Journal of Range & Watershed Management
https://jrwm.ut.ac.ir/

Volume 78 (3)
Online ISSN: 2423-7795

Study of some morphological and phytochemical characteristics of different organs of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. in habitats in the north of the country

Hassan Yeganeh[1*] | Fatemeh Mobarhan[2] | Fatemeh Mehdi Gholian[2] | Sadegh Atashi[3]

1. Rangeland Management Department, Faculty of Rangeland and Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
E-mail: yeganeh@gau.ac.ir
2. Rangeland Management Department, Department of Medicinal and Industrial Plants, Faculty of Rangeland and Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Horticulture Department, Faculty of Plant Production, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 07 Nov. 2024
Revised: 26 Jan. 2025
Accepted: 16 Feb. 2025
Published online: 23 Sept. 2025

Keywords:
Cladode,
Dry climate,
Dry weight,
Fruit,
Salinity.

Abstract

Opuntia (prickly pear) plays a vital role in arid and semi-arid ecosystems due to its ability to tolerate adverse weather conditions and protect the soil. This study aimed to investigate some morphological and phytochemical characteristics of different parts of *Opuntia stricta* in two regions: Neka and Anbar Alum. The sampling of other organs was done randomly in 2019. Some plant characteristics including fruit and cladode size, vitamin C and acidity, pectin measurement from fruit skin and flesh, chlorophyll and carotenoid measurement, anthocyanin of skin and flesh, and total soluble solids (TSS) measurement from plant organs were measured using a caliper, spectrophotometer, and refractometer. The results showed that the dry weight of seeds, the electrical conductivity of cladodes and fruits (EC), the number of stems, the number of fruits, and the number of cladodes are significant at the 5 and 1 percent levels, and the dry weight of seeds in the Neka region (1.71 g) is higher than that of Anbar Alum (1.3 g). Also, the electrical conductivity of fruit juice (EC) in the Neka region (3.78) dS/cm was higher than that of Anbar Alum (6.34) dS/cm. On the other hand, the number of stems (1.7), the number of fruits (51), and the number of cladodes (1.111) per unit area were measured in the Neka region than in Anbar Alum (number of stems 1.33, number of fruits 11.03, number of cladodes 36.4). According to the results obtained, it can be stated that climatic conditions affect the growth parameters and fruit production of Opuntia and the most important factor is the availability of water. Choosing the right area is important for maximum productivity from this plant, and it is recommended to collect the necessary information about regional characteristics and plant response when establishing and expanding this plant.

Cite this article: Yeganeh, H., Mobrahan, F., Mehdi Gholian, F., Atashi, S. (2025). Study of some morphological and phytochemical characteristics of different organs of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. in habitats in the north of the country. *Journal of Range & Watershed Management*, 78 (3), 289-298. DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2025.385027.1788

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

نشریه مرتع و آبخیزداری

دوره ۷۸ (۳)

شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

بررسی برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اندام‌های مختلف گیاه *Opuntia stricta* در رویشگاه‌های شمال کشور

حسن یگانه[1*] | فاطمه مبرهن[2] | فاطمه مهدی قلیان[2] | صادق آتشی[3]

۱. گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

رایانامه: yeganeh@gau.ac.ir

۲. گروه مدیریت مرتع، رشته گیاهان داروئی و صنعتی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

۳. گروه باغبانی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
اقلیم خشک،
کلادود،
میوه،
وزن خشک،
اپونتیا.

چکیده

اپونتیا (گلابی خاردار) به دلیل توانایی بالا در تحمل شرایط نامساعد آب و هوایی و حفاظت از خاک نقش بسیار مهمی در اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک را ایفا می‌کند. هدف این مطالعه بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی بخش های مختلف گیاه *Opuntia stricta* در دو منطقه نکا و انبارآلوم می‌باشد. نمونه برداری از اندام‌های مختلف به صورت تصادفی در سال ۱۳۹۹ انجام شد. برخی ویژگی های گیاه شامل اندازه میوه و کلادود، ویتامین ث و اسیدیته، اندازه گیری پکتین از پوست و گوشت میوه، اندازه گیری کلروفیل و کاراتنوئید، آنتوسیانین پوست و گوشت، اندازه‌گیری مواد جامد محلول(Tss) از اندام‌های گیاه با استفاده از دستگاه کولیس، اسپکتوفتومتر و رفرکتومتر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان وزن خشک بذر، میزان هدایت الکتریکی کلادود و میوه‌ها (EC)، تعداد پایه، تعداد میوه و تعداد کلادود در سطح ۵ و ۱ درصد معنی دار هستند و میزان وزن خشک بذر در منطقه نکا (۱/۷۱ گرم) بیشتر از انبارآلوم (۱/۳ گرم) است. همچنین میزان هدایت الکتریکی آب‌میوه (EC) در منطقه نکا (۳/۷۸) دسی‌سیمنس بر سانتی‌متر بیشتر از انبارآلوم (۶/۳۴) دسی‌سیمنس بر سانتی‌متر اندازه گردید. از طرفی تعداد پایه (۱/۷)، تعداد میوه (۵۱) و تعداد کلادود (۱۱۱/۱) در واحد سطح در منطقه نکا بیشتر از انبارآلوم (تعداد پایه ۱/۳۳، تعداد میوه ۱۱/۰۳، تعداد کلادود ۳۶/۴) اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان کرد شرایط اقلیمی بر روی پارامترهای رشدی و تولید میوه اپونتیا تاثیر گذار است و مهمترین عامل نیز میزان دسترسی به آب است. انتخاب منطقه مناسب جهت بهره‌وری بیشتر از این گیاه حائز اهمیت است و توصیه می‌گردد که در احداث و گسترش این گیاه از ویژگی‌های منطقه‌ای و پاسخ گیاه اطلاعات لازم را جمع آوری نمود.

