Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰
صفحه‌های ۲۲۰-۲۱۱

مقاله پژوهشی:

تحمل به تنش رطوبتی سیب‌زمینی رقم آتوسا در مقایسه با ارقام آگریا و مارفونا

امیرهوشنگ جلالی[1*]، احمد موسی‌پور گرجی[2]
۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
۲. دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات سبزی و صیفی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۳/۲۵

چکیده
وقوع تنش‌های رطوبتی ناخواسته از جمله عوامل افت عملکرد سیب‌زمینی در سال‌های اخیر بوده است. به‌منظور بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سیب‌زمینی، پژوهشی در سال ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رزوه، واقع در شهرستان چادگان انجام شد. برای انجام پژوهش از آزمایش کرت‌های یک بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. دو تیمار آبیاری کامل براساس رطوبت در حد ظرفیت مزرعه و آبیاری معادل ۷۵ درصد آبیاری کامل در طول دوره رشد به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه رقم سیب‌زمینی مارفونا، آگریا و آتوسا به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. همه کرت‌های آزمایشی در مرحله استقرار و غده‌دهی به‌ترتیب ۲ و ۱ نوبت آبیاری کامل شدند. تأثیر برهم‌کنش تیمار آبیاری و رقم بر صفات عملکرد کل، عملکرد غیر قابل فروش و عملکرد قابل فروش در سطح یک درصد و برای سایر صفات در سطح پنج درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. رقم آتوسا در شرایط تنش خشکی نسبت به دو رقم مارفونا و اگریا به‌ترتیب ۴۰/۳ و ۴۰/۱ درصد عملکرد قابل فروش بیش‌تری تولید نمود. شاخص بهره‌وری آب در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب برای ارقام مارفونا، آگریا و آتوسا برابر با ٤/٨٢، ٥/٠٢ و ٦/٥٣ کیلوگرم غده به‌ازای هر مترمکعب آب بود. با توجه به برتری کمی و کیفی رقم آتوسا در شرایط تنش رطوبتی و آبیاری کامل، این رقم می‌تواند در منطقه موردمطالعه جایگزین ارقام رایج شود.

کلیدواژه‌ها: بهره‌وری آب، درصد ماده خشک غده، شاخص برداشت، شاخص تحمل تنش، عملکرد.

Moisture Stress Tolerance of Atousa Potato Cultivar Compared to Agria and Marfona Cultivars

Amir Hooshang Jalali[1*], Ahmad Mousapour Gorji[2]
1. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Vegetable, Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
Received: December 23, 2019 Accepted: June 14, 2020

Abstract
The phenomenon of reduced potato yield have increased in recent years under adverse conditions, such as water stress. The effects of water stress on yield and yield component of three potato cultivars have been evaluated in this study during 2019 growing season. This investigation has been arranged as split-plot experiment, based on a randomized complete block design with three replications at Rozveh Agricultural Research Station (Chadegan, Isfahan, Iran). The main-plots are assigned to irrigation levels (75% and 100% field capacity) and sub-plots to potato cultivars (Marfona, Agria, and Atousa). To ensure the initial establishment of the plant and prevent severe crop failure, one additional irrigation has been performed at the establishment stage, with two supplementary irrigations performed at the tuber initiation stage for all plots. There has been a significant interaction between irrigation level and cultivars for tuber yields ($\alpha<\%1$) as well as other traits ($\alpha<\%5$). In water stress conditions, yield and water use efficiency of Atousa, new cultivar, are more than the other cultivars. Marketable yield of Atousa cultivar is about 40% higher than Marfona and Agria cultivars. The new cultivar produces 6.53 kg of tubers per cubic meter of water, while water use efficiency for Marfona and Agria is only 4.82 and 5.02 kg m^{-3}, respectively. In conclusion, it is suggested that Atusa cultivar in both water stress and in normal conditions is more suitable for cultivation in the study area than in Marfona and Agria cultivars.

Keywords: Harvest index, stress tolerance index, tuber dry matter percentage, water use efficiency, yield.

* نویسنده مسئول
Email: ah.jalali@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

در سال ۲۰۱۷ میلادی حدود ۱۶۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی ایران به کشت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) اختصاص یافته و تولیدی معادل ۵ میلیون و ۱۰۰ هزار تن با متوسط عملکرد ۳۱/۷ تن در هکتار به‌دست آمده است. هر فرد ایرانی در هر سال ۵۰/۶۴ کیلوگرم سیب‌زمینی و فرآورده‌های این محصول را مصرف می‌کند. این عدد در کشورهای کانادا، انگلستان و آمریکا به‌ترتیب برابر ۷۱/۰۷، ۱۰۳/۸۶ و ۵۱/۸۸ کیلوگرم به‌ازای هر فرد در هر سال است. سیب‌زمینی در ایران تأمین‌کننده ۱۰۴ کیلوکالری از مجموع کالری مورد نیاز هر فرد در هر روز است (FAO, 2017;FAO, 2013).

