دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۴
http://arpe.gonbad.ac.ir

اثر زمان محلول‌پاشی کود سولوپتاس و تراکم‌های کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم

علی واعظی[۱]، محمد آرمین[۲*]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار
[۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر زمان محلول‌پاشی کود سولوپتاس بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم در تراکم‌های مختلف گیاهی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان سبزوار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. عامل‌های مورد بررسی، زمان محلول‌پاشی در چهار سطح شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی در مرحله رویشی، محلول‌پاشی در مرحله زایشی و محلول‌پاشی در مرحله رویشی + زایشی و تراکم گیاهی در سه سطح شامل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول‌پاشی سولوپتاس در مرحله رویشی + زایشی بالاترین ارتفاع بوته (۲۸/۷۵ سانتی‌متر)، تعداد شاخه جانبی (۸/۳۳ عدد در بوته)، تعداد غلاف در بوته (۲۰/۷۱)، عملکرد زیستی (۹۹۴/۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اقتصادی (۴۴۸/۵ کیلوگرم در هکتار) را موجب شد که اختلاف آماری معنی‌داری با سایر زمان‌های محلول‌پاشی داشت. با افزایش تراکم گیاهی از ۱۰ به ۳۰ بوته در مترمربع، ارتفاع بوته ۵/۱۲ درصد افزایش، تعداد شاخه جانبی ۱۶/۵۵ درصد کاهش و تعداد غلاف در بوته ۳۲/۰۶ درصد کاهش پیدا کرد. در مجموع، نتایج نشان داد که در شرایط دیم، محلول‌پاشی سولوپتاس در مرحله رویشی + زایشی با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بالاترین عملکرد اقتصادی (۴۸۰ کیلوگرم در هکتار) را حاصل کرد.

***واژه‌های کلیدی*: اجزای عملکرد، پتاسیم، تغذیه برگی، شرایط دیم، نخود ایرانی**

*نویسنده مسئول: armin@iaus.ac.ir

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

مقدمه

ایران در منطقه خشکی از جهان واقع شده است و تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش بهره‌وری تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان و هم‌چنین ایران به‌شمار می‌رود (Kafi *et al*., 2012). ۶۴ درصد سطح زیر کشت حبوبات در ایران به نخود اختصاص دارد. بیش از ۹۵ درصد تولید این گیاه در شرایط دیم انجام می‌شود (Gasemi Gholezani *et al*., 1994). میانگین عملکرد جهانی نخود، ۹۶۶ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم ایران ۵۳۶ کیلوگرم در هکتار است (Anonymous, 2015). عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد این محصول دخیل می‌باشند که از جمله می‌توان مدیریت ضعیف عملیات زراعی (آماده‌سازی زمین، روش کشت، میزان بذر، زمان کشت، کنترل آفات و علف‌هرز، روش برداشت)، تنش خشکی، تنش سرما، بیماری برق‌زدگی، بیماری فوزاریوم و بیماری‌های ویروسی را نام برد (Yadav *et al*., 2007).

پتاسیم با نقش کلیدی در واکنش‌های آنزیمی، تنفس، جذب و تثبیت CO_2، سنتز پروتئین‌ها و تأثیر آن بر فتوسنتز از طریق تنظیم کار روزنه‌ها و روابط آب در گیاه و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد آن‌ها در شرایط تنش خشکی دارد (Wang *et al*., 2013). رضایی مقدم و همکاران (Rezaeimoghaddam *et al*., 2014) گزارش کردند که کاربرد پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار پایداری غشا و محتوای نسبی آب برگ در نخود می‌گردد و بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل برگ، از سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به‌دست می‌آید. معین‌الدین و ایماس (Moinuddin and Imas, 2014) گزارش کردند که ارقامی از نخود که در آن‌ها تجمع پتاسیم بیش‌تر صورت می‌گیرد پتانسیل اسمزی کم‌تر و فشار تورگر بیش‌تری نسبت به ارقامی که به‌صورت متوسط یا کم جذب پتاسیم را انجام داده بودند، داشتند که این امر سبب بیش‌تر بودن عملکرد و اجزای عملکرد در این ارقام شده بود. گزارش شده است که در مقادیر بالای پتاسیم، تثبیت نیتروژن و عملکرد زیستی در باقلا تحت تأثیر قرار می‌گیرد اما مصرف پتاسیم تأثیری بر خصوصیات رشد و تثبیت نیتروژن در نخود نداشته است (Kurdali *et al*., 2002) درحالی‌که سینک و کاتاریا (Singh and Kataria, 2012) گزارش کردند که مصرف پتاسیم به‌صورت قابل توجهی سبب افزایش تثبیت نیتروژن و آنزیم‌های تثبیت نیتروژن در نخود در شرایط تنش خشکی به‌خصوص تنش خشکی آخر فصل شد. واکنش عملکرد نخود به مصرف پتاسیم به مقدار مصرف پتاسیم بستگی دارد. گزارش شده است که مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش تولید گره، بیوماس اندام هوایی و ریشه در نخود شد اما عملکرد تحت تأثیر قرار نگرفت در حالی‌که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم اثر منفی بر عملکرد نخود داشت (Boulbaba *et al*., 2005).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