استناد: یگانه؛ حسن، مبرهن؛ فاطمه، مهدی قلیان؛ فاطمه، آتشی؛ صادق (۱۴۰۴). بررسی برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اندام‌های مختلف گیاه *Opuntia stricta* در رویشگاه‌های شمال کشور. *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۸ (۳)، ۲۹۸-۲۸۹.

DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2025.385027.1788

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

مناطق خشک و بیابانی به دلیل بارش کم، دماهای بالا، خاک‌های شور و فقیر از مواد مغذی برای غالب گیاهان محیط نامناسبی برای رشد است و پوشش گیاهی در این محدوده بشدت تحت تأثیر شرایط سخت آب و هوایی قرار دارند. به عنوان مثال، گیاهان مقاوم به خشکی مانند اپونتیا از جمله ویژگی‌های بارز این زیستگاه‌ها هستند. گیاهان دارویی در احیای مناطق بیابانی اهمیت زیادی دارند، زیرا آن‌ها می‌توانند علاوه بر تأمین منابع غذایی و دارویی، به افزایش تنوع زیستی، کنترل فرسایش خاک، بهبود کیفیت خاک و جذب آب کمک کنند. این گیاهان نه تنها به حفظ رطوبت خاک کمک می‌کنند، بلکه با ایجاد فرصت‌های اقتصادی به توسعه پایدار این مناطق نیز یاری می‌رسانند (Singh *et al*., 2023). اپونتیا به‌عنوان گیاهان دارویی در مناطق خشک و بیابانی شناخته می‌شوند و دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که آن‌ها را قادر به زنده ماندن در شرایط سخت می‌کند. این گیاهان معمولاً دارای بافت‌های گوشتی هستند که می‌توانند آب را ذخیره کنند و همچنین برگ‌های آن‌ها به شکل تیغ درآمده‌اند تا تبخیر آب را کاهش دهند. برخی از گونه‌های اپونتیا مانند Opuntia و Selenicereus به دلیل خواص دارویی خود، در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و به عنوان منابع غنی از ویتامین‌ها و مواد مغذی شناخته می‌شوند (Moßhammer *et al*., 2006). اپونتیا به‌طور خاص برای مقاومت در برابر خشکی و شوری سازگار شده‌اند. همچنین می‌توانند در خاک‌های شور و کم‌آب رشد کنند و با استفاده از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی خاص، مانند تجمع نمک در بافت‌های خود و تنظیم فشار اسمزی، به حفظ تعادل آب درون سلول‌ها کمک می‌کنند. این ویژگی‌ها به آن‌ها اجازه می‌دهد تا در شرایط نامساعد محیطی زنده بمانند و به عنوان گیاهانی با قابلیت تحمل بالا در برابر تنش‌های محیطی شناخته شوند (Pereira *et al*., 2021).

اپونتیا (گلابی خاردار) با نام علمی *Opuntia stricta* گیاهی بوته‌ای متعلق به خانواده Cactaceae با ارتفاع تا حدود ۲ متر است. این گیاه دارای ساقه‌های شاخه دار است و ساقه‌ها از یک قسمت‌های مسطح، گوشتی و کلادودها تشکیل شده است. اپونتیا از ریشه‌های سطحی و کم عمقی برخوردار هستند، حداکثر عمق ریشه های اپونتیا۵۰-۳۰ سانتی‌متر است و همچنین گسترش افقی ریشه ها در حدود ۸-۴ متر است (Goldstein *et al*., 1991; Bobich and Nobel, 2001). گلابی خاردار یا اپونتیا گیاهی مقاوم به خشکی و با شرایط خشک و کم آب سازگار است، از این گونه می‌توانبه عنوان منبعی برای تولید علوفه در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده کرد. مطلوب‌ترین دما برای رشد گلابی خاردار، محدوده دمایی۲۶-۱۸ درجه سانتی‌گراد است، ولی اکثر گونه‌های گلابی خاردار، تحمل دمای بالا۴۰ درجه سانتیگراد را دارند (Munoz *et al*., 1995). گلابی خاردار در تمام قاره‌ها و در بسیاری از کشورها برای تولید علوفه و میوه کشت می‌شود، اما بیشترین سطح زیر کشت گلابی خاردار به کشورهای برزیل، مکزیک، تونس، آفریقای جنوبی و اتیوپی تعلق دارد (Tarekegn *et al*., 2017). گونه‌ی گلابی خاردار به عنوان گونه مهاجم در مراتع خشک و نیمه خشک در بسیاری از کشورها از جمله کنیا، یمن، هند، آفریقای جنوبی، اسپانیا، بولیوی، پرو، آرژانتین، شیلی و بسیاری از نقاط جهان گسترش دارند. بیشترین تنوع اپونتیا در قاره آمریکا در مکزیک و جزایر کارائیب است. گلابی خاردار با داشتن ویژگی‌هایی مانند سیستم‌های ریشه‌ای کم‌عمق، لایه‌های قشر بزرگ ساقه، هسته‌های بزرگ شده، ساقه‌های شاداب که برای مدت طولانی زندگی می‌کنند و قادر به فتوسنتز با استفاده از متابولیسم اسید کراسولاسین (CAM) هستند. گونه *O.stricta* مقاوم به سرما است، اما بهترین شرایط رویش را در مناطق گرم و مرطوب دارد. این گونه مقاوم به خشکی است و با میانگین بارندگی سالانه بین ۱۲۰۰- ۳۰۰ میلی‌متر سازگار است (Kampamba *et al*., 2022). بعلاوه با توجه به مقاومت بالای این گونه به شرایط سخت از جمله: خشکی، کم آبی و همچنین حضور این گونه در مناطق خشک و نیمه خشک که با کمبود منابع غذایی برای استفاده‌ی دام مواجه است، می‌توان از آن به عنوان علوفه کمکی جهت تعلیف دام به صورت جمع‌آوری، خشک و آسیاب نمودن استفاده کرد (Foroozeh et al., 2020).

