

Investigating the morphological and biochemical reactions of two species of chicory (*Cichorium* sp.) in the application of different amounts of ammonium sulfate

Saeideh Mohtashami^{1*}, Mahmoud Esmailpour², Askar Ghani³

1- Corresponding Author, Assistant Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran
(mohtashamis@yahoo.com)

2- Former MSc student of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(mahmoud.esmailpour@gmail.com)

3- Associate Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran
(askar.ghani11@yahoo.com)

Received Date: 29/04/2022

Accepted Date: 14/10/2022

Abstract

Introduction: Chicory is one of the perennial and important medicinal plants of the Asteraceae family. In addition to having many nutritious compounds, chicory is potentially a rich source of bioactive substances for strengthening human food due to its polyphenol compounds (Petropoulos et al., 2017). Nitrogen is one of the most important elements required by plants, which participates in various processes, and its deficiency or excess significantly affects the growth, yield and quality of products (Yaghoobi et al., 2018). Due to the high importance of nutrition in the performance and quality of the active substances of medicinal plants and the fact that so far a little research has been done in chicory plant; Also, since ammonium sulfate is an acid-forming fertilizer suitable for the alkaline soils of southern Iran and causes better absorption of other nutrients; therefore, the present study was conducted with the aim of the effect of different levels of ammonium sulfate on the growth indexes and some biochemical factors of two species of chicory (*Cichorium intybus* and *Cichorium pumilum*) in Jahrom climatic conditions.

Material and methods: In this research, the effect of different amount of ammonium sulfate on growth and yield traits, chlorophyll contents and some biochemical properties of two *Cichorium* species were studied. In this purpose, the experience was conducted on factorial based on randomized complete block design (RCBD) with two factors and three replications. The first factor, ammonium sulfate concentration includes 5 levels: 50, 100, 150, and 200 kg/h and control (soil without fertilizer) and the second factor, two *Cichorium* species including *C. intybus* and *C. pumilum*. The most important factors inclusive leaf number, leaf length and width, plant fresh weight, yield of dry matter, length and diameter of tuberous root, fresh weight and dry weight of root and chlorophyll contents (a, b, total and carotenoid). Also, biochemical properties of leaf extract (flavone and flavonol, total flavonoid, phenolic compounds and antioxidant activity) were measured at two times (middle and end of growth period).

Results and discussion: The results showed the significant effect of the treatments on some measured traits. In relation to most of the morphological factors and yield indicators in *C. pumilum*, the best result was obtained in the 150 kg of ammonium sulfate treatment, while in *C. intybus*, the application of 100 kg of ammonium sulfate had a greater effect, which showed that *C. pumilum* has more fertilizer tolerance properties than *C. intybus* species. In *C. pumilum*, the highest amount of flavone and flavonol (2.93 mg/g), total flavonoid (7.30 mg/g) and phenolic compounds (10.06 mg/g) in the 50 kg of ammonium sulfate treatment was observed in the second harvest while in relation to *C. intybus* species, the maximum amount of total flavonoids (12.14 mg/g) and phenolic compounds (13.67 mg/g) in the first harvest by usage of 100 kg of ammonium sulfate and in the second harvest in the 200 kg of ammonium sulfate treatment (7.14 and 10.26 mg/g respectively) were measured. Previous findings showed that in some plants, including *Ocimum basilicum* (Radusiene et al., 2019) and *Stevia rebaudiana* (Barroso et al., 2018), the high availability of nutrient elements leads to an increase in plant growth and development and a decrease in secondary metabolites production. While in some other plants such as *Marrubium vulgare* (Kheiry et al., 2020), *Cichorium* sp. and *Artemisia annua* (Jha et al., 2011) by increasing the amount of fertilizer, an increase in active substances has been observed.

Conclusions: In totally, application of 100-150 kg/h Amuniom sulphate fertilizer for Chicory species recommends.

Keywords: Phenolic compounds, Antioxidant activity, Flavonoids, Yield and Chicory.

بررسی واکنش‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی دو گونه کاسنی (*Cichorium* sp.) به کاربرد سطوح مختلف سولفات آمونیوم

سعیده محتشمی^{*۱}، محمود اسماعیل پور^۲، عسکر غنی^۳

۱-نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران
(mohtashamis@yahoo.com)

۲- دانش آموخته گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
(mahmoud.esmaeilpour@gmail.com)

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران
(askar.ghani11@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۹

چکیده

در این پژوهش، اثر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم بر ویژگی‌های رشد و عملکرد، میزان کلروفیل و برخی صفات بیوشیمیایی دو گونه کاسنی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول میزان سولفات آمونیوم شامل ۵ سطح: ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد (خاک بدون اضافه کردن کود) و فاکتور دوم، دو گونه کاسنی شامل کاسنی پابلند (*Cichorium intybus*) و کاسنی پاکوتاه (*Cichorium pumilum*) بود. مهمترین صفات مورد بررسی شامل تعداد برگ، طول و عرض برگ، وزن تر بوته، عملکرد ماده خشک، طول و قطر ریشه غده‌ای، وزن تر و خشک ریشه و میزان کلروفیل (a، b، کل و کاروتنوئید) بود. همچنین خصوصیات بیوشیمیایی عصاره برگ (فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) در دو زمان (اواسط و اواخر دوره رشد) اندازه‌گیری شد. نتایج، نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار تیمارها بر برخی صفات اندازه‌گیری شده بود. در ارتباط با بیشتر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های عملکرد در گونه پاکوتاه، بهترین نتیجه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم به دست آمد در حالی که در گونه پابلند، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم تاثیر بیشتری داشت که نشان داد کاسنی پاکوتاه خاصیت کودپذیری بیشتری نسبت به کاسنی پابلند دارد. در کاسنی پاکوتاه، بیشترین میزان فلاون و فلاونول (۲/۹۳ میلی‌گرم در گرم)، فلاونوئید کل (۷/۳۰ میلی‌گرم در گرم) و ترکیبات فنلی (۱۰/۰۶ میلی‌گرم در گرم) در تیمار ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در برداشت دوم مشاهده شد در حالی که در رابطه با کاسنی پابلند بیشترین میزان فلاونوئید کل (۱۲/۱۴ میلی‌گرم در گرم) و ترکیبات فنلی (۱۳/۶۷ میلی‌گرم در گرم) در برداشت اول در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم و در برداشت دوم در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم (به ترتیب ۷/۱۴ و ۱۰/۲۶ میلی‌گرم در گرم) اندازه‌گیری شد.

کلمات کلیدی: ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئیدها، عملکرد، کاسنی.

مقدمه

از زمان‌های قدیم، گیاهان با هدف کاربردشان در داروهای سنتی و همچنین در صنایع غذایی به منظور بهبود مزایای سلامتی و پایداری محصولات غذایی مختلف مطالعه شده‌اند (Perovic et al., 2021). کاسنی یکی از گیاهان چندساله و دارویی مهم تیره چتریان (Asteraceae) می‌باشد. کاسنی به عنوان یک گیاه دارویی خودرو چندساله از گذشته‌های دور در بین مردم کشورهای مختلف موارد استفاده فراوانی داشته است که شهرت درمانی اصلی آن در رفع بیماری‌های کبدی است. در ایران و به ویژه مناطق جنوبی دو گونه نامبرده کاسنی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. جنس کاسنی دارای شش گونه می‌باشد که در بین گونه‌ها، کاسنی پابلند (*Cichorium intybus*) از همه شناخته شده تر می‌باشد و بیشتر تحقیقات بر روی این گونه انجام شده است. ارتفاع این گونه تا حدود یک متر نیز می‌رسد و در بسیاری از مناطق به صورت رویشگاهی رشد کرده که به عنوان یک گیاه دارویی یا سبزی صحرایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی دیگر از گونه‌های این جنس، به عنوان کاسنی پاکوتاه (*C. pumilum* Jacq.) نامگذاری شده است دارای ارتفاع کوتاه‌تری می‌باشد. این گونه دارای ریشه ذخیره‌ای بزرگتری می‌باشد و به صورت زراعی چندان کشت نشده است و بنابراین اطلاعات زیادی در رابطه با نیازهای کودی و زراعی این گیاه در دسترس نمی‌باشد (Gholami et al., 2018). کاسنی علاوه بر داشتن ترکیبات مغذی فراوان، به طور بالقوه یک منبع غنی از مواد زیست‌فعال برای تقویت غذای انسان نیز می‌باشد که ترکیبات آن شامل اینولین، سزکوئی‌ترین لاکتون‌ها (لاکتوسین، لاکتوکوپیکرین، ۸-داکسی‌لاکتوسین)، گلیکوزیدهای گوانینولید، مشتقات کافئیک اسید، شیکوریک اسید، کلروژنیک اسید، ایزوکلروژنیک اسید، دی کافنویل تارتاریک اسید، چربی‌ها، پروتئین‌ها، هیدروکسی کومارین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، استروئیدها، ترپنوئیدها، روغن‌ها، ترکیبات معطر، ویتامین‌ها (آلفا و گاما

توکوفرول)، بتاکاروتن، زآ زانتین و مواد معدنی می‌باشد (Al-Snafi, 2016; Petropoulos et al., 2017). کاسنی به عنوان یک گیاه دارویی خودرو چندساله از گذشته‌های دور در بین مردم کشورهای مختلف موارد استفاده فراوانی داشته‌است از این گیاه به عنوان تقویت کننده معده، مدر، صفرابر، ضد التهاب، تقویت سیستم ایمنی بدن، کاهش چربی خون، ضد سرطان و تصفیه کننده خون استفاده می‌گردد (Bahmani et al., 2015; Al-Snafi, 2016) ولی شهرت درمانی آن در رفع بیماری‌های کبدی است (Doaei et al., 2018).

