



Araştırma Makalesi

## Fosforlu ve Organik Gübrenin Birlikte Uygulanmasının Mısır Bitkisinde Verim ve Fosfor Kullanım Etkinliğine Etkisi

 Özgür Tatar<sup>1</sup>  Mehmet Ali Bozkurt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tuşba-Van

\*Sorumlu yazar e-posta: [malibozkurt@hotmail.com](mailto:malibozkurt@hotmail.com)

**Öz:** Van yöresi kireçli topraklarında olduğu gibi Türkiye tarım topraklarının büyük bölümünde fosforlu gübre yarayırlılığının düşük olması bitkisel üretim açısından önemli bir problemdir. Bu araştırmanın amacı, kimyasal fosforlu gübre ve organik gübrenin (ahır gübresi) ayrı ayrı ve kombinasyon halinde uygulanmasının Van yöresi kireçli topraklarında mısır bitkisinin verim, fosfor kullanım özellikleri ve toprakta fosfor yarayırlılığına etkilerini karşılaştırmaktır. Tarla denemesi olarak yürütülen çalışmada kimyasal fosforlu gübre 30 gün süreyle ahır gübresi ile inkübasyona tabi tutulduktan sonra deneme toprağına uygulanmıştır. Araştırma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Fosforlu gübre, 0 ve 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> şeklinde iki dozda ve ahır gübresi 0, 500, 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup> düzeylerinde 4 dozda uygulanmıştır. Deneme planına uygun olarak, 2 × 4 = 8 konu kombinasyonu denenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, fosforlu gübre ve ahır gübresi uygulamaları mısır bitkisinin verim, bitki gelişimi, bitki fosfor konsantrasyonu, fosfor alımı ve toprakta yarayırlı fosfor konsantrasyonunda kontrole göre önemli artışlar oluşturmuştur. Fosfor kullanım etkinliği fosforlu gübre ile azalırken, ahır gübresi uygulamaları ile artmıştır. Fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde (10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 500 kg ahır gübresi da<sup>-1</sup>) kuru ot verimi kontrole göre %43 ve sadece fosforlu gübre verilmesi durumuna göre %29 artmıştır. Fosforlu gübre ve ahır gübresinin ayrı ayrı veya birlikte uygulanması karşılaştırıldığında, silaj verimi, kuru ot verimi, bitki boyu, koçan sayısı, sap çapı, bitki fosfor alımı ve toprakta yarayırlı fosfor konsantrasyonu kriterleri için birlikte uygulamanın daha büyük bir artış oluşturduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kimyasal fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte toprağına verilmesinin Van Ekolojik koşullarında, mısır bitkisinde verim, fosfor kullanım etkinliği ve toprakta fosfor yarayırlılığını artırmak için faydalı bir yöntem olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal fosforlu gübre, Ahır gübresi, Mısır, Kireçli toprak, Fosfor yarayırlılığı

## Effects of Phosphorus Fertilizer and Organic Manure and Their Combination on Maize Yield and Phosphorus Use Efficiency

**Abstract:** The low availability of phosphorus fertilizer in most of Türkiye's agricultural lands, as in the calcareous soils of the Van region, is an important problem in terms of plant production. The aim of this research is to compare the effects of applying chemical phosphorus fertilizer and organic fertilizer (farmyard manure) separately and in combination on maize yield, phosphorus utilization characteristics and phosphorus availability in the calcareous soils of the Van region. In the research conducted as a field trial, chemical phosphorus fertilizer was applied to the trial soil after being incubated with farmyard manure for 30 days. The research was conducted using a factorial experimental design in randomized blocks with 4 replications. Phosphorus fertilizer was applied in two doses of 0 and 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> and farmyard manure was applied in 4 doses at levels of 0, 500, 1000 and 2000 kg da<sup>-1</sup>. In accordance with experimental design, 2 × 4 = 8 topic combinations was tested. According to the research results,

Gönderilme Tarihi: 23.10.2025

Kabul Tarihi: 17.01.2026

**Nasıl atf yapılır:** Tatar, Ö., ve Bozkurt, M. A. (2026). Fosforlu ve Organik Gübrenin Birlikte Uygulanmasının Mısır Bitkisinde Verim ve Fosfor Kullanım Etkinliğine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31, 32-43. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1789466>

phosphorus fertilizer and farmyard manure applications caused significant increases in maize yield, plant growth, plant phosphorus concentration, phosphorus uptake and available phosphorus concentration in the soil compared to the control. While phosphorus use efficiency decreased with phosphorus fertilizer, it increased with farmyard manure applications. In the plots where phosphorus fertilizer and farmyard manure were applied together (10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 500 kg farmyard manure da<sup>-1</sup>), hay yield increased by 43% compared to the control and 29% compared to the case of applying only phosphorus fertilizer. When the application of phosphorus fertilizer and farmyard manure separately or together was compared, it was determined that the combined application created a greater increase than the sum of the separate applications for silage yield, hay yield, plant height, number of cobs, stem diameter, plant phosphorus uptake and available phosphorus concentration in the soil criteria. These results show that applying chemical phosphorus fertilizer and farmyard manure together to the soil is a useful method for increasing yield, phosphorus use efficiency and phosphorus availability in the soil under the ecological conditions of Van.

**Keywords:** Chemical phosphorus fertilizer, Farmyard manure, Maize, Calcareous soil, Phosphorus availability

## 1. Giriş

Bitki besin elementlerinin en önemlilerinden biri olan fosfor (P), bitkilerde protein, enzim, nükleik asit ve fosfolipitlerin önemli bir bileşenidir. Fosfor noksanlığında bitkilerde protein sentezi, şeker ve nişasta sentezi ile nükleik asit sentezi azalmaktadır (Karaman, 2012). Toprakta toplam fosfor çoğunlukla yüksek olmasına rağmen yararışlı fosfor miktarı genelde düşüktür. Toprakta fosforun çeşitli sebeplerle yararışlılığının azalmasına fosfor fiksasyonu denir. Ülkemiz tarım topraklarında fosfor fiksasyonu ve uygulanan fosforlu kimyasal gübrelere yararışlılığının düşük olmasının sebepleri arasında kireç miktarının fazlalığı, yüksek pH ve kil ile düşük organik madde miktarı gösterilmektedir (Kacar & Katkat, 2009).

Toprak organik maddesi toprakta fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları etkileyerek hem fosfor yararışlılığının ve hem de bitkisel üretimin artmasına sebep olan önemli bir faktördür. Uzun yıllar yürütülen tarla denemelerinde Bünemann ve ark. (2004) toprak organik materyalinin mikrobiyal parçalanma sürecinin fosfor yararışlılığı üzerine etkili olduğunu belirlemişlerdir. Toprakta yeterince organik madde bulunması fosfor yararışlılığının artmasına neden olmaktadır. Ülkemiz tarım topraklarında fosfor yararışlılığının ve uygulanan fosforlu gübrelere etkinliğinin Al, Fe, CaCO<sub>3</sub> ve kil fiksasyonu nedeniyle düşük olması bir taraftan kültür bitkilerinde fosfor noksanlığının tam giderilememesine yol açarken diğer taraftan çiftçilerin yüksek miktarda fosforlu gübre kullanmalarına sebep olmaktadır (Gyaneshwar ve ark., 2002; Turan & Horuz, 2012). Yüksek fosforlu gübreleme fiksasyon kapasitesi yüksek olan topraklarda beklenen ürün artışının olmamasına ve gübreye ödenen paranın kısmen boşa gitmesine sebep olurken, diğer taraftan yüzey akış, erozyon ve ötrofikasyon gibi olaylarla toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olabilmektedir (Simard ve ark. 2001; Sönmez ve ark. 2016).

