



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



T.C. BATI AKDENİZ
KALKINMA AJANSI



ÖRTÜ ALTI ÜRETİM VE YENİLİKÇİ TARIM İHTİSAS KOMİSYONU RAPORU

BATI AKDENİZ KALKINMA AJANSI | 2022



T.C. BATI AKDENİZ

- Adres Bilgileri:** Çünür Mahallesi 102. Cadde Ekonomi Kampüsü A2 Blok No:185-B
Merkez/Isparta
info@baka.org.tr
0 246 224 37 37
- Konusu:** TR61 Bölge Planı (2024-2028) Çalışmaları: Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu Raporu
- Hazırlayanlar:** Metin TATLI (Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, Antalya Yatırım Destek Ofisi Uzmanı)

Cevher ÖZDEN (Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, Antalya Yatırım Destek Ofisi Uzmanı)
- Yayın No:** 2023/134
- Sayfa Sayısı:** 128 sayfa
- Yayına İlişkin Kural:** Yayının kısmen ya da tamamen yayımlanması ve çoğaltılması fikri mülkiyet hukukuna tabidir. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı yayınları kaynak gösterilmek kaydı ile üçüncü kişiler tarafından kullanılabilir.

İçindekiler

Yönetici Özeti	10
1. Giriş.....	12
1.1. Tarımda Teknolojik Dönüşüm.....	12
1.1.1. Tarımda Devrim	12
1.2. Çevre Kontrollü Tarım Kavramı.....	16
1.3. Örtü Altı Tarım Sektörün Tanımı ve Gelişimine Bakış.....	17
1.4. Örtü Altı Bitki Yetiştiriciliği Çeşitleri ve Teknolojileri	19
1.4.1. Örtü Altı Bitki Yetiştiriciliğinde Geleneksel Teknikler	19
1.4.2. Örtü Altı Yetiştiriciliğinde Yeni Teknikler.....	24
1.4.2.1. Jeotermal Seracılık	25
1.4.2.2. Örtü Altı Topraksız Tarım	28
1.4.2.3. Dikey Tarım Uygulamaları	29
1.4.2.4. Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele	56
2. Mevcut Durum Analizi	58
2.1. Dünyada Yaşanan Gelişmeler	58
2.1.1. İklim Kuşaklarına Göre Dünya’da Seracılık.....	58
2.1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Nüfus Projeksiyonları	61
2.1.3. Topraksız Tarım Uygulama Örneği Hollanda.....	65
2.1.4. Jeotermal Enerji	72
2.1.5. Dikey Tarım	73
2.1.6. Biyolojik Mücadele.....	81
2.2. Türkiye’de Yaşanan Gelişmeler	82
2.2.1. Alan	82
2.2.2. Yetiştiriciliği Yapılan Türler.....	83
2.2.3. Sera Teknolojisi	85
2.2.4. Dikey Tarım	91
2.2.5. Biyolojik Mücadele.....	92
2.2.6. Jeotermal Enerji	93
2.3. Bölgede Mevcut Durum.....	93



2.3.1.	Alan	94
2.3.2.	Yetiştiriciliği Yapılan Türler.....	95
2.3.3.	Türkiye'nin İlk, Avrupa'nın En Büyük Bitki Fabrikası Antalya'da	98
2.3.4.	Jeotermal Enerji	112
2.3.5.	GZFT Analizi.....	112
3.	Plan Dönemi (2024-2028) Perspektifi	114
3.1.	Sorunlar	114
3.1.1.	Örtü altı tarımın sorunları	114
3.1.2.	Yenilikçi tarımda sorunlar	116
3.2.	Çözüm Önerileri (Tedbirler).....	117
3.3.	Program / Proje Önerileri	119
4.	Sonuç ve Değerlendirme	121
5.	Kaynakça	124

Resimler

Resim 1: Tarla ve Örtü Altı Tarımı	17
Resim 2: Örtü Altı Tarımın Doğal İşçisi Bombus Arısı	18
Resim 3: Bitkisel Üretim Yapıları	20
Resim 4: Alçak Tünel Sistemler.....	20
Resim 5: Yüksek Tünel Sistemler	21
Resim 6: Seralar.....	21
Resim 7: Sera	22
Resim 8: Babil'in Asma Bahçeleri	35
Resim 9: Aztek Yüzen Bahçeleri (Chinampas)	36
Resim 10: Katı Ortam Kültürü Uygulamaları (a-Torbalarda, b-Saksılarda, c-Yataklarda Substrat Kültürü).....	40
Resim 11: Tam Otomatik Dozlama Sistemi	46
Resim 12: Örtü Altı Topraksız Tarım Alanları, Westland, Hollanda.....	66
Resim 13: Amerika Birleşik Devletleri'nden Akuaponik Topraksız Tarım Uygulama Örneği (1)	67
Resim 14: Amerika Birleşik Devletleri'nden Akuaponik Topraksız Tarım Uygulama Örneği (2)	68
Resim 16: Domates Üretimi, Rusya (1).....	70
Resim 17: Domates Üretimi, Rusya (2).....	71
Resim 18: Japonya'da Bir Bitki Fabrikası (1).....	74
Resim 22: : Japonya'da Bir Bitki Fabrikası (2).....	77
Resim 24: Amerika'da Bir Bitki Fabrikası.....	79
Resim 26: Sunqiao Kentsel Tarım Bölgesi Projesi, Şanghai, Çin (1).....	80

Resim 28: Antalya'da Örtü Altında Torbalarla Topraksız Domates ve Biber Üretim Örnekleri	86
Resim 29: Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akuaponik Ünitesi	89
Resim 30: Antalya'da Örtü Altında Su Kültürü Tekniği Uygulayan Bir Tesis.....	90
Resim 31: Market Sebze ve Meyve Reyonu	91
Resim 32: Evde Üretim	92
Resim 35: Bölgemizde Kurulmuş Olan Bir Bitki Fabrikası.....	100

Şekiller

Şekil 1: 4. Tarım Devrimi Bileşenleri	15
Şekil 2: Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası	25
Şekil 3: Türkiye'nin Jeotermal Sera Alanları	27
Şekil 4: Jeotermal Enerji ile Isıtılan Seralarda Topraksız Üretim Yapılan İller	27
Şekil 5: Topraksız Tarım Teknikleri	39
Şekil 6: Hidroponik Sistemler	42
Şekil 7: Akuaponik Sistem Akışı	43
Şekil 8: Akuaponik Sistem.....	44
Şekil 9: Aeroponik Sistem	45
Şekil 10: Işık Dalga Boylarının Bitki Gelişimine Etkisi	48
Şekil 11: Farklı Dalga Boyundaki Işıkların Etkisi	52
Şekil 12: Farklı Dalga Boylarındaki Işıkların Bitki Üzerine Etkisi	53
Şekil 13: Dünya Güneş Enerjisi Haritası	59
Şekil 14: Sıcaklık Kuşakları	61
Şekil 15: Dünya Nüfusu.....	61

Şekil 16: Dünyada Kişi Başı Ekilebilir Alan	62
Şekil 17: İklim Değişikliği Nedeniyle 2080 Yılında Küresel Tarımsal Verim Artışı Tahminleri...	63
Şekil 18: Küresel Tarım ve Gıda Eğilimleri	64
Şekil 20: Türkiye Örtü Altı Tarım Alanlarının Son 10 Yılda (2011 – 2021) Değişimi (Hektar) ...	82
Şekil 21: Türkiye Örtü Tarım Alanlarının 2021 Yılında İllere Göre Değişimi (Hektar).....	83
Şekil 23: Bölgemizdeki Bitki Fabrikasında Üretilen Ürün Çeşitleri	103

Tablolar

Tablo 1: Dikey Tarım İçin Uyumlu Bitkiler (Kuzey Amerika).....	31
Tablo 2: Dikey Tarım Bitki Fabrikası ve Sera Üretimi	31
Tablo 3: Türkiye’de Topraksız Tarım Alanının Değişimi	37
Tablo 4: Bitki Gelişiminde Farklı Dalga Boylarında Işık Seçimi	47
Tablo 5: LED ve HPS Teknolojisi Karşılaştırılması	50
Tablo 6: Türkiye Örtü Altı Sebze Üretimi (Ton)	84
Tablo 7: Türkiye Örtü Altı Meyve Üretimi (Ton).....	84
Tablo 8: Türkiye Örtü Altı Süs Bitkileri Üretimi (Adet)	84
Tablo 9: Batı Akdeniz Bölgesi’nin Türkiye'deki Konumu	94
Tablo 10: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Üretim Alanı (Hektar) (2021)	95
Tablo 11: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Üretim Alanı (Hektar) (2021)	95
Tablo 12: Batı Akdeniz Bölgesi Örtü Altı Tarım Alanlarının Son 10 Yılda (2011 – 2021) Değişimi (Hektar).....	95
Tablo 13: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Sebze Üretimi (2021) (Ton)	96
Tablo 14: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Sebze Üretimi (2021) (Ton).....	96
Tablo 15: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Meyve Üretimi (2021) (Ton)	97

Tablo 16: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Meyve Üretimi (2021) (Ton)	97
Tablo 17: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Süs Bitkileri Üretimi (2021) (Adet)	97
Tablo 18: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Süs Bitkileri Üretimi (2021) (Adet).....	98
Tablo 19: TR61 Bölgesi örtü altı tarım sektörünün GZFT Analizi ile değerlendirilmesi.....	113
Tablo 20: Batı Akdeniz Bölgesi İçin Uygulanabilir Yeni Teknolojiler.....	118

Kısaltmalar

AI	Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)
AÜ	Akdeniz Üniversitesi
AVF	Dünya Dikey Tarım Derneği (Association for Vertical Farming)
BAKA	Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı
BATEM	Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
BM	Birleşmiş Milletler (United Nations)
ÇKT	Çevre Kontrollü Tarım (Controlled Environment Agriculture)
DDT	Dikloro Difenil Trikloroetan
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
HID	Yüksek Yoğunluklu Deşarj (High-Intensity Discharge)
HPS	Yüksek Basıncılı Sodyum (High-Pressure Sodium)
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (Heating Ventilating and Air Conditioning)
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
LED	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
ML	Makine Öğrenimi (Machine Learning)
TAGEM	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TİM	Türkiye İhracatçılar Meclisi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu Üye Listesi

İl	Kurum / Firma	İlgili Kişi	İlgili Kişi Ünvanı	Görev Yeri
Antalya	Akdeniz Üniversitesi (AÜ)	Prof. Dr. Orhan ÖZÇATALBAŞ	Öğretim Üyesi	Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü
Antalya	Akdeniz Üniversitesi (AÜ)	Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK	Öğretim Üyesi	Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü
Antalya	Akdeniz Üniversitesi (AÜ)	Prof. Dr. Şule ORMAN	Öğretim Üyesi	Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Ankara	Tarım ve Orman Bakanlığı	Yasemin KALAMAN	Ziraat Mühendisi	Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü
Antalya	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)	Dr. Volkan GÖZEN	Ziraat Mühendisi	Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (BATEM)
Isparta	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ)	Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ	Öğretim Üyesi	Teknoloji Fakültesi Elektrik- Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara	Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	Naime DOĞAN	Ziraat Mühendisi	Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Müdürlüğü
Antalya	Farminova Bitki Fabrikaları San. Tic. A.Ş. Cantek Group, Soğutma Teknolojileri	Kerem BOZKURT	Birim Direktörü	İş Geliştirme Birimi
Antalya	Koppert Ltd. Şti.	Hatice Emrah KESİMLER	Birim Şefi	Pazarlama & Planlama Birimi
Antalya	Bestnet Tarımsal Bilişim Ltd. Şit.	Selami YAKUT	Kurucu Ortak	Genel Müdürlük
Antalya	Areo Tohum HEKTAŞ A.Ş. Antalya Teknokent	İsmail UYSAL	Ziraat Mühendisi	Yazılım Destek Birimi
Antalya	Areo Tohum HEKTAŞ A.Ş. Antalya Teknokent	Cansu ŞİMŞEK	Biyoteknoloji Uzmanı	Sebze Islah Birimi
Antalya	Az Tohum Ltd. Şti.	Ali UZUN	Genel Müdür	Genel Müdürlük
Antalya	NC Tarım Tur. Tek. San. Tic. Ltd. Şti.	Cahit YEŞİLOĞLU	Yönetim Kurulu Başkanı	Yönetim Kurulu

Yönetici Özeti

Dünya nüfusunun önümüzdeki yıllarda artması ve kentsel şehir merkezlerinde daha da yoğunlaşması beklenmektedir. Her geçen gün endüstriyel gelişme ve kentleşme nedeniyle ekilebilir topraklar kaybedilmektedir. Büyümekte olan nüfusu beslemek için tarımsal üretimin artırılması gerekecek ve bu durum gezegenimiz için altından kalkılması çok büyük bir yük haline gelecektir. Bu bakımdan küçük alanda ve daha az kaynak kullanımı ile daha fazla gıda üretimi gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra geleneksel tarım uygulamalarının gezegenimize bazı yönlerden zararlı olduğu sıklıkla ifade edilmektedir. Tarım sektörü ormansızlaşmanın ve toprakta bozulmanın önemli sebepleri arasında gösterilmektedir. Ayrıca bazı ürünlerin üretimi için çok fazla tatlı su kullanımı gerekmektedir.

Tüm bu sorunları çözebilmek için gıda üretiminde kullanılmakta olan en son teknoloji *Çevre Kontrollü Tarım* (ÇKT) olarak adlandırılmaktadır. ÇKT ile bitkinin gelişimi boyunca optimal gelişme koşullarının sağlanması ve sürdürülmesi hedeflenmekte ve geleneksel dış mekân tarımında kontrol edilemeyen, çevre kaynaklı, birçok belirsizlik üzerinde kontrol sağlanabilmektedir. ÇKT, tüm yıl boyunca mahsul üretme yeteneğine sahiptir. ÇKT ile bitki üretimi; sera, dikey çiftlik ve bitki fabrikası gibi kapalı yetiştirme yapıları içinde gerçekleştirilmektedir.

İçinde bulunduğumuz *Dördüncü Tarım Devrimi*; Tarım 4.0, dijitalleşme ve akıllı tarım uygulamaları bileşenleriyle yeni bir dönem açmıştır. Tarımsal üretimin zor hatta imkânsız olduğu yerlerde dahi, Tarım 4.0'ın sağladığı yeni teknolojiler daha az çaba ile yüksek verim elde edilmesini sağlamıştır. Geleneksel tarımın kurallarını yıkarak, oyunu değiştiren bu dönüşüm, tarımın kontrollü, yüksek teknolojiye sahip örtü altı (sera) üretim alanlarında ve dikey tarımın uygulandığı akıllı bitki fabrikalarında güneşe ihtiyaç duyulmadan, topraksız bir şekilde ve çok daha az su kullanılarak yapılmasına imkân tanımıştır. Planlı ve tam kontrollü koşullarda üretim, sabit fiyat garantisi verebilme imkânı da sunmuştur. Diğer taraftan, savaşlar, doğal afetler ve salgın hastalıklar halen insanoğlu için birer tehdit olmaya devam etmektedir. Tarım sektöründeki tüm bu gelişmeler ve dönüşüm, küresel iklim krizi nedeniyle yaşanması kaçınılmaz susuzluk ve açlık sorunları da düşünüldüğünde tüm canlılar için hayati önem taşımaktadır.

Batı Akdeniz (TR61) Bölgesi özellikle iklim koşullarının uygun olması bakımından örtü altı (sera) tarım sektöründe Türkiye'nin en gelişmiş bölgesidir. Dikey tarım alanında ülkemizin ilk, Avrupa'nın en büyük tam otomasyona sahip bitki fabrikası TR61 Bölgesi'nde kurulmuştur. Bölgede var olan potansiyelin korunması, bölgede örtü altı tarım sektöründe karşılaşılan problemlerin çözülmesi ve yeni gelişmekte olan dikey tarım ve bitki fabrikaları alanında

farkındalık sağlanması, tarımda verimlilik, yenilikçilik ve dijitalleşmenin artırılması amaçları doğrultusunda çeşitli araştırma çalışmaları yürütülmektedir.

6 Haziran 2022 tarih ve 2022/7 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi kapsamında 2024-2028 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi ve bölge planları; merkezi düzeyde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, yerel düzeyde ise Bakanlığın yönlendirmesinde ve kalkınma ajansları koordinasyonunda kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarından tüm paydaşlarla iş birliği içerisinde hazırlanmaktadır.

Ekonomik ve sosyal konularda ulusal ve yerel paydaşlardan ihtisasları ile ilgili konularda bilgi toplanması, araştırma yapılması, çalışılan konu özelinde sorunların tespit edilerek TR61 Bölgesi 2024-2028 Bölge Planı'na tedbir, program ve proje önerilerinde bulunmak yolu ile katkı sağlanması için Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu kurulmuştur.

Bölgedeki örtü altı üretim potansiyeli ve dikey tarım gibi yenilikçi tarım uygulamaları alanında farkındalığın artırılması ve TR61 Bölgesi 2024-2028 Bölge Planı'na ilgili kısımlarda kaynak teşkil etmesi için ilgili paydaşlarımız ile birlikte ihtisas komisyonu toplantıları gerçekleştirilmiş ve bu rapor hazırlanmıştır.

1. Giriş

1.1. Tarımda Teknolojik Dönüşüm

İnsanlığın yeryüzündeki varlığı 150.000 yıl olarak tahmin edilmektedir. Evrenin 15 milyar, dünyanın ise 4,5 milyar yaşında olduğu düşünüldüğünde insanlık tarihi, dünya tarihinin içinde yaklaşık olarak otuz binde birlik bir dilime karşılık gelmektedir. Kadim dini metinlere ve elde edilen biyolojik materyallere göre insanoğlu yeryüzünde 150.000 yıllık serüveninin yaklaşık 140.000 yılında yaşam tarzında çok büyük değişim olmadan yaşamıştır. Aslında insanoğlu henüz yok iken birçok canlı yeryüzünde yaşamıştır. Bilebildiğimiz tarihe baktığımızda ise birkaç kalıntı dışında son 12.000 yıl öncesine ait fazla bir bilgi bulunmamaktadır. Sayıları en fazla birkaç yüz bin olan az sayıdaki insan yeryüzünde konar-göçer bir yaşam sürerken avcılık ve toplayıcılık yolu ile gıda temin etmiştir. İnsanoğlu ilk olarak gıda ve su nerede ise orada bulunmuştur. Bulunduğu yerde gıda bittiğinde, gıda bulabileceği bir başka yere göç etmiştir.

Ancak bu rutin ve doğanın kendi döngüsüne uyumlu olan insanlık yaşamı günümüzden yaklaşık 12.000 yıl önce yani M.Ö. 9500 yılında bir daha geriye dönülmeyecek şekilde değişmiştir. Gelişmiş ve sosyal bir varlık olan insan, günümüzden yaklaşık 12.000 yıl önce de ihtiyaçlarını sıralayabilmiş ve yaşamına dair risk ve avantajları görebilmiştir. Böylece insanoğlu bitkiyi araziden toplamak yerine tohumunu ekip yetiştirmeyi ve gidip hayvan avlamak yerine onu evcilleştirmeyi öğrenmiştir. Böylelikle Neolitik Çağ başlamıştır. Artık insanoğlu kullanabileceği, işini görebilecek alet edevata ihtiyaç duyduğu bir döneme girmiştir. Bu dönemde ne köyler, şehirler, devletler, kanunlar, ne de sınırlar bulunmaktadır. Güvenlik sistemi, mahkemeler, eğitim sistemi, para ve ölçü birimi de henüz bulunmamaktadır. Tüm bunların ortaya çıkma sebebinin tarım devrimi olduğu düşünülmektedir.

İnsanoğlu ekip biçmeyi öğrendikten sonra yerleşik hayata geçmiştir. Yerleşik hayata geçtikten sonra orada küçük köyler, daha sonra bu köylerden şehirler, şehir devletleri, birleşen şehir devletlerinden krallıklar ve imparatorluklar oluşmuştur. İnsan sayısının artmasıyla ölçü birimleri, para, ticaret, güvenlik vb. ile ilgili hayatımızda yer almakta olan kavramlar, kurumlar ve kurallar oluşmaya başlamıştır.

1.1.1. Tarımda Devrim

Tarım devrimi ya da neolitik devrim, insan topluluklarının ilk kez tarım yapmasıyla gerçekleşen ve bu toplumların sosyo-ekonomik yapılarında devrimsel dönüşümler yaratan süreçtir. Bu süreç, insan topluluklarının avcılık ve toplayıcılıktan tarıma ve bir daha bırakmamak üzere yerleşik düzene geçişlerini temsil etmektedir.

Tarım devrimi aslında başından itibaren insanoğlunun hayat serüveninin ortaya çıkışını bizlere anlatmaktadır. Tarım devriminin başlangıcı olarak M.Ö. 9500 yılı kabul edilirken Urfa

Göbeklitepe’de bulunan M.Ö. 12000 yılından kalma yapılar insanların M.Ö. 9500 yılından önce de bir arada yaşamaya başladığını göstermiştir. Göbeklitepe’nin keşfi ya insanların dinsel veya tarım dışında başka bir sebeple daha önce bir arada olduğu ya da tarım devriminin bilindiği gibi M.Ö. 9500 yılından daha önce bir tarihte olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Tarım devrimini kısaca dört döneme ayırmak mümkündür:

Birinci Tarım Devrimi (Bitkilerin ve hayvanların kültüre alınması, M.Ö. 9500 - M.S. 700):

Bu dönemde yoğun bir şekilde hayvanların evcilleştirmesi ve bitkilerin kültüre alınma çalışmaları yapılmıştır. İnsanoğlunun temel besin ve enerji kaynağı olan buğday, çeltik, baklagiller, turunçgiller vb. bitkiler bu dönemde kültüre alınmış, köpek, koyun ve keçi gibi hayvanlar ise yine bu dönemde evcilleştirilmiştir.

İkinci Tarım Devrimi (Tarımsal aletlerin geliştirilmesi ve tarım ticareti, M.S. 700 – M.S. 1.800):

Tarım işçiliğinde at, katır vb. hayvanlar ile demir sabanın kullanımı, sulama amaçlı kuyu ve su kanallarının yapılması, ticaret yoluyla kültüre alınan bitkilerin başka yerlere taşınması, üçlü ve dörtlü rotasyon (ekim nöbetinin) sisteminin kullanılması bu döneme denk gelmektedir. Bu dönemin en önemli itici gücü gelişen ticaret ve buna bağlı olarak yeni bitki ve bilgilerin farklı coğrafyalara taşınmasıdır. Bu dönemde arazisi çok olan daha güçlü olarak kabul edilmiştir.

Bir devlet için yeteri kadar üretilen bir ürünün fazlası ülkeler arası ticarete İpek Yolu ve Baharat Yolu aracılığıyla konulmaya başlanmıştır. İpek Yolu Çin’in eski başkentlerinden Xian şehrinde başlayarak Anadolu ve Akdeniz aracılığıyla Avrupa’ya kadar uzanmaktadır. Bu yol üzerinden Çin’de üretilmiş ürünlerin ve bitki çeşitlerinin (ipek, barut, kâğıt, turunçgiller vb.) batıya taşınması, batıdan doğuya da üretim teknolojilerinin (tohumu geliştirmek, ıslah etmek, iyi Arap atlarının ıslahı, Anadolu’dan iyi koyunların alıp götürülmesi vb.) gitmesi sağlanmıştır.

Günümüzden binlerce yıl önce Doğu ülkelerinde kullanılmakta olan baharat Orta Çağ Avrupası’nda soyluların sofralarına da girince çok önemli bir ticaret ürünü haline gelmiştir. Ancak o dönemde pahalı olması nedeniyle sadece varlıklı kimseler tarafından satın alınabilmektedir. Hindistan’ın liman şehri Kalküta’dan başlayan, Bengal Körfezi ve Umman Denizi üzerinden Kızıldeniz’e diğer taraftan Hürmüz Boğazı üzerinden Bağdat, Şam ve Antakya’ya ulaşan Baharat Yolu üzerinden tarçın, kakule, zencefil ve zerdeçal gibi baharatların ticareti gerçekleştirilmiştir. Tarihi ticaret yolları üzerinden çeşitli ürünlerin transferi yanında ülkeler arasında farklı kültürel zenginliklerin de taşınması sağlanmıştır.

Daha önce belirli bir mevsimde yetiştirilip tüketilebilen gıda ürünleri ticaret yolları sayesinde yılın her döneminde sofralarda yer almaya ve tüketilmeye başlanmıştır. Böylelikle bu dönemde dünya üzerindeki nüfus 1.000 yıl içerisinde 250.000’den yaklaşık olarak 1 milyara hatta bazı kaynaklara göre 1,5 milyara kadar artmıştır. Ticaret yolları üzerinden yayılan veba salgını gibi salgınlara maruz kalmasına rağmen dünya nüfusu neredeyse 6-7 kat artarak büyümüştür. Tarihi ticaret yolları üzerindeki pazarlar arasında gidip gelen kervanların

gittikleri bölgelere hareketlilik getirmesi, bu coğrafya üzerinde kurulmuş olan yeni devletler, krallıklar ve imparatorlukların zenginleşmesine katkıda bulunmuştur. Tarihi ticaret yolları üzerinde bulunan şehirler gelişerek büyümüş ve bu şehirlere hâkim olan her medeniyet güç kazanmıştır. Belirli miktarda hayvan sayısı ile ekim-dikim ve hasat aletlerine sahip devletler ve krallıklar veya imparatorluklar, bereketli gördükleri arazileri ele geçirerek sahip oldukları toprakları büyütmek istemişlerdir. Çok arazisi olanlar güçlü kabul edilmiştir.

Üçüncü Tarım Devrimi (Endüstriyel Tarımın Başlaması, M.S. 1800 – M.S. 2000):

Bu dönemin en belirgin özelliği tohum ıslahına başlanması, sulama imkân ve kabiliyetinin gelişmesi ve üretimde gübre, aşı, tarım ilacı ve makine kullanılmasıdır. Bu yolla tarımsal üretimde; insan sayısına ve arazi varlığına daha az, ancak makine ve girdiye daha çok bağımlı bir sisteme geçilmiştir. Bu süreçte özellikle makine, ilaç ve gübrede geliştirilen teknolojilerin büyük çoğunluğu endüstri devriminin ürünleridir. Bu döneme "Yeşil Devrim" denilebilir. Bu isimlendirme kendi içinde son derece tutarlıdır, çünkü dünyadaki temel gıda üretimi bu süreç içinde 200 yılda yaklaşık 15 kat artmıştır. Nüfus 1,5 milyardan yaklaşık 8 milyara çıkarak yaklaşık olarak 5 kat artmıştır.

Ülkelerin topraklarında yaşayan insan sayısının önemli olduğu Birinci Tarım Devrimi döneminde Çin çok büyük bir ülke olduğu ve nüfusu kalabalık olduğu için ürün ihraç ediyorken İkinci Tarım Devrimi döneminde toprakları, arazileri bereketli olan Orta Asya, Hindistan ve Türkiye gibi ülkeler ürün ihraç etmeye başlamıştır. Üçüncü Tarım Devriminde ise traktörü, ilacı, kimyasalı ve teknolojisi olan ülkeler ürün satmaya başlamıştır. Bu sebeple günümüzde ABD dünyanın en büyük ihracatçılarından birisidir. Çok büyük bir araziye sahip olsanız da bir atla veya öküz ile ancak 50 dönüm büyüklüğünde bir arazi işlenebilmektedir. Avrupa'da ortalama bir işletme yaklaşık 300 dönüm iken bir veya iki kişi bir işletme ile ilgilenmektedir. ABD'de ise ortalama bir işletme büyüklüğü yaklaşık 1.000 dönümdür. Ohio, North Carolina ve Texas gibi bazı eyaletlerde 3.000 dönüme kadar çıkmaktadır. İşletme başına ilgilenen kişi sayısı ABD'de üç veya dört kişidir.

Endüstriyel Tarım Dönemi'nde önemli olan birim alandan en yüksek verimi almaktır. Türkiye bunu başaran ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de 2010 yılından beri artık istisnalar hariç hemen hemen tüm bitki türlerinde genetik kapasite zorlanmıştır. Bitkilerin canlıların genetik kapasitesi ve çevrenin etkisiyle olabilecek veriminin zirvesine çıkmıştır. Klasik ıslahla daha fazla verim artışı mümkün değildir.

Örneğin, günümüzde dekar başına 600-700 kg buğday verimi elde edilmektedir. Buğday verim miktarının 2 ton'a yükselmesi artık beklenmemektedir. Dekar başına 1,5 ton verim elde edilen hatta bazılarının 2 ton'a kadar ulaştığı mısırdan 4 ton verim elde edilmesi mümkün gözükmemektedir. Şeker pancarından dekar başına 6, 7 ve 8 ton verim elde edilirken bu miktarın 18 tona ulaşmayacağı düşünülmektedir.

Bu kadar kısa zamanda verim artışı gerçekleşirken bazı konularda sıkıntılar yaşanmaya başlamıştır. Artık verim artışı olmadığı gibi üretimde kullandığımız toprak, su, biyolojik çeşitlilik vb. kaynaklar üzerinde geri dönüşü çok zor tahribatlar oluşmuştur.

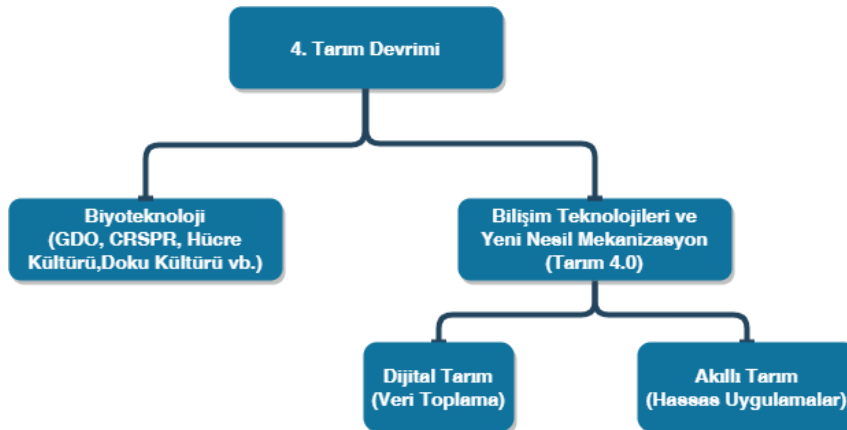
Dördüncü Tarım Devrimi (Biyoloji ve teknolojinin birleşmesi, 21. yüzyıl ve sonrası ...):

Bu dönemde tarımsal üretim; emek yoğun bir süreçten, bilgi yoğun bir sürece, doğal risklere açık bir üretimden, planlama ve kontrollü koşullarda yapılan bir üretime dönüşecektir. Bitki ıslahı, biyoloji ve genetik biliminden daha çok etkilenecek, ülkeler kendi arazi varlığı ile sınırlı olmayan bir üretim modeline doğru yönelecek, bazı girdi piyasalarında monopol riskleri doğabilecektir. Gelecek dönemde tarım sadece bir üretim ve ihtiyaç giderme alanı değil, özellikle biyolojik bilgi ve teknolojilerin üretildiği ve başka sektörlerle biyoloji ilminden güç ve know-how aktarılan bir dönem olacaktır. Bu dönemin kazananı; çok arazisi, çok insanı, çok makinesi olan değil, ekoloji, biyoloji ve biyoinformatik bilgiye sahip, bilgiye ve bilgi üretmeye değer verenler olacaktır.

Daha önce yaşanan ticari sorunlar, savaşlar ve COVID-19 salgını dönemi gibi süreçler bizlere göstermiştir ki 8 milyara yaklaşan dünya nüfusunu beslemek çok zor olduğu gibi kaliteli ve sağlıklı gıdalar ile beslemek çok daha zor, sürdürülebilir beslemek ise bu gidişle mümkün değildir. Eğer insanlar bugünkü alışkanlıklarını değiştirmezler ise günümüzden 50 yıl sonra çok daha zor bir dönem ile karşı karşıya kalınabileceği değerlendirilmektedir. (TAGEM, 2021).

İçinde bulunduğumuz Dördüncü Tarım Devrimi; Tarım 4.0, dijitalleşme ve akıllı tarım uygulamaları bileşenleriyle yeni bir dönem açmıştır. Tarımsal üretimin zor hatta imkânsız olduğu yerlerde dahi, Tarım 4.0'ın sağladığı yeni teknolojiler daha az çaba ile yüksek verim elde edilmesini sağlamıştır. Geleneksel tarımın kurallarını yıkarak, oyunu değiştiren bu dönüşüm, tarımın kontrollü, yüksek teknolojiye sahip örtü altı üretim alanlarında ve dikey tarımın uygulandığı akıllı bitki fabrikalarında güneşe ihtiyaç duyulmadan, topraksız bir şekilde ve çok daha az su kullanılarak yapılmasına imkân tanımıştır. Planlı ve tam kontrollü koşullarda üretim, sabit fiyat garantisi sunma imkânı da sunmuştur. Diğer taraftan, doğal afet, nükleer kaza ve salgın hastalıklar halen insanoğlu için birer tehdit olmaya devam etmektedir. Tarım sektöründeki tüm bu gelişmeler ve dönüşüm, küresel iklim krizi nedeniyle yaşanması kaçınılmaz susuzluk ve açlık sorunları düşünüldüğünde tüm canlılar için hayati önem taşımaktadır.

Şekil 1: 4. Tarım Devrimi Bileşenleri



Kaynak: (TAGEM, 2021)

1.2. Çevre Kontrollü Tarım Kavramı

2050 yılında Dünya nüfusunun 9,7 milyara çıkması ve nüfusun yüzde 68'inin kentsel şehir merkezlerinde yaşaması beklenmektedir (BM, 2019). Bu büyük nüfusu beslemek için tarımsal üretimin yüzde 70 artırılması gerekecektir (FAO, 2009). Bu, gezegenimiz için altından kalkılması zor bir yük olacaktır. Dünya nüfusu büyümekte ve aynı zamanda yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle önemli ölçüde daha az alanda ve kaynak kullanımı ile çok daha fazla gıda üretimi gerçekleştirilmelidir.

Küresel olarak insan tüketimi için üretilen gıdanın 1/3'ü kaybolmakta veya israf edilmektedir. Gıdalar pazara gönderilirken yolda veya buzdolabımızda son kullanma tarihi geçerek bozulmakta veya süpermarketler ve restoranlar tarafından basitçe atılarak ziyan edilmektedir. Kaybedilen veya ziyan edilen yıllık gıda miktarı yaklaşık 1,3 milyar tondur (FAO, 2019).

Her yıl yaklaşık 600 milyon kadar insan mikrop, zehir vb. ile kirletilmiş veya bulaştırılmış gıdaları yiyerek hastalanmaktadır. Bu durum, küresel gıda güvenliğini sağlama konusundaki mücadelenin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Tarım endüstrisi, küresel kullanımın yüzde 70'ini oluşturan en büyük tatlı su tüketicisi konumundadır (FAO, 2019).

Her geçen gün endüstriyel gelişme ve kentleşme nedeniyle ekilebilir topraklar kaybedilmektedir. Sorun öyle bir hale gelmiştir ki, son 40 yılda Dünya'daki ekilebilir arazilerin yaklaşık yüzde 33'ü erozyon veya kirlilik nedeniyle kaybedilmiştir. (Sheffield Üniversitesi, 2015). Önümüzdeki 40 yıl içinde daha ne kadar kaybedeceğimiz ise henüz bilinmemektedir. Artan nüfus nedeniyle artan gıda talebi ve giderek azalan ekilebilir alanlar, karşı karşıya olduğumuz en büyük zorluklardan birini oluşturmaktadır.

Tüm bu sorunları çözebilmek için tarım endüstrisi, üniversiteler, STK'lar ve şirketler kapsamlı araştırmaları bir araya getirerek yeni teknolojiler geliştirmeye çalışmaktadırlar. Gıda üretiminde kullanılmakta olan en son teknolojinin adı "Çevre Kontrollü Tarım"dır (ÇKT). ÇKT ile bitkinin gelişimi boyunca optimal gelişme koşullarının sağlanması ve sürdürülmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde, geleneksel dış mekân tarımında kontrol edilemeyen, çevre kaynaklı, birçok belirsizlik üzerinde kontrol sağlanabilmektedir (AVF, 2021). ÇKT, bitkilerin aldığı karbon ve besin miktarını ayarlayarak artan verim ile tüm yıl boyunca mahsul üretme yeteneğine sahiptir (Eden Green Technology, 2021).

ÇKT ile bitki üretimi; sera, dikey çiftlik ve bitki fabrikası gibi kapalı yetiştirme yapıları içinde gerçekleştirilmektedir. Günümüzde örtü altı tarım sektörü ÇKT'nin en büyük bileşeni olmakla birlikte hızla büyümekte olan diğer bileşen ise dikey tarımdır.

1.3. Örtü Altı Tarım Sektörün Tanımı ve Gelişimine Bakış

Bitkisel üretim, tarla tarımı ve örtü altı tarım olmak üzere genel olarak iki şekilde yapılmaktadır. Tarla tarımı daha çok yörenin iklim koşullarına bağlı olarak büyük alanlarda yapılan yetiştiriciliktir. Örtü altı yetiştiriciliği ise çevre koşullarının olumsuz etkisini kısmen veya tamamen ortadan kaldırarak kontrollü bir şekilde bitkisel üretim yapmaya yarayan alçak veya yüksek sistemler olarak tanımlanmaktadır (Büyüктаş, 2020). Örtü altı tarımı, bitkilerin mevsimlerin dışına kaydırılarak ya da mevsimleri dışında yetiştirilmesine imkân sağlayan bir yetiştiricilik şeklidir. Ülkemizde örtü altı tarımı, alçak plastik tüneller, yüksek tüneller, cam ve plastik örtü materyali ile örtülmüş seralardaki üretimi kapsamaktadır. Alçak plastik tünellerde bitkiler mevsimleri dışına kaydırılarak yetiştirilmekte ve üretimde erkencilik hedeflenmektedir. Yüksek tünellerde ve seralarda yapılan üretimde bitkiler mevsimleri dışında yetiştirilmektedir (Tüzel, ve diğerleri, 2020).

Resim 1: Tarla ve Örtü Altı Tarımı



Kaynak: (Büyüктаş, 2020)

Ürün yetiştirmedeki olumsuzlukları ortadan kaldırmak veya minimum zararlarla üretimi sürdürülebilir kılmak için çeşitli yöntemlere başvurulmaktadır. Ürünleri seralarda yetiştirmek bunlardan bir tanesidir. Üretim yöntemleri arasındaki yıl boyunca bitkisel üretim yapılmasına imkân veren, daha yüksek verim, kalite ve erkenci ürün elde etmenin bir sonucu, daha kârlı ve zevkli bir tarım kolu olan “seracılık” çok büyük önem taşımaktadır.

Hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak, gıda maddelerine olan talep de her geçen gün artış göstermektedir. İnsanlar çoğu zaman sebze ve meyveleri mevsimi dışında da tüketmek istemektedirler. Bu artan gıda talebinin karşılanması ve mevsimi dışında sebze ve meyve talebinin karşılanabilmesi için, birim alandan yüksek verimin alındığı seracılık, tüm dünyada her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Seracılığın tarımda çeşitliliği, istihdamı ve tarımsal nüfusu artırması yönleriyle de ekonomiye katkısı büyük olmaktadır.

Resim 2: Örtü Altı Tarımın Doğal İşçisi Bombus Arısı



Kaynak: AA

Son yıllarda tarımın seracılık endüstrisi kolunda batı ülkelerinde önemli gelişmeler gerçekleştirilmiştir. Uygulanan araştırma programları sonucunda bir taraftan birim alandan alınan ürün miktarında önemli artışlar sağlanırken öteki taraftan da, topraksız tarımı içeren su kültürü ayrıca ortam kültürü, ekolojik tarım, bilgisayar ve robot kontrollü sistemler, serada tozlaşmayı sağlayacak meyve tutumunu artırmak amacıyla bambus arılarının kullanılması gibi seralarda uygulanan teknolojilerin geliştirilmesiyle de, sebze, meyve ve süs bitkilerindeki kalitenin azalması riski en alt düzeye indirilmektedir (DOĞAKA, 2015).

Ülkemizde örtü altı tarım, plastiğin tarımda kullanımının başlamasıyla ticari önem kazanmıştır. 1970'li ve 1980'li yıllarda ekolojik koşulların uygun olduğu bölgelerde yayılmaya başlamıştır. 1990'lı yıllarda sera yatırımlarına ve serada yetiştiriciliğe uygulanan kaynak kullanımı ve destekleme fonu teşviki de alan artışına önemli katkı sağlamıştır. Bu yıllarda yüksek teknolojinin kullanıldığı modern seralar kurulmaya başlamış ve topraksız tarım kullanım alanı bulmuştur. 2000'li yıllarda sürdürülebilir üretim tekniklerinin ve sertifikalı üretimin yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Günümüzde bahçe bitkileri türlerinin sağlık üzerindeki etkilerinin anlaşılması ile değişen tüketici talepleri yönlendirici olmaktadır. Kentlerdeki alanların değerlendirilmesine yönelik uygulamalar ve küçük alanların hacim olarak etkin kullanımını sağlayan ve kontrollü koşullarda yapılan dikey tarım uygulamaları son yıllardaki önemli gelişmelerdir (Tüzel, ve diğerleri, 2020).

Yerinde ve doğru yapıldığında seracılığın kârlılık oranı diğer geleneksel tarımsal uygulamalara oranla oldukça yüksektir. Türkiye'de toprak varlığı ve verimliliği dikkate alındığında seracılık; işsizliği azaltan, birim alandan daha fazla ürün alınmasını sağlayan ve kırsal alanda tarımsal faaliyetleri daha fazla gelir getirici hale getiren, bu şekliyle de kırdan kente göçün (ekonomik nedenli) akış hızını düşüren önemli etmenlerden biridir (DOĞAKA, 2015).

1.4. Örtü Altı Bitki Yetiştiriciliği Çeşitleri ve Teknolojileri

Seracılık üretimin mümkün olmadığı kış periyodunda üretime olanak tanıyan, doğanın öngörülemeyen olumsuz etkilerinin minimize edilmesi amacıyla, çevre şartları kontrol edilebilen veya düzenlenebilen cam, plastik, fiberglas gibi ışığı geçiren materyallerle yapılan bitkisel üretimdir.

Örtü altı ve turfanda sebzeçiliği birbirinden farklıdır. Turfanda sebzeçilik, iklime bağı kalınarak veya kısmen kontrol altına alınarak özellikle mikro klimaya sahip bölgelerden yararlanarak pazara erken veya geç dönemde ürün çıkarılan yetiştiriciliktir. Kültür bitkilerini ilkbahar, sonbahar donlarından, iklim şartlarının diğ er olumsuzluklarından koruyarak zamanından önce veya sonra yapılır. Burada ısıtma olmayıp, doğaya bağıllık vardır ve fazla yatırım gerektirmez. Örtü altı yetiştiriciliğinde ise ortamdaki klima özellikleri kısmen veya tamamen kontrol altına alınarak pazara ürün çıkarılır.

Çevre koşullarının olumsuz etkisini kısmen veya tamamen ortadan kaldırarak bitkisel üretim yapmaya yarayan seralar alçak veya yüksek sistemler olarak tanımlanmaktadır. Her bir tarımsal ürünün en verimli yetiştiği koşullar üründen ürüne farklılık göstermektedir (DOĞAKA, 2015).

1.4.1. Örtü Altı Bitki Yetiştiriciliğinde Geleneksel Teknikler

Geleneksel örtü altı bitki yetiştiriciliğinde bitkisel üretim yapıları, belirli aralıklarla yerleştirilen değışik kesitteki profillerin üzerlerinin saydam bir örtü ile kaplanmasıyla oluşturulan örtü altı yapılarıdır. Örtü altı yetiştiriciliğinde kullanılan bitkisel üretim yapıları, alçak tüneller, yüksek tüneller ve seralar olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilmektedir.

Resim 3: Bitkisel Üretim Yapıları



Kaynak: (Büyüктаş, 2020)

Alçak Tüneller:

2,5 – 3,0 milimetre kalınlığındaki demir çubukların 1 – 3 metre genişliğinde, yerden 0,3 – 1 metre yüksekliğinde belirli aralıklarla yarım daire şeklinde bükülerek üzerlerinin 0,125 – 0,2 milimetre kalınlığında plastik örtü ile kaplanması ile oluşturulan sistemlerdir. Alçak tüneller, genellikle genişlikleri 2 – 3 metre ve yükseklikleri ise 60 – 80 santimetre olarak yapılan örtü altı yapılarıdır.

Resim 4: Alçak Tünel Sistemler



Kaynak: (Büyüктаş, 2020)

Yüksek Tüneller:

Örtü altı yetiştiriciliğinde insanların içerisine rahatça girebileceği genişlik ve yükseklikte yapılan, tarımsal mekanizasyona olanak sağlayan ancak ısıtma ve havalandırma sistemleri olmayan yarım daire kesitli yapılardır. Diğer bir ifade ile genişliği 5 - 6 metre yüksekliği 2 - 2,5 metre olacak şekilde 1/2 inç boruların yarım daire şeklinde bükülerek ve belirli aralıklarla yerleştirilip üzerlerinin plastik örtüyle kaplanması ile oluşturulan yapılardır.

Resim 5: Yüksek Tünel Sistemler



Kaynak: (Büyüктаş, 2020)

Yüksek ve alçak tünel sistemleri arasındaki fark yüksek tünellerin bütün yıl kullanılma imkânının olmasıdır. Bu tip tünellerde kapı aracılığıyla havalandırma yapılabilmektedir. Ayrıca gerektiğinde yüksek tünellerde ısıtma ve sulama da yapılabilmektedir.

Seralar:

İklimle ilgili çevre koşullarına bağlı kalmadan, bitki için gerekli olan sıcaklık, nem, ışık ve havalandırma gibi iklim faktörleri kontrol altında tutularak, bütün yıl boyunca çeşitli kültür bitkileri ile bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek veya sergilemek amacıyla planlanan ve üzeri cam, plastik vb. ışık geçirebilen maddelerle kaplanarak değişik şekillerde yapılan yüksek sistemde örtü altı yapılarıdır.

Resim 6: Seralar



Kaynak: (Büyüктаş, 2020)

Yapım tekniği yönünden seralar, belirli aralıklarla yerleştirilen ve dış kuvvetlerin etkisiyle şeklini değiştirmeyen rijit bir yapı iskeleti üzerine saydam bir örtü malzemesi kaplanarak inşa edilen tarımsal yapılardır.

Resim 7: Sera



Kaynak: (Büyüктаş, 2020)

Seraların yüksek tünellerden farkı yan duvar yüksekliğinin olması, planlı projesinin olması, sabit ve hareketli yükleri taşıyacak şekilde statik hesaplamaların yapılarak planlanması ve çok büyük hacimlerde ve ölçeklerde yapılmasıdır (Büyüктаş, 2020).

Örtü Altı Yetiştiriciliğın Geleneksel Tarıma Göre Avantaj ve Dezavantajları

Tarım, iklim koşullarına uygun üretimdir. Doğal ortamda bütün yıl boyunca aynı koşullar altında tarım yapmak çoğu kez mümkün değildir. Öngörülemeyen iklimsel koşullar yüzünden açık alanda yetiştiriciliği yapılan ürünlerde çok büyük zararlar meydana gelebilmektedir. Don, dolu gibi doğal afetler yanında fazla yağış veya aşırı kuraklık gibi unsurlar da bir ürünün yetişmesine veya kalitesine büyük ölçüde etki etmektedir.

İklim şartlarını kontrol ederek, tarımsal üretim sürecini yıl içerisinde daha geniş bir zamana yaymak üzere gerçekleştirilen örtü altı üretimde en önemli sorun ısıtmadır. Ülkemiz şartlarında da ısıtma giderleri sera kârlılığını etkileyen en önemli unsurlardan biridir.

Seracılık işletmelerinde ısıtma giderleri, yetiştirme mevsimi, bölge ve ürün tipine bağlı olarak değişmekle birlikte toplam maliyetin yüzde 40 ila yüzde 80'ini oluşturmaktadır. Sera ısıtmasında kullanılan fosil yakıtların maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle, ülkemizdeki birçok serada düzenli bir şekilde ısıtma yapılamamakta, sadece bitkileri dondan korumaya yönelik ısıtma yapılmaktadır. Düzenli ısıtma yapılmaması, verim düşüklüğü, üretim çeşidinde sınırlama, tarımsal mücadele için ilaç ve hormon kullanma zorunluluğu gibi problemleri beraberinde getirmektedir.

Tarla tarımında tarımsal üretim mevsimsel etkiler nedeniyle belirli dönemlerde yoğunlaşmaktadır. Seracılık ise bu durumu büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır. İklim

koşullarının açıkta bitki yetiştirmeye elverişli olmadığı dönemlerde, kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesini olanaklı kılan, bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerini sağlayabilen ve içinde hareket edebilen yapılardır.

Örtü altı yetiştiriciliği, diğer tarım kolları arasında, yüksek tesis ve işletme giderleri gerektiren, daha fazla teknik bilgi ve beceri ile sürekli ve daha çok uğraşı isteyen bir işletme biçimidir. Tarımın diğer kollarına nazaran oldukça fazla uzmanlık bilgisi gerektirir. Üstelik bu bilgi sadece bir alanı değil, hastalık ve zararlılar, toprak sorunları, bitki fizyolojisi gibi birçok alanı içermektedir. Ancak açık tarla ziraatına nazaran 5-6 kat daha fazla ürün getirir ve bunun karşılığında 8-10 kat daha fazla gelir elde edilebilmektedir.

Seracılık; tarımsal işletmelerde görülen ve mevsimlik olan iş gücü kullanımını düzenli ve sürekli hale getirdiğinden işsizliği azaltan, daha fazla ürün alınmasını sağlayan, nüfusu kırsal kesimde tutarak çarpık şehirleşmeyi önleyen önlemlerin ilki olarak görülmektedir. Ayrıca tüketicie her zaman taze sebze sunabilme imkânı da sağlamaktadır (DOĞAKA, 2015).

Örtü Altı Yetiştiriciliğinin Yararları

Örtü altı yapıları ile;

- Yıl boyunca üretim yapılabilir,
- Yetiştirme devresi uzatılarak, yetiştirilen kültür bitkisi sayısının artması sağlanır,
- Pazara çok çeşitli ve sürekli ürün sunulur,
- Birim alandan fazla ve daha kaliteli ürün alınır,
- Tarımsal işletmelerde görülen mevsimlik iş gücü kullanımı düzenli ve sürekli hale gelir,
- Seranın üretimi için gerekli olan materyallerin imalatı için yeni sanayi kolları ortaya çıkar,
- Tarımsal göç önlenmiş olur (Büyüktaş, 2020).

Neden Seracılık?

- Seracılık açık tarla yetiştiriciliğine göre 2-5 kat daha fazla ürün ve 5-10 kat daha fazla gelir getirmektedir. Örtü altı tarımı, birim alandan daha yüksek verim ve kaliteli ürün elde edilmesini sağlamanın yanında erkencilik sayesinde yüksek kâr marjına sahiptir.

- Yıl içindeki yetiştirme devresi uzatılarak, bir yılda aynı yerden 2-3 ürün alınabilmektedir. Özellikle küçük arazi sahipleri için iş gücü istihdamı ve iş gücünün yıl içinde eşit dağılımını sağlamaktadır.
- Seracılık, işletme sahiplerine sürekli gelir getiren ve pazarda sağlıklı beslenmemiz için her zaman gerekli olan taze meyve ve sebze bulunmasını sağlayan bir sektördür.
- Sebze, meyve ve çiçek gibi sera ürünleri daha kararlı ve cazip fiyatlarla yurt içi ve dışında kolaylıkla pazarlanabilmektedir.
- Sera tesisinde kullanılacak malzeme, sera imalat sanayii dallarının kurulmasına ve gelişmesine sebep olmaktadır.
- Seracılık işletmeleri; tohum, ilaç, gübre, ulaştırma ve pazarlama sektörünün gelişmesinde önemli rol oynayarak işsizliği azaltmakta yıl boyu ekonomiye katkı sağlamaktadır.
- Ürünlerin yaz ve kış aylarındaki fiyat uçurumlarını önlemekte ve yaz ürünlerini satın alınabilir fiyatlarla kış aylarında da ulaştırılabilir kılmaktadır.
- Daha iyi tohumluk, daha fazla gübre, sulama suyu, toprak hazırlığı, tarımsal ilaç ve işçilik gerektirmekte ve böylelikle de istihdama katkı sunmaktadır (DOĞAKA, 2015).

1.4.2. Örtü Altı Yetiştiriciliğinde Yeni Teknikler

Örtü altı alanlarda, düzenli ısıtma ve iyi havalandırma yapılmadığı takdirde yüksek nem oluşmaktadır. Isıtılmayan seralarda en büyük sorun düşük sıcaklığa bağlı ortaya çıkan yüksek nemdir. Seralarda yüksek nem nedeniyle ortaya çıkan hastalıklara karşı aşırı kimyasallar kullanılmaktadır.

Ayrıca bitkiler düşük sıcaklık ortamında döllenmeyi sağlayamadığı için yeterli ısıtma sağlanmadığı durumlarda döllenme için bitkilere hormon uygulanmaktadır. Bu durum insan sağlığı açısından son derece sakıncalı olup üreticiye de ek maliyetler getirmektedir.

Diğer taraftan yüksek nem dışarıdan gelen ışığın geçirgenliğini azaltarak verimin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle örtü altı alanlarda yeterli ısıtma için başka alternatif enerji kaynaklarından faydalanılması gündeme gelmiştir (Aktaş Çimen, 2021).

Dünya nüfusunun artmaya devam etmesi ile ekilebilir arazilerin azalacağı ve bunun sonucunda da artan nüfusu besleyecek gıda üretiminin gitgide zorlaşacağı tahmin edilmektedir. Kontrollü şartlarda tarım kapsamında, teknolojik imkânların sürekli gelişmesi ve çoğalması ile beraber, mevcut ve gelecek projeksiyonu yapılmış küresel sorunların çözümüne yönelik sürekli olarak yeni sistemlerin geliştirilmesi için çalışılmaktadır.

yüzde 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, yüzde 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Jeotermal enerji uygulamalarında ilk elektrik üretimi 1975 yılında 0,5 MWe güce sahip Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır.

2005 yılından itibaren Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı desteğiyle, mevcut kaynakların geliştirilmesine ve yeni kaynak alanlarının aranmasına ağırlık verilmiştir. 2004 sonu itibarıyla 3.100 MWt olan kullanılabilir jeotermal ısı kapasitesi; 2008 yılında, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesi sonrasında, özel sektörün jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmalarına katılımı ile hızla artmıştır. Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 35.500 MWt'e elektrik üretimi potansiyeli ise 4.500 MWe olarak tahmin edilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

Bitki yetiştiriciliğinde en önemli unsurlardan biri ısı yeterliliğidir. Bitkilerin gelişmesinde önemli rolü olan sıcaklığı yakalayabilmek için seralar özellikle güney şeridinde yoğunlaşmaktadır. Çünkü seralarda uygun sıcaklığı sağlayabilmek için yakıt ve ısıtma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da maliyet açısından serada üretim yapan tarımsal işletme sahiplerini zorlayabilmektedir. Jeotermal kaynaklardan faydalanarak seraları ısıtmak mali yükü oldukça hafifletmektedir. Hatta hava sıcaklığı yıl boyu bitki gelişimine uygun olmayan bölgelerde bile, jeotermal kaynak sayesinde üretim 11 ay boyunca devam etmektedir.

Jeotermal seracılığın başarılı olması için birinci gereklilik olan jeotermal kaynak bakımından Türkiye zengin bir ülkedir. Enerji potansiyelinin tarıma aktarılması, Türkiye'yi jeotermal örtü altı üretimde başarılı bir ülke haline getirmektedir (Bayraktaroğlu, 2022).

Ülkemizde jeotermal enerjinin yoğun olarak kullanıldığı alanlar kaplıcalar, konut, otel-devre mülk vb. ısıtması ve sera ısıtmasıdır. Türkiye Jeotermal Derneği verilerine göre 2022 yılı itibarıyla Türkiye jeotermal sera uygulamasında dünyada ilk beş ülke arasında yer almaktadır. Türkiye'de yaklaşık 2.880 MW gücünde kurulu jeotermal enerji kapasitesi bulunmaktadır. Dünya genelindeki kurulu toplam kapasitede Türkiye'nin payı yüzde 4, yıllık kullanım miktarında ise bu oran yüzde 8'dir. Türkiye'de yaklaşık 5.293 dekar jeotermal enerji ile ısıtılan sera varlığı bulunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

Türkiye'de jeotermal seralar ile ağırlıklı olarak ve çoğunluğu ihracat için olmak üzere domates üretimi yapılmaktadır. Bunun yanında biber, salatalık, çilek, muz benzeri ürünlerin üretimi de mevcuttur. Jeotermal seracılık yapmak isteyenlere yönelik Tarım ve Orman Bakanlığının destekleri bulunmaktadır. Seralardaki en önemli etkenlerden biri sıcaklıktır ve jeotermal enerji, seralardaki ısıyı regüle etmek için kullanılabilir. Bu ısı regülasyonunu kömür gibi fosil yakıtlarla da yapmak mümkündür, ancak doğru uygulandığı takdirde, jeotermal seracılık çok daha temiz bir üretim sağlamaktadır (Bayraktaroğlu, 2022).

Jeotermal seracılığın avantajlarından bir diğeri de ürünlerde hiçbir şekilde hormon kullanılmamasıdır. Örtü altı alanlarda, düzenli ısıtma ve iyi havalandırma yapılmadığı takdirde yüksek nem oluşmaktadır. Bunun sonucunda da mantar hastalıkları görülmekte ve aşın ilaç kullanılmaktadır. Ayrıca yeterli ısıtma sağlanmadığı zaman döllenmeyi sağlamak için hormon uygulanmaktadır. Bu durum insan sağlığı açısından son derece sakıncalı olup, üreticiye de ek maliyetler getirmektedir. Ayrıca yüksek nem dışarıdan gelen ışığın geçirgenliğini azaltarak verimin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle örtü altı alanlarda yeterli ısıtma için başka alternatif enerji kaynaklarından faydalanılması gündeme gelmiştir (Aktaş Çimen, 2021).

Şekil 3: Türkiye'nin Jeotermal Sera Alanları



Kaynak: (Bayraktaroğlu, 2022)

Jeotermal enerjiyle ısıtılan seralar Ege, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğun olarak görülmektedir.

Şekil 4: Jeotermal Enerji ile Isıtılan Seralarda Topraksız Üretim Yapılan İller



Kaynak: (Bayraktaroğlu, 2022)

Adıyaman, Afyonkarahisar, Ağrı, Aksaray, Aydın, Denizli, Balıkesir, Eskişehir, İzmir, Kırşehir, Kütahya, Konya, Manisa, Nevşehir, Sakarya, Şanlıurfa, Uşak, Van ve Yozgat'ta jeotermal enerji ile ısıtılan seralarda topraksız üretim yapılmaktadır.

Seraların jeotermal ile ısıtılmasının getirdiği önemli avantajlar:

- Düşük sıcaklıktaki akışkanın seracılıkta kullanılabilmesi (40-45 °C),
- Seraların, yılın soğuk günlerinde ısıtmaya ihtiyaç duyması,
- Jeotermal enerjinin diğer yakıt türlerine göre avantajlı ve yerel kaynak olması,
- Tedbir alındığında çevreci ve yenilenebilir olması,
- Jeotermal kaynağın özellikle seracılıkta kullanılması ile üretim maliyetleri düşük, güvenilir ve izlenebilir, rekabet şansı ve marka değeri yüksek, modern ve planlı üretimin yapılacağı organize sera bölgelerinin kurulması öngörülmektedir (Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, 2020).

Jeotermal enerji günümüzde, özellikle gıda tedariki amaçlı seracılık tarımsal üretim açısından son derece önemli bir noktaya gelmiştir. Dünyada insanların her geçen gün artan gıda talebi ve bu talebin karşılanması konusunda jeotermal enerji ile seralarda sebze ve meyve üretimi açısından TR61 (Batı Akdeniz) Bölgesi avantajlı durumda değildir.

1.4.2.2. Örtü Altı Topraksız Tarım

Günümüzde, pek çok ülkede, seralarda üretimin büyük bir kısmı topraksız tarım ile gerçekleştirilmektedir. Aslında 17.yy'dan günümüze topraksız yetiştiricilikte bitki beslenmesi konusundaki bilgilerimizin çoğu su ve kum kültürü denemelerinden elde edilmiştir. Topraksız tarımın, seralarda ticari anlamda yaygın kullanımı ise 1970'li yıllara rastlamaktadır. Bunun nedeni ise bu yıllarda ortaya çıkan enerji krizi sonucu buhar ile toprak dezenfeksiyonunun çok pahalı bir uygulama haline gelmesidir. Bu şekilde kullanılmaya başlanılan topraksız tarım günümüze kadar artan bir hızla yaygınlaşmıştır. Bazı ülkelerde sera üretimi tamamen topraksız tarım ile yapılmaktadır.

Topraksız tarımın geleneksel yetiştiriciliğe göre üstün yanları şu şekilde özetlenebilir:

- Toprağın bulunmadığı veya kalitesinin üretim için yeterli olmadığı yerlerde yetiştiricilik yapılabilir.
- Toprak yorgunluğu ortadan kalkar, aynı yerde arka arkaya aynı ürünler yetiştirilebilir.
- Toprak kaynaklı hastalık ve zararlılar ile yabancı otlar sorun olmaktan çıkar, toprak dezenfeksiyonuna gerek kalmaz. Ürünlerde dezenfektan kalıntısı sorunu ile karşılaşmaz.
- Su ve besin maddeleri etkin bir şekilde kullanılır, su ve gübre kullanımı azalır.

1.4.2.3. Dikey Tarım Uygulamaları

Yapılan tahminlere göre dünya nüfusunun önümüzdeki yıllarda da sürekli olarak artmaya devam edeceği ve ekilebilir arazilerin azalacağı öngörülmekte, bunun sonucunda da artan nüfusu besleyecek gıda üretiminin gitgide zorlaşacağı düşünülmektedir. Kontrollü şartlarda teknolojik imkânların sürekli gelişmesi ve çoğalması ile beraber, mevcut ve gelecek projeksiyonu yapılmış küresel sorunların çözümüne yönelik sürekli olarak yeni tarımsal sistemlerin geliştirilmesine çalışılmaktadır. Bu gelişmelerin ve akıl yürütmelerin sonuçlarından biri de “dikey tarım” olarak adlandırılan sistemdir.

Dikey tarım, kontrollü şartların sağlandığı bir ortamda, tek katmanlı bir yetiştirme yüzeyine sahip klasik yetiştirme yöntemlerinden farklı olarak üst üste yerleştirilmiş raf benzeri üretim alanlarını kullanan bir bitki yetiştirme yöntemidir ve asıl amaç birim alandan en yüksek verimi elde etmektir. Bahsedilen istiflenmiş raflarda, yapay ışıklandırma olarak aydınlatma teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte üretilen LED aydınlatma sistemlerinden yararlanılmakta, yetiştirme ortamı olarak da hidroponik, akuaponik, aeroponik gibi topraksız sistemler kullanılmaktadır (Tüzel, ve diğerleri, 2020).

Dikey Tarım Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

2050 yılında Dünya nüfusunun 9,7 milyara çıkması ve nüfusun yüzde 68'inin kentsel şehir merkezlerinde yaşaması beklenmektedir (BM, 2019). Bu büyük nüfusu beslemek için tarımsal üretimin yüzde 70 artırılması gerekecektir (FAO, 2009). Bu gezegenimiz için altından kalkılması çok büyük bir yük olacaktır. Nüfusumuz büyümekte ve aynı zamanda yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle daha az alanda ve daha az kaynak kullanımı ile çok daha fazla gıda üretimi gerçekleştirilmelidir.

İnsan tüketimi için üretilen gıdanın 1/3'ü küresel olarak kaybolmakta veya israf edilmektedir. Gıdalar pazara gönderilirken yolda veya buzdolabımızda son kullanma tarihi geçerek bozulmakta veya süpermarketler ve restoranlar tarafından basitçe atılarak ziyan edilmektedir. Kaybedilen veya ziyan edilen yıllık gıda miktarı yaklaşık 1,3 milyar tondur (FAO, 2019).

Her yıl yaklaşık 600 milyon kadar insan mikrop, zehir vb. ile kirletilmiş veya bulaştırılmış gıdaları yiyerek hastalanmaktadır. Bu durum, küresel gıda güvenliğini sağlama konusundaki mücadelenin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Tarım endüstrisi, küresel kullanımın yüzde 70'ini oluşturan en büyük tatlı su tüketicisi konumundadır (FAO, 2019).

Ayrıca eski ve mevcut tarım uygulamalarının gezegenimize büyük ölçüde zararlı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Tarım sektörü ormansızlaşmanın ve toprakta bozulmanın en önemli sebebi olarak gösterilmektedir. Her geçen gün endüstriyel gelişme ve kentleşme nedeniyle ekilebilir topraklar kaybedilmektedir. Sorun öyle bir hale gelmiştir ki, son 40 yılda dünyadaki

ekilebilir arazilerin yaklaşık yüzde 33'ü erozyon veya kirlilik nedeniyle kaybedilmiştir. (Sheffield Üniversitesi, 2015). Önümüzdeki 40 yıl içinde daha ne kadar kaybedeceğimiz ise henüz bilinmemektedir. Artan nüfus nedeniyle artan gıda talebi ve giderek azalan ekilebilir alanlar, karşı karşıya olduğumuz en büyük zorluklardan birini oluşturmaktadır.

Tüm bu sorunları çözebilmek için tarım endüstrisi, üniversiteler, STK'lar ve şirketler kapsamlı araştırmaları bir araya getirerek yeni teknolojiler geliştirmeye çalışmışlardır. Gıda üretiminde kullanılmakta olan en son teknolojinin adı "Çevre Kontrollü Tarım"dır (ÇKT). ÇKT ile bitkinin gelişimi boyunca optimal gelişme koşullarının sağlanması ve sürdürülmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde, geleneksel dış mekân tarımında kontrol edilemeyen, çevre kaynaklı, birçok belirsizlik üzerinde kontrol sağlanabilmektedir (AVF, 2021). ÇFT, bitkilerin aldığı karbon ve besin miktarını ayarlayarak artan verim olasılığı ile tüm yıl boyunca mahsul üretme yeteneğine sahiptir (Eden Green Technology, 2021).

ÇKT ile bitki üretimi; sera, dikey çiftlik ve bitki fabrikası gibi kapalı yetiştirme yapıları içinde gerçekleştirilmektedir. Günümüzde örtü altı tarım sektörü ÇKT'nin en büyük bileşeni olmakla birlikte hızla büyümekte olan diğer bileşen ise dikey tarımdır.

Dikey Tarım Kavramı

Dikey tarım, dikey olarak istiflenmiş katmanlar üzerinde mahsul yetiştirme uygulamasıdır. Mahsuller, yapay ışık ve sıcaklık koşulları altında iç mekânlarda yetiştirilmektedir. Daha küçük alanlarda daha yüksek üretkenliği hedeflemektedir. Hidroponik, akuaponik ve aeroponik gibi topraksız tarım yöntemleri kullanılmaktadır. Dikey tarım daha az su ve pestisit kullanımı gerektirmektedir. Kapalı alanlarda yetiştirilen ürünler mevsimlere bağlı değildir ve bu nedenle yıl boyunca yüksek verim sağlanabilmektedir. Dikey tarım sistemlerini barındıran yapı seçenekleri arasında binalar, nakliye konteynırları, tüneller ve terk edilmiş maden galerileri sayılabilir.

Herhangi bir bitkiyi tamamen kapalı alanda yetiştirmek teorik olarak mümkün olsa da ekonomik faktörler dikey tarım ile üretilecek ürün çeşidini seçerken daha fazla belirleyici olmaktadır. Dikey tarımda yaygın olarak yetiştirilen ürünler; sınırlı bir alanda yetiştirilebilecek bitki sayısını en üst düzeye çıkarmak için küçük bir büyüme alışkanlığına sahip olanlar, asma domates gibi çabuk yetişen verimli bitkiler veya hızlı büyütülüp satılan mikro yeşilliklerdir (Vertical Farming, 2021).

Tablo 1: Dikey Tarım İçin Uyumlu Bitkiler (Kuzey Amerika)

Ürün Adı_01	Ürün Adı_02
Yaz kabağı	Otlar
Biberler	Marul
Patlıcan	Ispanak
Kavun	Domates
İngiliz salatalığı	Çilekler

Kaynak: (Vertical Farming, 2021)

Seralar ile bitkisel üretim doğal ışığa dayanmaktadır ve tek bir yatay düzlemde yerleştirilmiş bitkileri içermektedir. Dolayısıyla çok fazla alana ihtiyaç duyarlar ve en çok kırsal veya banliyö ortamlarına uygundur. Öte yandan bitki fabrikaları, seralardan önemli ölçüde daha az alana ihtiyaç duydukları için kentsel ortamlarda kurulabilmektedir. Bunun nedeni, dikey tarım çiftliklerinin yapay ışık kullanması ve bitkilerin seviyelere ve katmanlara yığılmış olmasıdır.

Bitki fabrikaları LED aydınlatmaya ihtiyaç duydukları için seralardan daha az verimli olduklarına dair genel bir yanlış kanı bulunmaktadır. Oysa dikey bir çiftlikte marul yetiştirmek, onu bir serada yetiştirmekten daha kârlı olabilmektedir. Dikey tarım metrekare başına verimi artırarak ve merkezi dağıtım avantajını kullanarak kârlılığa ulaşabilmektedir.

Tablo 2: Dikey Tarım Bitki Fabrikası ve Sera Üretimi

	Bitki Fabrikası	Sera
Pestisit	Pestisit Yok	Kimyasal Pestisit
Yapı	Yığılmış Katmanlar (Dikey Büyüme)	Tek Katman
Su Kullanımı	Kapalı Su Kullanımı Aeroponik/Hidroponik	Damla Sulama veya Hidroponik
Nakliye Emisyonu	Tüketime Yakın	Kırsal Üretim
Verim	Her Gün Hasat	Mevsime Göre Hasat

Dikey Tarımın Tarihsel Gelişimi

Modern dikey tarım kavramı 1999 yılında Kolombiya Üniversitesi Halk ve Çevre Sağlığı profesörü Dickson Despommier tarafından önerilmiştir. Columbia Üniversitesi'nden mikrobiyoloji uzmanı Dr. Dickson Despommier, bir grup öğrencisiyle birlikte dikey tarım üzerinde detaylı çalışmalar yürütmüştür. Amerikan basınının da ilgisini çeken Dr. Despommier, iklim değişikliğinin geleneksel çiftçiliğin maliyetini giderek yükseltmesi ile teknolojik gelişmelerin sera çiftçiliğini daha ucuz hale getireceğini buna bağlı olarak da dikey çiftçiliğin daha cazibeli hale geleceğini söylemektedir. Despommier'in en büyük hayali ise 50 yıl içinde dünyada üretilen gıdanın yarısının dikey çiftliklerden sağlanmasıdır. Bu şekilde ciddi büyüklükteki tarım arazisinin terk edileceğini, bunun da ekosistemin fonksiyonlarını hızlı bir

biçimde düzeltereğini, küresel ısınmayı da yavaşlatacağını belirtmektedir. Dr. Despommier, çok katlı dikey çiftliklerin özellikle şehir yaşamını yeni baştan şekillendireceğini ve daha sağlıklı, taze ürünler elde ederken sürdürülebilir tarım yapmanın yegâne yolunun dikey tarım olduğunu iddia etmektedir.

Dikey tarım aslında kontrollü çevre tarım veya yapı entegre tarım adında şehir ortamında büyük ölçekli tarım yöntemidir. Dikey tarım ekilebilir toprak alanların azaldığı ya da hiç olmadığı yerlerde (gökdenlerde, apartmanlarda, balkonlarda, teraslarda, küçülmüş arazilerde, mini bahçelerde vb.) farklı materyaller ve sistemlerle tarım ürünlerinin dikine yetiştirilmesi önerisine dayanmaktadır. Günümüzde de açık veya kapalı alanlarda tarım yapılmasına rağmen dikey tarım örtü altı yetiştiriciliğini yüksek teknoloji ile daha verimli bir hale getirmektedir (Bingöl, 2015).

Dikey tarımın amacı pestisit ve herbisit gibi çevreyi kirleten tarım ilaçlarının kullanımını azaltmak, tarım arazilerindeki kaybı önlemek ve orman arazilerinin tarım arazilerine dönüşmesinin önüne geçmektir. Dikey tarımın yaygınlaşmasıyla iklim değişikliğine bağlı olumsuz aşırı hava şartlarının azalacağı ve gıda fiyatlarının arz düşüşüne bağlı olarak aşırı yükselmesinin önüne geçileceği öngörülmektedir. Dikey tarım ve yüksek üretim teknolojileri erkencilik, verim ve kalite artışı getirmektedir. Su tüketiminde ekonomi sağlamaktadır.

Günümüzde dikey tarım örnekleri tüm dünyada görülebilmektedir. Şehir merkezlerinde tarım yapma fikri çoğu insana cazip gelmeye başlamıştır. Dikey tarımın hedeflerinden, metropollerdeki gökdelenlerde üretim yapılması fikri henüz endüstriyel düzeyde yeterli ilgiyi görmemesine rağmen teknolojinin sürekli gelişmesi ile dikey tarımda kullanılan sistemler sürekli olarak kendini yenilemekte ve fikrin gelecekte belki de daha farklı şekillerde gerçekleşebileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca topraksız üretim tekniklerinin ve dikey tarım sistemlerinin sürekli geliştirilmesi uzay programları için de umut vaat etmektedir (Bingöl, 2015).

İnsanlar binlerce yıldır farklı tarım teknikleri kullanarak besin ihtiyaçlarını karşılamak için çalışmışlardır. İnsan nüfusunun artışına paralel olarak besin ihtiyacında da sürekli bir artış meydana gelmiştir. Bu artışı karşılamak amacı ile yapılan yoğun tarımsal üretime rağmen, gelecekte gıda temininde sorunlar yaşanması kaçınılmaz olarak tahmin edilmektedir.

Tarımsal üretimdeki artışa paralel olarak; mevcut kaynakların limitlerine kadar kullanılması, iklim değişikliği, mevcut toprak ve su kaynaklarının azalması ile tarım ilacı kullanımının artması tarımsal üretimi tehdit etmektedir. Bu tehditleri azaltmak amacıyla sürdürülebilir tarım teknikleri kullanılmakta fakat doğa ve çevre koşullarına bağımlılık tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Tarım, insanlığın sosyal hayata geçişinde büyük bir rol oynamış ve son yüzyıla kadar büyük çoğunluğun temel geçim kaynağını oluşturmuştur. Günümüzde tarımda gözle görülür gelişmeler ve teknolojinin getirdiği etkiler bulunmakta ve birçok ülkede kaliteli ve güvenilir gıdaya ulaşabilmek için tarıma daha fazla yatırım yapılmaktadır. Bu kapsamda

son yıllarda örtü altı yetiştiricilik teknolojileri, topraksız tarım, hidrokültür uygulamaları gibi pek çok uygulama ve yenilik ortaya çıkmıştır. Tam kontrollü bir üretim yapma arayışları sonucunda “kapalı bitkisel üretim sistemi” ortaya çıkmıştır. Bu sistemde üretim, tamamen izolasyonlu, doğal ışığın olmadığı yapılar içerisinde, tüm iklim elemanlarının hassas bir şekilde kontrol edildiği, çok katlı ve topraksız tarım tekniği ile yapılmaktadır (Karadağ, Kasım, & Kasım, 2020).

Hidroponik, aeroponik ve akuaponik gibi sera teknolojileri ve bitkilere yönelik LED aydınlatma teknolojilerindeki son gelişmeler, çevre koşullarından bağımsız dikey tarım konseptine, umut verici bir gelecek için imkânlar oluşturmuştur. Bu ileri teknoloji destekli sistemler, çiftçilik ve gıda üretiminde bir paradigma değişikliğini beraberinde getirmiş ve bakım maliyetlerini düşürmeye, verimi ise en üst düzeye çıkarmaya yönelik yöntemler sunmaktadır. Günümüz teknolojileri verilere göre geliştirilen yazılım sistemleriyle, bitkileri tam kontrollü şartlarda yani tüm iklimi kontrol ederek kapalı alanlarda yetiştiricilik yapmayı mümkün kılmış olup, sürdürülebilir üretim için yeni alternatif oluşturmuştur. Tam kontrol ile hem dışsal koşulların verim ve üretim üzerindeki sınırlandırıcı etkileri minimize edilmekte hem de toprağa bağımlılık ortadan kaldırılarak insan beslenmesi için yeterli ve kaliteli üretim yapılması mümkün kılınmaktadır.

Son yıllarda başta gelişmiş ülkelerde kendini gösteren bu gelişmelerin uygulama alanı, çevre kontrollü dikey tarım alanları yani şehir çiftlikleridir. Dikey çiftlikler kısaca tek bir parçadan oluşan saha üzerinde, çok katlı olarak tesis edilen ve topraksız tarım başta olmak üzere diğer tarımsal yeniliklerle, birim alandan çok daha çeşitli ve bol miktarda ürün alınmasını hedefleyen işletmeler olarak tanımlanabilmektedir. Bu çiftlikler 3 – 4 katlı olabileceği gibi 30 – 40 katlı olarak, açık veya kapalı (örtü altı) işletmeler şeklinde de tasarlanabilmektedir. Bu çiftliklerde sadece bitkisel üretim değil hayvansal üretim de yapılabilmektedir. Günümüzde çözüm bekleyen bazı eksiklikleri olmasına rağmen, dikey çiftlikler özellikle şehir alanları için oldukça geniş bir fayda odağı sunmaktadır. Tek bir arazinin çok katlı bir işletmeye dönüştürülmesi ve verim alanının artırılması lojistik açıdan yeni çözümler üretirken; tarımsal üretimi olumsuz etkileyen çevre ve iklim şartlarından bağımsız işletmeler olmaları da güvenilir gıda teminine yeni ve radikal bir çözüm anlayışı getirmektedir.

