بررسی امکان کاهش خسارت پروتئین و روغن کنجد با محلول‌پاش پوترسین و نیترات کلسیم تحت شرایط کمبود آب

سمیرا قلی‌پور[۱]، غلامرضا زمانی[۲*] و مجید جامی الاحمدی [۳]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲ و ۳) دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

[*]نویسنده مسئول: grz1343@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۰۸**

چکیده

کنجد یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی دنیا می‌باشد که به‌دلیل برخورداری از روغن بالای دانه یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت اسپلیت پلات ـ فاکتوریل با سه سطح رطوبتی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در کرت اصلی و محلول‌پاشی نیترات کلسیم در سه سطح ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار و پوترسین در دو سطح (۰/۵ میلی‌مولار و محلول‌پاشی با آب) در کرت‌های فرعی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. نتایج نشان داد برهم‌کنش سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم در پوترسین در صفات محتوای نسبی آب، نشت یونی، پتانسیل اسمزی، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین معنی‌دار شد. کاهش سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی منجربه کاهش محتوای آب نسبی، پتانسیل اسمزی، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن شد، اما نشت یونی و درصد پروتئین دانه تحت شرایط کاهش سطوح رطوبتی افزایش پیدا کرد. در بین ترکیبات محلول‌پاشی شده، کاربرد نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین از نظر صفات محتوای نسبی آب، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین دارای میانگین بالاتری در مقایسه با بقیه تیمارها بود. بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۶۷۳/۹۳ کیلوگرم در هکتار) در سطوح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی با مصرف پوترسین و ۱۰ میلی‌مولار نیترات کلسیم حاصل شد. هم‌چنین برهم‌کنش‌های دوگانه سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم و سطوح رطوبتی در پوترسین بر درصد روغن دانه معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی، عملکرد دانه و محتوای آب نسبی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

مقدمه

کنجد گیاهی علفی یک‌ساله و یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دانه روغنی می‌باشد که با مناطق خشک و نیمه‌خشک سازگار شده و به‌عنوان ملکه گیاهان روغنی شناخته شده است (Roul *et al*., 2017) و تحمل قابل قبولی به شرایط کم‌آبی از خود نشان می‌دهد (Silva *et al*., 2016). البته خشکی بیش از اندازه نیز سبب کاهش محصول می‌گردد، اما اصولاً رطوبت زیاد برای رشد این گیاه مناسب نیست (رخشنده‌رو و زمان فشمی، ۱۳۹۶). تنش کمبود آب زمانی اتفاق می‌افتد که میزان تعرق بیش از میزان جذب آب باشد، در این زمان ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث ایجاد تنش در گیاه شده و منجربه کاهش تولید می‌شوند (سمیعی و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین فاکتورهای اثرگذار بر ترکیبات بذر، میزان پروتئین، عملکرد دانه و در نهایت کیفیت دانه کنجد به‌شمار می‌رود (Thornton *et al*., 2014). در مقایسه با سایر تنش‌های زیستی و محیطی که گیاهان طی فصل رشد در معرض آن‌ها هستند، به‌مراتب تاثیر شدیدتری بر کاهش عملکرد دارد و در صورت تداوم تنش، موجب مرگ گیاه می‌شود (دیوسالار و همکاران، ۱۳۹۵). گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی مختلف از جمله خشکی، عکس‌العمل نشان می‌دهند تا قادر به بقاء و ادامه حیات باشند (حسن‌پور لسکوکلایه و همکاران، ۱۳۹۴). با این حال عامل تنش اکسیداتیو در طول شرایط استرس و عدم تعادل متابولیکی منجربه تشکیل بیش از حد ظرفیت گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه شده که می‌تواند سبب تغییر ساختار عملکردی و مهار آن‌ها در گیاه شود (Hsaaani *et al*., 2016). در گیاهان عالی، پلی‌آمین‌ها به‌طور عمده به شکل آزاد وجود دارند. پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین اصلی‌ترین پلی‌آمین‌ها در گیاهان هستند و آن‌ها در تنظیم فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی نقش دارند (Mustafavi *et al*., 2018). این ترکیبات در رشد گیاهان، جنین‌زایی، پیری، بلوغ، رشد میوه و هم‌چنین در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده نقش دارند (Reis *et al*., 2016). اهمیت پلی‌آمین‌ها در رویارویی با تنش‌ها می‌تواند به‌دلیل نقش آن‌ها در تنظیم اسمزی، حفظ و پایداری غشاء، کاهش نشت یونی و پاک‌سازی کننده رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر از محیط سلول‌ها باشد (Liu *et al*., 2015). کاربرد پوترسین به‌عنوان یک روش مناسب برای کاهش خسارات ناشی از تنش درنظر گرفته شده است و کاربرد آن در شرایط تنش کم‌آبی در گیاه فلفل شیرین سبب بهبود ویژگی‌های این گیاه گردید (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۶). محلول‌پاشی پوترسین اثرات سوء ناشی از تنش خشکی را در نهال‌های گردوی ایرانی کاهش داد و منجربه کاهش میزان نشت یونی در این گیاه شد (پروین و خضری، ۱۳۹۴). از طرف دیگر کلسیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر، اهمیت زیادی در کنترل تنش‌های محیطی در گیاهان دارد (Souguir and Hannachi, 2017). کلسیم ضمن تقویت استحکام غشاء سلولی از طریق انباشته شدن اسمولیت‌های سازگار باعث کاهش پتانسیل اسمزی شده و محتوای نسبی آب را بهبود می‌بخشد (Ibrahim *et al*.,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

2016). هم‌چنین به‌عنوان پیک ثانویه در گیاهان عمل می‌کند و در انتقال انواع وسیعی از علائم شرکت دارد، بنابراین ممکن است جزء مهمی از پاسخ گیاهان به خشکی باشد (بیک خورمیزی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد کلسیم اثرهای سوء تنش خشکی بر گیاهان مختلف مثل آفتابگردان (Ibrahim *et al*., 2016) و کلزا (منشی و همکاران، ۱۳۹۶) را کاهش می‌دهد. کلسیم در کاهش پتانسیل اسمزی و حفظ فشار تورژسانس در گیاهان تحت شرایط تنش نقش موثری داشته است (Ahmad *et al*., 2016). با توجه به کمبود شدید منابع آبی، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی سطوح مختلف نیترات کلسیم و پوترسین و ارتباط آن‌ها با برخی صفات بیوشیمیایی و هم‌چنین عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد روغن، درصد پروتئین دانه کنجد در شرایط کم آبیاری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند بر روی گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) انجام گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات ـ فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سطوح رطوبتی در سه سطح شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی نیترات کلسیم در سه سطح ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی پوترسین در دو سطح ۰ و ۰/۵ میلی‌مولار در کرت‌های فرعی به‌صورت فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفتند. علاوه بر این در هر کرت اصلی یک کرت فرعی به‌عنوان شاهد بدون تیمار لحاظ شد. نمونه‌گیری از خاک مزرعه قبل از کاشت انجام شد و سپس مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک

بافت	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلسیم	رطوبت اشباع	ماده آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی
شنی ـ لومی	میلی‌اکی‌والان بر لیتر				درصد	درصد	-	(دسی‌زیمنس بر متر)
	۴/۴	۱۱	۱۵/۲	۵	۵/۲۴	۰/۳۸	۸	۵/۲

کاشت بذور کنجد با فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۵ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۴۰ بوته در متر مربع در اواسط خرداد انجام شد (بهروز و همکاران، ۱۳۸۸)، فاصله بین کرت‌های اصلی (تیمار رطوبتی) سه خط نکاشت (۱/۵ متر) تا از نشت رطوبت به کرت مجاور جلوگیری شود و فاصله بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت (۰/۵ متر) در نظر گرفته شد. قبل از کاشت کوددهی اولیه NPK به نسبت ۲۰×۲۰×۲۰ به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین اضافه شد و با خاک مخلوط گردید. مرحله اول محلول‌پاشی پوترسین و نیترات کلسیم دو روز بعد از اعمال تنش (مرحله نونهالی) و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.1.3]