از آنجا که عناصر غذایی موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند، می‌توانند نقش مهمی در تولید گیاهان دارویی داشته باشند. نیتروژن مهمترین عنصر حاصلخیزی خاک بوده و بخش اصلی مصرف کودهای شیمیایی خاک را تشکیل می‌دهد. همچنین با توجه به این‌که نیتروژن بیشترین غلظت را در بین عناصر غذایی در گیاهان دارد، نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان نیز دارد (Rahimzadeh, et al., 2013). تامین نیتروژن به اندازه کافی در عملکرد کمی و کیفی گیاهان از جمله کاسنی و همچنین حفظ محیط زیست سالم ضروری و مهم است. کاربرد مقادیر بیش از حد کودهای نیتروژنی منجر به آبهویی نیترات می‌شود به‌طوری که عموماً گیاهان فقط حدود ۵۰ درصد نیتروژن بکار برده را مصرف می‌کنند. نیتروژن به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر دارد، با این وجود رفتارهای فیزیولوژی گیاهان نسبت به منابع نیتروژن کاملاً متفاوت بوده و به توانایی آن‌ها در جذب و تثبیت آن بستگی دارد (Shafea et al., 2011). نیتروژن از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه است که در فرآیندهای مختلف شرکت می‌کند و کمبود یا بیش‌بود آن رشد، عملکرد و کیفیت محصولات را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Yaghoobi et al., 2018). با اینکه یون نیترات معمول‌ترین منبع نیتروژن برای رشد گیاه می‌باشد،

در افزایش عملکرد اقتصادی و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی فراسیون^۱ موثرتر از کاربرد تنهایی آن‌ها باشد. محلول پاشی ۲۵ میلی‌مولار (غلظت‌های کم) سولفات آمونیوم بر رشد رویشی، عملکرد و ویژگی‌های کیفی خیار نیز موثر گزارش شده است (Yaghoobi et al., 2018).

با توجه به اهمیت بالای تغذیه در عملکرد و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی و نظر به اینکه تاکنون تحقیقات بسیار کمی در رابطه با گیاه کاسنی انجام شده است؛ و همچنین از آنجا که سولفات آمونیوم یک کود اسیدزا و مناسب خاک‌های قلیایی جنوب ایران بوده و موجب جذب بهتر سایر عناصر غذایی می‌گردد لذا پژوهش حاضر با هدف تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم بر شاخص‌های رشد و برخی فاکتورهای بیوشیمیایی دو گونه کاسنی پابلند (*Cichorium pumilum*) و پاکوتاه (*Cichorium intybus*) در شرایط آب و هوایی جهرم انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی موجود در روستای محمد آباد شهرستان جهرم واقع در استان فارس (۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی، ۱۰۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا) انجام شد. ویژگی‌های کمی و کیفی خاک منطقه مورد کشت در جدول ۱ ارائه شده است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ده تیمار و سه تکرار انجام شد. فاکتورها عبارتند از: فاکتور اول، سطوح مختلف کود شیمیایی سولفات آمونیوم با پنج سطح (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد شامل خاک معمولی بدون کود دهی) و فاکتور دوم، دو گونه کاسنی شامل کاسنی پابلند (*Cichorium intybus*) و کاسنی پاکوتاه (*Cichorium pumilum*) بود. بذر گونه‌های نامبرده از توده‌های محلی منطقه سیمکان (بخش سیمکان که یکی از مراکز اصلی کشت این گیاه در استان فارس محسوب می‌گردد) تهیه شده و در اواخر اسفند ماه (دهه

ولی به نظر می‌رسد به دلیل این که یون نترات ابتدا به یون آمونیوم احیا می‌شود، جذب و آسیمیلایسیون این یون از لحاظ متابولیکی انرژی بیشتری نسبت به جذب و آسیمیلایسیون یون آمونیوم نیاز داشته باشد (Tabatabaei, 2014). سولفات آمونیوم یکی از کودهای مرسوم بوده که نیتروژن آن به فرم آمونیوم بوده و علاوه بر آن حاوی گوگرد نیز می‌باشد؛ به طوری که این کود حاوی سولفور بیشتری نسبت به نیتروژن موجود در آن است (۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد). آمونیوم و گوگرد موجود در این کود به اسیدی شدن خاک کمک می‌کنند. پس از انحلال سولفات آمونیوم، یون‌های آمونیوم و سولفور به داخل محلول خاک آزاد می‌شوند. یون‌های آمونیوم در فرآیند نیتریفیکاسیون به نترات تبدیل شده و یون H^+ را آزاد می‌کند که منجر به کاهش pH خاک می‌شود (Babalar and Pirmoradian, 2006). از سوی دیگر فیزیولوژی و مورفولوژی گیاهان به میزان زیادی تحت تاثیر فرم‌های آمونیومی و نیتراتی نیتروژن و نوع کودهای بکار رفته قرار می‌گیرد. گزارش‌ها حاکی از تاثیر مثبت کود سولفات آمونیوم بر میزان اسانس مرزه است، به طوری که با افزایش سطوح مختلف سولفات آمونیوم تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار درصد و عملکرد اسانس افزایش می‌یابد (Babalar et al., 2015). همچنین در تحقیق دیگری بیان شده است که کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم علاوه بر شاخص‌های رشد گیاه مرزه، میزان کارواکرول و رزمارینیک اسید که از شاخص‌های کیفی مواد موثره مرزه می‌باشند را نیز افزایش داده است (Babalar et al., 2020). در گیاه ریحان نیز کاربرد سولفات آمونیوم موجب افزایش عملکرد پیکر رویشی، زیست‌توده برگ تر و عملکرد اسانس شده است در حالی که تاثیری بر نسبت برگ به ساقه، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه جانبی نداشته است (Sifola and Barbieri, 2006). در تحقیق انجام شده توسط Kheiry و همکاران (2020)، نتایج نشان داد که مصرف توام کود زیستی نیتروکسین و سولفات آمونیوم، می‌تواند

1. *Marrubium vulgare* L.

سوم) جهت کشت بهاره در کرت‌های با ابعاد ۲×۲ متر و فاصله بین کرت‌ها ۴۰ سانتی‌متر استفاده شدند. جوانه‌زنی بذرها حدود یک هفته بعد انجام شد و در اواسط فروردین سال بعد (حدود چهار هفته بعد از کشت) پس از رشد مناسب گیاهان، تراکم بوته‌های کاسنی به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (بوته‌های اضافی به صورت دستی حذف شدند) و اعمال تیمار کودی در دو زمان، یکبار در مرحله‌ای که گیاهان حدود ۵ برگ داشتند و مرحله دوم حدود سه هفته بعد به صورت سرک انجام شد (رشد گیاهان کاسنی تا قبل از گلدهی به صورت رزت و فاقد ساقه می‌باشد). طی رشد، انجام عملیات داشت مانند مبارزه با علفهای هرز، آبیاری و غیره برای کلیه تیمارها به صورت یکسان انجام شد. به منظور بررسی برخی مواد موثره (فلاون و فلاونول‌ها، فلاونوئید کل، میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) موجود در برگ گیاه کاسنی طی رشد، در هفته چهارم اردیبهشت ماه در هر تیمار، برداشت برگ (هر بوته حدود پنج برگ) از بیست بوته انجام شد و پس از خشک کردن برگ‌ها در شرایط آزمایشگاه (۲۰±۳ درجه سلسیوس) داخل پاکت و درون یخچال نگهداری شدند. در پایان آزمایش (قبل از مرحله

گلدهی) که مصادف با اواخر خرداد ماه بود برداشت کامل بوته‌ها در اوایل صبح انجام شد. در هر کرت ده بوته انتخاب شدند (هر کدام به عنوان یک قرائت) و صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شد. صفات مورفولوژیک و شاخص‌های عملکرد شامل تعداد برگ، طول و عرض برگ، وزن تر بوته (مجموع وزن تر کل برگ‌ها)، عملکرد ماده خشک، طول و قطر ریشه غده‌ای (قطر ریشه در دو ناحیه نزدیک به طوقه و دیگری وسط ریشه اندازه‌گیری شد و میانگین این دو عدد به عنوان قطر ریشه در نظر گرفته شد)، وزن تر و خشک ریشه غده‌ای اندازه‌گیری شد. همچنین برخی صفات بیوشیمیایی مربوط به مواد موثره موجود در عصاره برگ کاسنی شامل: میزان فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو برداشت اندازه‌گیری شد. همچنین میزان کلروفیل (a، b، کل و کاروتنوئید کل) نمونه‌های برگ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری محتوی کلروفیل بر اساس روش Dere و همکاران (1998) با استفاده از حلال استون خالص و قرائت میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۲ نانومتر انجام شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی و برخی عناصر غذایی موجود در خاک مربوط به منطقه کشت دو گونه کاسنی

Table 1. Physicochemical analysis and some nutrient element exist in soil related to cultivation area of two chicory species

اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت اشباع خاک	نیتروژن کل	فسفر قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده
Soil pH	EC (ds/m)	Saturated soil moisture (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
7.93	0.66	29.44	0.60	5.13	144.86
شن	لای	رس	بافت خاک	مواد آلی	کربنات کلسیم معادل
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	OM (%)	Caco ₃
47	41	12	loam	0.60	73

به منظور سنجش دیگر فاکتورهای بیوشیمیایی، عصاره گیری از نمونه‌های خشک برگ با استفاده از حلال متانولی ۷۰ درصد به نسبت ۵ به ۱ (حجمی - وزنی) به روش خیساندن^۱ انجام شد (Wojdylo et al., 2007). برای تمامی

تیمارها میزان ۵ گرم نمونه خشک برگ توزین گردید و به لوله فالکون انتقال یافت و سپس میزان ۲۵ میلی‌لیتر حلال به آنها اضافه گردید و مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دور ۲۰۰ دور در دقیقه (rpm) قرار داده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و قسمت

1 . Maceration

(AOA%) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:
 = درصد فعالیت آنتی اکسیدانی
 ۱۰۰ × (عدد جذب شاهد / (عدد جذب نمونه - عدد جذب شاهد))
 آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۹
 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی
 (Tukey) انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های رشد و عملکرد

بر اساس نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها
 (جدول ۲)، تاثیر تیمارها بر برخی از شاخص‌های رشد و
 عملکرد معنی‌دار شده است که در ادامه به شرح آن
 پرداخته می‌شود.

تعداد برگ، طول و عرض برگ

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر میزان
 کود سولفات آمونیوم و اثر متقابل گونه و سولفات آمونیوم
 بر تعداد برگ معنی‌دار شده است (جدول ۲). همان‌طور که
 در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در کاسنی پاکوتاه بیشترین و
 کمترین تعداد برگ (۷۵/۱۷ و ۱۹/۱۱) به ترتیب مربوط به
 تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آمونیوم و
 شاهد بود. در گونه پابلند نیز بیشترین و کمترین تعداد برگ
 (۸۳/۲۶ و ۳۸/۵۱) به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰
 کیلوگرم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آمونیوم بود.
 در ارتباط با طول و عرض برگ، تنها اثر اصلی سولفات-
 آمونیوم معنی‌دار شده است به‌طوری که بیشترین و کمترین
 طول برگ (۲۵/۵۳ و ۱۸/۸۱ سانتی‌متر) به ترتیب مربوط به
 تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم و ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم
 بود. همچنین بیشترین و کمترین عرض برگ (۲/۴۵ و
 ۱/۸۰ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم و ۵۰
 کیلوگرم سولفات آمونیوم مشاهده گردید (شکل ۱). در
 ارتباط با هر دو صفت طول و عرض برگ، اختلاف
 معنی‌داری از نظر آماری بین سطوح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰
 کیلوگرم سولفات آمونیوم وجود نداشت.