Toprakta fosfor yararışlılığını azaltan önemli sebeplerden kireç miktarı, toprak pH'sı ve kil miktarı gibi faktörlere müdahale ederek değiştirmek pratikte kolay olmadığından fosfor fiksasyonunu azaltmada toprak organik maddesi ve mikrobiyal ayrışma süreci ile organik gübrelere etkisi konusunda çeşitli araştırmalar yürütülmüştür (Bünemann ve ark., 2004; Fayetörbay ve ark., 2014; Chng ve ark., 2016; Ojo ve ark., 2016). Sönmez ve ark. (2016) tarafından kontrollü şartlarda yürütülen denemede artan oranlarda sığır gübresi, tavuk gübresi ve kükürt uygulamalarının toprakta yararışlı fosfor miktarına, toprak pH'sına ve bitki gelişimine etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar, yararışlı fosfor miktarında en fazla artış hektara 40 ton sığır gübresi uygulamasında elde edildiğini, kükürt ilavesinin toprak pH'sında önemli bir değişiklik oluşturmadığını ve bu konuda farklı bitki ve toprak özellikleri dikkate alınarak organik gübrenin etkisinin araştırılmasına ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. Aydın İli Söke İlçesi ekolojik şartlarında yürütülen tarla denemesinde, Toprak (2022) fosforca zenginleştirilmiş organomineral gübre uygulamasının buğday bitkisinde verim ve verim özellikleri ile toprakta fosfor kinetiklerinin değişimine etkisini incelemiştir. Sığır gübresi ve fosforlu gübrenin kombinasyon halinde verilmesi buğday bitkisinin verim ve toprakta alınabilir fosfor miktarını artırdığı ve fosfor fiksasyon kapasitesini azalttığı belirlenmiştir. Nguyen ve ark. (2021) yürüttükleri çalışmada, ahır gübresi ve kimyasal gübre kombinasyonlarının çeltik verimi, fosfor alımı ve toprakta fosfor yararışlılığı üzerindeki

etkilerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, organik gübre uygulaması ile optimum verime ulaşmak için gerekli fosforlu gübre ihtiyacının azalabileceği belirlenmiştir.

Fosfor fiksasyon kapasitesi yüksek topraklarda fosforlu gübrenin yararıyırlılığını artırabilmek için çeşitli organik gübre materyalleri ile fosforlu gübrenin belirli süre inkübasyonu konusunda çeşitli araştırmalar yürütülmüştür (Halajnia ve ark. 2009; Rohily ve ark. 2013; Chng ve ark. 2016). Miller ve arkadaşları (2010) tarafından yürütülen araştırmada, yararıyırlı fosfor içerikleri farklı iki toprakta (düşük ve orta), farklı organik gübre ve kimyasal gübre kombinasyonlarının farklı sürelerde (5, 15, 30, 60 ve 110 gün) inkübasyona tabi tutulmasının toprakta fosforun geri kazanma oranına etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, düşük fosforlu toprakta inkübasyon süresine bağlı olarak yararıyırlı fosfor miktarının arttığını, orta fosforlu toprakta ise durumun böyle olmadığını ve toprak fosfor dinamiği çok kompleks olduğu için bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir.

Ülkemizde son 10 yıldaki fosforlu gübre üretim ve tüketimindeki değişimlere baktığımızda genel olarak bir artışla birlikte yıldan yıla değişikliklerin olduğu görülmektedir. Fosforlu gübre üretimi 2013 yılında 435 bin ton olarak gerçekleşirken 2020 yılında en yüksek değere ulaşarak 762 bin tona yükselmiştir. Fosforlu gübre tüketimi 2013 yılında 623 bin tondan 2020 yılında 764 bin tona yükselmiştir. Üretimin tüketimi karşılama durumu 2016 yılında %62 civarında iken 2020 ve 2021 yıllarında %100'e ulaşmıştır (Anonim, 2023). Üretim ve tüketimde oluşan bu dalgalanmanın arkasındaki önemli sebep fosforlu gübre ham maddesi olan ham fosfatın ithalatla temin edilmesi ve döviz piyasasındaki artışlardır. Bir başka ifadeyle bir yıl fosforlu gübre uygulayan çiftçi yüksek gübre fiyatından dolayı ertesi yıl düşük miktarda gübre uygulayabilmektedir. Bu sebeple bitkilerin yeterli fosforla beslenebilmesi için toprakta fosfor yararıyırlılığının artırılması ve kimyasal fosforlu gübre ihtiyacının azaltılmasına yönelik farklı toprak özelliklerinde ve farklı bitkilerle yapılan araştırmalar oldukça önemlidir.

Bu araştırmanın amacı, fosforlu kimyasal gübre ve ahır gübresinin ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının Van kireçli topraklarında, mısır bitkisinin verim, verim özellikleri, fosfor kullanım etkinliği ve toprakta yararıyırlı fosfor miktarına etkisinin belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsünde Ziraat Fakültesine ait araştırma ve uygulama alanı kireçli topraklarında tarla denemesi olarak yürütülmüştür. Araştırma alanının bulunduğu Van İli deniz seviyesinden 1727 m yükseklikte ve etrafı dağlarla çevrili olup karasal bir iklim özelliği gösterse de Van Gölü ikliminin daha yumuşak olmasına sebep olmaktadır. Van İlinde yıllık ortalama sıcaklık 9.5 °C ve yıllık yağış toplamı ortalaması 392.7 mm'dir. Araştırmanın yürütüldüğü 2022 yılına ait ortalama sıcaklık 11.0 °C ve yıllık yağış toplamı 272.9 mm olarak ölçülmüştür (Anonim, 2024).

Denemede organik gübre materyali olarak kullanılan ahır gübresi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftlik Müdürlüğüne ait büyükbaş hayvan barınaklarından alınmıştır. Deneme alanından alınan toprak örneklerinde (0-20 cm) fiziksel ve kimyasal analizler Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Tarla denemesi toprağı ve denemede kullanılan organik gübreye ait bazı analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

### 2.1. İnkübasyon İşlemleri

Büyükbaş hayvan barınaklarından temin edilen yanmış ahır gübresi havada kuru hale getirildikten sonra parsel büyüklüğü, fosforlu gübre ve ahır gübresi dozları dikkate alınarak, uygun miktarlarda karıştırılmıştır. Literatür bilgileri dikkate alınarak belirlenen inkübasyon sürecinde, gübre yığınları 30 gün boyunca, %70 su tutma kapasitesinde ve yaklaşık 25 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Başlangıçta kuru ahır gübresinin %100 su tutma kapasitesine gelmesi için gerekli su miktarı belirlenmiş ve bu miktarın %70'i katılarak inkübasyon başlatılmıştır. Gübre yığınlarının nem kaybı 5 günde bir tartım yoluyla kontrol edilerek eksilen su ilave edilerek karıştırılmıştır (Toor, 2009; Halajnia ve ark., 2009; Miller ve ark., 2010; Chng ve ark., 2016). Fosforlu gübre katılan ve katılmayan tüm ahır gübresi uygulamaları (P<sub>0</sub>AG<sub>1</sub>, P<sub>0</sub>AG<sub>2</sub>, P<sub>0</sub>AG<sub>3</sub>, P<sub>1</sub>AG<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>AG<sub>2</sub> ve P<sub>1</sub>AG<sub>3</sub>) eşit şartlarda inkübasyon işlemine tabi tutulmuştur. P<sub>1</sub>AG<sub>0</sub> uygulamasında ahır gübresi olmadığı için fosforlu gübre inkübasyon yapılmadan doğrudan ekimle birlikte toprağına verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı toprağı ve denemede kullanılan ahır gübresinin bazı özellikleri.

