



Ekim Makinesi Tohum Üniteleri için Prototip Bir Elektronik Kontrol Sisteminin Test Edilmesi

Sezer Yıldız*¹

Habib Kocabıyık¹

<https://orcid.org/0009-0003-6559-8242>

<https://orcid.org/0000-0002-5524-7831>

¹Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü 17020 Çanakkale,

*Sorumlu yazar: sezeryildiz.1996@gmail.com

Özet

Bitkisel üretimde, birim alana ekilen bitki sayısı çok önemlidir. Doğru tohum sayısının verim üzerinde doğrudan etkisi vardır. Günümüzde mekanik güç aktarımı ile çalışan konvansiyonel tarım makinelerine entegre edilmiş tohumlama üniteleri kullanılmaktadır. Bu ünitelerin kaydırma ve sıkışma gibi dezavantajları vardır ve ayar hassasiyetleri sınırlıdır. Bu çalışmada, hassas ekim makineleri için geliştirilen bir elektronik hareket ve kontrol sisteminin tasarım parametrelerinin tanımlanması ve -sıra tohum aralığının ekim üniformitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, mekanik hareket iletim sistemine sahip, vakum prensibi ile çalışan dikey tohum diski ekim makinesi ve dört sıralı tek tohum ekim makinesi kullanılmıştır. Makine üzerindeki tüm mekanik hareket iletim sistemlerpi devre dışı bırakılmış, bunun yerine makineye "elektronik tahrik ve kontrol sistemi (EDCS)" eklenmiştir. EDCS'nin başarısını ölçmek için atölye testlerinde mısır tohumları kullanılmıştır. EDCS'li hassas ekim makinesinin atölye testleri 3-6-9 km/s hızlarda, 3 farklı hızda (3,6 ve 9 km/h) ve 20-30-40 cm tohum aralığında gerçekleştirilmiştir. Tohum için kabul edilebilir tohum aralığı, ikizlenme indeksi, boşluk indeksi ve hassasiyet indeksi sırasıyla %87,27-99,09, %0,00-3,33, %0,61-10,91 ve %9,56-18,11 arasında değişmiştir. Varyasyon katsayısı <math><3\%</math> olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ekici düzen, elektronik hareket, kontrol sistemi, ekim kalitesi

Testing of A Prototype Electronic Control System for Seeding Units of Planter

Abstract

In plant production, the number of plants planted per unit area are very important. The right number of seeds has a direct impact on yield. Today, seeding units integrated into conventional agricultural machinery operating with mechanical power transmission are used. Such units have disadvantages such as scrolling and jamming, and their adjustment sensitivity is limited. In this study, it is aimed to define the design parameters of an electronic motion and control system developed for precision planting machines, and to determine the effects of row seed spacing on planting uniformity. In the study, a vertical seed disc planter with a mechanical motion transmission system, working with the vacuum principle, and a four-row single-seed planting machine were used. All mechanical motion transmission systems on the machine were disabled, instead the "electronic drive and control system (EDCS)" was added to the machine. Corn seeds were used in workshop tests to measure the success of EDSCS. The workshop tests of the precision planter with EDSCS were carried out 3-6-9 km/h at 3 different speeds and 20-30-40 cm seed spacing. Quality of feed index for seed, multiple index, miss index and precision index ranged between 87.27-99.09%, 0.00-3.33%, 0.61-10.91% and 9.56-18.11%. And coefficient of variation was <math><3\%</math>.

Keywords: Seeding unit, electronic motion, control system, quality of planting

Giriş

Ekim işlemi, bitkisel üretim için ana bitkiyi oluşturacak olan tohumları tohum yatağına bitkinin istekleri doğrultusunda (sıra üzeri mesafe, sıra arası mesafe) belirli bir derinliğe yerleştirme ve üzerini kapatma işlemidir (Özmerzi, 1996).