سیب‌زمینی معمولاً به‌عنوان گیاهی حساس به کم‌آبی شناخته می‌شود و به همین دلیل پژوهش‌های مختلف با استفاده از شاخص‌هایی مثل عملکرد غده، عملکرد بیولوژیک و شاخص‌های فیزیولوژیک، تحمل ارقام مختلف سیب‌زمینی را از این نظر موردبررسی قرار داده‌اند (Saravia *et al*., 2016). در طول دوره رشد سیب‌زمینی، وقوع تنش رطوبتی در مراحل مختلف فنولوژیک می‌تواند افت عملکرد را به‌همراه داشته باشد. تأخیر در استقرار اولیه گیاه، کاهش تولید استولون، کاهش غده‌دهی و ممانعت از حجیم‌شدن غده‌ها از جمله دلایل افت عملکرد سیب‌زمینی در شرایط تنش رطوبتی هستند (Obidiegwu *et al*., 2015). برای غده‌دهی مناسب، قبل و در حین غده‌دهی پتانسیل آب در خاک نباید کم‌تر از ۲۵- کیلوپاسکال باشد (Drapal *et al*., 2017).

تنش‌های شدید و درازمدت در اوایل فصل رشد، ممکن است تسهیم مواد را به نفع ارگان‌هایی به‌جز غده‌ها تغییر دهد، اما اگر تنش خشکی زمانی باشد که غده‌ها شکل گرفته باشد، تسهیم مواد فتوسنتزی به سمت غده‌ها تحریک شده اما طول دوره رشد گیاه کاهش می‌یابد (Aliche *et al*., 2020). در پژوهشی در کلمبیا تأثیر قطع ۱۰ و ۱۵ روزه آبیاری در مرحله گل‌دهی دو رقم سیب‌زمینی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد در قطع ۱۵ روزه آبیاری هر دو رقم کاهش عملکرد داشتند، اما در قطع ۱۰ روزه آبیاری فقط یک رقم دچار افت عملکرد شد (Romero *et al*., 2017). در مقایسه هفت کلون جدید سیب‌زمینی و مقایسه این کلون‌ها در سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد رطوبت در حد ظرفیت مزرعه نشان داده شد که این کلون‌ها نسبت به ارقام معمول در شرایط تنش رطوبتی عملکرد بالا تری دارند (Kesiime *et al*., 2016). در مطالعه‌ای که در آن تأثیر تنش رطوبتی در طول دوره رشد با ظهور نشانه‌های پژمردگی اولیه و سپس آبیاری سه رقم سیب‌زمینی تشخیص داده می‌شد نتایج نشان داد در این شرایط دو رقم مقاوم به تنش رطوبتی نه تنها تعداد غده بیش‌تری تولید کردند بلکه وزن تک‌غده نیز در آن‌ها بیش‌تر بود (Shi *et al*., 2015).

استان اصفهان یکی از مراکز اصلی تولید سیب‌زمینی در کشور محسوب می‌شود، ولی در دهه گذشته به‌دلیل کمبود منابع آب و وقوع خشک‌سالی، سطح کشت این محصول از بیش از ۲۰ هزار هکتار به ۱۶/۶ هزار هکتار کاهش یافته است. وقوع تنش‌های ناخواسته به‌دلیل قطع آب رودخانه زاینده‌رود در مناطق مرکزی این استان و کاهش بارش‌ها و درنتیجه آن کاهش منابع آبی در مناطق غرب و شمال‌غرب لزوم توجه به ارقام متحمل به تنش خشکی را خاطرنشان می‌کند. بنابراین هدف از انجام این پژوهش مقایسه تأثیر تحمل تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد رقم آتوسا (رقم جدید) با دو رقم مارفونا و آگریا (ارقام رایج) بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سیب‌زمینی، پژوهشی در سال ۱۳۹۸ در

www.SID.ir

Archive of SID

ایستگاه تحقیقات کشاورزی رزوه، واقع در شهرستان چادگان (طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳٤ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است. برای انجام پژوهش از آزمایش کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. هر کرت شامل شش خط کشت به طول چهار متر بود که به‌ترتیب فاصله بین و روی ردیف در آن ۷۵ و ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

دو تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (براساس رطوبت در حد ظرفیت مزرعه) و آبیاری معادل ۷۵ درصد آبیاری کامل در طول دوره رشد به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه رقم سیب‌زمینی شامل مارفونا، آگریا و آتوسا به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. دو آبیاری اول تا استقرار اولیه برای همه کرت‌ها یکسان و براساس رطوبت در حد ظرفیت مزرعه در نظر گرفته شد. در مجموع طی ۱۷ نوبت آبیاری در تیمار شاهد ٤۸۱۱ مترمکعب و در تیمار تنش آبی ۳۵۱۲ مترمکعب آب مصرف شد.

تیمار آبیاری برای کلیه کرت‌ها سیستم قطره‌ای توسط لوله‌های ۱٦ دارای قطره چکان‌های پلاک دار در فاصله ۲۰ یا ۲۵ سانتی‌متری با دبی ۱/۲ یا ۱/۵ انجام شد. برای تعیین دقیق میزان آب مصرفی در ابتدای هر بلوک یک کنتور نصب و میزان آب مصرفی در هر دور آبیاری یادداشت‌برداری شد. جهت جلوگیری از نشت آبی بین تیمارهای تنش و شاهد دو ردیف نکاشت منظور شد.

شاخص بهره‌وری آب آبیاری از رابطه (۱) محاسبه شد (Tanner & Sinclair, 1983).

