



Endüstriyel kenevirde lif verimi-Bor ilişkisi

Esat TOKGÖZ¹, Kutluhan GÜNGÖR¹, Hanife AKÇA², Mehmet İPEK³,
Mehmet Satı SEZER⁴, Mert DURMUŞ⁵, Süleyman TABAN^{2*}

¹Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ankara

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

³İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Taşköprü-Kastamonu

⁴İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Kastamonu

⁵Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı, Kırıkkale

Öz

Çalışmada bor (B) noksan alanlarda yetiştirilen endüstriyel kenevirin (*Cannabis sativa* L, cv: Vezir) B uygulamasına tepkisini ortaya koymak ve B uygulamasının endüstriyel kenevirin gelişimi ve lif verimi üzerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Endüstriyel kenevir bitkisi ile yürütülen tarla denemesi Kastamonu ili, Taşköprü ilçesi Kızılcaörhen Köyü sınırları içerisinde 23.04.2023 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde üretici tarlasında (41.51126 K, 34.02726 D, yükseklik 708 m) yürütülmüştür. Denemede topraklara 0, 0.2 ve 0.4 kg B da⁻¹ olacak şekilde % 20.8 B içeren Etidot-67 (Disodyum oktaborat tetrahidrat, Na₃B₈O₁₃.4H₂O) gübresinden çözelti formunda toprak yüzeyine püskürtülmüş ve çapa kullanılarak toprakla karıştırılmıştır. Toprak analiz sonuçları göre ekimle birlikte 8 kg N da⁻¹, 8 kg P₂O₅ da⁻¹ ve 8 kg K₂O da⁻¹ 15-15-15 gübresi uygulanmış, üst gübreleme olarak ise bitkiler yaklaşık 30 cm boya ulaştığında 4 kg N da⁻¹ olacak şekilde üre uygulanmıştır. Hasat sonrası bitkilerde yapılan ölçüm ve analizler sonucunda, endüstriyel kenevir bitkisinde yaş ve kuru ağırlık ile bitki boyu ve teknik sap uzunluğu uygulanan B'a bağlı olarak artmış ve B'lu gübrelemenin bu parametreler üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına 0.4 kg B da⁻¹ uygulandığında yaş ağırlık miktarında % 28.8, kuru ağırlık miktarında % 27.2, lif veriminde % 73.5 ve lif randımanında ise % 41.2 oranında artış olmuştur. Kontrole göre 0.4 kg B da⁻¹ uygulandığında bitki boyu % 20.7 ve teknik sap uzunluğu % 24.4 oranında artmıştır. Bor uygulanmadığında endüstriyel kenevir bitkisi yaprağında B konsantrasyonu kritik konsantrasyonun (< 20 mg B kg⁻¹) altında olduğu belirlenirken 0.4 kg B da⁻¹ uygulandığında yaprakta ve lifte B konsantrasyonu artmış ve endüstriyel kenevir bitkisi yaprağında belirlenen B noksanlığı B uygulaması ile normal düzeye çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), sap verimi, lif verimi, lif randımanı, bor konsantrasyonu

Fiber yield-Boron relationship in industrial hemp

Abstract

The aim of the study was to evaluate the response of industrial hemp (*Cannabis sativa* L, cv: Vezir) grown in boron (B) deficient areas to boron application and to determine the effects of B application on the growth and fiber yield of industrial hemp. The field experiment conducted with industrial hemp plants was carried out on the date of 23.04.2023 within the borders of Kızılcaörhen village, Taşköprü-Kastamonu region, in the producer's field (41.51126 N, 34.02726 E, altitude 708 m) according to the randomized block trial design with three replications. In the experiment, Etidot-67 (Disodium Octaborate Tetrahydrate, Na₃B₈O₁₃.4H₂O) fertilizer containing 20.8% B was applied to the soil as 0 (control), 0.2 and 0.4 kg B da⁻¹ B and the B fertilizers in solution form were sprayed homogeneously on the soil surface and also mixed well with the soil using a hoe. According to the soil analysis results, 8 kg N da⁻¹, 8 kg P₂O₅ da⁻¹ and 8 kg K₂O da⁻¹ 15-15-15 fertilizer was applied together with planting, and 4 kg N da⁻¹ urea fertilizer was applied as top dressing on the date of 20.05.2023 when the plants reached approximately 30 cm in height. As a result of the measurements and plant analyses made on the plants obtained after harvest, it was determined that the fresh and dry weight, plant height and technical stem length of the industrial hemp plant increased depending on the B applied and that B fertilization was effective on these parameters. When 0.4 kg B da⁻¹ was applied to the control application, there was an increase of

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 651 8732

E-posta : taban@agri.ankara.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 9 Mayıs 2025

Kabul Tarihi : 25 Mayıs 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1695753

28.8% in fresh weight, 27.2% in dry weight, 73.5% in fiber yield and 41.2% in fiber ratio. When 0.4 kg B da⁻¹ was applied compared to the control, plant height increased by 20.7% and technical stem length increased by 24.4%. When B was not applied, the boron concentration in the leaves and fibers of the industrial hemp plant was determined to be below the critical concentration (< 20 mg B kg⁻¹). In contrast, when 0.4 kg B da⁻¹ was applied, the B concentration in the leaves and fibers increased. The boron deficiency determined in the leaves of the industrial hemp plant increased to normal levels with B application.

Keywords: Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) stem yield, fiber yield, boron concentration.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), Orta Asya kökenli tek yıllık bir bitki olup tüm dünyada kültüre alınmış ve yaklaşık 10.000 yıldır gıda, yağ, tekstil lifi ve tıbbi kimyasallar için kullanıldığı tahmin edilen bir bitkidir (Sausserde ve ark., 2013; Papastylianou ve ark., 2018). Endüstriyel kenevir % 0.3'ten daha az oranda tetrahidrokannabinol (THC) içermesinden dolayı ilaç sektöründe değeri olmayan bir kenevir türüdür. Genellikle tekstil sanayinde, kâğıt ve kompozit malzemelerin yapımında kullanılmaktadır.