روشناور صاف گردید و به عنوان عصاره جهت انجام
 آزمایش‌های بعدی در دمای ۲۰- درجه سلسیوس
 نگهداری شدند. میزان فلاون و فلاونول به روش Popova
 و همکاران (2004) با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد و نتایج
 به صورت میلی گرم اکسی‌والانت کوثرستین در گرم وزن
 خشک بیان شد. در ادامه برای رسم منحنی استاندارد، از
 غلظت‌های مختلف کوثرستین استفاده شد. اندازه‌گیری
 میزان فلاونوئید کل با استفاده از معرف کلرید آلومینیوم
 انجام شد. تبدیل داده‌های حاصل از جذب به غلظت‌های
 مختلف کوثرستین با رسم منحنی استاندارد کوثرستین
 (غلظت‌های ۰ تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر) انجام شد و نتایج
 بر اساس میلی گرم کوثرستین در گرم وزن خشک بیان شد
 (Menichini et al., 2008). ترکیبات فنلی کل با استفاده از
 معرف فولین سیوکالتو^۱ در طول موج ۷۶۵ نانومتر
 اندازه‌گیری شد. غلظت‌های مختلف گالیک اسید به عنوان
 استاندارد مورد استفاده قرار گرفت و داده‌ها به صورت
 میلی گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک بیان شد
 (Wojdylo et al., 2007). اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی
 عصاره‌ها بر اساس آزمون DPPH^۲ با اعمال تغییرات
 جزئی بر اساس روش Oke و همکاران (2009) انجام شد.
 فعالیت آنتی اکسیدانی به وسیله روش اسپکتروفتومتری بر
 پایه کاهش رادیکال‌های آزاد انجام شد. در این روش میزان
 ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تیمارهای مختلف به ۵ میلی لیتر
 محلول DPPH (با غلظت ۰/۰۰۴ درصد) اضافه شد. در
 محلول شاهد (بلانک) به جای عصاره، ۱۰۰ میکرولیتر
 متانول اضافه شد. محلول‌ها به مدت ۱۰ ثانیه به شدت تکان
 داده شدند و سپس به مدت ۳۰ دقیقه جهت واکنش در
 دمای اتاق و در محیط تاریک نگهداری شدند و سپس در
 طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت
 شدند. اعداد جذب پایین‌تر نشان دهنده فعالیت
 آنتی اکسیدانی بیشتر بود. درصد فعالیت آنتی اکسیدانی

1. Folin Ciocalteu Sigma-Aldrich
 2. 2,2-diphenylpicrylhydrazyl, Sigma, Aldrich

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر کود سولفات آمونیوم و گونه بر ویژگی‌های ظاهری و شاخص‌های عملکرد گیاه کاسنی
 Table 2. Analysis of variance of the effect of Ammonium sulfate fertilizer and species on morphological properties and yield index of Chicory

Source of variation	df	Mean square			
		Leaf number	Leaf length	Leaf width	Plant fresh weight
Fertilizer (Ammonium sulfate)	4	6673.09**	52.67**	1.33*	11489.30**
Species	1	44.21ns	13.09ns	0.39ns	2118.50**
Fertilizer* Species	4	621.32**	6.93ns	0.36ns	1963.00**
Error	18	21.63	4.52	0.31	113.31
CV	-	34.19	15.12	17.44	57.14
Source of variation					
	Yield of dry matter	Root length	Root diameter	Root fresh weight	Root dry weight
Fertilizer (Ammonium sulfate)	48.20**	8.68**	0.19**	40.35**	2.44**
Species	106.33**	3.22ns	0.001ns	2.38ns	0.01ns
Fertilizer* Species	23.60**	9.84**	0.04*	18.30**	1.44*
Error	0.95	1.14	0.01	1.27	0.34
CV	54.04	12.48	21.31	39.73	46.03

* و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار
 * and ** Significant difference at 5 and 1 percent probability level, respectively, ns: Non significant

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم بر تعداد برگ، وزن تر بوته و عملکرد ماده خشک دو گونه کاسنی
 Table 3. The effects of different ammonium sulfate on leaf number, plant fresh weight and yield of dry matter of two chicory species

	Leaf number (n)		Plant fresh weight (g/plant)		Yield of dry matter (g/plant)	
	Chicory species		Chicory species		Chicory species	
Ammonium sulfate levels (kg/h)	<i>Ch. pumilum</i>	<i>Ch. intybus</i>	<i>Ch. pumilum</i>	<i>Ch. intybus</i>	<i>Ch. pumilum</i>	<i>Ch. intybus</i>
Control	19.11 ^e	39.70 ^d	25.91 ^d	22.15 ^d	3.63 ^d	3.29 ^d
50	49.95 ^{bcd}	38.51 ^d	49.75 ^d	31.54 ^d	7.22 ^c	4.26 ^d
100	54.95 ^{bc}	83.26 ^a	81.52 ^c	116.66 ^b	8.47 ^c	10.09 ^c
150	75.17 ^a	60.29 ^b	157.10 ^a	95.39 ^{bc}	18.13 ^a	8.31 ^c
200	55.11 ^{bc}	44.66 ^{cd}	119.82 ^b	84.33 ^c	12.96 ^b	7.63 ^c

* وجود حرف مشترک در هر ردیف و ستون در رابطه با هر صفت نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی می‌باشد.
 *: Means followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level according to Tukey test

وزن تر و عملکرد ماده خشک بوته

گردید. در هر دو گونه، افزایش میزان کود سولفات آمونیوم تا ۲۰۰ کیلوگرم باعث کاهش عملکرد گردید (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد ماده خشک بوته (۱۸/۱۳ گرم در بوته) در گونه پاکوتاه مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم و در گونه پابلند نیز بیشترین میزان (۱۰/۰۹ گرم) مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم بود و کمترین میزان نیز در هر دو گونه مربوط به تیمار شاهد بود. البته لازم به ذکر است که میانگین وزن

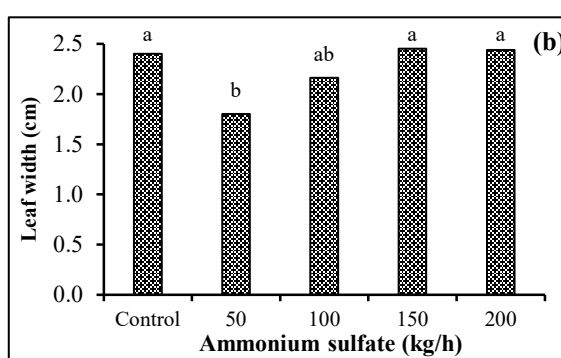
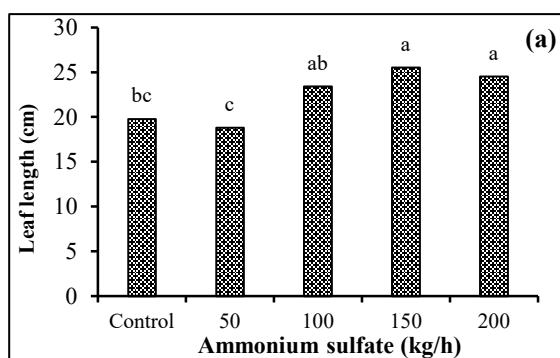
تأثیر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم، گونه و اثر متقابل تیمارها بر دو صفت بالا معنی‌دار شد (جدول ۲). در رابطه با وزن تر بوته، بیشترین میزان (۱۵۷/۱۰ گرم در بوته) در گونه پاکوتاه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم و کمترین میزان در تیمار شاهد (۲۵/۹۱ گرم) اندازه‌گیری شد در حالی که در گونه پابلند، بیشترین و کمترین میزان (۱۱۶/۶۶ و ۲۲/۱۵ گرم) به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم و شاهد مشاهده

خشک گونه پاکوتاه بیشتر از گونه پابلند بود (جدول ۳).

طول، قطر و وزن تر و خشک ریشه‌ها

برخی از گونه‌های کاسنی دارای ریشه‌های غده‌ای می‌باشند که به دلیل داشتن ترکیبات فنلی از جمله اینولین دارای کاربردهای غذایی و دارویی می‌باشد. در پژوهش حاضر، تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم و اثر متقابل سولفات آمونیوم و گونه بر صفات مربوط به ریشه معنی‌دار شد در حالی که اثر ساده گونه تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بالاترین میزان طول و قطر ریشه در گونه پاکوتاه (به ترتیب ۱۸/۵۶ و ۱/۱۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم و کمترین میزان در تیمار شاهد (به ترتیب ۱۳/۹۵ و ۰/۶۲ سانتی‌متر) مشاهده شد؛ درحالی که در گونه پابلند کاسنی، بیشترین میزان طول ریشه (۱۶/۷۲ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم مشاهده شد. گرچه اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارها ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم نداشت. در این گونه، بیشترین میزان قطر ریشه (۱/۰۷ سانتی‌متر) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم اندازه‌گیری شد که با تیمارهای ۱۰۰ و

۲۰۰ کیلوگرم در یک گروه آماری قرار داشتند و کمترین مقادیر نیز مربوط به تیمارهای ۵۰ کیلوگرم سولفات - آمونیوم و شاهد بود (جدول ۴). اثرات متقابل تیمارها بر وزن تر و خشک ریشه‌ها معنی‌دار گردید؛ به‌طوری که در گونه پاکوتاه بالاترین مقدار در رابطه با هر دو صفت (به ترتیب ۱۱/۷۳ و ۳/۰۰ گرم در بوته) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم اندازه‌گیری شد و کمترین میزان نیز مربوط به تیمار شاهد بود. در این گونه افزایش میزان سولفات آمونیوم باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه‌ها گردید. در گونه پابلند کاسنی، بیشترین میزان وزن تر (۱۰/۷۳ گرم) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود. ولی از نظر وزن خشک ریشه، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت و همگی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۴). به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که گونه پاکوتاه کاسنی در ارتباط با افزایش کود سولفات آمونیوم در مقایسه با گونه پابلند واکنش مثبت‌تری نشان می‌دهد که احتمالا می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و نیازهای غذایی آن‌ها باشد.