رابطه (۱) $WUE= Y/WC$

در این رابطه، Y عملکرد قابل فروش محصول و WC مقدار آب مصرفی است. شاخص تحمل تنش از رابطه (۲) محاسبه شد (Fernandez, 1992):

رابطه (۲) $STI= (Yp\times Ys)/\hat{Y}_p^{\,2}$

در این رابطه، STI، Y_p، Y_s و $\hat{Y}_p$ به‌ترتیب شاخص تحمل تنش، عملکرد در شرایط بدون تنش، عملکرد در شرایط تنش و میانگین کل عملکرد تمام ارقام در شرایط عدم تنش هستند. ارقام مارفونا و آگریا جزو ارقام متداول هستند که در شرایط زارعین اصفهان کشت می‌شود و رقم آتوسا که قبلاً با نام کلون KSG82 شناخته می‌شد به‌تازگی توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور نام‌گذاری و معرفی شده است. این رقم پر محصول، متوسط رس، دومنظوره (تازه‌خوری و مصرف در صنایع تبدیلی) و مقاوم به بیماری‌های ویروسی است. با توجه به آزمون خاک نیازی به کودهای فسفر و پتاسیم وجود نداشت. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (از نوع کود اوره) در سه نوبت قبل از کاشت، مرحله پنج تا شش برگی (هنگام خاک‌دهی پای بوته) و مرحله رشد سریع غده‌ها (کامل‌شدن رشد رویشی) به زمین اضافه شد. کشت در اول خرداد انجام و در ۱۵ مهر عملیات برداشت انجام شد.

ده روز قبل از تاریخ برداشت، عملیات سرزنی اندام‌های هوایی جهت ضخیم‌شدن پوست غده و جلوگیری از صدمات هنگام برداشت انجام شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

ویژگی‌های خاک								
شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	مواد آلی (%)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	نیتروژن (%)
۱٤/٤۰	٤۱/۲۰	٤٤/٤۰	۳/۵۰	۷/۷۰	۰/۵۵	۲٦/۰۰	٤۱۰/۰۰	۰/۰٦

www.SID.ir

Archive of SID

در زمان برداشت، دو متر از ردیف‌های وسط هر کرت جهت برآورد عملکرد و اجزای عملکرد استفاده شد. غده‌های دارای شکاف، غده‌های پوسیده، بد شکل و دارای رشد ثانویه، غده‌هایی که دارای بیش از چهار جوش اسکب روی پوست آن‌ها بود و هم‌چنین غده‌های با قطر کم‌تر از ۳۵ میلی‌متر به‌عنوان غده‌های غیرقابل فروش در نظر گرفته شد (Parvizi *et al*., 2011)، جهت اندازه‌گیری وزن خشک و برآورد شاخص برداشت، یک متر از مساحت هر کرت که دربرگیرنده غده‌ها (به‌صورت برش داده شده) و اندام‌های هوایی بود، برداشت و به‌مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از قطعه‌قطعه‌کردن ۱۰ عدد غده سیب‌زمینی، درصد ماده خشک غده از تفاوت وزنی غده تازه و غده‌ها پس از قرارگرفتن در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت محاسبه شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و برای مقایسه میانگین‌ها از روش مقایسه چند دامنه‌ای دانکن (۵ درصد) استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در مورد صفات مختلف آزمایشی در جدول (۲) نشان داده شده است. تأثیر تیمار آبیاری بر عملکرد کل، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیرقابل فروش و درصد ماده خشک غده در سطح یک درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. هم‌چنین تأثیر این تیمار بر صفات بهره‌وری آب آبیاری، شاخص برداشت و شاخص درصد حساسیت به تنش از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. به‌طور مشابه سه رقم استفاده‌شده در این پژوهش از نظر صفات آزمایشی تفاوت معنی‌دار نشان دادند. تأثیر برهم‌کنش تیمار آبیاری و رقم بر صفات عملکرد کل، عملکرد غیرقابل فروش و عملکرد قابل فروش در سطح یک درصد معنی‌دار بود. تأثیر برهم‌کنش تیمار آبیاری و رقم بر سایر صفات در سطح ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲).

۳. ۱. عملکرد قابل فروش و غیر قابل فروش

مقایسه عملکرد کل غده در سه رقم آزمایشی نشان داد در شرایط بدون تنش، دو رقم مارفونا و آگریا به‌ترتیب با عملکردهای ۲۸/۷۰ و ۳۰/۱۰ تن در هکتار تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۳)، اما عملکرد رقم آتوسا نسبت به این دو رقم به‌ترتیب ۳۲/۸ و ۲٦/٦ درصد بیش‌تر بود و از این نظر به‌طور معنی‌دار عملکرد بیش‌تری داشت. روند مشابهی برای عملکرد قابل فروش مشاهده شد و رقم آتوسا با تولید عملکرد غده ۲۸/۲۰ تن در هکتار نسبت به دو رقم دیگر برتری معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). در شرایط بدون تنش بیش‌ترین عملکرد غیرقابل فروش مربوط به رقم آگریا بود.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات عملکرد کل، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیرقابل فروش، بهره‌وری آب آبیاری، شاخص برداشت، درصد ماده خشک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد کل	عملکرد قابل فروش	عملکرد غیر قابل فروش	بهره‌وری آب آبیاری	شاخص برداشت	درصد ماده خشک
بلوک	۲	۰/۳۱۰ns	۰/۰۷۱ ns	۰/۱۹۰ ns	۰/۰٦۷ ns	۰/۰۰٤ ns	۰/۲۵ ns
آبیاری	۱	۱۲/۸۸**	۲۸/۰۹**	٦/۵۷**	۰/٦۸*	۱/۰۹*	۱/۲۵**
خطا a	۲	۱/۲۱	۲/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱٤
رقم	۲	۲/۹۰*	۳٤/۸۹*	٤/۸۷*	۱/۰۲*	۱/۸٦**	۱/۱۲*
آبیاری× رقم	۲	۱۵/۲٤**	٤۲/٤۹*	۷/۰۰*	۰/۷۷*	۰/۹۲*	۱/۷۵*
خطا b	۸	۱/۰۲	۳۰/۱۵	۳/۹٦	۰/۳٤	۰/۵۷	۰/۸٤
ضریب تغییرات		۱۵/٦۰	۱٤/۰۹	۱۰/۳۱	۱۱/۰۰	۹/۰۸	۵/۰۷

