واکنش خصوصیات فیزیولوژیک نخود به کودهای روی و پتاسیم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

فردین مومنی[۱]، مختار قبادی[۱*]، سعید جلالی‌هنرمند[۱] و پرویز شکاری[۲]

[۱و۲] به ترتیب گروه زراعت و اصلاح نباتات و گروه علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۷)

چکیده:

به منظور بررسی اثرات آبیاری تکمیلی و مصرف کودهای روی و پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیک نخود رقم ILC482 آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید. دو سطح آبیاری (دیم =W_1 و آبیاری تکمیلی در مرحله به نیام رفتن = W_2) به عنوان کرت اصلی و ترکیب تیمارهای کود روی از منبع سولفات روی در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد مطالعه در گیاه نخود به جز محتوای کلروفیل a و آب نسبی از دست رفته‌ی برگ ها معنی‌دار شد. اثر کود روی نیز بر همه صفت‌ها (محتوای پرولین، پروتئین دانه، عدد کلروفیل متر، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، RWC، RWD و RWL) معنی‌دار بود. اثر کود پتاسیم بر همه پارامترها به جز عدد کلروفیل متر معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی، عدد کلروفیل متر، کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای نسبی آب برگ‌ها را افزایش داد. در شرایط تنش خشکی، محتوای پرولین برگ و میزان پروتئین دانه بیش از تیمار آبیاری تکمیلی بود. همچنین در همه صفت‌ها به جز عدد کلروفیل متر کاربرد کود پتاسیم سبب بهبود صفات فیزیولوژیک شد. مصرف ۴۰ کیلوگرم کود روی سبب بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک در گیاه نخود گردید. در شرایط آبیاری تکمیلی و به ترتیب مصرف ۴۰ و ۱۰۰ کیلو گرم از کودهای روی و پتاسیم، گیاه از وضعیت فیزیولوژیکی بهتری برخوردار بوده و بالاترین میزان عملکرد (۱۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) را نیز تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، پرولین، تنش خشکی، کلروفیل، کود، نخود.

مقدمه:

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) در ایران حدود ۵۰۰ هزار هکتار از اراضی زراعی را به خود اختصاص می‌دهد که از این مقدارحدود ۹۸ درصد آن به صورت دیم کشت می‌گردد (بی نام، ۱۳۹۱). عدم وجود بارندگی کافی و پراکنش غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث شده است که نیاز آبی گیاهان زراعی به قدر کافی تأمین نشده و گیاهان با کمبود آب مواجه شوند (Sexana and Otoole, 2000). همچنین تحت شرایط خشکی، گیاهان عموماً پاسخ‌های فیزیولوژیکی از قبیل بستن روزنه‌ها، کاهش یا توقف فتوسنتز،

* نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ghobadi.m@razi.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

افزایش نسبت ریشه به ساقه و کاهش قسمت‌های رویشی را نشان می‌دهند (Secenji *et al*., 2005). در این شرایط، مدیریت صحیح زراعی می‌تواند مفید باشد. یکی از راه‌های مدیریت صحیح زراعی در این شرایط، انجام آبیاری تکمیلی می‌باشد. در برخی شرایط از آبیاری بصورت مکمل بارش برای افزایش تولید نخود بهره گرفته می‌شود .

تنظیم اسمزی کاهش در پتانسیل شیره سلولی از طریق افزایش مواد محلول در داخل سلول است (Blum, 1996). علاوه بر این، اسمولیت‌های سازگار نظیر پرولین و بتائین در افزایش تحمل اثرات کمبود آب ناشی از تنش شوری، خشکی و سرما نیز مؤثر هستند (Rhodes and Hanson, 1993). تنش خشکی باعث افزایش محتوای پرولین گیاهان مختلف از جمله گلرنگ گردیده است (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳). نه تنها تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین در گیاهان می‌شود، در برخی موارد گزارش شده است که کاربرد برخی کودها نیز مقدار این اسمولیت را در گیاه افزایش می‌دهد (Martines *et al*., 1994).

گزارش شده که تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Kuroda *et al*., 1990). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش خشکی به افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز نسبت داده شده است (Ashraf *et al*., 1994). تنش‌های محیطی از جمله خشکی بر روی تمامی ترکیبات درونی گیاهان مختلف از جمله پروتئین‌ها اثر می‌گذارند. تنش آب در مرحله پر شدن دانه می‌تواند میزان پروتئین دانه را افزایش دهد. افزایش میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای در گندم در شرایط تنش خشکی گزارش شده است. تنش‌هایی از قبیل خشکی و شوری روی محتوای نسبی آب برگ‌ها اثر گذاشته و افزایش در شدت این تنش‌ها باعث کاهش میزان آب نسبی برگ‌های نخود می‌شود (Garg and Singla, 2009). کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها درگیاه یونجه تحت تأثیر تنش خشکی گزارش شده است (El-Sayed, 1992).

پتاسیم عنصری ضروری برای همه‌ی موجودات زنده می‌باشد. این عنصر درحفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب خیلی مهم و ضروری است و تأثیر مثبتی بر بسته شدن روزنه‌ها داشته و تحمل گیاه در برابر تنش آب را افزایش می‌دهد. مصرف برگی پتاسیم تا حدی تأثیر مضر تنش آب بر فتوسنتز و عوامل مربوط به فتوسنتز را از طریق کاهش نیازمندی‌های گیاهان تحت تنش آب به مواد غذایی کاهش می‌دهند. مصرف برگی پتاسیم بطور معنی‌داری میزان پرولین را افزایش داده است (Bansal and Nagarajans, 1983).

عنصر روی برای رشد عادی و تولید مثل گیاهان، حیوانات و انسان‌ها ضروری می‌باشد و زمانی که میزان روی مورد نیاز برای گیاهان ناکافی باشد، عملکرد و کیفیت آنها نقصان می‌یابد (ملکوتی و همائی، ۱۳۸۳). کاربرد کود روی، میزان فتوسنتز و رشد زود هنگام گیاه را بیشتر می‌کند و همچنین تثبیت نیتروژن، پروتئین دانه و عملکرد را بهبود می‌بخشد. استفاده بلند مدت از کودهای شیمیایی ماکرو به دلیل اسیدی شدن خاک و عدم وجود عناصر ریز مغذی در این کودها، خصوصیات مطلوب فیزیکوشیمیایی خاک را کاهش می‌دهند (Adediran *et al*., 2004). کودهای دامی به دلیل دارا بودن عناصری نظیر روی و مس سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب درخاک شده و اثرات کمبود آب را کاهش می دهند. به همین دلیل استفاده مستقیم ازکودهای روی به عنوان کودهای ریزمغذی سبب افزایش کارایی گیاهان و افزایش عملکرد آنها در شرایط تنش می‌گردد (Adediran *et al*., 2004).

