

İnsansız Hava Aracı İle Akıllı Tohumlama ve Ağaçlandırma Amaçlı Kil Topu Uygulaması

Hilmi Sefa YANGAL^{1*}, Ahmet Serkan KARAKOÇ², Ahmet AKBULUT³, Meriç GEDİKAĞAOĞLU⁴

İstanbul Gübre Sanayii A.Ş., İGSAŞ Ar-Ge Merkezi, Teknik Servisler Müdürlüğü, Merkez, Kütahya

Alınış tarihi: 04 Eylül 2021

Düzeltilme tarihi: 28 Haziran 2022

Kabul tarihi: 30 Haziran 2022

Özet: Bu çalışma, akıllı tarım çalışmaları kapsamında 2019 yılı aralık ayından 2021 yılı mart ayına kadar (16 aylık süre ile), Kurumsal Sosyal Sorumluluk (KSS) projesi kapsamında tasarlanmış olan otonom bir tarımsal insansız hava aracı (İHA) olan İGSAŞ CEMRE® ile yapılmış otomatik tohumlama sistemini ve ağaçlandırma rejenerasyon etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmamızda; ağaç ve meyve tohumlarının gübrelenmesinde kök gelişimi açısından salınımı ve içerik olarak daha yumuşak olan kompoze gübre kullanılmasına karar verilmiştir. Kontrollü şartlar altında kil ve sadece tohum içeren 1. çalışma grubu ile, içerisinde kil, gübre ve tohum içeren 2. çalışma grubunun karşılaştırılması planlanmıştır. Toplamda her iki gruptan 300 adet içerisinde elma (*Malus Domestica*), badem (*Prunus Dulcis*) ve çam (*Pinus Pinea*) tohumlu kil topları, amaca uygun olarak üretilen kompoze gübre ile 200 metre irtifadan Kütahya il sınırlarında Enlem 39° 27' 54.81"K Boylam 30° 1' 7.86"D GNSS (Küresel konum belirleme sistemi) koordinatlarında bulunan, 27.400 m²'lik proje alanına havadan toprağa atılmıştır. Çalışma on altı aylık gelişim ve tohumlama basamaklarını saptanmaya yönelik yapılmıştır. Araştırmada kil toplarının atıldığı alandaki gelişim basamaklarını incelemek amacıyla 1,5 yıllık sürelerde tohumlama yapılan bölgedeki elma, badem ve çam tohumlarının gelişimlerini ölçümlemek için boy, yaprak sayısı ve total ağaçlandırma sayısı ölçümlenmiştir. Sonuç olarak İHA uygulamalı tohumlu ve amaçlı gübreli kil toplarının meyve ve çam ağaçlarını tohumlamada yeni bir yöntem olarak uygulanabileceği belirlenmiştir. Bulgular, tohumlamada, yeni nesil teknoloji olan İHA ile tohumlamanın ağaçlandırmayı artırmada ana itici güç olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Araştırmamız ülkemizdeki İHA esaslı meyve tohumları ağaçlandırması alanda ilk deneysel çalışma olmuştur. Bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: İHA, İGSAŞ CEMRE, tohumlama, akıllı tarım, kil topu

Clay Ball Application For Smart Seeding And Afforestation With Unmanned Aerial Vehicle

Received: 04 September 2021

Received in revised: 28 June 2021

Accepted: 30 June 2021

Abstract: This study was carried out with İGSAŞ CEMRE®, an autonomous agricultural unmanned aerial vehicle (UAV, Drone) designed within the scope of the Corporate Social Responsibility (CSR) project, from December 2019 to March 2021 (16 months) within the scope of smart agriculture studies. The aim of this study was to determine the automated seeding system and the effect of afforestation regeneration. In our research; In the fertilization of tree and fruit seeds, it was decided to use composite fertilizer, which is softer in terms of release and content in terms of root development. It was planned to compare the first study group containing clay and seeds only, and the second study group containing clay, fertilizer and seeds under controlled conditions. In total, 300 apple (*Malus domestica*), almond (*Prunus dulcis*) and pine (*Pinus pinea*) seeded clay balls from both groups were used with the compound fertilizer produced in accordance with the purpose, from 200 meters altitude in the provincial borders of Kütahya Latitude 39° 27' 54.81"N Longitude. It was dropped from the air to the ground in the 27.400 m² project area located at 30° 1' 7.86"E GNSS coordinates. The study

was carried out to determine the sixteen-month development and insemination steps. In the study, height, number of leaves and total number of afforestation were measured to measure the development of apple, almond and pine seeds in the area where insemination was carried out in 1.5 years in order to examine the developmental stages in the area where the clay balls were thrown. As a result, it was determined that clay balls with drone-applied seeds and purposeful fertilizers can be applied as a new method for seeding fruit and pine trees. The findings revealed that in seeding, drone seeding, which is the next generation technology, can be the main driving force in increasing afforestation. Our research was the first experimental study in the field of drone-based fruit seed planting in our country. More work is needed in this area.