Bitki besin maddelerinin suda, kapalı bir sirkülasyon sistemi ile bitki köklerine verilmesi, su ve gübre kullanımında yüzde 90’a yakın tasarruf sağlamaktadır. Tamamen steril bir ortam oluşturulduğu için hastalık ve zararlılardan arı bir üretim modeli olarak tarımsal ilaç kullanımının da önüne geçilmektedir. Bu sayede ilaç ve gübre girdilerinde ciddi bir tasarruf sağlanmaktadır. Tam kontrollü dikey tarımda suni ışık kaynağı olarak LED teknolojisi kullanımı, düşük maliyetli bir aydınlatma sağlarken; aynı zamanda farklı dalga boylarındaki ışıkların kullanımı ile bitkinin daha fazla fotosentez yapmasına dolayısıyla da daha hızlı büyümesine imkân oluşturmaktadır. Dikey tarım, ekilebilir toprak alanlarının azalmasına alternatif olarak; gökdelenlerde, apartmanlarda, balkonlarda, teraslarda, küçülmüş

arazilerde, mini bahçelerde, depolarda, nakliye konteynerleri vb. yerlerde farklı materyaller ve sistemler kullanılarak; tarım ürünlerinin dikine yetiştirilerek, birim alanda daha fazla verim alma ile su, gübre ve ilaçtan mümkün olduğunca tasarruf etme hipotezi üzerine kurulmuştur. Dikey tarım, çevre kontrollü tarım veya yapılar entegre tarım, şehir ortamında yapılan büyük ölçekli tarım yöntemidir. Günümüzde de açık veya kapalı alanlarda tarım yapılabilmesine rağmen dikey tarım, örtü altı yetiştiriciliğini yüksek teknoloji ile kontrol altına alarak, birim alandan daha fazla verimi mümkün hale getirmektedir.

Tam kontrollü tarım alanları veya kapalı tarım, büyümeye yönelik en uygun koşulları oluşturmayı amaçlayan gıda üretimine yönelik, teknolojiye dayalı bir yaklaşımdır. Kontrollü iklim alanlarında tarım yapılmasıyla üretim verimliliğinin optimize edilmesi; mühendislik, bitki bilimi, atmosfer, çevre, bitki fizyolojisi, bitki patolojisi ve bilgisayar tarafından yönetilen teknolojilerin bir kombinasyonunu içermektedir. Dikey tarım uygulamalarında gelişmiş kameralar, sensörler, otomatik sistemler, yapay zekâ ve hidroponik, akuaponik veya aeroponik sistem teknolojilerinden yararlanmaktadır. Bu gelişmiş sistemleri çalıştırmak ve bir sorun çıktığında çözüm üretmek için ise bu alanda bilgi sahibi, yetişmiş insanlara gereksinim duyulmaktadır (Gökhan, 2021).

Dikey Tarımda Sistem Bileşenleri

Dikey tarım sistemi, büyümelerini etkileyen her parametrenin yakından izlendiği ve ihtiyaçlarına göre uyarıldığı kontrollü ortamlarda bitkilerin yetiştirilmesini gerektirmektedir. Son teknolojilerden yararlanarak bitkilerin yeterli koşulları sağlanması için kullanılan Çevre Kontrollü Tarım (ÇKT) kavramı, dikey tarımın temelini oluşturmaktadır. Yapay Zekâ (AI), Makine Öğrenimi (ML) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi yeni teknolojilerin kullanımıyla dikey tarımın, çok ileri noktalara ulaşması beklenmektedir.

Dikey tarım uygulamalarında üreticiler, bitkide optimum verimi ve kaliteyi elde etmek için sıcaklık, atmosferik koşullar, besin kompozisyonu, aydınlatma spektrumu ve yoğunluğu gibi birçok çevresel faktörü kontrol etmeye çalışmaktadır. ÇKT bileşenleri, topraksız tarım uygulamaları, bitki besleme ve dozajlama, bitkinin fotosentezi için gerekli aydınlatma, bitkiler için istenilen ortamı sağlayan ısıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC), IoT, izleme, uzaktan müdahale ve AI gibi kullanan çok yönlü teknolojiler, üretim adına gerekli tüm kontrolleri mümkün kılmaktadır (Piechowiak, 2021).

Dikey tarımda kullanılan yöntemler; suyun verimli kullanılması, daha fazla ürün alma imkânı sunulması, kentlerde veya kentlere yakın yapılabildiği için ürünlerin daha kolay transfer edilerek karbon ayak izini azaltılabilmesi, gübre tasarrufu sağlanması, AI ile kontrol edildiğinde fire oranını düşürülmesi, topraksız olduğu için topraktan gelecek zararlıları ortadan kaldırılması gibi birçok yönden çözüm sunabilmektedir (TİM, 2021).

Topraksız Tarım

Topraksız tarım, ticari anlamda yaklaşık 40-50 yıllık geçmişe sahip oldukça yeni bir yetiştiricilik şeklidir. Bitki gelişimi için gerekli olan su ve besin elementlerinin kök ortamına verilmesi esasına dayanır. Bitkilerin gelişimi için gerekli olan bitki besin elementi ve suyun kök bölgesinde, toprak dışında farklı katı veya sıvı ortamlar kullanılarak bitki yetiştiriciliğinin yapıldığı gelişmiş üretim tekniği olarak tanımlanabilir. Topraksız üretim modeliyle, yapay bir ortamda, bitkilere fiziksel desteğin yanında, kök bölgesinde en uygun hava, su ve besin maddesi dengesinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Topraksız bitki yetiştiriciliği asırlardır yapılmakla birlikte, topraksız tarımın seralarda ticari boyutta kullanımı 1930'lara dayanmakta olup 1970'li yıllardan itibaren yaygınlaşmıştır. Topraksız yetiştiricilik ile ilgili denemelere, bitki gelişimini sağlayan maddeleri ve bitkilerin gelişimini saptamak üzere 1600'lü yıllarda başlandığı bildirilmektedir.

Diğer yandan topraksız bitki yetiştiriciliğinin bu tarihten çok öncesinde yapıldığına, Babil'in Asma Bahçeleri ile Aztekler ve Çinliler'in yüzen bahçelerinin topraksız yetiştiriciliğe örnek olduğuna dikkat çekilmektedir. Mısırlılar'ın milattan birkaç yüzyıl öncesine ait kayıtları suda bitki yetiştiriciliğini anlatmaktadır.

Resim 8: Babil'in Asma Bahçeleri



Kaynak: (Acımaz, 2020)

Resim 9: Aztek Yüzen Bahçeleri (Chinampas)



Kaynak: <https://th.seagrantsatlantic.org/chinampa-floating-gardens-170337-3730>

Bitki bileşenlerini saptamaya yönelik çalışmaların başlangıcı 1600 yılına dayanmaktadır. 1800'lerin ikinci yarısında, bitkilerin gelişimleri için gerekli mineralleri içeren bir çözelti ile sunulan inert bir ortamda yetiştirilebileceği ispatlanmıştır. 1860'lı yıllarda iki Alman araştırmacı (Sachs ve Knop) besin çözeltisi içinde bitki yetiştiriciliğini gerçekleştirilmiştir. Knop tarafından gerçekleştirilen besin çözeltisi formülü halen kullanılmaktadır.

1925 yılında, Amerika'da seracıların toprak kökenli sorunlara karşı bu tekniği kullanmak istemeleri ile birlikte, 1925-1935 yılları arasında topraksız yetiştiriciliğin uygulamaya aktarılması konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Laboratuvar dışındaki ilk çalışma, Gericke tarafından 1929'da Kaliforniya Üniversitesinde besin çözeltisi içinde domates yetiştirilerek gerçekleştirilmiş ve bu tekniğe Yunanca su (hydro) ve çalışma (ponos) anlamında gelen iki kelimedenden oluşan "hidroponik" (hydroponik) adı verilmiştir.

Topraksız yetiştiriciliğin büyük çaptaki ilk uygulaması ise, 2. Dünya Savaşı sırasında, Pasifik Okyanusu'ndaki adalarda askerlerine taze sebze sağlamak amacıyla su ve çakıl kültürü ile sebze yetiştiren Amerikan ordusu tarafından gerçekleştirilmiştir. Böylece, bitki yetiştiriciliğinde, su kültüründen sonra toprak dışındaki katı ortamlar da kullanılmaya başlanmış ve literatürde hidroponiğe ek olarak agregat kültürü (aggregate culture), topraksız kültür (soilless culture), besin kültürü (nutriculture) veya kimyasal kültür (chemiculture) terimlerine de rastlanılmaya başlanılmıştır.

Topraksız tarımın ticari örtü altı üretiminde yaygınlaşması 1970'li yıllardan sonra gerçekleşmiştir. Bunun en önemli nedeni ise, ortaya çıkan enerji krizi nedeniyle buharla toprak dezenfeksiyonunun çok pahalı bir uygulama haline gelmesidir. Toprak dezenfeksiyonuna alternatif arayışları topraksız tarımın ticari örtü altı üretiminde yaygınlaşmasını sağlamıştır (Gül, 2019).

Türkiye’de topraksız tarım sistemi, ilk defa 1980’li yıllarda araştırma çalışmalarında uygulanmış olup topraksız ticari üretimde kullanılmasına örtü altı tarımın merkezi olan Antalya’da 1995 yılında başlanmıştır. Başlangıçta iki işletmede toplam 100 hektar alanda gerçekleştirilen topraksız tarım faaliyetleri 2004 yılından itibaren hızlı bir artış göstermiştir. 2016 yılı itibarıyla ülkemizde topraksız tarım alanının 12.000 hektar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Toplam sera alanına kıyasla halen oldukça sınırlı bir alanda (~%2-3) uygulanmasına karşın hızla artış göstermektedir (Gül, 2019).

Tablo 3: Türkiye’de Topraksız Tarım Alanının Değişimi

Yıl	Üretim alanı (Hektar)	Yıllar	Alan artışı (da/yıl)
1995	100		-
2000	200	1995-2000	20
2004	750	2000-2004	138
2007	1.850	2004-2007	367
2010	4.000	2007-2010	717
2011	5.000	2010-2011	1.000
2012	7.000	2011-2012	2.000
2013	8.500	2012-2013	1.500
2014	10.000	2013-2014	1.500
2015	11.500	2014-2015	1.500
2016	12.000	2015-2016	500

Kaynak:

https://www.researchgate.net/publication/341286556_Turkiye%27de_Ortualti_Yetistiriciligi_ve_Yeni_Gelistmeler

Topraksız tarım dünyada olduğu gibi ülkemizde de seralarda gerçekleştirilmektedir. Ancak yüksek teknolojiye sahip modern seralarda topraksız tarım tekniği kullanılmaktadır. 2020 yılında Türkiye sera varlığının (cam ve plastik sera) yaklaşık yüzde 3’ünde (1.255 hektar) topraksız ortamda üretim yapılmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de topraksız tarım işletmelerinde yüzde 92 oranında sebze, kalan alanda ise süs bitkisi yetiştirilmektedir. En çok yetiştirilen sebze olan domates üretimini biber izlemektedir. Son yıllarda çilek ve marul yetiştiriciliği de artmaktadır. Süs bitkisi olarak anthrium, gül ve orkide gibi kesme çiçek üretimi yapılmaktadır.

İllere göre 2020 yılı verileri incelediğimizde; seracılığın başkenti konumundaki Antalya 1.984 dekar ile ilk sırada yer almaktadır. Mersin, İzmir, Manisa, Yalova ve Afyon illeri de topraksız kültür seralarının yoğunlaştığı alanlar arasında bulunmaktadır. Antalya’da topraksız tarım teknikleri ile en çok üretimi gerçekleştirilenler sırasıyla domates, çilek, biber ve kesme çiçektir. Toplam örtü altı alana kıyasla halen oldukça sınırlı bir alanda uygulanmasına karşın Antalya’da topraksız tarım faaliyetleri hızla artış göstermektedir (Şahin A. U., 2020). Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Örtü Altı Kayıt Sistemi verilerine göre Antalya’da günümüzde 43

üretici tarafından 2.946 hektar örtü altı alanda topraksız tarım tekniği ile üretim gerçekleştirilmektedir.

Sıcaklık, ışık ve oransal nem gibi iklim faktörleri, tüm bitkilerin yetiştiriciliğinde en önemli unsur olarak dikkat çekmektedir. Bitkilerin örtü altına alınarak normal yetiştirme dönemleri dışında, uygun olmayan iklim koşullarında yetiştirme tekniği olan seracılıkta, iklim faktörü daha fazla önem kazanmaktadır. Yetiştirilecek bitkinin isteklerine uygun iklim koşullarının sera içerisinde sağlanması ile yıl boyu üretim yapılabilmektedir. Topraksız kültürün gerçekleştirildiği modern seralarda; ısıtma, ışıklandırma, havalandırma ve karbondioksit uygulaması ile söz konusu uygun ortam sağlanabilmektedir. Ancak özellikle ısıtma en önemli maliyet unsurunu oluşturmakta ve sınırlayıcı bir etkisi olmaktadır. Sera ısıtmasında enerji kaynağı olarak fosil yakıtların (fuel oil, LPG, kömür, doğalgaz, vb.) yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi, jeotermal enerji, biokütle, vb.) da kullanılmaktadır.

Topraksız tarımda üretim, modern seralarda yıl boyu yapılabildiği için verim miktarı yüksektir ve kaliteli ürün elde edilmektedir. İklim kontrollü seralarda genellikle hastalık ve zararlılarla entegre mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük ve modern işletmeler, yetiştirdikleri ürünlerin yaklaşık yüzde 85'ini ihraç etmektedirler.

Topraksız tarım sistemi, toprakta yapılan yetiştiriciliğe göre önemli üstünlüklere sahiptir. Modern işletmelerde yıl boyu sürekli üretimin yapılabilmesi ve birim alanda daha fazla bitkinin bulunması nedeniyle toprakta yapılan üretime göre daha yüksek verim alınmaktadır. Seralarda uygun iklim koşullarının sağlanması, yeterli ve dengeli bitki besleme programlarının uygulanması, ürünün miktarının ve kalitesinin artmasında etkili olmaktadır. Besin çözeltilerinin içeriği ve tuz miktarı değiştirilerek, bitkilerin generatif ve vegetatif gelişimini ayarlamak mümkündür. Besin çözeltisi bitkinin kök bölgesine verildiği için kullanılan su ve gübrenin etkinliği artmakta ve dolayısıyla daha az su ve gübre kullanılmaktadır. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan materyaller steril olduğu için dikim öncesi tarımsal ilaç kullanımı gerekli değildir. Genellikle iklim kontrollü seralarda üretim yapıldığı için, bitkiler hastalık ve zararlı ile düşük sıcaklık gibi stres faktörlerinden daha az etkilenir. Bitki yetiştiriciliği için uygun olmayan tuzlu, taşlı vb. alanlarda üretim yapılabilir. Toprak işleme, çapalama, yabancı ot mücadelesi vb. işlemler olmadığı için işçilik maliyeti daha azdır.

Ancak topraksız tarım sisteminin kurulmasında ve uygulamasında bazı güçlükler de ortaya çıkmaktadır. Topraksız tarımda bitki yetiştiriciliği için özel bilgi ve deneyim gereklidir. Başlangıçta sera ve topraksız kültür sisteminin kurulum maliyeti yüksektir. Kesintisiz su ve elektrik enerjisi gereklidir. Üretimde yapılan teknik hatalar, toprakta yapılan yetiştiriciliğe göre olumsuz etkisini daha hızlı ve şiddetli şekilde göstermektedir.

Toprakta ve topraksız ortamda üretilen özellikle sebzelerin kalite özelliklerini karşılaştıran birçok araştırma ülkemizde ve dünyada yapılmış ve sonuçları yayımlanmıştır. Özellikle vitaminler, mineraller, karotenoidler, titre edilebilir asitlik, suda çözünebilir kuru madde,

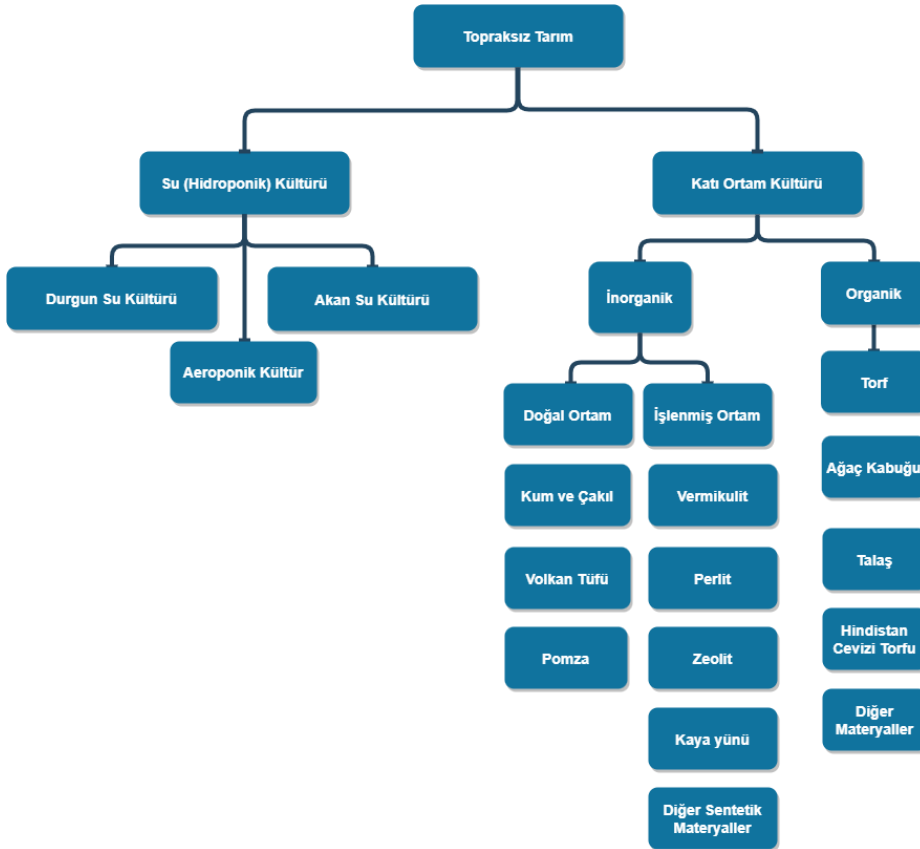
şeker, toplam kuru madde, lif, meyve büyüklüğü ve ağırlığı gibi günümüz teknolojisi ile ölçülebilen kalite özelliklerinin incelendiği çalışmalarda, büyük oranda topraksız kültürde yetişen ürünlerin üstün olduğu veya toprakta yetişen ürünlerle benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Şahin A. U., 2020).

Sebzelerin kalitesini genetik özellikleri yanında, iklim, bitki besleme, yetiştirme ortamı tuzluluğu ve sulama uygulamaları etkilemektedir. Modern seralarda, yetiştirilen bitkilere uygun iklim koşulları sağlanabilmektedir. Topraksız kültür, tekniğine uygun şekilde yapıldığında bitkinin besin maddesi ve su ihtiyacının en uygun şekilde karşılandığı sistemdir. Bu özellikleri nedeniyle topraksız kültür tekniği ile daha yüksek verim ile kaliteli ürün alınabilmektedir (Şahin A. U., 2020).

Topraksız Tarım Uygulamaları

Topraksız tarım üretiminin doğrudan besin çözeltilisinde yapılması su kültürü (hidroponik), besin solüsyonu ile sulanan katı ortamlarda yapılması ise katı ortam kültürü olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 5: Topraksız Tarım Teknikleri



Kaynak: (Anaç, 2020)

Katı Ortam Kültürü

Katı ortam kültürü, ticari olarak dünyada en yaygın olarak kullanılan topraksız tarım yöntemidir. Bitkiler besin eriyiklerince zenginleştirilmiş ortamlarda yetiştirilmektedir. Kökler tampon ve destek görevi yapan bir katı ortam içinde gelişmektedir. Diğer topraksız kültür uygulamalarına göre başlangıç maliyeti daha düşüktür ve daha kolay uygulanmaktadır. Hastalık ve zararlı bulaşmamış, sağlıklı bitkiler; tekne, torba, saksı, viyol ve benzeri biçimdeki kapların/taşıyıcıların içine doldurulmuş organik veya inorganik yapıları ortam metaryellerine dikilerek yetiştirilmektedir (Anaç, 2020). Genel olarak yatak kültürü, torba-paket ve saksı kültürü şeklinde uygulanmaktadır (Gül, 2019).

Resim 10: Katı Ortam Kültürü Uygulamaları (a-Torbalarda, b-Saksılarda, c-Yataklarda Substrat Kültürü)



Kaynak: (Gül, 2019)

Su (hidroponik) Kültürü

Su kültürü, bitkilerin doğrudan besin çözeltisi içinde yetiştirildiği sistem olup, durgun su kültürü, akan su kültürü ve aeroponik olmak üzere üç şekilde uygulanmaktadır. Durgun su kültürü, en eski topraksız kültür uygulamasıdır. Günümüzde sadece bitki beslemeye dayalı çalışmalarda kullanılmakta olup ticari olarak büyük bir önemi yoktur. Akan su kültürü ise besin eriyiğinin akıtıldığı kanallarda bitkilerin yetiştirilmesidir. Besleyici film tekniği (NFT) ve derin su kültürü olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde yaygındır. İlk yatırım maliyeti daha yüksektir. Aeroponik yöntem, açıkta havada duran bitki köklerine besin eriyiğinin sisleme halinde verilmesi esasına dayanan bir hava-su kültürü olarak tanımlanabilmektedir ve ticari olarak yaygın değildir.

Akuaponik, geleneksel akuakültür (akuatik canlılardan olan balık, kerevit, karides üretimi) ile hidroponiğin (topraksız tarım / su kültürü, bitkilerin su ve besin eriyikleri ile beslenmesi)

birleşmesi ile sürdürülebilir gıda üretim sistemi alternatiflerindedir. Akuakültürde zamanla suyun kirliliği balık için zararlı düzeye gelmektedir. Bu su, hidroponik sistemde yetişen ürünlere, sistemi tıkayacak partiküller filtrelenip gönderilerek, bitkinin ihtiyaç duyduğu hayati besin maddelerini almasına, aynı zamanda akuakültürde yetişen canlıların suyunun temizlenerek kapalı devre simbiyotik yaşamın oluşmasını sağlamaktadır. Akuaponik terimi de akuakültür ve hidroponik kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir (Gül, 2019).

Dikey Tarımda Kullanılan Topraksız Tarım Sistemleri

Temelde dikey tarımda 3 çeşit topraksız tarım yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler hidroponik, akuaponik ve aeroponik sistemlerdir. Kil peletleri, perlit, hindistan cevizi, taş yünü ve oasis küpleri gibi ortamlar ile fiziksel olarak desteklenerek bitkiler yetiştirilmektedir. Bitki köklerine su ve besin maddeleri doğrudan boru, tüp ve pompadan oluşan bir sistem ile ulaştırılmaktadır. Bu sistem ile daha sonra arta kalan su yakalanarak toplanır ve tekrar bitkilere verilmek üzere geri kazandırılır. (Piechowiak, 2021)

Hidroponik Sistem

Hidroponik, kelime anlamında besin çözeltisi içerisinde desteksiz olarak bitki yetiştiriciliği anlamındadır. Topraksız tarım uygulamaları içerisinde en eski ve de en yaygın olan uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok dikey tarım uygulayıcısı, bitkilerini beslemenin bir yöntemi olarak hidroponik sistemi kullanmayı tercih etmektedir. Hidroponik tarımın temel fikri, bitkilerin toprak yerine suda yetiştirilmesidir. Bitkilerin sağlıklı ve üretken kalması için besinler suya eklenmektedir. Hidroponik sistemde, su ortamında bulunan eriyik haldeki bitki besin maddeleri ile bitkisel üretim yapılmaktadır. Besinler, topraktan emilme işlemine gerek kalmadan bitkilerin sağlıklı büyümesi için doğrudan bitkinin köklerine su ile gönderilmektedir. Hidroponik tarımda her değişken yakından kontrol edilmektedir. Böylelikle bitkiler daha sağlıklı büyümekte ve daha fazla verim üretmektedir. Bu yöntem ile bitkiye sadece ihtiyacı kadar besin takviyesi yapıldığından tarımsal girdilerde ve su ve gübre tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır.

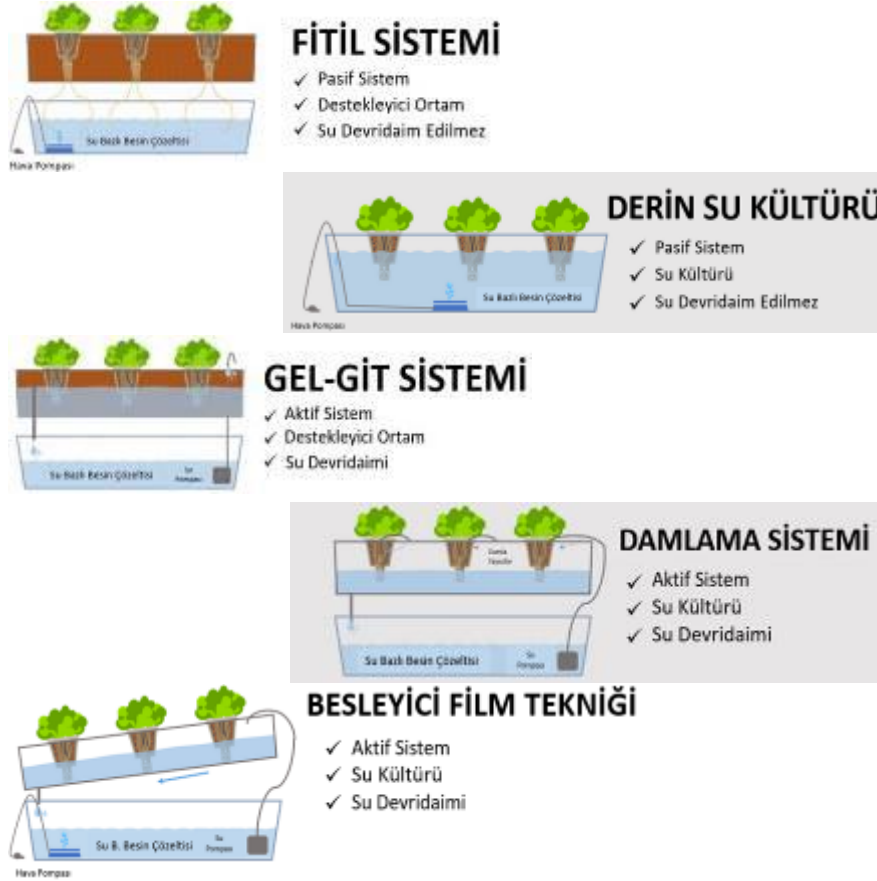
Yapılan bir çalışmada, 1 hektarlık alana kurulu hidroponik sistemle üretim yapılan bir serada, 10 hektarlık klasik yöntemlerle üretim yapılan bir açık işletmeye kıyasla, aynı miktarda mahsul elde edilmesinin yanı sıra 75.000 tonluk su tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir. Söz konusu uygulama dikey çiftliklerin tasarlanmasında en fazla tercih edilen sistem olup, günümüzde ticari anlamda üretim yapan pek çok sera ve işletmede de tercih edilmektedir. (Şahin & Kendirli, 2016)

Hidroponik sistem ile bitkiler, hesaplanarak hazırlanan bir besin karışımına çok spesifik ve ölçülü miktarlarda maruz bırakılmaktadır. Bu besin karışımı, strafor, belirli plastik türleri, hatta PVC gibi çok çeşitli yapay ve yapay olmayan malzemeler kullanılarak dik durması sağlanan bitkilerin köklerine verilmektedir. Böylelikle, çok ince hesaplanmış besin

çözeltilerinin emilimini en üst düzeye çıkarmak için bitki kökleri bir tür standartlaştırılmış ortamda tutulmaktadır.

Dünya’da genel olarak kullanılmakta olan hidroponik sistem çeşidi sayısı beştir. Bunlar; Hidroponik Fıtıl, Derin Su Kültürü (DWC), Gel-Git Sistemi, Damla Hidroponik ve Besin Filmi Tekniğidir (NFT). Bazı kaynaklar bu çalışmada olduğu gibi aeroponik sistemi dikey tarımda kullanılan 3 çeşit topraksız tarım yönteminden biri olarak incelerken bazıları da hidroponik sistemin bir alt türü olarak ele almaktadır. Diğer taraftan, hidroponik sistem çeşitlerini kullandıkları ekipman türlerine göre pasif veya aktif sistemler olarak da ikiye ayırmak da mümkündür. Bu gruplandırmaya göre, örneğin NFT gibi aktif hidroponik sistemler, suyu haznedan yetiştirme tepesine itmek için hava pompaları gibi hareketli parçalar kullanırken pasif hidroponik sistemler, su ve besin maddelerini köklere iletmek için fitiller ve kılcak sistemler kullanmaktadır (Piechowiak, 2021).

Şekil 6: Hidroponik Sistemler

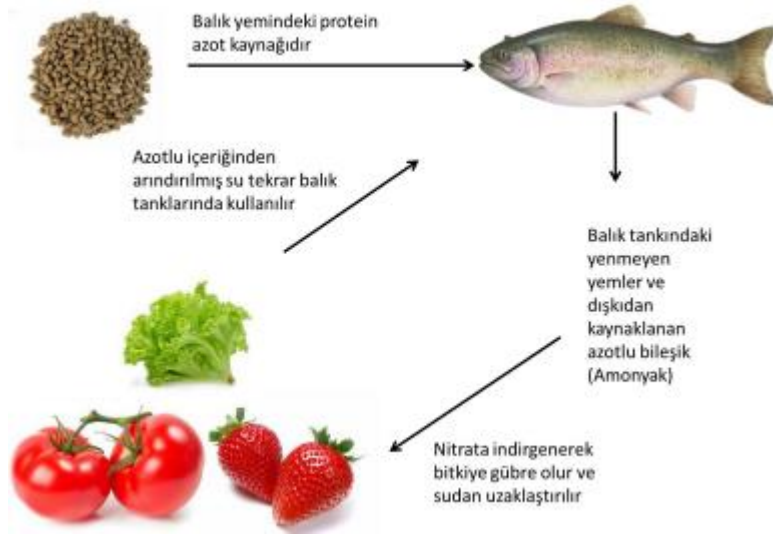


Kaynak: <https://www.leafin.com/>

Akuaponik Sistem

Akuaponik sistem, günümüz gıda üretiminde iki önemli farklı tür olan sebze ve balık üretimlerinin birbirleri ile simbiyotik ilişkisinden faydalanarak oluşturulan yeni bir üretim modelidir (Bodur, 2020). Balık üretim tanklarında oluşan, yenmeyen yem ve dışkıdan kaynaklanan çözülmüş azotlu materyalin, bitki tanklarında bitkiler için organik gübre olarak kullanımı ve azotlu bileşiği uzaklaştırılmış suyun, tekrar balık tanklarında kullanılması esasına dayanmaktadır.

Şekil 7: Akuaponik Sistem Akışı

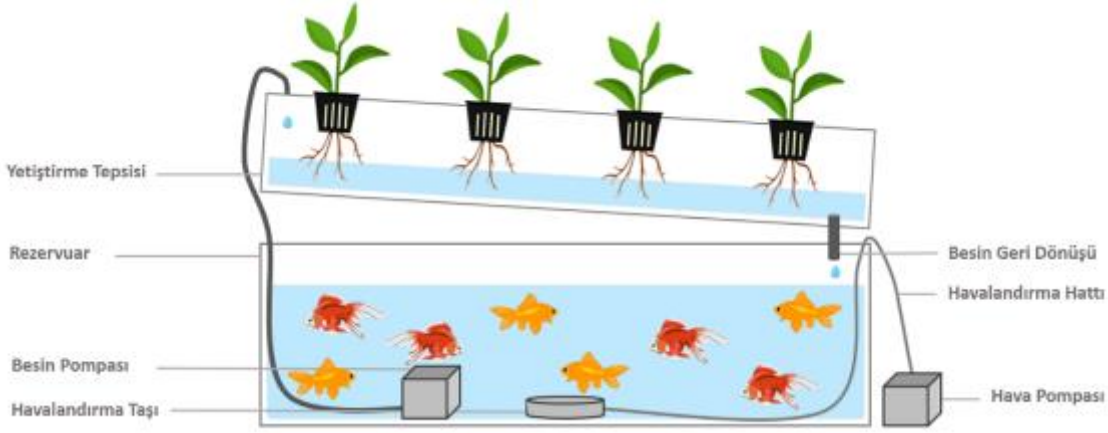


Kaynak: <https://suymerbir.org.tr/wp-content/uploads/2020/03/Su-%C3%9Cr%C3%BCnleri-Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Finde-Akuaponik-Uygulamalar%C4%B1-Do%C3%A7.-Dr.-T%C3%BCrker-Bodur.pdf>

Topraksız tarım uygulamaları içerisinde henüz yaygınlık kazanamamış olmakla birlikte hem bitkisel hem de hayvansal üretime olanak tanınmasıyla dikkat çeken bir metottur. Bu sistem, akuakültür ile hidroponik uygulamaların birleşimi şeklinde özetlenebilir. Akuaponik sistemler genellikle balık yetiştiriciliğini içermektedir. İlk olarak 1980'lerde ortaya konan bu sistemde özellikle tilapya, levrek ve alabalık türleri yetiştirilmektedir.

Bu sistemde bitki ve su ürünü arasındaki su döngüsü sürecinde, sterilizasyon ve su içeriğinin her iki canlı grubu için de ideal değerlerde korunması büyük önem arz etmektedir. Bu açıdan akuaponik sistemin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, hâlihazırda kurulum maliyetleri yüksek olan dikey çiftlikler odağında ayrıca şüpheyle yaklaşılmalı ve tartışılmalı bir alternatif olmasına neden olmaktadır.

Şekil 8: Akuaponik Sistem



Kaynak: <https://www.hortiturkey.com/yazilar/topraksiz-tarim-nedir>

Balık tanklarında oluşan ve balıklar için toksik olan amonyak gibi azotlu bileşiklerin belli filtrasyon işlemlerinden geçirildikten sonra nitrata dönüştürülmesi ve sudaki nitratin suda yüzen bitkiler tarafından sudan alınması ile suyun temizlenmesi ve tekrar balık tanklarında kullanılması mantığı ile çalışmaktadır.

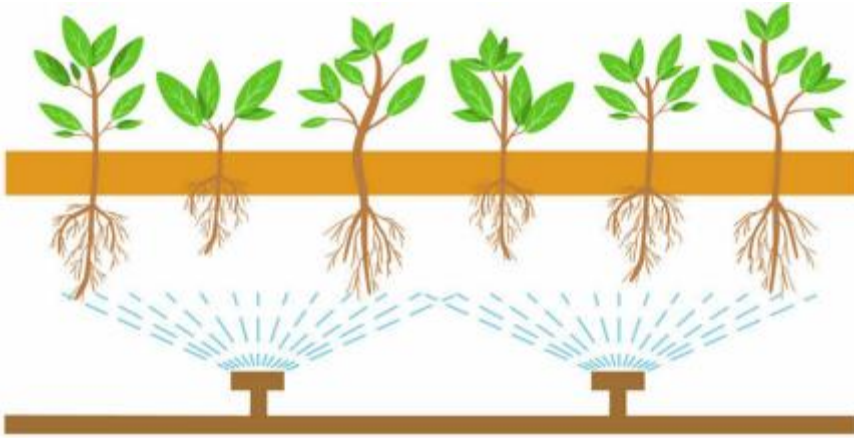
Çevreyle dost bir üretim modeli olan akuaponik sistemlerde az miktarda su kullanılarak birim alanda yüksek miktarda ürün elde edilmekte, çoğunlukla suni gübre kullanılmadan yapılan üretimde organik özellikte sebze yetiştiriciliği yapılabilmektedir.

ABD’de Saint Paul Minnesota’daki iki tarihi bira fabrikası, balık ve sebze yetiştiriciliğini birleştirmek için akuaponik sistemle çalışan Dünya’nın en büyük ve en gelişmiş dikey bitki fabrikalarından biri olarak 2014 yılında bir şirket tarafından kurulmuştur. Şirket tilapia balığı yetiştirerek başladığı üretime yüksek değerli Hibrit Çizgili levrek üreterek devam etmiş ve ayrıca Atlantik somonu da üretmek için çalışmalar yürütmüştür. Şirket, akuaponik sistem ile balık üretiminin yanında aydınlatma LED teknolojisi kullanarak yerel pazarın ihtiyaç ve isteklerine bağlı olarak fesleğen, mikro yeşillikler, lahana, pazı, marul, maydanoz ve kişniş gibi yeşilliklerin üretimini yapmıştır. Sektörde öncü akuaponik sistem uygulayan girişimlerden biri olarak değerlendirilen 12 milyon dolar değerindeki 8.083 metrekare alana kurulu şirket, "Kentsel alanlarda akuaponik için uzun vadeli bir strateji olduğuna inanmaya devam ediyoruz, ancak iş modelinin gerçekleştirilmesi beklentilerimizi karşılamadı." açıklamasını yapan yatırımcı grup tarafından 2019 yılında kapatılmıştır.

Aeroponik Sistem

Besin eriyiği sisi ya da kök sisleme tekniği olarak adlandırılan bu metot, NASA'nın 1990'larda geliştirdiği minimum su kullanımıyla doğal çevredeki havaya dağıtılan toz/partikül/zerrecik halindeki besin elementleriyle bitki büyütme sistemidir. Sistemin temel prensibi eriyik haldeki bitki besinlerinin suyla birlikte sis/buhar halinde açıkta bulunan bitki köklerine püskürtülmesine dayanır. Mevcut hidrokültür uygulamaları içerisinde en yenisi olan bu sistem, aynı zamanda en fazla su tasarrufu sağlanan uygulamadır. Başlangıçta su bulunmayan veya çok sınırlı su kaynağı bulunan yerlerde bitkisel üretim amaçlanmışsa da dikey çiftlik kavramıyla bu yapılarda da kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

Şekil 9: Aeroponik Sistem



Kaynak: <https://modernfarmer.com/2018/07/how-does-aeroponics-work/>

Kontrollü Çevre Bileşenleri

Dozaj Sistemleri

Dikey tarımda yaygın bir yaklaşım, bitkilere besin sağlamak ve besin çözeltisini izlemek için otomatik bir dozlama sistemi kullanmaktır. Dozlama sistemleri suyun Potansiyel Hidrojen (pH) seviyelerini ve elektriksel iletkenliğini (EC) sağlamaktadır. Alınan verilerle, ekinlerin büyüme periyodu boyunca sahip oldukları besinlerin bir kaydı oluşturulabilmektedir.