ns، * و **: به‌ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

در شرایط تنش خشکی نیز رقم آتوسا نسبت به دو رقم مارفونا و رقم اگریا به‌ترتیب ٤١ و ٢٢ درصد عملکرد کل بیش‌تری داشت. در شرایط تنش رطوبتی، برتری عملکرد قابل فروش رقم آتوسا نسبت به دو رقم مارفونا و آگریا به‌ترتیب برابر ٤٠/٣ و ٤٠/١ درصد بود. به‌نظر می‌رسد رقم متوسط رس آتوسا با شرایط منطقه به‌خوبی تناسب دارد، درحالی‌که رقم مارفونا (زودرس) اساساً پتانسیل عملکرد کم‌تری داشته و رقم آگریا (دیررس) باوجودِ داشتن عملکرد کل بیش‌تر از رقم مارفونا، به‌دلیل این‌که بخش قابل‌توجهی از این عملکرد غیرقابل فروش است (غده‌های کوچکی که به‌دلیل محدودیت طول دوره رشد کم‌تر از ٣٥ میلی‌متر قطر دارند) نتوانسته با رقم آتوسا رقابت نماید (جدول ٣).

عملکرد غیرقابل فروش رقم آگریا در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی به‌ترتیب معادل ٢٤ و ٢٦ درصد از کل عملکرد گیاه بود. این در حالی بود که رقم آتوسا در شرایط تنش و بدون تنش به‌ترتیب فقط ١١ و ١٦ درصد از عملکرد کل خود را به عملکرد غیرقابل فروش اختصاص داد.

گیاه سیب‌زمینی از جمله گیاهان حساس به کم‌آبی شناخته می‌شود و توصیه می‌شود برای داشتن عملکرد غده مطلوب، بیش از ٥٠-٣٥ درصد از رطوبت در دسترس خاک تخلیه نشود (Edwards *et al*., 2017)، اما بین ارقام مختلف تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای از این جهت وجود دارد (Saravia *et al*., 2016).

تفاوت در عملکرد غده سیب‌زمینی نه تنها در شرایط ایده‌آل از نظر رطوبت دیده می‌شود (Oliveira *et al*., 2016)، بلکه در شرایط تنش رطوبتی نیز قابل تشخیص است. به‌عنوان مثال در پژوهشی در کشور کره سه رقم زودرس، متوسط رس و دیررس سیب‌زمینی در شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی (شروع‌شده از آغاز فصل) با هم مقایسه شدند و نتایج نشان داد هر سه رقم در شرایط تنش دچار افت عملکرد شدند، اما میزان افت عملکرد هر یک متفاوت بود (Chang *et al*., 2018). در مقایسه هفت کلون و دو واریته سیب‌زمینی در سه سطح تنش (ملایم تا شدید) در هندوستان نتایج نشان داد علاوه بر تفاوت عملکرد قابل فروش بین ژنوتیپ‌های آزمایشی در شرایط تنش، کاهش فتوسنتز، کاهش سایه‌انداز و بافت‌های رویشی از دلایل اصلی افت عملکرد بوده است (Sharma *et al*., 2011). در پژوهشی در چهار محال و بختیاری که با استفاده از رقم بورن انجام شد نتایج بیان‌گر آن بود که تنش شدید اگرچه تعداد غده را تغییر نداد، اما وزن غده‌ها ٢٦/٥ درصد کاهش یافت (Bagheri *et al*., 2016).

جدول ٣. مقایسه برهم‌کنش تیمار آبیاری و رقم بر میانگین صفات عملکرد کل، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیر قابل فروش، شاخص برداشت، درصد ماده خشک غده.

تیمار	رقم	عملکرد کل ($t\ ha^{-1}$)	عملکرد قابل فروش ($t\ ha^{-1}$)	عملکرد غیر قابل فروش ($t\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	ماده خشک غده (%)
آبیاری کامل	مارفونا	٢٨/٧٠ b	٢٣/٦١ b	٥/٠١ b	٦٤/٩٨ b	١٩/٨١ b
	آگریا	٣٠/١٠ b	٢٣/٠١ b	٧/٢٥ a	٦٢/٠٠ b	٢١/٢٣ b
	آتوسا	٣٨/١٢ a	٣٤/١٢ a	٤/٠٨ b	٧٠/٠٣ a	٢٤/٥٠ a
تنش رطوبتی	مارفونا	٢٠/٠٠ b	١٧/١١ b	٣/٠٠ b	٦٩/٤١ b	٢١/٢٠ b
	آگریا	٢٣/١٠ b	١٧/١٣ b	٦/٠١ a	٦٦/٧٢ b	٢٢/٠٩ b
	آتوسا	٢٨/٢٠ a	٢٤/٠١ a	٤/٤٣ ab	٧٨/٧٢ a	٢٦/٨٢ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (P<٠/٠٥).