Keywords: drone, unmanned aerial vehicle, İGSAŞ CEMRE, insemination, smart agriculture, clay ball

To Cite: H.S. Yangal, A.S. Karakoç, A.Akbulut 2022. Clay Ball application For Smart Seeding and Afforestation With Unmanned Aerial Vehicle, Journal of Biosystems Engineering 3(1):18-31

1. Giriş

Dünya genelinde artan nüfus, küresel ısınma, çevre kirliliğindeki artış ve tarımsal üretimde birim alandan alınan ürün miktarının artırılması ihtiyacı ile tarımda oluşan ekonomik kayıpların önlenememesi tarımda teknolojik yatırımlara gereksinim duymaktadır. 176 ülkenin yer aldığı Bilgi ve İletişim Teknolojileri Gelişmişlik Endeksinde, Türkiye, 2017 yılında 6,08 endeks değeri ile 176 ülke arasında 67. sırada bulunmaktadır (URL 1).

Yeni nesil teknolojilerden İHA'lar; (insansız hava araçları), askeri ve gözetleme uygulamalarında ortaya çıkarak başarılı bir rol oynamışlardır. İnsansız hava araçları acil durum, askeri kaynaklı, sağlık alanı hizmetleri, trafik yönetimi, lojistik ve dağıtım gibi birçok amaç ve çeşitli sektörlerde kullanılmıştır (Cai G vd, 2010). Günümüzde, farklı bir uygulama alanı olarak tarımda kullanılmaya başlanmıştır. Bu metodlar teknoloji destekli olarak daha sonra hassas ve akıllı tarım çalışmalarına (Mogili UR, Deepak BBVL, 2018) da uyarlanmıştır.

İnsansız hava araçlarının (İHA) tarımsal kullanımının gelişmesi ile, tarımsal verimliliğin düşük maliyetle geliştirilmesinde büyük rol oynamaktadır. Çünkü İHA'nın kontrol fonksiyonları, pahalı birden çok sayıda donanım sistem geliştirmek yerine daha basit ve sade sistemlerin entegre edilmesiyle daha kullanışlı hale getirilmiştir. İHA'lar tarımsal verimliliğin düşük maliyetle geliştirilmesinde büyük rol oynamaktadır. Çünkü İHA'nın kontrol fonksiyonları, pahalı bir donanım sistemi geliştirmek yerine kendi sistemine dahil edilmiştir (Zhang C, Kovacs JM, 2012).

Tarım sektöründe, diğer sektörlerdeki gibi, İHA esaslı yenilikçi teknolojilerdeki gelişmelerden tam anlamıyla yarar sağlayıp sağlamadığına dair farklı görüşler vardır. Bununla birlikte, akademisyenler ve uygulayıcılar, akıllı tarım sektörünü teknolojik Tarım 4.0'a

dönüştürmede robotik ve yapay zeka destekli sistemlerin potansiyeline inanmanın ötesinde bir şey olduğunu düşünmektedirler (Wolfert ve ark., 2017).

İHA esaslı sistemlerin kullanımlarındaki eksiklikler ve yaygınlaşması şu an mevcut durumda birtakım engelleri beraberinde getirmektedir. Bu engellerin başında, tarımsal yeniliğin getirdiği, operasyonel zorluklar başta gelmektedir. Hassas tarım incelemelerinde, insansız hava sistemlerinin tüm fırsatlarına ve potansiyeline rağmen, yüksek işletme maliyetleri ve uygun maliyetli çözümler sunan şirketlerin eksikliğinin hassas tarımda İHA kullanımını engellediği vurgulanmaktadır. Bununla birlikte yapılan İHA esaslı tarım uygulamalarında birim maliyet analizinin yapılmamış olması da bir başka sorundur (Khanal ve ark. 2017).

Tarımsal alanda tohumlamada İHA'ların uçaklardan daha ucuz ve daha uygun bir alternatif olduğunu, kullanıcılara daha basit çalışma mekanizmaları sunduğunu, daha iyi bir sensöre ve kamera seçeneğine sahip olduğunu ve en önemlisi de tarımsal bağlamda uçuşun sık sık kolaylıkla tekrarlanarak tarımsal üretim alanlarında sürdürülebilirliğin gelişimine katkı sunacağı düşünülmektedir. Tarımsal çalışmalarda, maliyet girdi ve çıktılarında ithalat bazlı teknolojik ürünlerin olması, bu alandaki zorluklardan bir diğeridir (Zhang ve Kovacs, 2012).

