

Atf İçin: Arslanbayrak, M., ve Ayan, A. K. (2024). Kenevirdeki (*Cannabis sativa L.*) Kültürel Uygulamalar Kannabinoidlerin Üzerine Etkisi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 483-492.

To Cite: Arslanbayrak, M., & Ayan, A. K. (2024). Effect The Cultural Applications On Cannabinoids In Hemp (*Cannabis sativa L.*). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(1), 483-492.

Kenevirdeki (*Cannabis sativa L.*) Kültürel Uygulamaların Kannabinoidlerin Üzerine Etkisi

Mert ARSLANBAYRAK^{1*}, Ali Kemal AYAN¹

Öne Çıkanlar:

- Kenevirde kannabinoid sentezi nasıl gerçekleşir
- Fitokannabinoidlerin tanımlanması

Anahtar Kelimeler:

- Kenevir
- Kannabinoidler
- Kültürel uygulamalar
- Fitokannabinoid sentezi

ÖZET:

Kenevir, tarih boyunca insanlığın üzerinde durmuş olduğu, *Cannabaceae* familyasına ait tek yıllık önemli bitkilerden biridir. Ülkemizde kenevir genellikle kendir ve çedene adı ile bilinen endüstriyel bir bitkidir. Kenevir lif ve içerdiği kimyasal bileşikler sayesinde hem sağlık hem de tekstil yönüyle değerlendirilen, pek çok alanda da yeni nesil kullanım alanları keşfedilen önemli bir bitkidir. Kenevirin ikincil metabolitleri genel anlamda kannabinoidler olarak isimlendirilmektedir. 100'ü aşkın kannabinoid olduğu bilinmekte birlikte, 70 kannabinoid 10 başlık altında tanımlanmıştır. Tıbbi anlamda en çok üzerinde durulan fitokannabinoidler; (tetrahidrokannabinol THC), Kannabidiol (CBD), Kannabidiolik asit (CBDA), Kannabigerol (CBG), Kannabigerolik Asit (CBGA) tir. Bu kimyasal bileşiklerin oluşumunda çevre şartları ve genetik faktörler büyük rol oynamaktadır. Özellikle çevresel faktörler bitkinin terpenofenolik yapıdaki ikincil ürünlerinin sentezini etkilediği pek çok çalışmanın sonucunda bildirilmiştir. Bu bağlamda, kenevirde üretim tekniklerinin kenevirdeki fitokannabinoid sentezi üzerindeki etkileri noktasında literatür ışığında bir değerlendirme yapılmıştır.

Effect The Cultural Applications on Cannabinoids in Hemp (*Cannabis sativa L.*)

Highlights:

- How does cannabinoid synthesis occur in hemp
- Definition of phyrocannabinoids

Keywords:

- Hemp
- Cannabinoids
- Conventional applications
- Fitocannabinoid synthesis

ABSTRACT:

Hemp is one of the important annual plants belonging to the *Cannabaceae* family that has been the subject of humanity throughout history. In our country, hemp is an industrial plant known as kendir and çedene. Thanks to its fibers and chemical compounds, hemp is an important plant that is evaluated in terms of both health and textiles and has new generation usage areas in many fields. The secondary metabolites of hemp are generally called cannabinoids. Although there are more than 100 cannabinoids, 70 cannabinoids have been defined under 10 headings. The phytocannabinoids that are mostly focused on medically are THC (tetrahydrocannabinol), CBD (cannabidiol), CBDA (cannabidiolic acid), CBG (cannabigerol), and CBGA (cannabigerolic acid). These chemical compounds are highly influenced by genetic and environmental interactions. Especially, environmental factors have been reported to affect the synthesis of secondary products in the terpenophenolic structure of the plant in many studies. In this context, an evaluation has been made based on the literature on the effects of production techniques on the synthesis of phytocannabinoids in hemp.

¹ Mert ARSLANBAYRAK ([Orcid ID: 0000-0002-9584-6564](https://orcid.org/0000-0002-9584-6564)), Ali Kemal AYAN ([Orcid ID: 0000-0001-7981-6288](https://orcid.org/0000-0001-7981-6288)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mert ARSLANBAYRAK , e-mail: mert.arslanbayrak@hotmail.com

Bu çalışma Mert ARSLANBAYRAK' ın Yüksek Lisans seminerinde üretilmiştir.

GİRİŞ

Kenevir(*Cannabis sativa*), tarih boyunca üzerinde en çok durulan, stratejik öneme sahip bitkilerden biri olmuştur. Kenevir, anavatanı Batı Asya'dır. Kenevir tek yıllık kazık köklere sahip olan ve kuvvetli kökleri ile toprağı sıkıca bir arada tutan bir bitkidir. Kenevir *Cannabinaceae* familyasından bir kültür bitkisidir. Yabancı döllenme görülen, $2n=20$ kromozom sayısına sahip olan kenevir, dioik (iki evcikli) ve monoik (tek evcikli) tipleri bulunmaktadır. *Cannabis* cinsi içerisindeki tanınan üç bilinen tür vardır. Bu türler; *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* ve *Cannabis ruderalis*' tir.