Son yıllarda, dünyada olduğu gibi ülkemizde de endüstriyel kenevir ekim alanları ve üretimi ile kullanımını giderek artmaktadır. Gerçekten de Kenevir Yetiştiriciliği ve Kontrolü Hakkında Yönetmelik'in yayımlandığı yıl olan 2016'da Ülkemizde 45 da alanda 7 ton lif üretim gerçekleşmiş ve lif verimi 156 kg da⁻¹ iken, 2024 yılında ekim alanı 8845 da'a ulaşmış ve 1216 ton lif alınmış olup ortalama lif verimi 137 kg da⁻¹ olmuştur (Anonim, 2024).

Lif üretim için kenevir yetiştiriciliğinde sık ekim yapılmakta ve dolayısıyla birim alanda bitki yoğunluğunun artmasıyla bitki boyu artmakta buna karşın gövde çapı ve dallanma azalmakta (Amaducci ve ark., 2002; Van der Werf ve ark., 1995; Yazıcı ve ark., 2020; Westerhuis, 2016) ve sonuçta lif verimi artmaktadır.

Borun yüksek bitkiler için mutlak gerekli bitki besin elementi olarak belirlenmesinden (Warington, 1923) günümüze değin geçen sürede yapılan çalışmalarda; bitki bünyesinde hücre duvarının sentezinde görev alması yanında, karbohidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde ve hücre uzaması ile hücre bölünmesi, önemli roller üstlendiği belirlenmiştir (Marschner, 1995).

Bor noksanlığı, bilinen en yaygın mikro element noksanlığı olup dünyada 80 ülkede ve 132 bitki çeşidinde noksanlığı tespit edilmiştir (Gupta, 1993; Shorrocks, 1997). Nitekim denemenin yürütüleceği Kastamonu-Taşköprü yöresinde toprakların % 67,5'inde borun noksan düzeyde olduğunu belirlenmiştir (Taban ve ark., 2004).

Bitkilerde bor noksanlığında hücre duvarları kalınlaşır, gevrekleşir ve kırılır (Spurs, 1957). Yaprak sapında, gövde ve yaprak damarlarında çatlama ve mantarlaşma görülür (Shelp, 1988). Ayrıca, bitkilerde bor noksanlığında protein sentezi azalmakta ve noksanlığın devam etmesi halinde bitkinin genç organlarında, amonyum azotu, çözünebilir organik azot ve amino asit birikimi görülür (Amberger, 1975). Kenevir bitkisinde semptomlar ilk olarak genç dokularda, genellikle yaşla birlikte kalınlaşan çarpık (kıvrılmış) yapraklar olarak ortaya çıkmakta, intervenal kloroz ve ardından nekroz belirginleşmekte ve genel olarak, vejetatif büyüme zayıf olmakta noksanlığın devamında ise büyüme noktaları tipik olarak ölmekte ve tomurcuklar veya çiçekler deforme olabilmekte veya ölebilmektedir (Todd, 2023).

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. Gerek duyulan borun fazla olması, bor noksanlığında olduğu gibi bitkinin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmakta ve gelişme çoğu kez durmaktadır. Normal beslenen bitkiler 25-100 mg kg⁻¹ arasında bor içerirler. Scaife ve Turner (1983) tarafından bitki kuru maddesinde 20 mg kg⁻¹ borun kritik düzey olarak tanımlanmış olsa da bitkilerin bor kapsamaları arasında dikkate değer farklılıkların olduğu ve bitkilerin bor kapsamalarının yetiştirildikleri ortamlarda bulunan yarayışlı bor miktarı ile yakından ilgili olduğunu rapor etmişlerdir. Corrado ve ark. (2022), İtalya'da Caserta bölgesinden temin ettikleri 7 farklı kenevir tohumları ile sera koşullarında Hoagland besin çözeltisi ile yetiştirdikleri ve 8 gün sonra hasat ettikleri kenevir çeşitlerinde bor konsantrasyonunun taze ağırlık cinsinden 7.44-14.3 µg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Hajarian (2022), kenevir bitkisinde bor için yeterlilik aralığının 30-150 mg kg⁻¹ arasında olduğunu rapor etmiştir.

Bryson and Mills (2014), Amerika Birleşik Devletlerinde kenevir üretimi yapılan alandan alınan 25 farklı kenevir çeşidi yaprağında bor konsantrasyonunu 56-105 mg kg⁻¹ arasında, Kalinowski ve ark. (2020), serada yetiştirilen 13 farklı kenevir çeşidinde belirlenen bor konsantrasyonunu 26-91 mg kg⁻¹ arasında, Suchoff ve ark. (2021) 2017-2020 yılları arasında Kuzey Carolina Tarım ve Tüketici Hizmetleri Bakanlığı'na sunulan 6.119 *Cannabis sativa* bitkisi üzerinde yapılan bir anketten elde edilen verilerden kenevir çeşitlerinde

belirlenen bor konsantrasyonunu 30-90 mg kg⁻¹ arasında, Landis ve ark. (2019), beş farklı kenevir çeşidinden bor konsantrasyonunu 23-57 mg kg⁻¹ arasında, Grandon (2023) ise 2019-2020 yılları arasında 537 farklı kenevir çeşidinde bor konsantrasyonunu 36-86 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Kastamonu Taşköprü yöresinde son yıllarda ekim sahası giderek artan kenevirin sarımsakla münavebeli olarak ekimi yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada amaç; tarla koşullarında yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisinde gelişim ve lif verimi üzerine borlu gübrelemenin etkisini araştırmaktır.

