

Şeker Pancarının Fosfor Agronomik ve Geri Alım Etkinliklerinin Artırılmasında Katı ve Sıvı Fosforlu Gübre Kullanımı

Evaluation of Solid and Liquid Fertilizers in Increasing of Yield, Phosphorus Agronomic and Reuptake Efficiency of Sugar Beet

Duygu Akçay KULLUK^{1b}
Fatma Gökmen YILMAZ^{1b}
Mustafa HARMANKAYA^{1b}
Sait GEZGIN^{1b}

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, Konya, Türkiye

Çalışma, desteklenen proje kapsamında yapılan Duygu AKÇAY KULLUK'un doktora tez çalışmasının bir kısmından oluşmaktadır.

The study consists of a part of Duygu AKÇAY KULLUK's doctoral thesis, which was done within the scope of the supported project.

Geliş Tarihi/Received: 05.02.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 14.12.2022

Yayınlanma Tarihi/Publication Date:

30.01.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Duygu Akçay KULLUK

E-mail: dygackay81@gmail.com

Cite this article as: Kulluk, D. A., Yılmaz, F. G., Harmankaya, M., & Gezgin, S. (2023). Evaluation of solid and liquid fertilizers in increasing of yield, phosphorus agronomic and reuptake efficiency of sugar beet.

Research in Agricultural Sciences, 54(1), 31-35.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ÖZ

Çalışma, ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve ortofosfat ve polifosfat formlarında fosfor içeren sıvı kompoze gübrelerin kireçli topraklarda yetiştirilen şeker pancarının verimi, kalitesi, fosforun agronomik (FAGe) ve geri alım etkinliği (FAE) üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme, fosfor içeriği düşük tarla koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede, katı 10-25-20+%8 S+%1 Zn+Üre, katı 10-25-20 +%8 S +%1 Zn+UAN, sıvı 10-25-20 (ortofosfat)+%8 S +%1 Zn+UAN ve sıvı 10-25-20 (polifosfat) +%8 S +%1 Zn+UAN gübreleri ile ekimde dekara 6 kg P₂O₅ ekim makineleri ile banda ve toplam 18 kg da⁻¹ azot uygulanmıştır. Sonuçta, geleneksel gübre uygulamasına (K2) göre kök+gövde verimi (116 t ha⁻¹), %21, FAGe (750) %80 ve FAE (%30.5) %91 oranında artışla en yüksek ekimde polifosfat formunda fosfor içeren sıvı kompoze ve çapada 15.6 kg N olacak şekilde sıvı UAN (%32 N) gübresi (K5) uygulanması ile elde edilmiştir. Ayrıca kök+gövde verimi ve FAE bakımından fosforu ortofosfat formunda içeren sıvı kompoze gübrenin katı kompoze gübreye göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fosfor agronomik etkinliği, fosfor geri alım etkinliği, katı ve sıvı fosforlu gübre, şeker pancarı, verim

ABSTRACT

The study was carried out to determine effects of solid fertilizers containing phosphorus in form of orthophosphate and liquid composite fertilizers containing phosphorus in forms of orthophosphate and polyphosphate on yield, quality, agronomic (PAGe) and reuptake efficiency (PUE) of sugar beet grown in calcareous soils. Experiment was conducted in a randomized block design with 3 treatments under field conditions with low phosphorus content. In experiment, solid 10-25-20+8% S+1% Zn+Urea, solid 10-25-20 +8% S +1% Zn+UAN, liquid 10-25-20 (orthophosphate)+8% S +%1 Zn+UAN and liquid 10-25-20 (polyphosphate) +8% S+1% Zn+UAN fertilizers, 6 kg of P₂O₅ were applied by seeder and fertilizer machine and total nitrogen was added at 18 kg da⁻¹. Results showed that root+stem yield (116 t ha⁻¹), PAGe (750) and PUE (30.5%) with an increase in rate of 21%, 15%, 80% and 91% respectively in the highest liquid composite containing phosphorus with form of polyphosphate and liquid UAN (32% N) fertilizer with 15.6 kg N in hoe (K5) compared to conventional fertilizer application (K2). In addition, it has been determined the significant effect of liquid composite fertilizer containing phosphorus with form of orthophosphate in root+stem yield and PUE compared to solid composite fertilizer.

