



ACTA NATURA ET SCIENTIA

VOLUME: 4 ISSUE: 2 YEAR: 2023



e-ISSN: 2718-0638

www.actanatsci.com

Editor-in-Chief

Musa Bulut

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye***Executive Editor**

Semih Kale

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye***Co-Editors**

Sefa Acarlı

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Selçuk Berber

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye***Associate Editors**

Deniz Acarlı

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Bayram Kızılkaya

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye***Statistics Editor**

Burcu Mestav

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye***Language Editor**

Baboo Ali

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye***Editorial Board**

Adem Yavuz Sönmez

Kastamonu University, Türkiye

Ali Kara

Ege University, Türkiye

Ali Kırtık

Ege University, Türkiye

Alper Doğan

Ege University, Türkiye

Altan Lök

Ege University, Türkiye

Arya Vazirzadeh

Shiraz University, Iran

Aydın Demirci

İskenderun Technical University, Türkiye

Aynur Lök

Ege University, Türkiye

Aysun Küçükdermenci

Ege University, Türkiye

Aytaç Özgül

Ege University, Türkiye

Bahar Bayhan

Ege University, Türkiye

Bilge Karahan

Ege University, Türkiye

Celalettin Aydın

Ege University, Türkiye

Emel Özcan Gökçek

Ege University, Türkiye

Emrah Şimşek

İskenderun Technical University, Türkiye

Fırat Alatürk

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Halit Filiz

Muğla Sıtkı Koçman University, Türkiye

Harun Yıldız

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Hülya Saygı

Ege University, Türkiye

Hünkar Avni Duyar

Sinop University, Türkiye

Hüseyin Özbilgin

FAO General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM), Burgas, Bulgaria

İhsan Çelik

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Katsuyuki Hamasaki

Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato-ku, Japan

László Ardó

HAKI Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation, Szarvas, Hungary

Lotfi Bensahla-Talet

Université d'Oran1, Oran, Algeria

Muharrem Hakan Kaykaç

Ege University, Türkiye

Murat Özbek

Ege University, Türkiye

Nejdet Gültepe

Atatürk University, Türkiye

Pervin Vural

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Pınar Çelik

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Rıza Temizkan

Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye

Robert Stéphane

Ifremer (Retired), La Tremblade, France

Salim Heddad

Université 20 Août 1955-Skikda, Algeria

Savaş Canbulat

Kastamonu University, Türkiye

Shigeki Dan

Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato-ku, Japan

Subodha Kumar Karna

ICAR - Indian Institute of Water Management, Bhubaneswar, India

Şule Gürkan

Ege University, Türkiye

Telat Yanık

Atatürk University, Türkiye

Tevfik Ceyhan

Ege University, Türkiye

Walter Leal Filho

Hamburg University of Applied Sciences, Germany

Yasemin Öner

Bursa Uludağ University, Türkiye

Yavuz Mazlum

İskenderun Technical University, Hatay, Türkiye

Yılmaz Emre (Deceased)

Akdeniz University, Türkiye

Acta Natura et Scientia is open access and peer-reviewed scientific journal that publishes high-quality papers in all aspects of nature and science throughout the world.

The aim of *Acta Natura et Scientia* is to contribute to the scientific literature by publishing the finest peer-reviewed researches in all aspects of nature and science depending upon their importance, originality, timeliness, interdisciplinary interests, and significant conclusions.

The publication languages of the journal are English and Turkish.

The journal accepts *Original Research Paper, Short Communication, Review, Case Report* in all aspects of nature and science.

The journal publishes 2 issues per year in June and December.

The double-blind peer-review process is maintained during the review processes.

More detail about *Aim & Scope* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1614/aim-scope>

AUTHOR GUIDELINES

More detail about *Author Guidelines* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1615/author-guidelines>

REVIEWER GUIDELINES

More detail about *Reviewer Guidelines* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1616/reviewer-guidelines>

Reviewers and the relevant committee members can verify the reviewer certificate by entering the certificate code on this page: <https://actanatsci.ejournal.gen.tr/certificate>

REVIEW POLICY AND REVIEW PROCESS

More detail about *Review Policy and Review Process* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1620/review-process>

FORMAT-FREE SUBMISSION POLICY

More detail about *Format-Free Submission Policy* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1617/format-free-submission-policy>

OPEN ACCESS POLICY

More detail about *Open Access Policy* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1618/open-access-policy>

PUBLICATION CHARGES

This journal has no publication charges or submission fees.

PUBLICATION ETHICS AND MALPRACTICE STATEMENT

More detail about *Publication Ethics and Malpractice Statement* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1619/publication-ethics-and-malpractice-statement>

LICENSE

All published work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal.

Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal.

Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work (See [The Effect of Open Access](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

The author as the copyright holder grants non-exclusive publishing rights to the publisher under CC-BY license.

OPEN ARCHIVES INITIATIVE

More detail about *Open Archives Initiative* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/oai>

JOURNAL METRICS

More detail about *Journal Metrics* of the journal can be found at http://actanatsci.com/dergi_metric

INDEXING

Acta Natura et Scientia is indexed by "CAB Abstracts (CABI: Web of Science-Clarivate), Global Health (CABI: Web of Science-Clarivate), EBSCO, Crossref, Scilit, Index Copernicus, Publons, Dimensions, Electronic Journals Library (EZB), WorldCat, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), OpenAIRE Explore, CiteFactor, Index Medicne, EuroPub, ROAD-Directory of Open Access Scholarly Resources, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Academic Resource Index-ResearchBib, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Root Indexing, International Services for Impact Factor and Indexing (ISIFI), InfoBase Index, International Institute of Organized Research (I2OR), Cosmos, General Impact Factor, ASOS Indeks, Google Scholar, Scientific Journal Impact Factor (SJIF), International Scientific Indexing (ISI), Advanced Sciences Index, SciMatic, Journal Factor, ScienceGate, International Accreditation and Research Council, Scientific Indexing Services (SIS), İdealOnline.

More detail about *Indexing* of the journal can be found at <http://actanatsci.com/en/sayfa/1623/indexing>

PUBLISHER



Prensip Publishing and Consultancy Ind. Trade. Co. Ltd.
Kuzeykent Mah. Orgeneral Atilla Ateş Paşa Cad. No.15 CD, İç Kapı No:31
37150, Merkez, Kastamonu, Türkiye
info@prensip.gen.tr
prensip.gen.tr



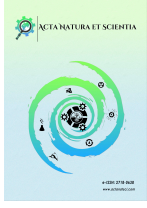
T A B L E O F C O N T E N T S

R E V I E W A R T I C L E S

- Using the Totipotency Abilities of Plants in Plant Breeding: Tissue Culture Techniques**
Bitkilerin Totipotensi Yeteneklerinin Bitki Islahında Kullanılması: Doku Kültürü Teknikleri 94-113
İsmail Karakaş

R E S E A R C H A R T I C L E S

- Impact of Different Nitrogen Sources and Concentrations on the Growth and Biochemical Structure of *Lemna minor*** 114-125
Hatice Tekoğul, Hülya Sayğı, Aysun Kop, Yaşar Durmaz, Ayberk Bayrak
- Is Popularity Good for Plant Conservation? Impacts of "Plantito and Plantita Culture" in Valencia City, Bukidnon, Philippines** 126-143
Felice A. Beligolo, Dave P. Buenavista
- Determination of Stubble Yields and Quality in Wheat and Barley Growing Areas in Çanakkale**
Çanakkale'de Buğday ve Arpa Yetiştirilen Alanlarda Anız Verimleri ve Kalitelerinin Belirlenmesi 144-157
Hatice Simay Sarı, Fırat Alatürk
- Analyzing the Seasonality in Yacht Exports of Türkiye** 158-171
Abdullah Açıık, Nergis Özispa
- The Effects of Harvesting Heights at Different Stubble Heights on Forage Yield and Quality in Sorghum Sudangrass Hybrid Cultivars**
Sorghum × Sudanotu Melezi Çeşitlerinde Farklı Anız Yüksekliklerinden Biçimin Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri 172-185
Nuri Erecek, Ahmet Gökkuş, Fırat Alatürk
- Investigation of Products Based on Different Writing Speeds using 3D Printer (Extruder)** 186-193
Bayram Kızılkaya, Hakan Ayyıldız
- Effects of Different Harvesting Practices on Forage Yield and Quality Characteristics in some Sweet Sorghum Cultivars**
Bazı Şeker Sorghum Çeşitlerinde Farklı Biçim Uygulamalarının Ot Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri 194-215
Elif Nur Sezgin, Fırat Alatürk
- Biochemical Compositions in the Carcasses of Some Small-Sized Indigenous Fin-Fish Species (SIS)** 216-224
Victoria Folakemi Akinjogunla, Binta Isyaku Usman



Bitkilerin Totipotensi Yeteneklerinin Bitki Islahında Kullanılması: Doku Kültürü Teknikleri

İsmail Karakaş¹

¹ Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Bornova, İzmir, 35100, Türkiye

✉ Corresponding Author: karakasgiller@outlook.com

Please cite this paper as follows:

Karakaş, İ. (2023). Bitkilerin Totipotensi Yeteneklerinin Bitki Islahında Kullanılması: Doku Kültürü Teknikleri. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 94-113. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.1>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş: 24. 02.2023

Düzeltilme: 30.03.2023

Kabul: 02.05.2023

Çevrimiçi Yayınlanma: 14.08.2023

Anahtar Kelimeler:

Islah

Doku kültürü

Totipotensi

Embriyo kültürü

Protoplast füzyonu

Haploid tekniği

Ö Z E T

Biyoteknolojik yöntemlerin bazıları 1980'li yıllardan sonra kültür bitkilerinde başarı ile uygulanmaya başlamış ve dünya çapında birçok ülkenin tarım sistemlerine dâhil edilerek pratiğe aktarılabilir duruma gelmiştir. Bitki doku kültüründe totipotensi; canlı bir bitki hücresinden tamamen yeni bir bitki üretme yeteneği olarak tanımlanabilir. Teorik olarak kök, yaprak, polen ve petal hücrelerinden tamamen yeni bitkiler yetiştirmek mümkündür. Bitki doku kültürü hücrelerin, dokuların, organların ve bunların bileşenlerinin tanımlanmış fiziksel ve kimyasal koşullar altında *in vitro* aseptik kültürü hem temel ve uygulamalı çalışmalarda hem de ticari uygulamada önemli bir araçtır. Bitki ıslahı programlarında klasik ve biyoteknolojik yöntemlerin kombinasyonu, daha iyi hastalık toleransı ve stres tolerans kapasiteleri, iyi adapte edilmiş yüksek verimli genotiplerde yararlı varyantların seçimi ve üstün kalitede bitkiler üretmek için geniş bir potansiyele sahiptir. Bitki kalitesinin iyileştirilmesi ve ekonomik sürdürülebilirlik için önemli fırsatlar sağlayan bir araç olarak bitki doku kültürü, bitki ıslahı programlarında süreyi ve iş gücünü azaltmıştır.

Using the Totipotency Abilities of Plants in Plant Breeding: Tissue Culture Techniques

ARTICLE INFO

Article History

Article History

Received: 24.02.2023

Revised: 30.03.2023

Accepted: 02.05.2023

Available online: 14.08.2023

Keywords:

Breeding

Tissue culture

Totipotency

Embryo culture

Protoplast fusion

Haploid technique

A B S T R A C T

Some of the biotechnological methods have been successfully applied in cultivated plants after the 1980s and have become practical by being included in the agricultural systems of many countries around the world. Totipotency in plant tissue culture; It can be defined as the ability to produce a completely new plant from a living plant cell. Theoretically, it is possible to grow completely new plants from root, leaf, pollen and petal cells. Plant tissue culture The *in vitro* aseptic culture of cells, tissues, organs and their components under defined physical and chemical conditions is an important tool in both basic and applied studies and commercial application. The combination of classical and biotechnological methods in plant breeding programs has ample potential to produce plants of superior quality and better disease tolerance and stress tolerance capacities, selection of useful variants in well-adapted high yielding genotypes. As a tool that provides significant opportunities for plant quality improvement and economic sustainability, plant tissue culture has reduced the time and workforce in plant breeding programs.

GİRİŞ

İnsanoğlu, bazı besin kaynaklarının arzu edilen özelliklere sahip olması nedeniyle diğerlerine tercih edildiğini kabul ederek ve dolayısıyla şu veya bu şekilde üstün sayılanları seçerek evrimsel doğal seçilimi değiştirmiştir. Gelişmiş “çeşitlerin” seçimi bilinçsiz bir şekilde başlamış, ancak günümüze gelinceye kadar daha organize hale gelmiştir. Sonunda, bitkilerin ve hayvanların seçici üreme olasılığı kabul edilmiş ve modern tarımsal gelişmenin temel taşı haline gelmiştir. Buna karşılık modern tarım, modern uygarlığın temeli haline gelmiş ve insanoğlunun geçimlik bir yaşam tarzından daha önce hayal bile edilemeyen faaliyetler peşinde koşmayı teşvik eden bir yaşam tarzına geçmesine izin vermiştir. Bu düşünülemez faaliyetler, bitki biliminin anlayışı, gelişimi ve takibi ile gerçekleşmiştir. Bitkilerin çeşitli faydalı ürün ve ürünlere dönüşmesi ancak insanların çabası ve araştırmaları ile mümkün olmuştur (Trigiano & Gray, 2004). Günümüzde biyoteknoloji ile hiç beklemediğimiz özelliklere sahip bitkiler elde etmek mümkün hale gelmiştir (George vd., 2008).

Biyoteknoloji, peynir ve turşu yapımı, gıda muhafazası ve fermantasyon için yüzyıllardır kullanılmakta olan bir tekniktir (Zhong vd., 1995). Biyoteknoloji 1970’lerde çeşitli gen teknolojilerinin geliştirilmesine yol açan ve dolayısıyla 20. yüzyılın en büyük bilimsel devrimi olarak kabul edilen restriksiyon enzimlerinin keşfi ile büyük bir ivme kazanmıştır. Biyoteknoloji, gerçek anlamda bir organizmanın özelliklerini, insanlığın yararına hücresel ve moleküler düzeyde geleneksel teknolojilerin yapabileceğinden daha verimli bir şekilde değiştirmek ve geliştirmekle ilgilenir. İlgili biyolojik sisteme (organizma) bağlı olarak, bitki biyoteknolojisi, mikrobiyal biyoteknoloji, hayvan biyoteknolojisi ve insan biyoteknolojisi olarak ayrılabilir. Bitki biyoteknolojileri; moleküler biyoteknoloji ve genetik, rekombinant DNA teknolojisi araştırmaları, genom karakterizasyonu, gen transfer teknikleri, hücrelerin, dokuların, organların aseptik büyümesi ve bitkilerin *in vitro* rejenerasyonuna kadar uzanan geniş bir strateji ve teknoloji grubunun bir parçası olarak kabul edilir (Zhong vd., 1995). Geleneksel bitki ıslahından farklı olarak, genetik modifikasyonlar için biyoteknolojik yöntemler büyük ölçüde organ, doku, hücre, protoplast ve moleküler seviyelerde çalışmaktadır. Bu

yenilikçi teknikler, verimli ve hassas bitki ıslahı için geleneksel yöntemlere ek olarak kabul edilmektedir (Zhong vd., 1995; Brown & Thorpe, 1995; Kang vd., 2007).

Modern bitki biyoteknolojisinin teorik çerçevesi ve deneysel temeli, hücresel totipotens (tek bir hücrenin bütün bir bitkiyi bölme ve üretme yeteneği) ve genetik transformasyon (genetik değişim, yabancı genetiğin kararlı entegrasyonu ve ifadesi) kavramlarından türemiştir. Hücre Teorisinin doğasında bulunan totipotens kavramının geçerliliğini test etmek için hiçbir sürekli veya organize girişimde bulunulmamıştır. Yirminci yüzyılın başına kadar Avusturyalı Alman botanikçi Gottlieb Haberlandt, bütün bitkileri yenileme umuduyla bitki hücrelerini besin solüsyonlarında kültürleyerek totipotensiye dair deneysel kanıtlar elde etmeye çalışan ilk kişi olmuştur (Vasil, 2008). Bitki hücrelerinin totipotensinin doğrudan ve kesin kanıtı nihayet, bir mikrokültür odasında yeni hazırlanmış bir besin solüsyonunda yetiştirilen tamamen izole edilmiş tek bir hibrit tütün hücresinden bitkileri yeniden üreten Vasil & Hildebrandt (1965a, 1965b, 1967) tarafından sağlanmıştır. Bu sonuçlar, yalnızca Schleiden ve Schwann'ın "Hücre Teorisinin" en önemli ilkelerinden biri olan totipotens kavramını doğrulamakla kalmamış, aynı zamanda 1980'lerde bitkilerin genetik dönüşümü için teorik çerçeveyi de yaratmıştır (Vasil & Hildebrandt, 1965a, 1965b, 1967; Vasil, 2008). Bitki doku kültürü tekniklerinin pratikte kullanılmasını sağlayan bitkilere özgü özel bir yetenek olarak adlandırılan "Totipotent" teriminin tam bir organizmaya dönüşebilir veya bir organizmanın herhangi bir hücre tipine farklılaşabilmesi olarak temelde farklı iki yorumu vardır (Condic, 2014). Birinci ve daha geniş anlamda, yalnızca zigotlar veya tek hücreli embriyolar totipotenttir. İkinci kavram ise, bir organizmanın tüm çeşitli hücre tiplerine dönüşebilen ancak her biri farklı koşullar altında gelişebilen hücreler de totipotent olarak tanımlanmaktadır (Fehér, 2019).

Tarımsal biyoteknoloji kapsamında önemli bir kavram haline gelen bitki biyoteknolojisi: bitki doku kültürü, genetik transformasyon ve moleküler biyoloji tekniklerinin çeşitli yönleriyle ilgilenir. Doku kültürü yöntemleri, tarla, meyve, sebze ve orman bitkileri ile

tıbbi ve aromatik bitkilerin iyileştirilmesi için genetik değişkenliğin yaratılması, korunması ve kullanılması için zengin bir kapsam sunar. Kallus ve bitki rejenerasyonunun uyarılması, mikro çoğaltma, somatik embriyogenez, somaklonal varyasyon, meristem kültürü, anter kültürü, embriyo kültürü, protoplast kültürü, kriyoprezervasyon ve sekonder metabolitlerin üretimi gibi çeşitli özel alanları içerir. Bunlar arasında mikro çoğaltma, somaklonal varyasyon ve embriyo, anter ve protoplast kültürü, bitki ıslahında doğrudan uygulamalara sahiptir. Mikroçoğaltma teknolojisi, vejetatif olarak çoğaltılan bitki türlerinde özel bir öneme sahip olan bitkilerin türüne uygun, hızlı ve kitlesel çoğalmasını sağlar. Anter ve mikrospor kültürü, somaklonal varyasyon, embriyo kültürü ve somatik hibridizasyon gibi bazı temel doku kültürü teknikleri, ticari çeşitlerde kademeli iyileştirme elde etmek için faydalı genetik değişkenlik oluşturmak için kullanılmaktadır. Aromaterapide kullanılan gıda aromaları, gıda boyaları, boyalar, parfümler, ilaçlar ve kokulu yağlar gibi sekonder metabolitlerin hücre kültürleri yoluyla üretimi moleküler tarımın önde gelen örnekleridir (Gosal vd., 2010).

Bitki doku kültürü tekniklerinin deneysel temeli, Alman Bilimler Akademisi'nden Gottlieb Haberlandt tarafından 1902'de tek hücre kültürü üzerine yaptığı gözlemler üzerine önerilmiştir. İlk gerçek kültürler, *Acer pseudoplatanus*'un (Dağ akçağacı) kambiyal dokusundan elde edilmiştir. Bitki doku kültürü (Mikroçoğaltma) terimi genellikle bitki hücrelerinin, dokularının, organlarının ve bunların bileşenlerinin, tanımlanmış kimyasal ve fiziksel faktörlerin *in vitro* olarak aseptik kültürü için kullanılır. Bitki doku kültürü teknikleri sayesinde; genç, hastaliksız, meristematik bitki parçaları, "eksplantlar" olarak adlandırılan daha küçük parçalara ayrılabilir ve bütün bir bitki haline getirilebilmektedir. Bu teknik, günümüzde neredeyse tüm bitki hücrelerinin totipotent ve rejeneratif olma yeteneğine sahip olması nedeniyle mümkün olmuştur. Hücrenin her kopyası, tüm bitkiyi oluşturmak için gerekli olan genetik bilgiye ve hücresel mekanizmaya sahiptir. İki kavram, plastisite ve totipotens, rejenerasyon ve bitki hücre kültürünü anlamak için iki merkezi süreçlerdir. Bitki hücreleri ve dokuları *in vitro* olarak kültürlendiğinde,

bunların çoğu genellikle çok yüksek derecede bir plastisite sergiler, bu da bir tip organ veya dokunun başka bir tipten başlatılmasına izin verir. Bu şekilde, tüm bitki daha sonra rejenere edilebilir, işte genetik potansiyelin bu tip korunmasına totipotens denir (Bidabadi & Jain, 2020; Sivagamasundari, 2022).

Geleneksel yetiştirme, çeşitli çevresel ve iklimsel faktörlerden etkilenir, ancak mikro çoğaltma ve doku kültürü teknikleri, minimum yer ve zaman kullanarak iyi bir düzenli bitki tedarikini garanti etmektedir. Mikroçoğaltma, yapay büyüme ortamlarında aseptik ve uygun koşullarda bitki dokularından veya tohumlarından vejetatif büyüme ve çoğalma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Doku kültürü başarısı temel olarak ana bitkideki eksplantların genotipine, yaşına, türlerine ve konumuna bağlıdır. Doku kültüründe *in vitro* mikro çoğaltmanın avantajları; hızlı klonal yayılma ve çoğalma, kontrollü ve değiştirilmiş çevre koşulları, yıl boyunca dikim materyalinin mevcudiyeti, istenilen klonların tanımlanması ve üretilmesi, sekonder metabolitlerin üretimi, tehdit altındaki bitki türlerinin korunması gibi çok geniş bir kullanım alanı sunmaktadır (Bhojwani & Razdan, 1986; Nhut, 2022).

1990'larda, *in vitro* teknolojilerin artan sayıda bitki türüne uygulanmasında devam eden genişleme gözlemlenmiştir. Doku kültürü teknikleri, tahullar ve otlar (Vasil & Vasil, 1994), baklagiller (Davey vd., 1994), sebzeler (Reynolds, 1994), patates (Jones, 1994), diğer kök ve yumru bitkileri (Krikorian, 1994), yağlı tohumlar (Palmer & Keller, 1994), ılıman meyveler (Zimmerman & Swartz, 1994), tropikal meyveler (Grosser, 1994), orman ağaçları (Harry & Thorpe, 1994), ve tabii ki süs bitkilerinde (Debergh, 1994) kullanılmaya başlanılmıştır.

Dünya nüfusunun hızla artması ve insanoğlunun daha kaliteli besinlere duyduğu gereksinim bitki ıslahçılarının işini her geçen gün biraz daha zorlaştırmaktadır. Islah amaçlarında meydana gelen çeşitlilik ve birbirinden bağımsız olan çok sayıda gen tarafından kontrol edilen birçok karakterin tek bir genotip üzerinde toplanması zorunluluğu, ıslah programlarında incelenmesi gereken popülasyonların büyüklüğünü de arttırmaktadır. Popülasyon büyüklüğü arttıkça geleneksel ıslah yöntemleri ile bu

popülasyonları elde etmek ve incelenmesi de uzun bir süreç olup aynı zamanda yoğun bir iş gücüne gereksinim göstermektedir. Bu sebeplerden dolayı günümüzde daha çok farklı model bitkilerde başarıyla uygulanan ve son yıllarda ekonomik önemi olan kültür bitkilerinde kullanılabilmesi için yoğun çalışmalar yapılan biyoteknolojik yöntemlerin geleneksel bitki ıslah programlarında karşılaşılan sorunları çözerek bitki ıslahının etkinliğini arttırabileceği üzerinde durulmaktadır (Genç & Yağbasanlar, 2018).

Doku Kültürü Tekniklerine Genel Bir Bakış

Biyoteknolojik yöntemlerin çoğu yüzyıl önce keşfedilmiş olmasına rağmen, önemli bazı yöntemler 1980'li yıllardan sonra kültür bitkilerinde başarı ile uygulanmaya ve pratiğe aktarılabilir duruma gelmiştir. Hem klasik hem de biyoteknolojik yöntemlerle bitki ıslahı ve mahsul üretimi, bitki kalitesinin iyileştirilmesi ve ekonomik sürdürülebilirlik için önemli fırsatlar sağlayan bir araç olarak kullanılmaya başlanmıştır. *In vitro* çoğaltma yoluyla, yeni ve/veya seçkin bitkiler, geleneksel yöntemlere göre çok daha hızlı bir şekilde toplu olarak çoğaltılabilir hale gelmiştir (Gosal vd., 2010; Baydar, 2020).

Bitkilerin Totipotensi Yetenekleri ile Mikro Çoğaltma ve *In vitro* Bankacılık Yöntemi

Mikro çoğaltma (*in vitro* çoğaltma), bitkilerin çeşitli doku, hücre ve organ kültürü yöntemleri ile klonal, türüne uygun çoğaltma için kullanılan en yaygın terimdir. Mikro çoğaltma, tanımlanmış uygun kültür ortamları ile ve kontrollü çevresel koşullar altında kapalı kaplarda doku ve organların küçük bölümlerinin (yani eksplantların) aseptik kültürünü ifade eder (Tripathi vd., 2021). Doku kültürü tekniklerinden biri olan mikro çoğaltma, şu anda ticari olarak en verimli ve pratik odaklı bitki biyoteknolojisidir ve çoğu durumda virüs veya diğer patojenlerden arınmış olan birçok bitki türünden çok sayıda klonal olarak çoğaltılmış bitkilerin hızlı bir şekilde üretilmesiyle sonuçlanır. Ayrıca, mikro çoğaltım artık transgenik bitkilerin ve somatik olarak yetiştirilmiş bitkilerin üretimindeki teknik bağlantıdır. Transgenik bitkilerin verimli üretimi

büyük ölçüde, içine “yabancı” DNA’nın eklendiği ve ifade edildiği hücrelerden, dokulardan veya organlardan bütün bitkileri yeniden üretme yeteneğine dayanır. Ek olarak, mikro çoğaltma ve diğer doku kültürü teknikleri ile moleküler biyolojideki yeni modaliteler, yeni genotiplerin veya arzu edilen bitkilerin seçimlerinin daha hızlı test edilmesini sağlayabilmektedir (Loberant & Altman, 2010).

Mikro çoğaltma, önemli tarla, bahçe ve orman bitkileri ile tıbbi/aromatik bitkilerin, küçük bitki parçalarından *in vitro* klonal çoğaltımı için kullanılan endüstriyel bir teknoloji haline gelen bitki doku kültürünün en iyi *in vitro* ticari uygulamalarından biridir. Mikroçoğaltma, tek tek bitkilerin genetik olarak aynı kopyalarının nispeten kısa bir süre ve sınırlı bir alanda, tipine uygun, hızlı ve kitlesel olarak çoğalmasını sağlayarak eski çeşitlerin gençleşmesini veya biyotik ve abiyotik streslere dirençli yeni çeşitlerin hızla yenilenmesini sağlamaktadır (Kane, 2011; Bhojwani & Dantu, 2013). Dünyada her yıl mikroçoğaltım yoluyla farklı bitki türlerine ait tahminen 500 milyondan fazla bitki üretilmektedir. Mikroçoğaltma endüstrisi çevre dostudur ve kimyasal olarak çok az hammadde gerektirir. Bu teknoloji aşağıdaki avantajlara sahiptir:

- i) Üretilen gerçek tipte bitkiler, yani donörle aynı (*in vitro* klonlama).
- ii) Tek bir eksplanttan bütün bir bitkinin rejenere edilmesi.
- iii) Seçilen iyi özelliklere sahip bitkiler, dünyanın herhangi bir yerinde aynı özelliklere sahip olarak çoğaltılabilir.
- iv) Elit klonların/çeşitlerin hızlı ve toplu çoğaltılması (1 ila 10/döngü her biri 2 hafta), aksi takdirde geleneksel yöntemlerle çoğaltılması zordur.
- v) Mevsimsel ve hammadde kısıtlamalarından bağımsızdır.
- vi) Hastaliksız bitki üretimi.
- vii) Ulusal/uluslararası germ plazm değişimi için elit bitki materyali, patojen ve böcek riskini ortadan kaldırır.

viii) Klasik yöntemlere kıyasla daha kolay sekonder metabolit üretimini mümkün kılmaktadır.

ix) Mikro çoğaltılmış, tarlada yetişen bitkiler daha yüksek verim verir ve daha iyi kalite sergiler (Gosal vd., 2010).

Haberlandt dönüm noktası niteliğindeki araştırmasında ilk olarak bitki hücresi kültürü kavramını keşfetmiştir (Haberlandt, 1902). Daha sonra, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar, canlı bitki hücresi, doku ve organ kültürlerinin üretimi için gerekli olan bu koşulların tanımını büyük bir ilgiyle takip ettiler. Haberlandt, tarihi makalesinin yayınlanmasından bu yana geçen 100 yılda muhtemelen bitki doku kültürünü totipotens kavramını incelemek ve morfogenezini keşfetmek için bir sistem olarak kullanmayı amaçlasa da elde edilen muazzam ilerlemeyi öngörmesi pek olası değildir. Bitki doku kültürünün birçok potansiyel kullanımının en pratik ve ticari uygulaması, arzu edilen genotiplerin ekonomik olarak uygulanabilir hızlı çoğalmasını sağlamak için mikro çoğaltmanın kullanılmasıdır (Baydar, 2020). Bitkileri küçük bitki parçalarından, hatta hücrelerden hızla çoğaltma yeteneği, bilim insanlarının önemli mahsul türlerinin üstün elit genotiplerini oluşturmak için biyoteknolojinin pratik uygulamalarını, yani doğrudan genetik müdahaleyi başarıyla uygulamalarını sağlayan temeli sağlamıştır (Read, 2004).

In vitro ortamda bitkilerin hücresel totipotensi yetenekleri sayesinde, kallus farklılaşması ve vejetatif çoğaltmanın oluşturulması gibi, bitki bilimlerinin uygulamalı alanlarında farklı bakış açıları getirmiş ve yeni boyutlar kazandırmıştır. Arzu edilen ve ticari bakımdan önemli kültür bitkilerinin hızlı vejetatif çoğaltımı veya mikro çoğaltım özellikleri, tam bitkilerle yetiştirmek için: nodal sürgünler segmentinden çoklu sürgün indüksiyonu (Şekil 1b) ve bunların *in vitro* köklenmesi (Şekil 1c) yoluyla mümkündür. Somatik embriyogenesis ve organogenesis (kallus farklılaşması) diğer mikro çoğaltma yöntemleridir. Olgun tohumlardan elde edilen fideler (Şekil 1d), nadir ve nesli tükenmekte olan bitki türlerinin büyük ölçekli çoğaltması için bir

kaynak olarak da kullanılabilir (Dagla, 2012). Virüssüz bitkiler, virüs bulaşmış bitkilerin apikal meristemleri kullanılarak yetiştirilebilir (Bhojwani & Razdan, 1986). Özellikle klasik ıslah metotları ile uzun yıllar alan homozigot bitkilerin elde edilmesi, olgunlaşmamış polen hücreleri gibi haploid hücrelerin diploidizasyonu ile tek bir nesilde elde edilebilir (Hussain vd., 2012). Protoplast teknolojisi, geleneksel melezleme yöntemlerinin güç olduğu, uzaktan akraba bitki türlerinin ve cinslerinin somatik hibritlerinin ve sibridlerinin geliştirilmesini mümkün kılmıştır (Baydar, 2020).

Protoplastlar ayrıca, bakterilere gen transferine benzer bir şekilde bitkilerin genetik mühendisliği için uygun bir materyaldir. Tüm bu yöntemlerin başarılı uygulamaları ile doku ve hücre kültürü teknikleri sayesinde, ekonomik açıdan önemli bitkilerin yeni çeşitlerinin üretimi için hücre varyantlarının seçimi ve uyarılması için önemli bir kaynak haline gelmiştir (Dagla, 2012).

Embriyo Kültürü ile *In Vitro* Tozlaşma

Zigot (döllenen yumurta), bir dizi iyi tanımlanmış gelişim evresinden geçerek, bir sonraki neslin atası olan bir embriyo oluşturur (George vd., 2008). Embriyonun büyümesini ve gelişmesini çeşitli fiziksel ve kimyasal faktörler düzenler. Çevre dokular, özellikle endosperm, önceden belirlenmiş embriyo gelişim modelini de kontrol eder. Bu faktörlerdeki herhangi bir bozukluk ve aşırı anormallik durumlarında da embriyonun düşmesine neden olur (Bhojwani & Dantu, 2013). Geniş hibridizasyonun zigotik safha sonrası başarısızlığının en yaygın nedeni, zayıf endosperm gelişimi nedeniyle embriyo abortusudur. Laboratuvar ortamında eksize edilmiş zigotik embriyoların gelişimin farklı aşamalarında kültürü, embriyogenezin gelişimsel ve fizyolojik yönleri hakkında faydalı bilgiler sağlamıştır (Bhojwani & Dantu, 2013). Embriyo kültürü, düşük tohum oluşumu, tohum dormansisi, yavaş tohum çimlenmesi gibi embriyo büyümesini indüklemeye gibi sorunları çözümlenmesinin üstesinden gelmede başarılı olmuştur (Raghavan, 1980, 1994; Yeung vd., 1981; Collins & Grosser, 1984; Zenkteler & Nietzsche, 1990).

Zigotik veya tohum embriyoları, örneğin kallus kültürlerini başlatmak için bitki doku kültüründe eksplantlar olarak sıklıkla avantajlı bir şekilde kullanılır (George vd., 2008). Embriyo kültüründe embriyolar tohumlardan ayrılır ve elde edilen embriyolar ayrı ayrı izole edilerek eksplant başına bir bitki sağlamak için *in vitro* olarak çimlenmesi sağlanır. Embriyo kültürü aynı zamanda, uzamış bir dormansi periyoduna sahip tohumlardan hızlı bir şekilde fide üretimine de yardımcı olmaktadır. Ebeveynler genetik olarak farklı türler olduğunda, geniş gen havuzuna sahip bitkiler ile yapılan kapsamlı melezleme çalışmalarında, endosperm dejenerasyonu embriyo kaybına ve melezlemenin başarısız olmasına yol açmaktadır. Bu gibi durumlarda, embriyo kültürü veya embriyo kurtarma tekniği, türler arası melezler elde etmek için pratik bir yaklaşımdır (Gosal & Bajaj 1983). Embriyo kültürü ayrıca kapsamlı melezleme çalışmalarında haploidler üretmek için de kullanılır (Bains vd., 1995; Verma vd., 1995).

Bitki yetiştiricileri tarafından kullanılan doku kültürü tekniklerinden en başarılısı embriyo kültürüdür. Embriyo ölümü, bazen aynı türler arasında ve bazen de farklı türler arasında çapraz üreme sonrası ortaya çıkan yaygın vakalardan biridir. Bu gibi durumlarda, embriyo erken aşamalarda izole edilmedikçe ve bir bitkiye dönüşmek ve gelişmek için bir diyetle büyütülmedikçe embriyo ölümü kaçınılmazdır. Doğrudan döllenmeden sonra embriyonun küçük olması nedeniyle izole edilemediği çok erken evrelerde, araştırmacılar tüm yumurtayı izole ederek embriyonun gelişimine kadar uygun ortamı sağlayarak embriyo gelişimine izin vermektedirler. Ovul teknolojisi, özellikle genetik olarak farklı türlerde uyumsuzlukları ortadan kaldırmak için de kullanılır. Polen, akarlar aşılana hazırlanmadan erken bir zamanda olgunlaşabilir. Çiçeklenme mevsiminde bazı inhibitörlerin varlığından dolayı aşı tüpü çiçek tarhında büyüyemez. *In vitro* tozlaşma ve döllenme, oositlerin izole edilmesi ve daha sonra fidelere veya yumurtalık implantlarına daha sonra büyüyen canlı embriyoların tohumlarının elde edilmesi için istenen bitkiden polen ile döllenmesi ile bu sorunun üstesinden gelinmektedir (Baday, 2018).

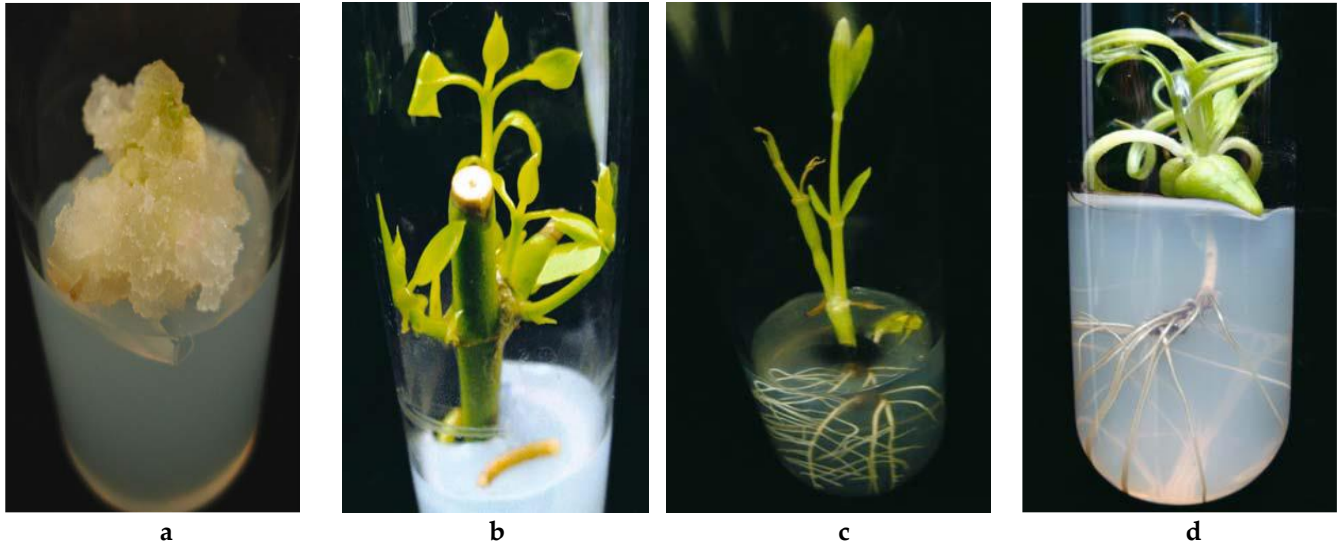


Figure 1. An example of micropropagation a: Callus replication. b: Multiple shoot induction from nodal shoots segment. c: *In vitro* rooting of the shoot to grow a full plant. d: *In vitro* seed germination and seedling development (Dagla, 2012).

Şekil 1: Bir mikro çoğaltım örneği a: Kallus çoğaltımı b: Nodal sürgünler segmentinden çoklu sürgün induksiyonu. c: Tam bir bitki yetiştirmek için sürgünün *in vitro* köklenmesi. d: *In vitro* tohum çimlenmesi ve fide gelişimi (Dagla, 2012).

Embriyo kültüründe daha fazla ilerleme ve genetik çalışmalarda embriyo kültürü tekniğini kullanma imkânını, ilk kez gösteren Laibach'ın (1925, 1929) *Linum* (çok yıllık keten)'daki çalışması olmuştur. *Linum*'daki belirli türler arası melezlemelerde, meyvenin ufaldığı ve tohumların cılız ve cansız olduğu bulunmuş, ancak bu tür tohumların embriyoları kesilip bir sakkaroz ortamına yerleştirildiğinde, çimlenmeleri sağlandığı gözlemlenmiştir (Dulberger, 1973). Embriyo kültürü Gregory & Purvis (1938) tarafından vernalizasyon çalışmalarında da bir araç olarak kullanılmıştır. Bu çalışma, eksiz edilmiş çavdar embriyolarını %2 sakkaroz ortamında vernalize ettikten sonra çimlenmenin endosperm veya aleuron tabakasının vernalizasyonuna değil, embriyonun soğuk tedaviye yanıtına bağlı olduğunu göstermişlerdir. Gregory & deRopp (1938), bu çalışmaya mütakiben çiçek oluşumu için embriyoların vernalizasyonu sırasında şekerin gerekliliğini gösterebilmişlerdir (Narayanaswami & Norstog, 1964; Yatsuyanagi & Takahashi, 1953). Szala vd. (2016), *Brassica oleracea* L. × *B. rapa* L. melezlerini elde etmek için açılan yumurtalıkların *in vitro* tozlaşmasının uygulanması üzerine yaptıkları çalışmada, *B. napus*'un yeniden sentezleri, *B. oleracea* × *B. rapa*'nın türler arası hibridizasyonu ve ardından embriyo kurtarma ve

genom ikiye katlama yoluyla gerçekleştirilmiştir. Doğal olarak gerçekleşen belirli alogami engelleri nedeniyle, tozlaşma yeterince iyi olmamış ve bu nedenle *B. rapa* poleni, yumurtalıkları açılmış bir *B. oleracea* *in vitro* olarak tozlaştırılmıştır. Çalışmanın ardından, *B. napus*'un başarılı bir şekilde geliştirildiğini ve farklı özellikler için genetik yapısını genişlettiğini bildirmişlerdir (Tefera, 2019).

Maternal Haploid Tekniği ve Anter Kültürü Yöntemleriyle Di/Double Haploid Bitki Üretimi

Geleneksel bitki ıslah yöntemleri, gerekli homozigotluk seviyesini elde etmek üzere arzu edilen özellikler için altı ila yedi seçim döngüsü gerektirmektedir. Bu süreç, bir çeşidin tescil edilmesi için klasik ıslah yöntemleri ile 11 ila 13 yıl alırken, double haploid (DH) teknolojisi ile tek bir nesilde daha hızlı tam homozigot bitkilerin elde edilmesine yardımcı olarak ıslah programlarını hızlandırmaktadır (Hussain vd., 2012). Haploid bitkiler, gametik kromozom sayısını (2n yerine n) taşıyan sporofitlerdir. Bir haploidin kendiliğinden veya indüklenmiş kromozom kopyalanması meydana geldiğinde, ortaya çıkan bitkiye double haploid (DH) adı verilir. Karşılaştırıldığında, dihaploid bitkiler (2n = 2x), bir ototetraploidten (4x) elde edilen haploid bitkilerdir (Kasha & Maluszynsky, 2003).

Kendiliğinden veya kolçisinlerin indüklediği kromozomal ikiye katlama ile geliştirilen double haploidler, tek bir nesilde heterozigot bitkilerden tamamen homozigot hatların doğrudan üretimine yol açmaktadır. Anter kültürü yoluyla double haploid ıslahı, heyecan verici ve güçlü bir araç olarak bitki ıslahı için geleneksel tekniklere uygun bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Tefera, 2019). Ayrıca double haploid tekniği, homozigot saf hatların stabilitesi için en az üç ila dört nesil kendileme tasarrufu da sağlamaktadır (Hassawi vd., 2005). Örnek olarak lahanagiller familyasından *Brassica* türlerinde, çok sayıda kendine uyumsuzluk SI (Self-incompatibility) allelleri bulunduğundan F6 jenerasyonuna kadar en az beş kere tomurcuk tozlaşması gerekirken, DH teknolojisi sayesinde sadece bir defa tomurcuk tozlaşması yeterli olabilmektedir. Ayrıca bitki ıslah programlarında F6 jenerasyonuna kadar yapılan kendileme işlemi ile heterozigotluk oranı %2-3 oranında devam ederken, DH tekniği ile elde edilen hatların homozigotluk oranı %100 oranında gerçekleşmektedir (Baydar, 2020).

Günümüzde en yaygın kullanılan haploidy teknikleri anter ve polen kültürüne dayalı androgenesistir. Temel amaç mikrospor kaynaklı embriyo elde etmek ve bu süreçte olgunlaşmamış mikrosporlar (tek çekirdekli safhadan erken çift çekirdekli safhaya kadar) *in vitro* ortamda sıcak, soğuk ve kolçisin uygulamaları ile gametofitik polen oluşumu yerine sporofitik haploid veya double haploid (DH) embriyo oluşturulmaya çalışılarak daha hızlı bir homozigotiye ulaşmak bu teknoloji sayesinde mümkün olmaktadır (Baydar, 2020). Double haploid (DH) tekniğinde kolçisinin yanı sıra; trifluralin, oryzalin, sülfonamid, pendimetalin ve klorpirifos gibi çeşitli kimyasal herbisitler, kromozom ikiye katlanmasını indüklemeye büyük potansiyele sahiptir (Allum vd., 2007). Bu antimitotik ajanların kromozom ikiye katlanmasını gerçekleştirme mekanizmaları, kolçisin ile aynıdır. Kolçisin ile karşılaştırıldığında, bu ajanlar bitki tübülüne karşı daha baskın bir afiniteye sahip olup mikromolar seviyede kullanılan konsantrasyon, toksisite daha düşük iken, kolçisine benzer bir kromozom katlama etkisine sahiptir. Kimyasal antimitotik ajanların yanı sıra, önemli bir fiziksel mutajen olarak yüksek sıcaklık da bitkilerde

kromozom katlama çalışmalarında etkili olduğu kanıtlanmıştır (Zhang vd., 2003; Wang vd., 2012, 2013a). Yüksek sıcaklıkta işleme, tek biçimliliğe ve ekonomik ve operasyonel avantajlara sahiptir (Guo vd., 2017).

İlk doğal sporofitik haploid 1921'de Dorothy Bergner tarafından bir yabancı ot türü olan *Datura stramonium* L.'de gözlemlenmiş, Blakeslee vd. (1922), tarafından rapor edilmiştir. Bunu tütün, buğday ve diğer bazı mahsul türlerinde doğal haploidlerin raporları izlemiştir. Bu çalışmadan sonra, bitki ıslahında ve genetik araştırmalarda haploidlerin önemi giderek ivme kazanmaya başlamıştır (Kumari & Aswath, 2018). *Datura anoxia*'nın olgunlaşmamış anterlerinin *in vitro* kültüründen haploid embriyo gelişimi ilk kez Guha & Maheswari (1964) tarafından, mikrosporların normal gametofitik gelişimini sporofitik bir gelişime dönüştürmenin mümkün olduğunu ve daha sonra haploid kromozom sayısına sahip embriyoların ve bitkilerin üretileceği keşfedilmiştir. Bu, haploidlerin gelişiminde bir ilerleme ve atılım olmuş ve tespit edilen kendiliğinden haploidlerin sayısı istikrarlı bir şekilde artarak 1974'te Kasha (1974) 100'den fazla anjiyosperm türünün oluşumunu kaydetmiştir. Daha sonra, DH'nin *in vitro* yöntemlerle geliştirilmesi için çaba harcanmış ve 250'den fazla bitki türü için protokoller yayınlanmıştır (Maluszynski vd., 2003).

Double haploid (DH) tekniğindeki ilerleme ve atılımlar, özellikle *Solanaceae*, *Brassicaceae* ve *Gramineae*'de başarılı olan anter kültürü hakkında daha ileri ve kapsamlı araştırmaların yolunu açmıştır. Bununla birlikte, ilgili angiosperm bitkilerinin tümü, embriyogenez indüksiyonuna verimli bir şekilde yanıt vermez ancak, arpa (*Hordeum vulgare* L.), kolza tohumu (*Brassica napus* L.), tütün (*Nicotiana spp.*) ve buğday (*Triticum aestivum* L.), yüksek rejenerasyon verimlilikleri (Forster vd., 2007), *Arabidopsis* gibi bilimsel veya ekonomik olarak ilginç diğer türler, birçok odunsu bitki veya baklagil familyasının üyeleri mikrospor embriyogenezini incelemek için model türler olarak kabul edilmektedirler. (Sangwan-Norreel vd., 1986; Bajaj, 1990a; Germanà, 2006, 2009). Double haploid (DH) tekniği: gamet embriyogenezini, yüksek bir genom heterozigotluğu, uzun bir gençlik dönemi ile uzun bir nesil döngüsü, büyük bir boyut

ve genellikle kendine uyumsuzluk ile karakterize edilen ve bunların olmadığı odunsu bitkilerde homozigotluk elde etmek için özellikle vazgeçilmez bir araçtır (Germanà, 2006, 2009).

Somaklonal Varyasyon

Bitki doku kültürü, bitki ıslahçılarında yardımcı olmak için pek çok yeni aracın geliştirildiği kolaylaştırıcı bir teknolojidir. Bitki doku kültürü teknikleri ile ıslah sürecinin hızını veya etkinliğini artırmak, mevcut germplazma erişilebilirliğini iyileştirmek ve bitki ıslahı için yeni varyasyonlar yaratmak mümkün olmaktadır. Bitki doku kültürü tekniklerinden somaklonal varyasyon, doku kültürü sistemlerinin hem avantajı hem de dezavantajı olduğu için benzersiz bir konuma sahiptir. Somaklonal varyasyon ilk olarak 1981'de konuyu gözden geçiren ve o dönemde bitki ıslahı için potansiyel kullanımlarına dikkat çekmek için birkaç araştırmacı arasında yer alan Larkin ve Scowcroft tarafından, hücre ve doku kültürlerinden kaynaklanan varyasyon olarak tanımlanmıştır (Larkin & Scowcroft, 1981). Beklentileri büyük ölçüde, patates (Shepard vd., 1980), şeker kamışı (Heinz, 1973; Krishnamurthi & Tlaskal, 1974), mısır (Green, 1977) ve çeltik (Oono, 1978) protoplast ve eksplant kültürlerinden türetilen bitkilerde geniş çeşitlilik rapor edilen gözlemlerden kaynaklanmaktadır. Kısa süre sonra, somaklonal varyasyonun yaygın olduğunu ve bu nedenle görünüşte tüm bitki yetiştiricileri için erişilebilir olduğunu gösteren, tüm türler yelpazesinde çok sayıda araştırma yapılmıştır (Karp, 1995). Şu anda, somaklonal varyant terimi evrensel olarak doku kültüründen türetilmiş varyantların tüm formları için kullanılmaktadır (Bajaj, 1990b), bununla birlikte protoklonal, gametoklonal ve meriklonal varyasyon gibi diğer isimler genellikle sırasıyla protoplast, anter ve meristem kültürlerinden varyantları tanımlamak için kullanılmaktadır (Bajaj, 1990b).

Günümüzde kullanılan doku kültürü tekniklerinden bir diğeri de somaklonal varyasyon yöntemidir. Braun (1959) tarafından somaklonal varyasyonun ilk gözlemi ve raporundan bu yana, doku kültürü yapılan birçok bitkinin ana problemlerinden biri olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Bitki hücrelerinin *in vitro* olarak büyümesi

ve bütün bitkilere dönüşmesi, sadece hücrenin mitotik bölünmesini içeren aseksüel bir süreçtir ve teorik olarak herhangi bir varyasyona neden olmamalıdır. İdeal olarak, genetik olarak tek tip bitkilerin klonal çoğaltılması beklentidir (Bairu vd., 2011). Bu nedenle, kültür süreci sırasında kontrolsüz ve rastgele spontane varyasyonların ortaya çıkması beklenmeyen ve çoğunlukla istenmeyen bir olgudur (Karp, 1994). Bununla birlikte, bu olumsuz etkilerin aksine, yeni varyantların yaratılması yoluyla mahsulün iyileştirilmesindeki yararlılığı da iyi bir şekilde belgelenmiştir. İndüklenmiş somaklonal varyasyon, poligenik özelliklere sahip ekinlerin genetik manipülasyonu için kullanılabilir (Bairu vd., 2011). Hastalıklara dayanıklılık ve kalite iyileştirme ve daha iyi verim sergileyebilen yeni çeşitlerin üretilmesi yoluyla bitki ıslahı için de önemli bir araç olabileceği bildirilmektedir (Karp, 1995; Emaldi vd., 2004). Bu nedenle somaklonal varyasyonun yararlı potansiyellerini kabul etmek önemlidir. Doku kültüründen türetilen bitkilere somaklonlar denir ve farklılıklar sergileyen doku kültüründen türetilen bitkilere somaklonal varyantlar adı verilir (Larkin & Scowcroft, 1981).

Skirvin & Janick (1976) bahçe bitkileri türlerinin genotip iyileştirmesinde klonal varyasyonun önemini ilk vurgulayanlar arasında yer almaktadır. Shepard vd. (1980), 'Russet Burbank' patatesinin (*Solanum tuberosum* L.) kültürlenmiş yaprak protoplastlarından (protoklonlar) rejenere edilen bitkiler arasında büyük çeşitlilik olduğunu göstermiştir. Bu genetik değişkenlik kaynağının kapsamını ve olası önemini araştırırken, konuyu kapsamlı bir şekilde gözden geçiren Larkin & Scowcroft (1981), ilk olarak "somaklonal varyasyon" teriminin, bir süre sonra doku veya hücre kültüründen rejenere edilen bitkiler arasında gözlenen fenotipik varyasyonu tanımlamak için kullanılmasını önermişlerdir (Skirvin vd., 1994).

Kallus kültürleri somatik mutantları geri kazanmak için kullanılabilir, çünkü *in vitro* kültür ortamı tek tek hücrenin bölünmesini ve tüm bitkinin yenilenmesini teşvik etmektedir. Somaklonal varyantlar somatik veya genetik olarak stabil olabilir. Genetik olarak kararlı varyasyonlar mutasyonlar olarak adlandırılabilir. Bununla birlikte, tersine çevrilebilir epigenetik varyasyonların olasılığı

nedeniyle, bu alan, “mutasyonlar” yerine “varyasyonlar” terimini kullanmaktadır (Wang & Wang, 2012). DNA dizisindeki herhangi bir değişiklik, kalıtsaldır ve mahsulün iyileştirilmesi için önemlidir. Öte yandan, epigenetik değişiklikler geçicidir ve geri dönüşümlüdür ve kalıtsal değildir (Meins, 1983). Genetik olarak kararlı somaklonal varyantlar, nokta mutasyonları, kromozom sayısı ve yapısındaki değişiklikler, rekombinasyonlar, DNA dizilerinin metilasyonu, nükleer, mitokondriyal veya kloroplast genomlarındaki delesyonlar ve transpozisyonlar nedeniyle ortaya çıkabilmektedir (Lee & Phillips, 1988; Phillips vd., 1990).

Gengenbach & Umpeck (1982), izole edilmiş mitokondriyal DNA'nın restriksiyon enzim analizini kullanarak mitokondriyal olarak kontrol edilen erkek kısırlığının ortaya koyarak somaklonal varyasyonun nükleer DNA ile sınırlı olmadığını göstermiştir. Aydın vd. (2016), yaptıkları çalışmada Murashige ve Skoog üzerinde endosperm destekli olgun çavdar embriyosundan elde edilen kalluslardaki varyasyonun tespiti için rastgele amplifiye polimorfik DNA (RAPD) ve coupled restriksiyon enzimi rastgele amplifikasyon (CRED-RA) belirteçleri kullanılmışlar ve sonuç olarak RAPD ve CRED-RA tekniklerinin somaklonal varyasyonun tespiti için kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

Somaklonal varyasyon tekniği bazı durumlarda, arzu edilen morfolojik özellikler, hastalık direnci, böcek direnci, asit toleransı ve tuz toleransı dahil olmak üzere çeşitlere istenen özellikleri kazandırmak için doku kültürü varyasyonundan da yararlanılmıştır (Baydar, 2020).

Protoplast Füzyonu ile Somatik Hibridizasyon

Bir protoplast, hücre duvarı çıkarılmış sitoplazma ve çekirdekten oluşan bir bitki hücresinin canlı kısmıdır. Protoplastlar, tüm bitki organlarından veya doku kültürlerinden izole edilebilmektedir (George vd., 2008). Teorik olarak, protoplastların totipotent olduğu varsayılır, bu da farklılaşma ve çeşitli organlara dönüşme yeteneğine sahip oldukları anlamına gelmektedir (Ishaku vd., 2020). Protoplast füzyonu, faydalı agronomik özelliklere sahip ve aynı zamanda ticari ölçekte satılabilen mahsullerin üretilmesinde çok önemli bir teknik haline gelmiştir.

Özellikle son birkaç on yılda, genetiği değiştirilmiş mahsullerin halk tarafından onaylanmaması gibi nedenlerden dolayı, protoplast füzyonunu kullanan araştırmalarda bir artış meydana gelmiştir (Davey vd., 2010; Grosser vd., 2010). Protoplast füzyonu yoluyla somatik hibridizasyon, türler arası ve türler arası hibritlerin üretimi için önemli bir araç haline gelmiştir ve iki farklı genomun kaynaştırıcı protoplastlarını, ardından istenen somatik hibrit hücrelerin seçimini ve müteakip hibrit bitkinin rejenerasyonunu içermektedir (Şekil 2). Somatik hibridizasyon, artan verim ve hastalıklara karşı direnç ile yeni melezler oluşturmak için farklı tarla ve bahçe bitkilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tuz toleransı, kalite iyileştirme, sitoplazmik erkek kısırlığının (CMS) transferi, çekirdeksiz triploidler ve anaç iyileştirme için de kullanılmıştır (Wang vd., 2013b).

Bitki protoplastlarının füzyonu, yapılan araştırmalar sonucunda kimyasallar tarafından indüklenebileceği gözlemlenmiş, böylece farklı soy ve türlerin protoplastları, heterokaryonları üretmek için birleştirilebileceği fikri ortaya atılmıştır. Heterokaryonların sürekli mitotik bölünmesinden kaynaklanan kallus hücreleri, uygun bir seçim sistemi kullanılarak tanımlanabileceği ve somatik hibrit hücre hatlarına ve en sonunda bitkilere dönüştürülebileceği kanıtlanmıştır (Ishaku vd., 2020). Bitki ıslahı için somatik hibrit üretmek için protoplast füzyonunu incelemek gerekirse ilk olarak, cinsel melez uyumsuzlukların üstesinden gelinebileceği ve ikincisi ise kloroplastlar, mitokondri ve plazmonların birleştirilebilmesi gibi yeteneklerinden dolayı protoplast füzyonu tekniğinin bitki ıslahı için çok önemli olduğu bildirilmiştir. Hem tür içi hem de türler arası seviyelerde çok sayıda somatik hibrit kombinasyon üretilmiştir; Schieder & Vasil (1961) tarafından yapılan son incelemede elde edilen somatik hibrit kombinasyonların özet bir listesi mevcuttur. Petunya türleri üzerinde beş yıllık bir süre boyunca üç melez uyumluluk seviyesi ile protoplast füzyonu üzerine yürütülen çalışmada, benzersiz ve daha önce ulaşılamaz tür kombinasyonları oluşturmak için bu teknolojiye yararlanma yönünde kaydedilen ilerlemeyi simgelediği gözlemlenmiştir (Verma vd., 2008).



Figure 2. Schematic representation of hybrid plant production by protoplast fusion technique (Hussain et al., 2012).

Şekil 1. Protoplast füzyonu tekniği ile hibrit bitki üretiminin şematik gösterimi (Hussain vd., 2012).

Protoplast, plazmalemmayı ve doğal selülozik hücre duvarı olmadan tüm hücreyi içermektedir. Protoplast teknolojisinde, somatik hücrelerden izole edilen iki genetik olarak farklı protoplast ve paraseksüel hibrit protoplastlar elde etmek için deneysel olarak kaynaştırılmaktadır. Hibrit protoplast, heteroplazmik sitoplazma ve iki kaynaşmış ana çekirdek içerir. Protoplast füzyonu, çeşitli prokaryotik ve ökaryotik hücrelerde genetik rekombinasyonu indüklemek için nispeten yeni birçok yönlü bir teknik olarak ortaya çıkmıştır (Bhojwani vd., 1977). Protoplast füzyonu, türler arası ve hatta türler arası hibritleri üretmek için kullanılabilir. Protoplast füzyonu, geleneksel melezleme sistemlerinin dayattığı genetik alışverişin önündeki engelleri yıktığı için gen manipülasyonunun önemli bir aracı haline gelmiştir. Protoplast füzyon tekniği, genetik analiz ve suş iyileştirme için büyük bir potansiyele sahiptir. Endüstriyel olarak faydalı mikroorganizmalar için özellikle faydalı olduğu bildirilmiştir (Muralidhar & Panda, 2000). Günümüzde izole edilmiş protoplastlar, esas olarak bitki virüsü enfeksiyonlarına yönelik araştırmalarda ve seçilen DNA fragmentlerini bitki hücrelerine entegre etmek üzere hücrenin genetik bilgisini değiştirmek için kullanılmaktadır. Genetiği değiştirilmiş hücreler, yalnızca yeni genetik yapıya sahip bütün bitkiler onlardan yeniden üretilebiliyorsa genel pratik değere sahip olacaktır. Bu nedenle,

protoplast kültürlerinden bitkileri geri kazanma yeteneği, bitki bilimindeki bu tür genetik mühendisliği projelerinin başarısı için hayati öneme sahiptir (Davey vd., 2005).

Somatik hibridizasyonu kullanan en yaygın hedef, her iki füzyon ebeveyninin tam genomları ile simetrik hibritlerin üretilmesidir. Türler arası tütün hibritlerinin ilk raporundan bu yana (Carlson vd., 1972), çok sayıda simetrik hibrit üretilmiştir. İlişkisiz genomların protoplast füzyonu yoluyla birleştirilmesi, genellikle ebeveynlerden birinin nükleer ve/veya sitoplazmik genomlarının kısmen veya tamamen ortadan kaldırılmasına yol açsa da her iki ebeveyninden de agronomik öneme sahip özelliklere sahip simetrik somatik hibritlerin elde edildiği birçok örnek vardır (Swapnil vd., 2020). Dihaploid *S. tuberosum* ve diploid *S. circaefolium*'un protoplastlarının kaynaştırılmasıyla elde edilen dört simetrik hibritten üçü, patojen *P. infestans*'a karşı tamamen dirençli olduğu ve dört hibridin tümü, nematod *Globodera pallida*'ya karşı oldukça dirençli olduğu gözlemlenmiştir. Somatik hibrit (dişi ebeveyn olarak) ve *S. tuberosum* arasındaki eşeyli hibritlerin canlı tohumlar oluşturması, hibritlerin patates ıslahındaki potansiyeline işaret etmektedir (Mattheij vd., 1992). *S. tuberosum* ve *S. phureja* arasındaki altı tetraploid somatik hibritten biri, tarla denemeleri altında patates çeşidinden üç kat daha fazla verim verdiği bildirilmiştir (Mattheij vd., 1992). Kameya vd.

