نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد پانزدهم، شماره ۲(۵۸)، تابستان ۱۴۰۰، صفحه ۱۷۰-۱۵۳

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2021.683380

اثر هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین بر عملکرد کمّی و کیفی رقم عادل نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم لرستان

رسول بابایی‌پور[۱]، خسرو عزیزی[۲]،حمیدرضا عیسوند[۲*]، ماشاله دانشور[۳] و امیدعلی اکبرپور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۸

چکیده

هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین می‌توانند تاثیرات شرایط نامساعد خشکی بر عملکرد کمّی و کیفی نخود در شرایط دیم را کاهش دهند. در جهت آزمون این فرضیه آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶در شهرستان کوهدشت استان لرستان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی رقم نخود عادل اجرا شد. عوامل مورد برررسی شامل پرایمینگ بذر در دو سطح (پرایم نشده و هیدروپرایم شده) و محلول‌پاشی نیتروژن (از منبع اوره) و گلایسین بتائین در شش سطح (عدم محلول پاشی (شاهد)، غلظت صفر (اسپری آب)، اوره سه درصد، گلایسین بتائین ۱۰۰ میلی‌مولار، گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار، و گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد) بودند. اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی بر عملکرد معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۶۸۸ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۱۳۰۱ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد توأم پرایمینگ و مصرف گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد و کمترین عملکرد نیز مربوط به شرایط عدم پرایمینگ و عدم محلول‌پاشی بود. پرایمینگ بذر همچنین، شاخص برداشت، تعداد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، وزن صد دانه و تعداد گره فعال را بهبود بخشید. اثر محلول‌پاشی بر روی تعداد دانه در نیام و درصد پروتئین دانه معنی‌دار شدند. بیشترین میزان این صفات مربوط به محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد برآورد شد. هیدروپرایمینگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن دانه، تعداد دانه در گیاه را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. همچنین، هیدروپرایمینگ سبب شد تا گیاه زودتر وارد مرحله گلدهی و نیام‌دهی شود. با توجه به نتایج این تحقیق، استفاده از تیمار هیدروپرایمینگ و سپس محلول‌پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین با منظور نمودن نسبت هزینه به فایده برای بهبود عملکرد کمّی و کیفی نخود دیم در شهرستان کوهدشت می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پرایمینگ، گلایسین بتائین، نخود، نیتروژن، محلول‌پاشی.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

۳- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

*** نگارنده‌ی مسئول** eisvand.hr@lu.ac.ir

مقدمه

حبوبات نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی انسان و دام به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه دارند و در میان گیاهان زراعی مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله محصولاتی هستند که بیش‌تر در خاک‌های نه چندان حاصلخیز کشت می‌شوند (Majnoon Hosseini, 2013). نخود ایرانی یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی تیره‌ی حبوبات است که از نظر تولید در بین حبوبات جایگاه چهارم را با تولید ۱۴/۷۷ میلیون تن در سطح زیر کشتی معادل ۱۴/۵۶ میلیون هکتار به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت نخود در ایران در آخرین گزارش موجود، ۵۰۰۸۵۴ هکتار با میانگین عملکرد ۴۸۰ کیلوگرم در هکتار است که بیش از ۹۰ درصد آن مربوط به کشت دیم است (Anonymous, 2020). دانه نخود با ۱۶ تا ۲۴ درصد پروتئین، حدود ۵۵ درصد نشاسته، ۴/۵ درصد چربی و مقادیر متنابهی ویتامین به‌ویژه انواع ویتامین B در جیره غذایی انسان به‌ویژه طبقات کم درآمد جامعه نقش مهمی دارد (Bakht *et al*., 2009).

برای دست‌یابی به عملکرد بالا در مناطق دیم و استفاده بهتر و بیش‌تر از ریزش‌های جوی می‌توان از تکنیک پرایمینگ بذر بهره برد. در این روش عموماً تیمارهای رطوبتی قبل از کاشت روی بذر به‌منظور ارتقای جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه اعمال می‌شود. هدف از انجام پرایمینگ، بهبود فعالیت بذر، افزایش درصد جوانه‌زنی، کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی، کاهش متوسط زمان ظهور گیاهچه در مزرعه، استقرار مناسب و بهبود رشد و بنیه گیاهچه، گلدهی و رسیدگی زودتر، تحمل بیشتر به خشکی و عملکرد بیشتر گیاه در طیف وسیعی از شرایط مناسب و نامناسب است. این تکنیک با تأثیر مثبتی که در تسریع سبز شدن گیاه، استقرار بهتر و سریع‌تر گیاهچه، پوشش سریع‌تر زمین، بهبود رقابت با علف‌های هرز، توسعه بهتر ریشه و در نتیجه جذب بیشتر آب و مواد غذایی دارد می‌تواند سبب بهبود عملکرد شود و در صورت نامساعد بودن شرایط محیطی اثرات مفید آن بهتر نمایان می‌شود (Azarnia and Eisvand, 2014; Eisvand *et al*., 2010; Ghassemi-Golezani *et al*., 2012). سرما، گرما و خشکی عمده تنش‌های غیرزیستی هستند که باعث بیشترین تغییر در عملکرد دانه نخود می‌شوند. از این میان، محدودیت آب عامل اصلی و رایج کاهش عملکرد است زیرا نخود اساساً با استفاده از آب باقیمانده در خاک رشد می‌کند که این امر غالباً محصول را در معرض خشکی انتهای فصل قرار می‌دهد (Geletu and Yadeta, 2002). گلایسین بتائین و پرولین از مهم‌ترین اسمولیت‌های آلی هستند که در گونه‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی همچون خشکی، شوری، دماهای بالا، اشعه فرابنفش و فلزات سنگین تجمع می‌یابند. این ترکیبات دارای اثرات مثبتی بر کارکرد آنزیم‌ها و استحکام غشا همراه با نقش‌های تطبیقی به‌واسطه‌ی تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش هستند. کاربرد محلول‌های سازگار از قبیل پرولین و گلایسین بتائین، قبل، همزمان و بعد از وقوع تنش، با افزایش سطوح درونی این ترکیبات، به‌طورکلی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط تنش شده است (Ashraf and Foolad, 2007). محلول پاشی مخلوطی از متانول و گلایسین در شرایط دیم سبب افزایش عملکرد دانه نخود در دو رقم ILC 482 و آزاد شد (Sogani *et al*., 2011). نیتروژن نقش اساسی در بهبود تولید جهانی غذا

دارد. متأسفانه کمتر از نیمی از ۱۰۹ میلیون تن کود نیتروژن مصرفی جهانی در سال، در زیست توده بخش هوایی محصولات مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. بخش اعظم این کود به‌صورت گازهای مضر برای محیط زیست به اتمسفر منتشر می‌شود و یا از خاک شسته شده وارد منابع آبی می‌شود (Peolples *et al*., 2018). نیتروژن به عنوان اجزای سازنده بسیاری از اجزای سلول‌های گیاهی از جمله اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. بنابراین، کمبود نیتروژن به سرعت رشد گیاه را مهار می‌کند و ادامه کمبود آن سبب کلروز برگ‌های مسن‌تر می‌شود (Taiz *et al*., 2015). محلول‌پاشی نیتروژن از منبع اوره به میزان ۴۰۰ لیتر در هکتار در نخود سبب افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه شد (Shirani *et al*., 2015).