مرحله دوم محلول‌پاشی ۳۸ روز پس از کاشت در (مرحله گرده‌افشانی) در غلظت‌های مذکور انجام گرفت (Shirazi *et al*., 2017; Naeem *et al*., 2017). هم‌چنین فواصل بین دو محلول‌پاشی حداقل یک هفته درنظر گرفته شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها (۲۵ روز بعد از کاشت) تیمارهای آبیاری بر اساس ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کنجد انجام گرفت. به‌منظور کاهش تبخیر و جذب بیش‌تر، محلول‌پاشی یک ساعت قبل از غروب آفتاب انجام شد. نیاز آبی گیاه بر اساس میزان آب موردنیاز کنجد با استفاده از مدل CROPWAT در شرایط شهر بیرجند تعیین شد. حجم آب مورد استفاده توسط کنتور حجمی کنترل شد. اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Schlemmer *et al*., 2005):

رابطه ۱: $$\% RWC= F_W - D_W / T_W - D_W \times 100$$

که در این رابطه T_W وزن تورژسانس و وزن خشک D_W می باشد. اندازه‌گیری نشت الکترولیت با استفاده از روش Ben Hamed و همکاران (۲۰۰۷) اندازه‌گیری گردید (رابطه ۲):

رابطه ۲: $$\%EL= [EC1/EC2] \times 100$$

در این رابطه Ec_1 نسبت اولیه و EC_2 نشت ثانویه می‌باشد. میزان پتانسیل اسمزی بافت گیاهی بر اساس هدایت الکتریکی تعیین شد. با استفاده از رابطه ۳ پتانسیل اسمزی محاسبه شد (Janardhan and Krishnamorthy, 1975):

رابطه ۳: $$OP= \frac{Ec\ (25°\text{در دماي})\ \times 0.36 \times df}{0.987}$$

در این رابطه df فاکتور رقیق‌سازی، OP پتانسیل اسمزی برحسب بار است. برای محاسبه عملکرد دانه بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی تعداد ۵ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات موردنظر اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای روغن دانه از روش سوکسله (AOAC, 1990) و جهت سنجش پروتئین دانه از روش کجلدال استفاده شد (Licitra *et al*., 1996). عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه محاسبه گردید. در این آزمایش برای مقایسه شاهد با تیمارهای محلول‌پاشی در سطوح مختلف نیترات کلسیم و مصرف پوترسین و هم‌چنین محلول‌پاشی با آب، داده‌های آزمایشی یک‌بار هم نیز در قالب طرح اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی آنالیز شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و EXCEL صورت گرفت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که اثر ساده سطوح رطوبتی در کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد و برهم‌کنش دوگانه سطوح رطوبتی در تیمار در صفات محتوای نسبی آب و درصد روغن در سطح احتمال ۵ درصد و در بقیه صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین مربعات مربوط به مقایسه اثر محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پوترسین

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب (درصد)	نشت یونی (درصد)	پتانسیل اسمزی (مگاپاسگال)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین (درصد)
بلوک	۲	۵/۱۵۱^{ns}	۴۵/۴^{ns}	۰/۵۹^{ns}	۴۱۳/۳۹^{ns}	۰/۷۰۶^{ns}	۴/۸۶^{ns}	۲/۲۵^{ns}
سطوح رطوبتی	۲	۱۰۵۲*	۱۱۳۸/۴**	۴۵/۰۱**	۱۶۳۴۴۴**	۴۷/۳۵۸**	۳۸۹۸۳۴/۸**	۳۰/۶**
خطای الف	۴	۱۵/۹	۲۷/۹	۱/۰۲	۹۶۸۷/۵	۲/۱۲۹۷	۱۵۰۱/۸	۰/۹۵
تیمارها	۶	۵۴۰۶/۶*	۲۰۷۳/۸**	۱۱۶/۰۵**	۴۸۴۴۷۹**	۵۹/۱۸۷**	۱۵۶۶۹۲/۴**	۶۳/۱**
تیمار × سطوح رطوبتی	۱۲	۸۰/۰۴*	۷۶/۳۹**	۶/۲**	۲۵۹۲۱/۶**	۲/۹۳۳*	۷۳۷۳/۷**	۶/۶**
خطای ب	۳۶	۲۲/۰۱	۱۳/۴	۱/۱	۲۲۷۹/۱	۱/۱۵۷	۷۶۰/۵	۰/۵۸
ضریب تغییرات	-	۶/۶۷	۱۱/۴۲	۱۱/۱۷	۴/۴۴	۲/۴۳	۵/۶۷	۳/۰۹

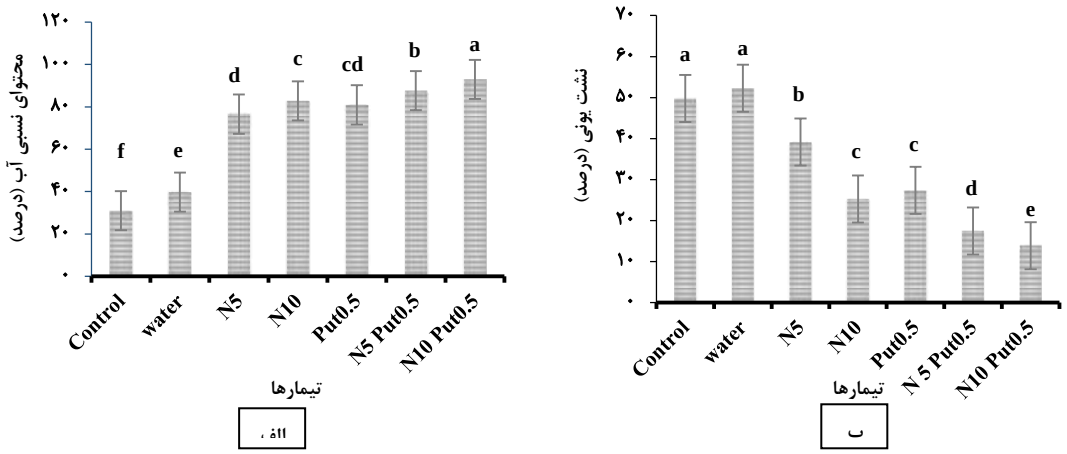
*و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد و ns معنی‌دار نیست.

محتوای نسبی آب برگ

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای نسبی آب نشان داد که تیمارهای سطوح رطوبتی، محلول‌پاشی نیترات کلسیم و محلول‌پاشی پوترسین همچنین برهم‌کنش سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم و محلول‌پاشی نیترات کلسیم در پوترسین اثر بسیار معنی‌داری بر روی میزان محتوای نسبی آب دارا بودند و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان محتوای نسبی آب معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه تیمارها با شاهد نشان داد که تمامی تیمارها نسبت به شاهد دارای محتوای نسبی آب بیشتری بودند. حداکثر مقدار محتوای نسبی آب برگ (۹۲/۹ درصد) محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین و حداقل میزان محتوای آب نسبی (۳۰/۹ درصد)، بدون محلول‌پاشی اختصاص یافت (شکل ۱ الف). مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح رطوبتی، محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پوترسین نشان داد که بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۹۸/۸ درصد) در سطوح رطوبتی ۷۵ درصد نیاز آبی محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی-مولار و با مصرف پوترسین و کم‌ترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۳۰/۴ درصد) در سطوح ۵۰ درصد نیاز آبی عدم محلول‌پاشی نیترات کلسیم و بدون کاربرد پوترسین به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳۹ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.1.3]