Otomatik dozlama sistemleri, rezervuarın besin konsantrasyonlarını, pH ve EC seviyelerini ve su sıcaklığını sürekli olarak değerlendirmektedir. Çoğu durumda, dozlama sistemi, gerekli besin dozunu emen ve bunları hazneye dağıtan peristaltik pompalar tarafından besin kaynağına bağlanmaktadır. Tam otomatik dozajlama sistemleri, mikro ve makro elementlerden oluşan bitki üretim reçetelerini uygulama imkânı tanımaktadır.

Rezervuara yerleştirilen sondalar, gerçek zamanlı olarak pH ve EC'yi ölçmekte, ardından gerektiğinde dozlama döngüsünü yeniden başlatmaktadır. Otomatik bir dozlama sistemine sahip olmak, yetiştiricilerin pH, EC, besin maddeleri ve sıcaklıkları sabitlemek için fazla zaman harcamak zorunda kalmadan besin çözeltisi üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmalarını sağlamaktadır. Ayrıca, bitkilere genellikle dengesiz büyüme koşullarının bir sonucu olan bitki şoku veya bodur büyüme önlenerek, kesin miktarda besin verilmektedir.

Resim 11: Tam Otomatik Dozlama Sistemi



Sterilizasyon Sistemleri

Sanitasyon, bitkilerin optimal büyümesi ve uluslararası gıda güvenliği yönetmeliklerine uyumu garanti etmek için gereklidir. Tüm yıl boyunca pestisit içermeyen mahsullerin üretimini sağlamak için dikey tarım, titiz sterilizasyon ve dezenfeksiyon stratejileri uygulanmaktadır. Sterilizasyon birkaç yöntemle gerçekleştirilebilir, ancak en yaygın olarak kullanılanları kimyasal dezenfeksiyon, UV-C sterilizasyonu ve ozon sanitasyonudur.

Kimyasal dezenfeksiyon yönteminde kullanılan hipoklorit ve hidrojen peroksit gibi kimyasallar, temizlenmedikleri takdirde hastalıkları bitkiden bitkiye kolayca bulaştırabilecek zemin, taşıma ekipmanı ve hasat makasına benzer alet ve yüzeylerin sterilize edilmesine yardımcı olmaktadır.

İkinci olarak UV sterilizasyonu yöntemiyle UV yayan ışıklar kullanılarak yapılan sterilizasyon, bakteri, mantar ve virüsler de dâhil olmak üzere çeşitli mikroorganizma türlerini yok etmek için kimyasal içermeyen bir tekniktir. Bu yöntem, tedavi edilen bölgedeki tüm mikropların yaklaşık %99,9'unu öldürdüğü için en etkili sterilizasyon yöntemlerinden biridir. Dikey çiftlikler, sterilizasyon için en yaygın olarak UV-C yöntemini kullanmaktadır.

Son olarak ozon sanitasyon yönteminde ise atmosferde ve yerde her yerde bulunan ozon gazı, kapalı çiftliklerdeki havayı temizlemek için kullanılır. Yüksek düzeyde ozon gazının mantarları ve mikroorganizmaları öldürmede etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Nemin Dönüştürülerek Bitkiler İçin Kullanılması

Hidroponik, aeroponik ve akuaponik yetiştirme yöntemlerini kullanan ortalama bir dikey çiftlik, yatay çiftliklerden yüzde 95 daha az su kullanmaktadır. Buna ilaveten, birçok dikey çiftlik sulama suyunu yeniden toplayıp geri dönüştürerek su kullanımlarını azaltmaktadır. Bitkiler genellikle sağladıkları suyun çoğunu terleme sürecinde kaybetmektedir ve bazı dikey çiftlikler bu suyu nem gidericiler ve klima kullanarak toplamaktadır. Böylelikle, filtrelenen ve artırılan su, üretim sürecinde yeniden kullanılmaktadır.

Aydınlatma Teknolojileri

Bitkiler beslenme ve fotosentez gibi yaşamsal ihtiyaçlarını karşılayarak yaşamını sürdürmekte ve gelişmektedir. Bitki üretimindeki en büyük sınırlayıcı faktör enerjidir. Bütün canlılar gibi bitkilerin de yaşamlarını sürdürebilmeleri için enerjiye ihtiyaçları vardır. Bitkiler fotosentez yapabilmek için doğada güneşten faydalanır. Kapalı alanlarda bitki yetiştirmek için gerekli olan güneş ışığı ise günümüz teknolojisinin en verimli yapay aydınlatma araçları olan, LED ışıklar ile simüle edilmektedir.

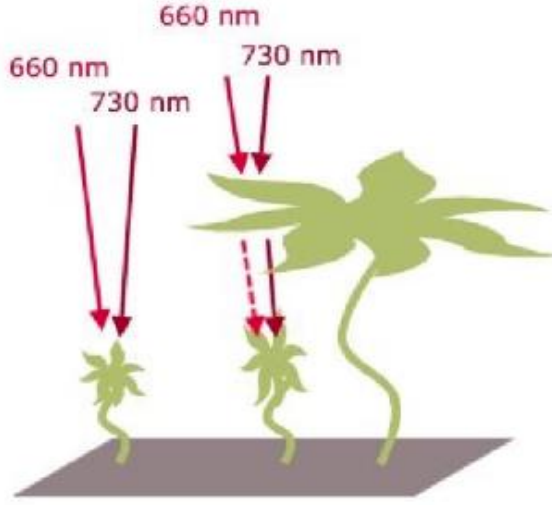
Bitki yetişmesi için yeterli bir ışık kaynağı sağlamak yapay aydınlatmanın en büyük sorunlarından birisidir. Bitkiler ışıkla sadece fotosentez yapmamakta, çimlenmeden çiçeklenmeye, tohum üretiminden yapraklanmaya kadar tüm yaşamları boyunca ışığın yönlendirmesine ihtiyaç duymaktadırlar. Bitkilerin farklı dalga boylarında ışık seçiciliği olması yanında farklı dalga boylarındaki ışık da taşıdığı enerji, geçirgenlik gibi farklı özellikler taşımaktadır.

Tablo 4: Bitki Gelişiminde Farklı Dalga Boylarında Işık Seçimi

Dalga Boyu Aralığı [nm]	Fotosentez	İlerleyen Aşama [01]	İlerleyen Aşama [02]	İlerleyen Aşama [03]
200 - 280		Zararlı		
280 - 315		Zararlı		
315 - 380				
380 - 400	Evet			
400 - 520	Evet	Bitkisel Büyüme		
520 - 610	Düşük Miktarda	Bitkisel Büyüme		
610 - 720	Evet	Bitkisel Büyüme	Çiçeklenme	Tomurcuklanma
720 - 1000		Çimlenme	Yaprak Gelişimi	Çiçeklenme
> 1000		Aşırı Isınma		

Kaynak: (Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2019)

Şekil 10: Işık Dalga Boylarının Bitki Gelişimine Etkisi



Kaynak: (Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2019)

Kapalı dikey tarım uygulamaları kurulumlarında uygun fiyatlı aydınlatma teknolojisinin seçimi konusunda alınan karar, iyi ve kârlı bir dikey tarım yatırımı için alınması gereken en kritik ve önemli kararlardan biridir. Kapalı dikey tarım uygulamalarında kullanılacak üç temel bitki yetiştirme lamba türü bulunmaktadır. (1) Floresan, (2) Yüksek Basıncılı Sodyum (HPS) veya Yüksek Yoğunluklu Deşarj (HID) ve (3) Işık Yayan Diyot (LED) bitki yetiştirme lambaları:

Floresan Bitki Yetiştirme Lambaları

Floresan bitki yetiştirme lambaları dikey tarımda yapraklı yeşillikleri ve sebzeleri yetiştirmek için kullanılmaktadır. Işık, bir tüpteki gazın içinden enerji geçirilerek üretilmektedir. Floresan tüpler ve Kompakt Floresan Işıklar (CFL) dâhil olmak üzere iki çeşittir.

Floresan Tüpler

Farklı yoğunlukta, geniş şekil ve formda çeşitleri bulunan floresan tüpler, onlarca yıldır evlerimizi aydınlatan yaygın akkor ampullerden daha uzun ömürlüdür ve enerji açısından daha verimlidir. 2.700 K ila 10.000 K arasında geniş bir renk sıcaklığı aralığı sağlamaktadırlar. Dar alanlara kolayca entegre edilmelerini sağlayan ince şekilde üretilebilirler ve 12.000 ila 20.000 saat arasında uzun bir ışık ömrüne sahiptirler. Olumsuz yönlerine gelince; onarımları pahalıdır, akımı düzenlemek için bir durultucu (balast) gerektirmektedir, cıva içerir ve kademeli olarak verimini kaybetmektedir. Bu tür gereksinimler kurulum maliyetini artırmaktadır.

Öte yandan, CFL'ler sadece kapalı dikey tarımda değil, ev kullanımında daha yaygın hale gelmiştir. CFL'ler, geleneksel akkor ampullerin tükettiği enerjinin yalnızca yüzde 20 ila yüzde

30'unu kullanmaktadır ve ömürleri altı ila sekiz kat daha uzundur. Bitki yetiştirme ışıkları çeşitleri olan üç ana tür arasında açık ara en ucuzudur. CFL ampullerin dikkate değer bir avantajı, aşırı ısı yaymamaları ve çiftçilerin ışıkları bitkilere daha yakın tutmalarına imkân sağlamasıdır. Aynı zamanda, bu düşük ısı özelliği enerji kullanımında CFL ampullerini çok verimli hale getirmektedir.

Kompakt Floresan Işıklar (CFL)

Geleneksel floresan lambaların aksine, kompakt floresan lambalar (CFL'ler) daha az ısı üretmektedir, oldukça verimlidir ve çalışması için bir balast gerektirmemektedir. İç mekân çiftçiliği için özel olarak tasarlanan bu lambalar, aynı zamanda dikey tarımda kullanılan üç ana aydınlatma seçeneğinden en ucuzudur. Bununla birlikte, CFL'ler, bitki büyümesini etkileyen düşük ışık yoğunluğuna sahiptir. Ayrıca, az miktarda civa içerirler ve zamanla kaliteleri düşmektedir.

Yüksek Basınçlı Sodyum (HPS) Bitki Yetiştirme Lambaları

Sodyum lambaları veya yaygın olarak bilinen adıyla HPS, 1950'lerde sokak aydınlatması için geliştirilmiştir. Bir tür Gaz Deşarj Işığdır (HID). Bir HPS lambası; sodyum, civa ve ksenon içeren bir alüminyum oksit ark tüpünden oluşmaktadır.

HPS aydınlatmalarının popülaritesi artarak floresan tüp ve ampullerini geride bırakmıştır. Bu aydınlatma türleri, ticari ve deneyimli iç mekân yetiştiricileri arasında daha yaygındır ve yaklaşık 75 yıl önce sağlam temeller üzerine kurulmuş bir teknolojiye dayanmaktadır.

Dikey tarım uygulamalarında HPS yetiştirme lambaları, çiçeklenmeyi ve meyve vermeyi teşvik etmek için gerekli olan, çoğunlukla kırmızı (%45) ve yeşil ışık (%52) yaydıkları için çok popülerdir. Buna karşılık, HPS yetiştirme ışıklarında, gelişimin erken aşamalarında bitki büyümesini yavaşlatabilecek ve düşük verimle sonuçlanabilecek mavi ışık (%3) yoktur. Ek olarak, HPS ışıkları çok fazla ısı yaymakta ve civa içermektedir. Önemli miktarda ısı üretmesi nedeniyle ışıkları bitkilerden uygun bir mesafede tutmak gerekmektedir. 24'lük zayıf bir renk geri verim indeksine sahip olmaları bitkilerin görsel olarak izlenmesini zorlaştırmaktadır.

Işık Yayan Diyot (LED) Bitki Yetiştirme Lambaları

LED teknolojisinin başlangıcı ilk olarak 1900'lerin başında ortaya çıkarken, 2000'li yılların hemen öncesinde iç mekân çiftçiliği için mükemmel olan kırmızı ve mavi LED'ler kullanılmaya başlanmıştır. LED lambalar, bir elektrik akımı bir yarı iletkeninden geçtiğinde ışık üretmektedir ve bu da ışığı elektrolüminesans işleminden geçirerek yaymaktadır.

Aydınlatma kaynakları teknolojisindeki son gelişmeler, sürdürülebilir ve yüksek verimli tarım uygulamaları için yeni ufuklar açmaktadır. Bu teknolojiler içerisinde LED ve geleneksel ışık kaynakları yer almaktadır. LED lambalar ısınmadığı için bitkilerin yakınına konumlanabilmekte

ve böylece sık yerleştirilen raf düzeneklerinde bitki yetiştirilebilmektedir. Mevcut LED teknolojileri yüzde 28 verimlilik sağlamakta; bu verimlilik oranı ise kapalı alanda tarım yöntemlerinin maliyet noktasında önemli bir artı oluşturmaktadır. Aydınlatma verimliliğindeki böyle bir artış, genel maliyetleri de önemli ölçüde azaltmaktadır. Yeni aydınlatma teknolojileri mavi, kırmızı ve kızılötesi ışıklar yayarak, bitkilerin fotosentez için ihtiyaç duyduğu doğru aydınlatma renklerini sağlamaktadır. Işık kaynağı olarak LED teknolojisi enerji verimliliği, uzun ömürlülük, farklı renk ışık tayfları yayması ve dalga boyunun ayarlanabilir olması bakımından, optimum verimlilik sağladığı için kapalı yetiştirme ortamlarında tercih edilen teknolojiler arasındadır.

LED yetiştirme lambaları, üç temel yetiştirme lambası türü arasında enerji açısından en verimli olanıdır. Bu ışık kaynakları, fazla enerji tüketmeden yeterli ışık üretirken bitkilerden daha uzağa da yerleştirilebilmektedir. CFL'ler ise LED yetiştirme ışıklarından neredeyse %50 daha az verimlidir. LED ışıklar, HPS yetiştirme ışıklarından daha az ısı üretir, bu da yetiştiricilerin onları ekinlerine daha yakın yerleştirmelerine ve alanı en üst düzeye çıkarmasına imkân tanımaktadır. Nadiren arızalandıkları için uzun ömürlüdürler, ancak zamanla parlaklıkları azalmaktadır.

Tablo 5: LED ve HPS Teknolojisi Karşılaştırılması

Özellik	Deşarj Ampüllü Armatür (HPS)	Işık Yayan Diyot Armatür (LED)
Bitkiye doğrudan yararlı enerjinin ampul tarafından tüketilen toplam enerjiye oranı (enerji etkinliği)	%10	%95
Düşük enerji tüketimi	Yok	Var
Lambanın ışık etkinliğinde zamanla oluşan azalma	Var	Yok
Armatür ve ampul yapısından kaynaklanan ışık kayıpları	%30	%5
Ayarlanabilir ışık açısı ve tüm ışınımın doğrudan hedef bitki bölgesi üzerine yönlendirilmesi	Yok	Var
Kırmızı ve mavi ışınım miktarlarının farklı bitki türlerine veya aynı bitkinin farklı büyüme dönemlerine en uygun oranlarda ayarlanabilmesi	Yok	Var
Sera iç sıcaklığını ve bitkilerin su tüketimini artıran fazla ısı üretimi	Var	Yok
Sera konstrüksiyonuna uygun yapıda ve yüksekliği bitki boyuna göre ayarlanabilen armatür yapısı	Yok	Var
Görevlilerin kapalı ortamlarda çalışmasını zorlaştıran yoğun ışık	Var	Yok
Uzun kullanım ömrü	Yok	Var

Kaynak: (Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2019)

LED ışıkların önemli bir avantajı, geleneksel akkor ampullerden %85 daha az enerji tüketmeleri ve böylece dikey tarımda enerjiyle ilgili maliyetleri düşürmeleridir. LED bitki

yetiştirme ışıklarının ısı üretimi sıfıra yakındır. En önemlisi, LED neredeyse her türlü bitkiyi yetiştirmek ve kusursuz bir iç ortam oluşturmak için en iyi performansı göstermektedir. Bununla birlikte, LED ampullerin maliyeti diğer iki türe göre daha yüksektir. Ayrıca, LED'ler insan gözüne zararlı olabileceğinden, kapalı çiftliklerde çalışan işçilerin önlem olarak gözleri için koruyucu kullanmaları gerekmektedir.

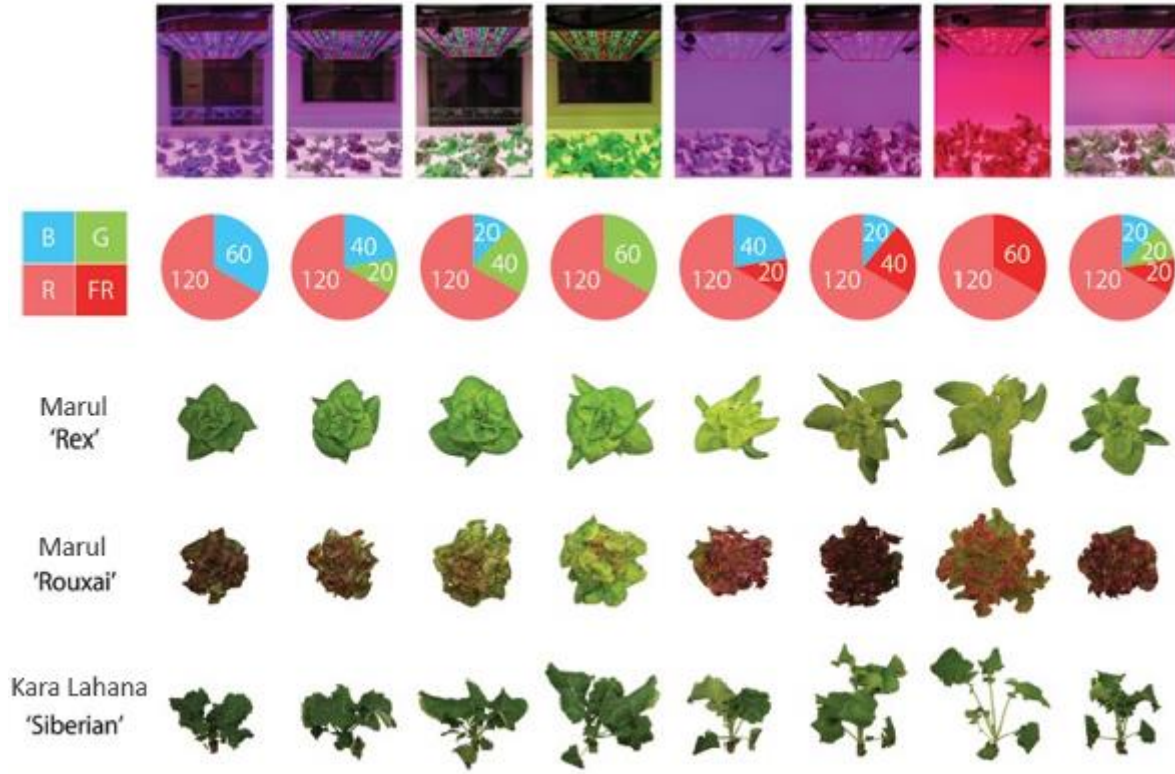
Bitkiler için kullanılan floresan, cıva veya sodyum buharlı lamba gibi aydınlatma lambaları genellikle beyaz ışık bileşenlerinin yanı sıra kızılötesi ve ultraviyole bölgelerinde sarı ve yeşil renkte ışık üreten geleneksel yapay ışık kaynaklarıdır. Deşarj lambaları halen kullanılan geleneksel yapay bitki aydınlatma ürünlerinden biridir. Ancak enerji seviyeleri düşüktür ve fotosentez için bitkiler tarafından ihtiyaç duyulan dalga boylarında ışık üretimi açısından enerji tüketim seviyeleri yüksektir.

İç mekân çiftçiliğinde yeni girişimciler için CFL'nin bitki yetiştirme lambaları arasında en uygun olduğu düşünülmektedir. Birçok dalga boyunda yaygın olarak bulunmaktadır ve CFL, bitki gelişiminin tüm aşamalarında kullanım için mükemmeldir. CFL'ler tarafından üretilen daha az ısı da küçük dikey çiftçiler için iyi bir avantaj olarak dikkat çekmektedir.

Büyük ölçekte bitki yetiştirmek istenen dikey tarım uygulamalarında enerji açısından en verimli oldukları için LED'lerin uzun vadeli iyi bir yatırım olabileceği değerlendirilmektedir. LED'lerin kullanımı enerji kullanımını yüzde 70'e kadar azaltabilmektedir. Birçok yönden, LED bitki yetiştirme lambalarının bitkiler için gün ışığından çok daha yararlı olduğu düşünülmektedir.

LED teknolojisindeki gelişmeler, daha kısa büyüme döngüleri ve daha yüksek verimle büyük ölçekte sebze yetiştirmek için kusursuz ortamları oluşturmayı mümkün kılmıştır. Aslında LED aydınlatma teknolojisi, iç mekân çiftçiliklerinde en avantajlı kontrollü ortamı oluşturmak için uygulanan aydınlatma kaynağı haline gelmektedir. LED teknolojilerindeki gelişmeler, sebzelerin iç mekânda yetiştirilmesini enerji kullanımını verimli hale getirmiştir.

Şekil 11: Farklı Dalga Boyundaki Işıkların Etkisi



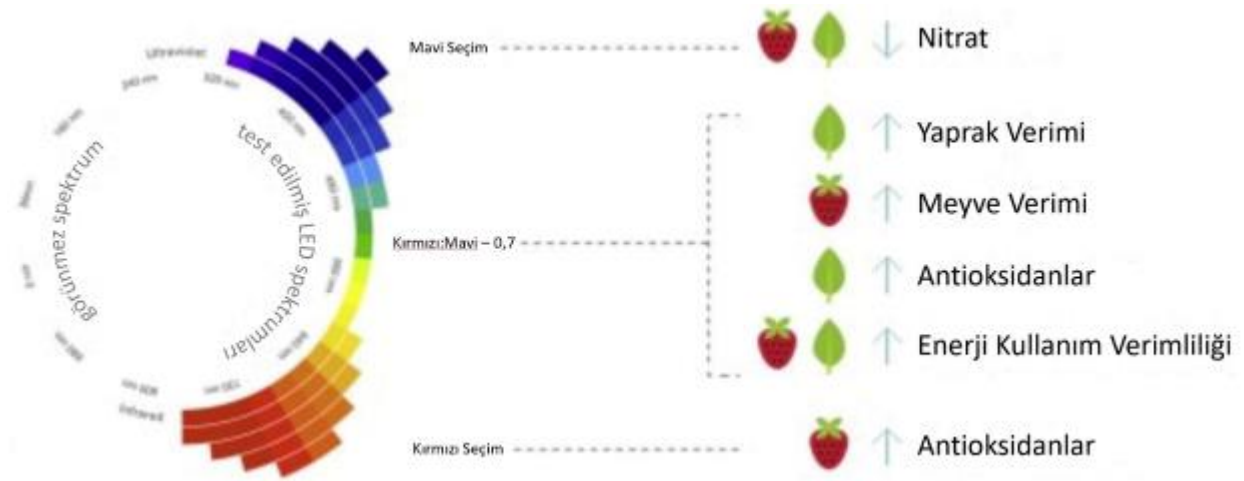
Kaynak: (Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2019)

Çoğu iç mekân çiftlikleri bu günlerde LED kullanırken, bazıları da nispeten yüksek fiyat etiketi nedeniyle henüz tamamen LED'lere dönüşmemiştir. Ancak LED'lerin giderek düşen fiyatları, önemli bir enerji maliyeti tasarrufu sağladığı için çiftçilerin zamanla LED teknolojisine geçmesine imkân sağlamaktadır.

Aydınlatma, mükemmel bir kapalı dikey tarım ortamı oluşturmanın en önemli bileşenini oluşturmaktadır. Dikey tarım yatırımının yapılıp yapılmayacağı konusunda en önemli etkiye sahiptir. Bu nedenle, kurulacak dikey tarım tesisinde bitkilerin ve ışıkların düzenini planlamak ve tasarlamak için yeterince zaman ayrılması şiddetle tavsiye edilmektedir. Tasarımın, ışık israfı olmayacak şekilde optimize edilmesi için bilgisayar destekli tasarım programlarının (CAD) kullanılması önerilmektedir.

Bir dikey tarım tesisinde mevcut aydınlatmanın kullanımını artırmak için benzersiz tekniklerden yararlanılabilmektedir. Beyaz yüzeyler ışığı yansıttığı için etrafta mümkün olduğunca çok beyaz yüzey oluşturulması önerilmektedir. Işıkları yansıtan açık renkli yüzeyler de aynı şekilde katkı sunabilecektir. Ek olarak, ışığı daha geniş bir alana dağıtmak için ışık taşıyıcılardan yararlanılabileceği düşünülmektedir. Dikey tarım sektörü hızla gelişmeye devam ettiği için aydınlatma teknolojileri alanında da en son trendleri ve teknolojileri yakından takip etmek gerekmektedir.

Şekil 12: Farklı Dalga Boylarındaki Işıkların Bitki Üzerine Etkisi



Kaynak: (Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2019)

İklimlendirme Teknolojileri

Tarım uygulamalarının kapalı ortamda yapılmasını cazip kılan özelliklerin başında, HVAC (ısıtma, havalandırma, iklimlendirme) bileşenlerinin ve bitki büyüme alanının kontrolünün sağlanabilmesi ve üretimin, bu bileşenlerden birinin engeline takılmadan, sürekli hale getirilebilmesi yer almaktadır. Her bitkinin gelişmesi için belirli sıcaklık ve nem değerlerine ihtiyacı vardır. Bu değerler sağlanmadığında bitkilerde yeterli gelişim olamamaktadır. Yıl boyu verimli üretim gerçekleştirmek için sıcaklık, nem ve karbondioksit gibi atmosferik koşulların kontrol altında tutulması gerekmektedir. İklimlendirme teknolojileri ve kullanılan kontrol cihazları yardımıyla, sıcaklık ve akış miktarı arasında en iyi kombinasyonlar elde edilerek, istenilen çevre şartları oluşturulabilmektedir. Bu sayede kapalı tarım sistemlerinde, bitki büyümesi için hedeflenen değerlerden taviz verilmeden ve dış çevre şartlarından bağımsız olarak istenilen verimde çalışabilmektedir. Kontrollü iklim alanlarının amacı mevsim faktörlerini ve öngörülemeyen hava koşullarının etkilerini en aza indirmektir. Yapılan yeni çalışmalarla yetiştirme tesislerinde su, ışık, CO₂, hava sıcaklığı, besinler gibi değişkenler üzerinde, daha geniş kontrol sağlanarak yeni yetiştirme koşulları geliştirilmektedir. Kapalı bitkisel üretim sistemlerinde, üretim alanı ile dış ortam arasında oldukça kalın (seralara göre) ve izolasyonlu bir duvar bulunması sayesinde, ekstrem iklim değişiklikleri meydana gelmez. Bu durumda iklimlendirme masrafları seralara nazaran çok düşük kalmaktadır.

Karbondiyoksit (CO₂) Zenginleştirme Yöntemleri

İç mekân dikey tarım uygulamalarında ideal CO₂ konsantrasyonunun milyonda 1.000 parça civarında olduğu tahmin edilmektedir. Ancak bu seviyeler havalandırma ve fotosentez sırasında kolayca milyonda 800 parçanın altına düşebilmektedir. CO₂, fotosentez süreci için çok önemli bir elementtir ve konsantrasyonundaki en ufak değişiklikler bile bitki büyümesini ve üretkenliğini doğrudan etkilemektedir. CO₂ zenginleştirmenin hızlı bitki büyümesini desteklediği ve bitki verimliliğini artırdığı bildirilmektedir. Geleneksel düşük teknolojiden yüksek teknoloji sensör tabanlı olanlara kadar birçok farklı CO₂ zenginleştirme tekniği mevcuttur.

CO₂ gazı adlı geleneksel teknik ile karbon dioksit brülörleri kullanarak propan veya doğal gaz yakarak CO₂ üretilmektedir. HVAC sistemleri, CO₂ hava akışını kontrol ederek gazın büyüyen alana eşit dağılımını sağlamaktadır. Sıkıştırılmış CO₂ tekniği ise sıkıştırılmış CO₂'nin sıvı halinden gaz haline dönüştürülmesini ve bir zaman periyodunda gazın büyüme odasına enjekte edilmesini içermektedir. Gaz basıncı, bir basınç regülatörü kullanılarak düşürülmektedir. Son olarak, CO₂ dağıtım çözümleri ile sulu CO₂'nin buğulanması tekniği CO₂'yi doğrudan bitki yapraklarına sağladığı için en gelişmiş ve uygun maliyetli CO₂ zenginleştirme yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemde CO₂, gazı çözen ve suyu doyuran bir CO₂ infüzyon sistemine enjekte edilmektedir. CO₂ solüsyonu doymuş hale geldikten sonra, bir tepe buğulama sistemi aracılığıyla doğrudan bitkinin yapraklarına mikro damlacıklar halinde buğulanmaktadır. Yöntem, kullanılan CO₂ miktarını ve HVAC sistemleri gibi ek ekipman gerektirmediği için CO₂ zenginleştirmesinden kaynaklanan ek maliyetleri azaltmaktadır.

Hava Akışı

Bitkilerin düzgün bir şekilde büyümesi için dikey bir çiftlikte sabit hava akışı olmalıdır. Dikey sistemlerdeki hava akışı, havayı filtreleme sistemlerinden geçirir, nemi azaltır, ısıyı uzaklaştırır ve CO₂'yi dolaştırır. Yetiştirme alanında oluşan ısı ve nem, burayı bakteri, mantar ve küf için mükemmel bir üreme alanı haline getirerek enfeksiyon riskini artırmaktadır. Kapalı bir çiftliğin yerleşimi de tesis içindeki hava hareketinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, dikey tarım sistemleri, havanın yatay yerleşimlere göre daha kolay hareket etmesine izin veren dikey düzlemler kullanmaktadır.

Ayrıca, farklı hava akışı izleme sistemleri de geliştirilmiştir. Bu sistemler, çiftliğin giriş ve çıkış noktalarına yakın bir yerde bulunan hava akımı dönüştürücülerini kullanır ve verileri bir terminale ileten bir sıcak tel sistemi kullanarak 7/24 hava hızını ölçmektedir. Bu, dikey bir çiftlikte hava akışı çok zayıf veya aşırıysa yetiştiricilerin gerçek zamanlı olarak müdahale etmesine imkân tanımaktadır.

Hava Nemi

İç mekânlarda bitki yetiştirirken nem, havadaki su buharı miktarını gösterdiği için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Genelde, çoğu mahsul nem seviyeleri yüzde 40 ile yüzde 50 arasında olduğunda gelişmektedir. Nem seviyeleri dalgalandığında bu durumla mücadele etmeye başlamaktadırlar. Düşük nem seviyeleri bitki büyümesini engellemekte ve ürün kalitesini düşürmektedir. Düşük verim ve kalite ile sonuçlanmaktadır. Çok yüksek bir nem seviyesi mantarların büyümesine neden olabilir ve bu da hemen tedavi edilmezse mahsulün tamamen kaybolmasına neden olabilmektedir.

Bitkiler terlediğinde su buharı açığa çıkmakta ve kapalı çiftliklerin büyüyen ortamında birikerek nemin artmasına neden olabilmektedir. Dikey çiftlikler, nem seviyelerini kontrol altında tutmak için nem gidericilere ve nem alma sistemlerine güvenmektedir. Nem alma sistemleri, bağıl nemi ve çiğlenme noktasını kontrol etmek için büyüyen ortamdan fazla nemi uzaklaştırmaktadır. Ayrıca, bazı dikey tarım uygulamaları havaya aşırı buharlaşmayı önleyen bir nem alma sistemi kullanılmaktadır. Dikey çiftlikler kendi suyunu ve doğal nemini geri dönüştürerek geleneksel çiftçiliğe göre yaklaşık %10 daha fazla su tasarrufu sağlayabilmektedir.

Nesnelerin İnterneti – IoT

Endüstri 4.0 süreci ile başlayan büyük değişim ve teknolojik gelişmelerle artık günlük yaşamımızın bir parçası haline gelen internet, bilgisayarlar ve sensörler ile birlikte nano teknolojideki ilerlemelerin gerçekleşmesiyle oluşan devrimsel değişiklikler tüm dünyayı dijital bir dönüşüme zorlamıştır. Kablosuz iletişim teknolojileri, yapay zekâ (AI), makineler arası iletişim (M2M), bulut sistemleri, nesnelerin interneti (IoT) gibi kavramlarında hayatımıza girmesiyle mobil cihazların kullanımının artışı tarım sektöründe de kendini göstermiş ve bu sürecin tarımsal üretime yansımaları ise tarımda dijital dönüşümü zorunlu kılmıştır (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2020).

IoT teknolojisi; verimi artırmak, bitkilerin gelişimini izlemek ve çiftçiliği daha verimli hale getirmek için tarım sektöründe kullanılmaktadır. IoT teknolojisi kullanılan dikey çiftliklerde, akıllı sensörler ile nemden pH seviyelerine kadar her ayrıntı ölçülüp gerçek zamanlı olarak yetiştiricilere iletilmektedir. Böylece dikey çiftlikteki ekinlerin yetiştirildiği büyüme ortamının kontrol edilmesi sağlanmaktadır.

Tarım operasyonlarının tamamen otomatik hale getirildiği çiftliklerin yakın bir gelecekte yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir.

İzleme ve müdahale teknolojilerinin her geçen gün daha da gelişmesi ile çevre kontrollü tarım sistemlerinde kullanılacak izleme ve müdahale teknolojileri ile bu durum mümkün hale gelmektedir. Örneğin bir bitkinin su, besin maddeleri ile optimal büyüme ve gelişme

gereksinimleri gibi ihtiyaçlarını tespit etmek için izleme sistemlerinden yaygın olarak faydalanılmaktadır.

Öte yandan sensörler hastalığa neden olan zararlı bakterilerin, virüslerin veya diğer mikroorganizmaların varlığını bildirerek çiftçileri de uyarabilecektir. Ayrıca gaz kromatografi teknolojisi, flavonoid seviyelerini doğru bir şekilde analiz edebilecek ve hasat için en uygun zamanı sağlayabilecektir. Bu özel teknolojiler tamamen yeni olmamakla birlikte, gelişimleri devam etmektedir ve muhtemelen yakın gelecekte sayıları çoğalacaktır. Gelişmekte olan umut verici fikirlerden biri de “uzaktan” çiftçiliktir. Cep telefonu yazılımı ve uygulamaları ile mahsullerin günlük bakımının büyük bir kısmı halledilebilecek ve birden fazla dikey tarım şehir çiftliği uzaktan kontrol edilebilecektir. Yeni uygulamalar çiftlik yöneticilerinin, bitki besin seviyelerini ve PH dengesini bir akıllı telefonda veya tablettan ayarlamalarına ve örneğin, dikey büyüyen bir sistemde bir su pompasının arızalanması durumunda, sesli bildirimler almalarına olanak tanıyacaktır. Uzaktan çiftçilik, işçiliği azaltarak işletme maliyetlerini önemli ölçüde düşürecek ve çiftliklerin yönetiminde önemli ölçüde kolaylık, esneklik ve verimlilik sağlayabilecektir. Yeni bilgi teknolojilerinin devreye girmesi ve yeni çevrimiçi uygulamalarla çalışarak, çiftçilik heyecan verici ve eğlenceli bir faaliyet haline gelebilecektir.

1.4.2.4. Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele

Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele, biyolojik mücadele sisteminde kullanılan ve zirai mücadele sürecinde faydalı oldukları bilimsel olarak tespit edilmiş, ruhsatlı veya tescilli canlı organizmaların kullanımı demektir. Bunlar böcekler, akarlar, virüsler, bakteriler, nematodlar ve funguslardır.

Biyolojik mücadele, özellikle tarım zararlılarıyla savaşta, bu canlılara zarar veren başka canlılardan yararlanılmasına denir. Bu yöntemde, bir zararlının doğal düşmanı olan bir asalak, zararlıyla beslenen ya da zararlıda hastalığa yol açan herhangi bir canlı, söz konusu zararlının üreyip zarar verdiği çevreye salınır ya da bu çevrede var olan bu tür canlıların üreme olanakları artırılarak zararlıları azaltma etkinlikleri desteklenir.

Avustralya’da hızla çoğalan Avrupa tavşanlarını denetim altına alabilmek için milcho-matoz yozlaşmaya yol açan bir virüs salgınının başlatılması; California’da turunçgillere büyük zarar veren unlu bitlerin Avustralya’dan getirilen iki tür asalak yabancı arısıyla; gene bir turunçgil zararlısı olan torbalı koşnilin, bir Avustralya uğur böceği olan *Rodolia cardinalis* ile etkili biçimde avlanması birer biyolojik mücadele örneğidir.

Biyoteknik Mücadele

Biyoteknik mücadele zirai mücadele süreçlerinde kullanılan ve bazı doğal ve yapay maddeler aracılığıyla zararlıların davranışlarını, biyolojik ve fizyolojik yapılarını insan ve çevre sağlığı ile yüksek verimli ve kaliteli üretim lehine etkileyen ürünlerin kullanımınıdır. Bunlar genel olarak juvenil hormon analogları, uzaklaştırıcılar, beslenme önleyiciler ve feromon, ışık ve renk tuzakları ile cezbediciler gibi materyallerdir. (BİOTED, 2022)

Biyolojik Mücadelenin Ekolojik Tarımdaki Yeri ve Önemi

Tarım alanlarında problem olan hastalık, zararlı ve yabancı otların olumsuz etkilerinden ekonomik olarak korunabilmek için tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de entegre zararlı yönetimi (IPM) prensipleri çerçevesinde pestisit uygulamaları tarımsal üretimde çok önemli bir yere sahiptir. Bugün tarımsal ilaçların kullanılmaması durumunda, bazı ürünlerde ortalama yüzde 65 civarında kayıpların meydana gelebileceği öngörülmektedir. Tarımsal alanlarda kullanılan pestisitler tarımsal ürünlerde verim ve kalitede önemli artışlara neden olurken bu pestisitlerin yanlış ve bilinçsiz kullanımı sonucunda zararlı organizmalarda görülen dayanıklılık, insan ve çevre sağlığında önemli sorunların yaşanmasına neden olmaktadır. Pestisitlerle ilgili ilk ciddi eleştiri ise biyolog Rachel Carson'un 1962 yılında yayımladığı "Sessiz Bahar" isimli kitap ile ortaya çıkmıştır. Carson bu kitabıyla; DDT ve klorlu hidrokarbonların çevredeki dayanıklılığı, insan ve hayvanların yağ dokularında birikimlerini, hedef olmayan veya olmaması gereken türler üzerindeki toksik etkileriyle, ekolojik ve insan sağlığıyla ilgili yıkıcı etkilerini dile getirdi. Pestisitlerin neden olduğu bu sorunlar nedeniyle gelişmiş ülkelerde, pestisit uygulamaları kontrollü ve bilinçli bir şekilde yapılmakta, insan ve çevre sağlığına zararlı olan pestisitlerin ruhsatı kaldırılmakta ve tarımsal alanlarda uygulanması yasaklanmaktadır. Kimyasal mücadele kapsamında kullanılan pestisitlerin insan ve çevre sağlığı açısından olumsuz etkileri olduğunun anlaşılmasıyla tarımsal üretimde kimyasal pestisitlerin olmadığı alternatif mücadele metotları üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu alternatif mücadele yöntemleri arasında tarımsal üretimde zararlı etmenlerle mücadelede faydalı organizmaların kullanıldığı biyolojik mücadele kuşkusuz önemli bir yere sahiptir.