نخود یکی از گیاهان زراعی مهم در استان کرمانشاه می‌باشد به طوری که استان از نظر سطح زیر کشت و تولید، دارای رتبه اول در بین استان‌های مختلف می‌باشد (بی نام، ۱۳۹۱). نتایج حاصل از کار محققان مختلف روی نخود نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد در این گیاه می‌گردد (Mansur, *et al*., 2010; Khurgami and Rafiee, 2009). همچنین روی و پتاسیم از عناصری هستند که می‌توانند تحمل گیاهان زراعی را در برابر خشکی افزایش دهند. از این رو، هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و عملکرد نخود زراعی در شرایط آبیاری تکمیلی و مصرف کود پتاسیم و روی بود.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. محل انجام

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

آزمایش با مختصات طول جغرافیایی ۴۷ درجه و نه دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی محل ۴۸۰-۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. خاک منطقه آزمایش دارای بافت رسی بود. بر اساس آزمون خاکشناسی، خاک منطقه دارای اسیدیته معادل ۷/۶۶، ۱/۲۲ درصد کربن آلی، ۱/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، ۳۴۸ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل دسترس (سلیمانی و اصغرزاده، ۱۳۸۹) و ۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر بود. خصوصیات هواشناسی محل انجام آزمایش نیز در جدول ۱ نشان داده شده است.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، دو سطح تیمار رطوبتی (دیم=W_1 و آبیاری تکمیلی در مرحله به نیام رفتن = W_2) به عنوان کرت اصلی و ترکیب تیمارهای کود روی از منبع سولفات روی در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. هر تکرار شامل ۲۴ واحد آزمایشی بود. درون هر واحد آزمایشی شش ردیف به فواصل ۲۵ سانتی متر و به طول چهار متر کشت شدند. فاصله بین دو کرت اصلی دو متر بود. در این آزمایش از نخود رقم ILC-482 (رضائیان زاده و همکاران، ۱۳۹۰) استفاده گردید. بذور نخود قبل از کاشت با قارچ‌کش کاربوکسین‌تیرام ضدعفونی شدند. قبل از شروع غلاف‌دهی نخود، با سم سوین به میزان سه کیلوگرم در هکتار علیه آفت هلیوتیس (*Heliothis armigera*) سمپاشی انجام گرفت. پس از اعمال تیمارها، نمونه برداری‌ها انجام شد و صفت‌های فیزیولوژیک به ترتیب زیر اندازه‌گیری شد.

محتوای پرولین برگ‌ها: برای اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ‌ها نمونه‌های تازه‌ی برگی پس از نمونه برداری از برگ های جوان بالایی پس از اعمال تیمارها و یک بار انجام شد و به کمک نیتروژن مایع پودر و پس از اضافه نمودن اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳ درصد به آنها وعبور از کاغذ صافی پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و رسم منحنی استاندارد تخمین زده شد. جذب اصلی پرولین با قرار گرفتن در فرمول زیر محاسبه گردید (Bates *et al*., 1973):

$$\text{میکرومول پرولین بر گرم برگ تازه} = \frac{(\text{۰/۵گرم از نمونه})/(\text{۱۱۵/۱۷میکروگرم برمول})}{(\text{میلی لیتر تولوئن×میکروگرم بر میلی لیتر پرولین})}$$

استخراج و اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه: برای اندازه گیری پروتئین دانه ابتدا پروتئین‌های دانه‌های نخود استخراج گردید. پس از استخراج پروتئین‌ها، منحنی استاندارد پروتئین‌ها به کمک پروتئین سرم آلبومن گاوی رسم گردید و بر اساس همین منحنی میزان جذب پروتئین‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت گردید و میزان آنها تخمین زده شد (Bradford, 1976).

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ (سبزینگی): با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD502, Minolta, Japan) بدون تخریب بافت‌های گیاهی، جوانترین برگ انتخاب و میزان کلروفیل تخمین زده شد (Yamada and Fukutoku, 1986).

سنجش میزان کلروفیل a و b: برای سنجش میزان کلروفیل a و b مقدار ۰/۵گرم برگ تازه را با استفاده از نیتروژن مایع پودر نموده پس از سانتریفیوژ نمودن محلول با استفاده از مایع شفاف بالایی میزان جذب آنها برای تعیین غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر و با استفاده از روابط زیر تعیین گردید (Bruisma, 1963):

$$\text{Chl-a (mg/ml)}=[\ [12.7(ABS663)-2.69(ABS645)]\ \times V]\ /(1000\times W)$$

$$\text{Chl-b (mg/ml)}=[\ [22.9(ABS645)-4.69(ABS663)]\ \times V]\ /(1000\times W)$$

$$\text{Chl-ab (mg/ml)}=[\ [20.2(ABS645)+8.02(ABS663)]\ \times V]\ /(1000\times W)$$

ABS = میزان جذب در طول موج‌های مورد نظر (نانومتر)

W = وزن نمونه‌ی اندازه‌گیری شده (گرم)

V = حجم نمونه استخراج شده (میلی لیتر)

محتوای آب نسبی برگ‌ها (RWC): برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ‌ها، نمونه برداری‌ها از برگ‌های انتهایی و جوان گیاه انجام و پس ازتوزین، آنهـا را درون آب مقطـر گذاشـته و وزن اشباع آنها محاسبه شد. خشک نمـودن آنهـا، وزن خشـک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۱- خصوصیات هواشناسی محل انجام آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷

	ماههای سال											
	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	جمع
میزان بارندگی (mm)	۰	۹۸	۵۷	۳۳	۶۷	۱۸	۵۸	۸	۳	۰	۰	۰	۳۴۲
دمای حداقل (°C)	۵	۲-	۱۰-	۱۲-	۷-	۵-	۶	۹	۱۱	۱۰	۹	۸	
دمای حداکثر (°C)	۳۲	۲۸	۱۸	۱۶	۱۹	۲۱	۲۲	۲۶	۳۱	۳۸	۳۹	۳۴	

محاسبه شده و با توجه به رابطه زیر محتوای نسبی آب برگ ها محاسبه گردید (Cornic, 1994):

$$RWC(\%) = \frac{\text{(وزن خشک -وزن برگ تازه)}}{\text{(وزن خشک -وزن برگ اشباع شده)}} \times ۱۰۰$$

اندازه گیری کاهش آب نسبی برگ ها (RWD): به منظور اندازه گیری میزان کاهش نسبی آب برگ، ابتدا میزان آب نسبی برگ را بدست آورده و از رابطه زیر مقدار کاهش آب نسبی برگ اندازه‌گیری شد:

آب نسبی از دست رفته‌ی برگ‌ها-۱۰۰= کاهش نسبی آب برگ‌ها

اندازه‌گیری آب نسبی از دست رفته‌ی برگ ها (RWL): برای اندازه‌گیری این صفت، نمونه‌ها به دو قسمت هم وزن تقسیم شدند. به وسیله یک قسمت از برگ‌ها، ابتدا وزن تازه آنها را محاسبه و آنگاه نمونه‌ها را به مدت پنج ساعت در آب مقطر قرار داده و بعد از این مدت وزن اشباع برگ‌ها بدست آمد. یک قسمت دیگر برگ‌ها به مدت ۵ ساعت در هوای آزاد قرار داده شد و پس از ثبت وزن پژمردگی، آنها را در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و پس از این مدت، وزن خشک آنها نیز محاسبه شد و با استفاده از این رابطه میزان آب از دست رفته برگ‌ها محاسبه گردید:

$$RWL(\%) = \frac{\text{(وزن پژمردگی - وزن تازه)}}{\text{(وزن خشک - وزن اشباع)}} \times ۱۰۰$$

