T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

# TOPRAK KAYMAK TABAKASI İLE MEKANİK MÜCADELE İÇİN ÇEŞİTLİ KAYMAK KIRMA MAKİNALARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Bahadır CANDAN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2023**

**ANTALYA**

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

# TOPRAK KAYMAK TABAKASI İLE MEKANİK MÜCADELE İÇİN ÇEŞİTLİ KAYMAK KIRMA MAKİNALARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Bahadır CANDAN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2023**

**ANTALYA**

**T.C.**

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# TOPRAK KAYMAK TABAKASI İLE MEKANİK MÜCADELE İÇİN ÇEŞİTLİ KAYMAK KIRMA MAKİNALARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Bahadır CANDAN**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL- 2022-5921 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

**HAZİRAN 2023**

**T.C.**

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# TOPRAK KAYMAK TABAKASI İLE MEKANİK MÜCADELE İÇİN ÇEŞİTLİ KAYMAK KIRMA MAKİNALARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Bahadır CANDAN**

**TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 04/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Davut KARAYEL (Danışman)

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahid MALASLI

# ÖZET

## TOPRAK KAYMAK TABAKASI İLE MEKANİK MÜCADELE İÇİN ÇEŞİTLİ KAYMAK KIRMA MAKİNALARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Bahadır CANDAN**

**Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Davut KARAYEL**
**HAZİRAN 2023, 38 sayfa**

Başarılı bir bitkisel üretim için öncelikle, toprak içerisinde tohumların çimlenmesi ve filizlerin toprak yüzeyine çıkması için uygun koşulların oluşturulması gerekir. Kaymak tabakası oluşumu bu sürece olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden birisidir.

Ekim işleminden sonra kaymak tabakası oluşmuş ise bu tabakanın çeşitli tarım makinaları kullanılarak uygun bir şekilde kırılması gerekir. Mekanik mücadele olarak adlandırılan bu yöntem kaymak tabakası ile en etkin mücadele yöntemlerinden biridir. Uygulamada kaymak kırma işlemi için hangi ekipmanların kullanılması gerektiği ve mevcut kullanılan ekipmanların kaymak kırma etkinlikleri belirsizdir.

Uygulamadaki eksikliğin giderilmesine katkı sağlamak için bu çalışmada pamuk ekimi sonrası kaymak tabakasının oluşumu sağlanmış ve 3 farklı kaymak kırma makinası (yıldız dişli tip, yatay parmaklı merdane ve kızak tip) kullanılarak kaymak kırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir uygulamanın kaymak kırma etkinlikleri ile fide çıkışına etkileri farklı toprak tekstürü özelliğine sahip iki ayrı arazide gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre her üç makinanın da kaymak kırma açısından etkin bir şekilde kullanılabileceği, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde yapılan denemelerde yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinasının fide çıkışına etkisinin en yüksek olduğu, dişli tip ve kızaklı tip arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde yapılan deneme sonuçlarına göre de kaymak kırma makinaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Pamuk, tohum yatağı, kaymak tabakası, penetrasyon direnci, çimlenme

**JÜRİ:** Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahid MALASLI

## ABSTRACT

**COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS SOIL CRUST BREAKERS FOR MECHANICAL CONTROL OF SOIL CRUST**

**Bahadır CANDAN**

**Master's Thesis Agricultural Machinery and Technologies Engineering**
**Supervisor: Prof. Dr. Davut KARAYEL**
**JUNE 2023, 38 Page**

For a successful plant cultivation, first of all, it is necessary to obtain suitable conditions for the seeds to germinate and emergence in the soil. The formation of soil crust is one of the most important factors affecting this process negatively.

If the crust layer has formed once after the seeding, this layer should be properly broken using various agricultural machinery. This method, called mechanical control, is one of the most effective method to cope with crust layer. In practice, it is unclear which equipment should be used for the crust breaking process and the crust breaking efficiency of the currently used equipment.

In this thesis, in order to contribute to the elimination of the deficiency in practice, the formation of the crust layer was ensured after cotton seeding and the crust breaking process was carried out using 3 different crust breakers (star gear type, horizontal finger roller and slide type). Then, the effects of each crust breaker on crust breaking activities and seedling emergence were evaluated.

According to the results of the research, it has been determined that all three machines can be used effectively in terms of crust breaking, the horizontal finger type crust breaker has the highest effect on seedling emergence for the experiments carried out on Aksu Research and Application Farm of Faculty of Agriculture, Akdeniz University. There wasn't significant difference between the gear type and the slide type, statistically. According to the results of the experiments conducted in a field in the Kampüs Research and Application Farm of Faculty of Agriculture, Akdeniz University, it was concluded that there wasn't significant difference between the soil crust breakers, statistically.



**KEYWORDS:** Cotton, seedbed, soil crust, penetration resistance, germination

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahid MALASLI

# ÖNSÖZ

Ülkemiz tarımında bir problem olan kaymak tabakası sorunu, çeşitli mücadele yöntemleriyle giderilebilmekte veya engellenebilmektedir. Kaymak tabaksı sorunu giderilmediği takdirde tohum çıkışı açısından ciddi boyutlarda kayıplar yaşanabileceği gibi aynı zamanda ekim işlemi sırasında yapılan işlemler ile birlikte bir enerji kaybı da söz konusu olabilmektedir. Kaymak tabakasıyla mekanik mücadele kısmında ise çeşitli makinalar kullanılmakla birlikte bu makinaların kullanım açısından verimlilikleri, etkinlikleri hakkındaki verilerin literatür taramalarında da oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada kaymak tabakasıyla mekanik mücadele boyutunda 3 farklı tipte kaymak kırma makinası prototipi imal edilmiş ve denemeler sonucunda bu makinaların etkinlikleri ve tohum çıkışına etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile hem ülkemiz tarımına hem de literatüre katkı sunmak amaçlanmıştır.

Çalışmalar sırasında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve önemli katkılarıyla çalışmalarımı yönlendiren hocam Sayın Prof. Dr. Davut KARAYEL'e, araştırmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. İsmail BOYAR hocama, tarla denemeleri sırasında yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans arkadaşım Zir. Müh. Volkan SOYA'ya, eğitim hayatım boyunca her zaman desteklerini sunan ve daima yanımda olan aileme minettarlığımı borç bilirim.

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "**TOPRAK KAYMAK TABAKASI İLE MEKANİK MÜCADELE İÇİN ÇEŞİTLİ KAYMAK KIRMA MAKİNALARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**" adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

04/07/2023

Bahadır CANDAN

# İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
ÖNSÖZ ..... iii
AKADEMİK BEYAN ..... iv
İÇİNDEKİLER ..... v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... vi
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... vii
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... viii
1. GİRİŞ ..... 1
2. KAYNAK TARAMASI ..... 4
3. MATERYAL VE METOT ..... 8
3.1. Materyal ..... 8
3.1.1. Deneme arazilerinin toprak tekstürü ve ortalama kaymak tabakası kalınlığı ..... 12
3.1.2. Tohum ..... 13
3.1.3. El penetrometresi ..... 14
3.1.4. Pnömatik hassas ekim makinası ..... 15
3.1.5. Kaymak kırma makinaları ..... 15
3.1.5.1. Dişli tip kaymak kırma makinası ..... 16
3.1.5.2. Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinası ..... 18
3.1.5.3. Kızaklı tip kaymak kırma makinası ..... 20
3.2. Metot ..... 23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 25
4.1. Kaymak Kırma Uygulamalarının Toprak Penetrasyon Direncine Etkisi ..... 25
4.2. Kaymak Kırma Uygulamalarının Ortalama Çıkış Süresine Etkisi ..... 27
4.3. Kaymak Kırma Uygulamalarının Çıkış Oranı İndeksine Etkisi ..... 28
4.4. Kaymak Kırma Uygulamalarının Tarla Filiz Çıkış Oranına Etkisi ..... 30
5. SONUÇLAR ..... 33
6. KAYNAKLAR ..... 34
7. EKLER .....

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

$D_g$ : Geometrik ortalama çap

$D_{1...n}$ : Ekimden sonra kümülatif gün sayısı

L : Uzunluk

$N_{1...n}$ : Her sayımda çıkan yeni filiz sayısı

$N_x$ : Belirli sıra uzunluğundaki bitkilerin toplam sayısı

$N_o$ : Sıra üzeri uzaklığın yarısından daha küçük aralıkların toplam sayısı

$N_i$ : Teorik toplam bitki aralıklarının sayısı

T : Kalınlık

W : Genişlik

Φ : Küresellik

### Kısaltmalar

ÇOİ : Çıkış oranı indeksi

OÇS : Ortalama çıkış süresi

TFÇO : Tarla filiz çıkış oranı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 3.1.** Deneme arazilerinin konumları ve birbirine olan uzaklıkları… ..... 8

**Şekil 3.2.** Araştırma ve Uygulama Arazisi günlere göre minimum/maksimum hava sıcaklığı değerleri (°C) ..... 9

**Şekil 3.3.** Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi en düşük toprak üstü sıcaklığı değerleri (°C) ..... 9

**Şekil 3.4.** Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi minimum/maksimum hava nemi değerleri (%) ..... 10

**Şekil 3.5.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi minimum/maksimum hava sıcaklığı değerleri (°C) ..... 10

**Şekil 3.6.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi en düşük toprak üstü sıcaklığı değerleri (°C) ..... 11

**Şekil 3.7.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi minimum/maksimum hava nemi değerleri (%) ..... 11

**Şekil 3.8.** Kaymak tabakası ölçümleri ..... 13

**Şekil 3.9.** El penetrometresi ..... 14

**Şekil 3.10.** Pnömatik hassas ekim makinası ..... 15

**Şekil 3.11.** Dişli tip kaymak kırma makinası ..... 17

**Şekil 3.12.** Dişli tip kaymak kırma makinasının üç görünüşü ..... 17

**Şekil 3.13.** Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinası ..... 19

**Şekil 3.14.** Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinasının üç görünüşü. ..... 20

**Şekil 3.15.** Kızaklı tip kaymak kırma makinası ..... 22

**Şekil 3.16.** Kızaklı tip kaymak kırma makinasının üç görünüşü ..... 22

**Şekil 4.1.** Kaymak kırma uygulamaları öncesi ve sonrası ölçülen penetrasyon direnci değerleri ..... 26

**Şekil 4.2.** Ortalama çıkış süreleri ..... 27

**Şekil 4.3.** Çıkış oranı indeksleri ..... 29

**Şekil 4.4.** Tarla filiz çıkış oranları ..... 30

**Şekil 4.5.** Kontrol parsellerinde oluşan sarı kıvrımlar ..... 31

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge 3.1.** Deneme alanı toprak tekstürü ..... 12

**Çizelge 3.2.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi ile Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi kaymak tabakası kalınlığı ölçümleri. ..... 12

**Çizelge 3.3.** Pamuk tohumu fiziksel özellikleri ..... 14

**Çizelge 3.4.** Araştırma kapsamında kullanılan kaymak kırma makinalarının genel ölçüleri ..... 15

# 1.GİRİŞ

Başarılı bir bitkisel üretim için ilk adım, tohumların çimlenmesi ve filizlerin toprak yüzeyine çıkması için uygun koşulların oluşturulmasıdır. Bu süreçte, toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakasının etkisi önemli bir faktördür. Kaymak tabakası veya toprak kabuğu, çeşitli sebeplerle toprak yüzeyindeki tanelerin yeniden istiflenmesi sonucunda oluşan sert bir katmandır. Bu katman, altındaki toprağa göre daha yoğundur (Şeker ve Karakaplan 1999).

Ekim işleminden sonra bir kez kaymak tabakası oluşmuş ise bu tabakanın çeşitli tarım makinaları kullanılarak uygun bir şekilde kırılması gerekir. Mekanik mücadele olarak adlandırılan bu yöntem kaymak tabakası ile en etkin mücadele yöntemidir. Uygulamada kaymak kırma işlemi için hangi ekipmanların kullanılması gerektiği ve mevcut kullanılan ekipmanların kaymak kırma etkinlikleri ile toprak altındaki bitki (tohum) sürgününün gelişimine etkileri belirsizdir.

Uygulamadaki eksikliğin giderilmesine katkı sağlamak için bu çalışmada pamuk ekimi sonrası kaymak tabakasının oluşumu sağlanmış olup 3 farklı tip kaymak kırma makinası (yıldız dişli tip, yatay parmaklı merdane ve kızak tip) kullanılarak kaymak kırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir uygulamanın kaymak kırma etkinlikleri ile fide çıkışına etkileri tespit edilmiştir.

Toprak yüzeyi, güneş ve yağmurun her çeşit etkisine doğrudan açık durumdadır. Bu nedenle, yüzeydeki toprak parçacıkları daha fazla parçalanır, toprak daha hızlı kurur ve su buharlaşırken yüzeyde sertleşmeye neden olan bileşikler birikir. Bu durum, toprağın üstündeki birkaç milimetrelik kesimin, altındaki toprak kütlesinden önemli ölçüde farklılık gösterebileceği anlamına gelir ve yüzey katmanı genellikle altındaki toprağın hacim ağırlığından ve sertliğinden daha yüksek olabilir. Bu sayede yağmur damlalarının toprak yüzeyine darbe yapması ve güneşin kurutma etkisi gibi doğal süreçler sonucunda yüzeyde oluşan bu tabaka, kaymak tabakası olarak adlandırılır.