Son yıllarda tarımsal ürünlerde özellikle sağlık ve kalitede yaşanan sorunların baş göstermesi ve buna bağlı olarak güvenilir gıda elde etme ihtiyacının artmasıyla "organik tarım" oldukça popüler hale gelmiştir. Bu kapsamda organik tarım: "bitki nöbetleşmesi, yeşil gübre, kompost, biyolojik zararlı kontrolü'nü içeren ve toprak üretkenliğini sağlamada mekanik işlemeye dayanan; sentetik gübre, pestisit, hormon, hayvan yem katkıları ve genetiği değiştirilmiş organizmaların kullanımını kabul etmeyen veya sınırlayan tarım metodu" olarak tanımlanabilir. Organik tarımda, toprak ve su gibi doğal çevrenin tarım eliyle kirlenmesini engellemek, temiz malzeme ve teknikler kullanılarak üretilen tarım ürünleri ile insan, hayvan ve çevrenin sağlığı üzerinde olumlu katkı sağlamak amaçlanır (Bayram & Kaplan, 2017).

2. Mevcut Durum Analizi

2.1. Dünyada Yaşanan Gelişmeler

Ülkemizde olduğu gibi dünyada da örtü altı bitki yetiştiriciliğine ilişkin veriler sınırlıdır. Bunun başlıca sebebi, seracılık faaliyetlerinin genel olarak yaş meyve sebze üretimi içinde değerlendirilmesidir. Dünya’da seracılık alanları, tarihi gelişimi, ekolojik koşullarına ilişkin veriler yaklaşık olarak sunulabilmekle birlikte yetiştirilen ürün miktarları, ülkelere göre ihracat ve ithalat verileri, sektörde istihdam edilen kişi sayısı vb. verileri yukarıda belirtilen nedenlerle ayrıca sınıflandırılmadığından ve örtü altı bitki yetiştiriciliğine ilişkin araştırmalar sınırlı kaldığından genel olarak analiz ve yorum yapmak, Türkiye ve bölge verileriyle karşılaştırmak mümkün olmamaktadır. Yine de tarihi gelişimi ve iklim kuşaklarına göre ülkelerin seracılık faaliyetlerinden ve gelişme düzeylerinden bahsedilebilir.

Dünyada tarımın gelişmesi M.Ö. 12.000’lere dayansa da seracılık hakkındaki ilk örnekler M.S. 1. yüzyılda Romalılar tarafından güneye bakan yamaçlarda açılan çukurların üzerini yağlı veya cilalanmış (balmumu ile) bezlerle veya yarı saydam ince dilimler halindeki mikalarla kaplayarak bitki yetiştirdikleri kabul edilmektedir. Modern seracılık geçmişi ise 18. yüzyıl sanayi devrimi ve sonrasında geliştirilen malzemeler kullanılarak yapılmıştır.

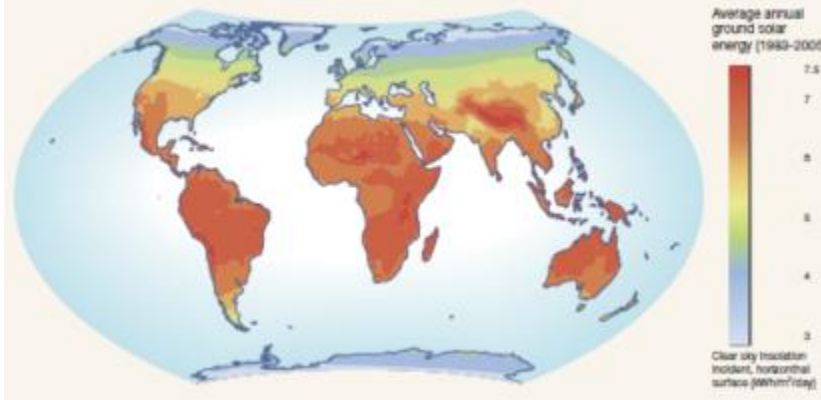
Daha sonra ABD ve Avrupa’da sera yapımı, endüstri ile birlikte birinci dünya savaşından sonra hızlı bir şekilde gelişmeye başlamıştır. Günümüzde uluslararası seracılığa bakacak olursak, seraların dünya üzerinde geniş bir yayılma alanı olduğunu görürüz. Bu geniş yayılma alanı üzerinde ekolojik etmenler ve sera teknolojisinin oldukça farklı olduğu görülmektedir (DOĞAKA, 2015).

2.1.1. İklim Kuşaklarına Göre Dünya’da Seracılık

Dünya genelinde seracılık faaliyetleri yaklaşık 1,2 milyon hektar alanda iklim koşullarına bağlı olarak değişik yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Yöntemsel farklılıklarda çevresel etmenler ve teknolojik uygulama farklılıkları olarak incelenmektedir. Sonuç olarak, enlem dereceleri ve ona bağlı sıcaklık dereceleri farklı sera teknolojileri göz önüne alınarak sera alanları iklim kuşaklarına göre serin, ılıman ve iki iklimin egemen olduğu ülkeler olarak sınıflandırılmaktadır.

Söz konusu sıcaklık değerleri güneş ışınlarının dünya yüzeyine düşme açılarıyla doğrudan ilgili olduğundan buna bağlı olarak oluşan iklim kuşakları örtü altı bitki yetiştiriciliğinin niteliğini belirlemektedir. Bitkilerin yaşaması için gerekli en uygun sıcaklık koşulları Türkiye’nin de içinde bulunduğu ılıman iklim kuşağıdır.

Şekil 13: Dünya Güneş Enerjisi



Kaynak: <https://www.grida.no/resources/7308>

Yukarıdaki dünya güneş enerjisi haritası en iyi seracılık alanlarına ilişkin fikir vermektedir. Söz konusu haritada belirgin kırmızı ile gösterilen alanlar aşırı sıcak, açık mavi ve mavi ile gösterilen alanlar ise serin alanları göstermektedir. Serin iklimlerde ısıtma, sıcak iklimlerde ise soğutma önemli bir maliyet olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle en az maliyetle en verimli seracılık faaliyetleri serin ve sıcak iklim kuşakları arasında yer alan ılıman iklim kuşağındaki ülkelerde yapılabilmektedir. Türkiye iklim kuşakları içinde örtü altı bitki yetiştiriciliği için en uygun iklim olan ılıman iklim kuşağında yer almasıyla dünyada seracılık için en uygun ülkeler arasındadır.

Serin İklim Kuşağındaki Ülkeler

Yıllık ortalama 10°C altında yer alan serin iklim kuşağındaki başlıca ülkeler Hollanda, İngiltere, Danimarka, Almanya, Romanya, Bulgaristan ve Rusya'dır. 10.000 hektar cam sera alanı ve üretim tekniği yönü ile Hollanda bu ülkeler içinde en başta gelen ülkedir.

İlman İklim Kuşağındaki Ülkeler

Yıllık ortalama (deniz seviyesinde) 10°C - 20°C arasında yer alan ılıman iklim kuşağındaki başlıca ülkeler İspanya, Fransa, Japonya, Türkiye, İtalya, Yunanistan, İsrail'dir. Elverişli çevresel koşullar seracılığın kârlı olarak yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ortalama sıcaklıkların özellikle kış aylarında yüksek olması, seralarda en büyük girdi olan ısıtma masraflarını azaltması nedeniyle, bu ülkelerde sera alanları hızla artmaktadır.

Bu kuşaktaki ülkelerin seracılık yönünden ortak özellikleri şunlardır:

- Seralarda kullanılan örtü materyali genellikle plastiktir.
- Bu ülkelerde seracılık faaliyetleri daha çok ilkbahar ve sonbahar turfandacılığı olarak yapılabilmektedir.
- Sera işletmesi düşük yatırım masraflarıyla kurulabilmektedir.
- Seracılıkta en büyük işletme gideri olan ısıtma, en düşük düzeyde tutulabilmektedir. Yatırım ve işletme giderlerinin az olmasına rağmen seralardaki üretim teknolojileri düşük düzeydedir. Bu nedenlerle, seralardan elde edilen ürünlerin verim ve kalitesi düşüktür.

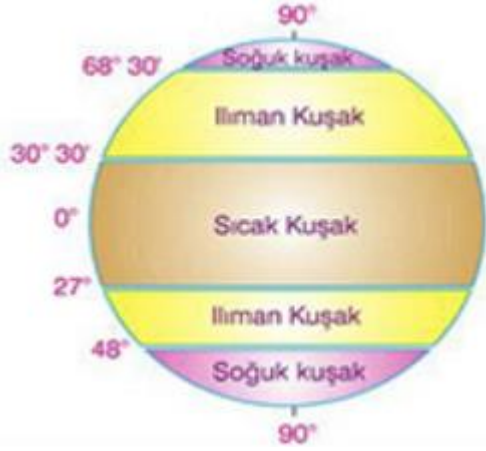
Ilıman İklim Kuşağındaki Ülkeler ve Türkiye Seracılık Potansiyeli Analizi

Türkiye, dünya üzerinde 36-42 kuzey enlem ve 26-45 doğu boylam dereceleri arasında bulunan coğrafi konumu, iklim ve toprak yapısı; Hindistan cevizi, kahve, kakao, hurma ve ananas gibi bazı tropik bahçe bitkilerinin dışındaki tüm meyve, sebze, asma ve süs bitkileri için son derece elverişlidir. Bu nedenle Anadolu yarımadası; günümüze kadar kültüre alınmış veya alınabilecek birçok bahçe bitkileri, süs bitkileri, tarla bitkileri ve tıbbi bitkilerinin anavatanıdır.

Türkiye, diğer Akdeniz ülkelerine göre daha büyük bir seracılık potansiyeline sahiptir. Bunun nedeni, İspanya ve Fransa kıyıları altyapısı çok iyi olan bir turizm alanı olması ve bu tesislerden sera kurulacak alanın pek kısıtlı kalmasıdır. İtalya ve Yunanistan'da ise kıyıların oldukça engebeli ve dağlık olması nedeniyle, sera işletmeciliği için ayrılan alanın daralmış olmasıdır. Afrika kıyılarındaki Fas, Cezayir, Tunus, Libya gibi ülkelerde ise, uzun süreli yetiştiricilik için kışın ısıtma, sıcak mevsimlerdeyse soğutma gerekmesidir. Hatta gece-gündüz sıcaklık farklarının yüksekliği de verim ve maliyetleri etkileyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ilıman iklim kuşağındaki ülkelere biri olan ülkemiz bugün sahip olduğu ekolojik özellikleri nedeniyle sebze ve meyve üretimi bakımından dünyadaki önemli ülkelere biridir.

Şekil 14: Sıcaklık Kuşakları



Kaynak: <https://www.iklim.gen.tr/iklim-kusaklari.html>

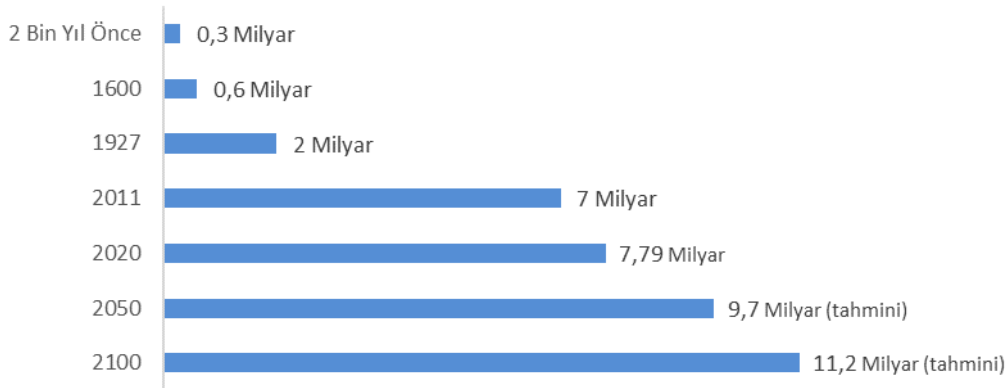
İki İklimin Egemen Olduğu Ülkeler

Yıllık ortalama (deniz seviyesinde) 0°C - 20°C arasında yer alan iki iklim kuşağındaki başlıca ülkeler İspanya, Hollanda, İtalya, Belçika, Mısır, Fas ve Çin'dir. Bu ülkelerde seracılık faaliyetlerinde ortak olan özellik cam ve plastik seraların bir arada oluşudur (DOĞAKA, 2015).

2.1.2. Dünya'da ve Türkiye'de Nüfus Projeksiyonları

Dünya nüfusu sürekli olarak artmakta ve bunun doğal sonucu olarak gıdaya olan talep de artarak devam etmektedir. Her yıl dünya nüfusuna yaklaşık olarak 100 milyon kişi katılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre 2050 yılında dünya nüfusunun 9,7 milyar kişiye çıkacağı tahmin edilmektedir. Nüfusun yüzde 68'inin kentsel şehir merkezlerinde yaşaması beklenmektedir (BM, 2019).

Şekil 15: Dünya Nüfusu



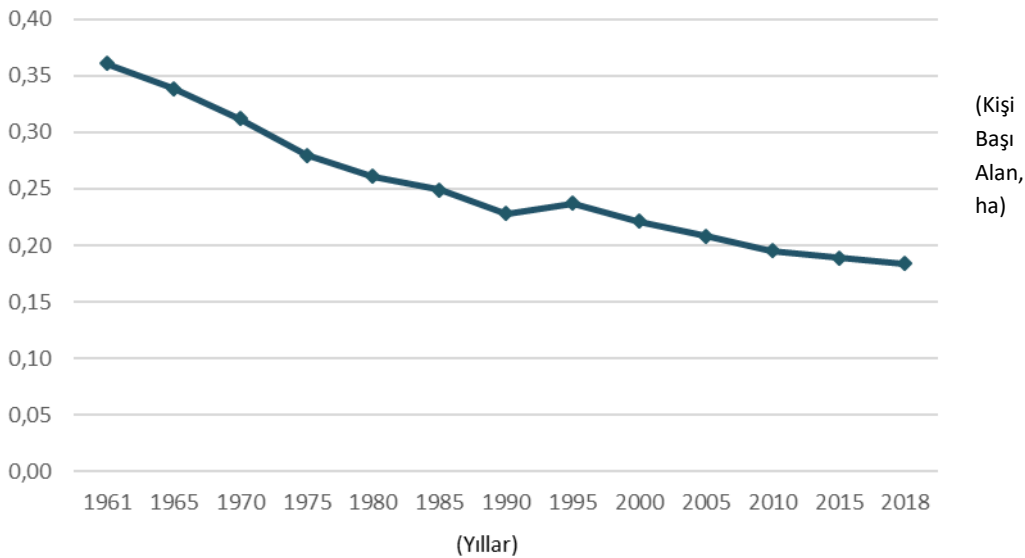
Kaynak: (BM, 2019)

Açlığı yok etmek ve beslenme şartlarını iyileştirmek amacıyla 1943'te kurulan FAO'nun tahminlerine göre 2050 yılında gıda ihtiyacının yaklaşık yüzde 70 civarında artacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde 84 milyona yaklaşan ülkemiz nüfusunun ise 2050 yılında 100-110 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (TÜİK, 2021). Ekilebilir alanlar, nüfus ve şehirleşmenin yanında bina ve konut ihtiyaçlarının artması sonucu azalmaktadır. Tüm bu gelişmeler tarım sektörünü 21. yüzyılda tekrar stratejik bir sektör olarak gündemimize getirmektedir. (Kadioğlu, 2019).

İnsan beslenmesinin ana öğesinin oluşturan bitkisel gıdalar genel itibarıyla toprakta üretilmektedir. Artan bitkisel gıda maddesi gereksiniminin karşılanması için ya bitkisel gıda maddesi üretimi yapılan alanları genişletmemiz ya da birim alandan daha fazla bitkisel gıda maddesi üretmemiz veyahut da her ikisini birlikte yapmamız gerekmektedir. Dünya toprak yüzeyinin (13,4 milyar ha) yaklaşık yüzde 11'i (1,5 milyar ha) mahsul üretiminde (ekilebilir arazi ve kalıcı mahsul altındaki arazi) kullanılmaktadır (FAO, 2021). Dünya karalarının yüzde 89'unu çöller, buzullar, dağlar, meralar ve üzerinde bitki yetiştirmek için yeterli toprak bulunmayan alanlar oluşturmaktadır. Söz konusu alanların bitkisel üretim amacıyla ekonomik olarak kullanılma imkânı bulunmamaktadır.

Dünyadaki nüfus artışı ve bitkisel üretim yapılabilecek alanların tarım dışı amaçlarla kullanımı nedeniyle kişi başına bitki yetiştirebilecek alan miktarı her geçen gün azalmaktadır. Nitekim 1961 yılında dünyada kişi başına düşen bitkisel üretim yapılabilecek alan miktarı 0,361 hektar iken bu alan 2018 yılında 0,184 hektara düşmüştür (FAO, 2021).

Şekil 16: Dünyada Kişi Başı Ekilebilir Alan



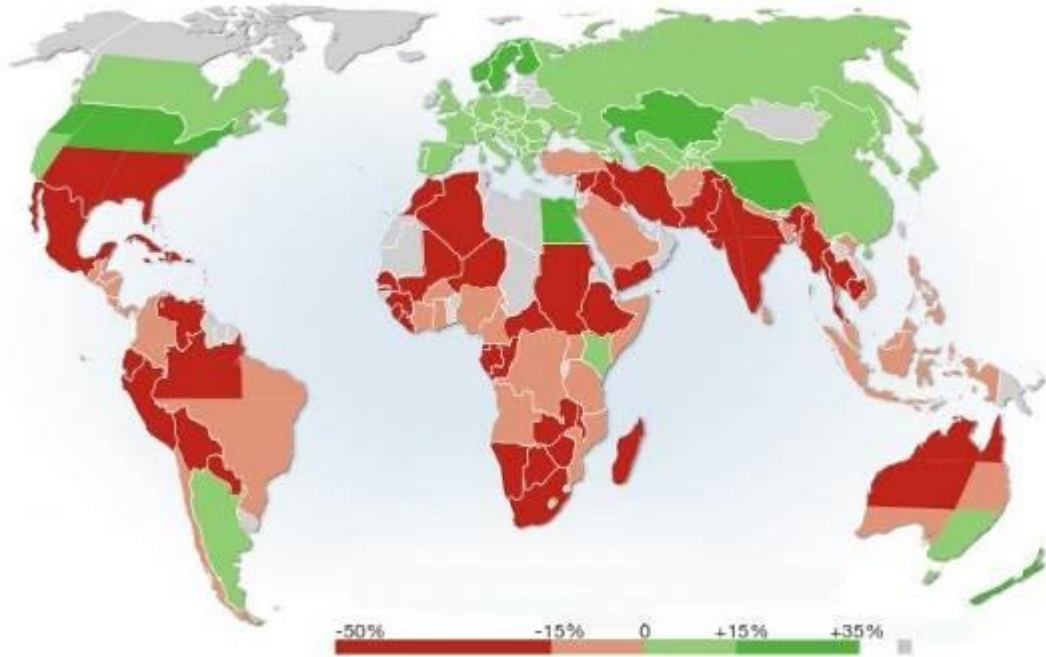
Kaynak: (FAO, 2021)

Ülkemizde ise 1961 yılında kişi başı işlenen alan miktarı 0,82 hektar iken 2018 yılında 0,24 hektara düşmüştür. Bu durumda, artan insan nüfusuna yeterli bitkisel gıda maddesi üretimi ancak birim alandan daha fazla verim elde ederek sağlanabilecektir.

Birim alandan elde edilen verim ise yetiştiriciliği yapılan bitki türünün genetik yapısına ve bitkinin yetiştirildiği çevre koşullarına bağlıdır. Bitkilerde verim, bitkinin genotipi ile çevre koşullarının karşılıklı etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bitkisel üretimde yüksek verim elde edebilmek için genetik olarak yüksek verim potansiyeline sahip bitkinin söz konusu yüksek verim potansiyelinin ortaya çıkabileceği çevre koşullarında yetiştirilmesi gerekmektedir.

Bunun yanında iklim krizi ve değişen hava koşulları en temel gereksinimiz olan gıdaya erişimi gittikçe zorlaştırmaktadır. Tarım alanlarındaki aşırı veya eksik sulama, toprak verimsizliği ve kuraklık gibi sorunlar üretimi kısıtlayarak beslenmeyi de tehlikeye atmaktadır. Bu noktada mevcut uygulamaların yetersiz kaldığı durumda alternatif üretim biçimleri giderek daha da önem kazanmaktadır.

Şekil 17: İklim Değişikliği Nedeniyle 2080 Yılında Küresel Tarımsal Verim Artışı Tahminleri



Kaynak: (Cline, 2007)

Yukarıdaki şekilde işlerinde Türkiye'nin de yer aldığı kırmızı ve pembe renk ile renklendirilmiş ülkelerde 2080 yılında tarımsal verim azalışı olması beklenmektedir. Buna göre 2080 yılında, nüfusunun yaklaşık 100 milyona artacağı tahmin edilen Türkiye'nin 2020 yılı itibarıyla yaklaşık 145 milyon ton olan toplam tarımsal ürün miktarının yüzde 15 azalarak 123 milyon tona düşmesi beklenmektedir.

2050 yılına kadar nüfusun yaklaşık yüzde 80'inin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Böyle bir gelecekte de öncelikli olarak geniş alan ve verimli toprak gerektiren geleneksel tarım uygulamalarının evrilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Küresel insan nüfusunun 7,79 milyara ulaştığı günümüzde gıdanın bulunabilirliği konusunda tarım teknolojilerimizin ulaştığı seviyenin büyük bir etkisi bulunmaktadır. Ancak küresel nüfus artmaya devam ettiği ve aynı zamanda uygulanabilir tarım alanları ve tarımsal ürün miktarı tükeniyor olduğu için tarım teknolojilerinin değişmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Tüm bu nedenlerle; tarımsal üretimde alışlagelmış üretim teknikleri ve bunlara ait araçların terk edilerek, çağdaş üretim teknolojilerine geçilmesi ve bunların uygun araçların kullanılması zorunlu hale gelmiştir (TAGEM, 2021).

Şekil 18: Küresel Tarım ve Gıda Eğilimleri



Kaynak: (TAGEM, 2021)

Her yıl yaklaşık Türkiye nüfusu kadar artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için küresel tarım üretiminde verimlilik yükseltilmeli, olabildiğince düşük maliyetlerle üretim artırılmalıdır. Tarımsal üretimde artış için yapılacak çalışmaların; doğaya en az müdahale, en az çevre hasarıyla, olabildiğince kısa süreli ve az sayıda işlemlerle, iklim koşullarından olabildiğince bağımsız kalacak şekilde yapılması gerekmektedir (TAGEM, 2021).

BM Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) Sekreterliği tarafından düzenlenen ve taraf devletlerin katılımlarıyla 2017 yılında gerçekleşen toplantıda açıklanan "The Global Land Outlook (GLO)" adlı çalışmada, son 30 yılda doğal kaynakların tüketiminin iki katına çıkması nedeniyle dünya topraklarının üçte birinin ciddi şekilde bozulduğu konusunda uyarılarda

bulunmaktadır. GLO'ya göre her yıl yaklaşık 15 milyar ağaç ve 24 milyar ton verimli toprak kaybedilmektedir (BM, 2017). Türkiye'deki ortalama toprak kaybı 770 bin ton/yıl olup, dünyada her yıl erozyon nedeniyle kaybedilen toprakların 1/33'ünün Türkiye'de olduğu anlaşılmaktadır. Bu değer, Türkiye'deki erozyonun şiddetini açıkça göstermektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Uzmanlar, erozyon ve kirliliğin neden olduğu hasara, küresel gıda talebinin artmasıyla birlikte bozulan topraklara dikkat çekmektedir. Bilim adamları, Dünya'nın son 40 yılda erozyon veya kirlilik nedeniyle ekilebilir alanlarının üçte birini kaybettiği ve bu durumun küresel gıda talebi arttıkça beraberinde potansiyel olarak kötü sonuçlar doğuracağı konusunda uyarılarda bulunmaktadır. Kaybın "felaket" olduğu ve trendin tarımsal uygulamalarda büyük değişiklikler olmadan geri döndürülemez olmaya yakın olduğu ifade edilmektedir.

Araştırmalar sonucunda, yoğun gübre kullanımıyla birlikte tarlaların sürekli olarak sürülmesinin, dünya genelinde toprakları bozduğu ve böylelikle erozyonun toprak oluşum oranından 100 kata kadar daha fazla bir hızla meydana geldiği anlaşılmıştır (Sheffield Üniversitesi, 2015). Tarımın geleceğinin endişe verici olduğu ve bir değişime ihtiyaç duyulduğu gerçeği karşımızda durmaktadır.

2.1.3. Topraksız Tarım Uygulama Örneği Hollanda

Topraksız tarım uygulamalarında Hollanda ilk sırada yer almaktadır. Hollanda, dünyanın en büyük ikinci tarım ürünleri ihracatçısıdır. Hollanda'nın üstünde yer alan tek ülke olan Amerika Birleşik Devletleri'nin yüzölçümü Hollanda'nın yüzölçümünden 237 kat daha büyüktür. Bununla birlikte, Hollanda yalnızca 2017'de yaklaşık 110 milyar dolarlık tarım ürünü ihraç etmiştir. Bazılarının büyüklüğü tek başına yaklaşık 71 hektarlık alanı kaplayan örtü altı tarım alanlarının bulunduğu Hollanda'da, toplam örtü altı tarım alanı büyüklüğü 9.324 hektardır.

Hollandalı çiftçiler, LED ışıklar uygulanarak gece boyunca bitkilerin büyümesi sağlanan örtü altı tarım alanlarında, az kaynak kullanarak benzersiz verim elde etmek için topraksız tarım sistemleri ve jeotermal enerji kullanmaktadır. Hollanda örtü altı tarım alanları, küresel ortalama su kullanım miktarının (112,8 litre) sadece yüzde 4,3'ü (4,85 litre) kadar su kullanarak 14 hektarlık araziden yılda 100 milyonun üzerinde domates üretmektedir. En sonunda bitki 13 ila 14 metre uzunluğa ulaşmaktadır ve yaklaşık 33 salkım domates üretebilecek duruma gelmektedir. Bu yüksekliklere ulaşmak, toprağın az olduğu kadar çok da değerli olduğu bir ülkede önemlidir. Küçük bir yüzölçümü olan Hollanda, dünyadaki en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip ülkelerden biridir. Söz konusu verim artışına; doğru ve güvenli seviyede sıcaklık ile nemin, düşük kontaminasyon tehdidi ve pestisitsiz ortamla bir araya geldiği kontrollü kapalı üretim alanları ile ulaşılmıştır.

Hollanda, toprak miktarının az olması nedeniyle denizi kullanılarak toprak alan oluşturmaktadır. Denizden büyük bir maliyet ve zahmetle geri kazanılan alanlardan biri olan

Westland'ın seralarında, metrekare başına yaklaşık 70 kilogram domates yetişebilmektedir. İspanya veya Fas'ta bulunan açık alanlardan elde edilen ortalama verimin en az 10 katı verim elde edilebilen bölgede, bu verim 8 kat daha az su ile ve neredeyse hiç kimyasal ilaç kullanılmadan sağlanmaktadır (DW, 2019).

Resim 12: Örtü Altı Topraksız Tarım Alanları, Westland, Hollanda



Kaynak: <https://www.tomhegen.com/collections/the-greenhouse-series>

Hollanda gıda endüstrisinin araştırma merkezi olan Wageningen Üniversitesi yetkilileri, insanların kıtlık yaşama ihtimalini bitirmek üzere dikey çiftliklerin ileriye dönük bir çalışma olarak yürütüldüğünü ifade etmektedir. Bu yeni bilim ile gelecekte yalnızca yapay ışık kullanacak ve yüksek binaların sahip olduğu yüksekliklere çıkabilecek dikey çiftliklerin olacağını belirtilerek üst üste yerleştirilmiş ünitelerin olduğu, yalnızca yapay ışığın kullanıldığı, iklimden tamamen bağımsız ve güvenilir çiftliklerin oluşturulacağı bildirilmektedir (DW, 2019).

Resim 13: Amerika Birleşik Devletleri'nden Akuaponik Topraksız Tarım Uygulama Örneği (1)



Kaynak: <https://www.superiorfresh.com/>

Resim 14: Amerika Birleşik Devletleri'nden Akuaponik Topraksız Tarım Uygulama Örneği (2)





Kaynak: <https://www.aquaculturenorthamerica.com/aquaponics-project-takes-root-in-minnesota-1362/>

ABD’de Saint Paul Minnesota’daki iki tarihi bira fabrikası, balık ve sebze yetiştiriciliğini birleştirmek için akuaponik sistemle çalışan Dünya’nın en büyük ve en gelişmiş dikey bitki fabrikalarından biri olarak 2014 yılında kurulmuştur. Bir yatırım grubunun ortak olduğu şirket tilapia balığı yetiştirerek başladığı üretime yüksek değerli Hibrit Çizgili levrek üreterek devam etmiş ve ayrıca Atlantik somonu da üretmek için çalışmalar yürütmüştür. Şirket, akuaponik sistem ile balık üretiminin yanında aydınlatma LED teknolojisi kullanarak yerel pazarın ihtiyaç ve isteklerine bağlı olarak fesleğen, mikro yeşillikler, lahana, pazı, marul, maydanoz ve kişniş gibi yeşilliklerin üretimini yapmıştır. Sektörde öncü akuaponik sistem uygulayan girişimlerden biri olarak değerlendirilen 12 milyon dolar değerindeki 8.083 metrekare alana kurulu şirket, "Kentsel alanlarda akuaponik için uzun vadeli bir strateji olduğuna inanmaya devam ediyoruz, ancak iş modelinin gerçekleştirilmesi beklentilerimizi karşılamadı." açıklamasını yapan yatırım grubu tarafından 2019 yılında kapatılmıştır.

Resim 15: Domates Üretimi, Rusya (1)



Kaynak: <https://www.hortidaily.com/article/9212847/tomatoes-and-cucumbers-in-a-vertical-farm-without-daylight/>

Resim 16: Domates Üretimi, Rusya (2)



Kaynak: <https://www.hortidaily.com/article/9212847/tomatoes-and-cucumbers-in-a-vertical-farm-without-daylight/>

2.1.4. Jeotermal Enerji

Tarım ve tarımsal sanayi, genellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerinde öne çıkan sektörlerdir. Sürdürülebilir ve uygun fiyatlı enerji arzının olmaması, gelişmekte olan ülkelerde bu sektörlerin gelişimi için büyük bir kısıtlamadır. Jeotermal enerji, elektrik üretimi için en önemli enerji kaynaklarından biridir. Ayrıca ısıtma, gıda ve tarım, su ürünleri yetiştiriciliği ve bazı endüstriyel işlemlerde doğrudan kullanılmaktadır. Sıcaklıkların aşırı derecede yüksek olduğu yerin iç kısmındaki magmada veya erimiş kayada ısı olarak; sıcak sular ve dünya yüzeyinin birkaç kilometre altındaki kayalarda ve Dünya'nın bazı yerlerinde sığ zeminde depolanmaktadır.

Tarım ve tarımsal sanayi, çoğu gelişmekte olan ülkede hâlâ başlıca ekonomik sektörlerdir ve özellikle tarım dar gelirli grupların ana geçim kaynağıdır. Bu gruplar genellikle hasat sonrası kayıplar ile su ürünleri yetiştiriciliği ve gıda işleme için uygun maliyetli enerji eksikliğinin bir sonucu olarak kıtlık ve yoksullukla karşı karşıyadır. Hasat sonrası kayıp tahmini (ağırlık ve kalite olarak) gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde yüzde 1'den yüzde 50'ye kadar değişmektedir. Yakın tarihli bir FAO araştırmasında (FAO, 2011), tarım ve gıda sektörünün toplam enerji tüketimindeki payının yüzde 30 olduğu ve bunun yüzde 70'inden fazlasının çiftlik kapısının dışında tüketildiği belirtilmektedir.

Sektör ayrıca gıda atıklarından üretilen çöp gazı dâhil olmak üzere toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık yüzde 22'sinden sorumludur ve gıda zinciri boyunca tüketilen tüm enerjinin yaklaşık yüzde 38'i yıllık küresel gıda kayıplarına bağlıdır (FAO, 2011).

Sürdürülebilir bir uygun fiyatlı enerji arzına yönelik karşılanmayan talep, bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerde tarım ve tarımsal sanayi sektörlerinin gelişimi için büyük bir kısıtlamadır.

Jeotermal enerji nerede bulunur?

Jeotermal aktivite, Pasifik Okyanusu ve Pasifik Plakası çevresinde (Şekil 2), Endonezya, Filipinler ve Japonya'dan Alaska, Orta Amerika, Meksika, And Dağları ve Yeni Zelanda'ya ulaşan "Ateş Çemberi"nde yoğunlaşmıştır. Jeotermal enerji genellikle yeraltının derinliklerinde kalır, ancak bazen özellikle ana levha sınırları boyunca yer alan yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlarda kaplıcalar, gayzerler, volkanlar ve fümeroller (volkanik gazlar salındığında oluşan delikler) olarak yüze ulaşmaktadır. (Serpen, Aksoy). ve Ongur, 2010; Fridleifsson ve diğerleri 2008).

Bununla birlikte tarım ve tarımsal sanayideki başka önemli kullanımlar için kullanılabilir. Gelişmekte olan ülkeler sahip oldukları bu yenilenebilir enerji kaynağını tarım ve tarımsal sanayi sektörlerini ilerletmek için kullanabilmektedir.

2.1.5. Dikey Tarım

Bitki fabrikalarında yapılan dikey tarımın, pandeminin de etkisiyle, yaygınlığı artmaktadır. ABD merkezli piyasa araştırma kuruluşu “Allied Market Research”, 2018’de 2,23 milyar dolar piyasa büyüklüğüne sahip olan dikey tarım pazarının 2026’da değerini altı kat artırarak 12,77 milyar dolara taşıyabileceğini öngörmektedir. “Fortune Business Insights” tarafından yayımlanan “Küresel Pazar Araştırma Raporu”na göre artan teknolojik gelişmelerin, verimliliğin yanı sıra gelişmiş çıktılara da imkân sağladığı belirtilerek küresel dikey tarım pazarı büyüklüğünün 2027 yılına kadar 12,04 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Söz konusu büyümenin sadece organik, pestisit içermeyen gıdalara olan talebin artmasıyla değil, aynı zamanda gıda güvenliğini artırmak ve ithalatı kısmak isteyen ülkeler tarafından da destekleneceği, yaygın görüşler arasındadır. Discovery’de yer alan bir makaleye göre dikey tarım kuruluşu bir firmanın kurucusu, bitki fabrikalarını “geleceğin tarımı” olarak tanımlamaktadır ve “Bu, pestisit içermeyen ve gezegeni istikrarlı bir şekilde yok eden geleneksel at ve traktör tarımından daha sürdürülebilir bir yaklaşıma geçiş” yorumunu yapmaktadır.

Japonya’da Dikey Tarım

Dikey tarım çiftliklerinin ticarileştirilmesi aslında 2000’li yılların başından itibaren Japonya ve Tayvan gibi Asya ülkelerinde tarım alanlarının dar ve elverişsiz olmasından dolayı başlamıştır. Bu ülkelerin ardından Hollanda’da önemli çalışmalar yapılmıştır. Öteki taraftan Rusya da sektöre ilgi gösteren bir başka ülke olarak karşımıza çıkmaktadır.

Japonya’da gerçekleşen 2011 depremi, Fukushima nükleer santral kazası ve taze ürünleri kilometrelerce uzağa sürükleyip neredeyse tamamen yok eden tsunaminin ardından, gıda güvenliği bu ülkede yeni bir anlam kazanmaya başlamıştır. Devasa dikey çiftlikler Japonya’da 2006’dan beri taze yeşillik üretiyor olsa da tüketiciler toprak veya güneş ışığı olmadan yetiştirilen yiyeceklerden şüphe duymaya devam etmiştir. Japonya’da yaşanan söz konusu felaketlerin ardından dikey tarımla yetiştirilen sebzeler, nükleer serpinti radyasyonundan arındırılmış ülkedeki tek sebzeler haline geldiğinde tüketicilerin tüm algıları değişmeye başlamıştır.

Japonya’da ticari üretim için kurulan yapay ışıkla donatılmış bitki fabrikalarının sayısı 2017 yılında 186’dır. 2019 yılında yapay ışıkla donatılmış bitki fabrikaları sayısı ile Japonya dünyada lider konuma gelmiştir. Bu fabrikaların çoğu nispeten küçüktür. Japon Hükümeti, bitki fabrikalarının sayılarını ve popülerliğini artırmayı hedeflemektedir. Günümüzde Japonya’da

sebze üretimine odaklanan 200'den fazla dikey çiftlik bulunmaktadır. Bunların yarısı, iç mekânda üretim yapmak için LED aydınlatma teknolojisi kullanmaktadır.

Japonya'daki en büyük ve köklü dikey tarım yatırımı olarak bilinen bir şirket, diğer endüstrilere kıyasla günümüz tarımında verimliliğin daha kötü olmasını, aşırı su kullanımı dâhil olmak üzere çevre üzerindeki büyük olumsuz etkiyi, olağandışı hava koşulları ve yaşlanan çiftçi nüfusunu, tarımın karşı karşıya kaldığı ve gelecekte gıda arzını da etkileyecek en önemli sorunlar olarak görmektedir. Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek için iklimin etkilerine karşı dayanıklı, dünyanın her yerinde uygulanabilir, gençler için oldukça kârlı ve çekici, çevreye ve insanlara dost bir tarım yönteminin oluşturulmasını hedefleyen şirket, işlerine 2007'de Kyoto prefektörlüğündeki Kameoka şehri yakınlarında, halen günde 21.000'e kadar marul başı üreten bir bitki fabrikası kurarak başlamıştır. Büyük ölçekli kapalı dikey çiftliğinde sebze yetiştirmek için hidroponik ve yapay aydınlatma teknolojisini kullanmaktadır.