Ekici düzenler genellikle hassas ekim makinalarında geliştirme sürecinde en çok çalışılan bileşen olmuştur. Çalışmalar daha çok tohum diskinin yapısal özellikleri, konumu, delik şekli ve boyutu ile vakum basıncı üzerine yapılmıştır. Hassas ekim makinalarında tekerlekten elde edilen hareket, zincir dişlisi, dişli kutusu ve mil gibi mekanik tahrik elemanları tarafından tohum diskinin iletilmektedir. Bu zincir dişli iletim sistemleri günümüzde çoğunlukla kullanılmaktadır ancak hala birçok eksiklerinden bahsedilmektedir. Özellikle tekerlekten ekici üniteye hareketin yüksek hızlarda aktarılması esnasında zincir dişli sistemlerinde dönme ve kayma, titreşim, tutukluk ve sıkışma gibi istenmeyen durumlar oluşabilmektedir. Örneğin, farklı hassas ekim makineleri kullanılarak yapılan denemelerde makine tekerleğinde %6,08 ile %8,77 arasında negatif bir patinaj saptanmış ve ekim makinelerinin iletim organlarının iyileştirilmesinin gerekliliği ifade edilmiştir (Aykas, Yalçın, & Yazgı, 2013)

Dünyada bazı firmaların hareket iletimini geliştirmek için özel modeller ürettikleri tespit edilmiştir. Örneğin CNH (ABD), Horsch (Almanya), Kinze (ABD), Kverneland (Norveç) firmaları tarafından hidrolik, step ve DC (doğru akım) motorları kullanarak çeşitli tasarımlar geliştirilmiştir. Ancak piyasadaki farklı tahrik sistemlerine sahip olan bu makineler, klasik (mekanik) tahrik sistemli hassas ekim makinalarına göre çok daha pahalıdır. Bunun yanında, ekici düzenlerinde bahsedilen olumsuzlukların giderilmesi amacıyla hassas ve doğru bir şekilde ayarlanabilmesi için farklı tahrik sistemleri geliştirmeye yönelik deneysel çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada, hassas ekim makinaları için geliştirilmiş bir elektronik tahrik ve kontrol sisteminin ilerleme hızı, sıra üzeri tohum aralığı ekim düzgünlüğü üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ve sistemin performansının incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada, çapa bitkilerinin ekiminde kullanılan ve ülkemizde en çok imalatı gerçekleştirilen, zincir dişli hareket iletim sistemine sahip, vakum prensibiyle çalışan düşey tohum diskli ekici düzene bulunan ve balta tipi gömücü ayaklı dört sıralı tek dane ekim makinası kullanılmıştır (Şekil 1). Bu makineye ait hareket iletim sistemi ve genel teknik özellikler Çizel 1’de verilmiştir.

Mekanik hareket iletim sistemli makinada, tohum ekimi için, makinanın hareket tekerleğinden alınan hareket, zincir dişli sistem aracılığıyla birinci transmisyon oranını gerçekleştirerek 12 (3x4) farklı kombinasyonda ikinci transmisyon oranı değişimini sağlayan dişli kutusuna (şanzımana) iletilmektedir. Dişli kutusundan çıkan hareket, ortak bir mil üzerine her ekici ünite için yerleştirilmiş zincir dişli sistemi ile üçüncü transmisyon oranıyla ekici ünitelere giriş yapmaktadır. Son olarak yeni bir zincir dişli sisteminde gerçekleşen dördüncü transmisyon oranı ile ekici diske hareket iletilmektedir. Dişli kutusundaki (şanzımandaki) dişli kombinasyonları değiştirilerek ve uygun delik sayılı tohum plakası seçilerek 3-165 cm arasında değişen farklı sıra üzeri tohum aralıkları elde edilmektedir.

Çalışmada makine üzerindeki tüm mekanik hareket iletim sistemleri devre dışı bırakılmış. Tohumların sıra üzeri mesafe ayarı için bir TÜBİTAK projesi (Proje no: TOVAG 1005-2190473) kapsamında geliştirilen “Elektronik Hareket ve Kontrol Sistemi” (EHKS) makine üzerine eklenmiştir.