Dinamik ve karışık yapıdaki bu oluşum, sıkıca paketlenmiş bitişik toprak taneciklerinden oluşur. Bu durum tohumun çimlenmesini ve kök gelişimini engeller. Ayrıca, kaymak tabakası toprağın geçirgenlik kapasitesini azaltır, yüzeydeki akışı artırır ve su erozyonunu teşvik eder. Bu nedenle kaymak tabakası oluşumu toprak verimliliğini ve su yönetimini de olumsuz etkileyebilir.

Kaymak tabakası oluşumu her çeşit toprakta görülebilir ancak tohum çıkışı açısından en zararlı olan kaymak tabakası, ekim yapıldıktan hemen sonraki süreçte yağışlardan sonra toprak yüzeyinin çok hızlı kuruduğu bölgelerde ve silt ve kum içeriği yüksek olan topraklarda oluştuğu görülmektedir (Öztürk ve Özdemir 2006). Genellikle düşük silt oranına sahip ince kum içeren topraklar ile kaba kumlu topraklar dışında, neredeyse her türden toprakta kaymak tabakası oluşabilir. Diğer yandan ince kum ve silt içeriği bulunan toprakların ise yüksek derecede kaymak tabakası oluşturma eğiliminde olduğu söylenebilir. (Bal vd. 2011).

Ülkemizde kaymak tabakası sorunu sebebiyle; tarımsal üretimde önemli düzeyde kayıplar yaşanmakta ve dolayısıyla maliyet artışları söz konusu olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, kaymak tabakası ile ilgili mekanik mücadele boyutunda ülkemizde kullanılan ekipmanlara yeni alternatifler sunmak, ürün kaybını minimize ederek kaymak tabakasını gidermeye çalışmak, böylece tarımsal üretimde kaymak tabakası nedeniyle oluşacak kayıpları en aza indirmek hedeflenmiştir.

Önal (1995) tarafından, tohum toprağa yerleştirildikten sonra gerçekleşen çimlenme işlemi şu şekilde tanımlanmaktadır: "Tohumun su alarak şişmesi sonucunda önce kök büyüme noktası faaliyete geçer. Kökçük kını uzayıp tohum kabuğunu delerek dışarı çıkar. Daha sonra kökçük kınından ilk kök oluşarak embriyo ile dış ortamın ilk teması sağlanmış olur. İlk kökçük toprakta aşağılara doğru ilerlerken lateral kökler ve saçak kökler belirir. Daha sonra hipokotil (toprak altı sürgünü) hızla uzayarak kotilodon yaprakçıklarını toprak yüzeyine doğru iter". Bitkinin toprak altı sürgününün toprak yüzeyine çıkıp çıkmamasına ekimden sonraki yağmurun oluşturduğu kaymak tabakası direncinin büyük etkisi vardır. Aynı zamanda bitki kökü de kaymak tabakasından etkilenmektedir.

Öztürk ve Özdemir (2006) tarafından, kaymak tabakası yağmur damlalarının toprak yüzeyine yaptığı darbeler ve akabinde güneşin neden olduğu kurutma etkisi gibi doğal süreçlerin sonucunda yüzeyde oluşan sert tabaka olarak tanımlanmıştır. Yapısal kaymak tabaka, depo kaymak tabaka, örtü kaymak tabaka ve mikrobiyolojik kaymak tabaka olmak üzere 4 çeşidi bulunmaktadır.

Kaymak tabakası oluşmasında iki temel faktör etkilidir. Bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

**- İklim koşulları;**

Toprak agregatlarının parçalanması, toprak yüzeyinin sıkışması ve kuruyup sertleşmesi gibi durumlar, yağmur damlalarının kinetik enerjisi ve güneşin radyasyon enerjisi tarafından tetiklenen etkenlerdir. Yağmur damlalarının kinetik enerjisi, toprak agregatlarının dağılmasına, toprak yüzeyinin balçıklaşmasına ve sıkışmasına neden olan etkenlerin en önemlisidir.

**- Toprak özellikleri;**

Toprakta kaymak tabakası oluşumu ve sertliği, iklimsel özelliklerin yanı sıra toprak bileşimi üzerindeki etkilere bağlıdır. Toprağın kil, silt, ince kum, organik madde, kireç, değişebilir sodyum, magnezyum, kalsiyum içeriği, kil tipi ve elektriksel iletkenlik (EC) gibi faktörler, kaymak tabakasının oluşumu ve sertliği üzerinde önemli rol oynar (Öztürk ve Özdemir 2006).

Önal (1995) ve Öztürk ve Özdemir (2006)'e göre bitkinin toprak altı sürgününün (hipokotil) toprak yüzeyine çıkıp çıkmamasına ekimden sonraki yağmurun oluşturduğu kaymak tabakası direncinin büyük etkisi vardır. Aynı zamanda bitki kökü de kaymak tabakasından etkilenmektedir. Bu nedenle kaymak tabakası oluşumunu nispeten engelleyecek veya kaymak tabakası oluşmuşsa, bu tabakanın olumsuz etkilerini giderecek önlemler alınmalıdır.

Kaymak tabakası sorunun çözümüne katkıda bulunabilecek önlemler;

- Kaymak tabakası oluşumunu ve olumsuz etkilerini en aza indiren tohum yatağı profillerinin oluşturulması,
- Toprağın organik madde yönetimi (gübreleme vs.),
- Toprak yüzey örtülerinin kullanılması,
- Sulama yönetiminin geliştirilmesidir,
- Tohumun ekim derinliğinden bastırılması ve üzerinin kabarık toprakla kapatılması,
- Tohum yatağının üst düzeyinde granül iriliği fazla olan toprak bulundurulması,
- Yüzeyde kaymak tabakasının oluşmasına engel olabilecek kimyasal bileşiklerin kullanılması,
- Mümkün olduğunca sığ ekim yapılmalıdır.

Bir tarlada kaymak tabakası oluşmuşsa bu tabakanın etkisini giderecek yöntemlerden en önemlisi, çeşitli toprak işleme makinaları ile bu tabakanın kırılmasıdır (mekanik mücadele). Bu amaçla bu tez çalışmasında, ülkemizde ve yurt dışında kaymak kırma için kullanılabilecek makinalar belirlenerek prototipleri üretilmiş ve bu makinaların kaymak kırma işlemindeki etkinlikleri ölçülmüştür.

## 2.KAYNAK TARAMASI

Yapılan literatür araştırmasında, toprak kaymak tabakasıyla mekanik mücadele ile ilgili oldukça sınırlı sayıda bilimsel çalışma yapıldığı görülmüştür.

Hussain vd (1985) tarafından yapılan bir çalışmada, İrlanda ve Irak topraklarındaki kaymak tabakası gelişiminin arpada fide çıkışı üzerine etkisini laboratuvar ortamında incelemiştir. Fidelerin tamamının kaymak tabakasını kırıp yüzeye çıkamadığı durumdaki penetrasyon direncinin yaklaşık 300 kPa olduğunu ifade etmiştir. Fidelerin tamamının çıkış gösterdiği durumda ise penetrasyon direncinin yaklaşık 70-100 kPa arasında gerçekleştiği bildirilmiştir.

Yumak (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, şeker pancarı tarımında oluşan toprak kaymak tabakasını kırmak için dişli tırmık kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; dişli tırmık ile kaymak tabakasının tohuma zarar vermeden kırılması için yüzeysel toprak işleme yapılmalı, tarla tesviyesi iyi durumda olmalı ve tırmık dişlerinin açtığı çiziler arasındaki mesafe en fazla 5.5 cm olmalıdır. Ayrıca uygulamanın başarısının önemli ölçüde traktör operatörünün becerisine bağlı olduğu, aksi takdirde ekilen tohumlara zarar verme olasılığının çok yüksek olduğu bildirilmiştir.

Le Bissonnais vd. (1995)'e göre toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakası toprağın infiltrasyon oranını azaltır ve yüzey akışının artmasını sağlayarak erozyona neden olabilir. Yüzey üzerinde toprak kabuğu oluşumuna yol açan temel nedenin yüzeydeki agregatların parçalanması olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca yüzeydeki akış vasıtasıyla kolayca taşınabilen küçük parçacıkların meydana geldiği ve denemeye alınan on toprak materyalinin sekizinin çok düşük agregat stabilitesine sahip olduğu bildirilmiştir. Özellikle Kuzeybatı Avrupa'nın ekili alanları bu olumsuzluğa yatkın olduğu ifade edilmiştir.

Şeker (1995), Konya Ovası'nda kaymak tabakası problemi olan bölgelerden alınan toprak örneklerinin özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Bu çalışmada, kaymak bağlama eğilimi en yüksek olan toprakların bu özelliklerini düzeltmek amacıyla on farklı iyileştirme maddesi denemiş ve etkili olan beş iyileştirme maddesiyle 100 günlük inkübasyon deneyi yapılmıştır. Yapılan çalışmada, kırılma değerini en çok düşüren ve agregat stabilitesini en çok artıran iki iyileştirme maddesinin çimento ve buğday samanı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çimento ile buğday samanı arasında çimentonun buğday samanına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. İyileştirme maddelerinin etkisi, 30°C sıcaklıkta en fazla agregasyon artışı sağladığı şeklinde belirtilmiştir. Kaymak tabakası problemi olan toprakların iyileştirilmesi için çimento ve buğday samanının etkili olduğunu ve bu maddelerin agregat stabilitesini artırarak kırılma değerini azalttığını ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışma sonuçları, iyileştirme maddesinin sıcaklık etkisi altında agregasyon artışını en üst düzeye çıkardığını göstermektedir.

Şeker ve Karakaplan (1999) tarafından yapılan bir araştırmada, Konya-Çumra-Karapınar bölgesinde kaymak tabakası sorununun yaşandığı arazilerden alınan 16 toprak örneği üzerinde toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. İncelenen toprak örnekleri 0-15 cm derinlikten alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, toprak örneklerinin silt yüzdesi, dispersiyon oranı, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireç, suda çözünebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum, sülfat ve klor içerikleri ile kırılma

değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Bu özellikler arttıkça kırılma değerleri de artmaktadır. Öte yandan, kum yüzdesi, agregat stabilitesi, değişebilir kalsiyum, potasyum ve suda çözünebilir bikarbonat içerikleri ile kırılma değerleri arasında önemli negatif ilişkiler bulunmuştur. Bu özellikler arttıkça kırılma değerleri azalmaktadır. Diğer yandan, tane yoğunluğu, tarla kapasitesi, solma noktası, kil yüzdesi, pH, katyon değişim kapasitesi, değişebilir magnezyum ve sodyum içerikleri, değişebilir sodyum yüzdesi ve suda çözünebilir potasyum içeriği ile kırılma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Bu özelliklerin kırılma değerleri üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır.

Uson ve Poch (2000), üzüm bağı topraklarında farklı toprak işleme uygulamaları altında oluşan toprak kaymak tabakasının kalınlığı ve gözenekliliğini belirlemiştir. İspanya'nın Katalonya bölgesinde yapılan 2 yıllık (1994 ± 1996) denemeler ile toprak işleme yöntemlerinin kaymak tabakası morfolojisi ve oluşumu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla mikromorfolojik gözlemler yapılmış, görüntü analizi ile gözenek karakterizasyonu incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, azaltılmış toprak işleme yöntemi, geleneksel toprak işleme yöntemine göre, gözenekli tabakalardan oluşan daha kalın ve daha karmaşık kaymak tabakasına neden olmuştur.

Baumhardt vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada toprak yüzey geometrisinin kaymak tabakası oluşumuna ve fide çıkışına olan etkisi incelenmiştir. Yağmurdan 1 gün ve 10 gün sonra yapılan ölçümlerde toprak penetrasyon direncinin düz arazilerde yağmurdan 1 gün sonra 0.20 MPa iken 10 gün sonra 0.60 MPa'a yükseldiği, sırt yapılan arazilerde ise 0.37 MPa'dan 0.52 MPa'a yükseldiği bildirilmiştir.

Gicheru vd. (2004), farklı uygulamalarının (sadece geleneksel toprak işleme, sadece azaltılmış toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ile malçlama, azaltılmış toprak işleme ile çiftlik gübresi uygulaması) kaymak tabakası mukavemeti ve kalınlığı ile bitki çıkışı üzerindeki etkisini Doğu Kenya'nın yarı kurak tarlalarında incelemişlerdir. Araştırma sonunda, azaltılmış toprak işleme ile birlikte çiftlik gübresi uygulaması veya malçlamanın, kaymak tabakası oluşumu ve tarla filiz çıkışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Bu uygulama ile topraktaki infiltrasyon ve drenajın arttığı, kaymak tabakası oluşumunun ise azaldığı belirlenmiştir.

Yönter (2006) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, 30x45x15 cm boyutundaki erozyon parsellerine yerleştirilen toprak örneklerine farklı hızlarda yapay yağış uygulanmıştır (50, 75, 100 ve 125 mm/h). Ardından bu parseller 24 saat boyunca 4x250 W infrared lamba ile bekletilerek kaymak tabakasının direnci ölçülmüştür. Aynı yoğunluktaki yağışlar daha sonra tekrar erozyon parsellerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kaymak tabakası yüzey akışını artırmış ve yüzey akışları da toprak kayıplarını artırmıştır. Bu bulgular, kaymak tabakasının toprak erozyonunu tetikleyen bir faktör olduğunu göstermektedir. Yüzey akışının artması, toprak kaybını artırarak tarım verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, kaymak tabakasının oluşumu ve etkileri, erozyon kontrolü ve toprak yönetimi stratejileri açısından önemli bir faktördür.

