

The effect of caw manure levels and harvest time on the quantitative and qualitative yield of Dill (*Anethum graveolens* L.) under drought stress levels in arid regions

Ali Arbab¹, Isa Khammari^{1*} , Zeynab Mohkami², Alireza Sirousmehr¹

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: IsaKhammari@uoz.ac.ir

²Department of Agriculture and Plant Breeding, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

Article type:

Research article

Abstract

Animal manure is an important strategy for improving plant tolerance to drought and enhancing soil fertility, growth, yield, quality, and nutritional value. This research aimed to investigate the effects of manure application (including no fertilizer, as well as 20 and 30 tons per hectare) and harvesting times (at the initiation of ripening and full ripening) on the quantitative and qualitative yield of dill under drought conditions. The study examined three irrigation strategies: irrigation until the beginning of flowering, irrigation until the middle of seed filling, and irrigation until seed ripening. The experiment was conducted as a factorial split-plot within a randomized complete block design during the 2021-2022 crop year at the Research Institute of Zabol. The variance analysis results showed that drought stress reduced seed yield, shoot yield, and the levels of elements such as nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, and calcium compared to the control. It increased the levels of proline, carbohydrates, shoot essential oils, and seed essential oils compared to the control group. The impact of drought was more severe at the onset of flowering. Using manure fertilizer enhanced all traits compared to the control under both normal irrigation and drought conditions. During harvest time, when the crops are fully ripe, the aforementioned traits reach their highest value. The highest seed yield, shoot yield, and nutrient levels were achieved with the application of 30 tons/ha of manure and harvesting at full ripeness under normal irrigation conditions. During drought stress from the flowering stage until harvest at full maturity, the application of 30 tons/ha of animal manure resulted in increases of 20.7% and 15.4% in the essential oil content of shoots and seeds, respectively. It is recommended to apply 30 tons of manure per hectare to enhance the growth, yield, and quality of dill plants under drought conditions.

Article history

Received: 2025.05.08

Revised: 2025.06.07

Accepted: 2025.06.10

Keywords

Carbohydrate

Essential oil

Medicinal plant

Nutrients

Proline

Cite this article as: Arbab, A., Khammari, I., Mohkami, Z., Sirousmehr, A.R. (2025). The effect of caw manure levels and harvest time on the quantitative and qualitative yield of Dill (*Anethum graveolens* L.) under drought stress levels in arid regions. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 13(2): 35-56.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch



<https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1209703>

ارزیابی میدانی نهاده‌های مشت تأثیر سطوح کود دامی و زمان برداشت بر عملکرد کمی و کیفی شوید (*Anethum graveolens* L.) تحت سطوح تنش آبی در مناطق خشک

علی ارباب^۱، عیسی خمیری^{۱*} , زینب محکمی^۲، علیرضا سیروس مهر^۱

^۱ گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: IsaKhammari@uoz.ac.ir

^۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

کود دامی یکی از استراتژی‌های مهم برای بهبود تحمل گیاهان به خشکی و افزایش حاصلخیزی خاک، رشد، عملکرد، کیفیت و تغذیه گیاهان می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کود دامی (عدم کاربرد کود، کاربرد ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و زمان برداشت (شروع رسیدگی و رسیدگی کامل) بر عملکرد کمی و کیفی شوید تحت خشکی (آبیاری تا شروع گلدهی، آبیاری تا اواسط پر شدن دانه و آبیاری تا رسیدگی دانه) انجام گردید. آزمایش اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه زابل اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که تنش خشکی عملکرد دانه، عملکرد پیکر رویشی و مقادیر عناصر (نیترژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) را نسبت به شاهد کاهش داد و میزان پرولین، کربوهیدرات، اسانس پیکر رویشی و اسانس دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. اثرات منفی خشکی در مرحله شروع گلدهی بیشتر از سایر مراحل بود. مصرف کود دامی تمامی صفات را در مقایسه با شاهد در هر دو شرایط آبیاری نرمال و خشکی افزایش داد. صفات فوق در زمان برداشت در رسیدگی کامل حداکثر مقدار را داشتند. بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد پیکر رویشی و عناصر با مصرف ۳۰ تن کود دامی و برداشت در مرحله رسیدگی کامل تحت شرایط آبیاری کامل بدست آمد. مصرف کود دامی (۳۰ تن در هکتار) تحت شرایط وقوع تنش خشکی در مرحله گلدهی و رسیدگی کامل، موجب افزایش محتوای اسانس پیکر رویشی و دانه (به ترتیب ۲۰/۷ درصد و ۱۵/۴ درصد) شد. از این رو، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی برای بهبود رشد، عملکرد کمی و کیفیت گیاه شوید تحت تنش خشکی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی:

اسانس

پرولین

عناصر مغذی

کربوهیدرات، گیاه دارویی

استناد: ارباب، عیسی؛ خمیری، علی؛ محکمی، زینب؛ سیروس مهر، علیرضا. (۱۴۰۴). ارزیابی میدانی نهاده‌های مشت تأثیر سطوح کود دامی و زمان برداشت بر عملکرد کمی و کیفی شوید (*Anethum graveolens* L.) تحت سطوح تنش آبی در مناطق خشک.

فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۳(۲)، ۵۶-۳۵.

 <https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1209703>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.



مقدمه

بهبود دسترسی به غذا و دارو و نیز دستیابی به امنیت غذایی و دارویی یک موضوع مهم در جهان است؛ زیرا تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به ۹/۲ میلیارد نفر می‌رسد که افزایش تقاضای غذا و دارو و متعاقباً تولیدات کشاورزی را به دنبال خواهد داشت (Fukase and Martin, 2017). تغییرات آب و هوایی (مانند کاهش بارندگی و گرم شدن زمین) مشکلات جدی را در سرتاسر جهان به وجود آورده‌اند و با تشدید تنش‌های محیطی نظیر خشکی موجب کاهش تولیدات کشاورزی شده؛ که این به نوبه خود امنیت غذایی و دارویی جمعیت در حال رشد را به خطر انداخته است (Pawlak and Kołodziejczak, 2020). خشکی رایج‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مانند ایران می‌باشد (Eliaspour et al., 2020). کمبود آب ناشی از خشکی با اثر منفی بر آماس سلولی و روزنه‌ها، بر سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق تأثیر منفی می‌گذارد و از طرفی دیگر، باعث پیری و ریزش برگ می‌شود؛ که در نهایت بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، رشد، عملکرد و کیفیت گیاه اثر منفی می‌گذارد (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan-Agdam, 2016). اثرات منفی خشکی در بسیاری از گیاهان مثل پنبه (Anik et al., 2023)، گاوزبان (Gholinezhad et al., 2016) و گلرنگ (Bijanzadeh et al., 2022) گزارش شده است. عملکرد بیولوژیکی، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه زیره سبز با وقوع خشکی کاهش پیدا کرد (Forouzandeh et al., 2015). خشکی موجب کاهش محتوی نسبی آب، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، سرعت فتوسنتزی و جذب عناصر در ذرت می‌شود (Weisany et al., 2021).

قابلیت فراهمی عناصر مختلف در خاک‌های تحت تأثیر خشکی کاهش قابل توجهی می‌یابد (Umair

Hassan et al., 2020) از این‌رو، مدیریت تغذیه بهینه گیاه با ترکیبات بهبوددهنده حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در شرایط تنش یکی از موضوعات مهم در تولید گیاهان می‌باشد و تأمین بهینه عناصر می‌تواند در مقابله گیاهان با تنش‌ها مؤثر باشد (Anik et al., 2023; Loss et al., 2019). کودهای شیمیایی در کنار تأمین عناصر مورد نیاز گیاهان، دارای معایبی همچون آلودگی آب‌های زیرزمینی، تخریب کیفیت خاک و کاهش تنوع زیستی است که به محیط‌زیست و سلامت انسان و حیوانات آسیب وارد می‌کند (Ramakrishna et al., 2019). بنابراین، مصرف کودهای آلی نظیر کود دامی به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی برای ایجاد پایداری در تولیدات کشاورزی و حاصلخیزی خاک مهم می‌باشد (Loss et al., 2019). استفاده از این کودها منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود ساختمان خاک و نیز افزایش عناصر قابل دسترس گیاه می‌شود (Eliaspour et al., 2020). کاربرد کود دامی تمامی نیتروژن مورد نیاز گیاه و از سوی دیگر فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی گیاه را فراهم می‌کند و به دلیل داشتن عناصر پرمصرف باعث ایجاد تعادل در خاک می‌شود. همچنین، کود دامی موجب کاهش فرسایش خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، بهبود تهویه خاک، کاهش فشردگی خاک، محافظت گیاهان در مقابل بیماری‌ها و افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود و ریزجاندارانی که سبب چرخش مواد غذایی می‌شوند را حفظ می‌کند (Loss et al., 2019). اثرات مثبت کودهای دامی بر رشد، عملکرد و کیفیت گیاهان مختلفی نظیر آفتابگردان (Eliaspour et al., 2020)، رازیانه (Heydarzadeh et al., 2016) و کاسنی (Heydarzadeh et al., 2022) گزارش شده است.