Geleceğin tarım teknolojisi olarak kabul edilen dikey tarım alanında kârlılığa ulaşmayı başaran şirket, daha fazla teknolojik yenilik için çalışmalara başlamıştır. 11 yıl sonra şirket, Kizugawa şehrinde robotik ve IoT gibi en son teknolojileri kullanan, dünyanın en büyük otomatik yeni dikey çiftliklerinden biri olan tam işlevli ikinci dikey çiftliğini açmıştır. Çoğunlukla robotlar tarafından yönetilen, yaklaşık üç dönümlük bir alanı kaplayan bu dikey çiftlikte her gün 30.000 baş, üç ton sağlıklı, güvenli ve lezzetli marul üretmektedir.

Resim 17: Japonya'da Bir Bitki Fabrikası (1)







Kaynak: <https://spread.co.jp/en/technology/>

Japonya’da bir diğer büyük şirketin 3 tesisinde günde toplam 23.000 sebze üretilmektedir. Tokyo’ya yakın bir yerde üretim yapan şirket, metrekare başına geleneksel bir çiftliğin 50 ila 100 katı verim elde etmektedir. Kapalı tam kontrollü alanda drenaj suyunu toplayarak buharlaşanları bitkiler için geri dönüştüren şirket, sebze üretiminin yanında yurt içine ve yurt dışına bitki fabrikası kurulumu, proje planlaması, bitki yetiştirme ve yönetim desteği hizmetleri de sunmaktadır.

Resim 18: : Japonya’da Bir Bitki Fabrikası (2)





Kaynak: <https://miraigroup.jp/en/>

2015 yılında 90 milyar dolar olan Japonya'daki akıllı tarım pazarı değerinin, 2025 yılında 450 milyon doların üzerinde olacağı öngörülmektedir.

“Dikey Tarımın Babası” olarak da bilinen, Japonya Chiba'daki Chiba Üniversitesi'nde fahri profesör olan Dr. Toyoki KOZAI, onlarca yıldır Çevre Kontrollü Tarım (ÇKT) alanında çalışmalar yapmaktadır. Enerji tasarrufu ve yapay aydınlatma konusundaki çalışmalarından “in vitro” bitki çoğaltma ve tıbbi bitki üretimi konusundaki çalışmalarına kadar dünya çapında kontrollü çevre tarımcılarının saygısını kazan Kozai'nin editörlüğünü yaptığı “Akıllı Bitki Fabrikası” adlı kitap dikey tarım alanında önemli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Bu kitapta Dr. Uraisami 2.183 metrekare yetiştirme alanı sağlamak için altı raf üretim katmanına ve “27,94 cm x 53,34 cm” (11 in. x 21 in.) boyutlarında 14.686 çoğaltma tepsinine sahip 1.000 metrekarelik bir marul üretim fabrikasının toplam maliyetini yaklaşık 2,2 milyon dolar olarak tahmin etmiştir.

ABD genelinde dokuz çiftliği ve dünya çapında daha fazlası geliştirme aşamasında olan bir firma, gıdayı daha tabağa ulaşmadan kilometrelerce taşımaya yönelik eski modeli kırmak için büyük nüfus merkezlerinin yakınındaki siteleri bilinçli olarak seçmektedir.

Su teresi, lahana, roka ve diğer 20 yapraklı yeşillik türü, geri dönüştürülmüş pop şişelerden yapılmış kumaşlarda büyür, kökleri su ve besin sisine uzanmaktadır. Yedi kat yüksekliğindeki raflara yığılmış olan çiftlik, her yıl yaklaşık 771 ton yapraklı yeşillik üretmektedir.

Resim 19: Amerika'da Bir Bitki Fabrikası



Kaynak: <https://www.aerofarms.com/>

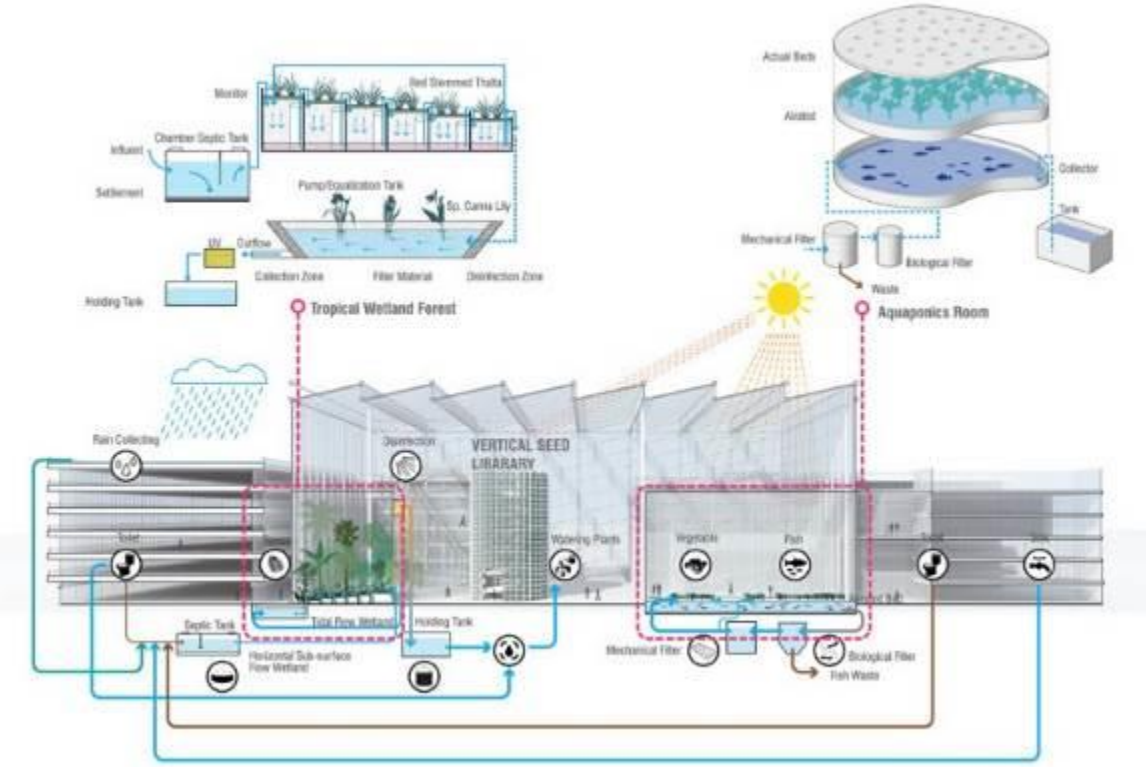
Gerçekleştirilmesi Planlanan Proje Örneği

Çin'in Şangay şehri New York City'den sekiz kat daha büyük ve 24 milyon kişiye ev sahipliği yapan yoğun bir şehirdir. ABD merkezli mimar Sasaki tarafından tasarlanan Sunqiao Kentsel Tarım Bölgesi Projesi'nin, Çin'in beslenme sorunu çözümü konusunda önemli bir katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

2020 yılında yerel halk için lahana, ıspanak ve marul yetiştirmeye adanmış dikey kule seralarla dolu 250 dönümlük bir konut kompleksi oluşturmak için 20 yıllık bir inşaat programı başlatılmıştır. Bitkilerin, doğal ışıktan en iyi şekilde yararlanmak için dönen raylar boyunca büyütülmesi; toplanan yağmur suyuyla sulanırken, besinlerin bir akuaponik odasındaki balık tanklarından bitkilere verilmesi planlanmaktadır.

Resim 20: Sunqiao Kentsel Tarım Bölgesi Projesi, Şanghai, Çin (1)





Kaynak: <https://www.sasaki.com/projects/sunqiao-urban-agricultural-district/>

2.1.6. Biyolojik Mücadele

Kimyasal pestisitlerin olumsuz etkilerinin anlaşılmasıyla, 20. yüzyılın başlarında intansif (yoğun) tarım metotlarına alternatif yöntemler üzerine durulmuştur. Albert Howard'ın 1910 yılında "Tarımsal Vasiyetnamesi", 1924 yılında Dr. Rudolf Steiner'in "Biyodinamik Tarım Yöntemi" üzerine araştırmaları ile Avrupa ülkelerinde başlamıştır. Bu çalışmalar 1972 yılında Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu'nun (IFOAM) kurulmasıyla farklı bir boyuta geçmiştir. Dünya organik ürün ticareti 1990'lı yılların sonlarında özellikle deli dana, dioksin ve GDO gibi konuların gündeme gelmesiyle güvenli gıda talebinde büyük artış meydana gelmiştir. Organik tarım özellikle son 5-6 yılda dünya çapında hızlı bir gelişme seyri göstermiştir. Günümüzde dünyada yaklaşık 120 ülkede 31 milyon hektarlık alanda ve 622.782 tarım işletmesinde biyolojik mücadele yöntemleri kullanılarak organik tarım yapılmaktadır. Ancak bu alan toplam tarımsal alanların sadece yüzde 1'ine denk gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde organik tarım alanlarının toplam tarım alanları içerisindeki oranı yüzde 0.01-13 arasında iken, gelişmekte olan ülkelerde bu oran yüzde 0.01-2 arasındadır (Bayram & Kaplan, 2017).

2.2. Türkiye’de Yaşanan Gelişmeler

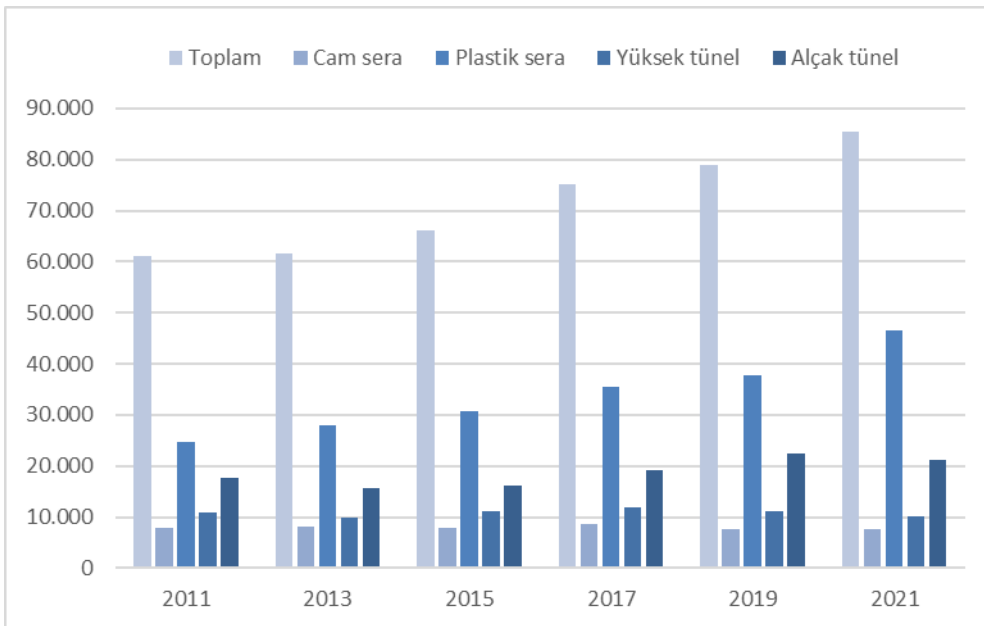
2.2.1. Alan

Türkiye, örtü altı yetiştiriciliği bakımından 2019 yılı itibarıyla dünyada ilk dört ülke arasında, Avrupa’da ise İspanya’nın ardından ikinci sırada yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022a). Toplam örtü altı alanımız 2021 yılı itibarıyla 85.460 ha’a ulaşmıştır (Şekil 8). Bu alanın yüzde 24,9’u (21.266 ha) alçak plastik tünel, yüzde 11,8’i yüksek tünel (10.076 ha), yüzde 8,9’u cam (7.621 ha) ve yüzde 54,4’ü plastik (46.497 ha) sera alanlarından oluşmaktadır (TÜİK, 2022a).

Toplam örtü altı alanı 2011 ve 2021 yılları arasında yüzde 39,77 oranında artmıştır. Plastik sera ve alçak tünel alanlarındaki artış oranları sırasıyla yüzde 87,5 ve yüzde 21,0 olmuştur. Yüksek tünel alanlarında yüzde 7,5’luk bir azalma olurken cam sera alanları ise ürün fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenecek şekilde yüzde 3,38’lik bir azalma göstermiştir (Şekil 8) (TÜİK, 2022a)

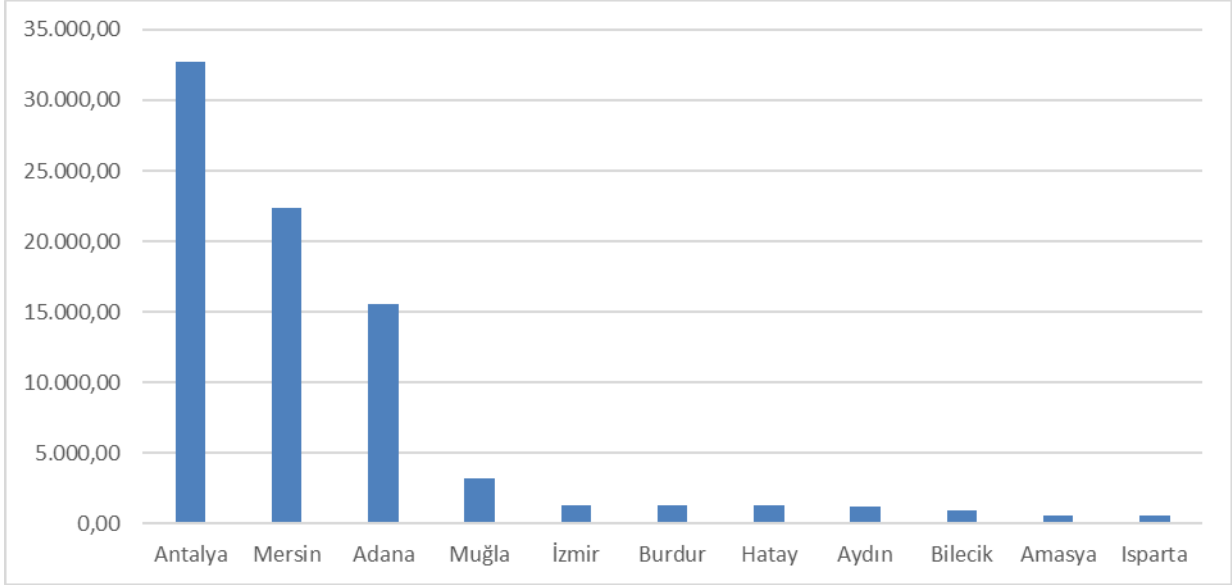
Örtü altı yetiştiriciliği özellikle iklim koşullarının uygun olduğu Akdeniz sahil kuşağında gelişmiştir. Örtü altı alanımızın yüzde 86,5’i Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Antalya 32.697 ha ile en önemli merkezdir ve bu ilimizi sırasıyla Mersin (22.389 ha) ve Adana (15.537 ha) izlemektedir. Adana ve Hatay (1.250 ha) özellikle alçak plastik tünel alanlarının yoğunlaştığı merkezlerdir. Bu illeri Akdeniz ve Ege Bölgesi arasında geçit olan Muğla (3.157 ha) izlemektedir (Şekil 9). İzmir ve Burdur da sırasıyla 1.318 ve 1.280 ha’lık örtü altı varlığına sahiptir (TÜİK, 2022b)

Şekil 19: Türkiye Örtü Altı Tarım Alanlarının Son 10 Yılda (2011 – 2021) Değişimi (Hektar)



Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Şekil 20: Türkiye Örtü Tarım Alanlarının 2021 Yılında İllere Göre Değişimi (Hektar)



Kaynak: (TÜİK, 2022b)

2.2.2. Yetiştiriciliği Yapılan Türler

Seralarda yetiştirilen ana ürün grubu sebze ve meyve türleridir buna ilaveten kesme çiçekler ile iç ve dış mekân bitkileri de bulunmaktadır. Örtü altı bitkisel üretim değerinin 2019 yılı itibarıyla yaklaşık olarak 10 milyar TL olduğu tahmin edilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022a).

Ülkemizde 2020 yılındaki 31,2 milyon ton sebze üretiminin yaklaşık 8 milyon tonu örtü altında gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2022c). Örtü altı üretimde de 2021 yılı itibarıyla Antalya 48,5'lik payla (4,7 milyon ton) birinci sıradadır ve bu ilimizi sırasıyla, Mersin yüzde 21 (2,0 milyon ton), Adana yüzde 10,1 (987 bin ton), Muğla yüzde 6,8 (660 bin ton) ve Burdur yüzde 2,0 (198 bin ton) illeri takip etmektedir. Bu 5 ildeki toplam örtü altı üretimimiz yaklaşık 9 milyon ton ile ülkemiz toplam örtü altı üretiminin yüzde 88'ini oluşturmaktadır (TÜİK, 2022d).

Toplam örtü altı sebze üretimi 2021 yılında 8.750.618 ton'a ulaşmıştır (Tablo 1) (TÜİK, 2022d). Sebze üretiminde domates yüzde 50,4, hıyar yüzde 13,4 ve biber üretimi ise yüzde 12,9'luk oran ile ilk üç sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022e).

Seralarda meyve türlerinin üretimi de giderek önem kazanmıştır. Son 10 yılda toplam örtü altı meyve üretimimiz 3,4 kat artış göstermiş ve 2021 yılı itibarıyla örtü altında 977.958 ton

meyve üretilmiştir. 2000'li yılların başında seralarda sadece çilek ve muz yetiştiriciliği yapılırken, günümüzde bu iki meyve türüne asma ve sert çekirdekli meyve türlerinin (şeftali-nektarin, kayısı, erik, mavi yemiş) yetiştiriciliği de eklenmiştir (Tablo 2).

Tablo 6: Türkiye Örtü Altı Sebze Üretimi (Ton)

Türler	2011	2021
Domates	3.092.083	4.406.920
Hıyar	1.003.535	1.170.041
Biber	456.354	1.129.882
Karpuz	722.447	818.350
Patlıcan	229.718	388.969
Kabak (Sakız)	123.469	384.940
Kavun	118.833	216.390
Salata-Marul	58.930	147.272
Fasulye (Taze)	33.583	30.469
Diğer	12.715	57.385
Toplam	5.851.667	8.750.618

Kaynak: (TÜİK, 2022e)

Tablo 7: Türkiye Örtü Altı Meyve Üretimi (Ton)

Türler	2011	2021
Muz	161.875	722.703
Çilek	125.004	253.153
Üzüm	351	1.214
Kayısı	0	479
Erik	0	366
Maviyemiş	0	33
Şeftali (Nektarin)	0	10
Toplam	287.230	977.958

Kaynak: (TÜİK, 2022f)

Süs bitkileri üretimi de son yıllara göre artış göstermiştir. Süs bitkileri içerisinde kesme çiçekler en yüksek üretim payına sahiptir (Tablo 3).

Tablo 8: Türkiye Örtü Altı Süs Bitkileri Üretimi (Adet)

Türler	2013	2015	2017	2019	2021
Kesme Çiçekler	904.852.360	920.344.638	935.942.320	979.516.553	980.936.188
Dış Mekân Süs Bitkileri	169.859.008	205.802.377	186.712.167	192.277.330	189.955.262
İç Mekân Süs Bitkileri	34.022.698	35.136.687	51.407.793	41.312.477	47.611.677
Çiçek Soğanları	11.289.460	10.380.780	1.617.500	1.809.854	1.836.300
Diğer	20.747.600	20.821.100	19.267.560	24.059.380	15.108.200
Toplam	1.140.771.126	1.192.485.582	1.194.947.340	1.238.975.594	1.235.447.627

Kaynak: (TÜİK, 2022g)

2.2.3. Sera Teknolojisi

İşletme Özellikleri

Ülkemizdeki sera işletmeleri, büyüklükleri, yapısal özellikleri, üretim maliyetleri, iklimlendirme koşulları, teknoloji kullanımları gibi çeşitli özellikleri bakımından farklılık göstermektedir.

İşletmeler düşük teknoloji kullananlar, orta ölçekli teknoloji kullananlar ve yüksek teknoloji kullananlar olmak üzere gruplanabilmektedir. Düşük teknoloji kullanan seralar basit yapılardır ve ısıtma yoktur. Açıkta yapılan yetiştiriciliğe benzer uygulamalar görülür. Orta ölçekli olanlarda ısıtma sistemi düşük teknoloji kullananlara göre daha etkin olduğundan, sera içindeki iklim koşulları dış hava koşullarından nispeten farklılık gösterir. Topraksız tarım dâhil olmak üzere daha ileri teknoloji kullanılabilir ve uygulamalar kısmen ya da tam otomatik olabilir. Yüksek teknoloji kullanan seralarda yatırım maliyeti yüksektir. Isıtma, havalandırma, evaporatif soğutma, aydınlatma, karbondioksit gübrelemesi gibi uygulamalarla iklim kontrolü yapılır ve sera içerisinde dış hava koşullarından tamamen bağımsız bir ortam yaratılır. Üretimde sera hacminden azami düzeyde yararlanan üretim sistemleri kullanılır (Tüzel, ve diğerleri, 2020).

Ülkemizde ileri teknoloji kullanan sera varlığı yaklaşık olarak 1.300 hektardır ve işletmelerin ortalama büyüklükleri 27 dekar civarındadır. Ülkemizde son 10 yılda ortalama örtü altı işletme büyüklüğü 2 dekardan, 4 dekara yükselmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022a).

Örtü Malzemesi ve Konstrüksiyon

2021 yılı itibarıyla toplam sera alanı içerisinde cam seralar 7.621 ha ile yüzde 8,9'luk, plastik seralar ve yüksek tüneller ise yüzde 66,2'lik bir paya sahiptir. 2000'li yıllardan itibaren plastik seralar ve özellikle yüksek tüneller artış göstermiştir. Plastik örtü materyalinin ucuz olması ve yüksek tünel ve/veya basit yapıların plastik ile örtülme kolaylığı, bu örtü materyalinin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Ülkemizde cam sera varlığı son yıllar içerisinde azalma gösterse de, diğer Akdeniz ülkeleriyle karşılaştırıldığında alan olarak fazladır. Bunun da başlıca nedenleri düz cam fiyatlarının daha düşük olması, yapım işçiliğinin ucuz olması, diğer Akdeniz ülkelerine göre yağışlı dolayısıyla bulutlu günlerin fazla olması nedeniyle yüksek ışık geçirgenliği ve kış aylarında sera içindeki aşırı nemin daha az buğulanmaya yol açmasıdır.

İleri teknoloji kullanan seralarda galvanize edilmiş konstrüksiyon materyali hatta bazı işletmelerde alüminyum kullanılırken, küçük işletmelerde halen demir kullanılabilmektedir (Tüzel, ve diğerleri, 2020).

Resim 21: Antalya'da Örtü Altında Torbalarla Topraksız Domates ve Biber Üretim Örnekleri





Kaynak: <https://tr.foursquare.com/v/s%C3%BCral-tarim-sera-isletmesi/4f6c367de4b03b3f381dd5b7/photos>, <https://www.ozaltin.com.tr/tarim/sera-tesislerimiz>

Tarımsal üretimde en önemli problemlerin başında gelen çevresel etki, su ürünleri üretiminde tatlı su kaynaklarının azalması, su ürünleri ve zirai üretim ile kirlenmesi, zirai üretimde kimyasal gübre ve ilaçların kullanımı ile çevrenin kirliliğinin artması orta ve uzun vadede bölgemiz için önemli problemler doğuracaktır. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (BAKA) 2016 Yılı Sürdürülebilir Çevre Mali Destek Programı kapsamında desteklenen Akdeniz Üniversitesinin “Yükselen Trend Akuaponik: Sürdürülebilir Çevre İçin Sürdürülebilir Kentsel Tarım Örneği” adlı proje ile söz konusu problemlerin çözülmesine katkı sağlanması için yeni eğilimler ve teknolojilerin tanıtılması, kullanımının artırılması, üreticilerin ve bölge halkının konu hakkında eğitilip, bilinçlerinin artırılması aynı zamanda sürdürülebilir çevre bilinci ve bu üretim yöntemleri konusunda kalifiye eleman yetiştirilmesi amaçlanmıştır.

Japonya ve Çin gibi ülkelerde kapalı devrede yapılan balık üretimlerinde ortaya çıkan nitratın sebze yetiştiriciliğinde kullanıldığı akuaponik sistem, Türkiye'de ilk kez Antalya'da uygulanmıştır. Proje kapsamında kurulan Akuaponik Ünitesi 250 metrekare naylon sera içerisinde her biri 5 ton su kapasiteli 3 balık tankı (çap 2,5 m, derinlik 1 m) ve iki katlı toplam 60 metrekare yüzey alanına sahip bitki üretim alanından oluşmaktadır. Akuaponik ünitesinde bir adet tambur filtre, 2 metreküp biyolojik filtre, bir adet frekans ayarlı sabit akışlı su pompası, bir adet hava pompası, bir adet çift tüplü ultraviyole filtre bulunmaktadır.

Ülkemizde kurulan ilk örnek model akuaponik ünitesi, bu konuda yatırım yapmak isteyen yerli yabancı yatırımcıların sistem mantığını anlayabileceği ve öğrenebileceği bir akuaponik modeldir. A.Ü. Su Ürünleri Fakültesinde düzenlenen ülkemizdeki ilk akuaponik kurslarında farklı şehirlerinden ve farklı meslek gruplarından çok sayıda kişiye akuaponik sistemler ile ilgili eğitim verilmiştir.

Akuaponik sistemde Tilapia, Adi Sazan ve Aynalı Sazan balık türleriyle birlikte birçok farklı türde sebze üretimi yapılmaktadır. Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi öğrencileri için önemli bir uygulama merkezi olan akuaponik sistem hakkında ülkemizden ve birçok ülkeden gelen ziyaretçilere bilgi verilmektedir (AÜ, 2021).

Resim 22: Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akuaponik Ünitesi



Kaynak: (AÜ, 2021)

Resim 23: Antalya'da Örtü Altında Su Kültürü Tekniği Uygulayan Bir Tesis



Kaynak: <http://erusttarim.com.tr/>

2.2.4. Dikey Tarım

Dikey tarım son zamanlarda dünya çapında yetiştiriciler arasında olduğu gibi Türkiye’de de büyük ilgi görmektedir. Tarım sektörünün en son teknolojisi olarak kabul edilen dikey tarım alanında dünya genelinde yapılan son zamanların en dikkat çekici yatırımlarından biri farklı otomasyon sistemleri kullanarak dikey tarım konusunda uzmanlaşmış bitki fabrikası üreticisi bir firmanın Antalya’da yapmış olduğu yatırımdır.

Bir tarım firması artan taze ve organik gıda talebini karşılamak için, 1 milyon metrekarelik dikey tarım fabrikası kurmayı planlamaktadır. AR-GE çalışmaları neticesinde yılda yaklaşık bin yeni ürün geliştiren firma, diğer ortak firmalar ile Gebze Teknik Üniversitesi’nin ortaklaşa yürüttüğü dikey tarım projesi kapsamında, 1 milyon metrekarelik alana kurulacak dikey tarım fabrikasının yatırım çalışmaları devam etmektedir.

Dikey Tarım ile Üretim Dolaplarında Yerinde Üretim

Ürünlerin satıldığı yere çok yakın bir lokasyonda üretildiği uygulamalara Türkiye’den örnek olarak bir dikey tarım girişimiyle marketlerde hayata geçirilen dikey tarım uygulamasını örnek olarak gösterebiliriz.

Resim 24: Market Sebze ve Meyve Reyonu



Kaynak: <https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/perakende/carrefoursa-markette-yetisen-urunleri-musteriyle-bulusturuyor/656055>

“Dikey Tarım ile Yerinde Üretim” yöntemiyle yüzde 100 yerli yazılım ve Türk mühendislerinin ürettiği tamamı yerli olan özel yapay zekâ teknolojisi ile kıvırcık, marul, fesleğen, reyhan, maydanoz, kekik vb. ürünler sağlıklı bir şekilde üretilip market müşterilerine sunulmaktadır.

Ayrıca dikey tarımı ofislere ve evlere götürme hedefinde olan Türkiye’de bazı örnek girişimler de bulunmaktadır.

Resim 25: Evde Üretim



Kaynak: <https://www.tarimdanhaber.com/tarim/turkiyede-bir-ilk-topraksiz-tarimla-ev-tipi-akilli-bahceler-h16779.html>

2.2.5. Biyolojik Mücadele

Türkiye’de organik tarım 1980’lerin ortalarından itibaren Avrupalı organik tarım firmalarının Türkiye’den organik ürün talep etmeleri üzerine ihracata yönelik olarak kuru üzüm, kuru incir, kuru kayısı ve fındık üretimiyle başlamıştır. Organik tarım faaliyeti ilk olarak 1986 yılında Manisa’nın Tekelioğlu köyünde organik ürün yetiştirilmesiyle başlamıştır. Ayrıca ülkemizde organik tarım çalışmalarını sağlıklı bir şekilde yürütmek amacıyla 1992 yılında Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği (ETO) kurulmuştur. 1994-2002 yılları arasında ise organik tarım faaliyetleri özellikle Ege bölgesinde yayılmıştır. En büyük payı % 68,5'luk oranla kuru ve kurutulmuş ürünler almıştır. TÜİK verilerine göre 2011 yılında organik tarım geçiş süreci dâhil toplam ürün sayımız 225, toplam çiftçi sayımız 42.460, organik tarım yapılan toplam alanımız 614,618 ha ve toplam üretimimiz 1.659.543 tondur. Ülkemizde organik tarım yapan çiftçi sayımız her geçen gün artmaktadır.

Biyolojik mücadele kavramı, doğadaki canlılar arasındaki ilişkilerin incelenmesinden sonra çıkmış olup ilk kez 1919 yılında Smith tarafından kullanılmıştır. Smith biyolojik mücadeleyi basit şekilde “zararlı popülasyonlarını doğal düşmanları (parazitoit, predatör ve entomopatojen) vasıtasıyla baskı altına alma ve düzenleme” şeklinde tanımlamıştır. Van den Bosch ve ark., (1982), biyolojik mücadele terimini iki şekilde tanımlamaktadır. Bunlardan birincisi, “Uygulamalı Biyolojik Mücadele” yani insanlar tarafından doğal düşmanların zararlılara karşı kullanılması ve ikincisi ise “Doğal Biyolojik Mücadele” yani insanın müdahalesi olmadan doğada kendiliğinden gerçekleşen baskıdır. İnsan katkısı olmadan doğada, faydalı ve zararlı organizmalar arasında bulunan doğal denge sonucu ortaya çıkan doğal biyolojik mücadele ile tarım alanlarındaki 100.000’in üzerindeki potansiyel zararlı türün yüzde 95’inin baskı altına alındığı söylenmekte olup, bunun ekonomiye yıllık 400 milyon euro’dan daha fazla katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Diğer tüm mücadele metotları ise

5.000 zararlı türü hedef almaktadır. Yeryüzündeki tarım alanlarının yüzde 10'unda biyolojik mücadele yoluyla doğal düşmanların kullanıldığı göz önünde bulundurulursa doğal biyolojik mücadelenin ekolojik ve ekonomik yönden ne kadar kıymetli olduğu anlaşılmaktadır.

Ülkemizde tarımsal üretimde organik tarım sisteminin yerleşmesi için belirli bir süreç gerektiğinden, organik tarım uygulamalarında bazı sıkıntılar yaşanacağı bir gerçektir. Bunların başında bitki koruma sorunları gelmektedir. Bu nedenle doğal dengeyi bozmayan, çevre kirliliğini en aza indiren, insan ve hayvan sağlığına zararlı olmayan kimyasal mücadeleye alternatif çevre dostu Biyolojik Mücadele önem kazanmıştır. Predatörler, zararlılar üzerinde doğrudan beslenerek etkili olan faydalı böceklerdir. Parazitoidler, yumurtalarını diğer bir böceğin ergin ya da ergin öncesi dönemleri dediğimiz yumurta, larva ve pupa gibi gelişme dönemleri içerisine bırakarak etkili olan genellikle arı grubundan faydalılardır. Patojenler ise diğer canlılarda olduğu gibi zararlılarda da hastalık yapan etmenlerdir. Hastalık yapan patojenler funguslar, bakteriler, virüsler ve nematodlar gibi canlılardır. Benzer şekilde serada ve organik tarım yapılan alanlarda beyazsineklere karşı parazitoid arılar kullanılarak kontrol edilebilmektedir. Ürün yetiştirilen alanlarda parazitoidlerin saliverilmesi, lepidopter zararlılarının kontrolünde kullanılmıştır. Ayrıca çok yıllık ürün yetiştirilen alanlara; akar, coccinellid ve zar kanatlı (neuroptera) predatörlerinin saliverilmesi kırmızı örümcek, afit ve yaprak biti gibi yumuşak vücutlu zararlı popülasyonunun azaltılmasında kullanılmaktadır.

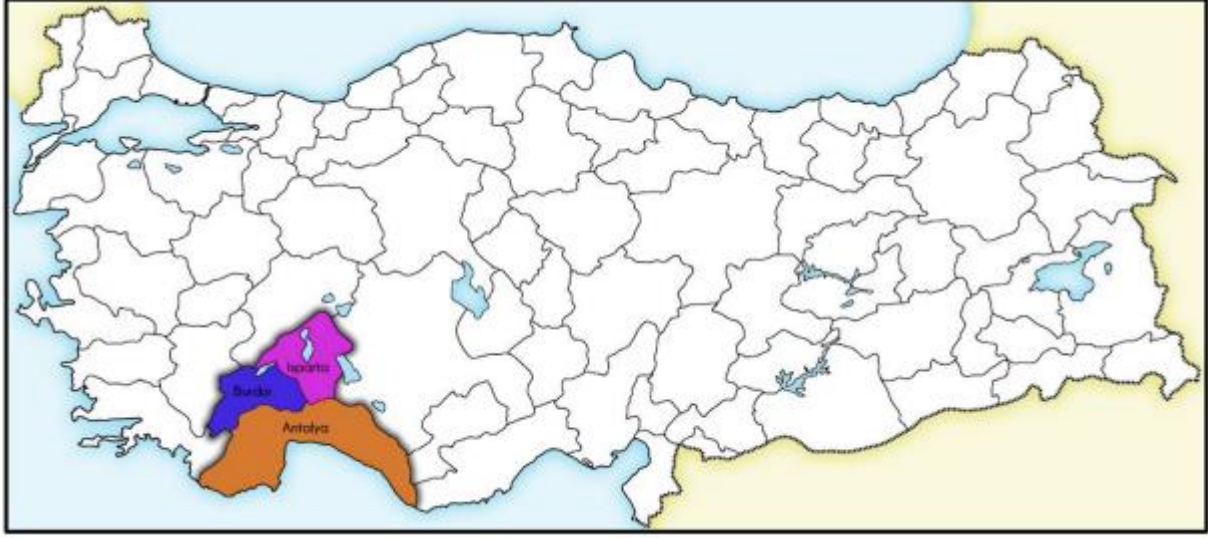
2.2.6. Jeotermal Enerji

Türkiye'de son yıllarda jeotermal ısıtım seracılık faaliyetleri hızla gelişmektedir. Jeotermal seralarda yılın 11 ayı üretim yapılmaktadır. Türkiye jeotermal enerji kaynakları potansiyeli açısından; Avrupa'da 1'inci, dünyada 7'nci sırada yer almaktadır. Ülkemizde, jeotermal enerji ile ısıtılan sera varlığı 4.344 da'dır. 30.000 da seranın jeotermal kaynak ile ısıtılabilme potansiyeli mevcuttur. Jeotermal sera alanlarına bakıldığında bu alanların Ege, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine yayıldığı görülmektedir. Adıyaman, Afyonkarahisar, Ağrı, Aksaray, Aydın, Denizli, Balıkesir, Eskişehir, İzmir, Kırşehir, Kütahya, Konya, Manisa, Nevşehir, Sakarya, Şanlıurfa, Uşak, Van ve Yozgat illerinde ısıtım sistemi olarak jeotermal enerji kullanılarak topraksız tarım ile üretim yapılmaktadır. En fazla üretimi yapılan ürün ise domatestir. Jeotermal ısıtım seralarda ortalama işletme büyüklüğü yaklaşık 21 dekar civarındadır. Jeotermal seralarda ağırlıklı olarak plastik örtü malzemesi kullanılmaktadır (Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, 2020).

2.3. Bölgede Mevcut Durum

Batı Akdeniz (TR61) Bölgesi Antalya, Isparta ve Burdur illerinden oluşmaktadır. Bölge 36.996 kilometrekarelik alanla Türkiye yüzölçümünün yüzde 4,7'sini oluşturmaktadır. TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi 2021 verilerine göre bölge nüfus büyüklüğü 3.339.226 kişi ile Türkiye nüfusunun % 3,9'unu oluşturmaktadır. Bölge illerinden Antalya'nın Akdeniz'e kıyısı vardır. Ayrıca Isparta ve Burdur Göller Yöresi içerisinde yer almaktadır.

Tablo 9: Batı Akdeniz Bölgesi'nin Türkiye'deki Konumu



Kaynak: BAKA, 2022

2020 yılı itibarıyla TR61 (Batı Akdeniz) Bölgesi Türkiye bitkisel üretim değeri sıralamasında düzey 2 bölgeleri arasında TR62 (Çukurova) Bölgesi'nden sonra ikinci sıradadır. Bölgede yer alan Antalya 16 milyar TL ile bitkisel üretim değeri sıralamasında 1'incidir.

2.3.1. Alan

Batı Akdeniz Bölgesi'nde toplam örtü altı alanı 2021 yılı itibarıyla 34.500 hektara ulaşmıştır (Tablo 4). Türkiye örtü altı üretim alanının yüzde 40,4'ü Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır. Örtü altı tarımın başkenti Antalya, 32.697 hektar örtü altı üretim alanı ile Türkiye'nin en fazla örtü altı üretim alanına (%38,3) sahip ilidir.

Bölgede toplam örtü altı alanı 2011 ve 2021 yılları arasında yüzde 51,6 oranında artmıştır. Plastik sera ve alçak tünel alanlarındaki artış oranları sırasıyla yüzde 89,0 ve yüzde 66,3 olmuştur. Yüksek tünel alanlarında yüzde 24,2'lik bir azalma olurken cam sera alanları ise yüzde 2,5'lik bir azalma göstermiştir (Tablo 5) (TÜİK, 2022a)

Bölgedeki örtü altı alanların yüzde 94,8'i Türkiye'nin en önemli üretim merkezi Antalya'da (32.697 ha) yer almaktadır. Türkiye'nin 6'ncı en fazla örtü altı üretim alanına sahip il olan Burdur'da 1.280 hektar (%3,7) ve Isparta'da ise 523 hektar (%1,5) örtü altı üretim alanı bulunmaktadır (TÜİK, 2022b).