Özellik	Deneme Toprağı	Ahır Gübresi
Tekstür	Kumlu Tın	
CaCO <sub>3</sub> , %	12.4±0.37	
EC, dS m <sup>-1</sup>	0.195±0.003	4.14±0.01
pH (1:2,5)	7.92±0.004	9.0±0.003
Organik Madde, %	1.23±0.037	72±0.58
Toplam N, %		2.04±0.03
Olsen P, mg kg <sup>-1</sup>	7.80±0.19	
Değişebilir K, mg/kg	375±10.4	
DTPA Fe, mg/kg	15.1±0.19	
DTPA Mn, mg/kg	8.8±0.18	
DTPA Zn, mg/kg	0.21±0.01	
DTPA Cu, mg/kg	0.34±0.02	
Toplam P, %		0.23±0.01
Toplam K, %		0.87±0.03
Toplam Fe, mg/kg		3550±57.7
Toplam Mn, mg /kg		249±6.4
Toplam Zn, mg /kg		66±3.5
Toplam Cu, mg/kg		37±2.6

## 2.2. Tarla Denemesi

Yürütülen denemede bitki materyali olarak Kerbanis silajlık mısır çeşidi kullanılmıştır. Kerbanis mısır çeşidi hem silajlık hem de tanelik olarak yetiştirebilmekte, koyu sarı tane rengine sahip ve silaj verimi yüksektir. Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülen deneme 32 parselde yürütülmüştür. Kimyasal fosforlu gübre ve ahır gübresinin 30 günlük inkübasyon sürecinden sonra fosforlu gübre-ahır gübresi karışımları deneme planına uygun olarak parsel yüzeyine eşit bir şekilde serilmiş ve bel küreği yardımıyla 10-20 cm derinliğinde ekimden önce parsel toprağına karıştırılmıştır. Araştırmada ahır gübresi 4 farklı dozda (0, 500, 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup>) ve fosforlu kimyasal gübre 2 dozda (0 ve 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>) ve diamonyum fosfat formunda (%18 N ve %46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) denenmiştir. Buna göre 8 adet konu kombinasyonu oluşturulmuştur.

1. P<sub>0</sub> AG<sub>0</sub> (Kontrol)
2. P<sub>0</sub> AG<sub>1</sub> (0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 500 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)
3. P<sub>0</sub> AG<sub>2</sub> (0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 1000 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)
4. P<sub>0</sub> AG<sub>3</sub> (0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 2000 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)
5. P<sub>1</sub> AG<sub>0</sub> (10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 0 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)
6. P<sub>1</sub> AG<sub>1</sub> (10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 500 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)
7. P<sub>1</sub> AG<sub>2</sub> (10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 1000 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)
8. P<sub>1</sub> AG<sub>3</sub> (10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> + 2000 kg da<sup>-1</sup> Ahır Gübresi)

Tarla denemesinde mısır tohumları 12 cm sıra üzeri ve 70 cm sıra arası olacak şekilde ekilmiştir. Parsel uzunluğu 5 m olan denemede parsel alanı 14 m<sup>2</sup> (5 m X 2.8 m) olarak belirlenmiş, tekerrürler arası 2 m ve parseller arası 1 m yol bırakılmıştır. Van şartlarında mısırın azotlu gübre ihtiyacı dekara 17-20 kg N olduğu ve bunun bir kısmının ahır gübresinden geleceği hesap edilerek tüm parsellere sabit dozda (12 kg N da<sup>-1</sup>) azotlu gübre verilmiştir (Çelebi ve ark. 2010). Bu azotun dekara 3.9 kg'si diamonyum fosfat (DAP-%18 N ve %46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ile ekimden önce, kalan 8.1 kg N ekimden sonra bölünerek üre formunda uygulanmıştır.

Yürütülen denemede, sulama işlemi damla sulama sistemiyle, yabancı ot mücadelesi ve kök boğazı doldurma işlemleri çapayla yapılmıştır. Yaprak örnekleri koçan oluşumu başlangıcı döneminde

her parselde 10 bitkiden alınmıştır. Denemede şu gelişim parametreleri incelenmiştir: yaş ot verimi, kuru ot verimi, bitki boyu, bitkide koçan sayısı, bitkide yaprak sayısı ve sap çapı. Mısır bitkileri süt olum döneminde hasat edilerek parsel başına yaş ot (silaj) verim değerleri belirlenmiştir. Yaş ot verimi her parselde en dıştaki mısır bitkileri kenar tesiri olarak çıkarıldıktan sonra kalan 6.66 m<sup>2</sup> alandaki bitkiler üzerinden hesaplanmıştır. Hasattan önce bitki boyu, bitkide koçan sayısı, bitkide yaprak sayısı ve sap çapı gibi gelişim kriterleri her parselde 10 bitkide ölçülerek ortalaması alınmıştır.

Hasat döneminde her parselden alınan 1-1,5 kg civarında bitki örneği kese kâğıtlarına konularak laboratuvara getirilmiştir. Kurutma dolabında 70 °C’de kurutulmuş bitki örneklerinde nem kaybı üzerinden kuru madde oranı ve kuru ot verimi hesaplanmıştır. Her parselden alınan bitki örnekleri öğütüldükten sonra fosfor konsantrasyonları belirlenmiştir.

Hasattan sonra her parselden alınan toprak örneklerinde yarayışlı fosfor analizi yapılmıştır. Tarla denemesi kurulmadan önce 0-20 cm derinlikten alınan toprak örnekleri laboratuvarında kurutulup 2 mm’lik elekten elendikten sonra tekstür analizi Bouyoucos hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Deneme toprağı örneklerinde toprak reaksiyonu ve toplam tuz 1:2,5 toprak-su karışımında, kireç Scheibler kalsimetresi kullanılarak ve organik madde miktarı modifiye edilmiş Walkley Black yöntemiyle belirlenmiştir. Deneme toprağında yarayışlı fosfor sodyum bikarbonat yöntemine göre, değişebilir potasyum 1 N amonyum asetat ile çalkalanarak, ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları DTPA ile ekstrakte edilerek Kacar (2012)’in bildirdiği yöntemlerle belirlenmiştir.

Denemede kullanılan ahır gübresinde toplam N kjeldahl yöntemiyle, toplam fosfor yaş yakma yöntemiyle hazırlanan örneklerde spektrofotometrik olarak, K, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresinde okunmuştur (Kacar, 1990).

Bitki örneklerinde fosfor konsantrasyonu barton çözeltisi ile renklendirilerek spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008). Tüm bitkide belirlenen bitki fosfor konsantrasyonu dekara kuru ot verimi ile çarpılarak bitki fosfor alımı (kg P da<sup>-1</sup>) belirlenmiştir.