Pagliai (2010) tarafından yapılan çalışmada, toprak kaymak tabakasının yağmur damlaları etkisi ve onu takiben güneşin neden olduğu kurutma gibi olaylar sonucunda oluştuğu ve özellikle kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde daha yaygın olduğu ifade edilmiştir. Toprak yüzeyinde oluşan bu tabakanın kalınlıklarının 1 mm ila 5 cm

aralığında değişkenlik gösterdiği, kompakt, sert ve kırılgan bir yapıya sahip olduğu ve aynı zamanda topraktaki gözeneklerin boyutunu, sayısını ve yapısını değiştirdiği bildirilmiştir.

Yönter ve Uysal (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kumlu killi tın ve kumlu tın bünyesinde iki farklı toprak örneği üzerinde farklı yoğunluklarda poliakrilamid (PAM) ve polivinilalkol (PVA) polimerleri püskürtülmüştür. Daha sonrasında erozyon parsellerine yapay yağış uygulanmış ve bu polimerlerin yüzey akışı, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, her iki toprak örneğinde de PAM ve PVA uygulamalarının yüzey akışını ve kaymak tabakası direncini azalttığı tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler sonucunda özellikle kumlu tın toprak örneğinde PAM ve PVA uygulamalarının yüzey akışı ve kaymak tabakası direncini önemli ölçüde azalttığı ifade edilmiştir.

Bal vd. (2011), Konya-Sarıcalar deneme istasyonu topraklarında kaymak tabakası problemi ve çözüm önerileri üzerine yaptıkları bir çalışmada deneme arazilerinde farklı bölgelerde ve derinliklerde 3 profil açılmıştır. Bu profillerden toplanan 15 toprak örneğine çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler uygulanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kaymak tabakasının oluşumunu önlemek için agregat stabilitesini artırmaya yönelik tedbirlerin alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu tedbirlerin başında organik madde ilavesinin söz konusu topraklara yapılması önerilmektedir. Organik maddenin toprağın yapısını iyileştirerek agregat stabilitesini arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca mekaniksel bozulmayı azaltmak için toprak işleme ve tarla trafiğinin azaltılmasının önemli olduğu ifade edilmiştir. Yoğun trafiğin toprak yapısını olumsuz etkileyerek kaymak tabakasının oluşumuna katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca sulama yöntemlerinin de toprağın bozulmasını önlemek açısından önem arz ettiği sonucuna varılmış ve özellikle bitki örtüsü olmadığı dönemlerde, yağmurlama sulamadan kaçınılmalı veya toprağı bozmayacak alternatif sulama sistemleri tercih edilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Kaymak tabakası problemiyle mücadele için agregat stabilitesini arttırmak, organik madde ilavesine ve toprak işleme yöntemlerine odaklanmak dikkat edilmesi gereken hususlar olarak belirtilmiştir. Ayrıca uygun sulama yöntemlerinin seçilmesinin de önemli olduğu vurgulanmaktadır.

Simansky vd. (2014), Slovakya'da yaptığı bir araştırma ile çiftlik gübresi uygulamasının kaymak tabakası kalınlığını ve kaymak tabakası indeksini azalttığını saptamıştır. Çiftlik gübresi uygulanmadan yapılan toprak işlemelerde kaymak tabakası kalınlığı, çiftlik gübresi eklenmiş işlemdekinden 0.56 cm daha fazla olduğu ve bahsedilen farkın istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir.

Nciizah ve Wakindiki (2014), yağış yoğunluğunun kaymak tabakası oluşumuna, kaymak tabakasının da fide çıkışına etkilerini belirlemiştir. Denemeler kontrollü koşullarda yapılmış ve bir tarladan yüzeydeki 200 mm'den toprak örnekleri toplanmış, hava ile kurutulmuş ve delikli plastik kaplara homojen bir şekilde yerleştirmiştir. Daha sonra bu kaplara mısır tohumları ekilmiş ve 5 dakika süreyle 3 yoğunlukta yani 30, 45 ve 60 mm/h'de simüle edilmiş yağışa tabi tutulmuştur. Yağış yoğunluğunun, kaymak tabakası mukavemetini ve tohumların ortalama çıkış süresini önemli ölçüde etkilediği, ancak fide çıkış oranını ve sürgün uzunluğunu etkilemediği saptanmıştır. 60 mm/h yağış yoğunluğu, en yüksek kaymak tabakası mukavemeti ve en yüksek ortalama çıkış süresine neden olmuştur.

Fidelerin çoğu toprak yüzeyindeki çatlaklardan yüzeye çıkmış bu da yağış yoğunluğunun fidelerin çıkış oranına önemli bir etkisi olmamasına neden olmuştur. Araştırma sonunda yağış yoğunluğundaki herhangi bir artışın, deneme yapılan topraklardaki kaymak tabakasının kalınlığını artıracağı sonucuna varılmış, bununla birlikte, aşırı çatlamaya sahip toprakların, kabuğun gücüne rağmen filiz çıkış oranını etkilemediği bildirilmiştir.

Anzooman vd. (2017), Avustralya'nın yarı kurak bölgelerinde yaptıkları bir araştırma ile tohumların filiz çıkışının toprak kabuğundan (kaymak tabakası) ciddi şekilde etkilendiğini ve bunun da hasatta tahıl veriminde bir azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. 38 buğday çeşidinin filiz çıkışı, yapay olarak oluşturulmuş iki kaymak tabakası varlığında (1-nispeten zayıf kaymak tabakası, 2-nispeten sert kaymak tabakası) araştırılmıştır. Toprağın yüzey kabuğunun mukavemeti, fidelerin yüzeye çıkış oranını ve çıkış hızını önemli ölçüde etkilemiştir. Ortalama fide çıkış süresi zayıf kaymak tabakasında sert kaymak tabakasında olduğundan daha düşüktür. Yüzey toprağındaki yüksek ESP (değişebilir sodyum yüzdesi), yağışlara bağlı olarak yüzeyde kaymak tabakası oluşumuna neden olan toprak yapısının başlıca nedenidir. Diğer bir önemli faktörün ise yüksek pH olduğu tespit edilmiştir.

Rosa vd. (2017)'e göre toprakta kaymak tabakası oluşumunun nedeni yağışlar yanında toprak özellikleri ve toprak işleme yöntemidir. Geleneksel toprak işleme ile oluşturulan tohum yatağında 27 mm yağışın kaymak tabakası oluşumu için yeterli olduğu, daha yüksek yağmur miktarının (80 mm) ise yüzey yapısının bozulmasına ve kaymak tabakası kalınlığının artmasına neden olduğu saptanmıştır. Kaymak tabakası öncelikle yağmur damlalarının doğrudan etkisiyle toprak parçacıklarının ayrılmasıyla oluşmaktadır. Azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemesiz tarımda, yüzey koşullarındaki değişiklikler nedeniyle geleneksel toprak işlemede gözlemlenenden kaymak tabakası oluşmamıştır. Yağış etkisinin neden olduğu en büyük gözenek değişiklikleri geleneksel toprak işleme sisteminde meydana gelmiştir. Diğer taraftan, toprak işlemesiz tarım sisteminde yüzeydeki yuvarlak gözeneklerin yapının bozulmadığı ve varlığını devam ettirdiği saptanmıştır.

Bakhtiyar (2019) yaptığı teorik çalışma ile toprak işlemede kullanılan disklerin kaymak tabakasını kırma etkinliğini incelemiştir. Araştırmacı disk çapı, diskler arası açıklık, ilerleme hızı ve düşey yük gibi çeşitli faktörlerin kaymak kırma etkinliği ve bitkilerde oluşan zarar oranına etkisini matematiksel eşitliklerle açıklamaya çalışmıştır. Matematiksel modelleme çalışması sonunda 240-250 mm disk çapı, 50 mm diskler arası açıklık, 225-250 N düşey yük ve 5.2-7.6 km/h ilerleme hızının en iyi kaymak kırma etkinliği sağladığı ve bitkide en düşük zedelenmeye neden olduğunu saptamıştır.

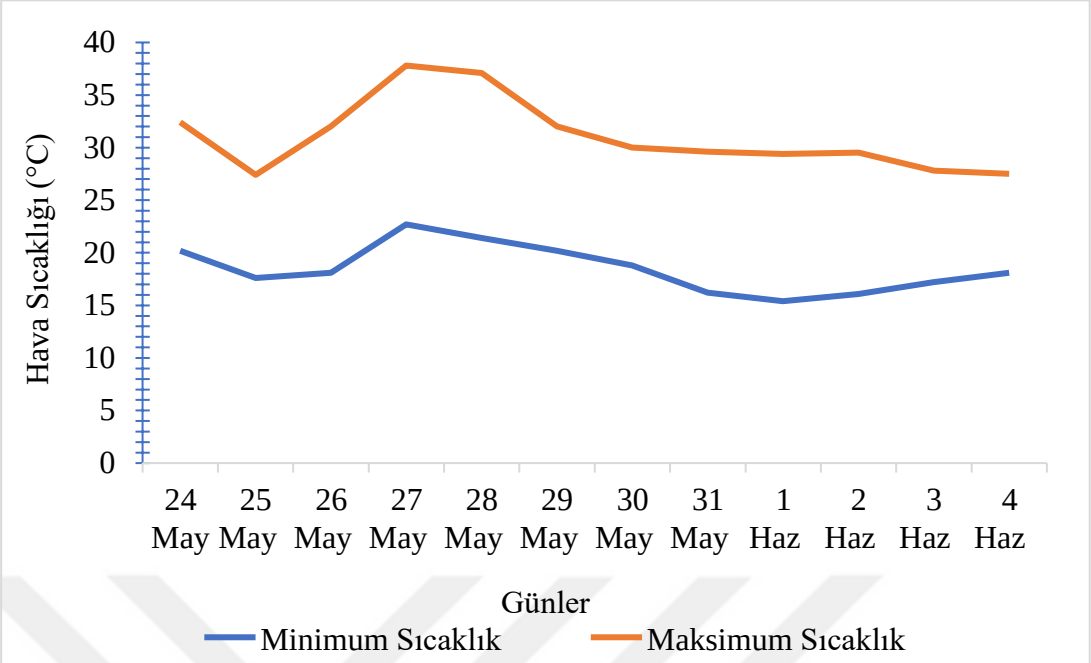
# 3.MATERYAL ve METOT

## 3.1. Materyal

Farklı kaymak kırma makinalarının kaymak kırma etkinliğini belirlemek için yapılan bu araştırmada üç farklı model kaymak kırma makinası üretilerek test edilmiştir. Denemeler, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aksu ve Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazilerinde yürütülmüştür.

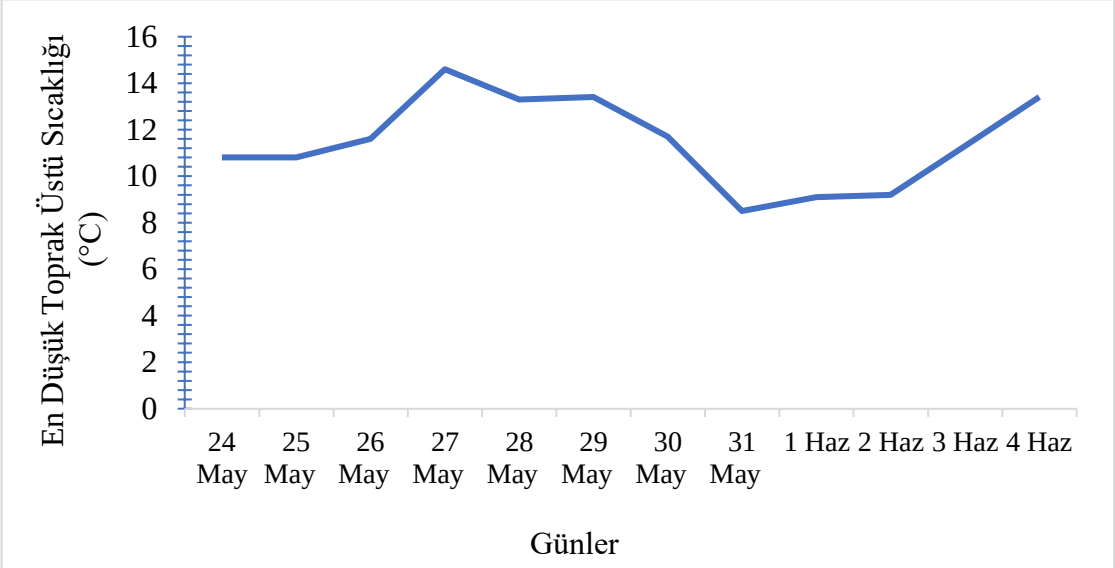
**Şekil 3.1.** Deneme arazilerinin konumları ve birbirine olan uzaklıkları

Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisinde pamuk ekim işlemi 24 Mayıs 2022 tarihinde gerçekleştirilmiş, daha sonra sulama işlemi yapılmış ve 28 Mayıs 2022 tarihinde kaymak kırma işlemi yapılmıştır. Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisinde ise ekim işlemi 2 Haziran 2022 tarihinde yapıldıktan 1 gün sonra sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. 8 Haziran 2022'de ise kaymak kırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Denemelerin yapıldığı tarihlerdeki hava sıcaklığı, hava nemi ve toprak sıcaklığı değerleri Şekil 3.2-3.7'de sunulmuştur.