Kenevir, geniş kullanım potansiyeline sahip endüstriyel bir bitkidir. Türkiye'de genellikle kendir ve çedene ismiyle de bilinmekte olup, Lif, kumaş gibi dokuma (şile bezi, feretiko), ilaç, kâğıt üretimi, kozmetik sektörü, otomotiv sektörü ve biyoyakıt olmak üzere geniş bir kullanım potansiyeli olan kenevir, petrol ve petrokimyanın kullanıldığı her alanda da değerlendirilebilen bir endüstri bitkisidir. Yaklaşık 60 farklı endüstride kullanıldığı bilinmektedir. Kenevir "kannabinoid" olarak isimlendirilen sekonder metabolitleri sayesinde farklı kullanım alanlarına sahip bir bitkidir. Özellikle kannabinoid sentezini artırmak veya azaltmak amacıyla kültürel pek çok uygulamalar literatür de bulunmaktadır. Bu literatür kaynağı için 50'den fazla makale taranmıştır. "Hemp kannabinoid", "Hemp agriculture", "Hemp" sözcük dizileri kullanılarak "Googlescholar ve Web Of Science" da eşleşen kaynaklardan seçilmiştir. Bilhassa son yıllarda yapılan çalışmalar üzerinde durulmuş güncel bilgiler üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Bu derlemede belirtilen kaynaklara ek olarak "Googlesearch" kaynakları da kullanılmıştır.



Şekil 1. Kenevir seraları Samsun 2022

Kenevirin Kullanım Alanları

Kenevirin tohumları gıda olarak kullanılan besleyici kısımlarından biridir. Kavru lan tohumlarından elde edilen yağın içeriği; "linoleik asit, α -linolenik asit, β - linolenik asit, oleik asit, stearik asit, palmitik asit, araşidik asit, eikosenoik asit ve behenik asit tespit edilmiştir". Kenevir, yüksek miktarda linoleik ve linolenik asit gibi doymamış yağ asitlerine sahip olmasından dolayı tansiyon ve kolesterol düşürücü olarak kullanımı olduğu belirtilmiştir (Beşir ve ark., 2022). Zamanla kullanım alanı çeşitlenen kenevirin uzay sanayii, otomotiv, biyobozunur plastik sektöründe kullanılmaktadır (Yıldırım ve Çalışkan, 2020). Ayrıca tohumda fitosteroller, A, B, C ve E vitaminleri, karotenoidler, fenolik bileşikleri vasıtasıyla kozmetik alanında kenevirden faydalanılmaktadır (Beşir ve ark., 2022). Bitkinin saplarından elde edilen lifler kâğıt ve tekstil sanayisinde, kırtıklar hayvan altlığı veya inşaat sektöründe tuğla, duvar, yalıtım malzemesi (Chen ve Poon, 2009) ve taşıyıcı olmayan yapı elemanları yapımında kullanılmaktadır.

Kenevirin esas kullanım alanı sağlık sektörüdür. Bu anlamda bitkinin çiçek kısımları kullanılmaktadır. Bitkinin sahip olduğu biyoaktif maddeler sayesinde Balpınar ve Aytaç, (2021) özellikle nörolojik hastalıkların Multiple Skleroz(MS), epilepsi, Alzheimer semptomlarının azaltılması üzerine ilaçlarda etken maddelerin kullanıldığını bildirmişlerdir. Son yıllarda kenevir üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmış ve kenevir için yeni nesil kullanım alanları çoğalmaktadır.

Fitokannabinoidler

Kenevir, Kannabinoid adı verilen bileşikler sentezler. Bu kimyasallar bileşikler, kenevirin hem olumlu hem olumsuz etkilerinden sorumludur (Göre ve Kurt, 2020). En sık üzerine çalışılan ve en çok bilinen kannabinoidler; THC (Tetrahidrokannabinol), CBD (Kannabidiol), CBDA (Kannabidiolik asit), CBG (Kannabigerol), CBGA (Kannabigerolik asit), CBGV (Kannabigevarin) ve CBGVA (Kannabigevarik asit)'tir. Tüm kannabinoidlerin içeriği tam olarak tanımlanamasa da kannabidiol (CBD) ve tetrahidrocannabinol (THC) yapısı belirlenebilmiştir. Bu iki kannabinoid aynı moleküler yapıya sahiptir ve her ikisi de 21C, 30H ve 2O² atomu yapılarında bulundurlar. Fakat bu bileşikler yapılarındaki ufak bir farklılıktan dolayı, insan beyninde bulunan reseptörlerce farklı şekillerde etkiler göstermesine sebep olmaktadır. Bu bağlamda tetrahidrocannabinol (THC) psikoaktif etki gösterirken, Kannabidiol (CBD) psikoaktif değildir (Atakan, 2012). Bu özelliğinden dolayı kannabidiol (CBD)'u ürünlerde tetrahidrocannabinol (THC)'e nazaran daha sık görmekteyiz. Ayrıca, kannabidiol (CBD), hem endüstriyel kenevirde hem de narkotik kenevirde bulunurken, Tetrahidrocannabinol (THC) ise direkt kenevir bitkisinin narkotik kısmıyla doğrudan ilişkili olan bir madde olmaktadır (Göre ve Kurt, 2020). Kenevir tarımının güçlendirilmesi, kannabinoid oranı düşük, lif ve tohum verimi yönünden üstün kenevir çeşitlerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Endüstriyel tip kenevirlerde THC oranı için üst sınır, Kanada'da %0,3, Avrupa Birliği ülkelerinde ise %0,2 olarak belirlenmiştir. Ülkemizde, THC'si %0,2 den daha düşük olan AB kurallarına uygun 2 yerli çeşidimiz bulunmaktadır. Bu çeşitler; Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma enstitüsü ve Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi öğretim üyeleri ve araştırmacılarının Tarım bakanlığı ile işbirliği sonucu iki çeşit tescil ettirilmiştir ve isimleri Narlı ve Vezir55'dir (Aytaç, 2022).

Kenevirin sınıflandırılması

Literatürde kenevir, sahip olduğu lif ve kannabinoid içeriği bakımından ayrıca kullanım alanlarına göre 2 kategoride incelenmiştir. Bu sınıflandırma içerisinde lif ve kannabinoid içeriğine göre yapılmıştır. Bir diğer sınıflandırma şekli ise sahip olduğu THC içeriğine göre 3 gruba ayrılmış ve isimlendirilmiştir (Çizelge 1). (Beşir ve ark., 2022).