Fosfor kullanım etkinliğini belirlemede kullanılan agronomik etkinlik (AE), gübreli parselde elde edilen verimden (GP), gübre uygulanmamış parselden elde edilen verim (GU) çıkarılarak, elde edilen sonucun uygulanan fosfor miktarına (UP) oranlanması ile hesaplanmıştır (Işık ve ark. 2020).

$$AE = \frac{GP - GU}{UP}$$

Uygulanan gübreye karşılık kaldırılan besin elementi miktarı olarak tanımlanan geri kazanım etkinliği veya fosfor yararlanma etkinliği (PYE), gübreli parselde elde edilen P alımından (GPA), gübre uygulanmamış parselden gelen P alımı (PA) çıkarılarak elde edilen sonucun uygulanan P miktarına (UP) oranlanıp, 100 ile çarpılması ile hesaplanmıştır (Işık ve ark. 2020).

$$PYE = \frac{GPA - PA}{UP} \times 100$$

Araştırma bulgularında varyans analizleri ve ortalamalar arası farklılıkların belirlenmesinde kullanılan Duncan testi (p< 0.05), Düzgüneş ve ark. (1987)’ye göre, SPSS 13.0 paket programı kullanılarak belirlenmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Verim ve bitki gelişimine etkisi

Farklı kombinasyonlar halinde ahır gübresi ve kimyasal fosforlu gübre uygulamalarının kireçli bir toprakta mısır bitkisinde verim ve çeşitli bitki gelişim parametrelerine etkisi Çizelge 2’de verilmiştir. Mısır bitkisinde yaş ot (silaj) verimine uygulamaların etkisi çok önemli (p<0.001) bulunmuş buna karşılık fosforlu gübre × ahır gübresi interaksiyon etkisi önemsiz bulunmuştur. Fosforlu gübre verilmeyen parsellerde dekara 4194 kg yaş ot verimi elde edilirken, dekara 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verilen parsellerde yaş ot verimi 4869 kg’ye yükselmiştir. Ahır gübresi verilmediğinde yaş ot verimi dekara 3884 kg olurken artan ahır gübresi dozları ile artarak dekara 2000 kg dozunda 4979 kg’ye yükselmiştir.

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre, kontrol hariç diğer ahır gübresi uygulamaları arasındaki fark önemli bulunmamıştır (Çizelge 2).

Fosforlu gübre × ahır gübresi interaksiyon grupları incelendiğinde hiç gübre verilmeyen parsellerde yaş ot verimi 3690 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, sadece fosforlu gübre verilen parsellerde 4077 kg'ye, fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde sırasıyla dekarda 5177 kg, 4985 kg ve 5238 kg seviyelerine yükselmiştir. Yaş ot verimi sadece fosforlu gübre verilen parsellere göre fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde %29 artmıştır (Çizelge 2). Yaş ot verimi, hiç gübre verilmeyen kontrol parsellerine (P<sub>0</sub>AG<sub>0</sub>) göre, fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde (P<sub>1</sub>AG<sub>3</sub>) ve ahır gübresinin tek başına verildiği parsellerde (P<sub>0</sub>AG<sub>3</sub>) elde edilen verim artışının toplamından daha fazla verim artışı oluşturmuştur. Yani, sadece fosforlu gübre uygulandığında (4077-3690= 387 kg) 387 kg, sadece ahır gübresi uygulandığında (4720-3690=1030 kg) 1030 kg ve toplam (387+1030=1417 kg) 1417 kg verim artışı elde edilmiştir. Buna karşılık, fosfor ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde (P<sub>1</sub>AG<sub>3</sub>) dekara 1548 kg verim artışı (5238-3690=1548 kg) elde edilerek ayrı ayrı uygulamaların toplamından dekara 131 kg (1548-1417=131 kg) daha fazla verim artışı elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Fosforlu gübre ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisinde verim ve bazı gelişim parametrelerine etkisi.

Uygulamalar	Yaş ot verimi, kg da <sup>-1</sup>	Kuru ot verimi, kg da <sup>-1</sup>	Bitki boyu cm	Yaprak sayısı adet bitki <sup>-1</sup>	Koçan sayısı adet bitki <sup>-1</sup>	Sap çapı mm
Fosfor (P) dozları kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> da <sup>-1</sup>						
P <sub>0</sub>	4194±137 b	1033±34 b	183±2.7 b	13.7±0.16	1.3±0.07	18.3±0.34 b
P <sub>1</sub>	4869±143 a	1185±36 a	192±2.6 a	13.9±0.12	1.3±0.06	19.2±0.36 a
F değeri	23.2***	18.4***	5.1*	1.0	0.10	3.86
Ahır gübresi (AG) dozları						
AG <sub>0</sub>	3884±129 b	945±36 b	187±2.9	13.2±0.19	1.2±0.08 b	17.5±0.59 b
AG <sub>1</sub>	4658±215 a	1161±53 a	191±5.3	13.8±0.15	1.4±0.07 b	19.1±0.25 a
AG <sub>2</sub>	4605±194 a	1120±45 a	187±4.5	13.9±0.16	1.3±0.06 b	19.0±0.41 a
AG <sub>3</sub>	4979±203 a	1209±46 a	187±3.9	14.2±0.16	1.5±0.09 a	19.2±0.56 a
F değeri	10.9***	10.4***	0.21	6.59**	4.41*	2.89
P × AG interaksiyonu						
P <sub>0</sub> AG <sub>0</sub>	3690±132	897±39	185±1.3	13.0±0.35	1.2±0.11	17.5±0.72
P <sub>0</sub> AG <sub>1</sub>	4139±163	1037±44	188±6.7	13.7±0.23	1.2±0.14	18.7±0.27
P <sub>0</sub> AG <sub>2</sub>	4225±278	1041±72	177±3.9	14.1±0.23	1.3±0.12	18.2±0.30
P <sub>0</sub> AG <sub>3</sub>	4720±278	1155±58	184±7.7	14.0±0.18	1.4±0.16	18.7±1.13
P <sub>1</sub> AG <sub>0</sub>	4077±188	994±54	189±5.9	13.4±0.06	1.2±0.12	17.6±1.05
P <sub>1</sub> AG <sub>1</sub>	5177±103	1284±27	193±8.9	13.9±0.21	1.1±0.04	19.6±0.26
P <sub>1</sub> AG <sub>2</sub>	4985±31	1198±7	197±3.4	13.8±0.20	1.3±0.07	19.8±0.53
P <sub>1</sub> AG <sub>3</sub>	5238±265	1264±67	190±2.4	14.3±0.25	1.6±0.06	19.7±0.12
F değeri	1.04	0.92	0.87	1.26	0.39	0.37

P<sub>0</sub> ve P<sub>1</sub>: 0 ve 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>; AG<sub>0</sub>, AG<sub>1</sub>, AG<sub>2</sub> ve AG<sub>3</sub>: 0, 500, 1000 ve 2000 kg Ahır gübresi da<sup>-1</sup>; a,b: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi grubunda Duncan testine göre önemlidir (p<0.05). \*: p<0.05; \*\*: p<0.01; \*\*\*: p<0.001.

Mısır bitkisi kuru ot verimine fosfor ve ahır gübresi uygulamalarının etkisi istatistiki olarak çok önemli (p< 0.001) bulunurken, interaksiyon etkisi önemsiz bulunmuştur. Kuru ot verimi fosforlu gübrelemenin etkisiyle dekarda 1033 kg'den 1185 kg'ye, ahır gübresi uygulamalarıyla artarak dekara 945 kg'den 1209 kg'ye yükselmiştir. Fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı interaksiyon gruplarına bakıldığında, hiç gübre verilmeyen parsellerde kuru ot verimi dekara 897 kg olarak belirlenirken, fosfor ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde (P<sub>1</sub>AG<sub>1</sub>) artarak 1284 kg seviyesine yükselmiştir.

