

Bu proje Avrupa Birliğı tarafından finanse edilmektedir.



ADANA-SEYHAN İLÇESİNDE AŞIRI HAVA OLAYLARINA KARŞI ERKEN UYARI VE MÜDAHALE ARAÇLARI PORTFOLYOSU



ADANA-SEYHAN İLÇESİNDE ANİ VE AŞIRI HAVA OLAYLARINA KARŞI ERKEN UYARI VE MÜDAHALE ARAÇLARI PORTFOLYOSU



Bilim, Kültür, Eğitim, Araştırma, Uygulama,
Üretim ve İşletme Kooperatifi

Çankaya Mah. Üsküp Cad. No:

16/14 Çankaya / ANKARA

+90 (553) 211 38 97

www.ka.org.tr / info@ka.org.tr



kalkinmaatolyesi



kalkinmatolyesi



Hazırlayan

Yüksel Aybacı Serinel

Katkı Sağlayanlar

İhsan İznebioğlu

Ertan Karabıyık

Özgür Çetinkaya

İbrahim Curabaz

Bu rapor, Avrupa Birliği'nin mali desteğiyle hazırlanmıştır. İçeriği yalnızca Kalkınma Atölyesi Kooperatifi sorumluluğundadır, UNDP ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.

İçindekiler

Önsöz	4
Giriş	5
1 Tarımsal Erken Uyarı Sistemleri	7
1.1 Makro Düzey Erken Uyarı Araçları ve Teknolojileri	8
1.2 Mikro Düzey Erken Uyarı Araçları ve Teknolojileri	9
1.3 Erken Uyarı Araçlarının Tanıtımı	11
2 Müdahale Araç ve Yöntemleri	14
2.1 Geleneksel Müdahale Yöntemleri	14
2.2 Modern Müdahale Yöntemleri	15
3 Zirai Don	17
3.1 Zirai Dona Karşı Erken Uyarı Sistemleri	18
3.2 Zirai Dona Karşı Tarımsal Müdahale Araçları ve Yöntemleri	20
4 Dolu	34
4.1 Doluya Karşı Erken Uyarı Sistemleri	34
4.2 Doluya Karşı Tarımsal Müdahale Araçları	36
5 Ani ve Aşırı Yağış	41
5.1 Ani ve Aşırı Yağışlara Karşı Erken Uyarı Sistemleri	41
5.2 Ani ve Aşırı Yağışlara Karşı tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri ..	42
6 Kuraklık	48
6.1 Kuraklığa Karşı Erken Uyarı Sistemleri	48
6.2 Kuraklığa Karşı Tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri	50
7 Ani ve Aşırı Sıcaklık	55
7.1 Ani ve Aşırı Sıcaklara Karşı Erken Uyarı Sistemleri	55
7.2 Ani ve Aşırı Sıcaklara Karşı Tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri ..	56
8 İyi Uygulama Örnekleri	59
8.1 Türkiye’den Uygulama Örnekleri	59
8.2 Dünyadan Uygulama Örnekleri	62
Sonuç	66
Kaynakça	67

Önsöz

İklim krizinin etkileri her geçen gün daha görünür hale gelirken, gide-rek artan sıklıkta ve şiddette yaşanan ani ve aşırı hava olayları, özellikle mevsimlik tarım işçileri, çiftçiler ve kırsal topluluklar üzerinde yıkıcı etkiler yaratmaktadır. Türkiye'nin tarımsal üretim açısından en önemli bölgelerinden biri olan Adana'nın Seyhan ilçesinde, küçük ölçekli üreticiler ve mevsimlik tarım işçileri bu değişimden en çok etkilenen gruplar arasında yer almaktadır. Küresel düzeyde artan sıcaklık dalgalanmaları, kuraklık, don, dolu ve aşırı yağış gibi afetler sadece gıda güvenliğini değil, aynı zamanda kırsal bölgelerde yaşayan insanların geçim kaynaklarını da tehdit etmektedir. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin iklim krizine karşı hazırlıklı, kapsayıcı ve bütüncül müdahale sistemleri kurması hayati önem taşımaktadır.

Kalkınma Atölyesi olarak uzun süredir yürüttüğümüz, kırılgan grupların hak temelli korunması ve iklim dayanıklılığının artırılmasına yönelik çalışmalar çerçevesinde hazırlanan bu rapor, ani hava olaylarına karşı tarımsal erken uyarı sistemleri ve müdahale araçlarının kapsamlı bir portföyünü ortaya koymaktadır. Rapor, yalnızca mevcut durumu tespit etmekle kalmayıp, yerel yönetimlerin kendi bağlamlarına uyarlayabilecekleri uygulanabilir bir model önerisi sunmaktadır. Bu çalışma, özellikle iklimsel krizlere karşı yerel yönetimlerin geliştirebileceği bilgiye dayalı müdahale araçlarını ve sistemlerini görünür kılmayı amaçlamaktadır. Yerelde geliştirilen teknolojik çözümler ile geleneksel bilgi sistemlerinin bir arada düşünülmesini sağlayan bu rapor, kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve yerel aktörler arasında köprü kurmayı hedefleyen katılımcı bir modelin parçasıdır. Aynı zamanda, diğer yerel yönetimlerin de benzer kırılganlıklarla baş edebilmesi için ölçeklenebilir bir referans belge niteliği taşımaktadır.

Raporun hazırlanmasında emeği geçen tüm araştırmacılara, uzmanlara ve saha gözlemcilerine teşekkür eder, bu çalışmanın Türkiye'de tarımsal iklim dayanıklılığı politikalarının ve yerel yönetim temelli müdahale modellerinin gelişmesine katkı sunmasını temenni ederiz.

Kalkınma Atölyesi

Ankara, Eylül 2025

Giriş

Seyhan, Adana ilinin en büyük merkez ilçelerinden biri olup, sosyal ve ekonomik açıdan önemli bir konumunda yer almaktadır. Tarımda ilçe ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Adana Ovası'nın 273 bin dekarlık tarım alanı bu ilçede yer almaktadır.

Seyhan ilçesinin 2024 yılında 156 bin dekarlık alanda (yaklaşık yüzde 40) yetiştirilen tahıl ve diğer bitkisel ürün çeşitleri içinde 81 bin dekar (yüzde 51,8) ile mısır en fazla yetiştirilen üründür. Seyhan ilçesinde yaklaşık 108 bin dekar alanda meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır. Meyvecilik yapılan alanın yüzde 43'ü mandalina, yüzde 23'ü portakal ve yüzde 19'u limondur.

Seyhan ilçesinde 2024 yılında karpuzdan patlıcana, lahanadan maydanoza kadar birçok sebze yetiştirilmektedir. Bunların sebzeler arasında karpuz (yüzde 17,6), göbekli marul (yüzde 14), salçalık kapyra biber (yüzde 8,4) ile kavun (yüzde 7) ilk sırada yer almaktadır. Bu sebzelerin tamamı ani ve aşırı hava olaylarından etkilenmektedir. Seyhan ilçesindeki tarım alanlarının hemen hemen tamamı Seyhan Barajı ve yeraltı suları ile sulanabilmektedir. Ancak 2024 yılında Seyhan Sol Sahil Sulama Birliği sulama yöntemlerinin değiştirilmesine dair yatırımların yapılmaması ve mevcut su kaynaklarının etkin yönetilememesi nedeniyle birlik kapsamındaki mahalle muhtarlıkları ve ilgili birimlere yazı göndererek sonbahar aylarında ekim yapılmamasını talep etmiştir. Yapılması durumunda bu alanlara Seyhan Barajı'ndan gelen suyun verilemeyeceği bildirilmiştir.

Seyhan Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü verilerine göre ilçede yaklaşık 1800 kayıtlı çiftçi bulunmaktadır. Bu çiftçilerin yüzde 44'üne karşılık gelen 790'ı 50 dekar ve altı araziye sahip olup, *küçük çiftçi* konumundadır.

Seyhan İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü çalışmalarına göre ilçede 7 mahallede kurulan mevsimlik gezici tarım işçileri geçici çadır yerleşimlerinde 265 çadırdadır (yüzde 44'ü olan 117 çadır Suriyeli ailelerden oluşmaktadır) tarımsal üretimde istihdam edilen toplam 1257 mevsimlik tarım işçisi ve ailesi (542 Suriyeli) olup, bunların 669'u çocuktur.

Küresel ve bölgesel verilerin analizinde, sıcaklık anomalilerinin özellikle Doğu Akdeniz Bölgesi'nde hızla arttığı gözlemlenmiştir. Seyhan ilçesi özelinde yapılan karşılaştırmalı analizde (1991-2020 vs. 2024-2025) sıcaklık artışının ve yağış dağılımındaki dengesizliklerin belirgin biçimde yükseldiği tespit edilmiştir.

Tarım sektörü, doğrudan doğa koşullarına bağlı olması nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine en açık sektörlerden biridir. Son yıllarda artan sıcaklık dalgalanmaları, düzensiz yağış rejimleri, aşırı hava olayları ve meteorolojik afetler, tarımsal üretimi daha kırılgan hale getirmiştir. Bu durum, tarladan sofraya, gıda güvenliğinden işçilerin sağlığına kadar birçok alanda yapısal dönüşüm ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin tarımsal üretim açısından önemli bölgelerinden biri olan Adana'nın Seyhan ilçesinde, *küçük çiftçiler* ve *mevsimlik tarım işçileri* bu değişimden en çok etkilenen gruplar arasında yer almaktadır. Küresel düzeyde artan sıcaklık dalgalanmaları, kuraklık, don, dolu ve aşırı yağış gibi afetler sadece gıda güvenliğini değil, aynı zamanda kırsal bölgelerde yaşayan insanların geçim kaynaklarını da tehdit etmektedir.

Bu bağlamda, **tarımsal erken uyarı sistemleri ve müdahale araçları**, yalnızca afetlere karşı önlem almakla sınırlı kalmayan, aynı zamanda iklim adaleti ve sosyal eşitlik açısından da kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle mevsimlik tarım işçileri gibi kırılgan grupların iklim kaynaklı sağlık, güvenlik ve gelir risklerine karşı korunmasında bu sistemlerin zamanında, erişilebilir ve kapsayıcı biçimde işletilmesi hayati önem taşımaktadır.

Bu rapor, tarımsal üretimi tehdit eden ani ve aşırı hava olaylarına karşı kullanılan modern ve geleneksel müdahale yöntemlerini sistematik bir şekilde belgeleyerek, yerel yönetimlerin, çiftçilerin ve sivil toplum kuruluşlarının bilgi temelli politika ve uygulamalar geliştirmesine katkı sunmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, mevcut araç ve teknolojilerin çeşitliliğini görünür kılarak, bu alanda yapılacak yatırımların ve işbirliklerinin bilimsel bir zemin üzerinde şekillenmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.

Bölüm 1

Tarımsal Erken Uyarı Sistemleri

Tarımsal erken uyarı sistemleri, küresel gıda güvenliğini sağlamak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek açısından kritik bir rol üstlenmektedir. İklim değişikliğinin etkisiyle giderek daha sık ve şiddetli hale gelen don, dolu, kuraklık, ani ve aşırı yağış, ani ve aşırı sıcaklık gibi afetlerin yanı sıra, bitki hastalıkları ve zararlılar da tarımsal üretim üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Aynı zamanda mevsimlik tarım işçilerinin sağlık ve güvenlik koşullarının bozulmasına, tarımsal altyapının zarar görmesine ve ekonomik sürdürülebilirliğin sekteye uğramasına neden olmaktadır.

Bu sistemlerin temel amacı, çiftçilere ve tarım paydaşlarına potansiyel riskler hakkında zamanında ve doğru bilgi sağlayarak, ürün kayıplarını en aza indirecek ve kaynak kullanımını optimize edecek proaktif önlemlerin alınmasına imkân tanımaktır. Bununla birlikte tarımsal erken uyarı sistemleri, mevsimlik tarım işçilerinin can güvenliği, tarımsal ilaca maruziyeti ve tarım kaynaklı sağlık tehditleri açısından da hayati önem taşımaktadır. Erken uyarı sistemleri bu tür tehlikeleri önceden bildirerek iş kazalarını, hastalıkları, ölüm riskini ve gelir kayıplarını azaltır. Hasat tahminleri, işçilerin göç rotalarını ve çalışma sürelerini daha iyi planlamalarını sağlar. Dolayısıyla tarımsal erken uyarı sistemleri sadece üretimi koruyan teknolojiler değil, aynı zamanda iklim değişikliği ve sosyal eşitsizlik karşısında mevsimlik tarım işçilerinin haklarını ve güvenliğini koruyan insani altyapılardır.

Bu sistemler, uluslararası ve ulusal düzeyde faaliyet gösteren geniş kapsamlı makro sistemlerden, yerel topluluklar ve belediyeler düzeyinde uygulanan mikro ölçekli çözümlere kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Makro düzey sistemler; geniş alanları izleyen, bölgesel ve küresel tahmin modelleri sunarak yerel sistemler için kritik veri sağlar. Mikro düzey sistemler ise daha detaylı, yerelleştirilmiş gözlemler ve doğrudan uygulanabilir uyarılar sunarak sahadaki ihtiyaçlara doğrudan karşılık verir.

Tarımsal erken uyarı sistemleri, karmaşık bir dizi teknolojik bileşeni bir araya getirerek çalışır. Bu bileşenler, veri toplama ve analizi, tahmin modelleri ve uyarıların etkin bir şekilde yayılmasını içerir. Kapsamlı bir erken uyarı sistemi genellikle dört temel unsurdan oluşur:

Risk Bilgisi: Belirli bir topluluk ya da bölgedeki doğal tehlikelerin detaylı şekilde analiz edilmesini kapsar. Bu aşama, hangi risklerin nelerde yoğunlaştığını ve hangi grupların daha savunmasız olduğunu belirlemede kullanılır.

İzleme ve tahmin: Meteorolojik, hidrolojik ve diğer çevresel verilerin toplanarak tehlikelerin olasılığı, zamanlaması ve şiddetinin öngörülmesini sağlar ve erken müdahalenin temelini oluşturur.

Yaygınlaştırma ve iletişim: TV, radyo, internet, uydu iletişimi ve mobil servisler gibi çoklu iletişim kanalları ile risk altında olan bölgelerin zamanında ve doğru şekilde bilgilendirilmesi sağlanır.

Hazırlık ve müdahale: Bireylerin ve toplumların gelen uyarılara zamanında ve etkili müdahaleler geliştirmesinde etkilidir. Bunun için eğitim, önceden belirlenmiş eylem planları, müdahale araçlarının kullanımı ve yerel düzeydeki koordinasyon yapılarının devreye girmesi gereklidir.

1.1 Makro Düzey Erken Uyarı Araçları ve Teknolojileri

a Uydu ve Dünya Gözlem Sistemleri

- Pasif sensörlü sistemler: Alıcı sistemler
- Optik Sensörler
- Kızılötesi Sensörler
- Mikrodalga Sensörler
- Aktif sensörlü sistemler: Verici sistemler
- Radar sensörleri (SAR- Sentetik Açıklıklı Radar)
- Lidar sensörleri (Lazer Tarama)
- Altimetreler (Radar ve Lazer)

b Tahmin ve Modelleme Sistemleri

Sayısal hava tahmini modelleri

- Küresel iklim modelleri

- Bölgesel iklim modelleri
- Downscaling Teknikleri (Genelden özele indiren tahminler)

Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme

- Hidrolojik modeller (Yağış-Akış Simülasyonu)
- Hidrolik modeller (Su Hareketi Simülasyonu)
- Hibrit modeller (Hidrolojik ve Hidrolik Modellerin Kombinasyonu)
- Yağış eşiği tahmin yöntemleri

Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi Uygulamaları

- Veri analizi ve desen tanıma
- Spatiotemporal tahminler (Olayın yeri ve zamanı)
- Karar destek sistemleri
- Tahmine dayalı analizler (Geçmiş verilerle karşılaştırma)
- Müdahale araçlarının kontrolü

1.2 Mikro Düzey Erken Uyarı Araçları ve Teknolojileri

Yeryüzü Gözlem Sistemleri

Tarımsal Hava İstasyonları

- Sabit hava istasyonları
 - Otomatik Hava Gözlem İstasyonları
 - Çok İşlevli Hava İstasyonu
 - Deniz/Göl Yüzeyi İstasyonları (Şamandıralar)
- Taşınabilir hava istasyonları
- IoT özellikli Akıllı Hava Durumu İstasyonları (Gerçek Zamanlı Veri Toplama)

Tarımsal Hava İstasyonlarında Kullanılan Sensörler

- Su Seviyesi Sensörleri
- Yağış Sensörleri
- Toprak Nemi Sensörleri
- Su Akış Sensörleri
- Yüksek Yoğunluklu Sıcaklık/Don Sensörleri (Nanoklimat İzleme)
- Bubbler Sensörleri (Su Seviyesi İçin)
- Ultrasonik Sensörler (Su Seviyesi İçin)

- Piranometre (Güneş Radyasyon Sensörü)
- Rüzgar Sensörleri
- Ortam Sensörleri / Ambient Sensors

Erken Uyarı İçin Kullanılan Topluluk Temelli Uyarı Sistemleri

- Gönüllü Hava Gözlemcileri (CoCoRaHS- Community Collaborative Rain, Hail and Snow Network gibi)
- Fırtına Gözcüleri ve Polis Devriyeleri
- Yerel Halkın Gözlemleri ve Bilgileri
- Özel Tüketici Sınıfı Hava İstasyonları (Weather Underground gibi)

Yerel Modelleme ve Tahmin Uygulamaları

Yerel Hidrolojik ve Hidrolik Modeller

- Kentsel Taşkın Tahmininde Uygulama
 - Hidrolojik Modeller
 - Hidrolik Modeller
 - Hibrit Modeller
- Yağış Eşiği Tahmini

Uyarı Yayılımı ve İletişim Mekanizmaları

Dijital ve Mobil Tabanlı Sistemler

- Mobil Uygulamalar
- SMS/Hücreyel Yayın (Wireless Emergency Alerts- WEA)
- Ortak Uyarı Protokolü (CAP)
- Web Tabanlı Platformlar ve Panolar
- Sosyal Medya
- Dijital Yol Tabelaları

Geleneksel ve Topluluk Tabanlı İletişim Kanalları

- Sirenler ve Kamu Anons Sistemleri
- Radyo ve Televizyon Yayınları (Acil Durum Uyarı Sistemi- EAS, NOAA Hava Durumu Radyosu)
- Telefon Aramaları (Otomatik veya Manuel)
- Görsel Sinyaller (Bayraklar, İşaretler)
- Sesli Sinyaller (Davullar, Megafonlar)
- Kapıdan Kapiya Uyarılar ve Topluluk Ağı

1.3 Erken Uyarı Araçlarının Tanıtımı

IoT Tabanlı Akıllı Hava Durumu İstasyonu



Genel Tanıtım

IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı akıllı hava durumu istasyonları; sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr, toprak nemi ve benzeri çevresel parametreleri gerçek zamanlı olarak izleyen ve tarımda erken uyarı sistemleri olarak kullanılan entegre sistemlerdir. Bu cihazlar, tarımsal verimliliği artırmak, ani hava olaylarına karşı müdahale imkânı sunmak ve kaynakları verimli kullanmak amacıyla geliştirilmektedir.

Amaçları

Tarımsal faaliyetlerde hava koşullarına dayalı karar destek sunmak, ani hava olaylarına karşı erken uyarı vermek, sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi müdahaleleri optimize etmek.

Teknik Özellikler

Veri Toplarken Kullanılan Sensörler: Sıcaklık, nem, basınç, yağış, rüzgâr hızıyönü, toprak nemi/sıcaklığı, güneş ışınımı, yaprak ıslaklığı

Bilgi Aktarımını Sağlayan İletişim Sistemleri: LoRaWAN, NB-IoT, 4G/5G

Enerji: Güneş panelli sistem + yedek batarya

Veri işleme: Edge computing ve bazı modellerde yerel yapay zeka

Platform: Bulut tabanlı dashboard, uyarı sistemi ve API entegrasyon

Faydaları

- İklim risklerine karşı erken müdahale
- Tarımsal girdilerde tasarruf (%30'a kadar su, gübre, pestisit)
- Mahsul veriminde artış
- Otomatik sulama ve gübreleme sistemleriyle entegrasyon
- Veri temelli tarımsal planlama ve analiz

Erken Sel Uyarı Sistemleri

Genel Tanıtım

Sel felaketleri genellikle şiddetli yağmurlar, kar erimeleri ya da sürekli yoğun yağışlarla meydana gelir ve insanlar ile mülkleri için ciddi bir tehlike oluşturur. Bu ani gelişen ekstrem hava olaylarına karşı en etkili ve esnek erken uyarı yöntemi elektronik sirenlere dayalı sistemlerdir. Bu sistemler, bir veya daha fazla izleme sistemiyle entegre edilmiş uyarı ve bilgilendirme sistemlerinden oluşur. OCP16 Operatör paneli ya da Vektra yazılım uygulamalarıyla (SCADA, Uyarı ve Bildirim) kontrol edilebilir.