عملکرد دانه: در زمان رسیدگی کامل دو ردیف میانی هر کرت برداشت و عملکرد دانه کل بوته‌ها اندازه‌گیری شد.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث:

محتوای پرولین: نتایج نشان داد که تأثیر تمام تیمارها و بر هم کنش آنها روی محتوای پرولین برگ‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲). در این مطالعه، تنش خشکی سبب افزایش میزان پرولین در برگ‌های نخود گردید به طوری که در تیمار آبیاری تکمیلی میزان پرولین حدود ۱۵ درصد نسبت به تیمار عدم آبیاری کاهش داشت (جدول ۳). گزارش‌هایی در ارتباط با افزایش پرولین آزاد تحت شرایط تنش اعلام شده است (Taher, 1988). عده‌ای ازمحققین علت افزایش محتوای پرولین در شرایط وقوع تنش خشکی را تخریب پروتئین‌ها ذکر نموده‌اند (Taher, 1988). خشکی نه تنها رشد و نمو گیاهان را کاهش می‌دهد، بلکه موجب تغییر در مسیر برخی از فرآیندهای متابولیسمی نیز می‌گردد. این تغییرات می‌تواند گیاه را در مقابل استرس مقاوم سازد. در واقع سازش با خشکی به واکنش‌هایی نیاز دارد تا از طریق آن فرآیندهای متابولیسمی اولیه ادامه پیدا کند و گیاه را برای مقابله با آن آماده کند (Sunka *et al*., 2003). در طی خشکی دراز مدت، انتقال مواد به علت کاهش آب قابل دسترس، منجر به تغییر غلظت برخی از متابولیت‌ها می‌شود. از سوی دیگر، میزان محلول‌های سازگار به خشکی نظیر قندها، قندهای الکلی، آمینواسیدهای ویژه نظیر پرولین، گلیسین و بتائین افزایش می‌یابد (During, 1992). افزایش در میزان پرولین از جمله واکنش‌هایی است که گیاهان مختلف از جمله نخود برای کاهش پتانسیل اسمزی خود و مقابله با تنش خشکی از خود بروز می‌دهند. آزمایشات روی گیاهان مختلف تحت تنش خشکی نیز این واقعیت را اثبات می‌کند (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین کاهش رطوبت پاسخ‌هایی نظیر تخریب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه نخود تحت شرایط مختلف رطوبتی و مصرف کودهای پتاسیم و روی

منابع تغییرات	میانگین مربعات										
	درجه آزادی	پرولین	پروتئین دانه	عدد کلروفیل‌متر	کلروفیل آ	کلروفیل ب	کلروفیل کل	RWC	RWD	RWL	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۲۲/۵۳	۰/۰۴۳	۰/۴۵۰	۰/۴۶۹	۲۲/۳۵۲	۲۲/۳۵۲	۰/۰۱۲	۶۲۹۲/۵
آبیاری	۱	۰/۰۰۰۷*	۰/۰۳۳**	۱۱۳/۲۵**	۰/۵۴۴ ns	۹/۶۰۵**	۱۴/۷۱۸**	۴۸۹۷/۵**	۴۸۹۷/۵**	۰/۰۶۵ ns	۸۷۷۵۰۲۴/۱**
خطای اصلی	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۷/۴۷	۰/۴۱۱	۰/۱۵۹	۰/۱۷۴	۱۳/۱۲۹	۱۳/۱۲۹	۰/۰۳۱	۱۰۸۷/۶
روی	۳	۰/۰۰۲۶**	۰/۰۴۷**	۱۳/۵۴*	۰/۷۸۱**	۱/۹۹۱**	۳/۵۴۲**	۱۶۴/۸۴۰**	۱۶۴/۸۴۰**	۰/۰۳۰**	۳۶۸۲۳**
پتاسیم	۲	۰/۰۰۲۶**	۰/۰۸۹**	۰/۲۹ ns	۲/۱۲۴**	۱/۸۰۹**	۵/۶۰۹**	۸۰/۶۰۸*	۸۰/۶۰۸*	۰/۰۲۱*	۷۹۷۳۹/۱**
آبیاری×روی	۳	۰/۰۰۱۱**	۰/۰۰۵ ns	۳۳/۳۵**	۱/۸۰۶**	۰/۹۱۲**	۴/۶۷۳**	۵۶۶/۴۶**	۵۶۶/۴۶۰**	۰/۰۰۸ ns	۱۷۴۱/۷
آبیاری×پتاسیم	۲	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۳۳**	۲۶/۲۸**	۱/۹۷۰**	۱/۸۵۴**	۲/۸۴۹**	۳۲۱/۲۴۰**	۳۲۱/۲۴۰**	۰/۰۰۴ ns	۸۹۷۶/۴*
روی×پتاسیم	۶	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۳۴**	۵۴/۳۹**	۱/۳۰۴**	۱/۷۹۷**	۵/۴۰۴**	۷۵/۶۸۱*	۷۵/۶۸۱*	۰/۰۴۸**	۱۷۰۱۲/۸**
آبیاری×روی×پتاسیم	۶	۰/۰۰۱۳**	۰/۰۱۳**	۱۴/۱۷**	۱/۰۱۳**	۱/۰۷۶**	۲/۲۸۱**	۱۲۴/۹۳۱**	۱۲۴/۹۳۱**	۰/۰۱۳*	۱۱۰۳۸/۲**
خطای فرعی	۴۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۳/۹۱	۰/۲۵۳	۰/۱۷۴	۰/۳۳۱	۲۵/۱۴۶	۲۵/۱۴۶	۰/۰۰۵	۲۹۸۹/۱
Cv (درصد)		۶/۰۴	۳/۳	۸/۹	۸/۴	۱۶/۴	۶/۸	۷/۹	۱۳/۶	۱۸/۰	۴/۱

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه نخود تحت شرایط مختلف رطوبتی و مصرف کودهای پتاسیم و روی