(1990) *S. melongena* ve *S. integrifolium* arasında, iki türün toplam kromozom sayısına sahip olan ve *Pseudomonas solanacearum*'a ebeveynlerden herhangi birinden daha yüksek direnç gösteren somatik melezler üretmiştir. Yine yapılan çalışmalar sonucunda, Japon turpu ve karnabahar arasındaki somatik melezler, karnabaharda ciddi bir hastalık olan yumru köke karşı direnç göstermiştir (Hagimori vd., 1992). Krizantem (*Dendranthema x grandiflorum*) ve pelin (*Artemisia sieversiana*) arasındaki somatik melezler, *Puccinia horiana*'nın neden olduğu pasa karşı krizantemden daha dirençli olduğu bildirilmiştir (Furuta vd., 2004).

Meristem ve Sürgün Ucu Kültürü ile Virüssüz Bitkilerin Üretimi

Bir bitkinin büyüme konisi veya sürgün uçları, steril koşullarda bir besi yerinde eksplant olarak kullanılarak kültüre alınıp bunlardan tam bir bitkinin elde edilmesi meristem ve sürgün ucu kültürü olarak adlandırılmaktadır. Virüsten ari bitki elde edilmesinde en çok başvurulan *in vitro* tekniği apikal meristem ve sürgün ucu kültürleridir. Bu kültürde kullanılan eksplant kaynakları meristematik bölümlerin en yoğun olarak gerçekleştiği dokulardan alındığından virüs bulaşıklığı hiç veya az düzeyde olmaktadır. Virüsten ari bitki elde etmek ve başarı şansını artırmak için genellikle meristemlerin alınacağı sürgünlere sıcaklık uygulaması yani termoterapi uygulanarak virüssüz bitki elde edilmesinde başarı şansını artırmaktadır (Baydar, 2020).

Zararlılar ve patojenler, tarla ve bahçe bitkilerinde önemli hasarlara ve ekonomik kayıplara neden olur. Bu hasarın büyük bir kısmı virüs enfeksiyonlarından kaynaklanmaktadır. Genellikle vejetatif yollarla çoğaltılan patates, tatlı patates, muz, şeker kamışı, bazı bahçe ve tarla bitkileri virüs enfeksiyonundan kaynaklanan yıllık küresel tarımsal ürün kayıplarının kaba bir tahmini 69 milyar ABD doları civarındadır. Tek başına asma yaklaşık 53 virüs tarafından enfekte edilir (Bhojwani & Dantu, 2013), tek viral hastalıktan dolayı yani Grapevine Fanleaf Virus (Asma yelpaze yaprak virüsü) tahmini yıllık kayıp, 1,5 milyar ABD Dolarıdır (Komar vd., 2007). Patates Leafroll Virüsü (Patates yaprak kıvrılma virüsü) ve Patates Virüsü Y

(PVY) bunların arasında en zararlı patates virüsleri (Loebenstein vd., 2001) tek başına Patates Leafroll Virüsü toplam verimi neredeyse %60 ve pazarlanabilir verimi %88 oranına kadar azaltabilmektedir. Şeker kamışının en yaygın viral hastalıklarından biri olan Sugarcane Mosaic Potyvirus (Şeker kamışı mozaik virüsü), çok sayıda geleneksel olarak yüksek verimli şeker kamışı çeşidinin ekim dışı kalması nedeniyle %50 kayıplara neden olmaktadır. Patojenlerin klonal olarak çoğaltılan bitkilerde bulaşması çok hızlıdır. Bitki materyalleri, çeşitli doku kültürü aşamalarına tabi tutulduğunda bakteri ve mantar gibi patojenlerin çoğundan temizlenmektedir. Bununla birlikte, virüsün ortadan kaldırılması, özel meristem tip kültürü tekniğini gerektirmektedir (Bhojwani & Razdan, 1986).

- a) Virüslerin bitkilerdeki dağılımı eşit değildir, enfekte olmuş bitkilerin apikal meristemleri ya serbesttir ya da çok düşük konsantrasyondadır (Quack, 1977; Wang & Hu, 1980). Bitkideki virüs titresi, meristem ucundan uzaklaştıkça artmaktadır (Holmes, 1948). Meristem ucunda virüs olmaması için çeşitli nedenler öne sürülmüştür (Wang ve Hu, 1980): a) konukçu bitkideki virüs çoğalması, virüslerin metabolizmasına bağlıdır. Aktif olarak bölünen meristematik hücrelerde yüksek metabolik aktivite virüs replikasyonuna izin vermemekte olduğu,
- b) virüslerin bitkide hızla yayılması meristemde bulunmayan vasküler sistem yoluyla olmaktadır. Vasküler olmayan bölgeleri istila eden virüsler, hızla büyüyen uç bölgesine ayak uydurmak için oldukça yavaş olan plazmodesmatal bağlantılar yoluyla hücreden hücreye hareket etmekte olduğu,
- c) sürgün uçlarındaki yüksek endojen oksin seviyesi virüslere karşı inhibitör olabileceği ve
- d) meristem muhtemelen belirli 'virüs inaktive edici sistemler' tarafından korunuyor olabileceği öne sürülmüş ve meristem kültürü çeşitli araştırmalara konu olmuştur (Bhojwani & Dantu, 2013).

Holmes (1948), sürgün uçlarındaki virüs dağılımının gradyanı bilgisini ilk kez sürgün ucu

kesimleri yoluyla Dahlia'nın enfekte olmuş bitkilerinde virüssüz bitkiler yetiştirmek için uygulamıştır. Aynı prensipte, Morel & Martin (1952), Dahlia (Yıldız çiçeği) bitkilerinden Dahlia Mozaik Virüsünü (DMV) yok etmek için meristem ucu kültürü tekniğini geliştirmiştir. Hastalıklı bitkilerden alınan meristem uçlarını bir besin ortamında kültüre almışlar ve virüssüz sürgünler elde etmişlerdir. Bu sürgünler köklenmeyi başaramamış ve tamamen virüssüz Dahlia bitkilerini geri kazanmak için sağlıklı fide anaçlarına aşılınmaları gerekmiştir. O zamandan beri, meristem ucu kültürü en çok virüs eradikasyonu için etkili bir teknik olmuş ve geniş bir yelpazede virüssüz bitkiler üretmek için başarıyla uygulanmıştır (Bhojwani & Razdan, 1986).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitki doku kültürü teknikleri, günümüzde en umut verici uygulama alanlarını temsil etmekte olup geleceğe dair bir bakış açısı sunmaktadır. Kozai (1988, 1991) tarafından da bildirdiği üzere *in vitro* aşılama, köklendirme ve iklimlendirmenin eş zamanlı uygulanması kullanılarak birçok doku kültürü tekniği günümüzde modernize edilmiştir (Read, 2004). Yetiştirilmesi zor türleri ve elit genotipleri, klasik ıslah programları ve biyoteknolojik araştırmaların kombinasyonu ile çoğaltmak daha mümkün hale gelmiştir. Biyoteknolojik araştırmaların geniş uygulama alanlarını temsil eden bitki doku kültürü teknikleri, süs ve orman ağaçlarının mikro çoğaltımı, farmasötik olarak ilginç ve aynı zamanda yararlı bileşiklerin üretimi ve ağaçlar da dahil olmak üzere temel mahsul bitkilerinin besin değerini iyileştirmek için bitki ıslahından değerli germplazmın dondurularak saklanmasına kadar uzanmaktadır. *In vitro* kültür, sürdürülebilir ve rekabetçi tarım ve ormancılıkta benzersiz bir role sahiptir ve iyileştirilmiş bitkilerin hızlı bir şekilde tanıtılması için bitki ıslahında başarıyla uygulanmıştır (Hussain vd., 2012).

Bitki doku kültürü günümüzde, bitki ıslahının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bitkilerin arzulan özelliklerini iyileştirmek, verimi arttırmak, abiyotik ve biyotik streslere daha toleranslı bitkiler geliştirmek için genetik mühendisliği ve moleküler ıslah teknikleri, haploid indüksiyon veya somaklonal

varyasyon gibi tüm biyoteknolojik yaklaşımlar, etkili bir *in vitro* bitki rejenerasyon sistemine güçlü bir şekilde bağlıdır. Hızlı, kaliteli, hastaliksız ve üniform dikim stoğu üretimi ancak doku kültürü teknikleri ile mümkündür. Ayrıca bitkilerde daralan genetik varyabilitenin genişletilmesi ve bu geliştirilen varyabilitelerden arzulan özelliklere sahip daha verimli, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine daha dayanıklı bitkiler yaratmak için çeşitli doku kültürü teknikleri kullanılmakta olup bu *in vitro* prosedürler, birçok türde başarılı bir şekilde uygulanmış ve kullanılmış, gelişmiş büyüme ve iyileştirilmiş verim ile çok daha fazlasını sergilemiştir (Bridgen vd., 2018).

Geleneksel bitki ıslahı, inatçı melezleri kurtarmak için embriyo kültürü gibi tekniklerle geliştirilmiştir. Protoplast füzyonu ve somaklonal varyasyon gibi teknolojiler ise genellikle, var olan genetik çeşitlilikten faydalanmak veya yeni bir genetik varyabilite oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu teknolojiler ile arzu edilen bitkiler elde edildiğinde, çok sayıda geliştirilen klonu ticari pazar için daha hızlı ve verimli bir şekilde üretmek için mikro çoğaltma da kullanılabilir. Ayrıca doku kültürü teknikleri ile virüssüz, hastalıktan arı bitki, hızlı klonal çoğaltım, nesli tükenmekte olan bitkilerin çoğaltılmasında, bitkilerden sekonder metabolit ve ilaç hammaddesi elde etme gibi gelecek çalışmalarda da başvurulacak önemli bir teknik haline gelmektedir (Smith, 2012; Dagla, 2012; Bridgen vd., 2018). Ayrıca bitkilerden sekonder metabolit üretimi ve ilaç hammaddesi elde etme gibi çalışmaların yanı sıra, çeşitli bitki doku kültürü yöntemleri ile yenilebilir aşı kaynağı olarak bitkilerin üretiminde de kullanılabileceği bildirilmiştir (Karakas & Tonk, 2022). Doku kültürü tekniklerinin, günümüzde arzu edilen özelliklere sahip abiyotik ve biyotik stres koşullarına daha dayanıklı aynı zamanda daha verimli çeşitler elde etmek için, klasik ıslah çalışmaları ile birlikte kullanılması gerekliliği olduğu aşikârdır.

Etik Standartlara Uygunluk

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Etik Onay

Yazar bu çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

Veri Kullanılabilirliği Bildirimi

Bu çalışmada yeni bir veri oluşturulmadığı veya analiz edilmediği için veri kullanılabilirliği bu makale için geçerli değildir.

KAYNAKLAR

- Allum, J. F., Bringloe, D. H., & Roberts, A. V. (2007). Chromosome doubling in a *Rosa rugosa* Thunb. hybrid by exposure of *in vitro* nodes to oryzalin: the effects of node length, oryzalin concentration and exposure time. *Plant Cell Reports*, 26, 1977-1984. <https://doi.org/10.1007/s00299-007-0411-y>
- Aydin, M., Arslan, E., Taspınar, M. S., Karadayı, G., & Agar, G. (2016). Analyses of somaclonal variation in endosperm-supported mature embryo culture of rye (*Secale cereale* L.). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(6), 1082-1089. <https://doi.org/10.1080/13102818.2016.1224980>
- Baday, S. J. (2018). Plant tissue culture. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 4(4), 977-990.
- Bains, N. S., Singh, J., Ravi, & Gosal, S. S. (1995). Production of wheat haploids through embryo rescue from wheat × maize crosses. *Current Science*, 69(7), 621-623.
- Bairu, M. W., Aremu, A. O., & Van Staden, J. (2011). Somaclonal variation in plants: Causes and detection methods. *Plant Growth Regulation*, 63(2), 147-173. <https://doi.org/10.1007/s10725-010-9554-x>
- Bajaj, Y. P. S. (Ed.). (1990a). *Biotechnology in Agriculture and Forestry 11: Somaclonal Variation in Crop Improvement I*. Springer.
- Bajaj, Y. P. S. (1990b). Somaclonal variation-origin, induction, cryopreservation, and implications in plant breeding. In Y. P. S. Bajaj (Ed.), *Somaclonal Variation in Crop Improvement I* (pp. 3-48). Springer.
- Baydar, H. (2020). *Bitki Genetiği ve Islahı* (1. Baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Bhojwani, S. S., & Dantu, P. K. (2013). Production of virus-free plants. In S. S. Bhojwani & P. K. Dantu (Eds.), *Plant Tissue Culture: An Introductory Text*, (pp. 227-243). Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1026-9_16
- Bhojwani, S. S., & Razdan, M. K. (1986). *Plant tissue culture: Theory and practice*. Elsevier.
- Bhojwani, S. S., Power, J. B., & Cocking, E. C. (1977). Isolation, culture and division of cotton callus protoplasts. *Plant Science Letters*, 8(1), 85-89. [https://doi.org/10.1016/0304-4211\(77\)90176-6](https://doi.org/10.1016/0304-4211(77)90176-6)
- Bidabadi, S. S., & Jain, S. M. (2020). Cellular, molecular, and physiological aspects of *in vitro* plant regeneration. *Plants*, 9(6), 702. <https://doi.org/10.3390/plants9060702>
- Blakeslee, A. F., Belling, J., Farnham, M. E., & Bergner, A. D. (1922). A haploid mutant in the jimson weed, "*Datura stramonium*". *Science*, 55(1433), 646-647. <https://doi.org/10.1126/science.55.1433.646>
- Braun, A. C. (1959). A demonstration of the recovery of the crown-gall tumor cell with the use of complex tumors of single-cell origin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 45(7), 932-938. <https://doi.org/10.1073/pnas.45.7.932>
- Bridgen, M. P., Houtven, W. V., & Eeckhaut, T. (2018). Plant tissue culture techniques for breeding. In J. Van Huylenbroeck (Ed.), *Ornamental Crops. Handbook of Plant Breeding*, vol 11 (pp. 127-144). https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0_6
- Brown, D. C. W., & Thorpe, T. A. (1995). Crop improvement through tissue culture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11(4), 409-415. <https://doi.org/10.1007/BF00364616>
- Carlson, P. S., Smith, H. H., & Dearing, R. D. (1972). Parasexual interspecific plant hybridization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 69(8), 2292-2294. <https://doi.org/10.1073/pnas.69.8.2292>
- Collins, G. B., & Grosser, J. W. (1984). Culture of embryos. In I. K. Vasil & F. Constabel (Eds.), *Cell culture and somatic cell genetics of plants Vol. 1. Laboratory procedures and their applications* (pp. 241-257). Academic Press.

- Condic, M. L. (2014). Totipotency: What it is and what it is not. *Stem Cells and Development*, 23(8), 796-812. <https://doi.org/10.1089/scd.2013.0364>
- Dagla, H. R. (2012). Plant tissue culture: Historical developments and applied aspects. *Resonance*, 17(8), 759-767.
- Davey, M. R., Anthony, P., Patel, D., & Power, J. B. (2010). Plant protoplasts: Isolation, culture and plant regeneration. In M. R. Davey & P. Anthony (Eds.), *Plant cell culture essential methods* (pp. 153-173). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470686522.ch9>
- Davey, M. R., Anthony, P., Power, J. B., & Lowe, K. C. (2005). Plant protoplasts: status and biotechnological perspectives. *Biotechnology Advances*, 23(2), 131-171. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2004.09.008>
- Davey, M. R., Kumar, V., & Hammatt, N. (1994). *In vitro* culture of legumes. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 313-329). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_13
- Debergh, P. (1994). *In vitro* culture of ornamentals. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 561-573). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_22
- Dulberger, R. (1973). Distyly in *Linum pubescens* and *L. mucronatum*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 66(2), 117-126. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1973.tb02164.x>
- Emaldi, U., Trujillo, I., & De Garcia, E. (2004). Comparison of characteristics of bananas (*Musa sp.*) from the somaclone CIEN BTA-03 and its parental clone Williams. *Fruits*, 59(4), 257-263. <https://doi.org/10.1051/fruits:2004024>
- Fehér, A. (2019). Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: what these terms mean in the era of molecular plant biology?. *Frontiers in Plant Science*, 10, 536. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00536>
- Forster, B. P., Heberle-Bors, E., Kasha, K. J., & Touraev, A. (2007). The resurgence of haploids in higher plants. *Trends in Plant Science*, 12(8), 368-375. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.06.007>
- Furuta, H., Shinoyama, H., Nomura, Y., Maeda, M., & Makara, K. (2004). Production of intergeneric somatic hybrids of chrysanthemum [*Dendranthema* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitamura] and wormwood (*Artemisia sieversiana* JF Ehrh. ex. Willd) with rust (*Puccinia horiana* Henning) resistance by electrofusion of protoplasts. *Plant Science*, 166(3), 695-702. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.007>
- Genç, İ., & Yağbasanlar, T., (2018). *Bitki Islahı* (9. Baskı). Çukurova Üniversitesi Yayınları Genel Yayın No: 59, Kitap Yayın No: A-13.
- Gengenbach, B. G., & Umbeck, P. (1982). Characteristics of T-cytoplasm revertants from tissue culture. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 56, 140-142.
- George, E. F., Hall, M. A., & Klerk, G. J. D. (2008). Plant tissue culture procedure – Background. In E. F. George, M. A. Hall, G. J. D. Klerk (Eds.), *Plant Propagation by Tissue Culture* (pp. 1-28). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3_1
- Germana, M. A. (2006). Doubled haploid production in fruit crops. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 86, 131-146. <https://doi.org/10.1007/s11240-006-9088-0>
- Germanà, M. A. (2009). Haploids and doubled haploids in fruit trees. In A. Touraev, B. P. Forster S. M. Jain (Eds.), *Advances in Haploid Production in Higher Plants*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8854-4_21
- Gosal, S. S., & Bajaj, Y. P. S. (1983). Interspecific hybridization between *Vigna mungo* and *Vigna radiata* through embryo culture. *Euphytica*, 32(1), 129-137. <https://doi.org/10.1007/BF00036873>
- Gosal, S. S., Wani, S. H., & Kang, M. S. (2010). Biotechnology and crop improvement. *Journal of Crop Improvement*, 24(2), 153-217. <https://doi.org/10.1080/15427520903584555>
- Green, C. E. (1977). Prospects for crop improvement in the field of cell culture. *HortScience*, 12(2), 131-134. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.12.2.131>
- Gregory, F. G., & De Ropp, R. S. (1938). Vernalization of excised embryos. *Nature*, 142(3593), 481-482. <https://doi.org/10.1038/142481b0>

- Gregory, F. G., & Purvis, O. N. (1938). Studies in Vernalisation of Cereals: II. the vernalisation of excised mature embryos, and of developing ears. *Annals of Botany*, 2(5), 237-251.
- Grosser, J. W. (1994). *In vitro* culture of tropical fruits. In I. K. Vasil, & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 475-496). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_19
- Grosser, J. W., Calovic, M., & Louzada, E. S. (2010). Protoplast fusion technology—somatic hybridization and cybridization. In M. R. Davey, & P. Anthony (Eds.), *Plant cell culture: essential methods*. (pp. 175-198). Wiley-Blackwell.
- Guha, S., & Maheshwari, S. C. (1964). *In vitro* production of embryos from anthers of *Datura*. *Nature*, 204 (4957), 497-497. <https://doi.org/10.1038/204497a0>
- Guo, L., Xu, W., Zhang, Y., Zhang, J., & Wei, Z. (2017). Inducing triploids and tetraploids with high temperatures in *Populus* sect. *Tacamahaca*. *Plant Cell Reports*, 36, 313-326. <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2081-0>
- Haberlandt, G. J. F. (1902). Culturversuehe mit isolierten Pflanzenzellen. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 111, 69-91.
- Hagimori, M., Nagaoka, M., Kato, N., & Yoshikawa, H. (1992). Production and characterization of somatic hybrids between the Japanese radish and cauliflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 84(7-8), 819-824. <https://doi.org/10.1007/bf00227390>
- Harry, I. S., & Thorpe, T. A. (1994). *In vitro* culture of forest trees. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 539-560). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_21
- Hassawi, D. S., Qrunfleh, I., & Dradkah, N. (2005). Production of doubled haploids from some Jordanian wheat cultivars via anther culture technique. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 3(1), 161-164.
- Heinz, D. J. (1973). Sugar-cane improvement through induced mutations using vegetative propagules and cell culture techniques. *International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria). Joint FAO/IAEA Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture; Proceedings series: Panel on Mutation Breeding of Vegetatively Propagated and Perennial Crops* (pp. 53-59). Austria.
- Holmes, F. O. (1948). The filterable viruses of determinative bacteriology. In F. O. Holmes (Ed.), *The filterable viruses* (pp. 1127-1286). Williams & Wilkins Co.
- Hussain, A., Qarshi, I. A., Nazir, H., & Ullah, I. (2012). Plant tissue culture: Current status and opportunities. In A. Leva & L. M. R. Rinaldi (Eds.), *Recent Advances in Plant in Vitro Culture* (pp. 1-28). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/50568>
- Ishaku, G. A., Ayuba Abaka Kalum, M. A., & Islam, S. (2020). Applications of protoplast fusion in plant biotechnology. *Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering*, Article no.AJBGE.55804.
- Jones, M. G. K. (1994). *In vitro* culture of potato. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 363-378). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_15
- Kameya, T., Miyazawa, N., & Toki, S. (1990). Production of somatic hybrids between *Solanum melongena* L. and *S. integrifolium* Poir. *Japanese Journal of Breeding*, 40(4), 429-434. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.40.429>
- Kane, M. (2011). Propagation by shoot culture. In R. N., Trigiano, & Gray, D. J. (Eds.), *Plant tissue culture, development and biotechnology* (pp 181-191). CRC Press.
- Kang, M. S., Subudhi, P. K., Baisakh, N., & Priyadarshan, P. M. (2007). Crop breeding methodologies: Classic and modern. In M. S. Kang & P. M. Priyadarshan (Eds.), *Breeding major food staples* (pp. 38-40). <https://doi.org/10.1002/9780470376447.ch1>

- Karakas, İ., & Tonk, F. A. (2022). Plants that can be used as plant-based edible vaccines; current situation and recent developments. *Virology & Immunology Journal*, 6(3), 000302. <https://doi.org/10.23880/vij-16000302>
- Karp, A. (1995). Somaclonal variation as a tool for crop improvement. *Euphytica*, 85, 295-302. <https://doi.org/10.1007/BF00023959>
- Karp, A. (1994). Origins, causes and uses of variation in plant tissue cultures. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 139-151). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_6
- Kasha, K. J. (1974). *Haploids in higher plants: Advances and potential. Proceedings of the 1st International Symposium*. Canada.
- Kasha, K. J., & Maluszynski, M. (2003). Production of doubled haploids in crop plants. An introduction. In M. Maluszynski, K. J. Kasha, B. P. Forster & I. Szarejko (Eds.), *Doubled haploid production in crop plants: A manual* (pp. 1-4). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1293-4_1
- Komar, V., Vigne, E., Demangeat, G., & Fuchs, M. (2007). Beneficial effect of selective virus elimination on the performance of *Vitis vinifera* cv. Chardonnay. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(2), 202-210. <https://doi.org/10.5344/ajev.2007.58.2.202>
- Kozai, T. (1988). Autotrophic (sugar free) tissue culture for promoting the growth of plantlets *in vitro* and for reducing biological contamination. *Proceedings of the International Symposium on Application of Biotechnology for Small Industries*, Thailand. pp. 39-51.
- Kozai, T. (1991). Micropropagation under photoautotrophic conditions. In P. C. Debergh, & R. H. Zimmerman (Eds.), *Micropropagation: Technology and Application* (pp. 447-469). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2075-0_26
- Krikorian, A. D. (1994). *In vitro* culture of plantation crops. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 497-537). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_20
- Krishnamurthi, M., & Tlaskal, J. (1974). Fiji disease resistant *Saccharum officinarum* var. 'Pindar' sub clones from tissue cultures. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology*, 15, 130-137.
- Kumari, P. T., & Aswath, C. (2018). Haploid and double haploids in ornamentals – A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(07), 1322-1336. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.158>
- Laibach, F. (1925). Das Taubwerden von Bastardsamen und die kunstliche Aufzucht früh absterbender Bastardembryonen. *Zeitschrift für Botanik*, 17, 417-459.
- Laibach, F. (1929). Ectogenesis in plants: Methods and genetic possibilities of propagating embryos otherwise dying in the seed. *Journal of Heredity*, 20(5), 201-208. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a103178>
- Larkin, P. J., & Scowcroft, W. R. (1981). Somaclonal variation — A novel source of variability from cell cultures for plant improvement. *Theoretical and Applied Genetics*, 60, 197-214. <https://doi.org/10.1007/BF02342540>
- Lee, M., & Phillips, R. L. (1988). The chromosomal basis of somaclonal variation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39(1), 413-437. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.002213>
- Loberant, B., & Altman, A. (2010). Micropropagation of plants. In M. C. Flickinger (Ed.), *Encyclopedia of Industrial Biotechnology: Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology* (pp. 3499-3515). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470054581.eib442>
- Loebenstein, G., Berger, P. H., Brunt, A. A., & Lawson, R. H. (Eds.). (2001). *Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0842-6>

- Maluszynski, M., Kasha, K. J., & Szarejko, I. (2003). Published doubled haploid protocols in plant species. In M. Maluszynski, K. J. Kasha, B. P. Forster, & I. Szarejko (Eds.), *Doubled haploid production in crop plants: A manual* (pp. 309-335). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1293-4_46
- Mattheij, W. M., Eijlander, R., De Koning, J. R. A., & Louwes, K. M. (1992). Interspecific hybridization between the cultivated potato *Solanum tuberosum* subspecies *tuberosum* L. and the wild species *S. circaefolium* subsp. *circaefolium* Bitter exhibiting resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and *Globodera pallida* (Stone) Behrens: 1. Somatic hybrids. *Theoretical and Applied Genetics*, 83(4), 459-466. <https://doi.org/10.1007/bf00226534>
- Meins, F. (1983). Heritable variation in plant cell culture. *Annual Review of Plant Physiology*, 34(1), 327-346. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.34.060183.001551>
- Morel, G., & Martin, C. (1952). *Guérison de dahlias atteints d'une maladie à virus* [Cure of dahlias attacked by a virus disease]. *Comptes rendus hebdomadaires des seances de l'Academie des sciences*, 235(21), 1324-1325.
- Muralidhar, R. V., & Panda, T. (2000). Fungal protoplast fusion – A revisit. *Bioprocess Engineering*, 22, 429-431. <https://doi.org/10.1007/s004490050755>
- Narayanaswami, S., & Norstog, K. (1964). Plant embryo culture. *The Botanical Review*, 30(4), 587-628.
- Nhut, D. T. (2022). General information: some aspects of plant tissue culture. In D. T. Nhut, H. T. Tung, & E. CT. Yeung (Eds.), *Plant tissue culture: New techniques and application in horticultural species of tropical region* (pp. 1-23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6498-4_1
- Oono, K. (1978). Test tube breeding of rice by tissue culture. *Tropical Agriculture Research Series: Proceedings of A Symposium on Tropical Agriculture Researches*, 11, 109-124.
- Palmer, C. E., & Keller, W. A. (1994). *In vitro* culture of oilseeds. In I. K. Vasil, & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 413-455). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_17
- Phillips, R. L., Kaeppler, S. M., & Peschke, V. M. (1990). Do we understand somaclonal variation?. In H. J. J. Nijkamp, L. H. W. Van Der Plas & J. Van Aartrijk (Eds), *Progress in plant cellular and molecular biology: Proceedings of the VIIIth international congress on plant tissue and cell culture* (pp. 131-141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2103-0_19
- Quack, F. (1977). Meristem culture: A potential technique for in vitro virus-free plants production in vegetatively propagated crops. In J. Reinert & Y. P. S. Bajaj (Eds.), *Advances in plant tissue culture: Current developments and future trends* (pp. 598-615). Springer.
- Raghavan, V. (1980). Embryo culture. *International Review of Cytology*, 11, 209-240. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(08\)60331-9](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)60331-9)
- Raghavan, V. (1994). *In vitro* methods for the control of fertilization and embryo development. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 173-194). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_8
- Read, P. E. (2004). Micropropagation: past, present and future. *Acta Horticulturae*, 748_1, 17-27. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.748.1>
- Reynolds, J. F. (1994). *In vitro* culture of vegetable crops. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 331-362). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_14
- Sangwan-Norreel, B. S., Sangwan, R. S., & Paré, J. (1986). Haploïdie et embryogenèse provoquée *in vitro*. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 133(4), 7-39. <https://doi.org/10.1080/01811789.1986.10826796>
- Schieder, O., & Vasil, I. K. (1961). Protoplast fusion and somatic hybridization. *International Review of Cytology*, 11, 21-46. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(08\)60324-1](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)60324-1)
- Shepard, J. F., Bidney, D., & Shahin, E. (1980). Potato protoplasts in crop improvement. *Science*, 208(4439), 17-24. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(08\)60324-1](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)60324-1)

- Sivagamasundari, U. (2022). Concepts of plant tissue culture. In H. K. Singh (Ed.), *Current research and innovations in plant pathology Volume-16* (pp. 57-69). Akinik Publishers.
- Skirvin, R. M., & Janick, J. (1976). Tissue culture-induced variation in scented *Pelargonium* spp. *Journal of the American society for Horticultural Science*, 101(3), 281-290. <https://doi.org/10.21273/JASHS.101.3.281>
- Skirvin, R. M., McPheeters, K. D., & Norton, M. (1994). Sources and frequency of somaclonal variation. *HortScience*, 29(11), 1232-1237.
- Smith, R. H. (2012). *Plant tissue culture: Techniques and experiments* (Third ed.). Academic Press.
- Swapnil, Singh, D., Ekka, J. P., & Kumari, P (2020). Somatic hybridization: An effective tool for crop improvement. *Food and Scientific Reports*, 1(7), 21-23.
- Szala, L., Sosnowska, K., Popławska, W., Liersch, A., Olejnik, A., Kozłowska, K., Bocianowski, J., & Cegielska-Taras, T. (2016). Development of new restorer lines for CMS *ogura* system with the use of resynthesized oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Breeding Science*, 66(4), 516-521. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.15042>
- Tefera, A. A. (2019). Review on application of plant tissue culture in plant breeding. *Journal of Natural Sciences Research*, 9(3), 20-25. <https://doi.org/10.7176/JNSR/9-3-03>
- Trigiano, R. N., & Gray, D. J. (Eds.) (2004). *Plant development and biotechnology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203506561>
- Tripathi, M. K., Tiwari, S., Tripathi, N., Tiwari, G., Bhatt, D., Vibhute, M., Gupta, N., Mishra, N., Parihar, P., Singh, P., Sharma, A., Ahuja, A., & Tiwari, S. (2021). plant tissue culture techniques for conservation of biodiversity of some plants appropriate for propagation in degraded and temperate areas. In M. Tripathi (Ed.), *Current Topics in Agricultural Sciences Vol. 4* (pp. 30-60). *B International*. <https://doi.org/10.9734/bpi/ctas/v4/2119C>
- Vasil, I. K. (2008). A history of plant biotechnology: from the cell theory of Schleiden and Schwann to biotech crops. *Plant Cell Reports*, 27, 1423-1440. <https://doi.org/10.1007/s00299-008-0571-4>
- Vasil, I. K., & Vasil, V. (1994). *In vitro* culture of cereals and grasses. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 293-312). *Plant cell and tissue culture* (pp. 293-312) Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_12
- Vasil, V., & Hildebrandt, A. C. (1965a). Growth and tissue formation from single, isolated tobacco cells in microculture. *Science*, 147(3664), 1454-1455. <https://doi.org/10.1126/science.147.3664.1454>
- Vasil, V., & Hildebrandt, A. C. (1965b). Differentiation of tobacco plants from single, isolated cells in microcultures. *Science*, 150(3698), 889-892. <https://doi.org/10.1126/science.150.3698.889>
- Vasil, V., & Hildebrandt, A. C. (1967). Further studies on the growth and differentiation of single, isolated cells of tobacco *in vitro*. *Planta*, 75, 139-151. <https://doi.org/10.1007/BF00387129>
- Verma, M. M., Ravi, & Sandhu, J. S. (1995). Characterization of the interspecific cross *Cicer anatinum* L. × *C. judaicum* (Boiss). *Plant Breeding*, 114(6), 549-551. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1995.tb00856.x>
- Verma, N., Bansal, M. C., & Kumar, V. (2008). Protoplast fusion technology and its biotechnological applications. *Chemical Engineering Transactions*, 14, 113-120.
- Wang, J., Jiang, J., & Wang, Y. (2013b). Protoplast fusion for crop improvement and breeding in China. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 112, 131-142. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0221-y>
- Wang, J., Li, D. L., & Kang, X. Y. (2012). Induction of unreduced megaspores with high temperature during megasporogenesis in *Populus*. *Annals of Forest Science*, 69, 59-67. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0152-5>
- Wang, J., Shi, L., Song, S.Y., Tian, J., & Kang, X.Y. (2013a) Tetraploid production through zygotic chromosome doubling in *Populus*. *Silva Fennica*, 47(2), 932. <https://doi.org/10.14214/sf.932>
- Wang, P. J., & Hu, C. Y. (1980). Regeneration of virus-free plants through *in vitro* culture. In A. Fiechter (Ed.), *Advances in Biomedical Engineering, Volume 18. Advances in Biochemical Engineering, vol 18* (pp. 61-99). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-09936-0_3

- Wang, Q. M., & Wang, L. (2012). An evolutionary view of plant tissue culture: somaclonal variation and selection. *Plant Cell Reports*, 31(9), 1535-1547. <https://doi.org/10.1007/s00299-012-1281-5>
- Yatsuyanagi, S., & Takahashi, K. (1953). Studies on the vernalization of wheat: I. The effects of sugar and anaerobic condition in the vernalization of wheat. *Japanese Journal of Breeding*, 2(4), 214-216. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.2.214>
- Yeung E. C., Thorpe T. A. & Jensen C. J. (1981). *In vitro* fertilization and embryo culture. In T. A. Thorpe (Ed.), *Plant tissue culture. Methods and applications in agriculture* (pp. 253-271). Academic Press.
- Zenkeler, M., & Nitzsche, W. (1990). *In vitro* culture of wheat ovules. In Y. P. S. Bajaj (Ed.), *Wheat. Biotechnology in Agriculture and Forestry, vol 13*. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-662-10933-5_14
- Zhang, X. Z., Liu, G. J., Yan, L. Y., Zhao, Y. B., Chang, R. F., & Wu, L. P. (2003). Creating triploid germplasm via induced 2n pollen in *Capsicum annuum* L. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(1), 84-88. <https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511592>
- Zhong, J. J., Yu, J. T., & Yoshida, T. (1995). Recent advances in plant cell cultures in bioreactors. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11(4), 461-467. <https://doi.org/10.1007/bf00364621>
- Zimmerman, R. H., & Swartz, H. J. (1994). *In vitro* culture of temperate fruits. In I. K. Vasil & T. A. Thorpe (Eds.), *Plant cell and tissue culture* (pp. 457-474). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8_18



Impact of Different Nitrogen Sources and Concentrations on the Growth and Biochemical Structure of *Lemna minor*

Hatice Tekoğul¹ • Hülya Eminçe Saygı¹ • Aysun Kop¹ • Yaşar Durmaz¹ • Ayberk Bayrak¹

¹ Ege University, Faculty of Fisheries, Department of Aquaculture, İzmir, Türkiye, hatice.tekogul@ege.edu.tr, hulya.saygi@ege.edu.tr, aysun.kop.firat@ege.edu.tr, yasar.durmaz@ege.edu.tr, ayberkbayrak@outlook.com

✉ Corresponding Author: hatice.tekogul@ege.edu.tr

Please cite this paper as follows:

Tekoğul, H., Saygı, H. E., Kop, A., Durmaz, Y., & Bayrak, A. (2023). Impact of Different Nitrogen Sources and Concentrations on the Growth and Biochemical Structure of *Lemna minor*. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 114-125. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.2>

ARTICLE INFO

Article History

Received: 02.05.2023

Revised: 10.06.2023

Accepted: 20.06.2023

Available online: 14.08.2023

Keywords:

Lemna minor

Nitrogen sources

Concentration

Growth

Protein

Chlorophyll-*a*

Carotene

A B S T R A C T

This study aimed to examine the impact of various nitrogen sources and concentrations on the growth and biochemical composition of *Lemna minor*. Specifically, three nitrogen sources, namely ammonium, nitrate, and urea, were utilized. These nitrogen sources were incorporated into the Hoagland nutrient medium at two different concentrations: 2500 $\mu\text{M L}^{-1}$ and 5000 $\mu\text{M L}^{-1}$. The impact of various nitrogen concentrations on the biochemistry of *L. minor*, including the number of individuals, chlorophyll-*a* levels, carotene content, dry matter, and protein content was examined. The experimental results revealed that the 7th, 5th, and 6th groups exhibited the highest relative frond number, while no significant statistical difference ($p>0.05$) was observed between the 5000 $\mu\text{M L}^{-1}$ and 2500 $\mu\text{M L}^{-1}$ groups among all experimental groups. The 2nd, 7th, and 5th groups displayed the highest relative growth rate. The 4th group using $\text{NH}_4\text{-N}$ as the source exhibited the highest total carotene and chlorophyll-*a* content. Although there were no significant differences in the dry matter and protein values of *L. minor*, the protein ratio was higher in the 3rd and 4th groups with $\text{NH}_4\text{-N}$ as the source compared to the other groups. The results indicate that NO_3 nitrogen is the most suitable nitrogen source for promoting the growth and biochemical composition of *L. minor*, as evidenced by an increase in relative frond number and relative growth. On the other hand, NH_4 nitrogen showed favorable effects on protein, carotene, and chlorophyll-*a* content. Additionally, the experimental groups with a nitrogen concentration of 2500 $\mu\text{M L}^{-1}$ yielded better overall results. Interestingly, in terms of protein efficiency, it was observed that nitrogen concentrations played a more significant role than nitrogen sources, and groups with lower dilution rates exhibited superior outcomes.

INTRODUCTION

Three quarters of the earth surface is covered by water and aquatic plants photosynthesize much more than terrestrial plants using the carbon dioxide in the air. Considering that two thirds of the photosynthetic carbon in the world is produced by algae, they are very useful organisms for the ecosystem (Carpenter & Lodge, 1986; Wersal & Madsen, 2012; Chapman, 2013; Beer et al., 2014; Madsen, 2023). At the same time, aquatic plants are the primary producers in wetlands (Yılmaz, 2004; Foundation for Water Research (FWR), 2015; Bütünoğlu, 2018). As aquatic plants enrich their production areas, they also enrich their own bodies and transform dissolved substances in water into high quality products (Madsen et al., 2001; Bütünoğlu, 2018).

Lemna species which are floating aquatic plants, are seen in many regions around the world. They are found in lakes, canals, ponds and many aquatic environments (Chaturvedi et al., 2003). *Lemna minor* is a species rich in nutrients, vitamins-minerals and pigments (Rataj & Horeman 1977; Leng et al., 1995; Madsen, 2009; Rooijackers, 2016; Appenroth et al., 2017; Soñta et al., 2019). This plant, also found in wetlands in Türkiye, is quite prevalent, thriving in fresh waters all year round. There are 2 genera and 5 species belonging to this subfamily (Leblebici, 2010; Coşkun et al., 2018). *L. minor*, which has a very high reproductive rate, grows and reproduces asexually via the photosynthesizing and budding of young plants formed in a meristematic region at the base of the leaves, and forms a new leaf (individual). Each leaflet can produce a large number of female buds (Saygıdeğer, 1996). *Lemna* which is very tolerant to environmental conditions, can be easily cultivated at 20-30°C at a pH range of 4.5-8.5 (Topal et al., 2011). *L. minor*, whose buds develop under water in winter, are cold-resistant and start reproducing at favorable temperatures, such as in spring when normal conditions are restored (Saygıdeğer, 1996, 1997; Körner et al., 1998; Saygıdeğer et al., 2013). This species, whose growth and development are rapid in stagnant waters, is a dominant plant in the region (Akel, 2006).

Researchers have stated that nitrogen sources are one of the most important factors affecting the growth and biochemical composition of aquatic plants (Gökyay & Balçgil, 2017, Bütünoğlu, 2018). Nitrogen is the main growth-limiting element after carbon. (Skillicorn et al., 1993; Wett & Rauch, 2003). Nitrogen, which is found in plants at a rate of 2-4%, is included in the structure of amino acids, proteins and nucleic acids. Both NO_3 and NH_4 , the most important limiting nutrients for aquatic plant growth, are taken up and metabolized by the plant. The general condition and biochemical composition of the plant depends on nitrogen uptake among other factors (Wanapat, 1994; Cedergreen & Madsen, 2002).

The most important nitrogen sources that can be used by plants in production are KNO_3 (Potassium Nitrogen), $\text{NO}_3\text{-N}$ (Nitrate Nitrogen), $\text{NH}_4\text{-N}$ (Ammonium Nitrogen) and $(\text{NH}_2)_2\text{CO-N}$ (Urea Nitrogen) (Karaşahin, 1998; Kara, 2006; Brentrup & Palliere, 2010; Bütünoğlu, 2018). *L. minor* has the capacity to take up significant amounts of inorganic N through both roots and leaves (Cedergreen & Madsen, 2002). However, the only nitrogen source is nitrate and different studies show preferential uptake of ammonium over nitrate (Caicedo et al., 2000; Cedergreen & Madsen, 2002; Fang et al., 2007; Wang et al., 2014). However, Petersen et al. (2021) reported that little was known about the effect of different nitrate-ammonium ratios on the growth rate and nutrient composition of duckweed.

Cultivation of highly nutritious aquatic plants such as *L. minor* means that relative growth can be easily increased, resulting in higher yields over a shorter period of time and thus cost reduction. This study investigated the effects of different nitrogen sources at different concentrations on plant growth and biochemical values.

MATERIAL AND METHODS

The species considered in this study is *Lemna minor* (Linneaus 1753) from the family Lemnaceae of the order Arales. *L. minor* is a free-swimming aquatic plant with a small leaf-shaped leaf and a root below the leaf. It is colored in different shades of green, 1.5-5.0 mm in size and elliptical oval shape (Figure 1).



Figure 1. *Lemna minor* used in the experiment (Original)

The *L. minor* used in the experiments was obtained from the Aquatic Plant Cultivation Laboratory of Ege University Fisheries Faculty, Urla Research Unit Laboratories.

Culture Medium and Experimental Design

The Hoagland nutrient medium, one of the culture media of *L. minor*, which is widely used in aquatic plant studies, contains 5000 $\mu\text{mol L}^{-1}$ of nitrogen in 0.202 g L^{-1} ($\times 2.5 \text{ mL}$) of 2M KNO_3 compound (Table 1). In this nutrient medium, KNO_3 was replaced by four different nitrogen sources with the same molar weight (Sodium nitrate, Ammonium chloride, Potassium nitrate and Urea). Two different concentrations of these nitrogen sources (2500 $\mu\text{M L}^{-1}$ and 5000 $\mu\text{M L}^{-1}$) were prepared and a total of eight experimental groups were studied. (Table 2).

Table 1. Hoagland nutrient medium

Component	Stock Solution	mL Stock Solution 1L ⁻¹
Macronutrients		
2M $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	493 g L^{-1}	1
2M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236 g 0.5L^{-1}	2.5
1M KH_2PO_4 (pH to 6.0)	136 g L^{-1}	0.5
2M KNO_3	202 g L^{-1}	2.5
1M NH_4NO_3	80 g L^{-1}	1
Iron (Sprint 138 Iron Chelate)	15 g L^{-1}	1.5
Micronutrients		
H_3BO_3	2.86 g L^{-1}	1
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.81 g L^{-1}	1
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22 g L^{-1}	1
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.051 g L^{-1}	1
$\text{H}_3\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ or	0.09 g L^{-1}	1
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{O}$	0.12 g L^{-1}	1

1-liter containers were used in the experiments. The water volume was kept at 250 mL and 5 cm in height and at the end of the study it was 4.5 cm due to evaporation. The water used in the research was passed through 1-10 μm , activated carbon, UV and

softening filter and pH was adjusted to 6.5-7. The cultured samples were kept constant at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ with central heating. The temperature was measured with the help of a thermometer with $\pm 0.1^\circ\text{C}$ accuracy. The prepared stock solutions and the culture media prepared from them were sterilized in an autoclave at 121°C for 20 minutes. Ph values were measured using Orion branded pH meter. Oxygen was measured with a WTW Wissenschaftlich Oxi 315i/SET oxygen meter.

Table 2. Nitrogen sources and concentrations of the experimental groups

Experimental Groups	Nitrogen Sources	Concentration $\mu\text{M L}^{-1}$
1	NaNO_3	5000
2	(Na Nitrate-N)	2500
3	NH_4Cl	5000
4	(Ammonium-N)	2500
5	KNO_3	5000
6	(K Nitrate-N)	2500
7	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	5000
8	(Urea-N)	2500

Day-night (16 hours light and 8 hours dark photo period) period was used in the experiments. Daylight led lamps were used to illuminate the system and the light intensity was measured as $216 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with a light meter.

Enrichment medium was provided at the beginning of the experiments. A new medium was added once a week and the experiments continued for 15 days with three repetitions.

Determination of Relative Frond Number and Relative Growth

As far as the relative number of fronds is concerned, the number of fronds in each experimental group was counted every day. At the end of the study, 250 mL volume samples in each experimental group

were harvested at the end of the study to determine the relative growth obtained. The weights of the *Lemnas*, whose weights were measured at the beginning, were measured at the end of production to determine the relative growth. After the leaves were removed from the water with the help of paper towels, their wet weights were measured and recorded on an electronic precision balance. Relative frond number and relative growth rate were calculated as given in Table 3 (Wang et al., 2014).

Table 3. Definitions, formulas and units of relative growth rate by weight and frond number

Definition	Formula	Volume
Relative Frond Number Rate	$\frac{\ln(N_1) - \ln(N_2)}{t_2 - t_1}$	day ⁻¹
Relative Growth Rate	$\frac{\ln(W_1) - \ln(W_2)}{t_2 - t_1}$	g.g ⁻¹ day ⁻¹

Note: N: Frond Number; W: Weight; N₁: Initial Frond Number; N₂: Last Frond Number; W₁: Initial Weight; W₂: Final Weight; t: Time

Chemical Analyses

Total Carotene and Chlorophyll-a Analysis

The wet mass obtained was kept in a deep freezer at -25°C for 24 hours and frozen and then dried in an oven at 30°C for 48 hours.

Total carotene and chlorophyll-a amounts were measured using the spectrophotometric method. For this purpose, 5 mg of dried sample was taken and treated with 5 mL of methanol (Merck 100%, Germany) and homogenized with a Hettich homogenizer for 5 minutes. It was then subjected to ultrasound (BandelinSonorex Super RK102H) bath at 70°C for 10 minutes. After the extract was separated by centrifuge at 3500 rpm, the samples were read at wavelengths of 475 nm for total carotene and 666 nm for chlorophyll-a on an Optima SP3000 Nano uv-vis spectrophotometer. Total carotene and chlorophyll-a amounts were determined by the formulas given below in Equation 1 (Zou & Richmond, 2000) and Equation 2 (Sanchez et al., 2005).

$$C_{\text{Carotene}} (\text{mg g}^{-1}) = 4.5 \cdot A_{475} \quad (1)$$

where A_{475} is absorbance value read at 475 nm.

$$C_{\text{Chlorophyll-a}} (\text{mg g}^{-1}) = 13.9 \cdot A_{666} \quad (2)$$

where A_{666} is absorbance value read at 666 nm.

Dry Matter

Dry matter analysis was performed according to AOAC (1990) (934.01). The results were calculated using the following formula.

$$\text{DM}\% = \frac{\text{Dried sample weight (g)}}{\text{Sample weight included in the analysis(g)}} \times 100 \quad (3)$$

Crude Protein

Crude protein analysis (AOAC-976.05) was performed according to the method (AOAC, 1990) and calculated according to the formula below.

$$\text{Crude Protein} = \frac{(V_0 - V_1) \times c \times 0.014 \times 6.25}{m} \quad (4)$$

where V_0 = HCl volume used in the blind test (ml); V_1 = volume of HCl used in sample titration (ml); c = HCl concentration (mol/l); m = Weight of the sample (g).

Statistical Analysis

The experiments were carried out with three replications. Mean and standard deviation were calculated for initial and final weights, relative frond number, relative growth, carotene, chlorophyll-a, dm and protein at different nitrogen sources (Mean±SD) and differences between different nitrogen sources were tested for one-way analysis of variance at 0.05 level of significance. In order to fulfill the assumptions of the analysis of variance. Levene's test was used to test the homogeneity of variances and the Kolmogorov-Smirnov test was used to test the normality assumption. Since the assumptions were fulfilled, one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan test was used to reveal the difference in means (Sokal & Rohlf, 1995). Furthermore, the differences for different molarities (2500 μM L⁻¹ and 5000 μM L⁻¹) in different nitrogen groups were analyzed by t-test for the significance of the difference between two means. A significance level of 0.05 was taken into account in the statistical

evaluation of all these data and IBM SPSS 25.0 and Microsoft Excel 2016 software were used.

RESULTS

As seen in Table 4, the relative frond number increase of *L. minors* grown under different nitrogen sources was the highest in the 7th experimental group i.e., $0.079 \pm 0.007\%$ leaves day^{-1} , while the lowest was $0.068 \pm 0.011\%$ leaves day^{-1} in the 2nd experimental group.

The increase in the number of fronds across all experimental groups was in direct proportion the concentrations. However, there was no statistical

difference between the changes in the number of individuals in all experimental groups ($p > 0.05$).

There was no statistical difference in the initial weight ($p > 0.05$) and final weight ($p > 0.05$) of *L. minor* with different nitrogen sources (Table 4).

The highest relative frond number was determined in the 7th, 5th and 6th experimental groups (Figure 2). When evaluated in terms of relative frond number ratio, there was no statistical difference in $5000 \mu\text{M L}^{-1}$ and $2500 \mu\text{M L}^{-1}$ groups of all experimental groups ($p > 0.05$).

Table 4. Biometric, nutrient and pigment content in the experimental groups (DM: Dry matter, $\bar{X} \pm \text{SD}$: Mean \pm Standard deviation)

Nitrogen Sources	Concentration ($\mu\text{M L}^{-1}$)	Initial Weight ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Final Weight ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Relative Frond Number (% individual. day^{-1}) ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Relative Growth Weight % ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Carotene mg 100 mL^{-1} ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Chlorophyll- <i>a</i> mg 100 mL^{-1} ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	KM% ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Protein Values (%)
NaNO_3 (Na Nitrate-N)	5000	2.25 ± 0.01	3.53 ± 0.49	0.070 ± 0.012	1.19 ± 0.21	133.33 ± 0.67^d	532.67 ± 1.20^d	9.4 ± 1.82	18.45
NaNO_3 (Na Nitrate-N)	2500	2.23 ± 0.02	4.83 ± 0.14	0.068 ± 0.011	1.520.04	110.00 ± 0.57^c	442.67 ± 0.33^c	11.9 ± 4.45	16.84
NH_4Cl (Ammonium-N)	5000	2.34 ± 0.11	3.37 ± 0.29	0.070 ± 0.011	1.150.11	139.67 ± 0.33^e	552.67 ± 1.45^e	11.6 ± 3.23	21.32
NH_4Cl (Ammonium-N)	2500	2.27 ± 0.04	3.57 ± 0.09	0.069 ± 0.013	1.22 ± 0.04	144.67 ± 0.67^f	578.67 ± 0.67^f	12.1 ± 1.29	18.10
KNO_3 (K Nitrate-N)	5000	2.30 ± 0.04	4.12 ± 0.55	0.074 ± 0.012	1.35 ± 0.18	94.67 ± 0.33^a	376.67 ± 0.88^a	9.8 ± 1.94	18.04
KNO_3 (K Nitrate-N)	2500	2.33 ± 0.09	3.89 ± 0.77	0.071 ± 0.011	1.26 ± 0.31	99.33 ± 0.33^b	397.00 ± 1.00^b	11.6 ± 2.44	17.67
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (Urea-N)	5000	2.25 ± 0.02	4.14 ± 0.37	0.079 ± 0.007	1.35 ± 0.13	111.00 ± 0.00^c	436.33 ± 1.33^c	11.0 ± 2.00	17.52
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (Urea-N)	2500	2.22 ± 0.01	3.19 ± 0.05	0.069 ± 0.006	1.11 ± 0.02	140.00 ± 2.08^e	530.33 ± 7.84^d	11.4 ± 3.89	18.19

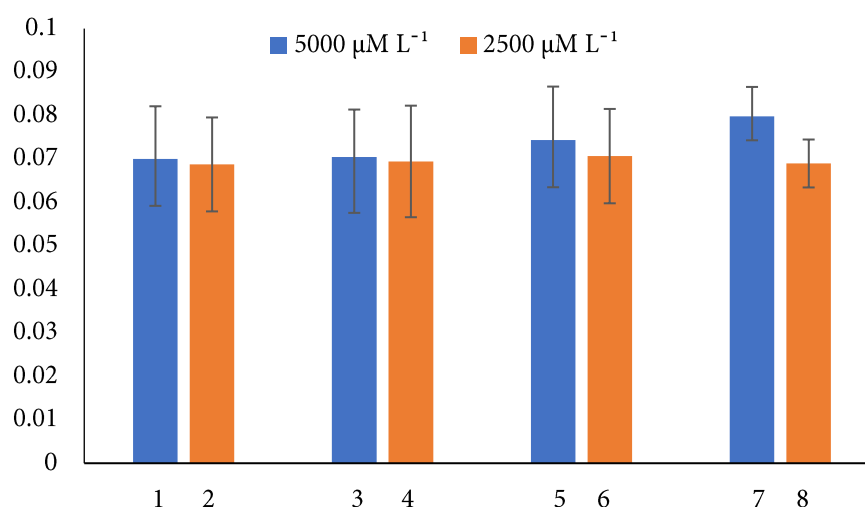


Figure 2. Relative frond number rate of the experimental groups

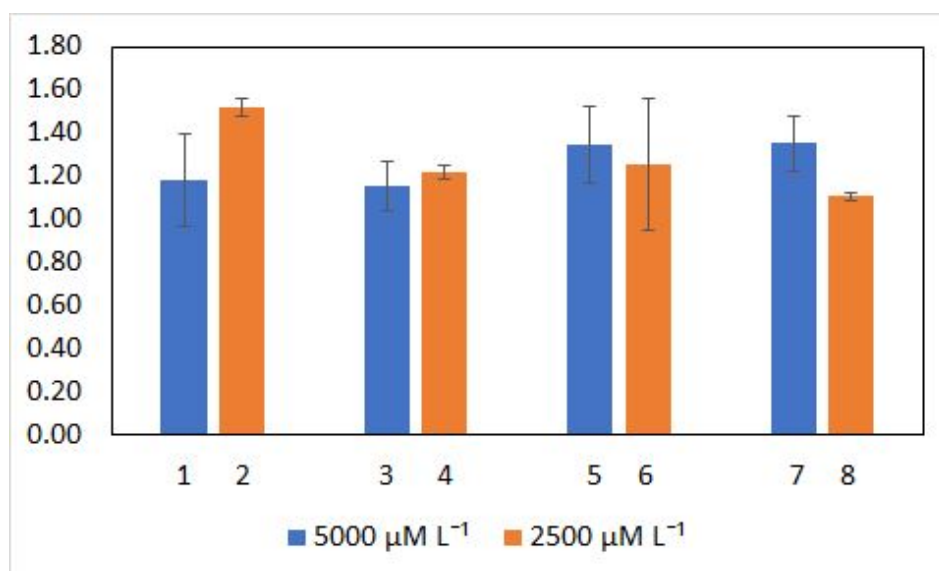


Figure 3. Relative growth rate of the experimental groups

When the experimental groups were analyzed in terms of relative growth rate, no statistical difference was found between the 3rd-4th and 5th-6th experimental groups ($p > 0.05$). In addition, there was a statistical difference ($p \leq 0.05$) in trial groups 1-2 and 7-8. The highest relative growth rate was observed in the group with 2500 $\mu\text{M L}^{-1}$ in groups 1 and 2, while there was a statistical difference ($p \leq 0.05$) in trial groups 7 and 8 with 5000 $\mu\text{M L}^{-1}$. The highest relative growth rate was observed in 2nd, 7th and 5th experimental groups (Table 4, Figure 3).

The sample obtained from the $\text{NH}_4\text{-N}$ source in group 4 exhibited the highest total carotene content ($144.667 \pm 0.667 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$). Additionally, within the same group, the highest chlorophyll-*a* content was measured, amounting to $578.667 \pm 0.667 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$. The carotene and chlorophyll-*a* values of *L. minor* showed significant differences across different nitrogen sources and concentrations ($p \leq 0.05$). However, there were no statistically significant differences observed between groups 2 and 7 in terms of carotene and chlorophyll-*a* content ($p > 0.05$). Similarly, the amount of chlorophyll-*a* did not differ significantly between groups 1 and 8 ($p > 0.05$) (Table 4). When the dry matter and protein values of *L. minor* grown with different nitrogen sources and concentrations were analyzed, no significant difference was observed, but the protein ratio was higher in the 3rd and 4th group trials with $\text{NH}_4\text{-N}$ as the source compared to the other groups. The 3rd

group had the highest protein rate with 21.32%, followed by the 1st group with 18.45% and then the 8th group with 18.19%. The lowest protein rate was 16.84% in group 2 (Table 4).

According to the experimental groups, the highest wet weight of the leaves was observed in groups 2, 7 and 5, while the highest dry weight was observed in groups 2, 5 and 6, respectively. In addition, the Dry Weight/Wet Weight ratio was found in the 6th, 3rd and 5th groups, respectively (Table 5).

DISCUSSION

This study aimed to investigate the impact of various culture conditions, enriched with different nitrogen sources and their respective concentrations, on the relative growth rates, relative frond number increase, carotene, chlorophyll-*a*, and protein content of *L. minor*. *L. minor* is an aquatic plant of significant interest to various industries including food, cosmetics, pharmaceuticals, among others.

The family Lemnaceae possesses the ability to assimilate nitrogen from multiple sources, including ammonium, nitrate, nitrite, urea, and certain amino acids. However, ammonium and nitrate are generally recognized as the primary nitrogen sources for most species within this family. In a previous study by Ericsson et al. (1982) investigating growth under different nitrogen concentrations, they found that the growth of Lemnaceae species was primarily driven by nitrogen demand rather than concentration ratios.

Table 5. Mean wet weight (FW) and dry weight (DW) amounts and Wet Weight/Dry Weight rate of fronds according to the experimental groups ($\bar{X}\pm D$: Mean \pm Deviation)

Nitrogen Sources	Concentration ($\mu\text{M L}^{-1}$)	Groups	Wet Weight (g) ($\bar{X}\pm D$)	Dry Weight (g) ($\bar{X}\pm D$)	Dry Weight/Wet Weight ($\bar{X}\pm D$)
NaNO ₃ (Na Nitrate-N)	5000	1	3.5300 \pm 0.6975	0.1567 \pm 0.0287	0.0448 \pm 0.0047
NaNO ₃ (Na Nitrate-N)	2500	2	4.8267 \pm 0.1960	0.2000 \pm 0.0082	0.0414 \pm 0.0000
NH ₄ Cl (Ammonium-N)	5000	3	3.3700 \pm 0.4090	0.1633 \pm 0.0170	0.0497 \pm 0.0104
NH ₄ Cl (Ammonium-N)	2500	4	3.5700 \pm 0.1219	0.1700 \pm 0.0327	0.0476 \pm 0.0092
KNO ₃ (K Nitrate-N)	5000	5	4.1233 \pm 0.7757	0.2000 \pm 0.0374	0.0486 \pm 0.0037
KNO ₃ (K Nitrate-N)	2500	6	3.8867 \pm 1.0817	0.1900 \pm 0.0356	0.0506 \pm 0.0066
(NH ₂) ₂ CO (Urea-N)	5000	7	4.1433 \pm 0.5196	0.1767 \pm 0.0236	0.0442 \pm 0.0123
(NH ₂) ₂ CO (Urea-N)	2500	8	3.1867 \pm 0.0634	0.1500 \pm 0.0082	0.0471 \pm 0.0029

Additionally, the study highlighted the existence of viable strategies to achieve consistent growth rates under low optimal nitrogen nutrition. Moreover, Ericsson et al. (1982) observed that *L. minor* did not uptake nitrogen from the environment in quantities sufficient to meet its metabolic requirements. Minimum and optimal nitrogen levels are thought to vary greatly between species and geographical isolates, with increasing light intensity increasing the optimal nitrogen requirements for growth. The minimum nitrogen level (in *L. miniscula*) was determined between 0.0016 mM L⁻¹ and 0.08 mM L⁻¹. The maximum tolerated nitrogen level ranged from 30 mM L⁻¹ (*L. miniscula*) to 450 mM L⁻¹ (*L. aequinoctialis*), while the optimal nitrogen requirement ranged from 0.01 mM L⁻¹, (*Wolffia colombia*) to 30 mM L⁻¹ (*Spirodela polyrrhiza*) (Landolt & Kandeler, 1987).