مدیریت کوددهی در گیاهان دارویی اهمیت زیادی دارد. گیاهان دارویی به علت داشتن ترکیبات

بیوشیمیایی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهاب، ضد سرطان و ضد میکروبی، ارزش دارویی مهمی برای بشر دارند. از این رو، تولید جهانی این گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (Salehi-Lisar and Forouzandeh et Bakhshayeshan-Agdam, 2016; al., 2015). گیاه شوید با نام علمی *Anethum graveolens* L. گیاهی علفی، یکساله و از خانواده جعفری یا چتریان است. این گیاه دارای مصارف مختلفی در صنایع دارویی و غذایی می‌باشد. اسانس این گیاه دارای بوی خاصی است و دارای خواص دارویی مانند ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد کلسترول خون، ضد التهابی، ضد دیابتی و ضد سرطان می‌باشد (Yadav et al., 2022). زمان برداشت از نظر کیفیت بذر بسیار مهم می‌باشد و برداشت زود هنگام و دیر هنگام می‌تواند موجب کاهش قوه نامیه و بنیه بذر گردد و در میزان اسانس و متابولیت‌های ثانویه و نیز ترکیبات آنها تغییر ایجاد کند (Pouroyusef et al., 2015; Omidbeigi et al., 2010). میزان اسانس در شوید بسته به شرایط اقلیمی و در اندام‌های مختلف متفاوت است. همچنین، میزان آن در شروع ساقه‌دهی به صورت تدریجی افزایش و در مرحله گلدهی به حداکثر میزان می‌رسد و سپس از این مرحله به تدریج کاهش می‌یابد (Hornok, 1979). از آنجاکه گرایش جهانی در تولید و تکثیر گیاهان دارویی به استفاده از سیستم‌های کشاورزی پایدار و کم‌نهاده

معطوف شده و همچنین اطلاعات اندکی در رابطه با واکنش گیاه دارویی شوید نسبت به منابع کودی آلی وجود دارد؛ این سؤال مطرح است که آیا کاربرد کود دامی قادر است آثار مخرب تنش خشکی را بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی شوید بهبود بخشد؟ با توجه به قرارگیری ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک و فقیر بودن خاک‌های ایران از نظر مواد غذایی و نظر به مزایای کود دامی، این مطالعه به بررسی اثر کود دامی و زمان برداشت بر رشد، عملکرد و کیفیت شوید تحت تنش خشکی در مناطق خشک (مطالعه موردی سیستان) پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان اجرای پروژه: پژوهش حاضر در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی پژوهشگاه زابل واقع در شهرستان زهک (با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا گردید. متوسط دمای سالانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۵۸/۹ میلی‌متر بود. متوسط تبخیر سالانه در این منطقه ۴۸۶۵ میلی‌متر است. نتایج آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

بافت خاک	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته (pH)	سدیم (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	منیزیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیترژن (%)
لوم-رسی	۲/۲	۷/۸	۶۸/۱	۱۸۵	۱۰۲/۷۲	۵۱/۵۱	۱۲	۰/۰۳

آزمایش به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ انجام گردید. عامل اصلی

تنش خشکی دارای سه سطح (آبیاری تا شروع گلدهی، آبیاری تا اواسط پر شدن دانه و آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه) بود. عوامل فرعی شامل کود

دامی در سه سطح (عدم کاربرد کود دامی، کاربرد ۲۰ و ۳۰ تن کود دامی در هکتار) و زمان برداشت در دو سطح (شروع رسیدگی و رسیدگی کامل) بود. ابتدا عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و تسطیح زمین انجام گردید. سپس کرت‌بندی در مزرعه مورد نظر صورت گرفت. کرت‌های فرعی دارای ابعاد $2 \times 2/5$ متر بود. هر کرت اصلی شش کرت فرعی داشت که با احتساب سه کرت اصلی در هر تکرار ۱۸ کرت فرعی در هر تکرار قرار گرفت. در مجموع، این

آزمایش مشتمل بر ۵۴ کرت بود. فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۵ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف کشت ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در اواخر آذر ماه ۱۴۰۰ به صورت دستی انجام گردید. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد. در طول فصل رشد، علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند (شکل ۱). صفات مورد نظر به شرح ذیل اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱: نمایی از کرت‌های آزمایشی قبل از کاشت (سمت راست)، نمایی از واحد آزمایش در مرحله رشد رویشی (سمت چپ)

عملکرد پیکره رویشی: برای اندازه‌گیری عملکرد پیکره رویشی در مرحله رسیدگی دانه، بوته‌های (جدا شده از محل طوقه) قبل از تفکیک دانه‌ها، توسط ترازوی دیجیتال با دقت $0/0001$ توزین شدند. سپس، وزن آنها به عنوان عملکرد پیکره رویشی بر حسب گرم در متر مربع گزارش گردید.

عملکرد دانه: به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه، از چهار ردیف میانی کرت (یک متر مربع) بوته‌ها برداشت شده و دانه‌های چترهای اصلی و سپس دانه‌های چترهای فرعی جدا شدند. دانه‌های جمع‌آوری شده برای خشک شدن در دمای 25°C درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۴ درصد نگهداری شدند. سپس دانه‌ها با

ترازوی دیجیتال توزین شدند و به عنوان عملکرد دانه بر حسب گرم در متر مربع گزارش گردید.

اندازه‌گیری کربوهیدرات: به منظور اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات از روش اسید سولفوریک- فنل استفاده شد. ابتدا، $0/1$ گرم برگ تر به همراه 10 میلی‌لیتر آب مقطر به مدت 1 ساعت در حمام بن‌ماری با دمای 80°C درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس، 1 میلی‌لیتر فنل $0/5$ درصد و 4 میلی‌لیتر اسید سولفوریک 98 درصد به 1 میلی‌لیتر از عصاره فوق‌الذکر اضافه شد. میزان جذب مخلوط واکنش در طول موج 483 نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1280 از کمپانی شیمادزو ژاپن) قرائت شد. محتوای

کربوهیدرات بر حسب میکروگرم در گرم وزن تر گزارش گردید.

سنجش میزان پرولین: برای سنجش میزان پرولین، ۰/۱ گرم نمونه برگ با ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد در هاون چینی پودر شد و مخلوط حاصل از کاغذ صافی واتمن No.1 عبور داده شد. به ۲ میلی‌لیتر از این محلول، ۲ میلی‌لیتر اسید گلاسیال استیک و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین اضافه گردید و ۳۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس، به آن ۶ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و بعد از تکان دادن مخلوط واکنش، میزان جذب محلول

فوقانی، در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل UV-1280 از کمپانی شیمادزو ژاپن) قرائت شد. در نهایت محتوای پرولین برگ بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر گزارش شد (Bates et al., 1973).

درصد اسانس: جهت استخراج اسانس اندام هوایی و دانه شوید، از دستگاه کلونجر و روش تقطیر با بخار آب استفاده گردید. ابتدا، ۵۰۰ گرم از نمونه خشک به همراه ۱ لیتر آب مقطر درون بالن دستگاه به مدت ۲ ساعت قرار گرفت. اسانس استخراج شده بر حسب درصد/ وزن تر بیان گردید (شکل ۲).



شکل ۲: سیستم کلونجر در حال استحصال اسانس

اندازه‌گیری عناصر: به‌منظور اندازه‌گیری مقادیر عناصر، ابتدا ۲ گرم نمونه‌های خشک داخل کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج ساعت خاکستر شدند. سپس، خاکستر حاصل با ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۲ نرمال روی هیتز (دمای ۳۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد) هضم شدند. عصاره حاصل پس از عبور از کاغذ صافی واتمن No. 2 در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانده شد و برای اندازه‌گیری عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم استفاده گردید (Wilson, 1983). میزان فسفر به روش رنگ‌سنجی با استفاده از معرف آمونیوم-وانادومولیدات با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1280 از کمپانی شیمادزو ژاپن) در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و به‌صورت درصد گزارش

گردید (Ryan et al., 2001). میزان پتاسیم با روش فلیم‌فتومتری از عصاره حاصل (مدل Jenway PFP7, England) اندازه‌گیری شد (شکل ۳) و بر حسب درصد گزارش گردید (Soloman et al, 1986). میزان کلسیم و منیزیم در عصاره حاصل با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian 220 AA, Australia) بعد از کالیبره نمودن با استانداردهای مربوطه اندازه‌گیری شد و بر حسب درصد بیان گردید (Chapman et al., 1961). میزان نیتروژن به روش استاندارد کج‌لدال سنجش شد. برای هضم نمونه ۰/۵ گرم نمونه خشک از اسید سولفوریک و مخلوط کاتالیز سولفات مس + سولفات پتاسیم استفاده شد. در نهایت میزان نیتروژن به‌صورت درصد گزارش شد (Kjeldahl, 1883).



شکل ۳: دستگاه فلیم فتومتر در حال سنجش پتاسیم

آنالیز آماری داده‌ها: در آزمایش حاضر پس جمع‌آوری داده‌های هر صفت، نرمال بودن داده‌ها قبل از تجزیه و تحلیل آماری بررسی گردید. تمام صفات مورد مطالعه نرمال بودند. سپس تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام گردید. برای رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزارها Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده گردید.