این گیاهان از لحاظ میزان کربوهیدرات، آسکوربیک اسید و املاح معدنی به خصوص کلسیم غنی هستند و می‌توان آن را در جیره غذایی انواع دام (گاو، گوسفند و بز) قرار داد. همچنین این گیاهان از محتوای پروتئینی اندکی برخوردار هستند و یکی از روش‌های افزایش پروتئین در این گیاه استفاده از کودهای فسفر و نیتروژن است (Gregory and Felker, 1992; Chiteva & Wairagau, 2013). جنس *Opuntia* در سیستم های کشاورزی در برخی از نقاط جهان، به عنوان مثال آفریقای جنوبی، ایتالیا، مکزیک و اسرائیل اهلی و تولید آن

برای اهداف مختلف تجاری شده است. همچنین برای اقتصادهای معیشتی مهم است و به عنوان علوفه استفاده می‌شود (Feugang *et al*., 2006). از میوه و کلادود این گیاه به عنوان مصرف خوراکی و محصولات غذایی شامل نوشیدنی‌ها، آب میوه، شیرین کننده‌های مایع و مربا استفاده می‌شوند (Ervin, 2012). بذر و میوه به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر و همچنین ارزش غذایی بهتر نسبت به سایر اندام‌ها از اهمیت بیشتری در استفاده دارویی، تغذیه‌ای و علوفه‌ای برخوردار است (Foroozeh et al., 2020). خواص دارویی این گیاه برای درمان دیابت نوع۲، درمان چاقی، درمان کلسترل بالا، تب بالا، هپاتیت، سنگ‌کلیه، جلوگیری از انواع سرطان‌ها، جلوگیری از پیری پوست (روغن غنی از ویتامینE)، موثر در درمان بیماری‌های کبدی، نرم کننده روده (دارای خاصیت روندگی) و جلوگیری از یبوست مفید است (Omweri *et al*., 2016). تکثیر و تولید مثل این گیاه توسط بذرها و همچنین از طریق رویشی با استفاده از کلادودهای گوشتی خود که از گیاه جدا می شوند، است. بذر ها با اتصال به حیوانات، کفش‌ها و وسایل نقلیه پخش می‌شوند. همچنین ممکن است توسط آب‌های جاری جابه‌جا و حتی در زباله‌های باغی ریخته شوند و به مکان جدید انتقال یابند (Kampamba *et al*., 2022).

هدف از این تحقیق بررسی برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اندام‌های مختلف گیاه *Opuntia stricta* در منطقه نکا و انبارآلوم جهت استفاده در آینده برای کنترل بیابان‌زایی و تولید فرآورده‌های گیاهی و دارویی می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

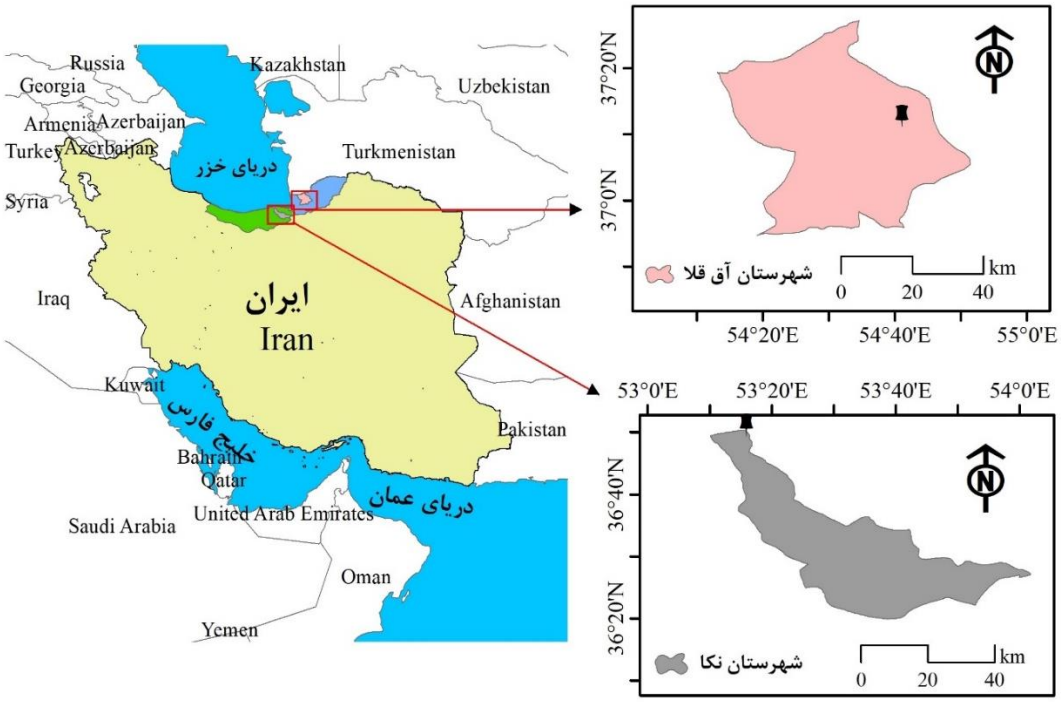
منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شامل منطقه انبارآلوم در استان گلستان و منطقه نکا در استان مازندران می‌باشد .

