Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۷
۵۶۰-۵۴۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.895.1178

بررسی تأثیر الگوی کشت و سطوح کود پتاسیم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tubersum* L.) در سطوح مختلف آبیاری

فهیمه فریدی مایوان[۱]، مجید جامی الاحمدی[۲*]، سید وحید اسلامی[۲]، کوروش شجاعی نوفرست[۳]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات،، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲. عضو هیئت‌علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

۳. عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۱

چکیده

به‌منظور شناخت مناسب‌ترین الگوی کشت و تأثیر کاربرد کود سولفات پتاسیم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد غده در شرایط معمول و تنش آبی پژوهشی به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه واقع در جلگه رخ، خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل الگوی کاشت در سه سطح: کاشت معمول (تراکم ۶/۶ بوته در مترمربع)، کاشت معمول متراکم (تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع) و کاشت زیگزاگ (تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع) در کرت اصلی، میزان آبیاری در سه سطح: ۱۰۰ (شاهد)، ۸۰ و ۶۰ درصد آب موردنیاز در کرت فرعی و کود سولفات پتاسیم در سه سطح: عدم مصرف سولفات پتاسیم، ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به‌عنوان کرت فرعی فرعی بود. نتایج نشان داد که الگوی کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر حداکثر شاخص سطح برگ، محتوی نسبی آب برگ، تعداد کل غده، تعداد غده غیر بازارپسند و عملکرد دارد و کاهش در ارتفاع بوته، حداکثر شاخص سطح برگ، محتوی نسبی آب برگ و عملکرد کل تحت شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز نسبت به شاهد مشاهده گردید. بر اساس نتایج آزمایش بیشترین میزان عملکرد کل در الگوی کشت زیگزاگی با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم مشاهده شد. کشت زیگزاگی با ایجاد توزیع یکنواخت‌تر و کاهش رقابت بین بوته‌ها افزایش عملکرد را در پی داشت.

***واژه‌های کلیدی*: تنش خشکی، شاخص سطح برگ، عملکرد غده، محتوی نسبی آب برگ**

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solamm tuberosum* L.) با ارزش غذایی بالا و تأمین انرژی موردنیاز، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی، به‌منظور مبارزه با گرسنگی در جهان مطرح است (Cahskan and Struik, 2010). در سال زراعی ۲۰۱۴ سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران ۱۵۸۹۵۸ هکتار، میزان کل تولید آن ۴/۷ میلیون تن و میانگین عملکرد آبی ۲۹/۶۷ تن در هکتار گزارش شده است (FAO, 2017). سطح زیر کشت این محصول در سال زراعی ۹۳-۹۲ در استان خراسان رضوی ۵۸۷۱ هکتار، میزان کل تولید محصول ۱۷۹۴۲۶ تن و میانگین عملکرد زراعت آبی آن ۳۰/۵۶ تن در هکتار بوده است (Kazemi et al., 2016).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی است (Passioura, 2007) و به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن سلول‌ها از حالت آماس خارج شده باشند. تمام مراحل نمو سیب‌زمینی از جوانه‌زنی

* نگارنده پاسخگو: مجید جامی الاحمدی. پست الکترونیک: mjamialahmadi@birjand.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته تا آغازش، پر شدن و رشد غده‌ها، به تنش کمبود آب حساس می‌باشند، ولی گزارش‌ها حاکی از این هستند که مراحل شکل‌گیری و رشد غده بیشترین حساسیت را به تنش آب دارند (Thornton, 2002; Shock, 2004). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه سیب‌زمینی باعث کاهش رشد و نمو، عملکرد غده، تعداد غده در هر بوته و اندازه و کیفیت غده در این گیاه می‌گردد (Yuan et al., 2003; Onder et al., 2005). گزارش‌شده است که هرگونه تنش رطوبتی از رشد و طویل شدن ساقه سیب-زمینی جلوگیری می‌کند و سبب کاهش تعداد غده و عملکرد می‌گردد (Khorshidi Benam et al., 2002). در بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد سیب-زمینی گزارش شد که با افزایش میزان آب مصرفی، ارتفاع گیاه، میزان بیوماس و محصول بازارپسند افزایش می‌یابد (Yuan et al., 2003). سمایی (Samaee et al., 2017) به تقل از میری (Miri, 2009) بیان کرد که با توجه به حساسیت سیب‌زمینی به میزان و دور آبیاری، تأمین آب کافی در همهٔ مراحل رشد و نمو گیاه باعث بهبود عملکرد آن شد. ولی نکتهٔ شایان توجـه آن بود که اعمال تنش خشکی متوسط منجر به تولید غده‌هایی با اندازه بذری شده و این محصول به‌هیچ‌وجه تحمل تنش خشکی شدید حتی در شرایط کم‌آبی و اضطراری را ندارد.

الگوی کاشت نشان‌دهنده وضعیت هندسی بوته‌ها روی ردیف‌ها است که می‌توان آن را با تغییر عرض ردیف، فاصله بین بوته‌ها و چگونگی قرار گرفتن بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت تغییر داد (Moadab Shabestari and Mojtahedi, 1990). خصوصیات ساختمانی کانوپی با جذب تشعشع در ارتباط است و نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد گیاه دارد. به‌طورکلی کارایی جذب انرژی تابشی که بر سطح یک محصول می‌تابد نیاز به سطح برگ کافی و توزیع یکنواخت آن دارد به‌طوری‌که سطح زمین را کاملاً بپوشاند که با تغییر تراکم و آرایش مناسب بوته‌ها روی سطح خاک میسر می‌شود (Wells et al., 1993). در پژوهش ارزیابی سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای و الگوهای مختلف کشت مشخص شد که عملکرد سیب‌زمینی به‌شدت تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت و کمترین عملکرد در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل بود اما الگوهای کاشت نتوانست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای آن بگذارد (Fakhari et al., 2013). در مطالعه اثـر دو روش آبیاری و چهار آرایش کاشت مختلف بر روی عملکرد در زراعت سیب‌زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان در همدان که به مدت سه سال (۹۳-۱۳۹۱) انجام گردید بالاترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای نواری در آرایش کاشت مرسوم یا شاهد بود (Jafari et al., 2017). باغانی (Baghani, 2009) گزارش داد که تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی در شرایط اقلیمی مشهد به همراه کاشت دو ردیف بر روی یک پشته و با یک نوار تیپ مابین آن‌ها بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب را نسبت به تأمین ۶۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه دارد.