Çizelge 1. Kenevirin sınıflandırılması (Beşir ve ark., 2022)'den yeniden düzenlendi

| LİF VE KANNABİNOİD İÇERİĞİNE GÖRE | | |
|-----------------------------------|--|---------------------------|
| LİF | KANNABİNOİD | |
| Boy u uzundur | Boy u kısadır | |
| Tohum ve lif için hasat edilir | Kannabinoid bakımından zengindir | |
| Kannabinoid miktarı çok düşüktür | Kannabinoid miktarı daha yüksektir $1 < \text{THC} < 20$ | |
| THC İÇERİĞİNE GÖRE | | |
| $\text{THC} < 0,2-0,3$ | $0,3 < \text{THC} < 1$ | $1 < \text{THC} < 20$ |
| Lif/Ticari/Endüstriyel tip | Orta düzey tip | İlaç/uyuşturucu/Marihuana |

Kenevirde (*Cannabis sativa L.*), bitkinin sekonder metabolitleri terpenofenolik yapıdaki fitokannabinoidler oluşturmaktadır. fitokannabinoidler bitkinin özellikle çiçeklerinde, brakte ve bitki üzerinde trikom(tüyümsü yapılar) adı verilen, şeffaf renkli reçinesinde bulunduğu belirtilmiştir.

THC ve CBD kannabinoidlerinin sağlık üzerine etkileri

Tıbbi kenevir tarımında dişiler erkeklere nazaran daha fazla fitokannabinoid içeriğine sahip olmaktadır. Bu amaçla yapılan üretimde dişi bitkilerin kullanılması önem arz etmektedir. Aytaç ve ark (2018)'e göre Kenevir doğal olarak THC içerir ve dioik bir bitkidir. Kenevir gün uzunluğu sıcaklık gibi çevre koşullarına karşı oldukça duyarlı bir bitkidir. Çevre koşullarına göre farklı gelişim şekli geliştirebilir. Örneğin sık yetiştirilen kenevirde THC oranı düşük, seyrek yetiştirilen kenevirde THC oranı yüksek olmaktadır. Öyle ki gün ışığından oldukça iyi faydalanabilen genotiplerde THC içeriği aynı genotipe göre birkaç kat daha fazla THC üretmektedir. Kenevir fizyolojik olarak filizlenip tohum bağlayana kadar ürettiği kannabinoidlerin miktarı değişebilmektedir. Tohum tutana kadar kannabinoid miktarı artan bir eğriye sahipken, tohum bağladığı dönemde bu eğri azalışa doğru değişir. Ayrıca kannabinoid sentezi için kenevirde cinsiyet tayininin mümkün olduğu zamanda bitkide ikincil ürünlerin sentezinin başladığı söylenebilir.

Tarihte kenevirin şifa kaynağı olarak ilk kullanımı M.Ö. 2700 yılında Çin imparatoru tarafından yazılan "Farmakope" isimli kitapta, bitkinin romatizmal ağrı, kadın hastalıkları ve sıtma gibi hastalıkların tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Salami ve ark., 2020). Kenevirin sahip olduğu bu geleneksel olarak uzun sürelerce kullanımı, bitkinin kimyasal profilinin araştırma konusu olmasına sebep olmuştur (Gökgöz ve Can, 2021). Bu bağlamda literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır ve çalışmalar neticesinde özellikle ecza sanayinde pek çok hastalıkların tedavi sürecinde başvurulmuş ilaçlar geliştirilmiştir. Özellikle "Tetrahidrocannabinol (THC); anoreksia, glokom, ağrı, kansere bağlı bulantı ve kusma tedavisinde kullanılmıştır" (Gökgöz ve Can, 2021). CBD vücut ağrıları için analjezik, anti epileptik, antibakteriyel, antiinflamatuar, antikanserojen, antidepresan özellikleri yönünden kullanılmıştır. Ayrıca kenevir, nörolojik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Multiple Skleroz (MS), epilepsi, Huntington ve Alzheimer hastalığında kannabinoidlerin insan beyninde bulunan kannabinoid reseptör 1 ve 2 üzerine etkinliği kanıtlanmıştır (Balpınar ve Aytaç, 2021). Yapılan çalışmalar kenevirin Beyin (Schley ve ark., 2009), göğüs (Caffarel ve ark., 2010) ve prostat kanseri hücrelerinde (Chung ve ark., 2009) kannabinoidlerin olumlu etkileri olduğu kanıtlanmıştır.

Kannabinoid içeriğini (THC – CBD) etkileyen faktörler

Yapılan çalışmalar neticesinde kannabinoid sentezini etkileyen faktörler; ekolojik faktörler, üretim koşulları, bitki büyüme düzenleyicileri ve stres faktörleri kannabinoid üretiminde etkili olan faktörler olarak bildirilmiştir. Ekolojik Faktörler; iklim faktörleri, toprak faktörler, topoğrafik faktörler, biyotik faktörler ve genellikle etkileri olumsuz sonuçlanan insan faktörleri ile oluşmaktadır. Bu faktörler; ışık, sıcaklık, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, arazinin eğimi ve rakımı, canlı varlığının oluşturduğu etkiler olarak nitelendirilebilir.