شکل ۱. تاثیر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم (اثرات ساده) بر طول برگ (a) و عرض برگ (b) گیاه کاسنی
Figure 1. The effect of different amount of ammonium sulfate on leaf length (a) and leaf width (b) in chicory

جدول ۴. اثر متقابل سولفات آمونیوم و گونه بر ویژگی‌های ریشه گیاه کاسنی

Table 4. Interaction effect of ammonium sulfate and species on chicory root properties

	Root length (cm)		Root diameter (cm)		Root fresh weight (g)		Root dry weight (g)	
	Chicory species		Chicory species		Chicory species		Chicory species	
Ammonium sulfate Concentration (kg/h)	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>
Control	13.95 ^c	14.05 ^c	0.62 ^d	0.71 ^{cd}	2.83 ^e	3.92 ^{de}	0.63 ^c	1.04 ^{bc}
50	15.41 ^{bc}	15.80 ^{abc}	0.85 ^{a-d}	0.68 ^d	6.07 ^{cde}	6.40 ^{bc}	1.90 ^{abc}	1.48 ^{abc}
100	14.05 ^c	16.72 ^{abc}	0.83 ^{bcd}	1.03 ^{ab}	5.88 ^{cde}	10.73 ^a	1.47 ^{abc}	2.67 ^{ab}
150	18.41 ^{ab}	15.62 ^{abc}	1.08 ^{ab}	1.07 ^{ab}	9.79 ^a	9.39 ^{ab}	2.50 ^{ab}	1.74 ^{abc}
200	18.56 ^a	14.91 ^c	1.11 ^a	0.96 ^{abc}	11.73 ^a	8.68 ^{abc}	3.00 ^a	2.40 ^{ab}

* وجود حرف مشترک در هر ردیف و ستون در رابطه با هر صفت نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

*: Means followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level according to Tukey test

رشد سریعی داشته و زیست توده قابل توجهی تولید نماید. به دلیل نقش اساسی نیتروژن در سنتز کلروفیل و پروتئین‌ها، افزایش آن در شرایط مطلوب تا حد معینی موجب افزایش پروتئین و در نتیجه شاخص‌های رشد گیاه می‌شود. در حالی که کاهش یا کمبود نیتروژن موجب کاهش مقدار کلروفیل‌ها و فعالیت آنزیم روبیسکو شده و رشد و نمو و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Zare et al., 2016; Singh et al., 2013). از آنجا که سولفات آمونیوم علاوه بر نیتروژن حاوی گوگرد نیز می‌باشد، انتظار می‌رود پاسخ گیاهان نسبت به سطوح مختلف این کود ناشی از اثرات هر دو عنصر باشد. گزارش‌هایی در رابطه با افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد در پی کاربرد گوگرد در گیاهان مختلف از جمله بادرنجبویه (Yadegari and Barzegar, 2010)، کتان روغنی (Shabani et al., 2016)، گندم (Mousavi et al., 2019) و کلزا (Safari Zargani et al., 2021) نیز منتشر شده است. محققین بیان کرده‌اند که کاربرد گوگرد از طریق تاثیر بر آنزیم روبیسکو، موجب افزایش تولیدات فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول می‌شود (Mousavi et al., 2019). همچنین بیان شده است که کاهش موضعی pH خاک حاصل از مصرف گوگرد، شرایط را برای افزایش رشد رویشی و زیست توده با تاثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش جذب سایر عناصر غذایی فراهم می‌کند (Mousavi et al., 2019).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، کاربرد سولفات آمونیوم در هر دو گونه کاسنی پاکوتاه و پابلند موجب افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد شد، اما پاسخ آن‌ها به سطوح مختلف سولفات آمونیوم متفاوت بود؛ به‌طوری که گونه پاکوتاه در واکنش به افزایش سولفات آمونیوم پاسخ مثبت‌تری نسبت به گونه پابلند داشت. در گونه پاکوتاه کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم و در گونه پابلند کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سطح بهینه سولفات آمونیوم بود. گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان مختلف از جمله مرزه (Babalar et al., 2013; Zare et al., 2020)، ریحان (Sifola and Barbieri, 2006)، فراسیون (Kheiry et al., 2020)، خیار (Yaghoobi et al., 2018)، شنبلیله (Baghbani Arani et al., 2017)، مریم‌گلی (Hazrati et al., 2020) و اسفناج (Ramezanifar et al., 2021) نسبت به کاربرد کودهای نیتروژنی از جمله سولفات آمونیوم وجود دارد که منطبق با نتایج این تحقیق می‌باشد. در این زمینه اظهار شده است که با توجه به اینکه نیتروژن بطور مستقیم یا غیر مستقیم در بزرگ شدن و تقسیم سلول‌های جدید و تولید بافت‌هایی که به نوبه خود مسئول افزایش ویژگی‌های رشد می‌شوند، دخالت دارد؛ سبب افزایش رشد رویشی و شاخه‌دهی در گیاهان می‌شود. همچنین زمانی که مقدار کافی نیتروژن در خاک موجود باشد، میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد و موجب می‌شود گیاه

میزان کلروفیل (کلروفیل a، b، کل و میزان کاروتنوئید)

نتایج نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار تیمارها بر برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد. اثر ساده گونه در هیچ کدام از صفات تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت. در حالی که اثر ساده تیمار (سطوح سولفات آمونیوم) و اثرات متقابل سولفات آمونیوم و گونه در رابطه با میزان کلروفیل a، b و کل معنی‌دار بود و در رابطه با میزان کاروتنوئید کل نیز تنها اثر ساده سولفات آمونیوم معنی‌دار گردید (جدول ۵). در رابطه با میزان کلروفیل a، b و کل همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در گونه پاکوتاه کاسنی، بالاترین میزان (به ترتیب ۱۶/۲۸، ۱۴/۰۸ و ۳۰/۳۶ میلی‌گرم در گرم نمونه خشک) مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم بود. در گونه پابلند کاسنی، نیز بالاترین میزان کلروفیل a، b و کل (به ترتیب ۱۶/۵۶، ۱۴/۲۴ و ۳۰/۸۰ میلی‌گرم در گرم نمونه خشک) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم اندازه‌گیری شد در حالی که کمترین میزان مربوط به تیمارهای شاهد، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم بود (جدول ۶). همان‌طور که پیشتر اشاره شد، میزان کاروتنوئید فقط تحت تاثیر تیمارهای سولفات آمونیوم قرار گرفت که در این رابطه کمترین میزان (۱/۰۱ میلی‌گرم در گرم نمونه خشک) مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم بود و سایر تیمارها در یک گروه قرار داشتند (شکل ۲-الف). به طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم بیشترین میزان کلروفیل حاصل شد در حالی که در این تیمار، کاهش میزان رابطه معکوس مشاهده شده بین میزان کلروفیل و کاروتنوئید در این تحقیق، در پژوهش انجام شده بر آویشن باغی تحت کمبود نیتروژن نیز توسط محققین گزارش شده است (Asle Mohammadi et al., 2021). با توجه به این‌که جرانیل جرانیل پیروفسفات (GGPP) به عنوان یک ترکیب حد واسط برای بیوسنتز زنجیره فیتول کلروفیل و کاروتنوئید شناخته شده‌است، می‌تواند رابطه معکوس بین کلروفیل و کاروتنوئید را بهتر

نشان بدهد؛ به‌طوری که گزارش شده است که در طی رشد گیاه زمانی که ترکیب GGPP به سمت تولید کلروفیل می‌رود طبیعتاً سنتز کاروتنوئید کمتر می‌شود و بالعکس (Trudel and Ozgun, 1970). همچنین گزارش شده است که مقدار کلروفیل a و b در گیاهان کاهو و اسفناج تغذیه شده با آمونیوم بسیار بیشتر از گیاهان تغذیه شده با نترات می‌باشد (Rousta, 2010). استفاده از گوگرد در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa L.*) باعث افزایش کلروفیل a شد، اما اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل b نداشت (Heidari and Rezapour, 2011). تعداد زیادی از ترکیبات رنگدانه‌ای در گیاهان دارای ساختار نیتروژنی می‌باشند و از آنجایی که گوگرد و منابع گوگردی می‌تواند کارایی مصرف نیتروژن را در گیاهان افزایش دهد، از این رو می‌توان گفت استفاده از گوگرد میزان سنتز کلروفیل را در گیاهان بهبود می‌بخشد.

ویژگی‌های بیوشیمیایی

بر اساس جدول آنالیز واریانس داده‌های بیوشیمیایی، واکنش گونه‌ها و اثرات متقابل گونه و کود سولفات آمونیوم در ارتباط با کلیه صفات به‌جز فلاون‌ها و فلاونول‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اواسط دوره رشد معنی‌دار گردید. در حالی که تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم بر کلیه صفات بیوشیمیایی به‌جز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اواسط دوره رشد معنی‌دار گردید (جدول ۵).

فلاون‌ها و فلاونول‌ها

در برداشت اول (اواسط دوره رشد)، تنها تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم معنی‌دار گردید (جدول ۵). به‌طوری که بیشترین میزان (۲/۴۲ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم نمونه خشک) مربوط به تیمار شاهد بود که با سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت و کمترین میزان، مربوط به تیمارهای ۲۰۰ و ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم بود (شکل ۲-ب). در حالی که اثر متقابل سولفات آمونیوم و گونه بر میزان فلاون‌ها و فلاونول‌ها در برداشت دوم معنی‌دار

گردید (جدول ۵)؛ به طوری که بیشترین میزان (۲/۹۳ میلی گرم) مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در گونه پاکوتاه (*C. pumilum*) و کمترین میزان (۱/۳۹ میلی گرم) مربوط به سطح ۱۵۰ کیلوگرم در گونه پابلند (*C. intybus*) بود. در گونه پاکوتاه به جز تیمار ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم که در بیشترین میزان قرار داشت، بین سایر سطوح اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین در گونه پابلند تیمارهای مختلف در یک گروه قرار داشتند (شکل ۳).