www.SID.ir

Archive of SID

۳. ۲. شاخص برداشت و درصد ماده خشک غده

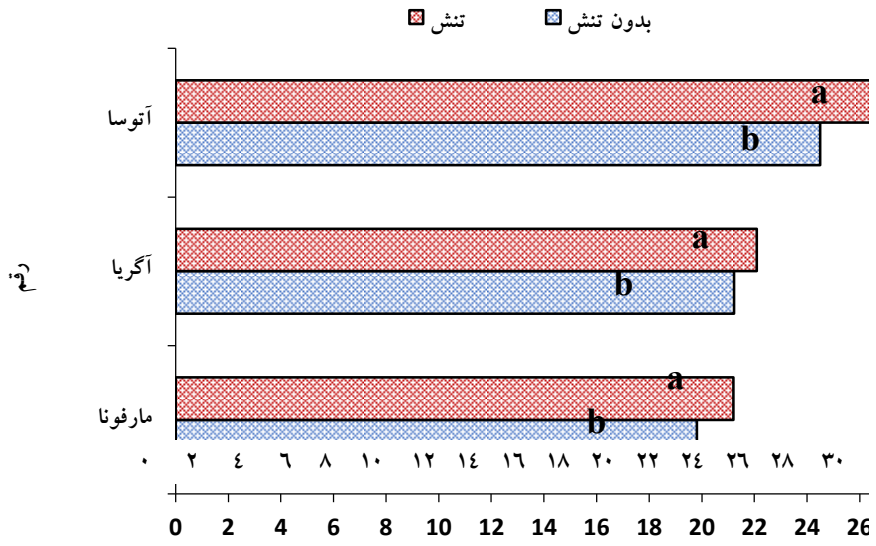
مقایسه میانگین‌ها در رابطه با شاخص برداشت نشان داد رقم آتوسا با شاخص برداشت ۷۸/۷۲ درصد در شرایط تنش رطوبتی و ۷۰/۰۳ درصد در شرایط آبیاری معمول نسبت به دو رقم دیگر برتری معنی‌داری داشته است (جدول ۳). دو رقم مارفونا و آگریا در هر دو شرایط رطوبتی تفاوت معنی‌داری از این نظر نداشتند. در هر سه رقم در شرایط تنش رطوبتی افزایش درصد شاخص برداشت مشاهده شد. در رابطه با تأثیر تنش رطوبتی بر شاخص برداشت نظرات مختلفی بیان شده است. برخی از پژوهش‌ها به این نکته اشاره کرده‌اند که تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی تأثیر متفاوتی بر شاخص برداشت داشته و این تأثیر در تنش‌های انجام شده در پایان فصل رشد کم‌تر بوده است (Hossain *et al*., 2017). مقایسه سه رقم مختلف سیب‌زمینی در شرایط تنش رطوبتی (در طی فصل رشد) با شرایط معمول آبیاری نشان داد تنش باعث افزایش شاخص برداشت شده و دلیل این امر کاهش تدریجی اندام‌های هوایی در طی فصل رشد نسبت به اندام‌های زیرزمینی عنوان شده است (Chang *et al*., 2018). به‌نظر می‌رسد تأثیر تنش رطوبتی بر شاخص برداشت به زمان وقوع تنش، شدت تنش و به‌ویژه نوع رقم سیب‌زمینی بستگی داشته باشد و نمی‌توان نتیجه‌گیری کلی در این زمینه ارائه نمود.

درصد ماده خشک غده یکی از صفات کیفی مهم در سیب‌زمینی محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر در شرایط آبیاری معمول رقم آتوسا نسبت به دو رقم مارفونا و آگریا به‌ترتیب ۲۳/٦ و ۱۵/٤ افزایش در درصد ماده خشک غده نشان داد که این افزایش از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). روند مشابهی برای شرایط تنش رطوبتی مشاهده شد ولی این افزایش درصد به‌ترتیب برابر ۲٦/۵ و ۲۱/٤ درصد بود. به‌طور مشابه مقایسه دو رقم سیب‌زمینی در ایتالیا نشان داد علاوه بر این که این دو رقم از نظر درصد ماده خشک غده تفاوت معنی‌دار داشتند، وقوع تنش رطوبتی در هر دو مرحله رویشی و زایشی موجب افزایش معنی‌دار درصد ماده خشک غده شد (Ierna & Mauromicale, 2012). در رابطه با درصد ماده خشک غده برخی پژوهش‌گران معتقدند این صفت بیش‌تر وابسته به کل آب دریافت شده در فصل رشد گیاه بوده و مرحله دریافت رطوبت نقش کم‌تری در این رابطه بازی می‌کند (Li *et al*., 2016)، اما برخی پژوهش‌ها نیز تأمین آب در مرحله آغاز استولون‌دهی و شروع حجیم‌شدن غده‌ها تا رسیدن را بر درصد ماده خشک غده مؤثرتر می‌دانند (Ierna & Mauromicale, 2012).