Çiftçiler ve tarımla uğraşanlar, ürünlerini düzenli olarak izlemek için her zaman ucuz ve etkili yöntemler aramaktadırlar. Teknolojinin getirdiği yeni nesil tarım sistemlerinin teknik gelişmiş ve maliyet uygunluk seviyesi, sürdürülebilir akıllı tarım için önemli bir uluslararası rekabet aracıdır. İHA esaslı sistemlerde, kızılötesi sensörler, ürün sağlığını tespit etmek için ayarlanabilir ve çiftçilerin gübre veya böcek ilacı girdileriyle ürün koşullarını yerel olarak iyileştirmelerine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda teknik yönetimi iyileştirerek, ürünün daha iyi verimini sağlar. Önümüzdeki birkaç yıl içinde tarım pazarının yaklaşık %80'i insansız hava araçlarından oluşacağı beklenmektedir (S. Ahirwar ve ark. 2019).

Bununla birlikte, İHA'larla ilgili araştırmalar, bu teknolojiyi uygulamanın operasyonel zorluklarını vurgulamıştır. Bu alanda tohumlamada, Zhang ve Kovacs (2012), İHA'ların uçaklardan daha ucuz ve daha uygun bir alternatif olduğunu, çünkü daha basit çalışma mekanizmaları sunduğunu, daha iyi bir sensöre ve kamera seçeneğine sahip olduğunu ve en önemlisi de tarım bağlamında uçuşun sık sık tekrarlanarak tarımsal üretim alanlarında sürdürülebilirliğin gelişimine katkı sunduğunu belirtmektedirler. (Zhang,C.H.,2012).

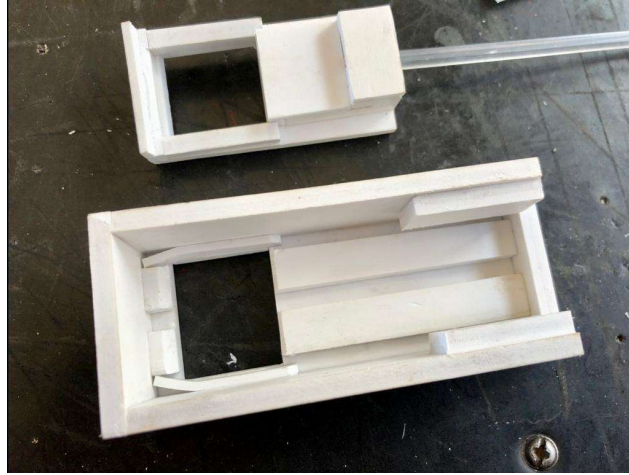
Tüm bu farklı görüşlerin nezdince bu makale, tarım sektörünün daha temiz, verimli ürün, tohum, ağaç üretiminde akıllı tarım teknolojisini ve/veya özellikle CEMRE İHA kullanılarak

üstesinden gelinebilecek bir yöntem kurmaya yönelik çalışmayı amaçlamaktadır.

1. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma elma, badem ve çam tarlalarına tohum ekmeye yönelik otonom bir tarımsal eş eksenli dört pervaneli gövde yapısına sahip (coaxial quadcopter) gövde yapısına sahip bir İHA tasarımı ve ağaç yetiştirmede daha yüksek verimlilik sağlamak adına özel amaçlı İGSAŞ Gübrelerin, 200 m irtifadan ve 5'er metre aralıkla RTK (gerçek zamanlı kinematik uydu) navigasyonu kullanılarak atılması ve kil toplarıyla verimliliklerinin saptanmasına yöneliktir. Ayrıca boy, yaprak sayısı ve total ağaçlandırma sayısı da ölçümlenmiştir.

Tohum ekim süresini kısaltmak için özel olarak geliştirilmiş ve İHA ile entegre edilmiş bir tohum serpme nozülü yapılmıştır. (Şekil.1) İHA, uçuş yolunun hem otomatik hem de manuel modda kontrol edilebildiği gerçek zamanlı kinematik navigasyon sistemi (RTK) ve otomatik pilot sisteminden oluşmaktadır. Uçuş rotası, uçuştan önce bir yazılımda programlanabilir ve gerekirse değiştirilebilir. Ek olarak, tarımsal İHA, uzun menzilli uzaktan kumanda kullanılarak manuel olarak kontrol edilebilir, periyodik olarak arazi ve ürün büyümesinin takibini denetleyebilir, tohum ekim hızını denetleyebilir ve belirli kontrol parametreleri ile sistem optimizasyonu sağlanabilir.