عمده کشاورزان معمولاً ابزار کارآمد جهت آماده‌سازی بستر بهینه کاشت بذر را ندارند و بنابراین بذرها بعد از کاشت در معرض شرایط نامطلوب جوانه‌زنی قرار می‌گیرند. علاوه بر این، استقرار سریع و یکنواخت محصولات یک ساله‌ای که از طریق بذر تولید می‌شوند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، یکی از راه‌های بهبود عملکرد نخود در مناطق خشک، پرایمنیگ بذر است. پرایمینگ روشی است که بذر به‌طور جزیی هیدراته شده و سپس خشک می‌شود، بنابراین جوانه‌زنی آغاز می‌شود اما ظهور ریشه‌چه رخ نمی‌دهد. هیدروپرایمینگ بذر یکی از روش‌های پرایمینگ است. از جمله مزایای هیدروپرایمینگ عدم استفاده از مواد شیمیایی است (McDonald, 2000). غلامی زالی و همکاران (Gholami Zali *et al*., 2016) گزارش کردند هیدروپرایمینگ بذر تعداد دانه در نیام نخود را افزایش داد. در تحقیقات دیگری نیز اثرات مثبت پرایمینگ بر عملکرد نخود دیم گزارش شده است (Azarnia and Eisvand, 2014; Kaur *et al*., 2003; Zarei *et al*., 2011). در اثر هیدروپرایمینگ بذر نخود، سرعت و درصد جوانه‌زنی بهبود یافت. همچنین، در شرایط کمبود آب هیدروپرایمینگ توانست عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در واحد سطح و عملکرد دانه را افزایش دهد (Ghassemi-Golezani *et al*., 2008).

تنش خشکی آخر فصل در مرحله پرشدن غلاف منجر به کاهش قابل توجهی در عملکرد دانه می‌شود. تنظیم اسمزی از مهم‌ترین پاسخ‌های سازگاری گیاه برای ثبات عملکرد در شرایط تنش خشکی است. وقوع این فرایند مستلزم تجمع مواد محلول با وزن مولکولی کم به نام مواد محلول سازگار (شامل اسیدهای آمینه، قندها، اسیدهای آلی، کلسیم، پتاسیم، پرولین و گلایسین بتائین) می‌باشد. گزارش‌های مختلفی در مورد نقش تنظیم اسمزی در افزایش ماده خشک و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به‌واسطه حفظ تورم سلول و افزایش دوام سطح برگ به‌واسطه تاخیر در پیری برگ در گیاهان مختلفی مانند گندم، سورگوم، و نخود وجود دارد (Basu *et al*., 2007).

تنش خشکی سبب تسریع در زمان گلدهی و غلاف‌دهی نخود می‌شود. مشخص شده است که تنش خشکی شدید در اوایل نمو غلاف‌ها، رشد غلاف‌ها را کاهش داده و منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در مجموع تعداد غلاف می‌شود (Massomi *et al*., 2005). لذا، اجتناب از تنش خشکی بعـد از مرحله‌ی گلدهی، به‌ویژه در مرحله‌ی غلاف‌دهی تا تشکیل دانه، یک عامل کلیدی برای تولید است (Anjamshoaa *et al*., 2011).

آسکوربات و گلایسین بتائین باعث افزایش میزان پروتئین ریشه نخود و کلروفیل a و b در شرایط تنش شوری شدند اما فعالیت کاتالاز و پروتئین اندام هوایی و ریشه را کاهش دادند (Aref and Rezaei, 2014). گلایسین بتائین در گیاه گوجه‌فرنگی موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید، مقدار پرولین و افزایش مقدار کلروفیل، کاروتنوئیدها، قندهای احیا کننده، پروتئین، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها و آسکوربات کل و در نتیجه افزایش سطح برگ، افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش آب بافت برگ در شرایط تنش خشکی شد. به‌عبارتی کاربرد گلیسین بتائین در گوجه‌فرنگی که فاقد توانایی ساخت این ماده می‌باشد، در کاهش اثرات تنش خشکی و بهبود رشد در شرایط تنش و غیرتنش مؤثر بود (Moshtaghi *et al.*, 2009).

با توجه به پایین بودن متوسط بارش در اکثر مناطق کشور، محدودیت آب خاک عاملی اساسی در عدم دست‌یابی به عملکرد بهینه نخود دیم است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره بر بهبود کمیت و کیفیت محصول تحت شرایط دیم بود. از آنجا که بخش اعظم کشت نخود استان لرستان به‌صورت دیم است، نتایج این تحقیق می‌تواند درصورت مثبت بودن و تکرار آن در سال‌های بعد برای کشاورزان نیز قابل توصیه باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در روستای پریان (استان لرستان)، شهرستان کوهدشت با مشخصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه و ۵۹ ثانیه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول شرقی و ۱۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا با میانگین بارندگی بلند مدت ۴۰۰ میلی‌متر، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه شخصی اجرا شد.

به منظور اطلاع از وضعیت خاک و استفاده صحیح از کود، قبل از کاشت از زمین مورد نظر به عمق ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه مرکب برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۲ ارایه شده است. اطلاعات مربوط به برخی از پارامترهای هواشناسی در جدول ۱ ارایه شده است.

فاکتورهای آزمایش شامل پرایمینگ در دو سطح (پرایم نشده و هیدروپرایمینگ) و محلول پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین در شش سطح عدم محلول‌پاشی اوره و گلایسین بتائین (شاهد)، غلظت صفر اوره و گلایسین بتائین (اسپری آب)، اوره سه درصد، گلایسین بتائین ۱۰۰ میلی‌مولار، گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار، و گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد استفاده شدند. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم عادل بود که بذر گواهی شده آن از مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان خرم آباد تهیه شد. مزرعه مورد آزمایش سال قبل زیرکشت گندم بود. عملیات شخم، دیسک، کرت‌بندی و ایجاد جوی و پشته در ۲۰ اسفند صورت گرفت و ۲۵ اسفند ۱۳۹۶ کشت انجام شد. بلوک‌ها عمود بر جهت شیب زمین و به فاصله سه متر از هم ایجاد شدند. هر بلوک دارای ۱۲ کرت (با ۴ متر طول و ۱/۸ متر عرض) بود. فاصله کرت‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور در کرت‌ها در ۶ ردیف با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شدند.