جدول ۵. تجزیه واریانس تأثیر سولفات آمونیوم و گونه بر میزان کلروفیل و برخی ویژگی های بیوشیمیایی برگ گیاه کاسنی (*Cichorium sp.*)

Table 5. Analysis of variance of the effect of Ammonium sulfate fertilizer and species on chlorophyll content and some biochemical properties of Chicory leaf (*Cichorium sp.*)

Mean square							
Source of variation	df	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Carotenoid content	Flavone and flavonol (first harvest)	Flavone and flavonol (second harvest)
Fertilizer (Ammonium sulfate)	4	1.41ns	0.01ns	1.23ns	0.04ns	0.17ns	2.89**
Species	1	24.86**	37.62**	122.89**	0.35*	0.23*	0.29**
Fertilizer* Species	4	3.10**	3.98*	13.95*	0.12ns	0.15ns	.32**
Error	18	0.61	1.23	3.23	0.09	0.05	0.05
CV	-	15.20	24.77	19.10	24.60	14.33	24.33
Source of variation	df	Total flavonoid (first harvest)	Total flavonoid (second harvest)	Phenol content (first harvest)	Phenol content (second harvest)	Antioxidant activity (first harvest)	Antioxidant activity (second harvest)
Fertilizer (Ammonium sulfate)	4	132.47**	9.66**	145.28**	21.90**	1.44ns	2052.50**
Species	1	14.44**	5.01**	18.03**	14.65**	6.09ns	236.40**
Fertilizer* Species	4	12.43**	7.15**	25.90**	15.91**	1.18ns	105.65**
Error	18	1.56	0.51	0.87	1.00	3.34	11.36
CV	-	34.99	31.40	33.95	37.26	1.91	13.85

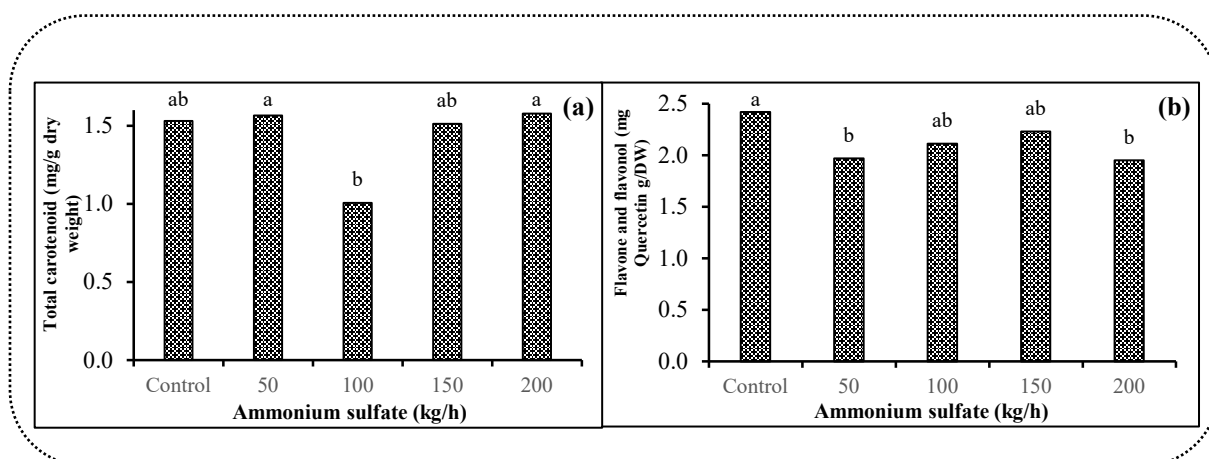
ns: عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، * و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: Non significant , * and ** Significant difference at 5 and 1 percent probability level, respectively , Df: Degree of freedom

جدول ۶. تغییر در محتوی کلروفیل برگ دو گونه کاسنی (*Cichorium sp.*) تحت تأثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم

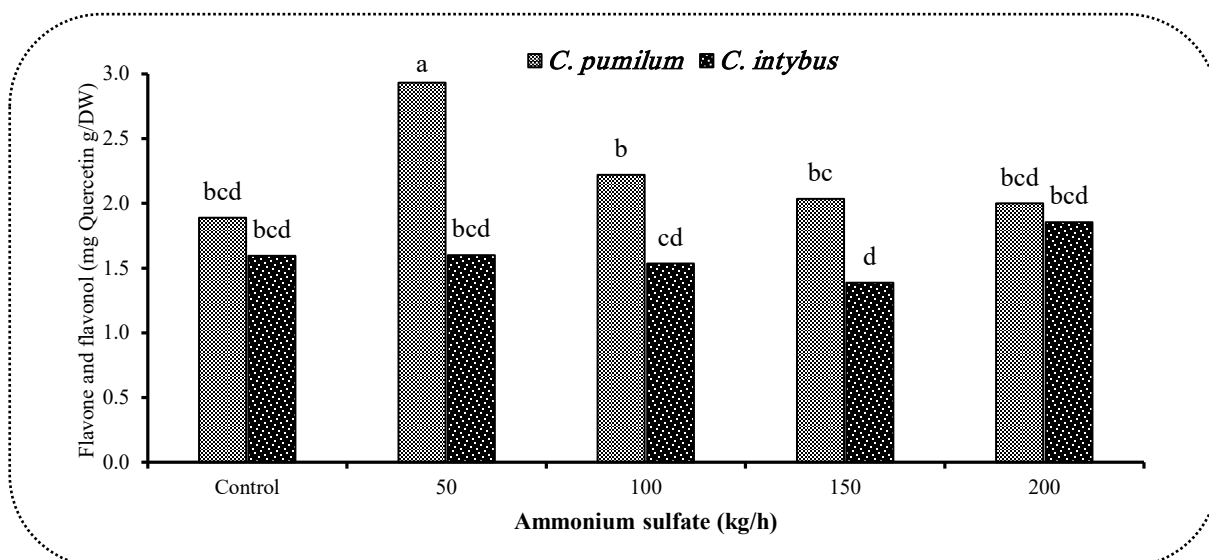
Table 6. Change in chlorophyll content of chicory leaf (*Cichorium sp.*) influenced by ammonium sulfate

Ammonium sulfate Concentration (kg/h)	Chlorophyll a (mg/g dry weight)		Chlorophyll b (mg/g dry weight)		Total Chlorophyll (mg/g dry weight)	
	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>	<i>C. pumilum</i>	<i>C. intybus</i>
Control	13.53 ^b	13.20 ^b	10.32 ^{bc}	9.44 ^c	23.86 ^b	22.65 ^b
50	12.38 ^b	11.79 ^b	8.76 ^c	7.78 ^c	21.14 ^b	19.56 ^b
100	16.28 ^a	16.56 ^a	14.08 ^a	14.24 ^a	30.36 ^a	30.80 ^a
150	11.52 ^b	11.40 ^b	8.76 ^c	7.59 ^c	20.28 ^b	18.99 ^b
200	13.43 ^b	16.37 ^a	10.13 ^{bc}	12.86 ^{ab}	23.56 ^b	29.23 ^a

* وجود حرف مشترک در هر ردیف و ستون در رابطه با هر صفت نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون توکی می باشد.
*: Means followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level according to Tukey test



شکل ۲. تاثیر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم بر میزان کاروتنوئید (a) و فلاون و فلاونول (b) برگ گیاه کاسنی
Figure 2. The effect of different amount of ammonium sulfate on carotenoid content (a) and flavone and flavonol (b) in chicory leaf



شکل ۳. اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آمونیوم و گونه بر میزان فلاون و فلاونول برگ گیاه کاسنی در برداشت دوم
Figure 3. The Interaction effect of different amount of ammonium sulfate and plant species on flavone and flavonol content in chicory leaf at second harvest

فلاونوئید کل

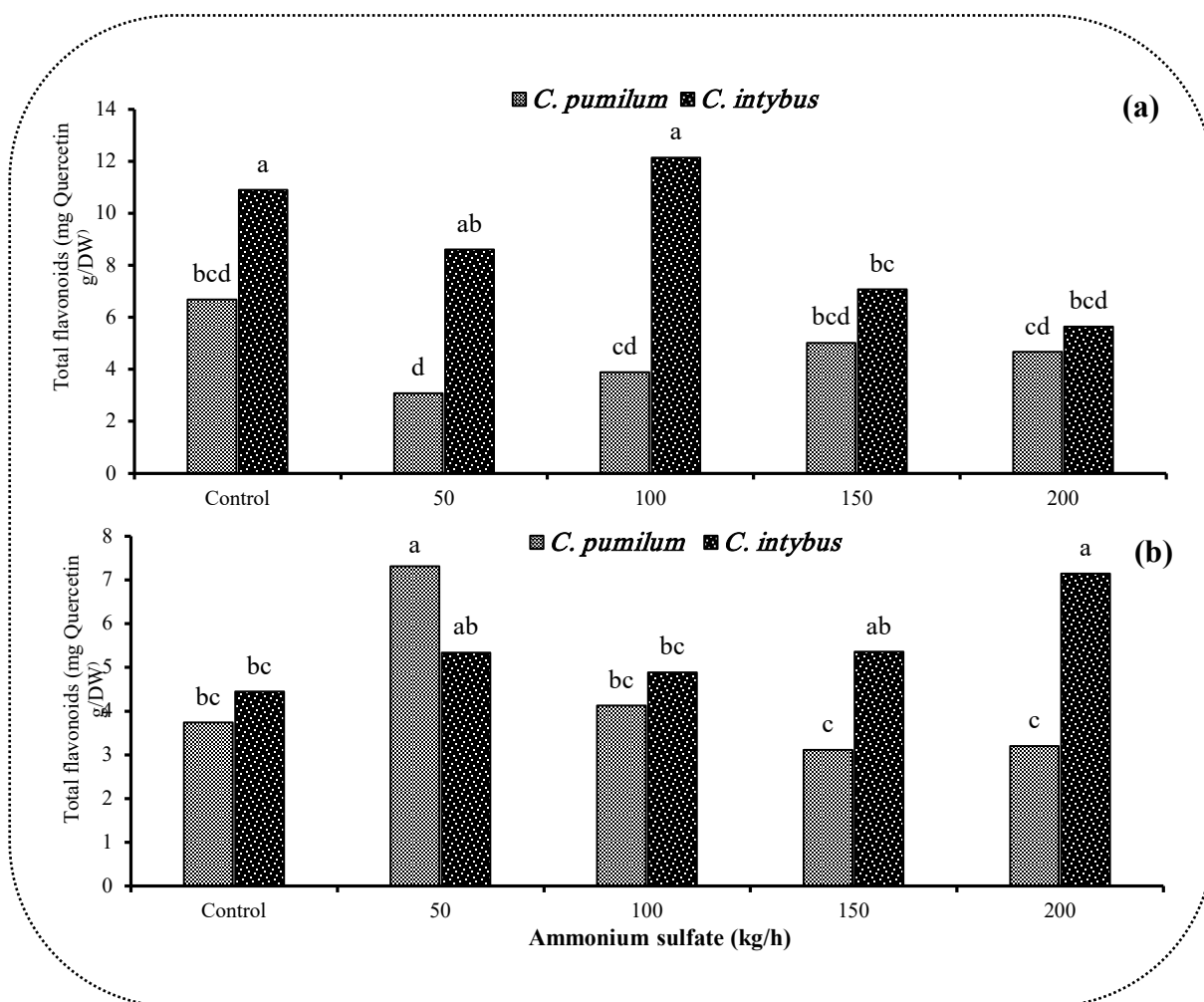
اثرات متقابل سولفات آمونیوم و گونه بر میزان فلاونوئید کل در برداشت‌های اول و دوم معنی‌دار گردید (جدول ۵). در برداشت اول، بیشترین میزان (۱۲/۱۴ میلی گرم کوئرستین بر گرم نمونه خشک) مربوط به کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در گونه پابلند و کمترین میزان (۳/۰۸ میلی گرم) مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در گونه پاکوتاه بود. در گونه پاکوتاه، بین شاهد و

سطوح مختلف سولفات آمونیوم اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت.