(Şekil.1) Tohum serpme nozülü

Kil topları şekil olarak tamamen daire formatında dış alanında kil ve gübre bileşimi ile iç kısmındaki tohumu aşırı sıcak ve soğuk ortandan korumayı planlayarak elde yapılmıştır. Aynı zamanda rijit dış yapısı ile güneşte kuruması da korunmakta, kuşlar tarafından tohumun yenmesi ya da rüzgar tarafından uçup gitmesini önleyerek korumaktadır. Dış katmanı yağmurlu dönemde çözünüp toprakla karışarak içindeki tohum için ideal bir gelişim alanı yaratmaktadır. Kil toplarında kullanılan, mevcut kil ekolojik bir ürün olup, doğal florayı

bozmamak için uygulama alanındaki toprak yapısının örtüşmesi maksadıyla Kütahya il sınırları içerisinde temin edilmiştir. Uygulama alanındaki toprak yapısının örtüşmesi için Kütahya il sınırından Kil topları toprağın çok kuru, sıkışık veya diğer bitkilerle yoğun olmaması koşuluyla, onları yetiştirecek toprağın olduğu her yerde kullanılabilir. (Şekil.2)



(Şekil.2) Gübrelili Kil Topu

Yeterli miktarda yağmurun kil toplarındaki kile nüfuz etmesi ile, içindeki tohumlar filizlenir ve onları çevreleyen besinler, gübre ve faydalı toprak mikroflorası tarafından desteklenir.

Ağaç yetiştirme sürecinde en önemli faktör olan bitki besin maddelerinin yapılan toprak analizi sonucunda elde edilen plastisite, organik madde, mineral vb. verilerinin doğrultusunda, çalışma alanında K_2O eksikliği tespit edilmiştir. Bu nedenle kil toplarında NPK (Azot, Fosfor, Potasyum) (15-15-15) gübresi olarak kullanılması uygun görülmüştür. NPK gübresi; Azot, Fosfor ve Potasyum gibi üç önemli bitki besin elementini bir arada bulunduran gübre çeşididir. Bu gübrenin 100 kg'ında 15 kg. saf azot, 15 kg. fosfor pentaoksit (P_2O_5) ve 15 kg. potasyum oksit (K_2O) mevcuttur. Her bir kil topuna maksimum 0,15 gr Kompoze NPK (15-15-15) ilave edilmiştir.

Fidelenmiş ağaç başına gelişme ortalaması her iki grup için (kil ve tohumlu, gübrelili kil ve tohumlu) tek tek gözlemsel metot ile manuel olarak yapılmıştır.

Çalışma kapsamında akaryakıt ya da gaz türevi olarak hiçbir hidrokarbon bileşiği enerji kaynağı kullanılmamıştır. Ayrıca tohumlama sonrasındaki 16 aylık süre boyunca, tohumlu kil topları atılan bölgede herhangi bir zirai ilaç, pestisit, ağır metal ve zararlı kimyasal madde kullanılmamıştır.

2.1.İGSAŞ Cemre® İHA Teknik Bilgiler

Bu İHA, İGSAŞ Ar-Ge Merkezi tarafından bu projeye özel üretilmiş ve sistem bileşenleri karmaşık bir donanım ve yazılıma sahiptir. Bu bileşenlerin temelini; uçuş kontrol sistemi (Flight Control System), fırçasız motorlar (brushless motor) elektronik hız kontrolü (Electronic Stability Control), küresel konumlandırma sistemi (GPS), telemetri radyo bağlantısı, radyo kontrollü verici ve alıcı modülü ve çeşitli mekatronik bileşenler bulunmaktadır. İGSAŞ Teknik Servisler Müdürlüğü ile özel olarak tasarlanan İGSAŞ CEMRE® özel kil topu bırakma modülü sistemi oluşturulmuştur. (Şekil 3)



(Şekil.3) İHA : İGSAŞ Cemre®

İHA sisteminin kontrolü gerek otomatik olarak gerekse manuel yapılabilmektedir. Kontrol işlemi Litchi uygulaması (<https://flylitchi.com/>) kullanılarak planlanan tek bir yola göre gözlemlenen ürün üzerinden yapılır. İHA, telemetriyi taşıyan, açık kaynaklı, noktadan noktaya ağ protokolü olan MAVLink protokolünün yardımıyla kontrol edilir. İGSAŞ CEMRE® Multi Rotor sistemi ve yer kontrol istasyonu (Ground Control Unit) arasındaki iletişim, MAVLink ağ protokolü kullanılarak yapılmaktadır. İHA, MAVLink (<https://mavlink.io/en/>) protokolü aracılığıyla İHA kontrol modüllerine uçuş kontrolörü (Pixhawk) otomatik pilotu ve Litchi uygulaması ile) veri gönderip alarak uzaktan kontrol edilebilir.