نتایج

عملکرد پیکر رویشی: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص شد که عملکرد پیکر رویشی تحت تأثیر اثرات ساده (تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت) در سطح احتمال ۱ درصد، اثر متقابل دوگانه تنش خشکی و زمان برداشت در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت.

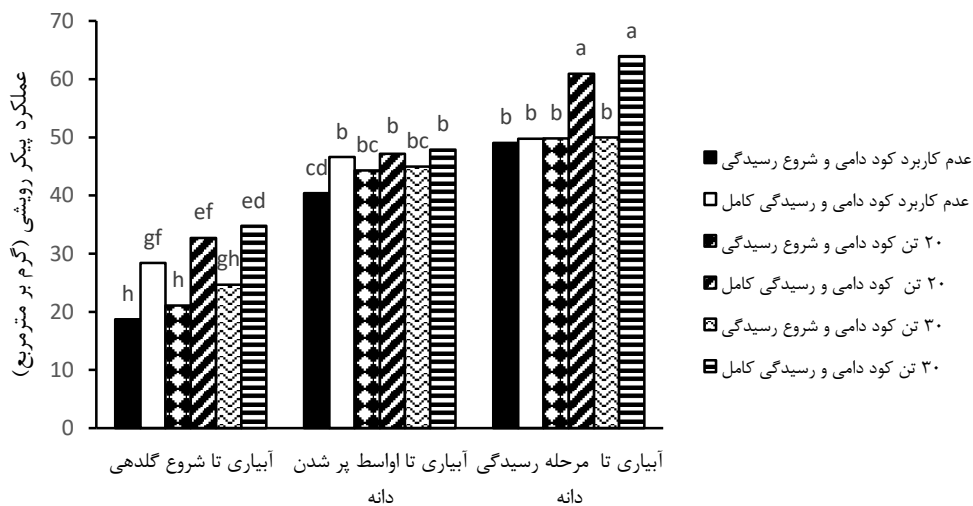
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه عملکرد پیکر رویشی ارائه شده در شکل ۴ حاکی از این بود

که اعمال تنش خشکی موجب کاهش میزان عملکرد پیکر رویشی در مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه) شد، به طوری که اعمال تنش خشکی از مرحله گلدهی بیشترین کاهش را در عملکرد پیکر رویشی نشان داد. افزایش کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار موجب افزایش عملکرد پیکر رویشی در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود دامی شد. بیشترین میزان عملکرد پیکر رویشی (میانگین ۶۳/۹۵ گرم بر متر مربع) از تیمار آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در زمان رسیدگی کامل حاصل گردید. کمترین میزان عملکرد پیکر رویشی (میانگین ۱۸/۷۰ گرم بر متر مربع) به تیمار آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) و عدم کاربرد کود دامی و زمان برداشت در شروع رسیدگی اختصاص داشت. مشاهده شد که در شرایط تنش خشکی از مرحله گلدهی و برداشت در رسیدگی کامل، کاربرد ۳۰ تن کود دامی منجر به افزایش ۷۰/۷۵ درصدی عملکرد پیکر رویشی در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود دامی شد (شکل ۴).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات محتوای کربوهیدرات، محتوی پرولین، عملکرد دانه، عملکرد پیکر رویشی، درصد اسانس دانه و درصد اسانس اندام هوایی گیاه شوید تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت

میانگین مربعات							منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد پیکر رویشی	عملکرد دانه	کربوهیدرات	پرولین	درصد اسانس دانه	درصد اسانس اندام هوایی
تکرار	۲	۱۴/۲۹۵ ^{ns}	۳۰/۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}							
تنش خشکی	۲	۳۴۷۳/۱۲ ^{**}	۱۷۱۰۲/۱۴ ^{**}	۰/۴۱ ^{**}	۴۹۱/۴۲ ^{**}	۲/۵۰ ^{**}	۱/۴۴ ^{**}							
خطای اصلی	۴	۲۲/۱۲	۱۳/۴۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۲							
کود دامی	۲	۱۴۵/۳۵ ^{**}	۳۱۴/۵۴ ^{**}	۰/۰۱۲ ^{**}	۳۲/۵۴ ^{**}	۰/۱۵ ^{**}	۰/۱۰ ^{**}							
تنش خشکی × کود دامی	۴	۱۰/۵۰ ^{ns}	۱۹/۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۵ ^{ns}	۲/۷۴ ^{**}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}							
زمان برداشت	۱	۸۰۰/۰۴ ^{**}	۳۸۳۸/۵۱ ^{**}	۰/۰۶ ^{**}	۱/۰۲ ^{**}	۰/۵۰ ^{**}	۰/۲۹ ^{**}							
تنش خشکی × زمان برداشت	۲	۵۰/۱۰ [*]	۳۷۷/۸۸ ^{**}	۰/۰۰۱ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}							
کود دامی × زمان برداشت	۲	۱۵/۹۷ ^{ns}	۹/۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{**}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}							
تنش خشکی × کود دامی × زمان برداشت	۴	۳۲/۱۴ ^{**}	۵۱/۱۸ ^{**}	۰/۰۰۰۷ ^{**}	۰/۱۶ [*]	۰/۰۴ [*]	۰/۰۲ [*]							
خطای فرعی	۳۰	۱۱/۶۶	۱۱/۳۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۰۷							
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۹۹	۳/۴	۳/۲۷	۸/۱۳	۷/۵۷	۷/۷۳							

ns: غیر معنی دار؛ * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



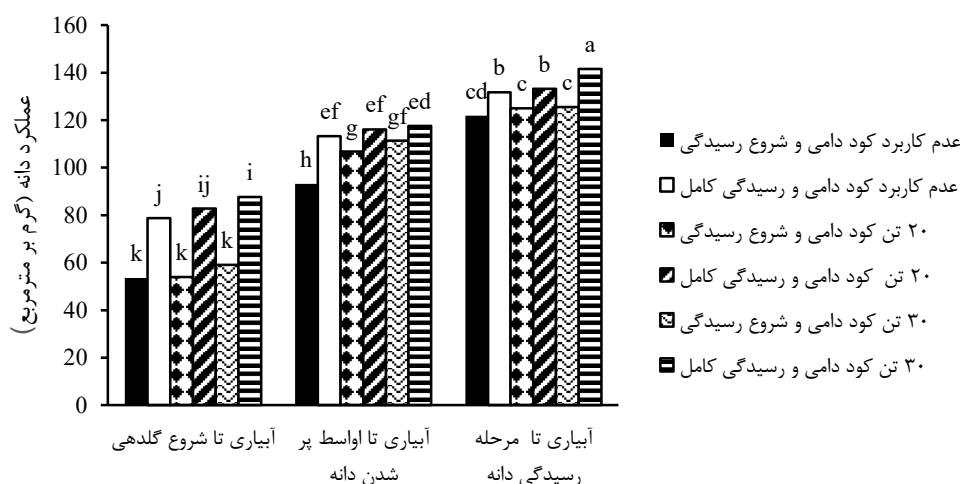
شکل ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر عملکرد پیکر رویشی گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند؛ طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

متقابل سه‌گانه آنها در سطح یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که خشکی عملکرد دانه را در

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که که اثرات ساده خشکی، کود دامی و زمان برداشت، اثر متقابل دوگانه تنش خشکی و زمان برداشت و اثر

شروع گلدهی) و عدم کاربرد کود و زمان برداشت شروع رسیدگی بود. در طی خشکی و عدم کاربرد کود دامی میزان عملکرد دانه ۶۵/۶۰ درصد نسبت به آبیاری کامل و کاربرد ۳۰ تن کود دامی کاهش یافت. تیمار آبیاری تا شروع گلدهی و عدم کاربرد کود دامی و زمان برداشت شروع رسیدگی با تیمارهای آبیاری تا شروع گلدهی و مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت شروع رسیدگی و تیمار آبیاری تا شروع گلدهی و استفاده از ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت شروع رسیدگی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۵).

مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه) کاهش داد. به‌طوری‌که اعمال خشکی از مرحله گلدهی بیشترین کاهش را در عملکرد دانه داشت. در هر سه سطح خشکی، افزایش کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار عملکرد دانه را در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه (میانگین ۱۴۱/۰۶ گرم در مترمربع) با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت رسیدگی کامل تحت آبیاری تا مرحله رسیدگی (آبیاری نرمال) بدست آمد. کمترین عملکرد دانه (میانگین ۵۳/۵۲ گرم در مترمربع) مربوط به آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله



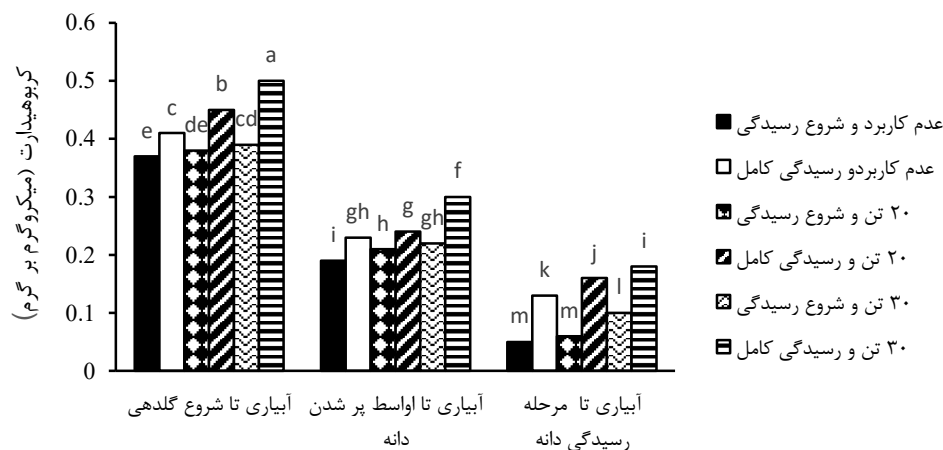
شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر عملکرد دانه گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

مرحله رسیدگی دانه) شد، به طوری که اعمال تنش خشکی از مرحله گلدهی بیشترین افزایش را در میزان کربوهیدرات نشان داد. افزایش کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار موجب افزایش محتوای کربوهیدرات در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود دامی شد. بیشترین میزان کربوهیدرات با میانگین ۰/۵ میکروگرم بر گرم از تیمار آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله شروع گلدهی) با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در مرحله رسیدگی کامل به دست آمد.