تعیین تراکم مناسب گیاهی برای استفاده حداکثر از عوامل محیطی در کلیه محصولات زراعی مدنظر تولیدکنندگان بوده است. در شرایط دیم، تعیین تراکم مناسب همواره یکی از دغدغه‌های اصلی تولیدکنندگان است. افزایش تراکم گیاهی در این شرایط به‌دلیل تسریع در تخلیه آب ذخیره شده در زمستان، سبب کاهش عملکرد در اثر مواجه شدن گیاه با تنش خشکی و حرارتی در هر فصل رشد می‌شود و از طرف دیگر، کم بودن تراکم مناسب نیز به‌دلیل عدم بهره‌برداری از عوامل محیطی و کم بودن تعداد گیاه در واحد سطح، عملکرد اقتصادی مناسبی نخواهد داشت. در این شرایط، انتخاب تراکم مناسب باید به دقت و بر اساس استفاده حداکثر از عوامل محیطی و حداقل تلفات آب ذخیره شده زمستانی انجام شود (Frade and Valenciano, 2005). فلاح (Fallah, 2008) گزارش کرد که با افزایش تراکم بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن صد دانه نخود به‌طور معنی‌داری در شرایط دیم کاهش پیدا می‌کند. در این شرایط، به‌دلیل وقوع تنش خشکی و حرارتی در فاز زایشی نخود دیم در شرایط شهرستان خرم‌آباد، مناسب‌ترین تراکم ۲۴ تا ۳۰ بوته در مترمربع جهت حصول عملکرد مناسب است. شمسی و همکاران (Shamsi *et al.*, 2011) در شرایط استان کرمانشاه فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متری را مناسب‌ترین فاصله جهت حصول بالاترین عملکرد اقتصادی گزارش کردند. فرد و والنسیانو (Frade and Valenciano, 2005) عدم تأثیرپذیری عملکرد از تراکم گیاهی را در شرایط دیم اسپانیا گزارش کردند با این وجود، این محققان معتقدند که در شرایط دیم کشت با تراکم پایین‌تر از مقدار توصیه شده باید انجام شود. آنان تراکم ۲۵ بوته در مترمربع را برای حصول عملکرد اقتصادی مناسب توصیه کرده‌اند. بیابانی (Biabani, 2011) نیز معتقد است که اگرچه در شرایط دیم گنبد اجزای عملکرد نخود شامل: تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع گیاه تحت تأثیر فاصله ردیف قرار می‌گیرد اما فاصله ردیف اثری بر عملکرد اقتصادی ندارد.

از آن‌جا که پتاسیم نقش بسیار مهمی در افزایش تحمل گیاهان به خشکی دارد و جذب این عنصر در شرایط دیم ممکن است با محدودیت‌هایی روبرو باشد و اطلاعات کمی در مورد اثر محلول‌پاشی پتاسیم در تراکم‌های مختلف نخود در شرایط دیم وجود دارد، این بررسی به‌منظور تعیین مناسب‌ترین زمان محلول‌پاشی کود سولوپتاس بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم در تراکم‌های مختلف گیاهی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال ۹۲-۱۳۹۱ به‌صورت آزمایش مزرعه‌ای در کیلومتر بیست سبزوار انجام شد. محل آزمایش در موقعیت طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۲ دقیقه قرار داشت. ارتفاع از سطح دریا ۹۷۷ و اقلیم منطقه سرد و خشک بود. متوسط بارندگی در سال

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

مورد آزمایش ۱۵۰/۱ میلی‌متر با میانگین دمایی ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این تحقیق عامل‌های مورد بررسی مشتمل بر زمان محلول‌پاشی در چهار سطح شامل عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی در مرحله رویشی، محلول‌پاشی در مرحله زایشی و محلول‌پاشی در مراحل مرحله رویشی + زایشی و تراکم گیاهی در سه سطح شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰ بوته در مترمربع بود. محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار کود سولوپتاس دارای ۵۰ درصد پتاسیم (K_2O) و ۱۸ درصد گوگرد انجام شد. این کود ساخت شرکت آلکان در بلژیک می‌باشد که دارای پائین‌ترین ضریب شوری و شاخص آبشویی نسبت به سایر کودهای پتاسیمی است و به‌صورت کامل در آب حل می‌شود و در مقایسه با سولفات پتاسیم هشت درصد پتاسیم خالص بیش‌تری را دارد. عملیات محلول‌پاشی در کلیه تیمارها یک ساعت به غروب آفتاب انجام شد تا حداکثر تبخیر از سطح گیاه انجام شود. محلول‌پاشی با سمپاش پشتی با فشار دو اتمسفر و حجم آب مصرفی ۴۰۰ لیتر در هکتار انجام شد.