Teknik Özellikler

Hava Durumu İstasyonu ve Sensörler: Toplam yağış ve diğer meteorolojik değişkenleri izler. Nehir, rezervuar ve çamur göletlerinde tehlikeli su seviyesi artışlarını algılar. Elektrik olmayan bölgelerde pilli veya güneş enerjili sensörler kullanılabilir.

EMA İzleme İstasyonu: Sensörlerden alınan verileri toplar, analiz eder. Uyarı kontrol merkezine, cep telefonlarına veya doğrudan elektronik sirenlere, hoparlör sistemlerine ya da işaret lambalarına iletir.

Uyarı ve Bildirim Kontrol Merkezi: Sensörlerden ve izleme istasyonlarından gelen verileri analiz eder. Tehlike durumuna göre aşağıdaki senaryolar uygulanabilir:

- Belediye başkanına SMS göndererek bilgilendirme
- Tehlike altındaki halkı sirenle uyarma
- Acil durum geliştiğinde otomatik sistem aktivasyonu

Elektronik Sirenler: Kritik sensör verilerini işleyerek otomatik uyarı sinyali verir. Yüksek ses kalitesiyle konuşma anonsları yapabilir, tahliye yönlendirebilir.

Bölüm 2

Müdahale Araç ve Yöntemleri

Meteorolojik afetler, tarımsal üretimi doğrudan etkileyerek ciddi ekonomik kayıplara yol açan doğal olaylar arasında yer almaktadır. Meteorolojik afetlerin sadece anlık zararlar yaratmakla kalmayıp, aynı zamanda iklim değişikliği ile uzun vadeli ve artan bir tehdit oluşturduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, tarım sektöründe kriz anı müdahalesinden ziyade, sürdürülebilir ve bütüncül bir dayanıklılık stratejisine geçişin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, ani hava olaylarına karşı tarımsal müdahale yöntemlerinin ve araçlarının kapsamlı bir analizi, gelecekteki tarım politikaları ve yatırımları için temel bir referans noktası sunacaktır. Tarım sektörü, meteorolojik afetlere karşı korunmak için hem köklü geleneksel uygulamalara hem de hızla gelişen modern teknolojilere başvurmaktadır. Bu yöntemlerin ve araçların doğru bir şekilde anlaşılması ve entegrasyonu, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği için hayati önem taşımaktadır. Müdahale yöntemlerinin etkinliği araçların doğru zamanda ve doğru şekilde kullanılmasına bağlıdır. Geç devreye girme verimsizliğe yol açarken, erken devreye girme enerji tüketimini ve maliyetleri artırır. Bu sebeple erken uyarı araçları ile entegre edilerek kullanıldığında etkili sonuçlar vermektedir. Müdahale yöntemleri geleneksel ve modern yöntemler olarak ayrılır.

2.1 Geleneksel Müdahale Yöntemleri

Geleneksel yöntemler, çoğunlukla çiftçilerin nesiller boyu sahada edindikleri tecrübelerle geliştirilmiş, yerel bilgi ve deneyimle şekillenen, düşük teknoloji gerektiren pratiklerdir. Tarımsal afet yönetimi açısından bakıldığında, ürün sigortası kullanımı, çiftlik faaliyetlerinin düzenli kaydedilmesi, güvenlik planlarının hazırlanması gibi temel risk azaltma ve hazırlık adımlarını içerir. Bu kayıtlar, özellikle afet sonrası yardım başvuruları ve zararın belgelenmesi açısından kritik önem taşır. Ancak tüm bu geleneksel yaklaşımlar, günümüzde artan ani ve aşırı hava olaylarına

karşı yeterli koruma sağlamamakla birlikte bazı durumlarda toprak bozulması, su ve enerji kaybı gibi çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, geleneksel bilgilerin değeri korunarak, modern teknolojilerle desteklenmeleri ve daha sürdürülebilir bir tarım altyapısının inşa edilmesi gerekmektedir.

2.2 Modern Müdahale Yöntemleri

Modern tarım yöntemleri, yapay zekâ (AI), nesnelerin interneti (IoT), dronlar, uydu görüntüleri, veri analitiği ve hassas tarım gibi ileri teknolojilere dayanarak tarımsal süreçlerin daha verimli, kontrollü ve dayanıklı hale getirilmesini hedeflemektedir. Bu teknolojiler sayesinde toprak, mahsul ve hava koşulları yüksek hassasiyetle izlenebilmekte; bu da üreticilere zamanında ve doğru kararlar alma imkânı sunarak verimliliği artırmakta ve kaynak kullanımını optimize etmektedir. Modern sistemler yalnızca meteorolojik afetlere karşı dayanıklılığı artırmakla kalmaz, aynı zamanda su, gübre ve tarımsal ilaç gibi girdilerin daha bilinçli ve ölçülü kullanımını teşvik ederek çevresel sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sağlar. Böylece, ekonomik kazanç ile çevresel koruma arasında uyumlu bir denge kurulmuş olur. Özellikle erken uyarı sistemleri, su israfını önleyip verimi yükseltirken, aynı zamanda ekosistemin korunmasına yönelik bütüncül bir fayda sunar. Bu yaklaşım, tarımın sadece üretim odaklı değil, aynı zamanda iklim ve çevre dostu bir yapıya evrilmesini mümkün kılmaktadır.

Tablo 1. Meteorolojik Afetlere Karşı Tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri

Afet Türü	Yöntem Kategorisi	Örnek Yöntemler	Örnek Araçlar
Zirai Don	Geleneksel	Açık ateş yakma Dumanlama Rüzgar kıran bitki setleri Toprak yönetimi Çukur veya setleme yöntemi Alan seçimi Bitki besleme yöntemi ve budama Bitki seçimi ve ekim zamanı Malçlama Gövde boyama Örtüler	Atık lastikler Teneke kutular Odun ve kuru dallar Nemli organik atıklar (sap, saman, yaprak) Çit bitkileri (ardıç, leylandi, mazi) Organik malç (kuru ot, ağaç kabuğu) Ağaç gövde boyası
	Modern	Havanın karıştırılması Isıtma Sulama Kaplama ve örtüleme Kimyasal uygulamalar	Rüzgar makineleri Don fanları Helikopterler Yağmurlama sistemleri Isıtıcılar Sprinkler Don örtüleri
Dolu	Geleneksel	Basit örtüler Geçici barınaklar Basit dolu ağırları	Kovalı/saksılı örtüler Basit ağırlar
	Modern	Gelişmiş dolu ağırları Şok dalga sistemleri Bulut tohumlama	Yüksek dayanıklı dolu ağırları Dolu topları Uçaklar/dronlar (bulut tohumlama)
Ani ve Aşırı Yağış	Geleneksel	Alan seçimi Tarla bazlı yüzey akışı azaltımı, Teraslama Arazi yönetimi Kum torbaları Hendekler	Manuel drenaj kanalları Toprak işleme ekipmanları Setler Ağaçlandırma
	Modern	Baraj ve rezervuarlar Taşkın perdeleri Sel tutucu yapılar Örtü bitkileri Malçlama Mobil pompa sistemleri Kanal yönlendirme sistemleri Geobag sistemleri	Taşkın yönlendirme kanatları Mobil pompa araçları Tekstil torbalar
Kuraklık	Geleneksel	Toprak işleme Malçlama Kuru tarım Yağmur suyu hasadı	Saman Organik malç Toprak havuzları Geleneksel çukurlar
	Modern	Modern sulama sistemleri Alternatif su kaynakları Kimyasal uygulamalar	Damla sulama hattı Sensör kontrollü sulama Su arıtma sistemleri Antitranspirant sprey
Ani ve Aşırı Sıcaklık	Geleneksel	Doğal gölgeleme Malçlama	Ağaçlar, çalılar veya sııklarla kurulan doğal gölgelikler
	Modern	Akıllı sulama Gölgeleme ağırları ve koruyucu seralar, Serinletici Sistemler	Sprinkler Fanlar

Bölüm 3

Zirai Don

Zirai don, dünya genelinde mahsullere ve bahçe bitkilerine büyük zararlar veren bir meteorolojik afettir. Don olaylarını önceden tahmin etmek, zamanında müdahaleyi mümkün kılarak ürün kaybını en aza indireceğinden bu amaçla çeşitli tahmin ve erken uyarı sistemleri geliştirmiştir. Bu sistemlerde sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve güneş radyasyonu gibi çevresel parametreler dikkate alınarak çiğlenme noktası sıcaklığı ve don riski yüksek doğrulukla ön görülebilmektedir. Son yıllarda IoT tabanlı akıllı sistemler, gerçek zamanlı veri akışı ve otomatik koruma eylemleriyle don riskine karşı daha dinamik çözümler geliştirilmiştir. Bu bağlamda geliştirilen Tarımsal Don Erken Uyarı Sistemi (AFEWS), kablosuz sensör ağları, derin öğrenme algoritmaları ve meteorolojik verileri entegre ederek don olaylarını yüksek doğrulukla tahmin etmektedir. Erken uyarı araçları müdahale zamanlamasını optimize ederek enerji maliyetlerini azaltmayı ve mahsul güvenliğini artırmayı hedefler. Zirai donlar temel olarak iki ana tipe ayrılır:

- **Advektif Don:** Kutup kökenli soğuk hava kütlesinin bölgeye hızla girmesiyle meydana gelen advektif don, genellikle rüzgarlı, düşük nemli ve ters sıcaklık (inversiyon) tabakasının bulunmadığı durumlarda gerçekleşir. Bitki hasarı, soğuk hava akımının bitkiden ısıyı hızla uzaklaştırması (adveksiyon) sonucu oluşur. Advektif donlarda rüzgarın varlığı, soğuk hava kütlesinin hızlı hareketine ve bitkiden ısıyı uzaklaştırmasına neden olarak aktif koruma yöntemlerinin etkinliğini sınırlar. Ancak, üstten yağmurlama sistemleri, advektif dona karşı bir miktar koruma sağlayabilen nadir yöntemlerden olmasına karşın buharlaşma kaynaklı soğumayı dengelemek için çok yüksek su uygulama oranları gereklidir.
- **Radyatif (Radyasyonel) Don:** Radyatif don, açık gökyüzü, kuru hava ve sakin rüzgar koşullarında gece boyunca yer yüzeyinin ısı kaybetmesiyle oluşur. Bu durum, genellikle düşük atmosferde sıcak hava tabakası (inversiyon) oluşmasına yol açar. Bitkiler, toprak ve diğer yüzeyler, açık gece gökyüzüne ısı yayarak soğur; bu süreçte bitki do-

kuları çevredeki havadan daha soğuk hale gelebilir. Soğuyan hava yoğunlaşarak yere çöker ve daha alçak kotlara doğru yavaşça akmaya başlar, bu da yer seviyesinde sıcaklık terselmesine (termal inversiyon) yol açar. Aktif müdahale yöntemlerinin en etkili olduğu don tipi radyasyonel dondur. Isıtıcılar, rüzgar makineleri ve ağaç altı yağmurlama sistemleri gibi don koruma sistemleri, radyasyonel donlara karşı koruma sağlamak üzere tasarlanmıştır.

3.1 Zirai Dona Karşı Erken Uyarı Sistemleri

Havadan Veri Toplayan Sistemler

- **Uydu görüntüleri (Sentinel, Landsat, MODIS):** Geniş tarım alanlarında don hasarı ve bitki sağlığı izlenir.
- **Drone ile multispektral görüntüleme:** Yüksek çözünürlükte RGB + NIR verileri ile don etkisi ve stres analizi yapılır. Multispektral drone kameraları, don stresi gibi bitki sağlığı problemlerini henüz gözle görülür hale gelmeden tespit edebilen araçlardır. Bu kameralar, özellikle yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı kenar (red-edge) bantlarıyla, bitkilerin fotosentetik aktivitesindeki azalmaları saptayabilir, bu da don etkisinin erken bir işaretidir.

Örneğin MicaSense RedEdge-P gibi kameralarla yapılan hava çekimleri, erken don stresini NDVI gibi haritalar üzerinden 12-48 saat önceden tespit edebilir.

- **Yapay Zekâ Destekli Görüntü Sınıflandırma:** Drone/sat görüntüleri yapay zekâ algoritmaları ile işlenir.

Veryüzünden Veri Toplayan Sistemler

1 Meteorolojik Gözlem ve Mikroiklim Sensörleri

- **Otomatik meteoroloji istasyonları (OMİ):** Hava sıcaklığı, nem, rüzgar vb. verileri ölçer.
- **Mikroiklim istasyonları:** Lokal bazlı detaylı hava gözlemi sağlar.

2 Sensörler

- **Yaprak sıcaklık sensörleri:** Don riski olan yüzeylerde sıcaklık düşüşünü tespit eder.

Örnek: Radyasyon Don Dedektörü, Kızılötesi Yaprak Sıcaklık Sensörü

- **Piezoelektrik Rezonatörler:** Buz kristallerinin oluşumunu frekans değişimiyle tespit eder.

Örnek: Doktor Filiz IoT Sensör İstasyonu

- Sıcaklık ve toprak nemi sensörü
- Tarımsal sensörler
- Çiğ Noktası ve Radyasyon Sensörleri: Don oluşum koşullarını izler.

Veri İşleme, Tahmin ve Uyarı Sistemleri

Model Tabanlı ve Dijital Sistemler

- **WRF, ALADIN, RegCM gibi İklim Modelleri:** Geniş çaplı don tahminleri yapar.
- **Yapay Zekâ Don Tahmin Modelleri:** Gözlem verileriyle eğitilmiş, lokal uyarılar üretir.

Örnekler: ZiraiMeteoroloji, TARBİL, Pix4Dfields

- **Karar Destek Sistemleri:** Sahadan gelen verileri analiz eder, uyarı üretir.

Örnek: CropX (ABD-İsrail), Fieldclimate (Avustralya), Agritask (İsrail), TARBİL (Türkiye)

- **Veri Görüntüleyen cihazlar:** Davis WeatherLink Konsolu ve Mobilize Uygulaması, Metos TR internet uygulamaları

3.2 Zirai Dona Karşı Tarımsal Müdahale Araçları ve Yöntemleri

Modern Müdahale Yöntemleri

Tablo 2. Zirai Dona Karşı Modern Müdahale Araç ve Yöntemleri

Yöntem Kategorisi	Yöntem / Araç Adı	Çalışma Prensipleri	Avantajları	Dezavantajları	Adana-Seyhan Bağlamında Uygulanabilirlik Değerlendirmesi	Potansiyel Maliyet Düzeyi
Modern	Havanın karıştırılması (Rüzgar makineleri, don fanları, helikopterler, seçici ters baca, drone kullanımı)	Hava inversiyonunda sıcak havayı aşağı indirme	Geniş alanı koruma	Yüksek maliyet, yakıt tüketimi	Orta ¹	Orta ¹
	Isıtma (Don sobaları, sis makineleri, seralar için ısıtma sistemleri, yeraltı ısıtma sistemleri, mobil ısı jeneratörü, kızılötesi ısıtma sistemleri)	Isı ve dumanla çevre sıcaklığını artırma	Direkt ısıtma, etkili	Yüksek maliyet, çevre kirliliği, yoğun işçilik	Orta ¹	Orta*
	Sulama (Yağmurlama sistemleri, kontrollü sulama ve otomasyon sistemleri)	Su donarken açığa çıkan latent ısı ile bitkiyi koruma	Yüksek koruma, ekonomik	Su kaynakları, sürekli uygulama ihtiyacı, buz yükü	Yüksek	Orta
	Kaplama ve örtüleme (Geçirgen tarım örtüleri, termal battaniyeler, tünel örtü sistemleri, yüksek tünel/sera tipi örtüler, koruma kılıfları)	Bitkileri fiziksel olarak örtterek ısıyı hapsedme	Basit, uygun maliyetli	Büyük alanlarda pratik değil, işçilik yoğun	Orta ²	Düşük Orta
	Kimyasal uygulamalar (Kriyoprotektanlar, Yaprak kaplayıcılar, bitki besleme bazlı soğuk tolerans arttırıcılar, inert film-tabaka maddeleri)	Soğuk dayanıklılığını artırma	Su verimliliği ve stres azaltımı	Kurulum maliyeti, teknik bilgi gerekebilir	Orta	Orta

¹ Yüksek maliyetli, belirli alanlar için

² Küçük ve değerli ürünler için

Havanın Karıştırılması

Havanın karıştırılması yöntemi, soğuk hava kütesinin yer seviyesinde birikmesini engelleyerek yukarıdaki sıcak havayla karışmasını sağlar. Bu yöntem, özellikle radyasyonel donlara karşı etkilidir, çünkü inversiyon tabakası bulunan gecelerde sıcak havayı aşağı indirip bitki yüzeyindeki sıcaklığı artırmayı hedefler. Bu yöntem için rüzgar makineleri, don fanları, seçici ters baca, helikopterler ve dronlar kullanılmaktadır.



Rüzgar makineleri (Wind machines): Rüzgar makineleri, tarım alanlarında, özellikle meyve bahçeleri ve bağlarda, don hasarını önlemek için kullanılan araçlardır. Genellikle yüksek direklere veya kulelere monte edilmiş, dizel veya elektrik motorlarıyla çalışan bu makineler, yer seviyesindeki soğuk havayı yukarıdaki daha sıcak hava tabakasıyla karıştırarak ortam sıcaklığını artırır. Makineler, belirlenen bir sıcaklıkta otomatik olarak açılıp kapanabilen kontrol cihazlarıyla donatılabilir. Rüzgar makinelerinin kalıcı olarak tek noktaya kurulan sabit ve traktör veya römorka bağlı olarak farklı bölgelere taşınabilen türleri bulunur.

Tek bir rüzgar makinesi, makinenin boyutuna, tasarımına, yerel topografyaya ve hava koşullarına bağlı olarak 2 ila 15 hektarlık bir alanı koruyabilir. Sıcaklık farkının büyük olduğu durumlarda 1 ila 4°C arasında bir koruma sağlayabilirler. Ancak, aşırı soğuk koşullarda, yüksek rüzgar hızlarında veya yeterli inversiyon tabakası olmadığında etkinlikleri sınırlıdır. Hatta negatif inversiyon durumunda kullanılması, daha soğuk havayı aşağı çekerek zararı artırabilir. Bu sistemlerin avantajları arasında diğer aktif yöntemlere göre genellikle daha enerji verimli olmaları, düşük bakım gereksinimleri ve çevre dostu bir seçenek olarak daha az sera gazı emisyonu üretmeleri yer alır. Başlangıç yatırımı yüksek olsa da uzun vadede işletme ve bakım maliyetleri genellikle düşüktür. Mevcut tarımsal operasyonlara kolayca entegre edilebilir ve diğer don koruma yöntemleriyle birlikte kullanılabilir. Dezavantajları ise genç fidanlarda ve çok soğuk koşullarda yeterli koruma sağlayamayabilir.

Don Pervaneleri: Don pervaneleri, büyük çaplı, yüksek kuleli mekanik cihazlardır. Genellikle elektrik veya dizel motorla çalışır. Atmosferin alt katmanları üst katmanlara göre daha soğuk, üst katmanlar ise daha sıcak hale geldiği durumlarda (Termal inversiyon- ters sıcaklık dağılımı), sıcak havayı yukarıdan çekip yüzeye üfleyerek soğuk havanın yer değişimini sağlar. Mobil benzinli, mobil elektrikli ve sabit elektrikli don pervaneleri gibi türleri bulunmaktadır. Bu makineler, radyasyon donlarına karşı etkilidir ve sıcaklığın normal düzenin tersine döndüğü yükseklik aralığındaki (inversiyon tabakasındaki) sıcak havayı aşağı indirerek bitki çevresindeki sıcaklığı artırır.