	پرولین (میکرومول برگرم)	پروتئین دانه (mg/g)	عدد کلروفیل متر	کلروفیل آ (mg/g)	کلروفیل ب (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	RWC (درصد)	RWD (درصد)	RWL (درصد)	عملکرد دانه (kg/ha)
سطوح آبیاری										
آبیاری تکمیلی	۰/۱۹	۱/۴۷	۲۳/۲۴	۶/۰۰	۲/۸۹	۸/۹۰	۷۱/۵۷	۲۸/۴۲	۰/۴۵	۱۶۶۷/۳۱
عدم آبیاری	۰/۲۲	۱/۵۱	۲۰/۷۳	۵/۸۳	۲/۱۶	۸/۰۰	۵۵/۰۸	۴۴/۹۱	۰/۳۸	۹۶۹/۱۰
LSD	۰/۰۱	۰/۰۲	۲/۷۷	۰/۶۵	۰/۴۰	۰/۴۲	۳/۶۷	۳/۶۷	۰/۱۸	۳۳/۴۴
روی (kg/ha)										
۰	۰/۱۹	۱/۴۲	۲۱/۲۹	۵/۷۸	۲/۱۳	۷/۹۲	۶۵/۴۵	۳۴/۵۵	۰/۳۶	۱۲۶۰/۴۵
۲۰	۰/۲۱	۱/۵۳	۲۱/۴۷	۶/۳۰	۲/۷۶	۸/۹۷	۵۹/۶۰	۴۰/۳۹	۰/۴۶	۱۳۰۸/۵۷
۴۰	۰/۱۹	۱/۵۲	۲۱/۹۷	۵/۷۴	۲/۸۴	۸/۵۹	۶۲/۱۴	۳۷/۸۵	۰/۴۴	۱۳۶۶/۷۰
۶۰	۰/۱۹	۱/۵۱	۲۳/۲۱	۵/۹۴	۲/۳۹	۸/۳۳	۶۶/۱۱	۳۳/۸۸	۰/۴۰	۱۳۲۷/۱۱
LSD	۰/۰۰	۰/۰۳	۱/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۳۸	۳/۳۶	۳/۳۶	۰/۰۵	۳۶/۷۲
پتاسیم (kg/ha)										
۰	۰/۲۰	۱/۵۵	۲۱/۸۷	۶/۱۹	۲/۸۱	۹/۰۱	۶۵/۰۷	۳۴/۹۲	۰/۴۳	۱۲۵۳/۶۹
۵۰	۰/۲۰	۱/۴۳	۲۲/۱۰	۵/۶۰	۲/۵۱	۸/۱۲	۶۱/۴۲	۳۸/۵۸	۰/۳۸	۱۳۳۶/۳۰
۱۰۰	۰/۱۸	۱/۵۰	۲۱/۹۹	۵/۹۶	۲/۲۶	۸/۲۳	۶۳/۴۹	۳۶/۵۰	۰/۴۳	۱۳۶۴/۶۳
LSD	۰/۰۰	۰/۰۲	۱/۱۵	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۳۳	۲/۹۱	۲/۹۱	۰/۰۴	۳۱/۸۰

پروتئین‌های محلول و انباشت برخی اسید آمینه‌های آزاد نظیر پرولین را جهت حفظ تنظیم فشار اسمزی سلول به دنبال دارد (Yamada and Fukutoku, 1986).

میزان پرولین در تیمار مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود روی بیشتر از سایر تیمارهای کود روی بود. همچنین مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم سبب کاهش میزان پرولین نسبت به سایر مقادیر مصرف این کود گردید (جدول ۳). اثر متقابل سه گانه نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود پتاسیم به همراه مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود روی در شرایط عدم آبیاری بالاترین میزان پرولین برگ‌ها به مقدار ۰/۲۵ میکرومول بر گرم وزن تازه‌ی برگ‌ها بدست آمد. همچنین عدم مصرف کود روی به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در تیمار آبیاری تکمیلی سبب کاهش میزان پرولین برگ‌ها به کمترین میزان در بین تمامی تیمارها گردید (جدول ۴). در آزمایشی مشابه کاربرد کود روی تحت شرایط تنش خشکی سبب افزایش میزان پرولین در گیاه گلرنگ گردید (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین گزارش شده که مصرف کود روی در گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی کمک شایانی به امر تنظیم اسمزی در این گیاه نموده است، بنابراین در مقاومت به خشکی آنها اثر دارد (موحدی دهنوی و همکاران،۱۳۸۳). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که افزودن کودهای شیمیایی در محلول غذایی در محیط کشت گیاهان گوجه فرنگی و خیار، میزان پرولین در این گیاهان افزایش یافت (Martines *et al*., 1994).

پروتئین دانه: اثر تمامی تیمارها به جز اثر متقابل آبیاری و کود روی، بر محتوای پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر نخود معنی‌دار گردید (جدول ۲). آبیاری تکمیلی سبب کاهش میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر نسبت به تیمار عدم آبیاری گردید. در بین تیمارهای مصرف کود روی، بیشترین میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر در تیمار مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که این مقدار با تیمار شاهد که در آن کمترین میزان پروتئین ذخیره‌ای بذر به دست آمد اختلاف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر میزان پرولین (میکرومول برگرم) در برگ نخود

	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۰/۱۹ $^{e-h}$	۰/۲۰ $^{d-h}$	۰/۲۰ $^{d-g}$	۰/۲۱ $^{b-e}$	۰/۲۰ $^{d-g}$	۰/۲۵ ^{a}	۰/۱۸ $^{f-h}$	۰/۲۰ $^{d-g}$
۵۰	۰/۲۰ $^{d-g}$	۰/۲۰ $^{d-g}$	۰/۲۱ $^{c-f}$	۰/۱۹ $^{e-h}$	۰/۲۲ $^{a-d}$	۰/۲۴ ^{ab}	۰/۱۹ $^{e-h}$	۰/۱۷ ^{hi}
۱۰۰	۰/۱۵ ^{j}	۰/۲۳ $^{a-c}$	۰/۱۹ $^{e-h}$	۰/۱۶ ^{ij}	۰/۱۸ ^{gh}	۰/۱۹ $^{f-h}$	۰/۱۹ $^{e-h}$	۰/۲۰ $^{e-h}$

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر میزان پروتئین دانه نخود (mg/g)

	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۱/۵۷ ^{ab}	۱/۵۳ $^{a-c}$	۱/۵۲ $^{a-c}$	۱/۵۷ ^{ab}	۱/۵۸ ^{ab}	۱/۵۵ ^{ab}	۱/۵۵ ^{ab}	۱/۵۹ ^{a}
۵۰	۱/۱۰ ^{f}	۱/۴۴ $^{c-e}$	۱/۴۳ $^{c-e}$	۱/۴۹ $^{b-d}$	۱/۴۲ ^{de}	۱/۵۳ $^{a-c}$	۱/۴۹ $^{b-d}$	۱/۵۴ ^{ab}
۱۰۰	۱/۴۴ $^{c-e}$	۱/۵۶ ^{ab}	۱/۵۷ ^{ab}	۱/۴۰ ^{e}	۱/۳۹ ^{e}	۱/۵۴ ^{ab}	۱/۵۴ ^{ab}	۱/۵۰ $^{a-d}$

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

معنی‌داری داشت. در بین تیمارهای مصرف کود پتاسیم نیز بیشترین میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر در تیمار عدم مصرف کود بدست آمد (جدول ۳). اثر متقابل سه گانه نیز نشان داد که بیشترین میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر به میزان ۱/۵۹ میلی گرم بر گرم وزن بذر در تیمار عدم آبیاری به همراه مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود روی و عدم مصرف کود پتاسیم حاصل شد. این در حالی بود که کمترین میزان پروتئین ذخیره‌ای به میزان ۱/۱ میلی گرم بر گرم وزن بذر در شرایط آبیاری تکمیلی و مصرف ۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم به همراه عدم مصرف کود روی بدست آمد (جدول ۵).