Keywords: Phosphorus agronomic efficiency, phosphorus reuptake efficiency, solid and liquid fertilizer, sugar beet, Yield

Giriş

Ülkemizde 2020 yılında 336.353 ha ekim alanından 23 milyon ton üretimi yapılan şeker pancarı bitkisi, en fazla Konya ili'nde yetiştirilmektedir. Konya İli Türkiye şeker pancarı ekim alanlarının %27.2'sine sahip olup, bu alanda toplam üretimin %31.9'unu gerçekleştirmektedir (TÜİK, 2021). Ülkemizde şeker üretimi açısından büyük önem arz eden şeker pancarının birim alanından elde edilen verim ve kalitenin

artırılmasında etkili olan en önemli faktörlerin başında dengeli gübreleme gelmektedir. Bitkisel üretimde dengeli gübreleme, toprak analiz sonuçlarına göre bitkilerden hedef verim ve kalitenin sağlanabilmesi için istedikleri besin elementlerinin kimyasal, organik veya organomineral gübreler ile istedikleri zamanda en ekonomik bir şekilde sağlanabilmesidir. Oysaki bitkilerin başta fosfor olmak üzere bazı besin elementlerinin karşılanmasında ülkemiz ve dünya tarım topraklarında çok önemli sorunlar bulunmaktadır. Çünkü bazik reaksiyonlu, kireçli ve organik maddece fakir topraklarda, fosforun topraktaki Ca ve Mg gibi iki değerlikli elementler ile asit reaksiyonlu topraklarda da Al, Fe ve Mn gibi iki ve üç değerlikli elementlerle çözünürlüğü düşük tuzlar veya kompleksler oluşturması veya 1:1 tipi kil minerallerinin kırılmış köşe ve kenarlarına güçlü bir şekilde bağlanmasıyla yüksek oranda fiks edilmesi, kurak iklim ve düşük sıcaklığın da etkisiyle toprakta difüzyon katsayısının düşmesiyle bitkiler fosforu yeteri kadar alamamaktadırlar (Hettiarachchi ve ark., 2006; Lombi ve ark., 2004, 2005). Nitekim kimyasal gübrelerle bitkilere uygulanan fosforun alım etkinliğinin genellikle %10-%30'lar düzeyinde olduğu, geriye kalan fosforun ise büyük bir kısmının topraklarda fiks edildiği bildirilmektedir (Kacar, 1964) Bu bağlamda, fosforun değiştirilemez ve yenilenebilir olmayan doğası göz önüne alındığında, kullanım etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Bunun için, dünyada ve ülkemizde fosforun toprağa bir organik madde ile verilmesini sağlayan organomineral gübre kullanımı, Organomineral veya kimyasal gübrelerle fosfor çözücü bakterilerin kullanımı, kimyasal gübrelerle veya tek başına fosfor çözücü mikroorganizmaları içeren biyogübrelerin kullanımı yada katı fosfor içerikli kimyasal gübreler yerine farklı formlarda fosfor içerikli sıvı kimyasal gübrelerin kullanımı ile bitkilerin fosfor alım etkinliğini artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Nitekim, sıvı ve katı fosforlu gübrelerinin etkinliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, sıvı P'lu gübrelerinin kireç içeriği yüksek topraklarda katı P'lu gübrelere göre bitki büyümesinde ve P alımını teşvik etmede daha etkili olduğunu, ayrıca toprağın 10 cm kadar altına uygulamanın toprak, iklim, bitki, gübre özellikleri ve gübre uygulama şekline bağlı olarak %10-30 arasında değişen oranlarda alım etkinliklerini artırdığı bildirilmiştir (Holloway ve ark., 2001, Zhao ve ark., 2021). Avustralya'da alkali topraklarda buğday bitkisine fosfor içerikli katı (MAP, DAP ve TSP) ve sıvı gübre (sıvı MAP, sıvı APP ve fosforik asit) uygulamalarının fosfor alımı üzerine etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, sıvı gübre uygulamaları ile Ca-P bileşikleri halinde çözünürlüğü düşük tuzlar oluşumunun azalmasından dolayı bitkilerin fosfor alımını artırdığını yani; fiksasyonun azaldığını bildirmişlerdir (Bertrand ve ark., 2006). Kireçli bazik topraklarda buğday bitkisinin fosfor alım etkinliğinin artırılması için katı (DAP, MAP, TSP) ve sıvı (TG-MAP, APP ve PA) fosforlu gübrelerin etkilerinin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada, sıvı gübre uygulamaları ile kireçli topraklarda P çözünürlüğünün ve difüzyon hızının daha yüksek olduğu ve böylece katı gübre uygulamalarına göre bitki fosfor alımını daha fazla artırdığı bildirilmiştir (Lombi ve ark., 2005). Benzer şekilde katı ve sıvı fosforlu gübre (DAP, 20-20 kompoze ve Ekin) uygulamalarının

bitki fosfor alım etkinliği üzerine sıvı fosforlu gübrelerin katı fosforlu gübrelere göre hatta ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı fosforlu gübrelerin polifosfat formunda fosfor içeren sıvı fosforlu gübrelere göre daha etkili olduğunu, bu durumun sıvı formda fosforlu gübrelerin katı gübrelere göre kireçli topraklarda daha az fiksasyona uğraması yanında fosfor difüzyonunun fazla olmasından kaynaklanabileceği ile ifade edilmiştir (Torun, 2021). Katı kimyasal gübrelerin toprak yüzeyine veya ekimde tohum yatağına uygulanmasıyla meydana gelen kayıpların ve olumsuz etkilerinin azaltılıp fosfor alım etkinliklerinin artırılması için katı fosforlu gübre yerine sıvı fosforlu gübrelerin özellikle banda uygulanması önerilmektedir (Sims, 2010). Ancak yine de fosforun etkinliği çok fazla artırılmamaktadır (Holloway ve ark., 2001; Kusi ve ark., 2021; Lombi ve ark., 2004; McBeath ve ark., 2007; Zhao ve ark., 2021). Bu nedenle bu çalışmada,