بذور مصرفی جهت پیشگیری از بیماری‌های قارچی با قارچ‌کش بنومیل (دو در هزار) ضدعفونی شدند. با توجه به نتایج آزمایش خاک، کود فسفره به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره (به عنوان استارتر) به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در زمان تهیه زمین استفاده شد.

بذرها در دمای ۲۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند. در طی فرآیند آبگیری اکسیژن لازم برای تنفس بذر از طریق پمپ آکواریوم تامین شد. بعد از طی زمان مذکور بذرها از آب خارج شده و در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) بر روی توری‌های فلزی قرار داده شد و میزان رطوبت به ۱۴ درصد رسانده شد و کشت شدند. محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره سه درصد، نیز در زمان پیدایش اولین نیام توسط سم‌پاش پشتی در غلظت‌های ذکر شده در عصر انجام گرفت. همچنین، برای جلوگیری از پاشش محلول به کرت‌های مجاور از مانع پلاستیکی استفاده شد.

تاریخ گلدهی: هنگامی که ۵۰ درصد از بوته‌های هر تیمار دارای یک گل باز شده بودند به عنوان تاریخ گلدهی در نظر گرفته شد. مبنای محاسبه، تاریخ کاشت بود. زمانی که ۵۰ درصد گیاهان هر واحد آزمایشی دارای حداقل یک نیام قابل مشاهده بودند، به‌عنوان تاریخ نیام‌دهی در نظر گرفته شد. از هر واحد آزمایشی در زمان گلدهی پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از بیل از عمق ۴۰ سانتی‌متری (مکعب فرضی به عمق ۴۰ سانتی‌متر و طول و عرض۳۰ سانتی‌متر) نمونه‌برداری و پس از شستن دقیق ریشه‌ها تعداد گره‌ها شمارش شد. برای تعیین فعال بودن، آنها به‌وسیله تیغ از وسط نصف شدند و گره‌هایی که صورتی رنگ بودند به‌عنوان گره فعال در نظر گرفته شدند.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، نمونه‌های برداشتی از چهار خط کشت میانی (به جزء دو ردیف طرفین هر کرت و نیم متر ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی) را در درون کیسه‌های مناسب قرار داده و با قرار دادن اتیکت مربوط به هر کرت بر روی کیسه و به نحوی که برگ‌ها ریزش پیدا نکنند نمونه‌ها برای بررسی صفات عملکرد به آزمایشگاه انتقال داده شدند. تعداد ۱۰ بوته در هر کرت آزمایشی طی مرحله نمونه‌برداری انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه تعداد نیام‌های هر بوته مورد شمارش و میانگین آنها به‌عنوان تعداد نیام در بوته ثبت شد. پس از باز کردن نیام‌ها به‌وسیله دست، متوسط تعداد دانه در نیام محاسبه و تعداد کل دانه‌ها شمارش و با توجه به تعداد بوته‌های برداشت شده، تعداد دانه در بوته نیز به‌دست آمد. در نهایت توسط دستگاه بذر شمار چهار تکرار ۱۰۰ بذری به تصادف توزین شد. میانگین این چهار تکرار به‌عنوان وزن صد دانه برحسب گرم ثبت شد.

پس از رسیدگی نهایی نخود از یک متر مربع هر کرت آزمایشی یک نمونه به‌صورت کف بر برداشت شد و داخل کیسه‌های پارچه‌ای قرار گرفت. این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک کردن در داخل آون (۲۴ ساعت تحت دمای ۷۵ درجه سلسیوس) توزین شدند. بدین ترتیب عملکرد بیولوژیک یا کل ماده خشک در واحد سطح برای هر کرت آزمایشی به‌دست آمد و به هکتار تعمیم داده شد (کیلوگرم در هکتار). از نمونه‌هایی که جهت تعیین عملکرد بیولوژیک به آزمایشگاه انتقال داده شده بود، دانه‌ها جدا شدند و پس از توزین به‌عنوان عملکرد دانه منظور

گردید. درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه طیف سنج مادون قرمز (NIR, model 7250, Perten Co., Sweden) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار MSTATC انجام شد و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد و اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بودند (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۶۸۸ $kg.ha^{-1}$) با هیدروپرایم کردن بذرها و متعاقب آن محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی مولار + اوره ۳ درصد به‌دست آمد و کمترین آن (۲۱۶۱ $kg.ha^{-1}$) نیز در تیمار عدم پرایمینگ و عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۵). کاربرد گلایسین بتائین و محلول‌پاشی اوره ۳ درصد موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد اما این افزایش در تیمارهایی که پرایمینگ به کار برده شده بود چشمگیرتر بود به گونه‌ای که در تیمار عدم استفاده از پرایمینگ، انجام محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد موجب افزایش ۲۱۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک شد، در حالی که در تیمارهایی با کاربرد پرایمینگ موجب افزایش ۴۴۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم استفاده از پرایمینگ شد (جدول ۵). شیرانی و همکاران (Shirani *et al.*, 2015) گزارش کردند که محلول‌پاشی اوره سبب افزایش عملکرد بیولوژیک نخود شد. کاربرد پرایمینگ علاوه بر اینکه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد، موجب افزایش کارایی استفاده از محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد نیز شد که می‌توان علت این امر را به خصوصیات بهتر جوانه‌زنی و استقرار مناسب‌تر گیاهچه‌ها و در نهایت استفاده بهتر از محلول‌پاشی صورت گرفته در این شرایط دانست. کاربرد گلایسین بتائین در کاهش اثرات تنش خشکی و بهبود رشد در شرایط تنش و غیرتنش مؤثر بود (Taghdisi Sayyar *et al.*, 2014). محلول‌پاشی با گلایسین بتائین منجر به القای تولید سطوح پایین گونه‌های فعال اکسیژن شد، که منجر به سازگاری گیاهان قبل از وقوع تنش شدید گردید. متابولیت‌های سازگار مانند پرولین نقش نوعی حفاظت کننده اسمزی، پایدار کننده دیواره‌های سلولی و تنظیم کننده فشار تورژسانس را بر عهده داشته، در نتیجه منجر به حفظ انسجام غشای سلول‌ها می‌شوند. بنابراین، احتمالاً بخشی از تاثیرات مثبت گلایسین بتائین در افزایش عملکرد دانه گیاه از طریق تجمع متابولیت‌های سازگار است. گزارش شده است که استفاده از هیدروپرایمینگ می‌تواند اثرات ناشی از تاخیر در زمان کاشت را در سویا مرتفع سازد (Rahchamandi *et al.*, 2011)