منطقه اول: این منطقه در بیابان آق‌قلا در استان گلستان واقع شده است. رویشگاه بیابانی تحقیقاتی در منطقه انبارآلوم (سایت آموزشی تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) قرار دارد. سایت انبارآلوم در ۲۰ کیلومتری شهر انبارآلوم با ارتفاع ۸ متر از سطح دریا و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۵۸ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۴ درجه ۱۶ دقیقه قرار گرفته است. میانگین بارندگی سالانه ۳۶۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد و طول دوره خشک در سال از ۶ تا ۷ ماه متغیر می‌باشد. این منطقه دارای خاک نسبتاً شور (۶/۳۴ دسی‌سیمنس بر سانتی‌متر) است .(Shakeri and Moameni, 2011) گیاه گلابی خاردار در سال ۱۳۹۶ به منطقه انبارآلوم آورده شده و در آنجا طبق شرایط آب و هوای خشک و خاک شور سازگار شده است.

منطقه دوم : این منطقه در شمال شرق استان مازندران و در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان نکا واقع شده است. مختصات این منطقه ۳۶ درجه ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه ۱۶ دقیقه طول شرقی است. این منطقه در ارتفاع منفی ۱۵ متر از سطح دریا قرار دارد. خاک اراضی این منطقه بیشتر از نوع رسوبات ماسه‌ای ساحلی و رسی می‌باشد. میزان بارندگی با استفاده از ایستگاه هواشناسی نوذرآباد که در ۱ کیلومتری منطقه مورد مطالعه قرار دارد، طی یک دوره آماری ۳۰ ساله ۶۷۶ میلی‌متر گزارش شده است. متوسط دمای حداقل و حداکثر سالانه منطقه به ترتیب ۱۳/۴ و ۲۲/۷ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس روش اصلاح شده دومارتن «معتدل و مرطوب» می‌باشد (شکل ۱). گیاه گلابی خاردار بیش از ۵۰ سال است که در منطقه نکا استقرار پیدا کرده است.

روش تحقیق: نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۹ از سایت انبارآلوم و در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان نکا انجام شد. با استفاده از روش کاملاً تصادفی، ۶۰ پایه گیاهی در دو منطقه نکا و انبارآلوم مستقر و شاخص‌های مختلف گیاه اندازه‌گیری شد. میوه‌ها و کلادودهای جمع‌آوری شده جهت اندازه‌گیری شاخص‌های مختلف به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی مانند طول و عرض میوه و کلادود گیاه توسط دستگاه کولیس صورت گرفت. وزن‌تر میوه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۱ هزارم و حجم میوه‌ها با روش جابجایی آب با کمک استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه‌ها، ابتدا میوه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و سپس تعداد و وزن تر و خشک بذرها توسط ترازو دیجیتالی اندازه‌گیری شد. همچنین کلروفیل و کاروتنوئید با روش DMSO و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (BIO-RAD SmartSpect Plus) در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ اندازه‌گیری شد. مقدار pH آب میوه با دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی

آب میوه با EC متر اندازه‌گیری شـد. فاکتورهای ویتامین C و اسـیدیته با روش پدومتری اندازه‌گیری شـد (Mashayekhi and Atashi, 2015). میزان مواد جامد محلول (TSS) با دسـتگاه رفرکتومتر دیجیتال در دمای ۲۵ درجه سـانتی‌گراد اندازه‌گیری شـد. آنتوسـیانین طبق روش وانگر (Wagner, 1979) با دسـتگاه اسـپکتروفتومتر (BIO-RAD SmartSpect Plus) در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شـد. میزان پکتین از پوسـت و گوشـت میوه با اسـتفاده از اسـید هیدروکلریک ۰/۰۵ نرمال و با روش وزنی ارزیابی شـد. کلیه آزمایش‌های مربوط به اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژی و فیتوشیمیایی گیاه در آزمایشگاه اکولوژی مرتع دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شـد. داده‌های این آزمایش با آزمون Kolmogorov-Smirnov تسـت شـد و تجزیه و تحلیل آماری با آزمون T مسـتقل در سـطح ۱ و ۵ درصد در محیط نرم‌افزار SPSS22 انجام شد.