1. Ekimde katı fosforlu gübrelerin yerine sıvı fosforlu gübre uygulamasının,
2. Ekimde ortofosfat ve polifosfat formunda fosfor içeren sıvı gübre uygulamalarının
3. Şeker pancarı bitkisinin verim, kalite parametreleri ve özellikle de fosfor agronomik ve alım etkinliği üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntemler

Tarla denemesi, 2019 yılında Konya ili Karapınar ilçesi Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma Enstitüsü'nde fosfor içeriği yetersiz ($P < 5.4 \text{ mg kg}^{-1}$, FAO, 1990) olan bir alanda yürütülmüştür. Deneme toprağı nötr reaksiyonlu ($\text{pH}=7.24$), çok fazla kireçli (%57.3), organik maddece fakir (%0.95), kumlu killi tın (SCL) bünyeye sahiptir. Bitkiye yararlı Ca (5830 mg kg^{-1}) ve K (334 mg kg^{-1}) miktarları fazla, Mg (445 mg kg^{-1}), Fe (3.70 mg kg^{-1}), Cu (0.67 mg kg^{-1}), Mn (4.78 mg kg^{-1}) ve B (0.80 mg kg^{-1}) miktarları yeterli olan deneme toprağında $\text{NO}_3\text{-N}$ (12.5 mg kg^{-1}) ve Zn (0.16 mg kg^{-1}) miktarları şekerpancarı bitkisinin gelişimi için yetersiz seviyede bulunmaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü yerde şeker pancarı bitkisinin vejetasyon gelişim periyodundaki (Nisan – Ekim) yağış toplamı ve sıcaklık ortalaması sırasıyla 95.6 mm ve $16.9 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de verilen plana göre 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre 15 adet parselde yürütülen denemede, "Selenada" şeker pancarı çeşidi kullanılmıştır. Deneme yeri toprağının bitkiye elverişli fosfor içeriği ($5.4 \text{ ppm P}=3.1 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{da}$) dikkate alınarak Türkiye Gübreler ve Gübreleme rehberine (2006) göre toplam olarak $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{da}$ fosfor, elverişli inorganik ($\text{NH}_4\text{+NO}_3$) azot miktarına ($12.5 \text{ ppm}=6.5 \text{ kg N/da}$) göre 18 kg N/da azot ve $4.8 \text{ kg K}_2\text{O/da}$ potasyum uygulanmıştır (Tablo 1). Fosforun ve potasyumun tamamı ve azotun bir kısmı ekim esnasında katı gübreler ekim mibzeri (Şekil 1a) ile banda, sıvı gübreler ise özel üretilmiş sıvı gübre uygulayabilen ekim makinesi (Şekil 1b) ile tohumun 5 cm yanı ve 5 cm altına olacak şekilde banda uygulanmıştır (Tablo 1). Kalan azotun bir kısmı (6.6 kg N/da) mayıs ayında 1.çapa,



Şekil 1.

Katı Gübre Uygulayabilen Ekim Mibzeri (A), Sıvı Gübre Uygulayabilen Ekim Mibzeri (B), Sıvı Gübre Uygulayabilen Çapalama Makinesi (C).

Tablo 1.
Uygulama Kodları, Uygulanan Gübreler, Gübre Uygulama Zamanı ve Miktarları

Uygulama Kodu	Ekim esnasında taban gübrelemesi		Üst gübreleme		
	Gübre	Uygulama miktarı (kg da ⁻¹)	Gübre	1.çapa (kg N da ⁻¹)	2.çapa (kg N da ⁻¹)
K1	Kontrol - Gübre uygulaması yok	0		0	0
K2	Katı 10-25-20+%8 S+%1 Zn	2.4 N - 6 P ₂ O ₅ - 4.8 K ₂ O	Üre	6.6	9
K3	Katı 10-25-20+%8 S+%1 Zn	2.4 N - 6 P ₂ O ₅ - 4.8 K ₂ O	UAN	6.6	9
K4	Sıvı 10-25-20+%8 S+%1 Zn (ortofosfat formunda fosfor içeren)	2.4 N - 6 P ₂ O ₅ - 4.8 K ₂ O	UAN	6.6	9
K5	Sıvı 10-25-20 %8 S+%1 Zn (polifosfat formunda fosfor içeren)	2.4 N - 6 P ₂ O ₅ - 4.8 K ₂ O	UAN	6.6	9