Helikopterler: Don riski altındaki alanın üzerinde uçuş yapılarak sıcak hava aşağı bastırılır. Özellikle ABD-Kaliforniya, İtalya gibi yüksek değerli ürün alanlarında kullanılır. Türkiye’de kullanımı maliyetinden kaynaklı yaygın değildir. Büyük bahçelerde acil durum çözümü olarak kullanılır. Helikopterler, don riski altındaki alanın üzerinde uçuş yapılarak, aşağı akım ile yukarıdaki daha sıcak havanın aşağıya bastırılması ve yerdeki soğuk havayla karıştırılması prensibiyle çalışır. Bu işlem, sıcaklığı birkaç derece artırabilir; örneğin, 30 dönümlük bir bahçede 1 dakika içinde yaklaşık 2,2°C artış sağlanabilir. Pilotlar, inversiyon tabakasını belirlemek için sıcaklık ölçerler kullanır ve hedef sıcaklığa ulaşılan kadar 15-25 mil/saat hızla uçuşu tekrarlar. Helikopterler, sadece hava karıştırma için değil, aynı zamanda anti-don kimyasallarının hassas bir şekilde püskürtülmesi ve termal sensörlerle mikro iklim izleme için de kullanılmaktadır.





Seçici Ters Baca (STB): Seçici Ters Baca, donma koruması için termal inversiyon tabakasını kırmak amacıyla baca benzeri bir yapı içinde yer alan büyük bir fanıdır. Soğuk hava, yoğunluğu nedeniyle zemin seviyesinde birikir. STB'nin tabanına yakın havalandırma delikleri, yerin yakınındaki soğuk havayı kanal boyunca yukarı çekilmesini sağlar. Bu, daha sıcak havayı yere çeken bir emme etkisi yaratır. Geleneksel rüzgar fanlarından farklı olarak, STB

fanları soğuk havanın biriktiği doğal veya yapay çukurlara yerleştirilmek üzere tasarlanmıştır. Yaklaşık üç hektarlık bir alanı kapsayabilir. Hem dalgalı hem de düz arazilerde aktif ve pasif don koruma bariyerleri ile kullanılarak koruma sağlar. Dünya genelinde ABD, Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda ve Arjantin gibi ülkelerde 2000'den fazla STB makinesi meyve ve bağ alanlarında kullanılmaktadır.



Drone kullanımı: Bitki don korumasında kullanılan hava karıştırma teknikleri hızla yaygınlaşan insansız hava araçları (İHA'lar) gibi farklı teknolojiler ile desteklenmektedir. Dron kullanımının etkinliği; teknolojinin tipi, fan hızı, dönüş süresi, eğim açısı, İHA'nın uçuş yüksekliği ve hızı gibi operasyonel parametreler ile, sıcaklık terselmesi (inversi-

yon) şiddeti, rüzgar sürüklenmesi gibi meteorolojik koşullar ve korunmaya çalışılan bitki türü ile coğrafi konum gibi faktörlere bağlı olarak büyük ölçüde değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Şeftali ağaçları çiçeklenme döneminde kritik don sıcaklığına ulaştığında, İHA'nın müdahalesinin, 2,5 °C ila 3 °C artış aralığıyla yere yakın yüzey katmanındaki sıcaklığı artırabileceği ve don hasarını hafifletmek için güvenilir bir yöntem sağladığını ortaya koymuştur.

Isıtma

Isıtma yöntemleri, ortam sıcaklığını doğrudan yükselterek donun zarar verici etkisini azaltmayı amaçlar. Don olayları sırasında yakıt yakılarak genellikle bahçelere ek ısı sağlanır. Bu yöntemin uygulaması için don sobaları, sis makineleri, sıcak hava üfleyiciler, sera ısıtma sistemleri, toprak altı ısıtma sistemleri, mobil ısı jeneratörü ve kızılötesi ısıtma sistemleri gibi araçlar kullanılmaktadır.

Don sobaları: Don sobaları, özellikle açık alan tarımında gece oluşabilecek radyasyon donlarına karşı kullanılan ısıtma sistemleridir. Temel amacı hava sıcaklığının sıfırın altına düşmesini engelleyerek bitkilerin zarar görmesini önlemektir. Bu sobalar genellikle odun, kömür, mazot, parafin, LPG gibi yakıtları kullanarak ısı yayar ve atmosferdeki sıcaklık dağılımını değiştirir. Alternatif olarak don önleyici mumlar da kullanılmaktadır. Küçük, çok sayıda ateşin bahçeye dağıtılması, birkaç büyük ateşten daha iyi koruma sağlamaktadır. Ancak, ısıtma kapasiteleri sınırlıdır ve büyük ölçekli meyve bahçeleri için çok sayıda ısıtıcıya ihtiyaç duyulur. Çevresel kirliliği, yüksek işgücü gereksinimi ve bakım zorlukları da diğer dezavantajlardır.



Sis makineleri: Sis makineleri, sıvı parafin gibi maddelerin yakılmasıyla yoğun duman ve sis tabakası oluşturarak çalışır. Bu duman tabakası, bitki çevresinde radyasyonel ısı kaybını engelleyici bir bariyer görevi görür ve sıcaklığı korur. Termal sisleme makineleri, taşınabilir termal sisleme makineleri ve traktör arkası veya el tipi mobil sisleme üniteleri gibi çeşitleri bulunur. Sisleme, ısı kaybını azaltmada etkili olabilir ancak dumanın hassas ürün alanı üzerinde kalmasını sağlamak ve uzun dalga radyasyonu engelleyecek optimum damlacık boyutunu üretmek zordur.



- Termal sisleme makineleri
- Sıvı parafin yakılarak oluşturulan duman tabakası, sıcaklığı korur ve ısı kaybını azaltır
- Taşınabilir Termal Sisleme Makinaları
- Mobil sisleme üniteleri
- Traktör arkası veya el tipi taşınabilir sistemler.

Sıcak hava üfleyiciler: Sıcak hava üfleyiciler, mazotla çalışan fanlı ısıtıcılardır. Isıtılmış hava, fan yardımıyla geniş bir alana yayılır. Örnek olarak FrostGuard (don koruyucu) sistemi gösterilebilir. Isıtılmış havayı iki çıkıştan ağaçlar arasına üfleyerek çalışır. Frostbuster gibi mobil sistemler, 8-10 hektara kadar alanı koruyabilir ve su kaynağı olmayan alanlarda veya su ile korunamayan meyveler için kullanılabilir. Düşük işletme ve bakım maliyetleri, çevre dostu ve su kullanımına bağlı hastalık riski olmaması gibi avantajları vardır. Ayrıca, çiçeklenme döneminde meyve tutumunu artırmak ve plastik tünellerde sıcaklığı yükselterek hasat tarihlerini öne çekmek veya uzatmak için de kullanılabilir.



Seralar için ısıtma sistemleri:

Seralarda don ve düşük sıcaklıklara karşı koruma sağlamak için çeşitli ısıtma sistemleri kullanılır. Bunlar arasında doğal gazlı veya kömürlü ısıtma sistemleri, jeo-termal kaynaklı ısıtma ve güneş etkili sistemler yer alır. Kızılötesi iç mekan ısıtma sistemleri, özellikle seralarda doğrudan bitki yüzeyine ısı vererek hava kayıplarını azaltır. Fareffect Sera Isıtma Sistemi gibi ürünler, uzun dalga kızılötesi radyasyon yayarak bitkiyi yapraktan köke kadar homojen bir şekilde ısıtır ve buzlu su damlacıklarının bitkilere damlamasını engeller.



Toprak altı ısıtma sistemleri: Toprağın içinden yukarıya ısı vererek bitki kök bölgesini korumayı ve hava sıcaklığını etkilemeyi amaçlayan sistemlerdir. Genellikle elektrikli kablo sistemleri (rezistans tabanlı) veya sıcak

su borulu ısıtma sistemleri (sera zeminlerinde) şeklinde uygulanır. Sera toprağı ısıtma kabloları, hızlı çimlenme ve bitki büyümesinin iyileştirilmesi için ideal ortam sıcaklığını sağlar. Hem iç hem de dış mekanlarda, sera banklarında veya doğrudan zeminde kullanılabilir. Bir termostat ile kullanıldığında, günün sıcak saatlerinde kapanarak enerji tasarrufu sağlar ve sürekli bir toprak sıcaklığı sağlamaya yardımcı olur.



Mobil ısı jeneratörü: Mobil ısı jeneratörleri, traktörle çekilebilen veya 3 noktalı bağlantı ile monte edilebilen, traktörün PTO'su ile çalışan güçlü bir fan ve gaz yakıcı içeren makinelerdir. Isıtılmış havayı iki çıkıştan ağaçlar arasına üfleyerek çalışır. Frostbuster örnek olarak verilebilir. Bu sistemler, diğer sistemlere göre hektar başına daha ucuz koruma sağlar. Su kaynağı olmayan alanlarda veya su ile korunamayan meyveler için uygundur. Radyasyon donu ve rüzgar donu sırasında etkilidir. Meyve tutumunu iyileştirme, mobilite, düşük işletme ve bakım maliyetleri, çevre dostu olması ve su kullanımına bağlı hastalık riski olmaması gibi birçok avantaj sunar. Ayrıca, plastik tünelleri ısıtmak ve hasat tarihlerini öne çekmek veya uzatmak için de kullanılabilir.



Kızılötesi (Infrared) Isıtma Sistemleri: Kızılötesi (IR) ısıtma sistemleri, IR tüpleri aracılığıyla doğrudan bitki yüzeyine ısı verir. IR ışımaya doğrudan dokuya etki ederek hava kayıplarını azaltır. Otomatik başlatma ve sensör destekli yönetim mümkündür. Frolight, üzüm bağları gibi has-



sas tarım alanlarında bahar donlarını önlemek için geliştirilmiş çevreci, otomatik bir kızılötesi ısıtma sistemidir. İki temel bileşenden oluşur: IR Kontrol Ünitesi (ortam sıcaklığını sensörlerle izleyip, belirlenen eşik sıcaklığa erişildiğinde otomatik olarak IR-Tube sistemini devreye alır) ve IR Tüpleri (LED benzeri uzun infrared kablolar; budak ve gövdeyi doğrudan hedef alarak ısıtma sağlar). Otomatik çalışması sayesinde manuel müdahaleye gerek kalmaz. Kızılötesi radyasyon, ısıyı doğrudan sürgünlere iletir ve çevredeki havayı ısıtmadığı için rüzgar ve yağmurdan etkilenmez, bu da her türlü hava koşulunda güvenilir koruma sağlar. Başlangıç maliyeti diğer yöntemlere benzer olsa da işletme maliyetleri daha düşüktür.

Sulama

Zirai don olaylarına karşı sulama ile müdahale, bitki çevresinde mikroklimayı düzenleyerek ya da doğrudan ısı salımı sağlayarak don hasarını önlemeyi amaçlar. Nemli toprağın termal tamponlama etkisi ve suyun donarken açığa çıkardığı gizli ısı olmak üzere iki temel prensipten yararlanır. Suyun donmasıyla her gram başına 80 kalori ısı enerjisi açığa çıkar. Sıcaklık eksiye düşmeden çalıştırılmamalı ve güneş doğup buzlar kendiliğinden eriyecek sıcaklığa gelinceye kadar sistem kapatılmamalı. Yakın yerlerde su kaynağının olmaması ya da elektrik kesilmesi gibi sulamayı kesintiye uğratabilecek risklerin önüne geçilmesi gerekmektedir.

Yağmurlama sistemleri: Bu yöntem, don riskinin olduğu gecelerde bitkiler üzerine belirli bir oranda ve sürekli olarak su püskürtülmesine dayanır. Su, bitki yüzeyinde donarken gizli ısı açığa çıkarır, bu da bitkinin yüzey sıcaklığının 0 °C'nin altına düşmesini engeller ve bitkiyi don zararından korur. Modern sprinkler sistemleri, suyun eşit dağılımını ve etkili kullanımını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Don sırasında sistem sürekli çalıştırılmalı ve ertesi gün buz kristalleri çözülene kadar devam etmelidir. Yağmurlama sistemlerinin bitkinin üst kısmına yerleştirilmiş sabit ve bitkinin alt kısmına monte edilen mikro sprinkler gibi türleri bulunur. Bazı durumlarda -9 ila -10°C'ye kadar koruma sağlayabilir. Ancak, su uygulama oranı yetersiz ise veya rüzgar hızları yüksek ve nem düşerse, buharlaşma yoluyla bitki sıcaklığı düşebilir ve hasar artabilir. Sprinkler akıllı sulama sistemleri ile sensör teknolojileri (sıcaklık, toprak nemi vb.) ve otomasyonu birleştirerek don riski oluştuğunda sulama sistemlerini otomatik olarak devreye sokabilir. Bu, manuel müdahale ihtiyacını azaltır ve suyun daha verimli kullanılmasını sağlar. Tarlalara yerleştirilen sıcaklık sensörleri, donma noktasına yaklaştığında veya düştüğünde sulama

sistemini otomatik olarak çalıştırarak don korumasını sağlar, su ve enerji kullanımını optimize eder.

Sensör tabanlı otomatik sulama üniteleri: Tarlalara yerleştirilen sıcaklık sensörleri donma noktasına yaklaştığında veya düştüğünde, sulama sistemini otomatik olarak çalıştırarak don korumasını sağlar.

Uzaktan kontrollü sulama platformları: Mobil uygulamalar veya web tabanlı arayüzler aracılığıyla uzaktan kontrol edilebilen, don riskine karşı sulama programlarını anında ayarlama veya başlatma imkanı sunan sistemler.



Kaplama ve Örtüleme

Kaplama ve örtüleme yöntemlerinin amacı, bitki ile çevre arasında yalıtım oluşturarak don zararını engellemektir.

Geçirgen tarım örtüleri: Bitki üzerine doğrudan temas ederek ısıyı tutan ve nem değişimini dengeleyen hafif kumaşlardır. Polipropilen örtüler, polietilen ince film örtüler ve ağ tipi don örtüleri gibi çeşitleri bulunur. Bu örtüler, yüzeyden ısı kaybını azaltır. Hafif olmaları ve kolayca serilip toplanabilmeleri avantajlarıdır. Ayrıca zararlı haşerelere karşı da koruyucudurlar. Ancak, büyük alanlar için malzeme maliyeti, depolama ve işçilik gereksinimleri önemli dezavantajlarıdır.

Termal battaniyeler: Termal battaniyeler, yüksek yalıtım sağlayarak ısıyı içeride tutan örtülerdir. Çift katlı termal keçe örtüler, reflektif örtüler ve alüminyum kaplı yalıtım örtüleri gibi çeşitleri bulunur. Bu örtüler, bitkileri dondan korumak için ısıyı hapsederek çalışır. Toprakta biriken ısıyı bitkinin etrafında tutarak don hasarını önler. Farklı kalınlıklarda bulunurlar, ancak bitkilere daha az ışık ve su ulaşmasını sağlarlar. Bu sebeple genellikle daha sert hava koşullarında kullanılırlar.

Tünel örtü sistemleri: Bitkilerin üzerine yarım daire biçimli tel iskelet çekilerek örtü örtülür.

Yüksek tünel / sera tipi örtüler: İç ısıtma olmaksızın da dona karşı koruma sağlar. Türkiye’de plastik sera örtüsü yaygın olarak kullanılır. Globalde çift katmanlı örtüler ve otomatik havalandırmalı sistemler tercih edilir.

Ağaçlar için özel koruma kılıfları / Don çuvalları: Fidan ve genç ağaçlar için gövde etrafına sarılır veya tepeyi kaplar, Nefes alabilir, nem tutmayan kumaşlardır.



Kimyasal Uygulamalar



Bitkilerin don etkilerine karşı kullanılan kimyasal uygulamalar çiçeklenmeyi belirli bir gelişme aşamasına kadar geciktirmek ve bitkinin direnci artırmak olmak üzere iki prensiple çalışır. Çiçeklenmeyi geciktiren yöntemler don başlangıcından önce sonbaharda gerçekleştirilir, diğerleri ise donun etkilerini azaltmak ve hasarı onarmak için don duyurusundan hemen önce bitkilere etki etmeyi içerir. Bazı antitranspirantlar veya kriyoprotektanlar, bitki yüzeyinde koruyucu film oluşturarak soğuk etkisini azaltır. Kimyasal uygulamalar tek başına don koruması sağlamaz, aktif yöntemlerle birlikte kullanılması önerilir. Uygulama zamanı ve sıcaklık çok kritiktir. Yanlış zamanda uygulanırsa zararı olabilir. Her bitki türü bu kimyasallara aynı toleransı göstermez. Sırt tipi el pompası, Traktör arkası püskürtücü, Motorlu sırt pülverizatörleri, Dronla püskürtme sistemleri gibi uygulama araçları ile gerçekleştirilir.

Kriyoprotektanlar: Bitki hücrelerinde buz oluşumunu geciktirir ya da azaltır ve suyun donma noktasını düşürür.

Antitranspirantlar (Yaprak kaplayıcılar): Bitki yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturarak su kaybını azaltır ve don zararını sınırlar. Don oluşmadan 24 saat önce püskürtülür.

Bitki besleme bazlı soğuk tolerans arttırıcılar: Bitkinin genel fizyolojisini güçlendirerek dona karşı dayanıklılığı artırır. Sonbaharın sonlarında uygulanır.

İnert film-tabaka maddeleri: Don öncesi uygulandığında yüzeyde fiziksel bir koruma sağlar.

Isı üreten kimyasallar: Bu preparatlar yapraklara ve ağaca püskürtülür ve bir miktar ısı üretir, çünkü bu madde suyla temas ettiğinde ısı yayar.

Geleneksel Müdahale Yöntemleri

Açık ateş yakma (Yığın yakma): Ortama ısı ve duman vererek don etkisini azaltmak için lastik, saman, odun, kuru ot gibi materyallerin kontrollü olarak yakılması zirai dona karşı kullanılan geleneksel uygulamalardan biridir. Günümüzde çevre kirliliği ve kontrolsüzlük nedeniyle önerilmemektedir.

Dumanlama (Sisleme): Duman, havada bir “ısıl perde” oluşturarak uzun dalga boylu ısı radyasyonunun atmosfer dışına çıkmasını yavaşlatır. Yaş yaprak, nemli ot, hayvan gübresi gibi nemli materyallerin yakılarak yoğun duman tabakası oluşturulması bitki çevresinde radyasyonel ısı kaybını engelleyici bir sis tabakası oluşturur.

Rüzgar kıran bitki setleri: Ağaç şeritleri, rüzgar perdeleri ve doğal koruma sağlayan unsurlar, donun etkisini azaltabilir. Bu uygulamalar: Soğuk hava hareketini yavaşlatarak mikro iklim oluşturur, ancak dikkatli planlanmadığı takdirde soğuk hava birikmesine neden olabilir, Bu nedenle yerleşimleri, hava akımını tamamen engellemeyecek şekilde yapılmalıdır.

Toprak yönetimi: Nemli toprak, gündüz daha fazla güneş enerjisi emer ve gece daha yavaş ısı yayar, bu da bitki etrafındaki hava sıcaklığını hafifçe artırarak don riskini azaltır. Bu prensiple, don öncesi öğleden sonra sulama tavsiye edilirken, gece yaprak ıslaklığından kaçınılmalıdır. Toprak işlemekten kaçınmak da toprağın ısı tutma kapasitesini korumasına yardımcı olur.

Malçlama: Malçlama, toprak yüzeyini organik veya inorganik materyallerle örtme işlemidir. Özellikle toprak sıcaklığını düzenleme ve nem koruma gibi etkileri sayesinde bitki kök bölgesinin don stresine karşı korunmasını sağlar. Malç, toprağın ani ısı kaybetmesini engelleyerek kök bölgesini 1-3 °C daha sıcak tutabilir. Bu, don stresine karşı dirençli bir mikroklima sağlar. Özellikle saman, ağaç kabuğu, kompost gibi organik malçlar yalıtkan özellik göstererek toprak ısınıncı gece boyunca daha uzun süre korur. Açık toprak gece daha hızlı ısı kaybeder.