Bitki boyuna fosforlu gübrenin etkisi önemli ( $p < 0.05$ ) bulunurken, ahır gübresi ve fosfor  $\times$  ahır gübresi interaksiyon etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Fosforlu gübrelemenin etkisiyle mısır bitkisinin boyu 183 cm'den 192 cm'ye yükselmiştir. İnteraksiyon grupları incelendiğinde, hiç gübre verilmediğinde bitki boyu 185 cm olarak ölçülürken sadece fosforlu gübre verildiğinde 189 cm'ye fosfor ve ahır gübresi birlikte uygulandığında ( $P_1AG_2$ ) 197 cm'ye yükselmiştir (Çizelge 2).

Mısır bitkisinde yaprak sayısı ve koçan sayısı ahır gübresi uygulamaları ile önemli düzeyde artarken, fosforlu gübre ve fosfor  $\times$  ahır gübresi interaksiyon etkisi önemli bulunmamıştır. Artan ahır gübresi uygulamaları ile bitkide yaprak sayısı ortalama 13,2'den 14,2'ye, bitkide koçan sayısı 1,2'den 1,5'e yükselmiştir (Çizelge 2).

Varyans analiz sonuçlarına göre mısır bitkisinde sap çapına fosforlu gübre, ahır gübresi ve interaksiyon uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. Duncan testi sonuçlarına göre, fosfor ve ahır gübresi uygulamalarının sebep olduğu artış önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Fosforlu gübre ve ahır gübresinin tek başına etkileri ve birlikte uygulanmaları halinde oluşan interaksiyon etkileri dikkate alındığında, yaş ot verimi, kuru ot verimi, bitki boyu, koçan sayısı ve sap çapı parametreleri için interaksiyon etkisiyle oluşan artışın tek tek uygulamaların toplamından daha büyük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

### 3.2. Bitkide ve toprakta fosfor konsantrasyonu ve fosfor kullanım etkinliğine etkisi

Mısır bitkisinde yaprak fosfor konsantrasyonuna fosforlu gübreleme ve fosfor  $\times$  ahır gübresi interaksiyonu etkisi önemli bulunurken, ahır gübresi uygulamalarının tek başına etkisi önemli bulunmamıştır. Dekara 10 kg  $P_2O_5$  ilavesiyle yaprak fosfor konsantrasyonu %0,22'den %0,26'ya yükselmiştir. Hiç gübre verilmeyen interaksiyon grubunda yaprak fosfor konsantrasyonu %0,19 olarak belirlenirken dekara 10 kg  $P_2O_5$  verilen uygulamada ( $P_1AG_0$ ) önemli düzeyde artarak %0,28'e yükselmiştir (Çizelge 3).

Tüm bitkide fosfor konsantrasyonuna fosforlu gübre ve interaksiyon etkisi önemli bulunmazken, ahır gübresi uygulamalarının etkisi önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Dekara 0, 500, 1000 ve 2000 kg ahır gübresi uygulamaları ile bitki fosfor konsantrasyonu sırasıyla %0,21, %0,25, %0,27 ve %0,26 olarak belirlenmiştir. Hiç gübre verilmeyen uygulamada ( $P_0AG_0$ ) fosfor konsantrasyonu %0,21 olarak ölçülürken, fosfor ve ahır gübresinin birlikte verildiği interaksiyon gruplarında ( $P_1AG_2$  ve  $P_1AG_3$ ) %0,27 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Varyans analiz sonuçlarına göre bitki fosfor alımına, fosfor ve ahır gübresi uygulamalarının etkisi önemli bulunurken interaksiyon etkisi önemli bulunmamıştır. Bitki fosfor alımı fosforlu gübre etkisiyle dekara 2,52 kg P'den 3,02 kg'ye, ahır gübresi uygulamalarıyla dekara 1,96 kg P'den 3,14 kg P seviyesine yükselmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre hiç gübre verilmediğinde ( $P_0AG_0$ ) bitki fosfor alımı dekara 1,84 kg olarak hesaplanırken, fosfor ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı parsellerde ( $P_1AG_3$ ) önemli düzeyde artarak 3,43 kg seviyesine yükselmiştir (Çizelge 3).

Agronomik etkinlik ve fosfor yararlanma etkinliğine fosforlu gübrenin etkisi varyans analiz sonuçlarına göre önemli ( $p < 0.01$ ) bulunurken, ahır gübresi ve fosfor  $\times$  ahır gübresi interaksiyon etkisi önemli bulunmamıştır. Fosforlu gübreleme ile agronomik etkinlik 79,6'dan 48,6'ya, fosfor yararlanma etkinliği %37,0'dan 19,2'ye düşmüştür. Agronomik etkinlik ve fosfor yararlanma etkinliği için en düşük değerler ahır gübresi verilmeyen uygulamada ( $P_0AG_0$ ) belirlenmiştir. Ahır gübresi ilavesiyle ( $AG_1$ ) agronomik etkinlik 32,3'ten 70,5'e, fosfor yararlanma etkinliği 8,52'den 33,2'ye yükselmiştir. Fosforlu gübre ve ahır gübresi uygulamalarının birlikte yapıldığı parsellerde en yüksek agronomik etkinlik ve fosfor yararlanma etkinliği değerleri  $P_1AG_1$  uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 3).

Toprakta yarayışlı fosfor konsantrasyonuna fosforlu gübre ve ahır gübresi uygulamalarının etkisi önemli bulunurken ( $p < 0.001$ ), interaksiyon etkisi önemli bulunmamıştır. Toprakta yarayışlı fosfor konsantrasyonu fosforlu gübreleme ile 10,3 mg  $kg^{-1}$ 'den 13,5 mg  $kg^{-1}$ 'e, ahır gübresi uygulamaları ile 9,1 mg  $kg^{-1}$ 'den 16,0 mg  $kg^{-1}$  düzeyine yükselmiştir. Toprakta yarayışlı fosfor konsantrasyonuna fosforlu gübre  $\times$  ahır gübresi interaksiyon etkisi varyans analizinde önemli bulunmasa da, Duncan testinde önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Hiç gübre verilmeyen parsel toprağında 7,8 mg  $kg^{-1}$  düzeyinde yarayışlı fosfor belirlenirken, dekara 2000 kg ahır gübresi verilen parsellerde 13,2 mg  $kg^{-1}$  ve dekara 10 kg fosfor ve 2000 kg ahır gübresi verilen parsellerde 18,8 mg  $kg^{-1}$  yarayışlı fosfor belirlenmiştir. Fosforlu gübre ve ahır gübresi uygulamalarının ayrı ayrı veya birlikte uygulanmaları halinde oluşan interaksiyon

etkileri karşılaştırıldığında, bitki fosfor alımı ve toprakta yarayırlı fosfor konsantrasyonu parametreleri için interaksyon etkisiyle oluşan artışın ayrı ayrı uygulamaların toplamından daha büyük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Fosforlu gübre ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisinde fosfor konsantrasyonu, fosfor alımı, fosfor kullanım etkinliği ve toprakta yarayırlı fosfor konsantrasyonuna etkisi.