When all nitrogen forms were analyzed, *L. minor* and *L. gibba* were reported to prefer using nitrate nitrogen and ammonium nitrogen for growth compared to other nitrogen forms (Wang et al., 2014; Iatrou et al., 2019). However, high concentrations of ammonium ions have also been reported to inhibit duckweed growth (Oron et al., 1984).

In our study, no mortality was observed in *L. minor* leaves throughout the experiments. In the light of the data obtained, the relative frond number increase and relative growth rate were higher in the NO₃ form of the experimental groups (2, 5 and 6). Similarly, Petersen et al. (2021) reported that *L. minor* increased the relative growth rate of nitrate (75-100 mM) rich

diets the most. The reason for this was that nitrate acted as a signaling molecule that rapidly triggers gene, metabolism and growth changes (Gojon et al., 2011).

In experiments with different nitrogen sources and their two different concentrations, it was found that the highest increase in relative frond number in *L. minor* groups was 0.079 \pm 0.007% individual day⁻¹ in the 7th group. This value was followed by 0.074 \pm 0.012 and 0.071 \pm 0.011% individual day⁻¹ in the 5th and 6th groups, respectively. The highest relative growth rate was in the experimental group 2, 7 and 5. While the final weights of the experimental groups indicate a potential increase in the relative growth rate, caution must be exercised when extrapolating this observation to the relative frond numbers.

However, it is not possible to say the same thing for relative frond numbers. In contradistinction to this study, a study conducted by Wang et al. (2014) indicated that the 28 mg L⁻¹ NH₄⁺-N concentrations had maximum relative dry weight growth rate (RDWGR) and relative frond number growth rate (RFNGR) values and the RFNGR and RDWGR were significantly correlated. However, upon reviewing numerous studies on nitrogen forms, it becomes evident that *L. minor* and *L. gibba* species exhibit a preference for utilizing nitrate nitrogen and ammonium nitrogen (NH₄-N) as sources for growth, as opposed to other available nitrogen forms. (Jensen et al., 2006, Brentrup & Palliere, 2010; Wang et al., 2014; Iatrou et al., 2019). This result is in agreement with our study findings.

In the study conducted $\text{NH}_4\text{-N}$ demonstrated that the highest carotene and chlorophyll-*a* were in group 4. Similarly, the study conducted by Petersen et al. (2021) reported that the $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations significantly affected the chlorophyll-*a* and carotenoid contents and the highest Chl-*a*, Chl-*b*, Chl-*a+b* and Car contents were in the 84 mg L^{-1} $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations. Also, the study stated that higher (280 and 840 mg L^{-1}) or lower (2 , 7 and 28 mg L^{-1}) $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations caused a significant decrease in the Chl-*a*, Chl-*b*, Chl-*a+b* and Car contents. In the present study, an inverse relationship between nitrogen concentrations and carotenoid contents was observed in the experimental groups, indicating that higher nitrogen concentrations were associated with lower levels of carotenoids. It is because although $\text{NH}_4\text{-N}$ is a nitrogen source chosen by most plants (von Wirén et al., 2000), it is reported to be toxic for specific plants in high-concentration medium (Rudolph & Voigt, 1986; Britto & Kronzucker, 2002; Cao et al., 2004; Boussadia et al., 2010; Wang et al., 2011, 2014; Li et al., 2013).

In the study the mean dry matter rate in *L. minor* was 8.47% (91.53% water rate). A study conducted by Skillicorn et al. (1993) reported that 92-94% of fresh plant weight is water. A study conducted by Dayioğlu et al. (2006) reported that the plant contains 92% water. The data in our study is in agreement with the aforementioned studies.

According to a study conducted by Leng et al. (1995) the ammonium N in water affects raw protein accumulation in the plant. Another study conducted by the researcher suggests that it is possible to acquire optimal protein content in medium where Nitrogen is 60 mg N L^{-1} or higher (Leng, 1999). Similarly, a study conducted by adding ammonium nitrogen to the medium in order to increase the biomass of *L. minor* and reproduce the plant obtained a high rate of raw protein and the protein content of *L. minor* increased from 21.9% to 39.4% (Latrou et al., 2019). Also, our study found the highest protein value in group 3 whose source was $\text{NH}_4\text{-N}$ at the level of 21.32%.

A study conducted by Culley & Epps (1973) demonstrated that there is a strongly positive correlation between highly dissolved nutrients and plant properties, especially protein and digestibility.

Also, specific researchers reported that there are positive correlations between nutrition concentrations and dry matter productivity, raw protein and phosphorus content (Whitehead et al., 1987; Alaerts et al., 1996). However, Bergman et al. (2000) found a very little difference in dry matter (DM) productivity and reported that there is no difference in the protein content of *L. gibba* which is cultivated in a variety of nutritional levels (52 to 176 mg N L^{-1}).

Although there was no statistically significant difference between the groups in the study, the highest wet weight was in group 2, 7 and 5, the highest dry weight was in group 2, 5 and 6 and the highest DW/FW rate was in group 6, 3 and 5.

The study conducted by Petersen et al. (2021) observed all biggest FW and DW in the 28 mg L^{-1} $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration and all smallest ones in the 840 mg L^{-1} concentration. However, the highest DW/FW rate was in 280 mg L^{-1} concentration.

Similarly, this study obtained higher rates in the groups with a lower concentration. The study conducted by Petersen et al. (2021) reported that *L. minor* uses both ammonium and nitrate as a nitrogen source, has developed a few NO_3 intake systems to survive in the changing medium and both its roots and fronds are able to receive nitrate and ammonium from the medium. This researcher noted that higher dilution of the nutrient medium, i.e., much lower nutrient concentrations, would in any case lead to lower protein productivity.

CONCLUSION

According to the study conducted it is possible to state that *L. minor* uses all nitrogen sources and while nitrate sources come into prominence in the weight gain, ammonium nitrogen comes into prominence in the chlorophyll-*a* and carotene amount. The results show that NO_3 nitrogen is the optimal nitrogen source for the growth, leaf number, biochemical composition and growth of *L. minor*. Although NO_3 nitrogen was effective in growth and development, NH_4 nitrogen was more effective on protein, carotene and chlorophyll-*a* content. In the protein content it is possible to state that concentrations are as crucial as nitrogen source.

It is necessary to acquire a standardized product quality to use *L. minor* in food and aquatic feed. Also, the biomass and protein amount acquired is crucial for a quality product. For that purpose, it is necessary to use a standard cropping system. In addition to abiotic factors such as light intensity, light spectrum, photoperiod, temperature, water and *L. minor* movement, it is necessary to try a variety of nutritional sources and concentrations in different volumes.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by Ege University Scientific Research Projects (BAP Project No: 2018/SÜF/011). The authors would like to thank Ege University Scientific Research Projects Department (Izmir, Türkiye) for their financial support and Ege University Faculty of Fisheries (Izmir, Türkiye) for research infrastructure.

Compliance with Ethical Standards

Authors' Contributions

HT: Manuscript design, laboratory experiment, writing, draft checking.

HS: Statistical analyses.

AK: Draft checking, reading, and editing.

YD: Draft checking, reading, and editing.

AB: Laboratory experiment.

All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical Approval

For this type of study, formal consent is not required.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

REFERENCES

- Akel, E. (2006). *Comparative studies on feeding possibilities of duckweed (Lemna minor L.) in aquarium environment of Singaporean red-cheeked freshwater turtles (Pseudemys scripta elegans)*. [Ph.D. Thesis. Kütahya Dumlupınar University]
- Alaerts, G. J., Rahman Mahbubar, MD., & Kelderman, P. (1996). Performance analysis of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon. *Water Research*, 30(4), 843-852. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(95\)00234-0](https://doi.org/10.1016/0043-1354(95)00234-0)
- AOAC. (1990). Official methods of analysis (pp. 1028-1039). In Helrich, K. (Ed.), *Association of Official Analytical Chemists International*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Appenroth, K. J., Sree, K. S., Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leiterer, M., & Jahreis, G. (2017). Nutritional value of duckweeds (Lemnaceae) as human food. *Food Chemistry*, 217, 266-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.116>
- Beer, S., Björk, M., & Beardall, J. (2014). *Photosynthesis in the marine environment*. Wiley-Blackwell.
- Bergmann, B. A., Cheng, J., Classen, J., & Stomp, A. - M. (2000). In vitro selection of duckweed geographical isolates for potential use in swine lagoon effluent renovation. *Bioresource Technology*, 73(1), 13-20. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00137-6](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00137-6)
- Boussadia, O., Steppe, K., Zgallai, H., El Hadj, S. B., Braham, M., Lemeur, R., & Van Labeke, M. C. (2010). Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 336-342. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.09.023>
- Brentrup, F., & Pallière, C. (2010). Nitrogen use efficiency as an agro-environmental indicator. *Proceedings of the OECD Workshop on Agrienvironmental Indicators: Lessons Learned and Future Directions*, Switzerland, pp. 1-9.
- Britto, D. T., & Kronzucker, H. J. (2002). NH₄⁺ toxicity in higher plants: A critical review. *Journal of Plant Physiology*, 159(6), 567-584. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-0774>

- Bütünoğlu, A. (2018). *Evaluation of nutrient removal by floating wetland and aquatic plants in water resources*. [MSc. Thesis. Ankara TR Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Water Management].
- Caicedo, J. R., van der Steen, N. P., Arce, O., & Gijzen, H. J. (2000). Effect of total ammonia nitrogen concentration and pH on growth rates of duckweed (*Spirodela polyrrhiza*). *Water Research*, 34(15), 3829-3835. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00128-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00128-7)
- Cao, X., Ma, L. Q., & Tu, C. (2004). Antioxidative responses to arsenic in the arsenic-hyperaccumulator Chinese brake fern (*Pteris vittata* L.). *Environmental Pollution*, 128(3), 317-325. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.09.018>
- Carpenter, S. R., & Lodge, D. M. (1986) Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, 26, 341-370. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(86\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0304-3770(86)90031-8)
- Cedergreen, N., & Madsen, T. V. (2002). Nitrogen uptake by the floating macrophyte *Lemna minor*. *New Phytologist*, 155(2), 285-292. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00463.x>
- Chapman, R. L. (2013). Algae: The world's most important "plants" — an introduction. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(1), 5-12. <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9255-9>
- Chaturvedi, K. M. M., Langote, D. S., & Asolekar, R. S. (2003). *Duckweed-fed fisheries for treatment of low strength community waste water*. WWWTM Newsletter, Asian Institute of Technology, India. <https://ait.ac.th/>
- Coşkun, Ö. F., Aydın, D., Akıska, S., Özel, H. B., & Varol, T. (2018). Determination of the duckweed species in Turkey. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 20(1), 145-151. <http://doi.org/10.24011/barofd.406868>
- Culley Jr, D. D., & Epps, E. A. (1973). Use of duckweed for waste treatment and animal feed. *Water Pollution Control Federation*, 45(2), 337-347.
- Dayıoğlu, H., Özyurt, M. S., Aker, M. E., Çaycı, M. K., & Solak, C. N. (2006). *Pseudemys scripta elegans*'in akvaryum ortamında *Lemna minor* L. ile besleme imkanları üzerine bir araştırma [A study on feeding oppurtinies of *Pseudemys scripta elegans* fed with *Lemna minor* L. in aquarium]. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, (011), 1-10.
- Ericsson, T., Larsson, C. -M., & Tillberg, E. (1982). Growth responses of *Lemna* to different levels of nitrogen limitation. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 105(4), 331-340. [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(82\)80029-9](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(82)80029-9)
- Fang, Y. Y., Babourina, O., Rengel, Z., Yang, X. E., & Pu, P. M. (2007). Ammonium and nitrate uptake by the floating plant *Landoltia punctata*. *Annals of Botany*, 99(2), 365-370. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl264>
- Foundation for Water Research (FWR). (2015). *Toxic algal blooms in drinking water reservoirs. foundation for water research*. Retrieved on June 22, 2023, from <http://www.fwr.org/drnkwatr/algaltox.htm>
- Gojon, A., Krouk, G., Perrine-Walker, F., & Laugier, E. (2011). Nitrate transeptor(s) in plants. *Journal of Experimental Botany*, 62(7), 2299-2308. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq419>
- Gökyay, O., & Balcıgil, M. (2017). *Ham ve sentetik atıksularda su mercimeği (Lemna minor L.) kullanılarak karbon ve besi maddelerinin gideriminin incelenmesi ve karşılaştırılması* [The investigation and comparison of carbon and nutrient removal from domestic and synthetic wastewaters using duckweed (*Lemna minor* L.)]. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 29(4), 124-130. <https://doi.org/10.7240/marufbd.369743>
- Iatrou, E. I., Kora, E., & Stasinakis, A. S. (2019). Investigation of biomass production, crude protein and starch content in laboratory wastewater treatment systems planted with *Lemna minor* and *Lemna gibba*. *Environmental Technology*, 40(20), 2649-2656. <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1448002>

- Jensen, J., Sorokin, N., Dirven-van Breemen, E. M., Bogolte, T., Erlacher, E., Ehlers, C., Ter Laak, T., Hartnik, T., Bierkens, J., Rutgers, M., Mesman, M. (2006). A triad-based selection of tools for site-specific assessment of ecological risk (pp. 65-116). In Jensen, J., & Mesman, M. (Eds.), *Ecological risk assessment of contaminated land- Decision support for site specific investigations*. Liberation: RIVM report number 711701047. Accessed June 22, 2023, from <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701047.pdf>
- Kara, B. (2006). *Determination of nitrogen uptake and utilization efficiency of corn with different plant densities and different nitrogen doses in Çukurova conditions*. [Ph.D. Thesis. Adana Çukurova University].
- Karaşahin, B. (1998). *A research on the benthic fauna of Lake Kovada and Kovada Channel*. [M.Sc. Thesis. Isparta Süleyman Demirel University]
- Körner, S., Lyatuu, G. B., & Vermaat, J. E. (1998). The influence of *Lemna gibba* L. on the degradation of organic material in duckweed-covered domestic wastewater. *Water Research*, 32(10), 3092-3098. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00054-2)
- Latrou, E. I., Kora, E., & Stasinakis, A. S. (2019). Investigation of biomass production, crude protein and starch content in laboratory wastewater treatment systems planted with *Lemna minor* and *Lemna gibba*. *Environmental Technology*, 40(20), 2649-2656, <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1448002>
- Leblebici, Z. (2010). *Effect of nitrate, phosphate and sulphate on accumulation of some heavy metals in members of duckweed spread in Turkey*. [Ph.D. Thesis. Kayseri Erciyes University].
- Leng, R. A. (1999). *Duckweed: A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment*. *Proceedings of the 47th International Conference on Environmental Systems*, South Carolina. pp. ICES-2017-281.
- Leng, R. A., Stambolie, J. H., & Bell, R. (1995). Duckweed - a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development*, 7(1), 5.
- Li, G., Li, B., Dong, G., Feng, X., Kronzucker, H. J., & Shi, W. (2013). Ammonium-induced shoot ethylene production is associated with the inhibition of lateral root formation in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*, 64(5), 1413-1425. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert019>
- Madsen, J. D. (2009). Eurasian watermilfoil. In L. A. Gettys, W. T. Haller, & M. Bellaud (Eds.), *Biology and control of aquatic plants: A best management practices handbook* (pp. 95-98). Accessed June 22, 2023, from https://plants-archive.ifas.ufl.edu/wp-content/uploads/files/mng/AERF_handbook.pdf
- Madsen, J. D. (2023). Impact of invasive aquatic plants on aquatic biology. In L. A. Gettys, W. T. Haller, & D. G. Petty (Eds.), *Biology and control of aquatic plants: A Best Management Practices Handbook. 4th edition* (pp. 1-6). Aquatic Ecosystem Restoration Foundation.
- Madsen, J. D., Chambers, P. A., James, W. F., Koch, E. W., & Westlake, D. F. (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444(1), 71-84. <https://doi.org/10.1023/A:1017520800568>
- Oron, G., Porath, D., & Jansen, H. (1987). Performance of the duckweed species *Lemna gibba* on municipal wastewater for effluent renovation and protein production. *Biotechnology and Bioengineering*, 29(2), 258-268. <https://doi.org/10.1002/bit.260290217>
- Petersen, F., Demann, J., Restemeyer, D., Ulbrich, A., Olf, H. W., Westendarp, H., & Appenroth, K. J. (2021). Influence of the nitrate-N to ammonium-N ratio on relative growth rate and crude protein content in the duckweeds *Lemna minor* and *Wolffiella hyalina*. *Plants*, 10(8), 1741. <https://doi.org/10.3390/plants10081741>
- Rataj, K., & Horeman, T. J. (1977). *Aquarium plants-their identification, cultivation and ecology*. T.F.H. Publications, Inc.
- Rooijackers, P. (2016). *Photosynthesis model to predict duckweed growth at the Ecoferm greenhouse*. [Bachelor Thesis. Wageningen University & Research].

- Rudolph, H. J., & Voigt, J. U. (1986). Effects of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ on growth and metabolism of *Sphagnum magellanicum*. *Physiologia Plantarum*, 66(2), 339-343. <https://doi.org/10.1111/J.1399-3054.1986.TB02429.X>
- Sánchez, M. D., Mantell, C., Rodríguez, M., Martínez de la Ossa, E., Lubián, L. M., & Montero, O. (2005). Supercritical fluid extraction of carotenoids and chlorophyll *a* from *Nannochloropsis gaditana*. *Journal of Food Engineering*, 66(2), 245-251. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.021>
- Saygıdeğer, S. (1996). *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L., (*Lemnaceae*)'nin morfolojik anatomik, ekolojik ve fizyolojik özellikleri. *Ekoloji*, 5(18), 8-11.
- Saygıdeğer, S. (1997). Seyhan Nehrinde bazı su bitkileri üzerine tarımsal kimyasalların etkileri [The effects of agricultural chemicals on some aquatic plants in the Seyhan River]. *Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Seri A*, 18, 35-43.
- Saygıdeğer, S. D., Keser, G., & Dogan, M. (2013). Effects of lead on chlorophyll content, total nitrogen, and antioxidant enzyme activities in duckweed (*Lemna minor*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(1), 145-148.
- Skillicorn, P., Spira, W., & Journey, W. (1993). *Duckweed aquaculture: A new aquatic farming system for developing countries*. World Bank.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman and Co.
- Soñta, M., Rekiel, A., & Batorska, M. (2019). Use of duckweed (*Lemna* L.) in sustainable livestock production and aquaculture – A review. *Annals of Animal Science*, 19(2), 257-271. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0048>
- Topal, M., Karagözoğlu, B., Öbek, E., & Topal, I. (2011). Usage of some duckweeds in nutrient removal. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of the Graduate School of Natural and Applied Sciences*, 2(2), 12-28.
- von Wirén, N., Gazzarrini, S., Gojon, A., & Frommer, W. B. (2000). The molecular physiology of ammonium uptake and retrieval. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(3), 254-261. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(00\)80074-6](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(00)80074-6)
- Wanapat, M. (1994). Supplementation of straw-based diets for ruminants in Thailand. *Proceedings of Sustainable Animal Production and the Environment. The 7th AAAP Animal Science Congress*, Indonesia. pp. 25-38.
- Wang, C., Zhang, S. H., Li, W., Wang, P. F., & Li, L. (2011). Nitric oxide supplementation alleviates ammonium toxicity in the submerged macrophyte *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(1), 67-73.
- Wang, W., Yang, C., Tang, X., Gu, X., Zhu, Q., Pan, K., Hu, Q., & Ma, D. (2014). Effects of high ammonium level on biomass accumulation of common duckweed *Lemna minor* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(24), 14202-14210. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3353-2>
- Wersal, R. M., & Madsen, J. D. (2012). *Aquatic plants their uses and risks. A review of the global status of aquatic plants*. FAO, Rome. 97 p.
- Wett, B., & Rauch, W. (2003). The role of inorganic carbon limitation in biological nitrogen removal of extremely ammonia concentrated wastewater. *Water Research*, 37(5), 1100-1110. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00440-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00440-2)
- Whitehead, A. J., Lo, K. V., & Bulley, N. R. (1987). The effect of hydraulic retention time and duckweed cropping rate on nutrient removal from dairy barn wastewater. In K. R. Reddy and W. H. Smith (Eds.), *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery* (pp. 697-703). Magnolia Publishing Inc.
- Yılmaz, Z. (2004). *Nutrient removal from S.U. campus wastewater by duckweed (Lemna minor L.)* [M.Sc. Thesis. Selçuk University].
- Zou, N., & Richmond, A. (2000). Light-path length and population density in photoacclimation of *Nannochloropsis* sp. (*Eustigmatophyceae*). *Journal of Applied Phycology*, 12, 349-354. <https://doi.org/10.1023/A:1008151004317>



Is Popularity Good for Plant Conservation? Impacts of “Plantito and Plantita Culture” in Valencia City, Bukidnon, Philippines

Felice A. Beligolo¹  • Dave P. Buenavista¹ 

¹ Central Mindanao University, College of Arts and Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biology, Musuan, Bukidnon 8710, The Philippines, s.beligolo.felice@cmu.edu.ph, f.dave.buenavista@cmu.edu.ph

✉ Corresponding Author: f.dave.buenavista@cmu.edu.ph

Please cite this paper as follows:

Beligolo, F. A., & Buenavista, D. P. (2023). Is Popularity Good for Plant Conservation? Impacts of “Plantito and Plantita Culture” in Valencia City, Bukidnon, Philippines. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 126-PP. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.3>

ARTICLE INFO

Article History

Received: 24.03.2023

Revised: 26.06.2023

Accepted: 29.06.2023

Available online: 09.09.2023

Keywords:

Illegal plant trade

Ornamental plants

Conservation

Mindanao

Philippines

A B S T R A C T

Commercial trading of plants is one of the most unregulated money-making industries in the world, especially in Asia. In the Philippines, many plant species, especially the endemics are already threatened of extinction. One of the threats faced by these species is the commercial trade of ornamental plants. Though prohibited under the wildlife resources conservation and protection laws, the trade persists due to their popularity in social media and local plant collectors. As such, this research aimed to quantitatively assess the illegal trade of ornamental plants in Valencia City, Bukidnon, Philippines. Specifically, it aimed to i) determine the socio-demographic profile of traders, ii) determine the species richness of the ornamental plants illegally traded, iii) determine the quantity of ornamental plant species illegally traded, iv) identify factors that drive the exploitation of the ornamental plants, and v) determine the distribution of the ornamental plants in different areas of Valencia City. The research adopted a covert research approach to monitor the plant trade activities in various street markets of Valencia City, Bukidnon. Observations and interviews have been discretely recorded using mobile phones and audio recorder to collect the data. The survey included both the wild species and cultivated ornamental plants. A total of 140 morphotypes (species, cultivars, hybrids, and varieties) belonging to 60 genera and 33 botanical families were recorded. A total of 1,473 individual plants were recorded in five barangays of Valencia City. Aroids or arums of the Family Araceae were the most traded and collected ornamental plants with 10 genera and 48 morphotypes. This is followed by Acanthaceae (3 genera; 13 morphotypes), Asparagaceae (3 genera; 12 morphotypes), Commelinaceae (3 genera; 12 morphotypes), Euphorbiaceae (3 genera; 6 morphotypes), Orchidaceae (3 genera; 5 morphotypes) and Polypodiaceae (2 genera; 5 morphotypes).

INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic has become a health, social, and environmental trilemma in many parts of the world. In the Philippines, this global health concern also contributes to environmental problems as marine litters (i.e., disposable facemasks) now contributes to plastic pollution with potential serious consequences on wildlife (Abreo & Kobayashi, 2021a, 2021b). Apart from the environmental problems, the lockdown, social isolation, and other negative effects of the COVID-19 restrictions, has induced public and global mental health crisis (Jakovljevic et al., 2020; Vigo et al., 2020). This led to the surge of interest in home gardening and having plants in living spaces to help reduce anxiety, depression, and other mental distress (Pérez-Urrestarazu et al., 2021; Theodorou et al., 2021; Egerer et al., 2022; Gerdes et al., 2022). This hype of collecting ornamental plants trended in the Philippines and the neologism “plantita” and “plantito” became part of the modern Filipino culture. The term “plantita” and “plantito” were the portmanteau of the words “plant” and “tita” (auntie) or “tito” (uncle) which is used to refer to people, who invest time, effort, and money in collecting and caring for plants (Canuto et al., 2020; Sunga & Advincula, 2021).

Commercial trading of plants is one of the most unregulated money-making industries in the world, especially in Asia. Yet, the commercial trade of wild-collected ornamental plants in Southeast Asia has been almost completely overlooked (Phelps & Webb, 2015). The official trade statistics in the region barely register the existence of trade in wild orchids, begonias, and other horticultural important plants (Chua et al., 2009; Phelps & Webb, 2015; Tian et al., 2018). In the Philippines, many plant species, especially the country endemics are already threatened of extinction (Department of Environment and Natural Resources, 2017). In 2008, the threatened plants in the Philippines comprises 686 taxa, 98 of which are critically endangered, 181 are endangered, 171 are vulnerable, other threatened species are 64 and 168 are other wildlife species (Fernando et al., 2008). One of the threats faced by these species is the persisting commercial wildlife trade (Phelps & Webb,

2015). The most recent Philippine-based assessment, however, showed an increase of approximately 30% in the number of threatened plants. The 2017 national list of threatened Philippine plants and their categories include 984 species; 179 species were critically endangered, 254 species were endangered, 406 species were vulnerable, and 145 species were threatened species (Department of Environment and Natural Resources, 2017).

During the lockdown due to the COVID-19 pandemic, there has been a surge of public interest in trading, collecting, and gardening. However, unfortunately, based on personal observation in the late December 2020, several ornamental plants in the trade were illegally collected from the forests. Moreover, the trade persisted even after the COVID-19 lockdown.

In this study, we explored the forgoing illegal plant trade of ornamental plants in the province of Bukidnon, particularly in Valencia City. Such information is vital to know what species are concerned, their correct names, and the extent of their exploitation. With this, the study provided additional information on the illegal plant wildlife trade and its extent. Generally, the study aimed to quantitatively assess the illegal trade of ornamental plants in Valencia City, Bukidnon, Mindanao, Philippines. Specifically, it aimed to: 1. determine the socio-demographic profile of the traders; 2. determine the species richness of the ornamental plants illegally traded in the city streets of Valencia; 3. determine the quantity of ornamental plant species illegally traded in the city streets of Valencia; and 4. identify factors that drive the exploitation of the ornamental plants; and 5. determine the distribution of the ornamental plants in different areas of Valencia City.

MATERIAL AND METHODS

Study Area

The study was conducted in the selected street markets and homegardens of Valencia City, Bukidnon, Philippines from the months of April 2021 to June 2022 (Figures 1 & 2). Since the street markets were not permanent establishments, the surveys were carried out randomly at different locations namely,

Barangay Bagontaas, Barangay Batangan, Barangay Hagkol, Barangay Lumbo, and Barangay Poblacion. The five sites were selected based on accessibility since a quarantine pass was required to enter certain barangays during the COVID-19 pandemic in compliance to the Inter-Agency Task Force (IATF) guidelines.

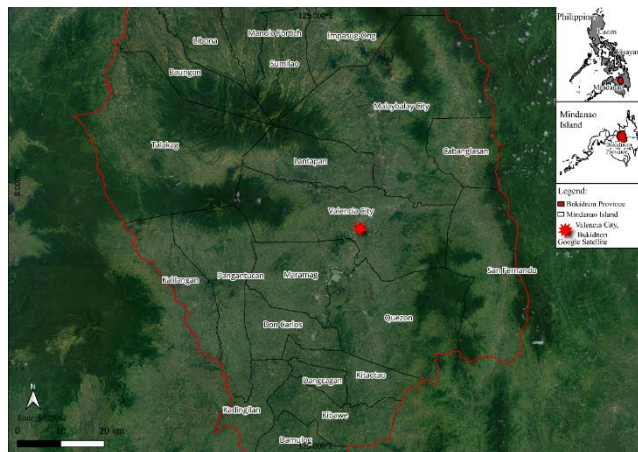


Figure 1. Map showing the location of Valencia City in the Province of Bukidnon, Philippines



Figure 2. Sale of ornamental plants in the streets of Valencia City, Bukidnon, Philippines

Field Surveys

Research Approach

We adopted a covert research approach which is both applied in social science (Bulmer, 1982; Calvey, 2017; Roulet et al., 2017) as well as in conservation sciences (Shepherd et al., 2016; Siriwat et al., 2019; Siriwat & Nijman, 2020; Gong et al., 2021). In this

study, the respondents were not informed of the research objectives in order to document illicit or illegal activities associated with illegal gathering and/or trading of endangered plant species in the city streets, and private home gardens. The researcher pretended anonymously as potential buyer to collect the field data (i.e., plant species, prices, provenance of from the plants) and photo-documentation. Observations and interviews have been discretely recorded using mobile phones and audio recorder to collect the data.

Survey of Traded Plants

The survey included both the “wild” species and cultivated ornamental plants. Following the definition of Heywood (1999), “wild” species are defined as plants that grow simultaneously in self-maintaining populations in a natural or semi-natural habitat without direct human action. The term is contrasted with “cultivated” or “domesticated” plant species that have arisen through human action, such as selection or breeding, and that depend on management for their continued existence (Heywood, 1999). This included all the plants that were gathered (not cultivated), even those growing on cultivated lands instead of forested areas (Termote et al., 2011). As such, those that were propagated in nurseries, commercial gardens, and flower shops were excluded in this research. A field data sheet was utilized to consolidate the data. This include the life form (i.e., tree, shrub, herb, climbers), specific parts and quantities of the ornamental plants being sold (i.e., shoot, whole uprooted plant, stem cuttings, roots, bulbs, etc.), common name, street market location, and price.

Field Documentation and Plant Identification

Photographs were taken for the identification of the ornamental plants. Through this method, all plant parts can be recorded—habit, bark, wood, twigs, nodes, reproductive parts while preserving their color and complex shapes (LaFrankie & Chua, 2015). Consequently, because the study deals with illegally traded ornamental plants, generally, government permits are not required for photographs. Moreover, the shape and color are greatly modified or lost upon drying and typical specimens include only a fragment

of the living plant; such characteristics cannot be observed in herbarium specimens.

Plant photographs were then sorted, matched to collection numbers, and then copied to external storage. The sets of photographs were examined with the aim of matching the images to a known morphotypes (species, cultivar, variety, hybrid) illustrated in "A Pictorial Cyclopedic of Philippine Ornamental Plants, 3rd edition" (Madulid, 2021). The recorded plants were taxonomically verified by the authors using digitized herbariums collections, eFloras, and relevant database. The botanical nomenclature and taxonomic treatment used in this study were referred from the Kew's Plants of the World online database (<http://www.plantsoftheworldonline.org/>) and Co's Digital Flora of the Philippines (<https://www.philippineplants.org/>). The species richness was then determined by recording the number of species surveyed in the area whilst the abundance was obtained from counting the number of individuals.

RESULTS AND DISCUSSION

Socio-Demographic Profile of Plant Collectors

A total of 31 respondents were interviewed from five barangays or villages of Valencia City; 4 from Bagontaas, 7 from Batangan, 5 from Hagkol, 6 from Lumbo, and 9 from Poblacion. Most of the respondents were women (84%) while men account for 16%. The age of the respondents ranges from 20-60 years old. The 41–50-year-old age group with 10 respondents (32.26%) were the most represented group. Overall, 80% of the respondents were married, 12% reported they were single and a small percentage reported being widowed (6%). In terms of educational attainment, few individuals (3%) reached primary level, 16% attended the secondary level, and nearly half (54%) finished tertiary level. Moreover, 9 (29.03%) started to collect plants less than 5 years, timely as the pandemic had started, stating it has become their new leisure; 6 (19.36%) were plant collectors for more than

11 years making profit out of their plant collections; and 8 (25.80%) were doing it for more than 16 years. The socio-demographic profile of the respondents is summarized in Table 1.

Table 1. Socio-demographic profile of selected plant collectors in the five barangays of Valencia City, Bukidnon (n=31)

Variable	Frequency/Percentage
Gender	
Male	5 (16.13%)
Female	26 (83.87%)
Age Group	
20-30	3 (9.68%)
31-40	9 (29.03%)
41-50	10 (32.26%)
51-60	9 (29.03%)
Civil Status	
Single	4 (12.9%)
Married	25 (80.65%)
Widow	2 (6.45%)
Educational Attainment	
Elementary Level	1 (3.23%)
Elementary Graduate	1 (3.23%)
High School Level	2 (6.45%)
High School Graduate	5 (16.12%)
College Level	5 (16.12%)
College Graduate	17 (54.84%)
Years of Collecting Plants	
1-5	9 (29.03%)
6-10	8 (25.80%)
11-15	6 (19.36%)
16+	8 (25.80%)

Botanical Diversity and Quantity of Ornamental Plants

The trade of ornamental plants in Valencia City, Bukidnon, Philippines included 140 morphotypes (species, cultivars, hybrids, and varieties) belonging to 60 genera and 33 botanical families (Figure 3, Table 2).

Table 2. List of ornamental plants in selected areas of Valencia City, Bukidnon, Philippines

Family	Scientific Name	Common Name	Bagontaas	Batangan	Hagkol	Lumbo	Poblacion
A. Pteridophytes							
I. Aspleniaceae	1. <i>Asplenium musifolium</i> Mett.	Giant bird's-nest fern	1				1
	2. <i>Asplenium nidus</i> L.	Bird's-nest fern	2	4	3	1	1
	3. <i>Asplenium nidus</i> 'Supreme Cobra'		1				
II. Equisetaceae	4. <i>Equisetum hymale</i> L.	Common horsetail	6	12		7	8
III. Lycopodiaceae	5. <i>Lycopodium clavatum</i> L.	Club moss	1	3		1	
IV. Polypodiaceae	6. <i>Microsorium musifolium</i>		1				1
	7. <i>Platynerium grande</i> (Feeé) Sm. ex Presl	Giant staghorn fern	1	1			
V. Pteridaceae	8. <i>Adiantum trapeziforme</i> L.	Giant maidenhair fern	1	2		1	5
	9. <i>Pteris ensiformis</i> Burm. f. 'Victoriae'	Silver-leaf fern	1				1
B. Angiosperms							
VI. Acanthaceae	10. <i>Fittonia argentea</i> Hort.		3		4		
	11. <i>Fittonia verschaaffeltii</i> (Lem.) Coem.	Nerve plant		6			
	12. <i>Fittonia verschaaffeltii</i> var. <i>argyroneura</i> (Coem.) Nichols.				4		
	13. <i>Graptophyllum pictum</i> (L.) Griff 'Aurea Variegata'	Caricature plant			7		
	14. <i>Justicia gendarussa</i> Burm. f. 'Variegata'	Willow-leaved justicia					5
VI. Agavaceae	15. <i>Chlorophytum comosum</i>		4		6		
	16. <i>Dracaena fragrans</i>				4		
	17. <i>Dracaena marginata</i>						
VII. Aloiaceae	18. <i>Aloe barbadensis</i>		6	8		4	12
VIII. Apocynaceae	19. <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	Rosy periwinkle	7			6	4
	20. <i>Dischidia oiantha</i> Schltr.	Common dischidia		2			
IX. Araceae	21. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott. var. <i>maculatum</i> (Hook. f.) Nicols.		3			3	
	22. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Silver King'			7		4	3
	23. <i>Aglaonema commutatum</i> 'Tricolor' x <i>A. nitidum</i> 'Curtisii'			1	3	2	
	24. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Manilas Pride'		2			2	
	25. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Red Majesty'				2	4	

Table 2. (continued)

Family	Scientific Name	Common Name	Bagontaas	Batangan	Hagkol	Lumbo	Poblacion
	26. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Red Peacock'		4		3	2	
	27. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Ruby Pink'		2		2		2
	28. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Pink Dalmatian'		3	2		6	
	29. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Pink Panther'		2			3	4
	30. <i>Aglaonema commutatum</i> Schott 'Red Lipstick'		1	4	3		4
	31. <i>Aglaonema costatum</i> N.E. Br.	Spotted aglaonema	4	6			3
	32. <i>Aglaonema nitidum</i> (Jack) Kunth	Aglaonema	2	4		2	
	33. <i>Alocasia</i> 'Black Velvet'	Black velvet alocasia	7	25	5	2	7
	34. <i>Alocasia x chelsonii</i> Hort. Veitch			4	1	2	6
	35. <i>Alocasia clypeolata</i> Hay	Green shield alocasia	6	8			11
	36. <i>Alocasia cuprea</i> K. Koch					1	
	37. <i>Alocasia macrorrhizos</i> (L.) G. Don	Elephant's ear	4	9	3	6	14
	38. <i>Alocasia micholitziana</i> Sander	Green velvet alocasia	8	6	4	2	7
	39. <i>Alocasia plumbea</i> C. Koch ex van Houtte 'Nigra'		5	12	4	7	14
	40. <i>Alocasia sandreriana</i> Bull.	Kris plant		1			
	41. <i>Alocasia zebrina</i> C. Koch. & Hort. Veitch	Zebra alocasia	9	7	3	5	11
	42. <i>Alocasia</i> 'Pseudosanderiana'		4	6			8
	43. <i>Alocasia lauterbachiana</i> (Engl.) A. Hay		1	3			
	44. <i>Anthurium andraeanum</i> Lind.	Anthurium	3	6		4	2
	45. <i>Anthurium crystallinum</i> Lind. & André	Crystal anthurium	2	4	1	5	7
	46. <i>Anthurium plowmanii</i> Croat	Bird's nest anthurium				6	5
	47. <i>Anthurium</i> 'Renaissance'	Renaissance anthurium	7	5			3
	48. <i>Caladium bicolor</i> (Ait.) Vent.			2			5
	49. <i>Caladium bicolor</i> 'Flamingo'		3	3		4	2
	50. <i>Caladium bicolor</i> 'Pink Charm'		2	7		2	
	51. <i>Caladium bicolor</i> 'Pink Symphony'		2		4	2	5
	52. <i>Caladium bicolor</i> 'Red Flash'			2		3	3

Table 2. (continued)

Family	Scientific Name	Common Name	Bagontaas	Batangan	Hagkol	Lumbo	Poblacion
	53. <i>Caladium bicolor</i> 'Thai Beauty'		3	5		5	4
	54. <i>Caladium bicolor</i> 'White Christmas'		4	6	3	3	9
	55. <i>Caladium x hortulanum</i>	Fancy-leaved caladium	3	6			5
	56. <i>Dieffenbachia exotica</i> Hort.		10	3	1		9
	57. <i>Dieffenbachia maculata</i> (Lodd.) Sweet	Mother-in-law plant	3	12	2		
	58. <i>Dieffenbachia oersterdii</i> Schott 'Variegata'			2			4
	59. <i>Monstera deliciosa</i> Liebm.	Monstera	3	7	2	6	11
	60. <i>Monstera deliciosa</i> Liebm. 'Variegata'		2		5		8
	61. <i>Monstera obliqua</i> (Miq.) Walp.	Swiss cheese vine	1	4		3	7
	62. <i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott ex Endl.	Tree philodendron		2			4
	63. <i>Philodendron x 'Burgundy'</i>	Burgundy philodendron	1	1			1
	64. <i>Philodendron imbe</i> Schott ex Endl.	Bird's nest philodendron		1		1	1
	65. <i>Schismatoglottis wallichii</i>			2			3
	66. <i>Syngonium hoffmannii</i> Schott	Goosefoot		3		5	
	67. <i>Xanthosoma atrovirens</i> C. Koch & Bouche 'Albo marginatum'		1	6			4
	68. <i>Xanthosoma lindenii</i> (André) Engl. 'Magnificum'		3	2			2
X. Asparagaceae	69. <i>Cordyline fructicosa</i> (L.) A. Chev.	Ti plant			4	2	
	70. <i>Dracaena deremensis</i> Engl. 'Compacta'	Calypso queen		2		3	
	71. <i>Dracaena fragrans</i> 'Lindenii'		3				1
	72. <i>Dracaena reflexa</i> Lam. 'Song-of-India'	Song-of-India		1	6		
	73. <i>Dracaena sanderiana</i> Hort. Sander ex M.T. Mast.	Striped corn plant	1				3
	74. <i>Dracaena surculosa</i> Lindl.	Spotted dracaena				2	
	75. <i>Sansevieria cylindrica</i> Bojer	Common spearplant		2			
	76. <i>Sansevieria hyacinthoides</i> (L.) Druce	African bow hemp	6	8	4	13	4
	77. <i>Sansevieria masonia</i> Chahin.	Brother-in-law sansevieria		2			3
	78. <i>Sansevieria patens</i>			1			
	79. <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Snake plant	12	26	7	8	14
	80. <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain 'Hahnii'	Bird's nest sansevieria		1			1

Table 2. (continued)

Family	Scientific Name	Common Name	Bagontaas	Batangan	Hagkol	Lumbo	Poblacion
	80. <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain 'Hahnii'	Bird's nest sansevieria		1			1
XI. Aquifoliaceae	81. <i>Ilex cornuta</i> Lindl. & Paxt.	English holly					2
XII. Balsaminaceae	82. <i>Impatiens balsamina</i> L.	Touch-me-not	3				6
XIII. Begoniaceae	83. <i>Begonia coccinea</i> Hook. 'Corallina de Lucerne'	Corallina de Lucerne begonia	1				
	84. <i>Begonia x erythrophylla</i> 'Bunchii'				2		
	85. <i>Begonia heracleifolia</i> Cham. & Schlechtend. 'Oizumi'	Star-leaf begonia					3
	86. <i>Begonia imperialis</i> Lem.	Imperial begonia		1			5
XIV. Bromeliaceae	87. <i>Begonia masoniana</i> Irmsch.	Iron-cross begonia	1				
	88. <i>Aechmea caudata</i> Lindm. 'Variegata'		1			1	
	89. <i>Cryptanthus</i> 'It'		4	3			8
XV. Cactacea	90. <i>Epiphyllum oxypetalum</i> (DC.) Haw.	Queen-of-the-night cactus	1				1
	91. <i>Selenicereus anthonyanus</i> (Alexander) D. Hunt		2			1	
XVI. Commelinaceae	92. <i>Geogenanthus undatus</i> (C. Koch & Linden) Mildbr. & Strauss	Seersucker plant	2				4
	93. <i>Tradescantia pallida</i> (Rose) D.R. Hunt	Purple heart		1			2
	94. <i>Tradescantia spathacea</i> Sw.	Boat-of-mosses		4			5
	95. <i>Rhoe spathacea</i> 'Vittata'		1				
	96. <i>Tradescantia spathacea</i> Sw. 'Compacta'						1
	97. <i>Tradescantia zebrina</i> (Schinz) D.R. Hunt	Inch plant		6			7
XVII. Costaceae	98. <i>Costus speciosus</i> (J. König) Sm.	Common spiral ginger	4				3
	99. <i>Costus woodsonii</i>			1			
XVIII. Crassulaceae	100. <i>Echeveria secunda</i> W.B. Booth			3			
XIV. Euphorbiaceae	101. <i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Bl.	Croton	7		3		12
	102. <i>Codiaeum variegatum</i> 'Bravo'			8		5	
	103. <i>Codiaeum variegatum</i> 'Majesticum'						7
	104. <i>Codiaeum variegatum</i> 'Curly boy'		3		6		5
	105. <i>Euphorbia mili</i> Des Moul.	Crown-of-thorns					1
	106. <i>Euphorbia tirucalli</i> L.	Stick plant		1			2
	107. <i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L.) Poit.	Slipper plant	4				6
	108. <i>Pedilanthus tithymaloides</i> cv.					3	

Table 2. (continued)

Family	Scientific Name	Common Name	Bagontaaas	Batang	Hagkol	Lumbo	Poblacion
XX. Gesneriaceae	109. <i>Episcia cupreata</i> (Hook.) Hanst. 'Jasper'		2		4		
	110. <i>Episcia cupreata</i> 'Musaica'				2		6
	111. <i>Episcia cupreata</i> 'Variegata'		3		5		
XXI. Labiatae/Lamiaceae	112. <i>Plectranthus scutellaroides</i> (L.) R. Br.	Coleus		2			
XXII. Leguminosae/Fabaceae	113. <i>Clitoria ternatea</i> L.	Butterfly pea		7			4
XXIII. Marantaceae	114. <i>Calathea bella</i> (W. Bull) Regel		3	4	2	5	7
	114. <i>Calathea concinna</i>			6		2	9
	116. <i>Calathea makoyana</i> E. Morr.	Peacock plant	7	5	1	3	5
	117. <i>Calathea metallica</i> Koern. ex Regel		2				3
	118. <i>Calathea micans</i> (Mathieu) Koern.			7		4	6
	119. <i>Calathea ornata</i> (Linden) Koern. 'Roseo-lineata'		2				1
	120. <i>Calathea picturata</i> (Linden) C. Koch & Linden.		4	5		3	7
	121. <i>Calathea roseo-picta</i> (Linden) Rogel		3	1			4
	122. <i>Calathea stromata</i> Hort.		1	8		2	3
	123. <i>Calathea zebrina</i> (Sims.) Lindl.			1		1	2
	124. <i>Maranta arundinacea</i> L. var. <i>variegata</i>	Variegated arrowroot			3		1
	125. <i>Maranta bella</i>		4	5		3	7
	126. <i>Maranta leuconeura</i> E. Morr var. <i>erythronera</i> Bunting			2			
XXIV. Melastomataceae	127. <i>Medinilla cummingii</i> Naudin			1			
XXV. Nepenthaceae	128. <i>Nepenthes</i> sp.			1			
XXVI. Nyctaginaceae	129. <i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	Bougainvillea	9	13		7	21
XXVII. Orchidaceae	130. <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl.		1				
	131. <i>Spathoglottis plicata</i> Bl.	Philippine spathoglottis	5	2			
	132. <i>Vanda hybrid</i>		4	7			3
XXVIII. Oxalidaceae	133. <i>Oxalis triangularis</i> St. Hill.	Love plant	3				
XXIX. Piperaceae	134. <i>Peperomia peltifolia</i> C. DC.	Peltate leaf peperomia		2			1
	135. <i>Peperomia sandersii</i> A. DC.	Watermelon peperomia		5		2	

Table 2. (continued)

Family	Scientific Name	Common Name	Bagontaaas	Batangan	Hagkol	Lumbo	Poblacion
XXX. Rubiaceae	136. <i>Hydnophytum formicarum</i>			1			
	137. <i>Ixora chinensis</i> Lam.	Santan	5				7
XXXI. Rosaceae	138. <i>Rosa florifunda</i>			3			4
	139. <i>Rosa grandiflora</i>						5
XXXII. Solanaceae	140. <i>Petunia</i>		11		5		8

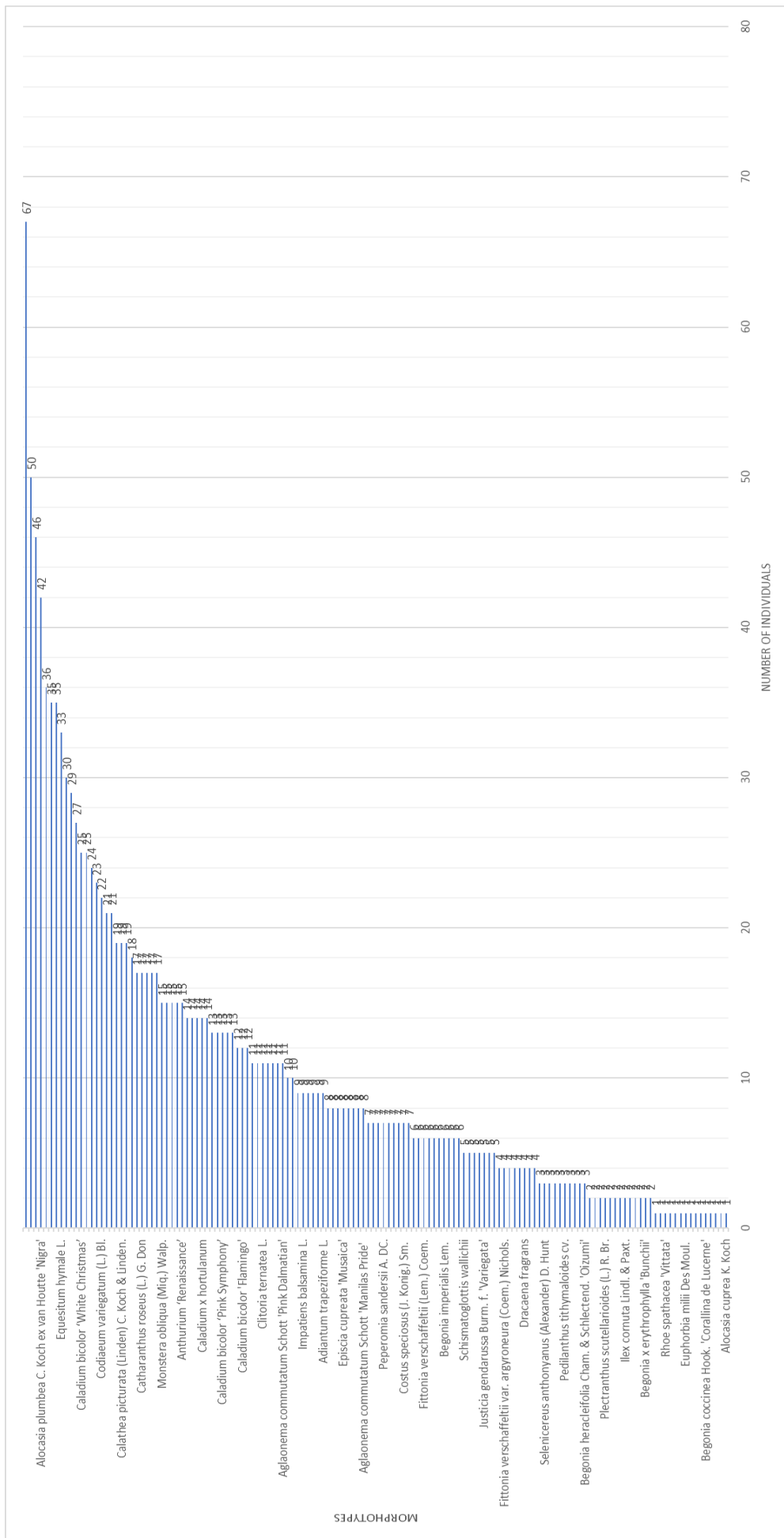


Figure 3. Abundance of ornamental plants in five selected barangays of Valencia City, Bukidnon, Philippines.

The aroids or arum (Family Araceae) were the most traded and collected ornamental plants with 10 genera and 48 morphotypes. This is followed by Acanthaceae (3 genera; 13 morphotypes), Asparagaceae (3 genera; 12 morphotypes), Commelinaceae (3 genera; 12 morphotypes), Euphorbiaceae (3 genera; 6 morphotypes), Orchidaceae (3 genera; 5 morphotypes) and Polypodiaceae (2 genera; 5 morphotypes) (Figures 4 & 5).

A total of 1,473 individual plants were recorded in the five barangays (Figure 2). The largest collection of ornamental plants with 480 individuals (32.5%) were recorded in Poblacion. This is followed by Batangan with 410 individuals (27.8%), Bagontaas with 269 individuals (18.2%), Lumbo with 181 individuals (12.2%), and Hagkol with 133 individuals (9%). Although the number of respondents in every

barangay were unequally represented and incomparable, the greatest number of plant sellers were observed in Poblacion. However, it was also observed that the location of the street market with vendors selling plants frequently changes due to the monitoring of the DENR. The inventory of ornamental plants in the five barangays of Valencia City, Bukidnon is summarized in Table 2.

The Venn diagram (Figure 6) shows the distribution of ornamental plants among the five barangays. Seven (7) ornamental plants from Bagontaas were not found among the other barangays while Batangan holds the most number having seventeen (17) ornamental plants. Whereas, Hagkol have five (5) unique ornamental plants while Lumbo and Poblacion have five to six ornamental plants unique among the others.

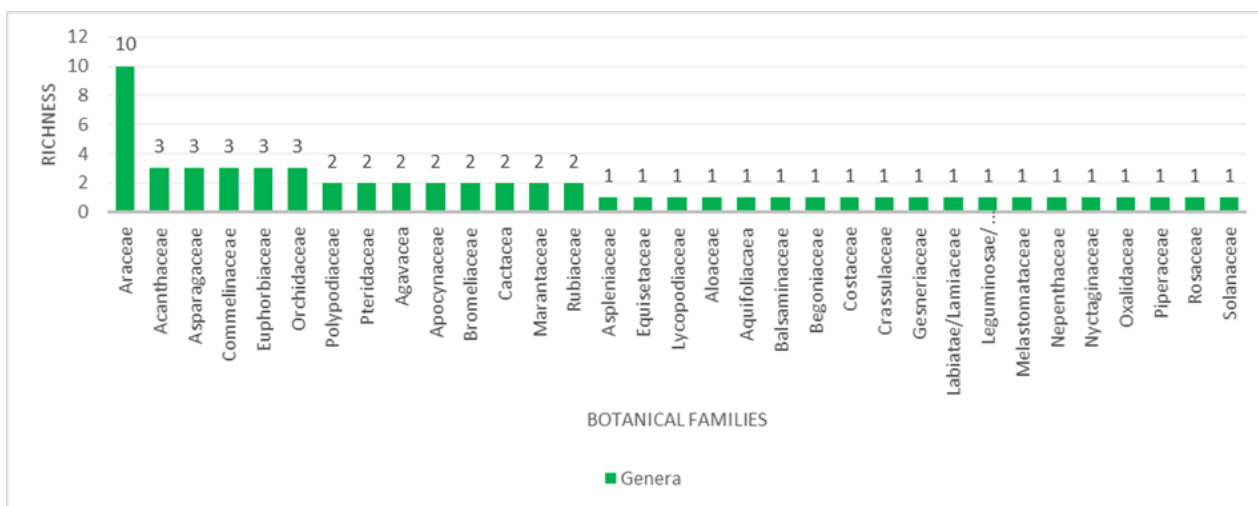


Figure 4. Number of genera in different botanical families of ornamental plant

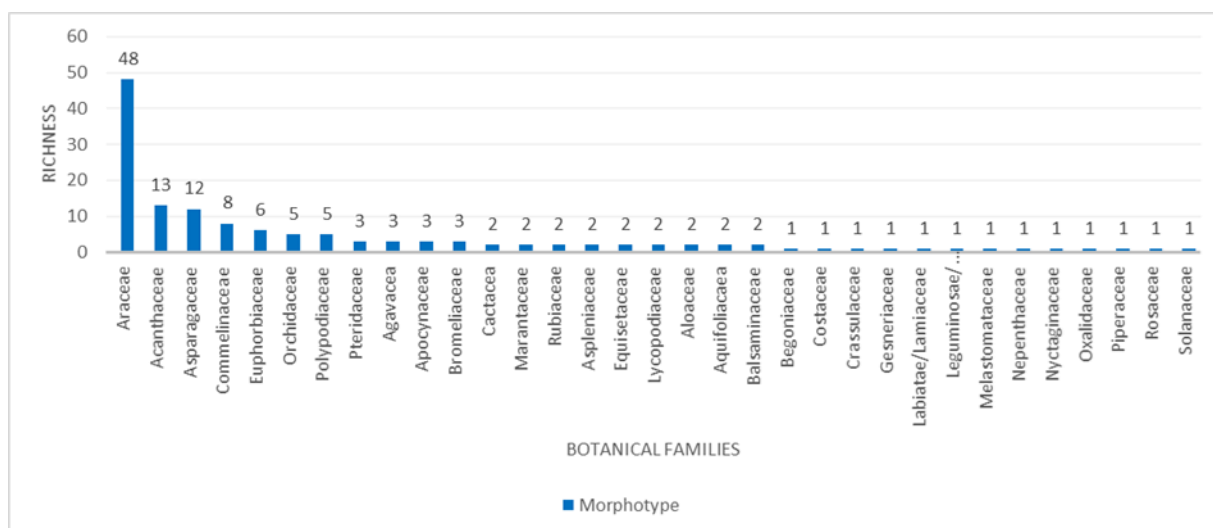


Figure 5. Morphotype richness of ornamental plants in different botanical families

Twelve (12) morphotypes were present in the five barangays (Figure 6). This includes *Asplenium nidus* L., *Alocasia micholitziana* Sander, *Sansevieria trifasciata* Prain *Calathea bella* (W. Bull) Regel, *Alocasia macrorrhizos* (L.) G. Don, *Alocasia zebrina* C. Koch. & Hort. Veitch, *Alocasia plumbea* C. Koch ex van Houtte 'Nigra', *Anthurium crystallinum* Lind. & Andre, *Sansevieria hyacinthoides* (L.) Druce, *Calathea makoyana* E. Morr., *Alocasia* 'Black Velvet', *Monstera deliciosa* Liebm.

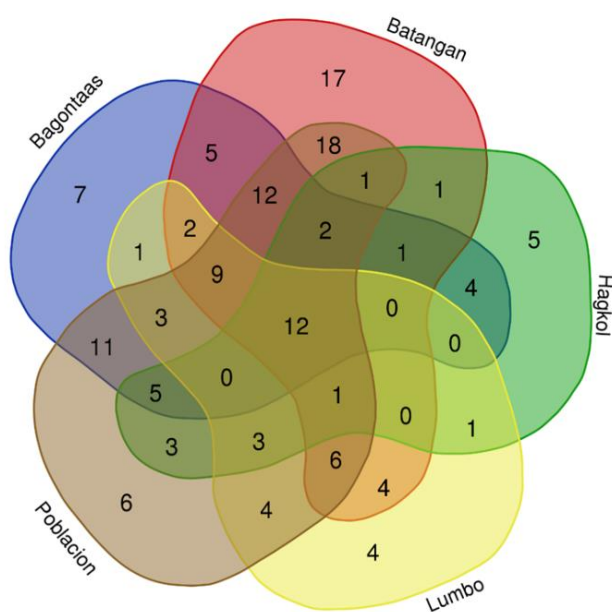


Figure 6. Venn diagram showing the distribution of ornamental plants in 5 barangays

In this study, six threatened ornamental plants were documented (Table 3). The number of threatened ornamental plants, however, may be under-represented considering the number of plant collectors who refused to be interviewed in this study.

Although orchids were among the most sought-after plant in local and international trade in Southeast Asia (Phelps & Webb, 2015; Gale et al., 2019; Williams et al., 2018; Wong & Liu, 2019), this study showed the incomparable popularity of aroids over the orchids in Valencia City. The demand for ornamental plants with aesthetically attractive foliage such as *Alocasia*, *Aglaonema*, *Anthurium*, *Caladium*, *Monstera*, and *Philodendron* may be explained by their popularity on social media. In the Philippines, the glamorized version of gardening was fueled by celebrities and social media influencers with millions of followers (Canuto et al., 2020). Some celebrities show their vast and expensive collection of flora on various social media platforms, many of which are aroids such as the variegated *Alocasia* worth 20,000 pesos (367 USD) and *Philodendron* 'Spiritus Sancti' with a price of 300,000 pesos (551 USD) (Cruz, 2020a, 2020b; Pabalate, 2020). These social media contents encouraged large audiences to develop interest in ornamental plants as well with the promise of the plantita lifestyle being a social status symbol (Canuto et al., 2020). Although there is a knowledge gap on the influence of social media influencers on plantita and plantito phenomenon, the findings of Dalangin et al. (2021) showed that trustworthy social media influencers in the Philippines can change consumers' behaviour and purchase intention. Furthermore, there is a significant relationship between the advertising effectiveness and purchase intention of consumers (Dalangin et al., 2021). Women, in particular, have a higher perception of social media influencers than male respondents because women use the internet more often (Dalangin et al., 2021).

Table 3. List of threatened ornamental plant species recorded in Valencia City, Philippines

Family	Species	Geographical Distribution	Conservation Status
Araceae	<i>Alocasia micholitziana</i> Sander	Endemic	Vulnerable (DAO 2017-11)
Araceae	<i>Alocasia sandariana</i> W Bull.	Endemic	Critically Endangered (IUCN 2021-3) Endangered (DAO 2017-11)
Araceae	<i>Alocasia zebrina</i> Schott ex van	Endemic	Vulnerable (DAO 2017-11)
Melastomataceae	<i>Medinilla cumingii</i> Naudin	Endemic	Vulnerable (DAO 2017-11)
Nepenthaceae	<i>Nepenthes truncata</i> Macfarl.	Endemic	Endangered (IUCN 2021-3) Endangered (DAO 2017-11)
Polypodiaceae	<i>Platynerium grande</i> (Feé) Sm. ex Presl	Native	Critically Endangered (DAO 2017-11)

Table 4. Frequency distribution of responses among respondents

Perspectives of the Respondents on Plant Collection	Frequency/Percentage
Private plant collection	25 (80.64%)
I engage in barter/ exchange	24 (77.41%)
I like rare plants	17 (54.83%)
I like beautiful plants	18 (58.06%)
I like easy to grow plants	18 (58.06%)
I like highly priced plants	14 (45.16%)
I like affordable plants	14 (45.16%)
I like locally available	12 (38.70%)
I collect plants because of my beliefs	02 (6.45%)
I sell my plant collection	
Selling plants at home	09 (29.03%)
Selling online through Facebook	02 (6.45%)

The growing public interest in ornamental plants may have provided easy profit in the middle of the pandemic-driven economic recession. Yet, this also contributed to additional demand for highly-priced rare and endemic plants poached in the wild. Some of the threatened plants in Digos City, for example, were collected from the areas of Bukidnon, Sarangani, Cotabato, and Davao (Cabaobao et al., 2021). Among the threatened plants illegally collected includes orchids (i.e., *Paphiopedilum acmodontum* Schoser ex M.W. Wood, and *Vanda sanderiana* (Rchb.f.) Rchb.f.), aroids (*Alocasia micholitziana* Sander, *Alocasia sanderiana* (Schott) G.Don, and *Alocasia zebrina* Veitch ex J.Dix), giant staghorn fern (*Platynerium grande* (Fée) Kunze), different species of endemic cycads, palms, hoyas and other economic plants (Cabaobao et al., 2021). Most of the wild plants like orchids are only known to occur in certain forest ecosystems in the Philippines (Buenavista, 2017; Betanio & Buenavista, 2018).

