



Kenevir ve Biyoteknoloji Araştırmaları Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/hempbir>

Cilt 1, Sayı 1, 24-34 (2025)

Araştırma Makalesi

e-ISSN: 3062-3626

Sera Şartlarında Kenevirin Uygun Ekim Sıklığının Belirlenmesi

Güngör YILMAZ¹, Levent YAZICI¹, Yusuf GÜZELCE², Cebail YILDIRIM², Osman AKDAŞ²,
Erdem KARAKOÇ²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 66100, Yozgat, Türkiye

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Tarım ve Gıda Anabilim Dalı, 66100, Yozgat, Türkiye

Özet

Kenevir (*Cannabis sativa* L.) Cannabinaceae familyasına ait, 2n=20 kromozomlu, tek yıllık ve yabancı döllen bir bitkidir. Bu bitki dünyanın eski kültür bitkilerinden biri olup, günümüzde birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Ülkemizde kenevir tarımının gündeme gelmesiyle birlikte, pek çok alanda bilimsel çalışmalara ihtiyaç olduğu anlaşılmıştır. Kenevirin lif üretimi amacıyla sera koşullarında ve saksıda üretimi planlandığında uygun ekim sıklığının ne olabileceğinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bundan dolayı bu araştırma, Yozgat Bozok Üniversitesi Kenevir Araştırmaları Enstitüsü Ar-Ge serasında 2023 yılında yapılmıştır. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede 20 lt'lik saksılara (28x26 cm), Narlı ve Fedora 17 kenevir çeşitlerinin tohumları ekilmiştir. Çalışmada saksılara yapılan ekimlerde 8 farklı sıklık (1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25 adet bitki/saksı) incelenmiştir. Çalışmada, bitki boyu, sap çapı, biyokütle verimi, kuru sap verimi, lif verimi ve lif oranına ait bulgular incelenmiş olup, deneme desenine uygun varyans analizleri yapılarak bulgular değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen lif verimleri Fedora çeşidinde 18,4-35,0 g/saksı arasında değişim göstermiştir. En yüksek verim 20 bitki sıklığında görülmüştür. Narlı çeşidinin dişi bitkilerinde 14,4-25,1g/saksı arasında değişim göstermiştir. Narlı çeşidinin erkek bitkilerinde ise lif verimi 12,5-21,4 g/saksı arasında değişmiş ve en yüksek verim 20 bitki sıklığında görülmüştür. Sera koşullarında kuru sap ve lif verimi esas alındığında, denemede kullanılan her iki çeşit için de bitki sıklığının saksı başına 20 adet bitki olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelime: Bitki sıklığı, Biyokütle verimi, Endüstriyel kenevir, Sera koşulları

Abstract

Cannabis (*Cannabis sativa* L.) is an annual and foreign fertilized plant with 2n=20 chromosomes, belonging to the Cannabinaceae family. This plant is one of the oldest cultivated plants in the world and is used in many different sectors today. With the introduction of hemp agriculture in our country, it has been understood that there is a need for scientific studies in many sectors. When hemp is planned to be produced in greenhouse conditions and in pots for fiber production, there is a need to determine the appropriate planting frequency. Therefore, this research was conducted in the R&D greenhouse of Yozgat Bozok University Hemp Research Institute in 2023. The experiment was conducted with three replications according to the Coincidence Plots Experimental Design. In the experiment, seeds of Narlı and Fedora 17 cannabis varieties were sown in 20 liter pots (28x26 cm). In the study, 8 different densities (1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25 plants/pot) were examined. In the study, plant height, stem diameter, biomass yield, dry stem yield, fiber yield and fiber ratio were examined and the findings were evaluated by performing variance analysis in accordance with the experimental design. The fiber yields obtained in the study varied between 18.4-35.0 g/pot in Fedora variety. The highest yield was observed at 20 plant density. In the female plants of Narlı variety, it varied between 14.4-25.1 g/pot. In male plants of Narlı variety, fiber yield varied between 12.5-21.4 g/pot and the highest yield was observed at 20 plant density. Based on dry stem and fiber yields under greenhouse conditions, it was concluded that the plant density for both varieties used in the experiment was 20 plants per pot.

Keywords: Plant density, Biomass yield, Industrial hemp, Greenhouse conditions

¹ <https://orcid.org/0000-0003-0070-5484> ² <https://orcid.org/0000-0002-6839-5366> ³ <https://orcid.org/0000-0001-9467-0598>

⁴ <https://orcid.org/0000-0001-6287-6110> ⁵ <https://orcid.org/0009-0004-6193-7929> ⁶ <https://orcid.org/0000-0001-7908-4793>

1. GİRİŞ

Endüstriyel kenevir, yüzyıllardır halat, branda, tekstil, yapı malzemeleri ve son zamanlarda otomobil parçaları ve plastik gibi malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır (Bocsa ve Karus, 1998). Bitkinin tohumları yüksek protein içeriği (%25) yanında, karbonhidrat (%28), yağ (%36), çoklu doymamış (%90) temel yağ asitleri (linoleik ve linolenik asitleri), Omega-6: omega-3 yağ asidi oranı (3:1) ve lifli yapısıyla oldukça değerli bir besin kaynağıdır. (Deferne ve Pate, 1996; Callaway, 2004). Bitki ilk olarak M.Ö. 2800'lerde Çin' de lifleri için yetiştirildiği düşünülmektedir. 16. yüzyılda denizcilik faaliyetlerinin yoğunluğu ve gemi teknolojisinin gereksinimleri doğrultusunda, bir gemide ortalama 50 ila 100 ton arasında kenevir halatına ihtiyaç duyuluyordu. Bu durum, kenevirin dönemin en stratejik ve ekonomik açıdan en değerli hammaddelerinden biri haline gelmesine neden olmuştur. 18. ve 19. yüzyıllarda giderek pamuk işleme tesislerinin devreye girmesiyle tekstil amaçlı kullanım için diğer doğal liflere olan talep azalmıştır. Bununla birlikte, halat olarak kullanılmak üzere sisal, jüt ve manila kenevirinden oluşan ucuz lifler Avrupa' ya ithal edilmiştir. 20. yüzyılda sentetik lif üretiminin yaygınlaşması, kenevir lifleri için pazarı daha da daraltmıştır (Bocsa ve Karus, 1998).