Uygulamalar	Yaprak P, %	Bitki P, %	Bitki P Alımı, kg P da <sup>-1</sup>	Agronomik Etkinlik	P Yararlanma Etkinliği, %	Toprakta Yarayırlı P, mg/kg
Fosfor (P) dozları kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> da <sup>-1</sup>						
P <sub>0</sub>	0.22±0.01 b	0.24±0.01	2.52±0.15 b	79.6±7.3 a	37.0±4.5 a	10.3±0.6 b
P <sub>1</sub>	0.26±0.01 a	0.25±0.01	3.02±0.17 a	48.6±4.4 b	19.2±2.3 b	13.5±0.9 a
F değeri	7.80**	0.96	10.6**	18.2***	16.9**	44.6***
Ahır gübresi (AG) dozları						
AG <sub>0</sub>	0.23	0.21±0.01 b	1.96±0.12 b	32.3±6.2 b	8.52±2.7 b	9.1±0.8 c
AG <sub>1</sub>	0.23	0.25±0.01 a	2.95±0.24 ab	70.5±6.5 a	33.2±6.0 a	11.1±0.6 b
AG <sub>2</sub>	0.26	0.27±0.01 a	3.00±0.17 a	69.2±9.5 a	31.6±5.3 a	11.4±0.4 b
AG <sub>3</sub>	0.24	0.26±0.01 a	3.14±0.15 a	60.8±10.2 a	24.8±2.9 a	16.0±1.2 a
F değeri	1.41	5.58*	12.0***	1.72	2.39	37.6***
P × AG interaksiyonu						
P <sub>0</sub> AG <sub>0</sub>	0.19±0.01 c	0.21±0.01	1.84±0.16 c	-	-	7.8±0.9 c
P <sub>0</sub> AG <sub>1</sub>	0.23±0.02 b	0.24±0.02	2.51±0.25 bc	71.0±13.2 ab	38.3±11.3 ab	9.9±0.7 c
P <sub>0</sub> AG <sub>2</sub>	0.25±0.02 ab	0.27±0.02	2.85±0.34 abc	93.3±5.8 a	43.5±5.9 a	10.4±0.2 c
P <sub>0</sub> AG <sub>3</sub>	0.23±0.01 b	0.25±0.02	2.86±0.18 abc	74.5±16.8 a	29.3±4.8 ab	13.2±0.7 b
P <sub>1</sub> AG <sub>0</sub>	0.28±0.03 a	0.21±0.02	2.09±0.18 c	32.3±6.2 b	8.52±2.7 c	10.4±0.9 c
P <sub>1</sub> AG <sub>1</sub>	0.23±0.06 b	0.26±0.02	3.40±0.28 a	70.0±5.0 ab	28.2±5.1 ab	12.4±0.6 b
P <sub>1</sub> AG <sub>2</sub>	0.27±0.01 ab	0.27±0.01	3.16±0.09 ab	45.0±1.1b	19.7±1.4 bc	12.5±0.2 b
P <sub>1</sub> AG <sub>3</sub>	0.25±0.01 ab	0.27±0.01	3.43±0.17 a	47.0±8.8 b	20.3±2.2 bc	18.8±0.8 a
F değeri	3.22*	0.42	0.88	3.10	1.04	2.83

P<sub>0</sub> ve P<sub>1</sub>: 0 ve 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>; AG<sub>0</sub>, AG<sub>1</sub>, AG<sub>2</sub> ve AG<sub>3</sub>: 0, 500, 1000 ve 2000 kg Ahır gübresi da<sup>-1</sup>; a,b: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi grubunda Duncan testine göre önemlidir (p<0.05). \*: p<0.05; \*\*: p<0.01; \*\*\*: p<0.001.

#### 4. Tartışma

Bitkisel üretimde kimyasal fosforlu gübre ve organik gübre materyallerinin ayrı ayrı uygulanmalarının verim ve bitki gelişimine etkisi konusunda çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Bozkurt ve ark., 2010; Çelebi ve ark., 2010; Arslan, 2016; İdikut ve Yıldız, 2018; Azeem ve ark., 2018). Hatta fosforlu gübreleme ve organik gübreleme yapılmadan sürdürülebilir üretim yapılamayacağı bilinen bir gerçektir. Ülkemizde son yıllarda kimyasal fosforlu gübre tüketiminin artarak yılda 770 bin ton (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> olarak) civarında olması bu durumun açık bir ifadesidir (Anonim, 2023). Buna karşılık, fosforlu gübre ve organik gübrenin birlikte uygulanmasının bitki gelişimi ve verimi nasıl etkileyeceği konusunda ülkemizde sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır (Fayetörbay ve ark., 2014; Sönmez ve ark., 2016). Aydın ili Söke İlçesi ekolojik koşullarında yürütülen tarla denemesinde farklı oranlarda karıştırılan fosforlu gübre ve sığır gübresi kombinasyonlarının buğdayın kalitatif ve kantitatif özellikleri ile kireçli bir toprakta fosfor kinetiklerinin değişimine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, fosforlu ve organik gübrenin birlikte uygulanmasının buğdayın dengeli beslenmesi, pek çok toprak özelliği ve fosfor kinetiklerinde olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir (Toprak, 2022).

Farklı kültür bitkileri ile kireçli topraklarda yürütülen araştırmalarda, fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte verilmesinin toprakta fosfor yarayırlılığını artırarak bitki gelişmesi ve verimi iyileştirdiği belirlenmiştir (Poplete-Grant ve ark., 2019; Korkmaz ve ark., 2021; Purwanto ve ark., 2021). Farklı oranlarda fosforlu gübre ve organik gübrenin belli süre inkübasyona tabi tutulduktan sonra kireçli bir toprakta fosfor yarayırlılığına ve buğday verimine etkisi araştırılmıştır. İki gübrenin birlikte uygulanmasının toprakta fosfor yarayırlılığını ve buğday verimini artırmak için etkili bir yöntem olduğu

belirlenmiştir (Ikram ve ark., 2019). Jama ve ark. (2000) yürüttükleri araştırmada, verim artışında organik gübrenin etkisiyle fosforun yararlılığının artması kadar diğer besin elementlerinin yararlılığının artması ve hastalık ve zararlıların baskı altına alınmasının da önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Aye ve ark. (2009) fosforca fakir topraklarda kimyasal fosforlu gübre ve organik gübrenin birlikte uygulanmasının toprak mikroorganizmaları için yeterli fosforun sağlanmasıyla organik maddenin ayrışma sürecini hızlandırdığı ve bu durumun mısır veriminde artışa yardım ettiğini belirlemişlerdir. İlave olarak, organik ve inorganik gübre kombinasyonunun faydasının karışımdaki bu gübrelerin oranına bağlı olduğu bildirilmiştir.

