B
	20-30	5.34±0.35	6.3±0.35	1.88±0.07	4.51±2.03C
Ortalama		6.09±0.72b	7.64±1.36a	2.13±0.27c	5.28±2.51A
Konvansiyonel toprak İşleme	0-10	5.54±0.34	7.78±0.3	2.19±0.28	5.17±2.45A
	10-20	5.41±0.40	7.17±0.28	1.94±0.17	4.84±2.31A
	20-30	4.80±0.44	6.11±0.47	1.83±0	4.24±1.92B
Ortalama		5.25±0.48b	7.02±0.79a	1.99±0.23c	4.75±2.18B
<b>Genel ortalama</b>		5.67±0.73b	7.33±1.12a	2.06±0.25c	5.02±2.35

\*Küçük harfler yatay değerlendirmeler, büyük harfler dikey değerlendirmeler için kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar  $p < 0.05$  önem seviyesinde test edilmiştir.

**Şekil 1.** Buğday gelişim dönemi süresince üreaz aktivitesi ( $\mu\text{g N g toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ; M-işleme; minimum toprak işlemeli tarım, K-işleme; konvansiyonel toprak işlemeli tarım).

Minimum ve konvansiyonel toprak işlemeye bağlı olarak üreaz enzim aktivitesi, toprak derinliğine bağlı olarak azalmıştır (Şekil 1). En yüksek aktivite her iki toprak işleme sisteminde de 0-10 cm toprak derinliğinde ( $6.15, 5.17 \mu\text{g N g toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) belirlenirken, en düşük üreaz aktivitesi 20-30 cm toprak derinliğinde ( $4.51, 4.24 \mu\text{g N g toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) belirlenmiştir (Çizelge 2). Üreaz aktivitesindeki değişim, toprak derinliği arttıkça organik maddenin azalmasıyla açıklanabilir (Deng ve Tabatai, 1997). Çalışma sonuçlarıyla uyumlu olarak birçok araştırmacı, toprak derinliği arttıkça enzim aktivitesinin azaldığını bildirmiştir (Green ve ark., 2007; Niu ve ark., 2016; Cai ve ark., 2018; Xu ve ark., 2021).

### Alkalin Fosfataz Aktivitesi

Bitki gelişim dönemleri ve örnekleme derinliğinin alkali fosfataz aktivitesini önemli ( $p < 0.05$ ) ölçüde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 3). Üreaz aktivitesinde olduğu gibi, en yüksek fosfataz aktivitesi hem minimum toprak işlemeli ( $61.42 \mu\text{g g p-nitrofenol toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) hem de konvansiyonel toprak işlemeli tarım ( $59.54 \mu\text{g g p-nitrofenol toprak}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) altında sapa kalkma döneminde belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprak enzim aktivitesindeki bu değişim aynı dönemde yapılan gübreleme ve sulama uygulamalarıyla açıklanabilir. Nitekim, Ye ve Peng (2019) çalışma sonuçlarıyla uyumlu olarak, azot gübresi ilavesinin topraklarda fosfataz aktivitesini arttırdığını belirlemişlerdir. Oysa, Liang



ve ark., (2014) çalışmalarında mineral gübre ( $362 \text{ kg N ha}^{-1}$  ve  $272 \text{ kg P ha}^{-1}$ ) uygulamasının fosfataz aktivitesini değiştirmediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar da topraklara azot ilavesinin alkalın fosfataz aktivitesini düşürdüğünü belirlemişlerdir (Garg ve Bahl, 2008; Liu ve ark., 2010). Borowik ve Wyszowska (2016), çalışmaları sonucunda toprakların nem içeriğinin artmasıyla enzim aktivitelerinin arttığını ancak toprakların hacimsel nem içeriğinin %40 seviyesini aştığında enzim aktivitelerinde azalma görüldüğünü bildirmişlerdir.