پتاسیم به دلیل داشتن نقش مکمل با سایر عناصر غذایی پرمصرف و همچنین تأثیر مثبت بر فرایند تنظیم اسمزی ریشه و اندام‌های هوایی گیاه در شرایط نامساعد باعث جذب بیشتر آب و عناصر غذایی موردنیاز گیاه شده و افزایش عملکرد را فراهم می‌آورد. از نتایج به‌دست‌آمده در آزمایشی تأثیر مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم بر کمیت و کیفیت ارقام سیب‌زمینی آگریا و ساتینا در میانه، چنین استنباط شد که کاربرد کود سولفات پتاسیم اثر معنی‌داری روی افزایش عملکرد غده، کاهش نیترات غده، افزایش درصد ماده خشک غده و افزایش درصد ماده خشک بوته داشت (Ghanbari et al., 2007). به‌منظور بررسی تأثیر سامانه-های آبیاری و مصرف مقادیر مختلف پتاسیم بر رقم آئولا سیب‌زمینی، آزمایشی در مزرعهٔ تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (مشهد) در سال زراعی ۱۳۸۸ اجرا شد و بر پایهٔ آن گزارش شد که با کاهش میزان آبیاری عملکرد کاهش و اندازه غده‌ها کوچک‌تر شد و سطوح بالای پتاسیم باعث درشت‌تر شدن غده‌ها و کاهش درصد غده‌های غیر بازارپسند گردید (Sobhani and Hamidi, 2014).

با توجه به اهمیت گیاه سیب‌زمینی در تأمین غذای موردنیاز کشور و صنایع تبدیلی وابسته به آن و همچنین شرایط اقلیمی ایران به‌عنوان اقلیم خشک و نیمه‌خشک، مطالعه اثر تنش خشکی بر روی گیاه سیب‌زمینی بسیار با ارزش است. ازآنجاکه یکی از مناطق مناسب برای کشت سیب‌زمینی بذری در ایران استان خراسان است، بررسی‌های همه‌جانبه کشت این گیاه ازجمله الگوی کاشت و اثرات کمبود آب بر روی گیاه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، تحقیق حاضر باهدف ارزیابی اثرات سطوح مختلف رطوبتی بر سیب‌زمینی در الگوهای مختلف کشت و نیز امکان استفاده از پتاسیم جهت تخفیف اثرات کم‌آبی صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر سیب‌زمینی در الگوهای مختلف کشت، آزمایشی در مزرعه واقع در جلگه رخ در ۷۵ کیلومتری شمال شرق تربت‌حیدریه در سال زراعی ۱۳۹۵ در خراسان رضوی انجام گرفت. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۶۰۰ متر و میانگین بارندگی سالیانه ۲۲۵ میلی‌متر است، که در ۵۹ درجه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. داده‌های آب و هوایی موردنیاز شامل داده‌های روزانه مربوط به دمای حداقل و حداکثر از ایستگاه هواشناسی اسدآباد (تربت‌حیدریه) اخذ شد (شکل ۱). این تحقیق به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل الگوی کاشت در سه سطح: کاشت معمول، معمول متراکم و زیگزاگ در کرت اصلی، میزان آبیاری در سه سطح: ۱۰۰ (شاهد)، ۸۰ و ۶۰ درصد آب موردنیاز در کرت فرعی و کود سولفات پتاسیم در سه سطح: عدم مصرف سولفات پتاسیم (شاهد)، ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کرت فرعی فرعی بود. ابعاد کرت‌ها در روش‌های کشت معمول و معمول متراکم ۳ × ۶ متر و در روش زیگزاگ ۳/۶ × ۶ متر بود. کاشت در الگوی کشت معمول در دو طرف پشته‌های عریض به عرض ۱/۵ متر و فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر و در عمق ۱۵ سانتی‌متر (تراکم ۶/۶ بوته در مترمربع)، در الگوی کشت معمول متراکم در دو طرف پشته‌های عریض به عرض ۱/۵ متر و فاصله بوته ۱۸ سانتی‌متر و در عمق ۱۵ سانتی‌متر (تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع) و در الگوی کشت زیگزاگ، در دو طرف پشته‌هایی به عرض ۱/۸۰ متر و فاصله بوته ۳۰ سانتی‌متر و در عمق ۱۵ سانتی‌متر (تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع) انجام گرفت. بین کرت‌های فرعی، یک پشته نکاشت منظور گردید. رقم مورداستفاده آگریا بود که در ۴ تیر در منطقه جلگه رخ کشت شد.

عملیات آماده‌سازی زمین بر اساس روش معمول منطقه انجام گرفت، قبل از اجرای آزمایش از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمایشگاه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در دو مرحله، قبل از کاشت و هم‌زمان با خاک‌دهی اول، استفاده شد. سم‌پاشی نیز با مشاهده آفات و بیماری‌ها در زمان‌های مناسب انجام گرفت. کشت به‌صورت دستی و با کارگر انجام شد. کود سولفات پتاسیم هم‌زمان با کشت و به‌صورت نواری اعمال گردید و سپس کلیه کرت‌ها به شکل یکنواخت و به‌طور کامل (بدون اعمال تیمارهای تنش) آبیاری شدند و پس از سبز شدن مزرعه (۵۰ درصد سبز شدن بوته‌ها) سطوح مختلف آبیاری اعمال گردید.

نیاز آبی گیاه بر اساس میزان آب موردنیاز سیب‌زمینی که با استفاده از نرم‌افزار (OPTIWAT) و به روش فائو- پنمن- مانتیث در شرایط جلگه رخ مشخص‌شده، تعیین شد (Alizadeh and Kamali, 2007). جهت تعیین زمان شروع آبیاری، در زمان‌های مشخص از خاک تیمار شاهد (عدم تنش) در عمق توسعه ریشه، نمونه‌برداری و میزان تخلیه آب خاک از ظرفیت زراعی به روش وزنی تخلیه وزنی رطوبتی و با استفاده از منحنی رطوبتی، اندازه‌گیری و آبیاری پس از ۴۰- ۳۵ درصد تخلیه انجام گرفت. مقدار آب موردنیاز جهت آبیاری نیز با استفاده از رابطه علیزاده (Alizadeh, 2006) محاسبه شد. آبیاری به روش قطره‌ای تیپ بوده و ردیف‌های کناری و همچنین بوته‌های اول و آخر خط وسط در هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. میزان کل آب واردشده به کرت‌های آزمایش نیز با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری گردید (جدول ۲). تعداد ساقه اصلی و ارتفاع بوته زمانی اندازه‌گیری شد که گیاه در مرحله رشد غده‌ها قرار داشت. اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک برگ در طول دوره رویش هر دو هفته یک‌بار انجام گرفت. برای اندازه‌گیری سطح برگ از متوسط سطح برگ ۲ عدد بوته سیب‌زمینی با استفاده دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (LI-COR, model, LI-3100C Area Meter, Lincoln, USA) استفاده و سپس برحسب واحد مترمربع زمین تبدیل گردید. برای تعیین محتوی نسبی آب برگ (RWC) از روش کولمن (Coleman, 2008) استفاده گردید. به این صورت که در مرحله اواسط رشد غده‌ها از جوان‌ترین برگ کامل توسعه‌یافته نمونه‌برداری شد و محتوی نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