diğer kısmı (9 kg N/da) da Haziran ayı sonunda 2.çapada katı üre (%46 N) ve sıvı UAN (%32 N) gübresi şeklinde verilmiştir. Üst N uygulaması Katı Üre ile çapalama öncesi elle toprak yüzeyine serpilip çapalama ile toprağa karıştırılarak, sıvı UAN ile bitki sırasının 7.5 cm yanına 15 cm derinliğe sıvı gübre uygulayabilen özel üretilmiş çapalama makinesi ile uygulanmıştır (Şekil 1c ve Tablo 1).

Nisan ayının son haftasında yapılan ekimde 54 m² (2.7 m x 20 m) olan parsel kenar tesiri dikkate alınarak Ekim ayının son haftasında el ile hasat edilmiştir. Her bir parselden Ağustos ayının ilk haftasında olgunlaşmasını yeni tamamlamış yapraklar alınmış sap ve aya kısımları ayrılmıştır. Ayrıca hasat zamanında her bir parselden alınan kök ve gövde örnekleri tartımları yapılarak kök+gövde verimleri hesaplanmıştır. Yaprak ayaları, kök ve gövde örnekleri gerekli ön işlemlerden sonra 70 °C'de hava sirkülasyonlu kurutma dolabında (Elektro-Mag M6040P) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan kök+gövde örneklerinin kuru ağırlıkları kaydedilmiş ve kuru madde verimi hesaplanmıştır. Daha sonra bu örneklerden 0.2 g tartılmış ve 5 ml konsantre HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ (%30 w/v) ile mikro dalga cihazında (Cem MarsXpress; CEM Corp; Matthews, NC, USA) yüksek basınç altında (200 PSI) çözüldürülmüştür. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine bir adet şahit ve referans materyal olan NIST SRM 1573a yaprak örneği ilave edilmiştir. Çözüldürülen numunelerin hacimleri deiyonize saf su ile 20 ml'ye tamamlanmış ve mavi bantlı filtre kağıdından süzülüp, süzükteki toplam P miktarları ICP-OES cihazında (Agilent, 5110) tespit edilmiş (USDA, 2004) ve ilgili element içeriği sulandırma faktörü dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Ayrıca hasat zamanı alınan kök örneklerinin şeker oranı (ŞO), Na, K ve Amino-N içerikleri Şeker Araştırma Enstitüsü Laboratuvarlarında belirlenmiştir (Kubadinow & Weninger, 1972). Artırılmış şeker oranı (AŞO) ve artırılmış şeker verimi (AŞV) (kg ha⁻¹) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$AŞO (\%) = \text{ŞO} - \{[0.343 \times (\text{Na} + \text{K})] + (0.094 \times \text{Amino-N}) + 0.29\}$$

$$AŞV (\text{t ha}^{-1}) = \text{kök verimi (kg ha}^{-1}) \times AŞO / 100$$

Uygulamaların şeker pancarı bitkisinin fosforun agronomik ve geri alım etkinliği üzerine etkileri (Moll ve ark., 1982) aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir.

Gübre fosforunun agronomik etkinliği (FAgE) = Gübre uygulaması ile elde edilen kök+gövde kuru madde verimi - kontrolde gübre uygulanmaksızın elde edilen kök+gübre kuru madde verimi (kg da⁻¹) / uygulanan fosfor miktarı (kg da⁻¹)

Gübre fosforunun alım etkinliği (FAE) = Gübre uygulaması ile bitki tarafından alınan fosfor miktarı - Kontrolde gübre uygulanmaksızın bitki tarafından alınan fosfor miktarı (kg da⁻¹) / uygulanan fosfor miktarı (kg da⁻¹)