Şekil 1. Tek dane ekim makinası

Çizelge 1. Tek dane ekim makinasına ait bazı teknik özellikler

Teknik özellikler	Birim	Ölçüler
Ünite sayısı	Adet	4
Genişlik	mm	2.950
Yükseklik	mm	1.500
Uzunluk	mm	2.050
Tohum Depo Hacmi	Litre	4 x 38
Gübre Depo Hacmi	Litre	2 x 165
Disk Delik Sayısı	Adet	Değişken
Çalışma Hızı	km/h	6-8
Lastik Ebadı		500-15
Disk Delik Çapı	mm	1-7
Ağırlık	Kg	850
Gerekli Güç	HP	60+

Geliştirilen sistemin atölye koşullarında kontrolleri ve performans testleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Araştırma ve Uygulama Atölyesine kurulu olan ekim makinaları test düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekim makinası test düzeneği, elektronik varyator ile kontrol edilen elektrik motoru aracılığıyla 0-18 km/h aralığında ilerleme hızını kademesiz olarak sağlayan test platformu ve makine vakum sistemine hareket (540 d/dk) vererek sabit vakum basıncını sağlayan elektrik motoru ünitesinden oluşmaktadır (Kocabiyik ve ark., 2016; Çay ve ark., 2018).


Geliştirilerek ekim makinası üzerine montaj yapılan elektronik hareket ve kontrol sisteminin (EHKS) yönettiği ekici disklerin sağlamış olduğu sıra üzeri tohumlar arası mesafenin belirlenmesi için, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde bulunan, 0.9 mm çözünürlük ve 1.2 ms tepki süresine sahip optoelektronik ölçüm sistemi ve bu ölçüm sistemi için tasarlanan yazılım kullanılmıştır (Kocabiyik vd. 2016).

EHKS sisteminin başarısının ölçümü için yapılan atölye testlerinde mısır tohumu kullanılmıştır. Atölye testlerinde kullanılan tohumlara ait bazı özellikler Çizelge 2' de verilmiştir.

Ekim Makinesi Tohum Üniteleri için Prototip Bir Elektronik Kontrol Sisteminin Test Edilmesi

Çizelge 2. Atölye testlerinde kullanılan tohum ve gübrelere ait bazı özellikler

Tohum	a (mm)	b (mm)	c (mm)	Ø (%)	BDA (g)
Mısır	10.37	8.50	6.33	78.37	375.72
<i>Syngenta / Sincero</i>	±1.20	±0.65	±0.86	±14.06	±7.75



a: uzunluk, b: genişlik, c: kalınlık, Ø: küresellik, BDA: bin dane ağırlığı

Yöntem

Testlerde tohumluğun ekimi için ekim makinası üretici firma tarafından tohumluk için önerilen 32 delik sayısına ve Ø4.5 mm delik çapına sahip ekici disk kullanılmıştır.

Elektronik tohum ve gübre kontrol sistemli hassas ekim makinasının atölye testleri 3-6-9 km/h olmak üzere 3 farklı ilerleme hızında ve 20-30-40 cm olmak üzere 3 farklı sıra üzeri mesafe ayarında ve makine üreticisi tarafından önerilen 70 mbar sabit vakum basıncında gerçekleştirilmiştir.

Sistemin gerçekleştirdiği tohum atma işlemi sonucunda ekim kalitesinin tarifinde kullanılan ekim parametreleri (performans göstergeleri) olan *ikizlenme Oranı (İO)*, *boşluk oranı (BO)*, kabul edilebilir tohum aralığı (*KETA*) ve *hassasiyet derecesi (HD)* Kocabıyık ve ark., 2016 ve Cay vd. (2018a)'e göre aşağıdaki eşitliklerle belirlenmiş ve Aykas vd. (2013; Önal vd. (2012)'e göre değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tek dane ekim kalitesi değerlendirme ölçütleri (Önal, Değirmencioğlu, & Yazgı, 2012)

KETA/KEBA (%)	İO (%)	BO (%)	Değerlendirme
> 98.6	< 0.7	< 0.7	Çok İyi
> 90.4 ≤ 98.6	≥ 0.7 < 4.8	≥ 0.7 < 4.8	İyi
> 82.3 ≤ 90.4	≥ 4.8 < 7.7	≥ 4.8 < 10.0	Orta
< 82.3	> 7.7	> 10.0	Yetersiz