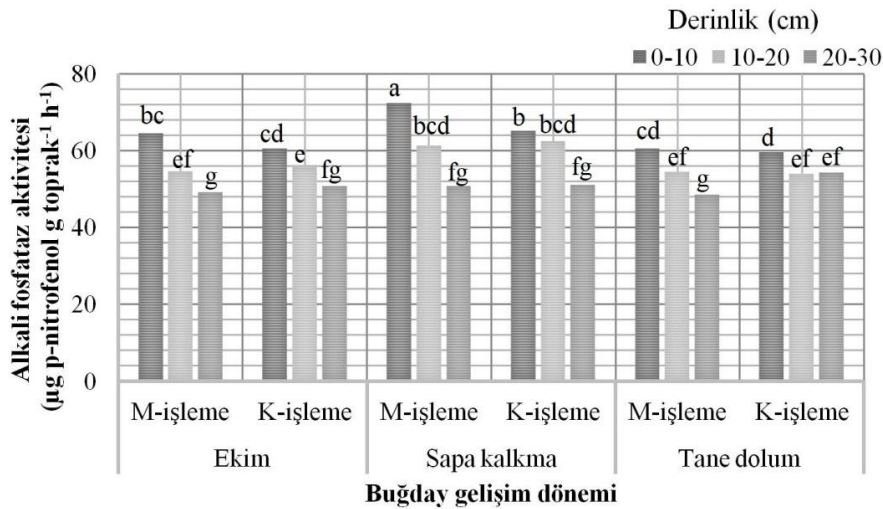
**Çizelge 3.** Uygulamalara bağlı olarak farklı toprak derinliklerindeki buğday gelişim dönemlerinde alkalın fosfataz ( $\mu\text{g g p-nitrofenol toprak}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) aktiviteleri

Uygulama	Derinlik (cm)	Buğday gelişim dönemleri			Derinlik ortalama
		Ekim	Sapa kalkma	Tane dolum	
Minimum toprak işleme	0-10	64.53±4.65	72.25±2.01	60.57±1.34	65.78±5.77A
	10-20	54.54±3.27	61.33±2.28	54.48±3.16	56.78±4.25B
	20-30	49.11±1.35	50.66±0.47	48.48±2.68	49.42±1.80C
Ortalama		56.06±7.37b	61.42±9.47a	54.51±5.67b	57.33±7.96
Konvansiyonel toprak işleme	0-10	60.49±2.42	65.07±1.42	59.60±0.5	61.72±2.91A
	10-20	55.95±1.51	62.40±0.28	54.02±0.8	57.46±3.91B
	20-30	50.71±2.76	51.14±0.43	54.31±2.15	52.05±2.45C
Ortalama		55.726±4.68b	59.54±6.44a	55.97±2.98b	57.08±5.04
<b>Genel ortalama</b>		55.89±5.99b	60.48±7.92a	55.24±4.46b	57.20±6.6

\*Küçük harfler yatay değerlendirmeler, büyük harfler dikey değerlendirmeler için kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar  $p < 0.05$  önem seviyesinde test edilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde, işleme sistemlerinin ortalamaları dikkate alındığında minimum toprak işlemeli tarım ( $57.33 \mu\text{g g N toprak}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) sisteminde, konvansiyonel toprak işlemeli ( $57.08 \mu\text{g g N toprak}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) tarım sistemine göre enzim aktivitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Minimum toprak işleme sistemindeki enzim aktivitesinin daha yüksek olması, bu tarım sistemi altındaki organik madde içeriğinin ve bitkiye yararlı fosfor içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanabilir.

Deng ve Tabatabai (1997) ile Wang ve ark., (2011), çalışmaları sonucunda minimum toprak işlemeli tarım sistemlerinin toprakların enzim aktivitesini arttırdığını belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Deng ve Tabatabai 1997; Wang ve ark., 2011; Mirzavand ve ark., 2020; Yang ve ark., 2020).



**Şekil 2.** Buğday gelişim dönemi süresince alkalın fosfataz aktivitesi ( $\mu\text{g g p-nitrofenol toprak}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; M-işleme; minimum toprak işlemeli tarım, K-işleme; konvansiyonel toprak işlemeli tarım).