عملکرد دانه

اثر متقابل هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی اوره و گلایسین بتائین بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه با کاربرد پرایمینگ و مصرف گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد با ۱۳۰۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن نیز در شرایط عدم پرایمینگ و عدم محلول‌پاشی با ۹۳۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. در تحقیق حاضر پرایمینگ موجب افزایش کارایی استفاده از سطوح مختلف محلول‌پاشی نیز شده است. زیرا در تحقیق دیگری به اثرات مثبت

هیدروپرایمینگ از جمله افزایش سطح برگ و شاخه فرعی اشاره شده است (Eisvand *et al*., 2012). به این ترتیب با کاربرد پرایمینگ می‌توان عملکرد بهتری را با استفاده از محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد حاصل نمود. کارایی مؤثرتر استفاده از محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد در شرایط کاربرد پرایمینگ در افزایش معنی‌دار عملکرد دانه مشهود بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد مصرف گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد از طریق بهبود ویژگی‌هایی نظیر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، جذب تشعشع و سرعت رشد محصول باعث افزایش میزان تجمع ماده خشک کل و همچنین تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت اندام‌های ذخیره‌ایی گیاه شد که این موضوع سبب بهبود ویژگی‌هایی نظیر تعداد دانه و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه نخود شد. در تحقیقات دیگری هیدروپرایمینگ (Azarnia and Eisvand, 2014) و محلول‌پاشی اوره (Venkatesh *et al*., 2008; Palta *et al*., 2005; Shirani *et al*. 2015) سبب افزایش عملکرد دانه نخود شده است.

در تحقیقی که تیمارهای مختلف پرایمینگ (هورمونی و هیدروپرایمینگ) بر روی نخود اعمال شد، هیدروپرایمینگ به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شاخص سطح برگ شد (Azarnia and Eisvand, 2014). بنابراین، با افزایش سطح برگ، میزان دریافت محلول اسپری شده توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد. همچنین، ظرفیت فتوسنتزی چنین بوته‌هایی به‌خاطر سطح بیشتر برگ‌ها بیشتر است. لذا انتظار می‌رود پرایمینگ کارایی محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره را بهبود بخشیده باشد. برای افزایش غلظت اسمولیت‌ها در گیاهان استعمال خارجی آنها به‌صورت پاشش برگی صورت می‌گیرد. گلایسین بتائین به‌عنوان یک اسمولیت سیتوپلاسمی عمل می‌کند و آنزیم‌ها و غشاها را از اثرات پسابیدگی حفظ می‌کند (Cha-um *et al*., 2013).

شاخص برداشت

اثر هیدروپرایمینگ و تیمار محلول‌پاشی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۳). هیدروپرایمینگ در مقایسه با عدم پرایمینگ سبب افزایش شاخص برداشت شد. همچنین، محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ ملی‌مولار بیشترین شاخص برداشت را سبب شد (جدول ۴). در تحقیقی بر روی نخود ایرانی، هیدروپرایمینگ در مقایسه با عدم پرایمینگ سبب افزایش شاخص برداشت شد اما پرایمینگ با جیبرلین سبب کاهش قابل توجه شاخص برداشت شد (Azarnia and Eisvand, 2014).

وزن صد دانه

اثر هر دو تیمار هیدورپرایمینگ و محلول‌پاشی بر وزن صد دانه معنی‌دار بودند. این صفت تحت تاثیر اثرات متقابل دو تیمار قرار نگرفت (جدول ۳). تیمار هیدورپرایمینگ بیشترین وزن صد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). همچنین، مصرف گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشترین وزن صد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). سطح غلظت صفر یا پاشش آب نیز تفاوت معنی‌داری با شاهد (عدم محلول پاشی) نداشت. گلایسین بتائین با بهبود وضعیت آبی گیاه در شرایط خشکی موجب تخصیص میزان بالاتری از مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده، ضمن اینکه منبع غنی از نیتروژن و کربن به منظور رشد بیشتر می‌باشد، لذا سبب افزایش وزن هزاردانه می‌شود. از نظر فیزیولوژیکی، نقش حفاظتی گلایسین بتائین به‌طور مستقیم از طریق اثر مثبت روی آنزیم‌ها و سیالیت غشاء و به‌طور غیرمستقیم از

طریق نقش آن در انتقال پیام به‌عنوان یک حفاظت کننده اسمزی، سلول‌ها را از تنش‌های محیطی حفظ می‌کند (Miri and Zamani Moghadam, 2015). علی و همکاران (Ali *et al*., 2008) نیز گزارش دادند که محلول‌پاشی و پرایمینگ بذور گندم و ذرت با عناصر ریزمغذی روی و بُر موجب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه دو گیاه گندم و ذرت گردید.

تعداد دانه در بوته

در میان اجزای عملکرد معمولاً کاهش تعداد دانه و غلاف در بوته بیشترین سهم را در تقلیل عملکرد دارد. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای پرایمینگ و محلول پاشی بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار است (جدول ۳). پرایمینگ موجب افزایش تعداد دانه در بوته شد (جدول ۴). همچنین، همه سطوح محلول‌پاشی نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری دارای تعداد دانه در بوته بیشتری بودند که بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد بود (جدول ۴). محلول‌پاشی اوره به‌میزان ۴۰۰ لیتر در هکتار سبب افزایش اجزای عملکرد نخود از جمله تعداد دانه در بوته شد (Shirani *et al*., 2015). کاربرد خارجی گلایسین بتائین در گندم نیز از طریق افزایش تعداد دانه در سنبله سبب افزایش عملکرد شد و بهترین زمان مصرف آن، در مرحله رویشی بود (Diaz-Zorita and Grosso, 2001).

تعداد نیام در بوته

اثر تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی بر تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). پرایمینگ به‌طور میانگین ۰/۹ تعداد نیام را نسبت به عدم پرایمینگ بهبود بخشید در حالی که تیمار محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار+ اوره ۳٪ سبب افزایش تعداد ۴/۶ نیام نسبت به عدم محلول‌پاشی در بوته شدند. بیشترین تعداد نیام در بوته مربوط به محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد بود (جدول ۴).