آماده‌سازی زمین محل اجرای آزمایش در پاییز ۱۳۹۱ با انجام شخم آغاز گردید و عملیات تکمیلی تهیه زمین شامل شخم، دیسک و کرت‌بندی در اسفند ۱۳۹۱ انجام گرفت. در هنگام کاشت، براساس آزمون خاک (جدول ۱) ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم از منابع کودی اوره و سوپر فسفات تریپل به خاک محل آزمایش اضافه شد. بذور پس از ضد عفونی با سم کاپتان به نسبت دو در هزار، در عمق پنج سانتی‌متری خاک کشت شدند. تاریخ کاشت ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۱ و رقم مورد استفاده هاشم بود. هر کرت سه متر عرض و چهار متر طول داشت. فاصله بین دو کرت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. کشت در فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متری با فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی	ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل‌جذب
-	درصد				دسی‌زیمنس بر متر	درصد	قسمت در میلیون	قسمت در میلیون
لوم رسی شنی	۳۴	۱۸	۴۸	۷/۸۶	۱/۰۵	۰/۱۴	۳/۳۵	۱۵۵

در پایان آزمایش، تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی برداشت و ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت، برای محاسبه عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت پس از حذف دو ردیف کناری و نیم متر از بالا و پایین هر کرت به‌عنوان حاشیه، بوته‌های باقی مانده (شش مترمربع) کف‌بر شد و به‌عنوان عملکرد زیستی توزین شد و

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

سپس دانه‌ها از کاه و کلش جدا و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون محافظت شده LSD[1] در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر ارتفاع نهایی گیاه داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع بوته با محلول‌پاشی سولوپتاس در مرحله رویشی + زایشی و کم‌ترین ارتفاع در تیمار شاهد مشاهده شد. اختلاف آماری معنی‌داری بین محلول‌پاشی در زمان رویشی و رویشی + زایشی وجود نداشت (جدول ۳) و محلول‌پاشی در زمان زایشی نسبت به عدم محلول‌پاشی نیز سبب افزایش ارتفاع شد. افزایش ارتفاع در محلول‌پاشی در مرحله زایشی ممکن است به‌دلیل انتخاب بوته‌هایی باشد که دیرتر به این مرحله رسیده‌اند. چون اعمال تیمار بر اساس رسیدن ۵۰ درصد بوته‌ها به مرحله فنولوژی موردنظر بوده است. گزارش شده است که پتاسیم از طریق تنظیم اسمزی، پتانسیل آب لازم را برای رشد و به تبع آن برای تقسیم سلولی حتی در شرایط خشکی فراهم می‌کند و با این کار نه‌تنها از کاهش ارتفاع ساقه جلوگیری می‌کند بلکه در برخی مواقع منجر به افزایش ارتفاع ساقه نیز می‌شود (Marschner, 1995) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد.

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورفولوژیک، وزن صد دانه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه جانبی	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه	عملکرد اقتصادی	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۲۳/۶۶**	۵/۷۲**	۲۱/۰۶	۲۶۲۱^{ns}
زمان‌محلول‌پاشی(A)	۳	۱۰/۳۷**	۱۹/۷۸**	۱۰۵/۲**	۱۸/۶**	۲۱۳۱۸**	۱۶۴۸۳۷**
تراکم گیاهی (B)	۲	۵/۶۸*	۴/۸۲**	۱۱۶/۷**	۱۶/۹**	۲۸۹۲**	۶۵۳۵۲**
A × B	۶	۰/۴۹^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۴/۰۹*	۰/۲^{ns}	۱۴۰۷*	۲۰۵۹^{ns}
خطا	۲۲	۱/۶۳	۰/۳۹	۱/۶۳	۱/۳۰	۴۹۰/۳	۴۳۱۵
ضریب‌تغییرات (درصد)							

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

1- Fisher's protected least significant difference

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

اثر تراکم گیاهی بر ارتفاع نهایی گیاه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش تراکم گیاهی، ارتفاع نهایی گیاه ۵/۶۹ درصد افزایش پیدا کرد. اختلاف آماری معنی‌داری بین تراکم ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). افزایش ارتفاع در تراکم‌های بالا به‌دلیل افزایش رقابت برای به‌دست آوردن نور و هم‌چنین تغییر کیفیت نور دریافتی توسط کانوپی گیاه می‌باشد. در تراکم‌های بالا علاوه بر اختصاص مواد فتوسنتزی به رشد ساقه، مواد ذخیره شده نیز به ساقه‌ها انتقال پیدا کرده که این امر سبب افزایش ارتفاع گیاه شده است. مطابق با این نتایج، مجنون حسینی و همکاران (Majnoon Hosseini *et al.*, 2013) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم نخود ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اردگوان (Erdogan, 2014) نیز طی مطالعه‌ای بر روی نخود نشان داد که افزایش تراکم موجب افزایش ارتفاع بوته گردید. سایه‌اندازی موجب افزایش طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته شد. اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاهی بر ارتفاع نهایی معنی‌دار نبود.