محتوای کربوهیدرات: نتایج تجزیه واریانس محتوای کربوهیدرات نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات ساده تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت، اثرات متقابل دوگانه (به جز اثر متقابل کود دامی و تنش خشکی) و اثرات متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بیانگر این بود اعمال تنش خشکی موجب افزایش میزان کربوهیدرات در مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری تا

کرد که محتوای کربوهیدرات در شرایط اعمال تیمار کودی و تنش آبی و زمان برداشت کامل در مقایسه با نمونه شاهد آن ۹۰ درصد افزایش یافت (شکل ۶).

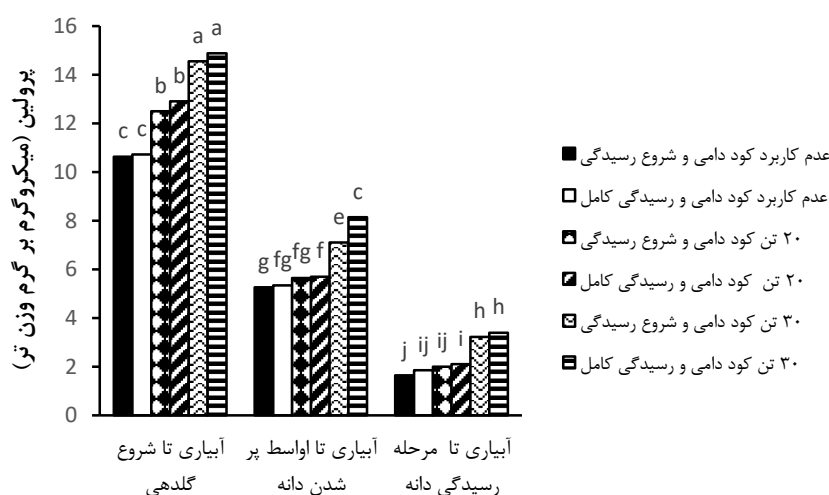
کمترین میزان با میانگین ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم مربوط به تیمار عدم کاربرد کود دامی و زمان برداشت در شروع رسیدگی تحت شرایط آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) حاصل شد. می‌توان بیان



شکل ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر محتوای کربوهیدرات گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند؛ طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

هکتار کود دامی و برداشت در رسیدگی کامل در شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله شروع گلدهی) حاصل گردید. این تیمار اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت شروع رسیدگی در شرایط آبیاری تا شروع گلدهی نداشت. کمترین میزان پرولین (میانگین ۱/۶۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) به تیمار آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) و عدم کاربرد کود دامی و زمان برداشت در شروع رسیدگی اختصاص داشت. می‌توان بیان کرد که مصرف ۳۰ تن کود دامی و نیز زمان برداشت رسیدگی کامل و تنش آبی نسبت به شرایط بدون تنش و عدم کاربرد کود دامی محتوای پرولین را ۸۸/۶۶ درصد افزایش داد (شکل ۷).

پرولین: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت و اثر متقابل دوگانه تنش خشکی و کود دامی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که اعمال تنش خشکی میزان پرولین را در مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه) افزایش داد، به طوری که اعمال تنش خشکی از مرحله گلدهی بیشترین افزایش را در میزان پرولین داشت. افزایش کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار محتوای پرولین را در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود دامی افزایش داد. بیشترین مقدار پرولین (میانگین ۱۴/۸۹ میکروگرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ۳۰ تن در

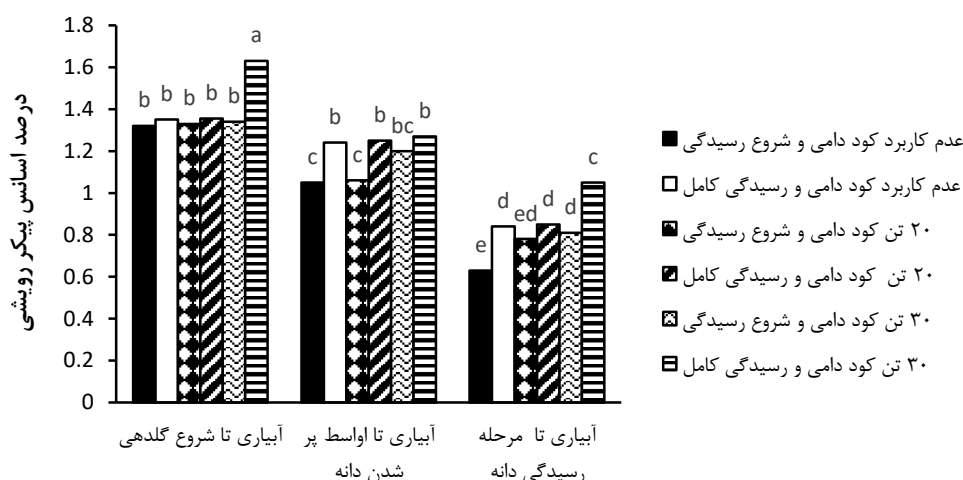


شکل ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر محتوای پرولین گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

در مرحله رسیدگی کامل حاصل گردید. کمترین میزان اسانس پیکر رویشی (میانگین ۰/۶۳ درصد) در تیمار آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه و عدم مصرف کود دامی و زمان برداشت در شروع رسیدگی به دست آمد (شکل ۸).

نتایج میزان اسانس دانه نشان داد که بالاترین میزان (میانگین ۲/۴ درصد) به تیمار آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در زمان رسیدگی کامل اختصاص داشت. کمترین میزان اسانس دانه (میانگین ۱/۱ درصد) مربوط به آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه و عدم کاربرد کود دامی و زمان برداشت در شروع رسیدگی بود. در شرایط تنش خشکی از مرحله گلدهی و برداشت در رسیدگی کامل، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی منجر به افزایش ۲۰/۷ درصدی و رویشی و محتوای اسانس دانه نسبت به شرایط شاهد شد (شکل ۹).

درصد اسانس در پیکره رویشی و دانه: بر طبق نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۵ درصد بر صفات درصد اسانس پیکر رویشی و درصد اسانس دانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که اعمال تنش خشکی میزان اسانس پیکر رویشی (شکل ۴) و اسانس دانه (شکل ۹) را در مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه) افزایش داد، به‌طوری که اعمال تنش خشکی از مرحله گلدهی بیشترین افزایش را در میزان اسانس پیکر رویشی و اسانس دانه داشت. افزایش کود دامی تا ۳۰ تن در هکتار میزان اسانس پیکر رویشی و اسانس دانه را در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود دامی افزایش داد (شکل‌های ۸ و ۹). بیشترین میزان اسانس پیکر رویشی (میانگین ۱/۶۳ درصد) در تیمار آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) و ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت



شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد اسانس پیکر رویشی گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد اسانس دانه گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بر میزان فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم معنی‌دار معنی‌دار بودند (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه عناصر نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب کاهش میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه) شد، به طوری که اعمال تنش خشکی از مرحله گلدهی بیشترین کاهش را در میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم نشان داد. افزایش کود دامی تا ۳۰ تن

میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده خشکی، کود دامی و زمان برداشت، اثرات متقابل دوگانه آنها در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن داشتند. همچنین، نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که اثرات ساده خشکی، کود دامی و زمان برداشت در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال پنج درصد

در هکتار موجب افزایش میزان نیتروژن (شکل ۱۰)، (۱۳) و منیزیم (شکل ۱۴) در مقایسه با شرایط عدم فسفر (شکل ۱۱)، پتاسیم (شکل ۱۲)، کلسیم (شکل ۱۳) کاربرد کود دامی شد.