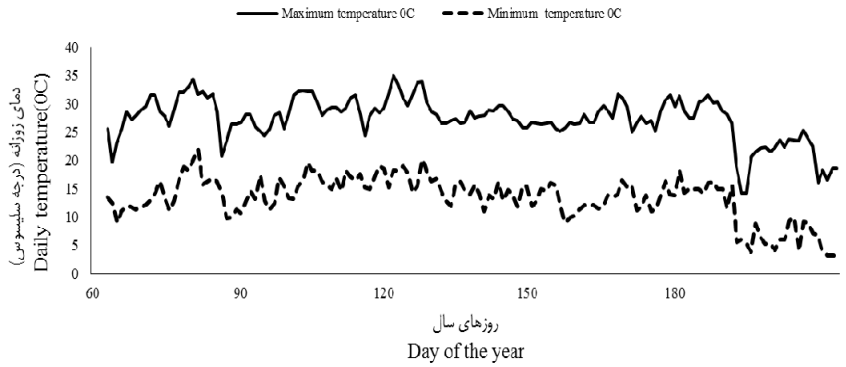
$$RWC= \left(\frac{FW-DW}{TW-DW}\right) \times 100 \qquad [1]$$

در این معادله DW،FW و TW به ترتیب وزن تازه (تر)، وزن خشک و وزن آماس برگ است.

www.SID.ir

Archive of SID

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد، از هر کرت آزمایشی گیاهان موجود در سطحی معادل سه مترمربع با رعایت حاشیه، برداشت و تعداد کل غده، تعداد غده غیر بازارپسند (طبقه‌بندی غده‌ها بر اساس روش شاه‌نظری و همکاران (Shahnazari et a., 2007) برحسب میلی‌متر بدین‌صورت انجام شد که در گروه اول غده با قطر کمتر از ۴۰ میلی‌متر، در گروه دوم با قطر بین ۴۰ تا ۵۰ میلی-متر، در گروه سوم با قطر بین ۵۰ تا ۶۰ میلی‌متر و در گروه چهارم غده‌ها با قطر بیش از ۶۰ میلی‌متر وجود داشت) و عملکرد غده تعیین شد. جهت اندازه‌گیری درصد ماده خشک غده از روش هاگمن و همکاران (Hagman et al., 2009) استفاده گردید. داده‌های حاصل از آزمایش درنهایت با استفاده از برنامه SAS 9.2 تجزیه‌شده و برای مقایسه میانگین‌ها از روش FLSD استفاده شد. رسم کلیه نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.



شکل ۱. تغییرات درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه در سال اجرای آزمایش (۱۳۹۵) در جلگه رخ

Fig. 1. Variations of minimum and maximum temperature in the year of the experiment (2016) o Rokh plain

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی	مواد خنثی شونده	ماده آلی	شن	سیلت	رس	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
pH	EC	T.N.V	O.C	Sand	Silt	Clay	N	P	K
	dS/m	---------- (%)----------						------ (mg/kg^{-1}) -----	
7.8	1.48	16.8	0.38	56	30	14	0.033	16.4	297

جدول ۲. حجم آب آبیاری به‌کاررفته در تیمارهای مختلف آزمایش (مترمکعب در هکتار)

Table 2. The volume of irrigation water used in different treatments (m^3 ha^{-1})

Irrigation (providing water requirement)	آبیاری (تأمین آب موردنیاز)	Planting Pattern	الگوی کشت
		کشت معمول و معمول متراکم Common and dense planting	کشت زیگزاگی Zigzag planting
100%	٪۱۰۰	5472.5	5456.6
80%	٪ ۸۰	4492.4	4494.1
60%	٪ ۶۰	3517.5	3513

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

ارتفاع نهایی بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که الگوی کشت و مصرف کود سولفات پتاسیم بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری نداشت اما این ویژگی تحت تأثیر میزان آبیاری معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که کاهش حجم آب باعث کاهش ارتفاع بوته شد و کمترین ارتفاع بوته در تیمار ۶۰ درصد آب موردنیاز و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۴).

حساس‌ترین فرآیندی که به‌وسیله‌ی تنش آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد رشد سلول است. اولین اثر محسوس کم-آبی روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه‌ی کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد به دلیل اینکه با کاهش رشد سلول اندازه‌ی اندام محدود می‌شود (Shojaei Noferest, 2014). تنش رطوبتی مانع رشد و طویل شدن ساقه سیب-زمینی می‌گردد (Khorshidi Benam et al., 2002) و درنتیجه سبب کاهش ارتفاع ساقه و اندازه سایه‌انداز گیاهی در سیب‌زمینی می‌شود (Trebejo and Midmore, 1990; Deblonde and Ledent, 2001). در یک آزمایش مزرعه‌ای با سیستم آبیاری قطره‌ای در ایستگاه یاماگوجی ژاپن، با افزایش مقدار مصرف آب از معادل ۲۵ درصد تبخیر از تشتک تبخیر به ۵۰،۱۰۰ و ۱۲۵ درصد، ارتفاع بوته افزایش یافت (Yuan et al., 2003).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های موردبررسی تحت تأثیر الگوی کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم

Table 3. ANOVA (mean squares) results for the studied characteristics influenced by planting pattern, irrigation levels and potassium sulphate fertilizer

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع نهایی بوته Plant height	تعداد نهایی ساقه Final no. of stems	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum LAI	حداکثر وزن خشک برگ Maximum leaf dry weight	محتوی رطوبت نسبی Relative water content
Replication	تکرار	2	36.703	0.87	0.07	173.75	14.58
Planting patterns (P)	الگوی کشت	2	31.94^{ns}	0.49^{ns}	1.93**	1931.11**	451.87**
Error (a)	خطا (الف)	4	11.56	0.07	0.09	121.77	29.54
Irrigation (I)	میزان آبیاری	2	170.49**	0.69^{ns}	5.16**	8211.33**	682.56**
P×I	اثر متقابل الگوی کشت و آبیاری	4	8.83^{ns}	0.05^{ns}	0.34^{ns}	265.66	114.06**
Error (b)	خطا (ب)	12	17.01	0.37	0.18	82.8	11.4
Potassium sulfate (K)	سولفات پتاسیم	2	16.06^{ns}	0.03^{ns}	0.22^{ns}	1414.38**	47.07*
P×K	اثر متقابل الگوی کشت و پتاسیم	4	4.35^{ns}	0.37	0.42*	535.96*	295.33**
I×K	اثر متقابل آبیاری و پتاسیم	4	27.37^{ns}	0.38^{ns}	0.42*	221.1^{ns}	63.36**
P×I×K	اثر متقابل الگوی کشت، آبیاری و پتاسیم	8	11.85^{ns}	0.6^{ns}	0.36*	312.77^{ns}	89.08**
Error (c)	خطا (ج)	36	12.22	0.28	0.15	206.66	12.41
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		*7.18*	*16.33*	*16.76*	*15.46*	*5.06*