شکل ۱. مشخصات منطقه مورد مطالعه

شکل ۲. تصاویری از میوه و کلادود گیاه گلابی خاردار

۳. نتایج

در بررسی پارامترهای مرفولوژیک و فیتوشیمیائی گلابی خاردار در دو منطقه نکا و انبارالوم، مشاهده شد که منطقه نکا دارای مزایای قابل توجهی است. میوه‌های گلابی خاردار در نکا بزرگتر، وزن بیشتری دارند و حجم بیشتری نسبت به میوه‌های انبارالوم دارند. این می‌تواند به دلیل شرایط محیطی مناسب‌تر در سایت نکا باشد که منجر به تولید میوه‌های با کیفیت بالاتر شده است. همچنین، میزان کلروفیل (a، b و کل) و حجم آبمیوه در نکا بالاتر است که نشان دهنده وضعیت بهتر سلامت گیاهان در این منطقه است. از طرف دیگر، پارامترهای شوری و اسیدیته خاک در انبارالوم بیشتر از نکا هستند که می‌تواند بخاطر شرایط محیطی سخت‌تر باشد و تاثیرات منفی بر رشد گیاهان منجر شود. همچنین، میزان آنتوسیانین پوست و گوشت در انبارالوم بیشتر است که ممکن است به شرایط استرس زا و افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها توسط گیاهان مرتبط باشد. به طور کلی، منطقه نکا در بیشتر پارامترهای مرفولوژیک، از جمله وزن، طول و حجم میوه، برتری قابل توجهی نسبت به انبارالوم دارد. برای مثال، وزن میوه در سایت نکا ۲۵/۵۷ گرم و در انبارالوم ۱۷/۰۳ گرم است که نشان‌دهنده تولید میوه‌های بزرگ‌تر و با کیفیت‌تر در این سایت است. همچنین، طول میوه‌ها نیز در نکا (۵۱/۸۳ میلی‌متر) بیشتر از انبارالوم (۳۷/۸ میلی‌متر) است، که این امر می‌تواند به شرایط مناسب‌تر محیطی و خاک در نکا نسبت داده شود. از سوی دیگر، در برخی پارامترهای فیتوشیمیائی، منطقه انبارالوم عملکرد بهتری دارد. به عنوان مثال، مقدار آنتوسیانین پوست در انبارالوم (۰/۱۶۵) بیشتر از نکا (۰/۰۵۳) است. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که منطقه نکا از نظر ویژگی‌های مرفولوژیک و کیفیت میوه‌ها برتری دارد، در حالی که انبارالوم ممکن است در برخی ویژگی‌های فیتوشیمیائی قوی‌تر باشد. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از عوامل محیطی و نوع خاک، هر منطقه باشد. می‌توان بیان کرد که تفاوت اقلیمی موجود، اختلاف میزان بارش و ساعات آفتابی، می‌تولند باعث تفاوت‌هایی در ویژگی‌های این گونه گیاهی گردد،ویژگی‌هایی شامل سطح برگ، وزن برگ، میزان ویتامین C و وزن خشک میوه در این دو منطقه برای گیاهان جمع‌آوری شده از این گونه یکسان بود. اما ویژگی‌هایی شامل وزن میوه، طول میوه، عرض میوه، حجم میوه، تعداد میوه، تعداد کلادود، تعداد بذر، اسیدیته آب‌میوه، آنتوسیانین پوست و گوشت میوه، حجم آب میوه، وزن خشک بذر، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در گیاهان جمع آوری شده از این دو منطقه متفاوت بود بطوریکه در این ویژگی‌ها گیاهان جمع آوری شده از منطقه نکا مقادیر بیشتری نسبت به گیاهان جمع آوری شده از منطقه انبارآلوم داشتند. اما در برخی ویژگی‌هایی فیتوشیمیایی همانند EC آب‌میوه، pH آب‌میوه، وزن تر بذر و کارتنوئید گیاهان جمع آوری شده از منطقه انبارآلوم مقادیر بیشتری نسبت به منطقه نکا را داشتند.

بر اساس جدول تجزیه آماری (جدول ۱)، منطقه اثر معنی‌داری بر تعدادی از متغیرهای اندازه‌گیری شده داشته است، به طوری که تاثیر منطقه بر وزن میوه، طول میوه، عرض میوه، حجم میوه و تعداد پایه، تعداد میوه و تعداد کلادود در سطح احتمال ۱و ۵ درصد معنی‌دار بوده ولی تاثیر منطقه بر وزن برگ، طول برگ، عرض برگ معنی‌دار نبود.

جدول ۱. تجزیه آماری برخی از صفات فیزیولوژیک تحت تاثیر مناطق مختلف

منابع تغییرات	آماره t	درجه آزادی (DF)	منابع تغییرات	آماره t	درجه آزادی (DF)
وزن میوه	۹/۰۹**	۵۸	تعداد میوه	۲/۴۱*	۵۸
طول میوه	۱۰/۴۷**	۵۸	تعداد کلادود	۷/۶۴**	۵۸
عرض میوه	۸/۶۴**	۵۸	وزن برگ	-۱/۹۲^{ns}	۲۰
حجم میوه	۱۶/۸۲**	۵۸	طول برگ	-۰/۵۱۲^{ns}	۲۰
تعداد پایه	۵/۹۵**	۵۸	عرض برگ	۰/۳۳۱^{ns}	۲۰

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱%، $^{n.s}$ عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول شماره ۲ تجزیه آماری برخی از ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه اپونتیا را در مناطق مختلف نمونه‌برداری نشان می دهد. براساس نتایج شاخص‌های اندازه‌گیری شده EC، PH، اسیدیته، Tss، آنتوسیانین پوست، آنتوسیانین گوشت، وزن تر بذر، وزن خشک بذر و حجم آبمیوه و کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاراتنوئید در دو منطقه مورد مطالعه در سطح ۱ و ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار هستند، ولی شاخص های وزن خشک میوه، تعداد بذر و ویتامین C در دو منطقه با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲. تجزیه آماری برخی از صفات فیتوشیمیایی تحت تاثیر مناطق مختلف

منابع تغییرات	آماره t	درجه آزادی DF
EC آب میوه	-۲۱/۱۰**	۴
PH	-۵۲/۷۷**	۴
ویتامین C	۰/۴۰۰ ns	۴
اسیدیته	۲۴/۹۸**	۴
TSS	۳/۹۰*	۴
آنتوسیانین پوست	۹/۱۵**	۴
آنتوسیانین گوشت	۲۷/۰۸**	۴
تعداد بذر	۰/۳۰۳ns	۴
وزن تر بذر	-۳۰/۳۶**	۴
وزن خشک بذر	۳/۰۵**	۴
وزن خشک میوه	۱/۱۰ ns	۴
حجم آبمیوه	۵/۰۲**	۴

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، n.s عدم وجود اختلاف معنی‌داری

جدول ۳. میانگین پارامترهای مرفولوژیک و فیتوشیمیائی اندازه‌گیری شده از گیاه گلابی خاردار در دو منطقه نکا و انبارالوم