تعداد نیام در بوته از اجزای مهم عملکرد محسوب و افزایش آن تا حد زیادی افزایش عملکرد را موجب خواهد شد. از اثرات افزایش تعداد غلاف در گیاه ازدیاد تعداد دانه در بوته است که این افزایش تولید تاثیر زیادی در عملکرد دانه خواهد داشت. در تحقیق حاضر، انجام پرایمینگ با بهبود خصوصیات جوانه‌زنی منجر به توسعه زودتر سطح برگ و افزایش آن می‌شود (Shirani *et al*., 2015) که موجب جذب نور بیشتر توسط برگ شده و در نتیجه فتوسنتز افزایش یافته و مواد فتوسنتزی بیشتری جهت تلقیح و تکامل نیام‌ها فراهم می‌گردد و در نتیجه باعث ایجاد غلاف‌های بارور بیشتری می‌گردد. از طرفی مقادیر مناسب گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد به‌ترتیب از طریق اثرات مثبت بر حفظ یکپارچگی آنزیم و غشا در گیاهان تحت شرایط تنش (Ashraf and Foolad, 2007) و نیتروژن به‌عنوان عنصر سازنده بسیاری از اجزای سلول‌های گیاهی از جمله اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک (Taiz *et al*., 2015) در نهایت منجر به افزایش گلدهی و تعداد غلاف بارور گردیده است.

تعداد دانه در نیام

تعداد دانه در نیام تحت تاثیر پرایمینگ قرار نگرفت اما اثر محلول‌پاشی گلایسن بتائین و اوره در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین دانه در نیام از محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد مشاهده شد، هرچند محلول‌پاشی اوره ۳ درصد نیز باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در نیام در مقایسه

با شاهد شد (جدول ۴). محلول‌پاشی نیتروژن از منبع اوره در نخود در دو کشت پاییزه و بهاره سبب افزایش دانه در بوته شد (Shirani *et al*., 2015). کاربرد خارجی محلول‌های گلایسین بتائین بر روی گیاهان، به‌طورکلی موجب افزایش در رشد و عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط تنش شده است (Ashraf and Foolad, 2007).

تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن

پرایمینگ نسبت به شاهد بیشترین تعداد گره‌های ریشه را به‌خود اختصاص داد (جدول ۶). همچنین، مصرف گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد با تفاوت معنی‌دار نسبت به شاهد تعداد گره بیشتری را به خود اختصاص داد (جدول ۷). کائور و همکاران (Kaur *et al*., 2003) نشان دادند که تعدادگره فعال و وزن گره در بوته‌های نخود حاصل از بذور هیدروپرایمینگ شده و پرایمینگ شده با مانیتول نسبت به بذور شاهد بیشتر است.

تعداد گره‌های فعال تثبیت کننده نیتروژن

هیدروپرایمینگ تعداد گره‌های فعال تثبیت کننده نیتروژن را افزایش داد (جدول ۶). بیشترین تعداد گره فعال به‌ترتیب مربوط به سطح مصرف گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد بود (جدول ۸). افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر از حجم وسیع‌تری از خاک را امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر می‌رسد که کاربرد تیمارهای هیدروپرایمینگ و گلایسین بتائین در این آزمایش باعث افزایش حجم ریشه شده و توان و کارایی جذب، مصرف آب و عناصر غذایی آن بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است. علت بهبود تعداد گره‌های ریشه در شرایط استفاده از این دو تیمار در این آزمایش ممکن است به دلیل فراهم کردن آب و عناصر غذایی برای ریشه گیاه نخود باشد که در نهایت سبب بهبود سطح برگ، فعالیت بهتر روزنه‌ها، افزایش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی به‌دنبال افزایش رطوبت در منطقه ریشه شده است. در گیاه نخود نتایج مشابهی مبنی بر افزایش تعداد گره فعال ریشه ناشی از پرایمینگ گزارش شده است (Alimadadi *et al*., 2008). هیدروپرایمینگ بذر نخود سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه، سرعت رشد گیاهچه، وزن تر بخش هوایی و تعداد گره تثبیت‌کننده نیتروژن شد. در بررسی اثر هیدروپرایمینگ بذر در گیاه نخود در شرایط دیم و آبی گزارش شده است که بهبود فعالیت‌های گیاهچه و نیز در دسترس قراردادن مقدار بیشتری مواد غذایی برای مصرف گیاه سبب بهبود شرایط فیزیکی ریشه و افزایش تعداد گره‌های فعال شد (Eisvand *et al*., 2012). در یونجه مشخص شده است که کاربرد گلایسین بتائین می‌تواند از طریق حفظ رطوبت گره‌ها در شرایط تنش اسمزی ناشی از تنش شوری، فعالیت تثبیت نیتروژن را از خطرات مضر تنش اسمزی حفظ کند (Pocard *et al*., 1991).

زمان تا گلدهی و نیام‌دهی

انجام پرایمینگ برای بذور نخود موجب شد که گیاه زودتر وارد فاز گلدهی شود و این تفاوت نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول ۶). زارعی و همکاران (Zarei *et al*., 2011) و عیسوند و همکاران (Eisvand *et al*., 2012) تسریع مراحل فنولوژیک از جمله روز تا شروع گلدهی در گیاه نخود در اثر اعمال تیمار هیدروپرایمینگ را گزارش کرده‌اند. این امر ممکن است به دلیل مزایای پرایمینگ در تسریع جوانه‌زنی استقرار بهتر و سریع‌تر گیاهچه باشد که زمینه رشد

سریع‌تر و بیشتر گیاه توام با بهبود سطح برگ و پاسخ بهتر به محرک‌های محیطی از جمله نور را فرهم می‌آورد (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2012).

درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه تحت تاثیر هیدروپرایمینگ قرار نگرفت اما اثر محلول‌پاشی گلایسین بتایین و اوره بر آن معنی‌دار بود (جداول ۶ و ۷). بیشترین درصد پروتئین نسبت به شاهد با محلول‌پاشی گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد و محلول‌پاشی اوره ۳ درصد با قرار گرفتن در یک گروه آماری، حاصل شد (جدول ۷). در تحقیقی بر روی نخود، محلول‌پاشی نیتروژن از منبع اوره سبب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه شد (Shirani *et al.*, 2015).

بیشترین تاثیر نیتروژن بر کیفیت دانه از طریق تاثیر بر غلظت پروتئین آن است (Kirnak *et al.*, 2008). کاربرد گلایسین بتائین در نخود باعث افزایش میزان کلروفیل، کاهش فعالیت کاتالاز و پروتئین اندام هوایی و ریشه شد. میزان پروتئین ریشه و قندهای محلول ریشه و اندم هوایی در کاربرد توام آسکوربات و گلایسین بتائین افزایش یافت (Aref and Rezaei, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

بیشترین عملکرد با کاربرد پرایمینگ و مصرف گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار + اوره ۳ درصد و کمترین آن نیز در شرایط عدم پرایمینگ و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد و هر دو تیمار کاربردی آزمایش موجب افزایش معنی‌دار صفات شدند. به نظر می‌رسد انجام پرایمینگ موجب شد تا گیاه زودتر وارد فاز گلدهی و نیام‌دهی شود و دوره حساس تشکیل بذر و پرشدن آن کمتر با خشکی انتهای فصل مواجه گردد. کاربرد پرایمینگ علاوه بر افزایش معنی‌دار عملکرد، موجب افزایش کارآیی استفاده از محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره شد که ممکن است علت آن تسریع سبـز شدن و استقرار مناسب‌تر گیاهچه‌ها به‌واسطه پرایمینگ باشد که منتج به ایجاد بوته‌های قوی‌تر با سطح سبز بیشتر و یکنواخت در مزرعه شده است. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد با هیدروپرایمینگ بذر نخود و همچنین محلول‌پاشی گلایسین بتائین و اوره ۳ درصد می‌توان عملکرد و پروتیین نخود را در شرایط دیم کوهدشت بهبود بخشید. البته لازم است هزینه به فایده این کار از نظر اقتصادی در هر زمان محاسبه و در صورت صرفه اقتصادی از تیمارهای فوق استفاده گردد.