Tablo 10: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Üretim Alanı (Hektar) (2021)

Örtü Altı Alanlar	Toplam Alan	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
Batı Akdeniz Bölgesi	34.500	6.315	25.347	1.621	1.217
Türkiye	85.460	7.621	46.497	10.076	21.266
Antalya/ Türkiye (%)	40,4	82,9	54,5	16,1	5,7

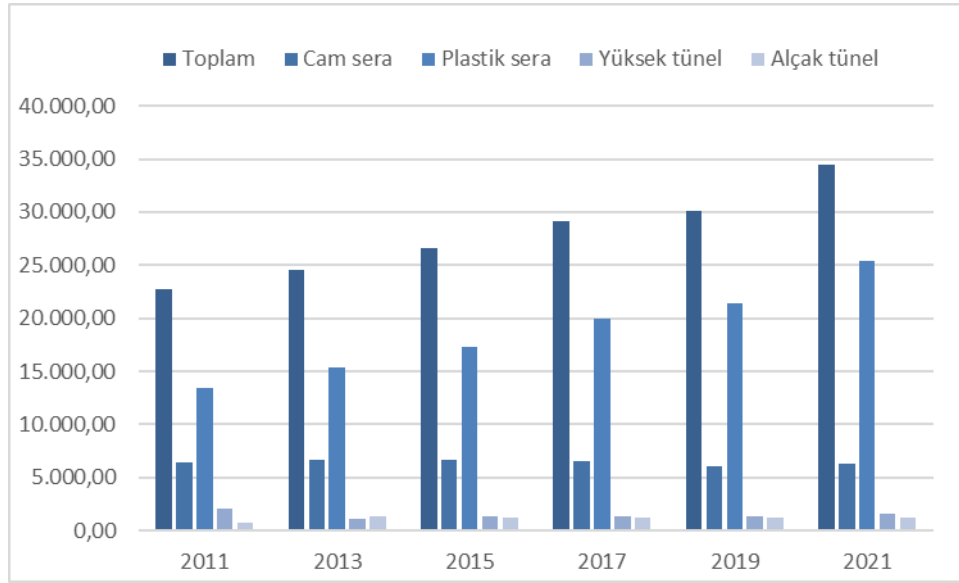
Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 11: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Üretim Alanı (Hektar) (2021)

İl	Toplam Alan	Cam sera	Plastik sera	Yüksek tünel	Alçak tünel
Antalya	32.697	6.300	23.569	1.620	1.208
Burdur	1.280	9	1.260	2	10
Isparta	523	6	517		
Toplam	34.500	6.315	25.347	1.621	1.217

Kaynak: (TÜİK, 2022a)

Tablo 12: Batı Akdeniz Bölgesi Örtü Altı Tarım Alanlarının Son 10 Yılda (2011 – 2021) Değişimi (Hektar)



Kaynak: (TÜİK, 2022a)

2.3.2. Yetiştiriciliği Yapılan Türler

Batı Akdeniz Bölgesi'nin güney kesimlerinde kıyıya yakın alanlarda (Antalya) örtü altı sebze üretimi ve meyvecilik faaliyetleri yoğun olarak gerçekleştirilmektedir. Kuzey kesimlerde (Isparta ve Burdur) ise meyvecilik faaliyetleri ön plandadır.

Örtü altı sebze üretiminde 2021 yılı itibarıyla Batı Akdeniz Bölgesi yüzde 53,6'lık payla (4,7 milyon ton) birinci sıradadır. Sebze üretiminde domates yüzde 66,5, biber yüzde 60,3 ve

hıyar yüzde 42,2'lik oran ile ilk üç sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022e). Türkiye'deki örtü altı domates, fasulye (taze) ve biber üretiminin 2021 yılında sırasıyla yüzde 66,5, yüzde 63,8 ve yüzde 60,3'lük bölümü Batı Akdeniz Bölgesi'nde üretilmiştir.

2021 yılı itibarıyla bölgede örtü altında 285.330 ton meyve üretilmiştir. Türkiye'de Çukurova Bölgesi'nden sonra en fazla örtü altı meyve üretimi 2021 yılında Batı Akdeniz Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. Bölgede ağırlıklı olarak muz (223.700 ton) ve çilek (61.544 ton) türlerinin üretimi yapılmaktadır.

Tablo 13: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Sebze Üretimi (2021) (Ton)

Türler	Türkiye	TR61	Türkiye içindeki Oranı (%)
Domates	4.406.920	2.929.862	66,5
Biber	1.129.882	681.541	60,3
Hıyar	1.170.041	494.299	42,2
Patlıcan	388.969	219.613	56,5
Kabak (Sakız)	384.940	141.933	36,9
Karpuz	818.350	94.485	11,6
Kavun	216.390	57.472	26,6
Salata-Marul	147.272	43.777	29,7
Fasulye (Taze)	30.469	19.431	63,8
Diğer	57.385	4.700	8,2
Toplam	8.750.618	4.687.113	53,6

Kaynak: (TÜİK, 2022e)

Tablo 14: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Sebze Üretimi (2021) (Ton)

Türler	TR61	Antalya	Burdur	Isparta
Domates	2.929.862	2.709.727	180.627	39.508
Biber	681.541	675.306	5.577	658
Hıyar	494.299	469.151	9.326	15.822
Patlıcan	219.613	219.548	34	31
Kabak (Sakız)	141.933	141.633	300	0
Karpuz	94.485	94.485	0	0
Kavun	57.472	57.472	0	0
Salata-Marul	43.777	41.852	1.531	394
Fasulye (Taze)	19.431	19.215	138	78
Diğer	4.700	4.343	357	0
Toplam	4.687.113	4.432.732	197.890	56.491

Kaynak: (TÜİK, 2022e)

Tablo 15: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Meyve Üretimi (2021) (Ton)

Türler	Türkiye	TR61	Türkiye İçindeki Oranı (%)
Muz	722.703	223.700	31,0
Çilek	253.153	61.544	24,3
Üzüm	1.214	52	4,3
Kayısı	479		0,0
Erik	366	1	0,3
Maviyemiş	33	33	100,0
Nektarin	10		0,0
Toplam	977.958	285.330	29,18

Kaynak: (TÜİK, 2022f)

Tablo 16: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Meyve Üretimi (2021) (Ton)

Türler	TR61	Antalya	Burdur
Muz	223.700	223.700	
Çilek	61.544	61.534	10
Üzüm	52	48	4
Kayısı			
Erik	1	1	
Maviyemiş	33	33	
Nektarin			
Toplam	285.330	285.316	14

Kaynak: (TÜİK, 2022f)

Örtü altı süs bitkileri üretiinde 2021 yılı itibarıyla Batı Akdeniz Bölgesi yüzde 58,3'lük payla (720 milyon adet) birinci sırada yer almaktadır. Türkiye'deki örtü altı kesme çiçek, çiçek soğanları üretiminin sırasıyla yüzde 71,9 ve yüzde 69,7'lik bölümü Batı Akdeniz Bölgesi'nde üretilmektedir.

Tablo 17: Türkiye ve Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Süs Bitkileri Üretimi (2021) (Adet)

Türler	Türkiye	TR61	Türkiye İçindeki Oranı (%)
Kesme Çiçekler	980.936.188	705.503.280	71,9
Dış Mekân Süs Bitkileri	189.955.262	6.495.000	3,4
İç Mekân Süs Bitkileri	47.611.677	6.681.000	14,0
Çiçek Soğanları	1.836.300	1.280.300	69,7
Diğer	15.108.200	480.000	3,2
Toplam	1.235.447.627	720.439.580	58,3

Kaynak: (TÜİK, 2022g)

Tablo 18: Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) Örtü Altı Süs Bitkileri Üretimi (2021) (Adet)

Türler	TR61	Antalya	Isparta	Burdur
Kesme Çiçekler	705.503.280	451.387.000	241.112.000	13.004.280
Dış Mekân Süs Bitkileri	6.495.000	6.495.000	0	0
İç Mekân Süs Bitkileri	6.681.000	6.681.000	0	0
Çiçek Soğanları	1.280.300	1.280.000	0	300
Diğer	480.000	480.000	0	0
Toplam	720.439.580	466.323.000	241.112.000	13.004.580

Kaynak: (TÜİK, 2022g)

Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı tarafından desteklenmekte olan Batı Antalya Tropik Meyve Üretim ve Yaygınlaştırma Merkezi Güdümlü Projesi ile Tropik Meyve Adaptasyon, Üretim ve Yaygınlaştırma Merkezi Kurulması, tropik meyve türleri üretiminin yaygınlaştırılması, çiftçinin gelir seviyesinin yükseltilmesi, katma değeri ve karlılığı yüksek ürünlerin üretimi ve satışı hedeflenmektedir.

2.3.3. Türkiye'nin İlk, Avrupa'nın En Büyük Bitki Fabrikası Antalya'da

Dikey tarım son zamanlarda dünya çapında yetiştiriciler arasında olduğu gibi Türkiye'de de büyük ilgi görmektedir. Tarım sektörünün en son teknolojisi olarak kabul edilen dikey tarım alanında dünya genelinde yapılan son zamanların en dikkat çekici yatırımlarından biri, insanoğlunun tarıma ilk olarak 10.000 yıl önce başladığı Anadolu topraklarında, Antalya'da gerçekleştirilmiştir. 30 yılı aşkın bir süredir gıda saklama ve soğutma teknolojileri alanında faaliyet gösteren bir şirketin kurucusu, 2020 yılının başlarında bir bitki fabrikasını Antalya'da hayata geçirmiştir.

Japonya'daki Chiba Üniversitesi'nde fahri profesör Dr. Toyoki KOZAI'den aldığı eğitim sonrasında kendi usul ve tekniğine uygun bir bitki fabrikası konsepti hazırlayan şirketin kurucusu, o dönemde toplamda 5 milyon avroluk yatırım ile topraksız ve güneş görmeyen kapalı bir alanda yüzde 95 daha az su kullanılarak, ilk etapta marul, roka, fesleğen gibi yeşil yapraklı bitkiler yetiştirmiştir. Bitki fabrikasında 200 çeşit bitki üzerinde yapılan çalışmalarda yaklaşık 20 bitkinin üretim formülleri tamamlanmıştır. Ürün yelpazesinin çilek, mantar, domates, biber, patlıcan gibi ürünlerle çeşitlendirilmesi planlanmaktadır.

Farklı otomasyon sistemleri kullanarak dikey tarım konusunda uzmanlaşmış bitki fabrikası üreticisi olan şirket, Dünya'nın herhangi bir yerinde 365 gün boyunca sürekli, sağlıklı ve sürdürülebilir ürünlerin tam kontrollü ortamda hasat edebileceği tesisler tasarlamakta, üretmekte ve kurmaktadır. Antalya'da günde 5.000 marul üretme kapasiteli prototip bitki fabrikası aynı zamanda gıda üretmekle ilgilenen herkesin ziyaret edebileceği, farklı insanların buluşabileceği ve deneyimlerini paylaşabileceği büyük bir showroom olarak tasarlanıp kurulmuştur.

Bitki fabrikası 365 gün, 24 saat kesintisiz üretim yaparak 100'e yakın ülkeye ihracat hedefiyle faaliyetlerini sürdürürken, 17 Ağustos 2020 tarihinde elektrik kontağından çıkan bir yangınla işletmenin yüzde 95'i kül olmuştur. Yaşanan bu yangın felaketinin ardından her şeye rağmen 60 milyon liralık yatırımla tesis yeniden ayağa kaldırılarak kapasite beş kat artırılmış ve 8.000 metrekareye çıkartılmıştır. Dünya Dikey Tarım Derneği (AVF) üyesi bitki fabrikasında kapalı ortamda farklı otomasyon sistemlerinden yararlanarak led aydınlatma teknolojisi ile hidroponik ve aeroponik yetiştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Bitki fabrikası, geleneksel tarım uygulamalarına kıyasla yüzde 400 üretim artışıyla, yüzde 60 daha az gübre ve yüzde 95 daha az su kullanarak, yüzde 0 pestisit ile çevre dostu ve sürdürülebilir üretim gerçekleştirebilmektedir. Halen AR-GE çalışmaları ve test üretimleri devam eden yeni bitki fabrikasının yakın bir tarihte yeniden üretime başlaması ve ziyaretçilere kapısını açması beklenmektedir.

Dikey tarım bitki fabrikaları maliyet hesaplamalarında dikkate alınacak en önemli konu ekim yapılan alanın metrekare olarak büyüklüğüdür. Şirket kurucusunun verdiği bilgilere göre bitki elleçlemesinin otomasyonla yapıldığı tesislerde metrekare fiyatları yaklaşık 1.000-2.000 avro arasındadır; manuel tesislerde ise bu rakam yaklaşık 500 ila 1.000 avro arasında değişmektedir. Bu maliyete aydınlatma, iklimlendirme, bitki besleme, tohum atma ve elleçleme de dâhildir. Bitki fabrikalarının maliyetleri için ilk olarak yetiştirilecek ürünler, üretim kapasitesi, uygulanacak otomasyon, uzaktan yönetim, yapılacak ambalaj, kurulum yapılacak coğrafya gibi birçok farklı parametrenin doğru analiz edilerek belirlenmesi gerekmektedir. Ardından yapılacak detaylı proje çalışmaları ile doğru maliyetler ortaya çıkabilmektedir. Yatırımın geri dönüşü ise gelişmiş ülkelerde yaklaşık 3 ila 4 yıl civarındadır. Burada belirleyici olan ana kalemler enerji maliyeti ve ürünün piyasa satış fiyatıdır.

Resim 26: Bölgemizde Kurulmuş Olan Bir Bitki Fabrikası









Şekil 21: Bölgemizdeki Bitki Fabrikasında Üretilen Ürün Çeşitleri



Kaynak: (Farminova Plant Factory, 2021)

Türkiye’de Yürütülen Diğer Dikey Tarım Çalışmaları

İstanbul Ticaret Odası (İTO) iştiraki olan Bilgiyi Ticarileştirme Merkezi (BTM) çatısı altında yer alan evlerde ve iş yerlerinde kullanılmak üzere tasarlanmış ölçülebilir, kontrol edilebilir ve raporlanabilir IOT tabanlı tarım teknolojisi girişimi bireylerin ve gıda sektöründe faaliyet gösteren firmaların kendi ürünlerini üretebileceği akıllı topraksız tarım çözümleri sunmaktadır. Yapay zekâ destekli ve bulut tabanlı çiftlik yönetimi yazılımları üretim alanlarını her yerden izleme, kontrol etme, optimize etme ve üretim verimliliğini artırma imkânı sağlamaktadır. Geliştirdikleri yazılım ve kullandıkları sensörler aracılığıyla her bitki tipi için gereken su ve besin miktarlarını otomatik olarak belirleyerek tarıma elverişsiz atıl alanları verimli alanlara dönüştürebilmektedirler. Yazılım, içinde ABD, Kanada, İspanya ve Hindistan merkezli firmaların da olduğu 70 şirket tarafından kullanılmaktadır. Tarım teknolojisi girişiminin yakın dönemde yeni girmeyi hedeflediği ve yayılmayı planladığı pazarlar arasında Avrupa, Kuzey Amerika ve Kanada bulunmaktadır.

Üniversite-sanayi iş birliği kapsamında akıllı tarım uygulamalarına yönelik Gebze Teknik Üniversitesi (GTÜ) kampüsünde kurulan bir dikey tarım laboratuvarında, su ve LED ışığı kullanılarak 20 farklı türde bitki yetiştirilmiştir. Proje kapsamında, taban alanı 20 metrekare olan 2 konteynerde üçer katlı dikey üretim alanı oluşturularak, bitki yetiştirme alanı 120 metrekareye çıkarılmıştır. Dikey tarım yöntemiyle toprak ve gün ışığına ihtiyaç duyulmadan 20 çeşit bitkinin bir arada yetişmesi sağlanarak birim alanda 10 kat daha fazla verim elde edilmiştir.

Geliştirdiği tarım teknolojisi sayesinde veri odaklı analizlerle bitki kalitesi ve lezzeti kontrol altında tutularak insan müdahalesini en aza indiren dikey tarım alanında Türkiye'nin dikkat çeken girişimlerinden birinde, çimlendirmeden filizlendirmeye tüm aşamaları, tesiste gerçekleştiren şirket su, ışık, nem, sıcaklık ve rüzgâr faktörlerini üretim en verimli, temiz ve sağlıklı olacak şekilde kontrol etmektedir. Geliştirdiği sirkülasyon sistemleri ile geleneksel tarım yöntemlerine göre yüzde 95 daha az su tüketimi sağlamaktadır. Tarım teknolojisi girişimi, Gebze Teknik Üniversitesi kampüsünde kuracağı topraksız dikey tarım sisteminde bitki besleme optimizasyonu ve biyofortifikasyon gibi yaklaşımlarla kaynak kullanım etkinliğini artırmaya, karbon ayak izini azaltmaya, küresel gıda ve beslenme güvencesi bakımından sürdürülebilir ve iklim değişikliğine dirençli bir üretim sistemi oluşturmaya yönelik AR-GE çalışmalarının yürütülmesini planlamaktadır. Ayrıca ürünlere fonksiyonel gıda özelliği kazandırmaya ve sonuç olarak daha kaliteli, daha 'yeşil' ve her bakımdan daha sağlıklı ürünler yetiştirmeye yönelik çalışmalar yürütülecektir.

Dikey Tarımın Avantaj ve Dezavantajları

Dikey tarımın avantajları

Dikey çiftlikler, genellikle toprak ve su gibi doğal kaynakların kullanımını önemli ölçüde azaltma konusundaki olağanüstü yetenekleri nedeniyle övülmektedir, ancak bunlar dikey çiftçiliğin sunduğu uzun avantajlar listesinde sadece iki tanesidir. Yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş tesisleri ve kontrollü koşulları nedeniyle dikey çiftlikler, tüm yıl boyunca çok çeşitli taze, pestisit ve herbisit içermeyen ürünler üretebilmektedir. Ayrıca, tarımsal akış gibi büyük çevre kirleticilerini tamamen ortadan kaldırabilmekte ve sera gazı emisyonlarını azaltabilmektedirler.

Arazi Kullanımını Azaltması

Tarım, dünyanın en büyük arazi kullanıcısı olmaya devam etmekte, ormansızlaşmanın ve orman bozulmasının başlıca nedeni olarak görülmektedir. Yaklaşık 5 milyar hektarlık arazi, bir başka ifadeyle dünya yüzeyinin (okyanuslar hariç) yaklaşık yüzde 35'i tarımsal amaçlar için ıslah edilmiştir.

Klasik bir dikey tarım sisteminde, mahsuller, birbiri üzerine dikey olarak istiflenmiş özel kaplarda yetiştirilmektedir. Bu yöntem, alan kullanımını en üst düzeye çıkarmakta ve metrekare başına üretimi artırmaktadır.

Minimum Miktarda Su Gerektirir

Konvansiyonel tarım, aynı zamanda dünya çapında çekilen tatlı suların yaklaşık %70'ini oluşturan en büyük tatlı su kullanıcısıdır. Dikey çiftlikler, geri dönüşüm sistemleri aracılığıyla su tüketimini %95 ve hatta bazı durumlarda %99'a kadar düşürmeyi başarmıştır. Bitkiler iç mekânlarda yetiştirildiği için buharlaşma ve terleme süreçlerinden çıkan su, nem alma sistemleri tarafından tekrar tutulmakta ve yeniden dağıtılmaktadır.

Ayrıca santral kulelerinin tabanında biriken fazla suyun filtrelenmesi, sulama suyu talebini de önemli ölçüde azaltmıştır. Çeşitli dikey çiftlikler, kapalı döngüde çalışan akuaponik tabanlı bir sirkülasyonlu çiftçilik sistemi uygulamıştır. Bu sistemde bitkiler, balık tanklarından çıkan atık suları aynı zamanda bitki gübreleri olarak da hizmet eden azot ve fosforu uzaklaştırarak arıtmaktadır. Arıtılan su ise bitkilerin su ihtiyacını karşılamak için yeniden kullanılmaktadır. Sonuç olarak, su geri dönüştürülmekte ve suni gübre kullanılmamaktadır.

Pestisit ve Diğer Kimyasalları Kullanmaz

Bitkiler açık havada yetiştirildiklerinde büyümelerini engelleyen birçok biyotik strese maruz kalmaktadırlar, bu nedenle çiftçiler yabancı otları, böcekleri ve zararlı mikroorganizmaları

savuşturmak için rutin olarak pestisitler, herbisitler, mantar ilaçları ve diğer kimyasal maddeleri kullanmaktadır.

Ancak dikey tarımda pestisit ve herbisit kullanımı ihmal edilebilir düzeydedir ve genellikle mevcut değildir. Ekinler izole ve yüksek kontrollü ortamlarda büyüdüğü için herhangi bir biyotik strese maruz kalmamaktadır. Dolayısıyla kimyasalların uygulanması gereksizdir. Sonuç olarak, dikey tarım, geniş bir yelpazede kimyasal içermeyen ve genellikle organik olarak sertifikalı sebze ve otlar üretmektedir.

Tarımsal Akışı Ortadan Kaldırır

Tarımsal Akış, sulama, yağmur veya erimiş kar nedeniyle toprak üzerinde akan ve toprağa emilebilen, su kütlelerine girebilen veya buharlaşabilen tarım alanlarından gelen sudur. Bu akış, su kaynaklarını kirletebilecek pestisitler, tortu (toprak parçacıkları), besinler (gübrelerden gelen fosfor, azot ve potasyum) ve metaller içerebilmektedir.

Hidroponik, aeroponik ve akuaponik çiftçilik teknikleri, dikey çiftçilerin, bitkilere optimal büyüme için gerekli tüm besinleri sağlayan topraksız ortamlarda arzu ettikleri mahsulleri yetiştirmelerine imkân tanımaktadır. Kontrollü bir su döngüsü ile birlikte dikey çiftlikler, akıntı kirliliğini ve azot oksit emisyonlarını ortadan kaldırabilmektedir. Ayrıca gübreleme işlemi otomatik olduğu için dikey sistemlerde meydana gelebilecek olası akıntılar etkili bir şekilde kontrol altına alınabilmekte, arıtılabilmekte ve uygun bir şekilde bertaraf edilebilmektedir.

Yıl Boyunca Tutarlı Üretim Sağlamaktadır

Geleneksel çiftçilikte, hava koşulları ve yetiştirme mevsimleri, yerel olarak yetiştirilen meyve ve sebzelerin tüm yıl boyunca çeşitliliğini ve mevcudiyetini büyük ölçüde sınırlamaktadır. Salatalık, domates, bamyaya, patlıcan, marul ve diğer birçok sağlıklı sebze, yalnızca sıcak yaz aylarında açık havada ve yerel olarak yetiştirilebilmektedir. Bu da müşterileri mevsimlik ürünlerle veya ithal ürünlerle sınırlandırabilmektedir. Bu ürünler ithal edildiğinde genellikle binlerce kilometre yol katetmekte ve sofralarımıza ulaşana kadar atmosfere önemli miktarda CO₂ yaymaktadır.

Dikey çiftliklerde ise hava koşulları, iklim veya yetiştirme mevsimi ne olursa olsun her türlü yeşil yapraklı bitkiler, otlar ve sebzeler 365 gün yetiştirilebilmektedir. Otomatikleştirilmiş ve yoğun bir şekilde kontrol edilen dikey sistemler, bitkilere optimum gelişme için gerekli tüm büyüme koşullarını sağlamaktadır. Ayrıca dikey çiftlikler, egzotik meyvelerin normalde yetiştirilemeyecekleri ülkelerde yetiştirilmesi için uygun bir ortam da sağlayabilmektedir.

Aşırı Hava Koşulları Mahsulleri Etkilemez

Gıda üretimi özellikle kuraklık, sel, kasırga ve sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava koşullarına karşı savunmasızdır. Özellikle kuraklık mahsul üretimine zarar vermektedir. İklim değişikliği nedeniyle küresel gıda güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturan şiddetli hava olaylarının da artması beklenmektedir. Şu anda geleneksel tarım, büyüme mevsimlerine büyük ölçüde bağımlıdır ve genellikle bu öngörülemeyen hava koşulları büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Dikey çiftlikler tarımın mevsime bağlı doğasını ortadan kaldırmakta ve çiftçilerin yıl boyunca her türlü mahsulü yetiştirmesine imkân tanımaktadır. Bu, son teknoloji dikey tarım teknolojisi tarafından kontrol edilen iyi izlenen yetiştirme koşulları sayesinde mümkündür. Dikey çiftçiler, ekim süreci ve ekim alanı üzerinde de mutlak kontrole sahiptir. Dikey çiftliklerde yetiştirilen ürünler iklime dayanıklıdır ve iklimdeki bu ani değişikliklerden etkilenmez. Böylece, dikey çiftlikler yılın her günü sürekli taze gıda tedariki sağlayarak normal şekilde büyümelerine devam ederler.

Şehirlerde Mahsul Yetiştirilebilmektedir

Taze ürünler ve diğer tarım ürünleri yemek tabaklarımıza gelmeden önce binlerce kilometre yol kat etmektedir. Yeni araştırmalar, sebzelerin, şifalı otların ve diğer taze ürünlerin besin değerlerinin, uzun mesafeler boyunca taşındıklarında azaldığını göstermiştir.

Uzun mesafeli yolculuklar yalnızca besin değerlerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda atmosfere önemli miktarlarda CO₂ ve diğer sera gazları salarak küresel ısınmanın artmasına neden olur.

Öte yandan dikey çiftlikler tipik olarak kentsel alanların yakınında ve hatta şehir merkezlerinde bulunmaktadır. Bu nedenle ürünler hasattan sonra saatler içinde müşterilere ulaşmaktadır. Bu, tüketicilerin koruyucu madde içermeyen ve besin açısından zengin, kaliteli sebzeleri taze bir şekilde satın almalarını sağlamaktadır. Dikey olarak yetiştirilen ürünler daha kısa mesafeler kat ettiğinden, çevresel ayak izleri de önemli ölçüde azalmaktadır.

Mahsullerin Özelliklerini Değiştirmeye İzin Verir

Dikey çiftliklerde bitki büyümesi ve gelişmesi yapay aydınlatma ile desteklenmektedir. Yapay aydınlatmanın kullanılması, dikey çiftçilerin, ürünlerin aldığı ışığın türünü veya miktarını basitçe ayarlayarak ürünlerinde fiziksel ve biyokimyasal değişiklikleri bir ölçüde kontrol edebilmelerini sağlamaktadır.

Bitkiler farklı ışık dalga boylarına farklı tepki vermektedir. Örneğin yakın tarihli bir çalışmada, tek renkli kırmızı ışığın, tek renkli mavi ışıktan veya her ikisinin birleşiminden daha verimli bir şekilde marul verimini arttırdığı gösterilmiştir. Ayrıca, kırmızı/mavi aydınlatma miktarındaki

bir artış, besin alımını iyileştirerek artan yaprak klorofil ve flavonoid seviyeleri ile sonuçlanmıştır. Başka bir araştırma, hasattan önce yüksek enerjili LED aydınlatma kullanılmasının, kırmızı yapraklı marulda antosiyaninler gibi antioksidanların üretimini arttırdığını göstermektedir.

Dikey çiftçiler, aydınlatma gibi çevresel koşulları değiştirerek daha yüksek besin değerine sahip yapraklı yeşillikler üretebilmektedir. Böylece verimlerini en üst düzeye çıkararak kârlarını artırabilmektedir.

Daha Güvenli ve Daha Ucuz İş Gücü

Geleneksel tarım, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, büyük ölçüde el emeğine bağımlı olmaya devam etmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), tarım sektörünün dünya çapında bir milyardan fazla insanı istihdam ettiğini tahmin etmektedir. Birçok ülke, pestisit/herbisit püskürtme veya mahsul hasadı gibi tehlikeli görevleri yerine getirmek için hâlâ tarım işçileri istihdam etmektedir.

Dikey çiftlikler, otomatik sistemleri sayesinde iş gücünü ve dolayısıyla üretim maliyetlerini de önemli ölçüde azaltabilmiştir. Dikey çiftlikler, gelişmiş ekipman ve robotları kullanarak ekim, sulama ve gübreleme gibi çeşitli rutin görevleri başarıyla otomatikleştirmiştir. Bu işler artık otomatik dağıtım teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.

Mahsulleri toplama, biçme ve kökünden sökme yeteneğine sahip robotik kollar kullanılmaktadır. Ayrıca, dikey çiftliklerde geleneksel tarımda yalnızca vasıflı ve yüksek eğitimli işçiler tarafından gerçekleştirilen bir görev olan bitki sağlığı izleme işi, bitki büyümesini ve sağlığını izlemek için kameralar kullanan yüksek teknoloji ürünü bir izleme sistemi tarafından gerçekleştirilir. Sistem, sağlık durumu kötü olan bir bitki tespit ettiğinde, o bitkiyi şahsen incelemeleri için çiftlik personelini bilgilendirmektedir. Bu teknoloji, kalifiye işçi sayısını ve yüzlerce dönüm ekinleri manuel olarak denetlemek için gereken zamanı azaltmaktadır.

Gıda Kirliliği Riskini Azaltır

Son yıllarda taze meyve ve sebzelerle ilgili gıda kaynaklı salgınların sayısında bir artış görülmektedir. Marul, ıspanak ve otlar gibi yapraklı yeşillikler genellikle bakteriyel enfeksiyonlarla bağlantılıdır ve "escherichia coli" en yaygın patojendir. Bu mikroorganizmaların hayatta kalması ve büyümesi, çevresel koşullar, hasat, hasat sonrası işleme ve nakliye dahil olmak üzere bir dizi faktöre bağlıdır. Açık hava çiftçiliği ile taze ürünlerin üretimi her zaman gıda kaynaklı salgın riskini artırmaktadır. Bu, bitkilerin kontrollü sıcaklıklar altında yetiştirildiği ve dış kirleticilerden izole edildiği, bulaşma ve çapraz bulaşmayı sifıra yakın hale getiren iç mekân tarımında mevcut olmayan bir risktir.

Ayrıca dikey çiftlikler, büyüme alanlarının ve çevrelerinin temizliğini sağlamak için zemin temizleyicileri, su kalitesi sensörleri ve dozaj sistemleri ile donatılmıştır. Taze ürünlerin kirlenmesini önlemek için, birçok dikey çiftlikte el yıkama istasyonları kurulmuştur ve çalışanlarının çiftlik tesislerinde çalışmaya başlamadan önce sokak kıyafetlerini değiştirmeleri zorunlu hale getirilmiştir. Dikey mahsullerin tüketiciye ulaşmak için uzun mesafeler kat etmesi gerekmediği için, nakliye sırasında da kontaminasyon riski ortadan kalkmaktadır.

Toprak Durumuna Bağlı Değildir

Toprak, fiziksel destek sağladığı ve optimal bitki büyümesi için gerekli tüm besin maddelerini içerdiği için geleneksel tarımın hayati bir bileşenidir. Yine de, dünyanın sürekli artan nüfusu için yeterli gıda üretme arayışında, geleneksel tarım toprağın sağlığını bozabilmektedir. Pestisitlerin aşırı uygulanması, monokültür ve toprak işleme, toprak bozulmasına ve birçok durumda toprak erozyonuna yol açmıştır. Toprak erozyonu, rüzgâr, su, toprak işleme ve diğer çiftçilik faaliyetlerinden kaynaklanan ve bitki büyümesi için uygun olmayan üst toprak kaybını ifade etmektedir. Küresel gıda güvenliği ve biyolojik çeşitlilik için en büyük tehditlerden biridir. Aynı zamanda nehirlere ve akarsulara önemli bir kirleticisidir.

Dikey tarımda bitkiler topraksız ortamlarda yetiştirilmektedir. Hidroponik ve aeroponik, dikey sistemlerde en yaygın kullanılan teknolojilerdir. Hidroponik sistemlerde toprak, bitkilere optimal büyüme için gerekli tüm besin maddelerini sağlayan besin açısından zengin su çözeltileri ile değiştirilmektedir. Bitki kökleri sıvı ortama kısmen veya tamamen daldırılmakta ve bazı durumlarda taşıyıcı ve vermikülit gibi nemli inert malzemeler kullanılarak sabitlenmektedir.

Aeroponik, bitki köklerinin hava/sis besin açısından zengin bir ortamda yetiştirildiği veya doğrudan besleyici su karışımı ile püskürtüldüğü hidroponiğin gelişmiş bir versiyonudur. Bu sistemler, toprak kullanımını tamamen ortadan kaldırırken, önemli miktarlarda yapraklı yeşillikler ve diğer mahsuller üretebilmektedir. Dikey sistemlerde kullanılmakta olan teknolojiler, toprakların yenilenmesine ve verimliliğine izin vererek, tarım için arazi talebinde azalmaya katkıda bulunabilmektedir (Piechowiak, 2021).

Dikey çiftliklerin dezavantajları

Dünya üzerinde 9,7 milyar insan olacağı tahmin edilen 2050 yılına kadar gıda güvenliği, dünyadaki birçok ülke için gerçek bir endişe haline gelecektir. Dikey tarımın, sağlamakta olduğu birçok avantajı ile gıda kıtlığı sorunlarımızın çözümüne katkı sunması beklenmektedir. Dikey tarım günden güne daha popüler hale geliyor olsa da halen yüksek ön maliyet, büyük miktarda enerji ve yüksek düzeyde eğitilmiş iş gücü gereksinimi gibi dezavantajlara sahiptir.

Yüksek Başlangıç Maliyetleri

Dikey çiftçilik, doğru tesisleri bulmaktan en iyi performans gösteren mahsulleri seçmeye kadar olan sürecin her adımında önemli miktarda harcama gerektirdiğinden, maliyet yoğun bir çabadır. Kentsel alanlardaki araziler genellikle çok pahalı olduğundan, tek başına arazi fiyatları başlangıçtaki ön maliyetleri büyük ölçüde artırmaktadır. Bununla birlikte, birçok dikey çiftlik, nakliye konteynırları, eski fabrikalar ve terk edilmiş ofis binaları gibi mevcut yapıları kullanarak tesisle ilgili maliyetleri en aza indirmeyi başarmıştır. Alternatif olarak, geleneksel tarıma uygun olmayan çorak arazilerde dikey çiftlikler kurulabilmektedir.

Birçok dikey tarım girişiminde, ekipman maliyetleri bütçe üzerinde ek baskı oluşturuyor. Çoğu dikey çiftlik, iklim kontrolleri, raf üniteleri, LED ışıklar, su hatları, bilgisayarlar vb. gibi pahalı ekipmanlara ihtiyaç duymaktadır. Dikey tarım uygulamaları arttıkça gerekli ekipman maliyetlerinin düşmesi beklenmektedir.

Yüksek İşletme Maliyetleri

Dikey çiftçilik kuşkusuz enerji yoğun bir çabadır. Eğer bir dikey çiftlik yalnızca yapay aydınlatma sistemlerine dayanıyorsa enerji masrafları daha da fazla artmaktadır. Toplam üretim maliyetlerinin yaklaşık yüzde 40 ila yüzde 50'si enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır ve tek başına aydınlatma maliyetleri, işletme maliyetlerinin yaklaşık yüzde 25-30'unu oluşturmaktadır.

Küçük bir hidroponik çiftliğin iş gücüne ortalama yüzde 57 harcadığı tahmin edildiğinden, tüm kapalı tarım operasyonları için işçiliğin genellikle en yüksek işletme maliyeti olduğu anlaşılmaktadır. Dikey çiftçiliğin, teknoloji ilerledikçe ve daha verimli hale geldikçe işletme maliyetlerinde de önemli bir düşüş yaşaması beklenmektedir.

Ekonomik Olarak Yetiştirilebilecek Sınırlı Sayıda Ürün

Dikey bir çiftlik, herhangi bir bitki türünün büyümesini desteklemek için özelleştirilebilir, ancak ekonomik olarak yalnızca sınırlı sayıda yetiştirilebilmektedir. Küresel dikey tarım endüstrisinde yapraklı yeşillikler ve otlar, hızlı büyüme döngüleri, yüksek maliyetleri ve kısa raf ömürleri nedeniyle birincil ürün olmaya devam etmektedir. Nispeten kolay büyüme süreçlerinin yanı sıra yapraklı yeşillikler, onları dikey çiftçiler için çok çekici kılan yüksek bir kâr marjına sahiptir.

Bununla birlikte, dikey çiftçiliğin popülaritesi, birçok kişinin çilek ve domates gibi daha zorlu mahsuller yetiştirmeye başlayarak ekim repertuarını genişletmesine neden olmuştur. Mevcut teknoloji ile bu henüz ekonomik olarak mümkün olmayabilir olsa da yakın gelecekte, dikey tarım uygulamalarının AI ve ML gibi en son teknolojileri kullanarak tahıllar gibi uzun raf ömrüne sahip daha ucuz ürünler üretmesi beklenmektedir.

Hâlihazırda Yetiştirilen Mahsullerin Düşük Kalori Yoğunluğu

Kalori yoğunluğu, bir yiyeceğin kütlesine veya hacmine göre ne kadar kalori içerdiğini ölçmektedir. Günümüzde dikey çiftliklerde yetiştirilen mahsuller çok düşük bir kalori yoğunluğuna sahiptir. Örneğin, 100 gr porsiyon marul ve ıspanak sırasıyla sadece 15 ve 23 kalori içermektedir. Buna karşılık, İngiliz Ulusal Sağlık Servisi (NHS) erkekler için günde 2.500 kalori ve kadınlar için 2.000 kalori önermektedir. Bu nedenle, dikey olarak üretilen gıda, günlük kalori alımının yalnızca küçük bir bölümünü oluşturabilmektedir. Bu durum mevcut yetiştirme durumunda dikey tarımın yetişkin bir insanın tüm besin ihtiyaçlarını karşılayamadığını göstermektedir.

Çok Yüksek Enerji Talebi

Dikey tarımda doğal ışığın yerini LED aydınlatma sistemleri ile sağlanan yapay aydınlatma almaktadır. Bitki türlerinin ihtiyaçlarına bağlı olarak, ışıklar günde 12-16 saat ve hatta bazı durumlarda 20 saate kadar açık kalabilmektedir. Aydınlatma, dikey bir çiftliğin en kritik bileşenidir ve büyük miktarda enerji tüketmektedir. Dikey tarımın ekonomisini analiz eden bir araştırmada, 37 katlı bir dikey çiftliğin yılda 3,5 GWh enerji tüketeceğini tahmin etmektedir. Artan üretim maliyetlerinin yanı sıra bu önemli enerji tüketimi, karbon ayak izini ve karbon emisyonlarını da artırmaktadır.

Dikey tarım, kademeli olarak rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek karbon ayak izini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bazı dikey çiftlikler, geleneksel enerji kaynaklarını hızla yenilenebilir kaynaklarla değiştirmektedir. Yenilenebilir enerji birçok ülkede daha yaygın hale geldikçe, buna geçiş her zamankinden daha kolay olacaktır. Ayrıca LED ve HVAC sistemlerindeki teknolojik gelişmeler hem ekipman ve üretim maliyetlerini hem de enerji tüketimini azaltacaktır.

İşletmenin Karmaşık Beceriler Gerektirmesi

Dikey bir çiftlik işletmek, dünya çapında sadece küçük bir yüzde insanın sahip olduğu ileri teknolojik ve bahçecilik becerileri gerektirdiğinden kolay bir iş değildir. Üretim sürecinin her aşamasında yer alan yüksek teknoloji nedeniyle, dikey bir çiftliği kurmak, işletmek ve sürdürmek için yüksek eğitilmiş ve eğitilmiş bireylere ihtiyaç vardır.