مصرف کودهای مختلف نظیر کود روی و نیتروژن سبب افزایش میزان واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی گیاه به دانه شده و این افزایش غلظت سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌گردد (Kim and Paulsen, 1986). مقادیر بالاتر کودی سبب کاهش میزان پروتئین دانه از این مقادیر گردید زیرا این افزایش در مصرف کود سبب شده تا بخش قابل توجهی از کل محتوای نیتروژن به جای اسید آمینه یا پروتئین به صورت یون‌های نیترات درآید (امام و نیک نژاد، ۱۳۷۲). افزایش شدت تنش خشکی سبب افزایش میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای در بذر گردید (Mansourifar *et al*., 2011). همچنین کاهش رطوبت، پاسخ‌هایی نظیر تخریب پروتئین‌های محلول و انباشت برخی اسید آمینه‌های آزاد را جهت حفظ تنظیم فشار اسمزی سلول به دنبال دارد (Yamada and Fukutoku, 1986). افزایش میزان پروتئین دانه را در شرایط تنش خشکی به کاهش قابل توجه وزن دانه نسبت داده‌اند که این افزایش میزان پروتئین در بذر گندم سبب افزایش کیفیت دانه و افزایش خاصیت نانوایی آن ها می‌شود (متقی و همکاران، ۱۳۸۸).

محتوای کلروفیل برگ‌ها: نتایج نشان داد که اثر اکثر اثرهای ساده و متقابل به جز اثر ساده آبیاری بر کلروفیل a و اثر کود پتاسیم بر عدد کلروفیل متر، معنی دار گردید (جدول ۲). در تیمار عدم آبیاری، عدد کلروفیل متر، کلروفیل ب و کلروفیل کل به طور معنی‌داری نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی کاهش یافت (جدول ۳). تنش آبی سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل b درگیاه سویا گردید (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴).

کاهش درمحتوای کلروفیل‌ها به احتمال زیاد به دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر غلظت عدد کلروفیل متر **در نخود**

آبیاری تکمیلی								عدم آبیاری			
سطوح روی (kg/ha)								سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۲۳/۷۳ a-d	۲۳/۰۶ c-e	۱۹/۴۰ e-h	۲۱/۶۰ c-f	۲۱/۹۳ c-f	۲۴/۲۳ a-d	۱۸/۶۳ f-h	۲۲/۴۳ c-f				
۵۰	۲۵/۱۶ a-c	۲۰/۰۶ d-h	۲۷/۳۰ ab	۲۲/۴۰ c-f	۲۱/۱۰ c-g	۱۷/۱۰ f-h	۲۱/۸۶ c-f	۲۱/۸۰ c-f				
۱۰۰	۲۱/۲۰ c-g	۲۷/۷۰ a	۲۳/۹۰ a-d	۲۳/۴۰ b-e	۱۴/۶۳ h	۱۶/۶۶ gh	۲۰/۷۶ d-g	۲۷/۶۶ a				

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر غلظت کلروفیل b (mg/g) در نخود

آبیاری تکمیلی					عدم آبیاری			
سطوح روی (kg/ha)					سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۲/۸۹ cd	۲/۷۱ cd	۳/۵۰ bc	۲/۹۶ cd	۱/۸۸ ef	۲/۳۲ de	۲/۲۹ de	۱/۹۴ ef
۵۰	۱/۹۵ ef	۲/۸۰ cd	۲/۹۲ cd	۳/۲۰ bc	۱/۷۲ ef	۱/۸۹ ef	۱/۸۱ ef	۱/۸۲ ef
۱۰۰	۳/۰۵ cd	۳/۹۴ a	۲/۸۰ cd	۲/۸۱ cd	۱/۲۸ f	۱/۷۲ ef	۱/۷۱ ef	۱/۵۹ ef

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

می‌باشد که این فرآیند نیز خود نتیجه‌ی فراهم نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد (احمدی موسوی و همکاران، ۱۳۸۴).

مصرف کود روی، میزان عدد کلروفیل متر را افزایش داد به طوری که در میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار عدد کلروفیل متر حاصل شد. همچنین بیشترین میزان کلروفیل آ مربوط به میزان مصرف ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار و در بین سطوح پتاسیم بیشرین میزان کلروفیل آ مربوط به عدم مصرف پتاسیم بود. بیشترین میزان کلروفیل ب مربوط به میزان مصرف ۲۰ و۴۰ کیلوگرم روی در هکتار و در بین سطوح پتاسیم بیشرین میزان کلروفیل ب مربوط به عدم مصرف پتاسیم بود. بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به میزان مصرف ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار و در بین سطوح پتاسیم بیشترین میزان کلروفیل کل در حالت عدم مصرف پتاسیم بدست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین میزان محتوای عدد کلروفیل متر (جدول ۶) و کلروفیل ب (جدول ۷) در تیمار آبیاری تکمیلی به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم و ۲۰ کیلوگرم روی بدست آمد. کمترین میزان عدد کلروفیل متر نیز در تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف روی به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بدست آمد.

با توجه به اینکه میزان کلروفیل برگ با فراهمی کودها در ارتباط می‌باشد (ملکوتی و همائی، ۱۳۸۳) به نظر می‌رسد که در تیمارهای مصرف کود روی و پتاسیم، مواد لازم جهت ساخت کلروفیل بیشتر در اختیار گیاه بوده و میزان کلروفیل در آنها بیشتراز تیمارهای عدم مصرف این کودها می‌باشد. بیشترین میزان کلروفیل آ (جدول ۸) و کلروفیل کل (جدول ۹) در تیمار آبیاری تکمیلی به همراه عدم مصرف پتاسیم و مصرف ۴۰ کیلوگرم روی بدست آمد. کمترین میزان کلروفیل آ و کلروفیل کل نیز در تیمار عدم آبیاری و مصرف ۴۰ کیلوگرم روی به همراه مصرف ۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل شد. در آزمایشی مشابه گزارش گردید که کاربرد کود روی سبب افزایش محتوای عدد کلروفیل متر در گیاه گلرنگ گردید (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳). آنها همچنین در این گزارش اظهار داشتند که مصرف روی، میزان کلروفیل را در این گیاه در شرایط تنش خشکی بهبود داده است که می توان در ایجاد مقاومت به خشکی ارقام در محیط‌های مختلف توجه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر غلظت کلروفیل آ (mg/g) در نخود

	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۵/۶۲ c-g	۵/۵۰ d-g	۶/۹۸ a	۶/۰۷ a-f	۵/۹۹ b-f	۶/۶۷ ab	۶/۱۵ a-f	۶/۲۲ a-e
۵۰	۶/۰۴ a-f	۶/۱۸ a-f	۵/۴۸ d-g	۶/۳۱ a-e	۵/۲۲ fg	۶/۶۲ ab	۳/۹۸ h	۴/۹۴ g
۱۰۰	۶/۵۰ a-c	۵/۷۶ b-g	۵/۴۲ e-g	۶/۱۶ a-f	۵/۳۲ e-g	۶/۱۷ a-f	۶/۴۴ a-d	۵/۹۰ b-g

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر غلظت کلروفیل کل (mg/g) در نخود