Kireçli topraklarda fosforlu gübrelerin yararlılığının düşük olmasından dolayı bitkilerin fosfor ihtiyacının tam olarak karşılanabilmesi için bazı ilave uygulamalara ihtiyaç vardır. Mevcut araştırmada fosforlu kimyasal gübre ve ahır gübresi 30 gün boyunca yaklaşık 25 °C sıcaklıkta ve belli bir nem düzeyinde inkübasyona tabi tutulduktan sonra toprağa uygulanmıştır. Kimyasal ve organik gübrenin birlikte uygulanması Duncan testi sonuçlarına göre, bitki fosfor alımı, fosfor yararlanma etkinliği ve toprakta yararlı fosfor miktarında önemli artışlara sebep olmuştur. Fosforlu gübre ile birlikte dekara 500 kg ahır gübresi uygulaması fosforlu gübrenin tek başına verilmesine göre, bitki fosfor alımını dekara 2,09 kg'den 3,40 kg'ye, fosfor yararlanma etkinliğini % 8,52'den % 28,2'ye ve toprakta yararlı fosfor konsantrasyonunu 10,4 mg kg<sup>-1</sup> 'den 12,4 mg kg<sup>-1</sup> seviyesine yükselmesine neden olmuştur (Çizelge 3). Fosforlu gübre ve ahır gübresinin inkübasyona tabi tutulduktan sonra bitki fosfor alımı ve toprakta yararlı fosfor konsantrasyonunda meydana gelen artış, bu uygulamaların ayrı ayrı olması durumundaki artışın toplamından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu konuda deneme alanı toprak özelliklerine benzer olarak kireçli toprakta yürütülen pek çok araştırmada fosforlu gübre ve organik gübrenin birleştirilerek uygulanmasının toprakta yararlı fosfor miktarını, fosforlu gübrenin agronomik etkinliğini, fosfor alımını ve tane verimini artırmak için uygun bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Halajnia ve ark., 2009; Rehim ve ark., 2016; Ikram ve ark., 2019).

Mısır bitkisinde artan fosfor dozlarının denendiği araştırmada, dekara 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozundan sonra fosfor kullanım etkinliğinin azaldığı belirlenirken (Işık ve ark., 2020), Pavinato ve ark. (2017) üç yıl süreyle yürüttükleri tarla denemesinde ham fosfata göre süper fosfat gübresi uygulamasının mısırdaki fosfor kullanım etkinliğini önemli düzeyde artırdığını ileri sürmüşlerdir. Kanatlı hayvan gübresi ve fosforlu gübrenin kombinasyon halinde verilmesinin toprakta fosfor fiksasyonunu azaltarak, mısırdaki fosfor alımı ve toprakta fosfor yararlılığı üzerine tamamlayıcı ve sinerjik bir etki yaptığı belirlenmiştir (Ibijola ve ark., 2014).

Yapılan çeşitli araştırmalarda kimyasal fosforlu gübrenin yararlılığının artırılabilmesi için fosforlu gübre ile organik gübrenin inkübasyon süresinin kritik öneme sahip olduğu ve inkübasyon süresinin uzamasına bağlı olarak yararlı fosfor miktarının arttığı (Ikram ve ark., 2019; Akhtar ve ark., 2020), organik maddenin toprakta fosfor fiksasyon noktalarını doyurmak ve kalsiyumun aktivitesini azaltmak suretiyle fosfor fiksasyonunu engellediği (Jones & Darrah, 1994; Rosling ve ark., 2007), organik materyalin ayrışma sürecinde oluşan çeşitli organik asitlerin ve humik maddelerin toprak yüzeylerinde adsorbe edilerek fosfor fiksasyonunu engellediği ve inorganik gübreden gelen fosforun yararlılığını artırdığı belirlenmiştir (Hue, 1991).

## 5. Sonuç

Ülkemiz Doğu Anadolu Bölgesi Van İli kireçli topraklarında, ahır gübresi ve fosforlu gübrenin ayrı ayrı veya birlikte uygulanması mısır bitkisinin verim, verim kriterleri, bitki fosfor konsantrasyonu, fosfor alımı, fosfor kullanım etkinliği ve toprakta yararlı fosfor konsantrasyonunda kontrole göre önemli artışlar oluşturmuştur. Kuru ot verimi sadece kimyasal fosforlu gübre verilen parsellere göre kimyasal ve organik gübrenin birlikte verildiği parsellerde %29 düzeyinde artmıştır. Fosforlu gübre ve ahır gübresinin ayrı ayrı veya birlikte uygulanması karşılaştırıldığında, yaş ot verimi, kuru ot verimi, bitki boyu, koçan sayısı, sap çapı, bitki fosfor alımı ve toprakta yararlı fosfor konsantrasyonu kriterleri için birlikte uygulamanın ayrı ayrı uygulamaların toplamından daha büyük bir artış oluşturduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kimyasal fosforlu gübre ve ahır gübresinin birlikte uygulanmasının verim, bitki gelişimi, fosfor kullanım etkinliği ve toprakta yararlı fosfor konsantrasyonunu artırmak için faydalı bir yöntem olduğunu göstermektedir. Van ili kireçli toprak şartlarında bir yıllık tarla denemesinden elde edilen sonuçlara göre, dekara 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile birlikte dekara 500 kg veya 1000 kg ahır gübresinin birlikte uygulanmasının uygun bir kombinasyon olduğu söylenebilir. Bu konuda

ülkeminin farklı ekolojilerinde ve farklı kültür bitkileri ile yapılacak yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber, üreticilerin yüksek bedeller ödeyerek satın aldığı kimyasal fosforlu gübrelerin etkinliğini artırmak için ekimden önce organik gübre ile karıştırılarak uygulanmasının toprak kimyasal özelliklerini, fosfor dengelerini ve yararlılığını olumlu etkileyeceği açıktır.

### **Teşekkür**

Çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2022-10324 nolu yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### **Yazarların Katkı Beyanı**

**Özgür Tatar:** Araştırmanın Planlanması, Tarla Denemesinin Yürütülmesi, Laboratuvar Analizleri, İstatistiki Analizler.

**Mehmet Ali Bozkurt:** Araştırmanın Planlanması, Tarla Denemesi ve Laboratuvar Analizlerinin Takibi, Makale Yazımı, Danışmanlık

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Etik Değerlendirme**

İnsan veya hayvanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığından bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

### **Yapay Zeka Kullanım Beyanı**

Yazarlar bu makalenin yazımında ve çizelgelerin oluşturulmasında yapay zeka desteği almadıklarını beyan ederler.

### **Kaynakça**

- Akhtar, M., Ikram, W., Mahmood, T., Yousef, S., Gillani, S.M.W., & Ejaz, A. (2020). Improving soil phosphorus supply and wheat yield with manure amended phosphate fertilizer. *Experimental Agriculture*, 56, 48-58. <https://doi.org/10.1017/S0014479719000097>.
- Anonim, (2023). Tarım ve Orman Bakanlığı. Yıllar Bazında Kimyevi Gübre Tüketim ve Üretimi. Erişim Tarihi: 27.02.2024. <http://www.Tarimorman.gov.tr/istatistikler>
- Anonim, (2024). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 24.03.2024. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/iklim-verileri.aspx>
- Arslan, M. (2016). Silajlık mısır yetiştiriciliğinde organik gübre kullanımının verim ve bazı verim özelliklerine etkisi. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 9(2), 37-41.
- Aye, T.M., Hedley, M.J., Loganathan, P., Lefroy, R.B.D., & Bolan, N.S. (2009). Effect of organic and inorganic phosphate fertilizers and their combination on maize yield and phosphorus availability in a Yellow Earth in Myanmar. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83, 111-123. <https://doi.org/10.1007/s10705.008.9203.1>
- Azeem, K., Khan, A., Naz, F., Ilyas, M., Azeem, I., Anwar, F., & Ahmad, W. (2018). The impact of different P fertilizer source on growth yield and yield component of maize varieties. *Agricultural Research and Technology*, 13(3), 1-5. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2018.13.555881>
- Bozkurt, M.A., Yarılgaç, T., & Yazıcı, A. (2010). The use of sewage sludge as an organic matter source in apple trees. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(2), 267-274.
- Bünemann, E.K., Smithson, P.C., Jama, B., & Frossard E., Oberson, A. (2004). Maize productivity and nutrient dynamics in maize fallow rotations in Western Kenya. *Plant and Soil*, 264, 195-208. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000047749.43017.fd>.