شکل ۱: اثر تیمارهای اعمال‌شده بر روی محتوای نسبی آب برگ (الف) و نشت یونی (ب)

اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Control ،P= Putrescine N= Ca (NO3)2 بدون محلول‌پاشی، Water محلول‌پاشی با آب، N_5 نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار، N_{10} نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار، $Put_{0.5}$ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_5 $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_{10} $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار

جدول ۳: مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های محتوای آب نسبی، نشت یونی، پتانسیل اسمزی، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب (درصد)	نشت یونی (درصد)	پتانسیل اسمزی (مگاپاسگال)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین (درصد)
بلوک	۲	۰/۲۵۲^{ns}	۴۲/۶^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۶۰۵/۳۹^{ns}	۰/۸۳۳۶^{ns}	۷۲/۲۹^{ns}	۲/۷۵
سطوح رطوبتی	۲	۱۰۹۸***	۸۵۱/۶***	۴۵/۵**	۱۵۴۵۵۳۲/۲**	۴۵/۲**	۳۷۳۵۸۷/۸***	۲۷/۳۴**
خطای اصلی	۴	۳۱/۹	۱۶/۵	۱/۴۸	۹۵۸۳/۵	۲/۱۷۴	۱۲۶۶/۶	۱/۰۴
محلول‌پاشی نیترات	۲	۳۷۹۱/۶***	۱۸۵۸/۶***	۸۵/۳***	۴۸۹۵۵۵/۵***	۵۹/۶**	۱۷۳۲۳۷/۹***	۹۷/۸**
محلول‌پاشی پوترسین	۱	۵۸۴۷/۶***	۵۰۲۵/۶***	۳۱۶/۷***	۸۸۳۹۲۹/۷***	۴/۴**	۲۹۳۶۸**	۶۱/۵**
سطوح رطوبتی× نیترات کلسیم	۴	۱۲۶/۹***	۴۲/۱*	۳/۹*	۳۷۵۱۰/۶***	۳/۵**	۱۳۰۱۱/۳***	۲/۳۱*
سطوح رطوبتی× پوترسین	۲	۱۴/۶۸^{ns}	۳۷/۵*	۱/۶۱^{ns}	۳۴۷۸۱/۲***	۴/۴*	۶۱۹۹/۱**	۵/۲۶**
نیترات کلسیم× پوترسین	۲	۱۴۰۶/۳***	۲۲۵/۰۹**	۹/۲۵**	۸۲۹۱/۵*	۳/۱۵^{ns}	۷۰۰۶/۹***	۱/۰۷^{ns}
سطوح رطوبتی× نیترات کلسیم× پوترسین	۴	۶۹/۹*	۱۳۹/۰۹**	۹/۸۱**	۱۰۳۴۹/۸**	۲/۴۴^{ns}	۲۰۹۵/۳*	۱۵/۰۲**
خطای فرعی	۳۰	۱۹/۰۴	۱۱/۱	۱/۰۴	۲۴۹۳/۹	۱/۲۹	۷۷۸/۱۷	۰/۶۸
ضریب تغییرات	-	۵/۶۸	۱۱/۴	۹/۸	۴/۴۳	۲/۵۴	۵/۴۲	۳/۲۷

*، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد، ۱ درصد، بسیار معنی‌دار و ns معنی‌دار نیست.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

جدول ۴: مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های محتوای نسبی آب، نشت یونی، پتانسیل اسمزی، عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین

سطوح رطوبتی (درصد)	نیترات کلسیم (میلی‌مولار)	پوترسین (میلی‌مولار)	محتوای نسبی آب (درصد)	نشت یونی (درصد)	پتانسیل اسمزی (مگاپاسگال)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین (درصد)
۵۰	۰	عدم مصرف	۳۰/۴ j(c)	۵۶/۴ a(a)	-۶/۴abc(a)	۶۳۳/۶ i(e)	۲۴۵/۷ j(d)	۲۲/۱ i(e)
		مصرف	۶۸/۸ g(b)	۴۳/۷ b(b)	-۱۳/۹ hi(c)	۷۶۸/۷ gh(cd)	۳۳۴/۰ hi(bc)	۲۶/۰ ef(d)
	۵	عدم مصرف	۶۸/۸ g(b)	۴۴/۰ b(b)	-۸/۳ d(a)	۶۸۷/۱ hi(de)	۲۹۱/۲ ij(cd)	۲۶/۶ de(cd)
		مصرف	۷۳/۶ efg(b)	۲۶/۰ d(d)	-۱۴/۱ hi(c)	۸۹۰/۳ f(ab)	۴۳۴/۷ e(a)	۲۷/۵ cd(bc)
	۱۰	عدم مصرف	۷۳/۱ fg(b)	۳۶/۱ c(c)	-۱۱/۳ ef(b)	۷۹۸/۰ g(bc)	۳۵۱/۷ gh(b)	۲۸/۲ bc(ab)
		مصرف	۹۱/۶ abc(a)	۱۶/۴ efg(e)	-۱۴/۷ i(c)	۹۵۸/۶ f(a)	۴۳۳/۸ e(a)	۲۹/۲ ab(a)
۷۵	۰	عدم مصرف	۳۸/۵ i(e)	۵۰/۴ a(a)	-۵/۴ ab (a)	۹۳۳/۸ f(e)	۳۸۴/۹ fg(d)	hi(c)
		مصرف	۸۴/۷ cd(cd)	۲۱/۴ de(c)	-۱۰/۲ e(c)	۱۲۸۱/۱ d(c)	۵۷۳/۳ d(c)	۲۲/۵ hi(c)
	۵	عدم مصرف	۷۹/۹ def(d)	۳۷/۸ c(b)	-۸/۰۵ cd(b)	۱۱۴۹/۷ e(d)	۴۳۸/۳ e(d)	۲۴/۹ fg(b)
		مصرف	۹۴/۵ ab(ab)	۱۲/۱ g(e)	-۱۴/۴ hi(d)	۱۳۹۱/۹ c(b)	۶۶۹/۶ c(b)	۲۳/۶ gh(c)
	۱۰	عدم مصرف	۹۰/۳ bc(bc)	۱۹/۶ ef(cd)	-۱۲/۶ fgh(d)	۱۳۵۳/۶ cd(bc)	۶۶۳ c(b)	۲۴/۸ fg(b)
		مصرف	۹۷/۸a(a)	۱۳/۷ g(de)	-۱۴/۸ i(d)	۱۵۴۱/۸ b(a)	۷۴۶/۲ b(a)	۲۹/۶ a(a)
۱۰۰	۰	عدم مصرف	۵۰/۲ h(d)	۴۴/۸ b(a)	-۵/۹ ab(ab)	۹۲۴/۶ f(d)	۳۹۸/۹ ef(e)	۲۰/۴ j(c)
		مصرف	۸۹/۲ bc(b)	۱۶/۹ efg(b)	-۶/۹ ab (ab)	۱۱۸۱ e(c)	۵۴۷/۱ d(d)	۲۴/۶ g(b)
	۵	عدم مصرف	۸۰/۸ de(c)	۳۵/۴ c(c)	-۴/۸ a(a)	۱۱۴۳/۶ e(c)	۵۳۷/۳ d(d)	۲۰/۶نج(c)
		مصرف	۹۴/۸ ab(a)	۱۴/۲ fg(cd)	-۱۱/۹ efg(d)	۱۶۰۶/۵ ab(a)	۷۳۱/۱ b(b)	۲۶/۱ ef(ab)
	۱۰	عدم مصرف	۸۴/۸ cd(bc)	۱۹/۹ e(cd)	-۸/۰۳ cd(c)	۱۳۶۷ c(b)	۶۴۸/۷ c(c)	۲۶/۹ cde(a)
		مصرف	۸۹/۳ bc(b)	۱۱/۴ g(d)	-۱۳/۴ ghi(e)	۱۶۷۳/۹ a(a)	۸۱۷/۱ a(a)	۲۷/۳ cde(a)

حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرهای متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

طبق نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر مشخص شد بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم و مصرف پوترسین مشاهده شد، به‌طوری‌که با افزایش یافتن سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی، مقدار این صفت کاهش یافت. دلیل کاهش محتوای نسبی آب تحت تنش خشکی می‌تواند کاهش پتانسیل آب برگ، افزایش میزان تعرق از طریق برگ‌ها و کاهش جذب آب از ریشه‌ها باشد، به‌طوری‌که گیاه در چنین شرایطی با کاهش رشد و عملکرد مواجه می‌شود (براتی و همکاران، ۱۳۹۶). احتمالاً با کاهش فشار تورگر سلول‌های برگ، پتانسیل آب سلول‌های برگ نیز به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت مواد محلول در بافت‌ها، پتانسیل آب بافت‌ها کاهش‌یافته و با ادامه کاهش، مقدار آب نسبی، آب باقی‌مانده در بافت‌ها به‌طور شدیدتری توسط مواد و اجزای تشکیل دهنده بافت نگه‌داری می‌شود، لذا پتانسیل آب برگ با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. در نتیجه کاهش محتوای آب نسبی برگ‌ها عملکرد دانه کاهش می‌یابد (عباسی سیه‌جانی و همکاران، ۱۳۹۱). Naeem و همکاران (۲۰۱۷) در آزمایش خود بر روی ذرت مشاهده کردند که محلول‌پاشی کلسیم تحت تنش کمبود آب اثرهای سوء تنش را کاهش داده و منجربه بهبود محتوی نسبی شده است. این اثر مثبت کلسیم می‌تواند ناشی از بهبود یکپارچگی غشای زیستی و دیواره سلولی و همچنین کاهش خسارت گونه‌های واکنش‌گر تحت تنش کمبود آب بیان کرد (Ibrahim *et al*., 2016) و از طرف دیگر پوترسین به‌دلیل خاصیت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.1.3]

آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ شده است که می‌توان به نقش آن به‌عنوان اسمولیت در شرایط تنش کم‌آبی، اشاره نمود (Toupchi *et al*., 2018). Nazarli و همکاران (۲۰۱۵) بین کردند که پوترسین اثرهای منفی کمبود آب را کاهش داده و منجربه بهبود رشد در گیاه بابونه شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نشت یونی

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نشت یونی نشان داد که تیمارهای سطوح رطوبتی، محلول‌پاشی نیترات کلسیم و محلول‌پاشی پوترسین اثر بسیار معنی‌داری بر روی میزان نشت یونی دارا بود و در بین برهم‌کنش دوگانه سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم، سطوح رطوبتی در پوترسین سطح احتمال ۵ درصد و محلول‌پاشی نیترات کلسیم در پوترسین و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان نشت یونی معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه تیمارها با شاهد نشان داد که تمامی تیمارها به استثناء محلول‌پاشی با آب نسبت به شاهد دارای محتوای نسبی آب بیشتری بودند. حداکثر مقدار نشت یونی به ترتیب (۵۲/۲۶- ۴۹/۷۴ درصد) بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با آب و حداقل میزان نشت یونی (۱۳/۸۷ درصد)، محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و با مصرف پوترسین اختصاص یافت (شکل ۱ ب). مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که بیشترین مقدار محتوای آب نسبی به‌ترتیب (۵۶/۴، ۵۰/۴ درصد) سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین میزان آن (۱۱/۴ درصد) مربوط به سطوح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد، به‌طوری‌که کم‌ترین و بیشترین مقدار نشت یونی ۷۹/۷ درصد با یکدیگر اختلاف داشتند. بدین‌صورت که در هر سه سطوح رطوبتی با عدم محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پوترسین بیش‌ترین مقدار نشت یونی حاصل شد (جدول ۴). به‌طور کلی با کاهش میزان رطوبت خاک میزان نشت یونی از برگ افزایش‌یافته است. تنش خشکی با آسیبی که روی غشاءها سلولی گذاشته و به‌دلیل تخریب و تغییر در نفوذپذیری آن، موجب افزایش نشت الکترولیت داخل سلول می‌گردد (Junklong *et al*., 2015). بهادر و همکاران (۱۳۹۶) کم‌ترین درصد نشت الکترولیت در گیاه شاهدانه در ۱۰۰ درصد نیاز آبی و بیشترین مقدار آن در ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده کردند. هم‌چنین Rezapour و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد کلسیم تحت تنش کلسیم بر روی علف چمن[1] نشان داد که کلسیم ضمن افزایش استحکام دیواره سلولی توانست به‌طور معنی‌داری درصد نشت یونی را در این گیاه کاهش دهد. با توجه به نقش کلسیم در تثبیت ساختار دیواره سلولی موجب حفظ خاصیت کشسانی پروتوپلاست شده و از غشاء در مقابل از دست دادن آب حفاظت می‌کند (Tian *et al*., 2015). ممبنی و عباسی (۱۳۹۵) با کاربرد پوترسین روی لوبیا تحت تنش خشکی دریافتند که استفاده از پوترسین روی گیاه مذکور موجب کاهش نشت الکترولیت می‌گردد. پلی‌آمین‌ها در محافظت از غشای سلولی و کاهش تنش اکسایشی نقش دارند و کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها منجربه افزایش

1- *Poa pratensis* L.

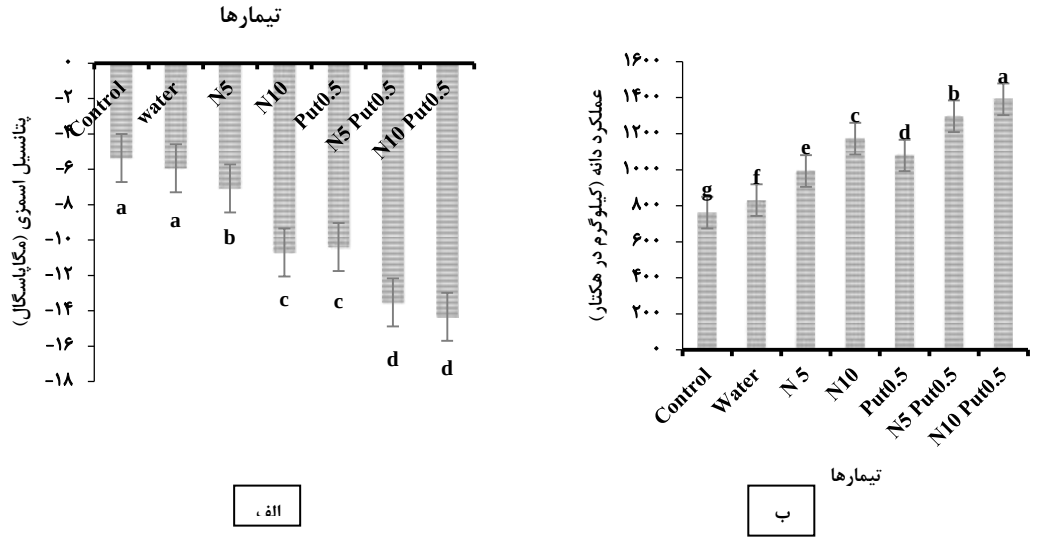
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

ثبات و یکپارچگی غشای سلولی در گیاهان تحت تنش می‌شود (Gill and Tuteja, 2010). نتایج این آزمایش در ارتباط با کاهش نشت یونی با نتایج Toupchi Khosrowashahi و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد.