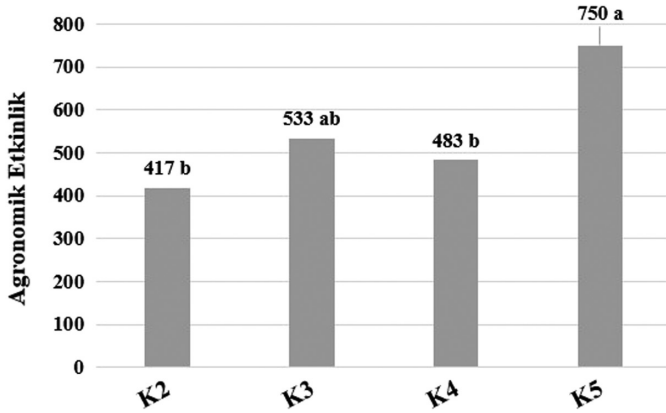
Elde edilen verilerin istatistiksel analizi MSTAT-C istatistik paket programında yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Uygulamaların şeker pancarının yaprak ayası, kök+gövde ve kök+gövde ile kaldırılan fosfor içerikleri ve kök+gövde verimini olumlu yönde etkilemiş ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0.01) oluşmuştur (Tablo 2). Şeker pancarının yaprak ayası fosfor içeriği uygulamalara bağlı olarak %0.54 (K4 uygulaması) ile %0.46 (K1 uygulaması) arasında değişim göstermiştir. Kontrolde (K1 uygulaması) göre yaprak ayası fosfor içeriğindeki en yüksek artış %17.4 ile K4 uygulamasında gerçekleşirken, bunu %10.9 artışla K3 ve K5 uygulamaları takip etmiş ve en düşük artış %8.7 ile K2 uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 2). Kontrol uygulamasına göre yaprak ayası fosfor içeriğindeki meydana gelen bu artışlar istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte K2, K3 ve K5 uygulamalarının aynı grupta yer alması nedeniyle bu uygulamaların kendi aralarındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek artışın elde edildiği K4 uygulaması ile geleneksel uygulama olan K2 uygulamasına göre yaprak ayası fosfor içeriğinde %8 oranında artış sağlamıştır. Bulgularımızla uyumlu şekilde sıvı gübre uygulamalarının bitki yaprak fosfor içeriğini katı gübre uygulamalarına göre daha fazla artırdığı farklı araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Corrêa ve ark., 2018; Hol-loway ve ark., 2001; McBeath ve ark., 2007).

Uygulamalar, şeker pancarı bitkisinin kök+gövde fosfor içeriği ve kök+gövde ile kaldırılan fosfor miktarında artışlar meydana getirmiştir (Tablo 2). Şeker pancarının kök+gövde fosfor içeriği uygulamalara bağlı olarak %0.037 (K1 uygulaması) ile %0.054 (K5 uygulaması) arasında değişim göstermiştir. Uygulamalara bağlı olarak kontrolde (K1 uygulaması) göre kök+gövde fosfor içeriğindeki en fazla artış K5 uygulaması ile 1.5 kat elde edilmiş olup bunu sırasıyla K3 uygulaması (1.4 kat), K2 ve K4 uygulamaları (1.3 kat) takip etmiştir. Kök +gövde ile kaldırılan fosfor miktarındaki artışlar kontrolde göre artmakla birlikte en yüksek (15.2 kg ha⁻¹) K5 uygulaması ile elde edilmiştir. Bitki kök+gövdesi ile kaldırılan fosfor miktarında geleneksel uygulama olan K2 uygulaması ile K3 ve K4 uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, K5 uygulaması ile geleneksel uygulama olan K2 uygulamasına göre 1.33 kat daha fazla artış sağlanmıştır (Tablo 2).

Üst gübre olarak sıvı UAN uygulanan K3, K4 ve K5 uygulamaları dikkate alındığında; fosforu polifosfat formunda içeren K5 uygulamasına göre K3 ve K4 uygulamalarında bitki kök+gövdesi ile kaldırılan fosfor miktarında sırasıyla %13 ve %25 oranında azalmalar meydana gelmiştir. Nitekim elde ettiğimiz sonuçları destekler şekilde Bertrand ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada bitki tarafından kaldırılan fosfor miktarını, polifosfat formunda fosforlu gübre uygulamalarının katı formdaki fosforlu gübre uygulamalarına göre daha fazla artırdığını bildirmişlerdir



Şekil 2.

Uygulamaların Şeker Pancarının Yaprak Ayası Fosfor İçeriği, Kök+Gövde Fosfor İçeriği, Kök+Gövde Kaldırılan Fosfor İçeriği ve Kök+Gövde Verimi Üzerine Etkileri.

Şeker pancarının kök+gövde verimi uygulamalara bağlı olarak 71 t ha⁻¹ (K1 uygulaması) ile 116 t ha⁻¹ (K5 uygulaması) arasında değişim göstermiştir. Kontrol (K1 uygulaması) göre kök+gövde verimindeki en yüksek artış %63 ile K5 uygulamasında gerçekleşirken, bunu %45 artışla K3, %41 artışla K4 uygulamaları takip etmiş ve en düşük artış %35 ile K2 uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 2). Kontrol uygulamasına göre şeker pancarının kök+gövde veriminde meydana gelen bu artışlar istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte K2, K3 ve K4 uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek artışın sağlandığı K5 uygulaması geleneksel uygulama olan K2 uygulamasına göre şeker pancarının kök+gövde veriminde %28 daha fazla artış sağlamıştır. Ayrıca, fosforu polifosfat formunda içeren sıvı kompoze gübre (K5 uygulaması) uygulaması ile şeker pancarının kök+gövde verimi fosforu ortofosfat formunda içeren sıvı kompoze gübre (K4 uygulaması) uygulamasına göre %16 artış sağlamıştır (Tablo 2). Sıvı gübre uygulamalarının katı gübre uygulamalarına göre daha fazla verim artışı sağladığı farklı araştırmacılar tarafından da belirlenmesi bulgularımızı desteklemektedir (Holloway ve ark., 2001; Kusi ve ark., 2021; Lombi ve ark., 2004).