**، * به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بدون اختلاف معنی‌دار

*** and, ns represent the significant effect (P<0.01, 0.05, and non significant respectively).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی df	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	تعداد غده غیر بازارپسند No of non-marketable tubers	تعداد کل غده No. of tubers	عملکرد Yield
Replication تکرار	2	1.02	1.53	1.19	0.009
Planting patterns (P) الگوی کشت	2	4.27^{ns}	145.86**	27.77**	2.12**
Error (a) خطا (الف)	4	0.68	4.73	2.29	0.01
Irrigation (I) میزان آبیاری	2	31.14**	90.30**	110.55**	10.23**
P×I اثر متقابل الگوی کشت و آبیاری	4	3.11^{ns}	37.226**	32.52**	0.04^{ns}
Error (b) خطا (ب)	12	1.07	7.03	1.26	0.01
Potassium sulfate (K) سولفات پتاسیم	2	4.10^{ns}	220.92**	263.52**	0.44**
P×K اثر متقابل الگوی کشت و پتاسیم	4	1.64^{ns}	36.66**	24.2**	0.18^{ns}
I×K اثر متقابل آبیاری و پتاسیم	4	9.68^{ns}	10.32**	25.23**	0.20**
P×I×K اثر متقابل الگوی کشت، آبیاری و پتاسیم	8	4.6^{ns}	15.91**	28.03**	0.08**
Error (c) خطا (ج)	36	2.32	1.91	4.89	0.03
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		*7.73*	*16.18*	*6.88*	*6.95*

**، * به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بدون اختلاف معنی‌دار

** * and, ns represent the significant effect (P<0.01, 0.05, and non significant respectively).

تعداد ساقه

تعداد ساقه اصلی تولیدشده در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۳)، به نظر می‌رسد غده-های بذری مورداستفاده در این تحقیق قبل از کشت جوانه-دار شده بودند و تا حدود زیادی سن فیزیولوژیکی تقریباً یکسانی داشتند، اختلافات در این صفت بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نشد.

حداکثر شاخص سطح برگ

حداکثر شاخص سطح برگ در تمام تیمارهای آزمایشی در حدود مراحل اولیه رشد غده‌ها بود. اثر الگوی کشت و میزان آبیاری بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود اما این ویژگی تحت تأثیر سولفات پتاسیم قرار نگرفت (جدول ۳) از طرفی برهمکنش دو عامل الگوی کشت در کود سولفات پتاسیم و همچنین آبیاری در کود سولفات پتاسیم و برهمکنش سه عامل الگوی کشت در آبیاری در کود سولفات پتاسیم معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه عامل الگوی کشت در آبیاری در کود سولفات پتاسیم نشان داد که الگوی کشت زیگزاگی به همراه ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار بیشترین و الگوی کشت معمول متراکم با ۶۰ درصد آب موردنیاز و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم کمترین مقدار حداکثر شاخص سطح برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). دلیل بیشتر بودن حداکثر شاخص سطح برگ در الگوی کشت زیگزاگی به همراه ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم نسبت به الگوی کشت معمول و معمول متراکم

www.SID.ir

Archive of SID

با ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم می‌تواند به خاطر زودتر حاصل شدن پوشش سبز مزرعه درنتیجه الگوی کشت مناسب بوته‌ها و افزایش جذب تشعشع کافی باشد (Ramezani and Rezaei Sokht-Abandani1, 2013) که منجر به فتوسنتز بیشتر و عملکرد بهتر می‌شود (Al-Mahmud et al., 2014). همچنین افزایش حجم آبیاری در هر سه الگوی کشت باعث افزایش رطوبت قابل‌دسترس خاک برای گیاه می‌شود که منتج به افزایش حداکثر شاخص سطح برگ گردیده است. محققان گزارش دادند که آبیاری مطلوب سیب‌زمینی با تولید شاخص سطح برگ بیشتر سبب افزایش هدایت روزنه‌ای شده که این امر موجب فتوسنتز بیشتر و افزایش عملکرد می‌شود (Bustan et al., 2004؛ Eskandari et al., 2011) بنابراین کاهش سطح برگ در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز گیاه نشان‌دهنده این است که با کاهش میزان رطوبت، تشکیل برگ جدید و بزرگ شدن برگ به تأخیر می‌افتد و درنهایت سبب کاهش تشکیل غده و حجیم شدن آن می‌شود. سمایی و همکاران (Samaee et al., 2016) در مطالعه خود کاهش حداکثر سطح برگ را در تیمار تنش رطوبتی گزارش دادند.

از طرفی مصرف کود سولفات پتاسیم سبب بهبود حداکثر سطح برگ در هر سه الگوی کشت و تیمار میزان آبیاری گردید. کشت زیگزاگی در ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم سبب افزایش به ترتیب ۶۹ و ۱۰ درصد حداکثر سطح برگ نسبت به کشت معمول و معمول متراکم با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم گردید (جدول ۵). پتاسیم می‌تواند بر کارایی مصرف آب، افزایش رشد ریشه و افزایش تقسیم سلولی تأثیر گذاشته و درنهایت سبب افزایش اندام‌های هوایی گیاه گردد. افزایش سطح برگ گیاه، با افزایش مصرف پتاسیم در مطالعه سبحانی و حمیدی گزارش شده است (Sobhani and Hamidi, 2013).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات اصلی الگوی کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم بر برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده سیب‌زمینی

Table 4. Mean comparison for the main effects of planting pattern, irrigation amount and potassium sulphate fertilizer on some studied traits of potatoes

تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant heigh(cm)	تعداد ساقه Stem No.	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum LAI	حداکثر وزن خشک برگ (گرم در مترمربع) Maximum leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	محتوی رطوبت نسبی (درصد) Relative water content (%)
الگوی کشت Planting pattern	کشت معمول Common	48.7	3.13	2.12	85.96	58.31
	کشت معمول متراکم Dense common	47.54	3.39	2.27	90.53	64.13
	کشت زیگزاگی Zigzag	49.71	3.19	2.64	102.35	66.19
	$LSD_{(0.05)}$	*2.56*	*0.20*	*0.22*	*8.33*	*4.1*
آبیاری (تأمین آب موردنیاز) Irrigation (providing water requirement)	100%	51.19	3.4	2.85	112.99	68.41
	80%	48.59	3.23	2.09	84.61	61.63
	60%	46.17	3.08	2.09	81.24	58.59
	$LSD_{(0.05)}$	*2.44*	*0.36*	*0.25*	*5.39*	*2.0*
سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulfate ($kg.ha^{-1}$)	0	48.16	3.23	2.26	86.19	62.14
	75	48.25	3.21	2.44	92.06	62.09
	150	49.54	3.28	2.34	100.59	64.40
	$LSD_{(0.05)}$	*1.92*	*0.29*	*0.217*	*7.93*	*1.94*

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

تیمار Treatment		درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	تعداد غده غیر بازارپسند (تعداد در مترمربع) No of non-marketable tubers ($No.m^{-2}$)	تعداد کل غده (تعداد در مترمربع) No. of tubers ($No.m^{-2}$)	عملکرد (کیلوگرم در مترمربع) Yield ($kg.m^{-2}$)
الگوی کشت Planting pattern	کشت معمول Common	19.35	8.9	32.56	2.38
	کشت معمول متراکم Dense common	19.61	10.67	32.82	2.318
	کشت زیگزاگی Zigzag	20.13	6.07	30.95	2.83
	$LSD_{(0.05)}$	*0.62*	*1.58*	*1.14*	*0.09*
آبیاری (تأمین آب موردنیاز) Irrigation (providing water requirement)	100%	20.93	6.87	34.11	3.20
	80%	19.16	8.27	32.17	2.31
	60%	18.99	10.50	30	2.02
	$LSD_{(0.05)}$	*0.61*	*1.57*	*0.66*	*0.06*
سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulfate ($kg.ha^{-1}$)	0	19.93	11.81	29.27	2.38
	75	19.91	7.34	31.62	2.50
	150	19.24	6.48	35.46	2.643
	$LSD_{(0.05)}$	*0.84*	*0.76*	*1.22*	*0.09*