İkizlenme oranı (İO): istenilen teorik (hedef) sıra üzeri aralığın (z_h) yarısına eşit ve daha az tohum sayısının ($\leq 0.5 z_h$), toplam ölçüm yapılan tohum sayısına oranıdır.

$$İO = \frac{n_1}{N}$$

Boşluk oranı (BO): istenilen teorik (hedef) sıra üzeri aralığın (z_h) 1.5 katına eşit ve daha büyük tohum sayısının ($\geq 1.5 z_h$), toplam ölçüm yapılan tohum sayısına oranıdır.

$$BO = \frac{n_2}{N}$$

Kabul edilebilir tohum aralığı (*KETA*): istenilen teorik (hedef) sıra üzeri aralığın (z_h) yarısından daha büyük ve 1.5 katından daha küçük olan tohum sayılarının toplamının, toplam ölçüm yapılan tohum sayısına oranıdır ($0.5z_h < KETA < 1.5z_h$).

$$KETA = 100 - (İO + BO)$$

Hassasiyet derecesi (HD): teorik sıra üzeri dağılımının değişkenliği belirten bir kriterdir. Aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Hassasiyet derecesinin tek dane ekimdeki üst sınır değeri %29 olarak önerilmektedir (Raoufat ve Mahmoodieh, 2005).

$$HD = \frac{S_d}{z_h}$$

Eşitliklerde:

n_1 : $\leq 0.5z_h$ aralıkta bulunan tohum sayısı (adet),

n_2 : $\geq 1.5z_h$ aralıkta bulunan tohum sayısı (adet),

N : Toplam örnek sayısı (adet),

z_h : Teorik (hedef) sıra üzeri mesafe (cm)

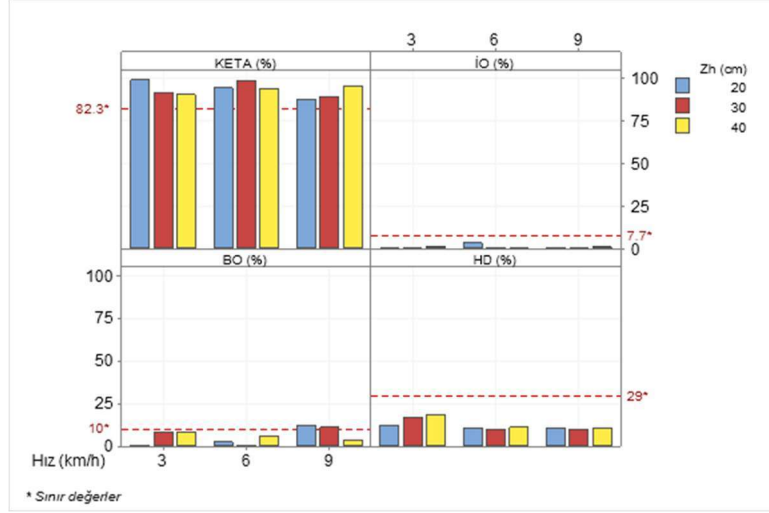
S_d : Kabul edilebilir aralıkta bulunan örneklerin standart sapması.