Materyal ve Yöntem

Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Kenevir bitkisi ile yürütülen tarla denemesi Kastamonu ili, Taşköprü ilçesi Kızılcaörhen Köyü sınırları içerisinde 23.04.2023 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde üretici tarlasında (41.51126 K, 34.02726 D, yükseklik 708 m) yürütülmüştür.

Deneme kenevir tohumları iş genişliği 2.56 m olan 18 sıralı ekim mibzeri ile sıra arası 14.2 cm ve sıra üstü ise 3-4 cm olacak şekilde 2.56 X 2 = 5.12 m² büyüklüğündeki parsellere m²'de ortalama 160 bitki olacak şekilde 3.7 kg da⁻¹ tohum (*Cannabis sativa* L, cv: Vezir) ekilmiştir. Denemede yer alan uygulamaların birbirinden etkilenmemesi için her parsel arasında 0.5 m ve bloklar arasında ise 1.0 m boşluklar bırakılmıştır.

Jackson (1962) tarafından bildirilen verimlilik ilkesine göre deneme alanının birkaç noktasından (0-20 cm derinlikte) toprak örneği alınmış, havada kuru duruma gelinceye dek kurutulmuş, iri kesekler ezilmiş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneğinde tekstür, hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH), saf su ile 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneklerinde Grewelling ve Peech (1960)'e göre; kalsiyum karbonat (kireç), Hızalan ve Ünal (1966)'a göre; elektriksel iletkenlik (EC), 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneklerinde Anonymous (1951)'e göre; organik madde, Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir. Toprak örneklerinde toplam azot Bremner (1965) tarafından açıklanan Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. Bitkiye yarayışlı fosfor, toprakların Olsen ve ark. (1954)'e göre 0.5 N NaHCO₃ (pH: 8.5) ile ekstrakte edilmesiyle; değişebilir K, Ca ve Mg, Prat (1965)'a göre 1 N NH₄OAc (pH 7.0) ile ekstrakte edilmesiyle; bitkiye yarayışlı B Bingham (1982) tarafından geliştirilen sıcak su yöntemine göre ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Elmer Model DV 2100) cihazı ile ve bitkiye yarayışlı Zn, Fe, Cu ve Mn, Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekilde ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir.

Analiz sonucunda deneme toprağının kil tekstürlü, organik maddece yetersiz (13.3 g kg⁻¹), alkalın reaksiyonlu (pH 8.15) ve tuzsuz (EC: 0.272 mhos cm⁻¹) olduğu belirlenmiştir. Bor konsantrasyonu çok düşük (0.35 mg kg⁻¹) olan toprağın toplam N konsantrasyonu 1.1 g kg⁻¹ (yeterli), bitkiye yarayışlı P 4.72 mg kg⁻¹ (düşük), 1 NH₄OAc ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg sırasıyla 178 mg kg⁻¹ (yeterli), 5254 mg kg⁻¹ (fazla) ve 434 mg kg⁻¹ (yeterli); DTPA ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn sırasıyla 9.11 mg kg⁻¹ (iyi), 1.52 mg kg⁻¹ (yeterli), 0.43 mg kg⁻¹ (az) ve 10.4 mg kg⁻¹ (az) olarak saptanmıştır.

Gübreleme

Kenevir bitkisi ile yürütülen tarla denemesinde bor ekimle birlikte topraktan çözelti şeklinde a) 0 (kontrol), b) 0.2 kg B da⁻¹ ve c) 0.4 kg B da⁻¹ olacak şekilde % 20.8 bor içeren Etidot-67 (Disodyum oktaborat tetrahidrat, Na₃B₈O₁₃.4H₂O) gübresinden toprak yüzeyine püskürtülmüş ve çapa kullanılarak toprakla iyice karıştırılmıştır. Toprak analiz sonuçları göre ekimle birlikte 15-15-15 gübresinden 8 kg N da⁻¹, 8 kg P₂O₅ da⁻¹ ve 8 kg K₂O da⁻¹, üst gübreleme olarak ise bitkiler yaklaşık 30 cm boya ulaştığında 4 kg N da⁻¹ üre uygulanmıştır.

Hasat ve bitki örneklerinin alınması

Her bir parselde yer alan bitkiler 5 Eylül 2023 tarihinde orak yardımıyla toprak yüzeyinden (birinci boğum) kesilerek hasat edilmiştir.

Her parselden hasat edilen kenevir bitkileri arazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir parselden hasat edilen bitkiler dikkatli bir şekilde yere serilmiş ve içlerinden 10 bitki tesadüfi olarak seçilmiş, etiketlenmiş ve tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir parselden seçilen 10 bitkinin bitki boyu,

teknik sap uzunluğu ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Daha sonra parsellere göre alınan bitkiler ayrı ayrı paketlenerek analizler için laboratuvara gönderilmiştir.

Lif ve yaprak örneklerinin alınması

Laboratuvara onarlı demetler halinde getirilen kenevir bitkileri dikkatli bir şekilde tek tek ayrılmış ve doğal ortamda kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir parselden elde edilen kenevir bitkileri üzerinde bulunan yapraklar Grandon (2023) tarafından belirtildiği şekilde her bir bitkiden bir en son gelişimini tamamlamış olgun yapraklar elle toplanmış, sırasıyla 0.02 M HCl ve distile su ile yıkanmış ve daha sonra sabit ağırlığa ulaşana kadar 65°C'de hava sirkülasyonlu bir kurutma odasında kurutulmuş ve analiz için krom-nikel bıçaklı değirmende öğütülmüştür.