Üretim koşulları

Tıbbi kenevir yetiştiriciliğinde verim ve kalite; çeşide, üretim yöntemlerine ve üretim koşullarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ayrıca, aydınlatma, ışık kaynağı, ekim sıklığı, CO² konsantrasyonu, fotoperiyot, gübreleme, hasat zamanı ve bitki büyüme ve düzenleyicileri Kannabinoid sentezi üzerine etkili olduğu yapılan çalışmaların sonucunda bildirilmiştir (Başbağ ve Ekinci, 2020). Bu sonuçlar doğrultusunda kültürü yapılacak çeşitlerin hangi amaca hizmet ettiği ve ürünlerin nasıl değerlendirileceği iyi bilinmelidir. Verim ve kalite açısından başarı, uygulanan kültürel işlemlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Genotip

Metrekare başına THC ve CBD birikiminin bitki genotipine göre değiştiği bildirilmiştir. Sera veya tarla şartlarında yetiştirilen kenevirin çeşidi ve ekim sıklığı, kannabinoid miktarını

etkilemektedir. Bu sebeple tescil edilecek her genotip için en iyi ekim sıklığının denemeler kurularak tayin edilmesi gerekmektedir. Kannabinoid verimi kullanılan çeşit ve üretim tekniklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Başbağ ve Ekinci, 2020). Slovenya’da yapılan bir çalışmada 15 kenevir çeşidinin kanabinoid profilleri analiz edilmiştir. Çeşitler içerisindeki kannabinoid miktarında önemli farklılıklar gözlenmiştir (Glivar ve ark., 2020).

Çizelge 2. Kannabinoidce zengin çeşitlere örnekler (Anonim, 2018)

| Kannabinoidce Zengin Çeşitler | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------------------------------|
| Çeşit | THC(%) | CBD(%) | Menşei |
| Sour Tsunami | 6-7 | 10-11 | - |
| Pennywise | 8-15 | - | - |
| Harlequin | 7 | 16 | Kolombiya |
| Ringo | 1 | 20 | Avrupa |
| Stephen Hawking Kush | 5 | 5 | Amerika Birleşik Devletleri |
| ACDC | 1-6 | - | İspanya |
| HARLE TSu | 1 | 22 | Güney Humboldt Tohum Kolektifi |
| Canna Tsu | 8 | 7 | Kuzey Kaliforniya |
| White Widow | 15-20 | 1-2 | Hollanda |
| Cannatonic | 7-15 | 17 | İspanya |

Kannabinoid içeriği için kullanılan genotip önemli olmakla beraber, kültürel uygulamalarda kannabinoid verimini etkilemektedir. Çeşit ve agronomik uygulamalar birbiri ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bu sebeple agronomik çalışmaların çeşit bazlı yapılması bu noktada önem teşkil etmektedir.

Aydınlatma ve ışık

Üretim tekniklerinin en etkili ürün stabilizesi sağlanması üzerine pek çok çalışma literatürde yer almaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalardan birinde altı farklı ışık spektrumunun kenevirin (*C. sativa*) büyüme özellikleri ve ikincil metabolit (kannabinoid ve terpen) profilleri üzerindeki etkisini araştırmak ve değerlendirmek üzere bir çalışma yürütülmüştür. Kontrol grubu olarak HPS (yüksek yoğunluklu deşarj) lambaları kullanılmıştır. Kapalı ortamlarda yapılan yetiştiriciliklerde genelde bu lambaların kullanılması, HPS lambalarının kontrol grubu olarak tayin edilmesi şeklinde değerlendirilmiştir. HPS lambaları renk açısından amber renge hâkim olduğu için, faktörler içerisine amber renk led’lere yer verilmiştir. Kullanılan ışık spektrumları arasında; Mavi (430 nm), Kırmızı (630 nm), Pembe (430 + 630 nm, oran 1:10), Mor (430 + 630 nm, oran 2:1), Amber (595 nm) led’ler kullanılmıştır. Amber renk led uygulaması tüm uygulamalar ve kontrol grubuna kıyasla en düşük çiçek verimine sebep olduğu gözlenmiştir. Mavi ışık spektrumu, bitkinin çiçek gelişimini, terpen konsantrasyonunu, THC ve CBG sentezini artış yönünde etkilerken, CBD sentezinde önemlilik noktasında bir etki göstermediği, araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Morello ve ark., 2022). Verimin artırılması noktasında yapılan bu çalışmalar birim alandan elde edilen ürünün verimini ve kalitesi artırmaktadır. Dünyada tarım alanlarının azalmasına karşın verimin artmasındaki en önemli sebeplerden biri agronomik çalışmalar ve ıslah programları sayesinde olmuştur.

Kannabinoid verimi üzerinde kullanılan ışık kaynağı ve ışık yoğunluğu etkili olmaktadır. HPS (yüksek yoğunluklu deşarj) lambalarının metrekaşe başına verimi, MH (Metal Halide) aydınlatmalarından daha etkili olduğu Backer ve ark., (2019) tarafından bildirilmiştir. Bunun nedeni, MH (Metal Halide) lambalarının HPS (yüksek yoğunluklu deşarj) lambalarından daha düşük ışık verimliliğine sahip olmasıdır. Başka bir deyişle THC ve CBD, Watt başına verim artarken, ışık yoğunluğu ile azaldığı tespit edilmiştir. Yüksek ışık yoğunluğu, bitkinin ışığı bir stres faktörü olarak

değerlendirmesine sebep olduğu bildirilmiştir (Mansouri ve ark., 2009). Vanhove ve ark.,(2011) yaptıkları çalışmaya göre, iki farklı bitki yoğunluğu (m^2 de 16-20 bitki), iki farklı ışık şiddetinin ve 5 farklı kenevir çeşitlerinin ('Super Skunk', 'Northern Light #5 Haze', 'Widow' ve 'Big Bud') üzerindeki kannabinoid üretimine olan etkisini araştırmışlardır. Işık şiddeti olarak 400 ve 600 Watt belirlenmiş ve çeşitler üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, m^2 de 16 bitki bulunan ve 600W'lık ışık şiddetine maruz kalan Süper Skunk çeşidindeki verim en üst seviyede olduğu gözlenmiştir. Aynı blokta olan White Widow çeşidi için ise en düşük verim gözlemlendiği bildirilmiştir. En yüksek THC konsantrasyonu (%16,3), 600 W lambalar altında metrekarede 20 bitki yoğunluğunda yetiştirilen Super Skunk çeşidinde gözlemlenmiştir. En düşük THC konsantrasyonu ise (%8.3), aynı koşullar altında yetiştirilen Northern Light #5 Haze çeşidinde olduğu saptanmıştır.