جدول ۱- برخی پارامترهای هواشناسی در طی فصل زراعی (۹۷-۱۳۹۶)

Table 1- Meteorological statistics of the growing season (2017-2018)

ماه Month	بارش Precipitation (mm)	میانگین دمای حداقل Average Minimum Temp. (˚C)	میانگین دمای حداکثر Average Maximum Temp. (˚C)	تعداد روزهای یخبندان Number of frost days	حداکثر رطوبت نسبی Maximum Relative Humidity (%)	حداقل رطوبت نسبی Minimum Relative Humidity (%)
23 Sep. – 22 Oct.	0.0	7.92	29.68	0	44.33	15.25
23 Oct. - 21 Nov.	7.6	5.24	23.89	5	64.73	25.83
21Dec. – 22 Nov.	56.2	-0.45	15.04	22	90.53	41.84
22 Dec. – 20 Jan.	34.6	-0.23	14.57	19	85.00	40.00
21 Jan. –19 Feb.	68.2	0.62	14.12	14	82.00	43.00
20 Mar. – 20 Feb.	53.8	3.5	17.88	0	88.33	39.90
– 20 Ap. 21 Mar.	57.8	6.29	22.77	0	85.00	38.00
21 Ap. – 21 May	181.7	9.71	23.24	0	90.00	46.00
–21 June 22 May	71.0	14.12	33.19	0	61.00	21.00

جدول ۲- تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

Table 2- Soil physicochemical analysis

Soil texture	pH	OC (%)	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Mn ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)	Cu ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)
Loam-Clay	7.7	0.45	0.47	3.4	330	6.1	0.6	1.2	4.8

جدول ۳- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تاثیر هیدروپرایمینگ و محلول پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین

Table 3- ANOVA (mean squares) of yield and yield components of chickpea affected by hydropriming and foliar application of nitrogen and glycine betaine

.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عمکلرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest Index	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight	تعداد دانه در بوته No. grain per plant	تعداد نیام در بوته No. pod per plant	تعداد دانه در نیام No. grain per pod
تکرار Replication	2	3236.50^{ns}	36.30^{ns}	1.91^{ns}	1.02^{ns}	0.70^{ns}	1.10^{ns}	0.001^{ns}
هیدروپرایمینگ Hydropriming (A)	1	254016**	208544**	90.28**	18.92*	102.34**	6.64**	0.014^{ns}
محلول پاشی Foliar treatments (B)	5	102338**	38188**	9.64**	12.33**	11.87**	22.67**	0.042**
A × B	5	11219*	3582**	1.53^{ns}	1.45^{ns}	2.01^{ns}	0.75^{ns}	0.008^{ns}
خطا Error	22	3766	434	2.58	3.3	1.72	1.10	0.006
ضریب تغییرات C.V. (%)		8.50	7.89	6.53	6.20	5.30	7.30	4.50

ns، * و**؛ به ترتیب معرف غیر معنی دار، و معنی دار در سطوح آماری پنج و یک درصد.

ns,* and ** indicate non-significant and significant at 0.5 and 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر هیدروپرایمینگ و اثر محلول پاشی اوره و گلایسین بتایین بر عملکرد و اجزا عملکرد نخود

Table 4- Means comparison for yield and yield components of chickpea affected by hydropriming and foliar application of urea and glycine betaine

تیمارها Treatments	شاخص برداشت Harvest Index (%)	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight (g)	تعداد دانه در بوته No. grain per plant	تعداد نیام در بوته No. pod per plant	تعداد دانه در نیام No. grain per pod
پرایم نشده Not primed	44.30 b	33.80 b	22.7 b	21.80 b	1.20 a
هیدروپرایمینگ Hydropriming	47.50 a	35.2 a	26.1 a	22.70 a	1.20 a
شاهد Control	43.90 c	32.60 c	22.8 c	20.30 d	1.10 c
اسپری آب Distilled water	45.40 bc	33.30 c	23.50 bc	19.80 d	1.10 c
اوره ۳٪ Urea 3%	45.40 bc	35.50 ab	24.10 bc	22.60 bc	1.30 ab
گلایسین بتائین ۱۰۰ میلی‌مولار GB 100 mM	47.40 a	34.40 bc	24.00 bc	22.20 c	1.20 c
گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار GB 200 mM	46.00 ab	34.70 bc	25.00 b	23.70 ab	1.20b c
گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار+اوره۳٪ GB 200 mM+Urea 3%	47.10 a	36.00 a	26.80 a	24.90 a	1.30 a

* در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی داری باهم ندارند (براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪). GB معرف گلایسین‌بتائین است.

* Means with same letter in each column (between each horizontal line) are not significantly different according Duncan's Multiple Range Test (0.05). GB indicates glycine betaine.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل هیدروپرایمینگ و محلول پاشی اوره و گلایسین بتایین بر عملکرد بیولوژیک و دانه نخود

Table 5- Means comparison of interaction of hydropriming × foliar application of urea and glycine betaine for biological and grain yields of chickpea

پرایمینگ Priming	محلول پاشی برگی اوره و گلایسن بتائین Foliar application of urea and glycine betaine	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
پرایم نشده Not primed	Control	2162^{d}	932^{e}
	Distilled water	2184^{cd}	954^{de}
	Urea 3%	2317^{cd}	1010^{cde}
	GB 100 mM	2207^{cd}	996^{de}
	GB 200 mM	2334^{bcd}	1036^{cde}
	GB 200 mM+Urea 3%	2373^{bc}	1090^{bcd}
هیدروپرایمینگ Hydropriming	Control	2247^{cd}	1005^{cde}
	Distilled water	2286^{cd}	1079^{bcde}
	Urea 3%	2524^{ab}	1194^{ab}
	GB 100 mM	2321^{cd}	1152^{bc}
	GB 200 mM	2516^{ab}	1202^{ab}
	GB 200 mM+Urea 3%	2688^{a}	1301^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری باهم ندارند (براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪). GB معرف گلایسین‌بتائین است.