Gövde boyama: Yaprak döken meyve ağaçlarında, özellikle kış aylarında gövde sıcaklığındaki ani değişimler (gündüz güneşle ısınma, sonra ani soğuma) kabukta uzunlamasına çatlaklara neden olabilir. Beyaz lateks boya, güneş ışığını yansıtarak gövdenin aşırı ısınmasını önler ve böylece sıcaklık dalgalanmalarını azaltır. Bu termal dengeleme, özellikle güneş

ışınlarının aniden engellendiği durumlarda meydana gelen hızlı soğumanın ve buna bağlı kabuk çatlamalarının önüne geçer. Ayrıca, gövde yüzeyine boya uygulamak, don hasarına karşı fiziksel bir bariyer oluşturarak bazı türlerde (örneğin şeftali) don toleransını artırabilir.

Bitki besleme yönetimi ve budama: Bitkilerin don direncini artırmak için uygun besleme programları uygulamak ve ölü veya hastalıklı odunları temizleyerek soğuk hava birikimini engellemek pasif koruma sağlar. Azotlu gübreleme ve diğer besin maddelerinin don hasarına karşı hassasiyeti etkilediği bilinmektedir. Genel olarak, sağlıklı ağaçlar hasara daha yatkındır ve gübreleme bitki sağlığını iyileştirir. Uygun şekilde gübrelenmeyen ağaçlar sonbaharda yapraklarını daha erken dökme, ilkbaharda daha erken çiçek açma ve tomurcuk donu hasarına karşı daha hassas olma eğilimindedir. Parazit saldırıları, yaprak dökülmesi, büyük hasatlar ve gecikmiş hasatlar da don hasarını artırabilir. Don hasarından sonra ağaçlar, zararlıların neden olduğu hasara karşı daha hassas hale gelir.

Bitki seçimi ve ekim zamanlaması: Bitki türü ve çeşidi, don riskine karşı temel belirleyicidir. Geç çiçeklenen tür ve çeşitler tercih edilmeli, Genetik olarak düşük sıcaklıklara dayanıklı, ıslah edilmiş türler kullanılmalı, Geç ekim yapılmak suretiyle bitkilerin hassas fenolojik dönemleri (çiçeklenme, meyve tutumu) don riskinin düşük olduğu döneme kaydırılmalıdır.

Alan seçimi: Soğuk hava, sıcak havadan daha yoğundur, bu nedenle aşağı doğru akar. Soğuk havanın birikme eğiliminde olduğu alçak alanlardan kaçınmak, don riskini azaltmada önemli bir adımdır. Dikkate alınması gereken faktörler soğuk hava drenajı, eğim ve yön ile toprak tipidir.

Tablo 3. Zirai Dona Karşı Geleneksel Müdahale Araç ve Yöntemleri

Yöntem Kategorisi	Yöntem / Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları	Adana-Seyhan Bağlamında Uygulanabilirlik Değerlendirmesi	Potansiyel Maliyet Düzeyi
Geleneksel	Açık ateş yakma	Isı ve dumanla çevre sıcaklığını artırmak	Doğrudan ısıtma, basit ve hızlı uygulanabilir	Çevre kirliliği ve kontrolsüz yangın riski	Düşük ¹	Düşük
	Dumanlama	Havanın ısı kaybını azaltmak için dumanla perde oluşturmak	Ucuz materyal, hedefe yönelik müdahale	Görüş azalması, hava kirliliği, düşük etkili	Düşük ¹	Düşük
	Rüzgar kıran bitki setleri	Rüzgar akışını yavaşlatmak	Kolay uygulanabilir, kültürel geleneklere dayanır	Bilimsel etkinliği yok, gürültü kirliliği yaratabilir	Düşük ²	Düşük ²
	Toprak yönetimi	Nemli toprakla ısı depolamak	Düşük maliyetli, diğer yöntemlerle uyumlu	Yanlış sulama zararlı olabilir	Yüksek	Düşük
	Alan seçimi	Soğuk hava birikimini önlemek için uygun arazi seçimi	Düşük maliyetli, doğal uyum	Sınırlı etki, arazinin uygunluğu sınırlayıcı	Yüksek	Düşük
	Bitki besleme yöntemi ve budama	Bitkilerin don direncini artırmak için kullanılan yöntemler	Bitki sağlığını destekler	Tek başına yetersiz	Yüksek	Düşük
	Bitki seçimi ve ekim zamanı	Geç çiçeklenme ve dayanıklı türler	Uzun vadeli koruma, verim artışı	Geç ekim geç hasad, düşük verim, uygun tür ve tohumu bulma zorluğu	Yüksek	Düşük
	Malçlama	Kök izolasyonu, sıcaklık dalgalanmasını azaltma.	Nem koruma, buharlaşma azaltımı	İşgücü ve maliyet yüksek	Yüksek	Düşük
	Gövde boyama	Güneş ışığını yansıtma	Kolay ve ucuz uygulama	Sadece gövdeyi korur, yıllık tekrar gerekir	Orta	Düşük

¹ Çevresel riskler nedeniyle² Bilimsel olarak kanıtlanmış bir etkinliği bulunmamaktadır ve gürültü kirliliği yaratabilir.

Bölüm 4

Dolu

4.1 Doluya Karşı Erken Uyarı Sistemleri

Doluya karşı tarımsal erken uyarı sistemleri, şiddetli hava koşullarının mahsuller üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak açısından kritik öneme sahiptir. Bu sistemler; radar teknolojileri, yapay zeka ve kinetik etki sensörleri gibi ileri teknolojileri kullanarak çiftçilere zamanında ve yerel düzeyde uyarılar sağlar. Gerçek zamanlı hava verileriyle desteklenen tahmine dayalı analizler, dolu tahminlerinin doğruluğunu artırır ve önleyici müdahaleleri mümkün kılar. Makro ölçekteki ulusal radar verilerinin, mikro ölçekte sahaya özgü sensörlerle entegre edilmesiyle oluşturulan çok katmanlı yapı hem geniş çaplı uyarılar hem de yerelleştirilmiş risk değerlendirmeleri sunar. Bu sayede, ani ve lokal dolu olaylarına karşı hızlı, etkili ve hedefe yönelik koruma stratejileri geliştirilebilir, böylece tarımsal kayıplar en aza indirilir.

Radar Tabanlı Tespit (Havadan/Uzaktan):

Doppler Radarı: Dolu tespiti için yaygın olarak kullanılan bir radar türüdür. Dolu, Doppler radarlarında genellikle aşırı yoğun yağışla benzer bir sinyal profili verir. Bu sayede dolunun varlığı tespit edilebilir, ancak yağış türlerinin ayrımı sınırlıdır.

Çift Polarizasyonlu Radar (örn. NWS/NOAA): Bu gelişmiş radar teknolojisi, yağışın polarizasyon özelliklerini analiz ederek farklı hidrometeor türlerini (yağmur damlaları, buz kristalleri, dolu taneleri vb.) birbirinden ayırt edebilir. Doluya özgü sinyalleri tanımlayabilir ve dolu boyutunu tahmin edebilir.

Gelecek Radar (FlashWeather.AI): Gelişmiş ticari hava durumu istihbarat platformları, radar verilerini işleyerek 18 saate kadar ileriye dönük dolu tahminleri sunabilir. Bu sayede şiddetli hava olaylarına karşı daha önceden hazırlık yapılabilir, risk yönetimi ve operasyonel planlama daha etkin hale gelir.

Yapay Zeka (AI) ve Makine Öğrenimi ile Dolu Tahmini

- Yapay zeka (AI) ve makine öğrenimi (ML), tarımsal hava durumu tahminlerini daha isabetli ve yerel hale getirerek çiftçilere kritik karar destekleri sunmaktadır. AI tabanlı modeller; tarihsel hava verileri, gerçek zamanlı sensör ölçümleri ve drone görüntüleri gibi büyük veri kaynaklarını işleyerek mikro iklim düzeyinde son derece hassas tahminler yapabilir. Bu sistemler, yerel hava desenlerinden öğrenir, ani değişikliklere uyum sağlar ve yüksek doğrulukta sonuçlar üretir.
- Dolu özelinde, ML algoritmaları ERA5 yeniden analiz verilerinden türetilen termodinamik ve dinamik parametreleri kullanarak konvektif yağışları ve dolu oluşumunu, hatta dolunun boyutunu tahmin edebilmektedir.
- AI destekli tahminler yalnızca erken uyarının yanı sıra tarımsal planlamada da önemli avantajlar sunar. Örneğin, ekim zamanlamasının geç don riskine göre ayarlanması veya yaklaşan dolu fırtınalarına karşı hasadın öne çekilmesi gibi stratejik kararlar sayesinde hem verim korunur hem de üretim potansiyeli maksimize edilir.

IoT Sensörleri ile Dolu Etki Tespiti ve İzleme

- Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisi, tarım alanlarında çevresel verilerin kesintisiz izlenmesini mümkün kılarak, dolu gibi ani ve şiddetli hava olaylarına karşı hızlı ve veri temelli müdahale imkânı sağlar. Örneğin HailSens IoT sensörleri, dolu tanelerinin büyüklüğü, yoğunluğu ve dağılımı gibi verileri anlık olarak toplar. Her bir dolu darbesini zaman damgasıyla kaydeder ve doğrudan kinetik etki verilerinden hasar potansiyelini analiz eder. Gerçek zamanlı veri akışı sayesinde, kullanıcıya özel uyarı sistemleri oluşturulabilir. Bu sayede çiftçiler, yaklaşan dolu tehlikesine karşı koruyucu önlemleri zamanında devreye sokabilir.
- IoT sensörleri mevcut meteorolojik istasyonlara entegre edilebilir ve geniş izleme alanlarıyla 7/24 aktif olarak çalışabilir. Sensör sağlığı ve işleyiş durumu da sürekli izlenerek bakım ihtiyacı önceden belirlenebilir. Bu durum, çiftçilerin sahaya fiziksel müdahale gereksinimini azaltırken sistem güvenilirliğini artırır.

Hava Durumu Dronları

- Hava durumu ölçüm dronları, Alt ve orta troposferde doğrudan meteorolojik ölçümler yapabilen özel olarak tasarlanmış araçlardır. Sıcaklık, nem, hava basıncı ve rüzgar hızı gibi temel atmosferik parametreleri yüksek çözünürlükte ve yerinde toplarlar. Bu ölçümler, özellikle geleneksel radar ve uydu sistemlerinin yetersiz kaldığı gözlemsel boşlukları doldurur. Böylece dolu ile bağlantılı şiddetli hava olaylarının daha isabetli ve erken tahmin edilmesine olanak tanır. Meteodrones verileri, sayısal hava tahmin modellerine doğrudan entegre edilerek hem lokal hem de bölgesel ölçekte tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırır. Bu teknoloji, afet yönetimi, tarımsal planlama gibi alanlarda kritik bir fark yaratmaktadır. Meteodrones bu amaçla üretilmiş bir hava durumu dronudur.

4.2 Doluya Karşı Tarımsal Müdahale Araçları

Dolu, atmosferdeki su damlacıklarının donma noktasının altındaki sıcaklıklarda buz kristallerine dönüşerek büyümesi ve yerçekimi etkisiyle yer yüzüne düşmesiyle meydana gelen bir yağış türüdür. Bu buz parçacıkları, boyutlarına ve düşme hızlarına bağlı olarak tarım ürünlerinde ciddi fiziksel ve mekanik hasarlara yol açabilir. Dolu tanelerinin bitki yapraklarına, çiçeklerine ve meyvelerine doğrudan çarpması, ürünlerde ezilme, yırtılma, morarma, kırılma ve dökülme gibi zararlara neden olur. Bu hasarlar, verim ve kalite kaybına, hatta bitkinin tamamen kaybına yol açarak çiftçiler için önemli ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. İklim değişikliği ile aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddetinin artması, dolu riskini de yükseltmektedir. Bu durum, çiftçilerin dolu hasarına karşı daha dirençli ve adaptif stratejiler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Geleneksel tarım uygulamaları, bu yeni iklim dinamikleri karşısında yetersiz kalmakta, bu da modern, teknoloji tabanlı müdahale yöntemlerinin önemini artırmaktadır.

Tablo 4. Dolu Müdahale Araç ve Yöntemleri

Yöntem Kategorisi	Yöntem /Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları	Adana-Seyhan Bağlamında Uygulanabilirlik Değerlendirmesi	Potansiyel Maliyet Düzeyi
Modern	Dolu Savar Topları	Asetilen-oksijen patlamalarıyla şok dalgası üreterek dolu oluşumunu bozma	Otomatik aktivasyon, geniş alan koruma	Bilimsel etkinliği tartışmalı, gürültü kirliliği	Düşük ¹	Yüksek
	Dolu Fileleri	Yüksek dayanıklı polipropilen ağlarla fiziksel bariyer oluşturma	Yüksek koruma, uzun ömürlü, gölgeleme sağlar	İlk kurulum maliyeti, estetik kaygılar, hava akışını etkileyebilir	Yüksek ²	Orta Yüksek
	Bulut Tohumlama	Bulutlara buz çekirdeği (gümüş iyodür) ekleyerek dolu tanesi büyümesini sınırlama	Büyük ölçekli etki, yağış artışı potansiyeli	Yüksek maliyet, çevresel etkiler, kontrol zorluğu	Düşük ³	Çok Yüksek
Geleneksel	Geleneksel Kaplama (Ters Kova/ Saksı/ Basit Örtü)	Bitkileri dolu darbesinden koruma	Çok düşük maliyetli, kolay uygulanır	Sınırlı alan, büyük bitkiler için uygun değil,	Yüksek ⁴	Çok Düşük
	Geleneksel Dolu Ağları	Basit ip/bez örgülerle fiziksel engel oluşturma	Ucuz, yerel kaynaklarla üretilebilir	Dayanıklılığı düşüktür, rüzgarda etkisiz olabilir	Orta ⁵	Düşük
	Gürültü ile Müdahale	Teneke çalma, ses çıkararak atmosferik etkileri bozma inancı	Kolay uygulanabilir, kültürel geleneklere dayanır	Bilimsel etkinliği yok, gürültü kirliliği yaratabilir	Düşük ⁶	Düşük ⁶

¹ Bilimsel etkinliği tartışmalı olduğu ve gürültü kirliliği yarattığı için yerel kabulü zor olabilir² Özellikle değerli ürünlerin yetiştirildiği alanlar için etkili ve sürdürülebilir bir koruma sağlar³ Yüksek maliyetli ve çevresel etkileri nedeniyle yerel yönetimler için uygulanması zor bir yöntemdir⁴ Küçük ölçekli üretim ve ev bahçeleri için geçici ve pratik bir çözüm sunar⁵ Daha dayanıklı modern ağlara kıyasla sınırlı koruma sağlar, ancak düşük maliyetli bir başlangıç olabilir⁶ Bilimsel olarak kanıtlanmış bir etkinliği bulunmamaktadır ve gürültü kirliliği yaratabilir

Modern Müdahale Araç ve Yöntemleri

Modern bir dolu müdahale sistemin etkili bir şekilde kullanılması için bölgesel ve yerel ölçekte aşırı hava olaylarının zamanında tahmin edilmesi gereklidir. Dolu bastırma mekanizması esas olarak iki teknik çizgiyi takip eder, tohumlama yoluyla ve patlama yoluyla dolu bastırma. Teknik olarak, dolu bastırma operasyonları esas olarak uçak, roketatar gibi araçlar tarafından dolu bulutlarına yapay buz çekirdekleri ekilmesini veya yer topçusu tarafından yapay buz çekirdekleri içeren mermilerin fırlatılmasını içerir, bu da dolunun büyümesini bastırmak veya zayıflatmak için dolunun büyüme sürecini etkileyebilir.

Dolu Savar Topları: Dolu savar topları, bulutlardaki buz parçacıklarını eriten şok dalgaları yaratmak ve dolu oluşumunu ve büyümesini fiziksel olarak engellemek için kullanılır. Bu toplar, dolu taneleri oluşmadan önce havada şok dalgası yaratarak donmayı önlemeyi amaçlar. Şok dalgaları halihazırda oluşmuş doluyu etkilemediğinden, dolu karşıtı toplar dolu bulutlarının oluşumundan 20 dakika önce etkinleştirilmelidir, böylece etkinlikleri artırılır. Etkinlikleri hakkında hala bilimsel çelişkiler mevcuttur.



Dolu Fileleri-Dolu Ağları: Dolu fileleri veya dolu ağları, bitkilerin üzerine düşen dolu tanelerinin fiziksel ve mekanik etkisini azaltmayı veya tamamen önlemeyi amaçlayan bitki koruma sistemleridir. Bu ağlar, tarımda kullanılan dokunmuş, dokunmamış veya örülmüş tekstil malzemelerinden oluşan agrotekstil ürünlerinin bir parçasıdır. Doluya karşı koruma sağlayan bu ağlar, özellikle mahsulün yapraklarının dökülmesini engellemek amacıyla hafif ve ince dokulu ağ (tül) şeklinde tasarlanmıştır. Ayrıca, kırılmaya karşı dayanıklı ve ultraviyole ışınlarına karşı dirençlidirler, böylece uzun süre etkin biçimde kullanılabilirler.



Türleri

- Üstten örtmeli file sistemleri (tek yönlü germe)
- Çadır tipi file sistemleri (yanlardan eğimli)
- Sabit direkli ağ sistemleri (örnek: T tipi, Y tipi direk yapısı)
- Kayar/katlanabilir file sistemleri (hareketli, manuel veya otomatik)
- Akıllı dolu ağ sistemleri (otomatik açılır/kapanır)
- Mini Tünel veya Alçak Tünel Sistemleri

Araçlar

- UV dayanımlı polietilen fileler
- Ağ gergi sistemleri (halat, klips, yaylar)
- Direk ve bağlantı aparatları
- Alçak Tünel Sera Makinesi

Bulut Tohumlama (Cloud Seeding): Bulut tohumlama, gümüş iyodür (AgI), potasyum iyodür (KI), sodyum iyodür (NaI), kuru buz veya sıvı propan gibi kimyasal maddeler kullanarak kümülonimbus bulut boyutunu küçülten veya dolu tanelerini küçülten ve ayrıştıran kimyasal bir dolu felaketi önleme yöntemidir. Uygun sıcaklık ve nem koşullarına sahip bulutlara bu parçacıklar salınır ve yoğunlaşma çekirdeği (nucleation centers) işlevi görerek su damlacıklarının birleşmesini ve büyümesini teşvik eder. Bu, yağmurun veya karın erken düşmesini sağlar. Bulut tohumlama, uçaklar, roketler, top mermileri veya yer tabanlı jeneratörler aracılığıyla yapılabilir.

Kullanılan Araçlar ve Türler

- Uçakla gümüş iyodür salımı
- Yere monte roket sistemleri
- Dronlarla bulut tohumlama
- Örnekler
- Akıllı Bulut Tohumlama Balonları
- Akıllı Bulut Tohumlama İHA'ları



Akıllı Bulut Tohumlama Balonları



Bulut Tohumlama Dronları



Bulut Tohumlama Yazılımı

Geleneksel Müdahale Araç ve Yöntemleri



Geleneksel Kaplama: Ters çevrilmiş kova, saksı, depolama kutusu veya çöp kutusu gibi evde bulunan basit nesneler, genç fideleri dolu ve hatta bahar donlarından korumak için kullanılabilir. Bitkilerin üzerine branda ve çuval bezi gibi malzemelerin serilmesi de geçici koruma sağlayabilir; ancak bu tür örtülerin ağırlaştığında çökme riski bulunmaktadır.

Geçici Yapılar: PVC veya metal borulardan yapılmış çember evler (hoop house) veya sağlam kafesler üzerine dolu ağı veya sera filmi asarak bitkileri korumak mümkündür. Bu yapılar, rüzgara ve dolu yüküne dayanacak kadar sağlam olmalıdır. Taşınabilir seralarda bitkiler için ekstrem hava olayları sırasında güvenli bir ortam sunar.

Geleneksel Dolu Ağları: Bitkilerin üzerine gerilen basit ağlar, doluyu yakalayıp erimesini sağlar ve bitkilere zarar vermesini önler.

Gürültü ile Müdahale: Dolu fırtınalarının oluşumunu engellemek veya etkisini azaltmak amacıyla yüksek sesler çıkarılmasına dayanır. Türkiye'de Tüfek, tabanca gibi araçlar ile gökyüzüne ateş açmak, sac dövmek, teneke-tencere çalmak, çan veya davul çalmak gibi yöntemler kullanılmıştır. Fransa, İtalya ve İspanya'da Orta Çağ'dan bu yana kilise çanlarının çalınması yaygın bir gelenek olmuştur. Almanya ve Avusturya'da topla ses dalgası yayma geleneği bulunurken, Güney Amerika'da yerli halklar arasında bağırma ve şarkı söyleme gibi uygulamalar görülmüştür.