پتانسیل اسمزی

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پتانسیل اسمزی نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی نیترات کلسیم و محلول‌پاشی پوترسین اثر بسیار معنی‌داری بر روی مقدار پتانسیل اسمزی داشت و در بین برهم‌کنش دوگانه سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد هم‌چنین محلول‌پاشی نیترات کلسیم در پوترسین و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پتانسیل اسمزی معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه تیمارها با شاهد نشان داد که تمامی تیمارها به استثناء محلول‌پاشی با آب نسبت به شاهد دارای پتانسیل اسمزی بیشتری بودند. بیش‌ترین مقدار پتانسیل اسمزی به‌ترتیب (۵/۳- و ۵/۹- مگاپاسگال) بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با آب و کم‌ترین میزان پتانسیل اسمزی به‌ترتیب (۱۴/۳- و ۱۳/۵- مگاپاسگال)، محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۵ و ۱۰ میلی‌مولار و با مصرف پوترسین اختصاص یافت (شکل ۲ الف).



شکل ۲: اثر تیمارهای اعمال‌شده بر میزان پتانسیل اسمزی (الف) و عملکرد دانه (ب)

اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

P= Putrescine N= Ca (NO3)2، Control بدون محلول‌پاشی، Water محلول‌پاشی با آب، N_5 نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار، N_{10} نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار، $Put_{0.5}$ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_5 $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_{10} $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار

مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که بیش‌ترین پتانسیل اسمزی (۴/۸- مگاپاسگال) سطوح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی که نسبت به محلول‌پاشی با آب (۲۳/۷- درصد) افزایش نشان داد و کم‌ترین میزان این صفت به‌ترتیب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

(۱۴/۸- و ۱۴/۷- مگاپاسگال) مربوط به سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (جدول ۴). پتانسیل اسمزی طی تنش کم‌آبی کاهش پیدا کرده، کاهش معنی‌دار پتانسیل اسمزی می‌تواند به‌دلیل از دست دادن آب آزاد سلول‌ها و وجود سازوکار فعال در جذب یا تولید املاح کاهش‌دهنده پتانسیل اسمزی در محیط سلول و یا هر دو آن‌ها باشد. قلی‌پور و عبادی (۱۳۹۴) اثر تنش رطوبتی بر روی ژنوتیپ‌های گندم را بررسی کردند و بیان نمودند که کاهش پتانسیل اسمزی از طریق انباشت املاح در سلول‌های گیاهی حاصل‌شده و با حفظ پتانسیل تورگر سلول‌ها به توسعه سلولی و رشد گیاه در شرایط کمبود رطوبتی کمک می‌کند. در آفتابگردان برگ‌پاشی کلسیم به‌واسطه استحکام غشاء سلولی و همچنین از طریق اسمولیت‌های سازگار باعث کاهش پتانسیل اسمزی و حفظ فشار تورژسانس سلول شده و محتوای نسبی آب را بهبود بخشیده و تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن کاهش داده است (Ibrahim *et al*., 2016) و از سوی دیگر محلول‌پاشی پوترسین به‌دلیل نقش آن‌ها در تنظیم اسمزی، پایداری غشاء و پاک‌سازی کننده رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن واکنشگر از محیط منجربه افزایش پتانسیل اسمزی در گیاه تحت تنش شده است (Liu *et al*., 2007). نتایج این آزمایش در ارتباط با افزایش پتانسیل اسمزی و بهبود وضعیت آبی برگ‌ها با نتایج Farooq و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای سطوح رطوبتی، نیترات کلسیم، پوترسین، برهم‌کنش دوگانه سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم، سطوح رطوبتی در پوترسین اثر بسیار معنی‌داری بر روی عملکرد دانه داشتند. برهم‌کنش نیترات کلسیم در پوترسین در سطح احتمال ۵ درصد و هم‌چنین برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه تیمارها با شاهد نشان داد که تمامی تیمارها نسبت به شاهد میزان عملکرد دانه بیش‌تری بودند. حداکثر مقدار عملکرد دانه (۱۱۱۶/۹ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار آن (۴۳۱/۷ کیلوگرم در هکتار) بدون محلول‌پاشی اختصاص یافت (شکل ۲ ب). مقایسه برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که در هر سه سطوح رطوبتی، محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین منجربه افزایش عملکرد دانه گردید و علاوه بر آن در سطوح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار و مصرف پوترسین بیش‌ترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). کلسیم نقش مهمی در سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی ایفا می‌کند و غلظت کافی از عنصر کلسیم تحت تنش اثر مثبتی بر افزایش عملکرد گیاه دارد (Manna *et al*., 2014). نتایج سایر تحقیقات نیز نقش مثبت کلسیم در بهبود عملکرد آفتابگردان (Ibrahim *et al*., 2016) تحت تنش آبی و ذرت دانه‌ای (زراعی و همکاران، ۱۳۹۰) تحت تنش کم آبیاری تایید کرده است. اثر محلول‌پاشی پوترسین تحت شرایط تنش کم‌آبی بر روی فلفل شیرین را بررسی کردند و بیان کردند که دلیل احتمالی افزایش عملکرد، اثر پوترسین در کاهش تخریب غشاء سلولی و اندامک‌های

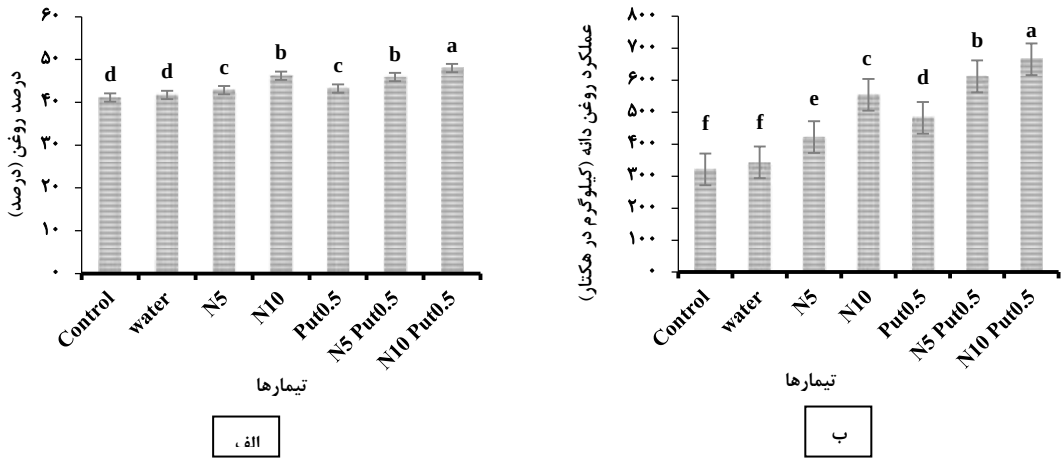
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

درون‌سلولی و تولید اسمولیت‌های سازگار توسط گیاه که منجربه افزایش پتانسیل اسمزی گیاه شده و به افزایش قدرت جذب آب در شرایط نامساعد محیطی کمک می‌کند.

درصد و عملکرد روغن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای سطوح رطوبتی، نیترات کلسیم، پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد روغن داشتند و در بین برهم‌کنش دوگانه سطوح رطوبتی در نیترات کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد و سطوح رطوبتی در پوترسین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید، اما برهم‌کنش سه‌گانه معنی‌دار نگردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها با شاهد نشان داد که حداکثر مقدار درصد روغن (۴۷/۹۸ درصد) محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین و حداقل مقدار درصد روغن به‌ترتیب (۳۶- ۳۶/۷ درصد) تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) و محلول‌پاشی با آب اختصاص یافت (شکل ۳ الف).