* Means with same letter in each column (between each horizontal line) are not significantly different according Duncan's Multiple Range Test (0.05). GB indicates glycine betaine.

جدول ۶- میانگین مربعات برخی صفات نخود تحت تاثیر هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی نیتروژن و گلایسین‌بتائین

Table 6- ANOVA (mean squares) of some chickpea traits affected by hydropriming and foliar application of nitrogen and glycine betaine

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن در بوته No. of nodule per plant	تعداد گره تثبیت کننده فعال نیتروژن در بوته No. of active nodule per plant	زمان تا گلدهی Time to flowering	زمان تا نیام دهی Time to podding	درصد پروتئین دانه Grain protein
تکرار Replication	2	0.025^{ns}	0.095^{ns}	3.18^{ns}	0.76^{ns}	1.64^{ns}
هیدروپرایمینگ Hydropriming (A)	1	17.22*	45.92**	88.36**	133.01**	0.60^{ns}
تیمارهای محلول پاشی Foliar treatments (B)	5	55.66**	48.11**	1.59^{ns}	2.58^{ns}	5.92*
A × B	5	1.62^{ns}	0.62^{ns}	1.42^{ns}	7.07^{ns}	2.40^{ns}
خطا Error	22	3.00	1.25	9.51	16.29	1.90
ضریب تغییرات C.V. (%)		8.90	7.78	9.35	8.10	7.70

ns، * و**؛ به‌ترتیب غیر معنی‌دار، و معنی‌دار در سطوح آماری پنج و یک درصد.

ns,* and ** indicate non-significant and significant at 0.5 and 0.01 probability levels, respectively.

جدل ۷- مقایسه میانگین اثر هیدروپرایمینگ بر تعداد گره، گره‌های فعال، زمان تا گلدهی، غلاف دهی، و درصد پروتئین دانه نخود

Table 7- Means comparison for number of nodules, time to flowering and podding, and grain protein of chickpea affected by hydropriming

	زمان تا گلدهی Time to flowering (day)	زمان تا غلاف دهی Time to podding (day)	تعداد گره No. of nodule per plant	تعداد گره‌های فعال No. of active nodule per plant	درصد پروتئین دانه Grain protein (%)
شاهد Control	50.50 a*	70.10 a	32.30 b	22.20 b	23.80 a
هیدروپرایمینگ Hydroprimed	47.40 b	66.30 b	33.8 a	24.5 a	23.90 a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری باهم ندارند (براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪).

* Means with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test (0.05).

جدول۸- مقایسه میانگین تعداد گره و درصد پروتئین دانه نخود تحت تاثیر تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی نیتروژن و گلایسین بتائین

Table 8- Means comparison for number of nodules, and grain protein of chickpea affected by hydropriming and foliar application of urea and glycine betaine

Treatments	تعداد گره No. of nodule per plant	تعداد گره‌های فعال No. of active nodule per plant	درصد پروتئین دانه Grain protein (%)
شاهد Control (not-sprayed)	30.0 c*	20.80 c	22.80 b
اسپری آب Distilled water	30.10 c	21.50 c	23.50 b
اوره ۳٪ Urea 3%	33.50 b	23.10 b	25.20 a
گلایسین بتائین ۱۰۰ میلی‌مولار Glycine betaine 100 mM	32.60 b	21.20 c	23.70 ab
گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار Glycine betaine 200 mM	33.80 b	27.40 a	23.50 b
گلایسین بتائین ۲۰۰ میلی‌مولار+اوره۳٪ Glycine betaine 200 mM + Urea 3%	38.30 a	26.30 a	25.20 a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری باهم ندارند (براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪).

* Means with same letter in each column are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test (0.05).

References منابع مورد استفاده

- Ali, S., R. Mekki, G. Mairaj, M. Arif, M. Fida, and S. Bibi. 2008. Assessment of different crop nutrient management practices for yield improvement. *Australian Journals of Crop Science.* 2(3): 150-157.
- Alimadadi, A., M.R. Jahansouz, H. Besharati, and R. Tavakol Afshari. 2008. Study of the effect of phosphate solubilizing microorganisms, mycorrhiza and seed priming on nodulation in chickpea. *Iranian Journal of Soil Research.* 24: 43-53.(In Persian).
- Anjamshoaa, S., H. Moeinrad, and H. Ebrahimi. 2011. The effects of different irrigation levels on grain yield and yield components of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climatic condition. *Iranian Journal of Pulses Research.* 2(2): 69-82. (In Persian).
- Anonymous. 2020. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
- Aref, M., and M.A. Rezaei. 2014. Investigation of ascorbate and glycine betaine and their combined effects on photosynthetic pigments, protein, soluble sugars and catalase activity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under soil salinity stress. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research.* 9: 161-174. (In Persian).
- Ashraf, M., and M.R. Foolad. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycinebetaine and proline. *Environmental and Experimental Botany.* 59: 206-216.
- Azarnia, M., and H.R. Eisvand. 2014. Effects of hydro and hormonal priming on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in irrigated and rain-fed conditions. *Journal of Crop Production.* 6(4): 1-18. (In Persian).
- Bakht, T., I. Ahmad Khan, M. Ishfaq Khan, I. Khan, and A. Mateen Khattak. 2009. Weed control in pea (*Pisum sativum* L.) through mulching. *Journal Weed Sciece Reserch.* 15(1): 83- 89.
- Basu, P.S., M. Ali, and S.K. Chaturvedi. 2007. Osmotic adjustment increases water uptake, remobilization of assimilates and maintains photosynthesis in chickpea under drought. *Journal of Experimental Biology.* 45: 261-267.
- Cha-um, S., T. Samphumphuang, and C. Kirdmanee. 2013. Glycine Betaine alleviates water deficit stress in indicia rice using proline accumulation, photosynthetic efficiencies, growth performances and yield attributes. *Australian Journal of Crop Science.* 7(2): 213-218.
- Diaz-Zorita, M., and G.A. Grosso. 2001. Application of foliar fertilizers containing glycine betaine improve wheat yields. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 186: 209-215.
- Eisvand, H.R., M. Azarnia, F. Nazarian Firoozabadi, and R. Sharafi. 2012. Effects of Priming by gibberellin and abcsisic acid on emergence and some physiological characters of chikpea (*Cicer arietinum* L.) seedling under dry and irrigated conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science.* 42(4): 789-797. (In Persian).