As such, the Department of Environment and Natural Resources (DENR) issued a public warning concerning the illegal collection of wild plants which is strictly prohibited under Republic Act 9147, otherwise known as the Wildlife Resources Conservation and Protection Act (Garcia, 2020). Furthermore, DENR Department Administrative Order No. 2017-11 prohibited the collection and trade of threatened species are prohibited unless such acts are covered under a permit issued by the DENR and

the species found in areas under a valid tenure instrument or a parcel of land covered by a title under the Torrens System (Garcia, 2020). In this study, six threatened ornamental plants were documented. The number of threatened ornamental plants, however, may be under-represented considering the number of plant collectors who refused to be interviewed in this study.

The illegal plant trade may be driven by the hype of having a private collection of ornamental plants (80.64%) (Table 4). This was reinforced by the public's interest in engaging in barter and exchange (77.41%) of plants for their growing collection, and the interest for collecting rare plants (54.83%). Moreover, eleven (11) individuals answered they sell the ornamental plants on their garden, eight (8) were home-based selling, two (2) through Facebook, and one (1) through a garden display. Eighteen (18) individuals stated that it was for their aesthetic value and another (18) answered "because it was easy to grow". Fourteen (14) stated that collection was based on the affordability and two (2) individuals collected because of their belief (e.g., fortune, good karma, lucky charm) (Table 4).

Accordingly, gardening positively affects an individual's source of income, livelihood, and employment opportunities (Guuroh et al., 2012; Galhena et al., 2013; Legesse et al., 2016), nutrition and health (Talukder et al., 2010), and life satisfaction and

quality of life (Soga et al., 2017). In terms of well-being, reviewed literature and studies provided positive outcomes. Ambrose et al. (2020) concluded that household gardening is strongly associated with increased emotional well-being and positive emotions such as happiness and meaningfulness. Moreover, Schmutz et al. (2014) signified that involvement in gardening promotes good mental health, reduces stress, depression, and self-harming behaviour as well as improving alertness, cognitive abilities, and social and community interactions. In the Philippines, home gardening has been a livelihood, supplementary activity, and recreation in rural and urban areas. Home gardening has been initiated even before the pandemic to address problems in different areas such as economics, food security, health, hunger, and malnutrition (National Anti-Poverty Commission & International Institute of Rural Reconstruction, 2016). During the pandemic, home gardening became a form of relief because it was associated with calling oneself productive- which refers to having high quantities of food crops grown and maximizing the use of their time in times of crisis (Montefrio, 2020). Social media users described gardening as a different form of productivity – which is being hardworking and persevering.

CONCLUSION

The trade of ornamental plants in Valencia City, Bukidnon, Philippines included 140 morphotypes (species, cultivars, hybrids, and varieties) belonging to 60 genera and 33 botanical families. This study elucidates the botanical diversity and socio-economic dimension of illegal trade of ornamental plants in Valencia City, Bukidnon. The aroids or arum (Family Araceae) were the most traded and collected ornamental plants. It is followed by Acanthaceae, Asparagaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Orchidaceae, and Polypodiaceae. A total of six threatened ornamental plants were recorded in the trade. The number of threatened ornamental plants, however, may be under-represented considering the number of plant collectors who refused to be interviewed in this study. The illegal plant trade may be driven by the hype of having a private collection of ornamental plants. This was reinforced by the public's

interest in engaging in barter and exchange of plants, and the interest of collecting rare plants for commercial purposes. Given its relevance in the field of conservation science, resource management, and environmental policy, this study recommends the following:

- 1) The local government and other concerned agency (i.e., Department of Trade Industry, Department of Environment and Natural Resources) should check and verify the source of ornamental plants marketed in Valencia City to regulate the exploitation and trade of wild plants, particularly those species harvested from the forest of Bukidnon and nearby province.
- 2) The different online marketing and selling platforms (i.e., Facebook marketplace, pages and groups) should be likewise monitored and reported to the proper authorities to curb the activities associated with the illegal plant trade.
- 3) The impact of restrictive legislation and bans (i.e., local ordinance) on the illegal wildlife trade should be revisited for more feasible and effective implementation.
- 4) Communication, Education and Public Awareness (CEPA) materials should also be disseminated in light of ornamental plants with threatened conservation status to promote public awareness, especially to all plant enthusiasts.

Compliance with Ethical Standards

Authors' Contributions

DPB: Manuscript design, supervision, editing.

FAB: Drafting, writing, fieldworks.

Both authors read and approved the final manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical Approval

For this type of study, formal consent is not required.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, [DP Buenavista], upon reasonable request.

REFERENCES

- Abreo, N. A. S., & Kobayashi, V. (2021a). First evidence of marine litter associated with COVID-19 in Davao Gulf, Mindanao, Philippines. *Philippine Journal of Science*, 150(5), 1145–1149.
- Abreo, N. A. S., & Kobayashi, V. B. (2021b). Citizen science highlights litter associated with COVID-19 as a potential threat on the island of Mindanao, Philippines: a marine biodiversity hotspot. *Journal of Marine and Island Cultures*, 10(2), 132–136. <https://doi.org/10.21463/jmic.2021.10.2.09>
- Ambrose, G., Das, K., Fan, Y., & Ramaswami, A. (2020). Is gardening associated with greater happiness of urban residents? A multi-activity, dynamic assessment in the Twin-Cities region, USA. *Landscape and Urban Planning*, 198(103776), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103776>
- Betanio, J., & Buenavista, D. (2018). Elevational pattern of orchid rarity and endemism in Mt. Kalatungan, Mindanao Island, Philippines. *Journal of Tropical Life Science*, 8(2), 108–115. <https://doi.org/10.11594/jtls.08.02.03>
- Buenavista, D. P. (2017). Contributions to the orchid flora of Mindanao long-term ecological research sites, Philippines. *Biologica Nyssana*, 8(1), 31–38. <https://doi.org/10.5281/zenodo.963339>
- Bulmer, M. (1982). When is disguise justified? Alternatives to covert participant observation. *Qualitative Sociology*, 5, 251–264. <https://doi.org/10.1007/BF00986753>
- Cabaobao, A. M. P., Crispino, M. S. M., Gorre, A. J. J., & Diquito, T. J. A. (2021). A perimeter tracing and monitoring of endangered plants in selected areas in Digos City: Basis for nature conservation program. *SSRN*, 291–302. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3901243>
- Calvey, D. (2017). *Covert Research: The Art, Politics and Ethics of Undercover Fieldwork*. SAGE.
- Canuto, L. M., Feliciano, J. G. S., Lacanlale, L. Y. L., Lubo, M. A. L., Mendoza, B. A. A., & Torres, J. E. D. (2020). Plantita. *Katipunon*, 6, 182-194.
- Chua, L. S. L., Kiew, R., & Chan, Y. M. (2009). Assessing conservation status of Peninsular Malaysian Begonias (*Begoniaceae*). *Blumea: Journal of Plant Taxonomy and Plant Geography*, 54, 94–98. <https://doi.org/10.3767/000651909X474131>
- Cruz, N. (2020a). Jinkee Pacquiao goes viral for expensive plant that costs approximately P20,000. Retrieved on May 21, 2021, from https://www.preview.ph/culture/jinke-pacquiao-viral-expensive-plant-a00300-20200930?ref=aside_popular
- Cruz, N. (2020b). Aubrey Miles paid P300,000 for her most expensive plant. Retrieved on May 21, 2021, from <https://www.preview.ph/culture/price-aubrey-miles-most-expensive-plant-a00300-20201001>
- Dalangin, J. J. G., Mc Arthur, J. M. B., Salvador, J. B. M., & Bismonte, A. B. (2021). The impact of social media influencers purchase intention in the Philippines. *Jurnal Studi Komunikasi*, 5(3), 551-568.
- Department of Environment and Natural Resources. (2017). *DENR Administrative Order No. 2017-11: Updated National List of Threatened Philippine Plants and their Categories*. Retrieved on May 15, 2021, from <http://www.bmb.gov.ph/index.php/e-library/laws-and-policies/denr-administrative-orders/dao-2017-2019>

- Egerer, M., Lin, B., Kingsley, J., Marsh, P., Diekmann, L., & Ossola, A. (2022). Greening Gardening can relieve human stress and boost nature connection during the COVID-19 pandemic. *Urban Forestry & Urban Greening*, 68, 127483. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127483>
- Fernando, E. S., Co, L. C., Lagunzad, D. A., Gruezo, W. S., Barcelona, J. F., Madulid, D. A., Lapis, A. B., Texon, G. I., Manila, A. C., & Zamora, P. M. (2008). Threatened plants of the Philippines: A preliminary assessment. *Asia Life Sciences*, 3, 1-52.
- Gale, S. W., Kumar, P., Hinsley, A., Cheuk, M. L., Gao, J., Liu, H., Liu, Z. L., & Williams, S. J. (2019). Quantifying the trade in wild-collected ornamental orchids in South China: Diversity, volume and value gradients underscore the primacy of supply. *Biological Conservation*, 238, 108204. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108204>
- Galhena, D. H., Freed, R., & Maredia, K. M. (2013). Home gardens: A promising approach to enhance household food security and wellbeing. *Agriculture and Food Security*, 2(8), 1-13. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-8>
- Garcia, T. J. (2020). *DENR-9 warns public vs. illegal collection of wild plants*. Retrieved on May 21, 2021, from <https://www.pna.gov.ph/articles/1114863>
- Gerdes, M. E., Aistis, L. A., Sachs, N. A., Williams, M., Roberts, J. D., & Goldstein, R. E. R. (2022). Reducing Anxiety with Nature and Gardening (RANG): Evaluating the Impacts of Gardening and Outdoor Activities on Anxiety among U. S. Adults during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5121. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095121>
- Gong, S.-P., Chow, A. T., Fong, J. J., & Shi, H.-T. (2021). The chelonian trade in the largest pet market in China: scale, scope and impact on turtle conservation. *Oryx*, 43(2), 2132216. <https://doi.org/10.1017/S0030605308000902>
- Guuroh, R. T., Uibrig, H., & Acheampong, E. (2012). Homegardens as a source of income for rural households – a case study of Bieha District, Southern Burkina Faso. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 2, 798-813.
- Heywood, V. H. (1999). *Use and potential of wild plants in farm households*. Food and Agriculture Organizations of the United Nations. <http://www.fao.org/3/W8801E/W8801E00.htm>
- Jakovljevic, M., Bjedov, S., Jaksic, N., & Jakovljevic, I. (2020). Covid-19 pandemia and public and global mental health from the perspective of global health security. *Psychiatria Danubina*, 32(1), 6-14. <https://doi.org/10.24869/psyd.2020.6>
- Legesse, A., Tesfay, G., & Abay, F. (2016). The Impact of urban home gardening on household socio-economy. *Arts and Design Studies*, 39, 21-30.
- Madulid, D. (2021). *A pictorial cyclopedia of Philippine ornamental plants* 3rd edition. The Bookmark Inc.
- Montefrio, M. J. F. (2020). Interrogating the “productive” home gardener in a time of pandemic lockdown in the Philippines. *Food and Foodways*, 28(3), 216-225. <https://doi.org/10.1080/07409710.2020.1790142>
- National Anti-Poverty Commission & International Institute of Rural Reconstruction. (2016). *Integrated community food production: A compendium of climate-resilient agriculture options*. Retrieved on May 21, 2021, from <https://www.napc.gov.ph/sites/default/files/documents/articles/Integrated%20Community%20Food%20Production.pdf>
- Pabalate, N. (2020). Five celebrities who are certified plant lovers. Retrieved on May 21, 2021, from <https://mb.com.ph/2020/11/09/five-celebrities-who-are-certified-plant-lovers/>
- Pérez-Urrestarazu, L., Kaltsidi, M. P., Nektarios, P. A., Markakis, G., Loges, V., Perini, K., & Fernández-Cañero, R. (2021). Particularities of having plants at home during the confinement due to the COVID-19 pandemic. *Urban Forestry and Urban Greening*, 59, 126919. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126919>

- Phelps, J., & Webb, E. L. (2015). "Invisible" wildlife trades: Southeast Asia's undocumented illegal trade in wild ornamental plants. *Biological Conservation*, 186, 296–305. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.03.030>
- Roulet, T. J., Gill, M. J., Stenger, S., & Gill, D. J. (2017). Reconsidering the value of covert research: The role of ambiguous consent in participant observation. *Organizational Research Methods*, 20(3), 487–517. <https://doi.org/10.1177/1094428117698745>
- Schmutz, U., Lennartsson, M., Williams, S., Devereaux, M., & Davies, G. (2014). The benefits of gardening and food growing for health and wellbeing. *Garden Organic and Sustain.* 45p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3703.5289>
- Shepherd, C. R., Nijman, V., Krishnasamy, K., Eaton, J. A., & Chng, S. C. L. (2016). Illegal trade pushing the critically endangered black-winged myna *Acridotheres melanopterus* towards imminent extinction. *Bird Conservation International*, 26, 147–153. <https://doi.org/10.1017/S0959270915000106>
- Siriwat, P., & Nijman, V. (2020). Wildlife trade shifts from brick-and-mortar markets to virtual marketplaces: A case study of birds of prey trade in Thailand. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 13(3), 454–461. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2020.03.012>
- Siriwat, P., Nekaris, K. A. I., Nijman, V., Wildlife, O., Kingdom, U., & Brookes, O. (2019). The role of the anthropogenic Allee effect in the exotic pet trade on Facebook in Thailand. *Journal for Nature Conservation*, 51, 125726. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125726>
- Sunga, A. B., & Advincula, J. L. (2021). The "plantito/plantita" home gardening during the pandemic. *Community Psychology in Global Perspective.*, 7(1), 88–105. <https://doi.org/10.1285/i24212113v7i1p88>
- Talukder, A., Haselow, N., Osei, A., Villate, E., Reario, D., Kroeun, H., SokHoing, L., Uddin, A., Dhungel, S., Quinn, V., & Keller, H. (2010). Homestead food production model contributes to improved household food security and nutrition status of young children and women in poor populations - lessons learned from scaling-up programs in Asia (Bangladesh, Cambodia, Nepal and Philippines). *Field Actions Science Reports, Special Issue 1*, 1-9.
- Termote, C., Van Damme, P., & Djailo, B. D. a. (2011). Eating from the wild: Turumbu, Mbole and Bali traditional knowledge on non-cultivated edible plants, District Tshopo, DR Congo. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(4), 585–618. <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9602-4>
- Theodorou, A., Panno, A., Carrus, G., Alessio, G., Massullo, C., & Imperatori, C. (2021). Greening Stay home, stay safe, stay green: The role of gardening activities on mental health during the Covid-19 home confinement. *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127091. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127091>
- Tian, D., Xiao, Y., Tong, Y., Fu, N., Liu, Q., & Li, C. (2018). Diversity and conservation of Chinese wild begonias. *Plant Diversity*, 40, 75–90. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.06.002>
- Vigo, D., Patten, S., Pajer, K., Krausz, M., Taylor, S., Rush, B., Raviola, G., Saxena, S., Thornicroft, G., & Yatham, L. N. (2020). Mental health of communities during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Psychiatry*, 65(10), 681–687. <https://doi.org/10.1177/0706743720926676>
- Williams, S. J., Gale, S. W., Hinsley, A., Gao, J., & St. John, F. A. V. (2018). Using consumer preferences to characterize the trade of wild-collected ornamental orchids in China. *Conservation Letters*, 11(5), 1–8. <https://doi.org/10.1111/conl.12569>
- Wong, S., & Liu, H. (2019). Wild-Orchid trade in a Chinese e-commerce market. *Economic Botany*, 73(3), 357–374. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12231-019-09463-2>



Çanakkale’de Buğday ve Arpa Yetiştirilen Alanlarda Anız Verimleri ve Kalitelerinin Belirlenmesi

Hatice Simay Sarı¹ • Fırat Alatürk¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 17100, Çanakkale, Türkiye, simaysari060219@gmail.com.tr, alaturkf@comu.edu.tr

✉ Corresponding Author: alaturkf@comu.edu.tr

Please cite this paper as follows:

Sarı, H. S., & Alatürk, F. (2023). Çanakkale’de Buğday ve Arpa Yetiştirilen Alanlarda Anız Verimleri ve Kalitelerinin Belirlenmesi. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 144-157. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.4>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş: 21. 07.2023

Düzeltilme: 27.10.2023

Kabul: 06.11.2023

Çevrimiçi Yayınlanma: 17.11.2023

Anahtar Kelimeler:

Arpa anızı

Anız verimi

Anız bileşimi

Ham protein

Metabolik enerji

Ö Z E T

Bu çalışma buğday ve arpa tarlalarına ait anızların verimi, bileşimi ve ot kalitesini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma 2021-2022 yetiştirme döneminde Çanakkale’de yürütülmüştür. Araştırmada buğday ve arpa tarlalarından alınan anız örneklerinin yaş ve kuru anız verimleri, bileşimi (sap, yaprak, başak ve yabancı ot oranları) ile bunların üretmiş oldukları otun kalitesi (ham protein, ham kül, NDF, ADF, ADL, TSBM, ME, SE ve NE enerji değerleri) incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda; ortalama anız verimleri 297,5 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Arpa tarlalarının ortalama kuru anız verimleri buğday anızlarına göre %5,7 daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Ortalama anız kuru madde oranı %86,8 olmuştur. Her iki bitki türüne ait anızın %44,7’si sap, %44,2’si yaprak, %5,8’si başak ve %5,3’ü yabancı otlar oluşturmuştur. Anızların ortalama ham protein %9,9, ham kül %10,9, NDF %65,5, ADF %45,7 ve ADL oranları ise %7,7 olmuştur. Toplam sindirilebilir besin madde oranları ortalama %55,6 olurken, arpa anızın enerji değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu araştırmanın sonucunda; arpa tarlalarından elde edilen anızın besin madde kapsamı hayvan besleme açısından buğday anızına nazaran daha iyi özelliklere sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Determination of Stubble Yields and Quality in Wheat and Barley Growing Areas in Çanakkale

ARTICLE INFO

Article History

Article History

Received: 21.07.2023

Revised: 27.10.2023

Accepted: 06.11.2023

Available online: 17.11.2023

Keywords:

Wheat stubble

Barley stubble

Stubble yield

Stubble composition

Crude protein

Metabolic energy

A B S T R A C T

This study was carried out to determine the yield, composition and forage quality of wheat and barley stubbles collected from the harvested fields of the said crops. The experiment was conducted in Çanakkale during the crop growing seasons of 2021 and 2022. In this study, the yields, compositions (ratios of stalk, leaf, weed and spike), along with the quality of forage (crude protein, crude ash, NDF, ADF, ADL, TSBM, ME, SE and the energy values of NE) of fresh and dry stubbles, taken from wheat and barley fields, were investigated. An average of 297.5 kg/da stubble yields were obtained as the result of this study. Consequently, it has been revealed that the average dry stubble yields of barley fields were 5.7% higher than that of the wheat stubbles. Hence, the average stubble dry matter ratio was recorded as 86.8%. It is concluded that the 44.7%, 44.2%, 5.8% and 5.3% of the stubbles of both plant species formed the stalk, leaf, spike and weed, respectively. The average crude protein, crude ash, NDF, ADF and ADL ratios of the stubbles were noted as 9.9%, 10.9%, 65.5%, 45.7% and 7.7%, respectively. The energy values of barley stubble were found to be higher, while the total digestible nutrient matters were recorded as an average of 55.6%. The overall results of this study showed that the nutrient content of stubble obtained from barley fields has better properties in terms of animal nutrition as compared to the stubbles of wheat.

GİRİŞ

Türkiye’de hayvancılığın temel sorunları arasında kaliteli ve yeterli kaba yem üretiminin istenilen düzeyin altında olması önemli bir yer tutmaktadır. Tarla alanlarında üretilen yem bitkilerinin yeterli olmaması hem hayvanların verim güçlerinin azalmasına hem de meraların üzerindeki baskının artmasına neden olmaktadır (Gökkuş vd., 2017a). Hayvancılıkta temel masrafların %70’lik kısmını yem giderleri oluşturmaktadır. Bu giderlerin ise %78’i kaba yemlerden, %22 ise kesif yemlerden oluşmaktadır (Alçıçek vd., 2010; Kuşvuran vd., 2011; Turan vd., 2015; Bıçakçı & Açıkbaş, 2018; Harmanşah, 2018). Ülkemizde hayvan yetiştiriciliği açısından 3 temel kaba yem kaynağı mevcuttur. Bunlar i) çayır ve meralar, ii) tarla ziraatı içerisinde üretimi yapılan yem bitkileri ve iii) tarım ürünlerinin hasadından geriye kalan sap, saman vb. bitki atıklarından oluşmaktadır. Fakat sap ve saman atıkları gibi kullanılan kaba yem kaynaklarının verim ve kalite değerleri ile ilgili

bölgemizde ve ülkemizde yapılan çalışmaların olmadığı görülmüştür.

Türkiye’de tarla bitkilerinin ekim alanı 2022 itibarıyla (16.510.000 hektar) toplam alanın (38.482.000 hektar) %42,90’ına denk gelmektedir. Bu alan içerisinde tahıllar ilk sırada yer almaktadır. Yem bitkilerinin ekim alanı ise 2.2558.247 hektardır (TÜİK, 2022). Mevcut çayır ve meralar yönetim ilkelerine uygun olmayan kullanımları nedeniyle yeterli miktarda ot üretilmemektedir. Yem bitkilerinin ekim alanının ise çok düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Buna alternatif olarak ülkemizde sap, saman vb. kaba yem kaynakları kullanılmaktadır. Bunların başında ise anız otlatma gelmektedir. En fazla otlatılan anız ise en çok ekilen buğday ve arpa anızlarıdır. Hasat sonrası tarımsal artık olarak tarlada kalan kısım tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de genel olarak hayvan beslemede, toprak işleme yöntemleri ile toprağa karıştırılarak veya yakılarak tarım alanlarından çıkarılmaktadır. Buğday ve arpa yetiştirilen alanlarda hasattan sonra oluşan sap ve

dane artıkları hayvan beslemede oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat yapılan literatür araştırmalarında otlatılan bu alanlardan ne kadar kaba yem alındığı ve bunun ne ölçüde besleyici olduğu konusunda yeterince çalışmaya ulaşılamamıştır. Tarlada kalan bitki artıklarının hasattan sonra değerlendirilmesi hem toprağa karıştırılarak organik maddesine katkıda bulunacak hem de hayvan beslenmesinde yem ihtiyacını karşılayacak durumdadır. Kurak yaz periyodunda anız alanları (özellikle buğday anızları) otlayan hayvanlar için ciddi anlamda yem kaynağıdır. Anız bileşiminde bulunan bitkilerin sap, yaprak, saman ve dane gibi artıkları ile yeşil olan yabancı otlar, doğal meranın üretiminin sınırlı olduğu dönemde önemli yem kaynağı oluşturmaktadır (Gökkuş vd., 2017b).

Ülkemizde tahıllar içerisinde en fazla yetiştirilen buğday ve arpanın hasadından sonra kalan anızının yem olanaklarının çalışılması ve önemle üzerinde durulması gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışma buğday ve arpa tarlalarına ait anızların verimlerini (yaş ve kuru verimler), bileşimlerini (sap, yaprak, başak ve yabancı ot oranı) ve kimyasal içeriklerini (ham protein, ham kül, nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit

deterjanda çözünmeyen lignin (ADL), sindirilebilirliği ve enerji değerleri) belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma buğday ve arpa tarlalarında kalan anızın verimi, bileşimi ve besin madde kapsamını ortaya koymak amacıyla 2021-2022 yetiştirme döneminde Çanakkale’de çiftçi koşullarında yürütülmüştür. Deneme alanının toprakları killi-tınlı bünyeye sahip olup, toprak reaksiyonu açısından nötr karakterdedir. Topraklar orta kireçli, organik madde bakımından orta, fosfor içeriği orta ve potasyum bakımından noksan olduğu tespit edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Çanakkale ilinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 15,09°C olarak rapor edilmiştir. Deneme yıllarının ortalama sıcaklıkları 2020 yılında 17,01°C ve 2021 yılında 17,58°C olmak üzere uzun yıllar ortalamasının üzerinde yer almıştır. Denemenin yürütüldüğü 6 aylık dönemdeki (Mayıs başı-Ekim sonu) uzun yıllar ait toplam yağış miktarları 149,9 mm’dir. Araştırmanın ilk yılında bu dönemlerde düşen yağış miktarı 157,5 mm iken, ikinci yılda ise 201,2 mm yağış düşmüştür (Şekil 1).

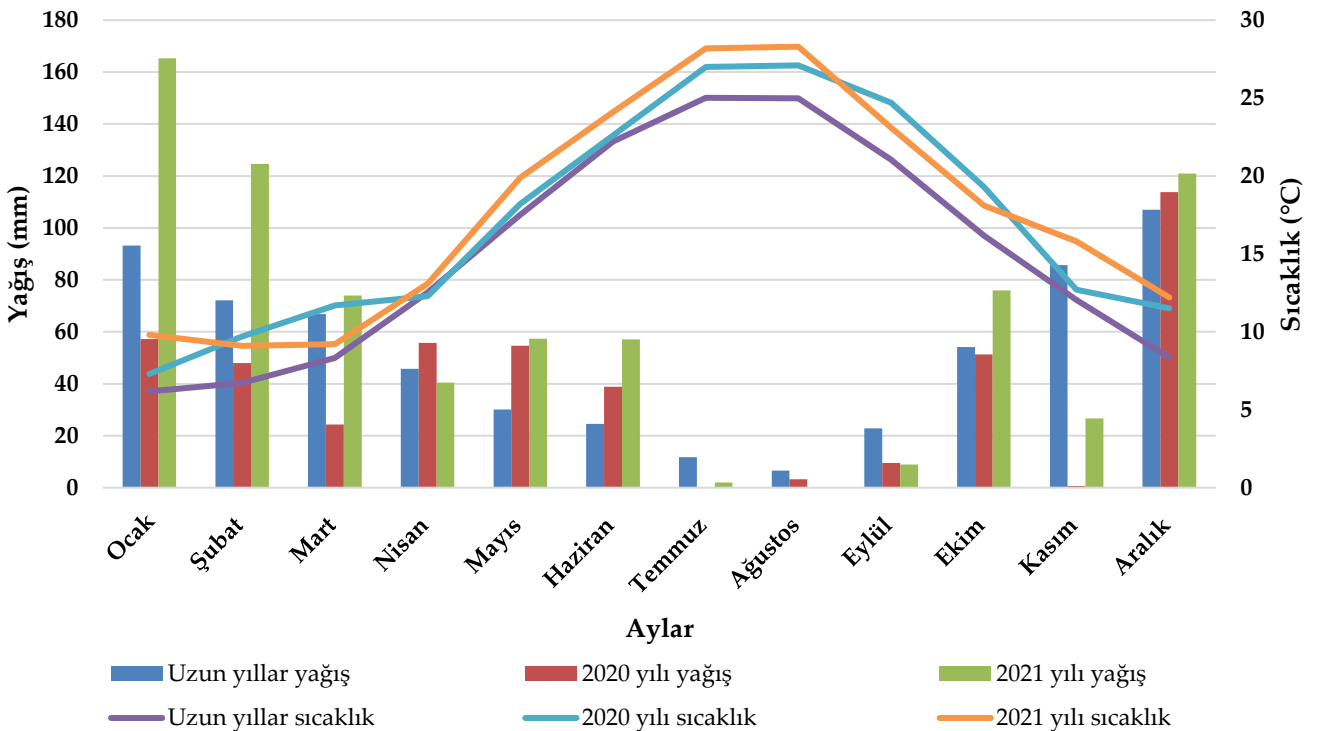


Figure 1. Data regarding to climate of the years in which the experiment was established

Şekil 1. Denemenin kurulduğu yıllara ait iklim verileri

Üreticilerden alınan yetiştiricilik bilgileri şu şekilde gerçekleşmiştir. Toprak sonbaharda pullukla sürülmüştür. Ekim öncesi toprak diskaro, tırmık vb. uygun aletlerle bir kez daha inceltirilip ekime hazır hale getirilmiştir. Ekimle birlikte 20-20-0 kompoze gübrelerden 20-25 kg arası, ikinci kısmı şubat ayı sonunda üre (%46 N) formunda 8-10 kg/da arası ve son üçte birlik kısmı da mart ayı sonunda nitrat formunda 16-20 kg/da arası tarlaya serpmeye suretiyle uygulanmıştır. Örnek alınan tarlalarda buğdayın Bora ve arpanın ise Efsane çeşitleri kullanılmıştır. Ekim işlemi tahıl mibzeri ile yapılmış olup m²'de 500-550 tohum dekara ise 20-22 kg olacak şekilde yapılmıştır. Ekim zamanı 15 Ekim-15 Kasım tarihleri arasında yapılmıştır. Ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde yapılmıştır. Hasat işlemi arpa için haziran ayında, buğday için ise temmuz ayı içinde biçerdöverle yapılmıştır. Örnekleme yapılan tarlalara ait verimler arpada ortalama 550 kg/da buğdayda ise 530 kg/da olmuştur.

Çalışmada 5'er adet buğday ve arpa tarlalarında çalışılmıştır. Her bir tarladan 5'er adet olmak üzere buğdaydan 20 ve arpadan 20 toplamda ise 40 örnek alınmıştır. Örnek alırken 0,5×0,5 m ebatlarında çerçeveler kullanılmıştır. Alınan örnekler bez torbalara konulup Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Laboratuvarına getirilmiştir. Örnekler sap, yaprak, başak ve yabancı ot olarak ayrılıp verim ve kalite değerleri incelenmiştir. Çalışmada yeşil ve kuru ot verimleri Altın & Gökkuş (1988), ham kül oranları AOAC (1990), ham protein oranları Bremner (1960), sindirilebilir kuru madde Morrison (2003), NDF (nötr deterjanda çözünmeyen lif), ADF (asit deterjanda çözünmeyen lif) ve ADL (asit deterjanda çözünmeyen lignin) oranları Van Soest vd. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre analizleri yapılmıştır.

Table 1. Fresh and dry weights (kg/da) and dry matter ratios (%) of wheat and barley stubbles

Tablo 1. Buğday ve arpa anızlarına ait yaş ve kuru ağırlıklar (kg/da) ile kuru madde oranları (%)

Parametre	Buğday	Arpa	Ortalama	Önemlilik
Anız yaş ağırlık (kg/da)	320,40	366,72	343,56	0,2921
Anız kuru ağırlık (kg/da)	288,80	306,24	297,52	0,6578
Anız kuru madde oranı (kg/da)	88,91	84,73	86,82	0,1972

Not: Kalın yazılanlar yıllar arasındaki farklılıkları belirtmektedir.

Toplam sindirilebilir besin maddesi oranı (TSBM) hesaplanması için de Morrison (2003) referans alınmıştır (Denklem 1).

$$TSBM(\%) = 96,35 - (0,779 \times \%ADF) \quad (1)$$

Ayrıca metabolik enerji (ME), sindirilebilir enerji (SE) ve net enerji laktasyonu değerleri (NEL) Anonim'e (2023) göre yapılmıştır (Denklem 2-4).

$$ME \left(\frac{Mcal}{kg} KM \right) = (0,0445 \times \%TBSM) - 0,45 \quad (2)$$

$$SE(Mcal/kg KM) = 0,04409 \times \%TBSM \quad (3)$$

$$NEL (Mcal/kg KM) = 2,0407 - (0,0175 \times \%ADF) \quad (4)$$

Araştırmadan elde edilen veriler tesadüf blokları deneme desenine göre yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Verilerin istatistik analizlerinde SAS ve JMP 13 (SW) istatistik paket programları (SAS, 1999) kullanılmıştır.

BULGULAR

Yaş ve Kuru Anız Verimi ile Anız Kuru Madde Oranı

Buğday ve arpa anızlarının yaş ve kuru anız verimleri kuru madde oranları yapılan istatistik sonucu bitki gruplarına göre önemsiz bulunmuştur. Buğday anızının ortalama yaş ağırlığı 320,40 kg/da arpa anızının ise 366,72 kg/da olarak belirlenmiştir. Buğday anızının ortalama kuru ağırlığı 288,80 kg/da iken, arpa anızının ise 306,24 kg/da olarak bulunmuştur. Buğday anızının ortalama kuru madde oranı %88,91 iken bu oran arpa anızında %84,73 olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Table 2. Fresh and dry weight, and dry matter ratios of wheat and barley stubbles (%)**Tablo 2.** Buğday ve arpa anızlarının yaş ağırlık, kuru ağırlık ve kuru madde oranları (%)

Kısım	Özellik	Buğday	Arpa	Ortalama
Yaprak	Yaş yaprak ağırlığı (kg/da)-YYA	33,45	36,40	34,92
	Kuru yaprak ağırlığı (kg/da)-KYA	31,93	34,72	33,33
	Yaprak kuru madde oranı (%) -YKMO	95,84	95,72	95,78
	Önemlilik: P _{YYA} :0,5382, P _{KYA} :0,5364, P _{YKMO} :0,8628			
Sap	Yaş sap ağırlığı (kg/da)-YSA	36,49	40,76	38,63
	Kuru sap ağırlığı (kg/da)-KSA	32,10	35,35	33,73
	Sap kuru madde oranı (%) -SKMO	85,98	85,59	85,79
	Önemlilik: P _{YSA} :0,4694, P _{KSA} :0,5656, P _{SKMO} :0,8956			
Başak	Yaş başak ağırlığı (kg/da)-YBA	6,75	3,32	5,04
	Kuru başak ağırlığı (kg/da)-KBA	6,16	2,56	4,36
	Başak kuru madde oranı (%) -BKMO	82,77 ^a	65,80 ^b	74,29
	Önemlilik: P _{YBA} :0,1039, P _{KBA} :0,0755, P _{BKMO} :0,0060			
Yabancı ot	Yaş yabancı ot ağırlığı (kg/da)-YEOA	3,43 ^b	16,32 ^a	9,88
	Kuru yabancı ot ağırlığı (kg/da)-KYOA	1,88 ^b	6,12 ^a	4,00
	Yabancı ot kuru madde oranı (%) -YOKMO	50,33	52,50	51,42
	Önemlilik: P _{YEOA} :0,0147, P _{KYOA} :0,0166, P _{YOKMO} :0,7369			
Anız Bileşimi	Yaprak oranı (%) -YO	46,22	44,15	45,19
	Sap oranı (%) -SO	44,13	43,52	43,83
	Başak oranı (%) -BO	7,12 ^a	3,36 ^b	5,24
	Yabancı ot oranı (%) -YOO	2,53 ^b	8,98 ^a	5,76
	Önemlilik: P _{YO} :0,5722, P _{SO} :0,8717, P _{BO} :0,0204, P _{YOO} :0,0086			

Anız Bileşimi

Buğday ve arpa anızlarının yapraklarına ait yaş ve kuru ağırlık ile kuru madde oranlarına yapılan varyans değerlendirmesine göre istatistiki olarak önemli değişim göstermediği tespit edilmiştir. Buna göre her iki bitki grubunun anızlarında bulunan kuru yaprak ağırlıkları dekara 31-34 kg olurken, kuru madde oranları ise yaklaşık olarak %95 civarında seyretmiştir (Tablo 2).

Buğday ve arpa anızlarında bulunan bitkilere ait sap değerleri açısından yapılan varyans analizi

değerlendirmesine göre yaş sap ve kuru sap ağırlıkları ile sap kuru madde oranları bakımından istatistiki olarak önemli değişim tespit edilmemiştir. Buna göre buğday ve arpa bitkilerinin dekara ortalama yaş sap ağırlıkları 36-40 kg ve kuru sap ağırlıkları ise 32-35 kg arasında değişim göstermiştir. Sap kısımlarına ait ortalama kuru madde oranlarının ise %85 civarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Buğday ve arpa anızlarından elde edilen başak değerleri açısından yapılan varyans değerlendirmesine göre yaş ve kuru ağırlıkları önemli değişim göstermez iken, sadece başak kuru madde

oranlarındaki değişim istatistik olarak önemlilik arz etmiştir. Buğday anızında kuru başak ağırlığı ortalama 6 kg iken bu rakam arpa anızında 2 kg seviyelerinde olarak belirlenmiştir. Buğday anızında bulunan başakların kuru madde oranları %80 iken, bu oran arpa anızında %60 civarlarında olmuştur (Tablo 2).

Anız tarlalarında bulunan yabancı otların yaş ve kuru ağırlıkları açısından yapılan varyans analizi sonuçları buğday ve arpa anızlarına göre farklılık gösterirken, yabancı otların kuru madde oranları bakımından ise bu farklılık önemli oranda değişim göstermemiştir. Arpa anızındaki yaş yabancı ot miktarı yaklaşık olarak 16 kg iken bu değer buğday anızında 3 kg'a düşmüştür. Yabancı otların kuru ağırlıkları ise sırasıyla 6,12 kg ve 1,88 kg olmuştur. Yabancı otların ortalama kuru madde oranlarının ise %50 civarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Buğday ve arpa anızlarının bileşimlerinin oranları açısından yapılan varyans değerlendirmesine göre yaprak ve sap oranına göre değişim önemsiz olurken, başak ve yabancı ot oranlarındaki değişim ise önemli düzeyde gerçekleşmiştir. Buğday ve arpa anızlarının ortalama yaprak oranları %45 ve sap oranları ise %44 olmuştur. Ortalama başak oranı buğday anızlarında daha yüksek tespit edilmiştir. Bunun yanında yabancı ot oranı ise buğday anızında %2,53 iken, bu rakam arpa anızında %8,98'e yükselmiştir (Tablo 2).

Ham Protein Oranı

Buğday ve arpa anızlarının protein içerikleri bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli değişim göstermiştir (PB×BK: 0,0001). Buğday anızının ortalama ham protein içeriği %7,87 iken bu rakam arpa anızında %11,95'e yükselmiştir. Bitki kısımlarına göre en yüksek protein içeriği %15,11 ile yabancı ot ve %13,20 ile başak kısmında belirlenirken, en düşük değerler ise %5,88 ile yaprak ve %5,43 ile sap kısımlarında tespit edilmiştir. Etkileşimlerde ise arpa anızı içerisinde bulunan yabancı otların ham protein içerikleri %18,38 ile ilk sırada gelirken, bunu %15,89 ile arpa başakları ve %11,84 ile buğday anızında bulunan yabancı otlar takip etmiştir. En düşük

değerler ise %4,57 ve %4,54 ile buğdayın sap ve yaprak kısımlarında belirlenmiştir (Tablo 3).

Ham Kül Oranı

Buğday ve arpa anızlarının ham kül içerikleri bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0360), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli değişim göstermiştir (PB×BK: 0,0049). Buğday anızının ortalama ham kül içeriği %10,12 iken bu rakam arpa anızında %11,70'e yükselmiştir. Bitki kısımlarına göre en yüksek kül içeriği %15,22 ile yaprak kısmında tespit edilirken, bunu %11,38 ile sap ve %11,11 ile yabancı otların ham kül içerikleri izlemiştir. En düşük ham kül oranı ise %5,92 ile başak kısmında belirlenmiştir. Etkileşimlerde ise arpa anızı içerisinde bulunan arpa bitkisinin yapraklarının ham kül içerikleri %18,08 ile en yüksek seviyede iken, bunu %12,57 ile arpa sapsarı, %12,36 ile buğday yaprak ve buğday anızındaki yabancı otlarla, %10,68 ile arpa anızı yabancı otları ve %10,18 ile buğday sapsarı izlemiştir. En düşük değerler ise %6,38 ve %5,46 ile buğday ve arpa başaklarında tespit edilmiştir (Tablo 3).

NDF, ADF ve ADL Oranları

Buğday ve arpa anızlarının NDF oranları bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli değişim göstermiştir (PB×BK: 0,0001). Buğday anızının ortalama NDF içeriği %70,33 iken, bu rakam arpa anızında %60,61'e düşmüştür. Bitki kısımlarına göre en yüksek NDF içeriği %77,99 ile yaprak ve %73,88 ile sap kısmında belirlenirken, en düşük değerler ise %57,65 ile başak ve %52,38 ile yabancı ot kısımlarında belirlenmiştir. Etkileşimlerde ise buğday anızı içerisinde bulunan buğday yapraklarının NDF içerikleri %83,12 ile en yüksek seviyelerde seyretmiştir. Bunu %75,60 ile buğday sapsarı, %72,85 ile arpa yaprakları ve %72,15 ile arpa sapsarı takip ederken, en düşük değerler ise %62,61 ile buğday anızı içerisinde bulunan yabancı otlar, %59,96 ile buğday başakları, %55,31 ile arpa başakları ve %42,15 ile arpa anızı içerisinde bulunan yabancı otlarda belirlenmiştir (Tablo 3).

Buğday ve arpa anızlarının ADF oranı bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli bulunmuştur (PB×BK: 0,0001). Buğday anızının ortalama ADF oranı %48,23 iken bu rakam arpa anızında %43,21'e düşmüştür. Bitki kısımlarına göre en yüksek ADF oranı %52,96 ile sap ve %50,74 ile yaprak kısmında belirlenirken, en düşük değerler ise %42,15 ile yabancı ot ve %37,01 ile başak kısımlarındadır. Etkileşimlerde ise buğday anızı içerisinde bulunan buğday sapsarı %53,58 ile en yüksek ADF içeriğine sahip iken %52,80 ile buğday yaprakları, %52,35 ile arpa sapsarı, %48,69 ile arpa yaprakları ve %46,61 ile buğday anızı içerisinde bulunan yabancı otlar izlemiştir. En düşük ADF değerlerine %39,93 ile buğday başakları, %37,68 ile arpa anızı içerisinde bulunan yabancı otları ve %34,10 ile arpa başaklarında rastlanmıştır (Tablo 3).

Buğday ve arpa anızlarının ADL oranı bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) göre önemli değişim gösterirken bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemsiz bulunmuştur (PB×BK: 0,1172). Buğday anızının ortalama ADL içeriği %8,05 iken bu rakam arpa anızında %7,29'a düşmüştür. Bitki kısımlarına göre en yüksek ADL içeriği %8,70 ile sap ve %7,95 ile yabancı ot kısmında tespit edilirken en düşük değerler ise %7,04 ile yaprak ve %6,99 ile başak kısımlarında belirlenmiştir (Tablo 3).

Toplam Sindirilebilir Besin Maddesi Oranı

Buğday ve arpa anızlarının toplam sindirilebilir besin maddesi (TSBM) içerikleri bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli değişim göstermiştir (PB×BK: 0,0001). Buğday anızının ortalama TSBM içeriği %53,76 iken bu rakam arpa anızında %57,35'e yükselmiştir. Bitki kısımlarına göre en yüksek TSBM içeriği %61,77 ile başak ve %58,10 ile yabancı ot kısmında belirlenirken, en düşük değerler ise %51,97 ile yaprak ve %50,38 ile sap kısımlarında tespit edilmiştir. Etkileşimlerde ise arpa başaklarının TSBM içerikleri %63,85 ile ilk sırada gelirken bunu

%61,29 ile arpa anızı içerisinde bulunan yabancı otlar, %59,69 ile buğday başakları, %54,91 ile buğday anızı içerisinde bulunan yabancı otları, 53,44 ile arpa yaprakları takip etmiştir. TSBM oranlarında en düşük değerlere ise %50,82 ile arpa sapsarı, %50,50 ile buğday yaprakları ve %49,94 ile buğday sapsarında ulaşılmıştır (Tablo 3).

Metabolik, Sindirilebilir ve Net Enerji Değerleri

Buğday ve arpa anızlarının metabolik enerji (ME) oranları bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli bulunmuştur (PB×BK: 0,0001). Buğday anızının ortalama ME oranı %1,94 iken bu rakam arpa anızında %2,10'a yükselmiştir. Bitki kısımlarına göre en yüksek ME oranı %2,30 ile başak ve %2,13 ile yabancı ot kısmında belirlenirken bunu %1,86 ile yaprak ve %1,79 ile sap kısımları izlemiştir. Etkileşimlerde ise arpa başakları %2,39 ile en yüksek ME içeriğine sahip iken bunu %2,28 ile arpa anızı içerisinde bulunan arpa yabancı otları, %2,21 ile buğday başakları, %1,99 ile buğday anızı içerisinde bulunan yabancı otlar ve %1,93 ile arpa yaprakları izlemiştir. En düşük ME değerlerine %1,81 ile arpa sapsarı, %1,80 ile buğday yaprakları ve %1,77 ile buğday sapsarında ulaşılmıştır (Tablo 3).

Buğday ve arpa anızlarının sindirilebilir enerji (SE) oranları bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli bulunmuştur (PB×BK: 0,0001). Buğday anızının ortalama SE oranı %2,37 iken bu rakam arpa anızında %2,53'e yükselmiştir. Bitki kısımlarına göre en yüksek SE oranı %2,72 ile başak ve %2,56 ile yabancı ot kısmında belirlenirken bunu %2,29 ile yaprak ve %2,22 ile sap kısımları izlemiştir. Etkileşimlerde ise arpa başakları %2,81 ile en yüksek SE içeriğine sahip iken bunu %2,70 ile arpa anızı içerisinde bulunan yabancı otlar, %2,63 ile buğday başakları, %1,42 ile buğday anızı içerisinde bulunan yabancı otlar ve %2,35 ile arpa yaprakları izlemiştir. En düşük SE değerlerine %2,24 ile arpa sapsarı, %2,23 ile buğday yaprakları ve %2,20 ile buğday sapsarında ulaşılmıştır (Tablo 3).

Table 3. Nutrient contents of different parts of wheat and barley crop stubbles (%)**Tablo 3.** Buğday ve arpa anızlarının farklı bitki kısımlarına ait besin madde içerikleri (%)

Besin Madde İçeriği (%)	Bitki Grubu	Sap	Yaprak	Başak	Yabancı ot	Ortalama
Ham Protein	Buğday	4,57 g	4,54 g	10,51 d	11,84 c	7,87 B
	Arpa	6,30 f	7,22 e	15,89 b	18,38 a	11,95 A
	Ortalama	5,43 c	5,88 c	13,20 B	15,11 A	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				
Ham Kül	Buğday	10,18 b	12,36 b	6,38 c	12,36 b	10,12 B
	Arpa	12,57 b	18,08 a	5,46 c	10,68 b	11,70 A
	Ortalama	11,38 B	15,22 A	5,92 c	11,11 B	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0360, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0049				
NDF	Buğday	75,60 b	83,12 a	59,96 e	62,61 d	70,33 A
	Arpa	72,15 c	72,85 c	55,31 f	42,15 g	60,61 B
	Ortalama	73,88 B	77,99 A	57,64 c	52,38 D	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				
ADF	Buğday	53,58 a	52,80 ab	39,93 e	46,61 d	48,23 A
	Arpa	52,35 b	48,69 c	34,10 g	37,68 f	43,21 B
	Ortalama	52,96 A	50,74 B	37,01 D	42,15 c	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				
ADL	Buğday	9,06 a	7,52 c	7,46 c	8,16 b	8,05 A
	Arpa	8,34 b	6,56 d	6,54 d	7,73 c	7,29 B
	Ortalama	8,70 A	7,04 c	6,99 c	7,95 B	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,1172				
TSBM	Buğday	49,94 g	50,50 fg	59,69 c	54,91 d	53,76 B
	Arpa	50,82 f	53,44 e	63,85 a	61,29 b	57,35 A
	Ortalama	50,38 D	51,97 c	61,77 A	58,10 B	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				
ME	Buğday	1,77 g	1,80 fg	2,21 c	1,99 d	1,94 B
	Arpa	1,81 f	1,93 e	2,39 a	2,28 b	2,10 A
	Ortalama	1,79 D	1,86 c	2,30 A	2,13 B	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				
SE	Buğday	2,20 g	2,23 fg	2,63 c	2,42 d	2,37 B
	Arpa	2,24 f	2,35 e	2,81 a	2,70 b	2,53 A
	Ortalama	2,22 D	2,29 c	2,72 A	2,56 B	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				
NEL	Buğday	1,10 g	1,12 fg	1,34 c	1,22 d	1,20 B
	Arpa	1,12 f	1,19 e	1,44 a	1,38 b	1,29 A
	Ortalama	1,11 D	1,15 c	1,39 A	1,30 B	-
	Önemlilik	P _{Bitki (B)} :0,0001, P _{Bitki Kısmı (BK)} :0,0001, P _{B×BK} :0,0001				

Buğday ve arpa anızlarının net enerji laktasyonu (NEL) oranları bitki gruplarına (buğday, arpa) (PB: 0,0001), bitki kısımlarına (sap, yaprak, başak ve yabancı ot) (PBK: 0,0001) ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli bulunmuştur (PB×BK:

0,0001). Buğday anızının ortalama NEL oranı %1,20 iken bu rakam arpa anızında %1,29'a yükselmiştir. Bitki kısımlarına göre en yüksek NEL oranı %1,39 ile başak ve %1,30 ile yabancı ot kısmında belirlenirken bunu %1,15 ile yaprak ve %1,11 ile sap kısımları takip

etmiştir. Etkileşimlerde ise arpa anızı içerisinde bulunan başakları %1,44 ile en yüksek NEL içeriğine sahip iken bunu %1,38 ile arpa anızı içerisinde bulunan yabancı otlar, %1,34 ile buğday başakları, %1,22 ile buğday anızı içerisinde bulunan yabancı otları ve %1,19 ile arpa yaprakları izlemiştir. En düşük NEL değerleri ise %1,12 ile arpa sapsarı ve buğday yaprakları ve %1,10 ile buğday sapsarında tespit edilmiştir (Tablo 3).

TARTIŞMA

Yürütülen bu araştırmada bitki kısımlarına göre ham protein içerikleri önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek ham protein içeriği anızda bulunan yabancı otlarda belirlenmiştir. Yabancı ot olarak anızlarda en fazla tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) bitkisine rastlanılmıştır. Canbolat (2012) tarafından yapılan çalışmaya göre bu bitkinin ortalama protein içeriği ise çiçeklenme öncesi %23,83, çiçeklenme döneminde %20,71 ve tohum bağlama döneminde ise %16,63 olarak rapor edilmiştir. Dolayısıyla tarla anızlarındaki yabancı otun protein içeriğinin yüksek olması tarla sarmaşığının oranının fazla olmasından kaynaklanmıştır. Başaktaki protein içeriği yabancı ottan sonra ikinci sırada yer almıştır. Beklenildiği üzere başakta bulunan tanelerin protein içerikleri yüksek olduğundan dolayı başağın ham protein seviyesini yükseltmiştir. Başağın dolması ve gelişmesi diğer bitki organlarından gelen asimilasyon maddeleri sayesinde gerçekleşmektedir (Dalling vd., 1976; Simpson vd., 1983; Bancal, 2009). Tahıllarda azotun birikimi ilk önce yaprak ve sap gibi vejetatif organlarda olurken, başaklanma döneminden sonra buralardaki azot başaklara aktarılmaktadır (Dalling vd., 1976; Hörtensteiner & Feller, 2002). Sap ve yaprak kısmın protein seviyelerinin başak ve yabancı ota göre düşük oranlarda seyretmesi ise bitkinin olgunlaşmasına bağlı olarak düşmüştür. Anız dönemindeki arpa ve buğday yaprak ve sapsarı kuru olduğu için protein oranları düşüktür. Bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak protein içeriklerinde düşüşler olmaktadır (Stone vd., 1960; Collins & Moore, 1995). Bunun nedeni ise olgunlaşma ile bitkilerin hücre duvarı maddelerinde (selüloz, hemiselüloz ve lignin) artış, protoplazma içeriklerinde ise düşüş gerçekleşmesidir. Bu da bitkilerin

olgunlaşma ile sindirilme oranları ile birlikte protein içeriklerinde de düşüşlere neden olmaktadır. Arpa tarlalarından alınan anızın ham protein içeriğinin buğday anızından yaklaşık olarak %35 daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun nedenlerinden ilki bitkilerin genetik olarak farklı olması, ikincisi ise arpa anızında yabancı ot oranının fazla olmasıdır. Bu durum anızın ham protein içeriğini artırmıştır. Geviş getiren hayvanların tükettikleri otun protein düzeyinin en az %10,60 olması gerektiği (NRC, 2001) dikkate alınırsa buğday anızı bu ihtiyaca cevap vermezken, arpa anızının hayvanlar için yeterli ham protein içeren yem ürettiği ortaya çıkarılmıştır.

Bitkilerin ham kül içerikleri arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Nitekim arpanın ham kül içeriği buğdaydan %3,4 daha fazla bulunmuştur. Bitkilerin genetik farklılıkları içermiş olduğu besin maddesi miktarlarında da farklılıklar ortaya çıkarmaktadır (Manga & Acar, 1988; Khan vd., 2006; Kering vd., 2011; Özyazıcı & Açıkbaş, 2019). Bunun yanında bitki kısımlarının ham kül oranlarında da önemli düzeyde değişimler gerçekleşmiştir. Ham kül oranı yaprak ve o dönemde yeşil olan yabancı otlarda yüksek çıkmıştır. Yaprakların besin maddesi içerikleri diğer bitki kısımlarına nazaran daha yüksektir. Nitekim bitki kısımlarının besin maddesi içeriklerinin farklı olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Chacon & Stobbs, 1976; Chacon vd., 1978; Forbes & Coleman, 1993).

Buğday ve arpa anızlarının hücre duvarı maddeleri (NDF, ADF ve ADL) bitki çeşidine, anız içeriğine ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemli değişim göstermiştir. Buğday anızı genel olarak arpa anızından daha yüksek selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriğine sahip olmuştur. Bunun temel nedeni bitkilerin genetik olarak farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Manga & Acar, 1988; Khan vd., 2006; Kering vd., 2011; Özyazıcı & Açıkbaş, 2019). Anız içeriğinde ise sap ve yaprak kısmın sindirim değerleri başak ve yabancı ota göre oldukça yüksek bulunmuştur. Normal şartlarda bitkinin sap kısmının sindirilme oranı diğer kısımlara nazaran daha yüksektir. Yaprak/sap oranı otun tüketimi ve kalitesinde önemli bir faktördür (Chacon & Stobbs, 1976; Chacon vd., 1978; Forbes & Coleman, 1993). Bitkinin yapraklarındaki besin maddesi içeriği

saplardan daha fazladır. Olgunlaşmaya bağlı olarak azalan yaprak oranı ot kalitesini de düşürmektedir. Bunun yanında yapraklardaki lif oranının sap kısmındaki lif oranından daha az olması da ot kalitesini etkilemektedir. Bitkinin olgun sapsaplarındaki besleme kalitesi de genç sapsaplarındakine oranla daha düşüktür (Ball vd., 2001). Yaprakların hücre çeperi bileşenleri oranının sap kısımlarına göre düşük olmasının nedeni yukarıda açıklanan gerekçelerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca en yüksek sindirim değerleri anız içerisinde yeşil olarak bulunan yabancı ot ve başaklarda rastlanılmıştır. Anız içerisinde bulunan yabancı otlar taze ve yeşil oldukları için sindirilebilir oranları oldukça yüksektir. Bitkide olgunlaşmaya bağlı olarak NDF, ADF ve ADL oranları artarken, diğer besin maddelerinde ise düşüşler yaşanmaktadır. Bitki olgunluğu ot kalitesine etki eden en önemli faktördür. Bütün bitki türlerinde benzerlik göstermektedir. Olgunlaşmanın ilerlemesine paralel olarak hücre çeperi maddelerinde artış olurken, ham protein ve sindirilebilirlikte düşüşler olmaktadır. Hasat sırasında bitkinin olgunlaşma zamanı ot kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Çünkü olgunlaşmanın ilerlemesi ile birlikte ot kalitesinde düşüşler görülmektedir (Cherney, 1990). Serin iklim buğdaygillerinde büyüme başlangıcından sonraki ilk 2-3 hafta sonunda yapılan hasatta bitkinin sindirilebilir kuru madde oranının %80'den daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak bitki olgunlaştıkça sindirilebilirlik %50'nin altına ulaşana kadar her gün 1/2-1/3 oranında azalmaktadır. Bitki olgunlaştıkça hayvanlar tarafından tüketimi de düşmektedir. Bunun sebebi olgunlaşan bitkide hayvanlar tarafından sindirimi zor olan yapısal hücre çeperi bileşenlerinin (NDF, ADF ve ADL) miktarının artmasıdır (Ball vd., 2001). Nitekim bu bileşenlerden ligninin sindirimi %0-20, selülozun sindirimi %50-90 ve hemiselülozun sindirimi ise %20-80 aralığında değişmektedir (Linn & Martin, 1999). Bitki olgunluğu yemin kalitesini etkileyen temel faktörlerdendir. Büyük sakal otunda (*Andropogon gerardii*) ve dalı darıda (*Panicum virgatum*) olgunlaşma ile yem kalitesi önemli düzeyde azalmıştır. Haziran başında bu türlerin yaprak oranı sap oranının iki katı olduğu halde, ağustos ayına gelindiğinde sap oranı yaprak

oranının iki katına çıkmıştır (Griffin & Jung, 1983). Olgunlaşma ile ot kalitesinin düşmesi, yaprak/sap oranındaki azalma ve sap unsurlarının kalitesindeki düşüşten kaynaklanmaktadır (Nelson & Moser, 1994). Meralarda otlatmanın geç yapılması bitkilerin besleme değerlerinde düşüslere sebep olmaktadır. Olgunlaşmanın ilerlemesi bitkilerin ham protein ve ham kül oranlarının düşmesine, ham selüloz oranının artmasına sebep olmaktadır (Koç, 1991; Bakoğlu vd., 1999). Bitkinin olgunlaşmasıyla selüloz oranı %2,6'dan %36,1'e yükselirken, ham protein oranı %30,4'den %6,4'e düşmüştür (Gökkuş vd., 1997). Sindirilebilir oranı yüksek olan bir diğer kısım ise başak çıkmıştır. Başakta bulunan tanelerin besin madde içeriği ve sindirilebilir oranları yüksek olduğu için bu da başağın besin madde kompozisyonunu olumlu yönde etkilemiştir. Ruminant hayvanların günlük tükettikleri otun NDF içeriğinin %45,8, ADF içeriğinin %25 ve ADL içeriğinin de %10'dan fazla olması istenmemektedir (NRC, 2001). Bu değerler dikkate alındığında buğday ve arpa anızlarının NDF ve ADF içeriklerinin hayvan besleme açısından uygun olmadığı fakat ADL değerlerinin ise uygun sınırlar içerisinde yer aldığı görülmüştür (NRC, 2001).

Arpa anızına ait toplam sindirilebilir besin maddesi, metabolik, sindirilebilir ve net enerji değerleri buğday anızından daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bu farklılık arpa ve buğdayın genetik olarak farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Manga & Acar, 1988; Khan vd., 2006; Kering vd., 2011; Özyazıcı & Açıkbay, 2019). Bunun yanında başak ve yabancı otun sindirilebilir besin maddesi miktarı ve enerji değerlerinin bitkilerin yaprak ve sap kısımlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Anız örneklerinin alındığı dönemde yabancı otların yeşil halde olması enerji değerlerini yükseltirken, yaprak ve sapsapların kuru durumda bulunması enerji değerlerinin düşük çıkmasına sebebiyet vermiştir. Nitekim bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak sindirilebilirlik ve enerji değerleri düşüş göstermektedir (Romero vd., 1976).

SONUÇ

Bu çalışma buğday ve arpa tarlalarında kalan anızın verimi, bileşimi ve hayvan besleme açısından ot kalitesini belirlemek amacıyla 2022 yılında

Çanakkale ilinde yürütülmüştür. Araştırmada buğday ve arpa tarlalarında kalan anızlardan 20'şer adet olmak üzere toplamda 40 adet anız örneğinde çalışılmıştır. Çalışmada alınan anız örneklerinin yaş ve kuru anız verimleri, içeriğindeki sap, yaprak, başak ve yabancı ot oranları ile bunların ham protein, ham kül, NDF, ADF, ADL, TSBM, ME, SE ve NEL değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonunda her iki bitki türüne ait tarlalarda kalan ortalama yaş anız veriminin 343,6 kg/da olduğu tespit edilmiştir. Arpa tarlalarının yaş anız verimleri buğday tarlasına göre %12,5 daha yüksek bulunmuştur. Buğday ve arpa tarlalarının ortalama kuru anız verimleri 297,5 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Arpa tarlalarının ortalama kuru anız verimlerinin buğday anızlarına göre %5,7 daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Buğday ve arpa anızlarının ortalama kuru madde oranlarının %86,8 olduğu ortaya çıkmıştır. Her iki bitki türüne ait anızın %44,7'si sap, %44,2'si yaprak, %5,8'i başak ve %5,3'ü yabancı otlardan oluşmuştur. Anızların ortalama ham protein içeriğinin %9,9 olduğu tespit edilmiştir. Arpa anızında yabancı ot oranı yüksek olduğu için anızın ortalama ham protein içeriğinin buğday anızından %34 daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek ham protein içeriği yabancı otta, en düşük ise bitkinin sap kısımlarında belirlenmiştir. Anızların ortalama ham kül içeriği %10,9 olmuştur. En yüksek ham kül içeriği kurumuş bitki yapraklarında (%15,22) belirlenmiştir. Buğday ve arpa anızlarının ortalama NDF %65,5, ADF %45,7 ve ADL oranları ise %7,7 olmuştur. Anız bileşiminde ise en yüksek NDF, ADF ve ADL oranları kurumuş yaprak ve sap kısımlarında, en düşük ise başak ve yeşil olan yabancı ot kısımlarında tespit edilmiştir. Anızların toplam sindirilebilir besin maddesi oranları ortalama %55,6 olmuştur. En yüksek TSBM oranı %61,77 ile başakta, en düşük ise %50,38 ile sap kısmında belirlenmiştir. Buğday ve arpa anızlarının ortalama metabolik enerji değeri %2,02, sindirilebilir enerji değeri %2,45 ve net enerji değeri ise %1,25 olarak gerçekleşmiştir. Anızın enerji içeriği en yüksek olan kısmı başak kısmı olurken, sap kısmının ise en düşük enerji içeriğine sahip kısım olduğu ortaya çıkmıştır.