جدول ۳- اثر تراکم و زمان محلول‌پاشی سولوپتاس بر تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیکی نخود

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد شاخه جانبی	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)
زمان محلول‌پاشی				
شاهد	۲۶/۱۳ c	۵/۶ b	۹/۵۲ c	۷۰۷/۰ c
رویشی	۲۷/۵۷ ab	۸/۲۳ a	۱۰/۵۳ bc	۸۲۵/۹ b
زایشی	۲۷/۳۸ b	۵/۸۴ b	۱۱/۲۶ ab	۹۷۵/۲ a
رویشی+زایشی	۲۸/۷۵ a	۸/۳۳ a	۱۲/۹۳ a	۹۹۴/۴ a
$LSD_{5\%}$				
تراکم گیاهی (بوته در مترمربع)				
۱۰	۲۶/۷۳ b	۷/۵۵ a	۱۲/۳۶ a	۸۰۷/۹ c
۲۰	۲۷/۵۵ ab	۷/۱۵ a	۱۰/۷۹ b	۸۶۴/۷ b
۳۰	۲۸/۱۰ a	۶/۳۰ b	۱۰/۰۴ b	۹۵۴/۳ a
$LSD_{5\%}$				

میانگین‌های دارای حروف مشابه در مورد هر صفت و هر تیمار اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

تعداد شاخه جانبی: تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاهی قرار گرفت اما اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاهی بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نبود (جدول ۲). محلول-

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

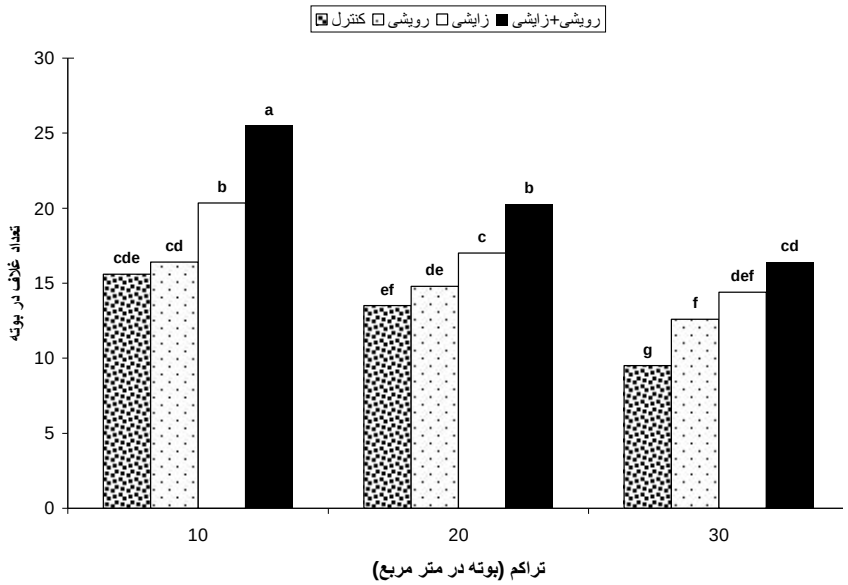
پاشی در مرحله رویشی + زایشی بالاترین تعداد شاخه جانبی را تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری با محلول‌پاشی در زمان رویشی نداشت (جدول ۳). حفظ پتانسیل آبی در گیاه با مصرف پتاسیم سبب افزایش رشد رویشی و افزایش تحریک مریستم انتهایی و مریستم جانبی و افزایش تولید شاخه‌های جانبی در گیاه شد.