- Chng, H.Y., Ahmed, O.H., & Majid, M.A. (2016). Improving phosphorus availability nutrient uptake and dry matter production of zea mays L. On a tropical acid soil using poultry manure biochar and pineapple leaves compost. *Experimental Agriculture*, 52(3), 447-465. <https://doi.org/10.1017/S0014479715000204>.
- Çelebi, R., Çelen, A.S., Çelebi, Ş.Z., & Şahar, A.K. (2010). Farklı azot ve fosfor dozlarının mısırın silaj verimi ve kalitesine etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(4), 16-24.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yay. No: 1021, Ders Kitabı No: 295, Ankara.
- Fayetörbay, D., Çomaklı, B., & Daşçı, M. (2014). Fosfor çözücü bakteri fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının macar fiğinde tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 345-357. <https://doi.org/10.15832/tbd.35287>.
- Gyaneshwar, P., Naresh Kumar, G., Parekh, L.H., & Poole, P.S. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 245, 83-93.
- Halajnia, A., Haghnia, G.H., Fotovat, A., & Khorasani, R. (2009). Phosphorus fractions in calcareous soil amended with P fertilizer and cattle manure. *Geoderma*, 150, 209-213. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.02.010>
- Hue, N.V. (1991). Effect of organic acids anions on P sorption and phyto-availability in soil with different mineralogies. *Soil Science*, 152 (6), 463-471. <https://doi.org/10.1097/00010694-199112000-00009>.
- Ikram, W., Akhtar, M., Morel, C., Rizwan M., & Ali, S. (2019). Phosphate fertilizer premixing with farmyard manure enhances phosphorus availability in calcareous soil for higher wheat productivity. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 3276-3284. <https://doi.org/10.1007/s11356.019.06468.1>
- Işık, M., Öztürk, F., Karadere, Ş., & Ortaş, İ. (2020). Uzun süreli farklı dozlarda, fosfor uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor kullanım etkinliğinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, 25-30. <https://doi.org/1021657/topraksu.693254>.
- Ibijola, T.O., Azeez, J.O., Adetunji, M.T. & Oyekanmi, A.A. (2014). Effect of the sequential application of liquid organic manure and phosphorus on maize agronomic traits and P uptake in some tropical soils. *Journal of Plant Nutrition*, 37, 1040-1055. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881860>.
- İdikut, L., & Yıldız, Ş. (2018). Birinci ürün mısırdaki farklı dozlarda fosfor uygulamasının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisinin Kahramanmaraş koşullarında araştırılması. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2), 211-221. <https://doi.org/10.30910/turkjans.421371>.
- Jama, B., Palm, C.A., Buresh, R.J., Niang, A., Gachengo, C., & Nziguheba, G. (2000). Tithonia diversifolia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: A Review. *Agroforestry Systems*, 49, 201-221.
- Jones, D.L., & Darrah, P.R. (1994). Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrient from the rhizosphere. *Plant and Soil*, 166, 247-257.
- Kacar, B. (1990). Gübre Analizleri. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım Limited Şirketi, Yayın No: 1241, Ankara.
- Kacar, B., & Katkat, A.V. (2009). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B. (2012). Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım Şirketi, Yayın No: 484, Ankara.
- Karaman, M.R. (2012). Bitki Besleme. Duman Ofset Matbaacılık Şirketi, Ankara.
- Korkmaz, A., Yılmaz, F., & Gezgin, S. (2021). Organomineral ve kimyasal gübre ile farklı fosfor uygulamalarının silaj mısır verimi ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36, 268-275. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.869449>.
- Miller, J.C., Astatkie, T., & Madani, A. (2010). Soil test phosphorus recovery from livestock manures compared with inorganic fertilizer in soil incubations. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2010/425613>.
- Nguyen, T.T., Sasaki, Y., Kafahira, M., & Singh, D. (2021). Cow manure application cuts chemical phosphorus fertilizer need in silage rice in Japan. *Agronomy*, 11(8), 1483. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081483>.
- Ojo, A.O., Adetunji, M.T., Okeleye, K.A., & Adejuyigbe, C.O. (2016). The effect of poultry manure and P fertilizer on some phosphorus fractions in some soil of Southwestern Nigeria: An

- incubation study. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(21), 2365-2377. <https://doi.org/10.1080.00103624.2016.1216559>.
- Pavinato, P.S., Rodrigues, M., Soltangheisi, A., Sartor, L.R. & Withers P.J.A. (2017). Effects of cover crops and phosphorus sources on maize yield, phosphorus uptake and phosphorus use efficiency. *Soil Fertility & Crop Nutrition*, 109(3), 1039-1047. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0323>.
- Popete-Grant, P., Biron, P., Bariac, T., Cartes, P., Mora, M., & Rumpel, C. (2019). Synergistic and antagonistic effects of poultry manure and phosphate rock on soil P availability ryegrass production and P uptake. *Agronomy* 9, 191,1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040191>.
- Purwanto, B.H., Wulandari, P., Sulistyarningsih, E., Utami, S.N.H., & Handayani, S. (2021). Improved corn yields whwn humic acid extracted from composted manure is applied to acid soils with phosphorus fertilizer. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2021.8838421>.
- Rehim, A., Hussain, M., Hussain, S., Noreen, S., Doğan, H., Ziaulhaq, M., & Ahmad, S. (2016). Band application of phosphorus with farm manure improves phosphorus use efficiency productivity and net returns of wheat on sandy clay loam soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 319-326. <https://doi.org/10.3906/tar-1505-133>.
- Rohily, K.M., Ghoneim, A.M., Modaihsh, A.S. & Mahjoub, M.O. (2013). Phosphorus availability in calcareous soil amend with chemical phosphorus fertilizer, cattle manure compost and sludge manure. *International Journal of Soil Science* 8(1), 17-24. <https://doi.org/10.3923/ijss.2013.17.24>.
- Rosling, A., Suttle, K., Johansson, E., van Hees, P.A., & Banfield, J. (2007). Phosphorus availability influences the dissolution of apatite by soil fungi. *Geobiology*, 5, 265-280. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4669.2007.00107.x>
- Simard R.R., Beauchemin, S., Royer, I. & Barnett, G.M. (2001). Manure impact on phosphorus transfer from soil to surface waters. p. 21-33. In: Proc. Alberta Soil Sci. Workshop, 38th, Lethbridge, AB, Canada. 20-22 Feb. 2001. Alberta Agric. Food and Rural Development Edmonton.
- Sönmez, O., Turan, V., & Kaya, C. (2016). The effect of sulfur cattle and poultry manure addition on soil phosphorus. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 536-541. <https://doi.org/10.3906/tar-1601-41>.
- Toor, G.S. (2009). Enhancing phosphorus availability in low phosphorus soils by using poultry manure and commercial fertilizer. *Soil Science*, 174, 358-364. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e3181a7e716>.
- Toprak, S. (2022). Fosforca Zenginleştirilmiş Organomineral Gübre Kombinasyonlarının Kireçli Bir Toprakta Yetiştirilen Ekmeklik Buğdayın Kalitatif ve Kantitatif Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Programı, Aydın, Türkiye.
- Turan, M. & Horuz, A. (2012). Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. Bitki Besleme (s.123-346). Editör: M.R. Karaman, Duman Ofset Matbaacılık Şirketi, Ankara.