پارامترها	نکا	انبارالوم	پارامترها	نکا	انبارالوم
وزن میوه	۲۵/۵۷a±۰/۶۵	۱۷/۰۳b±۰/۶۷	شوری خاک	۳/۷۸b±۰/۳۴	۶/۳۴a±۰/۹۷
طول میوه	۵۱/۸۳ a±۱/۰۶	۳۷/۸b± ۰/۸۱	اسیدیته آب میوه	۳/۵۷a±۰/۰۹	۱/۷۵b±۰/۰۶
عرض میوه	۳۱/۹۶a±۱/۱۴	۲۴/۱۶b±۰/۹۲	مواد جامد معلق	۷/۹۳a±۰/۰۶	۷/۳۴b±۰/۱۳
حجم میوه	۲۴/۶۶a±۰/۱۳	۱۴/۴b±۰/۵۹	آنتوسیانین پوست	۰/۵۳a±۰/۱۲	۰/۱۶۵b±۰/۰۴
تعداد پایه میوه‌دار	۷/۱a±۰/۹۶	۱/۳۳b±۰/۰۸	pH آب میوه	۲/۰۴b±۰/۰۰۳	۲/۴۳a±۰/۰۰۶
تعداد میوه	۵۱a±۱۶/۳	۱۱b±۲/۴	آنتوسیانین گوشت	۰/۶۰۴a±۰/۰۵	۰/۱۱۶b±۰/۰۱
تعداد کلادود	۱۱۱/۱۶a±۱۹/۷	۳۶/۴b±۴/۵	حجم آبمیوه	۷/۸۳a±۰/۸۳	۳/۲۴b±۰/۳۷
وزن تر بذر	۱/۹۰b±۰/۰۸	۵/۱۸a±۰/۰۵	کلروفیل a	۶/۴۹a±۰/۰۱	۴/۲۱b±۰/۱۱
وزن خشک بذر	۱/۷۱a±۰/۰۶	۱/۳۰b±۰/۰۸	کلروفیل b	۷/۷۰a±۰/۰۰۹	۴/۶۸b±۰/۰۹
عرض برگ	۶۰/۲۶a±۳/۵۴	۶۷/۴۳a±۳/۵۶	کلروفیل کل	۱۴/۲a±۰/۰۴	۴/۸۹b±۰/۱۲
طول برگ	۱۴۱/۱۴a±۱۱/۴۱	۱۱۹/۲۱a±۱۱/۰۱	کاراتنوئید	۵۱/۸۳b±۰/۰۰۴	۶۸/۷۴a±۰/۰۰۳
وزن برگ	۶۵/۶۶a±۹/۲۸	۵۹/۰۱a±۱۲/۴۲	ویتامین c	۳/۷۸a±۰/۲۸	۳/۲۴a±۰/۱۶
وزن خشک میوه	۴/۲۳a±۰/۵۷	۳/۲۴a±۰/۳۷	تعداد بذر	۸۱a±۶/۸	۸۶a±۳/۵