حداکثر وزن خشک برگ

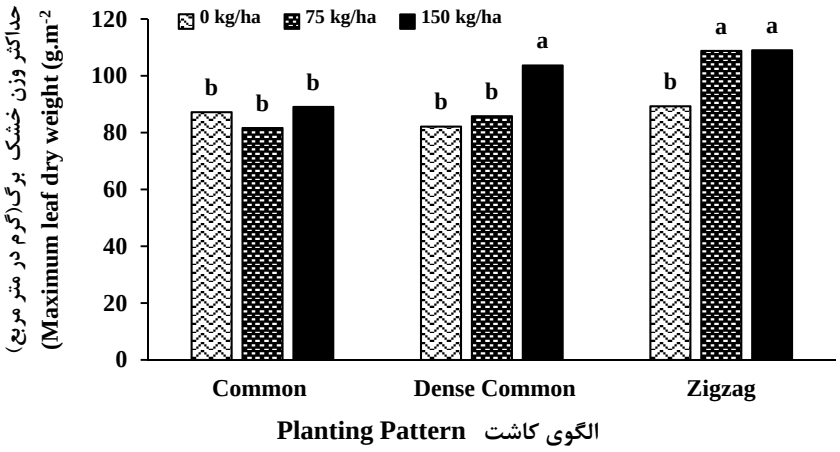
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر الگوی کشت، آبیاری و کود سولفات پتاسیم و برهمکنش دو عامل الگوی کشت در کود سولفات پتاسیم بر حداکثر وزن خشک برگ (وزن خشک برگ در زمان دستیابی به حداکثر شاخص سطح برگ) معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین حداکثر وزن خشک برگ در الگوی کشت زیگزاگی و کمترین آن در الگوی کشت معمول و معمول متراکم تحصیل شد و بیشترین حداکثر وزن خشک برگ در تیمار ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز و کمترین آن در تیمار ۶۰ درصد آب موردنیاز گیاه مشاهده گردید (جدول ۴). گیاه برای تولید ماده خشک هم به میزان تشعشع دریافتی توسط برگ‌ها و هم به میزان آب جذب‌شده توسط گیاه نیاز دارد (Shojaei Noferest, 2014). خشکی عموماً سبب کاهش سایه‌انداز گیاهی می‌شود که می‌تواند به دلیل کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش سهم شاخسارِ از مواد پرورده و تخصیص بیشتر این مواد به ریشه‌ها باشد (Xiong et al., 2006). کاهش وزن خشک برگ تحت شرایط تنش توسط محققان دیگر (Shojaei Noferest, 2014; Samaee et al., 2016) گزارش شده است. مقایسه میانگین برهمکنش دو عامل الگوی کشت در کود سولفات پتاسیم نشان داد که بین الگوهای کشت در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که الگوی کشت زیگزاگی با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم، حداکثر وزن خشک برگ را ۳۲ درصد نسبت به تیمار الگوی کشت معمول متراکم و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم افزایش داد (شکل ۲) که به نظر می‌رسد نتیجه آرایش کاشت مناسب و ایجاد فضای بهتر در الگوی کشت زیگزاگی در استفاده از منابع محیطی است. همچنین احتمال دارد با افزایش مصرف مقدار سولفات پتاسیم، میزان تثبیت دی‌اکسید کربن به علت کارکرد بهتر روزنه‌ها افزایش‌یافته که باعث افزایش میزان فتوسنتز و درنتیجه افزایش تولید کربوهیدرات‌ها در برگ گردیده که این امر سبب افزایش حداکثر وزن خشک برگ شد (Kholdbarin and Eslamzadeh, 2005). سبحانی و حمیدی (Sobhani and Hamidi, 2013) به افزایش ماده خشک برگ با افزایش میزان مصرف پتاسیم اشاره‌کرده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

محتوی نسبی آب برگ

اثرات الگوی کشت، آبیاری و کود سولفات پتاسیم و همچنین تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه، بر محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که الگوی کشت زیگزاگی در ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم بیشترین محتوی نسبی آب برگ را نسبت به الگوی کشت معمول و معمول متراکم با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم دارا بود (جدول ۵). احتمالاً در این شرایط به دلیل توزیع و رشد مناسب‌تر و بهتر بوته‌ها، پوشش سبز مزرعه زودتر حاصل‌شده که خود موجب کاهش سهم تبخیر از سطح خاک مزرعه و افزایش آب قابل‌دسترس گیاه و درنتیجه محتوی نسبی آب برگ آن شده است. این در حالی است که در تیمار ۶۰ درصد آب موردنیاز و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم در هر سه الگوی کشت این ویژگی کاهش داشت (جداول ۴ و ۵). این کاهش محتوی نسبی آب برگ با کاهش میزان رطوبت موردنیاز بیانگر آن است که تأمین آب از ریشه‌ها با میزان اتلاف آب از برگ‌ها منطبق نیست (Lambers et al, 1998). همچنین در شرایط کمبود آب و یا تعرق شدید، محتوی نسبی آب برگ در سیب‌زمینی پایین‌تر از بسیاری از محصولات دیگر است (Shojaei Noferest, 2014) که این‌یکی از دلایل حساسیت سیب‌زمینی به تنش آب را نشان می‌دهد. کاهش محتوی نسبی آب برگ تحت شرایط تنش توسط محققان دیگری نیز گزارش‌شده است (Erickson et al., 1991). از طرف دیگر جذب پتاسیم باعث بهبود رشد ریشه و افزایش جذب آب قابل‌دسترس می‌شود (Reeves and Mullins, 1995). گزارش شده که پتاسیم با کاهش ضریب تعرق و تنظیم فشار اسمزی داخل سلول، سبب صرفه‌جویی آب‌شده و علاوه بر آن با ایجاد شیب اسمزی مناسب بین خاک و گیاه و همچنین قسمت‌های مختلف بافت آوندی سبب بهتر شدن جذب و هدایت آب می‌شود (Ramezanpour et al., 2008). در این تحقیق مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم اثر مثبتی بر محتوی نسبی آب برگ الگوهای مختلف کاشت در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز داشت (جداول ۴ و ۵).



شکل ۲. اثر متقابل الگوی کشت و کود سولفات پتاسیم بر حداکثر وزن خشک برگ.

Fig. 2. The interaction effect of planting pattern and potassium sulfate fertilizer on maximum leaf dry weight.