Teknolojik gelişmeler son zamanlarda bu çok yönlü bitkinin uygulama alanını genişletmiş ve kenevir artık jeotekstillerde, kompozitlerde, plastiklerde, ev yalıtımında, kozmetiklerde ve diğer çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır. Kenevir sapı bitkinin ekonomik açıdan en önemli kısmı olarak kabul edilir (Yılmaz ve Akdaş, 2024). Sapın %59-67' sini oluşturan sak (kabuk) ve hurd (öz) dokuları olmak üzere iki bileşene ayrılabilir. Dış kabuk, %65 selüloz, %15 hemiselüloz ve %4 lignin içeren çok değerli birincil sak liflerini içerir (Bocsa ve Karus, 1998). Lifler, pektinlerle birlikte bitki boyunca uzanan lif demetleri halinde birbirine bağlanırlar. Kenevir sak lifleri dünyadaki en güçlü doğal liflerden bazıları olarak kabul edilir ve ekonomik olarak en uygun liflerdendir. Bunlar, 550-900 MPa arasında değişen gerilme mukavemetine sahip uzun liflerdir (10-100 mm) (Wambua ve ark. 2003). Çok daha kısa liflerden (>0.5 mm) oluşan odunsu iç kısım (kıtık=hurd), kâğıt hamuru, hayvan yatağı ve beton, tuğla 'kenevir tuğlası' yapımında kullanılmaktadır (Elfordy ve ark. 2008). Çeşitli siyasi ve sosyal faktörler, özellikle yirminci yüzyılın ortalarında yüksek THC (delta-9-tetrahidrokannabinol) içeren kenevir türleri ile ilişkili olarak algılanması nedeniyle çoğu ülkenin endüstriyel kenevir üretimini aşamalı olarak durdurmasıyla sonuçlanmıştır. Sonuç olarak çoğu ülke ya hiç kenevir endüstrisine sahip olmamış ya da İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana on yıllar boyunca kesintiye uğramıştır (De Meijer, 1995). Ancak Fransa, Macaristan ve Ukrayna gibi bazı Avrupa ülkelerinde üretim hiç durmamıştır. 1989' dan bu yana, endüstriyel kenevire olan küresel ilgi, yoğun ve yüksek girdili ürünlere uygun bir alternatif olarak artmıştır. Bu durum, pamuk gibi benzer yerleşik endüstrilerle rekabet edebilmek için ürünün modern üretimi ve işlenmesine yönelik yenilikçi tarımsal çözümlere ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Dünya çapında kenevir ekimi, yenilenebilir elyaf kaynaklarına ve 'sürdürülebilir' tarım uygulamalarına yönelik artan talebe yanıt olarak son yıllarda istikrarlı bir şekilde artmaktadır (Bocsa ve Karus, 1998; Yılmaz ve Yıldırım 2024; Yılmaz ve Akdaş, 2024). Endüstriyel kenevir artık Avrupa, Asya, Avustralya ve Kuzey Amerika' nın büyük bölümünde ticari amaçlarla yüksek miktarlarda üretilmektedir. Endüstriyel kenevire (*Cannabis sativa* L.) olan ilgi dünya çapında artmaktadır. Çoğu üretim alanında, mevcut tarım sistemleri içinde dönüşümlü olarak yetiştirilen yeni bir çevreci ürün haline gelmiştir (Yılmaz ve Yazıcı, 2022).

Bitki sıklıkları için farklı ekim modelleri dünya genelinde benimsenmiştir. Ekim sıklığı seçimi büyük ölçüde seçilen çeşitten, üretim amacından ve yetiştirme koşullarından etkilenmektedir. Bocsa ve Karus (1998), uygun sıra genişliklerinin 20, 30 veya 40 cm olmasını ve amaçlanan ürün kullanımına bağlı olarak sıra üzeri bitki aralığının 5 cm' de kalmasını önermektedir. Kanada' da yapılan araştırmaya göre ekim sıklığı için sıra arası genişliğin 15-18 cm arasında olması gerektiği önerilmiştir (Baxter, 2009) ve Ranalli (1999) yaygın bir uygulamanın 8-15 cm' lik sıra arası ekim olduğunu bildirmektedir. Metrekare başına uygun bitki yoğunlukları konusunda çoğu araştırmacı tohum amaçlı yetiştiricilikte çeşitler için 100-150 bitki/m² ve lif amaçlı yetiştiricilik için 200 ile 375 bitki/m² arasında mutabık kalmış görülmektedir (Van der Werf ve ark., 1995; Amaducci ve ark., 2008). Kanada' da lif için 300 bitki/m² tavsiye edilirken, Ukrayna' da 450-500 bitki/m² yoğunluğu önerilmektedir (Hermann, 2008). Ayrıca lif üretiminde ince ve kaliteli lif üretimi için 750 bitki/m² kadar yüksek yoğunluklar bile tavsiye edilmiştir (Ranalli, 1999). Lif ve tohum amaçlı yetiştirilen kenevir çeşitleri

arasındaki popülasyon farklılıkları, birbirine yakınlık ve bitki habitatının fizyolojik etkileri göz önüne alındığında oldukça önemlidir.

Ekim sıklığının bitki boyu, verim, yabancı ot bastırma (Anonim, 2000), ışık engelleme, kanopi oluşturma, kenevirin gelişimi ve büyüme alışkanlığı üzerinde önemli bir etkilere sahiptir (Hermann, 2008; Bocsa ve Karus, 1998). Yüksek yoğunluklarında yetiştirilen bitkiler, karakteristik olarak ince gövdeli, hasatta daha kısa, daha geç çiçeklenen ve daha uzun boğumlar arası mesafe ve daha uzun sak lifleri üretmektedir (Amaducci ve ark., 2008; Lisson ve Mendham, 2000). Yapraklar yüksek yoğunluklarda daha hızlı yaşlanmakta ve rekabetten dolayı kendi kendini inceltmektedir (Cromack, 1998). Çok yüksek yoğunluklu ekimlerden elde edilen tohum verimi, bitkiler arası rekabet ve dallanma eksikliğinin bir sonucu olarak azalabilmektedir (Schumann ve ark., 1999).