Bölüm 5

Ani ve Aşırı Yağış

5.1 Ani ve Aşırı Yağışlara Karşı Erken Uyarı Sistemleri

Ani ve aşırı yağış risklerinin erken tespiti su seviyesi, yağış miktarı ve akış hızındaki artışların izlenmesiyle mümkün olur. Bu tespitler, can ve mal kaybını önlemek adına hayati önem taşır. Erken uyarı sistemleri, yalnızca afetin şiddetini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda müdahale uygulamalarının zamanında ve doğru bölgelerde uygulanmasına olanak tanıyarak afetin yönetilebilir hâle gelmesini sağlar.

Meteorolojik Radarlar (Yağış Radarları): Yağış miktarını gerçek zamanlı ölçerek kısa vadeli uyarı sağlar.

Uydu Gözlemleri: Geniş alanlarda bulut yapıları, nem ve sıcaklık verilerini izler.

Otomatik Meteoroloji ve Hidroloji İstasyonları: Yağış, nehir seviyesi, toprak nemi gibi verileri ölçerek taşkın riski belirlenir. Taşkın Uyarı İstasyonları, Nehir Seviye Gözlem İstasyonları (Hidrometre) örnek verilebilir.

Hidrolojik Modelleme Sistemleri: Yağış verilerini kullanarak nehirlerdeki su seviyesinin artışını simüle eder. (Örnek: HEC-RAS)

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS): Sel riski taşıyan bölgelerin haritalanmasında kullanılır.

Sensör Tabanlı Erken Uyarı Sistemleri: Akıllı Taşkın Uyarı Sistemleri (örneğin ARGEKİP) ve Erken sel uyarı sistemleri (Early flood warning systems) örnek verilebilir.

5.2 Ani ve Aşırı Yağışlara Karşı tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri

Tablo 5. Ani ve Aşırı Yağış Müdahale Araç ve Yöntemleri

Yöntem Kategorisi	Yöntem /Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları
Modern	Barajlar ve Rezervuarlar	Aşırı suyu tutarak kontrollü salınım sağlar	Büyük taşkınları önlemede etkilidir	Yüksek maliyetli ve uzun inşaat süresi
	Taşkın Yataklarının Genişletilmesi	Taşkın suyu için geniş boşluklar oluşturmak	Taşkın tehlikesini şehirden uzaklaştırır	Arazi kullanımını kısıtlayabilir
	Taşkın Perdeleri (Sedde ve Setler)	Nehir taşmalarını kontrol altına alma	Uzun ömürlü koruma sağlar	Bakım ihmal edilirse etkisiz hale gelir
	Tersip Bentleri ve Sel Tutucu Yapılar	Akarsulardaki katı malzemeyi tutarak suyun hızını azaltma	Erozyonu önler	Periyodik temizlik ve bakım şarttır
	Örtü Bitkileri	Toprağı örterek suyun akışını yavaşlatma	Toprağı korur ve su emilimini artırır	Kısa vadede yeterli olmayabilir
	Malçlama	Bitki örtüsü altına organik örtü serilmesiyle buharlaşmayı azaltma	Toprak nemini korur	Yaygın uygulama için malzeme gerektirir
Geleneksel	Alan Seçimi	Yerleşim ve altyapıların afet riski düşük bölgelere planlanması	Afet risklerini baştan önler, maliyetsizdir	Uygulama öncesi bilgi ve planlama gerektirir
	Tarla bazlı yüzey akışı azaltımı	Araziye paralel ekim, ot şeritleri, bariyerlerle suyun hızını azaltma	Toprak kaybını ve yüzey akışını azaltır	Etkinliği arazi yapısına bağlıdır
	Teraslama ve Setleme Teknikleri	Eğimli arazilerin basamaklı hale getirilerek su tutması	Erozyonu önler, suyun toprağa süzülmesini sağlar	Yüksek işçilik ve bakım gerektirir
	Toprak Kullanımı ve Arazi Yönetimi	Sürdürülebilir arazi planlaması ile suyun yönlendirilmesi	Doğal su döngüsüne uygunluk sağlar	Yanlış kullanım toprağa zarar verebilir
	Kum Torbaları	Su baskınlarında fiziksel bariyer oluşturur	Hızlı yerleştirme, düşük maliyet	Geçici çözüm ve iş gücü gerekir, sınırlı dayanıklılığa sahiptir
	Elle Kazılan Tahliye Kanalları veya Hendekler	Yağmur suyunu güvenli yönere yönlendirme	Basit ve uygulanabilir	Yoğun bir emek gerektirir ve sınırlı kapasite sunar.
	Toprak Sedde ve Bent Yapımı	Su akışını sınırlamak için yükseltilmiş toprak setler	Yerel malzeme ile yapılabilir	Aşırı yağışta yıkılma riski taşır
Kriz Müdahale	Acil Durum Barınaklarının Planlanması	Afet sırasında güvenli geçici yaşam alanları sağlama	Can kaybını önler	Lojistik ve koordinasyon gerektirir

Yöntem Kategorisi	Yöntem /Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları
Kriz Müdahale	Mobil Pompa Sistemleri	Suların hızlı şekilde tahliye edilmesi	Hızlı müdahale sağlar	Elektrik veya yakıt gereksinimi vardır
	Mobil Hendek Açma ve Kanal Yönlendirme Sistemleri	Acil kanal açımı ile suyun yönlendirilmesi	Hızlı uygulanabilir	Zemin yapısı uygunsuzsa zor olabilir
	Taşkın Akışı Yönlendirme Kanatları	Sel suyunu istenen yöne yönlendiren bariyerler	Yapı ve alt yapıyı korur	Kurulum ve malzeme maliyeti yüksek olabilir
	Geobag Sistemleri	Geotekstil torbalarla sel bariyeri oluşturma	Kolay taşınabilir, etkili bariyer sağlar	Geçici çözümdür, zamanla yıpranabilir

Modern Müdahale Yöntemleri

Ani ve aşırı yağışlara karşı uygulanan müdahale yöntemleri; su geçirgenliğini artırarak toprak içi su hareketi sağlamayı ve yağmur suyunun yönlendirilmesi için altyapının iyileştirilmesi temeline dayanır. Modern müdahale araçları, suyun akışını doğrudan yönetmeyi ve kontrol etmeyi amaçlar. Bu kategoride barajlar, su rezervuarları, taşkın yataklarının genişletilmesi, taşkın perdeleri (sedde ve setler), tersip bentleri, drenaj sistemleri, yapay kanallar ve mobil taşkın bariyerleri gibi hidrolik altyapılar yer almaktadır.

Barajlar, su rezervuarları ve tahliye kanalları, aşırı yağış anında suyu yönlendirme ve depolama işlevi görür. Ancak bu sistemlerin uzun vadeli verimliliği için çevresel etkiler, bakım maliyetleri ve yerel iklim belirsizlikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Barajlar ve Rezervuarlar: Barajlar ve rezervuarlar, yağışlı mevsimlerde oluşan yüksek akımları depolayarak taşkınların pik dönemlerinde kontrollü bir şekilde bırakılmasıyla taşkın önleme çalışmalarında kritik rol oynar. Aynı zamanda sulama, enerji üretimi ve içme suyu temini gibi çok amaçlı kullanımlara da hizmet ederler. Barajlar, taşkın debisini kontrol ederek aşağı havzadaki yerleşim yerlerini ve tarım arazilerini korur. Ancak, yüksek başlangıç maliyetleri ve çevresel etkileri nedeniyle uygulanabilirlikleri sınırlıdır.

Taşkın Yataklarının Genişletilmesi: Nehir yataklarının genişletilmesi, suyun doğal yayılma alanını artırarak taşkın debisinin kontrol altına alınmasını sağlar. Şehir dışındaki tarım arazileri, kontrollü su tutma bölgeleri olarak değerlendirilerek taşkın alanları olarak kullanılabilir; bu alanlar

aynı zamanda ekosistem hizmetleri de sağlar. Ancak, tarım arazilerinin bu amaçla kullanılması, üretim kaybına yol açabilir ve arazi sahipleri için tazminat veya alternatif kullanım planlaması gerektirebilir.

Taşkın Perdeleri (Sedde ve Setler): Nehir kenarlarında inşa edilen sedde ve setler, yerleşim alanlarını ve tarım arazilerini taşkın sularından korumak amacıyla fiziksel bariyerler oluşturur. Bu yapılar, suyun belirli bir seviyeye kadar yükselmesini engelleyerek koruma sağlar. Ancak, zamanla bakım gerektirirler ve yanlış kullanım veya yetersiz bakım durumunda riskleri artırabilirler.

Tersip Bentleri ve Sel Tutucu Yapılar: Akarsular üzerindeki tortu birikimini önleyerek taşkın şiddetini azaltan ve yamaçlardan gelen ani akışları düzenleyen yapılardır.

Örtü Bitkileri (Cover Cropping): Kaplama bitkileri, yoğun yağmur damlaları toprağa ulaşmadan önce bunları tutarak toprağın ayrışmasını önler; ayrıca kök sistemleriyle toprağı güçlendirir, yüzey akış hızını önemli ölçüde düşürür. Toprak yüzeyini kapatarak yağmurun doğrudan etkisini engeller. Su infiltrasyonu ve toprak organik maddesi artar, taşkın riskini azaltarak yüzeydeki su birikimini önlemektedir. Doğru tür seçimi, kapama oranı, ekim zamanı ve hasat sonrası bitki yönetimi kritik unsurlardır. Yanlış uygulamalar, kuraklık, verime bağlı riskler veya ana ürünle rekabet gibi sorunlara yol açabilir. Ek lojistik ihtiyaçlar, maliyetler, ekipman gereksinimleri, ilk adaptasyon zorlukları ve ilk yıllarda verim düşüşü gibi konular da uygulamayı sınırlayabilir.

Malçlama: Hem geleneksel yöntemler ile hem de modern araçlarla uygulanabilir. Yaprak, ot ve organik atıklar toprak yüzeyini kaplar. Ani yağışın yüzey toprağını alıp götürmesini önler; nem tutulumunu artırır.



Malç Makineleri

Geleneksel Müdahale Yöntemleri

Doğa temelli çözümler (yeşil altyapı, ormanlandırma, dere yatağı rehabilitasyonu, geçirgen yüzeyler, yağmur bahçeleri) suyun doğal yayılımını sağlayarak yüzey akışını azaltır ve toprak infiltrasyonunu artırır. Tarla bazlı yüzey akışı azaltma teknikleri (şerit halinde bitki örtüsü, teraslama, sığ hendekler) ve eğimli arazilerde faaliyet sınırlaması, sel yataklarında yapılaşma yasağı gibi arazi kullanım planlaması gibi yöntemler uygulanır. Bu yaklaşımlar, genellikle daha düşük maliyetli olup, ekosistem hizmetleri sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.

Alan seçimi: Alan seçimi yöntemi, ani ve aşırı yağışların yol açtığı sel, taşkın ve toprak kayması gibi afetlere karşı en etkili önleyici müdahalelerden biridir. Bu yöntemle yerleşim ve altyapıların inşa edileceği bölgeler; topografya, zemin yapısı, yağış rejimi ve taşkın geçmişi gibi kriterlere göre dikkatle belirlenir. Dere yatakları, alçak vadiler ve yamaç altları gibi riskli alanlardan kaçınılması, olası can ve mal kayıplarını önceden engeller. Böylece alan seçimi, afet gerçekleşmeden önce riskleri azaltarak güvenli bir yerleşim planlaması sağlar.

Tarla bazlı yüzey akışı azaltımı: Tarım arazilerinde şerit halinde bitki örtüsü oluşturmak, yüzey akışını yavaşlatır ve erozyonu azaltır.

Teraslama ve setleme teknikleri: Tarım alanlarında yüzey suyunun yavaşlatılması, sızıntı ile toprağın suyu tutmasına olanak sağlar. Yağışın şiddetli olduğu eğimli arazilerde yüzey akışını keser, toprak kaybını sınırlar. Geçirgen toprak örtüleri ve sığ hendekler, yüzey akışını kontrol altında tutmaya yardımcı olur. Tarım arazilerinin suya uygunluk seviyesini kontrol altında tutmak da önemlidir.

Toprak kullanımı ve arazi yönetimi: Eğimli arazilerde tarımsal faaliyetlerin sınırlandırılması veya kontrollü yapılması ve arazilerin taşkın riski olan alanlarda yapılaşmaya kapatılması ve ağaçlandırmanın artması yerel yönetim politikalarında kritik önemdedir. Doğal taşkın yataklarının korunması ve yapılaşmaya izin verilmemesi, su tutma kapasitesini artıran işleme yöntemlerinin kullanımı tarımsal taşkın etkilerini azaltabilir.

Kum torbaları: Taşkın sularının ilerlemesini engellemek veya yönünü değiştirmek için kullanılan en yaygın geleneksel yöntemlerden biridir.

Elle kazılan tahliye kanalları veya hendekler: Biriken suyu tahliye etmek veya yönlendirmek amacıyla manuel olarak kazılan geçici kanallardır.

Toprak sedde ve bent yapımı: Yerleşim yerlerini veya tarım arazilerini korumak amacıyla elle veya basit aletlerle toprak yığınları oluşturulması.

Taş hatlar: Taşlar kontur boyunca dizilerek suyun akış hızı yavaşlatılır, suyun toprakta emilmesi sağlanır. Özellikle şiddetli yağış sonrası yüzey akışını azaltarak üst toprağın kaybını önler.

Kriz Müdahale Yöntemleri

Taşkın sırasında acil müdahale için tanımlanmış prosedürler, karar zinciri, sorumlu kurumlar ve müdahale zamanlaması açıkça belirlenmelidir. Acil durumlar sırasında, erken uyarı mesajları iletilmesine rağmen, pek çok kişi evlerinde kalmaya devam etmekte ve nehir kıyısındaki alanlarda yaşamını sürdürmektedir. Özellikle mevsimlik tarım işçileri ve bu bölgelerde yaşayanların güvenliği açısından, bu kişilerin durumu yakından takip edilmelidir. Bunlar arasında yaş grubu, cinsiyet, engellilik durumu, yaşlılık ve temel kaynaklara erişim güçlüğü gibi faktörler göz önünde bulundurulmalı ve bu bilgiler sürekli güncellenmelidir. Bu sayede, ihtiyaç duyulan bilgilendirme ve müdahale süreçleri daha etkin ve etkili hale getirilebilir.

Acil durum barınaklarının planlanması: Acil durum barınaklarını oluştururken sayı ve kapasitesine, konumuna ve özellikle savunmasız bireylere bilginin iletilmesine dikkat edilmesi gerekir.

Mobil hendek açma ve kanal yönlendirme sistemleri: Traktörle çekilen mini hendek kazıcılar gibi sistemler.

Taşkın akışı yönlendirme kanatları: Prefabrik plastik/metal bariyer kanatçıkları. Bu ürünler, suyun istenmeyen alanlara (örneğin tarım tarlaları, geçici yerleşim bölgeleri veya depolama alanları) yönlendirilmesini sağlar. Modüler plastik (ABS) paneller veya kanatçıklar, belirli bir yükseklik oluşturur ve suyu yan tarafa yönlendirebilir. Tarla kenarına hızlı ve geçici bariyerler konarak, ani yağışlarda sel akışının mahsul alanına girmesi ön-



lenebilir. Özellikle eğimli tarlalarda yüzey akışını başka su toplama alanlarına yönlendirmek için etkili olabilir. Sabit altyapı olmayan yerlerde sabitleme zorluğu ve daha küçük tarım ölçeğinde maliyetli olması sınırlılıkları arasında sayılabilir.

Geobag sistemleri: Kum yerine yüksek yoğunluklu stabilize dolgularla dolu tekstil torbalar, tarla kenarlarına veya eğimli zeminlere konularak sel ve yüzey akışına karşı fiziksel engel oluşturur.



Mobil pompa sistemleri: Ani su baskınlarında biriken suyun hızla tahliyesini amaçlar.



Bölüm 6

Kuraklık

Tarımsal kuraklık, bitki büyümesini desteklemek için topraktaki suyun yetersiz kalmasıyla ortaya çıkan bir durumdur ve doğrudan yağış eksikliği ile toprağa sızan yağış miktarı arasında doğrudan bir ilişki bulunmamaktadır. Bu durum, iklim, toprak ve bitki faktörlerinin bir kombinasyonu olarak tanımlanır. Kuraklık, tarım üzerinde uzun vadeli ve yıkıcı etkilere sahip bir tehlikedir. Kuraklık, etkilediği alana ve ortaya çıkış şekline göre farklı türlere ayrılmaktadır:

Meteorolojik kuraklık: Bir bölgenin alışılmadık derecede uzun süreli kuru hava veya yağış açığı yaşamasıyla meydana gelir. Bu, diğer kuraklık türlerinin ilk tetikleyicisidir.

Tarımsal kuraklık: Yağış açıklarının tarım üzerindeki etkilerini, özellikle bitki ve yem büyümesi için yetersiz toprak nemini ifade eder.

Hidrolojik kuraklık: Yağış açıklarının akarsu akışları, rezervuar ve göl seviyeleri ile yeraltı suyu seviyeleri üzerindeki etkisine dayanır.

6.1 Kuraklığa Karşı Erken Uyarı Sistemleri

Kuraklık erken uyarı sistemleri, kriz yönetimi yerine risk azaltmaya odaklanır. Uzaktan algılama teknolojileri, büyük tarım arazilerinin verimli ve sistematik bir şekilde izlenmesini sağlayarak, ürün stresinin erken tespiti, kaynak tahsisinin optimizasyonunu ve gerçek zamanlı, sahaya özel verilere dayalı stratejik karar almayı mümkün kılar. Bu, çiftçilerin iklime bağlı kayıplara maruz kalmasını en aza indirmek için ürün rotasyonu planlaması ve çeşit seçimi gibi stratejik kararları aktaran bir sistem sağlar.

Gözlem ve İzleme Sistemleri

Uydu Görüntüleri: Uydular, toprak nemi değişkenliğini, tuzluluk bölgelerini ve toprak bozulma alanlarını belirleyerek gelişmiş toprak kaynakları değerlendirmelerini destekler. NDVI gibi bitki örtüsü indekslerindeki ince değişiklikleri tespit ederek, görsel semptomlar ortaya çıkmadan önce su

kıtlığı ve kuraklık stresi gibi sorunları erkenden belirleyebilir. SMAP, MODIS, Sentinel-2 gibi uydularla toprak nemi ve vejetasyon stres haritaları çıkarılır.

Yer sensörleri & IoT ağları: Tarlalara yerleştirilen nem, sıcaklık ve buharlaşma sensörleri, gerçek zamanlı veri sağlayarak lokal kuraklık risklerini belirlemeye olanak tanır.

Kuraklık İndeksleri ve Analitik Modeller

- Toprak Nemi Tarımsal Kuraklık Endeksi (Soil Moisture Agricultural Drought Index- SMADI), SMOS uydusu ve MODIS verilerine dayanarak geliştirilen, tarımsal kuraklık tespiti için kullanılır.
- Bitki Örtüsü Durum Endeksi (VCI tabanlı) gibi bitki sağlığı göstergelerini kullanarak ani kuraklıkları erken tespit modelleri geliştirilmiştir.
- Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemi (Decision Support System for Agrotechnology Transfer-DSSAT), Tarım simülasyon modelleri ile farklı senaryolar altında kuraklık etkilerini öngörme imkânı sağlar.
- FAO ASIS ve UNCCD Drought Toolbox gibi Tarımsal kuraklık verilerini toplayan, analiz eden ve risk haritaları oluşturan küresel sistemler mevcuttur.
- Gerçek Zamanlı Etki ve Durum İzleme Platformu (Platform for Real-time Impact and Situation Monitoring-PRISM), uydu ve yer verilerini sosyo ekonomik göstergelerle entegre ederek riskli bölgelerde etki ve erken uyarı sistemleri sunar.