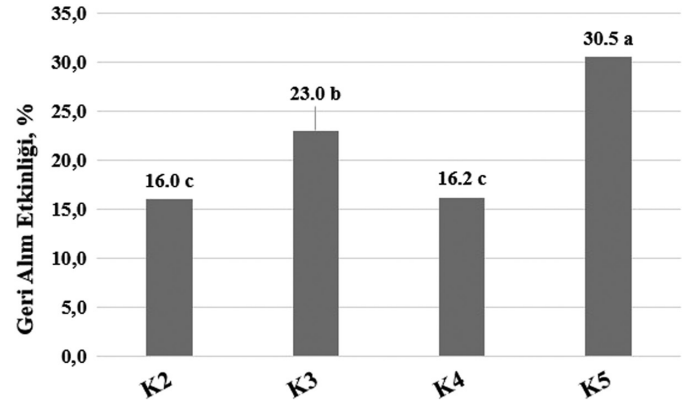
Uygulamalara bağlı olarak şeker pancarının artırılmış şeker verimi 114.0 kg ha⁻¹ (K1 uygulaması) ile 159.8 kg ha⁻¹ (K3 uygulaması) arasında değişim göstermiştir (Tablo 2). Kontrol uygulamasına (K1 uygulaması) göre artırılmış şeker verimindeki K2 uygulaması ile %22, K5 uygulaması ile %34, K4 uygulaması ile %35 ve K3 uygulaması ile %40 oranında artışlar sağlanmıştır. Kontrol uygulamasına göre artırılmış şeker veriminde meydana gelen bu artışlar istatistiksel

Tablo 2.

Uygulamaların Şeker Pancarının Yaprak Ayası Fosfor İçeriği, Kök+Gövde Fosfor İçeriği, Kök+Gövde Kaldırılan Fosfor İçeriği ve Kök+Gövde Verimi Üzerine Etkileri

Uygulamalar	Yaprak ayası P içeriği, %	Kök+gövde P içeriği, %	Kök+gövde kaldırılan P miktarı, kg ha ⁻¹	Kök+gövde verimi, t ha ⁻¹
K1	0,46*c	0,037 b	7,2 c	71 c
K2	0,50 b	0,049 ab	11,4 b	96 b
K3	0,51 b	0,053 a	13,2 b	103 ab
K4	0,54 a	0,047 ab	11,4 b	100 b
K5	0,51 b	0,054 a	15,2 a	116 a

*:Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır. a, b: p<0.01



Şekil 3.

Uygulamaların Şeker Pancarının Şeker Oranı, Potasyum, Sodyum ve Amino-N İçeriği, Artırılmış Şeker Oranı ve Artırılmış Şeker Verimine Etkileri.

olarak önemsiz bulunmakla birlikte en yüksek artışın elde edildiği K3 uygulaması (fosforu ortofosfat formunda içeren katı kompoze gübre üzerine UAN uygulaması), geleneksel uygulama olan K2 uygulamasına göre artırılmış şeker veriminde %15 oranında, K4 uygulamasına (fosforu ortofosfat formunda içeren sıvı kompoze gübre uygulaması) göre artırılmış şeker veriminde %10 oranında daha fazla artış sağlamıştır (Tablo 2). Kusi ve ark. (2021) sonuçlarımızla uyumlu biçimde şeker pancarı verimindeki artış (Tablo 2) ile şeker oranının azalmasına bağlı olarak genelde artırılmış şeker veriminin arttığını (Tablo 3) ve bu artışın katı gübre uygulamalarına göre sıvı gübre uygulamalarında daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Katı ve sıvı kompoze gübre uygulamalarına bağlı olarak şeker pancarının fosfor agronomik etkinliğinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 1). Şeker pancarının fosfor agronomik etkinliği diğer bir ifade ile toprağa uygulanan gübre fosforunun bir birimi ile oluşan kök+gövde verimi uygulamalara bağlı olarak 417 (K2 uygulaması) ile 750 kg (K5 uygulaması) arasında değişim göstermiştir. Geleneksel uygulama olan K2 uygulamasına göre fosfor agronomik etkinliğinde en yüksek artış sağlandığı K5 uygulaması ile 1.8 kat, K4 uygulaması ile 1.2 kat ve K3 uygulaması ile 1.3 kat artış sağlanmıştır.