İGSAŞ CEMRE® İHA sistemine monte edilebilen, bitkilerin rengindeki değişiklikler ve düşük büyüme gösteren enfekte bölgelerin tanımlanmasına izin veren farklı tipte kamera sensörleri (multispektral, hiper ve termal) ile donatılmıştır. Bu donanım sayesinde ağaçlandırmadaki GNSS sistemi desteği ile coğrafi alan bitki örtüsü rengi, yapay zekâ sistemi ile analiz edilerek ağaçlandırma seviyesi belirlenebilecek ve tarla haritalama metodu ile bitki sıklığı ve alan kullanımında verim sağlayacaktır. Bu şekilde tohumlama başarısı, ürün verimini arttırabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda belirtilen yeni teknolojilerin mevcudiyetiyle, kil topu tohumlama sistemi, ağaç rejenerasyonu, ürün yönetimi, ürün hasadı, ürün güvenliğini sağlamak ve ürün gelişim durumunu gözlemlemek mümkün olabilir.

2.2.Çalışma Alanı

Bu araştırma kapsamında çalışma alanı Kütahya il sınırları içerisindeki Çalca Mahallesiinde bulunan 510.000m² tesis alanına sahip İstanbul Gübre Sanayi İGSAŞ Kütahya Fabrikası yerleşim yeridir. Kütahya şehir merkezine yaklaşık 7 km de olan, hafif dalgalı arazi üzerinde yüksek arazi ve ova ormanlarının ortak özelliklerini gösteren bir açık alanla karakterize edilmiştir. Ekim yapılan alan, şehir trafiğinden bağımsız, yerleşke dışında, kimyasal atık içermeyen bir alandır.

Proje, İGSAŞ Tarım, Akıllı Tarım projesi başlığında AR-Ge birimini tarafından yürütülmüş olup tarımsal teknoloji ekosisteminin geliştirilmesi ve değerlendirilmesine yönelik bir Kurumsal Sosyal Sorumluluk (KSS) projesi olarak oluşturulan, bağımsız alanlı deney sahasında gerçekleştirildi. Bu iş için öncelikle uygunluk şartlarını sağlayan **Şekil.4'** deki saha tespit edilmiştir.



(Şekil.4) Proje Saha Alanı (Aralık 2019)

2.3.Verilerin Toplanması ve Analizi

İHA esaslı tohumlama ile ilgili veriler (fideleşme başarı oranı) özellikle İHA ve teknoloji alanlarında pratik çalışma deneyimine sahip 1 bağımsız uzmandan ve İstanbul Gübre Sanayi İGSAŞ Kütahya Fabrikası AR-GE birimi tarafından toplandı. Bu veriler gözlemsel metot ile karşılaştırılarak raporlanmıştır.

Öncelikle bir ilk arazi algılama modeli oluşturup, bunu elimizdeki görüntülerle mükerrer olmaması için manuel uyarlanmışır. Bu düzeltme sırasında manuel düzeltme yöntemi (Hatalı verilerin elle düzeltilmesi) tercih edilmiştir. Bu şekilde, elde ettiğimiz **Şekil.5**'de görülen alanda toplam 250 tohum topu başarılı bir şekilde fidan haline getirilmiştir.



(Şekil.5) Proje Saha Alanı (Mart 2021)

3. Bulgular

Tohumlama alanına İGSAŞ CEMRE® tarımsal İHA'dan toplamda 300 adet tohum bırakılmıştır. Bu tohumların 74 tanesi elma, 74 tanesi badem, 152 tanesi çam tohumudur. Elma ve badem tohumlarının 37'şer tanesi (atılan elma ve badem tohumunun tam yarısı) kil ve sadece tohum içerirken, kalan 37'şer tanesi de kil, gübre ve tohum olarak atılmıştır. Tohumlamada bırakılan 152 çam tohumunun 76 tanesi kil ve sadece tohum içerirken, kalan 76 tanesi ise kil, gübre ve tohum olarak atılmıştır (**Tablo.1**).