Yapılan bu çalışmada arpa tarlalarından elde edilen anızın besin madde kapsamı hayvan besleme açısından buğday anızına nazaran daha iyi özelliklere

sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat ilerleyen yıllarda küresel ısınma ve tarımda yem bitkilerine ayrılan alanların azalması gibi durumlar dikkate alındığında anız meralarının daha fazla önem arz edeceği aşikardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Hatice Simay SARI'nin yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Etik Standartlara Uygunluk

Yazarların Katkısı

HSS: Makalenin ilk taslağını yazmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

FA: Çalışmayı tasarlamıştır. Makalenin ilk taslağını yazmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

Yazarlar metnin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Etik Onay

Yazar bu çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

Veri Kullanılabilirliği Bildirimi

Yazarlar, bu çalışmanın bulgularını destekleyen verilerin makale içinde mevcut olduğunu onaylamaktadır.

KAYNAKLAR

- Alçiçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V., & Özdoğan, M. (2010). Türkiye'de kaba yem üretimi ve sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, Türkiye, ss. 1-10.
- Altın, M., & Gökkuş, A. (1988). Erzurum sulu koşullarında bazı yem bitkileri ile bunların karışımlarının değişik ekim şekillerindeki kuru ot verimleri üzerinde bir araştırma. *Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 12(1), 24-36.

- Anonim. (2023). Ruminant yemlerinde enerji değerlerinin ham besin maddelerinden hesaplanması. Erişim tarihi: 15.07.2023, <https://www.ruminantbesleme.com/2018/08/15/ruminant-yemlerinde-enerji-degerlerinin-ham-besin-maddelerinden-hesaplanmasi/>
- AOAC. (1990). Official method of analysis (15th Edition). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA, pp. 66–88.
- Bakoğlu, A., Gökkuş, A., & Koç, A. (1999). Dominant mera bitkilerinin biomas ve kimyasal kompozisyonlarının büyüme dönemlerindeki değişimi. II. Kimyasal kompozisyondaki değişimler. *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 23(2), 495-508.
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. E., Putnam, D. H., Undersander, D. J., & Wolf, M. W. (2001). *Understanding forage quality*. American Farm Bureau Federation Publication.
- Bancal, P. (2009). Decorrelating source and sink determinism of nitrogen remobilization during grain filling in wheat. *Annals of Botany*, 103(8), 1315-1324. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp077>
- Bıçakçı, E., & Açıkbaz, S. (2018). Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 180-185. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.364336>
- Bremner, J. M. (1960). Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55(1), 11–33. <https://doi.org/10.1017/S0021859600021572>
- Canbolat, Ö. (2012). Potential nutritive value of field binweed (*Convolvulus arvensis* L.) hay harvested at three different maturity stages. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(2), 331-335. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.5533>
- Chacon, E. A., & Stobbs, T. H. (1976). Influence of progressive defoliation of a grass sward in the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27(5), 709-727. <https://doi.org/10.1071/AR9760709>
- Chacon, E. A., Stobbs, T. H. & Dale, M. B. (1978). Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(1), 89-102. <https://doi.org/10.1071/AR9780089>
- Cherney, J. H. (1990). Normal and brown-midrib mutations in relation to improved lignocellulose utilization. In D. E. Akin, L. G. Ljungdahl, J. R. Wilson, & P. J. Harris (Eds.), *Microbial and plant opportunities to improve lignocellulose utilization by ruminants: Proceedings of the Tri-National Workshop Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Ruminants Held in Athens, Georgia, April 30 - May 4, 1990* (pp. 205-214). Elsevier.
- Collins, M., & Moore, J. K. (1995). Postharvest processing of forages. In R. F. Barnes, D. A. Miller, & C. J. Nelson (Eds.), *Forages Vol 2 – The Science of Grassland Agriculture* (pp. 147-161). Iowa State University Press.
- Dalling, M., Boland, G., & Wilson, J. (1976). Relation between acid proteinase activity and redistribution of nitrogen during grain development in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 3(6), 721-730. <https://doi.org/10.1071/PP9760721>
- Forbes, T. D. A., & Coleman, S. W. (1993). Forage intake and ingestive behavior of cattle grazing old world bluestems. *Agronomy Journal*, 85(4), 808-816. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500040006x>
- Gökkuş, A., Birer, S., & Alatürk, F. (2017a). *Farklı anız yükseklikleri kalacak şekilde yapılan biçimlerin arpanın ot verimi ve kalitesine etkileri* [Effects of harvesting on yield and quality of barley hay leaving different formations of stalk heights]. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı), 121-125. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.349008>
- Gökkuş, A., Baytekin, H., Özaslan Parlak, A., Tölu, C., & Hanoğlu, H. (2017b). *Koyun otlatılan meralarda yıllık yem üretiminin planlanması ve bunun hayvansal üretime etkileri*. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje No: 214-O-233.

- Gökkuş, A., Koç, A., & Bakoğlu, A. (1997). Otlak ayrığı (*Agropyron cristatum* Gaertn.)'nin bazı morfolojik agronomik ve kimyasal özelliklerinin zamana, bitki boyuna ve toprak üstü biomasına bağlı olarak değişimi [Changes in morphological, agronomical, and chemical properties of crested wheatgrass (*Agropyron cristatum* Gaertn.) in relation to time, plant height, and above-ground biomass]. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 49-61.
- Griffin, J. L., & Jung, G. A. (1983). Leaf and stem forage quality of big bluestem and switchgrass. *Agronomy Journal*, 75(5), 723-726. <https://doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500050002x>
- Harmanşah, F. (2018). Türkiye'de kaliteli kaba yem üretimi, sorunlar ve öneriler. *TÜRKTOB Dergisi*, 25, 9-13.
- Hörtensteiner, S., & Feller, U. (2002). Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany*, 53(370), 927-937. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.927>
- Kering, M. K., Guretzky, J., Funderburg, E., & Mosali, J. (2011). Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(16), 1958-1971. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.591470>
- Khan, Z. I., Hussain, A., Ashraf, M., & McDowell, L. R. (2006). Mineral status of soils and forages in Southwestern Punjab-Pakistan: Micro-minerals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(8), 1139-1147. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1139>
- Koç, A. (1991). *Güzelyurt (Erzurum) meralarında otlatmaya başlama ve son verme zamanlarının belirlenmesi ile toprak üstü biyomasi ve otun kimyasal kompozisyonunun yıl içerisindeki değişimi üzerine bir araştırma* [Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Kuşvuran, A., Nazlı, İ. R., & Tansı, V. (2011). Türkiye'de ve Batı Karadeniz Bölgesi'nde çayır-mera alanları, hayvan varlığı ve yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 21-32.
- Linn, J. G., & Martin, N. P. (1999). *Forage quality tests and interpretations*. Minnesota Extension Service, University of Minnesota. Retrieved on May 15, 2023 from https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/207442/MN2500_AGFO_2637_revised1989.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Manga, İ., & Acar, Z. (1988). *Yem Kültürünün Genel İlkeleri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları No: 37.
- Morrison, J. A. (2003). *Hay and pasture management. Chapter 8*. Extension Educator, Crop Systems Rockford Extension Center.
- National Research Council (NRC). (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th Rev. ed.). National Academic Sci.
- Nelson, D. J., & Moser, L. E. (1994). Plant factors affecting forage quality. In G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R. Mertens, & L. E. Moser (Eds.), *Forage quality, evaluation, and utilization* (pp. 115-154). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality>
- Özyazıcı, M. A., & Açıkbaz, S. (2019). *Kaba yem amacıyla yetiştirilen sorgum (Sorghum sp.) ve mısır (Zea mays L.) çeşitlerinin mineral içeriklerinin değişimi* [Determination of mineral contents of sorghum (*Sorghum* sp.) and corn (*Zea mays* L.) varieties grown for roughage]. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(12), 227-237. <https://doi.org/10.7176/IJSTR/5-12-24>
- Romero, A., Siebert, D. B., & Murray, R. M. (1976). A study on the effect of frequency of urea ingestion on the utilization of low quality roughage by steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 16(80), 308-314. <https://doi.org/10.1071/EA9760308>
- SAS. (1999). SAS V8 Online Manual. Cary.

- Simpson, R. J., Lambers, H., & Dalling, M. J. (1983). Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.): IV. Development of a quantitative model of the translocation of nitrogen to the grain. *Plant Physiology*, 71(1), 7-14. <https://doi.org/10.1104/pp.71.1.7>
- Stone, J. B., Trimberger, G. W., Henderson, C. R., Reid, J. T., Turk, K. L., & Loosli, J. K. (1960). Forage intake and efficiency of feed utilization in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 43(9), 1275-1281. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(60\)90314-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(60)90314-3)
- Turan, N., Özyazıcı, M. A., & Tantekin, G. Y. (2015). Siirt ilinde çayır mera alanlarından ve yem bitkilerinden elde edilen kaba yem üretim potansiyeli [Production potential of fodder obtained from the meadow-rangelands and forage crops fields in Siirt province]. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 69-75.
- TÜİK. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim tarihi: 15.07.2023, <https://www.tuik.gov.tr/>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. D., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)



Analyzing the Seasonality in Yacht Exports of Türkiye

Abdullah Açıık¹ • Nergis Özispa¹

¹ Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, Department of Maritime Business Administration, 35000, İzmir, Türkiye, abdullah.acik@deu.edu.tr, nergis.ozispa@deu.edu.tr

✉ Corresponding Author: nergis.ozispa@deu.edu.tr

Please cite this paper as follows:

Açıık, A., & Özispa, N. (2023). Analyzing the Seasonality in Yacht Exports of Türkiye. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 158-171. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.5>

ARTICLE INFO

Article History

Received: 04.09.2023

Revised: 11.11.2023

Accepted: 13.11.2023

Available online: 17.11.2023

Keywords:

Yacht industry

Yacht export

Türkiye

TRAMO/SEATS

A B S T R A C T

The volume of the exports of the sectors moves in a certain trend, and companies and policymakers analyze this trend to make their future plans. However, seasonal volume changes in some sectors can be very sharp and their analysis can be as important as trend analysis. One of these sectors is Türkiye's yacht and watercraft equipment sector. The significance of the seasonal change in exports may indicate that analyzing and understanding the change will increase competitive advantage. In this direction, we decomposed the export data into its components using 258 monthly observations covering the period between January 2002 and June 2023. Afterward, we tested whether the monthly averages of the seasonal factor component obtained from the decomposition were significantly different. The results we obtained with the cluster analysis showed that there are 4 clusters, and the seasonal increase is the highest in the clusters of June, July, and August. On the other hand, the seasonal decrease was determined to be the highest in the January, February, October, and November clusters. It is believed that the results obtained will provide a competitive advantage, especially in terms of the smooth operation of the supply chain and planning of marketing strategies considering the seasonal variation.

INTRODUCTION

The history of the shipbuilding industry in Türkiye goes back centuries. The first shipyard in Türkiye was established in Gallipoli in 1390 during the Ottoman Empire. Following this, the Golden Horn Shipyard, which was established during the reign of Mehmet the Conqueror, became one of the largest shipyards in the world. With the increase in the importance given to

the shipyard sector after the proclamation of the Republic, the shipyard investments concentrated in the Bosphorus and the Golden Horn, shifted to the Tuzla region as of 1969 (Seven, 2018). Since 1390, Turkish shipyards have been constructing ships of many types and tonnages at international standards and under the supervision of recognized inspection organizations. The shipbuilding industry, which has grown rapidly in recent years, has become an

important center of gravity especially for the tailor-made ship segment and Türkiye has become one of the world's leading countries in the construction of mega yachts (yachts longer than 25 meters in length) (Seven, 2018). The yacht building industry in Türkiye has been growing steadily, especially for the last ten years. In 2022, the Turkish yacht industry proved to be the world's third-largest high-performance, stylish, modern and cool yacht manufacturer (Turk Yacht, 2022).

While Türkiye has become one of the world's brand countries in the yachting sector, it has become a center of attraction in yacht production and refurbishment activities. While the Turkish ship and yacht services industry exported \$ 1.4 billion in 2022, it exported \$ 550 million of exports in the first 6 months of 2023 and the yacht industry was among the top 10 countries in the export league, and the length of the yachts produced and the number of orders is increasing rapidly (7deniz, 2023). While Türkiye's yacht export value was \$ 185.4 million in 2020, it increased to \$ 344.2 million in 2021 and \$ 429 million in 2022. The Cayman Islands and the United States of America have been the most important importers in the last two years. Greece, Italy, Malta, United Kingdom, Spain, France, Germany, Russian Federation, Luxembourg and Singapore are among the top 20 countries to which Türkiye exports yachts in 2022 (Trade Map, 2023).

While trend is the most important component for interpreting and predicting the movement of a financial variable, understanding seasonal patterns can also provide many competitive advantages. In this research, the seasonal pattern of Türkiye's yacht and other watercraft equipment exports was aimed to be analyzed. Thus, the study has revealed how export cycles occur at certain times of the year and whether there are significant differences between the cycles by month. It was believed that the outputs of this analysis would have various benefits for people, companies, and governments. First, understanding the seasonal pattern can enable companies in the industry to better understand and plan. According to seasonal cycles, companies can strategically plan their supply, production, and distribution activities. Thus, optimum resource utilization can be achieved

according to the seasonally changing peaks and troughs, and they can execute a strategy to make the most sales at the peaks (Ross, 2012). Second, states and governments can use the seasonal pattern to forecast the economic trends and fluctuations in the industry. In addition, commercial policies, export-facilitating incentives, and infrastructure investments can be carried out according to the seasonal situation (Goulding, 2003). Third, understanding the seasonal pattern can facilitate supply chain management. By optimizing their operations, manufacturers, suppliers, and logistics companies can ensure that products are delivered on time without any delays at peaks and that they are not out of stock (Sürrie & Wagner, 2008). Fourth, knowing the seasonal change pattern of exports can provide more accurate investment planning (Dieke, 2011). Fifth, companies can maximize their total sales revenue by developing their marketing strategies according to the seasonal cycle, by offering promotional products before high demand (Vasudeva, 2006).

Literature Review

When the relevant literature is examined in the Turkish yacht sector, the number of studies produced so far is quite limited. It is considered that the in-depth examination of a sector in which Türkiye is so strong in exports and the realization of scientific activities that guide future studies are very important in reaching Türkiye's 2053 goals (Karaismailoğlu, 2022). Emphasizing this gap, which has been found to exist in the literature, is among the main motivations of this study. In order to examine the literature in depth, on September 01, 2023, the databases of Web of Science, EBSCOhost, Emerald, Science Direct, Springer, Taylor & Francis, Wiley and Ulakbim, where studies related to the maritime sector were published intensively, were searched with the keywords "yacht export". Only 2 studies were found that included the words together. Although these two studies in the Emerald and Science Direct databases are not directly related to the subject examined, they are explained below.

In the study, which prepared for the yacht industry in Taiwan, Yang & Liu (2016) aimed to determine the criteria for evaluating yacht construction financing of bank loan policies. The results of the research, which

emphasizes the differences between the criteria of the yacht production sector and the criteria of the financing institution, revealed the importance of eliminating the deficiencies in the ship financing application methods for the yacht production sector. Sarvan et al. (2011) conducted a study on companies located in the Antalya Free Zone in order to determine the network-based determinants of innovation performance in clusters of yacht builders clustered in certain regions of Türkiye. As a result of the study, it was concluded that the companies in the region generally rely on national and global networks as information sources and strategic alliances.

Examining the limited number of studies available in the literature, it was seen that Aydın & Yılmaz Aydın (2019) examined Türkiye's competitive power in the yacht manufacturing industry. In the study, which examines the yacht production industry in Türkiye through many different variables such as design, engineering, yacht types, installed engines, and navigation systems, it has been concluded that Türkiye has advantages in order to compete with the world giants in the yacht production sector, but that value-added services have aspects that are open to development. In the same study, it was stated that the material cost in the Turkish yacht production sector is 60% and the labor cost is 40%, and it was claimed that the low-cost labor force is an important competitive advantage of Türkiye. Similarly, Merendino (2014) gave the example of Turkish and Asian yacht builders and stated that the main reason for their competitive advantage, in addition to low labor costs, is the specialized and skilled labor force.

In Türkiye, where four seasons are experienced together, whether the foreign trade activities of various sectors vary according to seasonality is among the topics discussed in the literature. Polat & Uslu (2010) analyzed the seasonal structure of Türkiye's export and import time series for the period 1982-2008 in their study conducted in 2010. As a result of the study, it has been determined that there are deterministic and non-stationary stochastic seasonal components in the foreign trade series. On the other hand, Tunç (2017), in his study on the Western Mediterranean Region, which realizes only 1% of Türkiye's exports, determined a seasonally significant

difference in the export of only one of the 3 provinces in the Western Mediterranean region, while there was no significant seasonal difference in the other two provinces. As a result of the study, he suggested that the studies using time series in foreign trade should be seasonally adjusted.

MATERIAL AND METHODS

Data and Methodology

Export data of yachts and other vessels were obtained from the Turkish Statistical Institute (TSI, 2023) website. The Standard International Trade Classification, Revision 4 (SITC Rev4) was used, which was developed by the United Nations for merchandise trade statistics reporting (UN, 2008). In addition, by choosing the fourth level as the digit, statistical export data was reached with the code "7931" and defined as "Yachts and other vessels for pleasure or sports; rowing-boats and canoes". The US dollar currency was chosen as the export value.

The dataset starts from January 2002 and ends in June 2023 and consists of 258 monthly observations. Descriptive statistics of the variables are presented in Table 1. Average monthly exports were approximately \$ 13.7 million. In the period when monthly exports reached the maximum, approximately \$ 100 million was exported, while in the period when it was minimum, approximately \$ 0.12 million was exported. When the distribution of the raw series is examined by using Jarque-Bera, it is quite far from the normal distribution. The main reason for this is that most of the observations are concentrated on relatively small export values. The coefficient of variability, on the other hand, is a relatively high value of approximately 118%, indicating that export figures can vary greatly from month to month. In addition, descriptive statistics of the data in log return form are presented in the table. Although the distribution of this series is relatively normal, the coefficient of variation is a very high rate of 6500%. The reason for this is that although the arithmetically average growth rate is 1.6%, its standard deviation is 110%. In addition, periods of 274% increase and 296% decrease in one month have also been experienced. While exports could be made

in very low quantities in some months, sudden increases were experienced in the following months.

Table 1. Descriptive statistics (TSI, 2023)

Statistics	EXPORT	DLNEXP
Mean	13782831	0.016796
Median	7826432.	-0.007920
Maximum	100994690	2.742142
Minimum	121853.0	-2.964922
Std. Dev.	16360653	1.105662
Skewness	2.593768	-0.166368
Kurtosis	11.10700	2.883604
Jarque-Bera	995.8147	1.330625
Probability	0.000000	0.514113
Observations	258	257

The course of the variable in the period under consideration is presented in Figure 1. As can be seen, the volatility is very high and there is a clear seasonality. However, an increasing trend and a decreasing trend can be observed in some periods. Especially in the post-pandemic period, the sector has also caught an increasing trend, as the demand for yachts has increased a lot due to people's reluctance to stay in hotels. A record export amount of approximately \$ 100 million was achieved in August 2008. After this period, the high export performances achieved in the summer seasons came to an end in 2014. In the following period, it increased again and approached a record level. In December 2022, it reached \$ 97.9 million, approaching the record. In general, it can be said that the Turkish yacht and sports equipment export sector is in a recovery trend.

Today, many economic and financial data can follow repeating cycles at certain times of the year. The factors that cause these cycles can be holiday seasons, climatic changes, agricultural cycles, changes in supply-demand balance, and seasonality in other influential data. For example, when monitoring the employment rate, higher rates may be observed in the summer seasons due to seasonal effects as more job opportunities are offered in the summer seasons (Schneider, 2022). Or, while examining the situation in grain prices, prices may decrease at certain times of

the year due to the harvest season (Devereux, 2009). Whatever the reason, these seasonal regular changes make it difficult to understand the real change in the series. In addition, forecasting with data with seasonal effects does not give accurate results. This makes it difficult for important authorities such as governments, central banks, and other policymakers to make more accurate decisions. For this reason, it is of great importance to determine the seasonal effects in the series and to remove these effects from the series when necessary.

In general, it can be stated that a series consists of 3 main components, which are trend cycle, seasonal, and irregular, as seen in Equation (1):

$$y_t \equiv y_t^{tc} \times y_t^s \times y_t^i \quad (1)$$

In such an equation, seasonal adjustment is obtained by dividing y_t by the estimation of y_t^s . The estimate of y_t^s is generally defined as a seasonal factor (Osborn & Ghysels, 2001). In this case, the fact that the seasonal factor is higher in certain periods of the year can mean that the normal value is higher at that time due to the seasonal effect. Dividing the raw value by a higher seasonal factor decreases the seasonally adjusted series. In addition, the seasonal factor value allows us to understand at which times of the year the seasonal effect is higher or lower.

Various methods have been developed to decompose the series into its components, to analyze the seasonal effect and to adjust the series from seasonal effects. TRAMO/SEATS is one of these methods and is widely used in the literature. TRAMO is the abbreviation of the Time Series Regression with ARIMA Noise, Missing Observations, and Outliers, while SEATS is the abbreviation of the Signal Extraction in ARIMA Time Series. TRAMO forms the pre-setting process for SEATS by completing missing observations, detecting outliers, separating their effects from the series, and estimating the effects of events such as holidays and trade days (Gómez & Maravall, 1998).

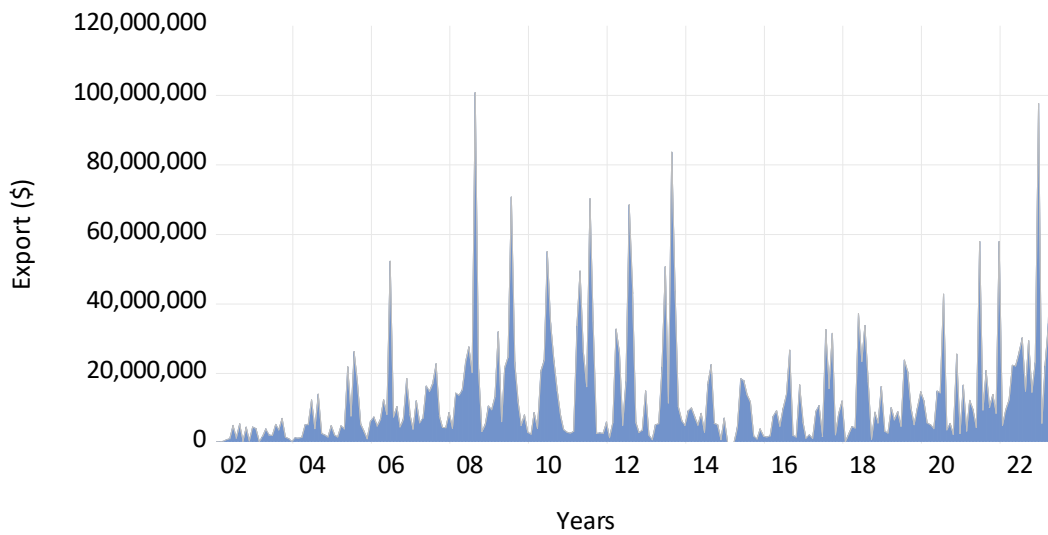


Figure 1. Movement of the variable in the covered period (TSI, 2023)

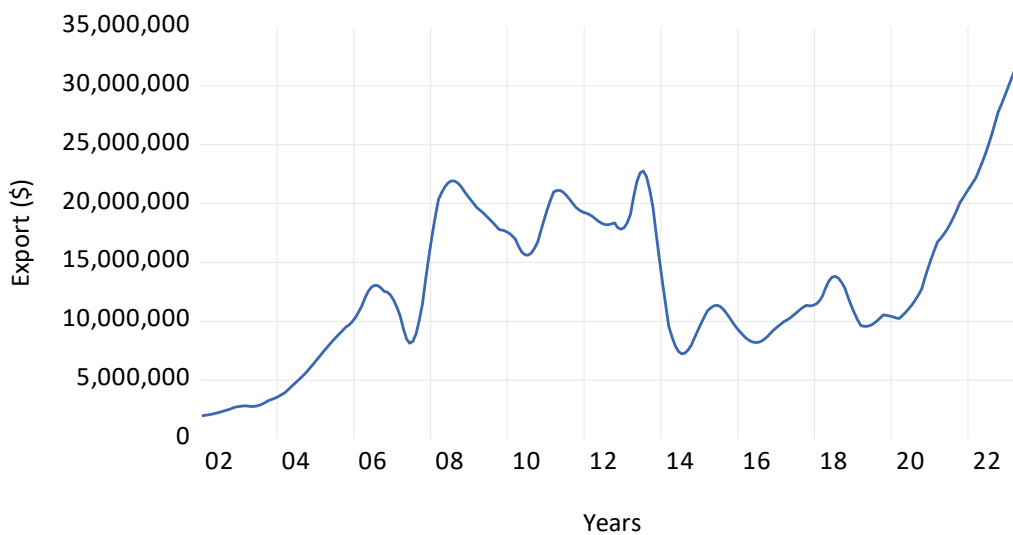


Figure 2. Final trend cycle

EViews software was used to implement TRAMO/SEATS in the study. This application is embedded in this software. The components that can be obtained as a result of the application are the seasonally adjusted series, the seasonal factor, the trend, the irregular, and the cycle. The necessary components for our research are the seasonal factor and the trend. The selection of the ARIMA order required for the model was determined to be automatic based on the minimum information criteria value.

Considering the purpose of the study, the One-Way ANOVA analysis was preferred to test whether the mean of the seasonal factor according to the months changes significantly according to the periods. This method is used to test whether there is a significant difference between the means of 2 or more

groups. In the one-way ANOVA method, the dependent variable is divided into 2 components: between-group variation and within-group variation. F statistic is obtained by dividing the mean square of the first one by the mean square of the second one. Using this statistic, the null hypothesis of “there is no significant difference between the means of the groups” is tested. Rejecting the null hypothesis indicates that the mean of at least one of the groups is different from the others. If the null hypothesis is rejected, Post Hoc tests can determine between which groups there is a significant difference. The null hypothesis of the one-way ANOVA test for three groups can be represented in Equation (2):

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \tag{2}$$

In testing this null hypothesis, the alternative hypothesis can be shown in Equation (3) as follows:

$$H_1 = \text{At least one of } \mu_1, \mu_2, \text{ and } \mu_3 \text{ is different than others} \quad (3)$$

In addition, to apply the one-way ANOVA test, various assumptions must be provided as much as possible, and this is important for the reliability of the results. These assumptions are (i) randomness of the observations in each group, (ii) normal distribution of the observations in each group and (iii) equal variances of the population in each group (Levine & Stephan, 2010). There is no known general test for measuring the independence of variables. Whether the series in each group is normally distributed can be examined with the Kolmogorov-Smirnov and the Shapiro-Wilk tests in SPSS. In cases where the sample size is less than 30, the Kolmogorov-Smirnov test can be used, and in cases where it is greater than or equal to 30, the Shapiro-Wilk tests test can be used (Cevahir, 2020). ANOVA is a robust estimator even when the groups are not normally distributed, but at least the group sizes should be equal. Levene's test can be used to test whether the variances are equal. Analyzes can also be carried out in cases where the variances are not equal. However, in cases where group sizes are very unequal in size, violation of homogeneity biases the results. In this direction, in cases where the assumptions of normality and homogeneity cannot be met, at least the groups being equal in size will make ANOVA robust (Mooi & Sarstedt, 2011).

It is important whether the variances are homogenous in the selection of the appropriate Post Hoc test. According to the situation of the variances determined by Levene's equality of variance test, the appropriate Post Hoc test is selected and the analyzes are applied. In case equal variances are obtained, Tukey HSD, Tukey-Kramer, Fisher, Newman-Keuls and Duncan Post Hoc tests can be applied. Otherwise, the appropriate tests are Brown-Forsythe, Dunnett's C, Tamhane's T2 and Games Howell. Equal n's cases should also be considered in the selection of these tests because some tests are more robust to these cases (Blumberg, 2014).

Finally, we preferred the K-Means Clustering technique to cluster the months according to the

seasonal factors and significant differences obtained in the study. In this method, after preliminary research, K , which represents the possible number of clusters, is determined by the user. In this method, it is assumed that all data are numerical. The purpose of this method is to group the inputs in K regions in such a way that the member in each region has the maximum similarity and the maximum difference from the members in the other regions. As a result of the analysis, K averages and clusters are obtained (Kalita, 2023). SPSS software was used in the implementation of one-way ANOVA and K-Means Clustering analysis.

RESULTS

TRAMO/SEATS seasonality analysis method proposed by Gómez & Maravall (1998) was applied first to export variables (Yachts and other vessels for pleasure or sports; rowing-boats and canoes). As a result of the application, the trend, seasonal factor, and seasonally adjusted series were taken as output from the method that allows to obtain many components. Also, automatic ARIMA order selection and data transformation options were selected.

As a result of the applied seasonality analysis, the ARIMA (0, 1, 1) model with 613 AIC values was selected automatically. First, the trend variable was presented, which was decomposed from the export variable as a result of the analysis, in Figure 2. If the temporary decline in 2007 was not counted, exports continued to increase until August 2008, and after the effect of the global economic crisis, it suffered a breakdown. However, this breakdown was only in the trend and there were no definite decreases in exports. After that, the stationary export data showed a sharp decline from July 2013 to July 2014. Afterward, exports, which remained stationary until the COVID-19 pandemic, increased by trend breakdown with the effect of the pandemic and reached its historical peak. The closure of hotels due to the pandemic, the prevention of travel and the risk of crowded environments have contributed positively to the sector, especially by increasing the demand for yachts. Looking at the general situation, it can be said that the period between 2008 and 2013 was the most productive period for the sector.

The monthly course and average of the seasonal factor obtained by decomposing the export variable are presented in Figure 3. In other words, the course of the seasonal factor values for each specific month from 2002 to 2023 and the averages of these values are presented. This variable roughly represents the ratio of the actual value to the seasonally adjusted value. For example, a value of 100 indicates that the two values are equal, a value of 50 indicates that the actual value is half of the seasonally adjusted value, and a value of 200 indicates that it is double. In other words,

values above 100 indicate that the business volume increases seasonally in those seasons, while values below 100 indicate that it decreases. As can be seen from the figure, starting from May, the seasonal increase is quite high, especially in June, July, and August. With the exception of only April, the export figures remain relatively low in the remaining months. From this point of view, seasonal effects are evident enough to be discerned visually. However, it should be supported by some statistical methods in order to have a scientific basis.

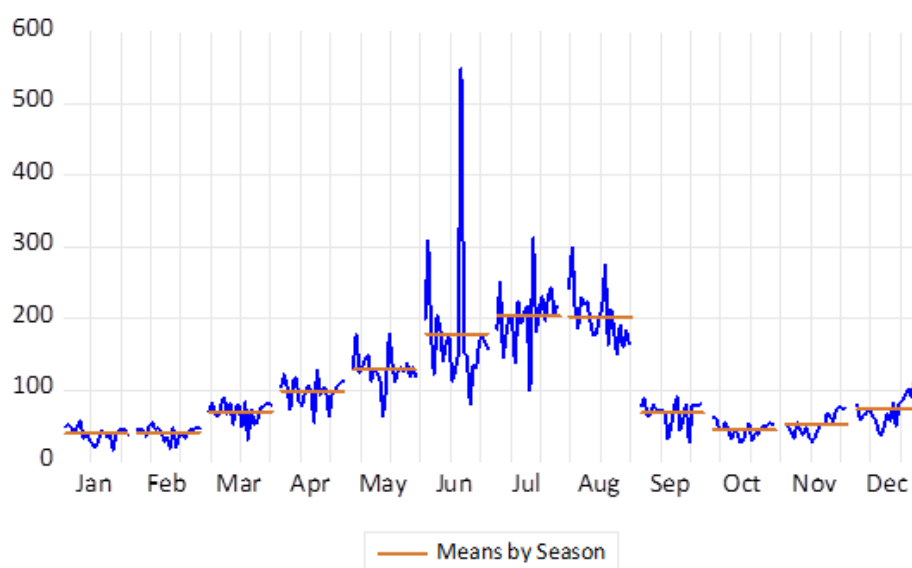


Figure 3. Final seasonal factor by season

Table 2. Descriptive statistics of seasonal factors

Month	N	Mean	Min.	Max.	Std. Dev.	Range	Kurt.	Skew.	K-S. Norm.
January	22	38.9	16.3	57.0	10.4	40.7	-.08	-.51	0.10
February	22	40.6	18.1	55.1	9.3	37.0	.92	-1.13	0.20
March	22	70.2	30.4	90.4	14.6	59.9	1.02	-1.14	0.20
April	22	98.5	54.7	129.0	18.5	74.3	.55	-.85	0.18
May	22	128.4	63.0	179.5	23.5	116.5	3.03	-.16	0.17
June	22	178.8	79.2	549.6	93.8	470.3	12.31	3.24	0.30*
July	21	203.4	99.0	312.7	43.7	213.6	2.02	-.08	0.14
August	21	202.9	149.7	299.5	37.5	149.7	1.05	1.00	0.11
September	21	68.4	26.9	90.9	17.2	63.9	.86	-1.21	0.18
October	21	44.6	26.7	61.8	10.1	35.1	-.58	-.23	0.10
November	21	51.8	27.8	77.8	15.1	50.0	-.99	.27	0.11
December	21	72.7	36.9	112.7	21.4	75.7	-.60	.30	0.12
Total	258	99.8	16.3	549.6	69.2	533.2	6.43	1.82	0.16*

Note: (1) K-S indicates Kolmogorov-Smirnov test. (2) *Normality was rejected at 99% confidence level

Table 3. Test of homogeneity of variances

Value	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	4.797	11	246	.000*
Based on Median	3.766	11	246	.000*
Based on Median and with adjusted df	3.766	11	39.313	.001*
Based on trimmed mean	3.851	11	246	.000*

Note: *Null of homogeneity was rejected at 1%.

Table 4. One-Way ANOVA test result

Value	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	930161.953	11	84560.178	69.160	.000*
Within Groups	300778.848	246	1222.678		
Total	1230940.800	257			

Note: *Null of no significant difference was rejected at 1%.

Table 5. Relationship matrix of variables

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Jan.		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.15	0.00
Feb.	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.34	0.00
Mar.	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.02	1.00
Apr.	0.00	0.00	0.00		0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
May	0.00	0.00	0.00	0.00		0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jun.	0.00	0.00	0.00	0.04	0.78		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jul.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aug.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Sep.	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.13	1.00
Oct.	0.99	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00
Nov.	0.15	0.34	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.00		0.05
Dec.	0.00	0.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.05	

Note: (1) Null of no significant difference hypothesis was tested at %1. (2) Grey area indicates rejection of null hypothesis.

The monthly course and average of the seasonal factor obtained by decomposing the export variable are presented in Figure 3. In other words, the course of the seasonal factor values for each specific month from 2002 to 2023 and the averages of these values are presented. This variable roughly represents the ratio of the actual value to the seasonally adjusted value. For example, a value of 100 indicates that the two values are equal, a value of 50 indicates that the actual value is half of the seasonally adjusted value, and a value of 200 indicates that it is double. In other words, values above 100 indicate that the business volume increases seasonally in those seasons, while values

below 100 indicate that it decreases. As can be seen from the figure, starting from May, the seasonal increase is quite high, especially in June, July, and August. With the exception of only April, the export figures remain relatively low in the remaining months. From this point of view, seasonal effects are evident enough to be discerned visually. However, it should be supported by some statistical methods in order to have a scientific basis.

Descriptive statistics for seasonal factors by month are presented in Table 2. Since the data set started in January 2002 and ended in June 2023, there are 22 observations in each month until June, and 21

observations in the following months. Statistically, such a small difference is too small to distort the equal size of the groups. According to the statistics, the lowest seasonal factor average belongs to January with 38.9. This shows that the actual value is on average 38.9% of the seasonally adjusted value in January months in the covered period. In other words, export figures show the greatest seasonal decline in January, which is followed by February (40.6), October (44.6) and November (51.8). The highest seasonal factor average belongs to July with 203.4. This month is followed by August (202.9), June (178.8), and May (128.4). The real export value in July is about 2 times the seasonally adjusted value, indicating the high demand in these months.

For testing the normality of the distribution in the groups, the Kolmogorov-Smirnov test was used since the sample sizes were less than 30 in each group. According to the results obtained, seasonal factors of all months except June are normally distributed according to a 99% confidence level. When the whole sample is tested, it does not comply with the normal distribution. The reason why June did not comply with the normal distribution is the extreme seasonal increases experienced in some years in export values in this month, as can be seen in Figure 3. Also, as seen in Table 2, it is the month with the highest standard deviation, range, kurtosis, and skewness values. However, the fact that only one group does not comply with the normality assumption will not invalidate the one-way ANOVA test because the sample sizes in the groups are almost equal.

Within the scope of the research, we applied Levene's homogeneity of variance test to the seasonal factor values of our groups consisting of 12 months and presented the results in Table 3. When the test was evaluated based on the mean, the null hypothesis of homogeneous variances was rejected at a 99% confidence level. The unequal variances do not pose a problem for one-way ANOVA because Post Hoc techniques have been developed that take heterogeneity into account.

The results of the one-way ANOVA test, which tests whether there is a significant difference between the means of the groups, are presented in Table 4. The

null hypothesis of this test indicates that there is no significant difference between the means of the groups, as shown in Equation 2. The alternative hypothesis is that the mean of at least one of the groups is significantly different from the others. The results show that the null hypothesis is rejected and at least the mean of 1 group is significantly different from the others. The Post Hoc test should be applied to determine which groups' means differ from each other.

Tamhane's T2 method was preferred in the Post Hoc analysis to make Multiple Comparisons because the variances were not equal. This method is also robust to unequal n 's cases in the groups. A detailed comparison chart showing whether the differences between all the months are significant or not is presented in Appendix A. Since it is a very long table, it is included in the appendices. Representing the long table, we developed a relationship matrix showing whether the difference between months was significant and presented it in Table 5, which consists of probability values. Mutual comparisons are tested at a 99% confidence level and the relationships where the null hypothesis is rejected are shown in gray.

The results show that the months of June, July, and August form a cluster and clearly differ from all other months. On the other hand, the difference between them is statistically insignificant. This shows that they are exposed to similar seasonal factor changes. In other words, the export volume increases significantly in the summer season. It is also seen that the months of January, February, October, and November form a cluster. As can be seen from Figure 2 and Table 2, their average seasonal factor values are the lowest ones while average seasonal factor values of June, July, and August are the highest ones. These two clusters consist of months representing two extreme groupings. One of the months that could form a cluster representing the average was May. In this month, there is an increase in export figures with the effect of the season, but not as much as in the summer months, which makes it significantly different from all other months. Finally, March, September and December can be considered as a separate cluster with similar characteristics, whose values show a slight decrease seasonally.

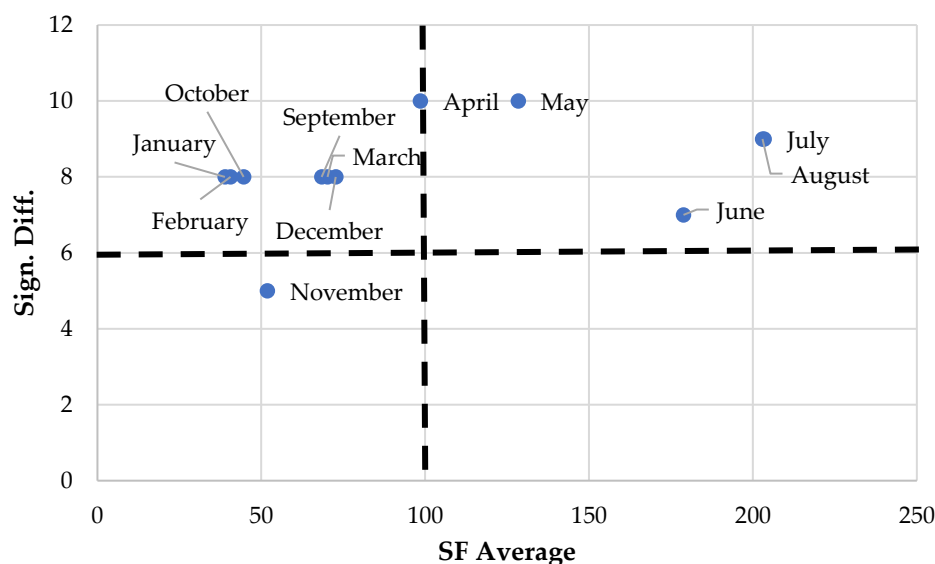


Figure 4. Positions of the seasonal factors by months

The chart in Figure 4 was prepared to reveal the clustering between the months by using the averages we obtained for the seasonal factor and the variables of how many months are significantly different from the related month. Thus, instead of struggling with numbers, it becomes possible to visually detect clusters of results obtained from the analysis. In the figure, the months of the year are positioned according to the mean values of their seasonal factors and their total significant differences from other months in terms of their means. Also, cluster analysis was applied using K-Means to support graphical clustering analysis. As a result of the analysis applied with the initial assumption of 4 clusters, Cluster 1 consists of January, February, October and November, Cluster 2 consists of May, Cluster 3 consists of March, April, September and December, and Cluster 4 consists of June, July, and August. This is a very reasonable result when Figure 3 is examined, because the seasonal factor averages of the relevant months are close to each other.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Firms and policymakers aim to understand the movements of the sectors over time and develop policies and strategies accordingly since any information that enables them to get ahead of their competitors by providing a competitive advantage in business life is very valuable. In general, when examining the sector, the future trend is tried to be

predicted by using the past and current trends. This general trend provides a great advantage for companies and policymakers to see ahead. On the other hand, it may be useful to analyze some other components such as seasonality and irregularity, although they are not as obvious as the movement trends of the sectors. Having additional information on other components will increase competitive advantage, as the general trend is an issue on which all stakeholders are concerned. In this direction, in our study, we analyzed the seasonal structure of the export volume of Turkish yachts and amusement equipment for water sports. Although it is clear that it will increase in summer and decrease in winter, we aimed to scientifically reveal whether the seasonal oscillation differs significantly according to months and which months show similar characteristics. Understanding seasonal fluctuations is of great importance due to factors such as production activities, supply chain management, distribution network, forecasting, infrastructure investment, commercial policies, on-time delivery, lower costs, and marketing strategies.

In this direction, the seasonally adjusted series was obtained by decomposing the Turkish yacht export variable into trend, seasonal factor and irregularity components using the TRAMO/SEATS tool. Then, one-way ANOVA analysis was applied to determine whether the seasonal factor averages differed significantly from each other according to the months

in the period under consideration. As a result, we determined that at least one month differed significantly from the others. Also, K-Means clustering analysis was applied by using seasonal factor averages and differing month numbers. The results showed that 4 clusters can be formed and the months of June, July, and August, when the seasonal effect is highest, are separate clusters. In addition, May has formed a separate cluster since it is higher than the months outside this cluster on average, but not as high as those in this cluster. On the other hand, the months with the lowest seasonality formed a separate cluster as January, February, October, and November. These months had values well below the seasonally adjusted series, that is, about half as much. This shows that the seasonal decrease in these months is very high, while the seasonal increase in June, July, and August is very high. In addition to the analysis of the general trend of exports, the seasonal variation findings obtained in this study will contribute to the competitive advantages of companies and policymakers by providing opportunities for them to make better plans. Especially for one of the important players in the international yacht industry like Türkiye (Aydın & Yılmaz Aydın, 2019), every strategic information is of great importance in order to consolidate its position.

While this result obtained in the study supports the results obtained by Polat & Uslu (2010), it rejects the results obtained by Tunç (2017). Tunç (2017) examined the Western Mediterranean region as a sample and found seasonal differences in Antalya, the touristic and seaside province of the region with 3 provinces but could not detect seasonal differences in Burdur and Isparta, two non-touristy and non-marine provinces. Considering the results obtained in this study, which is based on Türkiye's yacht export data, it is considered that examining the differences between seasonality and export quantity variables in terms of touristic or seaside regions and other regions will contribute to the current literature. In the study,

seasonality in export figures was revealed for the first time in the literature with a statistical method rather than the subjective observations of sector representatives and researchers. Human observations can be misleading due to reasons such as perceptual bias, cognitive bias, limited perspective, and memory limit.

The biggest limitation of the study is that interviews were not conducted with industry representatives. Analyzes could have been enriched by taking into account the information in the sector and models with different variables could have been used. In addition, analyzes were made on "Yachts and other vessels for pleasure or sports; rowing-boats and canoes" data received from TSI (2023). Naturally, there are many types of products under this data set. Seasonal trends of these products can be very different from each other. In further studies, analyzes can be applied according to sub-product groups and the results can be enriched.

Compliance with Ethical Standards

Authors' Contributions

AA: Designed the study. Performed and managed statistical analysis. Wrote the first draft of the manuscript.

NÖ: Designed the study. Wrote the first draft of the manuscript.

Both authors read and approved the final manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical Approval

For this type of study, formal consent is not required.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Appendix A. Multiple comparisons

(I) month	(J) month	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	(I) month	(J) month	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
January	February	-1.67	2.99	1.00	July	January	164.47	9.81	0.00
	March	-31.24	3.84	0.00		February	162.80	9.76	0.00
	April	-59.57	4.54	0.00		March	133.23	10.05	0.00
	May	-89.49	5.50	0.00		April	104.89	10.34	0.00
	June	-139.87	20.13	0.00		May	74.98	10.79	0.00
	July	-164.47	9.81	0.00		June	24.60	22.17	1.00
	August	-163.97	8.49	0.00		August	0.50	12.58	1.00
	September	-29.45	4.38	0.00		September	135.01	10.27	0.00
	October	-5.72	3.13	0.99		October	158.75	9.80	0.00
	November	-12.92	3.98	0.15		November	151.55	10.10	0.00
	December	-33.81	5.17	0.00		December	130.66	10.63	0.00
	February	January	1.67	2.99		1.00	August	January	163.97
March		-29.57	3.71	0.00	February	162.30		8.43	0.00
April		-57.90	4.44	0.00	March	132.73		8.77	0.00
May		-87.82	5.41	0.00	April	104.40		9.10	0.00
June		-138.20	20.11	0.00	May	74.48		9.61	0.00
July		-162.80	9.76	0.00	June	24.10		21.62	1.00
August		-162.30	8.43	0.00	July	-0.50		12.58	1.00
September		-27.78	4.27	0.00	September	134.52		9.02	0.00
October		-4.05	2.98	1.00	October	158.25		8.48	0.00
November		-11.25	3.86	0.34	November	151.05		8.83	0.00
December		-32.14	5.08	0.00	December	130.16		9.43	0.00
March		January	31.24	3.84	0.00	September		January	29.45
	February	29.57	3.71	0.00	February		27.78	4.27	0.00
	April	-28.33	5.05	0.00	March		-1.79	4.90	1.00
	May	-58.25	5.92	0.00	April		-30.12	5.47	0.00
	June	-108.63	20.25	0.00	May		-60.04	6.28	0.00
	July	-133.23	10.05	0.00	June		-110.42	20.36	0.00
	August	-132.73	8.77	0.00	July		-135.01	10.27	0.00
	September	1.79	4.90	1.00	August		-134.52	9.02	0.00
	October	25.52	3.83	0.00	October		23.73	4.37	0.00
	November	18.32	4.54	0.02	November		16.53	5.01	0.13
	December	-2.57	5.62	1.00	December		-4.36	6.00	1.00
	April	January	59.57	4.54	0.00		October	January	5.72
February		57.90	4.44	0.00	February	4.05		2.98	1.00
March		28.33	5.05	0.00	March	-25.52		3.83	0.00
May		-29.92	6.40	0.00	April	-53.85		4.53	0.00
June		-80.30	20.40	0.04	May	-83.77		5.49	0.00
July		-104.89	10.34	0.00	June	-134.15		20.13	0.00
August		-104.40	9.10	0.00	July	-158.75		9.80	0.00
September		30.12	5.47	0.00	August	-158.25		8.48	0.00
October		53.85	4.53	0.00	September	-23.73		4.37	0.00
November		46.65	5.15	0.00	November	-7.20		3.97	1.00
December		25.76	6.12	0.01	December	-28.09		5.16	0.00
May		January	89.49	5.50	0.00	November		January	12.92
	February	87.82	5.41	0.00	February		11.25	3.86	0.34
	March	58.25	5.92	0.00	March		-18.32	4.54	0.02
	April	29.92	6.40	0.00	April		-46.65	5.15	0.00
	June	-50.38	20.63	0.78	May		-76.57	6.01	0.00
	July	-74.98	10.79	0.00	June		-126.95	20.28	0.00
	August	-74.48	9.61	0.00	July		-151.55	10.10	0.00
	September	60.04	6.28	0.00	August		-151.05	8.83	0.00
	October	83.77	5.49	0.00	September		-16.53	5.01	0.13
	November	76.57	6.01	0.00	October		7.20	3.97	1.00
	December	55.68	6.86	0.00	December		-20.89	5.72	0.05
	June	January	139.87	20.13	0.00		December	January	33.81
February		138.20	20.11	0.00	February	32.14		5.08	0.00
March		108.63	20.25	0.00	March	2.57		5.62	1.00
April		80.30	20.40	0.04	April	-25.76		6.12	0.01
May		50.38	20.63	0.78	May	-55.68		6.86	0.00
July		-24.60	22.17	1.00	June	-106.06		20.55	0.00
August		-24.10	21.62	1.00	July	-130.66		10.63	0.00
September		110.42	20.36	0.00	August	-130.16		9.43	0.00
October		134.15	20.13	0.00	September	4.36		6.00	1.00
November		126.95	20.28	0.00	October	28.09		5.16	0.00
December		106.06	20.55	0.00	November	20.89		5.72	0.05

REFERENCES

- 7deniz. (2023). Türkiye'nin, ilk 6 ayda yat ihracatı 550 milyon dolar. Retrieved on August 30, 2023, from <https://www.7deniz.net/turkiyenin-ilk-6-aydaki-yat-ihracati-550-milyon-dolar>
- Aydın, M., & Yılmaz Aydın, T. (2019). Is Turkey really a global competitor in yacht building industry?. *The Online Journal of Science and Technology*, 9(2), 200-208.
- Blumberg, B. F., Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2014). *Business research methods*. Mc Graw Hill Education.
- Cevahir, E. (2020). *SPSS ile Nicel Veri Analizi Rehberi*. Kibeley Yayınları.
- Devereux, S. (2009). Seasonal food crisis and social protection in Africa. In Harriss-White, B., & Heyer, J. (Eds.), *The comparative political economy of development: Africa and South Asia (Vol. 77)* (pp. 111-135). Routledge.
- Dieke, P. U. C. (2011). Aspects of tourism development. In Robinson, P., Heitmann, S., & Dieke, P. (Eds.), *Research themes for tourism* (pp. 16-30). CAB International.
- Gómez, V., & Maravall, H. A. (1998). *Guide for using the programs TRAMO and SEATS: beta version: December 1997*. Banco de España. Servicio de Estudios.
- Goulding, P. (2003). Seasonality: The perennial challenge for visitor attractions. In Fyall, A., Garrod, B., & Leask, A. (Eds.), *Managing visitor attractions: new directions* (pp. 140-158). Butterworth Heinemann.
- Kalita, J. (2023). *Machine learning: Theory and practice*. CRC Press.
- Karaismailoğlu, A. (2022). Bakan Karaismailoğlu: Denizcilik sektörü olmazsa olmazımız. TRT Haber. Retrieved on September 1, 2023, from <https://www.trthaber.com/haber/gundem/bakan-karaismailoglu-denizcilik-sektoru-olmazsa-olmazimiz-704208.html>.
- Levine, D. M., & Stephan, D. F. (2010). *Even you can learn statistics: a guide for everyone who has ever been afraid of statistics*. Pearson Education.
- Merendino, A. (2014). Mega yacht, Italian leadership and financial crisis. Empirical evidence on how Italian leading companies in mega yacht sector overcome the crisis. *European Scientific Journal*, 10(28), 9-35.
- Mooi, E., & Sarstedt, M. (2011). *A concise guide to market research: The process, Data, and methods using IBM SPSS statistics*. Springer.
- Osborn, D. R., & Ghysels, E. (2001). *The econometric analysis of seasonal time series*. Cambridge University Press.
- Polat, Ö., & Uslu, E. E. (2010). *Türkiye'nin dış ticaret verilerinde mevsimsellik [Seasonality in Foreign Trade Data of Turkey]*. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 9(2), 407-423.
- Ross, D. F. (2012). *Distribution: planning and control*. Kluwer Academic Publishers.
- Sarvan, F., Durmuş, E., Köksal, C. D., Başer, G. G., Dirlük, O., Atalay, M., & Almaz, F. (2011). Network based determinants of innovation performance in yacht building clusters. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 24, 1671-1685. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.09.118>
- Schneider, G. (2022). *Economic principles and problems: a pluralist introduction*. Routledge.
- Seven, C. (2018). Turkish ships and yachts: from Turkey to Norway. Retrieved on August 30, 2023, from https://gyhib.org/files/downloads/Yayinlar/fro_m_turkey_to_norway.pdf.
- Sürü, C., & Wagner, M. (2008). Supply chain analysis. In Stadler, H., & Kilger, C. (Eds.), *Supply chain management and advanced planning* (pp. 37-64). Springer.
- Trade Map. (2023). List of importing markets for a product exported by Türkiye. Trade statistics for international business development. Retrieved September 1, 2023, from https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=1%7c792%7c%7c%7c%7c8903%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1

- TSI. (2023). Yachts and other vessels for pleasure or sports; rowing-boats and canoes. Turkish Statistical Institute. Retrieved on August 27, 2023, from https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/disticaret_ing.zul?param1=3¶m2=0&sitcrev=4&isicrev=0&sayac=5907
- Tunç, H. (2017). *Batı Akdeniz bölgesi dış ticaretinde mevsimsel farklılaşma: Friedman analizi*. [Seasonal differences in foreign trade in the western Mediterranean region: Friedman analysis] *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 87-98.
- Turk Yacht. (2022). Türkiye’de Yat Sektörü. Retrieved on August 30, 2023, from <https://yachturk.com/turkiyede-yat-sektoru/>
- UN. (2008). Standard International Trade Classification, Revision 4. United Nations. Retrieved on August 28, 2023, from <https://unstats.un.org/unsd/trade/sitcrev4.htm>
- Vasudeva, P. K. (2006). *International marketing*. Excel Books.
- Yang, Y. C., & Liu, H. P. (2016). Determinants of banking sector’s credit granting policy for the yacht industry in Taiwan. *Maritime Business Review*, 1(1), 55-75. <https://doi.org/10.1108/MABR-03-2016-0002>



Sorgum × Sudanotu Melezi Çeşitlerinde Farklı Anız Yüksekliklerinden Biçimin Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri

Nuri Erecek¹ • Ahmet Gökkuş¹ • Fırat Alatürk¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 17100, Çanakkale, Türkiye, nurierecek@gmail.com, agokkus@yahoo.com, alaturkf@comu.edu.tr

✉ Corresponding Author: nurierecek@gmail.com

Please cite this paper as follows:

Erecek, N., Gökkuş, A., & Alatürk, F. (2023). Sorgum × Sudanotu Melezi Çeşitlerinde Farklı Anız Yüksekliklerinden Biçimin Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 172-185. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.6>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş: 22. 07.2023

Düzeltilme: 16.11.2023

Kabul: 20.11.2023

Çevrimiçi Yayınlanma: 13.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Sorgum × sudanotu melezi

Ot verimi

Besleme değeri

Sindirilebilirlik

Ö Z E T

Bu çalışma değişik anız yüksekliklerinde (5, 10 ve 15 cm) biçilen üç sorgum sudanotu melezi çeşidinin (Greengo, Hay Buster BMR ve Cattleman's Choice) ot verimleri ve kalitelerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma 2019 ve 2020 yıllarında Çanakkale'nin Kalafat köyünde yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olup, çeşit ve anız yükseklikleri olmak üzere iki faktör ele alınmıştır. Çalışmada kuru ot ham protein verimleri yanında ham protein, nötral deterjan lif (NDF), asit deterjan lif (ADF) ve sindirilebilir kuru madde oranları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre; kalan anız yüksekliğinin artışına bağlı olarak sorgum çeşitlerinin kuru ot verimleri azalmıştır. Ham protein oranı sadece çeşitlere, ham protein verimi ise sadece anız yüksekliklerine göre önemli farklılık göstermiştir. Otun NDF ve ADF oranları ile sindirilebilir kuru madde oranı yalnızca yıllara göre önemli değişiklik göstermiştir. Sonuç olarak, Çanakkale şartlarına benzer ekolojilerde yaz döneminde kaba yem üretimi amacıyla yapılacak olan sorgum sudanotu melezi yetiştiriciliğinde Cattleman's Choice çeşidinin tercih edilmesi ve hasadın 5 cm anız kalacak şekilde yapılması önerilmektedir.

The Effects of Harvesting Heights at Different Stubble Heights on Forage Yield and Quality in Sorghum Sudangrass Hybrid Cultivars

ARTICLE INFO

Article History

Article History

Received: 22.07.2023

Revised: 16.11.2023

Accepted: 20.11.2023

Available online: 13.12.2023

Keywords:

Sorghum × sudangrass hybrid cultivar

Forage yield

Nutrient value

Digestibility

A B S T R A C T

This study was carried out to determine the forage yield and quality of three sorghum sudangrass hybrid cultivars (Greengo, Hay Buster BMR and Cattleman's Choice) harvested at different stubble heights (5, 10, and 15 cm). The research was conducted in Kalafat village of Çanakkale Province during 2019 and 2020. The experiment was established using a randomized complete block design with 3 replications. Cultivar and stubble heights were considered as two different factors. Crude protein, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and digestible dry matter ratios along with the yields of hay and crude protein determined in this study. The hay yield of sorghum cultivars decreased depending on the increase in remaining stubble heights. The crude protein ratio showed a difference only in terms of cultivars, but crude protein yield differed significantly only according to stubble heights. NDF and ADF ratios along with the digestible dry matter ratios changed significantly only between the years. According to the overall results of this study, the Cattleman's Choice cultivar and the cutting height of 5 cm could be recommended in sorghum × sudangrass hybrid cultivation for roughage production in summer under ecological conditions similar to Çanakkale province.

GİRİŞ

Buğdaygiller familyasından tropikal bir bitki olan sorgum, genellikle yaz mevsiminde kuru ya da sulu şartlarda kaba yem üretimi için yetiştirilir. Uzun boylu olması ve kardeşlenmesinden dolayı ot verimi yüksektir ve otu lezzetlidir. Tane sorgumun sudanotu ile yapılan melezlemesi sonucu sorgum × sudanotu melezi (SSM) elde edilmiştir (Açıkgöz, 2001). Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) dünyada gıda ve endüstride kullanılan önemli bitkilerin başında gelmektedir (Rooney & Waniska, 2000). Gıda ve yem kaynağı olarak kullanımı yanında, yapı malzemesi, lif ve çit kaynağı olarak da kullanım alanları mevcuttur (House, 1985; Doggett, 1988). Üretilen sorgumun %35'i insan beslenmesinde, kalanı da hayvan beslemesi, alkol üretimi ve sanayide kullanılmaktadır (FAO, 1995; Awika & Rooney, 2004). Afrika, Asya ve Latin Amerika'nın yarı kurak tropik bölgelerinde yaşayan 750 milyona yakın insanın beslenmesinde yer alan ana tahıldır (CCCF, 2011). Dünyada 700'den fazla sorgum varyetesi tanımlanmıştır (Kangama & Rumei, 2005). Özellikle 400-600 mm yağış alan sıcak, yarı kurak alanlarda diğer tahıllara göre uyum yeteneği

üst seviyededir. Kurak dönemlerde terleme ile su kaybını azaltmak için yapraklarını kıvrımda, kuraklığın devamı halinde uyku durumuna geçmektedir. Buharlaştırma ile su kaybını en aza indirmek için yaprak yüzeyleri kalın mumsu kütiküle tabakası ile kaplıdır (Ramatoulaye vd., 2016).

Sorghum 2300 metreye kadar olan yüksekliklerde yetişebilmektedir. Yüksek tane verimi için ortalama hava sıcaklığının en az 25°C olması gerekmektedir (Ramatoulaye vd., 2016). Bitkinin toprak üstü kütlesi oldukça fazla olup, 6 metreye kadar boylanabilmektedir (Dicko vd., 2005). Kökleri derinlere inebilmekte ve fazla toprak altı kütlesi oluşturmaktadır. Yaprakları uzun ve geniştir. Tahıllar içerisinde fenolik bileşikler en zengin olan bitkidir ve bu oran %6'ya kadar ulaşabilmektedir (Beta vd., 2000; Awika & Rooney, 2004; Dicko vd., 2005). Çok çeşitli çevre şartlarına adaptasyonu üst seviyededir. Düzensiz yağış dağılımı ve yüksek hava sıcaklıklarındaki yüksek veriminden dolayı olağanüstü bitki olarak adlandırılmaktadır (Griebel vd., 2019). Yarı kurak alanlarda tuz toleransı, ozmos basıncını ayarlayarak su stresine dayanımı, hayvan

besleme için yüksek enerji içeriğine sahip kütle üretimi gibi karakteristik özellikleri vardır (Buso vd., 2011; Vanamala vd., 2018). Hayvancılık işletmelerinde yüksek besin değeri ve verime sahip yem üretmesinden dolayı yem maliyetlerini en aza indirecek alternatif bir yem bitkisi olma konumundadır (Griebel vd., 2019). Sorgum gelişmiş ülkelerde hayvansal üretimde yem kaynağı olarak kullanılırken, gelişmekte olan ülkelerde insan beslemesinde de kullanılmaktadır (Ribas, 2008). Et hayvancılığında, geviş getiren hayvanların rasyonunda önemli bir yer almaktadır (Jardim vd., 2020).