Yaprak örnekleri alınan kenevir bitkilerinin sapları ilk dallanmanın olduğu yerden kesilerek elde edilen ve teknik sap olarak adlandırılan bitkiler distile su dolu küvetlere yatırılmış ve lifler elle soyularak ana saptan ayrılmış, toplanmış ve doğal ortamda kurutularak kuru ağırlıkları alınmıştır. Her bir parselden lifleri alınan kenevir sapları da doğal ortamda kurutularak kuru ağırlıkları alınmış ve analiz için krom-nikel bıçaklı değirmende öğütülmüştür. Lifi soyularak alınmış ve kurutulmuş teknik sap ağırlığından ve kurutulmuş lif ağırlığından yararlanılarak lif randımanı Yazıcı (2023)'e göre hesaplanmıştır.

Lif randımanı (%) = (100 x Lif ağırlığı) / Teknik sap ağırlığı

Lif ve yaprak örneklerinin analizi

Öğütülmüş yaprak ve lif örnekleri konsantre HNO₃-H₂O₂ karışımı kullanılarak mikrodalga (Berghof-MWS-2 Model 24) yakma setinde yakılmış ve toplam B konsantrasyonları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometresi, Perkin Elmer Model DV 2100, Waltham, MA, ABD) ile belirlenmiştir.

Yaprak ve lif örneklerinde yapılan analizlerin doğruluğunu Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nden (NIST) alınan sertifikalı domates bitkisi yaprağı (Standart Referans Malzemesi 1573a) ve buğday unu (Standart Referans Malzemesi 1567a) örnekleri kullanılarak kontrol edilmiştir.

Deneme alanının meteorolojik verileri

Kastamonu ilinde her mevsim yağış görülmekle birlikte en fazla yağış sonbahar ayında gerçekleşmektedir. Ortalama yıllık toplam yağış miktarı 485.1 mm'dir. Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak aylardır. Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık 42.2 °C, en düşük sıcaklık -26.9 °C ve yıllık sıcaklık ortalaması 9.9 °C'dir (Anonim, 2025). Kastamonu iline ait bazı iklim verilerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kastamonu ilinin uzun yıllar içinde gerçekleşen iklim değerleri, 1930-2024 (Anonim, 2025)

Meteorolojik veriler	Aylar											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ort. Sıcaklık (°C)	-9.90	0.90	4.40	9.60	14.10	17.50	20.20	20.00	15.90	10.90	5.30	1.00
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	3.30	6.20	10.90	16.70	21.30	24.70	27.90	28.20	24.00	18.20	11.10	5.00
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.50	-3.40	-0.80	3.40	7.60	10.50	12.40	12.30	9.00	5.20	0.90	-2.30
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.30	3.50	4.50	5.70	7.10	8.40	9.40	9.40	7.30	5.40	3.80	2.10
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.38	11.28	12.17	12.85	14.53	11.96	5.71	5.71	6.65	8.99	9.58	12.02
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	29.60	27.00	36.20	51.00	75.40	73.90	31.70	31.70	31.10	34.20	28.80	33.60
Uzun Yıllar Ort. Yağış (mm)	485.1											

İstatistiki analiz

Araştırma sonunda elde edilen verilerin önemliliği OriginPro2021 paket programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu ise OriginPro2021 paket programı kullanılarak Tukey (HSD) Testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinin gelişimi üzerine etkisi

Bor uygulamalarına bağlı olarak endüstriyel kenevir bitkisinin gelişimi olumlu yönde etkilenmiş ve yaş ve kuru ağırlığında önemli (sırasıyla $p<0.01$, $p<0.05$) düzeyde artış belirlenmiştir (Çizelge 2). Bor uygulanmadığında yaş ağırlık 1720 kg da^{-1} iken 0.4 kg B da^{-1} uygulandığında yaş ağırlık miktarında % 28.8 oranında artarak 2215 kg da^{-1} olmuştur. Cockson ve ark. (2019), besin çözültisinde yetiştirdikleri kenevir bitkisinde gelişim uygulanan bora bağlı olarak arttığını ve bor eksik olan koşullarda yetiştirilen bitkilerin optimum bor uygulanan (kontrol) bitkilere oranla % 28 daha az biyokütle ürettiğini ve bunun nedeninin ise bor eksikliği olan koşullar nedeniyle apikal büyüyen ucun ölümünden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çizelge 2. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde yaş ve kuru ağırlık üzerine etkileri

Uygulamalar, kg B da^{-1}	Yaş ağırlık, kg da^{-1}	Kuru ağırlık, kg da^{-1}
B_0	$1720 \pm 55.6 \text{ b}$	$1215 \pm 29.5 \text{ b}$
$B_{0.2}$	$1986 \pm 21.4 \text{ a}$	$1399 \pm 33.9 \text{ ab}$
$B_{0.4}$	$2215 \pm 80.6 \text{ a}$	$1545 \pm 59.7 \text{ a}$
F değeri	18.3**	14.7*

Değerler üç tekerrürün ortalaması $\pm$ standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ($p<0.05$) ile belirlenmiştir. ** $p<0.01$; * $p<0.05$

Endüstriyel kenevirde yaş ağırlık üzerine $B_{0.2}$ ve $B_{0.4}$ uygulamaları arasında önemli fark belirlenmezken her iki uygulamada belirlenen artış kontrole göre önemli olmuştur. Endüstriyel kenevir kuru ağırlığında bor uygulaması ile elde edilen verim miktarı kontrol uygulamasında kuru ağırlık 1215 kg da^{-1} iken 0.4 kg B da^{-1} uygulandığında kuru ağırlık % 27.2 oranında artarak 1545 kg da^{-1} olmuştur (Çizelge 2). Endüstriyel kenevirde kuru ağırlık üzerine B_0 ile $B_{0.2}$ uygulaması arasında ve $B_{0.2}$ ve $B_{0.4}$ uygulamaları arasında belirlenen fark önemli bulunmamıştır.