در گونه پابلند نیز، بین تیمارهای ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت (شکل ۴-الف). در برداشت دوم بیشترین میزان فلاونوئید کل (۷/۳۰ میلی گرم) مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در گونه پاکوتاه بود که با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در گونه پابلند در یک گروه قرار داشتند. در گونه پاکوتاه،

افزایش میزان سولفات آمونیوم، فلاونوئیدها افزایش یافتند و بیشترین میزان (۷/۱۴ میلی گرم) در کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم مشاهده شد (شکل ۴ ب).

تا سطح ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم میزان فلاونوئید کل افزایش یافت و با افزایش غلظت سولفات آمونیوم این ترکیبات کاهش یافتند؛ در حالی که در گونه پابلند با



شکل ۴. تغییرات میزان فلاونوئید کل موجود در برگ دو گونه کاسنی تحت تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم در دو زمان برداشت. (a): برداشت اول، (b): برداشت دوم

Figure 4. Changes in total flavonoids of chicory leaf affected by different amount of ammonium sulfate at two harvest time. (a): first harvest, (b): second harvest

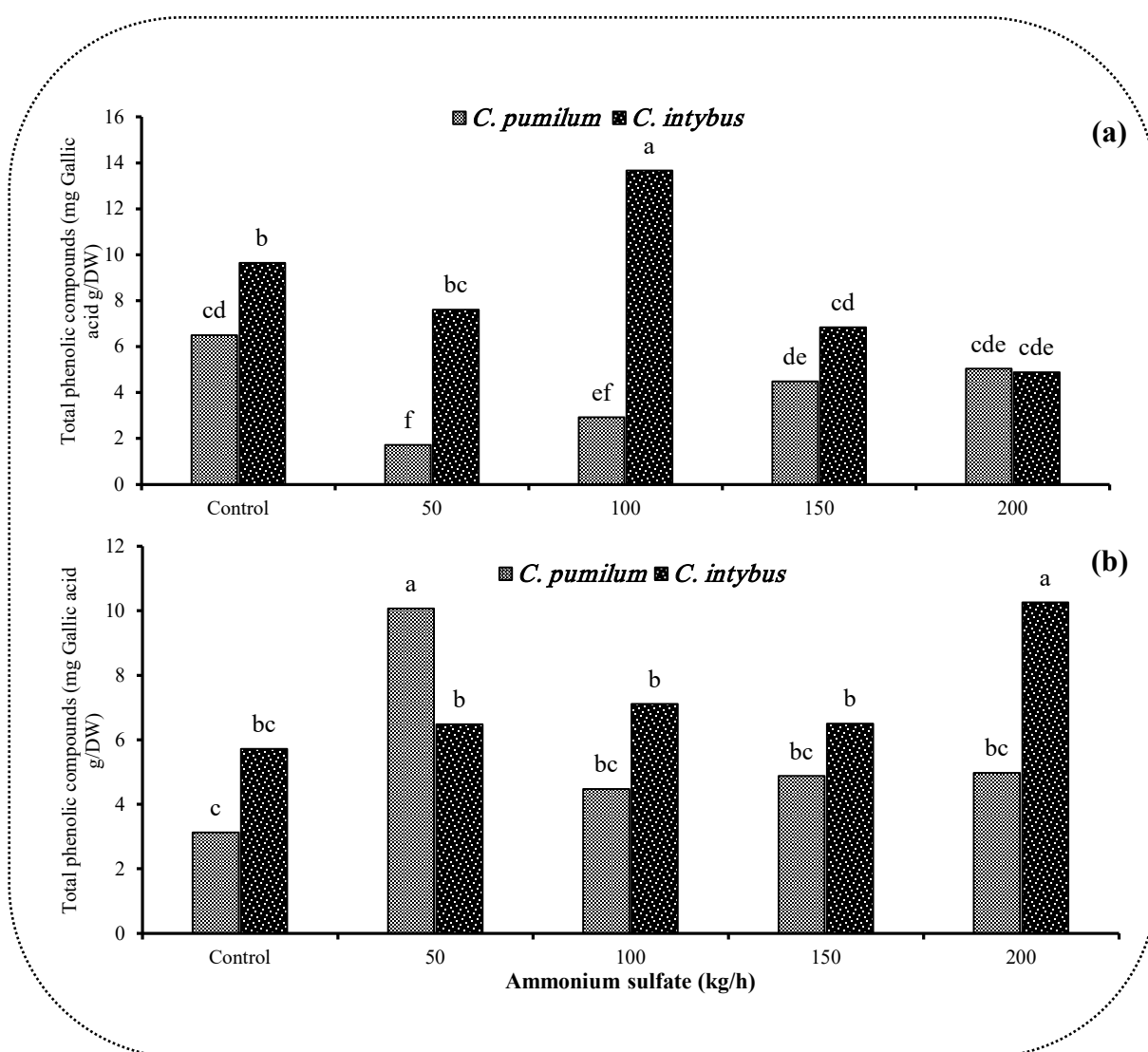
بر گرم نمونه خشک) مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در گونه پابلند بود در حالی که کمترین میزان (۱/۷۱ میلی گرم) مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم در گونه پاکوتاه اندازه گیری شد. در گونه پاکوتاه، مقدار ترکیبات فنلی در تیمار شاهد در مقایسه با سایر سطوح سولفات آمونیوم بالاتر بود و با افزایش غلظت سولفات-آمونیوم مقدار این ترکیبات افزایش یافت. به طوری که

ترکیبات فنلی کل

مقایسه میانگین مربوط به ترکیبات فنلی کل در برداشت اول و دوم نشان دهنده تاثیر معنی دار گونه، سولفات آمونیوم و اثر متقابل آن‌ها در این صفت بود (شکل ۴) که نتایج مربوط به اثرات متقابل آن‌ها در شکل ۵ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود در برداشت اول، بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۱۳/۶۷ میلی گرم گالیک اسید

کیلوگرم سولفات آمونیوم در کاسنی پابلند و ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در کاسنی پاکوتاه بود و کمترین میزان (۳/۱۲ میلی گرم) مربوط به تیمار شاهد در کاسنی پاکوتاه بود. در کاسنی پابلند، بیشترین میزان در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم مشاهده شد و تفاوت معنی داری بین سایر تیمارها وجود نداشت. در کاسنی پاکوتاه، بیشترین میزان در کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم اندازه گیری شد و سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۵-ب).

اختلاف معنی داری بین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم و شاهد وجود نداشت. در کاسنی پابلند، با افزایش غلظت کود تا سطوح ۱۰۰ کیلوگرم میزان ترکیبات فنلی به بالاترین مقدار (۱۳/۶۷ میلی گرم) رسید و با افزایش میزان سولفات آمونیوم، مقدار این ترکیبات کاهش یافت (شکل ۵-الف). نتایج مربوط به برداشت دوم با برداشت اول تفاوت محسوسی داشتند؛ به طوری که بیشترین میزان (۱۰/۲۶ و ۱۰/۰۶ میلی گرم) به ترتیب مربوط به تیمارهای ۲۰۰



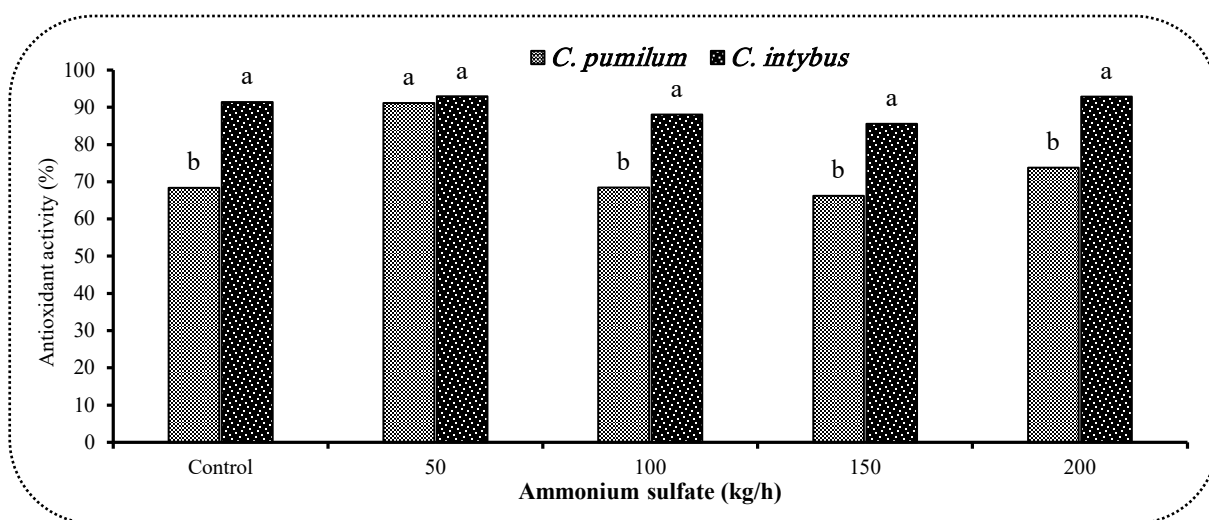
شکل ۵. برهمکنش گونه و سولفات آمونیوم بر میزان ترکیبات فنلی کل برگ گیاه کاسنی (*Cichorium sp.*) در دو زمان برداشت. (a): برداشت اول، (b): برداشت دوم

Figure 5. The interaction effect of plant species and ammonium sulfate on total phenolic compounds in chicory leaf (*Cichorium sp.*) at two harvest time. (a): first harvest, (b): second harvest

فعالیت آنتی اکسیدانی

نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت و همگی در یک گروه قرار داشتند. در حالی که در کاسنی پاکوتاه، بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی (۹۱/۱۰ درصد) مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم بود و سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۶).