افزایش تراکم گیاهی به‌صورت خطی سبب کاهش تعداد شاخه جانبی در گیاه شد. تراکم ۱۰ بوته در مترمربع بالاترین و تراکم ۳۰ بوته در مترمربع پایین‌ترین تعداد شاخه جانبی را تولید کرد (جدول ۳). مشابه نتایج فوق، بیابانی (Biabani, 2011)، فلاح (Fallah, 2008) و مجنون حسینی و همکاران (Majnoon Hosseini *et al*., 2013) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم گیاهی سبب کاهش تعداد شاخه جانبی در نخود شد. علت کاهش تعداد شاخه جانبی در تراکم‌های بالا را می‌توان این‌طور عنوان نمود که با افزایش تراکم بوته در گیاه به‌دلیل کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی گیاه، فعالیت جوانه‌های تشکیل دهنده شاخه کاهش می‌یابد و در تراکم‌های پایین، به‌دلیل نبود رقابت بین گیاه در جهت بهره‌وری از عوامل رشد به‌ویژه تشعشع در طول فصل و وجود فضای مناسب تعداد شاخه‌های فرعی افزایش می‌یابد (Yadav *et al*., 2007).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی، تراکم گیاهی و اثر متقابل تراکم زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاهی قرار گرفت (جدول ۲). اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاه نشان داد که واکنش تعداد غلاف به زمان محلول‌پاشی در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع نسبت به سایر تراکم‌ها بیش‌تر بود. بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته در محلول‌پاشی در زمان رویشی + زایشی و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (شکل ۱). محلول‌پاشی در زمان رویشی + زایشی در تراکم ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع در مقایسه با عدم محلول‌پاشی (شاهد) به‌ترتیب سبب افزایش ۶۳/۴۶، ۵۰ و ۷۲/۶۳ درصدی تعداد غلاف در بوته شد. بیش‌تر بودن تعداد غلاف در بوته در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به کم‌تر بودن رقابت بین گیاهان و تولید بیش‌تر شاخه‌های جانبی ارتباط دارد و واکنش بیش‌تر به محلول‌پاشی در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع، تولید حداقل تعداد غلاف در بوته در تیمار شاهد بوده است. علت اصلی کاهش تعداد غلاف در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع، افزایش رقابت بین بوته‌ها برای منابع محدود بود هم‌چنین به‌علت تراکم بالا، رطوبت خاک در اوایل فصل رشد تخلیه و باعث مواجه‌شدن گیاه با تنش و خشکی در دوران رشد زایشی شد که این امر باعث کاهش تعداد غلاف در گیاه شد. نظامی و راشد محصل (Nezami and Rashed Mohassel, 1996) نیز گزارش کردند که تعداد غلاف در گیاه نخود با افزایش تراکم کاهش داشت به نحوی‌که افزایش تراکم از ۲۰ به ۶۰ گیاه در مترمربع، منجر به ۳۲ درصد کاهش تعداد غلاف شد. یاداو و سینک (Yadav and Singh, 1989) طی پژوهش‌های خود در گیاه نخود نشان دادند که افزایش تراکم سبب کاهش توانایی گیاه در انتقال

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن می‌شود و یا به‌دلیل سایه‌اندازی در تراکم‌های زیاد و کاهش شاخه-های فرعی از تعداد غلاف در بوته می‌کاهد. نتایج پژوهش اصغری‌پور و حیدری (Asgharipour and Heidari, 2011) نیز نشان دادند که تعداد دانه در پانیکول سورگوم تحت تأثیر مصرف کود سولفات پتاسیم قرار می‌گیرد و تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم وجود دارد.



شکل ۱- اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاه بر تعداد غلاف در بوته

وزن صد دانه: زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاهی اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه داشت درحالی‌که اثر متقابل زمان و تراکم معنی‌دار نبود (جدول ۲). محلول‌پاشی در زمان رویشی + زایشی بیش‌ترین وزن صد دانه و عدم محلول‌پاشی کم‌ترین وزن صد دانه را تولید کرد (جدول ۳). پتاسیم نقش مهمی در نقل و انتقال قند از طریق آوند آبکش دارد و قند تولید شده در فرآیند فتوسنتز به سایر اندام‌ها منتقل می‌شود و رشد آن‌ها را تضمین می‌کند. هم‌چنین پتاسیم در انتقال مجدد مواد غذایی بسیار دخیل بوده و مواد فتوسنتزی ذخیره شده از اندام‌هایی مثل ساقه، برگ و ریشه که در دوران رشد رویشی ذخیره می‌شود در انتهای فصل به سمت دانه منتقل می‌شود که این امر سبب افزایش وزن دانه می‌شود (Daneshian *et al.*, 2002). جعفرزاده و همکاران (Jafarzade *et al.*, 2013) گزارش کردند که مصرف خاکی پتاسیم نسبت به محلول‌پاشی آن اثر بیش‌تری بر وزن هزار دانه در گندم داشت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