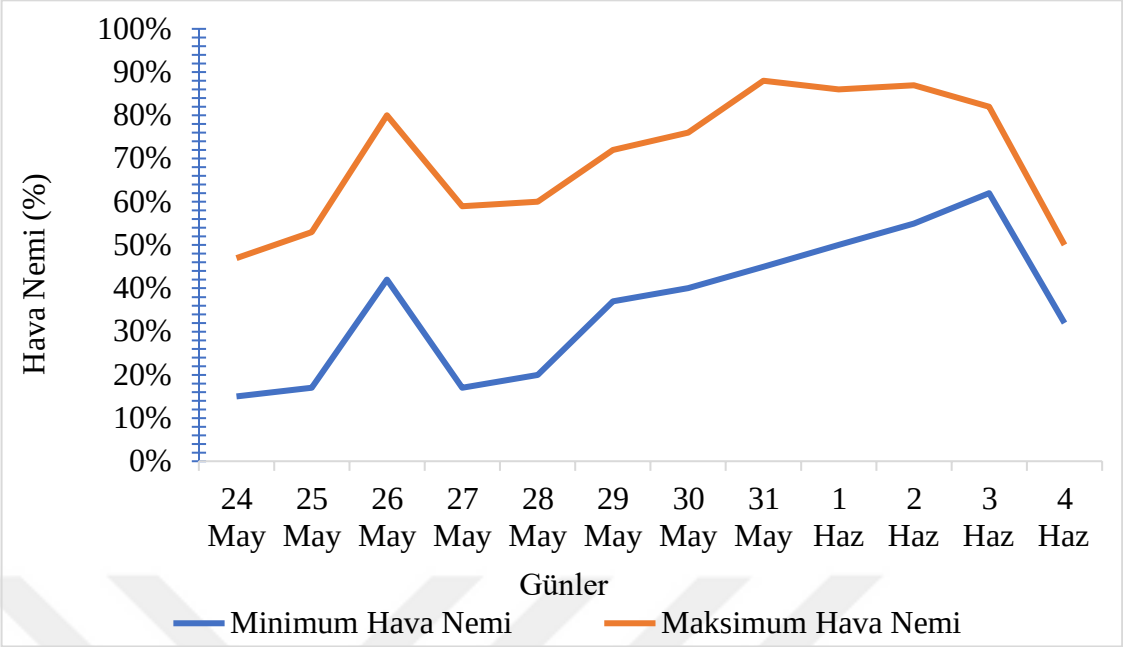

**Şekil 3.2.** Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi günlere göre minimum/maksimum hava sıcaklığı değerleri (°C)

En yüksek hava sıcaklığı 37.8 ºC ile 27 Mayıs 2022'de, en düşük hava sıcaklığı ise 15.4 ºC ile 1 Haziran 2022'de gözlemlenmiştir (Şekil 3.2).



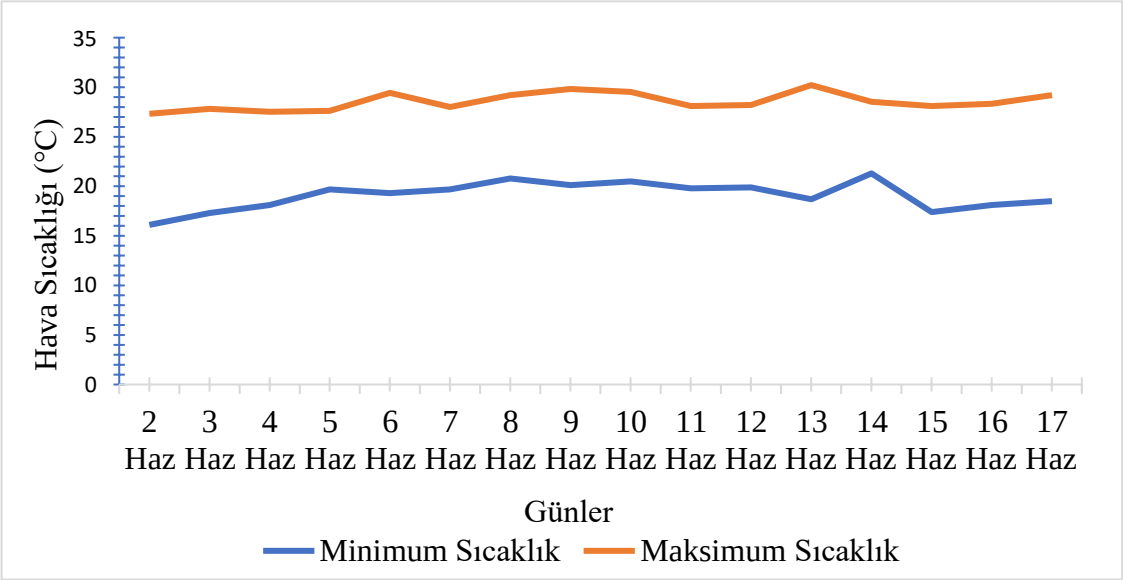

**Şekil 3.3.** Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi en düşük toprak üstü sıcaklığı değerleri (°C)

En düşük toprak sıcaklığı 31 Mayıs 2022'de 8.5 ºC, en yüksek toprak üstü sıcaklığı ise 27 Mayıs 2022'de 14.6 ºC olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.3).




**Şekil 3.4.** Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi minimum/maksimum hava nemi değerleri (%)

En düşük hava nemi 24 Mayıs 2022'de %15, en yüksek hava nem oranı ise %88 ile 31 Mayıs 2022 günü gözlemlenmiştir (Şekil 3.4).

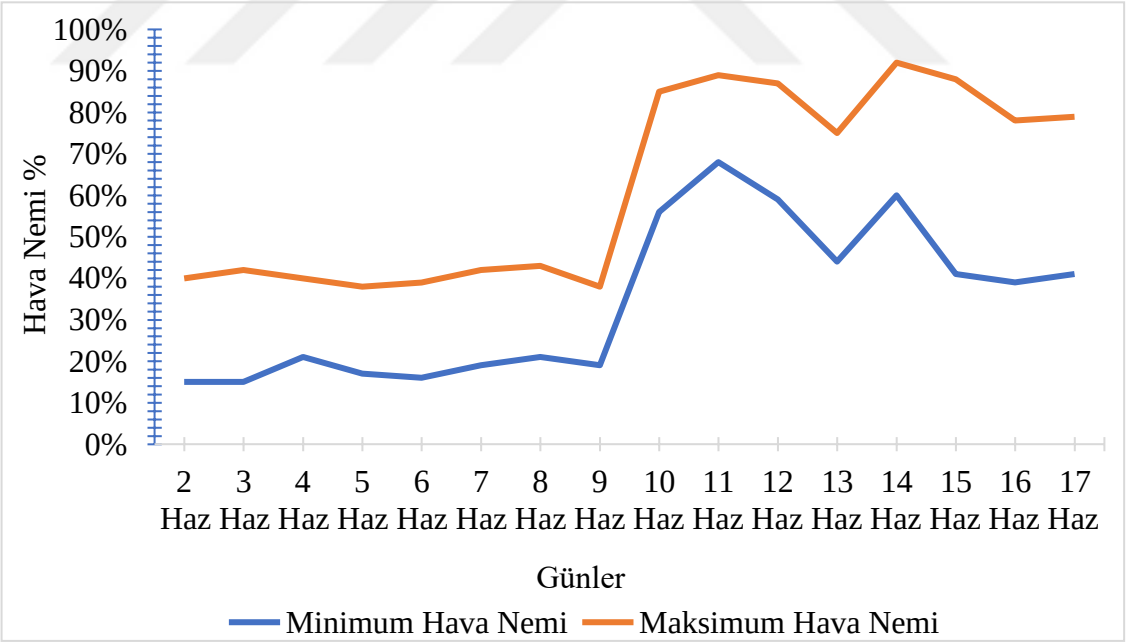



**Şekil 3.5.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi günlere göre minimum/maksimum hava sıcaklığı değerleri (°C)

Minimum hava sıcaklığı 16.1 ºC ile 2 Haziran 2022'de görülürken, maksimum hava sıcaklığı 30.2 ºC ile 13 Haziran 2022'de gözlemlenmiştir (Şekil 3.5).

**Şekil 3.6.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi en düşük toprak üstü sıcaklığı değerleri (°C)

En düşük toprak üstü sıcaklığı 9.7 ºC ile 2 Haziran 2022'de görülürken, en yüksek toprak üstü sıcaklığı ise 17.4 ºC ile 14 Haziran 2022'de gözlemlenmiştir (Şekil 3.6).




**Şekil 3.7.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi minimum/maksimum hava nemi değerleri (%)

Minimum hava nemi 2 ve 3 Haziran 2022 tarihlerinde %15 ile görülürken, maksimum hava nemi ise %92 ile 14 Haziran 2022 tarihinde gözlemlenmiştir (Şekil 3.7).

### 3.1.1. Deneme arazilerinin toprak tekstürü ve ortalama kaymak tabakası kalınlığı

Denemelerin gerçekleştirildiği Aksu ve Kampüs arazilerinin toprak tekstür dağılımı Çizelge 3.1'de, kaymak kırma işlemleri öncesi Şekil 3.8'de görüldüğü gibi ölçülen kaymak tabakası kalınlıkları Çizelge 3.2'de sunulmuştur. Kaymak tabakası kalınlığı 10 tekerrürlü olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 3.1.** Deneme alanı toprak tekstürü

| Toprak Tekstürü | Seri Adı | Kum | Silt | Kil |
|---|---|---|---|---|
| Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi | Siltli-Kil | %2 | %56 | %42 |
| Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi | Killi-Tın | %41 | %26 | %33 |

**Çizelge 3.2.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi ile Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi kaymak tabakası kalınlığı ölçümleri

| Araştırma ve Uygulama Arazisi | Ortalama Kaymak Tabakası Kalınlığı (mm) |
|---|---|
| Aksu | 23.4 |
| Kampüs | 6.7 |

**Şekil 3.8.** Kaymak tabakası kalınlığı ölçümleri

### 3.1.2. Tohum

Denemelerde kaymak tabakasından en fazla etkilenen bitkilerden birisi olduğu bilinen lazer çeşidi pamuk (*Gossypium hirsutum L.*) tohumları kullanılmıştır. Kullanılan tohumlara ait bazı fiziksel özellikler Çizelge 3.3'de sunulmuştur.

Bu fiziksel özelliklerden geometrik ortalama çap Eşitlik 3.1, küresellik oranı ise Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır (Bayram vd. 2016).

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (3.1)$$

$$\Phi = [\frac{D_g}{L}]\, x\, 100 \quad (3.2)$$

Burada; $D_g$, geometrik ortalama çap (mm), L, uzunluk (mm), W, genişlik (mm), T, kalınlık (mm), Φ, küresellik (%).

**Çizelge 3.3.** Pamuk tohumu fiziksel özellikleri

| Fiziksel özellikler | Birim | Minimum değer | Maksimum değer | Ortalama | Standart sapma |
|---|---|---|---|---|---|
| Uzunluk | mm | 8.21 | 10.11 | 9.11 | 0.43 |
| Genişlik | mm | 3.84 | 5.23 | 4.50 | 0.36 |
| Kalınlık | mm | 3.30 | 4.55 | 4.01 | 0.27 |
| Geometrik ortalama çap | mm | 5.00 | 5.93 | 5.47 | 0.24 |
| Küresellik | % | 54.95 | 64.51 | 60.10 | 2.70 |
| Bin dane ağırlığı | g/1000 dane | - | - | 82.30 | - |
| Laboratuvar çimlenme oranı | % | - | - | 94.5 | - |

### 3.1.3. El penetrometresi

Toprak kaymak tabakası kalınlığı ölçümünde Şekil 3.9'da görülen el penetrometresi kullanılmıştır. Cihazın yüzeyle temas eden uç alanı alanı 100 $mm^2$ olarak imal edilmiştir.

**Şekil 3.9.** El penetrometresi

Her bir makinanın kaymak kırma etkinliğinin belirlenmesi için kaymak kırma işlemi öncesi ve sonrası toprak penetrasyon direnci ölçümleri 10 tekerrürlü olarak yapılmış olup, penetrasyon direnci ölçümleri için toprak yüzeyinden 5 cm derinliğe kadar hassas ölçüm yapabilen el (yüzey) penetrometresi kullanılmıştır.

### 3.1.4. Pnömatik hassas ekim makinası

Pamuk tohumları ekiminde Şekil 3.10'da görülen iki sıralı pnömatik hassas ekim makinası kullanılmıştır.

**Şekil 3.10.** Pnömatik hassas ekim makinası

### 3.1.5. Kaymak kırma makinaları

Araştırma kapsamında genel ölçüleri Çizelge 3.4'de sunulan üç farklı model kaymak kırma makinası prototipi üretilerek denemeye alınmıştır.