Tablo.1. Tohumlamada bırakılan tohumların özeti.

| | Elma (<i>Malus domestica</i>) | Badem (<i>Prunus dulcis</i>) | Çam (<i>Pinus pinea</i>) | Toplam (adet) |
|--|---|--|--------------------------------------|----------------------|
| Kil,ve sadece tohumlu kol sayısı (adet) | 3 7 | 37 | 76 | 150 |
| Kil, gübre ve tohumlu kol sayısı (adet) | 3 7 | 37 | 76 | 150 |
| Toplam (adet) | 7 4 | 74 | 152 | 300 |

Toplamda alana havadan bırakılan 300 adet tohum içerisinde, 74 elma, 74 badem ve 152 çam tohumu Aralık 2019 tarihinde periyodik olarak tayin edilen bölgeye CEMRE® İHA ile havadan toprağa bırakıldıktan sonra gelen 16 aylık süre sonucunda yapılan toplam tohumlama işleminde fide oluşma oranı % 84 olmuştur. Rakamsal olarak, CEMRE® tarımsal İHA'dan toprağa atılan 300 adet tohumun 252 tanesinin fide haline geldiği (ağaçlandırmanın oluştuğu) saptanmıştır. Fide haline gelen 252 ağacın 110 tanesinin sadece kil ve tohumdan geliştiği, 142 tanesinin kil, gübre ve tohumdan geliştiği saptanmıştır (**Tablo 2**).

Fideleşme başarı oranı (atılan her bir grup için); Fide haline gelen tohum sayısının, toplam atılan tohum sayısına oranlanması ile bulunmuştur.

Bulgular, yapılan çalışmada atılan kil topları için, saha aylık çalışma takibinden elde edilmiştir.

Tablo 2. Atılan Tohumların Fide Haline Gelme Sayı Değerleri ve Fideleşme Başarı Oranları

| | Kil ve Tohum Kolu 1.Grup Kolu | Kil, Gübre ve Tohum Kolu 2.Grup Kolu | Total Tohum (Her İki Kol Dahil Edilmiştir) |
|--|--|---|---|
| Toplam Atılan Tohum Sayısı (adet) | 150 | 150 | 300 |
| Fide Haline Gelen Tohum Sayısı (adet) | 110 | 142 | 252 |
| Fideleşme (ağaçlandırma) Başarı Oranı (yüzde) | 73,333333 333 | 94,666 6667 | 84 |

Tohumlama yapılan bölge periyodik olarak gözlemsel metot ile incelenmiş olup, bitki yaprak analizi ve bitki büyümesi açısından negatif yönde bir durum ile karşılaşılmamıştır. Gözlemsel çalışmaların sonucunda ürün güvenliğinde problemle karşılaşılmamış, zararlı organizma oluşumuna rastlanmamıştır. İçeriği özel olarak üretilen İGSAŞ gübre ve tohumlu kil topu grubunda diğer kil ve sadece tohum grubuna kıyasla; ağaç boy gelişiminde, elma ağacında %34, badem ağacında %23, çam ağacında %44 oranında daha iyi gelişim saptanmıştır.

4. Tartışma

Çalışmamızda, dış etkenler ve sıcaklık, bağıl nem, rüzgar gibi faktörlerin çalışma dizaynını ve sonuçları etkilememesi için en az rüzgar olan dönem tercih edilmiş, en iyi sıcaklık dengesi gözetilmiştir. Çalışmamızın zorlayıcı faktörlerinin başında dış faktör koşullarının her zaman optimize edilememesi durumu vardır. Dış faktörler, bağımsız faktörler olarak tarımsal İHA esaslı tohumlamada önemli bir sınırlayıcı faktör olarak durmaktadır. Özellikle rüzgârın çok yoğun olduğu dönemlerde İHA esaslı tohumlama çalışmamızın sınırını oluşturmaktadır. Bununla birlikte benzer rüzgarlı dönemlerde de insan kaynaklı tohumlama işlemlerinin de yapılması çalışanlar için zor olmaktadır. Çalışmamızın sınırlarından bir diğeri mevsimsel değişiklikler olan yağmur, kar ve yağıştır. Dondurucu soğuklar insan kaynaklı tohumlama işlemlerinde olduğu gibi tarımsal İHA esaslı çalışmalarda da önemli bir dezavantajdır. Çünkü yağış öncesi dönemde yapılacak İHA esaslı kil topu tohumlamasında, yağış sonrası dönemde yapılacak tohumlamaya nazaran, kil toplarının su ile birleşerek fidelenme oranının daha fazla olabileceği öngörülmektedir.

İnsansız hava araçları, ürün verimliliğini artırma esnekliği nedeniyle büyük potansiyele sahiptir. Küçük ve büyük ölçekli tüm çiftçilere, teknolojik ve ürün verimliliği desteği sağlayan bu model geliştirilmiştir. Yukarıda yapılandırılan İHA sistemi, küçük ve büyük çiftçilere çiftlik verimliliğini artırmaya yardımcı olabilecek teknik destek sağlamaktadır. Küçük boyutlu tarla çiftçiliğinde, büyük alanda orman yetiştiriciliğinde ve tohumlamayı iyileştirmek için hassas tarımdaki yenilikçi gelişmeleri teknolojik yenilikler ve metodoloji ile sunmaktadır.