Tozlaşmanın Daha Zor Olması

Dış mekân çiftçiliğinde tozlaşma süreci arılar, kuşlar, rüzgâr ve diğer doğal tozlayıcılar tarafından gerçekleştirilir. Dikey tarımda bu tozlayıcıların yokluğu, ele alınmadığı takdirde önemli ekonomik kayıplara yol açabilecek büyük bir zorluğu temsil etmektedir. Zayıf tozlaşma oranları genellikle zayıf meyve oluşumuna ve küçük ve şekilsiz meyvelerin üretilmesine neden olmaktadır. Mahsullerin elle tozlaştırılması, küçük çiftliklerde bu sorunu

çözmenin etkili bir yolu olsa da milyonlarca metrekareye yayılan dikey çiftlikler için hızla bir güçlük haline gelebilmektedir.

Doğru Çalışan Teknolojiye Yüksek Bağımlılık

Tipik bir dikey çiftlik, sıcaklık, aydınlatma, sulama ve nem gibi kritik sistemlerin sorunsuz çalışmasını sağlamak için teknolojiye güvenmektedir. Dikey çiftçiliğin teknolojiye olan güveni, aynı zamanda, en karmaşık ekipman ve yazılımlar bile arıza ve aksaklıklardan zarar görebileceğinden, öngörülemeyen olaylara karşı hassas hale getirmektedir.

Örneğin, kısa süreli bile olsa elektrik kesintilerinin meydana gelmesi, hemen müdahale edilmediği takdirde feci kayıplara neden olabilmektedir. Elektrik kesintileri bitkiler için ölümcül olabilmektedir. Birincil enerji kaynağı arızalandığında devreye giren bir yedek güç sistemine sahip olmak, hasarların önlenmesine yardımcı olabilmektedir (Mateusz, 2021).

2.3.4. Jeotermal Enerji

Isıtmada ülkemiz jeotermal enerji varlığı açısından önemli bir avantaja sahiptir ve yatırımlar bu nedenle bu kaynakların olduğu bölgelere kaymaktadır. TR61 Bölgesi'nde tespit edilen jeotermal enerji kaynağı yok denecek kadar azdır. Antalya'nın ilk jeotermal su kaynağı Gazipaşa ilçesinin Ilica Mahallesi'nde 2019 yılında bulunmuştur. Sağlık Bakanlığına bağlı ekiplerce yapılan analizlerde suyun birçok sağlık sorununun tedavisinde kullanılabileceğine dair olumlu görüş belirtilmesi nedeniyle sağlık ve doğa turizmine yönelik değerlendirilmesi planlanmaktadır.

2.3.5. GZFT Analizi

Antalya ili Aksu ilçesinde 03.10.2022 tarihinde gerçekleştirilen TR61 Bölgesi 2024-2028 Bölge Planı Antalya Çalıştayında yürütülen Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu çalışmaları sonucunda bölgedeki örtü altı tarım sektörünün güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatları belirlenmiştir.

Tablo 19: TR61 Bölgesi örtü altı tarım sektörünün GZFT Analizi ile değerlendirilmesi

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<ul style="list-style-type: none">▪ G1. Örtü altı üretim için elverişli iklim▪ G2. Sektörde lider olarak bölgenin örtü altı tarımın merkezi olması▪ G3. İhracata yönelik üretim yapan modern örtü altı tesisler▪ G4. 1940'lı yıllarda başlayan ve 1990'lı yıllarda ivme kazanarak önemli mesafelerin kat edildiği sektördeki bilgi birikimi.	<ul style="list-style-type: none">▪ Z1. Üretimin çok sayıda parçalı örtü altı alanda gerçekleşmesi ve ortalama işletme genişliğinin küçük olması▪ Z2. Maliyet düşürücü teknolojik çözümlerin öne çıkmaması ve modern teknolojilerin kullanımının sınırlı kalması▪ Z3. İç piyasa için üretim yapan küçük ölçekli mevcut seralarda yapısal sorunların olması▪ Z4. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yetersiz olması
Fırsatlar	Tehditler
<ul style="list-style-type: none">▪ F1. Rusya ve Ukrayna Savaşı▪ F2. COVID-19 salgını sonrası Türkiye'nin stratejik üretim bölgesi haline gelmesi▪ F3. Enerji fiyatlarının yurt dışında artması	<ul style="list-style-type: none">▪ T1. İklim değişikliği ve kuraklık▪ T2. Su kaynaklarının etkin kullanılamaması▪ T3. Sera atıklarının çevreye verdiği zararlar▪ T4. Teknoloji kullanım ve transferine yönelik maliyetlerin yüksek olması▪ T5. Fiyat artışları ve yüksek girdi maliyetleri▪ T6. Tarım ve gıda sektöründe bilgi kirliliği

Kaynak: (TR61 Bölgesi 2024-2028 Bölge Planı Antalya Çalıştayı, 2022)

3. Plan Dönemi (2024-2028) Perspektifi

3.1. Sorunlar

Örtü altı üretim ve yenilikçi tarıma ilişkin Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu çalışmalarında belirlenen başlıca sorunlar “Örtü Altı Tarım” ve “Yenilikçi tarım” başlıkları altında aşağıda sıralanmıştır:

3.1.1. Örtü altı tarımın sorunları

Örtü altı tarıma ilişkin sorunlar “Klasik seralar” ve “Modern örtü altı sistemler” başlıkları altında belirtilmiştir.

Klasik seralar

- İklim değişikliği ve kuraklık
- Üretim maliyetlerinin yüksekliği ve fiyat artışları
- Modern teknolojilerin kullanımının sınırlı kalması
- Üreticilerde bilgi, beceri eksikliği
- Örtü altı alanların küçüklüğü
- Yapısal ve projelendirmede sorunların bulunması (Yetersiz havalandırma, oluk altlarının 2 metrenin altında olması vb.)
- Sera organik atıklarının değerlendirilememesi
- Üretimde kullanılan ambalaj atıklarının ayrıştırılmaması
- Analize dayalı gübre uygulamasının yapılmaması
- Danışmanlık hizmetlerinin yetersizliği
- Su kaynaklarının etkin kullanılmaması
- Su kalitesi/içeriğinin analiz edilmeden verilmesi
- Sera işçisinin bulunamaması
- Mevsimlik tarım işçilerine sigorta yapılamaması
- Üretim planlaması olmaması ve fizibilite çalışması yapılmadan sera kurulması

- Sera yatırımcısı için güvenilir danışma biriminin olmaması
- Ekolojik koşullara uygun tür/çeşit seçilmemesi ve yurt dışı pazar talebine dikkat edilmemesi
- Çeşidin biyotik ve abiyotik strese dayanıklılık durumuna dikkat edilmemesi
- Pestisit kalıntısı ve nitrat kirliliği
- Üretim alanları ile yerleşim alanlarının iç içe olması
- Örnek çiftçi işletmelerinin öne çıkarılmaması
- Üreticiler için model sera örneklerinin olmaması
- Yanlış üretim tekniklerinin uygulanması
- Sera (konstrüksiyon ve örtü) malzemelerinin seçiminde standartların olmaması
- Don, sel ve su baskını gibi iklim verilerinin üretici tarafından takip edilmemesi
- Soğuk hava depolama tesislerine yönelik rotalama probleminin olması
- Biyolojik mücadele ürünlerinde ruhsatlama süresinin uzun olması
- Biyolojik/biyoteknik mücadele uygulamalarının yaygın olmaması
- Gübrenin etkin kullanılmaması ve daha az kullanılması üzerinde durulmaması
- Üretici ya da çiftçilerde teknolojik okuryazarlığının düşük seviyede olması
- Üretim alanlarının düşük ölçekli olmasından dolayı teknolojinin uygulanabilirliğinin zor olması
- Tarım sigortasının kapsamlarının dar ve kullanımının az olması
- Pazarlama sorunları

Modern örtü altı sistemler

- İklim değişikliği ve kuraklık
- Üretim maliyetlerinin yüksekliği ve fiyat artışları
- Modern teknolojilerin kullanımının sınırlı kalması
- Üreticide bilgi ve beceri eksikliği

- Sera organik atıklarının değerlendirilememesi
- Üretimde kullanılan ambalaj atıklarının ayrıştırılmaması
- Topraksız tarım için düzenli su temininin olmaması
- Ticari değeri yüksek yeni ürün çeşitliliğinin yeterli olmaması
- Çeşidin biyotik ve abiyotik strese dayanıklılık durumuna dikkat edilmemesi
- Bölgemizde jeotermal kaynakların yeterince araştırılmamış olması
- Drenaj geri dönüşümünün olmaması ve atıkların doğaya salınması
- Seraların genişlemeye uygun alanlarda kurulmaması
- Ürünlerin markalaşmasında yeterli çalışma yapılmaması

3.1.2. Yenilikçi tarımda sorunlar

- Ortalama işletme genişliğinin küçük olması
- Modern teknolojilerin kullanımının sınırlı kalması
- Su kaynaklarının etkin ve modern sulama tekniklerinin kullanılmaması
- Üretime dayalı mobil aplikasyon uygulamalarının geliştirilmemiş olması
- Modern teknoloji (yapay zekâ sistemlerinin) geliştirilebilmesi için bölgesel olarak toplanmış etiketli verilerin olmaması
- İklim değişikliği projeksiyonlarını dikkate alarak üretim planlamasının yapılmaması
- Zirai danışmanlara yönelik karar destek mekanizmasına sahip yönlendirici yazılımların olmaması (hastalık, zararlı tespiti ve direnç oluşma ihtimaline yönelik)
- Tarım danışmanlığının gelişmemiş ve yaygınlaşmamış olması
- Maliyet düşürücü teknolojik çözümlerin öne çıkmaması
- Kaynak kullanım etkinliği ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı üzerinde eğitim programlarının yetersizliği
- Üretimde kullanılan kimyasal ürün ve ambalaj atıklarının ayrıştırılmaması
- Analize dayalı gübre ve teşhise dayalı ilaç uygulamalarının yaygın olmaması

- Teknoloji kullanım ve transferine yönelik maliyetlerin yüksek olması
- Yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımının yetersiz olması

3.2. Çözüm Önerileri (Tedbirler)

Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu çalışmalarında tespit edilen sorunların aşılması için önerilen çözüm yolları ve alınması gereken tedbirler aşağıda belirtilmiştir:

- Yetersiz mevcut sera işletmelerinin teknik altyapısının iyileştirilmesi amacıyla seraların modernizasyonunun sağlanması
- Modern teknolojilerin kullanımı konusunda farkındalığın artırılması amacıyla örnek dikey tarım vb. uygulama ünitelerinin kurulması
- Küresel ısınma ve yeşil mutabakat dikey tarım uygulamalarına yönelik projeler geliştirmeye ortam hazırlamaktadır. Bu model veri işleme ve makine öğrenimine alt yapı hazırlanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmesi.
- Üretime dayalı mobil uygulamaların geliştirilmesi.
- Zirai danışmanlara yönelik karar destek mekanizmasına sahip yönlendirici yazılımların geliştirilmesi (hastalık, zararlı tespiti ve direnç oluşma ihtimaline yönelik).
- Üretici örgütlenmesinin (kooperatif vb.) sağlanmasına ve sürdürülebilir gelişimine yönelik çalışmaların yapılması.
- Sera bitki atıklarının kompostlanması ve organik, organomineral gübre üretim tesislerinin kurulmasına yönelik projeler
- Organize tohumculuk ihtisas sanayi bölgesi kurulması projesi
- Tarımla ilgili bilgi kirliliğinin azaltılmasına yönelik projeler
- Sulama ve gübreleme otomasyon sistemlerinin modernizasyonuna yönelik projeler
- Sera konstrüksiyon ve örtü sistemlerinin modernizasyonuna yönelik projeler
- Seralarda iklim kontrol otomasyon sistemleri tesisine yönelik projeler
- Tarımda kadın istihdamının artırılmasına yönelik ev ekonomisi çalışmalarının geliştirilmesi

- Pazar ve halde satılamayan ürünlerin toplumsal fayda amaçlı (aş evleri vb.) kullanımının sağlanması
- Tarımsal inovasyonlara yönelik girişimlerin (kuluçka merkezleri vb.) desteklenmesi.
- Sıfır enerjili (güneş enerjisi vd.) tarım ve seraların geliştirilmesi.
- IOT sistemlerinin geliştirilmesi veri izleme ve takip merkezlerinin kurulması.
- Robotik ürün yetiştirme ve toplama sistemlerinin kullanımının artırılması
- Biyolojik/entegre tarımın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmaların yapılması
- Faydalı böcek ve mikrobiyal ürünlerin (biyolojik mücadele ürünlerinin) üretimi ve üreticiye ulaştırılmasına yönelik teknolojik çözümler (paketleme, ölçeklendirme, taşıyıcı materyal vb.) geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması
- Bölge koşullarına yönelik model örtü altı ünitelerinin kurulması
- Tarım ürünlerinin çiftçi parseli bazında izlenebilirliğine yönelik çalışmaların yapılması

Tablo 20: Batı Akdeniz Bölgesi İçin Uygulanabilir Yeni Teknolojiler

Örtü Altı Üretim

Sera sistemleri otomasyonu

Doğru tür ve çeşit kullanımı

İklimlendirme

Tarımsal üretime hizmet eden doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı

Işık yoğunluğu optimizasyonu

Analize dayalı etkin girdi kullanımının yaygınlaştırılması

Gölgeleme teknikleri

Enerji üretim ve kullanımı

Büyüme odaları

Uzman tarım danışmanlığı

Ürün muhafaza ve depolama

Nitelikli insan kaynağı

Sera tasarımı ve kontrollü ortam

Geri dönüşüm ve atık teknolojileri

Uzaktan izleme ve takip sistemleri

Yenilenebilir enerji (güneş enerjisi)

Yağmur hasadı

Örtü malzemeleri teknolojileri

Yenilikçi Tarım

Dijital tarım (donanım içeren uygulamalar, dron, sensör yapay ışık ve kontrol üniteleri, ölçüm sistemleri vb.)

Teknoloji yoğun işletmeler ve model seralar

Hassas tarım (yazılım uygulamaları, bulut teknolojileri, mobil

Tarım danışmanlığı uygulamaları

teknolojiler, yapay zekâ teknolojileri, uzaktan izleme ve takip, karar sistemleri)
Yenilenebilir enerji (güneş, rüzgâr, jeotermal)
Biyoteknoloji
Uçangözler (Drones)
Robotlar
Sensörler
Nesnelerin İnterneti (IoT)
Bilişim uygulamaları (Yapay zekâ, akıllı sera uygulamaları vb.)
Yapay ışıklar
Dikey tarım uygulamaları
Üretici ve tarım danışmanları tarafından kullanılacak taşınabilir cihazlar (ph ec ölçer vb.)
Yazılım ve bulut teknolojileri
Büyük veri yönetimi

3.3. Program / Proje Önerileri

Örtü Altı Üretim ve Yenilikçi Tarım İhtisas Komisyonu çalışmalarında Komisyon üyelerinin önerdiği program ve projeler aşağıda sıralanmıştır:

TR61 Bölgesinde Örtü Altı Tarım Sektörü Altyapısının Güçlendirilmesi Programı

- Yetersiz mevcut sera işletmelerinin teknik altyapısının (konstrüksiyon, örtü sistemleri vb.) iyileştirilmesi ve modernizasyonu projeleri
- Sulama ve gübreleme otomasyon sistemlerinin modernizasyonuna yönelik projeler
- İklim kontrol otomasyon sistemleri tesisine yönelik projeler
- TR61 Bölgesi Tohumculuk İhtisas Organize Sanayi Bölgesinin kurulması projesi
- Örtü altı tarımla ilgili bilgi kirliliğinin azaltılmasına yönelik projeler

TR61 Bölgesinde Çevre Dostu Örtü Altı Tarım Programı

- Sera bitki atıklarının kompostlanması ve organik, organomineral gübre üretim tesislerinin kurulmasına yönelik projeler
- Pazar ve halde satılmayan ürünlerin toplumsal fayda amaçlı (aş evleri vb.) kullanımına yönelik projeler
- Seracılık faaliyetlerinde yağmur suyu hasadı projeleri
- Sera atıklarının biyokütle kaynağı olarak değerlendirilmesi projeleri

- Sera atıklarından sera iplerinin ayrıştırılması projeleri
- Sera ipi alternatiflerinin uygulanması projeleri

TR61 Bölgesi'nde Sürdürülebilir Örtü Altı Tarım Üretimini Geliştirilmesi ve Yenilikçilik Programı

- Sıfır enerjili (güneş enerjisi vb.) tarım uygulamaların yapılabildiği seraların geliştirilmesi projeleri
- Tarımsal inovasyonlara yönelik girişimlerin (kuluçka merkezleri vb.) desteklenmesi projeleri
- Nesnelerin interneti sistemlerinin geliştirilmesi veri izleme ve takip merkezlerinin kurulması projeleri
- Robotik ürün yetiştirme ve toplama sistemlerinin kullanımının artırılmasına yönelik projeler
- Biyolojik/entegre tarımın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik projeler
- Faydalı böcek ve mikrobiyal ürünlerin (biyolojik mücadele ürünlerinin) üretimi ve üreticiye ulaştırılmasına yönelik teknolojik çözümler (paketleme, ölçeklendirme, taşıyıcı materyal vb.) geliştirilmesine yönelik projeler
- Tarım ürünlerinin çiftçi parseli bazında izlenebilirliğine yönelik projeler
- Bölge koşullarına uygun örnek modern teknolojilerin kullanıldığı (dikey tarım vb.) uygulama üniteleri kurularak örtü altı tarım sektöründe farkındalığın artırılması projeleri
- Örtü altı tarım sektörünü genç nesiller için daha çekici hale getirebilecek yapay zekâ ve makine öğreniminin kullanıldığı örnek modern teknolojilerin kullanıldığı uygulama üniteleri kurularak farkındalığın artırılması projeleri

TR61 Bölgesi'nde Örtü Altı Tarım Sektöründe Örgütlenme ve Üretici Birliklerinin Güçlendirilmesi Programı

- Üretici örgütlenmesinin (kooperatif vb.) sağlanmasına ve sürdürülebilir gelişimine yönelik projeler
- Kadın istihdamının artırılmasına yönelik ev ekonomisi çalışmalarının geliştirilmesi projeleri

4. Sonuç ve Değerlendirme

COVID-19 salgın dönemi ve Rusya ile Ukrayna arasında yaşanmakta olan savaşın etkileri ile birlikte dünyada tarım sektörünün giderek artan önemi çerçevesinde TR61 Bölgesi'nde örtü altı tarım sektörünün güçlü ve avantajlı yönleri kullanılarak zayıf yönler iyileştirilmelidir.

Sera alanlarını artırmaktan çok mevcut yapılmış olan seraların modernize edilmesinin verim ve kaliteyi artıracakları değerlendirilmektedir. Bölgenin sebze üretiminde başarılı olmasında en önemli faktör olan seralar eskimekte ve üretimi olumsuz etkilemektedir. Bölgenin sebze üretimindeki başarısını koruyabilmesi, seraların yenilenmesi ve modernize edilmesiyle yakından ilgilidir. Verim ve kalite açısından daha iyi üretim yapabilmek için bölgedeki seralar modernize edilmelidir.

Bölgede örtü altı tarım üretimine bağlı olarak çevre kirliliği oluşmaktadır. Seralardan çıkan atıklar bazen gelişigüzel çevreye bırakılmakta bazen de yakılmaktadır. Bölge halkı seralardan çıkan fide, naylon, zirai ilaç şişeleri ve diğer tarımsal atıkları akarsulara atabilmektedir. TR61 Bölgesi 2024-2028 Bölge Planı hazırlıkları kapsamında yürütülen Çevre ve İklim Değişikliği İhtisas Komisyonu çalışmalarında önerilen TR61 Bölgesinde Çevre Dostu Örtü Altı Tarım Programı Örtü Altı Üretim ve Yenilikçilik Tarım İhtisas Komisyonu çalışmalarında da ele alınarak geliştirilmiştir.

Bölge halkının sağlığını ve tarımsal üretimi tehdit eden bu durumun yarattığı olumsuz sonuçları azaltmak için, Finike Belediyesinin Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı 2016 yılı Sürdürülebilir Çevre Mali Destek Programı kapsamında yürüttüğü proje ile ilçedeki akarsuların temizliğinin sağlanmasına katkıda bulunulmuştur. Ancak bu çalışmaların ötesinde; kirlenen derelerin temizliğinden ziyade sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda; sera atıklarının değerlendirilmesi, bölgedeki çiftçilere bilinçlendirme eğitimlerinin verilmesi, toprak analizinin ve organik tarımın teşvik edilmesi ile tarımsal teknolojilerin yaygınlaştırılmasına yönelik proje fikirlerinin değerlendirilmesinin yerinde olacağı düşünülmektedir.

Günümüzde dünya üzerinde çözüm bekleyen temel ve aciliyet teşkil eden problemlere; hızla artan dünya nüfusu, hızla tükenen kaynaklar, aynı zamanda söz konusu kaynakların dengesiz dağılımına bağlı olarak ortaya çıkan gelir adaletsizliği ve bunun doğal sonucu olarak yaşanan çatışmalar neden olmaktadır.

Tarımsal araştırmalar ve yenilikler, insanların temel ihtiyaçlarının karşılanması ve gelişimin adil bir şekilde sağlanması noktasında önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda tarım alanında yaşanan gelişmelere bakıldığında bu gelişmelerin geleceğe yönelik kısa ve orta vadede büyük yarar sağladığı görülürken beraberinde pek çok sorun getirdiği de anlaşılmaktadır. Küresel ısınma, su kaynaklarının azalması, çok fazla işlenmiş ya da

kimyasallarla kirlenmiş ürün üretimi, çoğu ülkede yaşanmakta olan kronikleşmiş toprak problemleri gibi birçok konu günümüzde tarım sektörünü derinden etkilemektedir.

Dijital tarım ve akıllı tarım tekniklerinin kullanımı, sunduğu alternatifler ve teknolojinin daha da gelişmesi ile gelecekte hayatımızda daha fazla yer alacaktır. Alandan ve girdi maliyetlerinden tasarruf sağlayan dikey tarım trendi hızla artmaktadır. Dikey tarım, tarım sektörünün karşı karşıya kaldığı sorunlara çözüm üretme noktasında pek çok tarımsal uygulamanın bir araya getirilerek ortaya konduğu en güncel yeniliklerden birisidir. Muhtemelen, sunduğu alternatifler ve teknolojinin daha da gelişmesi ile gelecekte hayatımızda çok daha fazla yer alacaktır.

Dikey çiftlikler, özellikle kent içi tarım için son dönemin en ideal tarımsal işletmeler olarak görülmeye başlanmasıyla, hâlihazırda çözülmesi gereken önemli sorunları olsa da sağladığı pek çok avantaj sayesinde üzerinde durulması gereken bir konu olarak değerlendirilmektedir. Su kaynaklarının kullanımının önemi yıldan yıla daha da artmış ve çoğu ülke için hayati bir mesele haline gelmiştir. Çok az su kullanarak tarımsal üretime imkân vermesi, geniş tarım arazilerine ihtiyaç duymaması ve çevresel şartlardan kolay kolay etkilenmeden yıl boyunca üretim yapabilmesi gibi özellikleri sayesinde dikey çiftliklerin, başta su ve güvenilir gıda temini noktasında sorun yaşayan ülkeler için önemli bir alternatif olduğu düşünülmektedir.

Diğer taraftan, bugün için çok daha ucuza mal edilebilecek tarım ürünlerinin astronomik bir yatırımla ortaya konabilecek dikey çiftliklerde üretimi ise özellikle ekonomik açıdan çoğu ülke için uzak bir yatırım alanı olarak algılanmasına yol açmaktadır. Dikey tarım konusunda deneyim eksikliğine bağlı olarak tarım sektöründe çekinceler ortaya çıkabilmektedir. Kamu, üniversiteler ve STK'lar iş birliği ile örnek demo dikey tarım uygulamaları kurulabileceği, bu tesislerde çiftçilerin yerinde görerek bilgilendirilebileceği ve kendilerine deneyim kazandırılabilceği değerlendirilmektedir.

Geleneksel tarım sistemlerindeki mahsuller, küresel ısınma, doğal afetler ve hava değişiklikleri söz konusu olduğunda savunmasızdır. Ayrıca, ekilebilir arazi, tatlı su ve daha düşük verimler göz önüne alındığında, sürekli artan nüfusu beslemek noktasında doğal kaynaklar üzerinde büyük bir baskı bulunmaktadır. Dikey tarım sistemleri, yatırım getirisi göz önüne alındığında, şu an için her türlü mahsulün üretimi için uygun olmasa da sürdürülebilir mahsul üretimi için en çok tercih edilen alternatiflerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojisindeki gelişmeler dikey tarımın yaygınlaşmasına katkı sunacaktır. Bunun için gereken, mahsullerin simüle edilmiş bir ortamda iç mekânlarda gelişebilmesi için çeşitli disiplinlerden teknolojilerin bir araya getirilerek geliştirilmesidir. IT ve diğer teknoloji şirketlerinin, dikey çiftlikleri uygun maliyetli hale getirmek için büyük veri analitiği, robotik, nesnelerin interneti ve tarım alanı simülasyon/modelleme araçlarını entegre ederek tarımsal faaliyetlerde önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir. Yakın gelecekte, Yapay Zekâ (AI) ve Makine Öğrenimi (ML) gibi en son teknolojilerin kullanılması ile dikey çiftçiliğin tahıllar gibi

uzun raf ömrüne sahip daha ucuz ürünleri üretmesi beklenmektedir. Kapalı tarım daha popüler hale geldikçe ve dikey çiftliklerin sayısı arttıkça kapalı tarım ekipmanlarının maliyetinin önemli ölçüde düşeceği düşünülmektedir. LED ve HVAC sistemlerindeki teknolojik gelişmeler hem ekipman ve üretim maliyetlerini hem de enerji tüketimini azaltacaktır. Rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması enerji tüketimini, karbon ayak izini ve karbon emisyonlarını da azaltacaktır. Ayrıca dikey tarım teknolojisinin ilerlemesi ve daha verimli hale gelmesi ile iş gücü ve işletme maliyetlerinde de önemli bir düşüş yaşanacağı değerlendirilmektedir.

Dikey tarımın okul sistemine dâhil edilmesinin genç nesilde farkındalığın artmasına, sektörle ilgili yanlış anlamaların ve söylentilerin ortadan kalkmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. AI ve ML'nin dikey çiftçiliğe dâhil edilmesinin, bu endüstriyi genç nesiller için daha çekici hale getireceği, böylece yaşanan tarım endüstrisinde yenilik arayışlarını canlandırıp artıracığı değerlendirilmektedir.

Günümüzde arzu edilen yalnızca birim alandan sadece fazla ürün almak olmayıp aynı zamanda güvenli üretim koşulları sağlamaktır. Kimyasal pestisitlerin olumsuz etkilerinin anlaşılması ile birlikte çevre bilincinin artması ve doğada yararlanılabilecek doğal düşmanların varlığı nedeniyle "Biyolojik Mücadele" gibi insan ve çevre sağlığına herhangi sakıncası olmayan mücadele metotlarına meyil oluşmuştur. Her geçen gün hızla tükenen doğal kaynakların dengeli kullanımını ve doğal dengenin korunmasını hedefleyen bu sistemde, özellikle çevre kirliliğinin büyük boyutlara ulaştığı ve çevre bilincinin ön plana çıktığı günümüzde, organik tarım ve biyolojik mücadele daha bir önem kazanmıştır. Biyolojik mücadele uygulamaları ile tarımda kimyasal ilaçların kullanımı azalacak, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri engellenecektir. Organik tarım sistemi, toprak-su kaynaklarını ve havayı kirletmeden, çevre, bitki, hayvan ve insan sağlığını en iyi şekilde koruyacaktır. Biyolojik mücadele metodunun önem kazandığı, ilaç kullanımının sınırlandırıldığı entegre mücadele uygulamalarının gelişmekte olduğu bölgemizde bitki koruma yöntemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik proje fikirlerinin değerlendirilmesinin yerinde olacağı düşünülmektedir.

5. Kaynakça

- (2017). Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi: <http://sufak.akdeniz.edu.tr/su-urunleri-yetistiriciligi/akuaponik-unitesi/> adresinden alındı
- Acımaz, Ö. (2020, Ağustos 2). *Biri Hariç Antik Dünyanın 7 Harikasının Nerede Olduğunu Biliyoruz*. Arkeofili: <https://arkeofili.com/biri-haric-antik-dunyanin-7-harikasinin-nerede-oldugunu-biliyoruz/> adresinden alındı
- Anaç, P. D. (2020). *Topraksız Tarım ve Bitki Besleme Teknikleri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğt. Dan. Tic. Ltd. Şti.
- AÜ. (2021). *Akdeniz Üniversitesi*. Su Ürünleri Fakültesi: <http://sufak.akdeniz.edu.tr/su-urunleri-yetistiriciligi/akuaponik-unitesi/> adresinden alındı
- AVF. (2021). *Association for Vertical Farming*. Vertical Farming Academy Controlled Environment Agriculture (CEA): <https://academy.vertical-farming.net/tr/cevre-kontrollu-tarim-ckt/> adresinden alındı
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2020). *Akıllı Tarım*. Ankara: Sektörel Araştırma ve Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- Bingöl, B. (2015). Dikey Tarım. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*.
- Birkby, J. (2016). Vertical Farming. *ATTRA Sustainable Agriculture*, 1.
- BM. (2017, Eylül 12). *Much of the planet's land severely degraded owing to increased consumption, UN warns*. United Nations: <https://news.un.org/en/story/2017/09/564752-much-planets-land-severely-degraded-owing-increased-consumption-un-warns> adresinden alındı
- BM. (2019, Haziran 17). *The World Population Prospects 2019*. United Nations: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html> adresinden alındı
- Bodur, T. (2020, Şubat 26-29). Yetiştiricilikte Akuaponik Uygulamaları. Antalya, Aksu, Türkiye.
- Cline, W. R. (2007). *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates By Country*. Washington, DC: Peterson Institute. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=CwIQ-9YdjzQC&oi=fnd&pg=PP13&dq=global+warming+and+agriculture:+impact+estimates+by+country+pdf&ots=toHPlaCUhp&sig=pMeo4vFI9XZ-rClarxOr5NVYm0Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false adresinden alındı

- Çevik, M. (2020, Ekim 12). *13 bin 360 dekada topraksız tarım yapılıyor*. Tarım ve Orman Dergisi: <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/507/13-bin-360-dekada-topraksiz-tarim-yapiliyor> adresinden alındı
- Dalgın, B. (2021, Nisan 20). *Teknolojik bostan: Dikey tarım*. Dünya Gazetesi: <https://www.dunya.com/kose-yazisi/teknolojik-bostan-dikey-tarim/618390> adresinden alındı
- DOĞAKA. (2015). *TR63 Bölgesi Seracılık (Örtü Altı Bitki Yetiştiriciliği) Sektör Raporu*.
- Duclo, D. (tarih yok). *History of the Bicycle*. Reading A-Z.
- DW. (2019, Ocak 27). *Deutsche Welle*. Tarımda yeni dönem: Hollanda tarzı yüksek teknoloji: <https://www.dw.com/tr/taryüzde C4yüzde B1mda-yeni-dyüzde C3yüzde B6nem-hollanda-tarzyüzde C4yüzde B1-yyüzde C3yüzde BCKsek-teknoloji/a-47236329> adresinden alındı
- Eden Green Technology. (2021, Ocak 26). *ntrolled Environment Agriculture: What You Need to Know About CEA*. Eden Green Technology: <https://www.edengreen.com/blog-collection/what-everyones-saying-about-controlled-environment-agriculture> adresinden alındı
- FAO. (2009). *2050: A third more mouths to feed*. Food and Agriculture Organization of The United Nations: <https://www.fao.org/news/story/pt/item/35571/icode/> adresinden alındı
- FAO. (2019). *Food Loss and Food Waste*. Food and Agriculture Organization of The United Nations: <https://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/flw-data> adresinden alındı
- FAO. (2019). *The Future of Food Safety*. Food and Agriculture Organization of The United Nations: <https://www.fao.org/3/ca4289en/CA4289EN.pdf> adresinden alındı
- FAO. (2021). *Crop production and natural resource use*. Food and Agriculture Organization of The United Nations: <https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e06.htm> adresinden alındı
- FAO. (2021). *FAOSTAT*. Food and Agriculture Organization of The United Nations: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>, <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.HA.PC> adresinden alındı
- Farminova Plant Factory. (2021). *Resources*. Farminova Plant Factory: <https://www.farminova.com/resources> adresinden alındı
- Gökhan, E. (2021). *MÜSİAD Tarım Raporu*. MÜSİAD.

Gül, A. (2019). *Topraksız Tarım*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Güngörmüş, Ö., & Özacar, İ. U. (2021, Şubat 12). *Tarlasız üretim: Dikey tarım*. TRT Haber: <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/tarlasiz-uretim-dikey-tarim-555896.html> adresinden alındı

<https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.HA.PC?end=2018&start=1961>. (2021). The World Bank Data. adresinden alındı

<https://www.sciencedaily.com/releases/2006/06/060602074522.htm>. (2006, Haziran 4). Science Daily: <https://www.sciencedaily.com/releases/2006/06/060602074522.htm> adresinden alındı

Kadioğlu, Ö. (2019). Dünya ve Türkiye’de tarımda dijital dönüşüm. *TOBB Ekonomik Forum Dergisi #304*, 106. <https://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2019/304/106-107.pdf> adresinden alındı

Kalkınma Bakanlığı. (2014). Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı Çalışma Grubu Raporu. Ankara. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/10_TarimArazilerininSurdurulebilirKullanimiCalismaGurubuRaporu.pdf adresinden alındı

Karabacak, A. E. (2021). *Isparta Burdur Mekansal Turizm Strateji Planı 2021- 2023*. Isparta: Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı.

Karadağ, Ş., Kasım, M. U., & Kasım, R. (2020). Kapalı Bitkisel Üretim Sistemleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 30-38.

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. (2019). Örtü Altı Tarım Uygulamaları İçin LED Aydınlatma Sistemleri. Kocaeli/İzmit, Türkiye.

Kös, M. (2015). *Kentiçi Ulaşım Problemlerine Alternatif Entegre Bisiklet Ulaşımı Planlaması*. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Laurenson, J. (2019, Ocak 27). Deutsche Welle: <https://www.dw.com/tr/taryüzde-C4yüzde-B1mda-yeni-dyüzde-C3yüzde-B6nem-hollanda-tarzyüzde-C4yüzde-B1-yyüzde-C3yüzde-BCksek-teknoloji/a-47236329> adresinden alındı

LeBlanc, R. (2019, Şubat 27). *Grow Light Options for Indoor and Vertical Farming*. The Balance Small Business: <https://www.thebalancesmb.com/grow-light-options-for-indoor-and-vertical-farming-4147429> adresinden alındı

- Mateusz, P. (2021). *Why Is Vertical Farming Bad: 9 Disadvantages*. Vertical Farming Planet: <https://verticalfarmingplanet.com/why-is-vertical-farming-bad-9-disadvantages/> adresinden alındı
- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemi. (2008). *Hidroponik Sistemler*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Neun, M., & Haubold, H. (2016). *The EU Cycling Economy: Arguments for integrated EU cycling policy*. Brussels: European Cyclists' Federation (ECF).
- Nex, S. (2020, Haziran 8). Maximum Yield: <https://www.maximumyield.com/future-farming-the-biggest-and-best-vertical-farms/2/17389> adresinden alındı
- Özkan, C. F. (2020, Ocak 3). Artan nüfus ihtiyaçları ve toprak sorunlarına alternatif çözüm: topraksız tarım. (A. U. Şahin, Röportaj Yapan)
- Piechowiak, M. (2021). *Vertical Farming Planet*. Why Is Vertical Farming Good: 11 Advantages: <https://verticalfarmingplanet.com/why-is-vertical-farming-good-11-advantages/> adresinden alındı
- Piechowiak, M. (2021). *Vertical Farming Technology: How Does It Work?* Vertical Farming Planet: <https://verticalfarmingplanet.com/vertical-farming-technology-how-does-it-work/> adresinden alındı
- Pinzuti, P. (2016). *Osmanlı'dan Günümüze Türkiye Bisiklet Tarihi*. Bisikletizm: <https://www.bisikletizm.com/osmanlidan-gunumuze-turkiye-bisiklet-tarihi/> adresinden alındı
- Reid, J. S. (2012). A Tale of Invention: the birth of the modern bicycle. *A Tale of Invention*, 1-21.
- Sheffield Üniversitesi. (2015, Aralık). Grantham Centre for Sustainable Futures Briefing Note: A sustainable model for intensive agriculture. Sheffield, ABD. <http://grantham.sheffield.ac.uk/wp-content/uploads/A4-sustainable-model-intensive-agriculture-spread.pdf> adresinden alındı
- SÜSBİR. (2021). *Süs Bitkileri Sektör Raporu*.
- Şahin, A. U. (2020, Ocak 3). Artan nüfus ihtiyaçları ve toprak sorunlarına alternatif çözüm: topraksız tarım. Ocak-Şubat. (C. F. Özkan, Röportaj Yapan) Tarım ve Orman Dergisi: <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/398/artan-nufus-ihtiyaclari-ve-toprak-sorunlarına-alternatif-cozum-topraksiz-tarim> adresinden alındı

Şahin, G., & Kendirli, B. (2016). Yeni Bir Zirai İşletme Modeli: Dikey Çiftlikler. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*. Ankara.

TAGEM. (2021, Ocak 1). Tarım 4.0 Tarımda Teknolojik Dönüşüm. Ankara, Türkiye.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022a). <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik> (Erişim: 25.07.2022).

TİM. (2021). Pandeminin ve Geleceğin En Stratejik Sektörü Tarımda Dijitalizasyonun Etkileri. *TİM Report*, 65.

TÜİK. (2022a). <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim: 25.07.2022).

TÜİK. (2022b). www.tuik.gov.tr (Erişim: 25.07.2022).

TÜİK. (2022c). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737#:~:text=Sebzeyüzde 20yüzde C3yüzde BCretimiyüzde 202020yüzde 20yyüzde C4yüzde B1lyüzde C4yüzde B1ndayüzde 20bir,31yüzde 2C2yüzde 20milyonyüzde 20tonyüzde 20oldu.> (Erişim: 25.07.2022).

TÜİK. (2022d). www.tuik.gov.tr (Erişim: 25.07.2022).

TÜİK. (2022e). www.tuik.gov.tr (Erişim: 25.07.2022).

Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1. (2020). Ankara: Ankara Üniversitesi Basın Yayın Müdürlüğü.

Tüzel, Y., Gül, A., Öztekin, G. B., Engindeniz, S., Boyazı, F., Duyar, H., . . . Durdu, T. (2020). Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi.

Vertical Farming. (2021). Vertical Farming: <https://www.verticalfarming.com/food-crops/> adresinden alındı

Yancı, Ü. (2020). Osmanlı'nın Bisikletle Tanışması ve Osmanlı'da Bisikletin Kullanım Alanları. *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 5-26.