درصد ماده خشک غده

اثر الگوی کشت و کود سولفات پتاسیم بر روی درصد ماده خشک غده معنی‌دار نگردید؛ اما میزان آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک داشت (جدول ۳)، به‌طوری‌که تیمار ۶۰ درصد آب موردنیاز سبب کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک غده شد درواقع درصد ماده خشک در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز نسبت به تیمار شاهد ۱۲ درصد کاهش یافت (جدول ۴). غده‌هایی که ماده خشک بیشتری دارند به علت درصد کمتر رطوبت، به مدت‌زمان کمتری برای سرخ شدن نیاز دارند درنتیجه فرصت کمتری برای جذب روغن و تخریب رنگ وجود

www.SID.ir

Archive of SID

خواهد داشت؛ بنابراین کاهش ماده خشک غده می‌تواند سبب حذف سیب‌زمینی از بازار مصرف چیپس شود. دراین‌ارتباط یافته‌ها حاکی از آن است که حفظ سطح رطوبت خاک می‌تواند سبب بهبود کیفیت غده سیب‌زمینی گردد (Wang et al., 2007). نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که با افزایش میزان حجم آب، درصد ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Mohammadi et al., 2001; Masoudi et al., 2010). درحالی‌که جفریر و مک کرون (Jefferies and MacKerron, 1993) در مطالعه خود افزایش درصد ماده خشک را در تنش آبی گزارش نمودند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل الگوی کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم بر برخی ویژگی‌های سیب‌زمینی

Table 5. Mean comparison for interaction effects of planting pattern, irrigation amount and potassium sulphate fertilizer on some studied traits of potatoes

الگوی کشت Panting Pattern	آبیاری (تأمین آب موردنیاز) Irrigation (providing water requirement)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulfate ($kg.ha^{-1}$)	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum LAI	محتوی رطوبت نسبی (درصد) Relative water content (%)	تعداد کل غده (تعداد در مترمربع) Tubers ($No.m^{-2}$)	تعداد غده‌های غیر بازارپسند (تعداد در مترمربع) non-marketable tubers ($No.m^{-2}$)	عملکرد (کیلوگرم در مترمربع) Yield ($kg.m^{-2}$)
کشت معمول Common	100%	0	2.79	75.92	29.66	5.66	2.86
		75	2.77	55.06	37	5.77	3.18
		150	2.19	58.45	38	4.66	3.12
	80%	0	1.88	58.17	32.67	14.66	2.3
		75	1.90	54.23	32.33	4.44	2.41
		150	1.62	53.95	34	7.44	2.1
	60%	0	2.15	53.967	27.22	13.11	1.59
		75	1.99	56.07	26	11.66	1.81
		150	1.82	58.9	36.22	12.66	2.09
کشت معمول متراکم Dense common	100%	0	2.65	65.99	36.66	14.55	2.96
		75	2.84	67.48	33.11	10.66	3.086
		150	3.38	65.89	38.66	7.22	3.11
	80%	0	2.19	67.07	23.33	15.89	2.146
		75	2.22	70.61	31.33	12	1.89
		150	1.84	58.45	37.33	5	2.14
	60%	0	1.60	59.70	28.33	17.44	1.82
		75	1.95	59.56	29	7.33	1.87
		150	1.76	62.42	37.7	6	1.83
کشت زیگزاگی Zigzag	100%	0	2.52	70.92	28.33	6.67	3.21
		75	2.82	73.98	32.78	2.22	3.67
		150	3.70	82.01	32.77	4.44	3.63
	80%	0	1.85	55.66	28.89	6.66	2.54
		75	3.02	59.85	35.55	5.18	2.53
		150	2.32	76.70	34.17	3.14	2.76
	60%	0	2.69	51.86	28.33	11.67	2.05
		75	2.46	61.97	27.5	6.85	2.10
		150	2.39	62.80	30.28	7.78	3.020
LSD(0.05			*0.641*	*5.833*	*3.66*	*2.28*	*0.28*

تعداد کل غده

تأثیر الگوی کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم و تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه بر تعداد کل غده در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار شدن برهمکنش سه عامل الگوی کشت در میزان آبیاری به همراه سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم نیز نشان از وابستگی تیمارها به یکدیگر در ارتباط با تعداد کل غده دارد. تعداد

www.SID.ir

Archive of SID

غده در کشت معمول و معمول متراکم با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۵ درصد بیشتر از کشت زیگزاگی با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بود درحالی‌که میزان عملکرد غده در کشت زیگزاگی با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم ۱۶ درصد نسبت به کشت معمول و معمول متراکم با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم افزایش داشت (جدول ۵) که احتمالاً دلیل آن کاهش در وزن و اندازه غده‌ها در کشت معمول و معمول متراکم در تیمارهای مختلف آبیاری و سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم است. به نظر می‌رسد بیشتر بودن تعداد غده در بوته سبب تشدید رقابت در بین غده‌ها برای کسب مواد پرورده شده و درنتیجه اندازه غده‌ها کوچک‌تر شده است. در الگوی کشت معمول و معمول متراکم، ۶۰ درصد آب موردنیاز در تیمارهای مختلف سولفات پتاسیم بر تعداد کل غده تأثیر منفی گذاشت (جدول ۵) و این کاهش تعداد غده در واحد سطح می‌تواند نشان از خو گرفتن گیاه به شرایط تنش و کاهش اثرات آن بدون کاهش در عملکرد غده باشد که با افزایش در تخصیص مواد فتوسنتزی، تعداد کمتر غده را جبران می‌کند Jefferies and Mackerron, 1993؛ Deblonde and Ledent, 2001). در این تحقیق در هر سه الگوی کشت کاربرد سولفات پتاسیم، کاهش تعداد غده در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز را تعدیل نمود (جدول ۵). به این صورت که در الگوی کشت معمول و معمول متراکم در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز و کاربرد سولفات پتاسیم تعداد غده در واحد سطح ۳۳ درصد بیشتر از عدم مصرف کود سولفات پتاسیم بود. در آزمایشی مشاهده شد که افزایش مصرف کود سولفات پتاسیم بر تعداد غده تأثیر مثبتی در رقم آگریا داشت و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار مناسب‌ترین مقدار بود (Ghanbari et al., 2007).

تعداد غده‌های غیر بازارپسند

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر الگوی کشت، آبیاری و کود سولفات پتاسیم و تمامی برهمکنش‌های دوگانه و همچنین برهمکنش سه‌گانه بر تعداد غده‌های غیر بازارپسند معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهمکنش سه عامل الگوی کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم نشان داد بیشترین تعداد غده‌های غیر بازارپسند در الگوی کشت معمول متراکم با ۶۰ درصد آب موردنیاز و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم و کمترین آن در الگوی کشت زیگزاگی همراه با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۷۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار بود (جدول ۵). علت افزایش تعداد غده‌های غیر بازارپسند با کاهش میزان آب آبیاری و عدم مصرف سولفات پتاسیم را می‌توان به تأخیر افتادن سرعت رشد گیاه در اثر تنش آبی مرتبط دانست. یافته‌های برخی محققان نشان داده است، که درصد غده‌های غیر بازارپسند با کاهش میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد (Moosavi and Faeznia, 2001؛ Masoudi et al, 2010). از طرفی مصرف سولفات پتاسیم تعداد غده‌های غیر بازارپسند را در تیمارهای آبیاری در هر سه الگوی کشت کاهش داد (جداول ۴ و ۵). پتاسیم می‌تواند تأثیرات زیادی روی کیفیت غده داشته باشد و سبب حذف خسارت غده سیب‌زمینی گردد (Beringer and Lind hauer, 1993). این مطلب توسط محققین دیگر نیز گزارش‌شده است (Sobhani and Hamidi, 2014).