روند تغییرات درصد ماده خشک برای هر رقم در شکل (۱) نشان داده‌شده است. اگرچه این سه رقم از نظر درصد ماده خشک با یکدیگر متفاوت هستند اما در هر سه رقم وقوع تنش رطوبتی در طول فصل رشد باعث افزایش معنی‌دار درصد ماده خشک غده شده است. به‌طور مشابه در پژوهشی دو ساله در ملایر تنش‌های رطوبتی ملایم (آبیاری در ٦۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، شدید (آبیاری در ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) و خیلی شدید (آبیاری در ۳۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) منجر به افزایش درصد ماده خشک غده نسبت به شاهد (آبیاری در ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) شد (Pourasadollahi *et al*., 2019). در این پژوهش عنوان شد در شرایط تنش رطوبتی وزن تر غده نسبت به وزن خشک آن بیش‌تر کاهش می‌یابد و این موضوع باعث افزایش درصد ماده خشک غده‌ها می‌شود. در برخی گزارش‌ها به این نکته نیز اشاره شده است که ارقام و کلون‌های سیب‌زمینی که به شرایط تنش خشکی متحمل‌ترند درصد ماده خشک غده بالاتری نیز تولید می‌کنند (Mahmood *et al*., 2015).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقایسه درصد ماده خشک غده هر رقم در شرایط تنش و بدون تنش آبی

برای هر رقم، حروف مشترک در ستون‌ها براساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (P<۰/۰۵)

۳. ۳. بهره‌وری و مصرف آب

همان‌گونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، ۱۷ نوبت آبیاری از خردادماه تا مهرماه انجام گرفته است. مجموع آب مصرفی براساس قرائت کنتور در آبیاری معمول برابر ٤٨١١ مترمکعب در هکتار و در حالت تنش رطوبتی برابر ۳۵۱۲ مترمکعب در هکتار بوده است. به‌عبارت بهتر در طول فصل رشد گیاه در حالت تنش رطوبتی ۲۷ درصد آب کم‌تر مصرف‌شده است. البته باید توجه داشت که حجم آب مصرفی در دو نوبت آبیاری اول به جهت استقرار اولیه گیاه یکسان در نظر گرفته شده است. در آبیاری پنجم نیز به‌دلیل این‌که گیاه در آستانه مرحله زایشی (تولید غده) قرار داشت حجم آبی معادل آبیاری کامل مصرف شد. مقدار آب مصرفی در شرایط آبیاری معمول با گزارش‌هایی که نیاز خالص آبیاری سیب‌زمینی را در این ناحیه حدود ۵۰۰۰ مترمکعب بیان می‌کند مطابقت نسبی دارد (Jalali *et al*., 2017).

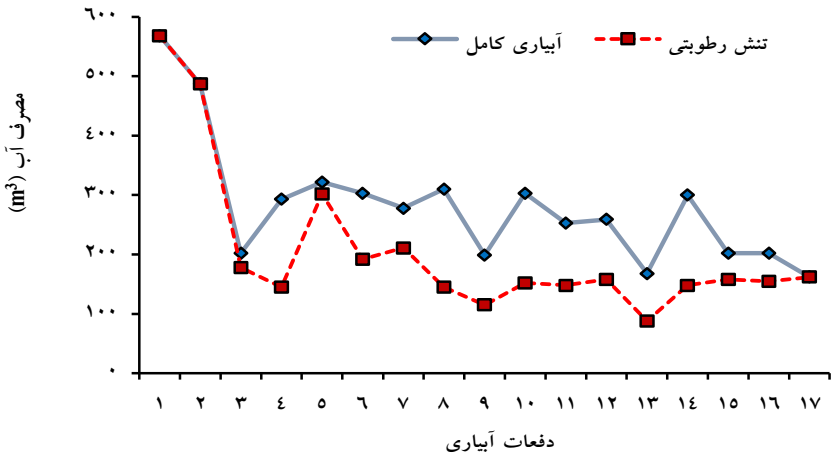
با توجه به عملکردهای به‌دست‌آمده بهره‌وری آب آبیاری در شرایط آبیاری معمول برای سه رقم مارفونا، آگریا و آتوسا به‌ترتیب ٤/۳۲، ٤/٥٤ و ٥/۷٥ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب بود (شکل ۲). رقم آتوسا به‌طور معنی‌دار شاخص بهره‌وری بیش‌تری نسبت به ارقام مارفونا و آگریا داشت. روند کاملاً مشابهی در شرایط تنش رطوبتی مشاهده شد با این تفاوت که شاخص‌های بهره‌وری آب در این شرایط افزایش یافت (شکل ۳).

شاخص بهره‌وری آب در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب برای ارقام مارفونا، آگریا و آتوسا برابر با ٤/۸۲، ٥/۰۲ و ٦/٥۳ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب بود. رژیم‌های رطوبتی با مصرف آب کم‌تر باوجود کاهش عملکرد غده، موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شوند (Kifle *et al*., 2016).