Enzim aktiviteleri toprak derinliğine bağlı olarak azalma göstermiştir (Şekil 2). Örnekleme derinliği ortalamalarına bakıldığında; en yüksek enzim aktiviteleri her iki toprak işleme sisteminde de

(minimum toprak işleme, konvansiyonel toprak işleme; 65.78, 61.72  $\mu\text{g g N toprak}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) 0-10 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprak derinliği arttıkça enzim aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Shi ve ark., 2013; Cai ve ark., 2018).

### Katalaz Aktivitesi

Araştırma bulgularına göre; katalaz aktivitesinin sadece örnekleme derinliğinden önemli ( $p<0.05$ ) ölçüde etkilendiği belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Uygulamalara bağlı olarak farklı toprak derinliklerindeki buğday gelişim dönemlerinde katalaz ( $\text{ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ) aktiviteleri

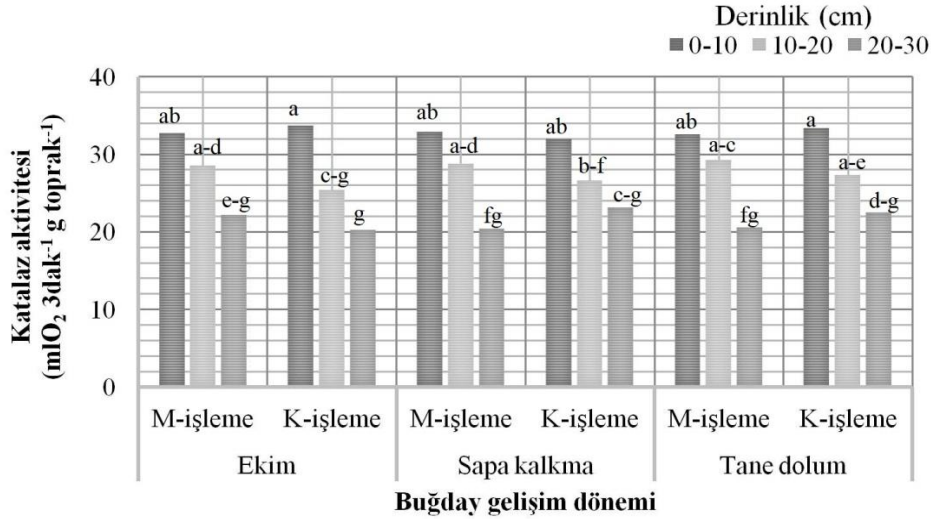
Uygulama	Derinlik (cm)	Buğday gelişim dönemleri			Derinlik ortalama
		Ekim	Sapa kalkma	Tane dolum	
Minimum toprak işleme	0-10	32.72±1.66	32.90±3.53	32.59±1.97	32.74±2.19A
	10-20	28.54±1.15	28.78±0.51	29.30±0.75	28.87±0.80B
	20-30	22.19±3.31	20.41±4.98	20.57±3.13	21.06±3.48C
Ortalama		27.82±4.98	27.37±6.30	27.48±5.70	27.56±5.46
Konvansiyonel toprak işleme	0-10	33.70±0.68	32.04±2.80	33.41±3.57	33.05±2.42A
	10-20	25.44±6.48	26.62±6.00	27.32±4.97	26.46±5.13B
	20-30	20.24±0.26	23.14±2.22	22.54±1.42	21.98±1.87C
Ortalama		26.46±6.72	27.27±5.22	27.76±5.67	27.16±5.69
<b>Genel ortalama</b>		27.14±5.78	27.32±5.61	27.62±5.51	27.36±5.35

\*Büyük harfler dikey değerlendirmeler için kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar  $p<0.05$  önem seviyesinde test edilmiştir.