تاثیر تیمارها بر فعالیت آنتی اکسیدانی در برداشت اول معنی دار نشد در حالی که در برداشت دوم اثرات ساده و متقابل تیمارها بر این صفت معنی دار گردید (جدول ۵). در برداشت دوم، در کاسنی پابلند بین تیمارهای مختلف از



شکل ۶. تغییرات میزان فعالیت آنتی اکسیدانی برگ دو گونه کاسنی تحت تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم در برداشت دوم
Figure 6. Changes in antioxidant activity of chicory leaf influenced by different amount of ammonium sulfate at second harvest

متفاوت بود. کاربرد سولفات آمونیوم بر میزان فلاونوها و فلاونولها و فعالیت آنتی اکسیدانی در گونه پابلند تاثیر چندانی نداشت در حالی که بر میزان ترکیبات فنلی کل و فلاونوئیدها موثر بود. در اواسط دوره رشد بیشترین میزان این ترکیبات در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم مشاهده شد در حالی که در اواخر دوره رشد در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم اندازه گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که گونه پاکوتاه نسبت به کاربرد مقادیر بالاتر سولفات آمونیوم از نظر تغییرات مواد موثره حساس است و موجب کاهش مواد موثره آن شد در حالی که در گونه پابلند برعکس بود. البته از نظر شاخص های رشد و عملکرد خلاف این نتایج مشاهده گردید. در سایر مطالعات نیز پاسخ متفاوت گیاهان دارویی مختلف نسبت به تیمارهای تغذیه ای متفاوت بوده است. یافته های قبلی نشان داد که در برخی از گیاهان از جمله ریحان (Nguyen et al., 2010)، گل راعی (Radusiene et al., 2019) و

ترکیبات فنلی از نظر شیمیایی گروه بزرگ و متنوعی هستند که از اسیدهای فنلی ساده تا پلیمرهای بسیار بزرگ و پیچیده مانند تانن ها و لیگنین ها را شامل می شوند. همچنین فلاونوئیدها، فلاونوها و فلاونولها و غیره زیر مجموعه ای از ترکیبات فنلی می باشند (Ghani et al., 2021). با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، تاثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم بر ترکیبات فیتوشیمیایی کاسنی در اواخر دوره رشد نسبت به اواسط دوره رشد بیشتر بود. در گونه پاکوتاه، سطوح مختلف سولفات آمونیوم بر هیچ کدام از صفات بیوشیمیایی اندازه گیری شده در اواسط دوره رشد اثری نداشت در حالی که در اواخر دوره رشد تاثیر معنی داری داشت و بیشترین میزان فلاونوها و فلاونولها، فلاونوئیدها، ترکیبات فنلی کل و فعالیت آنتی اکسیدانی در تیمار ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم مشاهده شد و با افزایش مقادیر سولفات آمونیوم، همه صفات بیوشیمیایی کاهش یافتند. در گونه پابلند پاسخ ها

استویا (Barroso et al., 2018) در دسترس بودن بالای مواد غذایی منجر به افزایش رشد و توسعه گیاه و کاهش در تخصیص منابع تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود در حالی که در برخی از گیاهان دیگر مانند فراسیون (Kheiry et al., 2020)، کاسنی (Gholami et al., 2018)، آرتمیزیای یکساله (Jha et al., 2011)، نعناع (Ram et al., 2006) و ریحان (Sifola and Barbieri, 2006) با افزایش میزان کود، افزایش مواد موثره مشاهده شده است.

توجیه بدون ابهام دلایل چنین تفاوت‌های کمی ترکیبات زیست فعال در معرض نیتروژن دشوار است، اما ظاهراً آن‌ها به مسیرهای بیوستنز متابولیت‌های ثانویه در پاسخ به تفاوت در محیط‌های رشد مربوط می‌شوند. در این راستا، چندین فرضیه برای توضیح اثر نیتروژن بر مبادله بین رشد گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه مبتنی بر کربن ایجاد شده است، که به معنای تغییر در تقسیم اسکلت‌های کربنی بین متابولیسم اولیه و ثانویه است. فرضیه‌های تعادل کربن/ مواد غذایی (Matsuki, 1996) و تعادل تمایز-رشد (Mattson et al., 2005) پیش‌بینی می‌کنند که وقتی زیست توده گیاهی در پاسخ به در دسترس بودن نیتروژن افزایش می‌یابد، غلظت متابولیت‌های ثانویه به دلیل افزایش تقاضای کربن برای متابولیت‌های اولیه کاهش می‌یابد؛ به‌طوری که تخصیص کربن برای تولید متابولیت‌های ثانویه کاهش می‌یابد. علاوه بر این، محدودیت مواد غذایی، رشد گیاه را بیشتر از کاهش فتوسنتز محدود می‌کند و اسکلت‌های کربنی اضافی به تولید متابولیت‌های ثانویه هدایت می‌شوند. از سوی دیگر، طبق نظر Herms and Mattson (1992)، در اثر مبادله‌ای که بین رشد و دفاع رخ می‌دهد، متابولیسم اولیه محدود می‌شود و این نیز به نوبه خود متابولیسم ثانویه را به عنوان پاسخی به استرس القا می‌کند. Lattanzio و همکاران (2009) گزارش کردند که در شرایط کمبود مواد غذایی، ترکیبات فنلی مرزنجوش افزایش یافت و در همان زمان، افزایش تجمع در پرولین آزاد به عنوان یک پاسخ سلولی معمولی به گونه‌های اکسیژنی واکنش‌گر

(ROS) و به دنبال آن افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی مشاهده شد. بر اساس نتایج پژوهش Polesskaya و همکاران (2006) کمبود نیتروژن عاملی است که به دلیل افزایش واکنش مهار و عدم تعادل انرژی مرتبط با کاهش جذب نیتروژن، بر استرس اکسیداتیو دلالت دارد. به طور کلی، وجود غلظت‌های بالای آمونیوم با افزایش رادیکال‌های اکسیژن و در نتیجه تشکیل شدید ROS همراه است و به دنبال آن متابولیت‌های ثانویه دفاعی ناشی از استرس افزایش می‌یابد (Rios-Gonzalez et al., 2002). با این حال، یافته‌های Jakovljevic و همکاران (2017) در ارتباط با تغییرات فیزیولوژیکی تجمع متابولیت‌های ثانویه در گیاه ریحان وارسته minimum تحت تنش مواد غذایی، تنها یک رابطه ضعیف بین فعالیت فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) (آنزیمی که مسیر بیوستنزی مشتقات فنلی را القا می‌کند) و محتویات ترکیبات فنلی را نشان داد. در این رابطه، یون آمونیوم نشان‌دهنده یک سیگنال استرس است که آنزیم‌های مسئول سازگاری با استرس را فعال می‌کند، اگرچه بر سیستم دفاعی غیر آنزیمی، که شامل فنل‌ها و ظرفیت‌های آنتی اکسیدانی آن‌ها است، تأثیری نمی‌گذارد. علاوه بر این، آمونیوم باعث افزایش قابل توجهی در تجمع کاروتنوئیدها شد که می‌تواند نشان‌دهنده محافظت در برابر تشکیل شدید ROS در گیاهان باشد (Polesskaya et al., 2006). در بیشتر گیاهان کشت شده، رشد و میزان ترکیبات فعال زیستی تحت تأثیر ترکیبی از ژنتیک و فاکتورهای محیطی (آب و هوا، خاک، مواد غذایی و آب) قرار می‌گیرند که بعضی از آن‌ها می‌توانند توسط عملیات کشاورزی دستکاری شوند (Mohtashami et al., 2021). در این تحقیق پاسخ دو گونه کاسنی به افزایش مقدار سولفات آمونیوم یکسان نبود. در گونه پاکوتاه، با افزایش مقدار سولفات آمونیوم، کاهش در میزان ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، فلاون‌ها و فلاونول‌ها و فعالیت آنتی اکسیدانی مشاهده شد. در حالی که در گونه پابلند عکس آن بود. این نتایج نشان می‌دهد که رفتار

کشت تولید زیست توده بیشتر برای عرق گیری یا استفاده تازه خوری می باشد در کاسنی پاکوتاه میزان ۱۵۰ کیلوگرم و در کاسنی پابلند میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم توصیه می شود. همچنین برای تحقیقات آینده پیشنهاد می شود تاثیر سولفات آمونیوم بر رشد و مواد موثره این ارقام در کشت پاییزه نیز مورد بررسی قرار گیرد و مواد موثره موجود در ریشه های غده ای این دو گونه در واکنش به سولفات آمونیوم و فصل کشت مورد پژوهش قرار گیرد. **سپاسگزاری:** نویسندگان بر خود لازم می دانند از معاونت محترم آموزشی و پژوهشی دانشگاه جهرم جهت تامین برخی از هزینه های این پژوهش تشکر به عمل آورند.

منابع

- Al-Snafi, A. E. 2016. Medical importance of *Cichorium intybus* – A review. Journal of Pharmacy, 6(3), 41–56.
- Asle Mohammadi, Z., Mohammadkhani, N., Servati, M. 2021. Effect of iron and zinc foliar application on some biochemical traits of *Thymus* (*Thymus vulgaris* L.) plant under nitrogen deficiency. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34(3): 658-668.
- Babalar, M., Mohtashami, S., Tabrizi, L., Rowshan, V. 2015. The effect of different levels of Ammonium Sulfate on photosynthesis pigments, essential oil content, yield and component of improved summer Savory (*Satureja hortensis* L. cv. Saturn). Iranian Journal of Horticultural Science, 47(3): 481-490.
- Babalar, M., Mohtashami, S., Tabrizi, L., Rowshan, V. Mohammadi, H. 2020. The effect of ammonium sulfate on growth indices, morphological and phytochemical characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L. cv. Saturn). Iranian Journal of Horticultural Science, 51(2): 273-286.
- Babalar, M., Pirmoradian, M. 2006. Tree Fruit Nutrition. University of Tehran press. Iran. 311p.
- Baghbani-Arani, A., Modares- Sanavi, S.A.M., Mashhadi Akbar Boojar, M., Adavi, Z. and Deghanzade-Jezi, H. 2019. The effect of water deficit stress on chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, trigoneline and grain yield in fenugreek in response to zeolite and nitrogen. Nova Biologica Reperta, 6(2): 229-240.