- Eisvand, H.R., M.A. Alizadeh, and A. Fekri. 2010. How hormonal priming of aged and nonaged seeds of bromegrass affects seedling physiological characters. *Journal of New Seeds.* 11(1): 52-64. (In Persian).
- Geletu, B., and A. Yadeta. 2002. Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. *Genetic Resources Crop Evolution.* 49: 557-564.
- Ghassemi-Golezani, K., P. Sheikhzadeh-Mosaddegh, and M. Valizadeh. 2008. Effects of hydropriming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. *Research Journal of Seed Science*. 1: 34-40. (In Persian).
- Ghassemi-Golezani, K., S.H. Mustafavi, and J. Shafagh-Kalvanagh. 2012. Field performance of chickpea cultivars in response to irrigation disruption at reproductive stages. *Research on Crops.* 13: 107-112.
- Gholami Zali, R., P. Ehsanzadeh, and J. Razmjoo. 2016. Effects of seed priming and irrigation regimes on grain yield and components of spring and autumn-sown Hashem chickpea genotype in northern Lorestan. *Iranian Journal of Filed Crop Science*. 47(1): 119-130. (In Persian).
- Kaur, S.A., K. Gupta, and N. Kaur. 2003. Priming of chickpea seeds with water and mannitol overcomes the effect of salt stress on seedling growth. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter.* 10: 18-20.
- Kirnak, H., E. Dogan, M. Alpaslan, S. Celik, E. Boydak, and O. Copur. 2008. Drought stress imposed at different reproductive stages influences growth, yield and seed composition of soybean. *The Philippine Agricultural Scientist.* 91: 261-268.
- Majnoon Hosseini, N. 2013. Agronomy and production of pulses (7 ed.): Tehran Unit of Jahad- Daneshgahi Press. (In Persian).
- Massomi, A., M. Kafi, and S.H. Hosseini. 2005. Effects of drought stress on morphological traits in chickpea (*Cicer arientinum* L.) genotypes in greenhouse. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 3(2): 277-290. (In Persian).
- McDonald, M.B. 2000. Seed priming. In M. Aa., and J.D.B. Black (Ed.), Seed Technology and Its Biological Basis (pp. 287-325): Sheffield Academic Press, England.
- Miri, H.R., and A. Zamani Moghadam. 2015. Exegenous application of glycine betaine to reduce the effects of drought stress on maize (*Zea maize* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research.* 12(4): 704-717. (In Persian).
- Moshtaghi, N., A. Bagheri, A. Nazemi, and S. Moshtaghi. 2009. Investigation of betaine spray on freezing tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in controlled conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 7(2): 647-656. (In Persian).
- Palta, J.A., A.S. Nandwal, S. Kumari, and N.C. Turner. 2005. Foliar nitrogen applications increase the seed yield and protein content in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subject to terminal drought. *Australian Journal of Agricultural Research.* 56: 105-112
- Peolples, M.B., H. Nielsen, O. Huguenin, E. Erik, S. Jensen, E. Justes, and M. Williams. 2018. The contributions of legumes to reducing the environmental risk

of agricultural production (G. Lemaire, P. De Faccio Carvalho, and S. Recous Eds.): Agroecosystem Diversity.

- Pocard, J., T. Bernard, and D. Rudulier. 1991. Translocation and metabolism of glycine betaine in nodulated alfalfa plants subjected to salt stress. *Physiologia Plantarum*. 81: 95-102.
- Rahchamandi, H., M.A. Aboutalebian, G. Ahmadvand, and A. Jahedi. 2011. Effects of on-farm seed priming and sowing date on yield and yield components of three soybean cultivars (*Glycine max* L.) in Hamedan. *Plant Production Technology*. 2(2): 17-28. (In Persian).
- Shirani B., M. Khodambashi, S. Fallah, and A. Danesh-Shahraki. 2015. Effects of foliar application of nitrogen, zinc and manganese on yield, yield components and grain quality of chickpea in two growing seasons. *Journal of Crop Production and Processing*. 5(16) :143-152. (In Persian).
- Sogani M., F. Paknejad, I. Nadali, F. Elahipanah, and M. Ghafari. 2011. Effects of methanol on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 5(17): 79-88. (In Persian).
- Taghdisi Sayyar, M., S. Enteshari, and F. Daneshmand. 2014. The interaction of exogenous glycine betaine and water deficit on some physiologic characteristic of tomato (*Lycopersicun esculentum* Mill.) plants. *Journal of Plant Process and Function.* 5(17): 109-120. (In Persian).
- Taiz, L., E. Zeiger, I.M. Moller, and A. Murphy. 2015. Plant Physiology and Development (6 ed.): Sinauer Associates, Sunderland, CT.
- Venkatesh M.S., N.B. Singh, and P.S. Basu. 2008. Foliar application of 2% urea for rainfed Chickpea. Pulses Newsletter. April-June.
- Zarei, I., G. Mohammadi, Y. Sohrabi, D. Kahrizi, and K. Yari. 2011. Effect of different hydropriming times on the quantitative and qualitative characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*. 10: 14844-14850.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2021.683380

Effects of Seed Hydropriming and Nitrogen and Betaine Foliar Application on Yield Quality and Quantity of Adel Cultivar of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Rainfed Conditions in Lorestan Province

Rasoul Babaeipour[1], Khosro Azizi[2], Hamid Reza Eisvand[2*], Mashala Daneshvar[3] and Omid Ali Akbarpour[3]

Received: July 2020 , Revised: 10 November 2020, Accepted: 9 December 2020

Abstract

This study was performed in a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications on Adel chickpea cultivar during 2017-2018. Seed priming consisted of two levels (non-priming and hydropriming) and spraying nitrogen and glycine betaine with six levels (no spraying, as control, zero concentration (water spray), 3% urea, 100 mM glycine betaine, 200 mM glycine betaine, and glycine betaine 200 mM + urea 3%). Interaction of priming by foliar application on biological and grain yields was significant at 1% probability level. The highest biological yield (2668 $kg.ha^{-1}$) and grain yield (1301 $kg.ha^{-1}$) were obtained with combined priming and consumption of 200 mM glycine + 3% urea and the lowest yield was related to non-priming and non-spraying priming. Priming also improved the harvest index, number of seeds per plant, number of pods per plant, 100-seed weight and number of active nodules. The effect of foliar application of plants by glycine betaine and urea on number of grains per pod and grain protein percentage was significant. The highest values of these traits belonged to foliar application of plants by glycine betaine with concentration of 200 mM + 3% urea. Hydropriming significantly increased grain yield, harvest index, grain weight, and number of seeds per plant. Hydropriming also allowed the plant to initiate flowering and pod forming earlier. According to the results of this study, the use of hydropriming treatment and spraying of nitrogen and glycine betaine respectively would be recommended to improve the quality and quantity of rainfed chickpea in Kuhdasht, Lorestan province.

Key words: Chickpea, Foliar, Glycine betaine, Nitrogen, Priming.

1- MS.c. Garduated, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Lorestan University, KhorramAbad, Iran.
2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, KhorramAbad, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, KhorramAbad, Iran.
**Corresponding Author: eisvand.hr@lu.ac.ir*