عملکرد غده

نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی الگوی کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم و هم‌چنین برهمکنش میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم و برهمکنش سه عامل الگوی کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم بر میزان عملکرد غده بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه عامل الگوی کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم (جدول ۵) نشان داد که بین الگوهای مختلف کشت، میزان آبیاری و سطوح کود سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری وجود دارد و میزان عملکرد غده با تغییر الگوی کشت از معمول به زیگزاگی در ۱۰۰ درصد آب موردنیاز و مصرف کود سولفات پتاسیم افزایش یافت. عملکرد غده در الگوی کشت زیگزاگی با ۱۰۰ درصد آب موردنیاز به همراه ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم حدود ۱۳۰ درصد بیشتر از الگوی کشت معمول در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم بود (جدول ۵). به‌طورکلی در شرایط ۱۰۰ درصد آب موردنیاز به همراه مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم، استفاده از کشت زیگزاگی نسبت به کشت معمول و معمول متراکم حدود ۱۷ درصد افزایش عملکرد داشت. این امر نشان می‌دهد، هر چه توزیع گیاهان یکنواخت‌تر باشد، رقابت بوته‌ها برای دریافت نور و سایه‌اندازی کاهش‌یافته و افزایش عملکرد را در پی دارد. در برخی مطالعات به بهبود

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه ذرت در کشت دو ردیفِ زیگزاگ نسبت به کشت تک ردیفِ اشاره شده است (Ramezani and Rezaei Jamshidi et al., 2015؛ Sokht-Abandani1, 2013). همان‌طور که قبلاً اشاره گردید تمام مراحل نمو سیب‌زمینی به تنش کمبود آب حساس می‌باشند (Thornton, 2002؛ Shock, 2004). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش میزان آبیاری در تمامی الگوهای مختلف کشت در سطوح مختلف سولفات پتاسیم عملکرد غده کاهش می‌یابد (جدول ۵). احتمالاً با قرار گرفتن بوته‌های گیاه تحت تنش آب مقاومت روزنه‌ای برگ افزایش و میزان فتوسنتز برگ کاهش‌یافته که نتیجه آن کاهش بیوماس اندام‌های هوایی، رشد غده و نهایتاً عملکرد غده شده است (Irna and Mauromicale, 2006). در برخی مطالعات نشان داده شد که هرگونه کم‌آبیاری و تنش رطوبتی در مراحل حساس رشد سیب‌زمینی، سبب کاهش عملکرد غـده می‌شود (Shojaei Noferest, 2014؛ Eskandari, 2011). در تیمار الگوی کشت معمول و زیگزاگی در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم عملکرد بیشتر از عدم مصرف کود سولفات پتاسیم بود (جدول ۵). احتمالاً پتاسیم، سبب تعدیل کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی در شرایط ۶۰ درصد آب موردنیاز شده است. در گیاه سیب‌زمینی، پتاسیم کافی از طریق افزایش غده‌ها نسبت به اندام‌های هوایی سبب افزایش عملکرد سیب‌زمینی می‌شود. در حقیقت کودهای پتاسیم با اسـتحکام ساقه سیب‌زمینی این افزایش عملکرد و بهبود کیفیت غده‌ها را شامل می‌شود و از طرفی دیگر سبب سازگار شدن گیاه به تنش‌های محیطی می‌شود (Hoseini and Amini, 2014) در آزمایش حنان و همکاران (Hannan Abid et al., 2011) عملکرد سیب‌زمینی با افزایش مصرف پتاسیم بهبود یافت.

نتیجه‌گیری

الگوی کشت زیگزاگی در سیب‌زمینی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گیاه گردد از طرفی به دلیل حساسیت گیاه سیب‌زمینی به میزان آبیاری، تأمین آب کافی باعث بهبود عملکـرد آن شـد اما نکته قابل‌توجه این بود که مصرف کود سولفات پتاسیم توانست سبب افزایش و بهبود عملکرد در شرایط تأمین ۶۰ درصد آب موردنیاز (تنش آب) گردد.

منابع

Alizadeh, A., 2006. Water, Soil and Plant Relationships. Imam Reza University of Mashhad Publication. 472p. [In Persian].

Alizadeh, A., Kamali, G.h., 2007. Water Requirement of Plants. Imam Reza University of Mashhad Publication. 223p. [In Persian].

Al-Mahmud, A., Md. Altaf, H., Md. Al-Mamun, A., Md. Shamimuzzaman, E.H., Md. Shafiur, R., Md. Shawquat, A.KH., Md. Bazzaz, M., 2014. Plant canopy, tuber yield and growth analysis of potato under moderate and severe drought condition. Journal of Plant Sciences. 2(5), 201-208.

Baghani, J., 2009. Effect of planting pattern and water quantity on potato cultivation with drip irrigation in Mashhad. Journal of Water and Soil. 23(1), 153-159. [In Persian with English Summary].

Bustan, A., Sagi M., Malach, Y.D., Pasternak, D., 2004. Effects of saline irrigation water and heat waves on potato production in an arid environment. Field Crops Research. 90, 275-285.

Beringer, H., Header, E., Lind hauer, M., 1993. Water relationships and in corporation of C4 assimilation tubers of potato plants differing in potassium nutrition. Plant Physiology. 73, 956-96

Cahskan, M.F., Struik, P.C., 2010. Prefect to special issue. Selected Paper and Abstract of Section Meeting Agro-Physiology; Nevsehir, Turkey. Potato Research. 4, 253.

Coleman, W.K., 2008. Evaluation of wild Solanum species for drought resistance: 1. Solanum gandarillasii Cardenas. Environmental and Experimental Botany. 62(3), 221-230.

Deblonde, P.M.K., Ledent, J.F., 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. European Journal of Agronomy. 14(1), 31-41.

Erickson, I.J., Ketring, D.L., Stone, J.F., 1991. Response of internal-tissue water balance of peanut to soil water. Agronomy Journal. 72, 73-80.

www.SID.ir

Archive of SID

Eskandari, A., Khazaie, H.R., Nezami, A., Kafi, M., 2011. Study the effects of irrigation regimes on yield and some qualitative characteristics of three cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Water and Soil. 25(2), 240-247. . [In Persian with English Summary].

Eskandari, A., Khazaie, H.R., Nezami, A., Kafi, M., Majd Abadi, A., 2011. The effect of irrigation on physiological characteristics, yield and water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L) in Mashhad climatic conditions. Journal of Horticultural Science. 25(2), 201-210. . [In Persian with English Summary].