Türkiye’de hayvancılık sektörü hızla değişmekte, et, süt ve süt ürünleri üretiminde büyükbaş hayvan yetiştiriciliği öne çıkmaktadır. Artan hayvan sayısı tarla ziraatı içinde daha fazla yem bitkileri yetiştiriciliğini zorunlu kılmaktadır. Ancak mevcut durumda bile tarla alanlarının %41,7’si kaba ve kesif yem üretimine tahsis edilmiş durumdadır (Gökkuş & Coşkun, 2023). Gıda üretimi ile rekabete girmeden daha geniş alanlarda yem bitkileri yetiştiriciliği ile artan kaba yem ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Diğer yandan kısıtlı kaynakların daha etkin kullanılması ve kaliteli kaba yem daha ucuz elde edilmesi zorunluluğu vardır. SSM çeşitleri hızlı büyüme ve biçildikten sonra yeniden gelişme yetenekleriyle, hayvan beslemede önemli rol oynamaktadır. Yeşil ot, kuru ot, silaj ve paket ot (haylaj) olarak değerlendirildiği gibi, otlatma amacıyla da kullanılmaktadır (Undersander, 2003; Avcıoğlu vd., 2009).

Biçim zamanı otun kalitesi yanında yeniden gelişme ve sonuçta verim gücünü doğrudan etkiler. Kısa aralıklarla yapılan otlatma veya biçimlerde kaliteli ot elde edilirken, yeniden büyüme için kullanılacak yeterli depo maddesi azaldığı ya da bulunmadığından, yeniden büyüme yavaşlar ve dolayısıyla ikinci ve daha sonraki biçimlerde verim düşer (Holt & Alston, 1968; Willms, 1991; Ansa & Garjila, 2019). Sowiński & Szydełko (2011) SSM’de biçim sayısının artmasıyla kardeş sayısının arttığını, buna karşın fotosentez alanının sürekli azalması nedeniyle kuru madde veriminin %50’ye varan oranlarda azaldığını, en yüksek kuru madde

veriminin tek biçimle elde edildiğini tespit etmişlerdir. Benzer şekilde yoğun biçimlerde kuru madde veriminin azaldığına dair bazı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalar da bulunmaktadır (Lee, 2005; Uher vd., 2005). Erken hasatlarda yüksek kaliteli ot elde edilirken, hasat zamanı geciktikçe ot kabalaşmakta ve besleme değeri düşmektedir (Lang, 2001).

Bu çalışmada da bölgede üreticiler tarafından en çok tercih edilen üç farklı SSM çeşidinin (Greengo, Hay Buster BMR ve Cattleman’s Choice), üç farklı anız yüksekliklerinde hasat edilmesiyle ot verimi ve ot kalitelerindeki değişimleri belirlemek amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma 2019 ve 2020 yıllarında Çanakkale’nin güneybatısında yer alan ve merkeze 31 km uzaklıktaki Kalafat Köyünde çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Deneme alanı hafif eğimli olup, sulu tarım için uygundur. Araştırmada bitki materyali olarak bölgede en çok yetiştirilen Greengo, Hay Buster BMR ve Cattleman’s Choice SSM çeşitleri kullanılmıştır. Denemede kullanılan çeşitler yurtdışından ithal edilmiş olup, Çanakkale’nin Biga ilçesindeki özel sektörden temin edilmiştir.

Deneme alanından alınan toprak örneklerinin analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde (ÇOBİLTUM) yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre, topraklar killi-tınlı bünyeye sahip olup, nötr karakterdedir. Orta kireçli, organik maddesi az, fosfor ve potasyum içerikleri yetersizdir (Tablo 1).

İklim özelliklerinde meteorolojik ölçümlerin yapıldığı Çanakkale merkezi esas alınmıştır. Çanakkale ilinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 15,1°C olarak verilmiştir. Deneme yıllarının ortalama sıcaklıkları ise 2020 yılında 17,5°C ve 2021 yılında 17,0°C olmak üzere uzun yıllar ortalamasının üzerinde yer almıştır. Denemenin yürütüldüğü 6 aylık dönemdeki (mayıs başı-ekim sonu) uzun yıllara ait toplam yağış miktarları 150,2 mm’dir. Araştırmanın ilk yılında bu dönemlerde düşen yağış miktarı 127,2 mm iken, ikinci yılda 157,5 mm yağış düşmüştür (Tablo 2).

Table 1. Characteristics of the soils of experiment area**Tablo 1.** Deneme alanına ait toprakların özellikleri

Örnek	İşba (%)	pH	EC (mS/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
1	70	7,52	0,86	8,69	1,92	2,90	80,0
	Killi-tınlı	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
2	65	7,35	0,87	7,77	1,91	2,50	76,0
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az

Table 2. Data of rainfall and temperature for the experiment years and long years of Çanakkale**Tablo 2.** Çanakkale'nin deneme yılları ile uzun yıllara ait yağış ve sıcaklık verileri

Aylar	Toplam Yağış (mm)			Ortalama Sıcaklık (°C)		
	UY*	2019	2020	UY	2019	2020
Ocak	93,2	93,2	57,2	6,2	7,7	7,3
Şubat	72,2	68,4	48,0	6,7	7,2	9,7
Mart	66,9	64,5	24,3	8,3	10,8	11,7
Nisan	45,3	86,6	55,7	12,5	13,4	12,3
Mayıs	30,4	4,5	54,6	17,5	19,6	18,2
Haziran	24,2	56,8	38,8	22,2	25,8	22,6
Temmuz	11,6	19,6	0,1	25,0	26,7	27,0
Ağustos	6,6	10,5	3,2	25,0	27,5	27,1
Eylül	23,1	1,0	9,5	21,0	23,4	24,7
Ekim	54,3	34,8	51,3	16,1	19,4	19,3
Kasım	86,6	18,8	0,7	12,0	17,5	12,7
Aralık	107,7	47,2	113,8	8,3	11,2	11,5
Toplam	621,8	505,9	457,2	-	-	-
Ortalama	-	-	-	15,1	17,5	17,0

Not: UY: Uzun yıllar.

Table 3. Dry hay yields of SSM cultivars in terms of remaining stubble height (kg/da)**Tablo 3.** SSM çeşitlerinin bırakılan anız yüksekliklerine göre kuru ot verimleri (kg/da)

Çeşit	Anız Yüksekliği			Ortalama
	5 cm	10 cm	15 cm	
2019				
Greengo	2278,1	1747,7	1592,1	1872,7 B
Hay Buster BMR	2452,4	1877,9	1669,3	1999,9 B
Cattleman's Choice	2690,7	2335,7	2134,8	2387,1 A
Ortalama	2473,7 A	1987,1 B	1798,7 B	2086,5 A*
Önemlilik	Ç: 0,0046, AY: 0,0005, Ç×AY: 0,9547			
2020				
Greengo	2091,9	1656,1	1518,9	1755,6
Hay Buster BMR	1979,3	1788,0	1343,2	1703,5
Cattleman's Choice	1726,3	1618,3	1518,9	1621,3
Ortalama	1932,5 A	1687,6 AB	1460,3 B	1693,5 B*
Önemlilik	Ç: 0,6881, AY: 0,0256, Ç×AY: 0,7024			
Yıllar Ortalaması				
Greengo	2185,0	1701,9	1555,5	1814,1
Hay Buster BMR	2215,9	1832,9	1506,3	1851,7
Cattleman's Choice	2208,5	1977,2	1826,8	2004,2
Ortalama	2203,1 A	1837,4 B	1629,5 B	1890,0
Önemlilik	Ç: 0,2590, AY: 0,0001, Ç×AY: 0,7878, Y: 0,0003			

Not: Ç: Çeşit, AY: Anız yüksekliği, Y: Yıl. *: Yılların ortalamasını ifade etmektedir.

Table 4. Crude protein ratios of SSM cultivars in terms of remaining stubble height (%)**Tablo 4.** SSM çeşitlerinin bırakılan anız yüksekliklerine göre ham protein oranları (%)

Çeşit	Anız Yüksekliği			Ortalama
	5 cm	10 cm	15 cm	
2019				
Greengo	13,73	12,69	12,02	12,81A
Hay Buster BMR	10,79	11,57	10,38	10,91 B
Cattleman's Choice	11,24	9,72	8,07	9,68 B
Ortalama	11,92	11,33	10,16	11,13
Önemlilik	Ç: 0,0036, AY: 0,1033, Ç×AY: 0,6325			
2020				
Greengo	12,25	11,92	11,54	11,90
Hay Buster BMR	11,51	12,37	11,64	11,84
Cattleman's Choice	12,51	11,16	10,78	11,49
Ortalama	12,09	11,82	11,32	11,74
Önemlilik	Ç: 0,8214, AY: 0,5617, Ç×AY: 0,7586			
Yıllar Ortalaması				
Greengo	12,99	12,31	11,78	12,36 A
Hay Buster BMR	11,15	11,97	11,01	11,38 AB
Cattleman's Choice	11,88	10,44	9,43	10,58 B
Ortalama	12,00	11,57	10,74	11,44
Önemlilik	Ç: 0,0140, AY: 0,0967, Ç×AY: 0,4703, Y: 0,2047			

Not: Ç: Çeşit, AY: Anız yüksekliği, Y: Yıl. *: Yılların ortalamasını ifade etmektedir.

Table 5. Crude protein yields of SSM cultivars in terms of remaining stubble height (kg/da)**Tablo 5.** SSM çeşitlerinin bırakılan anız yüksekliklerine göre ham protein verimleri (kg/da)

Çeşit	Anız yüksekliği			Ortalama
	5 cm	10 cm	15 cm	
2019				
Greengo	316,5	227,4	198,9	247,6
Hay Buster BMR	263,4	214,3	179,8	219,2
Cattleman's Choice	303,6	227,0	173,5	234,7
Ortalama	294,5 A	222,9 B	184,1 B	233,8 A*
Önemlilik	Ç: 0,5343, AY: 0,0015, Ç×AY: 0,9293			
2020				
Greengo	256,3	196,0	172,3	208,2
Hay Buster BMR	230,1	219,7	160,1	203,3
Cattleman's Choice	217,2	176,5	162,6	185,4
Ortalama	234,5 A	197,4 AB	165,0 B	199,0 B*
Önemlilik	Ç: 0,4528, AY: 0,0065, Ç×AY: 0,7624			
Yıllar Ortalaması				
Greengo	286,4	211,7	185,6	227,9
Hay Buster BMR	246,7	217,0	170,0	211,2
Cattleman's Choice	260,4	201,8	168,1	210,1
Ortalama	264,5 A	210,1 B	174,5 B	216,4
Önemlilik	Ç: 0,5517, AY: 0,0001, Ç×AY: 0,8993, Y: 0,0235			

Not: Ç: Çeşit, AY: Anız yüksekliği, Y: Yıl. *: Yılların ortalamasını ifade etmektedir.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olup, çeşit ve anız yükseklikleri (5, 10 ve 15 cm) olmak üzere iki faktör ele alınmıştır. Buna göre deneme toplam 27 parselden (3 çeşit × 3 anız yüksekliği × 3 tekerrür) meydana gelmiştir. Parseller 4 sıradan oluşmuş, sıra arası 35 cm ve süre üzeri de 5 cm olacak şekilde tanzim edilmiştir. Buna göre parsel alanı 25,2 m² (6 m × 4,2 m) ve toplam parsel alanı ise 226,8 m² (3 çeşit × 3 tekerrür × 25,2 m²) olarak kurulmuştur. Fakat gerekli mekanizasyon işlemlerinin yapılabilmesi için deneme alanı 300 m² olarak düzenlenmiştir. Deneme alanı ilk önce pullukla derin sürülmüş, daha sonra tohum yatağının hazırlanması için sırasıyla kültivatör ve tırmık ile işlenmiştir. Tohumlar toprak sıcaklığı yaklaşık 15°C'ye ulaştığında araştırmanın birinci yılında 6 Mayıs, ikinci yılında ise 13 Mayıs tarihinde elle ekilmiştir. Araştırmada bitkiler 70 cm boya ulaştığında üç farklı anız yüksekliğinden biçilmiştir. Her iki yılda da toplamda ikişer biçim yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesinde çapa kullanılmıştır. Bitkiler damla sulama yöntemi ile yaklaşık haftada bir kez olacak şekilde sulanmıştır.

Ot verimini belirlemek için parsellerin kenar tesirleri (kenarlardan birer sıra, başlardan 50'şer cm) çıkarıldıktan sonra kalan kısım (2,25 m²) biçilmiş ve hemen tartılmıştır. Biçilen yaş ot örneklerinden 1 kg örnek alınmış ve önce havada, daha sonra 65°C'ye ayarlı fırında 48 saat kurutulup tartılmıştır. Tartım sonuçlarından kuru ot verimleri hesaplanmıştır (Altın & Gökkuş, 1988). Ham protein oranı AOAC (1990)'ye göre Kjeldahl yöntemi ile bulunmuştur. Ham protein verimi kuru ot verimi ile ham protein oranı çarpılarak hesaplanmıştır. Nötral deterjan lif (NDF) ve asit deterjan lif (ADF) oranları Van Soest vd. (1991) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiş, sindirilebilir kuru madde oranı da Oddy vd. (1983)'ne göre hesaplanmıştır. Araştırmadan elde edilen veriler tesadüf blokları deneme deseninde varyans analizi tekniğine göre JMP 13 (SW) paket programı ile değerlendirilmiş ve ortalamalar AÖF Çoklu Karşılaştırma Testiyle karşılaştırılmıştır.

BULGULAR

Kuru Ot Verimi

Araştırmanın ilk yılına ait kuru ot verimleri çeşitlere ve biçim yüksekliklerine göre istatistiki olarak önemli değişim gösterirken, çeşit×biçim yüksekliği etkileşimi önemsiz olmuştur. İkinci yıl ve iki yıllık ortalama da ise sadece biçim yüksekliklerine göre önemli farklılık bulunmuştur. Yıllara göre kuru ot verimindeki farklılık da önemli olmuştur. Denemenin ilk yılında ortalama en yüksek kuru ot verimi 2387,1 kg/da ile Cattleman's Choice çeşidinde belirlenmiştir. Diğer çeşitler arasındaki verim farklılığı önemsiz düzeyde kalmıştır. İkinci yılda çeşitlerin kuru ot verimleri birbirlerine yakın olmuş (1621,3-1755,6 kg/da), aynı durum yıllar ortalamasında da 1814,1-2004,2 kg/da olmak üzere ortaya çıkmıştır (Tablo 3).

Deneme yılları ve yılların ortalamasında bırakılan anız yüksekliklerinin artışına bağlı olarak kuru ot verimleri azalmıştır. İlk yılda en yüksek kuru ot verimi 2473,7 kg/da ile 5 cm yükseklikten biçilen parsellerde tespit edilirken, en düşük verim 1798,7 kg/da ile 15 cm yükseklikten biçilen parsellerde belirlenmiştir. Aynı değişim ikinci yıl ve iki yıllık ortalama da kaydedilmiştir (Tablo 3).

Ham Protein Oranı

SSM çeşitlerine ait otun ham protein içerikleri araştırmanın ilk yılı ve yıllar ortalamasında çeşitlere göre önemli değişim gösterirken, anız yükseklikleri ve çeşit×anız yüksekliği etkileşimleri gerek deneme yılları gerekse yıllar ortalamasında önemli olmamıştır. Yıllar arasındaki farklılık da önemsiz düzeyde kalmıştır (Tablo 4).

Araştırmanın ilk yılında ortalama en yüksek ham protein oranına (%12,81) sahip ot Greengo çeşidinden hasat edilmiştir. Diğer iki çeşidin otları daha az ham protein içermişlerdir (Hay Buster BMR çeşidi %10,91 ve Cattleman's Choice %9,68). İkinci yılda SSM çeşitlerinin otunun ham protein oranları %11,49-11,90 arasında değişmiştir. İlk yılın verilerinden kaynaklı olarak, iki yılın ortalamasında çeşitlerin ham protein oranları arasında önemli farklılık görülmüştür. Bu farklılık Greengo (%12,36) ve Cattleman's Choice

(%10,58) çeşitlerinin protein oranlarından ileri gelmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak, biçimlerde bırakılan anız yüksekliklerine göre otun ham protein oranları 2019 yılında %10,16-11,92, 2020'de %11,32-12,09 ve yıllar ortalamasında %10,74-12,00 arasında yer almıştır (Tablo 4).

Ham Protein Verimi

Araştırma yılları ve ortalamasında ham protein verimleri sadece anız yüksekliklerine göre önemli değişim gösterirken, çeşitler arasındaki farklılıklar ve çeşit×anız yüksekliği etkileşimleri önemsiz bulunmuştur. Yıllara göre çeşitlerin ham protein verimleri arasında önemli farklılık ortaya çıkmıştır. Çeşitlerin ortalama ham protein verimleri ilk yılda 219,2-247,6 kg/da, ikinci yılda 185,4-208,2 kg/da, iki yılın ortalamasında ise 210,1-227,9 kg/da arasında değişmiştir. Aralarındaki farklılık önemli olmamakla birlikte, her iki yılda da Greengo çeşidi diğerlerinden biraz daha yüksek ham protein verimine sahip olmuştur. Biçimdeki anız yüksekliklerinin artışına bağlı olarak ham protein verimlerinde düzenli bir azalma görülmüştür. En dipten (5 cm) biçilen parsellerin ham protein verimleri ilk yıl 294,5 kg/da, ikinci yıl 234,5 kg/da ve yıllar ortalamasında ise 264,5 kg/da olmak üzere diğer anız yüksekliklerinden biçilen parsellerin ham protein verimlerinden yüksek bulunmuştur (Tablo 5).

NDF ve ADF Oranları

Deneme yılları ve ortalamasında hasat edilen SSM otunun NDF oranlarının çeşitlere ve anız yüksekliklerine göre değişimi önemsiz olduğu gibi, bunların ikili etkileşimleri de önemsiz bulunmuştur. Çeşitlerin yıllara göre NDF içerikleri önemli değişim göstermiştir (Tablo 6).

Denemenin ilk yılında ortalama NDF oranları çeşitlere göre %58,85-64,44, anız yüksekliklerine göre ise %60,61-64,21 arasında değişmiştir. İkinci yılda anız yüksekliklerine göre ortalama NDF içerikleri %57,62-59,98 ve çeşitlere göre de %58,73-59,28 arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalamada NDF oranları çeşitlere göre %58,85-61,86 ve anız yüksekliklerine göre %59,75-61,64 arasında yer almıştır (Tablo 6).

Yıllar ve ortalamasında SSM otunun ADF içerikleri çeşitlere, bırakılan anız yüksekliklerine ve bunlar arasındaki etkileşimlere göre istatistiki olarak önemli farklılık göstermemiş, ancak yıllar arasındaki farklılık önemli olmuştur. Çeşitlere göre otun ADF içerikleri 2019 yılında ortalama %32,50-36,40, 2020 yılında %40,72-41,33 ve iki yılın ortalamasında %36,61-38,87 olarak tespit edilmiştir. Bırakılan anız yüksekliklerine göre ise 2019 ve 2020 yılları ile yıllar ortalamasında ADF oranları sırasıyla %33,90-35,76, %40,06-41,65 ve %36,97-38,38 arasında değişim göstermiştir (Tablo 7).

Sindirilebilir Kuru Madde Oranı

Araştırmanın ilk yılında biçilen otun sindirilebilir kuru madde oranları sadece çeşitlere göre önemli değişim göstermiştir. İkinci yıl ve iki yıllık ortalamada ise sindirilebilir kuru madde oranları hem çeşitlere ve anız yüksekliklerine hem de bunlar arasındaki etkileşimlere göre önemsiz bulunmuştur. Yıllara göre sindirilebilir kuru madde oranları arasındaki farklılık ise önemli olmuştur (Tablo 8).

TARTIŞMA

SSM çeşitlerinin kuru ot verimleri arasındaki farklılık sadece 2019 yılında önemli bulunmuş ve Cattleman's Choice çeşidi verim bakımından öne çıkmıştır. Bu durum bu çeşidin çevre ve yetiştirme şartlarına diğerlerinden daha iyi uyum sağladığını göstermektedir. SSM çeşitleri ile yürütülen birçok araştırmada ot verimleri arasında önemli farklılıklar kaydedilmiş (Balabanlı & Türk, 2005; Keskin vd., 2005; Nazlı vd., 2013; Budak & Kır, 2019) ve bu hususta çeşitlerin genetik yapıları önemli yer tutmuştur. Biçimde bırakılan anız yüksekliğinin artışı ile ot verimleri azalmıştır. En yüksek ot verimi 5 cm anız kalacak şekilde biçilen parsellerden elde edilmiştir. Anızı 15 cm olan bitkilere göre 5 cm anız bırakılan parsellerde fazladan 10 cm'lik sürgün (gövde + yaprak) kısmı da hasat edilmektedir. Bitki örtülerinde yüksekliğin artması ile toplam kütlede de artış olmaktadır (Proulx, 2021). Bu sebeple dipten biçimlerde biçilen toplam kütle de artmaktadır (Holt & Alston, 1968). Anız yüksekliğinin ot verimi üzerine etkileri konusunda benzer bulgular arpa ile yürütülen bir araştırmada da ortaya konmuştur. Arpada en yüksek ot verimleri en kısa (5 cm) anız bırakılan

uygulamada elde edilmiştir (Gökkuş vd., 2017). Sorgum sudan otu ve şeker sorgum çeşitlerinin farklı biçim yüksekliklerine göre ot verimlerindeki değişimlerin incelendiği başka bir çalışmada da yine biçim yükseklikleri arttıkça ot verimlerinin düştüğü bulgusuna ulaşılmıştır (Alatürk vd., 2022). Bitkilerin büyüme dönemi, gelişme sürecinin uzunluğu (Koca & Ereku, 2016) ve verimi (Ali, 2013) doğrudan iklim şartları tarafından etkilenir. Bu sebeple tarla denemelerinin en az iki yıllık olarak planlanması önerilmektedir. Bu deneme de iki yıl yürütülmüş ve ot verimleri bakımından yıllar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Dolayısıyla bu durumun özellikle bitkilerin büyüdüğü süreçte hava olaylarındaki değişimin yıllar arasında çok farklı olmamasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada SSM çeşitlerinin deneme ortalaması olarak hesaplanan ham protein oranına ait %11,44 değeri, Özasan Parlak & Sevimay (2007) tarafından belirlenen 11,17'ye yakın, İptaş (1993), Aydın & Albayrak (1995), Büyükburç (1997), Yılmaz &

Sağlamtimur (1997), Çiğdem & Uzun (2006) ve Salman & Budak (2015) tarafından sırasıyla %6,2, 8,35, 8,5-10,2, 8,2, 6,07-1,10 ve 7,90-9,57 olarak ölçülen ham protein oranlarından daha yüksek ve Karataş (2011) tarafından %13,95-15,07 olarak tespit edilen orandan daha düşük bulunmuştur. Bu farklılıklar çeşit ve çevre farklılıklarından ileri gelmiştir. Çeşitlerin fizyolojik işlevleri (ham protein üretimleri) ve bunlar üzerindeki çevresel etkileri farklı olduğundan (Kang, 2002), ham protein oranında çeşitlere göre ortaya çıkan değişimin genetik farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum SSM çeşitlerinin ele alındığı birçok çalışmada (Nazlı vd., 2013; Salman & Budak, 2015) benzer şekilde ortaya konmuştur. Ham protein oranlarının anız yüksekliklerine göre önemli bir değişim göstermemesi, sapın dip kısmında protein oranının üst kısımlarına yakın olduğunu göstermektedir. Ot verimlerinde olduğu gibi, yıllara göre SSM çeşitlerinin ham protein oranlarında da önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Yılların iklim özelliklerinin yakın seyretmesi bu durumda etkili olmuştur.

Table 6. NDF contents of hay of SSM cultivars in terms of remaining stubble height (%)

Tablo 6. SSM çeşitlerinin bırakılan anız yüksekliklerine göre otun NDF içerikleri (%)

Çeşit	Anız Yüksekliği			Ortalama
	5 cm	10 cm	15 cm	
2019				
Greengo	58,70	62,71	55,15	58,85
Hay Buster BMR	66,08	62,13	65,12	64,44
Cattleman's Choice	63,34	67,80	61,53	64,23
Ortalama	62,71	64,21	60,61	62,51 A*
Önemlilik	Ç: 0,0788, AY: 0,3983, Ç×AY: 0,4637			
2020				
Greengo	59,68	57,43	59,42	58,84
Hay Buster BMR	60,13	58,07	59,64	59,28
Cattleman's Choice	60,12	57,38	58,69	58,73
Ortalama	59,98	57,62	59,25	58,95 B*
Önemlilik	Ç: 0,6155, AY: 0,4114, Ç×AY: 0,9373			
Yıllar Ortalaması				
Greengo	58,70	62,62	61,20	58,85
Hay Buster BMR	60,74	60,90	63,27	61,86
Cattleman's Choice	57,10	62,07	60,06	61,51
Ortalama	60,84	61,64	59,75	
Önemlilik	Ç: 0,0796, AY: 0,4179, Ç×AY: 0,6182, Y: 0,0040			

Not: Ç: Çeşit, AY: Anız yüksekliği, Y: Yıl. *: Yılların ortalamasını ifade etmektedir.

Table 7. ADF contents of hay of SSM cultivars in terms of remaining stubble height (%)**Tablo 7.** SSM çeşitlerinin bırakılan anız yüksekliklerine göre otun ADF içerikleri (%)

Çeşit	Anız Yüksekliği			Ortalama
	5 cm	10 cm	15 cm	
2019				
Greengo	33,43	34,00	30,06	32,50
Hay Buster BMR	36,98	34,23	38,00	36,40
Cattleman's Choice	36,87	36,45	33,63	35,65
Ortalama	35,76	34,89	33,90	34,85 B*
Önemlilik	Ç: 0,1539, AY: 0,6604, Ç×AY: 0,5893			
2020				
Greengo	41,20	39,83	41,13	40,72
Hay Buster BMR	41,82	40,46	41,71	41,33
Cattleman's Choice	41,93	39,88	40,52	40,78
Ortalama	41,65	40,06	41,12	40,94 A*
Önemlilik	Ç: 0,3100, AY: 0,4712, Ç×AY: 0,7328			
Yıllar Ortalaması				
Greengo	36,98	37,80	35,05	36,61
Hay Buster BMR	39,09	38,30	39,21	38,87
Cattleman's Choice	39,04	39,04	36,63	38,24
Ortalama	38,37	38,38	36,97	37,91
Önemlilik	Ç: 0,0917, AY: 0,7526, Ç×AY: 0,6135, Y: 0,0001			

Not: Ç: Çeşit, AY: Anız yüksekliği, Y: Yıl. *: Yılların ortalamasını ifade etmektedir.

Table 8. Digestible dry matter ratios of SSM cultivars in terms of remaining stubble height (%)**Tablo 8.** SSM çeşitlerinin bırakılan anız yüksekliklerine göre sindirilebilir kuru madde oranları (%)

Çeşit	Anız Yüksekliği			Ortalama
	5 cm	10 cm	15 cm	
2019				
Greengo	58,64	56,82	63,10	59,52 A
Hay Buster BMR	51,99	52,53	51,31	51,95 B
Cattleman's Choice	52,62	54,11	57,72	54,82 C
Ortalama	54,42	54,49	57,38	55,43 A*
Önemlilik	Ç: 0,0155, AY: 0,3670, Ç×AY: 0,6889			
2020				
Greengo	40,77	45,69	45,17	43,87
Hay Buster BMR	40,84	46,48	45,12	44,15
Cattleman's Choice	38,33	45,80	46,06	43,40
Ortalama	39,98	46,00	45,45	43,71 B*
Önemlilik	Ç: 0,8625, AY: 0,1885, Ç×AY: 0,8354			
Yıllar Ortalaması				
Greengo	51,05	49,87	54,17	51,70
Hay Buster BMR	47,68	47,81	48,65	48,05
Cattleman's Choice	47,14	48,57	51,17	48,96
Ortalama	48,63	48,75	51,33	
Önemlilik	Ç: 0,0660, AY: 0,5286, Ç×AY: 0,8630, Y: 0,0001			

Not: Ç: Çeşit, AY: Anız yüksekliği, Y: Yıl. *: Yılların ortalamasını ifade etmektedir.

Ham protein verimi kuru ot verimi ile otun ham protein oranının çarpımı ile hesaplanmaktadır. Dolayısıyla ham protein verimini kuru ot verimi ve ham protein oranındaki değişimler etkilemektedir. Denemede bırakılan anız yüksekliklerinin artışına bağlı olarak ham protein verimleri azalmıştır. Bunun nedeni SSM çeşitlerinin kuru ot verimlerinin anız yüksekliklerinin artışlarına bağlı olarak ot verimlerindeki düşüş olmuştur. Zira ham protein oranları anız yüksekliklerine göre önemli değişim göstermemiştir (Tablo 4). Bu çalışmada ortalama ham protein verimleri 170-260 kg/da aralığında değerlere sahip olmuştur. Farklı sorgum çeşitleri ile yapılan çalışmalarda ortalama ham protein verimleri 96 kg/da (Aydın & Albayrak, 1995), 57 kg/da (Yılmaz & Sağlamtimur, 1997), 89-126 kg/da (Hoşaflioğlu, 1998) ve 136,6 kg/da (Yılmaz & Hoşaflioğlu, 2000) olarak verilmiştir.

SSM çeşitlerinin farklı anız yüksekliklerine göre hücre çeperi bileşenleri (NDF ve ADF) araştırma yıllarında önemli değişim göstermemiştir. Bu durum çeşitlerin gelişmelerinin eş zamanlı ve hücre çeperi yapılarının da birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Yapılan benzer çalışmalarda ortalama NDF oranları %57 (Güven, 2017), %58-61 (Nazlı, 2011) ve %63-74 (Akdeniz vd., 2003), ortalama ADF oranları da %36-45 (Akdeniz vd., 2003), %6-10 (Kaplan & Kızılsimşek, 2012) ve %30 (Güven, 2017) aralıklarında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, genelde bulunan değerlerle uyumludur. Bitkilerin büyüme dönemindeki ortalama sıcaklıklar hücre çeperi bileşenlerini etkilemektedir. Özellikle buğdaygillerde hava sıcaklıklarının yükselmesi ile birlikte NDF ve ADF gibi hücre çeperi maddelerinde artış yaşanmaktadır (Wilson vd., 1975; Deinum, 1976; Wilson, 1994). Bu çalışmada bitkilerde etkin büyümenin olduğu haziran-eylül arasında ortalama aylık sıcaklıklar iki yılda da birbirine yakın olmuştur (2019'da 25,9°C, 2020'de 25,4°C). Bu da yıllar arasında değişimi önemsiz kılmıştır.

Farklı SSM çeşitlerinin sindirilebilir kuru madde oranları sadece araştırmanın ilk yılında çeşitlere göre önemli düzeyde değişmiştir. Otun sindirilebilirliği üzerinde NDF ve ADF gibi hücre çeperi bileşenlerinin yanında ham protein gibi besin maddeleri de etkilidir. Hücre çeperini oluşturan yapısal karbonhidratların

artması sindirilebilirliği azaltırken (Oba & Allen, 1999; Mahyuddin, 2008; Spanghero & Zanfi, 2009), ham protein oranının yükselmesi sindirilebilmeyi artırmaktadır (Glover & Duthie, 1958; Ammar vd., 2005). Bu çalışmada da Greengo çeşidinde sindirilebilir kuru madde oranının yüksek olması hücre çeperi bileşenlerinden (NDF ve ADF) ileri gelmektedir. Bu çeşidin hücre çeperi bileşenleri düşük olduğu için otunun sindirilme oranı da yüksek bulunmuştur. Anız yüksekliklerindeki değişimin otun ham protein ve hücre çeperi bileşenlerinde önemli bir farklılık yaratmaması, sindirilebilirliği üzerinde de etkili olmamasına sebep olmuştur. Bu araştırmada ortalama sindirilebilir kuru madde oranları %43-59 arasında değişim göstermiştir. SSM çeşitleri ile yapılan çalışmalarda ortalama sindirilebilir kuru madde oranları %51-60 (Akdeniz vd., 2002) ve %52-67 (White & Bolsen, 1988; Sonon vd., 1991) arasında değişmek üzere bulunan değerlere yakın olmuştur.

SONUÇ

Bu çalışma üç farklı sorgum sudan otu melezi çeşidinin (Greengo, Hay Buster BMR ve Cattleman's Choice), üç farklı anız yüksekliklerinde hasat edilmesiyle ot verimi ve ot kalitelerindeki değişimleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olup, çeşit ve anız yükseklikleri (5, 10 ve 15 cm) olmak üzere iki faktör ele alınmıştır. Yapılan çalışmanın sonucuna göre anız yüksekliğinin artışına bağlı olarak sorgum çeşitlerinin üretmiş oldukları kuru ot miktarları azalmıştır. Ham protein oranı sadece çeşitlere, ham protein verimi ise anız yüksekliklerine göre önemli farklılıklar göstermiştir. Anız yüksekliklerinin artışına bağlı olarak ham protein verimleri düşmüştür. Otun NDF ve ADF oranları ile sindirilebilir kuru madde oranı sadece yıllara göre önemli değişiklik göstermiştir.

Araştırmanın sonucuna göre, benzer ekolojilerde yaz döneminde kaba yem üretimi amacıyla yapılacak olan SSM yetiştiriciliğinde Cattleman's Choice çeşidinin tercih edilmesi ve bu yetiştiricilikte biçimin 5 cm anız kalacak şekilde yapılması uygun görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Nuri ERECEK'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Etik Standartlara Uygunluk

Yazarların Katkısı

NE: Makalenin ilk taslağını yazmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

AG: Çalışmayı tasarlamıştır. Makalenin ilk taslağını yazmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

FA: İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

Yazarlar metnin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Etik Onay

Yazar bu çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

Veri Kullanılabilirliği Bildirimi

Yazarlar, bu çalışmanın bulgularını destekleyen verilerin makale içinde mevcut olduğunu onaylamaktadır.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E. (2001). *Yem Bitkileri*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, Vipaş A.Ş. Yayın No: 58.
- Akdeniz, H., Karlı, M. A., Nursoy, H., & Yılmaz, İ. (2003). Bazı tane sorgum çeşitlerinin besin madde kompozisyonu ve sindirilebilir kuru madde veriminin belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27(6), 1349-1355.
- Akdeniz, H., Yılmaz, İ. H., Keskin, B., & Arvas, Ö. (2002). The effects of different nitrogen levels on yield and yield components of some silage sorghum (*Sorghum vulgare* L.) varieties grown under irrigated conditions in Van-Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 7(2), 52-60.

- Alatürk, F., Gökkuş, A., Baytekin, H., & Ali, B. (2022). Effects of different harvesting practices on the agronomic characteristics of some sweet sorghum and sorghum x sudangrass hybrid varieties. *4th. International Conference on Natural Sciences and Technologies (ICONAT-2022)*, Antalya, Türkiye. pp. 57.
- Ali, M. (2013). *Climate Change Impacts on Plant Biomass Growth*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5370-9>
- Altın, M., & Gökkuş, A. (1988). Erzurum sulu koşullarında bazı yem bitkileri ile bunların karışımlarının değişik ekim şekillerindeki kuru ot verimleri üzerinde bir araştırma. *Doğa Tarım ve Orman Dergisi*, 12(1), 24-36.
- Ammar, H., López, S., González, J. S., & Ranilla, M. J. (2005). Relationship between chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish browse plant species. In E. Molina Alcaide, H. Ben Salem, K. Biala & P. Morand-Fehr (Eds.), *Sustainable Grazing, Nutritional Utilization and Quality of Sheep and Goat Products* (pp. 327-332). CIHEAM, Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 67.
- Ansa, J. E. O., & Garjila, Y. A. (2019). Effect of cutting frequency on forage growth and yield in elephant grass in the southern rainforest of Nigeria. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 5(7), 1-5.
- AOAC. (1990). *Official Method of Analysis* (15th Edition). Association of Official Analytical 12 Chemists, Washington, DC, USA, pp. 66-88.
- Avcioğlu, R., Geren, H., & Kavut, Y. T. (2009). Sorgum sudanotu ve sorgum x sudanotu melezi. In R. Avcioğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ (Eds.), *Yembitkileri Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yembitkileri* (ss. 680-701). TKB TÜGEM.
- Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. *Phytochemistry*, 65(9), 1199-1221. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>

- Aydın, İ., & Albayrak, S. (1995). Samsun ekolojik şartlarında II. ürün olarak yetiştirilen bazı bitkilerin farklı biçim zamanlarında ot ve ham protein verimleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(3), 71-81.
- Balabanlı, C., & Türk, M. (2005). Sorgum, Sudanotu melez ve çeşitlerinin Isparta koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1-5.
- Beta, T., Rooney, L. W., Marovatsanga, L. T., & Taylor, J. R. N. (2000). Effect of chemical treatments on polyphenols and malt quality in sorghum. *Journal Cereal Science*, 31(3), 295-302. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0310>
- Budak, T., & Kır, H. (2019). Sıra aralıklarının sorgum ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinin verim ve kalite üzerine etkisi. *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 6(12), 49-58.
- Buso, W. H. D., Morgado, H. S., Silva, L. B., & França, A. F. S. (2011). Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *PUBVET*, 5(23), 1145. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v5n23.1145>
- Büyükburç, U. (1997). Silage production possibility of *Sorghum vulgare*, *S. sudanense* and their hybrids on the second crop condition of Tokat-Turkey. XVIII. *International Grassland Congress*, Canada, Vol. 2, Session 19, 9-10.
- CCCF. (2011). *Working Paper on Sycotoxins in Sorghum*. Joint FAO / WHO Food Standards Codex Committee on Contaminants in Foods (CCCF).
- Çiğdem, İ., & Uzun, F. (2006). Samsun ili taban alanlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı silajlık sorgum ve mısır çeşitleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 14-19.
- Deinum, B. (1976). Effects of age, leaf number and temperature on cell wall and digestibility of maize. In: B. Gaillard (Ed.), *Carbohydrate Research in Plants and Animals* (pp. 29-41). Miscellaneous Papers 12, Landbouwhogeschool, Wageningen, The Netherlands.
- Dicko, M. H., Gruppen, H., Traore, A. S., van Berkel, W. J. H., & Voragen, A. G. J. (2005). Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2581-2588. <https://doi.org/10.1021/jf0501847>
- Doggett, H. (1988). *Sorghum* (2nd ed.) Longman Scientific & Technical.
- FAO. (1995). *Sorghum and Millet in Human Nutrition*. FAO Food and Nutrition Series No. 27, ISBN 92-5-103381-1.
- Glover, J., & Duthie, D. W. (1958). The nutritive ratio/crude-protein relationships in ruminant and non-ruminant digestion. *The Journal of Agricultural Science*, 50(2), 227-229. <https://doi.org/10.1017/S0021859600031075>
- Gökkuş, A., & Coşkun, E. (2023). Geleceğin Türkiye'sinde Doğal Çayır ve Meraların Önemi. *Acta Natura et Scientia*, 4(1), 58-67. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.353.06>
- Gökkuş, A., Birer, S., & Alatürk, F. (2017). Farklı arız yükseklikleri kalacak şekilde yapılan biçimlerin arpanın ot verimi ve kalitesine etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı), 121-125. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.349008>
- Griebel, S., Webb, M. M., Campanella, O. H., Craig, B. A., Weil, C. F., & Tuinstra, M. R. (2019). The alkali spreading phenotype in Sorghum bicolor and its relationship to starch gelatinization. *Journal of Cereal Science*, 86, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.002>
- Güven, Y. (2017). Biçim Sıklığı ve Yüksekliğinin Bursa Koşullarında Sorgum-Sudanotu Melezinin Verim ve Kalitesine Etkisi Üzerine Bir Araştırma [Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi].
- Holt, E. C., & Alston, G. D. (1968). Response of sudangrass hybrids to cutting practices. *Agronomy Journal*, 60(3), 303-306. <https://doi.org/10.2134/agronj1968.00021962006000030017x>
- Hoşaflioğlu, İ. (1998). Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve sorgum×sudanotu (*Sorghum bicolor*-*Sorghum sudanense* Stapf.) melezi çeşitlerinin silaj amacıyla ikinci ürün olarak yetiştirme olanakları [Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi].

- House, L. R. (1985). *A Guide to Sorghum Breeding* (2nd ed.). International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT).
- İptaş, S. (1993). Tokat yöresinde sorgum ve sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinde yararlanma imkânları. *Tarla Bitkileri Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Kongresi, Türkiye*, ss. 341-351.
- Jardim, A. M., Silva, G. İ. N., Biesdorf, E. M., Pinheiro, A. G., Silva, M. V., Araujo Júnior, G. N., Santos, A., Alves, H. K. M. N., Sa Souza, M., Morais, J. E. F., Alves, C. P., & Silva, T. G. F. (2020). Production potential of *Sorghum bicolor* (L.) Moench crop in the Brazilian semiarid: Review. *PUBVET*, 14(04), 1-13. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n4a550.1-13>
- Kang, M. S. (2002). Genotype-environment interaction: Progress and prospects. In M. S. Kang (Ed.), *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding* (pp. 221-243). CABI Publishing.
- Kangama, C. O., & Rumei, X. (2005). Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. *African Journal of Biotechnology*, 4(7), 575-579.
- Kaplan, M., & Kızılsimşek, M. (2012). Farklı tane sorgum (*Sorghum bicolor* L.) hat ve çeşitlerinin besleme değerlerinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 11-14.
- Karataş, Z. (2011). Çukurova Koşullarında II. Ürün Olarak Bazı Sorgum × Sudan Out Melezi Çeşitlerinin Biçim Zamanının Hasıl Verim ve Kalite Unsurlarına Etkileri Üzerine Bir Araştırma [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi].
- Keskin, B., Yılmaz, İ. H., & Akdeniz, H. (2005). Sorgum × Sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense* Mtapf.) çeşitlerinde hasat zamanının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 145-150.
- Koca, Y. O., & Ereku, O. (2016). Changes of dry matter, biomass and relative growth rate with different phenological stages of corn. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.015>
- Lang, B. (2001). *Sudan/Sorghum Forage Management*. Iowa State Univ. Ext., Fact Sheet BL-50, 6p.
- Lee, S. M. (2005). Effect of the cultivation method and cutting time on the growth characteristics, dry matter yield and voluntary intake in sorghum × sudangrass hybrid. *Journal of the Korea Society of Grassland Science*, 25(1), 7-16.
- Mahyuddin, P. (2008). Relationship between chemical component and in vitro digestibility of tropical grasses. *HAYATI Journal of Biosciences*, 15(2), 85-89. <https://doi.org/10.4308/hjb.15.2.85>
- Nazlı, R. İ. (2011). Sorgum Sudanotu Melezi Tarımında Bazı Organik Atıkların Kullanım Olanakları [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi].
- Nazlı, R. İ., İnal, İ., Kuşvuran, A., Sezer, M. C., & Tansı, V. (2013). Çukurova koşullarında bazı sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi, Türkiye*, ss. 521-526.
- Oba, M., & Allen, M. S. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal Dairy Science*, 82(3), 589-596. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75271-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9)
- Oddy, V. H., Robards, G. E., & Low, S. G. (1983). Prediction of in vivo dry matter digestibility from the fiber nitrogen content of a feed. In G. E. Robards & R. G. Packham (Eds.), *Feed Information and Animal Production* (pp. 395-398). Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Özaslan Parlak, A., & Sevimay, C. S. (2007). Arpa ve buğday hasadından sonra bazı yem bitkilerinin ikinci ürün olarak yetiştirilme imkânları. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(2), 101-107. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000446
- Proulx, R. (2021). On the general relationship between plant height and aboveground biomass of vegetation stands in contrasted ecosystems. *PLoS ONE*, 16(5), e0252080. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252080>

- Ramatoulaye, F., Mady, C., Fallou, S., Amadou, K., Cyril, D., & Massamba, D. (2016). Production and use sorghum: A literature review. *Journal Nutrition Health Food Science*, 4(1), 1-4. <https://doi.org/10.15226/jnhfs.2016.00157>
- Ribas, P. M. (2008). *Cultivation of Sorghum: Planting* (4th Ed.). Embrapa Milho e Sorgo.
- Rooney, L. W., & Waniska, R. D. (2000). Sorghum food and industrial utilization. In C. W. Smith, & R. A. Frederiksen (Eds.), *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production* (pp. 689-729). John Wiley & Sons Inc.
- Salman, A., & Budak, B. (2015). Farklı sorgum × sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense* Stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 93-100.
- Sonon, R. N., Souzo, R., Pfaff, L., Dickerson, J. T., & Bolsen, K. K. (1991). Effects of maturity at harvest and cultivar on agronomic performance of forage sorghum and the nutritive value of selected sorghum silages. *Cattlemen's Day*, pp 1-5, Manhattan, KS.
- Sowiński, J., Szydełko, E. (2011). Growth rate and yields of a sorghum-sudangrass hybrid variety grown on a light and a medium-heavy soil as affected by cutting management and seeding rate. *Polish Journal of Agronomy*, 4, 23-28.
- Spanghero, M., & Zanfi, C. (2009). Impact of NDF content and digestibility of diets based on corn silage and alfalfa on intake and milk yield of dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 8(Suppl. 2), 337-339. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.337>
- Uher, D., Štafa, Z., Maćešić, D., Kaučić, D., & Vukašinić, Z. (2005). The effect of cutting regime on yield of sorghum in different climatic (vegetation) seasons. *Mljekarstvo*, 55(1), 15-30.
- Undersander, D. J., Smith, L. H., Kaminski, A. R., Kelling, K. A., Doll, J. D. (2003). Sorghum—Forage. In *Alternative Field Crop Manual*. Retrieved on July 15, 2023, from <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/forage.html>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vanamala, J. K. P., Massey, A. R., Pinnamaneni, S. R., Reddivari, L., & Reardon, K. F. (2018). Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(17), 2867-2881. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1344186>
- White, J., & Bolsen, K. K. (1988). Influence of plant parts on in vitro dry matter disappearance of forage sorghum silages. *Cattlemen's Day*, pp. 83-89, Manhattan, KS.
- Willms, W. D. (1991). Cutting frequency and cutting height effects on rough fescue and Parry oat grass yields. *Journal of Range Management*, 44(1), 82-86. <http://dx.doi.org/10.2307/4002645>
- Wilson, J. R. (1994). Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *The Journal of Agricultural Science*, 122(2), 173-182. <https://doi.org/10.1017/S0021859600087347>
- Wilson, J. R., & Taylor, A. O., & Dolby, G. R. (1975). Temperature and atmospheric humidity effects on cell wall content and dry matter digestibility of some tropical and temperate grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 19(1), 41-46. <https://doi.org/10.1080/00288233.1976.10421044>
- Yılmaz, İ., & Hoşsafıoğlu, İ. (2000). Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve sorgum × sudan otu (*Sorghum bicolor* – *Sorghum sudanense* Stapf.) melezi çeşitlerinin silaj amacı ile ikinci ürün olarak yetiştirme olanakları. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1), 49-56.
- Yılmaz, Ş., & Sağlantı, T. (1997). Amik ovası koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen sorgum × sudanotu (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*) melez çeşidinde azot gübrelemesinin ve sıra arası mesafenin ot verimine ve kalitesine etkisi üzerine bir araştırma. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 87-100. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.715571>



Investigation of Products Based on Different Writing Speeds using 3D Printer (Extruder)

Bayram Kızılkaya¹ • Hakan Ayyıldız²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Aquaculture, Çanakkale, Türkiye, bayram342001@yahoo.com

² Çanakkale Onsekiz Mart University, Marine Science and Technology Faculty, Department of Fisheries Industrial Engineering, 17020, Çanakkale, Türkiye, ayyildizhakan@gmail.com

✉ Corresponding Author: bayram342001@yahoo.com

Please cite this paper as follows:

Kızılkaya, B., & Ayyıldız, H. (2023). Investigation of Products Based on Different Writing Speeds using 3D Printer (Extruder). *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 186-193. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.7>

ARTICLE INFO

Article History

Received: 18.10.2023

Revised: 12.11.2023

Accepted: 13.11.2023

Available online: 13.12.2023

Keywords:

3D Printers

PLA

Writing Speed

A B S T R A C T

In this study, the results of products depending on the printing speed of the 3D printer are discussed. The data was compared to the standard averages (SA) of products produced at different production speeds. The highest standard deviation is observed at a production speed of 100 mm.s⁻¹. In terms of product length (L), the highest deviation is at 40 mm.s⁻¹, while the lowest is at 60 mm.s⁻¹. The product closest to the desired 20 mm length was appeared at a speed of 60 mm.s⁻¹. For product height (H), the highest deviation is at 40 mm.s⁻¹, while the lowest is at 80 mm.s⁻¹. The product closest to the desired 1 mm height is at a speed of 80 mm.s⁻¹. Regarding product weight, the highest deviation is at 40 mm.s⁻¹, and the lowest is at 100 mm.s⁻¹. The results provide further details on the standard averages and standard deviations for each product at each production speed. The deviation percentage (PD) and the H/L ratio were also calculated to understand the magnitude of variation in the products. The H/L ratio was calculated to provide insight into the difference between the highest and lowest measurement results of the produced products. The results show that the highest differences among the products in terms of length, height, and weight are observed at a production speed of 100 mm.s⁻¹. Consequently, it was concluded that a production speed of 100 mm.s⁻¹ resulted in the most significant variations in length, height, and weight between the products.

INTRODUCTION

3D extruders (printers) are devices used to produce three-dimensional objects created using computer-aided design software (Dou et al., 2020). 3D printers offer several advantages compared to traditional

manufacturing methods. Among these, 3D printers are more cost-effective compared to traditional production methods, especially for small-scale production. 3D printers are also faster than traditional manufacturing methods, which is particularly important for prototyping and rapid production

(Anderson, 2017; Ming et al., 2020; Urquiza et al., 2021; Kamer et al., 2022). 3D printers are more flexible compared to traditional manufacturing methods, allowing for the production of complex and customized designs. 3D printers are utilized in various industries and applications (Ngo et al., 2018; Popescu et al., 2018; Kamer et al., 2022). Some of these applications include prototyping, rapid production, and low-volume manufacturing. Additionally, they are used for the fabrication of prosthetics, implants, and other medical devices. 3D printers are also employed to enhance students' design skills. Furthermore, this technology is used to create works of art and designs (Kroll & Artzi, 2011; Murphy & Atala, 2014; Akbaba & Akbulut, 2021). Today, the importance of 3D printers is increasing due to various factors. Among these, the cost of 3D printers has significantly decreased in recent years, making them more accessible to a broader range of businesses and individuals. 3D printer technology has also advanced significantly in recent years, allowing for the production of more complex and durable objects. New applications are constantly being explored, further increasing the significance of 3D printers (Kroll & Artzi, 2011; Short, 2015; Yaman et al., 2016; Kalsoom et al., 2016). Khosravani et al. (2022) focus on the characterization of 3D printed PLA (Polylactic Acid) parts with different raster orientations and printing speeds. The research aims to investigate the effects of 3D printing on the mechanical behavior and durability of these parts. Test samples were printed using PLA material, and tensile tests were conducted. The results obtained determined the strength and rigidity of the examined samples. Furthermore, the study documented the dependency of the durability and elastic modulus of 3D printed parts on raster

orientation. The findings of this research can be used for the development of computational models and the design of structural components (Khosravani et al., 2022). 3D printing speed refers to the amount of time a 3D printer takes to produce a part. It is influenced by various factors, including the speed of the print head's movement, the extrusion rate of the material, and cooling times. 3D printing speed is important for several reasons. Faster prints contribute to more efficient production and shorter delivery times (O'Neill, 2022). In a 3D printer, the print head uses an extruder and a nozzle to produce a part. The extruder pushes the material out of the nozzle, and the nozzle deposits the material onto the part. The speed of the print head determines how quickly the part will be produced. The extrusion rate determines how fast the material flows and affects the strength of the part. Cooling times represent the time required for the material to solidify. Cooling times play a role in determining how quickly the part can be produced (O'Neill, 2022).

MATERIAL AND METHODS

Material

Polylactic Acid (PLA) is a commonly used filament type in 3D printing. In this study, ROBO90 brand PLA filament was used, and relevant visuals of the product are provided in Figure 1. The filament used is in the form of a roll with a 1.75 mm diameter. The main purpose of choosing transparent PLA filament was to make it easier to detect the effects that may occur in the structures of the produced products at the end of the experimental study.



Figure 1. Images of the PLA filament used in the study

3D Extruder (Printer)

In this study, a Creality Ender 3 S1 3D extruder (Figure 2) was used. The calibration of the device's build platform and all other settings were performed prior to the production phase.

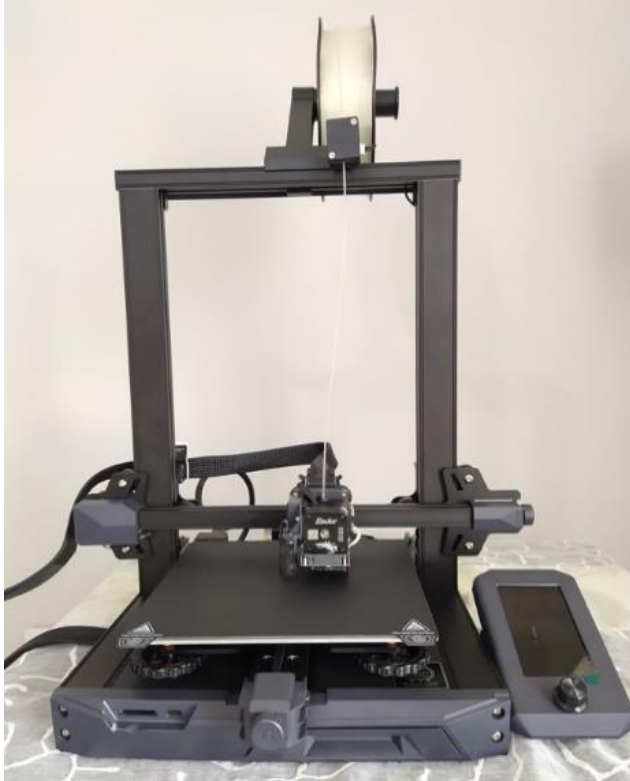


Figure 2. Image of Creality Ender 3 S1 (3D extruder)

Production and Inspection of Products with 3D Extruder

The study was carried out in three main stages as preparation of 3D Plate Production Modeling and Slicing (1), Obtaining Products with 3D Extrusion Filament and Extrusion Process (2), and Examination of the Obtained Products (2). In this study, plates with dimensions of 20×20 mm and a thickness of 1 mm (H) were designed and produced using PLA. The 3D modeling stage of the products made extensive use of

the free Tinkercad program. The products were prepared using this program. The product designs prepared for the next stage, slicing, were converted to the STL (STereoLithography) format. STL file format is an abbreviation that stands for Standard Triangle Language or Standard Tessellation Language. Ultimaker Cura software was used as the slicer in the project. The products designed in 3D modeling in STL format were prepared for production with the 3D extrusion device through the slicing program.

RESULTS AND DISCUSSION

In 3D printers, printing speed determines how quickly the extruder deposits a layer of material. Printing speed is a critical parameter that affects the quality, duration, and cost of the print. As printing speed increases, the printing time decreases. However, an increase in speed may also lead to a decrease in print quality. This is because the layers may become less smooth and exhibit more layer separation. Printing speed varies depending on the material used and the geometry of the print. Generally, slower speeds are necessary for smooth and detailed prints, while faster speeds result in less detailed and rougher prints (Kamer et al., 2022). In this study, 20×20 mm plates with a thickness of 1 mm (h) made of PLA were used. For this purpose, a 3D modeling stage was conducted for each product. The products were prepared using relevant software. The product designs prepared for the next stage, slicing, were converted to the STL format. An example modeling created with the relevant software for this stage is provided in Figure 3(A). Visuals of the products produced with the 3D extruder are shown in Figure 3(B).

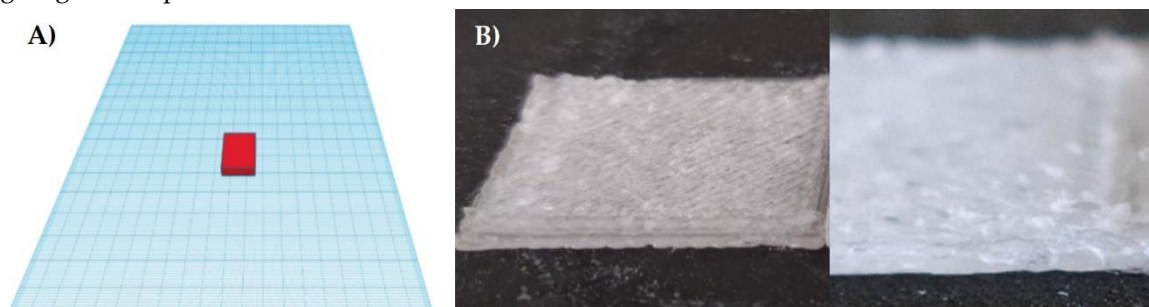


Figure 3. A) Product model with dimensions of 20×20×1 mm prepared using the modeling program and B) Visuals of the produced product

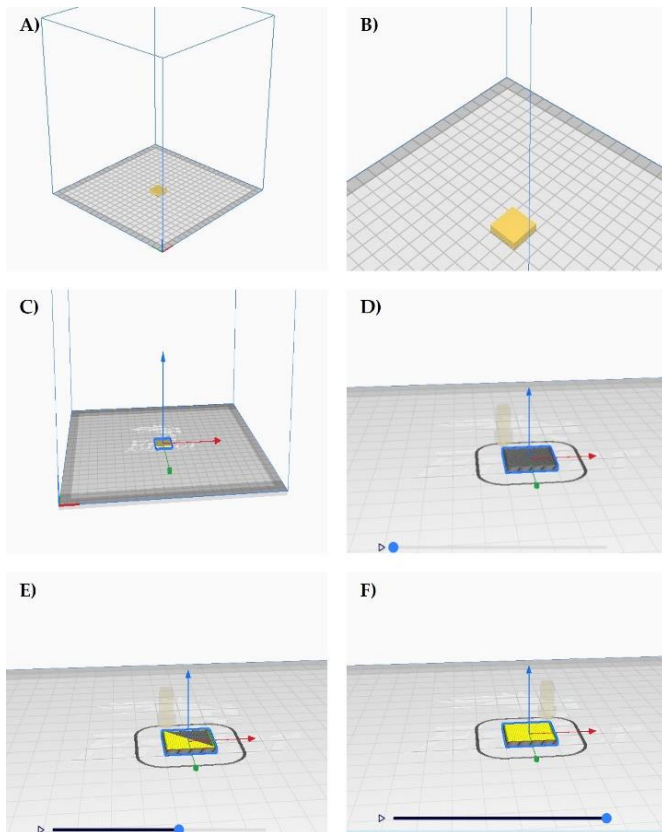


Figure 4. Stages of the 3D extrusion process created with the slicing program. A) General view; B) Product image designed in 3D modelling; C) Display of the x, y, z coordinates of the product; D) initial state before extrusion begins; E) 50% extrusion process; F) 100% extrusion process

Figure 5 provides the standard averages (SA) of the products produced at different production speeds and compares them with each other. Generally, the highest standard deviation is observed at a production speed of 100 mm.s^{-1} . In terms of product length (L) (Figure 5A), the highest is 20.66 mm at 40 mm.s^{-1} , while the lowest is 20.53 mm at 60 mm.s^{-1} . The product closest to the 20 mm design appears at a speed of 60 mm.s^{-1} . For product height (thickness, H) (Figure 1C), the highest is 1.17 mm at 40 mm.s^{-1} , while the lowest is 1.10 mm at 80 mm.s^{-1} . The product closest to the 1 mm design is at a speed of 80 mm.s^{-1} . Regarding product weight (Figure 5E), the highest is 388 mg at 40 mm.s^{-1} , and the lowest is 366 mg at 100 mm.s^{-1} .

In the study conducted by Yang & Yeh (2020), the impact of printing speed on the surface morphology, color variation, and mechanical properties of Wood-Plastic Composite (WPC) components was investigated. Different printing speeds (30 mm.s^{-1} ,

50 mm.s^{-1} , 70 mm.s^{-1}) were used to print WPC components in the experiments, and the results were compared. Regarding the effect of printing speed on surface morphology, it was observed that components printed at lower printing speeds (30 mm.s^{-1}) had a smoother and more uniform surface. In contrast, at higher printing speeds (70 mm.s^{-1}), irregularities and roughness were observed on the surface of the components. Analysis of color variation revealed the influence of printing speed on color change. Parts printed at lower printing speeds exhibited lower color differences, whereas parts printed at higher speeds showed more significant color differences. This was attributed to the greater heating of wood fibers at lower printing speeds, resulting in a darker color. In mechanical property tests, it was found that printing speed did not have a substantial impact on the mechanical strength of the components. No significant differences were observed between tensile and flexural properties based on printing speed. However, the study did identify an effect of printing speed on the compression properties of the printed parts. Components printed at higher speeds had lower compression resistance. In conclusion, this study highlighted the influence of printing speed on the surface morphology, color variation, and certain mechanical properties of WPC components. It was determined that lower printing speed resulted in a more homogeneous surface and lower color variation. However, there was no significant impact of printing speed on mechanical properties (Yang & Yeh, 2020).