Sıcaklık ve karbondioksit uygulamaları

Karbondioksitin fotosentez için temel bileşenlerden olduğu ve ortamda artan CO_2 ile birlikte fotosentez miktarının arttığı bilinmektedir. Çoğu bitki gibi, kenevirin büyüme ve gelişmesi, CO_2 seviyelerinin yükseltilmesiyle artırılabilir (Chandra ve ark., 2011). Böylelikle daha fazla besin üretimi, protein sentezi gerçekleşebilir. Bazı yetiştiriciler, sera koşullarında CO_2 seviyelerini artırmak ve bitki verimliliğini artırmak için, doğalgaz ve propanla beslenen CO_2 jeneratörleri kullanmaktadır. CO_2 konsantrasyonları genellikle doğal seviyelerinin 4 katına çıkarılabildiği buda yaklaşık olarak karbondioksit seviyelerinin %0,16 tekabül ettiği bildirilmiştir (Başbağ ve Ekinci, 2020). Bu sayede bitkinin daha fazla ürün sentezinde bulunduğu, vejetatif olarak daha iyi gelişmesinin sonucunda daha fazla çiçek aksamı, yaprak yapıları ve trikomların (bitki üzerinde bulunan tüysü yapılar) miktarında artışın olması verimi dolaylı yoldan artırmaktadır.

Yüksek sıcaklıkların kenevirde THC içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir (Sikora ve ark., 2011). Tıbbi kenevirde örtü altı alanlarda yapılan yetiştiricilik için en uygun ve verimi olumlu yönde etkileyen ekolojik oluşumların belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada; farklı fotosentetik foton akı yoğunlukları (PPF), sıcaklıklar($^{\circ}C$) ve karbondioksit (CO_2) konsantrasyonlarının kenevirde, nem buharı özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, düşük sıcaklıklardaki (20-25 $^{\circ}C$) foton akı yoğunlukları ile kenevirin fotosentez ve su kullanım etkinliğinin hızlandığı ve en iyi fotosentez oranının 30 $^{\circ}C$ 'da ve 1500 $\mu mol/(m^2s)$ fotosentetik foton akı yoğunluğu altında gözlemlendiği bildirilmiştir (Chandra ve ark., 2008). De Prato ve ark.,(2022a)'e göre yaptıkları bir araştırmada üç farklı kenevir çeşidinde (ECO-GH15, ECO-MC16 ve ECO-YP16) 11,5 ve 12,5 saat gün uzunluğuna ve 4 farklı azot konsantrasyonuna (0, 5, 10, 15 kg/da) verdikleri tepkiyi araştırmışlardır. Sıcaklığın gün uzunluğuna kıyasla kenevirin büyümesi ve gelişiminde daha etkili olduğunu ve artan azotun kullanılan tüm çeşitlerde bitki biyokütlesinde olumlu etkisi olduğunu, gün uzunluğundaki bir saatlik artışın tetrahidrokannabinol (THC), kannabidiol (CBD)'de önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

Gübreleme

Bitki besin elementlerinin ikincil metabolitlerin sentezini etkilemektedir. Potasyum elementinin (K) bitki fizyolojisini, büyümesini ve ikincil metabolit üretimini etkilediği, Avustralya'da kontrollü şartlar altında yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir. Kannabinoid analizleri sonucunda artan potasyum(K) uygulamalarında kannabidiol (CBD) ve kannabidivarin (CBDV) miktarında artış gözlemlendiği bildirilmiştir (De Prato ve ark., 2022). Başka bir çalışmada ise azotun (N) kannabinoid ve terpenlerin sentezinde farklı etkileri olduğu tespit edilmiştir (Saloner ve Bernstein, 2021). Kenevirde fosfor(P), azot-fosfor-potasyum(NPK) ve humik Asit (HA) gübre uygulamalarının kannabinoid profiline etkisine dair bir çalışma yapılmış ve çalışmanın neticesinde her bir uygulama

bitkinin farklı dokularındaki kannabinoid sentezini farklı etkilediği bildirilmiştir. Fosfor (P) uygulaması bitkinin çiçeklerinde THC, CBD, CBN ve CBG konsantrasyonlarını etkilemezken, yapraklarında THC miktarında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. NPK uygulaması ise çiçeklerde THC ve CBD birikimini etkilemediği fakat yapraklarda bu kannabinoidlerin miktarını azalttığı, çiçeklerdeki CBG seviyesini artırdığı bildirilmiştir. Bunun haricinde hem çiçeklerde hem de çiçek salkımlarındaki CBN seviyesini düşürdüğü bildirilmiştir. HA uygulamasının ise çiçeklerde ve yapraklarda THC, CBD ve CBG seviyelerini düşürdüğü bildirilmiştir (Bernstein ve ark., 2019). Bir başka çalışmada uygulanan NPK gübrelemesinin (20-20-20) farklı dozları denenmiş ve gübre miktarı artıkça kannabinoid veriminin azaldığı negatif korelasyonun gözlemlendiği bildirilmiştir (Anderson ve ark., 2021). Wei ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kannabinoid verimini artırmak amacıyla yapılan uygulamalarda gerek çevresel faktörlerin gerekse kültürel faktörlerin etkisi sonucu kannabinoid profillerinde değişiklikler olabilmektedir. Gözlenen değişiklikler kannabigerol (CBG) gibi paydaş moleküllerden sentezlenen THC ve CBD gibi kannabinoidlerin verimi artırırken bazı ürünlerin veriminden kayıpların olduğu unutulmamalıdır.