Bulgular ve Tartışma

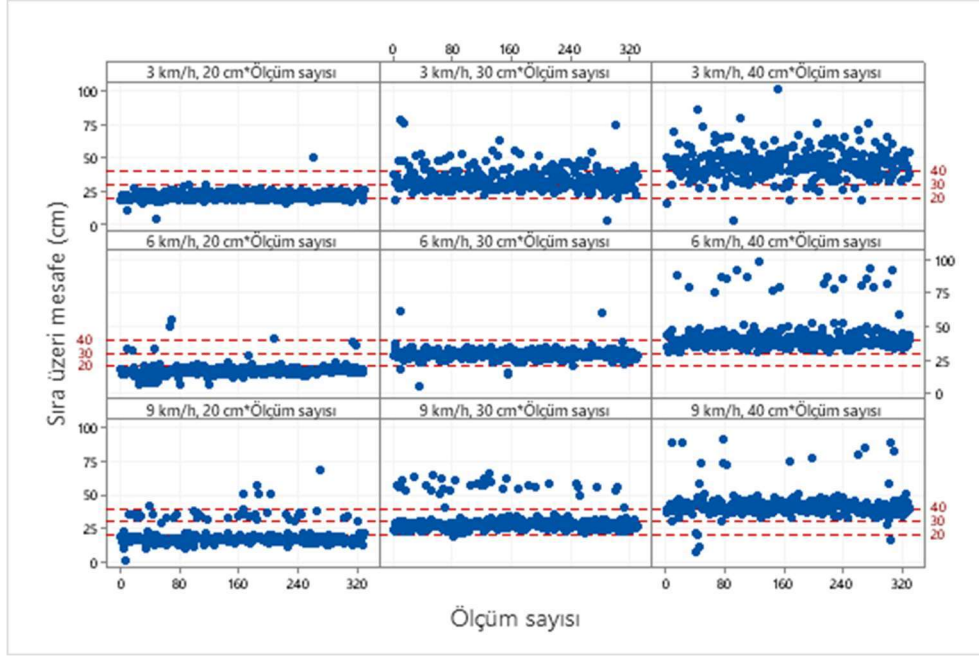
Mısır tohumu ve Ø4.5 mm x 32 delikli ekici disk ile 3, 6 ve 9 km/h sabit ilerleme hızlarında, EHKS'nin kullandığı 3 farklı sıra üzeri mesafede gerçekleştirilen denemelerden elde edilen kabul edilebilir tohum aralığı (KETA), ikizlenme oranı (İO), boşluk oranı (BO) ve hassasiyet derecesi (HD) ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4'de ve Şekil 2'de verilmiştir. Tüm çalışma koşullarında KETA %87.27 ile 99.09, İO %0 ile 3.33 ve BO %0.61 ile 10.91 arasında değişim göstermiştir. Aynı çalışma koşullarında HD %9.56 ile 18.11 arasında gerçekleşmiştir. Tüm koşullarda ekim kalitesi *çok iyi*, *iyi* ve *orta* seviyede gerçekleşmiştir (Çizelge 4, Şekil 3). Ekim kalitesi, hassasiyet derecesi (HD) bakımından ele alındığı zaman, tüm ilerleme hızı ve sıra üzeri mesafeler için yapılan çalışmalarda HD değerleri %29'dan düşük olup önerilen kabul edilebilir aralıkta yer almışlardır.

Çizelge 4. Atölye şartlarında mısır tohumlarına ait ekim performansı değerlendirmeleri

v (km/h)	z_h (cm)	z_0 (cm)	KETA (%)	İO (%)	BO (%)	HD (%)	Değerlendirme
3	20	21,46	99,09	0,30	0,61	12,02	Çok iyi
	30	33,65	91,52	0,30	8,18	16,69	İyi
	40	45,31	90,30	1,21	8,48	18,11	İyi
6	20	17,50	94,24	3,33	2,42	10,49	İyi
	30	29,27	98,79	0,61	0,61	9,56	Çok iyi
	40	42,38	93,94	0,00	6,06	11,10	İyi
9	20	19,89	87,27	0,30	12,42	10,82	Orta
	30	31,65	89,09	0,00	10,91	9,67	Orta
	40	42,52	95,45	0,91	3,64	10,63	İyi