بیش‌ترین وزن صد دانه در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین آن در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع بهبود وزن صد دانه به‌خاطر جذب مطلوب عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف توسط ریشه گیاه نخود است که موجب افزایش رشد گیاه گردید و در مرحله پر شدن دانه‌ها، شیره پرورده کافی به دانه‌ها منتقل شد. در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع اگرچه تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف در بوته در مقایسه با ۳۰ بوته در مترمربع بیش‌تر بود اما در تراکم‌های بالا سایه‌اندازی بوته‌ها سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی شد که این امر فراهمی مواد فتوسنتزی را برای رشد و افزایش وزن دانه کاهش داد که در نتیجه وزن صد دانه کاهش پیدا کرد. کاشفی و همکاران (Kashfi *et al*., 2011) گزارش کردند که وزن دانه در تراکم‌های پایین اصولاً بیش‌تر از وزن دانه در تراکم‌های بالا می‌باشد. نظامی و راشد محصل (Nezami and Rashed Mohassel, 1996) معتقدند که کاهش تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه در بوته که به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ای در تراکم‌های بالا اتفاق می‌افتد سبب می‌شود مواد فتوسنتزی بیش‌تری به هر دانه اختصاص یافته و در نتیجه وزن دانه‌ها افزایش یابد.

عملکرد زیستی: نتایج این بررسی نشان داد که عملکرد زیستی تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاهی قرار گرفت اما اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی در محلول‌پاشی سولوپتاس در زمان محلول‌پاشی رویشی + زایشی و کم‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). علت افزایش عملکرد زیستی در تیمار رویشی + زایشی احتمالاً تأثیر پتاسیم بر عمق نفوذ ریشه و افزایش فعالیت ریشه بوده که از این طریق بر تداوم جذب عناصر غذایی و آب اثر گذاشته که نتیجه آن افزایش عملکرد زیستی بوده است. در این تیمار پتاسیم تأثیر بسیار مهمی در نقل و انتقال قند از طریق آوند آبکش داشته و قند تولیدی حاصل از فتوسنتز به سایر اندام‌ها و برگ‌ها منتقل شده و باعث رشد اندام‌های هوایی شد. هم‌چنین پتاسیم از ریزش برگ‌های گیاه که باعث کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود جلوگیری کرد. عبدالهادی و همکاران (Abd-Abd-El-Hadi *et al*., 1995) گزارش کردند که کاربرد پتاسیم در شرایط محدودیت آب به‌طور قابل توجهی عملکرد زیستی را در بسیاری از گیاهان زراعی افزایش داد. کاهش وزن اندام‌های هوایی گیاهان تحت تنش به‌علت کاهش فشار آماس و حجم سلول‌ها یا مسدود شدن آوندهای چوبی و آبکش و ممانعت از هرگونه انتقال بود.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد زیستی در تیمار تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین عملکرد زیستی در تیمار ۱۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). افزایش عملکرد زیستی در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در این تراکم، سطح برگ کافی و توزیع یکنواخت آن باعث کارآیی بیش‌تر جذب انرژی خورشیدی که بر سطح پوشش

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

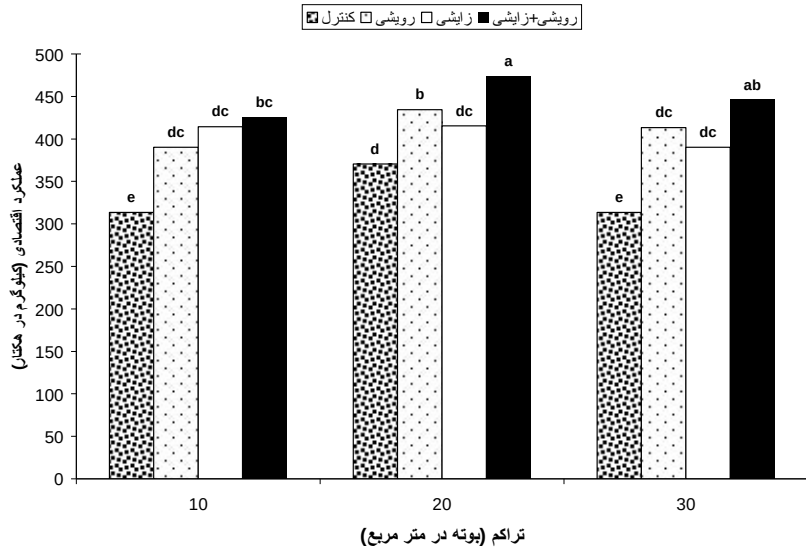
گیاهی می‌تابد شده و گیاه از سازه‌های رشد موجود حداکثر استفاده را کرده است و در این تراکم رقابت بین بوته‌ای و درون بوته‌ای برای کسب حداکثر عملکرد زیستی مناسب بوده است. علت کاهش عملکرد زیستی در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع را می‌توان به کاهش تعداد بوته در مترمربع و هم‌چنین به رقابت ضعیف گیاه در جهت بهره‌وری از عوامل رشد به‌ویژه تشعشع مربوط دانست. در طول فصل مواد فتوسنتزی به‌جای این‌که صرف رشد رویشی و تولید ساقه و بافت‌های ساختمانی شود به اندام‌های زایشی انتقال یافته و باعث کاهش عملکرد زیستی شده است (Gasemi Gholezani *et al*., 1994).