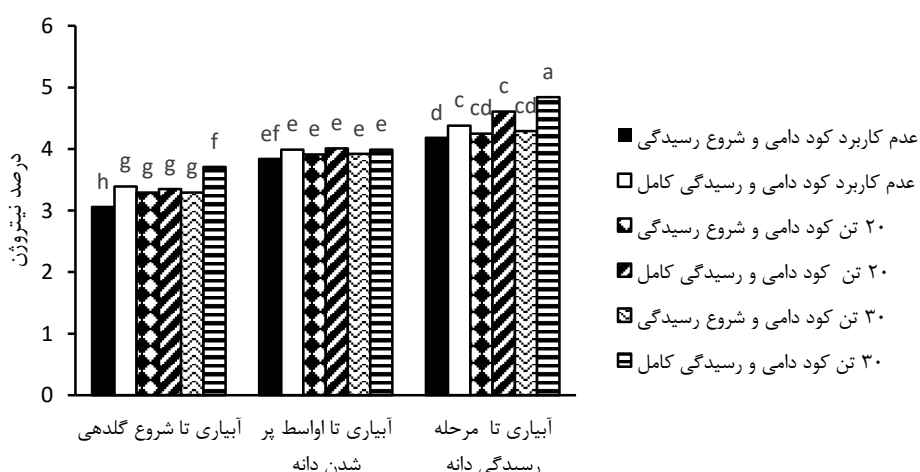
جدول ۲: تجزیه واریانس صفات عناصر دانه گیاه شوید تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد نیتروژن	درصد فسفر	درصد پتاسیم	درصد کلسیم
تکرار	۲	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}
تنش خشکی	۲	۵/۲۲ ^{**}	۰/۱۵ ^{**}	۳۴/۹۰ ^{**}	۵/۶۸ ^{**}
خطای اصلی	۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲
کود دامی	۲	۰/۱۸ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{**}	۰/۷۹ ^{**}	۰/۲۷ ^{**}
تنش خشکی×کود دامی	۴	۰/۰۳ [*]	۰/۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
زمان برداشت	۱	۰/۸۳ ^{**}	۰/۰۲ ^{**}	۳/۶۰ ^{**}	۱/۰۱ ^{**}
تنش خشکی×زمان برداشت	۲	۰/۰۸ ^{**}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
کود دامی×زمان برداشت	۲	۰/۰۳۶ ^{**}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}
تنش خشکی×کود دامی×زمان برداشت	۴	۰/۰۳۲ [*]	۰/۰۰۰۴ [*]	۰/۰۹ [*]	۰/۰۶ [*]
خطای فرعی	۳۰	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲۳
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۶	۴/۰۰	۲/۹۸	۷/۱۷

ns: غیر معنی دار؛ * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

در شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) و عدم کاربرد کود و زمان برداشت در شروع رسیدگی بدست آمدند که بیانگر افزایش ۳۷ درصدی میزان نیتروژن در برگ شوید بود (شکل ۱۰).

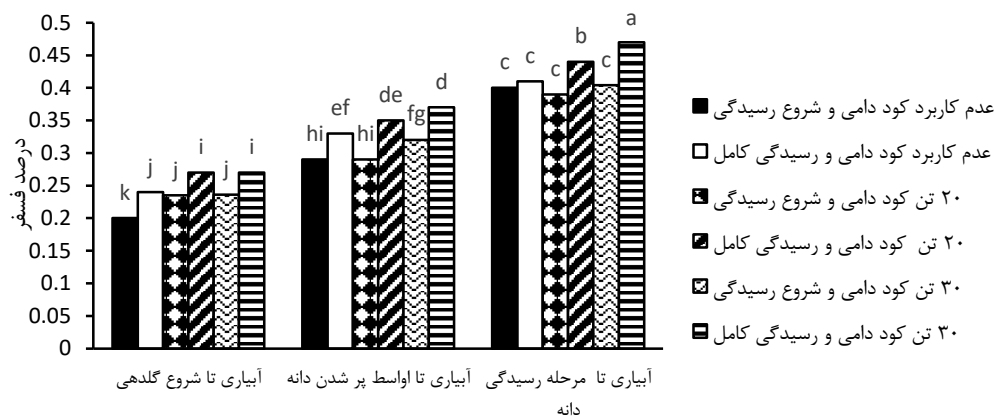
بیشترین میزان نیتروژن (میانگین ۴/۸۴ درصد) در شرایط آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) و مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت رسیدگی کامل و کمترین میزان نیتروژن (میانگین ۳/۰۶ درصد)



شکل ۱۰: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد نیتروژن گیاه شوید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

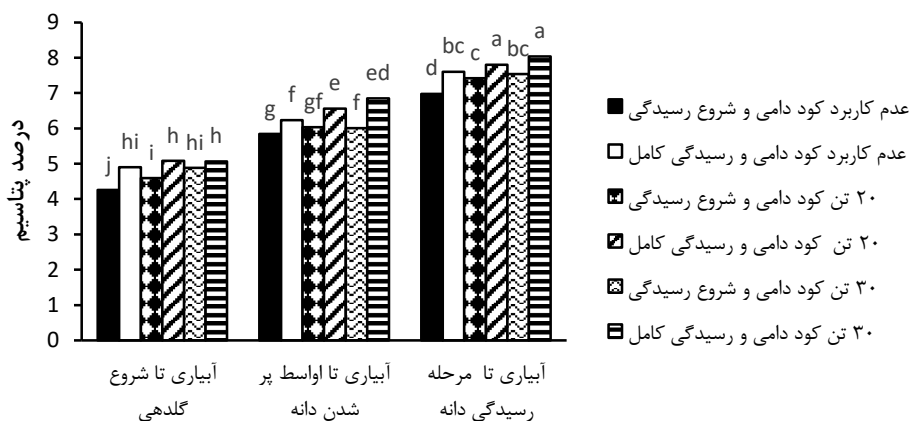
بیشترین میزان فسفر (میانگین ۰/۴۷ درصد) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت رسیدگی کامل در شرایط آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) بود. کمترین میزان فسفر میانگین (۰/۲ درصد) در تیمار عدم کاربرد کود و برداشت در مرحله شروع رسیدگی تحت شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله

گلدهی) حاصل شد. این امر نشان‌دهنده تأثیر ۵۷/۴۴ درصدی کاربرد کود دامی و زمان برداشت در رسیدگی کامل روی میزان فسفر بود (شکل ۱۱). در شرایط خشکی از مرحله گلدهی و برداشت رسیدگی کامل، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش ۱۲/۵ درصدی میزان فسفر نسبت به شاهد شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد فسفر گیاه شوید.

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۱۲: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد پتاسیم گیاه شوید.

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

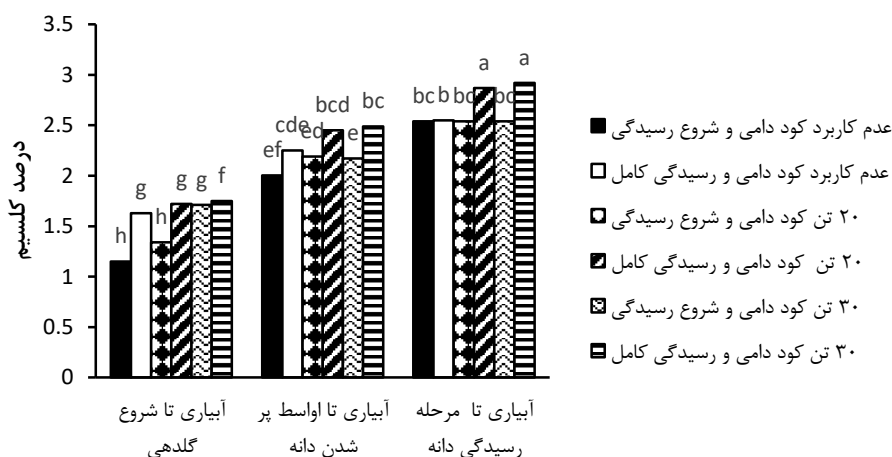
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تنش خشکی و کود دامی و زمان برداشت نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم (میانگین ۸/۰۴ درصد) از تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در مرحله

رسیدگی کامل در شرایط آبیاری تا مرحله رسیدن دانه (آبیاری نرمال) به دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در مرحله رسیدگی کامل در شرایط آبیاری تا

مرحله رسیدن دانه (آبیاری نرمال) نداشت. کمترین میزان پتاسیم (میانگین ۴/۲۶ درصد) مربوط به تیمار عدم مصرف کود دامی و برداشت در شروع رسیدگی در شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) بود (شکل ۱۲). در شرایط تنش خشکی از مرحله گلدهی و برداشت در رسیدگی کامل، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی منجر به افزایش ۱۰/۱ درصدی در میزان پتاسیم نسبت به شرایط شاهد شد (شکل ۱۲).

بیشترین میزان کلسیم با میانگین ۲/۹۲ درصد از تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت در رسیدگی کامل تحت شرایط آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) حاصل گردید که

اختلاف آماری معنی داری با تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در مرحله رسیدگی کامل در شرایط آبیاری تا مرحله رسیدن دانه (آبیاری نرمال) نداشت. کمترین میزان کلسیم (میانگین ۱/۱۵ درصد) مربوط به تیمار عدم مصرف کود دامی و زمان برداشت در شروع رسیدگی تحت شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) بود. در شرایط تنش خشکی از مرحله گلدهی، نتایج نشان دهنده افزایش تاثیر ۳۰ تن در هکتار کود دامی و زمان برداشت در رسیدگی کامل به میزان ۵۲/۱ درصد بر میزان کلسیم نسبت به شرایط بدون مصرف کود دامی و برداشت در شروع رسیدگی بود (شکل ۱۳).