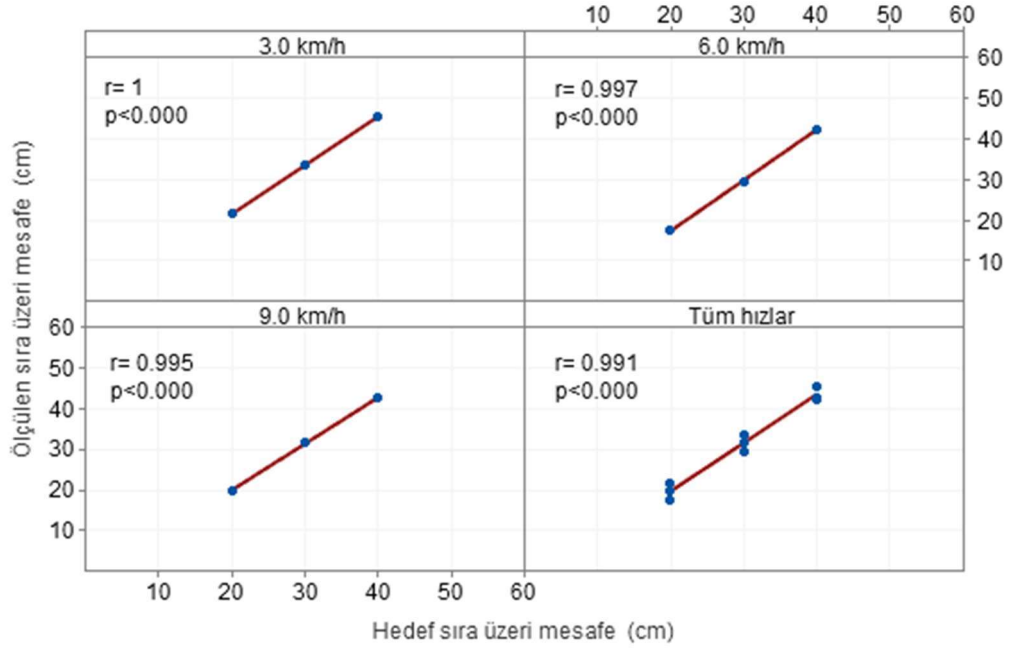


Şekil 2. Geliştirilen sistemde mısır tohumlarına ait teorik sıra üzeri mesafe ve ilerleme hızına göre ekim performansı değerleri değişimi