شکل ۳: اثر تیمارهای اعمال‌شده بر مقدار درصد روغن دانه (الف) و عملکرد روغن دانه (ب)

اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Control ،P= Putrescine N= Ca (NO3)2 بدون محلول‌پاشی، Water محلول‌پاشی با آب، N_5 نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار، N_{10} نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار، $Put_{0.5}$ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_5 $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_{10} $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار

برهم‌کنش سطوح رطوبتی و پوترسین نشان داد که بیش‌ترین مقدار روغن دانه به‌ترتیب (۴۷/۰۷- ۴۶/۷۱ درصد) در سطوح رطوبتی ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی و با مصرف پوترسین به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار این صفت ۴۲/۳۴ درصد در سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی و عدم مصرف پوترسین به‌دست آمد، به‌طوری‌که که نسبت به شاهد ۴/۵ درصد کاهش نشان داد. به این صورت که در هر سه سطوح رطوبتی، با مصرف پوترسین باعث شد که بیش‌ترین درصد روغن به‌دست آید (جدول ۵). سیبی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که تحت تنش کمبود آب درصد روغن آفتابگردان دچار کاهش ۴/۵

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

درصدی شد. آنان علت کاهش روغن دانه اثر تنش بر تخریب فرآیندهای سوخت و سازی (متابولیک) بذر، افزایش مقدار تنفس و کاهش انرژی گیاه به‌منظور نگهداری از ذخایر چربی گیاه اعلام کرده‌اند. در تحقیقی Hassna و همکاران (۲۰۱۱) با کاربرد خارجی پوترسین بر روی زیتون دریافتند که به‌طور معنی‌داری خصوصیات میوه شامل وزن میوه و درصد روغن را افزایش داد.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح رطوبتی و پوترسین بر روی روغن دانه

پوترسین (میلی‌مولار)	سطوح رطوبتی (درصد)	روغن دانه (درصد)
عدم مصرف	۵۰	۴۲/۳۴ c
مصرف		۴۳/۳۰ bc
عدم مصرف	۷۵	۴۴/۰۵ b
مصرف		۴۶/۷۱ a
عدم مصرف	۱۰۰	۴۴/۳۸ b
مصرف		۴۷/۰۷ a

اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد معنی‌دار نیست.

مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح رطوبتی و نیترات کلسیم نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار درصد روغن به‌ترتیب (۴۸/۷۳- ۴۷/۹۲ درصد) در صورت محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار در ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (جدول ۶). کم‌ترین مقدار درصد روغن (۴۱/۰۳ درصد) عدم محلول‌پاشی نیترات کلسیم در ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۹ درصد افزایش نشان داد. بدین‌صورت در هر سه سطوح رطوبتی با محلول‌پاشی نیترات کلسیم بیش-ترین مقدار درصد روغن دانه به‌دست آمد. گزارش شده است که محلول‌پاشی کلسیم اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشته و موجب افزایش قابل توجه درصد روغن و عملکرد روغن کنجد در مقایسه با تیمار شاهد گردید (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها با شاهد نشان داد که حداکثر مقدار عملکرد روغن دانه (۶۶۵/۷ کیلوگرم در هکتار) محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین و حداقل مقدار عملکرد روغن دانه به‌ترتیب (۳۲۱/۲- ۳۴۳/۱ کیلوگرم در هکتار) تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با آب اختصاص یافت (شکل ۳ ب). برهم‌کنش سطوح رطوبتی، نیترات کلسیم و پوترسین در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان عملکرد روغن دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح رطوبتی، محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پوترسین، کم‌ترین مقدار در سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی و بیش‌ترین میزان آن مربوط به سطوح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که نسبت به محلول‌پاشی با آب دو برابر افزایش نشان داد (جدول ۴). در هر سه سطوح رطوبتی محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

پوترسین و در سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار و مصرف پوترسین سبب افزایش عملکرد روغن دانه شدند. ازآنجایی‌که کمبود رطوبت بر هر دو فاکتور، درصد روغن و عملکرد دانه در واحد سطح اثر معنی-داری داشت بنابراین، اثر سطوح رطوبتی بر عملکرد روغن می‌تواند به دلیل اثر آن بر عملکرد دانه و درصد روغن دانه باشد. همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه با عملکرد روغن وجود دارد و افزایش تنش باعث کاهش هر دو آن می‌گردد (دانشمند و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول ۶: مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح رطوبتی و نیترات کلسیم بر روی روغن دانه

سطوح رطوبتی (درصد)	نیترات کلسیم (میلی‌مولار)	روغن دانه (درصد)
۵۰	۰	۴۱/۰۳ f
	۵	۴۲/۸۱ de
	۱۰	۴۴/۶۳ bc
۷۵	۰	۴۲/۴ e
	۵	۴۵/۰۱ bc
	۱۰	۴۸/۷۳ a
۱۰۰	۰	۴۳/۹۵ cd
	۵	۴۵/۳۱ b
	۱۰	۴۷/۹۲ a

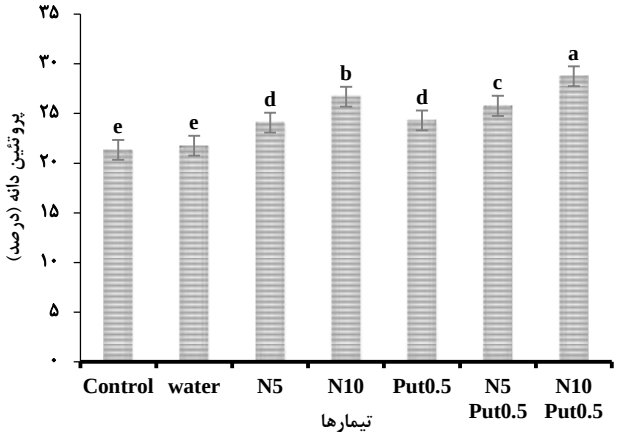
اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد معنی‌دار نیست.

درصد پروتئین دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای سطوح رطوبتی، نیترات کلسیم، پوترسین، برهم‌کنش دوگانه سطوح رطوبتی در پوترسین و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال ۱ درصد بر روی پروتئین دانه اثرات معنی‌داری داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد نشان داد که حداکثر مقدار درصد پروتئین (۲۸/۷ درصد) محلول‌پاشی نیترات کلسیم و مصرف پوترسین و حداقل میزان درصد پروتئین به‌ترتیب (۲۱/۳- ۲۱/۷ درصد) بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با آب اختصاص یافت (شکل ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که کم‌ترین مقدار پروتئین دانه (۲۲/۱ درصد) سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی محلول‌پاشی نیترات کلسیم و مصرف پوترسین و بیش‌ترین میزان این صفت (۲۲/۶ درصد) مربوط به سطوح رطوبتی ۷۵ درصد نیاز آبی به‌دست آمد، به‌طوری‌که کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه ۲۵/۴ درصد با یکدیگر اختلاف داشتند (جدول ۴). در هر سه سطوح رطوبتی محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین و در سطوح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

میلی‌مولار و عدم مصرف پوترسین سبب افزایش درصد پروتئین دانه گردید. هرچند درصد روغن در کنجد تحت تأثیر ژنتیک گیاه است، اما می‌تواند تحت شرایط محیطی مقدار آن تغییر کند. مقدار درصد پروتئین و روغن در دانه کنجد نسبت معکوس دارند. این همبستگی منفی احتمالاً به این علت است که افزایش روغن در دانه به‌علت ثابت بودن حجم آن باعث کاهش پروتئین دانه می‌شود (برزوئی و همکاران، ۱۳۸۵). فتحی و همکاران (۱۳۹۶) گزارشی مبنی بر افزایش تولید پروتئین دانه در کنجد در نتیجه محلول‌پاشی کربنات کلسیم وجود دارد. هم‌چنین صدقی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند، محلول‌پاشی پلی‌آمین موجب افزایش پروتئین دانه لوبیا شد که در نتیجه آن محتوای پروتئین بذر نسبت به شاهد افزایش یافت.