Bor eksikliğinden en çok zarar gören kısım, bitkilerin uç büyüme noktası ve çiçek organları (Güneş ve ark., 2002) olması nedeniyle kenevir bitkisinde bor uygulanmadan yetiştirilen bitkilerde gelişim ve buna bağlı olarak verim miktarı düşük olmuştur. Gerçekten de, denemenin yürütüldüğü alandaki toprağının bor konsantrasyonunun “çok az” ($0.35 \text{ mg B kg}^{-1}$) olması nedeniyle, bor uygulanmadan yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisinde gelişim olumsuz yönde etkilenmiş ve buna bağlı olarak en düşük verim B_0 (kontrol) uygulamasında elde edilmiş ve uygulanan bora bağlı olarak verim artmıştır.

Bor noksan alanda yetiştirilen bitkilere bor uygulandığında bitkilerin kök gelişimi olumlu yönde etkilenerek (Neales, 1960; Middleton ve ark., 1978) bitkinin generatif (Dell ve ark., 2002) ve vejetatif organlarının (İqtidar ve Rahman, 1984; Salinas ve ark., 1986; Ramon ve ark., 1989) gelişimi artırmakta ve dolayısıyla bor noksan alanlarda yetiştirilen bitkilerin gelişimini artırmaktadır. Dolayısı ile bor noksan alanda yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisi uygulanan bora olumlu tepki vermiş ve yaş ve kuru ağırlığının artmasına neden olmuştur. Zhukov ve Bedak (1963), yaptıkları çalışmada kenevirde bor uygulamalarına bağlı olarak sap veriminin kontrole göre % 8-27 oranında arttığını ve araştırma sonucunda kenevir bitkisinin bor gereksiniminin 27.0 g da^{-1} olduğunu belirlemişlerdir.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında Narlısaray ve Futura 75 çeşitleri ile yürüttüğü tarla denemesinde ortalama bitki yaş ağırlığını 2020 yılında sırasıyla 2341 kg da^{-1} ve 2194 kg da^{-1} , 2021 yılında ise sırasıyla 1743 kg da^{-1} ve 1435 kg da^{-1} , kuru sap ağırlıklarını ise 2020 yılında sırasıyla 1049 kg da^{-1} ve 751 kg da^{-1} , 2021 yılında ise sırasıyla 831 kg da^{-1} ve 513 kg da^{-1} olarak belirlemiştir. Denememizde B_0 , $B_{0.2}$ ve $B_{0.4}$ uygulamalarında elde edilen verim miktarlarının Avrupa’da farklı ülkelerde $580\text{-}1950 \text{ kg da}^{-1}$ arasında elde edilen (Fortenbery ve Bennett, 2004) verim miktarı ile Kuzey Amerika’da $250\text{-}2800 \text{ kg da}^{-1}$ arasında elde edilen (Small, 2016) verim miktarları ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinde lif verimi ve lif randımanı üzerine etkisi

Lif verimi ve lif randımanı bor uygulamalarına bağlı olarak artmış ve bu artış istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 3). Bor uygulanmadığında lif verimi 121 kg da^{-1} iken 0.4 kg B da^{-1} uygulandığında lif veriminde % 73.5 oranında artarak 210 kg da^{-1} olmuştur. Endüstriyel kenevirde lif verimi

üzerine B_0 ve $B_{0.2}$ uygulamaları arasında önemli fark belirlenmezken $B_{0.4}$ uygulamasında belirlenen artış kontrole ve $B_{0.2}$ uygulamasına göre önemli olmuştur.

Çizelge 3. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde lif verimi ve lif randımanı üzerine etkileri

Uygulamalar, kg B da ⁻¹	Lif verimi, kg da ⁻¹	Lif randımanı, %
B_0	121±3.26 b	9.63±0.40 b
$B_{0.2}$	160±10.80 b	11.5±0.60 ab
$B_{0.4}$	210±11.30 a	13.6±0.73 a
F değeri	23.40*	9.74*

Değerler üç tekerrürün ortalaması ± standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ($p<0.05$) ile belirlenmiştir. * $p<0.05$

Gizlenci ve ark. (2019), başarılı kenevir yetiştiriciliğinde Narlısaray endüstriyel kenevir çeşidinde 120-180 kg da⁻¹ lif alınabileceğini rapor etmişlerdir. 2023 yılı TÜİK verilerine göre (Anonim, 2024) kenevir tarımı yapılan illerden elde edilen ortalama lif verimi 170 kg da⁻¹ iken, çalışmamızda kontrol uygulamasında elde edilen lif verimi miktarının ortalamanın altında, 0.4 kg B da⁻¹ uygulandığında ise ortalamanın üstünde olduğu belirlenmiştir. Bor uygulamasının endüstriyel kenevirde lif verimi üzerine etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında Narlısaray ve Futura 75 çeşitleri ile yürüttüğü tarla denemesinde lif verimini 2020 yılında sırasıyla 284 kg da⁻¹ ve 211 kg da⁻¹, 2021 yılında ise sırasıyla 236 kg da⁻¹ ve 115 kg da⁻¹ olarak belirlemiştir.

Lif randımanı bor uygulanmadığında % 9.63 iken $B_{0.4}$ uygulamasında % 41.2 artışla % 13.6 olmuştur. Endüstriyel kenevirde lif randımanı üzerine B_0 ve $B_{0.2}$ uygulamaları arasında ve $B_{0.2}$ ve $B_{0.4}$ uygulamaları arasında önemli fark belirlenmemiştir. Ancak lif randımanı üzerine $B_{0.4}$ uygulaması ile kontrole uygulaması arasındaki fark önemli bulunmuştur. Farklı endüstriyel kenevir çeşitlerinde kurutulmuş sapların lif randımanı %18-25 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Gizlenci ve ark., 2019)

Yazıcı (2023), Narlısaray ve Futura 75 endüstriyel kenevir çeşitleri ile yürüttüğü çalışmada lif randımanını 2020 yılında sırasıyla % 27.1 ve % 28.3, 2021 yılında ise sırasıyla % 28.6 ve % 31.1 olarak belirlemiştir.

Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinde bitki boyu ve teknik sap uzunluğu üzerine etkisi

Bor uygulamalarına bağlı olarak endüstriyel kenevir bitkisinin gelişimi olumlu yönde etkilenmiş bitki boyu ile lif verimi üzerine etkili olan ve çenek yapraklardan (cotyledon) dallanmanın başladığı veya yaprakların karşılıklı durumundan alması (Bitkilerde gövde üzerinde, sağda ve solda karşılıklı gelmeyecek şekilde değişik aralıklarla biten yaprak ve dalların diziliş biçimi) duruma geçtiği noktaya kadar olan uzunluk olarak tanımlanan teknik sap (Gizlenci ve ark., 2019) uzunluğu uygulanan bora bağlı olarak artmış ve bu artış önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde bitki boyu ve teknik sap uzunluğu üzerine etkileri

Uygulamalar, kg B da ⁻¹	Bitki boyu, cm	Teknik sap uzunluğu, cm
B_0	246±8.98 b	160±4.75 b
$B_{0.2}$	279±2.15 a	182±12.10 ab
$B_{0.4}$	297±3.86 a	199±2.48 a
F değeri	20.10*	6.56*

Değerler üç tekerrürün ortalaması ± standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ($p<0.05$) ile belirlenmiştir. * $p<0.05$

Bor uygulanmadığında bitki boyu 246 cm ve teknik sap uzunluğu 160 cm iken 0.2 kg B da⁻¹ uygulandığında bitki boyu 279 cm'ye, teknik sap uzunluğu 182 cm'ye ve 0.4 kg B da⁻¹ uygulandığında ise bitki boyu 297 cm'ye, teknik sap uzunluğu 199 cm'ye ulaşmıştır.

Bor noksanlığında bitkilerde büyüme uçlarındaki gelişme önemli ölçüde gerilemekte ve yapraklarda tepe tomurcuğunun dinlenme haline geçmesi sonucu bitkinin gelişimi önemli oranda olumsuz yönde etkilenmektedir (Pethiyagoda ve Krishnapillai 1971; Lovatt ve Dugger, 1984; Lukaszewski ve Blevins, 1996). Bor noksanlığında bitkinin boğum aralarının kısalmasına, bitkide çalılma ve bodurlaşma görülmesine neden olmaktadır (Güneş ve ark., 2010). Bor noksan alanda yetiştirilen endüstriyel kenevire uygulanan borun bitkinin bor konsantrasyonunu artırmış ve sonuçta bitkinin boyu ve teknik sap uzunluğu artmıştır.

Endüstriyel kenevirde teknik sap uzunluğu üzerine B_0 ile $B_{0.2}$ uygulaması arasında ve $B_{0.2}$ ve $B_{0.4}$ uygulamaları arasında belirlenen fark önemli bulunmamıştır.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında yürüttüğü tarla denemesinde m^2 'ye 150 adet bitki olan parsellerde bitki boyunun 2020 yılında 224 cm, 2021 yılında ise 180 cm olduğunun belirlemişlerdir. Denememizde bor uygulaması ile elde edilen bitki boyunun Tang ve ark. (2017), Amaducci ve ark. (2008), Hall ve ark. (2014), Amaducci ve ark. (2002), Westerhuisetal ve ark. (2009) bulgularıyla uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında yürüttüğü tarla denemesinde m^2 'ye 150 adet bitki olan parsellerde bitki boyunun 2020 yılında 172 cm, 2021 yılında ise 131 cm olduğunun belirlemişlerdir. Grabowska ve Koziara (2006), kenevir bitkisiyle yürüttükleri tarla denemesinde bitkinin teknik sap uzunluğunun 115 cm ile 185 cm arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinde yaprak ve lif bor konsantrasyonu üzerine etkisi

Bor uygulamalarına bağlı olarak endüstriyel kenevir bitkisinde yaprağın ve lifin bor konsantrasyonu önemli ($p<0.01$) düzeyde artmıştır (Çizelge 5). Bor uygulanmadığında yaprağın ve lifin bor konsantrasyonu sırasıyla 15.3 mg kg^{-1} ve 9.66 mg kg^{-1} olarak belirlenirken $B_{0.2}$ ve $B_{0.4}$ uygulamalarına bağlı olarak bor konsantrasyonu sürekli artmıştır. Endüstriyel kenevir bitkisi yaprağının ve lifinin bor konsantrasyonu üzerine uygulamalar arasında belirlenen farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde yaprağın ve lifin bor konsantrasyonu üzerine etkileri

Uygulamalar, kg B da^{-1}	Yaprak B, mg kg^{-1}	Lif B, mg kg^{-1}
B_0	$15.3 \pm 1.76 \text{ c}$	$9.66 \pm 0.54 \text{ c}$
$B_{0.2}$	$25.7 \pm 2.13 \text{ b}$	$17.9 \pm 0.86 \text{ b}$
$B_{0.4}$	$34.2 \pm 1.06 \text{ a}$	$27.1 \pm 1.97 \text{ a}$
F değeri	30.5**	46.6**

Değerler üç tekerrürün ortalaması $\pm$ standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ($p<0.05$) ile belirlenmiştir.