Uygun ekim sıklıklarının belirlenmesinde bitki popülasyonunun lif kalitesi ve verimi üzerindeki fizyolojik etkilerinin yakından incelenmesi oldukça önemlidir. Toplam gövde veriminin ekim sıklığından nispeten etkilenmediği görülmüş olsa da (Amaducci ve ark., 2008) işlenmiş lifin kalitesi etkilenebilmektedir. Her ne kadar 150- 300 bitki/m² (Hermann, 2008) arasında sak lifi içeriğinde çok az değişiklik gözlenmiş olsa da bazı araştırmacılar genel olarak gövdedeki sak lif oranının ekim sıklığının artmasından olumlu etkilendiğini öne sürmektedir (Ranalli, 1999). Bennett (2006) gibi diğer araştırmacılar, 150 bitki/ m²' ye kıyasla 300 bitki/m² de ekimi yapılan ürünlerde daha yüksek lif verimi gözlemlemiştir. Ayrıca, bitki popülasyonu arttıkça lif çapının azaldığı ve böylece kalitenin arttığı bildirilmiştir (Amaducci ve ark., 2008).

Bocsa ve Karus' a (1998) göre, kimyasal herbisit müdahalesine gerek kalmadan doğal yabancı ot bastırması için sıralar arasında en fazla 40 cm'lik bir aralık gerektirdiğini bildirmiştir. Daha düşük yoğunluklarda yetiştirilen bitkiler bitki başına daha fazla tohum ürettiği ve daha büyük gövdeler oluşturduğu gözlenmiş (Bocsa ve Karus, 1998; Schumann ve ark., 1999), ancak kanopi kapanmasının gecikmesi durumunda yabancı ot rekabetine maruz kalabildiği belirlenmiştir.

İklim faktörleri kadar kenevir verimini tarımsal faktörler de etkilemektedir. Kenevir tarımında ürün verim ve kalitesi bakımından tarımsal faktörlerden birisi ekim sıklığıdır. (Farooq ve ark., 2015; Farooq ve ark., 2017; Hussain ve ark., 2016a; Hussain ve ark., 2016b). Ekim sıklığı hem lif hem de tohum veriminde önemli bir etkiye sahiptir. Daha önce yapılan araştırmalarda, ekim sıklığının gövde verimi üzerinde etkisinin az olduğunu, ancak yüksek yoğunlukta yetiştirilen bitkilerin düşük yoğunlukta yetiştirilenlerden daha uzun ve ince gövde yapısına sahip olduğunu göstermiş ve daha uzun teknik sapa sahip olmuşlardır (Amaducci ve ark., 2002; Struik ve ark., 2000).

Yazici (2023), Yozgat ekolojik koşullarında yürüttüğü çalışmada, yüksek ekim sıklığının (200 ve 250 bitki/m²) bitki boyu, teknik gövde uzunluğu, gövde çapı, yaş biyokütle verimi, kuru sap ağırlığı, lif verimi, tohum verimi ve yağ oranı gibi birçok özelliği olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Belirli bir oranda bitki yoğunluğundaki artış bitki boyunu ve teknik gövde uzunluğunu artırmıştır. Bununla birlikte, bitki sıklığındaki artışla birlikte bitki boyu azalmıştır. Bitki boyu ve teknik sap uzunluğu için 150 bitki/m² en uygun ekim sıklığı olmuştur. Gövde çapı artan ekim sıklığı ile doğrusal olarak azalmıştır. En kalın gövdeler 100 bitki/m² sıklığı altında elde edilmiştir. Narlısaray çeşidinin bitki boyu ve gövde çapı özellikleri Futura 75 çeşidinden daha yüksek bulunmuştur. Futura 75 çeşidinin tohum verimi Narlısaray çeşidinden daha yüksek olmuştur. Tohum verimi 100 ve 150 bitki/m² ekim sıklığında 200 ve 250 bitki/m² 'ye göre daha yüksek olmuştur. Sonuçlar, Türkiye'nin Yozgat ilinin iklim koşullarında endüstriyel kenevir tohumu üretimi için daha düşük ekim sıklığının, yani 100 ve 150 bitki/m² 'nin optimum olduğunu ortaya koymuştur. Yukarıda bitki sıklığıyla ilgili verilen bulgular tarla koşullarında yürütülen denemelerden alınan sonuçlardır. Ancak son yıllarda bir ortam olarak sera koşullarda üretim faaliyetleri de devreye girmeye başlamıştır. Bu durumda hangi sıklıkta üretim yapılacağına dair bilimsel bulgu elde etmek amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Denemede Narlı yerli kenevir çeşidi ve yurt dışı kökenli Fedora 17 kenevir çeşitleri kullanılmıştır. Narlı çeşidi; dioik bir çeşittir. Yüksek lif ve tohum verimi potansiyeline sahiptir. Bin tohum ağırlığı 17.0-17.5 g arasında değişmekte olup, tohumların çimlenme oranı %85'in üzerindedir. Yüksek yağ oranına sahip tohumların yağ oranı %30'un üzerindedir. Ülkemizde yaygın olarak üretimi yapılan kenevir çeşididir. Fedora 17 çeşidi; monoik bir çeşittir. Dişi ve erkek organlar aynı bitki üzerinde bulunduğundan lif amacıyla hasat yapıldığında yüksek kalitede lif elde edilir. Bin tohum ağırlığı 16.5-17.0 g arasında değişmektedir.

2.2. Metot

Deneme sera koşullarında 20 L'lik saksılar kullanılarak 2023 yılında yürütülmüştür. Saksı toprağı %10 torf, %10 perlit, %10 ahır gübresi ve %70 tınlı topraktan oluşturulmuştur. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Ekim sıklıkları her saksıda 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20 ve 25 bitki şeklinde ayarlanmıştır. Her parsel 5 saksı ve her muamele 3 tekerrürden oluşturulmuştur. Araştırmada, bitki gelişimini optimize etmek amacıyla farklı NPK (Azot, Fosfor, Potasyum) gübreleme programı uygulanmıştır. Deneysel tasarımda, belirli dozlarda 200 mg/L N, 30 mg/L P ve 60 mg/L K gübreleme yapılmıştır.