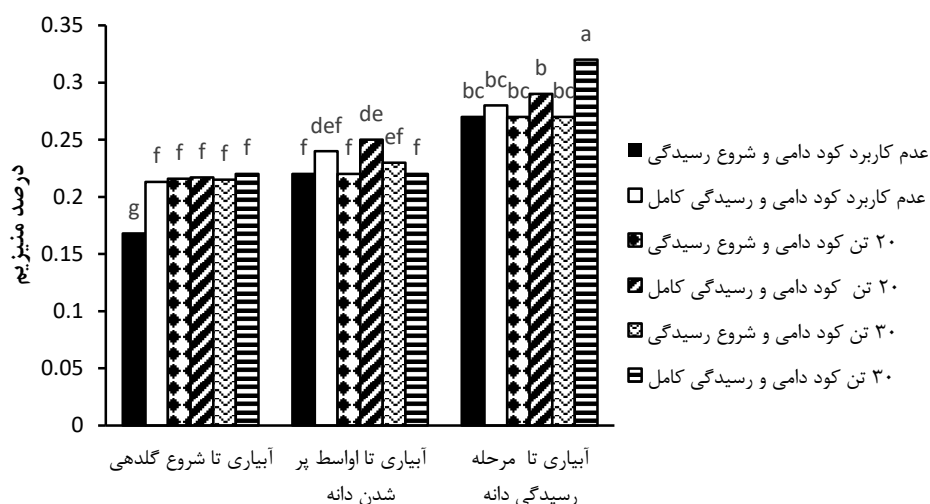


شکل ۱۳: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد کلسیم گیاه شوید.

میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین میزان منیزیم با میانگین ۰/۳۲ درصد به تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در زمان رسیدگی کامل تحت شرایط آبیاری تا مرحله رسیدگی دانه (آبیاری نرمال) اختصاص داشت. کمترین میزان منیزیم با میانگین ۰/۱۶ درصد مربوط به تیمار عدم مصرف کود دامی و برداشت در شروع رسیدگی تحت

شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) بود. می توان بیان کرد که افزایش ۵۰ درصدی میزان منیزیم گیاه شوید با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و برداشت در زمان رسیدگی کامل در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود دامی مشاهده گردید (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و زمان برداشت بر درصد منبذ گیاه شوید.

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بحث

سازوکارهای متفاوتی را در سطوح مختلف فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی به کار می‌برند که موجب اجتناب و تحمل در برابر تنش خشکی می‌شوند. افزایش میزان املاح سازگار نظیر کربوهیدرات‌های محلول و پرولین برگ در شرایط تنش خشکی از جمله این سازوکارها هستند که با کاهش پتانسیل اسمزی به حفظ تورژسانس برگ‌ها کمک می‌کند (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan, 2016). در این مطالعه، افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط اعمال خشکی مشاهده گردید که با مطالعه نورزاد و همکاران (۱۳۹۴) در گیاهان گشنیز در معرض خشکی مطابقت داشت. در تنش خشکی، به علت کاهش رشد گیاه و عدم انتقال کربوهیدرات‌ها و نیز هیدرولیز نشاسته، میزان قند بیشتری تجمع می‌یابد که باعث کاهش پتانسیل آب و در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری آب سلول می‌شود (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan, 2016; Noorzad et al., 2015). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که محتوی پرولین در پاسخ به تنش خشکی چندین برابر افزایش می‌یابد، نه تنها برای

رشد تمام گیاهان می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی و مدیریت کوددهی تغییر کند. ضمن این که خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی، رشد و عملکرد می‌تواند تحت تاثیر خشکی کاهش نشان دهد، تغییر در شرایط رشد نظیر کاربرد مقادیر مختلف کود دامی می‌تواند اثر بهبودی معنی‌داری بر رشد گیاه داشته باشد. وقوع خشکی با تأثیر منفی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و میزان عناصر معدنی گیاهان به کاهش رشد و عملکرد منجر می‌شود (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan, 2016). در این تحقیق، اعمال خشکی به خصوص از مرحله گلدهی (آبیاری تا شروع گلدهی) محتوی پرولین، میزان کربوهیدرات، درصد اسانس پیکر رویشی و درصد اسانس داد و میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، عملکرد پیکر رویشی و عملکرد دانه را کاهش داد (شکل‌های ۴ تا ۱۴). این تغییرات تحت شرایط خشکی در مطالعات زیادی گزارش شده است (Weisany et al., 2021; Noorzad et al., 2015). در مواجهه با خشکی، گیاهان

باعث کاهش رشد گل آذین، تعداد گل و دیگر اجزای عملکرد و در نتیجه کاهش تولید دانه شود. همچنین، این محققان بیان کردند که وقوع خشکی در انتهای فصل رشد مثل مرحله گلدهی با تأثیر بر صفات زراعی و اجزای عملکرد باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. از طرفی دیگر، هرچه زمان اعمال خشکی به مرحله گلدهی نزدیکتر باشد تأثیرات منفی بیشتری بر تعداد دانه دارد ولی بعد از پایان گلدهی و گرده‌افشانی تأثیر کمی بر تعداد دانه داشته و بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن هزار دانه دارد (Bijanazadeh et al., 2022).

بررسی تأثیر شرایط مختلف محیطی بر کیفیت گیاهان یکی از مهمترین زمینه‌های تحقیقاتی در گیاهان دارویی است (Akhzari and Pessarakli, 2016). در مطالعات زیادی گزارش شده است که میزان اسانس با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا می‌کند. برای مثال، میزان اسانس شوید در شرایط کم‌آبی در مقایسه با آبیاری کامل افزایش یافت اما این افزایش اسانس در شدت‌های بالای تنش کمتر بود (Amir et al., 2015). بیشترین اسانس بذر در گیاه زیره سبز در شرایط تنش شدید (دور ۳۸ روز آبیاری) و کمترین اسانس در دور پنج روز آبیاری حاصل شد (Yazdani Cham- Heidari et al., 2014). نتایج این مطالعه مبنی بر افزایش میزان اسانس دانه و اسانس پیکر رویشی شوید تحت شرایط خشکی با نتایج مطالعات فوق همخوانی داشت. گزارش شده است که هر کمبودی که باعث محدودیت رشد بیشتر از فتوسنتز گردد باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه گیاه می‌شود (Simon et al., 1992). در این مطالعه، اثر منفی خشکی بر میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم گیاه شوید مشاهده گردید. به‌طور مشابه با نتایج ما، گزارش‌های مختلفی در مورد تأثیر منفی خشکی بر غلظت عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گونه‌های مختلف گیاهی نظیر

تعادل اسمزی، بلکه برای مهار رادیکال‌های آزاد، ثبات ساختار سلولی و پتانسیل ردوکس (Ahmad Lone et al., 2022; Noorzad et al., 2015). نتایج مطالعه حاضر مبنی بر افزایش میزان پرولین گیاه شوید در شرایط خشکی با نتایج مطالعات فوق مطابقت داشت. افزایش پرولین در شرایط تنش‌های محیطی می‌تواند به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز پرولین مثل پرولین-۵-کربوکسیلات سنتتاز (Goharrizi et al., 2020) و نیز تغییرات متابولیسم نیتروژن از سنتز کلروفیل به سمت سنتز پرولین (Yousefvand et al., 2022) باشد.

در شرایط تنش‌های محیطی همچون خشکی، میزان خسارت به عملکرد گیاهان به زمان بروز تنش بستگی دارد. کمبود آب در زمان گلدهی و پر شدن دانه، عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود تنش در مراحل مختلف نمو به‌خصوص مرحله زایشی منجر به کاهش طول دوره فتوسنتزی، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و نهایتاً کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌شود (Javadipouret al., 2019). در این مطالعه، اعمال خشکی به‌خصوص از مرحله گلدهی (آبیاری تا شروع گلدهی) اثر کاهشی معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد پیکر رویشی داشت. در این راستا، مطالعات زیادی کاهش رشد، عملکرد دانه و عملکرد پیکر رویشی در شرایط خشکی را به کاهش میزان جذب آب از خاک به‌وسیله ریشه‌ها یا به علت تعرق بیشتر از برگ‌ها و نیز کاهش محتوی نسبی آب، کلروفیل، سرعت فتوسنتز و سطح برگ نسبت دادند. همچنین، میزان این خسارت را وابسته به شدت تنش و مرحله رشدی گیاه عنوان کردند (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan-Agdam, 2016; Gholinezhad et al., 2016). پژوهشگران گزارش کردند که بروز خشکی در طول مرحله گلدهی تا پرشدن دانه می‌تواند

ذرت (Weisany et al., 2021)، گشنیز (Noorzad et al., 2015)، گاوزبان (Gholinezhad et al., 2016) و اسفناج (Gweili et al., 2017) وجود دارد. کاهش میزان عناصر گیاه شوید می‌تواند به اثر خشکی بر کاهش فراهمی عناصر در خاک و کاهش رشد ریشه نسبت داده شود. گزارش شده است که در شرایط خشکی، کاهش تأمین آب بر جذب و حلالیت عناصر خاک، رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان تأثیر منفی گذاشته و باعث کاهش جذب عناصر توسط ریشه گیاه می‌شود و در نتیجه غلظت عناصر در بافت‌های گیاه کاهش پیدا می‌کند (Umair Hassan et al., 2020). همچنین، کمبود آب در خاک منجر به کاهش جریان توده‌ای و انتشار عناصر می‌شود؛ بنابراین، انتقال عناصر به سطح ریشه کم شده و منجر به جذب ناکافی عناصر به وسیله گیاه شده که متعاقباً میزان عناصر را در بافت‌های مختلف گیاه کاهش می‌دهد (Weisany et al., 2021).