گیاهان جمع‌آوری شـده از منطقه نکا کلروفیل کل بیشـتری بوده اسـت، این تفاوت در مقادیر رنگیزه باعث افزایش میزان فتوسـنتز و مواد فتوسنتزی در این گیاهان می‌گردد و انباشت مواد حاصل از فتوسنتز باعث ایجاد منبع‌های قوی و پتانسیل لازم برای تولید اندام‌های جدید بیشـتر و تولید میوه‌های بیشـتر با وزن بالاتر اسـت. همچنین وجود آب باعث تداوم تولید مواد فتوسـنتزی می‌گردد که این امر نیز به تغذیه هرچه بیشتر اندام‌ها و میوه‌های حاصله کمک شایانی نموده و باعث اختلاف این پارامترها در این دو محیط شـده اسـت. تعداد پایه، کلادود، میوه و سـایر ویژگی‌های میوه به شـدت تحت تاثیر وجود آب اسـت بطوریکه در منطقه نکا گیاهان جمع آوری شـده دارای تعداد و مقادیر بیشـتری در این موارد بود و در منطقه انبارآلوم تمامی این موارد به شـدت تحت تاثیر کمبود آب و تنش خشـکی بوده و باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار شـده اسـت. در مورد کارتنوئید می‌توان بیان کرد بدلیل تفاوت سـاختاری این رنگیزه در شـرایط تنش خشـکی مقدار آن از حالت بدون تنش بیشتری بوده است و گیاهان جمع‌آوری شده از منطقه انبارآلوم مقادیر کارتنوئید بیشتر نسبت به گیاهان جمع آوری شده از منطقه نکا را داشت. در مورد وزن تر بذر گیاهان جمع‌آوری شده از منطقه انبارآلوم بدلیل کمبود آب گیاه برای افزایش احتمال بقای خود به میزان آب بذرهای حاصله افزوده است ولی وزن‌تر بذرهای حاصل از گیاهان منطقه نکا مقدار وزن کمتری داشتند. نتایج بیانگر اختلاف معنی داری بین مقدار اسیدیته در خاک دو منطقه بود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده، مشخص شد که اپونتیا قادر است در شرایط پایین رطوبت خاک، به میزان محدودی رشد داشته باشد. اما در مواجهه با شرایط تنش شدید، میزان رشد گیاه به شدت کاهش می‌یابد یا حتی ممکن است متوقف گردد (Scalisi *et al*., 2016) که بنا بر این دلیل پارامترهای رشدی بدست آمده از گیاهان اپونتیا در منطقه نکا بالاتر از منطقه انبارآلوم بود. همچنین در شرایط تنش خشکی، کاهش فتوسنتز کلادود به دلیل کاهش محتوی نسبی آب، کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه و کاهش محتوی کلروفیل گزارش شده است (Pimienta- Barrios *et al*., 2007) و با نتایج بدست آمده مطابقت داشت بطوریکه اپونتیا در منطقه نکا در پارامترهای یاد شده، بالاتر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در منطقه انبارالوم گیاه تحت تنش قادر به تولید تعداد زیاد کلادود نبوده اسـت. از جمله تغییراتی که در شرایط تنش خشکی رخ می‌دهد، کاهش طول و عرض کلادود است که باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه، کاهش محتوی نسبی آب و کلروفیل، و همچنین کاهش تولید ماده خشـک می‌شـود. این نتایج با مطالعات قبلی که انجام شـده اسـت، همخوانی دارد (Pimienta-Barrios *et al*., 2007). بر اساس یافته‌های تحقیقات، در شرایط تنش خشکی، آب موجود در بافت پارانشیمی کلادود کاهش می‌یابد و در نتیجه، ضخامت بافت پارانشیمی نیز کاهش می‌یابد (Liguori *et al*., 2013). وزن کلادود به عنوان یک شاخص برای ارزیابی عملکرد و سازگاری اوپونتیا شناخته شده است (Tarekegn *et al*., 2017). همچنین گزارش شده است که کاهش وزن تر و خشک کلادود، همراه با کاهش محتوی نسـبی آب گیاه، منجر به کاهش فعالیت فتوسـنتز و اختلال در فعالیت آنزیم‌های فتوسـنتزی و تعادل هورمونی گیاه در شرایط تنش می‌شود (Pimienta- Barrios *et al*., 2007; Faroog *et al*., 2008). مطالعات نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش خشکی، کاهش وزن کلادود و محتوای آب، عوامل مهمی در کاهش عملکرد اوپونتیا هسـتند. به علاوه، افزایش آبیاری منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد اوپونتیا می‌شود (Ghasemi *et al*., 2011). عوامل مختلفی از جمله حاصلخیزی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، تبخیر از خاک و تعرق گیاه می‌تواند بهره‌وری مصـرف آب را تحت تاثیر قرار داده و به کاهش یا افزایش آن منجر شـود (Najafinezhad *et al*., 2019). بر اسـاس مطالعات، حداکثر کارآیی مصـرف آب در شـرایط تنش ملایم گزارش شـده اسـت (Musick & Dusek, 1971; Najafinezhad *et al*., 2019). با بسـته شـدن جزئی روزنه‌ها در شـرایط تنش ملایم، تعرق بیشـتر از فتوسـنتز کاهش می‌یابد و در نتیجه، کارآیی مصـرف آب افزایش می‌یابد. اما در تنش شـدید، به دلیل بسـته شـدن کامل روزنه‌ها، کاهش قابل توجه فتوسـنتز منجر به کاهش کارآیی مصـرف آب می‌شـود (Taiz & Zeiger, 1998). بنابراین، تأثیر تنش رطوبتی بر شـاخص بهره‌وری مصـرف آب در گونه‌های مختلف گیاهان و همچنین بسته به شدت تنش، متفاوت است (Najafinezhad *et al*., 2019). در تحقیق دیگری در شرایط تنش شدید و آبیاری

نرمال، بهره‌وری مصرف آب در گیاه اوپونتیا کاهش یافت اما در شرایط تنش ملایم، بهره‌وری مصرف آب افزایش یافته است (Fonseca *et al*., 2019). فروزه و همکاران (۱۳۹۹) بیان کردند که فنول و فلاونوئید تام در پد و میوه بیشتر از دانه‌ها است. همچنین آنتی‌اکسیدان در دانه و میوه بیشتر از برگ اندازه‌گیری گردید و از طرفی میزان پروتئین خام در دانه بیشتر از میوه و برگ بود.

گونه *Opuntia* یکی از گیاهان دارویی و با ارزش که مصرف خوراکی، علوفه‌ای و صنعتی نیز دارد در مناطق خشک قابل پرورش است و در این تحقیق نشان داده شد که شرایط اقلیمی بر روی پارامترهای رشدی و تولید میوه آن تاثیر گذار است و مهم‌ترین عامل نیز دسترسی به آب است. بنابراین انتخاب منطقه مناسب جهت بهره‌وری بیشتر از این گیاه حائز اهمیت خواهد بود و پیشنهاد می‌گردد که با توجه به اینکه هدف از کشت و توسعه می‌توان منطقه مناسب را انتخاب نمود، تولید علوفه یا جلوگیری از فرسایش در خاک‌های شورو غیره. اگر هدف کشت دارویی مد نظر باشد به دلیل بیشتر بودن مواد موثره دارویی مانند آنتوسیانین و کارتنوئید منطقه خشک به دلیل استرس‌های خشکی و شوری و تولید مواد موثره بیشتر مناسب‌تر است و در احداث و گسترش مناطق کشت این گیاه از ویژگی‌های منطقه‌ای و پاسخ گیاه اطلاعات لازم را جمع‌آوری نمود و سپس اقدام کرد. می‌توان نتیجه این پژوهش را به این صورت بیان کرد که گیاهان رشد یافته در منطقه نکا بدلیل میانگین بارندگی بیشتر، از عملکرد بهتر و برای تولید علوفه یا تثبیت خاک مناسب است و در منطقه انبارآلوم به‌دلیل شوری و فقر مواد غذایی خاک و میانگین بارندگی کمتر، گیاهان رشد یافته از کیفیت بالاتر و عملکرد کمتری برخوردار بودند و برای احیای خاک و مصارف دارویی مناسب‌تر است.

References

Arba, M., Falisse, A., Choukr-Allah, R., & Sindic, M. (2017). Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on fruit yield and quality of cactus pear Opuntia ficus-indica (L.) Mill. *Fruits*, *72*(4), 212-220.