عملکرد اقتصادی: نتایج مربوط به اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاه بر عملکرد اقتصادی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد اقتصادی با ۴۷۴/۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و محلول‌پاشی سولوپتاس در زمان رویشی + زایشی مشاهده شد (شکل ۲). در دو تراکم ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع محلول‌پاشی سولوپتاس در زمان رویشی عملکرد اقتصادی مطلوبی را تولید نکرد ولی محلول‌پاشی در زمان زایشی عملکرد اقتصادی بیش‌تری را نسبت به محلول‌پاشی در زمان رویشی تولید کرد که بیانگر این مطلب است که اثرات مثبت پتاسیم از طریق بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی و افزایش وزن دانه نسبت به افزایش خصوصیات رویشی در شرایط دیم بیش‌تر است. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد کم‌تر بودن عملکرد اقتصادی در تیمار محلول‌پاشی در زمان رویشی به‌دلیل افزایش سطح برگ بوده است که سبب شده است رطوبت موجود در خاک تخلیه شده و در زمان زایشی استرس خشکی به‌وجود آمده از طریق کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته یا وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد شود. در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع اگر چه اختلاف آماری معنی‌داری بین زمان‌های مختلف محلول‌پاشی وجود نداشت ولی مانند سایر تراکم‌های مورد بررسی، محلول‌پاشی سولوپتاس در زمان رویشی + زایشی بیش‌ترین عملکرد اقتصادی را تولید کرد. از آن‌جا که پتاسیم در سوخت و ساز نیتروژن، متابولیسم پروتئین‌ها، فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها به‌خصوص سنتز آنزیم RUBP کربوکسیلاز (رابیسکو)، مقدار کلروفیل، تشکیل ساختار قوی کلروپلاست‌ها، سوخت و ساز و انتقال کربوهیدرات‌ها از منبع به مخزن، تنظیم کار روزنه‌ها و روابط آب در گیاه و ده‌ها فرآیند فیزیولوژی دیگر شرکت می‌کند، در صورت فراهمی پتاسیم برای گیاه میزان، تولید و انتقال مواد ذخیره‌ای به بافت میوه به‌عنوان یک مخزن تولیدمثلی زیاد شده و باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود (Umar, 2006; Bhowmick, 2006). عبدل الهادی همکاران (Abd-El-Hadi *et al*., 1995) طی آزمایشی نشان دادند که از کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب با مصرف پتاسیم می‌توان جلوگیری کرد.

شمسی (Shamsi, 2010) گزارش کرد که در شرایط استان کرمانشاه بیش‌ترین عملکرد نخود در تراکم ۲۸ بوته در مترمربع به‌دست می‌آید، درحالی‌که یو (Yau, 2005) در شرایط استرالیا نشان داد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

که عملکرد اقتصادی در شرایط دیم تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار نمی‌گیرد اما کشت نخود با تـراکم ۲۵ بوته در مترمربع بالاترین عملکرد اقتصادی را تولید می‌کند.



شکل ۲- اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تراکم گیاه بر عملکرد اقتصادی

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج نشان داد که مصرف کود سولوپتاس در زمان مناسـب، عملکـرد و اجـزای عملکـرد گیاه نخود را در شرایط تنش خشکی تحت تأثیر قرار داد. هم‌چنین اسـتفاده از تـراکم گیـاهی مطلـوب (۲۰ بوته در مترمربع) در شرایط دیم عملکرد را تحت تأثیر قرارداد. مصرف کـود سـولوپتاس بـه‌صـورت محلول‌پاشی در مرحله رشدی رویشی + زایشی در گیاه نخود بیش‌ترین تأثیر را بر ارتفـاع بوتـه، تعـداد شاخه جانبی و عملکرد اقتصادی داشت و استفاده از تراکم گیاهی مناسب تأثیر بیش‌تری بر روی تعـداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و عملکرد اقتصادی داشت. با توجه بـه پـایین بـودن میـانگین بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، استفاده از پتاسیم در زمان مناسب به‌دلیل نقـش مثبـت آن در مقاوم ساختن گیاهان در برابر کم‌آبی می‌تواند باعث بهبود خصوصیات رشـدی گیـاه نخـود شـود. هم‌چنین استفاده از تراکم‌های مطلوب و مناسب می‌تواند تحمل گیاه را در برابر تنش‌های خشـکی بـالا برده و به‌دنبال آن باعث افزایش عملکرد گردد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

Abd-El-Hadi A., Awad A., El-Shebeny G. 1995. Effect of potassium on the drought resistance in crop production under the Egyptian conditions. Third International Congress Program of Soil Science Society of Pakistan.