Kamer et al. (2022) conducted a study examining the mechanical properties of test samples produced at different printing speeds using PLA material. Samples produced with U2G and U2E 3D printers were measured for mass, hardness, surface roughness, and porosity values. Tensile tests were also performed, and SEM images of fracture areas were captured after the tensile tests. As the printing speed increased, the mass of the products decreased. Moreover, higher printing speeds led to a reduction in the upper surface hardness and tensile strength of the products, while increasing porosity and the arithmetic mean roughness values. Additionally, an increase in printing speed resulted in a decrease in the effective Young's modulus of the products, making the

material more brittle. In conclusion, the study found that printing speed has a significant impact on the mechanical properties of samples produced with PLA material. This study emphasizes the importance of considering printing speed when using a 3D printer

for production. Furthermore, it observed that different 3D printer models have varying effects on the mechanical properties of the products (Kamer et al., 2022).

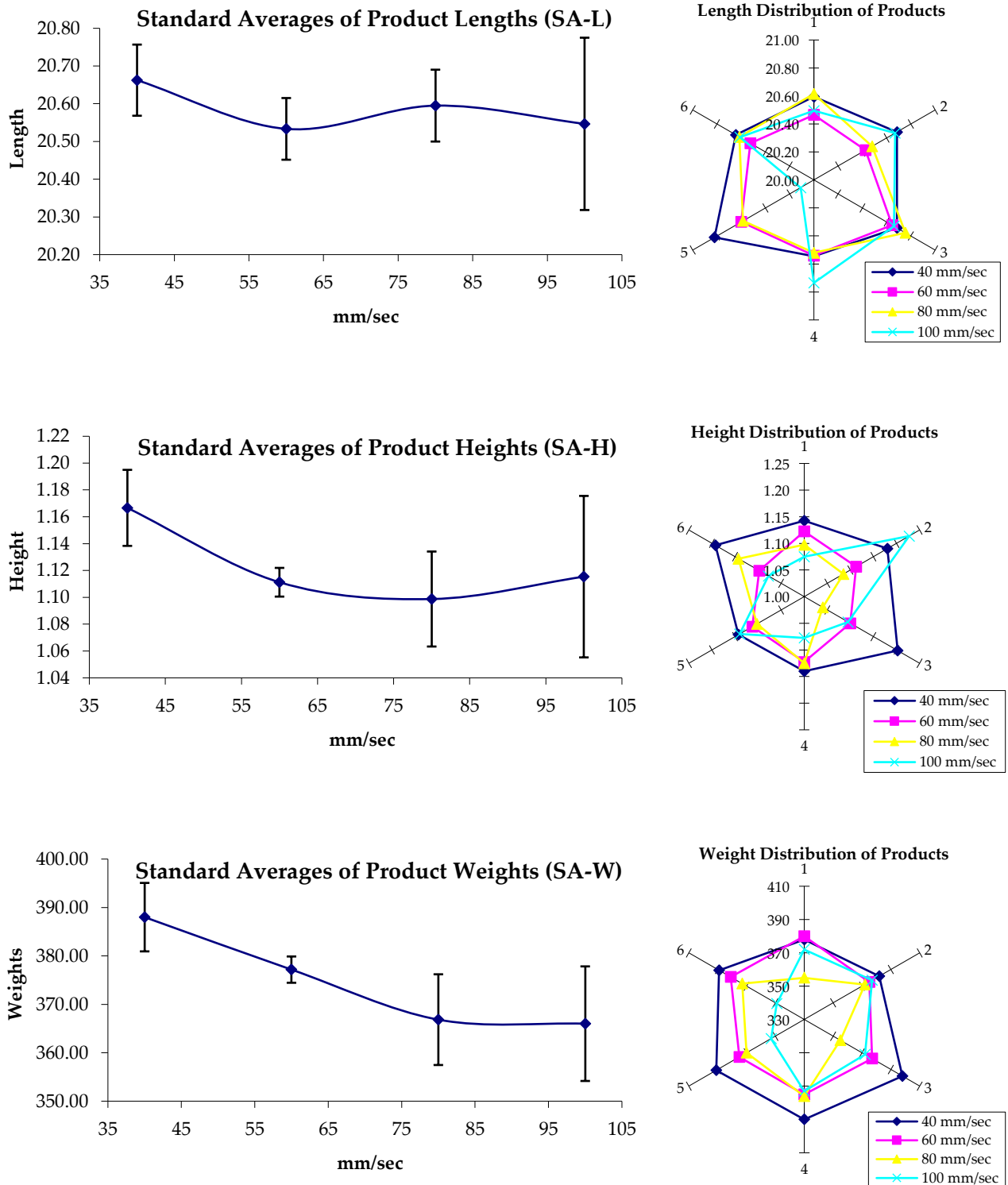


Figure 5. Data on products according to production speeds

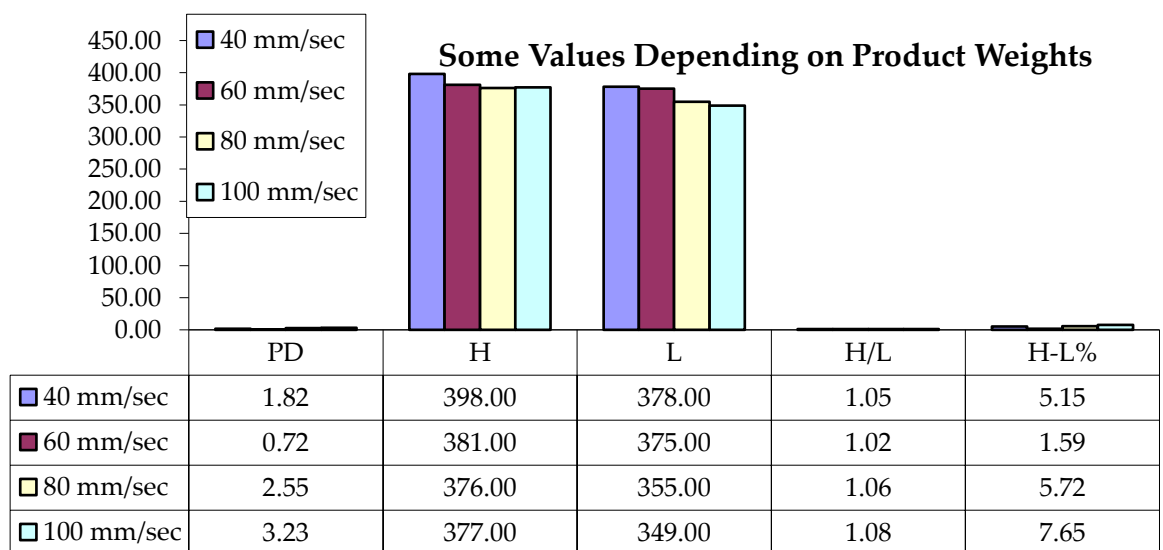
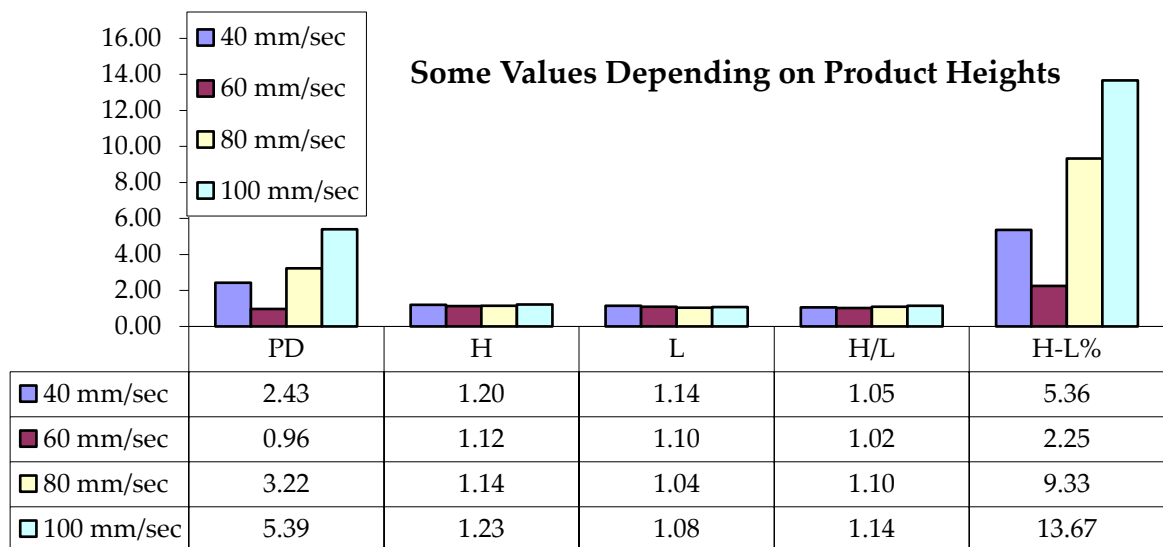
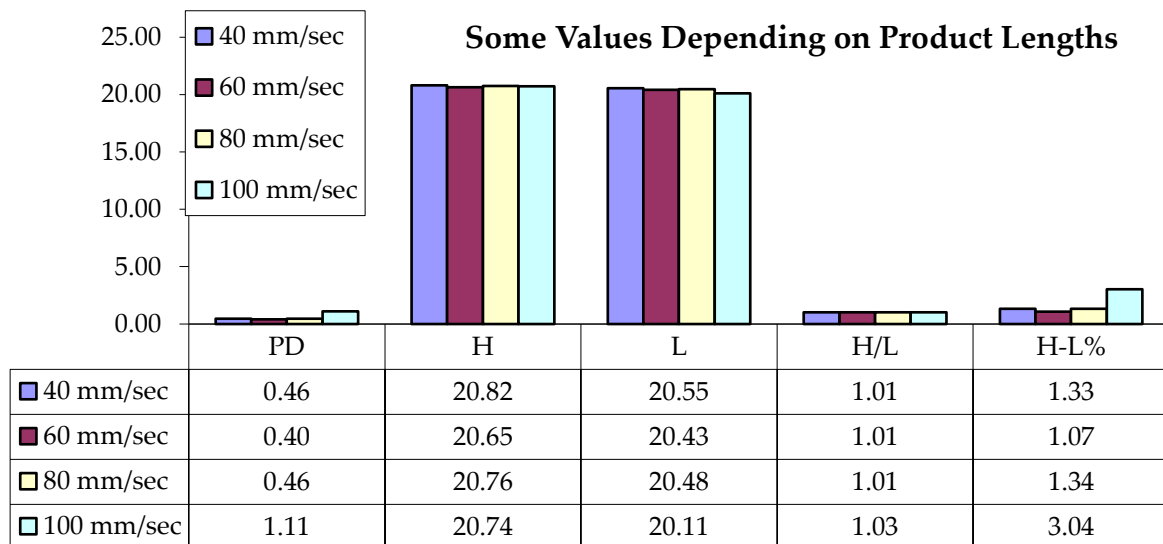


Figure 6. Some calculations for products according to production speeds

CONCLUSION

The speed at which a 3D printer operates plays a crucial role in determining the quality, duration, and cost of a print. This parameter, known as printing speed, refers to the rate at which the extruder deposits layers of material. In the study, it was produced 24 products for the plate at different extrusion speeds: 40, 60, 80, and 100 mm.s⁻¹. It was obtained six products for each of these four speeds. It is evident that the production speed of 100 mm.s⁻¹ exhibits the highest standard deviation. In terms of product length (L), the highest standard deviation is observed at 40 mm.s⁻¹, with a value of 20.66 mm, while the lowest is seen at 60 mm.s⁻¹, with a value of 20.53 mm. The product closest to the desired 20 mm length was produced at a speed of 60 mm.s⁻¹. For product height (thickness, H), the highest standard deviation is recorded at 40 mm.s⁻¹, with a value of 1.17 mm, while the lowest is observed at 80 mm.s⁻¹, with a value of 1.10 mm. The product closest to the desired 1 mm thickness was manufactured at a speed of 80 mm.s⁻¹. Regarding product weight, the highest standard deviation is found at 40 mm.s⁻¹, with a value of 388 mg, while the lowest is observed at 100 mm.s⁻¹, with a value of 366 mg. To facilitate comparison, the Deviation Percentage (PD) was calculated, representing the ratio between the SD and SA. The PD values indicate the magnitude of the variation in dimensional measurements between the products produced at different production speeds. Furthermore, the H/L (highest to lowest) ratio was calculated to provide a better understanding of the production standard by examining the ratio between the highest and lowest measured values of the products. A value close to 1 suggests that the produced products are within the standard range. The H-L% values were calculated to gain insights into the magnitude and proportion of the differences between the highest and lowest values in the products. The PD values for product length indicate that products produced at 40, 60, and 80 mm.s⁻¹ speeds are relatively similar, while the products manufactured at 100 mm.s⁻¹ exhibit a PD value twice as high as the others. This suggests that as the production speed increases, the differences in product lengths also increase. Similar trends were

observed in H/L and H-L% calculations. When considering product height (thickness), there was once again a higher difference in products produced at 100 mm.s⁻¹. The same holds true for product weights, although the differences are relatively lower. Consequently, among the production speeds, 100 mm.s⁻¹ results in the highest differences in product length, height (thickness), and weight. Overall, these findings provide valuable insights into the dimensional variations among products manufactured at different production speeds, allowing for a better understanding of the impact of speed on product quality. In conclusion, among the production speeds analyzed, the production speed of 100 mm.s⁻¹ results in the highest differences among the products in terms of length, height (thickness), and weight. This information provides valuable insights into the variations in product dimensions and can help inform decision-making in the production process. In conclusion, printing speed is a critical parameter in 3D printing that affects the quality, duration, and cost of a print. While faster printing speeds can reduce printing time, they may lead to a decrease in print quality, resulting in less smooth and detailed prints. The optimal printing speed varies depending on the material used and the geometry of the print. Proper adjustment of parameters during the 3D slicing process is essential to achieve the desired characteristics in the final printed object.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by Çanakkale Onsekiz Mart University The Scientific Research Coordination Unit, Project number: FHD-2023-4321.

Compliance with Ethical Standards

Authors' Contributions

Both authors made contributions in necessary fields during the preparation of samples, conduction of experiments, evaluation of results, and writing of the article. Both authors read and approved the final manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical Approval

For this type of study, formal consent is not required.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

REFERENCES

- Akbaba, A. İ., & Akbulut, E. (2021). 3 boyutlu yazıcılar ve kullanım alanları [3D printers and areas of usage]. *ETÜ Sentez İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3, 19-46. <https://doi.org/10.47358/sentez.2020.13>
- Anderson, I. (2017). Mechanical properties of specimens 3D printed with virgin and recycled polylactic acid. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 4(2), 110-115. <https://doi.org/10.1089/3dp.2016.0054>
- Dou, H., Cheng, Y., Ye, W., Zhang, D., Li, J., Miao, Z., & Rudykh, S. (2020). Effect of process parameters on tensile mechanical properties of 3D printing continuous carbon fiber-reinforced PLA composites. *Materials*, 13(17), 3850. <https://doi.org/10.3390/ma13173850>
- Kalsoom, U., Nesterenko, P. N., & Paull, B. (2016). Recent developments in 3D printable composite materials. *RSC Advances*, 6, 60355-60371. <https://doi.org/10.1039/C6RA11334F>
- Kamer, M. S., Temiz, S., Yaykasli, H., Kaya, A., & Akay, O. E. (2022). Effect of printing speed on FDM 3D-printed PLA samples produced using different two printers. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 6(3), 438-448. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.1088805>
- Khosravani, M. R., Berto, F., Ayatollahi, & Reinicke, T. (2022). Characterization of 3D-printed PLA parts with different raster orientations and printing speeds. *Scientific Reports*, 12(1), 1016. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05005-4>
- Kroll, E., & Artzi, D. (2011). Enhancing aerospace engineering students' learning with 3D printing wind-tunnel models. *Rapid Prototyping Journal*, 17(5), 393-402. <https://doi.org/10.1108/13552541111156522>
- Ming, Y., Zhang, S., Han, W., Wang, B., Duan, Y., & Xiao, H. (2020). Investigation on process parameters of 3D printed continuous carbon fiber-reinforced thermosetting epoxy composites. *Additive Manufacturing*, 33, 101184. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101184>
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, 32, 773-785. <https://doi.org/10.1038/nbt.2958>
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications, and challenges. *Composite Part B: Engineering*, 143, 172-196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- O'Neill, B. (2022). *3D print speed: What it is and why it matters*. Retrieved on October 18, 2023, from <https://www.wevolver.com/article/3d-print-speed-what-it-is-and-why-it-matters>
- Popescu, D., Zapciu, A., Amza, C., Baci, F., & Marinescu, R. (2018). FDM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review. *Polymer Testing*, 69, 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.020>
- Short, D. B. (2015). Use of 3D printing by museums: Educational exhibits, artifact education, and artifact restoration. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2(4), 209-215. <https://doi.org/10.1089/3dp.2015.0030>
- Franco-Urquiza, E. A., Escamilla, Y. R., Llanas, P. I. A. (2021). Characterization of 3D printing on jute fabrics. *Polymers*, 13(19), 3202. <https://doi.org/10.3390/polym13193202>
- Yaman, U., Butt, N., Sacks, E., & Hoffmann, C. (2016). Slice coherence in a query-based architecture for 3D heterogeneous printing. *Computer-Aided Design*, 75-76, 27-38. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2016.02.005>
- Yang, T. -C., & Yeh, C. -H. (2020). Morphology and mechanical properties of 3D printed wood fiber/polylactic acid composite parts using fused deposition modeling (FDM): The effects of printing speed. *Polymers*, 12(6), 1334. <https://doi.org/10.3390/polym12061334>



Bazı Şeker Sorgum Çeşitlerinde Farklı Biçim Uygulamalarının Ot Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

Elif Nur Sezgin¹ • Fırat Alatürk¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 17100, Çanakkale, Türkiye, ensezgin25@hotmail.com, alaturkf@comu.edu.tr

✉ Corresponding Author: ensezgin25@hotmail.com

Please cite this paper as follows:

Sezgin, E. N., & Alatürk, F. (2023). Bazı Şeker Sorgum Çeşitlerinde Farklı Biçim Uygulamalarının Ot Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 194-215. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.8>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş: 21. 07.2023

Düzeltilme: 27.10.2023

Kabul: 06.11.2023

Çevrimiçi Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Şeker sorgum

Ot verimi

Kök üretimi

Metabolik enerji

Yaprak oranı

Net enerji

Ö Z E T

Bu çalışma şeker sorgum çeşitlerinin farklı biçim yüksekliklerine göre toprak üstü ve toprak altı biyomas üretimi ile yaprak ve sapların enerji içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 2020-2021 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma alanında yürütülmüştür. Bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulan çalışmada ana parselleri çeşitler (M81-E ve Topper-76), alt parselleri ise biçim yükseklikleri (bitki boyu 30, 60, 90, 120, 150 cm olduğunda ve fizyolojik olum döneminde hasat) oluşturmuştur. Çalışmada 30 cm yükseklikte hasat edilen parseller toplamda 5 kez, 60 cm 4 kez, 90 cm 3 kez, 120 cm 3 kez, 150 cm 2 kez ve fizyolojik olum döneminde ise bir kez biçilmiştir. Araştırmada bitkilerle ilgili olarak yeşil ot verimi, yaprak, sap ve salkım oranları, kök miktarı, yaprak ve sap kısımlarına ait TSBM, ME ve SE değerleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toplam yeşil ot verimleri biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Çeşitlere göre M81-E çeşidinin yeşil ot üretimi Topper-76'ya göre daha yüksek olmuştur. Yaprak oranları bitki büyümesine bağlı olarak düşüş gösterirken, sap oranlarında artışlar gözlenmiştir. Bitkilerin ürettiği kök miktarları büyümeye bağlı olarak artmıştır. Biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprak ve sapların enerji içeriklerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Genel olarak yaprakların enerji içerikleri sap kısımlarından daha yüksek bulunmuştur. Yapılan çalışmanın sonunda otlama ve kaba yem kaynağı açısından yetiştirilecek bu çeşitlerde ot verimi bakımından M81-E çeşidinin çok az farkla ön plana çıktığı fakat otun enerji içerikleri bakımından ise Topper-76 çeşidinin daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla benzer ekolojilerde kaba yem kaynağı olarak her iki şeker sorgum çeşidinin de yetiştirilebileceği önerilmektedir.

Effects of Different Harvesting Practices on Forage Yield and Quality Characteristics in some Sweet Sorghum Cultivars

ARTICLE INFO

Article History

Article History

Received: 21.07.2023

Revised: 27.10.2023

Accepted: 06.11.2023

Available online: 20.12.2023

Keywords:

Sweet sorghum

Hay yield

Root growth

Metabolic energy

Leaf ratio

Net energy

A B S T R A C T

This study was carried out to determine the above-ground and subsoil biomass production and the energy content of leaves and stalks of sweet sorghum cultivars in terms of the different harvesting heights of the crop in the research area of the Çanakkale Onsekiz Mart University Faculty of Agriculture in 2020-2021. The experiment was established according to a randomized complete block design using 4 replications, where the main plots represented the sweet sorghum cultivars (M81-E and Topper-76) while the sub-plots consisted of the harvesting heights (30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm and the harvest at physiological maturity stage (PMS)). During the study, the experiment plots having the heights of 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm and PMS stage were harvested 5 times, 4 times, 3 times, 3 times, 2 times and once, respectively. Yield of fresh hay, leaf and stalk ratios, number of roots, and the values of TSBM, ME and SE of the leaves and stalks were also examined in this study. According to the results obtained, the total yields of fresh forage increased depending on the increase in plant height. In the case of the sweet sorghum (SS) cultivars, the production of fresh forage of the M81-E cultivar was higher than Topper-76. There was an increase in the ratios of stalk, while a decline was observed in the ratios of leaves depending on crop growth. On the other hand, the number of roots produced by the crops increased depending on crop growth. There was a decrease in the energy content of leaves and stalks of the crop depending on the increase in crop height during harvest. Generally, the energy contents of the leaves were found to be higher than the stalks. Consequently, sweet sorghum cultivars are to be grown in the future in terms of grazing and roughage source, and the M81-E cultivar in terms of forage yield came to be the first with a little difference. However, it was found that the Topper-76 cultivar was superior in terms of the energy content of the crop. In conclusion, it is suggested that both SS cultivars can be grown as roughage sources under similar ecological conditions.

GİRİŞ

Sorgum, tarihte "Verimli Hilal" olarak belirtilen Mezopotamya'da kültüre alınmıştır. Asurlular tarafından yetiştirildiğine dair kayıtlar bulunmaktadır (Ziggers, 2006). Kültüre alındığından bu yana Anadolu'da yetiştiriciliği yapılmaktadır. Darı, koca darı, boynu eğri darı ve gılgıl isimleriyle anılmaktadır. Şemseddin Sâmî tarla kelimesinin darı kökenli olup, darı ekili yer anlamına geldiğini ifade etmektedir (Sâmî, 1901). Yerel sorgum genotipleri beyaz taneli olup, Diyarbakır ve Muğla illerinde halen yetiştirilmekte, ekmek ve boza yapımı ile kümes hayvanlarının beslenmesinde kullanılmaktadır. Yine

bir sorgum türü olan süpürge darısı, batı bölgelerinde az da olsa üretilmekte ve süpürge yapımında değerlendirilmektedir (Sağlamtimur vd., 1989; Baytekin, 1990). Yüksek şeker içeriği sebebiyle şeker sorgum temelde etanol üretiminde yararlanılmasının yanında (Emeklier, 2014; Bayram & Turgut, 2015), yeşil ot, silaj ve pekmez yapımında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Geçici kuraklıklara yüksek hoşgörü ve kuraklık şartları ortadan kalktıktan sonra da yeniden büyümeye devam etme yetenekleri nedeniyle sorgum "bitkiler âleminin devesi" olarak nitelendirilmektedir (Açıkgöz, 1991; Sanderson vd., 1992). Sorgumun

kurağa dayanıklılık yeteneği ve su kullanım etkinliğinin yüksek oluşu, küresel ısınma ve kuraklık senaryoları için dikkat çekicidir. Şeker sorgumun kuraklığa dayanıklı oluşu ve kısıtlı su kaynaklarında yüksek verim gücü, Türkiye’de enerji tarımı yanında, ot ve silaj üretimi için de önemli seçeneklerden biri olduğunu göstermektedir (Yücel vd., 2017). Şeker sorgum etanol verimi yüksek bitkiler arasında yer aldığından (Bayram & Turgut, 2015), bu bitki ile ilgili araştırmalarda da genellikle şeker ve etanol üretimi potansiyeli üzerinde durulmuştur.

Türkiye’de hayvancılık sektörü hızla değişmekte, et, süt ve süt ürünleri üretiminde büyükbaş hayvan yetiştiriciliği öne çıkmaktadır. Artan hayvan sayısı tarla ziraatı içinde daha fazla yem bitkileri yetiştiriciliğini zorunlu kılmaktadır. Gıda üretimi ile rekabete girmeden daha geniş alanlarda yem bitkileri yetiştiriciliği ile artan kaba yem ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Diğer yandan kısıtlı kaynakların daha etkin kullanılması ve kaliteli kaba yemin daha ucuza elde edilmesi zorunluluğu vardır. Şeker sorgum (ŞS) ve sorgum sudan otu melezinde (SSM) çeşitleri hızlı büyüme ve biçildikten sonra yeniden gelişme yetenekleriyle, hayvan beslemede önemli rol oynamaktadır. Yeşil ot, kuru ot, silaj ve paket ot (haylaj) olarak değerlendirildiği gibi, otlama amacıyla da kullanılmaktadır (Undersander, 2003; Avcıoğlu vd., 2009).

Biçim zamanı otun kalitesi yanında yeniden gelişme ve sonuçta verim gücünü doğrudan etkilemektedir. Kısa aralıklarla yapılan otlama veya biçimlerde kaliteli ot elde edilirken, yeniden büyüme için kullanılacak yeterli depo maddesi azaldığı ya da bulunmadığından, yeniden büyüme yavaşlar ve dolayısıyla ikinci ve daha sonraki biçimlerde verim düşer. Sowiński & Szydełko (2011) SSM’de biçim sayısının artmasıyla kardeş sayısının arttığını, buna karşın fotosentez alanının sürekli azalması nedeniyle kuru madde veriminin %50’ye varan oranlarda

azaldığını, en yüksek kuru madde veriminin tek biçimle elde edildiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde yoğun biçimlerde kuru madde veriminin azaldığına dair bazı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalar da bulunmaktadır (Lee, 2005; Uher vd., 2005). Erken hasatlarda yüksek kaliteli ot elde edilirken, hasat zamanı geciktikçe ot kabalaşmakta ve besleme değeri düşmektedir (Lang, 2001).

Ülkemizde şeker sorgum çeşitlerinin adaptasyonu ile ilgili farklı bölgelerde çalışmalar yapılmış olmakla birlikte yetiştirme teknikleri, özellikle büyüme eğrilerinin çıkarılması, biçim yükseklikleri ve etanol üretimi dışında kullanım amaçlarına yönelik sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Şeker sorgumda biçim yüksekliklerinin etkileri üzerinde Türkiye’de yapılmış bir araştırmaya da rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, benzer büyüme ve gelişme ritmine sahip silaj sorgumla yapılan farklı hasat zamanlarının etkileri üzerinde önemli çalışmalar yürütülmüş ve bu araştırmaların büyük bir kısmında hasat zamanının gecikmesiyle birlikte yeşil ot ve kuru madde veriminin arttığı bildirilmiştir (İptaş & Avcıoğlu, 1997; Güçük & Baytekin, 1999a, 1999b). Dolayısıyla bu araştırma farklı biçim yüksekliklerine bağlı olarak şeker sorgum çeşitlerinin toprak üstü ve toprak altı biyomas üretimleri ile otunun enerji değerlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmada materyal olarak iki adet şeker sorgum çeşidi kullanılmıştır (Tablo 1). Şeker sorgum çeşitleri Nebraska Üniversitesinde geliştirilmiş ve ülkemizde Yücel vd. (2017) tarafından yürütülen araştırma sonucunda ümitvar olarak görülen çeşitler içerisinde yer almaktadır.

Table 1. Sweet sorghum cultivars and their properties used in the experiment

Tablo 1. Araştırmada kullanılan şeker sorgum çeşitleri ve özellikleri

Çeşitler	İslahçı Kuruluş	Üretim Amacı	Olgunlaşma
Topper-76	Nebraska Üniversitesi	Şurup, etanol	Orta geçici
M81-E	Nebraska Üniversitesi	Şurup, etanol, silaj	Geçici

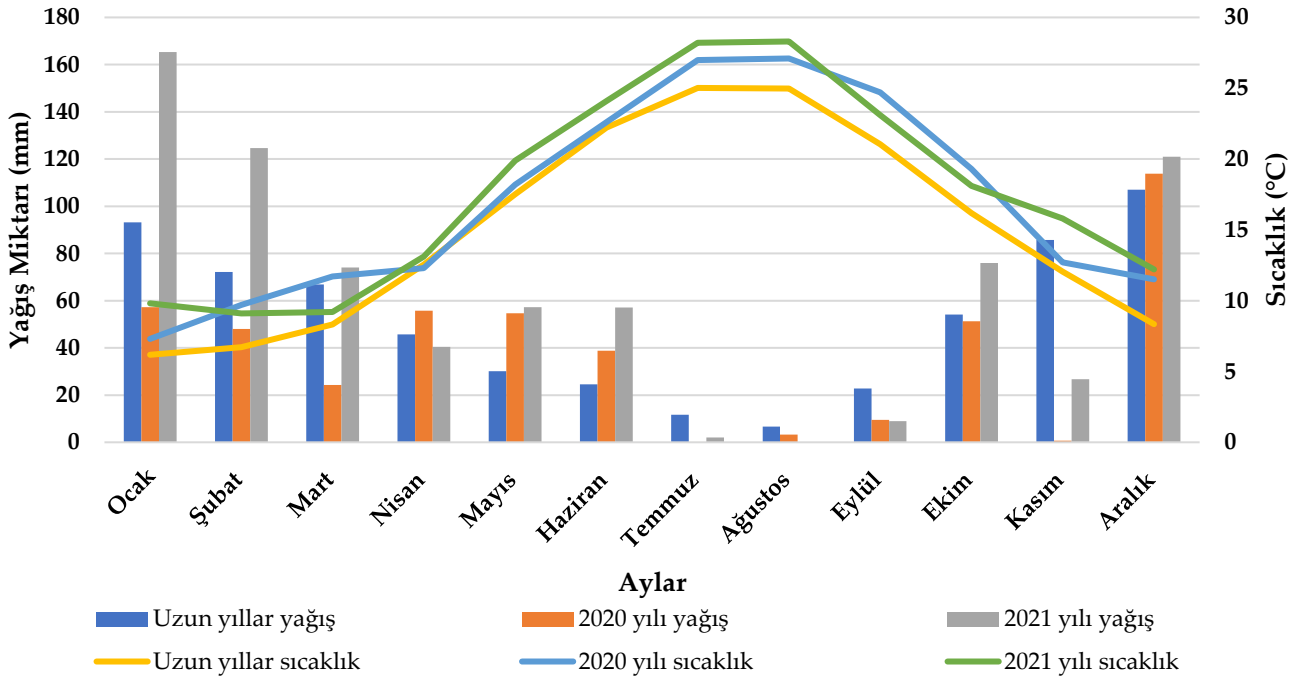


Figure 1. Climatic data for the long-time and experiment periods observed in Çanakkale

Şekil 1. Çalışma dönemi ve uzun yıllara ait Çanakkale'de gözlenen iklim verileri

Table 2. Soil properties of the research area

Tablo 2. Deneme alanına ait toprak özellikleri

Örnekler	İşba (%)	pH	E.C. (mS/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
Örnek 1	70	7,50	0,85	8,65	1,89	2,95	80,36
	Killi-tınlı	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Örnek 2	65	7,35	0,88	7,69	1,95	2,45	75,69
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Örnek 3	68	7,31	0,95	9,16	1,78	3,10	86,35
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Ortalama	67,7	7,39	89,3	8,50	1,87	2,83	80,80
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az

İklim ve Toprak Özellikleri

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Çanakkale ilinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 15,09°C olarak kaydedilmiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemdeki ortalama sıcaklıklar 2020 yılında 17,01°C ve 2021 yılında 17,58°C olmak üzere uzun yıllar ortalamasının üzerinde yer almıştır. Denemenin yürütüldüğü 6 aylık dönemdeki (Mayıs başı-Ekim sonu) uzun yıllara ait toplam yağış miktarları 149,9 mm'dir. Araştırmanın ilk yılında düşen yağış miktarı 157,5 mm iken, ikinci yılda ise 201,2 mm yağış düşmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü dönemlerde

düşen toplam yağış miktarları uzun yılların üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 1).

Deneme alanındaki topraklar killi-tınlı bünyeye sahip olup, toprak reaksiyonu açısından nötr karakterdedir. Topraklar orta kireçli, organik madde bakımından orta, fosfor içeriği orta ve potasyum bakımından noksan olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Denemenin Kurulması ve Uygulanması

Araştırmada iki yılda da denemeye başlamadan önce tohumlar temin edilmiş ve deneme yeri ayrılmıştır. Tohum ekimi araştırmanın ilk yılında

(2020) 16 Mayıs, ikinci yılında ise (2021) 5 Mayıs tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ekim öncesinde tav sulaması yapılmış, sonrasında pullukla derin sürülmüştür. Akabinde kültivatör ve diskaro çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır. Derin sürümden önce dekara 10'ar kg azot, fosfor ve potasyum gelecek şekilde kompoze gübre (15-15-15) atılıp toprağa karıştırılmıştır. Çıkiştan hemen sonra üst gübre olarak dekara 5 kg azot olacak şekilde amonyum sülfat verilmiştir (Avcıoğlu vd., 2009). Gübreleme öncesinde parsellerden toprak örnekleri alınıp analizleri yapılmıştır. Damla sulama yöntemi ile sulanan bitkilerde, sulamaya ekimden önce tav sulaması ile başlanmıştır. Sulama sıklığı hava sıcaklığı ve yağış durumuna göre ayarlanmıştır. Fakat genelde temmuz ve ağustos aylarında yaklaşık 7 gün ara ile sulama yapılmıştır. Deneme sürecinde çıkan yabancı otlar sıra üzerinde el ile yolunarak ve sıra arasında ise çapalanarak temizlenmiştir.

Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parselleri çeşitler, alt parselleri biçim yüksekliği uygulamaları oluşturmuştur. Sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 8 cm olacak şekilde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Orak & Kavdır, 1994; Baytekin & Şilbir, 1996; Baytekin vd., 1996; Kızıl & Tansı, 1997; Mahmood & Honermeier, 2012). Parseller 5 m uzunluğunda hazırlanmış olup 4 sıra olacak şekilde düzenlenmiştir. Parseller arasında boşluk bırakılmamış, bloklar arasında 1 m mesafe bırakılmıştır. Bitkiler planlanan biçim yüksekliklerine ulaştığında, orak ve biçim makinası ile 15 cm anız kalacak şekilde biçilmiştir. Bitki örnekleme dönemlerinde parsel başlarından 50'şer cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak atılmıştır. Parseller arasında boşluk bırakılmadığı için kenar sıralar da hasada dahil edilmiştir. Köklü bitki örneği için her parselin sağ tarafındaki 2 sıra kullanılmıştır. Dolayısıyla ot örnekleri için biçim 2 sırada gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan hasat alanı 5,6 m² (4 m sıra boyu × 2 sıra × 0,7 m sıra arası) olmuştur. Arazide biçilen ot örnekleri yaş ağırlıkları alınmak üzere hemen el kantarı ile tartılmıştır. Daha sonra bu yaş bitkilerden 1 kg'ın üzerinde olacak şekilde örnekler alınıp kese kâğıtlarına konulmuş ve laboratuvara getirilmiştir.

Örnekler laboratuvarında sap, yaprak ve salkımlarına ayrılmıştır. Araştırmada yeşil ot verimleri Lang (2001)'e, bitki başına kök üretimlerinin belirlenmesi Hu vd. (2018)'e, toplam sindirilebilir besin madde oranı (TSBM) Morrison (2003)'e, metabolik enerji (ME), sindirilebilir enerji (SE) ve net enerji (NE) değerleri ise Anonim (2023)'e göre yapılmıştır.

İstatistik Analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin analizleri Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Tekniğine göre yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Verilerin istatistik analizlerinde SAS ve JMP 13 (SW) istatistik paket programları (SAS, 1999) kullanılmıştır.

BULGULAR

Yeşil Ot Verimi

Biçim yüksekliklerinin artışı ile daha çok yeşil ot üretilmiştir. Bu sebeple 30 cm'den fizyolojik oluma kadar olan biçim yüksekliklerinde ortalama yeşil ot verimleri düzenli ve önemli artış göstererek ilk yıl dekara 4299,3 kg'dan 9027,4 kg'a, ikinci yıl 4157,5 kg'dan 8897,3 kg'a, iki yıllık ortalama da 4193,4 kg'dan 8962,4 kg'a yükselmiştir. Araştırmanın ilk yılı ile iki yıllık ortalama sonuçlara göre M81-E çeşidi Topper-76'ya göre daha fazla yeşil ot üretmiştir. İlk yılda M81-E ve Topper-76 çeşitlerinin ortalama yeşil ot verimleri 7193,2 ve 6514,3 kg/da olurken, ikinci yılda sırasıyla 6464,6 ve 6632,7 kg/da olarak belirlenmiştir. İki yıllık ortalamalara göre M81-E çeşidinin ortalama yeşil ot verimi 6828,9 kg/da iken bu değer Topper-76'da 6573,5 kg/da olarak hesaplanmıştır. Çeşitler ile biçim yükseklikleri birlikte ele alındığında, en yüksek yeşil ot verimleri denemenin iki yılında da fizyolojik olumda biçilen M81-E çeşidinde (ilk yıl 9717,2 kg/da, ikinci yıl 9140,8 kg/da) saptanmıştır. En düşük verimler de yine aynı çeşidin 30 cm boylandığında biçilen parsellerde 4228,5 ve 4082,3 kg/da olarak belirlenmiştir. Araştırmanın ilk yılına ait yeşil ot verimleri (6853,8 kg/da) ikinci yıla (6548,6 kg/da) nazaran daha yüksek olmuştur (Tablo 3).

Table 3. Total fresh hay yields of sweet sorghum cultivars by years (kg/da)**Tablo 3.** Şeker sorgumun yıllara göre toplam yeşil ot verimleri (kg/da)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	4228,5 ⁱ	4230,1 ⁱ	4229,3 ^F
60 cm	5966,4 ^g	5827,5 ^{gh}	5896,9 ^E
90 cm	6822,2 ^f	5736,0 ^h	6279,1 ^D
120 cm	8520,8 ^b	7915,5 ^d	7471,7 ^C
150 cm	7904,1 ^d	7039,3 ^e	8218,2 ^B
Fiz. olum	9717,2 ^a	8337,6 ^c	9027,4 ^A
Ortalama	7193,2 ^A	6514,3 ^B	6853,8 ^A
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY:**			
2021 yılı			
30 cm	4082,3 ^j	4232,7 ⁱ	4157,5 ^F
60 cm	5048,1 ⁱ	5937,5 ^h	5492,8 ^E
90 cm	6845,4 ^f	5858,6 ^h	6352,0 ^D
120 cm	7535,8 ^d	7971,6 ^c	7753,7 ^B
150 cm	6135,0 ^g	7141,9 ^e	6638,4 ^C
Fiz. olum	9140,8 ^a	8653,8 ^b	8897,3 ^A
Ortalama	6464,6 ^B	6632,7 ^A	6548,6 ^B
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY:**			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	4155,4 ^h	4231,4 ^h	4193,4 ^F
60 cm	5507,3 ^g	5882,5 ^f	5694,9 ^E
90 cm	6833,8 ^e	5797,3 ^f	6315,5 ^D
120 cm	8028,3 ^c	7943,6 ^f	7985,9 ^B
150 cm	7019,5 ^d	7090,6 ^d	7055,1 ^C
Fiz. olum	9429,0 ^a	8495,7 ^b	8962,4 ^A
Ortalama	6828,9 ^A	6573,5 ^B	-
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY:**, PY:öd			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, ^{öd} ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Yaprak ve Sap Oranları

Deneme yılları ve ortalamasında biçim yüksekliğinin artışına bağlı olarak yaprak oranları azalmıştır. Biçim yüksekliklerinin artışı ile bitkilerin ortalama yaprak oranları ilk yıl %70,8'den %13,4'e, ikinci yıl %63,2'den %10,6'ya ve iki yılın ortalamasında ise %67,0'dan %12,0'a düşmüştür. Çeşitlerin yaprak oranları arasında fark ilk yıl ve iki

yıllık sonuçlara göre önemli olmuştur. Araştırmanın ilk yılında M81-E çeşidinin yaprak oranı %44,18 iken bu değer Topper-76'da %39,46'ya düşmüştür. İki yıllık ortalamalarda ise %81-E çeşidinin yaprak oranı %42,36 iken bu oran Topper-76'da %39,03'e gerilemiştir. Çeşitlerin yaprak oranlarını yıllara göre değişimi önemsiz olup, %39,6-41,8 aralığında değerlere sahip olmuştur (Tablo 4).

Table 4. Mean leaf ratios of sweet sorghum cultivars by years (%)

Tablo 4. Şeker sorgumun yıllara göre ortalama yaprak oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	71,87	69,62	70,8 ^A
60 cm	59,96	54,89	57,4 ^B
90 cm	51,74	45,79	48,8 ^C
120 cm	37,92	30,80	34,4 ^D
150 cm	28,34	24,16	26,3 ^E
Fizyolojik olum	15,25	11,50	13,4 ^F
Ortalama	44,18 ^A	39,46 ^B	41,8
Önemlilik: PÇ:*, PBY:**, PÇ×BY:öd			
2021 yılı			
30 cm	62,61	63,74	63,2 ^A
60 cm	53,27	57,89	55,6 ^B
90 cm	47,12	39,58	43,4 ^C
120 cm	41,35	34,77	38,1 ^C
150 cm	26,21	27,24	26,7 ^D
Fizyolojik olum	12,71	8,42	10,6 ^E
Ortalama	40,54	38,61	39,6
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	67,24	66,68	67,0 ^A
60 cm	56,61	56,39	56,5 ^B
90 cm	49,43	42,68	46,1 ^C
120 cm	39,63	32,79	36,2 ^D
150 cm	27,27	25,70	26,5 ^E
Fizyolojik olum	13,99	9,96	12,0 ^F
Ortalama	42,36 ^A	39,03 ^B	-
Önemlilik: PÇ:*, PBY:**, PÇ×BY:öd, PY:öd			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Yaprak oranlarındaki değişimin aksine, sap oranları biçim yüksekliklerinin artışı ile önemli düzeyde artmıştır. Çeşitlerin ortalaması olarak, denemenin ilk yılında sap oranları biçim yüksekliklerinin artışı ile %28,9'dan %73,1'e, ikinci yılda %36,4'den %70,6'ya ve iki yılın ortalamasında %32,6'dan %71,9'a yükselmiştir. Ekilen sorgum

çeşitlerinin ortalama sap oranları birbirine yakın olmuştur. Nitekim 2020 yılında çeşitlere göre sap oranları %51,41-54,32, ikinci yılda %53,22-54,42 ve yıllar ortalamasında %52,32-54,37 arasında değişim göstermiştir. Bu değişim yıllara göre ise %52,9-53,8 aralığında gerçekleşmiştir (Tablo 5).

Table 5. Mean stalk ratios of sweet sorghum cultivars by years (%)

Tablo 5. Şeker sorgumun yıllara göre ortalama sap oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	27,86	29,90	28,9 ^E
60 cm	39,21	44,31	41,8 ^D
90 cm	46,97	52,82	50,0 ^C
120 cm	57,91	63,77	60,8 ^B
150 cm	62,28	63,09	62,7 ^B
Fizyolojik olum	74,24	72,01	73,1 ^A
Ortalama	51,41	54,32	52,9
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd			
2021 yılı			
30 cm	37,02	35,83	36,4 ^D
60 cm	45,86	41,29	43,6 ^C
90 cm	51,62	59,21	55,4 ^B
120 cm	55,11	60,52	57,8 ^B
150 cm	61,04	57,14	59,1 ^B
Fizyolojik olum	68,67	72,52	70,6 ^A
Ortalama	53,22	54,42	53,8
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	32,44	32,87	32,6 ^E
60 cm	42,54	42,80	42,7 ^D
90 cm	49,30	56,02	52,7 ^C
120 cm	56,51	62,15	59,3 ^B
150 cm	61,66	60,12	60,9 ^B
Fizyolojik olum	71,46	72,26	71,9 ^A
Ortalama	52,32	54,37	-
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd, PY:öd			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Kök Miktarı

Biçim yüksekliklerinin artışı ile ortalama kök kütlesi artmıştır. Dolayısıyla en yüksek kök üretimi fizyolojik olumda hasat edilen bitkilerde (ilk yıl 54,54, ikinci yıl 41,17 ve iki yıllık ortalama 47,85 g/bitki) belirlenmiştir. En az kök oluşturan bitkiler ise en sık biçilenler olmuştur. Buna göre, 30 cm'de biçilen bitkilerin ortalama kök ağırlığı ilk yıl 6,59 g/bitki, ikinci yıl 7,50 g/bitki ve yıllar ortalamasında

7,05 g/bitki olarak belirlenmiştir. Yıllar ve ortalamasında bitki başına en yüksek kök Topper-76 tarafından üretilmiştir. Biçimlerin ortalaması olarak Topper-76 çeşidinin kök ağırlıkları sırasıyla 21,53, 20,11 ve 20,82 g/bitki olarak ölçülmüştür. Buna karşılık M81-E çeşidi en az kök kütlesine sahip olmuştur (sırasıyla 20,54, 17,06 ve 18,80 g/bitki). Araştırmanın ilk yılında bitki başına ortalama kök miktarı 21,03 g/bitki iken, bu rakam ikinci yılda 18,58 g/bitkiye düşmüştür (Tablo 6).

Table 6. Mean root counts of sweet sorghum cultivars by years (g/plant)

Tablo 6. Şeker sorgumun yıllara göre ortalama kök miktarları (g/bitki)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	4,33 ^g	8,85 ^f	6,59 ^F
60 cm	10,12 ^f	12,00 ^e	11,06 ^E
90 cm	14,68 ^d	17,27 ^c	15,97 ^D
120 cm	17,39 ^c	17,81 ^c	17,60 ^C
150 cm	22,48 ^b	18,38 ^c	20,43 ^B
Fiz. olum	54,24 ^a	54,84 ^a	54,54 ^A
Ortalama	20,54 ^B	21,53 ^A	21,03^A
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY:**			
2021 yılı			
30 cm	5,00	10,00	7,50 ^D
60 cm	9,33	11,67	10,50 ^D
90 cm	13,00	16,33	14,67 ^C
120 cm	16,00	18,00	17,00 ^C
150 cm	20,00	21,33	20,67 ^B
Fiz. olum	39,00	43,33	41,17 ^A
Ortalama	17,06 ^B	20,11 ^A	18,58^B
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY:öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	4,67 ^ı	9,42 ^h	7,05 ^F
60 cm	9,73 ^{gh}	11,83 ^{fg}	10,78 ^E
90 cm	13,84 ^f	16,80 ^e	15,32 ^D
120 cm	16,70 ^e	17,91 ^{de}	17,30 ^C
150 cm	21,24 ^c	19,86 ^{cd}	20,55 ^B
Fiz. olum	46,62 ^b	49,09 ^a	47,85 ^A
Ortalama	18,80 ^B	20,82 ^A	-
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY:**, PY:**			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Toplam Sindirilebilir Besin Madde (TSBM)

Biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprakların TSBM oranlarında düşüşler gerçekleşmiştir. Buna göre en yüksek TSBM oranları 30 cm yüksekliğe ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde (ilk yıl %57,959, ikinci yıl %57,897 ve iki yıllık ortalamalara göre %57,928) belirlenirken, en düşük ise fizyolojik oluma ulaştıktan sonra hasat

edilen bitkilerde (ilk yıl %57,509, ikinci yıl %55,746 ve iki yıllık ortalamalara göre %56,627) tespit edilmiştir. Topper-76 çeşidinin TSBM oranı araştırmanın tüm yıllarında M81-E'ye göre daha yüksek olmuştur. İki yıllık ortalamaya göre Topper-76'nın TSBM oranı %57,177 iken, M81-E çeşidinde %56,909'a düşmüştür. Bunun yanında araştırmanın ilk yılındaki TSBM oranı (%57,487) ikinci yıla (%56,599) göre daha yüksek olmuştur (Tablo 7).

Table 7. Mean TSBM ratios in the leaves of sweet sorghum cultivars by years(%)

Tablo 7. Şeker sorgumun yapraklarının yıllara göre ortalama TSBM oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	57,854	58,064	57,959
60 cm	57,970	57,684	57,827
90 cm	56,882	57,904	57,393
120 cm	56,899	57,461	57,180
150 cm	56,691	57,420	57,055
Fiz. olum	57,266	57,753	57,509
Ortalama	57,260	57,715	57,487^A
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:öd, PÇ×BY:öd			
2021 yılı			
30 cm	57,390	58,404	57,897 ^A
60 cm	56,875	56,779	56,827 ^B
90 cm	56,413	56,181	56,297 ^{BC}
120 cm	56,389	56,303	56,346 ^{BC}
150 cm	56,332	56,631	56,481 ^{BC}
Fiz. olum	55,946	55,545	55,746 ^C
Ortalama	56,558	56,641	56,599^B
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	57,622	58,234	57,928 ^A
60 cm	57,422	57,232	57,327 ^B
90 cm	56,647	57,043	56,845 ^{BC}
120 cm	56,644	56,882	56,763 ^C
150 cm	56,511	57,025	56,768 ^{BC}
Fiz. olum	56,606	56,649	56,627 ^{BC}
Ortalama	56,909	57,177	-
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd, PY:**			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Çalışmanın tüm yıllarında hasattaki bitki boyunun artışına bağlı olarak sapların TSBM oranlarında düşüşler olmuştur. En yüksek TSBM oranları 30 ve 60 cm boyda hasat edilen bitkilerin saplarında (2020 yılı %58,112-57,558, 2021 yılı %56,791-57,390 ve 2020-2021 yılı %57,451-57,474) belirlenirken, en düşük ise 120, 150 ve fizyolojik olum dönemlerindeki bitkilerde (2020 yılı %54,561-55,174, 2021 yılı %52,987-54,719 ve

2020-2021 yılı %54,081-54,663) tespit edilmiştir. Topper-76 çeşidinin sap kısımlarının TSBM oranı çalışmanın yürütüldüğü tüm yıllarda M81-E çeşidinden daha yüksek olmuştur. Ayrıca çalışmanın ilk yılına ait ortalama TSBM oranı (%56,100) ikinci yıla nazaran (%55,335) daha yüksek bulunmuştur (Tablo 8).

Table 8. Mean TSBM ratios in the stalks of sweet sorghum by years (%)

Tablo 8. Şeker sorgumun saplarının yıllara göre ortalama TSBM oranları (%)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	57,735	58,488	58,112 ^A
60 cm	57,657	57,459	57,558 ^{AB}
90 cm	55,974	57,193	56,584 ^B
120 cm	53,375	55,838	54,607 ^C
150 cm	54,909	55,439	55,174 ^C
Fiz. olum	54,871	54,251	54,561 ^C
Ortalama	55,754 ^B	56,445 ^A	56,100 ^A
Önemlilik: PÇ:*, PBY:**, PÇ×BY: öd			
2021 yılı			
30 cm	55,985	57,596	56,791 ^{AB}
60 cm	56,486	58,294	57,390 ^A
90 cm	55,443	56,893	56,168 ^B
120 cm	54,763	54,676	54,719 ^C
150 cm	51,354	54,621	52,987 ^D
Fiz. olum	53,768	54,146	53,957 ^{CD}
Ortalama	54,633 ^B	56,037 ^A	55,335 ^B
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY: öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	56,860	58,042	57,451 ^A
60 cm	57,071	57,876	57,474 ^A
90 cm	55,709	57,043	56,376 ^B
120 cm	54,069	55,257	54,663 ^C
150 cm	53,131	55,030	54,081 ^C
Fiz. olum	54,320	54,198	54,259 ^C
Ortalama	55,193 ^B	56,241 ^A	-
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY: öd, PY:**			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, ^{öd} ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Metabolik Enerji Değeri

Biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprakların ME değerleri araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda düşmüştür. Topper-76 çeşidinin ME

değerinin M81-E çeşidinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın ilk yılına ait ME değeri 2,077 Mcal/kg KM iken, ikinci yılda bu değer 2,045 Mcal/kg KM olmuştur (Tablo 9).

Table 9. Mean average ME ratios in the leaves of sweet sorghum by years (Mcal/Kg KM)

Tablo 9. Şeker sorgumun yapraklarının yıllara göre ortalama ME oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	2,090	2,098	2,094
60 cm	2,095	2,084	2,089
90 cm	2,055	2,092	2,074
120 cm	2,056	2,076	2,066
150 cm	2,048	2,075	2,062
Fiz. olum	2,069	2,087	2,078
Ortalama	2,069	2,085	2,077^A
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:öd, PÇ×BY:öd			
2021 yılı			
30 cm	2,074	2,110	2,092 ^A
60 cm	2,055	2,052	2,053 ^B
90 cm	2,038	2,030	2,034 ^{BC}
120 cm	2,037	2,034	2,036 ^{BC}
150 cm	2,035	2,046	2,041 ^{BC}
Fiz. olum	2,021	2,007	2,014 ^C
Ortalama	2,044	2,047	2,045^B
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	2,082	2,104	2,093 ^A
60 cm	2,075	2,068	2,071 ^B
90 cm	2,047	2,061	2,054 ^{BC}
120 cm	2,047	2,055	2,051 ^C
150 cm	2,042	2,060	2,052 ^{BC}
Fiz. olum	2,045	2,047	2,046 ^{BC}
Ortalama	2,056	2,066	-
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd, PY:**			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Çeşitlerin saplarına ait ME değerleri araştırmanın tüm yıllarında önemli değişim göstermiş ve Topper-76 ön plana çıkmıştır. Topper-76 çeşidinin ilk yıl ME değeri 2,039 Mcal/kg KM, ikinci yıl 2,025 Mcal/kg KM iki yıllık ortalama ise 2,032 Mcal/kg KM olurken, bu değerler M81-E çeşidinde sırasıyla 2,015 Mcal/kg KM, 1,974 Mcal/kg KM ve 1,994 Mcal/kg KM olmuştur. İlk yıla ait ME değeri (2,027 Mcal/kg KM) ikinci yıla göre

(1,999 Mcal/kg KM) daha yüksek olmuştur. Biçimde bitki boyunun artışına bağlı olarak sapların ME değerleri düşmüştür. En yüksek ME değerleri araştırmanın yürütüldüğü tüm yıllarda 30 ve 60 cm’de biçilen bitkilerde belirlenirken, en düşük değerler ise 120 cm, 150 cm ve fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilen bitkilerde tespit edilmiştir (Tablo 10).

Table 10. Mean ME ratios in the stalks of sweet sorghum by years (Mcal/Kg KM)

Tablo 10. Şeker sorgumun saplarının yıllara göre ortalama ME oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	2,086	2,113	2,100 ^A
60 cm	2,083	2,076	2,080 ^{AB}
90 cm	2,022	2,066	2,044 ^B
120 cm	1,929	2,018	1,973 ^C
150 cm	1,984	2,003	1,994 ^C
Fiz. olum	1,983	1,960	1,971 ^C
Ortalama	2,015 ^B	2,039 ^A	2,027 ^A
Önemlilik: PÇ:*, PBY:**, PÇ×BY: öd			
2021 yılı			
30 cm	2,023	2,081	2,052 ^{AB}
60 cm	2,041	2,106	2,074 ^A
90 cm	2,003	2,056	2,029 ^B
120 cm	1,979	1,976	1,977 ^C
150 cm	1,856	1,974	1,915 ^D
Fiz. olum	1,943	1,956	1,950 ^{CD}
Ortalama	1,974 ^B	2,025 ^A	1,999 ^B
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY: öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	2,054	2,097	2,076 ^A
60 cm	2,062	2,091	2,077 ^A
90 cm	2,013	2,061	2,037 ^B
120 cm	1,954	1,997	1,975 ^C
150 cm	1,920	1,988	1,954 ^C
Fiz. olum	1,963	1,958	1,961 ^C
Ortalama	1,994 ^B	2,032 ^A	-
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY: öd, PY:**			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, ^{öd} ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Sindirilebilir Enerji Değeri

Çalışmanın tüm yıllarında biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprakların SE değerlerinde düşüş olmuştur. İki yıllık ortalama sonuçlara göre de biçimdeki bitki boyunun artışına

bağlı olarak yaprakların SE değerleri düşmüştür. Ayrıca Topper-76 çeşidinin SE değeri M81-E çeşidinden daha yüksektir. Yıllara göre ise araştırmanın ilk yılına ait SE değerleri (2,535 Mcal/kg KM) ikinci yıldan (2,496 Mcal/kg KM) daha yüksek bulunmuştur (Tablo 11).

Table 11. Mean SE ratios in the leaves of sweet sorghum by years (Mcal/Kg KM)

Tablo 11. Şeker sorgumun yapraklarının yıllara göre ortalama SE oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	2,551	2,560	2,555
60 cm	2,556	2,543	2,550
90 cm	2,508	2,553	2,530
120 cm	2,509	2,534	2,521
150 cm	2,500	2,532	2,516
Fiz. olum	2,525	2,546	2,536
Ortalama	2,525	2,545	2,535^A
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:öd, PÇ×BY:öd			
2021 yılı			
30 cm	2,530	2,575	2,553 ^A
60 cm	2,508	2,503	2,506 ^B
90 cm	2,487	2,477	2,482 ^{BC}
120 cm	2,486	2,482	2,484 ^{BC}
150 cm	2,484	2,497	2,490 ^{BC}
Fiz. olum	2,467	2,449	2,458 ^C
Ortalama	2,494	2,497	2,496^B
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	2,541	2,568	2,554 ^A
60 cm	2,532	2,523	2,528 ^B
90 cm	2,498	2,515	2,506 ^{BC}
120 cm	2,497	2,508	2,503 ^C
150 cm	2,492	2,514	2,504 ^{BC}
Fiz. olum	2,496	2,498	2,498 ^{BC}
Ortalama	2,509	2,521	-
Önemlilik: PÇ:öd, PBY:**, PÇ×BY:öd, PY:öd			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

Biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak sapların SE değerlerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Buna göre en yüksek SE değerleri 30 cm yüksekliğe ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde (ilk yıl 2,562 Mcal/kg KM, ikinci yıl 2,504 Mcal/kg KM ve iki yıllık ortalamalara göre 2,533 Mcal/kg KM) belirlenirken, en düşük ise fizyolojik oluma ulaştıktan sonra hasat edilen bitkilerde (ilk yıl 2,406 Mcal/kg KM, ikinci yıl 2,379 Mcal/kg KM ve iki yıllık ortalamalara

göre 2,392 Mcal/kg KM) tespit edilmiştir. Topper-76 çeşidinin SE değeri araştırmanın tüm yıllarında M81-E'ye göre daha yüksek olmuştur. İki yıllık ortalamalara göre Topper-76'nın SE değeri 2,480 Mcal/kg KM iken, bu değer M81-E çeşidinde 2,434 Mcal/kg KM'e düşmüştür. Bunun yanında araştırmanın ilk yılındaki SE değeri (2,473 Mcal/kg KM) ikinci yıla (2,440 Mcal/kg KM) göre daha yüksek olmuştur (Tablo 12).

Table 12. Mean SE ratios in the stalks of sweet sorghum by years (Mcal/Kg KM)

Tablo 12. Şeker sorgumun saplarının yıllara göre ortalama SE oranları (Mcal/Kg KM)

Biçim Yüksekliği	Şeker sorgum (ŞS)		Ortalama
	M81-E	Topper-76	
2020 yılı			
30 cm	2,546	2,578	2,562 ^A
60 cm	2,542	2,533	2,538 ^{AB}
90 cm	2,468	2,522	2,495 ^B
120 cm	2,353	2,462	2,408 ^C
150 cm	2,421	2,444	2,433 ^C
Fiz. olum	2,419	2,392	2,406 ^C
Ortalama	2,458 ^B	2,489 ^A	2,473 ^A
Önemlilik: PÇ:*, PBY:**, PÇ×BY: öd			
2021 yılı			
30 cm	2,468	2,539	2,504 ^{AB}
60 cm	2,491	2,570	2,530 ^A
90 cm	2,445	2,508	2,477 ^B
120 cm	2,415	2,411	2,413 ^C
150 cm	2,264	2,408	2,336 ^D
Fiz. olum	2,371	2,387	2,379 ^{CD}
Ortalama	2,409 ^B	2,471 ^A	2,440 ^B
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY: öd			
Yılların birleşik ortalaması (2020-2021)			
30 cm	2,507	2,559	2,533 ^A
60 cm	2,516	2,552	2,534 ^A
90 cm	2,456	2,515	2,486 ^B
120 cm	2,384	2,436	2,410 ^C
150 cm	2,343	2,427	2,385 ^C
Fiz. olum	2,395	2,390	2,392 ^C
Ortalama	2,434 ^B	2,480 ^A	-
Önemlilik: PÇ:**, PBY:**, PÇ×BY: öd, PY:**			

Not: * %5, ** %1 düzeyinde önemli olduğunu, öd ise önemli olmadığını göstermektedir (PÇ: çeşit, PBY: biçim yüksekliği, PY: yıl).