فیزیولوژیکی کاسنی پاکوتاه همانند گیاهان استویا و گل راعی در توافق با فرضیه های تعادل کربن/مواد غذایی و تعادل تمایز-رشد می باشد اما در مورد کاسنی پابلند همانند گیاهان فراسیون، نعنای و آرتیمیای یکساله صدق نمی کند. احتمالاً پاسخ متفاوت کاسنی پابلند و پاکوتاه به افزودن سولفات آمونیوم، به تفاوت های ژنتیکی و نیازهای غذایی بین این دو گونه مرتبط باشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این پژوهش، در گونه پاکوتاه کاسنی، بهترین نتیجه در رابطه با بیشتر صفات مورفولوژیک و شاخص های عملکرد در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم به دست آمد در حالی که در گونه پابلند تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم تاثیر بیشتری داشت که نشان می دهد کاسنی پاکوتاه خاصیت کودپذیری بیشتری نسبت به کاسنی پابلند دارد. در رابطه با محتوی کلروفیل، در هر دو گونه با افزایش مصرف سولفات آمونیوم، میزان کلروفیل افزایش یافت و بیشترین میزان در سطح ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم اندازه گیری شد. نتایج مربوط به واکنش های بیوشیمیایی گونه های کاسنی به مصرف کود سولفات آمونیوم و زمان برداشت (اواسط دوره رشد یا پایان دوره رشد) تا حدود زیادی متفاوت بود به طوری که در کاسنی پاکوتاه بیشترین میزان فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل و ترکیبات فنلی در تیمار ۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم برداشت دوم مشاهده شد در حالی که در رابطه با کاسنی پابلند بیشترین میزان فلاونوئید کل و ترکیبات فنلی در برداشت اول در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم و در برداشت دوم در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم اندازه گیری شد. تولیدکنندگان کاسنی در مناطق جنوبی کشور که دارای شرایط آب و هوایی و خاکی نزدیک به تحقیق حاضر می باشند، می توانند بسته به نوع کاربرد و هدف از کشت اقدام به استفاده از میزان مناسب کود سولفات آمونیوم داشته باشند. برای مثال اگر هدف از

- Jha, P., M. Ram, M.A. Khan, U. Kiran, Mahmooduzzafar and M.Z. Abdin. 2011. Impact of organic manure and chemical fertilizers on artemisinin content and yield in *Artemisia annua* L. Industrial Crops and Products, 33: 296-301.
- Kheiry, A., Zarandood, M., rezaie allolo, A., Barzegar, T., Aelaie, M. 2020. Effects of nitroxin and ammonium sulfate on some of the traits of *Marrubium vulgare* L. Journal of Plant Process and Function. 9(38): 415-426.
- Lattanzio, V., Cardinali, A., Ruta, C., Fortunato, I.M., Lattanzio, V.M., Linsalata, V., Cicco, N., 2009. Relationship of secondary metabolism to growth in oregano (*Origanum vulgare* L.) shoot cultures under nutritional stress. Environmental and Experimental Botany, 65 (1): 54-62.
- Matsuki, M., 1996. Regulation of plant phenolic synthesis: from biochemistry to ecology and evolution. Australian Journal of Botany, 44: 613-634.
- Mattson, W.J., Julkunen-Tiitto, R., Herms, D.A., 2005. CO₂ enrichment and carbon partitioning to phenolics: do plant responses accord better with the protein competition or the growth-differentiation balance models? Oikos, 111: 337-347.
- Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti, G., De Cindio, B., Houghton, P.J., Menichini, F. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. Food Chemistry, 114(2), 553-560.
- Mohtashami, S., Babalar, M., Tabrizi, L., Ghani, Rowshan, V., Shokrpour, M. 2021. Essential oil constituents and variations in antioxidant compounds of dried summer savory (*Satureja hortensis* cv. Saturn) affected by storage conditions and ammonium sulfate. Food Science & Nutrition, 9: 4986-4997.
- Mousavi, F., Marashi, S.K., Babaei Nejad, T. 2019. Effect of application of sulfur and thiobacillus on improvement of morpho-physiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khuzestan lands. Quarterly Journal of Plant Production, 9(2): 97-106.
- Nguyen, Ph., Kwee, E., Niemeyer, E. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chemistry, 123, 1235-1241.
- Oke, F., B., Aslim, S., Ozturk and S. Altundag. 2009. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. Food Chemistry, 112: 874-879.
- Bahmani, M., Shahinfard, N., Rafieian-Kopaei, M., Saki, K., Shahsavari, S., Taherikalani, M., Ghafourian, S., Baharvand-Ahmadi, B. 2015. Chicory: A review on ethnobotanical effects of *Cichorium intybus* L. Journal of Chemical and Pharmaceutical Science, 8(4), 672-682.
- Barroso, B.M.R., Martins, N., Barros, L., Antonio, A.L., Rodrigues, M.A., Sousa, M.J., Santos-Buelga, C., Ferreira, I.C.F.R., 2018. Assessment of the nitrogen fertilization effect on bioactive compounds of frozen fresh and dried samples of *Stevia rebaudiana*. Food Chemistry, 243: 208-213.
- Dere, S., T., Gunes, R., Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Journal of Botany, 22: 13-17.
- Doaei, F., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., Balandari, A. 2018. The effect of application of organic and biological fertilizers on biomass and polyphenols content in the leaves of chicory (*Cichorium pomilum* Jacq.). Journal of Agroecology, 9(4): 910-920. (In Persian)
- Ghani, A., Mohtashami, S., Jamalian, S. 2021. Peel essential oil content and constituent variations and antioxidant activity of grapefruit (*Citrus × paradisi* var. red blush) during color change stages. Journal of Food Measurement and Characterization, 15: 4917-4928.
- Gholami, H., Saharkhiz, M.J., Raouf Fard, F., Ghani, A., Nadaf, F. 2018. Humic acid and vermicompost increased bioactive components, antioxidant activity and herb yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 14: 286-292.
- Hazrati, S., Khorizadeh, S., Sadeghi Bakhtouri, A.R. 2020. Growth improvement, yield and nitrogen use efficiency under different nitrogen regimes in sage with zeolite application. Journal of Plant Process and Function, 9(39): 273-288.
- Heidari, M. and Rezapour. A. R. 2011. Effect of Water Stress and Sulfur Fertilizer on Grain Yield, Chlorophyll and Nutrient Status of Black Cumin (*Nigella Sativa* L.). Journal of Crop Production and Processing, 1 (1): 81-90.
- Herms, D.A., Mattson, W.J., 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. The Quarterly Review of Biology, 67 (3): 283-335.
- Jakovljević, D., Stanković, M., Bojović, B., Topuzović, M., 2017. Regulation of early growth and antioxidant defense mechanism of sweet basil seedlings in response to nutrition. Acta Physiologiae Plantarum, 39: 243.

- Safari Zargani, H., Nadian Qomsheh, H., Rang Zan, N., MoradiTalavat, M. 2021. Effect of different levels of salinity, zinc, and sulfur inoculated with *Thiobacillus* on rapeseed growth parameters and some nutrient uptake (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Soil Research, 34(4): 529-545.
- Shabani, G., Khoshkho, Sh., Khorami, M., Jafarzadeh, M., Akbarabadi, A. 2016. Effect of sulfur and biofertilizers application on yield and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Agronomy Journal, 108: 35-42.
- Shafea, L., Safari, M., Emam, Y., Mohammadi Nejad, Gh. 2011. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. Seed and Plant Production Journal, 27(2), 235-246.
- Sifola, M.I., Barbieri, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulture, 108: 408-413.
- Singh, M., Masroor, M., Khan, A., Naeem, M. 2016. Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15(2): 171-178.
- Tabatabaei, S.J. 2014. Principles of Mineral Nutrition of Plants. Tabriz University press. Iran. 544p.
- Trudel, M.J., Ozbun, J.L. 1970. Relationship between chlorophylls and carotenoids of ripening tomato fruit as influenced by potassium nutrition. Journal of Experimental Botany, 21(4): 881-88.
- Wojdylo, A., J. Oszmianski and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. Food Chemistry, 1005: 940-949.
- Yadegari, M., Barzegar, R. 2010. The effect of sulphur and tiobacillus on nutrient absorption, growth and essential oil in Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Herbal Drugs, 1: 35-40.
- Yaghoobi, F., Souri, M.K., Arzani, K. 2018. Effects of spraying ammonium sulfate on growth, yield and qualitative traits of cucumber plants under greenhouse conditions. Journal of Soil and Plant Interactions. 9(1): 41-45.
- Zare, Sh., Sirousmehr, A., Ghanbari, A., Tabatabaei, J. 2013. Changes in essential oil and some quantitative properties of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under the influence of different levels of nitrogen fertilizer and compost solid waste. Journal of Agricultural Research, 11 (1): 191-199.
- Perović, j., Tumbas Šaponjac, v., Kojić, j., Krulj, j., Moreno, D.A., Garcia-Viguera, C., Bodroža-solarov, M., Ilić, N. 2021. Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient – nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A Review. Food Chemistry. 336, 1-55.
- Petropoulos, S. A., Levizou, E., Ntatsi, G., Fernandes, A., Petrotos, K., Akoumianakis, K., Barros, L., Ferreira, I. C.F.R. 2017. Salinity effect on nutritional value, chemical composition and bioactive compounds content of *Cichorium spinosum* L. Food Chemistry, 214, 129-136.
- Polesskaya, O.G., Kashirina, E.I., Alekhina, N.D., 2006. Effect of salt stress on antioxidant system of plants as related to nitrogen nutrition. Russian Journal of Plant Physiology, 53: 186-192.
- Popova, M.P., V., Bankova, D., Butovska and V. Petkov. 2004. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. Phytochemistry Analysis, 15(4): 235-240.
- Radusiene, J., Marksa, M., Ivanauskas, L., Jakstas, V., Caliskan, O., Kurt, D., Odabas, M.S., Cirak, C. 2019. Effect of nitrogen on herb production, secondary metabolites and antioxidant activities of *Hypericum pruinatum* under nitrogen application. Industrial Crops and Products, 139: 111519.
- Ram, D., M. Ram and R. Singh. 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trace mulch in a sandy loam soil of semiarid subtropical climate. Bioresource Technology, 97: 886-893.
- Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, Gh.R., Eivazi, A.R., Hoseini, S.M.T. 2013. Effect of Biofertilizers on Macro and Micro Nutrients Uptake and Essential Oil Content in *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Field Crops Research, 11 (1): 179-190.
- Ramezanifar, H., Yazdanpanah, N., Glokar Hamzee Yazd, H., Tavousi, M., Mahmoodabadi, M. 2021. Effects of Different Levels of Water, Salinity and Nitrogen Fertilizer on Growth Indices and Water Use Efficiency of Spinach. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 3(15): 690-700.
- Rios-Gonzalez, K., Erdei, L., Lips, S.H., 2002. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. Plant Science, 162 (6): 923-930.
- Rousta, H. R. 2006. The comparison of ammonium or nitrate-grown lettuce and spinach in a hydroponic system. Journal of Soil and Plant Interactions, 1 (1): 57-64.