Anonymous 2015. Available from:http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E. [cited 11 Novmber, 2015]

Asgharipour M.R., Heidari M. 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 48: 197-204.

Bhowmick M.K. 2006. Foliar nutrition and basal fertilization in chickpea under rainfed condition. Environement Ecology, 24: 1028-1030.

Biabani A. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of chickpea (*cicer arietinum* L.) grown under environmental condition of Golestan, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 5: 77-80. (In Persian).

Boulbaba L., Bouaziz S., Mainassara Z.A., Zourgui L., Mokhtar L. 2005. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to potassium fertilization. Journal of Agriculture and Soil Sciences, 1: 1-3.

Daneshian J., Majidi heravan A., Jonoubi P. 2002. Evaluation of drought stress and potassium application on quantitative and qualitative soybean characteristic. Journal of Agricultural Sciences 8: 95-108.

Erdogan C. 2014. Response of rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) to tween row spatial arrangement at multiple densities. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 51: 1-6.

Fallah S., 2008. Effects of planting date and density on yield and its components in chickpea (*Cicer arientinum* L.) genotypes under dryland conditions of Khorram-Abad. JWSS. 12: 123-135. (In Persian).

Frade M.M., Valenciano J. 2005. Effect of sowing density on the yield and yield components of spring sown irrigated chickpea (*Cicer arietinum*) grown in Spain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Scienc, 33: 367-371.

Gasemi Gholezani K., Mohamadi S., Rahimzade-Khoei F., Moghaddam M. 1994. Quantitative relationships between plant density and chickpea seed yield in different sowing dates. Journal of Agricultural Science, 7: 59-73. (In Persian).

Jafarzadeh R., Jamimoeini M., Hokmabadi M. 2013. Response of yield and yield components in wheat to soil and foliar application of nano potassium fertilizer. Journal of Agronomic Research, 5: 1-7. (In Persian).

kafi M., Borzoee A., Salehi M., Kamandi A., Masoumi M., Nabati J. 2012. Physiology of environmental stress in plants. Jahad Daneshgahi Mashhad Press Mashhad. (In Persian).

Kashfi S. M. H., Majnoun Hosseini N., Zeinali Khaneghah H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

(*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. Iranian Journal of Pulses Research, 1: 11-20. (In Persian).

Kurdali F., Farid A.A., Al-Shamma M. 2002. Nodulation, dry matter production, and N_2 fixation by fababean and chickpea as affected by soil moisture and potassium fertilizer. Journal of Plant Nutrition, 25: 355-368.

Majnoon Hosseini N., Mohammadi H., Poustini K., Zeinali Khaneghah H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agriculture Science, 34: 1011-1019. (In Persian).

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd Ed. Academic Press. London.

Moinuddin A., Imas P. 2014. Potassium uptake in relation to drought tolerance of chickpea under rain-fed conditions. Journal of Plant Nutrition, 37: 1120-1138.

Nezami, A., Rashed Mohassel, M.H. 1996. Study the effects of sowing date and rate on yield and yield component of soybean in Mashhad. Journal of Agriculture Science Industry, 9: 22-39. (In Persian).

Rezaei Moghaddam N., Shahidi V., Arabzadeh N. 2014. Effect of potassium fertilizer on the leaf chlorophyll content of chickpea under rainfed conditions in Bardsir of Kerman. The first national conference on sustainable agriculture. February 13, Hamadan.

Shamsi K. 2010. The effect of sowing date and row spacing on yield and yield components on Hashem chickpea variety under rain-fed condition. African Journal of Biotechnology, 9: 7-11.

Shamsi, K., Kobraee, S., Rasekhi, B. 2011. The effects of different planting densities on seed yield and quantitative traits of rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. African Journal of Agricultural Research, 6: 655-659.

Singh N., Kataria N. 2012. Role of potassium fertilizer on nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under quantified water stress. Journal of Agricultural Technology, 8: 377-392.

Umar S. 2006. Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. Pakistan Journal of Botany, 38: 1373-1380.

Wang M, Zheng Q., Shen Q., Guo S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences, 14: 7370-7390.

Yadav D.S., Singh V.K. 1989. Effect of sowing dates and plant densities on the performance of Kabuli chickpea genotypes. Journal of Pulses Research, 2: 192-194.

Yadav S.S., Redden R.J., Chen W., Sharma B. 2007. Chickpea breeding and management. CAB International,

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]

Yau S. 2005. Optimal sowing time and seeding rate for winter-sown, rain-fed chickpea in a cool, semi-arid Mediterranean area. Australian Journal of Agricultural Research, 56: 1227–1233.

Yucel D.O. 2006. Impact of plant density on yield and yield components of pea (*Pisum sativum* ssp. *Sativum* L.) cultivars. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 8: 169-175.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-10-31]