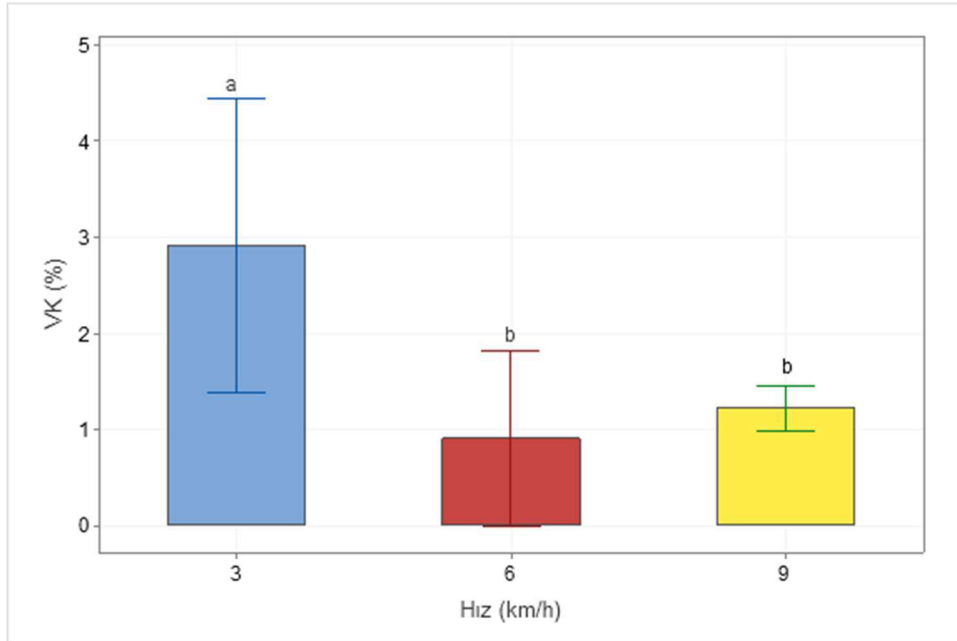


Şekil 3. Mısırın sıra üzeri mesafe değişimi

Geliştirilen sistemle elde edilen deneysel sıra üzeri mesafe değerleri hedef/teorik sıra üzeri değerlere oldukça yakın olmuş ve oldukça yüksek r değerleri 0.991 ile 1.00 meydana gelmiştir. Yüksek hız ve düşük sıra üzeri koşullarda disk devrinin yüksek olması nedeniyle tohumların diski terk ederken merkez kaç kuvvetinin etkisiyle savrulması sonucu sıra üzerinde boşluk oluştuğu yani BO değerinin artmasına neden olduğu ve böylece deneysel sıra üzeri mesafenin hedef sıra üzeri mesafeden farklılaşmasına neden olduğu belirgin şekilde görülmüştür (Şekil 4). Ekim makinalarının bir diğer başarı göstergesi de ayaklar arası düzensizlik değerleridir. Bunun için en çok kullanılan gösterge ayaklar arası ya da üniteler arası varyasyon katsayısıdır (VK) değeridir. Yapılan testler sonucunda üç sabit ve aynı zamanda değişken ilerleme hızında elde edilen ayaklar arası $\%VK$ ekim makinaları için önerilen oran olan $\%3$ 'den düşük bulunmuştur (Şekil 5). Bu durum sistemin ayrı ayrı motor sürücüsüyle kontrol edilmesine rağmen disk motorlarının oldukça yakın bir senkronizasyonda çalışmasından kaynaklandığını ifade etmek mümkündür.



Şekil 4. Farklı hızlarda mısır tohumlarına ait deneysel sıra üzeri mesafenin hedef/teorik sıra üzeri mesafeye göre değişimi



Şekil 5. Atölyede mısır tohumlarının ekiminde ilerleme hızına göre ayaklar arası VK (%)

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada temel olarak, hassas ekim makinaları için geliştirilmiş bir elektronik hareket ve kontrol sisteminin tasarım parametrelerinin tanımlanmasına ilave olarak ilerleme hızı, sıra üzeri tohum aralığı ekim düzgünlüğü üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ve sistemin performansının incelenmesi amaçlanmıştır.

Mısır tohumu ve üç farklı sıra üzeri mesafe ile yapılan çalışmalarda KETA %87.27-99.09, İO %0.00-3.33, BO %0.61-10.91 ve HD %9.56-18.11 arasında değişmiş ve ayaklar arası VK<%3 olmuştur. İki çalışma koşulu hariç diğer tüm koşullarda yapılan testlerde ekim kalitesi orta, iyi ve çok iyi olarak gerçekleşmiştir. Tüm ilerleme hızı ve sıra üzeri mesafeler için yapılan çalışmalarda HD değeri %29'dan düşük olup, ekim kaliteleri HD açısından kabul edilebilir aralıkta yer almışlardır.

Ekimin kalitesini tanımlayan KETA/KEBA, İO, BO ve HD gibi gösterge değerleri, gübreleme için mutlak sapma ve doğruluk oranı değerleri ele alındığında geliştirilen EHKS hassas (tek dane) ekim makinalarında ekim ve gübre uygulayıcı ünitelere hareket vermek amacıyla kullanılabilceği önerilir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen [Proje No: 219O473] araştırma projesinin bir bölümünü oluşturmaktadır ve birinci yazarın Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ndeki yüksek lisans tez çalışmalarının bazı verilerinden üretilmiştir.

Makale, araştırma yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur

Kaynaklar

- Aykas, E., Yalçın, H., Yazgi, A. 2013. "Balta tipi gömücü ayağa sahip tek dane ekim makinalarının farklı bölgelerde mısır ekiminde ekim performanslarının karşılaştırılması". Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9(1), 67–72.
- Cay, A., Kocabiyik, H., May, S. 2018a. "Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters Part I: Design and laboratory simulation". Computers and Electronics in Agriculture, 144, 71–79.
- Kocabiyik, H., Cay, A., Karaaslan, B., Khurelbaatar, M., May, S. 2016. "*Tek Dane Ekim Makinaları için Elektro-Mekanik Hareket İletim Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi, (Araştırma Projesi: TUBİTAK/TOVAG, 114 O 656)*". Çanakkale.
- Önal, İ., Değirmencioğlu, A., Yazgi, A. 2012. "An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiment". Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36, 133–144.
- Özmerzi, A. (1996). Bahçe Bitkilerinin Mekanizasyonu. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, 148
- Raoufat, M. H., Mahmoodieh, R. A. 2005. "Stand establishment responses of maize to seedbed residue, seed drill coulters and primary tillage systems". Biosystems Engineering, 90(3), 261–269.