Buğday gelişim dönemleri incelendiğinde; katalaz aktivitesinin minimum toprak işlemeli tarımda ekim döneminde ( $27.82 \text{ ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ) ve konvansiyonel toprak işlemeli tarımda ise tane dolum döneminde ( $27.76 \text{ ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ) en yüksek olduğu ancak bu değişimin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Önceki çalışmaların (Borowik ve Wyszowska, 2016) aksine yapılan gübrelemenin ve sulamanın katalaz aktivitesi üzerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Ye ve Peng (2019), azot gübresi ilavesinin topraklarda katalaz aktivitesi üzerine etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Ancak, Siwik-Ziomek ve Szczepanek (2019) çalışmalarında azot gübrelerinin katalaz aktivitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

Toprak işleme sistemi ortalamaları incelendiğinde; minimum toprak işlemeli tarım sistemi ( $27.56 \text{ ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ) altında daha yüksek katalaz aktivitesinin tespit edildiği ancak bu sonucun istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Meng ve ark., (2016) ve Tang ve ark., (2020) konvansiyonel toprak işlemeli tarım sisteminde enzim aktivitesinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Katalaz aktivitesi diğer enzim aktivitelerinde olduğu gibi, derinlik arttıkça azalmıştır (Şekil 3). En yüksek katalaz aktivitesi 0-10 cm derinlikte (minimum toprak işleme, konvansiyonel toprak işleme; 32.74, 33.05  $\text{ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ) belirlenirken, en düşük aktivite ise 20-30 cm toprak derinliğinde (minimum toprak işleme, konvansiyonel toprak işleme; 21.06, 21.98  $\text{ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ) belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, Ulrich ve ark., (2010) ve Cai ve ark., (2018) tarafından da rapor edilmiştir.



**Şekil 3.** Buğday gelişim dönemi süresince katalaz aktivitesi ( $\text{ml O}_2 \text{ 3 dak}^{-1} \text{ g toprak}^{-1}$ ; M-işleme; minimum toprak işlemeli tarım, K-işleme; konvansiyonel toprak işlemeli tarım).

## SONUÇ

Toprak enzimlerinin aktiviteleri, toprak sıcaklığı ve toprak neminden etkilenmektedir ayrıca enzim aktiviteleri farklı toprak işleme uygulamaları arasında da farklılık göstermiştir. Buğday gelişim dönemleri arasında hem konvansiyonel hem de minimum toprak işlemeli tarım sistemi altında en yüksek üreaz ve alkalın fosfataz aktivitelerinin sapa kalkma döneminde olduğu tespit edilmiştir. Minimum toprak işlemeli tarım altında üreaz ve alkalın fosfataz aktivitelerinin konvansiyonel toprak işlemeye göre daha yüksek olduğu ancak katalaz aktivitesinin ise konvansiyonel toprak işleme sisteminde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca toprak derinliği arttıkça enzim aktivitelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Araştırmada; bitki yetiştiriciliği altındaki topraklarda enzim aktiviteleri belirlenirken; toprak örneklerinin alındığı bitki gelişim döneminin, enzim aktiviteleri bakımından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

## Yazar Katkısı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2018. T. C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bandick AK, Dick, RP, 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil biology and biochemistry*, 31(11): 1471-1479
- Beck TH, 1971. Die messung der katalaseaktivitaet von Böden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 130 (1): 68-81.
- Borowik A, Wyszowska J, 2016. Soil moisture as a factor affecting the microbiological and biochemical activity of soil. *Plant, Soil and Environment*, 62(6): 250-255.
- Burns RG, 1982. Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biology and Biochemistry*, 14 (5): 423-427.
- Cai X, Lin Z, Penttinen P, Li Y, Li Y, Luo Y, Yue T, Jiang P, Fu W, 2018. Effects of conversion from a natural evergreen broadleaf forest to a Moso bamboo plantation on the soil nutrient pools,