6.2 Kuraklığa Karşı Tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri

Tablo 6. Kuraklık Müdahale Araç ve Yöntemleri

Yöntem Kategorisi	Yöntem/Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları
Modern	Modern sulama sistemleri (kapalı damla sulama, akıllı sulama)	Su doğrudan kök bölgesine verilir, buharlaşma azaltılır, ihtiyaca uygun akıllı sulama ile su tasarrufu sağlanır.	Yüksek su verimliliği, ürün veriminde artış, hassas kontrol, su ve enerji tasarrufu.	Teknolojik altyapı ihtiyacı, maliyetli.
	Alternatif su kaynakları	Aritılmış suların yeniden kullanımı.	Sürdürülebilir su kaynağı, besin içeriği sağlar.	Sağlık ve çevresel düzenleme ihtiyacı, kurulum maliyeti
	Kimyasal uygulamalar	Bitkilerde su kaybını azaltıcı kimyasallar.	Kuraklık stresini azaltır, verimliliği korur.	Kimyasal girdi ihtiyacı, maliyet, çevre riski.
Geleneksel	Koruyucu toprak işleme	Sadece ekim alanında toprak işlenir, anız örtüsü bırakılır.	Toprak nemini korur, buharlaşma azalır, kuraklığa karşı korur.	Yabancı ot kontrolü zor olabilir.
	Malçlama	Toprağı örtme yoluyla buharlaşma ve erozyon azaltılır.	Toprak nemini artırır, sıcaklık dalgalanmalarını azaltır.	Malzeme temini ve uygulama zorluğu.
	Kuraklığa toleranslı bitkiler	Geç çiçeklenen veya genetik olarak dayanıklı türler kullanılır.	Kuraklık riskine karşı direnç, daha sürdürülebilir tarım.	Geliştirme süreci uzun, üretim çeşidini sınırlandırır.
	Yağmur suyu hasadı	Yağmur suyunun çatılardan toplanıp depolanması.	Alternatif su kaynağı sağlar, çevre dostudur.	Kurulum maliyeti, sınırlı yağışla sınırlı verim.
	Geleneksel kuru tarım	Sadece doğal yağışa dayalı tarım yöntemleri.	Sulama ihtiyacını azaltır, maliyet düşürür.	Verim düşüklüğü, yağışa bağlı risk yüksek.

Modern Müdahale Yöntemleri

Modern müdahale yöntemleri, kuraklık olayının etkilerini doğrudan hafifletmek amacıyla, genellikle olay sırasında veya hemen öncesinde uygulanan, teknoloji yoğun çözümleri içerir. Bu yöntemler, ani ve şiddetli kuraklık koşullarına karşı hızlı bir yanıt sağlamayı hedefler. Kuraklık koşullarında tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için geleneksel su kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılması kritik öneme sahiptir. Alternatif su kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması, bu bağlamda önemli bir çözüm sunmaktadır.

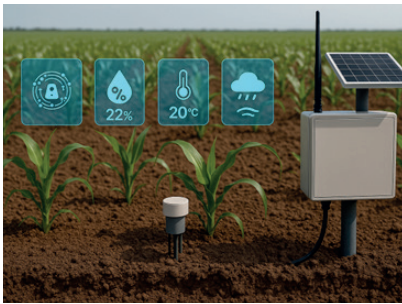
Modern Sulama Sistemleri



Kapalı damla sulama sistemleri:

Damla sulama, suyu doğrudan bitki kök bölgesine ulaştırarak buharlaşma ve yüzey akışı yoluyla su kaybını en aza indiren yüksek verimli bir yöntemdir. Bu yöntem, geleneksel sulama tekniklerine kıyasla su tasarrufu sağlar ve ürün verimini önemli ölçüde artırır. Yeraltı damla sulama, suyu toprak yüzeyinin altına yerleştirilen damla hatları aracılığıyla doğrudan kök bölgesine

ileterek buharlaşma kayıplarını daha da azaltır ve toprağın doğal yağışı daha etkili bir şekilde emmesini sağlar. Türkiye'nin tarım sektörü, toplam su kullanımının %73'ünü oluşturmakta ve büyük ölçüde verimsiz sulama yöntemlerine bağımlıdır.



Akıllı sulama sistemleri:

Akıllı sulama sistemleri, kuraklık koşullarında su yönetimini optimize etmek için Nesnelerin İnterneti (IoT) sensörlerini ve yapay zeka (AI) algoritmalarını kullanır. Bu sistemler, toprak nemi, sıcaklık, nem, hava koşulları (yağış, rüzgar hızı, güneş radyasyonu, atmosferik basınç) ve hatta besin seviyeleri hakkında gerçek zamanlı veriler toplar.

Yapay zeka destekli tahmine dayalı analizler, bu verileri işleyerek optimum sulama programlarını hesaplar, su ihtiyaçlarını tahmin eder, evapotranspirasyonu (bitkinin su kullanımı ve buharlaşma ile toplam su kullanımı) tahmin eder ve su uygulamasını dinamik olarak ayarlar.

Alternatif Su Kaynakları

Atıksu geri kazanımı: Geri kazanılmış atıksu, özellikle yağışın öngörülemez olduğu su kıtlığı çeken bölgelerde güvenilir ve sürdürülebilir bir su kaynağı sağlamaktadır. Arıtılmış atıksu, bitki büyümesi için hayati önem taşıyan azot ve fosfor gibi temel besin maddelerini içerebilir. Bu durum sentetik gübre ihtiyacını azaltabilir, üretim maliyetlerini düşürebilir ve kimyasal gübrelerle ilişkili çevresel etkileri en aza indirebilir. Atıksu geri kazanımı ayrıca, atık su deşarjını azaltarak doğal su ekosistemlerini korur ve merkezi olmayan arıtma tesisleri aracılığıyla tarımsal üretimin karbon ayak izini düşürebilir.



Tarımsal kullanım için tuzdan arındırma (Desalinasyon): Tuzdan arındırma, özellikle Ters Ozmoz (RO) teknolojisi, deniz suyunu veya acı suyu tatlı suya dönüştürerek kuraklığa eğilimli bölgeler için tutarlı bir su kaynağı sağlayabilir. Bu teknoloji, sonlu tatlı su kaynaklarına olan bağımlılığı azaltır ve doğal ekosistemleri koruyabilir. Ancak, yüksek başlangıç sermaye harcamaları ve önemli işletme maliyetleri, özellikle enerji tüketimi nedeniyle, önemli bir engel teşkil etmektedir.



Kimyasal Uygulamalar

Bitkilerin kuraklık stresine karşı direncini artırmak ve su kullanım verimliliğini optimize etmek için çeşitli kimyasal uygulamalar geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, bitkisel fizyolojiyi doğrudan etkileyerek kuraklığın olumsuz etkilerini hafifletmeyi hedefler. Antitranspirantlar, bitki yapraklarından su buharı kaybı olan transpirasyonu azaltarak bitkilerin suyu korumasına yardımcı olan kimyasal bileşiklerdir. Bu, özellikle su kıtlığı ve kuraklık gibi çevresel stres koşullarında ürün verimliliği ve sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. AT'ler, üç ana mekanizma aracılığıyla kuraklık stresini hafifletir. Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Fito hormonlar), bitki büyüme düzenleyicileri olarak, kuraklık toleransını artırmada ve bitkilerin stresli ortamlarda hayatta kalmasını sağlamada hayati bir rol oynar.

Geleneksel Müdahale Yöntemleri

Modern müdahale yöntemleri, kuraklık olayları öncesinde veya uzun vadede uygulanan, genellikle enerji girdisi gerektirmeyen ve bitkilerin doğal direncini artıran veya çevresel koşulları iyileştiren stratejilerdir. Bu yöntemler, tarımsal sistemlerin kuraklığa karşı genel dayanıklılığını artırmayı hedefler.

Koruyucu toprak işleme

Minimum toprak işleme, toprağın işlenmesini geleneksel yöntemlere göre önemli ölçüde azaltan bir yöntemdir. Bu yaklaşımda, toprak sadece ekim veya dikim için gerekli olan dar bantlarda veya hatlarda işlenir. Geniş alanlarda pullukla derin sürme gibi işlemlerden kaçınılır. Önceki bitki artıkları (anız) toprak yüzeyinde bırakılır. Bu artıklar, toprağı rüzgar ve su erozyonundan korur, buharlaşmayı azaltarak toprak nemini muhafaza eder ve toprak sıcaklığını dengeler. Toprak nemini artırarak bitkilerin kuraklık stresiyle başa çıkmasına yardımcı olur.

Malçlama uygulamaları

Toprak işleme yöntemlerinin ve malçlama uygulamalarının etkinliği, toprağın su tutma kapasitesini artırma, buharlaşmayı azaltma ve toprak erozyonunu önleme işleviyle doğrudan ilişkilidir. Bu uygulamalar, tarımsal sistemlerin kuraklık stresine karşı doğal direncini güçlendirerek uzun vadeli sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Malçlama yöntemi için malç makineleri gibi modern araçlar da üretilmiştir.

Kuraklığa toleranslı bitki ve çeşit seçimi

Kuraklığa toleranslı bitki türleri ve çeşitleri, kuraklık riskine karşı temel belirleyicidir. Geç çiçeklenen tür ve çeşitlerin tercih edilmesi ve genetik olarak düşük sıcaklıklara dayanıklı, ıslah edilmiş türlerin kullanılması önemlidir. Örneğin, Türkiye’de kuraklığa dayanıklı buğday çeşitleri geliştirilmiştir. Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT) ve Uluslararası Kurak Alanlarda Tarımsal Araştırma Merkezi (ICARDA) gibi kurumlar tarafından geliştirilen ıslah edilmiş tohumlar bulunmaktadır.

Yağmur Suyu Hasadı

Yağmur suyu hasadı, çatı yüzeylerinden veya diğer toplayıcı alanlardan düşen yağmur suyunun toplanıp depolanması prensibine dayanır. Bu yöntem, su kıtlığı çeken bölgelerde kuraklık etkilerini hafifletmek, gıda

güvenliğini artırmak ve sürdürülebilir su yönetimini geliştirmek için kullanılır. Kurulum maliyetleri, düzenli bakım gereksinimleri, yağışa bağlı sınırlı ve öngörülemeyen arz, su kalitesi kontrolü ve sağlık endişeleri gibi zorluklar bulunmaktadır.

Geleneksel kuru tarım teknikleri

Geleneksel kuru tarım teknikleri, sulama olmadan, sadece yağışa dayalı olarak ürün yetiştirmeye odaklanan, binlerce yıllık geçmişe sahip uygulamalardır. Bu yöntemler, özellikle su kıtlığı çeken bölgelerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için hayati öneme sahiptir. Karık sulama, gölge bitkilerle çift ekim gibi geleneksel uygulamalar da kuraklıkla mücadelede kullanılmaktadır.

Bölüm 7

Ani ve Aşırı Sıcaklık

7.1 Ani ve Aşırı Sıcaklara Karşı Erken Uyarı Sistemleri

İklim değişikliğiyle birlikte ısı dalgalarının süresi, sıklığı ve şiddeti artmaktadır. Bu durum tarımsal üretimde verim düşüşleri, ürün kayıpları, toprak kuruması ve tarım işçilerinin ciddi sağlık problemleri yaşamasına yol açmaktadır. Ani ve aşırı sıcaklıklar, özellikle büyüme dönemindeki bitkiler için fizyolojik stres oluşturur. Ani ve aşırı sıcaklığa karşı en savunmasız gruplardan biri mevsimlik tarım işçileridir. Bu etkiler hem sağlık hem de sosyo ekonomik düzeyde ciddi sonuçlar doğurur. Isı stresi, sıcak çarpması, sıvı kaybı ve güneş çarpması gibi sağlık riskleri mevsimlik işçilerde oldukça yaygındır. Koruyucu ekipman eksikliği, uzun süreli açık alanda çalışma ve dinlenme alanlarının olmaması riski artırmaktadır. Bu tür iklimsel tehditlere karşı geliştirilen Tarımsal Erken Uyarı Sistemleri, çiftçilere, tarım işçilerine ve tarımsal yöneticilere önceden bilgi sunarak, alınacak önlemler için zaman kazandırmayı hedefler. Uyarılar uydu verisi, hava durumu tahmini, sensör ölçümleri ve yapay zekâ analizleri gibi çok çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgilerle oluşturulur.

Uzaktan algılama tabanlı sistemler: Bu sistemler, uydulardan elde edilen kızılötesi ve termal görüntüleme verileriyle toprak ve bitki yüzey sıcaklığını izler. Aşırı sıcaklık kaynaklı stresin henüz görsel belirti vermeden önce tespiti sağlanır. Bu sayede çiftçiler, hangi alanların daha fazla risk altında olduğunu önceden bilir ve sulama veya hasat gibi müdahaleleri zamanında planlar.

İklim ve hava tahmini modelleri: Meteorolojik tahmin modelleri (örneğin ECMWF, Copernicus Climate Service) 3-14 günlük sıcaklık senaryoları üretir. Tarımsal faaliyetlerin dönemsel planlamasında kritik rol oynar. Bu modeller sayesinde, aşırı sıcaklıkların ne zaman başlayacağı, süresi ve şiddeti öngörülebilir; çiftçiler hazırlıklarını erkenden yapabilir.

Araziye dayalı IoT sistemleri: Tarla veya bahçe içine yerleştirilen sıcaklık, toprak nemi ve hava nemi sensörleri, mikro iklim koşullarını gerçek zamanlı izler. Sensörler, anlık verileri merkezi bir sisteme göndererek yerel

sıcaklık stresini doğrudan tespit eder. Bu, özellikle hassas tarım uygulamalarında hızlı ve doğru müdahaleye olanak tanır.

Meteoroloji istasyonları: Tarım alanlarına yerleştirilen meteoroloji istasyonları hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve toprak sıcaklığı gibi değişkenleri anlık olarak ölçen sensörlere sahiptir. Aşırı sıcaklık olaylarının başladığı andan itibaren verileri kaydederek erken uyarı sağlar. İstasyonlar gerçek zamanlı sıcaklık takibi ile ani sıcaklık artışları doğrudan sahadan izlenir, veriye dayalı sulama kararları alınmasını sağlar ve ısı stresine neden olabilecek mikro iklim koşullarını belirler.

7.2 Ani ve Aşırı Sıcaklara Karşı Tarımsal Müdahale Araç ve Yöntemleri

Tablo 7. Ani ve Aşırı Sıcaklık Müdahale Araç ve Yöntemleri

Yöntem Kategorisi	Yöntem / Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları	Adana - Seyhan Bağlamında Uygulanabilirlik Değerlendirmesi	Potansiyel Maliyet Düzeyi
Modern	Akıllı Sulama Sistemleri	Sensörlerle sıcaklık ve toprak nemi ölçülerek otomatik sulama yapılır.	Su tasarrufu sağlar, bitki stresini azaltır	Yüksek kurulum maliyeti, teknolojiye bağımlı	Yüksek ¹	Yüksek
	Gölgeleme Ağları ve Koruyucu Seralar	Güneş ışığını filtreleyerek ortam sıcaklığını düşürür	Hızlı serinletme, fotosentezi engellemeden gölge sağlar	Kurulum maliyetli, bakım gerektirir	Yüksek ²	Orta-Yüksek
	Serinletme Sistemleri	İnce su buharı veya nemli hava bitki çevresine yayılır	Lokal sıcaklık düşürülür, yaprak yanıkları önlenir	Geniş tarım alanları için büyük çaplı yöntemler izlenmelidir	Orta ³	Orta-Yüksek

Yöntem Kategorisi	Yöntem / Araç Adı	Çalışma Prensibi	Avantajları	Dezavantajları	Adana - Seyhan Bağlamında Uygulanabilirlik Değerlendirmesi	Potansiyel Maliyet Düzeyi
Geleneksel	Doğal Gölgeleme	Bitki veya çalışanlar için doğal gölge sağlar, hava akımı serinlik oluşturur.	Düşük maliyetli, enerji gerektirmez	Gölge alan sınırlıdır, hızlı uygulanamaz	Yüksek ⁴	Düşük
	Malçlama	Toprak yüzeyi organik/plastik malç ile kaplanır, toprak serin tutulur.	Toprak nemini korur, sıcaklık regülasyonu sağlar	Uygulama alanı sınırlı, bazı ürünler için uygun olmayabilir	Yüksek ⁵	Düşük-Orta

¹ Adana-Seyhan'ın tarımsal üretimdeki yüksek su kullanımı ve kuraklık riski göz önüne alındığında, su verimliliği ve bitki sağlığı için kritik öneme sahiptir.

² Özellikle hassas ürünler ve fide yetiştiriciliği için Adana-Seyhan'ın yoğun güneşli koşullarında etkili bir koruma sağlar.

³ Özellikle meyve bahçeleri ve fide yetiştirme alanları gibi hassas ürünler için lokalize serinletme sağlayabilir.

⁴ Adana-Seyhan'ın sıcak ikliminde uzun vadeli ve sürdürülebilir bir çözüm olarak ağaçlandırma ve doğal gölgelik alanların oluşturulması, özellikle tarım işçileri için faydalı olabilir.

⁵ Toprak nemini koruma ve sıcaklık dalgalanmalarını azaltma özelliğiyle Adana-Seyhan'daki kuraklık ve aşırı sıcaklık etkilerini hafifletmek için geniş çapta uygulanabilir.

Modern Müdahale Yöntemleri

Akıllı sulama: Akıllı sulama sistemleri, sprinkler ile ısı dalgalarında serinletme sağlarken eş zamanlı nem tasarrufu sağlar. Toprak nemi ve hava sıcaklığı sensörleri, otomatik sulama sistemlerine bağlanarak sıcaklık arttığında hızlı müdahale sağlar. Bu sayede bitki fizyolojik stres yaşamadan yeterli suya kavuşur.

Gölgeleme ağları ve koruyucu seralar (Polytunnel): Gölgeleme ağları, doğrudan güneş ışığını yumuşatarak makro ve mikro seviyede sıcaklık azalması sağlar; daha az su buharlaşır. Koruyucu seralar, kontrollü ortam oluşturarak yüksek sıcaklıklardan korunmayı sağlar ve sera içi sıcaklık stabil hale getirilebilir.

Serinletme sistemleri: Fanlı seralar, iç ortam hava dolaşımını artırarak serinlik sağlar, hidrolik sistemlerle nemli hava dolaştırılabilir. Gölgeleme ağları, doğrudan güneş ışığını filtreleyerek sıcaklık kontrolü sağlar. Sulama borularına eklenen püskürtücüler veya damlatma başlıkları ile bitkilerin

çevresi ve yaprak altları nemlendirilerek mikro düzeyde serinlik sağlanır. Akülü veya güneş enerjili fanlar, özellikle meyve bahçeleri ve fide yetiştirme alanlarında sıcak hava birikimini engeller. Büyük ölçekli kullanım zordur, hassas ürün yetiştirilen açık alanlarda uygulanabilir.

Geleneksel Müdahale Yöntemleri

Doğal gölgeleme: Ağaçlar, çalılar veya sırıklarla kurulan doğal gölgelikler hem güneş ışığını filtreler hem de hava akımı yaratarak serinlik sağlar.

Malçlama: Organik veya plastik malç kullanarak toprak yüzeyini kaplama; sıcaklığı eşitler, nem kaybını ve toprak ısını azaltır.

8. İyi Uygulama Örnekleri

8.1 Türkiye’den Uygulama Örnekleri

Belediyelerin Erken Uyarı Girişimleri

İzmir Büyükşehir Belediyesi “İzmir Tarımı” Mobil Uygulaması

İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2022 yılında “Başka Bir Tarım Mümkün” vizyonu doğrultusunda “İzmir Tarımı” mobil uygulamasını devreye almıştır. Bu uygulama, ani iklim olaylarına karşı üreticileri günler öncesinden uarmaktadır. Meteorolojik bilgilerin yanı sıra, ekim, dikim, hasat zamanı, sulama ve ilaçlama önerileri de sunulmaktadır. Uygulama, uydu verileri kullanarak toprak sıcaklığı, toprak nemi, rüzgar hızı gibi bilgileri ada ve parsel bazında sunarak çiftçilere hassas tarım imkanı sağlar. Bu sayede çiftçiler, tarlalarının üzerindeki bulutun konumuna, yağış miktarına ve ilaçlama zamanına ilişkin detaylı bilgilere ulaşabilmektedir. Ayrıca, Kemalpaşa ilçesinde “Tarımsal Tahmin ve Erken Uyarı Sistemi” istasyonları kurmuştur. Bu istasyonlar ile zirai don tehlikesi, meyve hastalık ve zararlılarının mücadele zamanları önceden tespit edilerek üreticilere cep telefonlarına otomatik mesaj yoluyla duyurulmaktadır. Sistem, Kemalpaşa Ziraat Odası’na hibe edilmiş ve Ödemiş Bademli Fidancılık Tarımsal Kalınma Kooperatifi ile işbirliği yapılmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)

İBB Taşkın Erken Uyarı Sistemi (TEUS) gerçek zamanlı hidrometeorolojik veri depolama ve uyarı gönderme sistemleri ile entegre bir yazılımdır. TEUS, İSKİ ve diğer kurumlarla iş birliği yaparak İstanbul genelinde 5 farklı havza üzerinde çalışmaktadır. Sistem, akarsu akışı ve su seviyesi tahminleri üretmek için birkaç modülden oluşmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan gerçek zamanlı radar ve uydu yağış verileri, AGİ’ler tarafından sağlanan yağış miktarı bilgileri ve çeşitli yağış modeli tahminleri bu modüllerde kullanılmaktadır. Veriler, Veri Giriş Modülü tarafından alınır ve Yağış Miktarı ve Sıcaklık Tahmin Modülü’ne iletilir. Bu modül, Hidrolojik Modül için sıcaklık ve yağış verilerini sağlar ve

pilot havzalardaki akış hacimlerini hesaplar. Hidrolik Modül, pilot havzalardaki kanal ağı akış ve su seviyelerini hesaplar.