Bobich, E. G., & Nobel, P. S. (2001). Biomechanics and anatomy of cladode junctions for two Opuntia (Cactaceae) species and their hybrid. *American Journal of Botany*, *88*(3), 391-400.

Chiteva, R., & Wairagu, N. (2013). Chemical and nutritional content of Opuntia ficus-indica (L.). *African Journal of Biotechnology*, *12*(21).

Ervin, G. N. (2012). Indian fig cactus (Opuntia ficus-indica (L.) Miller) in the Americas: an uncertain history. *Haseltonia*, *2012*(17), 70-81.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 153-188.

Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., & Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (Opuntia spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, *11*(1), 2574-2589.

Fonseca, V. A., Santos, M. R. D., Silva, J. A. D., Donato, S. L. R., Rodrigues, C. S., & Brito, C. F. B. (2019). Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency of Opuntia ficus-indica irrigated with saline water. *Acta Scientiarum. Agronomy*, *41*, e42631.

Foroozeh, M., Azimi, M., & Ashrafzadeh, M. (2020). Phytochemical characteristics and Forage quality of Opuntia stricta Haw.(Case study: Mohamad Abad village of Groan city). *Rangeland*, *14*(2), 197-207. (In persian)

Ghasemi, S., Ramezani, M., Fatemi Nik, F., & Rafeei, F. (2011). The possibility of cultivating forage cactus in low yielding areas. In *Sixth National Conference on New Ideas in Agriculture*. Islamic Azad University of Khorasgan, Iran. (In persian)

Goldstein, G., Andrade, J. L., & Nobel, P. S. (1991). Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and the parenchyma of Opuntia ficus-indica under wet versus dry conditions. *Functional Plant Biology*, *18*(2), 95-107.

Gregory, R. A., & Felker, P. (1992). Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting Opuntia forage clones. *Journal of arid environments*, *22*(4), 323-331.

Kampamba, M., Ezeala, C. C., Hikaambo, C. N., & Bwalya, A. G. (2022). Opuntia stricta (Haw): A review on its chemical composition, putative in-vitro antidiabetic mechanism of action and potential pharmacological uses in chronic disease. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *11*(2), 01-08.

Liguori, G., Inglese, G., Pernice, F., Sortino, G., & Inglese, P. (2013). CO2 uptake of Opuntia ficus-indica (L.) Mill. whole trees and single cladodes, in relation to plant water status and cladode age. *Italian Journal of Agronomy*, *8*(1), e3-e3.

Mashayekhi, K., & Atashi, P. (2015). Guide to Plant Physiology Experiments (Pre and Post-Harvest Plant Examination). *Agricultural Education and Natural Resources Research Publications*. 320 p .(In Persian)

Moßhammer, M. R., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Cactus pear fruits (Opuntia spp.): A review of processing technologies and current uses. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, *8*, 1-25.

Munoz, U. A., Garcia, V. A., & Pimienta, B. E. (1995). Relationship between ploidy level and morphological anatomical variables in wild and cultivated species of cactus pear (Opuntia spp). *In Proceedings of the VI National and IV International Congress on the Knowledge and Use of Nopal*. Guadalajara, Jal (pp. 7-11).

Musick, J. T., & Dusek, D. A. (1971). Grain sorghum response to number, timing, and size of irrigations in the southern High Plains.

Najafinezhad, H., & Koohi, N. (2022). Evaluation of yield, water use efficiency and some agronomic characteristics of cactus (Opuntia ficus-indica) under the different irrigation periods. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(2), 81-96. (In persian)

Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Koohi, N., & Shakeri, P. (2019). Forage yield and quality and water productivity of kochia, millet, sorghum and maize under water deficit stress conditions. *Seed and plant production journal*, *35*(2), 261-283. (In persian)

Omweri, A. H., Rimberia, F. K., Mwangi, S. G., & Sila, D. N. (2016). Morphological characterization and distribution of cactus species (Cactaceae) in arid and semi-arid lands of Kenya. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, *9*(1), 182-191.

Pereira, P. N., Niechayev, N. A., Blair, B. B., & Cushman, J. C. (2021). Chapter 10 climate change responses and adaptations in crassulacean acid metabolism (CAM) plants. In *Photosynthesis, respiration, and climate change* (pp. 283-329). Cham: Springer International Publishing.

Pimienta-Barrios, E., Castillo-Cruz, I., Zañudo-Hernández, J., Méndez-Morán, L., & Nobel, P. S. (2007). Effects of shade, drought and daughter cladodes on the CO2 uptake by cladodes of Opuntia ficus-indica. *Annals of applied biology*, *151*(2), 137-144.

Scalisi, A., Morandi, B., Inglese, P., & Bianco, R. L. (2016). Cladode growth dynamics in Opuntia ficus-indica under drought. *Environmental and Experimental Botany*, *122*, 158-167.

Shakeri, S., & Moameni, A. (2011). Land suitability classification for sustainable use in Aq qaleh area. *Human & Environment*, *9*(4), 57-64. (In persian)

Singh, N., Mishra, S., Mondal, A., Sharma, D., Jain, N., & Aseri, G. K. (2023). Potential of desert medicinal plants for combating resistant biofilms in urinary tract infections. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *195*(9), 5568-5582.

Taiz, L., & Zeiger, E. (19980. Plant Physiology. Second Edition. Sinauer Associates: Sunderland, Massachusetts. 792 pp.

Tarekegn, A., Shimelash, B., & Haile, A. (2017). Adaptation and performance evaluation of prickly pear cactus, Opuntia ficus-indica (L.) for fodder production in Gumara-Maksegnit Watershed, North Gondar, Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences*, *13*(4), 150-154.

Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant physiology*, *64*(1), 88-93.