شکل ۴: اثر تیمارهای اعمال‌شده بر مقدار درصد پروتئین دانه

اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Control ،P= Putrescine N= Ca (NO3)2 بدون محلول‌پاشی، Water محلول‌پاشی با آب، N_5 نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار، N_{10} نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار، $Put_{0.5}$ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_5 $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۵ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار، N_{10} $Put_{0.5}$ نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سطوح رطوبتی ۵۰ درصد نیاز آبی باعث کاهش معنی‌دار صفات بیوشیمیایی از جمله محتوای آب نسبی برگ، نشت الکترولیت و پتانسیل اسمزی شد که نتیجه نهایی آن کاهش عملکرد دانه گردید. از طرف دیگر محلول‌پاشی نیترات کلسیم و پوترسین باعث بهبود صفات کمی (عملکرد دانه) و کیفی (مقدار روغن و پروتئین دانه) شد که این امر در شرایط کاهش سطوح رطوبتی موجب تعدیل اثر منفی ناشی از کمبود آب شد. در اکثر صفات مورد مطالعه محلول‌پاشی نیترات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار و مصرف پوترسین دارای برتری معنی‌داری در مقایسه با دیگر تیمارها بودند، بنابراین می‌توان اظهار داشت که در شرایط کم‌آبی استفاده از نیترات کلسیم و پوترسین می‌تواند سبب القای تحمل

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

در گیاه در مقابل با شرایط کم‌آبی شود. کاربرد این مواد به‌صورت تجاری به جهت افزایش عملکرد و در نهایت افزایش سود اقتصادی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین در مناطقی که با شرایط کم‌آبی روبرو می‌باشند می‌توان جهت افزایش عملکرد استفاده از نیترات کلسیم و پوترسین را پیشنهاد داد.

منابع

احمدی، ج.، سیفی، م.م. و امینی دهقی، م. ۱۳۹۱. تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌های آهن، روی و کلسیم بر عملکرد دانه و روغن ارقام کنجد. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۵(۳): ۱۳۰-۱۱۵.

براتی، م.، مجیدی، م.م.، صفاری، م.، میرلوحی، ا. و زینلی‌نژاد، خ. ۱۳۹۶. ارزیابی تحمل خشکی در جو زراعی و وحشی بر اساس صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۷(۲): ۱۸-۱.

برزوئی، ا.، خزایی، ح.ر. و شهریاری احمدی، ف.ا. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی پس از گرده‌افشانی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و میزان آنتی‌اکسیدان‌های موجود در ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط گلخانه‌ای. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲۰ (۵): ۷۵-۶۵.

بهادر، م.، تدین، م. ر.، رفیعی الحسینی، م. و صالحی، م. ح. ۱۳۹۶. تغییرات دمای سایه‌انداز و برخی صفات فیزیولوژیک شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) تحت تنش کم‌آبی و سطوح زتولیت. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۰(۲): ۲۷۹-۲۶۹.

بهروز، ز.، خدابنده، ن.، مدنی، م. و شیرزادی، م. ح. ۱۳۸۸. اثر تراکم کاشت و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کنجد رقم محلی جیرفت. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. ۴(۲): ۹۹-۹۱.

بیک خورمیزی، ع.، حسینی سرقین، س.، سرافراز اردکانی، م. ر.، مشتاقیون، س.م. و موسوی کوهی، س.م. ۱۳۹۸. برهم‌کنش آب‌شور و ورمی کمپوست بر رشد و میزان جذب برخی عناصر معدنی در چهار جمعیت رازیانه Foeniculum vulgare. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳ (۱): ۵۲-۳۹.

پروین، پ. و خضری، م. ۱۳۹۴. بررسی اثر محلول‌پاشی پوترسین برافزایش تحمل دانهال‌های گردوی ایران (*Juglans regia* L.) به تنش خشکی. مجله علوم باغبانی. ۴۶(۱): ۱۰۹-۹۹.

حسن‌پور لسکوکلایه، ک.، احمدی، ج.، دانشیان، ج. و حاتمی، ص. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات میزان کلروفیل، پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گندم دوروم تحت تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۵(۷): ۸۷-۷۶.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

دانشمند، ع.، شیرانی‌راد، ا. ح.، پورمحمدی، ق.، زارعی، ق. و دانشیان، ج. ۱۳۸۸. بررسی روغن دانه و پروتئین دانه دو رقم کلزا و ارتباط آن با عملکرد روغن دانه و عملکرد پروتئین دانه. مجله دانش کشاورزی ایران. ۵(۳): ۳۱۴-۲۹۵.

دیوسالار، م.، طهماسبی سروستانی، ز.، مدرس ثانوی، س. ع.م. و حمیدی، ا. ۱۳۹۵. بررسی اثر تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام سویا. به‌زراعی کشاورزی. ۱۸(۲): ۴۹۳-۴۸۱.

رخشنده‌رو، م. و زمان‌فشمی، م. ۱۳۹۶. زراعت و اصلاً گیاهان روغنی. چاپ اول، انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی، ۲۰۶ صفحه.

زراعی، ع. نصری، م. و نعمتی، ن. ا. ۱۳۹۰. اثر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و عنصر کلسیم بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در ذرت دانه‌ای (Ksc704). همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین پیشوا. صفحات ۱۰۹۹-۱۱۰۵.

سمیعی، ز.، حمیدرضا عیسوند، ح. م. و فرج الهی، ز. ۱۳۹۶. بررسی اثر مدت و دمای هیدروپرایمینگ بر برخی خصوصیات بذر و گیاه چه گندم دیم رقم کوهدشت در شرایط تنش خشکی. نشریه علوم و تحقیقات بذر ایران. ۴(۴): ۳۶-۲۳.

سیبی، م.، میرزاخانی، م.، گماریان، م. و یعقوبی، س. ا. ح. ۱۳۹۳. اثر کمبود آب و مصرف اسید سالسلیک بر عملکرد روغن و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). نشریه گیاهان زراعی ایران. ۴۵(۱): ۱۴-۱.

صدقی، م. امان پور بالانجی، ب. و بخشی، ج. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بذور فرسوده لوبیا تحت تیمارهای مختلف پرایمنگ. دوازدهمین کنگره ژنتیک ایران، دانشگاه اردبیل. صفحات ۶-۱.

عباسی سیه‌جانی، ا.، فرحوش، ف.، کاظمی اربط، ح. و خورشیدی بنام، م.ب. ۱۳۹۱. اثر تنش کمبود آب بر خصوصیات ریختشناسی و عملکرد دانه آفتابگردان رقم آرماویریسکی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴ (۲۴): ۳۶۴-۳۵۳.

علیزاده، ب.، قهرمانی، ز.، برزگر، ط. و نیکبخت، ج. ۱۳۹۶. اثر محلول‌پاشی پوترسین بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل شیرین تحت تنش کم‌آبی. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۹(۲): ۴۴۴-۴۳۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

فتحی، ع.، برادران فیروزآبادی، م.، عامریان، م.ر. و قلی پور، م. ۱۳۹۶. اثر سدیم نیترو پروساید و کربنات کلسیم بر برخی صفات فیزیولوژیکی کنجد در شرایط تنش شوری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۵): ۲۰-۵.

قلی‌پور، س. و عبادی، ع. ۱۳۹۴. مطالعه تغییرات متابولیت‌های سازگاری و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش رطوبتی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۹(۶): ۲۳۲-۲۱۹.

ممبنی، م. و عباسی، ع. ر. ۱۳۹۵. بررسی تغییرپذیری پلی آمین‌ها تحت تنش خشکی در لوبیای قرمز. مجله علوم گیاهی زراعی ایران. ۴۷(۲): ۱۹۲-۱۸۵.