Bursa Büyükşehir Belediyesi

Tarımsal Amaçlı Tahmin ve Erken Uyarı Meteoroloji İstasyonları, Bursa'da tarımsal üretimin yoğun olduğu Karacabey, Yenişehir, Yıldırım, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer ilçelerinde kurmuştur. Bu istasyonlar üzerindeki sensörler aracılığıyla hava sıcaklığı, nispi nem, yağış miktarı, yaprak ıslaklığı ve toprak sıcaklığı gibi değerler ölçülmektedir. Bu sistemler sayesinde hastalık ve zararlılara karşı bilinçsiz ve gereksiz ilaçlama önlenmekte, üretim maliyetleri düşürülmekte ve ürün kalitesi artırılmaktadır.

Konya Büyükşehir Belediyesi

Konya İlinde 22 ilçede 27 adet Tahmin Uyarı İstasyonu kurulmuştur. Bu istasyonlar, iklim değişikliği ve kuraklıkla mücadele kapsamında yerel, ulusal ve uluslararası kaynaklar kullanılarak planlanan ve uygulanan yatırımların bir parçasıdır.

Antalya Büyükşehir Belediyesi

Antalya Büyükşehir Belediyesi, Elmalı ve Kumluca'da yer alan seracılık ve meyve bahçelerinde "Akıllı Tarım" projesini hayata geçirmiştir. Bu proje kapsamında seralara ve bahçelere dijital tarımsal takip amaçlı kablosuz izleme sistemleri kurulmuştur. Üreticilerin girdi maliyetlerini düşürerek tarım arazisinde daha çok verim elde etmek, insan sağlığına ve çevreye duyarlı üretim yapmak, aşırı su ve gübre tüketimini önlemek için bu dijital tarım teknolojilerini kırsal bölgelerde ücretsiz olarak sunmaktadır.

Mersin Büyükşehir Belediyesi

Mersin Büyükşehir Belediyesi, ilçelerde tarımsal üretimi desteklemek amacıyla 12 adet Tarımsal Tahmin ve Erken Uyarı Sistemi kurdu. Bu sistemler, çiftçilere hava durumu, yağış gibi önemli verileri önceden bildirerek, tarımsal faaliyetlerin erken planlanmasını ve risklerin azaltılmasını hedefliyor. Bu sayede, bölgedeki tarımın daha sağlıklı ve verimli hale gelmesi amaçlanıyor.

Özel Sektör Tarafından Uygulanan Erken Uyarı Araçları

GÖRSENTAM Tarım Teknolojileri (G-AGRISTATION)

GÖRSENTAM Tarım Teknolojileri, dijital feromon tuzağı (G-TRAP) ve tarımsal meteoroloji istasyonunu (G-STATION) birleştiren G-AGRISTATION gibi gelişmiş tahmin ve erken uyarı sistemleri geliştirmektedir. Bu entegre ürün, tarım arazilerindeki riskleri önceden tahmin etmek için yapay zeka ile teknolojik çözümler sunar.

Metos Group

Metos Group, SCD Agriculture aracılığıyla iklim, hastalık ve zararlı erken uyarı sistemleri sunarak tarım işlerini daha güvenli ve verimli hale getirmektedir. Bu sistemler, tarlaları etkileyebilecek riskleri erken tespit eden ve zamanında müdahale fırsatı sunan gelişmiş sensör teknolojileri ve veri analizi ile donatılmıştır.

Tabit Smart Farming

Tabit'in erken uyarı sistemi, tarımsal sulama yönetimini optimize ederek bitkilerin optimal büyüme koşullarına ulaşmasını sağlamayı amaçlar. Dijital sensörler ve veri analitiği sayesinde toprak nem düzeyi, hava durumu ve bitki ihtiyaçları takip edilir. Bu sayede su kaynaklarının israfı önlenir, verimlilik artırılır ve çevresel sürdürülebilirlik desteklenir. Çiftçiler, cep telefonu, tablet veya bilgisayar aracılığıyla sisteme erişerek anlık olarak tarlalarındaki bitki durumunu ve sulama ihtiyacını görebilir.

Uygulama Örnekleri

- Atatürk Barajı Uzaktan Gözetim Projesi
- Samsun Taşkın Erken İhbar Projesi
- İmamoğlu Sulama Otomasyonu

8.2 Dünyadan Uygulama Örnekleri

Belediyelerin Erken Uyarı Girişimleri

İtalya Palermo Belediyesi-Kentsel Akarsu Taşkınları Erken Uyarı Sistemi

Palermo şehri için özel olarak tasarlanmış bu sistem, yağış derinliği, süre eşiklerini ve önceden tanımlanmış taşkın olay senaryoları analiz etmektedir. Sistem, yağış tahminleri ve akarsu akış koşulları gibi öncüllere dayanarak taşkınları tahmin eder ve taşkınların zamanlamasını, yerini ve etkilerini belirler. Bu, kentsel ortamlarda hidrolik riski azaltmada önemli bir potansiyel göstermektedir.

Hollanda (Transboundary River Basins FFEWSs)

Hollanda, Lüksemburg, Almanya ve Belçika'yı kapsayan transboundary nehir havzalarında operasyonel Sel Tahmini ve Erken Uyarı Sistemleri (FFEWSs) kullanmaktadır. 2021'deki aşırı sel olayından sonra bu sistemlerde önemli iyileştirmeler yapılmış, tüm bölgeler olasılıksal sel tahmin sistemlerine yatırım yapmış ve mobil telefon tabanlı uyarılar kullanmaya başlamıştır.

Özel Sektör Tarafından Uygulanan Erken Uyarı Araçları

Farmonaut

Gerçek zamanlı mahsul izleme, gelişmiş analitik araçlar ve akıllı kaynak yönetimi için uydu tabanlı ve yapay zeka destekli çözümler sunmaktadır. Jeevn AI platformları, uydu verilerini yorumlayarak üretkenliği optimize etmek ve kaynak israfını azaltmak için gerçek zamanlı, eyleme geçirilebilir bilgiler sunmaktadır. Uydu tabanlı mahsul sağlığı izleme (NDVI, toprak nemi), mahsul seçimi, zararlı yönetimi ve iklim adaptasyonu için yapay zeka destekli danışmanlık sistemleri ve orman yangını izleme gibi hizmetler sunmaktadırlar.

IBM Watson Tarım Karar Platformu (ABD)

Bu platform, yetiştiricilerin ve işletmelerin daha iyi kararlar almasına yardımcı olmak için yapay zeka, analitik, IoT, Bulut ve hava durumu verilerini kullanmaktadır. Toprak sıcaklığı ve nemi, mahsul stresi, hastalık riski ve tanımlaması ile verim tahminleri hakkında bilgiler sağlayarak sulama,

ekim, gübreleme ve zararlılarla mücadele gibi kararlara bilgi vermek için uyarılar göndermektedir. IBM Research, Hindistan'da NITI Aayog ile zararlı ve hastalık salgınları hakkında erken uyarılar için yapay zeka kullanımını keşfetmek üzere ortaklık kurmuştur.

Phytech (İsrail)

Yapay zeka tabanlı sulama danışmanı ile hassas sulama çözümleri sunar. Bitki düzeyinde veriler, toprak sensörleri ve iklim verilerini entegre ederek sulama, zararlı kontrolü ve don yönetimi için gerçek zamanlı öneriler sunar. Ayrıca rüzgar makineleri ve ağaç altı fışkiyeleri için çalışma zamanı raporları ve sıcaklık eşikleri için uyarılar sağlar.

Agurotech (Hollanda)

Veri odaklı tarım çözümleri sunan Amsterdam merkezli bir agritech startup'ıdır. Sensör teknolojisi, hava istasyonları ve uygulamalar dahil olmak üzere donanım ve yazılım çözümleri geliştirir ve üretir. Çiftçilerin toprak koşulları, yerel hava durumu ve yapay zeka destekli tahminlere dayanarak bilinçli kararlar almalarını sağlar, su, don koruması ve pestisit kullanımını optimize eder.

🌐 agurotech.com/en

"Smart Eye" (Çin)

Çin'in ilk yerli olarak geliştirilen entegre gökyüzü-yer akıllı bitki zararlıları ve hastalıkları izleme ve erken uyarı sistemidir. Akıllı yer seviyesi yerinde tespit, düşük irtifa uzaktan algılama ve büyük ölçekli akıllı izleme ve erken uyarı yeteneklerini birleştirir. Yapay zeka destekli algoritmalarla hızlı ve doğru tespit sağlar ve 20'den fazla ana tarım, ormancılık ve otlak zararlısı için gerçek zamanlı izleme ve erken uyarı sunar.

Sencrop

Yerleştirilen küçük hava istasyonları ile bölge bazlı sıcaklık, nem, yağış, don riski bilgileri toplanır.

🌐 sencrop.com/fr

Meteomatics

Hava durumu tahmini ve veri modelleme. Meteodron ile 6 km'ye kadar atmosferik veri sağlar.

🌐 www.meteomatics.com

Sivil Toplum Örgütleri Tarafından Yapılan Erken Uyarı Çalışmaları

Mercy Corps - Orta Doğu Öngörü Temelli İklim Eylem Modeli (MEACAM)

MEACAM, coğrafi olarak ayrıştırılmış tarımsal kuraklık ve sel tahminleri sunan, etkilenen insan, topluluk ve yerinden edilmişlerin kampı sayısını tahmin eden çevrimiçi bir platformdur. Tarımsal kuraklıkla bağlantılı olarak ekili alan sağlığını ve meteorolojik kuraklığın mahsul büyümesi, toprak nemi ve mahsul verimi üzerindeki etkisini bir ila dört aylık projeksiyonlarla tahmin etmektedir. WFP NDVI ve WFP yağış verilerini kullanmaktadır. Mercy Corps Ventures ayrıca, sigortacılar için çiftlik düzeyinde iklim ve mahsul bilgileri sağlayan “AgRails” (AI ve uydu görüntüleri) ve küçük ölçekli çiftçiler için toprak sensörleri ve veri analizi kullanan “MazaoHub” gibi çözümleri de desteklemektedir.

World Vision - Topluluk Tabanlı Erken Uyarı Girişimleri

World Vision, hayat kurtarıcı yardım sağlamak ve toplulukların dayanıklılıklarını artırmalarına ve gelecekteki afetlere hazırlanmalarına yardımcı olmak için çalışmaktadır. Bu, erken uyarı sistemlerine yatırım yapmayı ve toplulukları hava tehlikelerine etkili bir şekilde yanıt vermeleri için araçlarla donatmayı içermektedir. Kuraklığa eğilimli pastoralist topluluklar için, topluluk kapasitesini güçlendirmekte, yerel sahiplenmeyi artırmakta ve en marjinalize edilmiş kişilere ulaşmayı önceliklendirmektedirler. Erken uyarı mesajları WhatsApp, yerel toplantılar, okullar ve radyo yayınları aracılığıyla iletilerek, en ücra toplulukların bile hayat kurtarıcı tahminlere erişmesini sağlamaktadır.

CARE Uganda / Uganda Kızılhaçı

Uganda’da, bu kuruluşlar ve diğer ortaklar, topluluk gabionları inşa etmiş ve bir halka açık adres sistemi aracılığıyla topluluk erken uyarı sistemi oluşturmuşlardır. Ayrıca, nehri atıklardan temizlemek için gönüllü olmuş ve önemli bilgileri paylaşmaya yardımcı olmak için bir topluluk radyosuna sahip olmuşlardır. Diğer önlemler arasında taşkın kontrol barajları ve yönlendirme kanallarının inşası da bulunmaktadır.

İtalyan Kalkınma İş Birliği Ajansı (AICS) ve CESVI (İtalya)

Bu kuruluşlar, Pakistan’ın Sindh eyaletinde iklime duyarlı toplulukların iklim dayanıklılığını güçlendirmeyi amaçlayan RAFAA (Resilience &

Adaptation by Fostering Anticipatory Action) projesini başlatmıştır. 4 milyon Euro bütçeli bu proje, çoklu tehlike erken uyarı sistemleri kurmayı, su kalitesi izlemeyi ve iklime dirençli geçim kaynaklarını teşvik etmeyi içermektedir. Ayrıca iklim riski sigortasını araştırmakta ve eyalet/ilçe düzeyinde öngörü temelli eylem protokolleri geliştirmektedir.

NVIDIA Climate in a bottle

“Climate in a Bottle” yani NVIDIA’nın cBottle modeli doğrudan bir tarımsal erken uyarı sistemi olarak kurulmasa da, özellikle ani hava olayları, ekstrem yağışlar, don ve dolu gibi durumlar için yüksek çözünürlüklü atmosfer simülasyonu yapabilmesi açısından tarımsal erken uyarı araçlarıyla ciddi bir ilişki potansiyeli taşıyor. Yüksek çözünürlüklü (5 km) atmosferik simülasyon yapılabiliyor; bu sayede bulut konveksiyonları, dolu oluşumları, şiddetli yağış sistemleri gibi ani hava olaylarını daha net inceleyebilir. Bu tür mekanizmalar, tarımsal alanlarda amaçlanan erken müdahale ve risk senaryoları modellemesi için hayati önem taşır. NVIDIA ve Max Planck Meteoroloji Enstitüsü gibi araştırma merkezleri, cBottle’ı yer düzeyi ekstrem olay modellemesi ve dijital ikizler (digital twins) uygulamaları için test ediyor. Bu da demek oluyor ki, tarımda kullanılabilecek: dolu alarmı, ani sel uyarısı, hatta erken don öngörüsü gibi işlevsel uygulamaların cBottle altyapısı üzerinden gelişmesi mümkün.

FAO Tarımsal Stres Endeksi Sistemi (ASIS)

GIEWS ve FAO’nun CBC Bölümü tarafından geliştirilen ASIS, kuraklık veya aşırı durumlarda kuraklıktan etkilenme olasılığı yüksek tarım alanlarının erken tespiti için hızlı bir göstergedir. GIEWS, analizlerini desteklemek ve yer tabanlı bilgileri tamamlamak için su mevcudiyeti ve bitki örtüsü sağlığı hakkında değerli bilgiler sağlayan uzaktan algılama verilerini kullanır. Yağış tahminleri ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) yanı sıra ASIS de bu sistemin bir parçasıdır. ASIS raster veri setleri, FAO Agro-informatics Platformu, ASIS ArcGIS Online ve Google Earth Engine (GEE) üzerinden interaktif olarak erişilebilir durumdadır.

Sonuç

İklim krizinin derinleştiği günümüzde, ani ve aşırı hava olayları tarımsal üretimi, geçim kaynaklarını, insan sağlığını ve ekosistemleri doğrudan tehdit etmektedir. Bu risklerin yönetilebilir hale gelmesi, zamanında bilgiye dayalı kararlar alınmasını ve sahada hızlı, etkili tepkiler verilebilmesini gerektirir. Bu bağlamda tarımsal erken uyarı sistemleri ile bu sistemlerle entegre müdahale araçları, yalnızca teknolojik yenilikler değil, aynı zamanda gıda güvenliğini, su ve enerji kaynaklarını, kırsal geçim olanaklarını ve toplumsal refahı koruyan yaşamsal altyapılardır.

Erken uyarı sistemleri sayesinde afetler öncesinde önlem alınabilmesi, tarımın öngörülebilirliğini ve verimliliğini artırmakta; müdahale araçları ise zararların en aza indirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu sistemler tarım işçilerinin güvenliği, küçük üreticilerin korunması, iklim adaptasyonu, afet yönetimi ve kırsal kalkınma hedefleri açısından bütüncül ve dönüştürücü bir rol oynamaktadır. Geleneksel bilgi birikiminin modern teknolojilerle buluşması ise bu dönüşümün kültürel zemine oturmasını ve sahada kabul görmesini kolaylaştırmaktadır.

Bu portfolyoda tanıtılan sistem ve yöntemlerin yaygınlaştırılması, sadece tarımsal üretimin değil, iklim karşısında toplumsal dayanıklılığın da güçlenmesini sağlayacaktır. Kalkınma Atölyesi olarak, **yerel yönetimlerin**, çiftçilerin ve ilgili tüm paydaşların bu sistemleri benimsemesini ve uygulamada aktif rol almasını destekliyor; afetlere karşı daha dirençli, adil ve sürdürülebilir bir tarımsal gelecek için birlikte çalışmayı önemsiyoruz.

Kaynakça

🌐 rainman-toolbox.eu/home/tools-methods/risk-reduction-measures/early-warning-systems/

Shin, Y.-S., Lee, H.-A., Park, S.-H., Han, Y.-K., Shim, K.-M. ve Han, S.-J. (2025). Metropol Ölçeğinde Çiftçiler ve Tarım Uzmanları için Özelleştirilmiş Tarımsal Meteorolojik Afetler İçin Erken Uyarı Hizmetinin Kurulması ve İşletilmesi. *Atmosfer* , 16 (3), 291.

🌐 doi.org/10.3390/atmos16030291

Stephan, J. (2016). *Early warning system in the Beqaa Valley, Lebanon: Needs assessment (ClimaSouth Technical Paper N.1)*. European Commission.

🌐 www.climamed.eu/wp-content/uploads/files/Early-Warning-System-in-the-Beqaa-Valley-Lebanon.pdf

Changsha Zoko Link Technology Co., Ltd. (n.d.). *Agriculture sensors catalog – NiuBoL*. [Product catalog].

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Early warning early action report on food security and agriculture: October–December 2019*. FAO.

🌐 www.fao.org/publications

🌐 api2.zmo.org.tr/uploads/publicationFiles/2025-01-29-16-24-06-158305.pdf

Early Warning Hub | Tool | Food Security Portal, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.foodsecurityportal.org/tools/early-warning-hub

Agbehadji, I. E.; Mabhaudhi, Tafadzwanashe; Botai, J.; Masinde, M. 2023. A systematic review of existing early warning systems' challenges and opportunities in cloud computing early warning systems. *Climate*, 11(9):188.