Bor noksan alanda yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisinde kontrol uygulamasında yaprakta ve lifte belirlenen bor konsantrasyonu Scaife ve Turner (1983), tarafından rapor edilen kritik düzeyin ($< 20 \text{ mg B kg}^{-1}$) altında olduğu belirlenmiştir. Kenevir bitki yaprağında belirlenen bor noksanlığı bor uygulaması ile normal düzeye çıkmış ve genç yapraklarda genç yaprak renginin daha açık yeşil veya sarımsı bir renk almasıyla ortaya çıkan (Anonymous, 2023) bor noksanlık belirtileri ortadan kalkmıştır.

Endüstriyel kenevir bitkisi yaprağında bor konsantrasyonu sırasıyla 15.5 mg kg^{-1} (kontrol) ile 34.2 mg kg^{-1} ($B_{0.4}$ uygulaması) arasında, lifinde ise sırasıyla 9.66 mg kg^{-1} (kontrol) ile 27.1 mg kg^{-1} ($B_{0.4}$ uygulaması) arasında değiştiği belirlenmiştir. Hajarian (2022), kenevir bitkisinde bor için yeterlilik aralığının $30\text{-}150 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Kalinowski ve ark. (2020), serada yetiştirilen 13 farklı kenevir çeşidinde belirlenen bor konsantrasyonunu $26\text{-}91 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Suchoff ve ark. (2021), 2017-2020 yılları arasında Kuzey Carolina Tarım ve Tüketici Hizmetleri Bakanlığı'na sunulan 6.119 *Cannabis sativa* bitkisi üzerinde yapılan bir ankette elde edilen verilerden kenevir çeşitlerinde belirlenen bor konsantrasyonunu $30\text{-}90 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Landis ve ark. (2019), beş farklı kenevir çeşidinden bor konsantrasyonunu $23\text{-}57 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Grandon (2023), ise 2019-2020 yılları arasında 537 farklı kenevir çeşidinde bor konsantrasyonunu $36\text{-}86 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Sonuç

Kastamonu ili Taşköprü ilçesi Kızılcaörhen köyünde yürütülen tarla denemesinde bor uygulaması öncesinde toprakta ve endüstriyel kenevir bitkisinde bor konsantrasyonu sağlıklı bitki gelişimi için yeterli düzeyde olmadığı hem toprakta hem de bitkide belirlenen bor konsantrasyonunun sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Bor uygulamaları sonucunda endüstriyel kenevir bitkisinde yaş ve kuru ağırlık, lif verimi, lif randımanı, bitki boyu ile teknik sap uzunluğu artmıştır. Bor noksanlığı görülen alanda yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisi

borlu gübrelemeye olumlu tepki vermiş ve hem yaprağın hem de lifin bor konsantrasyonu optimum düzeye çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre endüstriyel kenevir yetiştirilen alanlarda ekim öncesi yapılacak toprak analiz sonuçlarına göre borlu gübrenin gübreleme programına dahil edilmesi yerinde bir uygulama olacaktır.

Uygulanan borun endüstriyel kenevir bitkisinin yapraklarında belirlenen bor konsantrasyonunun lifte belirlenen bor konsantrasyonundan daha fazla olması borun life daha az taşındığı sonucuna varılmıştır. Yaprğa oranla life daha az taşınması üzerinde çalışılması gereken bir bulgu olmuştur.

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, Zata A, Pelai F, Venturi G. 2008. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fiber and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*, 107, 161–169.
- Anonim, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu Bülteni. <https://data.tuik.gov.tr> > Bulten (0ZWGbtzUJPOLiZaPEN3FrS5IXLkMvvziijsZc4svxl4aYVWyPD9C6cwaqWqeKG)
- Anonim, 2025. Resmi İstatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KASTAMONU>. Erişim tarihi: 11.04.2025.
- Anonymous, 2023. How to spot and correct a boron deficiency in cannabis plants. By Organitek. <https://organitek.com/cannabis-boron-deficiency/> (Erişim tarihi 27.04.2025)
- Anonymous, 1951. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Handbook No:18.
- Bingham FT. 1982. Boron. pp. 431-447. In: *Methods of Soil Analysis*. Page, A. L., Miller, R.H., and Keeney, D. R. (eds), Part 2. Madison.
- Bouyoucos GJ. 1951 A recalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of soil, *Agron, J.*, 43; 433-437.
- Bremner JM. 1965. *Methods of soil analysis. part 2. chemical and microbiological properties*, ed: Black, C.A. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron, Series No: 9. Pp: 1021-1060.
- Bryson G, Mills H. 2014. *Plant Analysis Handbook IV: e-Edition*. Athens, GA: Micro Macro Publishing.
- Cockson P, Landis H, Smith T, 2019. Hicks, K. and Brian E. Whipker, B.E., Characterization of Nutrient Disorders of *Cannabis sativa*. *Applied Sciences*. 9(20), 4432; <https://doi.org/10.3390/app9204432>. Cornell Cals, College of Agriculture and Life Sciences,
- Corrado G, De Pascale S, Pannico A, Roupheal Y, 2022. Macro and trace element mineral composition of six hemp varieties grown as microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis* 114, 104750 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104750>
- Dell B, Huang L, Bell RW, 2002. Boron in Plant Reproduction Boron in Plant and Animal Nutrition pp 103-117.
- Fortenbery TR, Bennett M. 2004. Opportunities for commercial hemp production. *Review of Agricultural Economics*, 26(1), 97-117.
- Gizlenci Ş, Acar M, Yiğen Ç, Aytaç S. 2019 Kenevir Tarımı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM Karadeniz Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. 66 s.
- Grabowska L, Koziara W. 2006. The effect of nitrogen dose, sowing density and time of harvest on development and yields of hemp cultivar bialobrzeskie. *Journal of Natural Fibers*, 2(4), 1–17. https://doi.org/10.1300/J395v02n04_01.
- Grandon B. 2023. A survey of nutrient levels in floral hemp (*Cannabis sativa* L.) grown for cannabinoids and the influence of leaf position for determining nutrient deficiencies. Master's Thesis, Chapter 1, North Carolina State University
- Grewelling T, Peech M. 1960. Chemical Soil Tests, Cornell. Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 960.
- Gupta UC. 1993. Boron and its role in crop production. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Hajarian, H., 2022. What Nutrient Disorder do my Hemp Plants Have? A Diagnostic Guide. Cornell Cals, College of Agriculture and Life Sciences,
- Hall J, Bhattarai SP, Midmore DJ. 2014. Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fiber yield in the subtropics. *Renewable Bioresources*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.7243/2052-6237-2-1>. <http://www.hoajonline.com/journals/pdf/2052-6237-2-1.pdf>.
- Hızalan E, Ünal H. 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 278, Yardımcı Ders Kitabı 97, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Iqtidar A, Rahman SF. 1984. Effect of boron on the protein and amino acid composition of wheat grain. *Journal of Agricultural Sciences*, 103(1), 75-80.