**Çizelge 3.4.** Araştırma kapsamında kullanılan kaymak kırma makinalarının genel ölçüleri

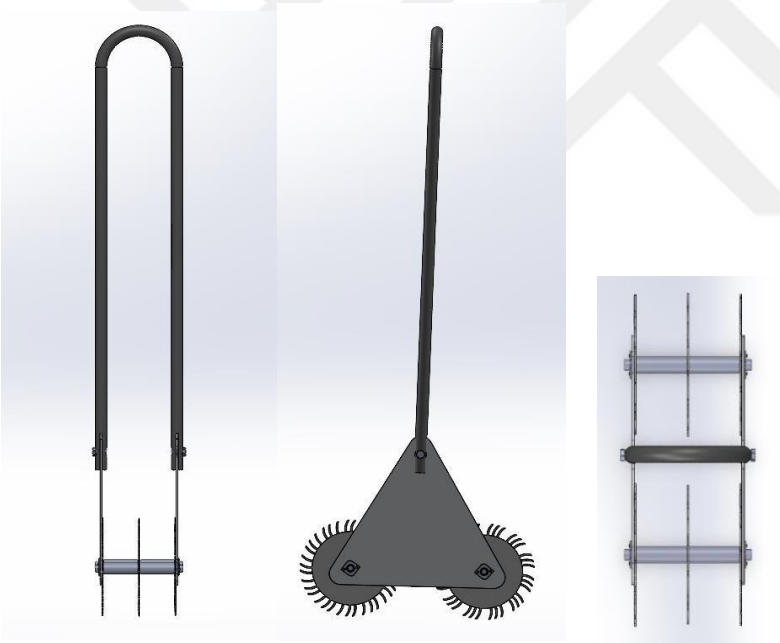
| Genel ölçüler | Dişli tip | Yatay parmaklı merdane tip | Kızaklı tip |
|---|---|---|---|
| Yükseklik (mm) | 1030 | 1140 | 930 |
| Uzunluk (mm) | 450 | 435 | 400 |
| Genişlik (mm) | 270 | 270 | 220 |
| İş genişliği (mm) | 200 | 200 | 200 |
| Ağırlık (kg) | 9.05 | 10.08 | 4.73 |

### 3.1.5.1. Dişli tip kaymak kırma makinası

Temel üretim şekli olarak, ana milin üzerine monte edilmiş yuvarlak diskler ve üzerindeki dişlerden oluşan dişli tip kaymak kırma makinası, toprak üzerinde sürülerek yüzeyde oluşan kaymak tabakanın kırılması sağlanmıştır. Şekil 3.11'de görüldüğü gibi tek sıra üzerinde kullanılması amaçlanarak üretilen bu makinada üçlü bir kombine oluşturularak kaymak tabakanın daha iyi bir şekilde kırılması hedeflenmiştir.

Dişli tip kaymak kırıcı, ana mili üzerine kaynakla monte edilen ve her biri arasında 10 cm mesafe bulunan disklerden oluşmaktadır. Bu disklerin üzerinde bulunan dişlerin her biri 3 cm boyunda ve 0.5 cm kalınlığındadır. Disk çapı 14 cm olarak imal edilmiştir. İki adet ana milden ve 6 adet diskten oluşan bu kaymak kırıcı, ana millerin her iki yanından yatay plakalara rulmanlı yataklar ile monte edilmiştir. Mil üzerindeki her bir diskte 12 adet diş bulunmaktadır. 20 cm iş genişliği olan dişli tip kaymak kırma makinasının üzerinde bulunan plakalara 80 cm'lik bir destek kolu düzeneği oluşturularak kullanım açısından el ile itilerek uygulanması hedeflenmiştir. Ayrıca disklerin hemen üzerine (çalışma prensibini bozmayacak ve disk üzerindeki dişlere temas etmeyecek şekilde) bir hazne monte edilerek çeşitli arazi koşullarında istenilen miktarda ağırlık ile çalışılması açısından farklılık sunmaktadır. Denemelerde herhangi bir ek ağırlığa ihtiyaç duyulmamıştır.

**Şekil 3.11.** Dişli tip kaymak kırma makinası



Ön görünüş Sol yan görünüş Üst görünüş

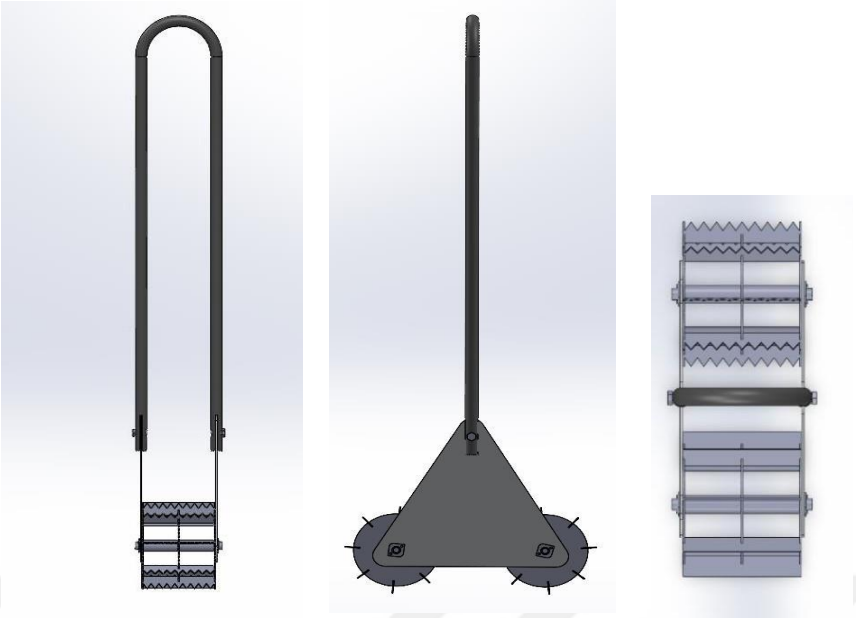
**Şekil 3.12.** Dişli tip kaymak kırma makinasının üç görünüşü

### 3.1.5.2. Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinası

Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinası, diğer kaymak kırma makinalarına alternatif olarak üretilmiştir. İki farklı profile sahip yatay parmaklar birlikte kullanılarak farklılık oluşturulması hedeflenmiştir. (Şekil 3.13).

İki adet ana mil üzerine monte edilmiş toplam 6 adet diskten ve bu diskler üzerine monte edilen yatay plakalardan oluşmaktadır. Disklerin her biri 16 cm çapında üretilmiş olup, ana mil üzerine kaynakla monte edilen yatay plakalar ise 3.5 cm uzunluğunda ve 1 cm kalınlığındadır. Toprağa batan kısımları 2 cm olarak dizayn edilmiştir. 20 cm iş genişliğinde çalışan bu kaymak kırma makinasında, her milde 8 adet yatay düzlemde monte edilmiş plakalar bulunmaktadır. İki ana mil her iki yanından başka bir plaka düzeneğine rulmanlı yataklar vasıtasıyla monte edilmiştir. 80 cm'lik bir destek kolu düzeneği montajı ile el ile itilerek uygulanmıştır. Diğer kaymak kırma makinalarında olduğu gibi bir kullanım kolaylığı amaçlanırken, aynı zamanda üzerine monte edilen bir hazne ile de istenilen ağırlıkta çalışılması hedeflenerek üretilmiştir. Denemelerde herhangi bir ek ağırlığa ihtiyaç duyulmamıştır.

**Şekil 3.13.** Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinası



Ön görünüşü Yan görünüş Üst görünüşü

**Şekil 3.14.** Yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinasının üç görünüşü

### 3.1.5.3. Kızaklı tip kaymak kırma makinası

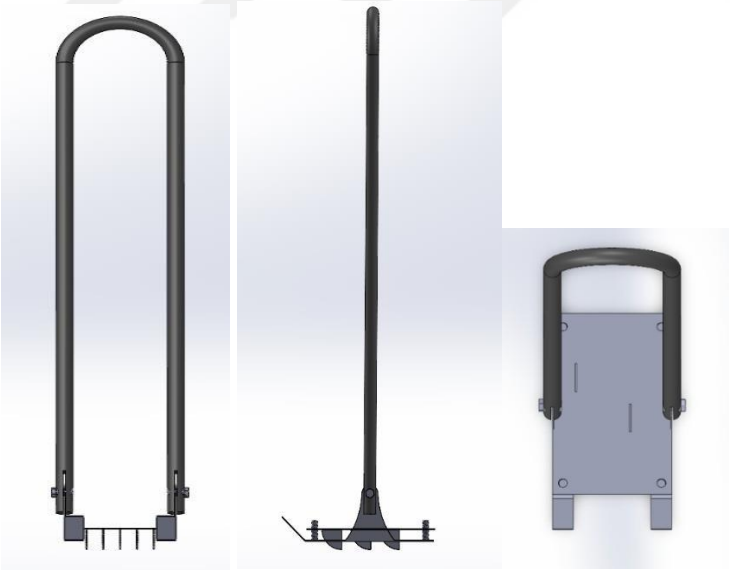
Kızaklı tip kaymak kırma makinası, bu alanda uluslararası düzeyde farklı uygulamaları tespit etmek için yapılan araştırmalar sonucunda bulunmuştur (Anonymous). Literatür ve firma kataloğu taramaları sonucunda ise bu makinanın ülkemizdeki kullanımı konusunda herhangi bir veriye rastlanamamıştır. Bu nedenle, elde edilen veriler ışığında yeni bir uygulama ile ülkemiz tarımına katkı sağlamak amaçlanmıştır (Şekil 3.15).

Kızaklı tip kaymak kırma makinası, taban uzunluğu 32 cm ve eğimli ön kısmı 8 cm olmak üzere toplamda 40 cm uzunluğunda ve 20 cm genişliğinde üretilmiştir. Kullanım kolaylığı açısından 80 cm'lik bir destek kolu bulunmaktadır. Bu destek kolu vasıtasıyla el ile itilerek uygulanmıştır. Temel iki ana plakadan oluşmaktadır. Bıçaklar üst plakaya kaynakla monte edilmiş olup, üst plaka ile alt plakanın montajı cıvata ve somunlar ile sağlanmıştır.

Kesici bıçaklar vasıtası ile kaymak tabakası üzerinde kesikler ve çiziler açılarak kaymak tabakasının kırılması ve böylece kaymak tabakası altında kalan tohumun çıkışının sağlanması hedeflenmiştir. Diğer kaymak kırma makinalarına oranla en büyük avantajı üzerinde yer alan somunlar vasıtası ile derinliğinin ayarlanabilir olmasıdır. 5 cm yüksekliğinde üretilen kesici bıçakların toprağa batma miktarı, ekim derinliği ve kaymak tabakasının kalınlığına bağlı olarak istenilen boyuta göre ayarlanabilmektedir. Böylece kaymak kırma işleminde tohumların zarar görme ihtimali azaltılabilmektedir. Kesici bıçak sayıları ve boyutları kullanılacak arazi şartlarına ve ekilecek ürüne göre

boyutlandırılıp üretilebilir. Denemelerde kesici bıçakların toprağa batma miktarı 3 cm'ye ayarlanmıştır.

**Şekil 3.15.** Kızaklı tip kaymak kırma makinası



Ön görünüş Yan görünüş Üst görünüş

**Şekil 3.16.** Kızaklı tip kaymak kırma makinasının üç görünüşü

## 3.2 Metot

Yapılan çalışma kapsamında kaymak kırma için kullanılan yıldız dişli tip kaymak kırma makinası, yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma makinası ve kızaklı tip kaymak kırma makinalarının etkinlikleri karşılaştırılmıştır.

Tarla denemeleri, Sarı vd. (2009) tarafından topraklarının kaymak kırma açısından uygun bir bileşime sahip olduğu bildirilen Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aksu Araştırma ve Uygulama Çiftliğindeki tarlalarda (Aksu) ve Akdeniz Üniversitesi Kampüs Araştırma Uygulama Çiftliğindeki tarlalarda (Kampüs) gerçekleştirilmiştir. Sarı vd. (2009), tarafından Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisinde yapılan bir çalışma araştırma sonuçlarına göre; söz konusu arazi toprağının dört sınıfta nitelendirilebileceği, bu toprak sınıflarında silt miktarının yaklaşık %48-52 arasında olduğu ve kaymak tabakası oluşumuna uygun bir bileşime sahip olduğu bildirilmiştir.

Denemeler, her biri 500 $m^2$ olan iki farklı toprak tekstürüne sahip tarlada gerçekleştirilmiştir. Geleneksel toprak işleme yöntemi (pulluk + diskli tırmık + tapan) ile tohum yatağı hazırlandıktan sonra pnömatik hassas ekim makinası ile 6 cm derinliğe pamuk tohumu ekimi yapılmıştır. Her iki deneme alanında da ekim işlemi yapıldıktan sonra yağmurlama sulama yöntemi ile tarla sulanıp, Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi 4 gün, Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi 6 gün kurumaya bırakılarak tarla yüzeyinde kaymak tabakası oluşumu sağlanmıştır. Kaymak tabakası oluşumu sonrası 3 farklı tip kaymak kırma makinası (yıldız dişli tip, yatay parmaklı merdane ve kızak tip) kullanılarak kaymak kırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her uygulama (kaymak kırma işlemi) 3 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir.

Her bir makinanın kaymak kırma etkinliğinin belirlenmesi için kaymak kırma işlemi öncesi ve sonrası toprak penetrasyon direnci ölçümleri yapılmış olup penetrasyon direnci ölçümleri için toprak yüzeyinden 5 cm derinliğe kadar hassas ölçüm yapabilen el (yüzey) penetrometresi kullanılmıştır.

Kaymak kırma işleminin tohumun çimlenmesi ve tarla yüzeyine çıkışı üzerine etkisini belirlemek için ise denemelerde kullanılan pamuk bitkisinin tarla filiz çıkış oranı, ortalama çıkış süresi, çıkış oranı indeksi değerleri belirlenmiştir.