- microbial biomass and enzyme activities in a subtropical area. *Forest Ecology and Management*, 422: 161–171.
- Chabi-Olaye A, Nolte C, Schulthess F, Borgemeister C, 2005. Effects of grain legumes and cover crops on maize yield and plant damage by *busseola fusca* (fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) in the humid forest of southern Cameroon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108 (1): 17-28.
- Couëdel A, Alletto L, Tribouillois H, Justes É, 2018. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 254: 50–59.
- Deng SP, Tabatabai MA, 1997. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. *Biology and Fertility of Soils*, 24: 141–146.
- Dick RP, 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35: 107-124.
- Dick RP, Rasmussen PE, Kerle EA, 1988. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. *Biology and Fertility of Soils*, 6(2): 159-164.
- Garg S, Bahl GS, 2008. Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. *Bioresource Technology*, 99(13): 5773-5777.
- Gee GW, Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy*, 9: 383-441.
- Green VS, Stott DE, Cruz JC, Curi N, 2007. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soil and Tillage Research*, 92: 114–121.
- Hoffmann GG, Teicher K, 1961. Ein kolorimetrisches verfahren zur bestimmung der urease aktivitat in böden. *Z. Pflanzenernähr.Düng. Bodenkunde*. 91(140): 55-63.
- Hofmann ED, Hoffmann GG, 1966. Die bestimmung der biologischen tatigkeit in böden mit enzymethoden. Reprinted from *Advances in Enzymology and Related Subject of Biochemistry*, 28: 365-390.
- Kemper WD, Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution. *methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods (2<sup>nd</sup> ed.)*. *Agronomy*, 9: 425-442, 1188. doi:10.2136/sssabookser5.1.2ed.c17
- Landriscini MR, Galantini JA, Duval ME, Capurro JE, 2019. Nitrogen balance in a plant-soil system under different cover crop-soybean cropping in Argentina, *Applied Soil Ecology*, 133: 124-131.
- Lei T, Gu Q, Guo X, Ma J, Zhang Y, Sun X, 2018. Urease activity and urea hydrolysis rate under coupling effects of moisture content, temperature, and nitrogen application rate. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2): 132-138.
- Liang Q, Chen H, Gong Y, Yang H, Fan M, Kuzyakov Y, 2014. Effects of 15 years of manure and mineral fertilizers on enzyme activities in particle-size fractions in a North China Plain soil. *European Journal of Soil Biology*, 60: 112-119.
- Liu E, Yan C, Mei X, He W, Bing SH., Ding L, Fa T, 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158 (3-4), 173-180.
- Malobane ME, Nciizah AD, Nyambo P, Mudau FN, Wakindiki II, 2020. Microbial biomass carbon and enzyme activities as influenced by tillage, crop rotation and residue management in a sweet sorghum cropping system in marginal soils of South Africa. *Heliyon*, 6 (11): e05513.

- Mclean, EO, 1982. Soil ph and lime requirement. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (2<sup>nd</sup> ed.). Agronomy, 9: 199-224.
- Meng QDL<sub>1</sub>, Zhang J, Zhou L, Ma X, Wang H, Wang G, 2016. Soil properties and maize (*Zea mays* L.) production under manure application combined with deep tillage management in solonchic soils of Songnen Plain, Northeast China. Journal of Integrative Agriculture, 15(4): 879–890.
- Mirzavand J, Asadi-Rahmani H, Moradi-Talebbeigi R, 2020. Biological indicators of soil quality under conventional, reduced, and no-tillage systems. Archives of Agronomy and Soil Science, 1-14.
- Mukherjee A, Lal R, 2015. Short-term effects of cover cropping on the quality of a Typic Argiaquolls in Central Ohio. Catena, 131: 125–129.
- Niu Y, Zhang R, Luo Z, Li L, Cai L, Li G, Xie J, 2016. Contributions of long-term tillage systems on crop production and soil properties in the semi-arid Loess Plateau of China. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(8): 2650-2659.
- Nivelle E, Verzeaux J, Habbib H, Kuzyakov Y, Decocq G, Roger D, Lacoux J, Duclercq J, Spicher F, Nava-Saucedo JE., Catterou M, Dubois F, Tetu F, 2016. Functional response of soil microbial communities to tillage, cover crops and nitrogen fertilization. Applied Soil Ecology, 108: 147–155.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture, 939.
- Quilchano, C, Marañón, T, 2002. Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils. Biol. Fert. Soils. 35: 102-107.
- Radicetti E, Mancinelli R, Moschetti R, Campiglia E, 2016. Management of winter cover crop residues under different tillage conditions affects nitrogen utilization efficiency and yield of eggplant (*Solanum melanogena* L.) in Mediterranean environment. Soil and Tillage Research, 155: 329-338.
- Rahmati M, Eskandari I, Kouselou M, Feiziasl V, Mahdavinia GR, Aliasghar zad N, McKenzie BM, 2020. Changes in soil organic carbon fractions and residence time five years after implementing conventional and conservation tillage practices. Soil and Tillage Research, 200: 104632. Doi:
- Rhoades JD, 1983. Soluble salts. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties 9: 167-179.
- Roldán, A, Salinas-García, JR, Alguacil, MM, Díaz, E, Caravaca, F, 2005. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. Geoderma, 129(3-4): 178-185.
- Saha S, Gopinath KA, Mina BL, Gupta HS, 2008. Influence of continuous application of inorganic nutrients to a Maize–Wheat rotation on soil enzyme activity and grain quality in a rainfed Indian soil. European Journal of Soil Biology, 44(5-6): 521-531.
- Sainju UM, Singh HP, Singh BP, 2017. Soil carbon and nitrogen in response to perennial bioenergy grass, cover crop and nitrogen fertilization. Pedosphere, 27: 223–235. doi:10.1016/S1002-0160(17)60312-6
- Sánchez-Llerena J, López-Piñero A, Albarrán A, Peña D, Becerra D, Rato-Nunes JM, 2016. Short and long-term effects of different irrigation and tillage systems on soil properties and rice productivity under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 77: 101–110.