Gübre fosforunun geri alım etkinliği diğer bir ifade ile gübre ile verilen fosforun bitki ile geri alınma oranı uygulamalara bağlı olarak değişim göstererek ortalama %21.4 olarak belirlenmiştir. Gübre fosforunun geri alım etkinliği uygulamalara bağlı olarak değişimle %1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek fosfor geri alım etkinliği %30.5 ile K5 uygulamasında belirlenirken bunu %23.0 ile K3, %16.2 ile K4 uygulaması takip etmiştir.

Tablo 3.

Uygulamaların Şeker Pancarının Şeker Oranı, Potasyum, Sodyum ve Amino-N İçeriği, Artırılmış Şeker Oranı ve Artırılmış Şeker Verimine Etkileri

Uygulamalar	Şeker Oranı %	K, mek 100 g ⁻¹	Na, mek 100 g ⁻¹	Amino-N, mek 100 g ⁻¹	AŞO, %	AŞV, kg ha ⁻¹
K1	20,27*	4,60	1,14	1,27	17,89	114,0
K2	19,62	4,40	0,93	0,86	17,41	139,4
K3	20,10	3,97	1,06	0,66	18,52	159,8
K4	19,82	3,97	1,05	0,71	17,74	153,6
K5	19,31	4,11	1,29	0,66	17,11	152,5

*, Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır. a, b: p<0.01

En düşük fosfor geri alım etkinliği ise geleneksel uygulama olan K2 uygulaması ile %16.0 olarak belirlenmiştir. Geleneksel olan K2 uygulamasına göre (ekimde katı kompoze gübre uygulamasının üzerine 1. ve 2. çapada azotun Üre şeklinde uygulaması) K3 uygulaması (ekimde katı kompoze gübre uygulamasının üzerine 1. ve 2. çapada azotun sıvı UAN şeklinde uygulaması) fosfor geri alım etkinliğini 1.4 kat artırmıştır. Gerek ortofosfat ve gerekse polifosfat formunda fosfor içeren sıvı kompoze gübre uygulamaları ile fosforun geri alım etkinliğinde ise geleneksel uygulamaya göre (K2) sırasıyla 1.0 (K4) ve 1.9 katlık (K5) artışlar meydana gelmiştir (Tablo 3). Farklı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalarda (Holloway ve ark., 2001; Korkmaz ve ark., 2020; Kusi ve ark., 2021; Lombi ve ark., 2004, McBeath ve ark., 2007; Zhao ve ark., 2021) fosfor geri alım etkinliğinin %10-30 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Konya şartlarında fosfor içeriği düşük olan tarla koşullarında şeker pancarının verimi, fosfor içeriği, kalite parametreleri ve fosforun agronomik ve geri alım etkinliği üzerine ortofosfat veya polifosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı fosforlu gübre uygulamaların etkileri karşılaştırılmış olup bu parametrelerin uygulamalara bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Şeker kaynağı olması bakımından önemli bir yere sahip olan şeker pancarının verimi, kalite parametreleri, fosfor içeriği yanı sıra fosfor agronomik ve geri alım etkinliği bakımından, ekimde sıvı şekilde polifosfat formunda fosfor içeren 10-25-20+%8 S+%1 Zn kompoze gübre uygulamasının üzerine 1. ve 2. çapada dekara sırasıyla 6.6 ve 9 kg N olacak şekilde sıvı UAN (%32 N) gübresi uygulamasının (K5) diğer uygulamalara göre daha uygun olduğu bulunmuştur. Kimyasal katı fosforlu gübrelerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak, fosfor kullanım etkinliklerini arttırmak için katı fosforlu gübreler yerine sıvı fosfor içerikli kimyasal gübreleri kullanmanın yaygınlaştırılmasını önerebiliriz. Bu gübrelerin verime etkileri dikkate alınarak ekonomik analizlerin yapılması ve daha farklı bitki çeşidinde geniş çalışmaların yapılmasının yararlı olacağına ifade edebiliriz.

Teşekkür

Ülkemizde, sıvı gübre üretimi, uygulanması için özel alet makine üretimi ve kullanımını yaygınlaştırması konusunda destek ve katkı sağlayan GÜBRETAŞ'a, çalışmalarımızı destekleyerek tarımdaki gelişmelere ışık tutulmasına katkıda bulunan Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne (TAGEM), Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne ve emeği geçen herkese teşekkürü bir borç biliriz.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- S.G.; Tasarım - M.H.; Denetleme - F.G.Y., D.A.K.; Kaynaklar - BAP, TAGEM; Malzemeler - S.G.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - M.H., F.G.Y.; Analiz ve/veya Yorum - F.G.Y., D.A.K.; Literatür Taraması - D.A.K.; Yazıyı Yazan - M.H.; Eleştirel İnceleme - S.G., F.G.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Araştırma GÜBRETAŞ, TAGEM ve SÜ BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - S.G.; Design - M.H.; Supervision - F.G.Y., D.A.K.; Resources - BAP, TAGEM; Materials - S.G.; Data Collection and/or Processing - M.H., F.G.Y.; Analysis and/or Interpretation - F.G.Y., D.A.K.; Literature Search - D.A.K.; Writing Manuscript - M.H.; Critical Review - S.G., F.G.Y.