Ortalama çıkış süresi (OÇS), çıkış oranı indeksi (ÇOİ) ve tarla filiz çıkış oranını (TFÇO) saptamak için rastgele seçilen belirli uzunluktaki sıralardan çıkan filizler her gün sayılarak elde edilen veriler ile aşağıdaki eşitlikler kullanılarak bu değerler hesaplanmıştır (Bilbro ve Wanjura 1982). OÇS ve ÇOİ hesapları her tekerrür için sıralardan rastgele seçilen 20 metre uzunluğundaki bölümlerde çimlenen tohumlar üzerinden yapılmıştır. Çimlenen tohum verileri 10 günlük periyotta her gün sayılarak elde edilmiştir. Tarla filiz çıkış oranı ise bitki sayımı bittikten sonra son gündeki toplam bitki sayısı üzerinden hesaplanmıştır.

$$OÇS(gün) = \frac{N_1D_1+N_2D_2+..N_nD_n}{N_1+N_2+..N_n} \quad (3.3)$$

$$ÇOI\ (adet/m.gün) = \frac{Bir\ metrede\ çimlenen\ tohum\ miktarı}{OÇS} \quad (3.4)$$

$$TFÇO\ (\%) = \frac{N_x - N_0}{N_i}\ x\ 100 \quad (3.5)$$

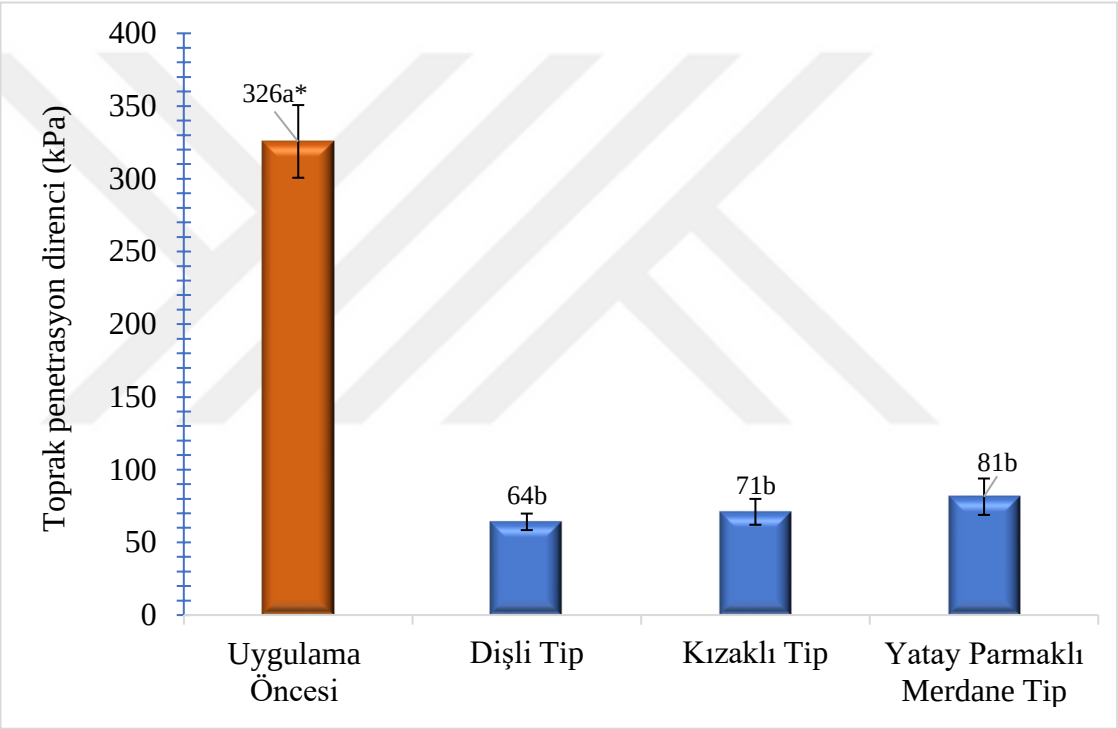
Burada; $N_{1...n}$ , her sayımda çıkan yeni filiz sayısı, $D_{1...n}$ , ekimden sonra kümülatif gün sayısı, $N_x$ , belirli sıra uzunluğundaki bitkilerin toplam sayısı, $N_o$, sıra üzeri uzaklığın yarısından daha küçük aralıkların toplam sayısı, $N_i$, teorik toplam bitki aralıklarının sayısı.

Araştırma sonunda şahit parsel ve her bir makina ile yapılan kaymak kırma uygulaması sonucu elde edilen değerler varyans analizleri ile karşılaştırılmıştır. Böylece her bir uygulamanın kaymak kırma etkinliği yanında tohuma veya toprak altı sürgününe etkisi de belirlenmeye çalışılmıştır.

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

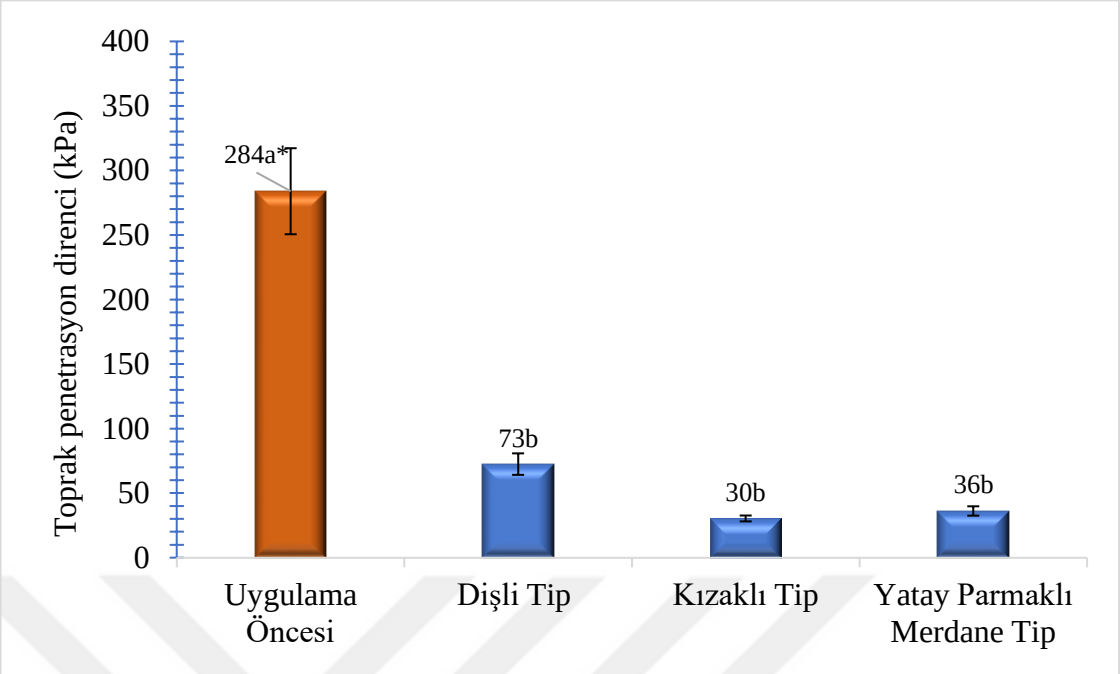
## 4.1. Kaymak Kırma Uygulamalarının Toprak Penetrasyon Direncine Etkisi

Farklı kaymak kırma makinası uygulamalarının etkinliklerini belirlemek için yapılan bu araştırmada kaymak kırma uygulamalarının toprak penetrasyon direnci, bitkinin ortalama çıkış süresi, çıkış oranı indeksi ve tarla filiz çıkış oranlarına etkisi incelenmiştir. Farklı toprak koşullarında elde edilen sonuçları karşılaştırabilmek için denemeler, Aksu (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi) ve Kampüs (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi) olarak adlandırılan iki farklı toprak yapısına sahip tarlalarda tekrarlanmıştır.




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(a) Aksu




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

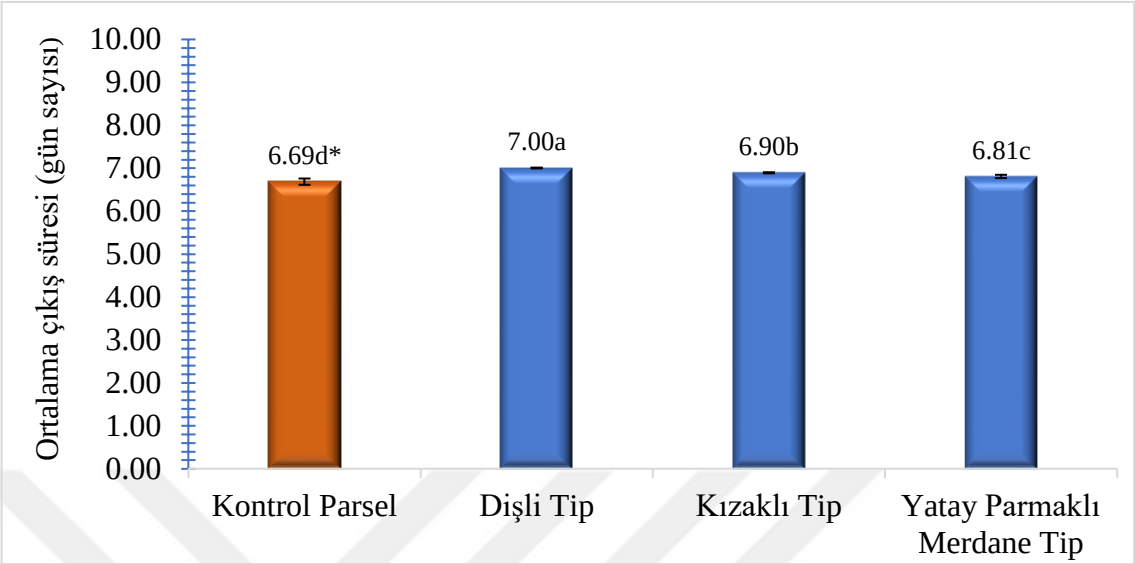
(b) Kampüs

**Şekil 4.1.** Kaymak kırma uygulamaları öncesi ve sonrası ölçülen penetrasyon direnci değerleri

Uygulama öncesi yapılan ölçümlerde Aksu arazisinde üst 3 cm'de ölçülen maksimum penetrasyon dirençlerinin ortalaması 326 kPa iken Kampüs arazisinde 284 kPa'dır. Aksu arazisinin Siltli-Kil bünyeye sahip toprak yapısı bu tarlada daha sert bir kaymak tabakası oluşumuna neden olmuştur. Aksu arazisindeki toprak yapısının kaymak tabakası bağlamaya meyilli olduğu Sarı vd. (2009) tarafından yürütülen araştırmada da ortaya konulmuştur.

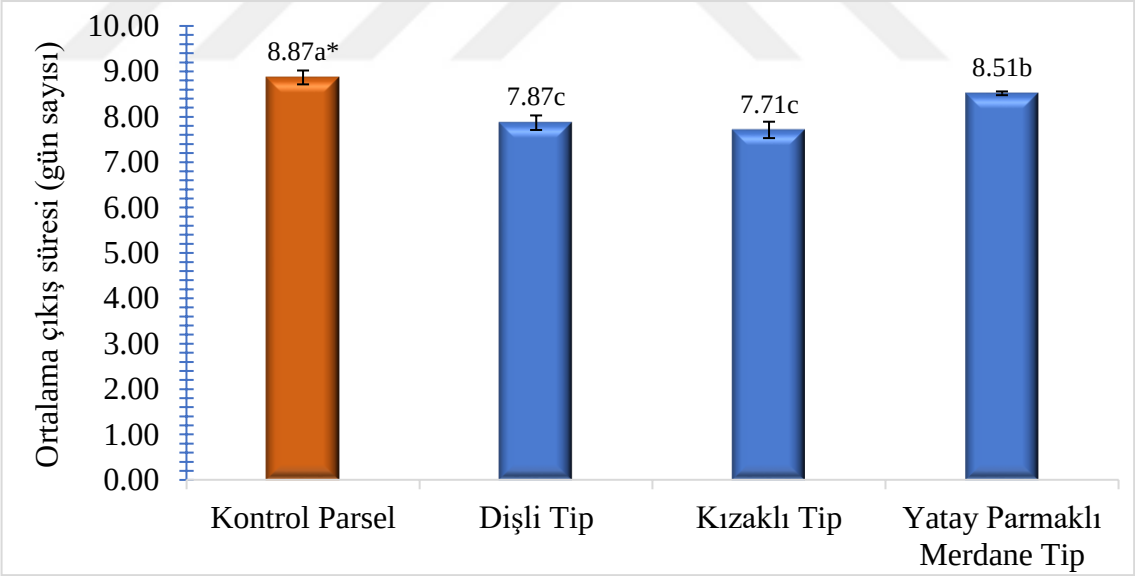
Şekil 4.1'de görüldüğü gibi kaymak kırma uygulamaları toprağın penetrasyon direncini düşürerek etkin bir şekilde kaymak kırma işlemini yerine getirmiştir. Uygulamalar arası farklılığı ortaya koymak için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre penetrasyon direnci açısından kullanılan makinalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Hussain vd. (1985) tarafından yapılan bir araştırmada kaymak tabakası penetrasyon direncinin 300 kPa üzerinde olduğu durumda fidelerin tamamının kaymak tabakasını kırıp yüzeye çıkamadığı, 70-100 kPa arasında olduğu zaman ise fidelerin tamamının çıkış gösterdiği bildirilmiştir. Bu araştırmada ise kontrol parselinde oluşan kaymak tabakasının penetrasyon direnci Aksu ve Kampüs arazisinde sırasıyla 326 ve 284 kPa iken kaymak kırma işlemi sonrası bu değer Aksu arazisinde 64-81 kPa, Kampüs arazisinde ise 30-73 kPa değerlerine düşmüştür. Dolayısıyla Hussain vd (1985) ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