	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۸/۵۲ b-f	۸/۲۱ c-f	۹/۶۸ a	۹/۰۴ b-d	۷/۸۸ f-h	۹/۳۱ bc	۹/۴۵ bc	۸/۱۶ d-f
۵۰	۷/۹۹ d-g	۸/۹۹ b-e	۸/۴۱ c-f	۹/۵۲ ab	۶/۹۵ hi	۹/۵۱ ab	۵/۷۹ k	۶/۷۷ ij
۱۰۰	۹/۵۵ ab	۸/۹۱ b-e	۸/۲۲ c-f	۸/۹۸ b-e	۶/۶۱ ij	۷/۹۰ e-h	۸/۱۶ d-f	۷/۵۰ g-i

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

خاصی به نقش این گونه عناصر نمود. کلروپلاست و رنگدانه‌های فتوسنتزی موجود درگیاه از کمبود آب اثر می‌پذیرند. به عنوان مثال، تنش خشکی سبب هیدرولیز پروتئین های تیلاکوئیدی و کاهش مقدار کلروفیل‌های آ و ب می‌گردد (Synerri *et al*., 1993). بر اساس این گزارش تجزیه‌ی این پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی جهت شکل‌های قابل تحرک نیتروژن به محض ورود به شرایط تنش می‌باشد.

محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC): اثر تمامی تیمارها بر محتوای نسبی آب برگ‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان که عدم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار RWC گردید (جدول ۳). این نتایج با گزارش سایر محققین بر روی نخود، سیب زمینی و فلفل مطابقت داشت (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱ و خورشیدی بنام و همکاران، ۱۳۸۱)، (Ebadi *et al*., 2000) و (Ehrler *et al*., 1985).

از آنجایی که محتوای نسبی آب برگ، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است، بنابراین، از نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان دریافت که تنش آبی اعمال شده بر متابولیسم گیاه نخود مؤثر بوده و حرکت آب در جهت کاهش پتانسیل آب به درون گیاه هدایت یافته است. پایین آمدن RWC و کاهش تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌تواند اولین اثر تنش خشکی باشد که به طور طبیعی رشد سلول و اندازه نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (El-Kheir *et al*., 1994). نتایج حاصل از اثر متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین میزان RWC در تیمار آبیاری تکمیلی به همراه عدم مصرف کود روی و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم حاصل شد و کمترین میزان آن نیز در تیمار عدم آبیاری تکمیلی به همراه مصرف ۴۰ کیلوگرم کود روی و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم حاصل شد (جدول ۱۰). تحقیقات نشان داده که بالا بودن RWC سبب می‌شود که نشت الکترولیت‌ها در آنها کمتر رخ داده و از پایداری غشایی بیشتری نیز دراین شرایط برخوردار باشند (Jiang and Huang, 2002). بین سطوح تیمار کود سولفات روی، بیشترین میزان RWC مربوط به میزان مصرف۶۰ کیلوگرم کود سولفات روی در هکتار و کمترین میزان RWC مربوط به عدم مصرف کود سولفات روی حاصل شد. به نظر می‌رسد که مصرف روی باعث افزایش RWC و در نتیجه مقاومت بیشتر گیاه نخود به تنش خشکی شده است (جدول ۳). بین سطوح تیمار کود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر میزان RWC (درصد) در نخود

سطوح پتاسیم (kg/ha)	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۷۱/۹۶ b-d	۶۹/۷۷ c-e	۷۵/۱۷ bc	۷۶/۴۳ a-c	۵۸/۹۲ f-i	۵۲/۸۱ h-k	۶۲/۲۹ e-g	۵۳/۲۰ g-k
۵۰	۷۳/۸۸ bc	۶۱/۷۱ e-h	۷۰/۵۹ c-e	۸۰/۵۵ ab	۵۳/۸۴ g-k	۵۲/۶۷ h-k	۵۰/۵۷ i-k	۴۷/۵۲ jk
۱۰۰	۸۴/۸۶ a	۶۴/۱۹ d-f	۶۹/۵۸ c-e	۷۷/۱۳ a-c	۴۸/۲۰ k	۵۶/۴۸ f-j	۴۴/۶۶ k	۶۱/۸۱ e-h

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر میزان RWD (درصد) در نخود

سطوح پتاسیم (kg/ha)	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۳۷ c-g	۴۳ a-f	۴۰ a-c	۴۰ a-c	۲۲ g	۴۷ ab	۴۰ c-f	۴۴ a-f
۵۰	۲۹ e-g	۳۷ ab	۴۳ a-f	۳۲ d-g	۲۶ e-g	۴۵ a-e	۲۸ fg	۴۱ b-f
۱۰۰	۳۷ c-g	۴۰ c-f	۴۳ a-c	۴۱ a-f	۴۴ a-f	۳۶ c-f	۴۶ a	۳۱ d-g

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

سولفات پتاسیم، بیشترین میزان RWC مربوط به عدم مصرف کود پتاسیم و کمترین میزان RWC مربوط به مصرف۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. تغییرات RWC در گیاهان مختلف و در شرایط متفاوت به قابلیت نگه داری تورم برگ‌ها تحت شرایط تنش بستگی دارد (Bansal and Nagarajans, 1983). بیشتر اوقات در شرایطی که RWC به کمتر از ۵۰ درصد برسد به تدریج کارکردهای فیزیولوژیک گیاه مختل می‌گردد که اگر این روند ادامه پیدا کند در نهایت مرگ یاخته فرا می‌رسد (کافی و همکاران، ۱۳۷۸).

کاهش آب نسبی برگ ها (RWD): اثر تمامی تیمارها روی کاهش آب نسبی برگ‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲). کاهش آب نسبی برگ‌ها در تیمار آبیاری تکمیلی بیشتر از عدم آبیاری بود. در بین سطوح تیمار کود روی، بیشترین میزان RWD مربوط به میزان مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان RWD مربوط به میزان ۶۰ کیلوگرم کود در هکتار بود. همچنین در بین سطوح تیمار کود پتاسیم نیز بیشترین میزان RWD مربوط به مصرف میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان RWD مربوط به عدم مصرف پتاسیم بود (جدول۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین میزان RWD در تیمار عدم آبیاری تکمیلی به همراه مصرف ۴۰ کیلوگرم کود روی و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم حاصل شد (جدول ۱۱).