TARTIŞMA

Bitkiler önce yavaş, sonra hızlı, gelişmenin sonuna doğru ise yeniden yavaş büyürler (Altın vd., 2011). Büyümenin başlangıcında fotosentez dokusu az olduğu için buna bağlı olarak özümleme ürünlerinin üretimi de az olmaktadır. Fakat büyüme ilerledikçe fotosentez dokusu da artıp daha fazla organik kütle üretilmektedir. Vejetatif büyüme generatif döneme kadar sürekli artış halindedir. Generatif dönem ile birlikte fotosentez ürünleri vejetatif dokular (kök, dal, yaprak) yerine, generatif organlara taşınmaktadır (Altın vd., 2011). Bu da gelişmenin bu aşamasında ot verimindeki artışı sınırlandırmaktadır (Larcher, 1995, Chattha vd., 2017). Bu sebeple denemede 30 cm biçim yüksekliğinden itibaren fizyolojik oluma kadar yapılan biçimlerde ot verimleri düzenli ve sürekli olarak artmıştır. Ülkemizde sorgum ile yürütülen denemelerde değişik verim değerleri elde edilmiştir. Örneğin, Aydınoglu & Çakmakçı (2018) ortalama yeşil ot veriminin 4600-8188 kg/da ve kuru ot veriminin de 1187-2037 kg/da arasında değiştiğini belirtmiştir. Bingöl'de 13 farklı sorgum çeşidi ile yapılan çalışmada çeşitlerin ortalama yeşil ot verimleri 7323,4 kg/da ve ortalama kuru ot verimleri 1308,0 kg/da olarak raporlanmıştır (Özmen, 2017). Farklı bölgelerde yapılan diğer çalışmalarda ise ortalama yeşil ot verimleri Şanlıurfa'da 10.000-11.000 kg/da (Tansı vd., 1991), Çanakkale'de 2288,8-4716,6 kg/da (Küçüksemerci & Baytekin, 2017), Aydın'da ortalama 6730 kg/da (Sürmen & Kara, 2022), 4650-6260 kg/da (Çelik & Türk., 2021) olarak tespit edilmiştir. Ortalama kuru ot verimleri ise 1308,0 kg/da (Özmen, 2017), 609,5-1183 kg/da (Tosunoğlu, 2014), 1654 kg/da (Çeçen vd., 2005), 810-2110 kg/da (Kara vd., 2019), 1350-2840 kg/da (Kır & Dursun Şahan, 2019) ve 1480 kg/da (Sürmen & Kara, 2022) arasında değişim göstermiştir.

Çeşitler farklı genetik yapıya sahip olduklarından, belirli bir yetiştirme ortamında çevre faktörlerine karşı farklı tepkiler verebilecekleri için ot üretimlerinin de farklı olması beklenen bir durumdur. Nitekim bu çalışmada da çeşitler arasında bu farklılık ortaya çıkmıştır. Şeker sorgumun Topper-76 çeşidi diğerlerinden önemli ölçüde daha az ot verimine sahip olmuştur.

Biçimdeki bitki boylarının artışına bağlı olarak şeker sorgum çeşitlerinin yaprak oranlarında düşüşler gerçekleşmiştir. Bu değişim çeşitlere göre önemsiz düzeyde kalmıştır. Bunun aksine bitkide büyümeye bağlı olarak bitkinin sap oranlarında artışlar kaydedilmiştir. Kısaca büyümeye bağlı olarak yaprak oranı azalırken, sap oranları artmıştır. Bunun temel nedeni büyüme başlangıcında bitkinin toplam biyomasında yaprak oranı fazladır. Fakat büyümenin ilerlemesine bağlı olarak saplarda meydana gelen uzama sap kısmının bitkideki oranını arttırmıştır. Generatif döneme geçiş ile birlikte ise salkım oranlarında artışlar olmuş ve bu fizyolojik olum döneminde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bitkilerin büyümeye bağlı olarak toprak üstü kütlesi de arttığı için bu kütleyi taşıyacak daha sağlam gövde oluşturması zorunludur. Bu da hücre çeperi maddelerinden selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi yapısal karbonhidratların artışı ile sağlanmaktadır. Bu yüzden sapsız bitkinin gelişmesini takiben giderek daha kalın ve sağlam bir yapı kazanırlar. Bu da bitki gelişimi ilerledikçe toplam bitki kütlesi içerisinde yaprak oranında azalma, sap oranlarında ise artışlara sebep olmuştur (Kılınç, 2022). Çanakkale'de buğday ile ilgili yapılan çalışmada başak/salkım oluşturma döneminden süt olum dönemine doğru ilerledikçe yaprak/sap oranında düzenli düşüş görüldüğü tespit edilmiştir (Kılınç, 2022). Yapılan bir diğer çalışmada buğdayın çiçeklenmeden süt olum dönemi biçimlerine kadar yaprak/gövde oranının %0,197'den %0,146'ya düştüğü saptanmıştır (Taş, 2010). Başka bir çalışmada ise 53 adet sorgum hattı ve 4 adet farklı sorgum çeşitlerinin ortalama yaprak oranları %60-80 ve sap oranlarının ise %20-40 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Erdurmuş vd., 2021).

Kök bitkisel üretimde temel rol oynamaktadır. Bitkiye su ve besin elementi sağlamaktadır. Bunun yanında bitkinin toprağa tutunması için destek görevi görmektedir. Metabolizma olaylarında görev almaktadır. Bitkinin büyümesini ve işleyişini kontrol eden hormonal dengeye de katkıda bulunmaktadır (Willigen & Van Noordwijk, 1987; Toure vd., 2018). Bir bitkinin vejetasyon dönemindeki köklerin büyüme hızları çevre koşulları ile bitki büyüme ve gelişiminin genetik programına uygun olarak değişim göstermektedir. Toprak üstü aksamın gelişimi toprak

altı kök gelişimi ile doğru orantılıdır (Blaha, 2019). Bitkide büyümeye bağlı olarak kök gelişimi sürekli artış göstermektedir (Brown, 1984). Nitekim yapmış olduğumuz çalışmada da bitkilerde hasat zamanındaki boy artışına bağlı olarak bitki başına kök miktarlarında artışlar olmuştur. Bununla beraber çeşitlere göre ortalama kök miktarlarında da farklı miktarlarda kök üretmişlerdir. Bu durum çeşitler arasındaki genetik farklılıklarından kaynaklanmaktadır (O'Toole & Bland, 1987; Gregory, 1994; Kujira vd., 1994; Marschner, 1998; Fageria, 2009; Fageria & Moreira, 2011).

Bitkilerde büyümeye bağlı olarak içeriklerindeki enerji değerlerinde düşüşler olduğu gözlenmiştir. Bunun iki temel nedeni olduğu düşünülmektedir. Bunlardan ilki bitkilerin büyüme başlangıcında fotosentez ile üretmiş oldukları besin madde içeriklerinin fazla olmasıdır. Nitekim bitkilerde olgunlaşmaya bağlı olarak sindirilebilirlik ve enerji değerleri düşüş göstermektedir (Romero vd., 1976). Bir diğer nedeni ise büyüme bağlı olarak yaprakların oranlarının düşmesi, sap oranlarının artmasıdır. Nitekim yaprakların besin madde kapsamı sap kısımlarına nazaran daha fazladır. Yaprakların protein, vitamin ve mineral madde içerikleri saplara göre daha yüksek iken, selüloz, hemiselüloz ve lignin içerikleri ise daha düşüktür (Başbağ vd., 1999). Bitkilerin fotosentez kapasiteleri genç dönemlerde daha fazla, yaşlı dönemlerde ise daha düşüktür. Çünkü genç dönemlerde yaprak oranları daha yüksektir. Yaprakların fotosentez kapasiteleri yüksek olduğu için sap ve köklere nazaran daha fazla azot ve besin madde içeriğine sahiptir (Poorter vd., 1990). Bitkinin fotosentez kapasitesine yaprağın pozisyonu, bitkinin yaşı ve çevresel faktörler (sıcaklık, yağış, gün ışığı, besin) gibi birçok faktör etki etmektedir (Constable & Rawson, 1980; Bhagsari, 1988; Lieth & Pasion, 1990; Rodriguez-Montero, 1997; Aighewi & Ekanayake, 2004; Hgaza vd., 2009). Yapılan benzer çalışmalarda da biçim devrelerinin ilerlemesine bağlı olarak yaprak ve saplara ham protein oranlarında düşüşler tespit edilmiştir (Jung vd., 1964; Worker & Marble, 1968; Wedin, 1970; Worker, 1973; Okuyucu, 1980; Kallah vd., 1999; Keskin vd., 2005; Karataş & Tansı, 2011). Çeşitlerin yaprak ve sap kısımlarının enerji içeriklerinin önemli değişim göstermesi ise

genetik olarak farklı olmalarından kaynaklanmaktadır (Manga & Acar, 1988; Beadle, 1993; Khan vd., 2006; Kering vd., 2011; Özyazıcı & Açıkbay, 2019).

SONUÇ

Araştırmada bitkilerle ilgili olarak yeşil ot verimi, yaprak, sap ve salkım oranları, kök miktarı, yaprak ve sap kısımlarına ait TSBM, ME ve SE değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre; toplam yeşil ot verimleri biçimdeki bitki boyunun artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Bitkilerin 30 cm bitki boyuna sahipken üretmiş olduğu ot miktarı 4193,4 kg/da iken, fizyolojik olum döneminde 8962,4 kg/da'a yükselmiştir. Çeşitlere göre M81-E çeşidinin yeşil ot üretimi Topper-76'ya göre daha yüksek olmuştur. Yaprak oranları bitki büyümesine bağlı olarak düşüş gösterirken, sap oranları artmıştır. Bitkilerin üretmiş olduğu kök miktarları büyümeye bağlı olarak artmıştır. Büyüme başlangıcına göre büyüme sonunda bitkilerin üretmiş olduğu ortalama kök miktarları 7,05 g'dan 47,85 g'a yükselmiştir. Biçimde bitki boyunun artışına bağlı olarak yaprak ve saplara enerji değerlerinde düşüşler gerçekleşmiştir. Büyüme başlangıcı ile büyüme sonunda yaprakların TSBM oranı %2,24, ME değeri %2,24 ve SE değeri %2,19 azalmıştır. Sap kısmında ise büyüme başlangıcı ile büyüme sonunda TSBM %5,55, ME %5,53 ve SE ise %5,56 oranlarında düşüş göstermiştir.

Yapılan çalışmanın sonunda hem otlatma amaçlı hem de kaba yem kaynağı olarak yetiştirilecek bu çeşitlerde ot verimi bakımından M81-E çeşidinin enerji değeri bakımından ise Topper-76 çeşidinin daha üstün olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla benzer ekolojilerde kaba yem kaynağı olarak her iki şeker sorgum çeşidinin de fizyolojik olum döneminde hasat edilerek yetiştirilebileceği önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma "Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)" tarafından desteklenen 120-O-527 nolu projeden tarafından desteklenmiştir. Ayrıca Elif Nur SEZGİN'in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Etik Standartlara Uygunluk

Yazarların Katkısı

ENS: Makalenin ilk taslağını yazmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

FA: Çalışmayı tasarlamıştır. Makalenin ilk taslağını yazmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirmiştir.

Yazarlar metnin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Etik Onay

Yazar bu çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

Veri Kullanılabilirliği Bildirimi

Yazarlar, bu çalışmanın bulgularını destekleyen verilerin makale içinde mevcut olduğunu onaylamaktadır.

KAYNAKLAR

Açıkgöz, E. (1991). *Yem bitkileri*. Uludağ Üniversitesi Basımevi.

Aighewi, B. A., & Ekanayake, I. J. (2004). In-situ chlorophyll fluorescence and related growth of white Guinea yam at different ages. *Tropical Science*, 44(4), 201-206. <https://doi.org/10.1002/ts.169>

Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2011). *Çayır ve mera yönetimi 1. Cilt (Genel ilkeler)*. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları.

Anonim. (2023). *Ruminant Yemlerinde Enerji Değerlerinin Ham besin Maddelerinden Hesaplanması*. Retrieved on May 21, 2023 from www.muratgorgulu.com.tr

Avcioğlu, R., Geren, H., & Kavut, Y. T. (2009). Sorgum sudanotu ve sorgum x sudanotu melezi. In R. Avcioğlu, R. Hatipoğlu, & Y. Karadağ (Eds.), *Yem bitkileri buğdaygiller ve diğer familyalardan yem bitkileri* (pp. 680-701). TKB TÜGEM.

Aydinoğlu, B., & Çakmakçı, S. (2018). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] bitkisinde biçim devresinin hasıl verimi ve bazı verim öğelerine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 167-175. <https://doi.org/10.19159/tutad.412588>

Başbağ, M., Gül, İ., & Saruhan, V. (1999). Diyarbakır koşullarında bazı tek yıllık baklagil ve buğdaygil karışımlarında farklı karışım oranlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, Türkiye.

Bayram, G., & Turgut, İ. (2015). Biyoetanol kaynağı olarak şeker darı (*Sorghum bicolor* ssp. *saccharatum*) üretimi ve önemi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 147-156.

Baytekin, H. (1990). *Çukurova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tane ve silaj sorgum çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterler ile karakterler arasındaki ilişkilerin saptanması*. [Doctoral dissertation, Çukurova University].

Baytekin, H., & Şilbir, Y. (1996). Harran Ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen sudanotu ve sorgum-sudanotu melezi çeşitlerinde tohumluk miktarının ot verimine etkisi. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yembitkileri Kongresi*, Türkiye.

Baytekin, H., Tansı, V., & Sağlamtimur, T. (1996). *Harran Ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj sorgum çeşitlerinde tohumluk miktarının ot verimi ve bazı tarımsal karakterlere etkisi*. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yembitkileri Kongresi*, Türkiye.

Beadle, C. L. (1993). Growth analysis. In D. O. Hall, J. M. O. Scurlock, H. R. Bolhær-Nordenkamp, R. C. Leegood, & S. P. Long (Eds.), *Photosynthesis and production in a changing environment: A field and laboratory manual* (pp. 36-46). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7_3

Bhagsari, A. S. (1988). Photosynthesis and stomatal conductance of selected root crops as related to leaf age. *Crop Science*, 28(6), 902-906. <https://doi.org/10.2135/cropsci1988.0011183X002800060005x>

- Bláha, L. (2019). Importance of root-shoot ratio for crops production. *HSOA Journal of Agronomy and Agricultural Science*, 2(2), 012. <https://doi.org/10.24966/AAS-8292/100012>
- Brown, R. H. (1984). Growth of the green plant. In M. B. Tesar (Ed.), *Physiological basis of crop growth and development* (pp. 153-174). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2135/1984.physiologicalbasis.c6>
- Chattha, M. U., Iqbal, A., Hassan, M. U., Chattha, M. B., Ishaque, W., Usman, M., & Ullah, M. A. (2017). Forage yield and quality of sweet sorghum as influenced by sowing methods and harvesting times. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 13, 301-306.
- Constable, G. A., & Rawson, H. M. (1980). Effect of leaf position, expansion and age on photosynthesis, transpiration and water use of cotton. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7, 89-100.
- Çeçen, S., Öten, M., & Erdurmuş, C. (2005). Batı Akdeniz sahil kuşağında sorgum, sudan otu ve mısırın II. ürün olarak değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(3), 337-341.
- Çelik, B., & Türk, M. (2021). The determination of forage yield and quality of some silage sorghum cultivars in ecological conditions of Uşak province. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.51801/turkjrf.897275>
- De Willigen, P., & Van Noordwijk, M. (1987). *Roots, plant production and nutrient use efficiency* [Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University].
- Emeklier, H. Y. (2014). *İç Anadolu Bölgesi'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve enerji bitkileri tarımı*. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, Samsun, Türkiye.
- Erdurmuş, C., Erdal, S., Öten, M., Kiremitçi, S., & Uzun, B. (2021). Investigation of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes for yield and yield components. *Maydica*, 66(2), M13.
- Fageria, N. K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press.
- Fageria, N. K., & Moreira, A. (2011). The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 110, pp. 251-331). Academic Press.
- Gregory, P. J. (1994). Root growth and activity. In K. J. Boote, J. M. Bennett, T. R. Sinclair, & G. M. Paulsen (Eds.), *Physiology and determination of crop yield* (pp. 65-93). ASA, CSSA, and SSSA. <https://doi.org/10.2134/1994.physiologyanddetermination.c5>
- Güçük, T., & Baytekin, H. (1999a). Bozova sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj mısır silaj sorgum ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinde hasat zamanının verim ve bazı silaj özelliklerine etkisi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, Türkiye.
- Güçük, T., & Baytekin, H. (1999b). Bozova sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj mısır silaj sorgum ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinde hasat zamanının verim ve verim unsurlarına etkisi. *GAP I. Tarım Kongresi*, Türkiye.
- Hgaza, V. K., Diby, L. N., Ake, S., & Frossard, E. (2009). Leaf growth and photosynthetic capacity as affected by leaf position, plant nutritional status and growth stage in *Dioscorea alata* L. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 5(2), 483-493.
- Hu, T., Sørensen, P., Wahlström, E. M., Chirinda, N., Sharif, B., Li, X., & Olesen, J. E. (2018). Root biomass in cereals, catch crops and weeds can be reliably estimated without considering aboveground biomass. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 251, 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.024>
- İptaş, S., & Avcıoğlu, R. (1997). Mısır, sorgum, sudanotu ve sorgum-sudanotu melez bitkilerinde farklı hasat devrelerinin silo yemi niteliğine etkileri. *Türkiye Birinci Silaj Kongresi*, Türkiye.
- Jung, G. A., Lilly, B., Shih, S. C., & Reid, R. L. (1964). Studies with sudangrass. I. Effect of growth stage and level of nitrogen fertilizer upon yield of dry matter; estimated digestibility of energy, dry matter and protein; amino acid composition; and prussic acid potential.

- Agronomy Journal*, 56(6), 533-537.
<https://doi.org/10.2134/agronj1964.00021962005600060004x>
- Kallah, M. S., Muhammad, I. R., Baba, M., & Lawal, R. (1999). The effect of maturity on the composition of hay and silage made from columbus grass (*Sorghum almum*). *Tropical Grassland*, 33(1), 46–50.
- Kara, E., Sürmen, M., & Erdoğan, H. (2019). Katı biyogaz atığı uygulamalarının sorgum ve sorgum x sudanotu melezi bitkilerinde yem verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 355-361.
- Karataş, Z., & Tansı, V. (2011). Çukurova koşullarında II. ürün olarak bazı sorgum x sudan otu melezi çeşitlerinin biçim zamanının hasıl verim ve kalite unsurlarına etkileri üzerine bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(3), 107-117.
- Kering, M. K., Guretzky, J., Funderburg, E., & Mosali, J. (2011). Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(16), 1958-1971.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2011.591470>
- Keskin, B., Yılmaz, İ. H., & Akdeniz, H. (2005). Sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Mtapf.) çeşitlerinde hasat zamanının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 145-150.
- Khan, M. A., Iqbal, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Khan, M. S., Lee, W. S., & Kim, H. (2006). Urea treated corncobs ensiled with or without additives for buffaloes: Ruminant characteristics, digestibility and nitrogen metabolism. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.*, 19(5), 705–712.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2006.705>
- Kılınç, K. (2022). *Farklı biçim zamanlarının yulaf ve tritikalenin ot verimi ve kalitesine etkileri*. [Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart University].
- Kır, H., & Dursun Şahan, B. (2019). Kırşehir ekolojik koşullarında bazı silajlık sorgum ile sorgum-sudanotu melez çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi [Yield and quality feature of some silage sorghum and sorghum-sudangrass hybrid cultivars in ecological conditions of Kırşehir province]. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3), 388-395.
<https://doi.org/10.30910/turkjans.595170>
- Kızıl, S., & Tansı, V. (1997). Çukurova koşullarında ikinci ürün sezonunda yetiştirilen bazı tane ve silaj sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinde farklı ekim sıklıklarının verim üzerine olan etkileri. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*, Türkiye.
- Kujira, Y., Grove, J. H., & Ronzelli Jr, P. (1994). Varietal differences of root systems in winter wheat seedlings. *Japanese Journal of Crop Science*, 63(3), 524-530.
- Küçüksemerci, O., & Baytekin, H. (2017). Çanakkale koşullarında yetiştirilen şeker sorgumunda ekim sıklığının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1), 95-100.
- Lang, B. (2001). *Sudan/sorghum forage management*. Iowa State University Extension. Fact Sheet BL-50.
- Larcher, W. (1995). *Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. (3th, Ed.). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-87851-0>
- Lee, S. M. (2005). Effect of the cultivation method and cutting time on the growth characteristics, dry matter yield and voluntary intake in sorghum x sudangrass hybrid. *The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 25(1), 7-16.
- Lieth, J. H., & Pasian, C. C. (1990). A model for net photosynthesis of rose leaves as a function of photosynthetically active radiation, leaf temperature, and leaf age. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(3), 486-491.
<https://doi.org/10.21273/jashs.115.3.486>
- Mahmood, A., & Honermeier, B. (2012). Effect of row spacing and cultivar on biomass yield and quality of *Sorghum bicolor* L. Moench. *Journal für Kulturpflanzen*, 64(7), 250–257.
<https://doi.org/10.5073/JfK.2012.07.03>

- Manga, İ., & Acar, Z. (1988). *Yem kültürünün genel ilkeleri. Ders notları*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları No: 37.
- Marschener, H. (1998). Role of root growth, arbuscular mycorrhiza, and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. *Field Crops Research*, 56(1), 203-207. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00131-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00131-7)
- Morrison, J. (2003). Hay and pasture management. In S. Barnhart & K. Johnson (Eds.), *Illinois Agronomy Handbook* (pp. 65-81). University of Illinois at Urbana-Champaign. College of Agricultural, Consumer & Environmental Sciences. Illinois Extension.
- O'Toole, J. C., & Bland, W. L. (1987). Genotypic variation in crop plant root systems. In N. C. Brady (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 41, pp. 91-145). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60803-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60803-2)
- Okuyucu, F. (1980). *Değişik biçim zamanı ve azot dozlarının farklı sorgum çeşitlerinde gelişme, büyüme hızı ve verim ile diğer bazı karakterlere etkileri üzerine araştırmalar*. [Doctoral dissertation, Ege University].
- Orak, A., & Kavdır, İ. (1994). Çiftçi koşullarında yetiştirilen silajlık sorgumda (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) farklı tohumluk miktarı ve sıra arası açıklıklarının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1-2), 139-148.
- Özmen, S. (2017). *Bingöl koşullarında farklı sorgum türlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi* [Master's thesis, Bingöl University].
- Özyazıcı, M. A., & Açıkbaş, S. (2019). Phosphorus, potassium, calcium and magnesium content of roughage and importance on animal nutrition. *ISPEC International Conference on Agriculture. Animal Science and Rural Development-III, Türkiye*.
- Poorter, H., Remkes, C., & Lambers, H. (1990). Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant physiology*, 94(2), 621-627. <https://doi.org/10.1104/pp.94.2.621>
- Rodríguez-Montero, W. (1997). *Crop physiology of the greater yam (Dioscorea alata L.)*. [Doctoral Dissertation, Hohenheim University].
- Romero, A., Siebert, B. D., & Murray, R. M. (1976). A study on the effect of frequency of urea ingestion on the utilization of low quality roughage by steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 16, 308-314.
- Sağlamtimur, T., Tansı, V., & Baytekin, H. (1989). *Yem bitkileri yetiştirme*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 74.
- Sâmi, Ş. (1901). *Kamus-ı türki*. İkdâm Matbaası Dersaadet, İstanbul.
- Sanderson, M. A., Jones, R. M., Ward, J., & Wolfe, R. (1992). *Silage sorghum performance trial at Stephenville*. Forage Research in Texas. Report PR-5018. Texas Agriculture Experiment Station.
- SAS. (1999). *SAS V8 Online manual*. Cary, NC.
- Sowiński, J., & Szydełko, E. (2011). Growth rate and yields of a sorghum-sudangrass hybrid variety grown on a light and a medium-heavy soil as affected by cutting management and seeding rate. *Polish Journal of Agronomy*, 4, 23-28.
- Sürmen, M., & Kara, E. (2022). Forage yield and quality performances of sorghum genotypes in Mediterranean ecological conditions. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 331-339. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.1193628>
- Tansı, V., Ülger, A. C., Sağlamtimur, T., Baytekin, H., Okant, M., & Kılınç, M. (1991). *Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 1. ve 2. ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum tür ve çeşitlerinin saptanması üzerinde araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 39, GAP Yayın No: 66.
- Taş, N. (2010). Sulu şartlarda yazlık ve güzlük ekilen fiğ+buğday karışımlarında en uygun karışım oranı ve biçim zamanının belirlenmesi I. Ot verimi ve verim unsurları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 45-58.
- Tosunoğlu, S. (2014). *Yozgat şartlarında ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum, sudan otu ve sorgum sudan otu melez çeşitlerinin belirlenmesi*. [Master's thesis, Bozok University].

- Toure, C. F. B., Diallo, A. G., Toure, A. O., & Toure, A. (2018). Study of the root system of local and improved sorghum cultivars grown in Mali. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 7(3), 1-10. <https://doi.org/10.9734/AJAAR/2018/42846>
- Uher, D., Štafa, Z., Maćešić, D., Kaučić, D., & Vukašinić, Z. (2005). The effect of cutting regime on yield of sorghum in different climatic (vegetation) seasons. *Mljekarstvo*, 55(1), 15-30.
- Undersander, D. (2003). Sorghums, sudangrasses, and sorghum-sudangrass hybrids. In *Focus on Forage* (Vol. 5, No. 5, pp. 2). University of Wisconsin Board of Regents.
- Wedin, W. F. (1970). Digestible dry matter, crude protein, and dry matter yields of grazing-type sorghum cultivars as affected by harvest frequency. *Agronomy Journal*, 62(3), 359-363. <https://doi.org/10.2134/agronj1970.00021962006200030015x>
- Worker Jr., G. F. (1973). Sudangrass and sudangrass hybrids responses to row spacing and plant maturity on yield and chemical composition. *Agronomy Journal*, 65(6), 975-977. <https://doi.org/10.2134/agronj1973.00021962006500060039x>
- Worker Jr., G. F., & Marble, V. L. (1968). Comparison of growth stages of sorghum forage types as to yield and chemical composition. *Agronomy Journal*, 60(6), 669-672. <https://doi.org/10.2134/agronj1968.00021962006000060026x>
- Yücel, C., İlker, İ., Gündel, F., Yücel, D., Aktaş, A., Karaağaç, H. A., Hatipoğlu, R., & Dweikat, İ. (2017). Biyoetanol üretiminde kullanılmış tatlı sorgum saplarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı), 144-148. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.354004>
- Ziggers, D. (2006). Sorghum-the multipurpose grass. *Feed Technology*, 5, 20-23.



Biochemical Compositions in the Carcasses of Some Small-Sized Indigenous Fin-Fish Species (SIS)

Victoria Folakemi Akinjogunla¹ • Binta Isyaku Usman¹

¹ Bayero University, Faculty of Agriculture, Department of Fisheries and Aquaculture, Kano, Nigeria, vfakinjogunla.faq@buk.edu.ng, biusman.faq@buk.edu.ng

✉ Corresponding Author: vfakinjogunla.faq@buk.edu.ng

Please cite this paper as follows:

Akinjogunla, V. F., & Usman, B. I. (2023). Biochemical Compositions in the Carcasses of Some Small-Sized Indigenous Fin-Fish Species (SIS). *Acta Natura et Scientia*, 4(2), 216-224. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2023.354.9>

ARTICLE INFO

Article History

Received: 06.08.2023

Revised: 16.11.2023

Accepted: 29.11.2023

Available online: 28.12.2023

Keywords:

Ajiwa irrigation dam

Calcium

Lipid

Moisture

Proximate composition

SIS

Sodium

A B S T R A C T

A total of 24 samples of 8 small-sized indigenous finfish species (SIS) from Ajiwa Irrigation dam were collected for biometric evaluation. The samples comprised 4 families and were analyzed for proximate compositions (muscle protein, moisture, lipid, ash and gross energy) as well as macro-nutrient compositions using standard procedures. The finfishes sampled ranged in size from 0.90-4.30 cm in length and 1.20-9.53 g in weight. The carcasses of these finfishes contained 17.1±0.15% muscle protein in *Sarotherodon galileus* and 22.05±0.08% muscle protein in *Mormyrus rume*. Moisture content ranged from 74.44±1.36% in *Schilbe mystus* to 78.67±0.2% in *Clarias gariepinus* while the values for total lipids ranged from 3.26±0.03% in *S. galileus* to 15.32±0.05% in *Clarias anguillaris*. The minimum and maximum mean values of ash found in *M. rume* and *C. anguillaris* were 2.25±0.02% and 3.71±0.12%, respectively. *S. galileus* recorded the lowest energy value (4.48±0.06 kcal/g) while *S. mystus* recorded the highest value (6.21±0.35 kcal/g). The average values of elements present in the flesh of the finfishes were as follows: Calcium (Ca) (41.2 mg/100g and 58.7 mg/100g), Phosphorous (P) (20.0 mg/100g and 27.0 mg/100g), Magnesium (Mg) (12.2 mg/100g and 16.7 mg/100g) and Sodium (Na) (5.1 mg/100g and 5.6 mg/100g). The results showed that Ca was the most abundant macro element present in the fish samples. Additionally, the results indicated that these indigenous finfishes, which are regularly consumed in the routine diets of rural dwellers in the surrounding communities of the Ajiwa irrigation dam have high nutrient values and are ideal for human and domesticated animal consumption despite their small sizes. This study provides current and baseline information on a broad range of species, which will assist nutritionists and the public in making informed decisions regarding the consumption of these species.

INTRODUCTION

Fishes are known generally to exhibit diversity in size, shape, biology and in the habitats, they occupy (Akinjogunla & Shu'ibu, 2022). Growth activity depends on sexual category, stages of development and ecological factors such as salinity, water temperature parameters and food (Akinjogunla & Moruf, 2019). Many rural communities in Nigeria are surrounded by different sizes of water bodies and so, most of the dwellers depends on the resources from them for their survival. Edible aquatic fauna species like catfishes, tilapias, oysters, shrimps, prawns, crabs, etc. are cheap sources of protein (Akinjogunla et al., 2017, 2021; Udoinyang et al., 2022). These indigenous species of fish are valuable and easily available source of food rich in protein, vitamin and minerals, not commonly available in other foods (Hossain et al., 1999). In a country with a population suffering from malnutrition and protein deficiency, consumption of these fish species may have positive effects in improving the health of the nation.

Fish may be the singular inexpensive source of animal protein for poor family units in municipal or semi-urban regions (Onyia et al., 2010). Small sized fish provide food and nutrition, subsistence and supplemental income to the great majority of people in the rural areas, particularly the poor and disadvantaged. There is considerable demand for these indigenous fishes both in rural and urban markets as low-income earners are not able to afford costly finfishes in terms of sizes.

Considering the importance of these indigenous finfishes and yet, no documented literatures on these species from Nigeria based on their sizes, this study was undertaken to evaluate the nutritional values of the small sized indigenous finfishes available to the communities assessing the Ajiwa irrigation dam for fishing activities.

MATERIAL AND METHODS

Study Area

Ajiwa irrigation dam with latitude 12°54'69"-12°57'58" N and longitude and 7°42'53"-7°47'50" E is situated at Batagarawa Local Government Area of

Katsina State, Northern part of Nigeria (Akinjogunla & Shu'aibu, 2022).

Sampling

A total of 24 fish samples of 8 different small sized indigenous fish species were collected from the local farmers at the bank of the dam using cast nets for harvesting. Identifications of the species collected were done using the fisheries guidebook by Olaosebikan & Raji (2004). Biometric data (length and weight) of individual fishes were recorded using standard measuring ruler calibrated in centimeters and a sensitive digital weighing balance calibrated in gram, respectively. The fish were collected in a bowl, cleaned in water and ground whole because of their tiny (small) sizes by using a local mortar and pastel so as not lose any significant parts of the fish. The carcasses were kept in a deep freezer in air tight container for bio-chemical analysis.

Biochemical Compositions

Fish muscles were also collected separately from fishes of each species to determine muscle protein content. Triplicate samples of each fish species were used to determine the proximate (Moisture, muscle protein, total lipid, Ash) compositions and energy value. Standards methods as described by Association Official Analytical Chemist (AOAC, 2006) were used for proximate analysis. The energy value was determined indirectly by using Rubner's coefficients for aquatic organisms (9.45 kcal/g to total lipids, 5.65 kcal/g to muscle proteins and 4.10 kcal/g to carbohydrate and expressed in kJ/g wet mass) as described by Eder & Lewis (2005). The element contents were determined following the methods of AOAC (2006) by dissolving the ash obtained from the sample in standard flask with distilled de-ionized water and adding few drops of concentrated hydrochloric acid. The fusion was warmed and vaporized on Bochy water bath and filtered using a filter paper. The aliquot parts were taken for evaluations of calcium, phosphorus, magnesium and sodium.

Data Analysis

Results collected from each analysis were subjected to computation using Prism version 5.03 statistical

software programs to calculate the mean and standard deviation (SD) followed by two tailed T-test.

RESULTS

The biometric data (scientific name, local names, average length and average weight) of 24 samples of 8 small indigenous finfish species in Ajiwa irrigation dam are shown in Table 1. The average body size in total length ranged between 0.90 ± 0.10 cm in *S. galileus* and 4.30 ± 1.06 cm in *C. gariepinus* while the average body weight was between the values of 1.20 ± 0.06 g in *S. galileus* and 9.53 ± 3.72 g in *C. gariepinus*. The fish species collected for this study are at the post juvenile stage of growth which are not usually the sizes available for sales in the market.

The proximate compositions of the carcasses of the indigenous finfishes found in Ajiwa Irrigation dam are presented in Table 2. The results indicated that the range of muscle protein content among the species examined were between $16.63 \pm 0.12\%$ in *C. gariepinus* and $22.05 \pm 0.08\%$ in *M. rume*. The carcass's moisture content ranged between $74.44 \pm 1.36\%$ in *S. mystus* and $78.67 \pm 0.2\%$ in *C. gariepinus*. The highest value found for total lipid content was 15.32 ± 0.05 in the carcass of *C. anguillaris* while the lowest value of $3.26 \pm 0.03\%$ was found in the carcass of *S. galileus*. The highest values for ash content were $3.71 \pm 0.12\%$ (*C. anguillaris*), slightly followed by $3.15 \pm 0.02\%$ (*M. senegalensis*) while *S. galileus* came third in line with a value of $3.12 \pm 0.12\%$. The gross energy content of the finfishes' carcasses varied between 4.48 ± 0.06 kcal/g in *S. galileus*

and 6.21 ± 0.35 kcal/g in *S. mystus* on composition wet weight basis. The Mormyridae (*M. rume*) has the relatively highest value recorded for muscle proteins while the Claridae (*C. gariepinus* and *C. anguillaris*) had the highest values for moisture content, total lipid and ash contents.

The mean element contents (Ca, P, Mg and Na) of the small sized indigenous finfish species are shown in Table 3. Ca has the highest mineral content ranging from 41.2 to 58.7 mg/100g, followed by P ranging from 20.0 to 27.0 mg/100g, Mg ranging from 12.2 to 16.7mg/100g while Na mean values were less than 6 mg/100g but greater than 4 mg/100g. The results showed that the most abundant macro element present in the fish samples was Ca. The Cichlids (*O. niloticus* (Linnaeus, 1758; *S. galileus* (Linnaeus, 1758); *C. zilli* (Gervais, 1848) have the highest values recorded for Ca and Mg while the Mormyrids (*M. rume* (Valenciennes, 1847) and *M. senegalensis*) was recorded for containing the highest value for P and Na, respectively.

The range of Ca was from 41.2 to 58.7mg/100g. The highest Ca content was found in *C. zilli* while the least value was found in *C. anguillaris*. Ca content in the family Cichlidae (*O. niloticus*; *S. galileus*; *C. zilli*) was observed to have similar values of greater than 50 mg/100g (> 50 mg/100g). The lowest recorded values of P and Mg were found in *M. senegalensis* with values of 20.0 ± 0.5 mg/100g and 12.2 ± 0.17 mg/100g, respectively. On the other hand, the highest value for

Table 1. Average length and weight of various indigenous finfishes used in this study

S/N	Species	Local Name (Hausa)*	Average Body Length (cm)±SD	Average Body Weight (g)±SD
1	<i>Schilbe mystus</i> (Linnaeus, 1758)	Balo	1.76 ± 0.22	3.36 ± 2.81
2	<i>Marcusenius senegalensis</i>	Farinwata Data	1.27 ± 0.49	3.64 ± 0.08
3	<i>M. rume</i> (Valenciennes, 1847)	Milligi	2.43 ± 0.89	6.84 ± 0.29
4	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	Karfasa	2.80 ± 1.06	4.83 ± 0.93
5	<i>S. galileus</i> (Linnaeus, 1758)	Gargaza	0.90 ± 0.10	1.20 ± 0.06
6	<i>Coptodon zilli</i> (Gervais, 1848)	Karfasa	2.13 ± 3.62	5.79 ± 4.37
7	<i>C. gariepinus</i> (Burchell, 1822)	Tarwada	4.30 ± 1.06	9.53 ± 3.72
8	<i>C. anguillaris</i> (Linnaeus, 1758)	Kuluni	3.43 ± 0.57	9.19 ± 4.49

Note: *adapted from Akinjogunla & Shu'aibu (2022)

Table 2. Proximate analysis of various indigenous finfishes' carcasses available in Ajiwa Irrigation Dam, Katsina State, Nigeria

S/N	Species	Muscle Protein*	Moisture Content*	Total Lipid*	Ash*	Energy Value (kcal/g)
1	<i>S. mystus</i>	18.14±0.61	74.44±1.36	7.25±0.79	2.77±1.52	6.21±0.35
2	<i>M. senegalensis</i>	18.17±0.58	78.09±0.35	4.27±0.17	3.15±0.02	5.1±0.02
3	<i>M. rume</i>	22.05±0.08	78.12±0.03	3.56±0.06	2.25±0.02	5.25±0.17
4	<i>O. niloticus</i>	17.02±0.10	75.59±0.05	4.86±0.06	3.03±3.54	6.03±0.08
5	<i>S. galileus</i>	17.1±0.15	78.41±0.22	3.26±0.03	3.12±0.12	4.48±0.06
6	<i>C. zilli</i>	17.61±0.02	74.68±2.0	4.85±0.10	2.82±0.39	6.03±0.04
7	<i>C. gariepinus</i>	18.63±0.12	78.67±0.2	14.54±0.23	2.35±0.15	5.03±0.02
8	<i>C. anguillaris</i>	18.69±0.03	75.52±1.07	15.32±0.05	3.71±0.12	5.43±0.10

Note: *Composition wet weight (CWW) basis in %; Values in mean±SD

Table 3. Carcass's element contents (mg/100g) of various small sized indigenous finfish available in Ajiwa Irrigation Dam (% wet matter basis)

S/N	Species	Mineral (mg/100g)			
		Ca	P	Mg	Na
1	<i>S. mystus</i>	42.3±0.58	23.6±0.3	13.0±.17	5.6±0.16
2	<i>M. senegalensis</i>	47.1±0.51	20.0±0.5	12.2±0.17	5.6±0.2
3	<i>M. rume</i>	48.03±0.15	27.0±0.23	13.0±0.26	5.13±0.02
4	<i>O. niloticus</i>	56.9±0.25	24.1±0.15	15.3±0.21	5.14±.002
5	<i>S. galileus</i>	55.3±0.58	23.9±0.21	16.7±0.62	5.20±0.3
6	<i>C. zilli</i>	58.7±0.35	23.7±0.2	16.1±0.36	5.30±0.5
7	<i>C. gariepinus</i>	44.5±0.50	21.1±0.17	14.2±0.29	5.1±0.01
8	<i>C. anguillaris</i>	41.2±0.29	22.2±0.46	14.1±0.017	5.23±0.2

Note: Values in mean±SD

Na was recorded in *M. senegalensis* with a value of 5.6±0.2 mg/100g. Interestingly, the highest values for P and Mg were found in the carcasses of *M. rume* and *S. galileus*, respectively. *M. rume* had a Phosphorus value of 27.0±0.23 mg/100g, while *S. galileus* had a Mg value of 16.7±0.62 mg/100g. Furthermore, the study revealed that the most abundant macro element presents in the carcasses of the small sized indigenous finfishes followed a specific order. Calcium (Ca) was found to be the most abundant, followed by Phosphorus (P), Magnesium (Mg) and Sodium (Na).

DISCUSSION

Biometric evaluation of aquatic organisms is one of the benchmarks used to generate justifiable biological information on the organisms. The small sized indigenous finfish species (SIS) collected for this study

were within the size ranges of 0.90-4.30 cm (in length) and 1.20-9.53 g (in weight). Even though the harvesting of small sized fishes (fin/shell) are discouraged for fishery management and sustainability, we cannot deny the facts that these small sizes of finfishes are landed on the banks of many fishing sites, jetties and fish markets in Nigeria and more often than not, end up as regular stables for some individuals either as a result of wrong use of mesh sizes by the fisher folks, illiteracy/ ignorance or overfishing of the adult sized fish species, leaving only the small sized species for subsequent harvesting if no re-stocking is done.

The concentration of muscle protein, moisture content, total lipid, ash, energy value, and minerals (Ca, P, Mg and Na) are extremely variable among the small sized indigenous species (SIS). Different species

of fish and even strain within a species vary significantly in the nutritional content of the carcass. According to several documented literatures (FAO/WHO, 1998; USDA, 2010; Bashir et al., 2012; Womeni et al., 2014; Udoinyang et al., 2022; Egun et al., 2023), fish meat comprises protein (16-21%), moisture (66-81%), lipids (0.2-25%) and ash (1.2 to 1.5%). The proximate composition of the analyzed small sized indigenous finfish's species in this study was within FAO's standard ranges except for the total ash content which is higher than the recommended value. In this research, the results of the proximate analysis of these SIS showed that the finfishes can all be categorized as high-protein (15-20%) while some are medium lipid species with 4 to 8% total lipid contents (*S. mystus*, *M. senegalensis*, *M. rume*, *O. niloticus*, *S. galileus* and *C. zilli*) and others (*C. gariepinus*; *C. anguillaris*) are classified as high lipid species (>8%).

The results obtained from this study shows that the muscle protein content of the species was relatively higher compared to documented reports from other authors who had worked on proximate compositions of fishes (both fin and shell-fish) in various Nigerian water bodies (Babalola & Akinsoyinu, 2009; Osibona et al., 2009; Adejonwo et al., 2010; Osibona, 2011; Abraham-Olukayode et al., 2013; Obande et al., 2013; Oramadike, 2015; Adejonwo, 2016; Davies & Jamabo, 2016; Akinjogunla et al., 2017) but collaborates and in similarity with reports from Okeyo et al. (2009), Olagunju et al. (2012), Effiong & Fakunle (2013), Kasozi et al. (2014) and Udoinyang et al. (2022). The high values obtained in the percentage of muscle protein contents in these SIS may be attributed to the fact that fishes are reliable source of protein while the differences in values obtained could be as a result of their adapted mode of feeding based on their present growth sizes, availability of their preferred diets in the environment and the conversion ability of these nutrients from their diets (Onyia et al., 2010).

It was also observed that the Cichlids (though herbivorous in nature) had the lowest mean values of muscle proteins ($\pm 17\%$), this could be that since the cichlids are prolific breeders, they must have converted their protein content levels towards reproduction instead of storing in their bodies. The

high muscle protein contents in the Carnivorous species (Schibeidae, Mormyridae and Claridae) could be traced to their diets which comprise majorly smaller aquatic organisms like shrimps and crabs which have high protein contents in them.

The fish muscle contains high percentage of moisture (about 66-81%). Several reports have documented that, the data for the moisture content in an organism give useful knowledge on how to conserve the qualities of the organisms and also their vulnerability and sensitivity to fungi infection in addition to microbial spoilage and oxidative degradation of poly-saturated fatty acids (Adeyeye et al., 2013). Therefore, high moisture content in fish body decreases the quality of fishes over time. The mean value for the moisture content in this present study ranged between 74.44 and 78.67%. Since the moisture has an inverse relation with size of the fish, the fishes in the present study being small showed comparatively higher moisture content than that obtained by Adejonwo et al. (2010) who reported on *Tilapia guineensis* and *Tilapia melanotheron*; Osibona (2011) who worked on *Chrysichthys gariepinus*, *Tilapia zillii*, *Pseudotolithus. quinquarius* and *Pseudotolithus. typus*; Abraham-Olukayode et al. (2013) on *Pseudotolithus. elongatus*; Oramadike (2015) on *C. nigrodigitatus* and Adejonwo (2016) on *P. typus* and *Pseudotolithus. senegalesis*. The mean value ranges obtained for moisture content in this study are in similarity with reports from Woke et al. (2016) (73.67% on *Crassostrea gasar*) and Obande et al. (2013) (76.32% on fresh water snail) while the values were lower compared to the values of 85.65% reported by Udoinyang et al. (2022) who worked on the mudskippers (*Periophthalmus babarus*) from the Ibaka mangrove swamp in Calabar.

Lipids also represent a major source of energy and provide essential lipid nutrients that feature in our diets (Adebayo-Tayo et al., 2006). Like carbohydrates, lipids also have been documented to play a key role in determining the flavor, texture, mouthfeel, and appearance of foods (Shahidi & Hossain, 2022). The range of values of lipid obtained in this study (3.26-15.32%) for SIS were slightly different and relatively higher from the values of 0.86-1.05% documented by Adejonwo (2016), 2.16-2.21% reported by

Akinjogunla et al. (2017) and 2.29–3.05% by Udoinyang et al. (2022).

The ash content of all the fish species in present study ranged between 2.25%. (*M. rume*) and 3.71% (*C. anguillaris*). The values are slightly higher than the recommended values of 1.2-1.5% from FAO/WHO (1998), 1.98-2.23% from Akinjogunla et al. (2017) and 1.20-1.81% from Udoinyang et al. (2022) but lower than values (7.25-7.56%) reported by Kasozi et al. (2014) who worked on the fillets on *Alestes baremoze* based on sizes (< 1-2.5 kg).

The gross energy content of the analyzed small indigenous finfish species (SIS) in this study ranged between 4.48 and 6.21 kcal/g. The individual gross energy content of the SIS was similar to that reported by Alemu et al. (2013) for Nile tilapia (60.2 kcal/g) and Kasozi et al. (2014) who worked on *Alestes baremoze* (546.5-597.69 kcal/g) but lower than the values documented by Udoinyang et al. (2022). Although the values recorded for this study is higher compared to that of Akinjogunla et al. (2017) who reported the value of 114.02 kcal/g on *Crassostrea* species from the Lagos estuary.

All the fish samples examined contained appreciable concentrations of Ca, P, Mg and Na suggesting that these fishes could be used as good sources of elements. The highest values of these macro elements (Ca – 58.7 mg/100g; P – 27.0 mg/100g; Mg – 16.7 mg/100g and Na – 5.6 mg/100g) in the analyzed SIS shows that, though they are rich sources of Ca and P but have low deposits of Na. Concentration values of Ca was observed to dominate other element concentrations in all the samples. This tends to disagree with the work done by Moruf & Akinjogunla (2018) where the dominant element in the fish sampled was P while Onyia et al. (2010), Kasozi et al. (2014) and Udoinyang et al. (2022) all recorded Potassium (K) as the dominate element in their analyzed samples. The values of Ca dominating the macro elements in the sampled species is in agreement with the works of ADEM & Ekpo (2014), Adejonwo (2016) and Akinjogunla et al. (2017). It could be inferred from the high concentration of Ca ions (Ca^{+}) in the tissues of the fish species that the

water body from which the fishes were collected is rich in Ca^{+} .

The concentration of P in the fish samples studied graded and recorded as the second among the elements analyzed. Most of the small sized species (<10 cm) have large amount of Ca and P in their body and they can be eaten whole at once. Almost the entire store of Ca (99%) and most of the P (80%) in the body are in the form of bones, teeth and scales. In the present study, the Ca content ranged between 41.2 mg/100g and 58.7 mg/100g with the highest detected in the carcasses of the Cichlids (*O. niloticus* – 56.9 mg/100g, *S. galileus* – 55.3 mg/100g and *C. zilli* – 58.7 mg/100g) which might be due to their bony structures. The highest Ca content of 58.7 mg/100g observed for *C. zilli* in this present research is high when compared to values for beef (7 mg/100g) and egg (54 mg/100g) but lower than the value of 120 mg/100g obtained in milk or 129.18 mg/100g obtained in freshwater snail which are other good sources of Ca (Obande et al., 2013).

The variations observed in the levels of the nutrients analyzed in this study as compared to previously documented studies (Moronkola et al., 2011; Alemu et al., 2013; ADEM & Ekpo, 2014; Kasozi et al., 2014; Woke et al., 2016; Akinjogunla et al., 2017, 2021; Moruf & Akinjogunla, 2018) could be attributed to the differences in the type of species, their food preference, feeding habits, sizes, sexes, type of habitats, availability and forms of the nutrients with the ability to convert the nutrients from the food in their environment.

In rural communities in developing countries like Nigeria and other undeveloped countries, where dairy and dairy products are way above the reach of the common man to be included in their diets, small fishes can be eaten since it contains important Ca and P for growth and bone development.

CONCLUSION

The study shed light on the elemental compositions of the carcasses of the SIS, revealing that they are good sources of essential nutrients and macro elements. Since the nutritional values of these small sized indigenous finfishes examined are now known

through this baseline research, nutritionists and the general public can now make informed decisions about the consumption of these species. However, it is important to understand the distribution and levels of these elements as they play crucial roles in various physiological processes. Further research can be conducted to explore the implication of these findings and their potential impact on the overall health and well-being of these fish species.

Compliance with Ethical Standards

Authors' Contributions

VFA: Manuscript design, Conducted the survey, Data analysis, Drafting, Reviewing and Editing.

BIU: Data analysis, Editing

All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical Approval

For this type of study, formal consent is not required.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon request.

REFERENCES

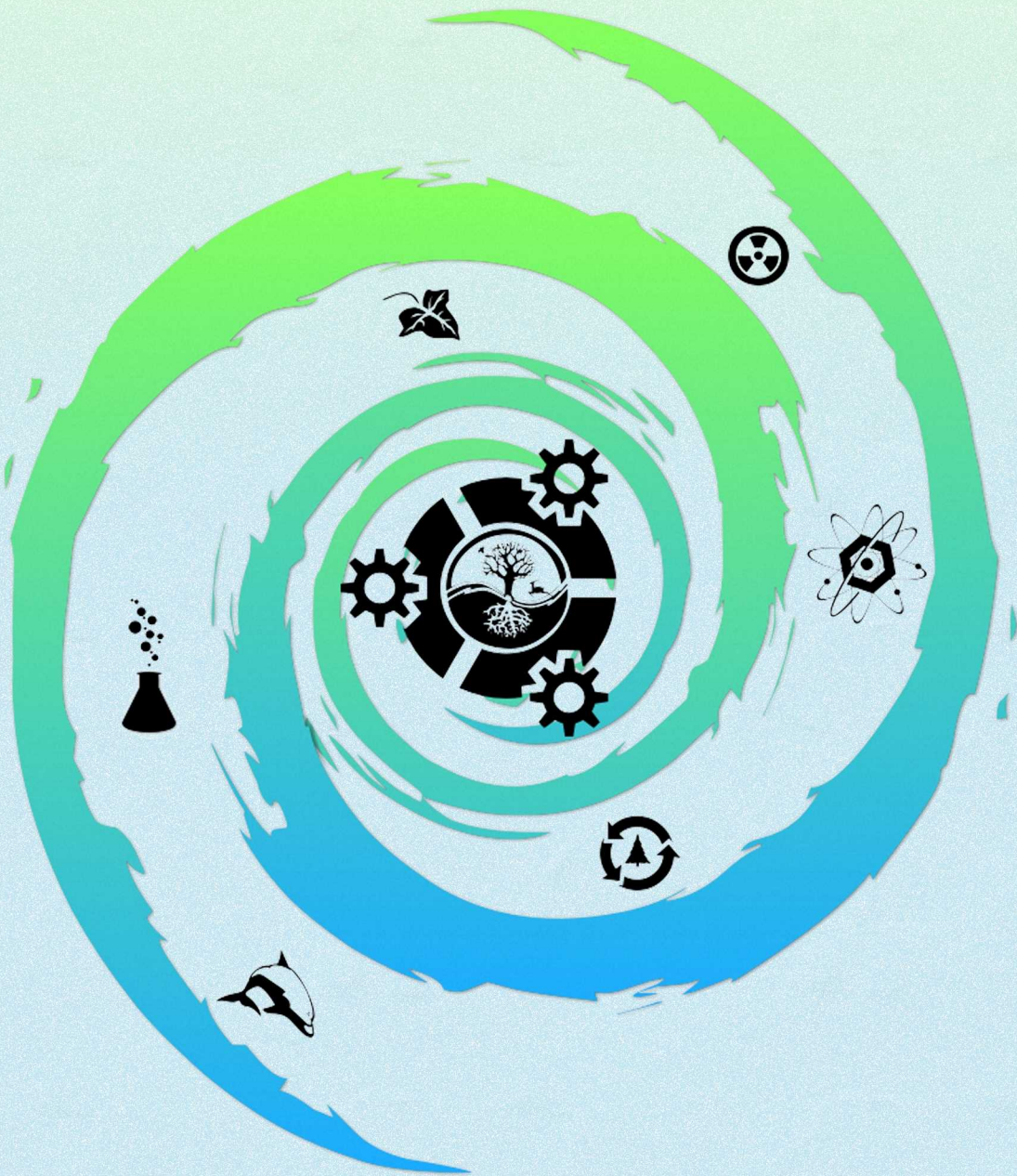
- Abraham-Olukayode, A. O., Adejonwo, O. A., Oramadike C. E., & Kolade, O. Y. (2013). Proximate composition of *Pseudolithus elongates* subjected to different processing techniques. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(1), 282-286. <https://doi.org/10.3923/jfas.2013.282.286>
- Adebayo-Tayo, B. C., Abiodun, O. A., Adeniyi, A. O., & Damilola, O. A. (2006). Bacteriological and proximate analysis of periwinkles from two different creeks in Nigeria. *World Applied Sciences Journal*, 1(2), 87-91.
- Adejonwo, O. A. (2016). Proximate and mineral composition of *Pseudolithus senegalensis* and *Pseudolithus typus* from Lagos Lagoon, Nigeria. *Food and Applied Bioscience Journal*, 4(1), 35-40. <https://doi.org/10.14456/fabj.2016.4>
- Adejonwo, O. A., Kolade, O. Y., Ibrahim, A. O., & Oramadike, C. E. (2010). Proximate and anatomical weight composition of wild brackish *Tilapia guineensis* and *Tilapia melanotheron*. *World Rural Observations*, 2(3), 34-37.
- Adeyeye, E. I., Olanlokun, J. O., & Falodun, T. O. (2013). Proximate and mineral composition of whole body, flesh and exoskeleton of male and female common West African freshwater crab (*Sudananautes africanus africanus*). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 60(3), 213-216.
- Akinjogunla, V. F., & Moruf, R. O. (2019). Shell growth pattern and percentage flesh yield of the west African clam, *Galatea paradoxa* (Born, 1778) from Itu Creek, Niger Delta Nigeria. *Nigerian Journal of Basic Applied Science*, 27(2), 119-126. <https://doi.org/10.4314/njbas.v27i2.16>
- Akinjogunla, V. F., & Shu'iabu, U. (2022). Ichthyofauna composition and operative artisanal fishing activities in Ajiwa Irrigation Dam, Katsina State, Northern Nigeria. *Journal of Innovative Research in Life Sciences*, 4(1), 45-53.
- Akinjogunla, V. F., Lawal-Are, A. O., & Soyinka, O. O. (2017). Proximate composition and mineral contents of mangrove oyster (*Crassostrea gasar*) from Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria. *Nigerian Journal of Fisheries and Aquaculture*, 5(2), 36-49
- Akinjogunla, V. F., Mudi, Z. R., Akinnigbagbe, O. R., & Akinnigbagbe, A. E. (2021). Biochemical profile of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) from the mangrove swamps, south-west, Nigeria. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(12), 2137-2143. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2022.18.1.957>
- Alemu, L. A., Melese, A.Y., & Gulelat, D. H. (2013). Effect of endogenous factors on proximate composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fillet from Lake Zeway. *American Journal of Research Communication*, 1(11), 405-410.

- Andem, A. B., & Ekpo, P. B. (2014). Proximate and mineral compositions of mudskipper fish (*Periophthalmus Babarus*) in the mangrove swamp of Calabar River, Southern Nigeria. *The International Journal of Science and Technology*, 72(2), 72-76
- AOAC. (2006). *Official methods of analysis*, 23rd ed. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International.
- Babalola, O. O., & Akinsoyinu, A. O. (2009). Proximate composition and mineral profile of snail meat from different breeds of land snail in Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(12), 1842-1844. <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1842.1844>
- Bashir, M. K., Steven, S., & Pandit, R. (2012). *The determinants of rural household food security in the Punjab, Pakistan: An econometric analysis*. Working paper 1203, School of Agricultural and Resource Economics, University of Western Australia.
- Davies, I. C., & Jamabo, N. A. (2016). Proximate composition of edible parts of shellfishes from Okpoka Creeks in River State. *International Journal of Life Science Research*, 4(2), 247-252.
- Eder, E. B., & Lewis, M. N. (2005). Proximate composition and energetic value of demersal and pelagic prey species from the SW Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 291, 43-52.
- Effiong, B. N., & Fakunle, J. O. (2013). Proximate composition and fatty acid profile in some commercially important fish species from Lake Kainji, Nigeria. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 2(4), 849-856.
- Egun, N., Imadonmwiniyi, O., Iyoha, V., & Oboh, I. (2023). Fish processing and nutrient availability: A study on the effect of drying methods on the nutritional content of selected fish species. *Food and Environmental Safety*, 22, 50-58.
- FAO/WHO (1998). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Food and Agriculture Organization/World Health Organization.
- Hossain, M. A., Afsana, K., & Azad Shah, A. K. M. (1999). Nutritional value of some small indigenous fish species (SIS) of Bangladesh. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 3(1), 77-85.
- Kasozi, N., Degu, G. I., Asizua, D., Mukalazi, J., & Kalany, E. (2014). Proximate composition and mineral contents of Pebbly fish, *Alestes baremoze* (Joannis, 1835) fillets in relation to fish size. *Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 15(1), 41-50.
- Moronkola, B., Olowu, R., Tovide, O., & Ajejuyo, O. (2011). Determination of proximate and mineral contents of crab (*Callinectes amnicola*) living on the shore of Ojo River, Lagos, Nigeria. *Scientific Reviews and Chemical Communications*, 1(1), 1-6.
- Moruf, R. O., & Akinjogunla, V. F. (2018). Photometric determination of macro-micro minerals in the west African mud creeper, *Tympanotonus fuscatus var radula* (Linnaeus, 1758). *Journal of Experimental Research*, 6(3), 35-40.
- Obande, R. A., Omeji, S., & Isiguzo, I. (2013). Proximate composition and mineral contents of the fresh water snail (*Pila ampullaceal*) from River Benue, Nigeria. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 2(6), 43-46.
- Okeyo, G. O., Lokuruka, M. N. I., & Matofari, J. W. (2009). Nutritional composition and shelf life of the Lake Victoria Nile perch (*Lates niloticus*) Stored in ice. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 9(3), 901-919. <https://doi.org/10.4314/ajfand.v9i3.43017>
- Olagunju, A., Muhammad, A., Mada, S. B., Mohammed, A., Mohammed, H. M, & Mahmoud, K. T. (2012). Nutrient Composition of *Tilapia zilli*, *Hemisynodontis membranacea*, *Clupea harengus* and *Scomber Scombrus* locally consumed in Zaria. *World Journal of Life Sciences and Medical Research*, 2, 16-19.
- Olaosebikan, B. D., & Raji, A. (2004). *Field guide to Nigerian freshwater fishes*. Federal College of Freshwater Fisheries Technology.

- Onyia, L. U., Milam, C, Manu, J. M., & Allison, D. S. (2010). Proximate and mineral composition in some freshwater fishes in upper River Benue, Yola, Nigeria. *Continental Journal of Food Science and Technology*, 4, 1-6.
- Oramadike, C. E. (2015). Proximate composition and technological properties of wild African catfish *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède 1802). *American Journal of Agricultural Science*, 2(2), 54-58.
- Osibona, A. O., Kusemiju K., & Akande, G. R. (2009). Fatty acid composition and amino acid profile of two freshwater species, African catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Tilapia zilli*). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(1), 608-621. <https://doi.org/10.4314/ajfand.v9i1.19216>
- Osibona, O. A. (2011). Comparative study of proximate composition, amino and fatty acids of some economically important fish species in Lagos, Nigeria. *African Journal of Food Science*, 5(10), 581-588.
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2022). Role of lipids in food flavor generation. *Molecules*, 27(15), 5014. <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>
- Udoinyang, E. P., Okon, A. O., Akinjogunla, V. F., & Isangedighi, R. F. (2022). Proximate and selected mineral compositions in *Periophthalmus barbarus* from the Ibaka mangrove ecosystem, Akwa-Ibom State, Nigeria. *Journal of Innovative Research in Life Sciences*. 4(1), 80-91.
- USDA. (2010). *National nutrition data base for standard reference*. Agricultural Research Service, Nutrition Laboratory. United State Department of Agriculture.
- Woke, G. N., Umesi, N., & Oguzor, N. S. (2016). Effect of size on proximate composition and heavy metal content of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar*. *Global Journal of Agricultural Research*, 4(5), 17-27.
- Womeni, H. M., Tenyang, N., Linder, M., Tiencheu, B., Villeneuve, P., & Tchouanguép, M. F. (2014). The chemical composition, fatty acid, amino acid profiles and mineral content of six fish species commercialized on the Wouri River coast in Cameroon. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 91, 129-138.



ACTA NATURA ET SCIENTIA



e-ISSN: 2718-0638

www.actanatsci.com