## 4.2. Kaymak Kırma Uygulamalarının Ortalama Çıkış Süresine Etkisi




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(a) Aksu




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(b) Kampüs

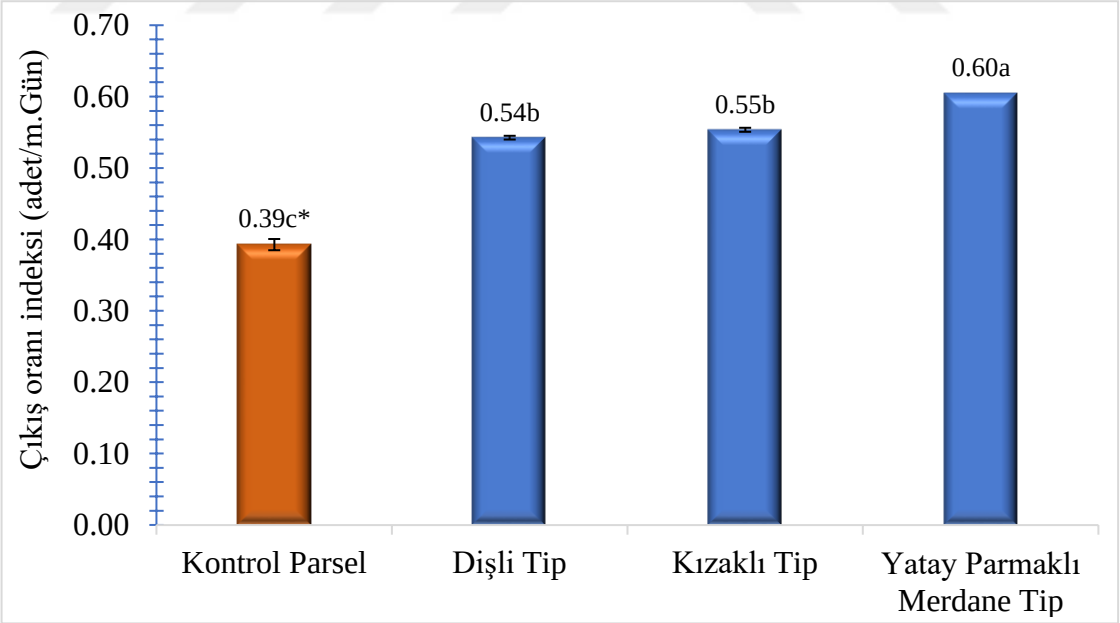
**Şekil 4.2.** Ortalama çıkış süreleri

Yapılan varyans analizi sonucunda uygulamaların ortalama çıkış süresi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (P<0.05). Ortalamaları karşılaştırmak için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre Aksu arazisinde en yüksek OÇS 7.00 gün ile dişli tip kaymak kırma makinası uygulamasında en düşük OÇS ise 6.69 gün ile kontrol parselinde (hiçbir kaymak kırma uygulaması yapılmayan) elde edilmiştir. Kampüs arazisinde ise en yüksek OÇS 8.87 gün ile kontrol parselinde elde edilirken en düşük OÇS 7.87 gün ile dişli tip ve 7.71 gün ile kızaklı tip kaymak kırma makinası uygulamalarında elde edilmiştir.

Teknik açıdan OÇS'nin düşük olması ve dolayısıyla bitkilerin hemen çimlenerek toprak yüzeyine çıkması istenir. Aksu arazisinde yapılan denemelerde toprak yapısının kaymak tabakası bağlamaya meyilli olması ve dolayısıyla daha sert bir kaymak tabakası oluşması kontrol parsellerinde kaymak tabakası oluştuktan sonra hiçbir şekilde bitki çıkışına izin vermemiştir. Dolayısıyla OÇS değerleri sadece kısa sürede yüzeye çıkabilen az sayıdaki bitkiler üzerinden hesaplanabilmiş ve bu durum da kaymak kırma işlemi yapılmayan kontrol parselinde OÇS'nin düşük olmasına neden olmuştur.

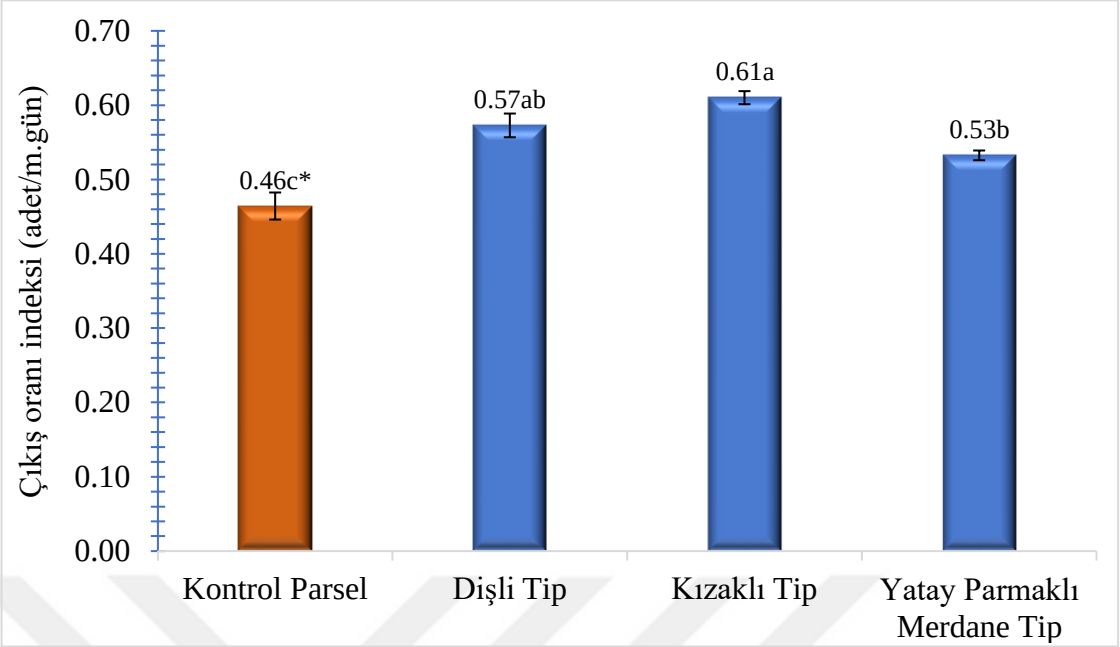
Kampüs arazisinde ise kontrol parsellerindeki kaymak direncinin daha düşük olması, bitkilerin kısmen de olsa kaymak tabakasını kırarak yüzeye çıkabilmesini sağlamış, bu durum da kontrol parsellerindeki OÇS'yi uzatmıştır.

### 4.3. Kaymak Kırma Uygulamalarının Çıkış Oranı İndeksine Etkisi




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(a) Aksu




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

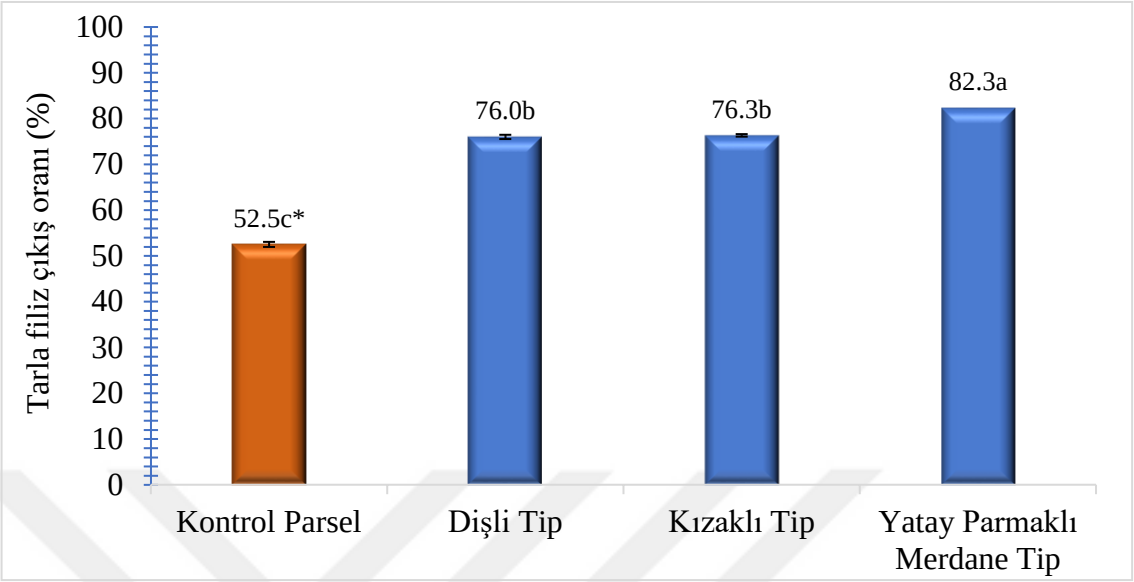
(b) Kampüs

**Şekil 4.3.** Çıkış oranı indeksleri

Yapılan varyans analizi sonucunda uygulamaların çıkış oranı indeksi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (P<0.05). Ortalamaları karşılaştırmak için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre Aksu arazisinde en yüksek ÇOİ 0.60 adet/m.gün ile yatay parmaklı merdane tip kaymak kırma makinası uygulamasında en düşük ÇOİ ise 0.39 adet/m.gün ile kontrol parselinde (hiçbir kaymak kırma uygulaması yapılmayan) elde edilmiştir. Kampüs arazisinde ise en yüksek ÇOİ değerleri sırasıyla 0.61 adet/m.gün ve 0.57 adet/m.gün ile kızaklı ve dişli tip kaymak kırma makinası uygulamalarında elde edilirken en düşük ÇOİ ise 0.46 adet/m.gün ile kontrol parselinde elde edilmiştir.

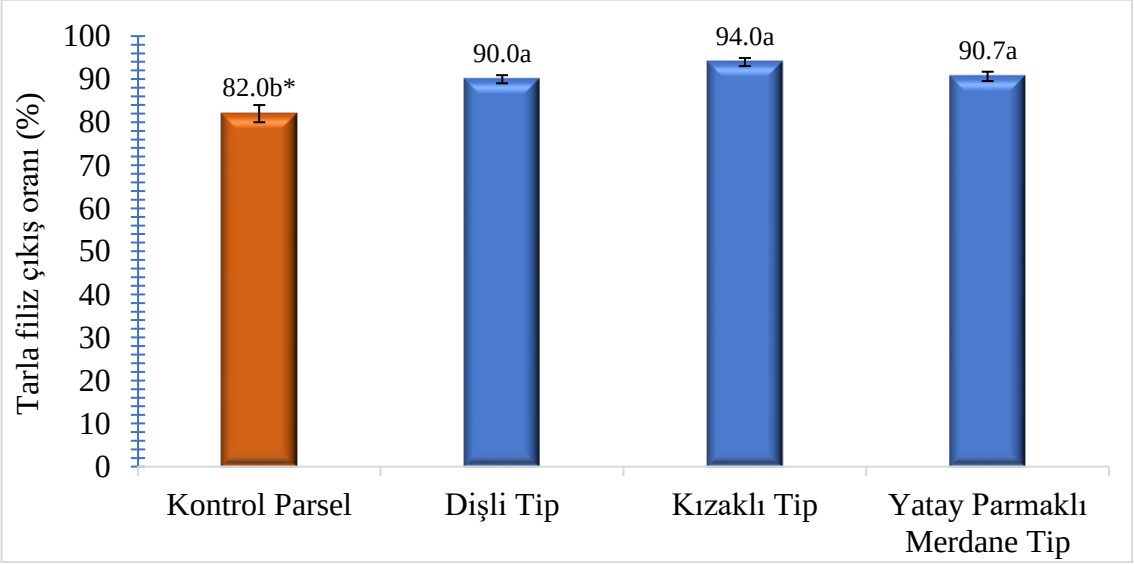
Sonuç olarak her iki tarlada da kaymak kırma uygulaması yapılan parseller ile kaymak kırma uygulaması yapılmayan kontrol parselleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Ekim işlemimden sonra oluşan kaymak tabakasını kırmak, metre başına bir günde çıkan tohumun adedine olumlu yönde etki etmektedir.

### 4.4. Kaymak Kırma Uygulamalarının Tarla Filiz Çıkış Oranına Etkisi




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(a) Aksu




*Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre farklı harfi taşıyan değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(b) Kampüs

**Şekil 4.4.** Tarla filiz çıkış oranları

Yapılan varyans analizi sonucunda uygulamaların tarla filiz çıkış oranı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Ortalamaları karşılaştırmak için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre Aksu arazisinde en yüksek TFÇO %82.33 ile yatay parmaklı merdane tip kaymak kırma makinası uygulamasında, en düşük TFÇO ise %52.5 ile kontrol parselinde (hiçbir kaymak kırma uygulaması yapılmayan) elde edilmiştir. Kampüs arazisinde ise kaymak kırma işleminin TFÇO değerini arttırdığı ancak kaymak kırma uygulamaları arasındaki farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır.