- Jackson ML. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Eng. Cliff, USA.
- Kalinowski J, Edmisten K, Davis J, McGinnis M, Hicks K, Cockson P, Veazie P, Whipker B. 2020. Augmenting nutrient acquisition ranges of greenhouse grown CBD (cannabidiol) hemp (*Cannabis sativa*) cultivars. *Horticulturae*, 6(4), 98. <https://doi.org/prox.lib.ncsu.edu/10.3390/horticulturae6040098>.
- Landis H, Hicks K, Cockson P, Henry, JB, Smith JT, Whipker BE. 2019. Expanding Leaf Tissue Nutrient Survey Ranges for Greenhouse Cannabidiol-Hemp." *Crop, Forage, and Turfgrass Management*, 5(1), 1-3.
- Lindsay WL, Norvell WA. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. p 889 Academic Press, New York.
- Middleton W, Jarvis BC, Booth H. 1978. The boron requirement for root development. In stem cuttings of phaseolus aureus roxb. A. *New Phytologist*, 81, 287-297.
- Neales TF. 1960. Some aspects of boron in root growth. *Aust. Journal of Biological Sciences*, 13, 232- 48.
- Olsen SR, Cole V, Watanabe FS, Dean LA. 1954. Estimation of Available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. of Agric., 939. Washington D.C.
- Papastilianou P, Kakabouki I, Ilias Travlos I. 2018. Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca effect of nitrogen fertilization on growth and yield of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 197-201. DOI:10.15835/nbha46110862
- Prat PF. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agro. Series No:9., Madison. USA.
- Ramon AM, Carpena-Ruiz RO, Garate A. 1989. The effects of short-term deficiency of boron on potassium, calcium, and magnesium distribution in leaves and roots of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. *Plant Nutrition Physiology and Applications*, 41, 287-290.
- Salinas R, Cerda A, Martinez V. 1986. The interactive effects of boron and macronutrients (P, K, Ca and Mg) on pod yield and chemical composition of pea (*Pisum sativum*). *Journal of Horticultural Science*, 61, 3.
- Sausserde R, Adamovičs A, Ivanovs S, Bulgakov V. 2013. Investigations into growing and harvesting industrial hemp. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 58(4), 150-154.
- Scaife A, Turner M. 1983. Diagnosis of mineral disorders of plants. *Vegetables*, 2, 96.
- Shelp BJ. 1988. Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Annals of Botany*, 61, 83-91.
- Shorrocks VM. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. In *Plant and Soil Proceedings*. Eds. R.W. Bell and B. Rerkasem, 193:121-148. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Small E. 2016. *Cannabis A Complete Guide*, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300. Boca Raton, FL 33487-2742
- Spurs AR. 1957. The effect of boron on cell-wall structure. *American Journal of Botany*, 44, 637-650.
- Suchoff D, McGinnis M, Davis J, Whipker B, Hicks K. 2021. Hemp leaf tissue ranges: Refinement of reference standards for floral hemp. NC State Extension Publication, AG 904.
- Taban S, Çıkılı Y, Kebeci F, Taban N, Sezer SM. 2004. Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3), 297-304.
- Tang K, Struik PC, Yin X, Calzolari D, Musio S, Thouminot C, Bjelkova M, Stramkale V, Magagnini G, Amaducci S. 2017. A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107, 427-438.
- Todd J. 2023. Nutrient Deficiency ID Guide for Hemp. Published by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. King's Printer for Ontario, Toronto, ON. ISBN 978-1-4868-7132-2 (Print) ISBN 978-1-4868-7133-9 (PDF)
- Van der Werf HMG, van Geel WCA, van Gils LJC, Haverkort AJ. 1995. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 42, 27-37.
- Warrington K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Annals of Botany*, 37, 629-672.
- Westerhuis W. 2016. Hemp for textiles: plant size matters. Wageningen University, Wageningen. Available at: <https://edepot.wur.nl/378698>. Accessed 8 Dec 2020.
- Westerhuis W, Amaducci S, Struik PC, Zatta A, Van Dam JEG, Stomph TJ. 2009. Sowing density and harvest time affect fibre content in hemp (*Cannabis sativa*) through their effects on stem weight. *Annals of Applied Biology*, 225, 244.
- Yazıcı L. 2023. Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) *Journal of King Saud University- Science*, 35, 102419
- Yazıcı L, Yılmaz G, Koçer T, Sakar H. 2020. Investigation of some yield characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) in Tokat ecology. *J. International Environmental Application & Science*, 15 (2), 104-108.
- Zhukov MS, Bedak GR. 1963. Boron fertilizer and its application on hemp. *Len i Konoplya*, 8(4), 24-25.