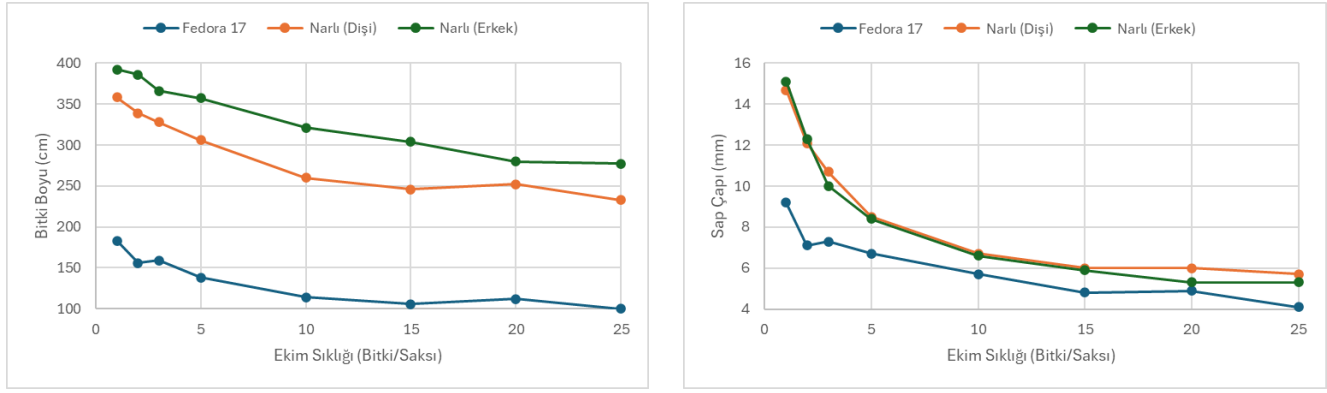
Gübreleme işlemi, bitki kök bölgesine ulaşacak şekilde homojen dağılımı sağlanmıştır. Kullanılan gübre çözeltisinin pH değeri 5.8 olarak ayarlanmış ve elektriksel iletkenlik (EC) değeri 1.5-2 mS/cm aralığında tutulmuştur (Kpai ve ark., 2024). Sulama, damlama sulama sistemi kullanılarak ihtiyaca göre aksatılmadan yapılmıştır. 5 Nisan 2023 tarihinde ekimi yapılmış ve 6 gün sonra çıkışlar gerçekleşmiştir. Fedora çeşidinde 46 günde çiçeklenme başlarken, Vezir çeşidinde ise 62 günde çiçeklenme başlamıştır. Fedora çeşidi ekimden 93 gün sonra Vezir çeşidi ise 125 gün sonra hasat olgunluğuna ulaşmıştır. Elde edilen verilerin varyans analizleri JMP istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında AÖF (Asgari Önemli Fark) çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bitki Boyu ve Sap Çapı

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların varyans analizi sonuçlarına göre; bitki boyu ve sap kalınlığı, $p \leq 0.01$ seviyelerinde anlamlı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu durum, ekim sıklıklarının etkisinin önemli olduğunu göstermektedir (Tablo 1). Elde edilen bulgulara göre, Fedora çeşidinde bitki boyu 100-183 cm arasında değişmiştir. En yüksek bitki boyu saksı başına tek bitki olduğunda meydana gelmiş, sıklık arttıkça genellikle bitki boyunun azaldığı görülmüştür (Şekil 1). Benzer durum Narlı çeşidinde de görülmüş, Narlı çeşidi dioik bir çeşit olduğundan erkek ve dişi bitkilerin bitki boyu değerleri ayrı ayrı verilmesi uygun görülmüştür. Buna göre, Narlı erkek bitkilerin bitki boyları 277-392 cm arasında değişmiştir. Burada da en yüksek bitki boyu saksı başına tek bitki olduğunda elde edilmiş, saksı başına bitki sayısı arttıkça bitki boyu değerleri de azalmıştır. Bu değişim Narlı dişi bitkilerde de benzer olmuş, ancak beklendiği şekilde Narlı dişi bitkiler, erkek bitkilere göre boyca daha kısa olmuşlardır. Nitekim Narlı dişi bitkilerin boyları 233-358 cm arasında değişmiştir (Şekil 1).

Sap kalınlıkları Fedora çeşidinde 4.1-9.2 mm Narlı erkek bitkilerde 5.3-15.1 mm, dişilerde ise 5.7-14.7 mm arasında değişmiştir. Sap kalınlıklarının da saksıdaki bitki sıklığı arttıkça azaldığı, en sık ekilen saksılarda en düşük, en az bitkinin olduğu saksılardaki bitkiler ise daha kalın sap oluşturmuşlardır. Narlı çeşidinin dişi bitkileri, erkek bitkilere göre (5.7; 5.4 mm) daha kalın gövde oluşturmuşlardır (Şekil 1).



Şekil 1. Bitki boyu ve sap çapına ait ortalama değerler

Tablo 1. Kenevir çeşitleri ve ekim sıklıklarına ait bitki boyu ve sap çapının ortalama değerleri ve gruplandırmaları