Declaration of Interests: The authors declare that they have no competing interest.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Bertrand, I., McLaughlin, M. J., Holloway, R. E., Armstrong, R. D., & McBeath, T. (2006). Changes in P bioavailability induced by the application of liquid and powder sources of P, N and Zn fertilizers in alkaline soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 74(1), 27-40. [CrossRef]
- Corrêa, J. C., Rebellatto, A., Grohskopf, M. A., Cassol, P. C., Hentz, P., & Rigo, A. Z. (2018). Soil fertility and agriculture yield with the application of organomineral or mineral fertilizers in solid and fluid forms. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira Journals*, 53(05), 633-640.
- Food and Agriculture Organization (1990). *Micronutrient. Assessment at the country level: An international study* (M. Sillanpaa, ed.). FAO Soil Bulletin.
- Hettiarachchi, G. M., Lombi, E., McLaughlin, M. J., Chittleborough, D., & Self, P. (2006). Density changes around phosphorus granules and fluid bands in a calcareous soil. *Soil Science Society of America Journal*, 70(3), 960-966. [CrossRef]
- Holloway, R. E., Bertrand, I., Frischke, A. J., Brace, D. M., McLaughlin, M. J., & Shepperd, W. (2001). Improving fertiliser efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. *Plant and Soil*, 236(2), 209-219. [CrossRef]
- Korkmaz, A., Yılmaz Gökmen, F., & Gegin, S. (2021). Organomineral ve kimyasal gübre ile farklı fosfor uygulamalarının silaj mısırın verimi ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 36, 268-275.
- Kubadinow, N., & Wienninger, L. (1972). *Comp. Rent. XIV. Ass. Comm. Int. Teach Sucr. (Cits)*. Brussel, 1971, 539: S.A. Zucker. 25: 43.
- Kusi, N. Y. O., Stevens, W. B., Sintim, H. Y., Garcia y Garcia, A. G., & Mesbah, A. O. (2021). Phosphorus fertilization and enhanced efficiency products effects on sugarbeet. *Industrial Crops and Products*, 171, 113887. [CrossRef]
- Lombi, E., McLaughlin, M. J., Johnston, C., Armstrong, R. D., & Holloway, R. E. (2005). Mobility, solubility and lability of fluid and granular forms of P fertiliser in calcareous and non-calcareous soils under laboratory conditions. *Plant and Soil*, 269(1-2), 25-34. [CrossRef]
- Lombi, E., McLaughlin, M. J., Johnston, C., Armstrong, R. D., & Holloway, R. E. (2005). Mobility, solubility and lability of fluid and granular forms of P fertiliser in calcareous and non-calcareous soils under laboratory conditions. *Plant and Soil*, 269(1-2), 25-34. [CrossRef]
- McBeath, T. M., Armstrong, R. D., Lombi, E., McLaughlin, M. J., & Holloway, R. E. (2005). The responsiveness of wheat (*Triticum aestivum*) to liquid and granular phosphorus fertilisers in Southern Australian soils. *Australian Journal of Soil Research*, 43, 203-212.
- McBeath, T. M., McLaughlin, M. J., Armstrong, R. D., Bell, M., Bolland, M. D. A., Conyers, M. K., Holloway, R. E., & Mason, S. D. (2007). Predicting the response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to liquid and granular phosphorus fertilisers in Australian soils. *Soil Research*, 45(6), 448-458. [CrossRef]
- Moll, R. H., Kamprath, E. J., & Jackson, W. A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization 1. *Agronomy Journal*, 74(3), 562-564. [CrossRef]
- Montalvo, D., Degryse, F., & McLaughlin, M. J. (2015). Agronomic effectiveness of granular and fluid phosphorus fertilizers in andisols and oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, 79(2), 577-584. [CrossRef]
- Sims, A. L. (2010). Sugarbeet response to broadcast and starter phosphorus applications in the Red River Valley of Minnesota. *Agronomy Journal*, 102(5), 1369-1378. [CrossRef]
- Türkiye İstatistik Kurumu (2021). Bitkisel üretim İstatistikleri veri Tabanı. Retrieved from www.tuik.gov.tr. Erişim Tarihi: 2021.
- Usda, N. (2004). *The PLANTS database version 3.5*. National Plant Data Center.
- Zhao, Y., Li, R., Huang, Y., Sun, X., Qin, W., Wei, F., & Ye, Y. (2021). Effects of various phosphorus fertilizers on maize yield and phosphorus uptake in soils with different pH values. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(12), 1746-1754. [CrossRef]