- Sardans J, Peñuelas J, Estiarte M, 2008. Changes in soil enzymes related to C and N cycle and in soil C and N content under prolonged warming and drought in a Mediterranean shrubland. *Applied Soil Ecology*, 39(2): 223-235.
- Shi Y, Lalonde R, Hamel C, Ziadi N, Gagnon B, Hu Z, 2013. Seasonal variation of microbial biomass, activity, and community structure in soil under different tillage and phosphorus management practices. *Biol Fertil Soils*, 49: 803–818.
- Siwik-Ziomek A, Szczepanek M, 2019. Soil extracellular enzyme activities and uptake of N by Oilseed Rape depending on fertilization and seaweed biostimulant application. *Agronomy*, 9(9): 480
- Sweeney DW, Moyer JL, 1994. Legume green manures and conservation tillage for grain sorghum production on prairie soil. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1518-1524.
- Tang H, Xiao X, Li C, Cheng K, Shi L, Pan X, Wang K, 2020. Tillage and crop residue incorporation effects on soil bacterial diversity in the double-cropping paddy field of southern China. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1-12.
- TÜİK, 2019. <https://www.tuik.gov.tr/>
- TÜİK, 2020. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001)
- Ulrich S, Tischer S, Hofmann B, Christen O, 2010. Biological soil properties in a long-term tillage trial in Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173, 483–489.
- Walkley, A., Black, L.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 (1): 29–38.
- Wang JB, Chen ZH, Chen LJ, Zhu AN, Wu ZJ, 2011. Surface soil phosphorus and phosphatase activities affected by tillage and crop residue input amounts. *Plant Soil and Environment* 57 (6): 251–257.
- Wang JB, Chen ZH, Chen LJ, Zhu AN, Wu ZJ, 2011. Surface soil phosphorus and phosphatase activities affected by tillage and crop residue input amounts. *Plant Soil and Environment*, 57 (6): 251–257.
- Wolff MW, Alsina MM, Stockert CM, Khalsa SDS, Smart DR, 2018. Minimum tillage of a cover crop lowers net GWP and sequesters soil carbon in a California vineyard. *Soil and Tillage Research*, 175: 244–254.
- Xu T, Chen X, Hou Y, Zhu B, 2021. Changes in microbial biomass, community composition and diversity, and functioning with soil depth in two alpine ecosystems on the Tibetan plateau. *Plant and Soil*, 459(1):137-153.
- Yang H, Wu G, Mo P, Chen S, Wang S, Xiao Y, Fan G, 2020. The combined effects of maize straw mulch and no-tillage on grain yield and water and nitrogen use efficiency of dry-land winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Soil and Tillage Research*, 197: 104485.
- Ye S, Peng B, 2019. Effects of application of nitrogen, phosphorus and potassium on soil fertility and enzyme activities of pear jujube under straw mulching. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 384 (1); 012098. IOP Publishing.