Hasat ve hasat sonrası işlemler

Hasat zamanı, kannabinoid verimini etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan bir çalışmada kenevirin hasat zamanının bitkideki CBD verimini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Hasat zamanı olarak çiçeklenmenin 5 ile 11 haftalık periyotlarındaki sürelerde hasatlar yapılmış ve en etkili CBD birikiminin bitkideki çiçeklenme periyodunun 9. haftasında olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Aynı çalışmada farklı budama tekniklerinin, kannabinoid sentezinin üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çiçek kısımları ve yan sürgünlerin budanması üzerine yapılan bu çalışmada çiçeklenmenin arttığı ama CBD de anlamlı bir artışın olmadığı bildirilmiştir (Crispim Massuela ve ark., 2022).

Kenevirde kannabinoid oranı hasat ve hasat sonrası kurutma ve kurutmaya bağlı işlemlere (su aktivitesi, denge nem içeriği, sorpsiyon izotermi vb.) bağlı olarak elde edilen kannabinoid miktarında değişiklik olabilmektedir (Das ve ark., 2022). Endüstride kullanılan kurutma işlemleri; havayla kurutma, mikrodalga destekli konvektif kurutma, dondurarak kurutma, vakumla kurutma, mikrodalga destekli dondurarak kurutma, aralıklı (izotermal olmayan) kurutma, konveyörle kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Ek olarak denge nem içeriği, sorpsiyon izoterm modelleri ve kurutmanın iyileştirilmesi için pek çok çalışmaya gerek duyulmaktadır. Üründe verim kaybına neden olan başlıca problem nem oranından kaynaklı kontaminasyondur. Bu sebeple elde edilen ürünün kalitesi için bu yöntemler geliştirilmelidir.

Bitki büyüme düzenleyicileri

Bitki büyüme düzenleyicileri de kannabinoid birikimini etkileyebilir. Bitki büyüme düzenleyicilerinin, kannabinoid sentezi üzerine etkisini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, naftalin asetik asit (NAA) ve 6- Benzilaminopurin (BAP) hormonları ve bunların birlikte uygulanmasının kenevirde kannabinoid sentezinde istatistiksel bir anlamlılık söz konusu olmadığı bildirilmiştir (Burgel ve ark., 2020). Bir başka çalışmada, giberellik asit (GA3) uygulaması, kenevir yapraklarında tetrahidrokanabinol (THC) ve kannabidiol (CBD) birikiminde artışını sağladığı bildirilmiştir ve bu etkilerin altında yatan mekanizma tam olarak anlaşılammıştır. Bu bağlamda bir hipotez öne sürülmüştür. Bu hipotez, GA3 uygulamasının bitkideki etilen seviyelerini artmasına ve artan etilen seviyesi daha sonra bitkide THC ve CBD içeriklerinin artmasını sağladığı yönündedir (Mansouri ve ark., 2011). USO-31 kenevir çeşidinde nikotinik asidin CBD ve önemli ölçüde THC sentezini artırdığı ve kenevirin büyümesi ve cinsiyet özellikleri noktasında etkili olduğu tespit

edilmiştir (Mishchenko ve ark., 2020). Bitki büyüme hormonları üzerine yapılan çalışmalarda doz ve genotip çok önemli bir faktör olmaktadır. Yetiştiricilikte başarı için farklı dozlarla ve genotiplerle araştırmalar yürütülmeli ve konu aydınlatılmalıdır.