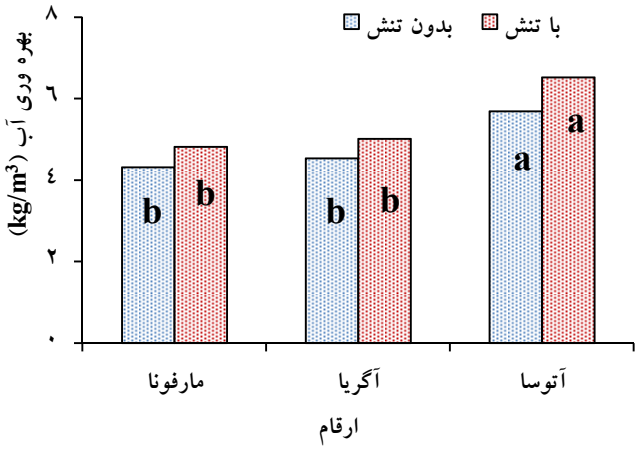
در پژوهشی که مقدار آب مصرفی در طول دوره رشد سیب‌زمینی در آن معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی این گیاه بود بهره‌وری آب به‌ترتیب برابر ٦/٤۹، ۸/۰۱ و ۷/۳۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب محاسبه شد (Bgheri *et al*., 2017).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. تعداد دفعات و حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری در طی فصل رشد



شکل ۳. مقایسه بهره‌وری آب در شرایط تنش و بدون تنش آبی برای سه رقم آزمایشی

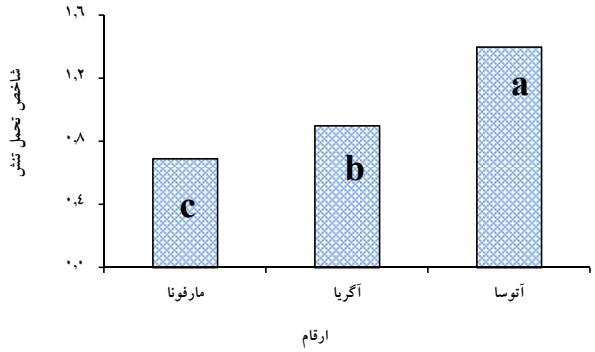
در ستون‌های هم‌رنگ، حروف مشترک براساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (P<۰/۰۵).

بهره‌وری آب آبیاری در گیاه سیب‌زمینی با توجه به شرایط اقلیمی، نوع رقم و به‌طورکلی عوامل مؤثر بر نیاز آبی خالص گیاه تعیین می‌شود و در شرایط ایران دامنه‌ای از ۵/۳–۱/۹ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب دارد (Jalali *et al.*, 2017). برخی پژوهش‌گران دلیل این‌که در شرایط تنش رطوبتی بهره‌وری آب افزایش می‌یابد را در آن می‌دانند که در تنش‌های ملایم تعرق بیش‌تر از فتوسنتز کاهش‌یافته و موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شود (Reyes-Cabrera *et al.*, 2016). پژوهشی در ازبکستان نیز نشان داد که تنش‌های ملایم می‌تواند بهره‌وری آب آبیاری در دو رقم سیب‌زمینی را افزایش دهد، اما تنش‌های شدید تأثیر معکوسی در این زمینه داشت (Reddy *et al.*, 2016).

محاسبه شاخص تحمل تنش نشان داد رقم آتوسا نسبت به دو رقم رایج منطقه یعنی مارفونا و آگریا، شرایط تنش رطوبتی را بهتر تحمل می‌نماید (شکل ٤).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤. مقایسه شاخص تحمل تنش برای سه رقم آزمایشی

حروف مشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (P<۰/۰۵).

این شاخص برای رقم آتوسا برابر ۱/٤ بود که نسبت به رقم مارفونا تقریباً دو برابر بود. در پژوهشی که در آن هفت رقم سیب‌زمینی از نظر تحمل به تنش ارزیابی شدند نیز رقم مارفونا با شاخص تحمل تنش ۰/٦۳ در شرایط تنش ملایم و ۰/٥٦ در شرایط تنش شدید کم‌ترین مقدار شاخص تحمل تنش را به‌خود اختصاص داد (Hassanpanah, 2010). در برخی دیگر از پژوهش‌ها نیز شاخص تحمل تنش نسبت به سایر شاخص‌های ارزیابی محدودیت رطوبتی در سیب‌زمینی، از کارایی بالاتری برخوردار بوده است (Hossain *et al*., 2017).

٤. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش رقم آتوسا علاوه بر ویژگی‌های عمومی عنوان‌شده برای این رقم مثل مقاومت به بیماری‌ها و پتانسیل عملکرد بالا، در تحمل تنش رطوبتی نیز نسبت به ارقام رایج برتری دارد. اگرچه بهره‌وری آب آبیاری در شرایط تنش رطوبتی برای ارقام آزمایشی و به‌ویژه رقم آتوسا نسبت به شرایط معمول آبیاری بالاتر بود، اما این مطلب به آن معنی نیست که شرایط برای کم‌آبیاری این گیاه فراهم است. به‌طورکلی، سیب‌زمینی به‌عنوان یک محصول حساس به کم‌آبی کاندیدای خوبی برای کم‌آبیاری نیست. پژوهش‌هایی مشابه پژوهش حاضر با ایجاد بینش مناسب، زمینه را برای مواجهه با تنش‌های رطوبتی ناخواسته، که در سال‌های اخیر موارد بسیاری از آن دیده می‌شود، فراهم نموده و ارقام جدید مثل آتوسا می‌تواند در این رابطه موردتوجه قرار گیرد.

٥. تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان جهت همکاری و تأمین اعتبار لازم جهت این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Aliche, E.B., Theeuwen, T.P., Oortwijn, M., Visser, R.G., & van der Linden, C.G. (2020). Carbon partitioning mechanisms in POTATO under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *146*, 211-219.