این کاهش پارامترهای فیزیولوژیکی، رشد، عملکرد و کیفیت در شرایط خشکی را می‌توان با مدیریت کوددهی و تأمین عناصر بهبود بخشید (Aniket al., 2023). استفاده از کودهای آلی نظیر کود دامی می‌تواند یک استراتژی موفق برای بهبود رشد و عملکرد گیاه و کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی باشد (Loss et al., 2019). در این مطالعه، افزایش محتوی کربوهیدرات و پرولین، عملکرد دانه، عملکرد پیکر رویشی، اسانس پیکر رویشی، اسانس دانه و میزان عناصر در گیاهان شوید تیمار شده با کود دامی به ویژه در شرایط خشکی مشاهده گردید. پرولین ترکیبی پروتئینی حاوی نیتروژن است و مصرف کودهای حاوی نیتروژن تولید آن را در گیاهان افزایش می‌دهد. کودهای دامی حاوی مقادیر زیادی نیتروژن هستند؛ از این رو، به تولید بیشتر اسید آمینه پرولین کمک می‌کنند. به طور مشابه با این نتیجه، افزایش میزان

پرولین در گشنیز تیمار شده با کود دامی به افزایش نیتروژن در اثر مصرف این کود نسبت داده شد (Noorzad et al., 2015). محققان افزایش کربوهیدرات در گیاه خرفه با کاربرد کود دامی را به اصلاح بافت خاک و آزادسازی تدریجی نیتروژن قابل جذب در خاک نسبت دادند؛ زیرا نیتروژن باعث تشدید فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه و افزایش تولید کربوهیدرات‌ها می‌شود (Javadi et al., 2016). نتایج این مطالعه در خصوص افزایش کربوهیدرات با کاربرد کود آلی با نتایج مطالعه فوق مطابقت داشت. در این مطالعه، کاربرد کود آلی اثر منفی خشکی بر عملکرد دانه و عملکرد پیکر رویشی شوید را کاهش داد. در این راستا، محققان گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، استفاده از کودهای آلی منجر به افزایش تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه شوید در مقایسه با شاهد شد (Arazmjo et al., 2010). عملکرد بیولوژیکی، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه زیره سبز با کاربرد کود دامی افزایش پیدا کرد که به بهبود ساختار خاک، تأمین عناصر ضروری گیاه و افزایش رطوبت خاک توسط کود دامی نسبت داده شد (Forouzandeh et al., 2015). به نظر می‌رسد هر عاملی مانند آبیاری کامل و تأمین عناصر غذایی که فرصت رشد بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد تا موجب شکل‌گیری مکان‌های بالقوه بیشتری جهت تولید اجزای زایشی روی گیاه گردد، باعث افزایش عملکرد نیز خواهد شد. کود دامی می‌تواند از طریق فراهمی بیشتر عناصر، افزایش مواد آلی در خاک و حفظ رطوبت خاک موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، سرعت فتوسنتزی و سطح برگ شود و متعاقباً رشد و عملکرد گیاه را به ویژه در شرایط تنش بهبود دهد (Losset et al., 2019).

پژوهشگران افزایش میزان اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد ماده خشک بابونه را با کاربرد کود دامی در

شرایط تنش خشکی ملایم گزارش کردند (Heidari et al., 2012). همچنین، کاربرد کود دامی منجر به افزایش اسانس دانه رازیانه شد (Khoshpik et al., 2016). نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر مثبت کود دامی بر اسانس دانه و اسانس پیکر رویشی شوید با نتایج مطالعات فوق مطابقت داشت. بهبود جذب عناصر و نیز بهبود فتوسنتز و تولید بیشتر اسیمیلات‌ها در اثر کود دامی می‌تواند دلیلی بر افزایش اسانس با کاربرد کود دامی باشد که در سایر تحقیقات گزارش شده است (Heidari et al., 2012). استفاده از کودهای آلی می‌تواند جذب عناصر را افزایش دهد که نشان‌دهنده مفید بودن این کودها بر رشد و عملکرد گیاهان است. از طرفی دیگر، افزودن کودهای آلی به خاک باعث افزایش حفظ آب خاک شده و در نتیجه منجر به کاهش آبشویی نترات و افزایش نیتروژن قابل دسترس می‌شود. در دسترس بودن عناصر در ریزوسفر گیاه می‌تواند بر فتوسنتز، بیوسنتز پروتئین و تقسیم و تولید شدن سلول‌ها تأثیر بگذارد و در نتیجه منجر به تجمع زیست توده گیاهی شود (Loss et al., 2019). در این مطالعه نیز افزایش میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم با افزودن کود دامی مشاهده گردید. به طور مشابه، محققان بیان کردند که اگرچه تنش خشکی موجب کاهش میزان عناصر (همچون پتاسیم، فسفر و نیتروژن) در بابونه آلمانی و کاسنی می‌شود اما استفاده از کودهای آلی درصد عناصر غذایی را افزایش می‌دهد به‌ویژه زمانی که گیاهان تحت شرایط تنش خشکی متوسط تا شدید قرار داشتند (Salehi-Lisar and Bakhshayeshan-Agdam, 2016; Heydarzadeh et al., 2023). با تشدید تنش رطوبتی جذب منیزیم در گیاه اسفناج در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد ولی استفاده از کود بیوجار گاوی در مقایسه با شاهد غلظت منیزیم را افزایش داد (Gweili et al., 2017). کودهای دامی با افزایش مواد

آلی در خاک، تعادل نسبی کربن به نیتروژن و قابلیت جذب عناصر گیاه که همگی برای رشد گیاه نیاز هستند؛ را تأمین می‌کنند (Eliaspouret al., 2020). این مطالعه نشان داد که برداشت در مرحله رسیدگی از نظر افزایش عملکرد پیکر رویشی، عملکرد دانه و محتوی عناصر مناسبتر از مرحله شروع رسیدگی می‌باشد زیرا هر چه مراحل رسیدگی پیشرفت کند گیاه طول دوره رشد بیشتری را سپری می‌کند و فتوسنتز بیشتر، تولید اسیمیلات‌های بیشتر، جذب بیشتر عناصر و انتقال مجدد عناصر بیشتری را تجربه می‌کند. محققان علت افزایش عملکرد دانه در مرحله رسیدگی کامل را به بلوغ کامل گیاه، پر شدن مناسب دانه‌ها و افزایش وزن دانه‌ها و متعاقباً افزایش وزن هزار دانه نسبت داده‌اند (Mir Abdollahi, 2011). به طور مشابه با نتایج ما، محققان بیشترین عملکرد دانه گیاه رازیانه را در زمان برداشت رسیدگی کامل گزارش کردند (Pour yousef, 2015). همچنین، در مطالعه زمان برداشت آویشن ابلق، بیشترین وزن تازه و وزن خشک پیکر رویشی از مرحله گلدهی کامل و مرحله تشکیل میوه بدست آمد (Omidbeigi et al., 2010). پژوهشگران مناسبترین زمان برداشت پیکر رویشی آویشن ابلق برای حصول بیشترین عملکرد اسانس را مرحله تشکیل میوه اعلام کردند (Omidbeigi et al., 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که اعمال خشکی از طریق کاهش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم موجب کاهش عملکرد پیکر رویشی و عملکرد دانه شوید شد. این تأثیر منفی در شرایط آبیاری تا شروع گلدهی (تنش خشکی از مرحله گلدهی) بیشتر بود. اعمال خشکی موجب افزایش میزان پرولین، کربوهیدرات، اسانس دانه و اسانس پیکر رویشی شد.

برداشت در مرحله رسیدگی کامل مناسب‌ترین زمان از نظر عملکرد، میزان اسانس و محتوای عناصر بود. با افزایش سطوح کود دامی تا ۳۰ تن کود در هکتار همه صفات مورد مطالعه در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری نشان دادند. از آنجایی که استفاده از کودهای شیمیایی باعث بروز مشکلات زیست محیطی می‌شوند و اثرات مضری بر چرخه‌های زیستی بوم‌نظام‌های زراعی دارند می‌توان در شرایط تنش خشکی مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی را برای افزایش رشد، عملکرد کمی و کیفیت گیاه شوید و نیز اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق مستخرج از پایان نامه دانشجویی بوده و با حمایت مالی دانشگاه زابل انجام شده است.