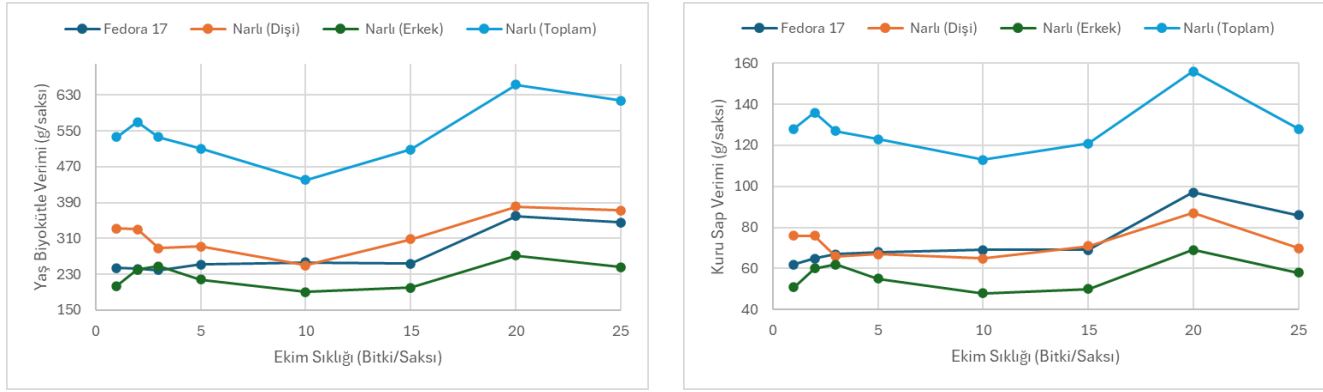
Sıklık (Bitki/Saksı)	Bitki Boyu (cm)			Sap Çapı (mm)		
	Fedora 17	Narlı (Dişi)	Narlı (Erkek)	Fedora 17	Narlı (Dişi)	Narlı (Erkek)
1	183 a	358 a	392 a	9.2 a	14.7 a	15.1 a
2	156 b	339 ab	386 ab	7.1 b	12.1 b	12.3 b
3	159 b	328 ab	366 ab	7.3 b	10.7 b	10.0 c
5	138 c	306 b	357 b	6.7 bc	8.5 c	8.4 d
10	114 d	260 c	321 c	5.7 cd	6.7 d	6.6 e
15	106 d	246 c	304 cd	4.8 de	6.0 d	5.9 ef
20	112 d	252 c	280 d	4.9 de	6.0 d	5.3 f
25	100 d	233 c	277 d	4.1 e	5.7 d	5.3 f
Ort.	133.5	290.3	335.4	6.2	8.8	8.6
AÖF (%1)	17.7	38.4	31.6	1.1	1.6	1.1
CV (%)	7.7	7.6	5.5	10.0	10.2	7.7

Amaducci ve ark. (2008), 2003 ve 2004 yıllarında İtalya' nın Cadriano lokasyonunda lif amacıyla araştırma yürütmüşlerdir. Artan bitki rekabeti ve ışık yoğunluğunun azalması sebebiyle belirli ekim sıklığından sonra bizim çalışmayla benzer olarak bitki boyunun kısaldığını ve sap çapının azaldığını bildirmişlerdir. Westerhuis ve ark. (2009) da 2005 yılında iki farklı ekolojik koşulda kenevirle yürütmüş oldukları çalışmalarda, bitki sıklığı arttıkça bitkiler arasında rekabetin arttığını ve bunun sonucunda bitki boyunun azaldığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Struik ve ark. (2000), beş farklı çeşitle beş farklı ekim sıklığını inceledikleri çalışmalarında birim alanda yüksek yoğunlukta kenevir bitkileri arasındaki rekabetin arttığını, özellikle ışık şiddetinin azalmasıyla yan dalların gelişiminin azaldığını, daha erken çiçeklenme ve erken olgunlaşmanın meydana geldiğini bunun sonucunda da bitkilerin daha kısa kaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmaların aksine Amaducci ve ark., (2002) İtalya' da çalışmalarında, kenevirde farklı ekim sıklıklarının lif verimine etkilerini araştırmışlar, seyrek ekilen parsellerdeki bitkilerin sık ekimlere göre boyca daha kısa kaldıklarını, yüksek yoğunluklarda ekilen parsellerdeki bitkilerin boğum arası uzamalarından dolayı daha uzun bitkiler oluştuğunu, bitkilerin sap çaplarının ise sıklıkla birlikte azaldığını bildirmişlerdir.

3.2. Yaş Biyokütle Verimi ve Kuru Sap Verimi

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların varyans analizi sonuçlarına göre; yaş biyokütle verimi ve kuru sap verimi bakımından farklı sıklıklardaki ekim işlemleri arasında $p \leq 0,01$ seviyelerinde anlamlı ve önemli farklılıklar olduğu

görülmüştür (Tablo 2). Elde edilen bulgulara göre, Fedora çeşidinde yaş biyokütle verimi 239-360 g/saksı arasında değişmiştir. En yüksek yaş biyokütle verimi saksı başına 20 adet bitki olduğunda meydana gelmiş, sıklık azaldıkça genellikle yaş biyokütle veriminin de azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 2). Benzer durum Narlı çeşidinde de görülmüş, Narlı çeşidi dioik bir çeşit olduğundan erkek ve dişi bitkilerin yaş biyokütle verimi değerleri ayrı ayrı ve toplam olarak verilmesi uygun görülmüş; Narlı çeşidine ait dişi bitkilerin yaş biyokütle verimleri 250-381 g/saksı arasında değişmiştir. Burada da en yüksek yaş biyokütle verimi saksı başına 20 bitki olduğu uygulamadan elde edilmiş, saksı başına bitki sayısı arttıkça yaş biyokütle verimi değerlerinin genel olarak artış gösterdiği görülmüştür. Bu değişim Narlı erkek bitkilerde de benzer olmuş, beklendiği gibi dişi bitkilerin yaş biyokütle verimleri erkek bitkilere göre daha fazla olmuşlardır. Narlı çeşidinde toplam yaş biyokütle verimi ise 440-653 g/saksı arasında değişmiştir (Şekil 2). Kuru sap verimi Fedora çeşidinde 62-97 g/saksı Narlı dişi bitkilerde 65-87 g/saksı, erkek bitkilerde ise 48-69 g/saksı arasında değişmiştir. Kuru sap verimi de genel olarak saksıdaki bitki sıklığı arttıkça belirli bir yoğunluktan sonra artış gösterdiği görülmüştür. Narlı çeşidinin dişi bitkileri, erkek bitkilere göre (73.0 g/saksı- 56.6 g/saksı) daha fazla kuru sap verimi sağladığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Hem toplam biyokütle hem de kuru sap verimleri bakımından saksı başına 20 bitki sıklığında en yüksek verimler elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Yaş biyokütle ve kuru sap verimine ait ortalama değerler

Tablo 2. Kenevir çeşitleri ve ekim sıklıklarına ait yaş biyokütle ve kuru sap veriminin ortalama değerleri ve gruplandırmaları