Fakhari, R., Tobeh, A., Hasanzadeh, N., Barghi, A., Shiri, M., 2013. Studying effects of different irrigation levels and planting patterns on yield and water use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.). International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 4 (7), 1941-1945.

FAO (Food and Agricultural Organization) 2017. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://www.fao.org/faostat/en/#compare.

Ghanbari, A., Farboudi, M., Alimohammadi, R., Faramarzi, A., Jamshidi, S, Shamspour, S., 2007. Effects of potassium sulfate (K_2SO_4) on quantity and quality of agria and satina potato cultivars in Miyaneh region, Iran. Journal of New Agricultural Science (Modern Science of Sustainable Agriculture). 3(6), 69-79. [In Persian with English Summary].

Hagman, J.E., Martenssen, A., Grandin, U., 2009. Cultivation practices and potato cultivars suitable for organic potato production. Potato Research. 52, 319-330.

Hannan, A., Arif, M., Ranjha, A.M., Abid, A., Fan, X.H., Li, Y.C., 2011. Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 42(6), 645-655.

Hoseini, S.M., Amini, Z., 2014. Effect of potassium sulfate on drought resistance of potato in Northern Fars province, Iran. Journal of Water Research in Agriculture. 28(2), 365-375. [In Persian with English Summary].

Jafari, M.A., Soltani, H., Rezvani, S.m., Ghadami Firouzabadi, A., 2017. Economic evaluation and comparison of sprinkler and drip irrigation systems in potato cultivation in Hamedan province. Journal of Water Research in Agriculture. 31(2), 195-205. [In Persian with English Summary].

Jamshidi, K., Mardani, R., Yousefi, A.R., 2015. Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays*) influenced by plant density, planting pattern and date. Journal of Agricultural and Sustainable Production. 25(4), 59-69. [In Persian with English Summary].

Jefferies, R.A., MacKerron, D.K., 1993. Response of potato genotypes to drought. II. Leaf area index growth and yield. Annals of Applied Biology. 122, 105-122.

Irna, A., Mauromicale, G., 2006. Physiological and growth response to moderate water deficit of off-season potatoes in a Mediterranean enviorment. Agricaltural Water Management. 82, 193-209.

Kazemi, M., Banayan Aval, M., Ghorbani, R., 2016. Quantitative analysis of food security in Khorasan Razavi province based on potato production. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 112, 63-75. [In Persian with English Summary].

Kholdbarin, B., Eslamzadeh, T., 2005. Mineral Nutrition of Organic Plants. Shiraz University Press. [In Persian].

Khorshidi Benam, M.B., Rahimzadeh Khoii, F., Mirhadi, M.J., Nour-Mohamadi, G., 2002. Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars. Crop Sciences. 4 (1), 48-58. [In Persian with English Summary].

Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T.L., 1998. Plant Physiological Ecology. Springer. New York.

Masoudi, F., Zardashti, M.R., Abdollahi Mandoulakani, B., Rasoli Sadghiani, M.H., Nazarli, H., 2010. Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 12(3), 265-278. [In Persian with English Summary].

Miri, Z., Asghari, Z., Penahi Kord Laghari, KH. B., 2009. Effect of Irrigation Regimes and Fertilizer Combinations on Yield of Two Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars in Freidan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource (Water and Soil Science). 12(46), 177-186. [In Persian with English Summary].

www.SID.ir

Archive of SID

Moadab Shabestari, M., Mojtahedi, M., 1990. Physiology of Agricultural Plants. Publication of Tehran University, Tehran, Iran. 431p. [In Persian].

Mohammadi, A., Faeznia, F., 2001. Effect of water stress on growth and yield of two potato cultivars. Research Report of Semnan Agricultural Research Center. [In Persian].

Moosavi, S.H., Faeznia, F., 2001. Effect of various contents of water and nitrogen fertilization on quantitative and qualitative characters of potato. 11th Congress of Irrigation and Drainage National Committee. 273-294. [In Persian].

Onder. S., Caliskan. M., Onder. D., Caliskan, S., 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. Agricultural Water Management. 73, 73–86.

Passioura, J.B., 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. Journal of Experimental Botany. 58, 113-117.

Ramezani, M., Rezaei Sokht-Abandani, R., 2013. The effect of row spacing, plant population and planting pattern on yield and yield components of corn (SC 704) in double cropping. Journal of Crop Ecophysiology. 6(3), 249-264. [In Persian with English Summary].

Ramezanpour, M.R., Dastfal, M., Malakouti, M.J., 2008. Effect of potassium in reducing stress in wheat in Darab. Journal of Soil and Water Sciences. 22(1), 127-135. [In Persian].

Reeves, D.W., Mullins, G.L., 1995. Subsoiling and potassium placement effects on water relations and yield of cotton. Agronomy Journal. 87, 847-852.

Samaee, M., Modarres-Sanavy, S.A.L., Mousapour Gorji, A., Zand, E., 2016. Water use efficiency and water productivity in potato genotypes under water stress conditions. Journal of Soil and Water Conservation. 6(1), 15-30. [In Persian with English Summary].

Samaee, M., Modarres-Sanavy, S.A.L., Mousapour Gorji, A., Zand, E., 2017. The study of potato genotypes (*Solanum tubersum* L.) tolerance to water deficit stress. Iranian Journal of Field Crop Science. 47(4), 527-540. [In Persian with English Summary].

Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Research. 117–124.

Shock, C.C., 2004. Efficient Irrigation Scheduling. Malheur Experiment Station, Oregon State University, Oregon, USA.

Shojaei Noferest, K., 2014. Evaluation of Morpho-physiological Characteristics in Association with Water Stress Tolerance in Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.). Phd Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [In Persian with English Summary].

Sobhani, A.1., Hamidi, H., 2013. Effect of different potassium levels on yield and growth indices of potato in Mashad climate condition. Journal of Crop Ecophysiology. 7(3), 341-356. [In Persian with English Summary].

Sobhani, A.R., Hamidi, H., 2014. Effects of different irrigation regims and amounts of potassium on qualitative characteristics of potato in Mashhad climatic conditions. Journal of Plant Production. 20(4), 65-81. [In Persian with English Summary].

Thornton, M.K., 2002. Effects of heat and water stress on the physiology of potatoes.University of Idaho Winter Commodity School Proc. 35, 79-81.

Trebejo, I., Midmore, D.J., 1990. Effect of water stress on potato growth, yield and water use in a hot and a cool tropical climate. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 114, 321–334.

Wang, F., Kang, Y., Liu, S., Hou, X., 2007. Effects of soil matric potential on potato growth under drip irrigation in the North China Plain. Agricultural Water Management. 88, 34– 4 2

Wells, R., Jburton, W., Kilen, T.C., 1993. Soybean growth and light interception, response to differing leaf and stem morphology. Crop Science. 33, 520-524.

Xiong, L., Wang, R.G., Mao, G., Koczan, J.M., 2006. Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic Acid. Plant Physiology.142 (3), 1065-74.

Yuan, B.Z., Nishiyama. S., Kang. Y., 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. Agricultural Water Management. 63, 153–167.

www.SID.ir