آب نسبی از دست رفته‌ی برگ‌ها (RWL): اثر تمامی تیمارها به جز اثر آبیاری، اثرمتقابل آبیاری در کود روی و اثرمتقابل آبیاری در پتاسیم بر RWL معنی‌دار شد (جدول ۲). در گیاه لوبیا بیشترین میزان RWC و RWL در تیمار آبیاری تکمیلی بدست آمد و در تیمار عدم آبیاری مقادیر آنها کمتر بود (Ferrat and Lovat, 1999). در بین سطوح تیمار کود سولفات روی، بیشترین میزان RWL مربوط به میزان مصرف۲۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و کمترین میزان RWL مربوط به عدم مصرف کود روی بود. بین سطوح تیمار کود پتاسیم نیز بیشترین میزان RWL مربوط به عدم مصرف و همچنین مصرف۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان RWL مربوط به مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم می‌باشد (جدول۳). نتایج حاصل از اثرمتقابل سه گانه نشان داد که بیشترین میزان RWL در تیمار عدم آبیاری تکمیلی به همراه مصرف۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم حاصل شد و کمترین میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر میزان RWL (درصد) در نخود

	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۲۸/۰۳ $^{h-j}$	۴۷/۱۸ $^{a-d}$	۲۴/۸۲ ^{ij}	۲۳/۵۶ $^{i-k}$	۴۱/۰۷ $^{c-f}$	۳۰/۲۲ $^{g-i}$	۳۷/۷۰ $^{e-g}$	۴۶/۷۹ $^{a-e}$
۵۰	۲۶/۱۱ ^{ij}	۳۸/۲۸ $^{d-g}$	۲۹/۴۰ $^{g-i}$	۱۹/۴۴ ^{jk}	۴۶/۱۵ $^{a-e}$	۴۷/۳۲ $^{a-d}$	۴۹/۴۲ $^{a-c}$	۵۲/۴۷ ^{ab}
۱۰۰	۱۵/۱۳ ^{k}	۳۵/۸۰ $^{f-h}$	۳۰/۴۱ $^{g-i}$	۲۲/۶۶ $^{i-k}$	۵۰/۷۹ ^{ab}	۴۳/۵۱ $^{b-f}$	۵۵/۳۳ ^{a}	۳۸/۸ $^{d-g}$

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل آبیاری×روی×پتاسیم برعملکرد دانه در بوته نخود (کیلوگرم در هکتار).

	آبیاری تکمیلی				عدم آبیاری			
	سطوح روی (kg/ha)				سطوح روی (kg/ha)			
سطوح پتاسیم (kg/ha)	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۰	۲۰	۴۰	۶۰
۰	۱۷۲۱/۳۴ ^{b}	۱۶۱۱/۵۶ ^{cde}	۱۴۸۹/۲۲ ^{f}	۱۵۷۱/۱۱ ^{ef}	۹۲۳/۶۲ ^{hijk}	۹۶۹/۵۸ ^{ghij}	۹۱۰/۲۵ ^{ijk}	۸۶۴/۱۶ ^{k}
۵۰	۱۶۹۵/۹۴ ^{bc}	۱۶۷۹/۶۹ ^{bcd}	۱۷۱۴/۴۸ ^{b}	۱۶۵۴/۰۵ ^{cde}	۱۰۰۷/۰۴ ^{ghi}	۱۰۷۰/۳۲ ^{g}	۱۰۳۰/۴۷ ^{g}	۸۸۰/۵۲ ^{jk}
۱۰۰	۱۶۷۹/۰۱ ^{bcde}	۱۸۵۶/۸۳ ^{a}	۱۷۵۱/۰۰ ^{b}	۱۶۸۱/۷۰ ^{bcd}	۱۰۲۱/۳۷ ^{gh}	۱۰۴۳/۰۹ ^{g}	۱۰۰۰/۷۹ ^{ghi}	۹۰۸/۳۵ ^{ijk}

مقادیری که حرف مشترکی با هم ندارند در سطح آماری پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم دارند.

آن نیز در تیمار آبیاری تکمیلی به همراه عدم مصرف کود روی و پتاسیم حاصل شد (جدول ۱۲).

عملکرد دانه: اثر آبیاری و سطوح مختلف کودهای روی و پتاسیم و اثر متقابل سه گانه آنها بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). آبیاری تکمیلی عملکرد دانه در واحد سطح را نسبت به تیمار عدم آبیاری حدود ۷۰ درصد افزایش داد (جدول ۳). نتایج حاصل از تحقیقات منصور و همکاران (۲۰۱۰) و خورگامی و رافعی (۲۰۰۹) تائید کننده این موضوع می باشد. مصرف روی در سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر سطوح تیماری دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه با میزان ۱۳۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار بود که پس از آن سطح ۶۰ کیلوگرم روی قرارگرفت. نهایتاً عدم مصرف روی دارای کمترین میانگین عملکرد دانه با میزان ۱۲۶۰/۴۵ کیلوگرم درهکتار بود (جدول ۳). بنابراین مصرف ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از طریق افزایش در میزان تعداد غلاف دربوته، تعداد دانه در بوته و افزایش شاخص برداشت باعث افزایش عملکرد دانه به میزان حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به حالت عدم مصرف کود روی شد. این نتیجه با نتایج گروال و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری×روی×پتاسیم بر عملکرد دانه در نخود نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۸۵۶/۸۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به آبیاری تکمیلی، ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم حاصل شد و کمترین عملکرد دانه به میزان ۸۶۴/۱۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به عدم آبیاری و عدم مصرف کودهای سولفات روی و سولفات پتاسیم حاصل شد (جدول ۱۳). هنگامی که تنش های محیطی مؤثر بر عملکرد نهایی در طول دوره رشد و نمو اتفاق می افتد، بخشی از عملکرد که در اوایل مرحله زایشی تشکیل می شود (تعداد غلاف در بوته)، عمدتاً بیشترین عکس العمل را نسبت به آن تنش نشان می دهند. به نظر می رسد که فراهم بودن آب کافی سبب افزایش پوشش سبز، دوام سطح سبز و طول دوره رشد گیاه نخود گردید. مجموعه این عوامل منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح شده است.

نتیجه گیری:

کاهش عملکرد دانه در نخود همراه با کاهش برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم از جمله محتوای کلروفیل a،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

کلروفیل b و کلروفیل کل و محتوای آب نسبی برگها می‌باشد و می‌توان این گونه بیان نمود که بین این پارامترها و عملکرد دانه رابطه مستقیمی وجود دارد. زمانی که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه گردید محتوای پرولین برگ‌ها افزایش یافته است و این نشانه افزایش پایداری گیاه نمود در برابر تنش در اثر تولید این اسمولیت می باشد که در این مطالعه این امر به وقوع پیوسته است. اگر چه افزایش درصد پروتئین دانه در تحمل گیاه به تنش خشکی دخالتی نداشته ولی با وقوع تنش خشکی درصد آن افزایش یافته است. مصرف کود روی در حد بهینه‌ی ۴۰ کیلوگرم سبب بهبود پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه نخود شده و همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم سب تولید بالاترین میزان عملکرد دانه نخود در شرایط محل اجرای آزمایش شد.

منابع:

احمدی موسوی، ع.، منوچهری کلانتری، خ. و ترکزاده، م. (۱۳۸۴) اثر نوعی براسینواستروئید بر مقدار تجمع مالون دآلدئید، پرولین، قند و رنگیزه های فتوسنتزی در گیاه کلزا تحت تنش کم آبی، مجله زیست شناسی ایران. ۴: ۲۶۷-۲۵۹.

امام، ی. و نیک نژاد، م. (۱۳۷۲) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی، انتشارات دانشگاه شیراز.

بی‌نام (۱۳۹۱) آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی. سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی.