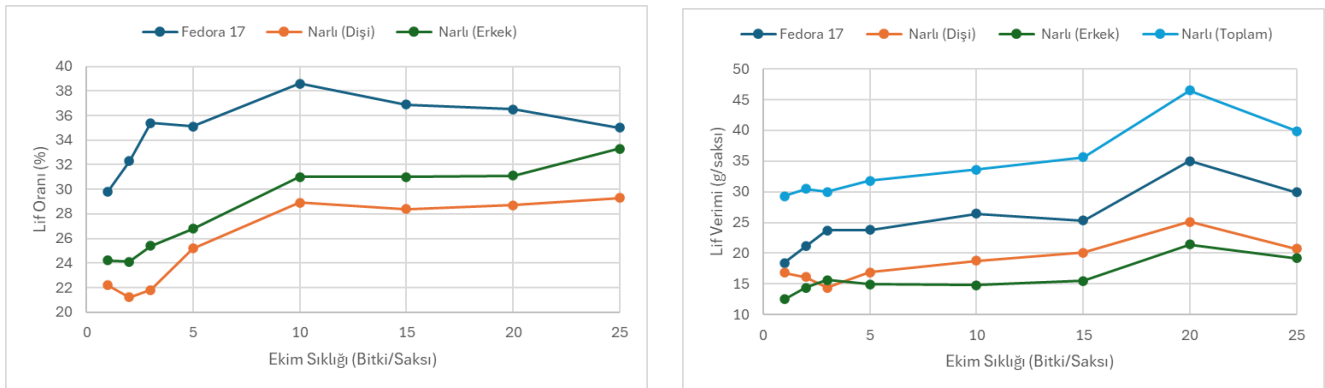
Sıklık (Bitki/Saksı)	Yaş Biyokütle Verimi (g/saksı)				Kuru Sap Verimi (g/saksı)			
	Fedora 17	Narlı (Dişi)	Narlı (Erkek)	Narlı Toplam	Fedora 17	Narlı (Dişi)	Narlı (Erkek)	Narlı Toplam
1	244 b	332 b	204 d	536 d	62 b	76 b	51 de	128 bc
2	242 b	330 b	240 bc	570 c	65 b	76 bc	60 b	136 b
3	239 b	288 c	248 ab	536 d	67 b	66 d	62 b	127 bc
5	252 b	292 c	218 cd	510 d	68 b	67 cd	55 cd	123 c
10	256 b	250 d	190 d	440 e	69 b	65 d	48 e	113 c
15	254 b	308 bc	200 d	508 d	69 b	71 b-d	50 e	121 c
20	360 a	381 a	272 a	653 a	97 a	87 a	69 a	156 a
25	346 a	372 a	246 a-c	618 b	86 a	70 b-d	58 bc	128 b
Ortalama	274.1	319.1	227.3	546	73.0	73.0	56.6	129
AÖF (%1)	49.0	30.5	29.3	32.1	13.2	9.1	4.6	9.3
CV (%)	10.3	5.5	7.5	8.1	10.5	7.2	4.7	7.4

Kenevir, yüksek bitki yoğunluklarını ve zorlu çevre koşullarını tolere eden ve hızlı büyüyen bir endüstri bitkisidir (Cole ve Zurbo, 2008). Lif amaçlı üretimde daha az yaprak, yan dal ve çiçek oluşumu istenirken, tohum amaçlı üretimde ise tersi durum söz konusudur. Kerckhoffs ve ark. (2017) üç farklı endüstriyel kenevir çeşidi ve farklı ekim sıklıklarını inceledikleri çalışmalarında, ekim sıklığı arttıkça birim alanda daha fazla bitkinin olmasıyla yaprak alan indeksinin arttığını, buna bağlı olarak toplam fotosentetik yüzey alanının ve kuru madde üretiminin artmasıyla hem yaş biyokütle hem de kuru sap verimlerinin arttığını bildirmişlerdir. Grabowska ve Koziara (2006)'da kenevirde ekim sıklığının artışıyla yaş biyokütle ve kuru sap veriminin arttığını, belirli bir sıklıktan sonra verimin düştüğünü, belirli bir ekim sıklığına kadar bitkiler arasında yeterli alan, besin ve ışık paylaşımı olduğundan sap veriminin arttığını, ancak aşırı sıklıkta rekabetin de artmasıyla bitkilerin zayıf gelişerek sap verimi düşürdüklerini bildirmişlerdir. Düşük yoğunluktaki sıklıklarda bireysel olarak kütlece daha ağır bitkilerin geliştiği, ancak birim alanda bitki sayının daha az olmasından dolayı biyolojik kütle veriminin daha düşük olduğu, yüksek bitki yoğunluğundaki ekimlerde kenevir bitkilerinin daha ince yapılı gelişme gösterdikleri bildirilmiştir (Livingstone ve ark., 2022). Benzer şekilde Westerhuis ve ark. (2009), farklı ekim yoğunlukları üzerine yaptıkları araştırmada, ekim sıklığının artmasıyla bitkiler arasındaki rekabetin arttığını, ışık, su ve besin maddeleri için rekabet eden bitkilerin genellikle daha ince gövdelere ve daha düşük bireysel biyokütleyle sahip olduklarını belirtmişlerdir.

3.3. Lif Oranı ve Lif Verimi

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların varyans analizi sonuçlarına göre; farklı sıklıklarda ekilen kenevir bitkileri arasında lif oranı ve lif verimi bakımından $p \leq 0,01$ seviyesinde anlamlı ve önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (Tablo 3). Elde edilen bulgulara göre, Fedora çeşidinde lif oranı %29.8-38.6 arasında değişmiştir. Çalışmada bitki sıklığı arttıkça genellikle lif oranının da arttığı görülmüştür (Tablo 3, Şekil 3). Benzer durum Narlı çeşidinde de görülmüş, Narlı çeşidi dioik bir çeşit olduğundan erkek ve dişi bitkilerin lif oranları ayrı ayrı verilmiştir. Buna göre, Narlı dişi bitkilerin lif oranları %21.2-29.3 arasında değişmiş, daha yüksek lif oranları saksı başına 10, 15, 20 ve 25 bitki olduğunda tespit edilmiştir. Bu durum, Narlı erkek bitkilerinde de benzer olmuş, ancak beklendiği şekilde Narlı dişi bitkiler, erkek bitkilere göre lif oranı bakımından daha düşük lif oranı vermişlerdir (Şekil 3). Nitekim Narlı erkek bitkilerin lif oranları %24,1-33,3 arasında değişmiştir (Tablo 3).