References

- Fukase, E. and Martin, W.J. (2017). Economic Growth, Convergence, and World Food Demand and Supply; Policy Research Working Paper 8257; World Bank Group, Development Research Group Agriculture and Rural Development Team: Washington, DC, USA.
- Pawlak, K. and Kołodziejczak, M. (2020). The Role of Agriculture in Ensuring Food Security in Developing Countries: Considerations in the Context of the Problem of Sustainable Food Production. *Sustainability*, 12(13): 5488. doi:10.3390/su12135488.
- Eliaspour, S., Seyed Sharifi, R. and Shirkhani, A. (2020). Evaluation of interaction between *Piriformospora indica*, animal manure and NPK fertilizer on quantitative and qualitative yield and absorption of elements in sunflower. *Food science and nutrition*, 8(6): 2789-2797. doi:10.1002/fsn3.1571
- Salehi-Lisar, S.Y. and Bakhshayeshan-Agdam, H. (2016). Drought stress in plants: Causes, consequences, and tolerance, In: Hossain, M., Wani, S., Bhattacharjee, S., Burritt, D., Tran, L.S. (eds), Drought stress tolerance in plants, Vol 1, Springer, Cham.
- Anik, T.R., Mostofa, M.G., Rahman, M.M., Khan, M.A.R., Ghosh, P.K., Sultana, S., Das, A.K., Hossain, M.S., Keya, S.S., Rahman, M.A. and Jahan, N. (2023). Zn Supplementation Mitigates Drought Effects on Cotton by Improving Photosynthetic Performance and Antioxidant Defense Mechanisms. *Antioxidants*, 12(4): 854. doi:10.3390/antiox12040854
- Gholinezhad, R., Sirousmeher, A.R. and Fakheri, B.T. (2016). Evaluation of irrigation regimes and organic fertilizers on the quantitative and qualitative performance of borage (*Borago officinalis* L.). *Scientific-Research Journal of Crop Ecophysiology*, 3(399): 683-696.
- Bijanazadeh, E., Moosavi, S. M. and Bahadori, F. (2022). Quantifying water stress of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars by crop water stress index under different irrigation regimes. *Heliyon*, 8(3). doi:10.1016/j.heliyon.2022.e09010
- Forouzandeh, M., Karimian, M. A. and Mohkami, Z. 2015. Effect of drought stress and different types of organic fertilizers on yield of cumin components in Sistan region. *European Journal of Medicinal Plants*, 5(1): 95-100. DOI:10.9734/EJMP/2015/12564
- Weisany, W., Mohammadi, M., Tahir, N. A. R., Aslanian, N. and Omer, D. A. (2021). Changes in growth and nutrient status of maize (*Zea mays* L.) in response to two zinc sources under drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21: 3367-3377. DOI:10.1007/s42729-021-00612-y
- Umair Hassan, M., Aamer, M., Umer Chattha, M., Haiying, T., Shahzad, B., Barbanti, L., Nawaz, M., Rasheed, A., Afzal, A., Liu, Y. and Guoqin, H. (2020). The Critical Role of Zinc in Plants Facing the Drought Stress. *Agriculture*, 10(9): 396. doi: 10.3390/agriculture10090396
- Loss, A., Couto, R. D. R., Brunetto, G., Veiga, M. D., Toselli, M. and Baldi, E. (2019). Animal manure as fertilizer: changes in soil attributes, productivity and food composition. *International Journal of Research Granthaalayah*, 7(9): 307-331.

- Ramakrishna, W., Yadav, R. and Li, K. (2019). Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. *Applied Soil Ecology*, 138: 10-18. doi:10.1016/j.apsoil.2019.02.019
- Khoshpik, S., Sadrabadi Haghighi, R. and Ahmadian, A. (2016). The effect of nitrogen fertilizer and nano-fertilizer on yield, yield components and essential oil of the medicinal plant fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Agricultural Research*, 14(4): 775-787.
- Heydarzadeh, S., Rahimi, A., Hassanzadeh Ghortepeh A. and Amirnia, R. 2023. Roghayeh Vahedi 5 The Effect of Manure and Water Stress on Nutrient Uptake and Some Biochemical Properties in Chicory (*Cichorium intybus* L.). *Iranian Soil and Water Research Journal*, 53(2): 305-315. doi: 10.22059/ijswr.2022.332752.669108.
- Yadav, G., Sonigra, P. and Meena, M. (2022). A review on pharmaceutical and medicinal importance of Anethum graveolens L. *Acta Scientific Nutritional Health*, 6(7): 23-28. doi: 10.3389/fnut.2025.1666391
- Omidbeigi, R., Fattahi, F., Fattahi, F. and Karimzadeh, Gh. (2010). Harvest time effect on the herb yield and essential oil content of lemon thyme (*Thymus citriodorus* (Pers.) Schreb). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(3): 317-325.
- Pouryousef, M. (2015). Effects of terminal drought stress and harvesting time on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(6): 889-897. doi:10.22092/ijmapr.2015.11924
- Hornok, L. (1979). Effect of Nutrition Supply on Yield of Dill/Anethum graveolens L./and The Essential Oil Content. In II International Symposium on Spices and medicinal Plants 96 (pp. 337-342).
- Sheligl, H.Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal*, 47: 51-60.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. A. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39: 205-207.
- Wilson, J. R. (1983). Effect of water stress on in vitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Australian Journal of Agricultural Research*, 34: 377-390.
- Ryan J.R., Estefan G., Rashid A. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual, (2 nd edition). ICARDA, Syria. Pp: 231.
- Soloman, M., Geldalovich, E., Mayer, A. M. and Poljakoff, M. A. (1986). Changes induced by salinity to the anatomy and morphology of excised pea roots in culture. *Annals of Botany*, 57: 811-818.
- Chapman, H. D. and Pratt, P. F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of Agricultural Sciences. University of California, Berkeley, 169-176.
- Kjeldahl, J. G. C. T. 1883. Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körpern. *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22(1): 366-382.
- Noorzad, S., Ahmadian, A. and Moghadam, M. (2015). Investigation of proline content, chlorophyll index, carbohydrate and nutrient absorption in the medicinal plant coriander (*Coriandrum sativum* L.) under the influence of drought stress and fertilizer treatment. *Iranian Agricultural Research*, 13(1): 131-139.
- Ahmad Lone, W., Majeed, N., Yaqoob, U. and John, R. (2022). Exogenous brassinosteroid and jasmonic acid improve drought tolerance in Brassica rapa L. genotypes by modulating osmolytes, antioxidants and photosynthetic system. *Plant Cell Reports*, 41(3): 603-617. DOI: 10.1007/s00299-021-02763-9
- Goharrizi, K.J., Baghizadeh, A., Afroushteh, M., Amirmahani, F. and Kermani, S.G. (2020). Effects of salinity stress on proline content and expression of $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthase and vacuolar-type H⁺ subunit E genes in wheat. *Plant Genetic Resources*, 18(5): 334-342. doi:10.1017/S1479262120000350

- Yousefvand, P., Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W. and Mastinu, A. (2022). salicylic acid stimulates defense systems in *Allium hirtifolium* grown under water deficit stress. *Molecules*, 27(10): 3083. doi:10.3390/molecules27103083
- Javadipour, Z., Balouchi, H., Dehnavi, M.M. and Yadavi, A. (2019). Roles of methyl jasmonate in improving growth and yield of two varieties of bread wheat (*Triticum aestivum*) under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 222: 336-345. doi: 10.3390/genes14051072
- Akhzari, D. and Pessarakli, M. 2016. Effect of drought stress on total protein, essential oil content, and physiological traits of *Levisticum officinale* Koch. *Journal of Plant Nutrition*, 39(10): 1365-1371. doi:10.22092/ijmapr.2019.123365.2400
- Amiri, H., Emami, H.A. and Abdollahi, S.F. (2015). Studying the effect of drought stress on the quality and quantity of dill essential oil (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 3(10): 143-149. doi: 10.22067/agry.2023.83280.1159.
- Yazdani Cham-Heidari, Y., Ramroudi, M. and Asgharipour, M.R. (2014). Study of drought stress on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the influence of foliar application of iron and zinc. *Journal of Applied Sciences Research of Plant Ecophysiology*, 1(3): 81-96.
- Simon, J. E., Reiss-Bubenheim, D., Joly, R. J. and Charles, D. J. (1992). Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *Journal of Essential Oil Research*, 4(1): 71-75. doi:10.1080/10412905.1992.9698013
- Gweili, A., Mousavi, S.A.A. and Kamgar Haghighi, A.A. (2017). The effect of cow manure biochar on the chemical composition of spinach grown under different moisture conditions in a calcareous soil. *Soil Research*, 3(4): 525-544.
- Javadi, H., Rezvani Moghaddam, P., Rashed Mohasel, M.H. Seghatoleslami M.J. (2018) The effect of different levels of nitrogen and green manure on yield and nitrogen absorption efficiency in Purslane as a medicinal plant. *Journal of Crop Improvement*, 20(2): 453-465. doi: 10.22059/jci.2018.238176.1799
- Arazmjo, A., Heidari, M. and Ghanbari, A. (2010). The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(4): 482-494. doi: 10.22092/ijmapr.2010.7131
- Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A. and Saba, J. (2012). Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(1): 121-130. doi: 10.22092/ijmapr.2012.4019
- Mir Abdollahi, S.M. (2011). Changes in the amount and composition of the essential oil of the medicinal plant fennel under limited irrigation conditions. Master's thesis, University of Zanjan.