🌐 doi.org/10.3390/cli11090188

TAHMİN UYARI, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici_Bilgi_Kosesi/Brosurler/Tahmin_Uyari_liflet.pdf

🌐 unu.edu/ehs/series/5-ways-ai-can-strengthen-early-warning-systems

Tarım ve gıdada erken uyarı sistemi | Ali Ekber Yıldırım'ın Kaleminden | Bitkisel Üretim, Gıda, Yaş Meyve ve Sebze, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.tarimdunyasi.net/2017/02/08/tarim-gidada-erken-uyari-sistemi/

ALADIN - ESA Earth Online - European Space Agency, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,
🌐 earth.esa.int/eogateway/instruments/aladin

Severe Weather Forecasting Programme (SWFP) | World ..., erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 community.wmo.int/en/activity-areas/severe-weather-forecasting-programme-swfp - <https://library.wmo.int/idurl/4/35703>

Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu Haberleşme Sistemi | - GSL Mühendislik, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 gsl.com.tr/otomatik-meteoroloji-gozlem-istasyonu-haberlesme-sistemi

OTOMATİK METEOROLOJİK GÖZLEM İSTASYONU (OMGİ) AUTOMATIC WEATHER OBSERVATION SYSTEMS (AWOS) Meteorolojik parametrelerin yeri - Teknam, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 teknam.com.tr/assets/pdf/OMG%C4%B0%20Tan%C4%B1t%C4%B1m.pdf

G-STATION: Tarımsal Meteoroloji İstasyonu - GÖRSENTAM Tarım Teknolojileri, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.gorsentam.com/g-station-tarimsal-meteoroloji-istasyonu

Erken Uyarı Sistemi - Tabit Smart Farming, erişim tarihi Temmuz 2, 2025, <https://www.tabit.com.tr/urun-detay-Erken-Uyari-Sistemi>

ASAP: A new global early warning system to detect anomaly hot spots of agricultural production for food security analysis - PubMed Central, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6360855/

C-band Weather Radars - Vaisala, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.vaisala.com/en/products/weather-environmental-sensors/c-band-weather-radar

Solid-state X-band Doppler weather radar with dual polarization - GAMIC GmbH, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.gamic.com/radar-systems/gmwr-solid-state

* New high-speed camera captures hail in free fall to improve public safety - NOAA Research, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 research.noaa.gov/hail-camera-invention-will-help-improve-hail-forecasts/

* 5 Powerful Ways Satellite Imagery In Farming Boosts Yields - Farmonaut, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 farmonaut.com/remote-sensing/5-powerful-ways-satellite-imagery-in-farming-boosts-yields

* Drone Agriculture Monitoring: 7 Top Agriculture Monitoring Systems - Farmonaut, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 farmonaut.com/precision-farming/drone-agriculture-monitoring-7-top-agriculture-monitoring-systems

Hassas Tarım Nedir? Uydu Görüntüleri Ve Smart Sensing 2024 - Farmonaut, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 farmonaut.com/precision-farming/farmonaut-ile-hassas-tarimda-devrim-2024-un-en-iyi-teknolojileri

Tarımsal Meteoroloji İstasyonu - esular | Kablosuz Akıllı Otomatik Sulama Sistemi, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 esular.com/tarimsal-meteoroloji-istasyonu

5.1 Flood Early Warning - Caribbean Disaster Emergency Management Agency, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.cdema.org/virtuallibrary/index.php/charim-hbook/use-case-book/5-preparedness-planning/5-1-flood-early-warning

How does an ultrasonic water level sensor work - Kacise-Water Quality Monitor, erişim tarihi Temmuz 2, 2025, <https://www.kcsensor.com/how-does-an-ultrasonic-water-level-sensor-work/>

Çiftçiler için erken uyarı sistemi! - Gıda Tarım, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 gidatarim.com/ciftciler-icin-erken-uyari-sistemi/

Anemometers_Wind Speed And Direction Sensor_Wind Sensors ..., erişim tarihi Temmuz 2, 2025, <https://www.niubol.com/wind-sensor/>

Ambient Sensors-Ambient Weather Station-Environmental ... - NiuBoL, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.niubol.com/Air-ambient-sensors/

Data Collector-Data logger-Niubol, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.niubol.com/Data-Collector/

CoCoRaHS - National Weather Service, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.weather.gov/rah/cocorahs

A review of studies on community based early warning systems - PMC, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 [pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6014131/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6014131/)

What are early warning systems and why do they matter for climate action?, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 climatepromise.undp.org/news-and-stories/what-are-early-warning-systems-and-why-do-they-matter-climate-action

PWS Network Overview | Weather Underground, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.wunderground.com/pws/overview

Weather Underground Personal Weather Stations, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 ambientweather.com/weunwestpa.html

G-AGRISTATION: Tarımsal Erken Uyarı Sistemi - GÖRSENTAM Tarım Teknolojileri, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.gorsentam.com/g-agristation-gelismis-tarimsal-tahmin-ve-erken-uyari-sistemi

🌐 scispace.com/pdf/a-graph-neural-network-with-spatio-temporal-attention-for-3qi6mu2b.pdf

🌐 www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2018.00184/full#h8

Nikrooz Bagheri, meisam bagheri, Movahed Sepahvand et al. An intelligent radiation frost forecasting and warning system for agricultural environments, 03 January 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square

🌐 doi.org/10.21203/rs.3.rs-2410927/v1

🌐 www.researchgate.net/publication/360062926_Intelligent_Spatial_Interpolation-based_Frost_Prediction_Methodology_using_Artificial_Neural_Networks_with_Limited_Local_Data

Roksvag, T., Lenkoski, A., Scheuerer, M., Heinrich-Mertsching, C. & Thorarinsdottir, T.L.(2023) Probabilistic prediction of the time to hard freeze using seasonal weather forecasts and survival time methods. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 149(750), 211–230. Available from:

🌐 doi.org/10.1002/qj.4403

🌐 doi.org/10.1155/2022/1127628

🌐 www.iosphere.com.tr/zirai-don-olaylarina-karsi-uyari-sistemi/

🌐 www.mdpi.com/2077-0472/11/11/1142

🌐 www.fao.org/4/y7223e/y7223e0b.htm#TopOfPage

Nikrooz Bagheri, meisam bagheri, Movahed Sepahvand et al. An intelligent radiation frost forecasting and warning system for agricultural environments, 03 January 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square

🌐 doi.org/10.21203/rs.3.rs-2410927/v1

🌐 www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420925000627?utm_source

🌐 www.telegrafia.eu/wp-content/uploads/2021/05/early-flood-warning-systems-EN.pdf?_gl=1*6k9oy6*_up*MQ..*_gs*MQ..&gbraid=0AAAAADwdaiE3np8L80Yfvuc5CR-D4zpsje

🌐 www.drought.gov/about/drought-early-warning?utm_source

Tadić, V., Gligorević, K., Mileusnić, Z., Miodragović, R., Hajmiller, M. ve Radočaj, D. (2023). Kalıcı Plantasyonlarda Don Hasarının Kontrolünde Ziraat Mühendisliği Teknolojileri. *Tarım Mühendisliği*, 5 (4), 2079-2111.

🌐 doi.org/10.3390/agriengineering5040128

Robotla hasat sele erken uyarı - Son Haberler - Milliyet, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.milliyet.com.tr/ekonomi/robotla-hasat-sele-erken-uyari-6245376

Tiny Tech, Big Impact: How Nano Drones Are Revolutionizing Agriculture, Disaster Response, and Industry - Dronelife, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 dronelife.com/2025/05/12/tiny-tech-big-impact-how-nano-drones-are-revolutionizing-agriculture-disaster-response-and-industry/

Kuraklıkla Mücadelede Yeni Dönem: Erken Uyarı Sistemi 2027'de Tamamlanıyor, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.tarimpusulasi.com/haber/kuraklikla-mucadelede-yeni-donem-erken-uyari-sistemi-2027de-tamamlaniyor-43207

How Remote Sensing in Agriculture Enhance smart farming - Crop Analytica, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.cropanalytica.com/blogs/smarter-farming-with-remote-sensing-in-agriculture

Taşkın, Sel – Erken Uyarı ve Takip Sistemi - ARGEKİP, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.argekip.com.tr/projeler/akilli_sehirler/tarla-ve-sera-takip-erken-uyari-sistemi/

HailSens IoT - Hail Monitoring System, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 products.kisters.net/products/hardware/meteorology/hailsens-hail-monitoring-system

🌐 www.researchgate.net/publication/360062926_Intelligent_Spatial_Interpolation-based_Frost_Prediction_Methodology_using_Artificial_Neural_Networks_with_Limited_Local_Data

🌐 www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2018.00184/full#h8

Nikrooz Bagheri, meisam bagheri, Movahed Sepahvand et al. An intelligent radiation frost forecasting and warning system for agricultural environments, 03 January 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square

🌐 doi.org/10.21203/rs.3.rs-2410927/v1

Budimir, M., White, G., Youds, L., Basabe-Rodriguez, P., Butenhoff, L., Bye, H., Ewbank, R., Fara, K., Fearnley, C., Gantulga, G., Haque, A., Harvey, M., Heinrich, D., Jaime, C., Kruczkiewicz, A., Mall, P., Mzozo, T., Ngaina, J., Pinder, N., ... Webster, B. (2023, March 2). *The roles of state and non-state actors in early warning and early action: Capacity gaps and collaboration*. Risk-informed Early Action Partnership (REAP).

🌐 www.early-action-reap.org/sites/default/files/2024-06/REAP_State-Non-State-Actors-EWS.pdf

Jomaa, I. (2021). *Early warning system assessment report*. Lebanese Agricultural Research Institute, Department of Irrigation and AgroMeteorology (DIAM).

🌐 www.researchgate.net/profile/Ihab-Jomaa/publication/354630632_Early_Warning_System_Assessment_Report/links/61435c4a6e83a1e871fbc2cf/Early-Warning-System-Assessment-Report.pdf

de Melo-Abreu, J. P. (2018, June). *Protecting fruit production from frost damage: Starting paper* (EIP-AGRI Focus Group). EIP-AGRI Service Point.

🌐 ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_frost_damage_final_report_2019_en.pdf

Does a Hail Cannon Really Stop the Hail? - Global Press Journal, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 globalpressjournal.com/americas/mexico/hail-cannon-bans-leave-farmers-limbo/
10 Ways Technology Is Helping Farmers Protect Crops From Extreme Weather, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.globalagtechinitiative.com/in-field-technologies/10-ways-technology-is-helping-farmers-protect-crops-from-extreme-weather/

Hail Protection for Gardens - Sandia Seed Company, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.sandiasseed.com/blogs/news/hail-protection-for-garden

Hail Netting | Protect Your Vineyard & Orchard - EyouAgro, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 eyouagro.com/landfaqs/hail-netting/

Discover the Types of Shockwave Anti-Hail Protection Systems - SPAG Group, erişim tarihi Temmuz 2, 2025, h

🌐 www.grupospag.com/en/tipologias-diseno-sistema-antigranizo-spag/

The first scientific evidence for the hail cannon - The International Conference on Computational Science, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.iccs-meeting.org/archive/iccs2023/papers/140730185.pdf

Economic Effects and Public Concerns from Cloud Seeding, with Jonathan Jennings, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 www.resources.org/resources-radio/economic-effects-and-public-concerns-from-cloud-seeding-with-jonathan-jennings/

Natural Flood Management Measures – a practical guide for farmers, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 thefloodhub.co.uk/wp-content/uploads/2018/10/A-practical-guide-for-farmers.pdf

Resilient Crops for Flood-Prone Areas - The Farming Insider, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 thefarminginsider.com/resilient-crops-for-flood-prone-areas/

7 Climate-Resilient Crops to Grow This Year - Modern Farmer, erişim tarihi Temmuz 2, 2025,

🌐 modernfarmer.com/2025/05/climate-resilient-crops/

Liu, T., Zhang, S., Sun, T., Ma, C. ve Xue, X. (2025). Aktif Bitki Don Koruma Ekipmanları ve Teknolojilerinin İncelenmesi: Mevcut Durum, Zorluklar ve Gelecek Beklentileri. *Tarım*, 15 (5), 1164.

🌐 doi.org/10.3390/agronomy15051164

The ABCs of Frost Management - USDA ARS, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/21563/Frost%20Protection%20in%20Orchards%20and%20Vineyards-2008.pdf

Freeze protection methods for crops - Appropedia, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.appropedia.org/Freeze_protection_methods_for_crops

Methods of Frost Protection | UC Agriculture and Natural Resources, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 ucanr.edu/county-office/cooperative-extension-ventura-county/methods-frost-protection

chapter 2 - recommended methods of frost protection, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.fao.org/4/y7223e/y7223e08.htm

Frost management in agriculture with advanced sensing, modeling, and artificial intelligent technologies - Sites at Penn State, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 sites.psu.edu/biorobotics/files/2025/05/Frost-management-in-agriculture-with-advanced-sensing-modeling-and-artificial-intelligent-technologies.pdf

Advectional frosts - Frost protection: fundamentals, practice, and economics - Volume 1, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.fao.org/4/y7223e/y7223e07.htm

Freeze protection methods for crops - Ontario.ca, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.ontario.ca/page/freeze-protection-methods-crops

Frost-Proof Your Crops: A Farmer's Guide to Satellite Monitoring and Prevention Techniques, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 farmonaut.com/precision-farming/frost-proof-crops-7-satellite-tips-to-protect-harvests

How Do Frost Blankets Help To Prevent Crop Loss? - Bootstrap Farmer, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.bootstrapfarmer.com/blogs/market-gardening/how-do-frost-blankets-help-to-prevent-crop-loss

chapter 8 - appropriate technologies - Frost protection: fundamentals, practice, and economics - Volume 1, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.fao.org/4/y7223e/y7223e0e.htm

How to protect your orchards and vineyards from frosts? Protection methods, effectiveness, cost and availability - EastFruit, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 east-fruit.com/en/horticultural-business/technologies/how-to-protect-your-orchards-and-vineyards-from-frosts-protection-methods-effectiveness-cost-and-availability/

chapter 7 - active protection methods - Frost protection: fundamentals, practice, and economics - Volume 1, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.fao.org/4/y7223e/y7223e0d.htm

Agricultural Frost Protection: How Helicopters Save Crops, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.helicopterexpress.com/blog/agricultural-frost-protection-how-helicopters-save-crops

PELET SOBASI | Mikrosera Tarım Bilgisayar A.Ş., erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 mikrosera.com/pelet-sobasi

Frostbuster - Agrofrost nv, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.agrofrost.eu/frostbuster/

Fareffect Sera Isıtma Sistemi - Fareffect, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.fareffect.com/urunler/fareffect-sera-isitma-sistemi/

Ideal heating for agriculture & farming | KÜBLER GmbH, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.kuebler-hallenheizungen.de/en/customers/agrarian/

Elektrikli Sera Isıtma - EHT Mühendislik, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 ehtmuhendislik.com/hizmet-detay/elektrikli-sera-isitma/

Frolight: Revolutionary Frost Protection – VineWorks, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 vine-works.com/blogs/advice/frolight-a-revolutionary-frost-protection-system

Frost protection using micro-sprinklers | Novagric, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 novagric.com/en/irrigation/frost-protection/

Frost Protection Guide - Senninger Irrigation - Hunter Industries, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 agriculture.hunterirrigation.com/sites/senninger.hunterindustries.com/files/guide-frost-protection-for-plants-a4.pdf

FROST PROTECTION - introductory guide to protecting your ..., erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.rivulis.com/frost-protection-introductory-guide-to-protecting-your-investment/

Crop Frost Protection: How To Protect Corn & Plants From Frost - Farmonaut, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 farmonaut.com/blogs/how-to-protect-plants-from-frost-7-tricks-farmers-swear-by

Sıcak hava üfleyici:

🌐 www.ulmaagricola.com/tr/seralar/ekipmanlar/sicak-havali-isitma/

Tadić, V., Gligorević, K., Mileusnić, Z., Miodragović, R., Hajmiller, M., & Radočaj, D. (2023). Agricultural Engineering Technologies in the Control of Frost Damage in Permanent Plantations. *AgriEngineering*, 5(4), 2079-2111.

🌐 doi.org/10.3390/agriengineering5040128

Yuan, W. ve Choi, D. (2021). Elma Bahçesinde Don Yönetimi için İHA Tabanlı Isıtma Gereksiniminin Belirlenmesi. *Uzaktan Algılama*, 13 (2), 273.

🌐 doi.org/10.3390/rs13020273

🌐 orchard-rite.com/wind-machines#overview

🌐 bpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.psu.edu/dist/2/120847/files/2025/05/Canopy-protection-cyber-physical-system-CPCPS-for-smart-agricultural-management-of-frost-damage-in-apple-orchards.pdf

🌐 www.mdpi.com/2624-7402/5/4/128

🌐 mikrosera.com/mikrosera-don-pervanesi

🌐 www.agrofrost.eu/

🌐 www.agrofrost.eu/frostbuster/

SIS:

- 🌐 www.aavsupplies.com.au/farming-equipment/sis-frost-fan/
- 🌐 www.mdpi.com/2073-4395/15/5/1164?utm_source
- 🌐 gener.com.tr/en/wind-machines
- 🌐 novagric.com/en/irrigation/frost-protection/
- 🌐 www.pipelife.com/service/news-and-projects/2025/subsurface-drip-irrigation.html
- 🌐 www.sunsavunma.net/insansiz-hava-araclariyla-elektrik-yuklemesi-yontemiy-le-bulut-tohumlama/
- 🌐 www.mdpi.com/2073-4433/14/11/1642

Taşkın Yönetimi

- 🌐 www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Dairesi%20Sunum/Ta%C5%9Fk%C4%B1n_kitap.pdf

OECD (2016), *Tarımda Kuraklık ve Sellerin Azaltılması: Politika Dersleri ve Yaklaşımlar*, OECD Su Çalışmaları, OECD Yayınları, Paris,

- 🌐 doi.org/10.1787/9789264246744-en

Flood and Drought - Mekong River Commission, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

- 🌐 www.mrcmekong.org/flood-and-drought/
- chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/
- 🌐 www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2016/01/mitigating-droughts-and-floods-in-agriculture_glg5e886/9789264246744-en.pdf
- 🌐 scispace.com/pdf/using-traditional-methods-and-indigenous-technologies-for-f15bohirgb.pdf
- 🌐 emmbi.com/flood-control/
- 🌐 mavideniz.com.tr/our-production/oil-boom-barrier/flood-control-barrier/?utm_source

Drought and Water Scarcity in Türkiye's Agriculture, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

- 🌐 agrieconomist.com/drought-and-water-scarcity-in-turkiyes-agriculture

(PDF) Agricultural Drought Indices: Combining Crop, Climate, and Soil Factors, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

- 🌐 www.researchgate.net/publication/320689949_Agricultural_Drought_Indices_Combining_Crop_Climate_and_Soil_Factors
- 🌐 www.weather.gov, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,
- 🌐 www.weather.gov/safety/drought-types#:~:text=Agricultural%20Drought%20refers%20to%20the,reservoir%20levels%20needed%20for%20irrigation.

(PDF) Hydrological Drought: Water Surface and Duration Curve Indices - ResearchGate, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.researchgate.net/publication/313314930_Hydrological_Drought_Water_Surface_and_Duration_Curve_Indices

Türkiye | OECD, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.oecd.org/en/publications/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation-2023_b14de474-en/full-report/turkiye_65650dde.html

Chapter 2 - The effects of drought - FAO Knowledge Repository, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b78a169e-40dc-46e7-b536-80a151772833/content/x5439e02.htm

Development of IoT and AI based Smart Irrigation System - arXiv, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 arxiv.org/html/2506.11835v1

(PDF) Flaws and advantages of current and prospective anti-hail protection methods, stations and networks (Review) - ResearchGate, erişim tarihi Temmuz 8, 2025,

🌐 www.researchgate.net/publication/330080889_Flaws_and_advantages_of_current_and_prospective_anti-hail_protection_methods_stations_and_networks_Review

BASF Digital Farming. (2025, Haziran). *Drones in agriculture*. BASF Agricultural Solutions. Erişim adresi:

🌐 agriculture.basf.com/global/en/business-areas/digital-farming/drones-in-agriculture?gad_source=1&gad_campaignid=22711175716&gbraid=0AAAAAC0tjEJ0UiS-M8wPltSm2thiX92SgB&gclid=CjwKCAjwyb3DBhBIEiwAqZLe5G4RSDWaq2cIS0gnkR-YhOqZNC3qnJBI6p65cCB22rbwHqvssn-B3vhoCu3MQAvD_BwE

United Nations Development Programme (UNDP), & Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). *Climate action review tool: A tool to assess the ambition and implementation of climate actions in the agriculture and land use sectors*.

🌐 www.undp.org/publications/undp-fao-climate-action-review-tool

United Nations Development Programme (UNDP). (2023). *FIVE APPROACHES TO BUILD FUNCTIONAL EARLY WARNING SYSTEMS*

🌐 www.adaptation-undp.org/sites/default/files/resources/undp_brochure_early_warning_systems.pdf

🌐 www.mdpi.com/2073-4395/15/5/1164?utm_source

🌐 www.mdpi.com/2073-4395/15/5/1164



Bilim, Kültür, Eğitim, Araştırma, Uygulama,
Üretim ve İşletme Kooperatifi

Çankaya Mah. Üsküp Cad. No:
16/14 Çankaya / ANKARA

+90 (553) 211 38 97

www.ka.org.tr / info@ka.org.tr



kalkinmaatolyesi



kalkinmatolyesi



Bu Rapor Avrupa Birliği'nin mali desteğiyle hazırlanmıştır.
İçeriği yalnızca Kalkınma Atölyesi Kooperatifi sorumluluğundadır,
UNDP ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.