Çalışmada elde edilen lif verimleri Fedora çeşidinde 18.4-35.0 g/saksı arasında değişim göstermiştir. En yüksek verim 35 g/saksı ile 20 bitki sıklığında görülmüştür (Tablo 3). Lif verimi, Narlı dişi bitkilerinde 14.4-25.1g/saksı arasında değişim göstermiş ve en yüksek verim 20 bitki sıklığında görülmüştür. Narlı çeşidinin erkek bitkilerinde ise lif verimi 12.5-21.4 g/saksı arasında değişmiş ve istatistiksel olarak erkek bitkilerle benzer sonuç göstermiştir. Lif verimlerinin saksıdaki bitki yoğunluğu ile belli bir yoğunluğa kadar arttığı, fazla sayıda bitkilerin olduğu saksılardaki verimin (20 bitki/saksıya kadar), düşük yoğunlukta bitkilerin (<20 bitki/saksı) olduğu saksılarda ise daha düşük lif verimi tespit edilmiştir (Tablo 3; Şekil 3).



Şekil 3. Lif oranı ve lif verimine ait ortalama değerler

Tablo 3. Kenevir çeşitleri ve ekim sıklıklarına ait lif oranı ve lif verimi ortalama değerleri ve gruplandırmaları

Sıklık (Bitki/Saksı)	Lif Oranı (%)			Lif Verimi (g/saksı)			
	Fedora 17	Narlı (Dişi)	Narlı (Erkek)	Fedora 17	Narlı (Dişi)	Narlı (Erkek)	Narlı Toplam
1	29.8 c	22.2 c	24.2 b	18.4 e	16.8 d	12.5 c	29.3 d
2	32.3 bc	21.2 c	24.1 b	21.1 de	16.1 de	14.4 bc	30.5 d
3	35.4 ab	21.8 c	25.4 b	23.7 cd	14.4 e	15.6 b	30.0 d
5	35.1 ab	25.2 b	26.8 b	23.8 cd	16.9 d	14.9 b	31.8 d
10	38.6 a	28.9 a	31.0 a	26.4 c	18.8 c	14.8 bc	33.6 cd
15	36.9 ab	28.4 a	31.0 a	25.3 c	20.1 bc	15.5 b	35.6 c
20	36.5 ab	28.7 a	31.1 a	35.0 a	25.1 a	21.4 a	46.5 a
25	35.0 ab	29.3 a	33.3 a	29.9 b	20.7 b	19.2 a	39.9 b
Ort.	35.0	25.7	28.4	25.5	18.6	16.0	34.7
AÖF (%1)	5.0	2.3	3.2	2.9	1.7	2.4	3.1
CV (%)	8.3	5.3	6.6	6.6	5.3	8.6	9.2

Westerhuis ve ark. (2009), farklı arazi koşulları ve farklı ekim sıklıklarıyla yaptıkları çalışmada en yüksek lif verimini, orta düzeyde sıklıkta (240 bitki/m²) ekim yapılması durumundan elde etmiş, çok yüksek ekim sıklıklarının lif verimini düşürdüğünü bildirmiştir. Yüksek yoğunlukta ekilen bitkiler aralarındaki rekabetten dolayı, lif veriminde de düşüş olduğu Grabowska ve Koziara (2006)'nın çalışmalarında da görülmüştür. Nitekim bu araştırmacılar da bu araştırmacılar dört yıl boyunca tarla koşullarında kenevirde dört farklı ekim yoğunluğunu incelemişlerdir.

Ekim sıklığının artmasıyla lif veriminde pozitif etkileri ile çok yüksek bitki sıklıklarında lif veriminin azaldığını izlenmiştir. Lif verimi için yapılan birçok çalışma, araştırma bulgularımıza benzer sonuçlar göstermiş, bitki yoğunluğunda belli bir noktaya kadar olan artışla lif oranı ve lif veriminin arttığı belirtilmiştir. Aşırı yoğun ekimlerde ışık, su ve topraktaki besin maddeleri bakımından bitkiler rekabete girmekte, bitki başına veriminde azalma ve aynı ortamdaki bitkiler arasında seyrelmeler olduğu bildirilmiştir (Hall ve ark. 2014; Deng ve ark., 2019; Visković ve ark., 2024).

4. SONUÇ

Endüstriyel kenevir yaygın olarak arazi koşullarında üretilen bir bitki olmakla birlikte, zaman zaman özel amaçlar veya araştırma amaçlı da olsa sera koşullarında saksı ortamında da üretilebildiği bilinmektedir. Elde edilen bulgulara göre; saksı başına bitki sıklığı arttıkça, bitkilerde boyca kısalma olduğu, sap çaplarında azalma meydana geldiği, biyokütle, kuru sap ve lif verimlerinde ise 20 bitki/saksıya kadar verim artışı olmakla birlikte 25 bitki/saksı sıklığında bu verimlerin düşmeye başladığı görülmüştür. Sera koşullarında endüstriyel kenevirde kuru sap ve lif verimi esas alındığında, denemede kullanılan monoik Fedora 17 ve dioik Narlı çeşitleri için, uygun sıklığının saksı başına 20 adet bitki olduğu sonucuna varılmıştır.