منشی، ر.، ی شرقی، ی.، زاهدی، ح.، محمد مدرس ثانوی، س. ع.، مرادی قهدریجانی، م. و کشاورز، ح. ۱۳۹۶. تأثیر محلول‌پاشی تریازول‌ها و سیلیکات کلسیم بر مقاومت به خشکی کلزا. مجله علوم گیاهان زراعی. ۴۸(۲): ۳۰۳-۳۱۷.

Ahmad, P., Latef, A. A. A., AbdAllah, E. F., Hashem, A., Sarwat, M., Anjum, N. A. and Gucel, S. 2016. Calcium and Potassium Supplementation Enhanced Growth, Osmolyte Secondary Metabolite Production, and Enzymatic Antioxidant Machinery in Cadmium-Exposed Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Frontiers in plant science. 7: 1-12.

AOAC. 1990. Official methods of analysis association of official analytical chemists. 15th, Arlington, Virginia, USA.

Ben Hamed, K., Castangna, A., Salem, E., Ranieri, A. and Abdelly, C. 2007. Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) Under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. Plant growth regulation abbreviation. 53: 185-194.

Farooq, M., Wahid, A. and Lee, D. J. 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. Franciszek Gorski Institute of Plant Physiology. 31: 937-945.

Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48(12): 909-930.

Hasnaa, S., Ayad, A., Yousef, R. M. and El-Moursi, A. 2011. Improving Fruit and Oil Quality of Picual Olive through Exogenous Application of Putrescine and Stigmasterol. New York Science Journal. 4(9): 40-45.

Hassani, M., Salami, S.A., Nasiri, J., Abdollahi, H. and Ghahremani, Z. 2016. Phylogenetic analysis of PR genes in some pome fruit species with the emphasis on transcriptional analysis and ROS response under Erwinia amylovora inoculation in apple. Genetica. 144: 9-22.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

Ibrahim, M. F. M., Faisal, A. and Shehata, S A. 2016. Calcium chloride alleviates water stress in sunflower plants through modifying some physio-biochemical parameters. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 16 (4): 677-693.

Janardhan, K. V. and Krishnamortthy, V. 1975. A rapid method for determination of osmotic potential of plant cell Current Science. 44: 390-391.

Jungklang, J., Saengnil, K. and Uthaibutra, J. 2015. Effect of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in Curcuma alismatifolia Gagnep. Cv. Chiang Mai Pink. Saudi Journal of Biological Science. 27(7): 1-7.

Licitra, G., Hernandez, T. M. and Van Soest, P .J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation feeds. Journal of Animal Feed Science and Technology. 57: 347-358.

Liu, J. H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y. and Moriguchi, T. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology. 24: 117-126.

Liu, J. H., Wang, W., Hao, W., Xiaoqing, G. and Takaya, M. 2015. Polyamines function in stress tolerance: from synthesis to regulation. Plant Science. 6: 827.

Manaa, A., Gharbi, E., Mimouni, H., Wasti, S., Aschi-Smiti, S., Lutts, S. and Ahmed, H.B. 2014. Simultaneous application of salicylic acid and calcium improves salt tolerance in two contrasting tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars. South African Journal of Botany. 95:32-39.

Mustafavi, S. H., Badi, H. N., Sekara, A. and Al, E. 2018. Polyamines and their possible mechanisms involved in plant physiological processes and elicitation of secondary metabolites. Frontiers in plant Science. 9:1-13.

Naeem, M., Shahbaz Naeem, m., Rashid, A. and Riaz, A. 2017. Foliar- applied Calcium induces drought stress tolerance in maize by manipulation osmolyte accumulation and antioxidative responses. Pakistan Journal of Botany. 49(2): 427-434.

Nazarli, H., Hadian, J. anD Ahmadi, A. 2015. Evaluation of putrescine effect in drought tolerance inducing and changing of enzyme activities in Matricaria Chamomilla L. Iranian Journal of field crop science. 4: 222-293.

Reis, R. S., Vale, E. M., Heringer, A. S. and Al, E. 2016. Putrescine induces somatic embryo development and proteomic changes in embryogenic callus of sugarcane. Journal of Proteomics. 130: 170–179.

Rezapour Fard, J., Kafi, M. and Roohangiz, N. 2015. The Enhancement of Drought stress tolerance of Kentucky bluegrass by prohexadione- Calcium Treatment. Journal of Ornamental Plant. 5(4): 197-204.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

Roul, B., Mishra, B. K. and Prusty, N. 2017. Natural effect of micronutrient on growth and growth parameter of sesame oilseed crop. Pharmacognosy and Phytochemistry. 6(5): 1926 1928.

Schlemmer, M. R., Francis, D., Shanahan, J. F., and Schepers, J. S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal. 97: 106-112.

Shirazy, j., Mahbub, M., Somee, T.A. and Islam, S. 2017. Effect of nitrogen rate and foliar spray of micronutrients on growth and yield of sesame. American Journal of Plant Biology. 3(1):1-21.

Silva, R. T. D., Oliveirra, A. B. D., Queiroz Lopes, M. D. F. D., and Guimaraes, M. A. and Dutra, A S. 2016. Physiological quality of sesame seeds produced from plants subjected to water stress. Revista Ciencia Agronomica. 47(4): 643-648.

Souguir, M. and Hannachi, C. 2017. Response of sesame seedlings to different concentration of humic acids or calcium nitrate at germination and early growth. Cercetari Agronomice in Moldova. 1(169): 65-77.

Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M. and Challinor, A J. 2014. Climate variability and vulnerability to climate change: a review. Global Change Biology. 20: 3313–3328.

Tian, X., He, M., Wang, Z., Zhang, J., Song, Y., He, Z. and Dong, Y. 2015. Application of nitric oxide and calcium nitrate enhances tolerance of wheat seedlings to salt stress. Plant Growth Regulation. 77(3):343-356.

Toupchi- Khosrowshahi, Z.H., Slehi- Lisar, S. Y., Ghassemi–Golezani, K. and Motafakkerazad, R. 2018. Physiological Responses of Safflower to Exogenous Putrescine under Water Deficit. Journal of street physiology& Biochemistry. 14(3): 38-48.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]

Investigation the possibility of decreasing the damage protein and seed oil with putrescine and calcium nitrate foliar application under water deficit conditions

S. Gholipour[1], Gh.R. Zamani*[2] and M. Jami Alahmadi[3]

1) PhD student of Agriculture, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand University, Birjand, Iran.

2 & 3) Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand University, Birjand, Iran.

***Corresponding authors: grz1343@yahoo.com**

This article is extracted from Ph.D. thesis.

Received date: 2019.12.30 **Accepted date: 2020.04.27**

Abstract

Sesame is one of the oldest crops in the world, due to its high oil content, is one of the most important oilseed plants in arid and semi-arid regional. This experiment was conducted in the form of statistical design in randomized complete blocks with split plots-factorial with three levels of moisture levels 100, 75 and 50% of sesame water requirement in the main plots application of calcium nitrate at three levels (0, 0.5 and 10 Mm) and putrescine at two levels (0.5 Mm and water spraying solution) in sub-plots with three replications at the Birjand University of Agriculture Research Farm was conducted in 2017. The result showed that the interaction of moisture levels, calcium nitrate, and putrescine were significant ($p < 0.05$) for relative water content, ion leakage, osmotic potential, grain yield, oil yield and protein percentage. Decreased humidity levels of 50% water requirement led to a decrease in relative water content, osmotic potential, grain yield, oil yield and oil percentage, but ion leakage and grain protein percentage increased under conditions of decreasing moisture levels. Among the sprayed compounds, traits such as relative content, grain yield, oil yield and protein percentage had a higher mean than other treatments. The highest grain yield (1373/93 Kg/ha) was obtained at moisture levels of 100% water requirement with the use of putrescine and 10 Mm of calcium nitrate. Also dual interaction of moisture levels calcium nitrate in calcium nitrate and moisture levels putrescine were significant ($p < 0.05$) for grain oil percentage

Keywords: osmotic potential, grain yield and relative water content.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.1.3]