SONUÇ

Kenevir çevresel faktörlere karşı oldukça duyarlı bir bitkidir. Öyle ki kenevir farklı ekolojik koşullar altında kendi cinsiyetini değiştirebilmektedir. Tıbbi kenevir tarımında, kültürel uygulamalar oldukça önemli bir konu olmakla beraber elde edilecek ürün ve kalitesi için yetiştiricilik hususunda, çevre faktörleri oldukça etkilidir. Kannabinoid sentezi birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörler arasında ekolojik faktörler, yetiştiricilik şartları koşulları, bitki büyüme düzenleyicileri ve stres faktörleri yer almaktadır. Ekolojik faktörler arasında ışık, sıcaklık, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, arazinin eğimi ve rakımı, canlı varlığının oluşturduğu etkiler sayılabilir. Yetiştiricilik koşullarında ise çeşit, aydınlatma, ekim sıklığı, CO2 konsantrasyonu, fotoperiyot, gübreleme, hasat zamanı ve depolama şartları ve bitki büyüme ve düzenleyicilerini içermektedir. Kannabinoid sentezi ve eldesi üzerindeki etkileri incelenen bu faktörlerin kültürel işlemlerle kontrol edilebileceği, farklı kültürel işlemlerin farklı kannabinoid miktarı ve bileşimiyle sonuçlanabileceği çalışmalar sonucunda bildirilmiştir. Bu nedenle, kannabinoid eldesi için üretici kişilerin iyi bir kültürel işlem planı hazırlaması gerekmektedir. Ayrıca büyüme hormonları ve bitki besleme yönünde yapılan çalışmaların kannabinoid sentezinde oldukça önemli olduğu ve bu konuda yapılacak olan çalışmaların yoğunlaşması önem arz etmektedir. Kannabinoid üretimi hususunda genotiplerin özelliklerin belirlenmesi, arşiv oluşturulması ve üretim tekniklerinin istenilen üretim amacına uygun bilimsel çalışmalar ile desteklenmesi yönünde bir politika izlenmelidir. Pek çok çalışmanın neticesinde ikincil ürünlerin özellikle terpenofenolik yapıdaki kannabinoidlerin sentezinde genetik varyasyonun çevre faktörlerinden daha etkili olduğu vurgulanmış ve üzerinde çalışılan genotipin dönüştürülecek olan ürüne hizmet edecek şekilde ıslah çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederim.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2018). CBD kenevir çeşitleri - en iyi TOP URL:<https://tr.cannadorra.com/en/articles/hemp-articles-and-information/cbd-hemp-varieties-best-top-10> (erişim tarihi: 25 Nisan, 2023).
- Anderson, S. L., Pearson, B., Kjellgren, R., & Brym, Z. (2021). Response of essential oil hemp (*Cannabis sativa L.*) growth, biomass, and cannabinoid profiles to varying fertigation rates. *PLoS One*, 16(7), e0252985. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252985>.
- Atakan, Z. (2012). Cannabis, a complex plant: different compounds and different effects on individuals, *The Advanced Psychopharmacol.* 2(6): 241–254. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/2045125312457586>.
- Aytaç, S., Arslanoğlu, Ş. F. ve Ayan, A. K. (2018). Suçlu olarak bilinen bitki: kenevir. *Current Academic Studies in Agricultural Sciences*, 550. Retrieved from
- Aytaç, S., Kenevir; Çiftçi Eğitimleri Söyleşi. Samsun Vezirköprü, (2022).
- Backer, R. G., Rosenbaum, P., Mccarty, V., Eichhorn Bilodeau, S., Lyu, D., Ahmed, M. B. ve Smith, D. L. (2019). Closing the yield gap for *cannabis*: a meta-analysis of factors determining *cannabis* yield. *Frontiers in Plant Science*, 10, 495. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00495>.
- Başbağ, S. ve Ekinci, R. (2020). Bölüm 5. S. Başbağ. ve R. Ekinci içinde, kenevir tarımı (s. 61-84). *researchgate*.
- Balpınar Ö., Aytaç S. Tıbbi kenevir ve sağlık: farmakolojik bir derleme. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi* 2021; 45(3): 631-651. Retrieved from <https://doi.org/10.33483/jfpau.859372>.

- Bernstein, N., Gorelick, J., Zerachia, R. ve Koch, S. (2019). Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical *cannabis* (*Cannabis sativa L.*). *Frontiers in plant science*, 10, 736. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00736>.
- Beşir, A., Bektaş, N. Y., M. M. ve Yazıcı, F. (2022). Kenevirde THC ve CBD Faktörlerinin Değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1092-1104,. Retrieved from <https://doi.org/10.47495/okufbed.1089331>.
- Burgel, L., Hartung, J., Schibano, D. ve Graeff-Hönninger, S. (2020). Impact of different phytohormones on morphology, yield and cannabinoid content of *Cannabis sativa L.* *Plants*, 9(6), 725. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/plants9060725>.
- Caffarel, M. M., Andradas, C., Mira, E., Pérez-Gómez, E., Cerutti, C., Moreno-Bueno, G., ... & Sánchez, C. (2010). Cannabinoids reduce ErbB2-driven breast cancer progression through Akt inhibition. *Molecular cancer*, 9(1), 1-11. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/1476-4598-9-196>.
- Caplan, D., Dixon, M. ve Youbin, Z. (2017). Optimal rate of organic fertilizer during the vegetative-stage for *cannabis* grown in two coir-based substrates. *HortScience*, 52, 1307-1312. Retrieved from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11903-17>.
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A. ve Elsohly, M. A. (2011). Photosynthetic response of *Cannabis sativa L.*, an important medicinal plant, to elevated levels of CO². *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 17(3), 291-295. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s12298-011-0066-6>.
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A. ve Elsohly, M. A. (2008). Photosynthetic Response of *Cannabis sativa L.* to Variations in Photosynthetic Photon Flux Densities, Temperature and CO² Conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 14, 299-306. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s12298-008-0027-x>.
- Chen, J., & Poon, C. S. (2009). Photocatalytic construction and building materials: from fundamentals to applications. *Building and environment*, 44(9), 1899-1906. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.002>.
- Chung, S. C., Hammarsten, P., Josefsson, A., Stattin, P., Granfors, T., Egevad, L., ... & Fowler, C. J. (2009). A high cannabinoid CB1 receptor immunoreactivity is associated with disease severity and outcome in prostate cancer. *European Journal of Cancer*, 45(1), 174-182. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2008.10.010>.
- Conant, R., Walsh, R., Walsh, M., Bell, C. ve Wallenstein, M. (2017). Effects of a Microbial Biostimulant, Mammoth PTM, on *Cannabis sativa* Bud Yield. *J. Hortic. Forestry*, 4, 2376-0354. Retrieved from 10.4172/2376-0354.1000191.
- Crispim Massuela, D., Hartung, J., Munz, S., Erpenbach, F. ve Graeff-Hönninger, S. (2022). Impact of harvest time and pruning technique on total cbd concentration and yield of medicinal *cannabis*. *Plants*, 11(1), 140. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/plants11010140>.
- Das, P. C., Vista, A. R., Tabil, L. G., & Baik, O. D. (2022). Postharvest operations of cannabis and their effect on cannabinoid content: A review. *Bioengineering*, 9(8), 364. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/bioengineering9080364>.
- De Prato, L., Ansari, O., Hardy, G. E. S. J., Howieson, J., O'Hara, G. ve Ruthrof, K. X. (2022). Morpho-physiology and cannabinoid concentrations of hemp (*Cannabis sativa L.*) are affected by potassium fertilisers and microbes under tropical conditions. *Industrial Crops and Products*, 182, 114907. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114907>.
- De Prato, L., Ansari, O., Hardy, G. E. S. J., Howieson, J., O'Hara, G., & Ruthrof, K. X. (2022a). The cannabinoid profile and growth of hemp (*Cannabis sativa L.*) is influenced by tropical daylengths and temperatures, genotype and nitrogen nutrition. *Industrial Crops and Products*, 178, 114605. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114605>.
- Göre, M. ve Kurt, O. (2020). Bitkisel Üretimde Yeni Bir Trend: Kenevir. Research article, 138-157. Retrieved from <https://doi.org/10.38001/ijlsb.789970>.
- Gökgöz, A. ve Can, E. Y. (2021). Medikal ve Endüstriyel Açından Kannabinoidlerin Önemi ve Türkiye Ekonomisine Katkı Potansiyeli. *Batı Karadeniz Tıp Dergisi*, 5(3), 315-323. Retrieved from <https://doi.org/10.29058/mjwbs.928899>.
- Glivar, T., Eržen, J., Kreft, S., Zagožen, M., Čerenak, A., Čeh, B., & Benkovič, E. T. (2020). Cannabinoid content in industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) varieties grown in Slovenia. *Industrial crops and products*, 145, 112082.
- Leggett, T. (2006). A review of the world cannabis situation. *Bull Narc*, 58(1-2), 1-155. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112082>.
- KOCA ÇALIŞKAN, U. F. U. K. (2020). Hemp And Its Use In Health (Kenevir Ve Sağlık Alanında Kullanımı). *J. Fac. Pharm. Ankara/Ankara Ecz. Fak. Derg.*, 44(1). Retrieved from <https://doi.org/10.33483/jfpau.559665>.