YAZARLARIN KATKISI

GY: Araştırma fikri, tasarımı, yürütülmesi ve makale yazımı; YG: Araştırmanın yürütülmesi, verilerin alınması, analizi ve makale yazımı; LY, CY, OA, EK: Araştırmanın yürütülmesi, verilerin alınması.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Amaducci, S., Errani, M., Venturi, G. (2002). Plant population effects on fibre hemp morphology and production. *Journal of Industrial Hemp*, 7(2), 33-60. https://doi.org/10.1300/J237v07n02_04
- Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., Venturi, G. (2008). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*, 107(2), 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.002>
- Anonim. (2000). Industrial hemp variety and seeding rate trial. <http://web2.gov.mb.ca/agriculture/cnepdficng00-05-43.pdf>
- Baxter, W. J. (2009). *Growing industrial hemp in Ontario*. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Bennett, S. J., Snell, R., Wright, D. (2006). Effect of variety, seed rate and time of cutting on fibre yield of dew-retted hemp. *Industrial Crops and Products*, 24, 79-86.
- Bocsa, I., Karus, M. (1998). *The cultivation of hemp: Botany, varieties, cultivation and harvesting*. Sebastopol: Hemptech.
- Callaway, J. C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140(1), 65-72.
- Cole, C., Zurbo, B. (2008). Industrial hemp—a new crop for NSW. *Primefacts*, 801, 1-6.
- Cromack, H. T. H. (1998). The effect of cultivar and seed density on the production and fibre content of *Cannabis sativa* in southern England. *Industrial Crops and Products*, 7, 205-210.
- Deferne, J. L., Pate, D. W. (1996). Hemp seed oil: A source of valuable essential fatty acids. *Journal of International Hemp Association*, 3(1), 4-7.
- Deng, G., Du, G., Yang, Y., Bao, Y., Liu, F. (2019). Planting density and fertilization evidently influence the fiber yield of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Agronomy*, 9(7), 368. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070368>
- De Meijer, E. P. M. (1995). Fibre hemp cultivars: A survey of origin, ancestry, availability, and brief agronomic characteristics. *Journal of International Hemp Association*, 2, 66-73.
- Elfordy, S., Lucas, F., Tancret, F., Scudeller, Y., Goudet, L. (2008). Mechanical and thermal properties of lime and hemp concrete ('hemperete') manufactured by a projection process. *Construction and Building Materials*, 22, 2116-2123.
- Farooq, S., Shahid, M., Khan, M. B., Hussain, M., Farooq, M. (2015). Improving the productivity of bread wheat by good management practices under terminal drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(3), 173-188.
- Farooq, S., Hussain, M., Jabran, K., Hassan, W., Rizwan, M. S., Yasir, T. A. (2017). Osmopriming with CaCl₂ improves wheat (*Triticum aestivum* L.) production under water-limited environments. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 13638-13649.
- Grabowska, L., Koziara, W. (2006). The effect of nitrogen dose, sowing density, and time of harvest on development and yields of hemp cultivar Białobrzaskie. *Journal of Natural Fibers*, 2(4), 1-17. https://doi.org/10.1300/J395v02n04_01
- Hall, J., Bhattarai, S. P., Midmore, D. J. (2014). Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fibre yield in the subtropics. *Renewable Bioresources*, 2, 1-7. <https://doi.org/10.7243/2052-6237-2-1>

- Hussain, M., Waqas-ul-Haq, M., Farooq, S., Jabran, K., Farooq, M. (2016a). The impact of seed priming and row spacing on the productivity of different cultivars of irrigated wheat under early season drought. *Experimental Agriculture*, 52(3), 477-490.
- Hussain, M., Farooq, S., Jabran, K., Ijaz, M., Sattar, A., Hassan, W. (2016b). Wheat sown with narrow spacing results in higher yield and water use efficiency under deficit supplemental irrigation at the vegetative and reproductive stage. *Agronomy*, 6(2), 22.
- Hermann, A. M. (2008). *The effect of plant population density and harvest timing on agronomic fibre yield and quality characteristics of industrial hemp (Cannabis), cultivar Alyssa, grown in the Parkland Region of Manitoba, Canada.* (Yüksek lisans tezi). University of Manitoba.
- Kerckhoffs, L. H. J., O'Neill, S., Barge, R., Kawana-Brown, E. (2017). Plant density effects on yield parameters of three industrial hemp cultivars in the Manawatu. *Agronomy New Zealand*, 47, 47-53.
- Kpai, P. Y., Adaramola, O., Addo, P. W., MacPherson, S., Lefsrud, M. (2024). Mineral nutrition for *Cannabis sativa* in the vegetative stage using response surface analysis. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1501484. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1501484>
- Livingstone, H., Ang, T. N., Yuan, X. W., Swanepoel, Q., Kerckhoffs, H. (2022). Analysis of inter-nodal properties of two industrial hemp cultivars (Fasamo and Ferimon 12) and their relationships with plant density and row spacing. *Industrial Crops & Products*, 182, 114880. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114880>
- Lisson, S. N., Mendham, N. J. (2000). Cultivar, sowing date, and plant density studies of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Tasmania. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40, 975-986.
- Ranalli, P. (1999). Agronomical and physiological advances in hemp crops. In *Advances in Hemp Research* (s. 107-118). Food Products Press.
- Schumann, E., Peil, A., Weber, W. E. (1999). Preliminary results of a German field trial with different hemp (*Cannabis sativa*) accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 975-986.
- Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Venturi, G., Cromack, H. T. H. (2000). Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*, 11(2-3), 107-118. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(99\)00048-5](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(99)00048-5)
- Van der Werf, H. M. G., Wijnhuizen, M., Schutter, J. A. A. (1995). Plant density and self-thinning affect yield and quality of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 40(3), 153-164. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)00103-J](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)00103-J)
- Visković, J. (2024). *Optimization of hemp crop production technology for multiple purposes* (Yayımlanmamış doktora tezi). Oregon State University. Erişim adresi: https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/jm214x85q
- Wambua, P., Ivens, J., Verpoest, I. (2003). Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composites Science and Technology*, 63, 1259-1264.
- Westerhuis, W., Amaducci, S., Struik, P. C., Zatta, A., van Dam, J. E. G., Stomph, T. J. (2009). Sowing density and harvest time affect fibre content in hemp (*Cannabis sativa* L.) through their effects on stem weight. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 225-244. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00334.x>

- Yazici, L. (2023). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa L.*). *Journal of King Saud University-Science*, 35(1), 102419. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102419>
- Yılmaz, G., Yıldırım C., (2024). Kenevirin Adaptasyonu ve Sürdürülebilirliği, İklim Değişimine Sosyal Ve Ekonomik Adaptasyon (V. Bölüm), *Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları* (s: 93-113), ISBN 978-625-6208-92-6 E-ISBN 978-625-6208-93-3, Konya.
- Yılmaz, G., Akdaş, O., 2024. Sürdürülebilir Kenevir Ürünlerinin Bölgesel Kalkınmaya Etkileri ve Yozgat'ın Potansiyeli. Uluslar Arası Kalkınmada Yozgat'ın Potansiyeli Problemleri ve Çözüm Önerileri, (s: 115-130), *Kriter Yayınevi* Sertifika No: 45353, ISBN: 978-625-6103-70-2. İstanbul
- Yılmaz, G., Yazici, L. (2022). Dünya'da yükselen değer; endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa L.*). *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 54-61.