İHA'ların uygulanması, tarımsal zorlukların üstesinden gelmek ve sürdürülebilir çözümler için birçok fırsat sunmaktadır. Örneğin, insansız hava araçlarının tarım arazisinin sulamasını veya drenajını özel bir sensör aracılığıyla değerlendirme yeteneği, suyun aşırı kullanımını azaltmaya ve zararlı otların büyümesini kontrol etmeye yardımcı olmaktadır,

böylece pestisit kullanımını azaltmaktadır (Mazur, M., 2016).

Ericson ve ark.'larının yaptıkları bir çalışmada insansız hava araçlarından elde edilen veriler sayesinde, görüntülerin çiftçilerin su eksikliğinden kaynaklanan yaprak dökülmesini araştırmasına izin vermesi nedeniyle bitki sağlığı değerlendirilebileceği, bu da bitkilere zarar verebilir ve bu da üretim verimini olumsuz etkileyeceği de belirtilmiştir (Erickson, ve ark. 2004).

Endüstri 4.0 sağlık alanından tarım alanına birçok alanda etkilerini göstermektedir (Alkan Çeviker ve Akkaya, 2021). Hofmann ve Rüsç (2017) endüstri 4.0 ve geleceği üzerine yazdıkları bir makalede ürün sağlığı ve pestisit uygulanması konusu gelecek perspektifi ile belirtilmiştir. Buna göre, gerçek zamanlı veriler ile, ürünün sağlığına bağlı olarak pestisit uygulama kararını bildirmektedir. Bu yetenekler, su ve pestisit uygulamasını optimize ederek atıkların azaltılmasına yardımcı olur ve daha fazla çiftçinin kendi performanslarını yönetmede daha fazla kontrole sahip olmasını sağladığı gösterilmiştir.

Böceklerle karşı kullanılan kirlilik ve pestisit gibi çeşitli kaynaklardan bu tür tehlikeli maddelere maruz kalan tatlı su kaynaklarında, hayvansal gıdalarda da pestisitler tespit edilmektedir. Böylelikle, azaltma ilkesi aracılığıyla, böcek ilaçlarının- pestisitlerin İHA aracılığıyla hassas bir şekilde uygulanması, kaynakların verimli kullanımına yardımcı olabilir, Tarımsal İHA'lar ile etkili ve hassas uygulama yoluyla atık ve kirliliği azaltabilir ve su kaynaklarını, çiftlik hayvanlarını kirletmeyerek üretici doğal sistemlere katkıda bulunabileceği belirtilmiştir (Choudhary, S. vd 2018).

Tarım girdi ve çıktılarının dengeli götürülmesi gereken bir alandır bir girdi-çıkıtı sorunudur. Çiftçi, insansız hava aracı kullanımıyla girdileri - su ve böcek ilaçlarını azaltabilir ve aynı çıktıyı koruyarak, gıda kıtlığının üstesinden gelecektir (Ahrwar 2019).

5. Sonuç

Yenilikçi tarımsal teknolojilerin, gün geçtikçe giderek artan hızla yaygınlaşması, bu cihazların kolay ulaşılabilir olması ve kullanımının artması ile teknolojinin olumlu ve olumsuz sonuçları ile yüzleşmemizden kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu çalışma sonucunda; kil topu tohumlarının ağaçlandırma veriminde olumsuz bir etkisi olmadığı ve İHA esaslı ağaçlandırma çalışmalarında ilk bir yıllık ağaç gelişiminde başarılı etkisi olduğu saptanmıştır. Özellikle İHA ile kil topu esaslı ağaçlandırmanın, orman sayısını geliştirme ve ilerletme

alanında yeni nesil faydalı bir yöntem olabileceği tespit edilmiştir. İHA teknolojisi, dönüm başına daha fazla verim elde etmek ve daha yüksek bir gelir elde etmek için uygun bir yöntem olarak gözükmektedir.

Bu araştırma, yeni nesil tohumlama yöntemi olan İHA destekli tohumlama işlemi ile ilişkili temel zorlukları keşfetmeyi amaçlamıştır. Aynı zamanda temel zorlukların birbirlerini nasıl etkilediğini ve bu zorluklar arasındaki ilişkilerin neler olduğunu da belirlemeye çalışmıştır. Bu teknolojinin, tamamen otomatik kontrollü İHA destekli akıllı tarım tabanlı uygulamasının, tarım paydaşlarına, çiftçilere iş ve yaşam standartlarına yardımcı olduğu ve çok yüksek oranda daha fazla ürün sağlayacağı ön görülmektedir.