- Lewis, G. S. ve Turner, C. E. (1978). Constituents of *Cannabis sativa* L. XIII: stability of dosage form prepared by impregnating synthetic (-)D9 -trans-tetrahydrocannabinol on placebo Cannabis plant material. *J Pharm Sci*, 67, 876-878. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/jps.2600670645>.
- Lowe, H., Steele, B., Bryant, J., Toyang, N. ve Ngwa, W. (2021). Non-cannabinoid metabolites of Cannabis sativa L. with therapeutic potential. *Plants*, 10(2), 400. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/plants10020400>.
- Mansouri, H., Asrar, Z. ve Szopa, J. (2009). Effects of ABA on primary terpenoids and 19-tetrahydrocannabinol in *Cannabis sativa* L. at flowering stage. *Plant GrowthRegul.* 58, 269-277. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10725-009-9375-y>.
- Mansouri, H., Asrar, Z. ve Amarowicz, R. (2011). The response of terpenoids to exogenous gibberellic acid in Cannabis sativa L. at vegetative stage. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1085-1091.. in vegetative stage. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(1), 94– 102. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/0972060X.2015.1004122>.
- Mishchenko, S. V., Laiko, I. M., Tkachenko, S. M., Lavrynenko, Y. O., Marchenko, T. Y., & Piliarska, O. O. (2022). The influence of exogenous growth regulators on the cannabinoid content and the main selection traits of hemp (*Cannabis sativa* L. ssp. Sativa). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 67(3), 237-251. Retrieved from <https://doi.org/10.2298/JAS2203237M>.
- Morello, V., Brousseau, V. D., Wu, N., Wu, B. S., MacPherson, S. ve Lefsrud, M. (2022). Light Quality Impacts Vertical Growth Rate, Phytochemical Yield and Cannabinoid Production Efficiency in *Cannabis sativa*. *Plants*, 11(21), 2982. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/plants11212982>.
- Potter, D. J. (2014). A review of the cultivation and processing of *cannabis* (*Cannabis sativa* L.) for production of prescription medicines in the UK. *Drug Testing and Analysis*, 6(1-2), 31-38. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/dta.1531>.
- Razdan, R. K., Puttick, A. J., Zitko, B. A. ve Handrick, G. R. (1972). Hashish VI: conversion of (-)-D16)-tetrahydrocannabinol to (-)-D17)- tetrahydrocannabinol, stability of (-)-D1 - and (-)-D16)- tetrahydrocannabinols. *Experientia*, 28, 121-122. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/BF01935704>.
- Salami SA., Martinelli F., Giovino A., Bachari A., Arad N., Mantri N. (2020). It is our turn to get cannabis high: Put cannabinoids in food and health baskets. *Molecules* . 25(18): 4036. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/molecules25184036>.
- Saloner, A. ve Bernstein, N. (2021). Nitrogen supply affects cannabinoid and terpenoid profile in medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Industrial Crops and Products*, 167, 113516. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113516>.
- Sikora, V., Berenji, J., & Latković, D. (2011). Influence of agroclimatic conditions on content of main cannabinoids in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Genetika-Belgrade*, 43(3), 449-456. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.2298/GENSR1103449S>.
- Schley, M., Ständer, S., Kerner, J., Vajkoczy, P., Schüpfer, G., Dusch, M., ... & Konrad, C. (2009). Predominant CB2 receptor expression in endothelial cells of glioblastoma in humans. *Brain research bulletin*, 79(5), 333-337. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2009.01.011>.
- Vanhove, W., P. V. ve N. M. (2011). Factors determining yield and quality of illicit indoor *cannabis* (*Cannabis spp.*) production. *Forensic Science International* 212, 158-163. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.06.006>.
- Wei, X., Zhou, W., Long, S., Guo, Y., Qiu, C., Zhao, X., & Wang, Y. (2023). Effects of Different N, P, and K Rates on the Growth and Cannabinoid Content of Industrial Hemp. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2159605. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2159605>.