Aksu arazisinde toprak yapısının kaymak tabakası bağlamaya meyilli olması ve dolayısıyla daha kalın bir kaymak tabakası oluşması sebebiyle yapılan kaymak kırma uygulamaları kendi aralarında tarla filiz çıkış oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturmaktadır. Elde edilen verilere göre etkinliği en yüksek değerin yatay parmaklı merdane tip kaymak kırma uygulamasında görülürken, kızaklı tip kaymak kırma uygulaması ve dişli tip kaymak kırma uygulaması arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Uygulama yapılmayan kontrol parselde ise tarla filiz çıkış oranı en düşük seviyede kalmıştır. Bu durum ölçümler sırasında yapılan gözlemlerde de açıkça ortaya çıkmış ve kontrol parsellerinde kaymak tabakasını geçemeyen toprak altı sürgünlerinin geri dönerek Şekil 4.5'te görüldüğü gibi sarı kıvrım oluşturduğu gözlemlenmiştir.

**Şekil 4.5.** Kontrol parsellerinde oluşan sarı kıvrımlar

Kampüs arazisindeki toprak yapısı kaymak bağlamaya daha az meyilli olması sebebiyle yapılan kaymak kırma uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya çıkmamıştır. Ancak kaymak kırma uygulaması yapılan parseller ve kontrol parsel arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olması sebebiyle Kampüs arazisinde de kaymak kırma uygulaması önerilmektedir.

Her iki arazide de elde edilen sonuçlara göre kaymak kırma işleminin yapılması kesin olarak tarla filiz çıkış oranını etkilemektedir. Diğer bir deyişle kaymak kırma uygulaması yapılan parseller ile kaymak kırma uygulaması yapılmayan parseller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ve ekim işlemi uygulandıktan sonra oluşan kaymak tabakasını kırmak, tarla filiz çıkış oranına olumlu yönde etki etmektedir. Parsel başına ekilen 100 tohumdan Aksu arazisinde uygulama yapılmayan kontrol parseldeki çıkan tohum oranı %52.5'ta kalırken, Kampüs arazisinde kontrol parselde çıkan tohum oranı toprak yapısının kaymak bağlamaya daha az meyilli olması sebebiyle %82 ye kadar yükselmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Hemmat vd. (2003) tarafından yapılan çalışmadaki killi tın (0-20 cm) toprak yapısına sahip arazide elde edilen sonuçları desteklemektedir. Bu araştırmacı tarafından pamuk ekiminde, ekim yöntemine bağlı olarak kaymak tabakası kırma işleminin TFÇO üzerindeki etkinliğini belirlemek için yapılan araştırma sonuçlarına göre kaymak kırma işlemi, TFÇO değerini %43'ten döner tırmık uygulanan parsellerde %73'e, kaymak kırma makinası kullanılan parsellerde ise %70'e yükselttiği ifade edilmiştir.

# 5. SONUÇLAR

Her iki tarlada yapılan denemelerde elde edilen OÇS, ÇOİ, TFÇO değerleri göz önüne alındığında kaymak kırma uygulamalarının yapıldığı parsellerdeki filiz çıkışının kaymak kırma işlemi yapılmayan parsellere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Kontrol parsellerde ve uygulama yapılan parsellerde elde edilen veriler arasındaki farklılıkların temel sebebi tarlaların toprak yapısındaki farklılıktır. Daha ağır bünyeli toprak yapısına sahip Aksu arazisinde kaymak tabakasının tarla filiz çıkışına olumsuz etkisinin daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Aksu arazisinde en yüksek OÇS dişli tip kaymak kırma makinası uygulamasında en düşük OÇS ise kontrol parselinde (hiçbir kaymak kırma uygulaması yapılmayan) elde edilmiştir. Kampüs arazisinde ise en yüksek OÇS kontrol parselinde elde edilirken en düşük OÇS dişli ve kızaklı tip kaymak kırma makinası uygulamalarında elde edilmiştir. OÇS süreleri arasında oluşan temel farklılık arazilerin mevcut toprak yapısından kaynaklanmaktadır. Kaymak bağlamaya meyilli olan Aksu arazisinde elde edilen OÇS değerleri ile kaymak bağlamaya daha az meyilli olan Kampüs arazisinde elde edilen OÇS değerleri göz önüne alındığında, kaymak bağlamaya meyilli topraklarda OÇS değerinin kaymak bağlamaya daha az meyilli topraklara göre daha düşük çıkması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

ÇOİ açısından ise Aksu arazisinde yapılan denemelerde en yüksek değer yatay parmaklı merdane tip kaymak kırma makinası uygulamasında en düşük ÇOİ ise kontrol parselinde yani hiçbir kaymak kırma uygulaması yapılmayan parselde elde edilmiştir. Kampüs arazisinde ise en yüksek ÇOİ değerleri kızaklı ve dişli tip kaymak kırma makinası uygulamalarında elde edilirken en düşük ÇOİ kontrol parselinde yani hiçbir kaymak kırma uygulaması yapılmayan parselde elde edilmiştir.

Genel olarak kaymak tabakası kırma işleminin OÇS ve ÇOİ üzerine etkisinin TFÇO kadar belirgin olmadığı tespit edilmiştir. Ekimden sonra oluşan kaymak tabakasını kırmak, TFÇO'ya olumlu yönde etki etmektedir. Parsel başına ekilen 100 tohumdan Aksu arazisinde uygulama yapılmayan kontrol parsellerinde %52.5'i Kampüs arazisinde ise %82'si çıkış sağlamıştır. Kaymak kırma işlemi ile bu değerler sırasıyla %82.3 ve %94.0'a kadar yükselmiştir. Bu sonuçlar dikkate alındığında, ekimden sonra toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakasını kırmanın filiz çıkışına pozitif yönde doğrudan etkisi olduğu kanaatine varılabilir.

Bu araştırmada denemelerde kullanılan kaymak kırma makinalarının, kaymak kırma etkinliğini belirlemek için ölçülen penetrasyon direnci ölçümü sonuçlarına göre makinalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla her üç makina da kaymak kırmak için etkili bir şekilde kullanılabilir. Ancak Aksu arazisi gibi daha ağır bünyeye sahip ve kaymak tabakası oluşumuna meyilli arazilerde yatay parmaklı merdane tip kaymak kırma makinasının TFÇO açısından etkinliği daha iyi olduğundan bu tür arazilerde öncelikli olarak yatay parmaklı merdane tipi kaymak kırma sistemlerinin kullanımı önerilebilir.

# 6. KAYNAKLAR

Anonymous: Hawkins Crust Breaker.

https://www.schaffert.com/pdfs/equipment/hawkins-crust-breaker.pdf [Son erişim tarihi: 29.05.2021]

Anzooman, M., Christopher, J., Dang, Y., Kopittke, P. and Menzies, N. 2017. Seedling emergence of wheat varieties under different surface crust condition in sodic soils. "Doing More with Less", Proceedings of the 18th Australian Agronomy Conference, pp. 1-4, 24-28 September, Ballarat, Victoria, Australia.

Baumhardt, R.L., Unger, P.W. and Dao, T.H. 2004. Seedbed Surface Geometry Effects on Soil Crusting and Seedling Emergence. *Agronomy Journal,* 96 (4): 1112-1117.

Bayram, M., Özgöz, E., Yılar, M. ve Kadıoğlu, İ. 2016. Ada Çayı (Salvia virgata Jacg.) tohumlarının bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı* : 325-331.

Bakhtiyar, A. 2019. Optimization of parameters and modes of operation of the disk of the working organ to the cotton cultivator to destroy the soil crust. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT),* 9 (1): 6888-6889.

Bal, L., Şeker, C. ve Gümüş, İ.E. 2011. Kaymak tabakası oluşumuna fiziko-kimyasal faktörlerin etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi,* 25 (3): 96-103.

Bilbro, J.D. and Wanjura, D.F. 1982. Soil crust and cotton emergence relationship. *Transactions of the ASAE,* 25(4): 1484-1487.

Gicheru, P., Mare, E., Gachene, C. and Mbuvi, J. 2004. Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and crust formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil & Tillage Research,* 75(2): 173–184.

Hemmat, A., Khashoei, A.A. and Ranjbar, I. 2003. Assessment of irrigated cotton seedling emergence in flatland mechanized planting systems. *J. Agric. Sci. Technol,* Cilt 5: 87-98.

Hussain, S.M., Smillie, G.W. and Collins, J.,F. 1985. Laboratory studies of crust development in irish and iraqi soils: I. moisture content, penetration resistance, aggregate size and seedling emergence of spring barley (*hordeum vulgare* L.). *Soil and Tillage Research,* 5 (1): 33-53.

Le Bissonnais, Y., Renaux, B. and Delouche, H. 1995. Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. *Catena,* 25: 33-46.

Nciizah, A. and Wakindiki, I. 2014. Rainfall intensity effects on crusting and mode of seedling emergence in some quartz-dominated South African soils. *Water SA,* Cilt 40(4): 587-592.

Önal, İ. 1995. Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları. Ege Üniv. Yayınları, Cilt 2, Yayın no: 490, 606 s.

Öztürk, E. ve Özdemir, N. 2006. Topraklarda kabuk tabakası oluşumu, çeşitleri ve önlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 21(2): 275-282.

Pagliai, M. 2010. College on Soil Physics: Soil Physical Properties and Processes under Climate Change, ss. 1-24, 30 Ağustos-10 Eylül , Agrobiology and Pedology Research Centre , Firenze, İtalya.

Rosa, J.D., Medeiros, J.C., Cooper, M., Campanaro, C., Darboux, F. and Pinto L.R.M. 2017. Influence of crust formation on soil porosity under tillage systems and simulated rainfall. *Hydrology,* 4(3): 1-15.

Sarı, M., Sönmez, N.K. ve Altunbaş, S. 2009. Aksu Araştırma ve Uygulama İstasyonu topraklarının morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 22(2): 157-168.

Šimansky, V., Pollakova, N. and Halmo, S. 2014. Soil crust in agricultural land. *Acta Fytotechnica et Zootechnica,* Cilt 17: 109-114.

Şeker, C. ve Karakaplan, S. 1999. Konya ovasında toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler. *Tr. J. of Agriculture and Forestry,* 23: 183-190.

Şeker, C. 1995. Konya ovası topraklarında kaymak tabakası oluşumunun önlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 88 s.

Uson, A. and Poch, R.M. 2000. Effects of tillage and management practices on soil crust morphology under a Mediterranean environment. *Soil & Tillage Research,* 54: 191-196.

Yönter, G. ve Uysal, H. 2010. Bazı polimerlerin laboratuvar koşullarında yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 47 (1): 21-30.

Yönter, G. 2006. Laboratuvar koşulları altında yağış yoğunlukları, kaymak tabakası oluşumu ve su erozyonu arasındaki ilişkiler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 43(1): 109-119.

Yumak, H. 1994. Şeker Pancarı tarımında toprak kaymak tabakası ile mekanik mücadele üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 4: 23-30.

# 7.EKLER

**Ek 1.** Aksu ve Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazileri'nde yapılan denemelerde elde edilen penetrasyon direnci değerlerinin varyans analiz tablosu

| Kaynak | | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F | Önemlilik |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | Aksu | 483111.540 | 3 | 161037.180 | 72.102 | <0.001 |
| | Kampüs | 434547.016 | 3 | 144849.005 | 68.651 | <0.001 |
| Hata | Aksu | 80404.981 | 36 | 2233.472 | | |
| | Kampüs | 75957.424 | 36 | 2109.928 | | |
| Toplam | Aksu | 1298229.021 | 40 | | | |
| | Kampüs | 958826.656 | 40 | | | |

**Ek 2.** Aksu Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde yapılan denemelerde elde edilen OÇS, ÇOİ ve TFÇO değerlerinin varyans analiz tablosu

| Kaynak | Bağımlı değişken | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F | Önemlilik |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | OÇS | 0.256 | 3 | 0.085 | 44.999 | <0.001 |
| | ÇOİ | 0.069 | 3 | 0.023 | 229.000 | <0.001 |
| | TFÇO | 1507.583 | 3 | 502.528 | 753.792 | <0.001 |
| Hata | OÇS | 0.015 | 8 | 0.002 | | |
| | ÇOİ | 0.001 | 8 | 0.000 | | |
| | TFÇO | 5.333 | 8 | 0.667 | | |
| Toplam | OÇS | 559.922 | 12 | | | |
| | ÇOİ | 3.377 | 12 | | | |
| | TFÇO | 63577.000 | 12 | | | |

**Ek 3.** Kampüs Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde yapılan denemelerde elde edilen OÇS, ÇOİ ve TFÇO değerlerinin varyans analiz tablosu

| Kaynak | Bağımlı değişken | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F | Önemlilik |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama | OÇS | 3.969 | 3 | 1.323 | 12.554 | 0.002 |
| | ÇOİ | 0.054 | 3 | 0.018 | 16.979 | 0.001 |
| | TFÇO | 401.333 | 3 | 133.778 | 11.467 | 0.003 |
| Hata | OÇS | 0.843 | 8 | 0.105 | | |
| | ÇOİ | 0.009 | 8 | 0.001 | | |
| | TFÇO | 93.333 | 8 | 11.667 | | |
| Toplam | OÇS | 834.317 | 12 | | | |
| | ÇOİ | 3.519 | 12 | | | |
| | TFÇO | 94128.000 | 12 | | | |

# ÖZGEÇMİŞ

**Bahadır CANDAN**

| | |
|---|---|
| Yüksek Lisans<br><br>2019-2023 | Akdeniz Üniversitesi<br><br>Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya |
| Lisans<br><br>2013-2018 | Akdeniz Üniversitesi<br><br>Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Antalya |