Önerilen tarımsal İHA, yumuşak toprak meyve ve orman yetiştiriciliğinde tohum ekimi için bir çözüm sağlayacaktır ve kullanılan gübre ağaç yetiştiriciliğinde gerek büyüme sürecini hızlandırmak gerekse yetişen ürünün sağlıklı olmasını hedeflemektedir. Ayrıca, tasarlanan modelin diğer çeşitli tarımsal arazilerde de kullanıma uygulanabilirliği hedeflenmiştir. Saha denemeleri, önerilen yöntemin, bitki ve doğa uzmanları tarafından belirtildiği üzere meyve ve orman yetiştirme gereksinimi için önemli olduğunu kanıtlamıştır.

Tohum topları, yağışların oldukça tahmin edilemez olduğu kuru ve kurak bölgelerde özellikle yararlıdır. Bununla birlikte, toplumsal ya da tohumlama organizasyonlarında iş gücü kolaylığı sağlayarak sürdürülebilir ağaçlandırmayı destekleyecektir. Gelecek perspektifinde, ülkemizin akıllı tarım sektöründe ilerlemeye ihtiyacı vardır. Bu alanda da internet of things (nesnelerin interneti), İHA'lar çiftçilere yaşam standartlarında yardımcı olmak için vardır. Ülkemizde yapılan ve bu alanda ilk olan bu uygulama ile İHA destekli tohumlamada yapay zeka sistem entegrasyonu ile yazılımsal ve donanımsal gelişmeler ortaya konmuştur. Kullanıcılara, tarım çalışanlarına, eski jenerasyon ağaçlandırma faaliyetlerine göre iş hızını artırmada, tohumlama için harcanan enerjiyi ve zamanı azaltmada, temiz ürün üretiminde artışı sağlamada belirgin avantaj sağlaması öngörülmektedir.

Aynı zamanda, ağaçlandırma dönemini, optimum rüzgar hızı, ideal nem koşulu olması ve mevsimsel sık yağışların öncesi dönemde yapılması tavsiye niteliğinde olacaktır.

Özetle, bu araştırma, tarımsal İHA'ların, tohumlama ve ağaçlandırma zorluklarının üstesinden ne ölçüde gelebileceğini anlamalarına yardımcı olmak için bu alandaki araştırmacılar tarafından test edilebilecek ve geliştirilebilecek temel bir model önermektedir. Bu nedenle, bu araştırmadan geliştirilen önermelerin doğrulanmasını tamamlamak için daha

fazla araştırmanın yapılması ve bunun da farklı ortamlarda tarımsal paydaşlara nihai olarak senaryo oluşturma ve eylem planlamasında yardımcı olacak bir şekilde başarılı uygulanmasını önermektedir.

Finansal Destek: Makalenin hazırlanmasında herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Yazar katkısı: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Çıkar çatışma beyanı: Yazarlar olarak herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederiz.

Etik kurul: Makale etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Kaynaklar

Alkan Çeviker, S., & Akkaya, B. (2021). Integration Health 4.0 with Industry 4.0 . Journal of Management Theory and Practices Research, 2(1), 1–3.

Ahirwar S , Swarnkar R, Bhukya S, Namwade G. (2019) Application of Drone in Agriculture Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 8(1): 2500-2505
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.264>

Cai G, Chen BM, Lee TH (2010) An overview of the development of miniature unmanned rotorcraft systems. Front Electr Electron Eng China 5(1):1–14 3.

Choudhary, S., Raheja, N., Yadav, S., Sharma, A., Yamini, N., Raheja, S., Yadav, M., Kamboj, Amit, Sharma, ., 2018. A review: pesticide residue: cause of many animal health problems. Journal Of Entomology And Zoology Studies 6.

Erickson, B.J. , Johannsen, C.J., Vorst, J.J., Biehl, L.L., 2004. Using remote sensing to assess stand loss and defoliation in maize. Photogramm. Eng. Rem. Sens. 70 (6), 717e722.

Hofmann, E., Rüşch, M., 2017. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. Comput. Ind. 89, 23e34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>.

Khanal, S., Fulton, J., Shearer, S., 2017. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. Comput. Electron. Agric. 139, 22e32. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.001>

Mazur, M., 2016. Six Ways Drones Are Revolutionizing Agriculture. MIT Technology Review.

Mogili UR, Deepak BBVL (2018) Review on application of drone systems in precision agriculture. Procedia Comput Sci 133:502–509.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M., 2017. Big data in smart farming e a review. Agric. Syst. 153, 69e80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.

Zhang, C.H., Kovacs, J.M., 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precis. Agric.* 13 (6), 693e712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.

URL 1. www.tuik.gov.tr/11.01.2019 [Erişim tarihi: 12 Ağustos 2021].