Bagheri, H R., Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A., Taei, J, Mehnatkesh, A., & Andarzian, B. (2016). Effect of water deficit stress and different nitrogen levels on yield, yield components and water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Environmental stresses in Crop Science, 1*, 1-14. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Chang, D.C., Jin, Y.I., Nam, J.H., Cheon, C.G., Cho, J.H., Kim, S.J., & Yu, H.S. (2018). Early drought effect on canopy development and tuber growth of potato cultivars with different maturities. *Field Crops Research, 215*,156-162.

Drapal, M., Farfan-Vignolo, E.R., Gutierrez, O.R., Bonierbale, M., Mihovilovich, E., & Fraser, P.D. (2017). Identification of metabolites associated with water stress responses in Solanum tuberosum L. clones. *Phytochemistry*, *135*, 24-33.

Edwards, S.J.L., & Livingstone, R.M. (2017). *Potato and potato products. In Non-Traditional Feeds for Use in Swine Production (1992).* CRC Press. pp. 305-314.

Fernandez, G.C.J. (1992). Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. In: *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress Tolerance*, Kuo, C.G. (2rd ed.)). Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan, pp: 257-270.

Hassanpanah, D. (2010). Evaluation of potato cultivars for resistance against water deficit stress under in vivo conditions. *Potato Research*, *53*, 383-392.

Hossain, M., Zakaria, M., Mian, M.K., Karim, M.A., & Hossain, M. (2017). Stress tolerance attributes and yield based selection of potato genotypes for water stress environment. *Songklanakarin Journal of Science and Technology, 39*, 185-194

Ierna, A., & Mauromicale, G. (2012). Tuber yield and irrigation water productivity in early potatoes as affected by irrigation regime. *Agricultural Water Management*, *115*, 276-284.

Jalali, A.H., Salemi, H., Nikouei, A., Gavangy, S., Rezaei, M., Khodagholi, M., & Toomanian, N. (2017). Determination of water requirement for potato in different climates of Isfahan province. *Applied Research in Field Crops, 30,* 53-73. (In Persian).

Kesiime, V.E., Tusiime, G., Kashaija, I.N., Edema, R., Gibson, P., Namugga, P., & Kakuhenzire, R. (2016). Characterization and evaluation of potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) for tolerance to drought in Uganda. *American Journal of Potato Research, 93,* 543-551.

Kifle, M., & Gebretsadikan, T.G. (2016). Yield and water use efficiency of furrow irrigated potato under regulated deficit irrigation, Atsibi-Wemberta, North Ethiopia. *Agricultural Water Management, 170,* 133-139.

Li, W., Xiong, B., Wang, S., Deng, X., Yin, L., & Li, H. (2016). Regulation effects of water and nitrogen on the source-sink relationship in potato during the tuber bulking stage. *PloS one, 11*(1)*,* 1-18.

Mahmood, A., Hossain, M., Zakaria, M., Mian, M.A., and Karim, M. (2015). Effects of water stress on plant canopy, yield attributes and yield of potato. *Kasetsart Journal, 49,* 491-505.

Obidiegwu, J.E., Bryan, G.J., Jones, H.G., & Prashar, A. (2015). Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. *Frontiers in plant science, 6,* 542.

Oliveira, J.S., Brown, H.E., Gash, A., & Moot, D.J. (2016). An explanation of yield differences in three potato cultivars. *Agronomy Journal, 108,* 1434-1446.

Parvizi, K., Souri, J., & Mahmoodi, R. (2011). Investigating the effect of planting date on total yield and sales rate of potato cultivars in Hamedan. *Journal of Horticultural Science, 25,*89-93. (In Persian).

Pourasadollahi, A., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F. and Sohrabi, Y. (2019). Physiological and agro-morphological response of potato to drought stress and hormone application. *Journal of Plant Physiology and Breeding, 9,* 47-61.

Reddy, J.M., Jumaboev, K., Bobojonov, I., Carli, C., & Eshmuratov, D. (2016). Yield and water use efficiency of potato varieties under different soil-moisture stress conditions in the Fergana Valley of Central Asia. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 40,* 407-431.

Reyes-Cabrera, J., Zotarelli, L., Dukes, M.D., Rowland, D.L., & Sargent, S.A. (2016). Soil moisture distribution under drip irrigation and seepage for potato production. *Agricultural Water Management, 169,*183-192.

Romero, A.P., Alarcón, A., Valbuena, R.I., & Galeano, C.H. (2017). Physiological assessment of water stress in potato using spectral information. *Frontiers in Plant Science, 8,* p.1608.

Saravia, D., Farfán-Vignolo, E.R., Gutiérrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., & Khan, M.A. (2016). Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. *American Journal of Potato Research, 93,* 288-295.

Sharma, N., Kumar, P., Kadian, M.S., Pandey, S.K., Singh, S.V., & Luthra, S.K. (2011). Performance of potato (*Solanum tuberosum*) clones under water stress. *Indian Journal of Agricultural Sciences, 81,* 41-45.

Shi, S., Fan, M., Iwama, K., Li, F., Zhang, Z., & Jia, L. (2015). Physiological basis of drought tolerance in potato grown under long-term water deficiency. *International Journal of Plant Production, 9,* 305-320.

Tanner, C.B., & Sinclair, T.R. (1983). Efficient water use in crop production: Research or re-research? Limitations to efficient water use in crop production, pp.1-27.

www.SID.ir