خورشیدی بنام، م.، رحیم‌زاده خویی، ب. ف. میرهادی، م. ج. و نورمحمدی، ق. (۱۳۸۱) بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد ارقام مختلف سیب زمینی، مجله علوم زراعی ایران ۱: ۵۸-۴۸.

رضائیان زاده، ا.، پارسا، م.، گنجعلی، ع. و نظامی، ا. (۱۳۹۰) واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود به آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف فنولوژی، نشریه آب و خاک ۲۵: ۱۰۹۵-۱۰۸۰.

سلیمانی، ر. و اصغرزاده، ا. ۱۳۸۹. تأثیر تلقیح مزوریزوبیوم و مصرف کود بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم. نشریه پژوهش های حبوبات ایران ۱: ۱-۸

قربانلی، م. و نیاکان، م. (۱۳۸۴) بررسی اثر تنش خشکی برروی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان۳، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم ۱: ۵۵۱-۵۳۷.

کافی، م.، لاهوتی، م. زند، ح. شریفی، ر. و گلدانی، م. (۱۳۷۸) فیزیولوژی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد .

متقی، م.، نجفیان، گ. و بی همتا، م. ر. (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و کیفیت نانوایی ژنوتیپ‌های گندم هگزاپلوئید، مجله علوم زراعی ۳: ۳۰۶-۲۹۰.

ملکوتی، م. ج. و همائی، م. (۱۳۸۳) حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک. چاپ دوم. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس.

منصوری فر، س.، شعبان، م.، قبادی، م. و صباغ پور، س. ح. (۱۳۹۱) خصوصیات فیزیولوژیک ارقام نخود زراعی تحت اثر تنش خشکی و کود نیتروژنه آغازگر. نشریه پژوهش های حبوبات ایران ۳: ۵۶-۵۳.

موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، ع. م. سروش‌زاده، ع. و جلالی، م. (۱۳۸۳) تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. بیابان ۹: ۱۱۰-۹۳.

Adediran, J. A., Taiwo, L. B. Akande, M. O. Sosulo, R. A. and Idowu, O. J. (2004) Application of organic and inorganic fertilizars for sustainable maize and cowpea yeilds in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163- 1181.

Ashraf, M. Y., Azimi, A. R. Khan, A. H. and Ala, S. A. (1994) Effect of water stress and total phenols, peroxide activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologia Plantarum 16: 185-191.

Bansal, K. C. and Nagarajans, S. (1983) Measurment of desiccation tolerance in potato leaves. Indian Journal of Plant Physology 264: 418-420.

Bates, I. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]

Kim, N. I. and Paulsen, GM. (1986) Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates. Crop Science 156: 197-205.

Kuroda, M., Qzawa, T. imagawa, H. (1990) Changes in chloroplast peroxidase activities in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. Physiologia Plantarum 80: 555-560.

Mansourifar, C., Shaban, M. Ghobadi, M. and Rostami Ajirlu, A. (2011) Effect of drought stress and N fertilizer on yield, yield components and grain storage proteins in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. African Journal of Plant Science 5: 634-642.

Mansur C. P. Y., Palled, B, Salimath, P. M., Halikatti, S. I. (2010) An analysis of dry matter production, growth and yield in kabuli chickpea as influenced by dates of sowing and irrigation levels. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 23: 457-460.

Martines, V., Nnez, J. Orrizl, M. and Cerda, A. (1994) Changes in amino acid and organic acid composition in tomato and cucumber plants in relation to salinity and nitrogen nutrition. Journal of Science 11:201-218.

Rhodes, D. and Hanson, A. D. (1993) Quaternary ammonium and quaternary sulfonium compounds in higher plants. Plant Physiology 44: 357-384.

Secenji, M, Lendvai, A, Hajosne, Z, Dudits, D and Gyorgyey, J. (2005) Experimental system for studying long-term drought stress adaptation of wheat cultivars. Acta Biolologica Szegediensis 49: 51–52.

Sexana, N. P. and O′toole, J. C. (2000) Field screening for drought tolerance in crop plants with emphasis on rice. 1th International workshop on field screening for drought tolerance in rice. ICRISAT Patanchero. India.

Sunka, R., Bartels, D. and Kirch, H. H. (2003) Over expression of a stress inducible dehydrogenas gene from *Arabidopsis* thaliana in transgenic plants improves stress tolerance. The Plant Journal 35: 452–464.

Synerri, C. I. M., Pizino, C. and Navariizzo, F. (1993) Chemical changes and O_2 production in thylakoid membrane under water stress. Plant Physiology 87: 211-216.

Taher, A. (1988) Physiologia and lipid change in some upland rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown under drought stress. College Laguna (Philippines) pp: 162

Yamada, Y. and Fukutoku, Y. (1986) Effect of water stress on soybean stress. Soybean in tropical and sub- tropical cropping system. The Asian Vegetable Research & Development Center, Shanbue, Taiwan, China Chapter 48: 373-382.

Blum, A. (1996) Crop response to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulators 20: 135-148.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Biochemistry. 72: 248-254.

Bruisma, J. (1963) the quantitative analysis of chlorophyll a & b in plant extract. Photochemical Photobiology 12: 241-249.

Cornic, G. (1994) Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. In: N.R. Baker and J.R. Bowyer (Eds.). Photoinhibition of Photosynthesis. From Molecular Mechanisms to the Field 297-313.

During, H. (1992) Evidence for osmotic adjusment to drought in grapevines (*Vitis vinifera* L.). VITIS Journal of Grapevine Research 23. 1-10.

Ebadi, A., Heydarie sharifabad, H. Hashemie dezfulli, A. and Tahmasebi, Z. (2000) Effect of water deficit on accumulation of accord metabulits in different varieties of alfalfa. Journal of Reasearch & Business 48: 64-67.

Ehrler, W. L., Bucks, D. A. and Nakayama, F. S. (1985) Relation among relative leaf water contents, growth and rubber accumulation in Guyaule. Crop Science 25: 779- 782.

El-Kheir, M. S. A., Kandil, S. A. and Mekki, B. B. (1994) Physiological response of two soybean cultivars grown under stress conditions as affected by CCC treatment. Egypt. Journal Physiolgical Science 18: 179-200.

El-Sayed, H. (1992) Proline metabolism during water stress in sweet pepper (*Capsicum annum* L.) plant. Phyton 32:255-261.

Ferrat, I. L. and Lovat, C. J. (1999) Relation between relative water content, nitrogen pools and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius*, A. Gray during water deficit. Crop Science 39: 467-474.

Garg, N., Singla, R. (2009) Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permability and osmo-protection. Turkish Journal of Agriculture 33: 1-7.

Grewal, H. S., Zhonggu, L., Graham, R. D. (1997) Influence of subsoil zinc ondry matter production, seed yield and distribution of zinc in oilseed rape genotypes differing in zinc efficiency. Plant and Soil, 192: 181-189.

Jiang, Y., and Huang, B. (2002) Protein alternations in tall fescue in response to drought stress and abscisic acid. Crop Science 42: 202-207.

Khurgami, A. and Rafiee, M. (2009) Drought stress, supplemental irrigation and plant densities in chickpea cultivars. African Crop Science Conference Proceedings 9: 141 – 143.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.6.3]