"مجله علوم زراعي ايران"
جلد چهارم، شماره ۱، ۱۳۸۱

بررسي اثرات تنش خشكي در مراحل رشد ارقام مختلف سيب زميني*

Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars

محمد باقر خورشيدی بنام[۱]، فرخ رحيمزاده خويی[۲]، محمد جواد ميرهادی[۳]، قربان نورمحمدی[٤]

چكيده

به منظور ارزيابي تحمل سيب زميني (*Solanum tuberosum* L.) به تنش خشكي ، سه رقم مارفونا، آگريا و دراگا در طي سال زراعي ۱۳۷۹ در گلدان كشت شدند. آزمايش در قالب فاكتوريل با طرح پايه كاملا تصادفي در پنج تكرار به اجرا گذاشته شد. فاكتورهاي مورد مطالعه شامل شدت تنش در سه سطح (۸۰%،٦۰%و٤۰%آب قابل استفاده خاك) در مقايسه با شاهد و در سه مرحله رشدي (از كاشت تا ظهور ۵۰% بوته ها، از ظهور ۵۰% بوته ها تا تشكيل استولون و از تشكيل استولون تا تشكيل غده) بود. نتيجه آزمايش نشان داد كه اعمال هر گونه تنش ،محتواي نسبي آب، كارآيي مصرف آب ،تعداد غده در بوته، درصد ماده خشك و عملكرد را به شدت كاهش داد ولي نشت از ديواره سلولي را افزايش داد. در مجموع، رقم آگريا بيشترين عملكرد را به همراه حداقل نشت از ديواره سلولي و كار آيي مصرف آب داشت. در حالي كه رقم دراگا كمترين عملكرد را به همراه حداكثر درصد ماده خشك و حداقل محتواي نسبي آب و تعداد غده در گياه نشان داد. تنش در مرحله استولون به طور غيرمعني دار عملكرد را كاهش داد.

شدت تنش متوسط (٦۰ درصد آب قابل استفاده خاك) حدا قل عملكرد را توليد كرد. در حالي كه سطوح تنش اختلاف معني دار با هم نشان ندادند. هم چنين اختلاف بين شدت هاي مختلف تنش فقط در رقم آگريا معني دار شد. نتايج نشان داد كه در ارقامي كه محتوي نسبي آب (RWC) بالاتر و نيز تعداد غده متوسط دارند، تقسيم اسيميلات ها در غده ها مطلوب تر و در نتيجه منجر به افزايش عملكرد گرديد.

واژه هاي كليدي: سيب زميني، تنش خشكي، محتواي نسبي آب، كارآيي مصرف آب، تعداد غده در بوته، درصد ماده خشك، عملكرد.

مقدمه

بخش وسيعی از سرزمين های جهان در مناطق خشك و نيمه خشك، با محدوديت آب مواجه می باشند. تنش خشكی می تواند از يک يا چند فعاليت فيزيولوژيكی مانند تعرق، فتوسنتز، طويل شدن بافت و اندام و يا فعاليت های آنزيمی سلول ممانعت نموده و يا حتی باعث توقف آن شود (Loon, 1981). خسارت ناشی از كمبود آب موجب كاهش توليد در اثر تاخير يا عدم استقرار گياه ، تضعيف و يا از ميان رفتن گياهان مستقر شده ، مستعد شدن گياه به حمله آفات و بيماری ها، تغييرات فيزيولوژيک و بيوشيميايی در سوخت و ساز گياهان و كاهش كيفيت محصول

تاريخ دريافت:۱۳۸۰/۵/۱۸ تاريخ پذيرش:۱۳۸۱/۷/۲۷

* بخشی از رساله دكتری نگارنده اول در واحد علوم و تحقيقات دانشگاه آزاد اسلامی – تهران

۱- عضو هيئت علمی مركز تحقيقات كشاورزی آذربايجان شرقی، ۲- استاد دانشگاه تبريز، ۳- استاد پژوهش سازمان تحقيقات و آموزش كشاورزی و۴- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقيقات.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

گیاهان زراعی می گردد (گاردنر و همکاران، ۱۳۶۸ ;Simpson,.1981). خصوصیات اقلیمی نظیر پراکنش و تأثیر بارندگی، رطوبت، دما و میزان تبخیر در کنار شرایط فیزیکو شیمیایی خاک، نوع و ویژگی گیاه زراعی و اعمال مدیریت در مزرعه در جذب آب توسط گیاهان دخالت دارند (Karafyllidis et al., 1996).

با توجه به این که تحت شرایط تعرق شدید یا کمبود آب ، مقدار محتوای آب نسبی (RWC) سیب زمینی از بسیاری از گونه ها مثل گوجه فرنگی و چچم کمتر است، جبران شبانه این گونه نیز نسبت به سایر گونه ها مثل پنبه و سورگوم کمتر می باشد این موضوع می تواند یکی از دلایل حساسیت سیب زمینی به کمبود آب باشد (Loon, 1981). عامل مؤثر دیگری را که می توان نام برد عمق محدود ریشه دهی سیب زمینی است (Harris, 1992). شایان ذکر است که واکنش گیاهان گلدانی نسبت به گیاهان مزرعه ای متفاوت است و این گیاهان سریع تر دچار تنش خشکی می گردند اما در مزرعه ظهور تنش خشکی تدریجی بوده و گیاه می تواند در طول شب به علت کاهش تعرق و جذب تدریجی آب، پتانسیل آب سلول را تنظیم کرده ودر نتیجه بهبود یابد (سرمد نیا ،۱۳۷۲).

تحت تنش خشکی، بسته شدن جزئی روزنه ها تعرق را بیشتر از فتوسنتز کاهش داده و در نتیجه کارآیی مصرف آب افزایش می یابد اما تنش شدید باعث بسته شدن کامل روزنه ها شده و کارآیی مصرف آب به علت پائین آمدن فتوسنتز و در نهایت عملکرد کاهش می یابد (بیکما وواندرزاگ، ۱۳۷۵).گزارش شده است که وقتی محتوای آب نسبی برگ سیب زمینی به ۸۵ درصد برسد روزنه ها بسته می شوند (تییر و پیت، ۱۳۷۲). در حالی که وینکلر به نقل از (بوکما و واندرزاگ، ۱۳۷۵) اظهار داشت که روزنه های برگ سیب زمینی کاشته شده در مزرعه در RWC ما بین ۹۲ تا ۹۶ درصد شروع به بسته شدن می نمایند و این بسته شدن درRWC ۷۶ تا ۸۰ درصد کامل می شود. مقادیر RWC برای گیاهان آبیاری شده بین ۸۰ و ۱۰۰ درصد است در حالی که برای گیاهان آبیاری نشده بین ۷۶ تا ۸۷ درصد می باشد (Loon, 1981). تغییرات RWC در ارقام مختلف به قابلیت نگهداری تورم برگ تحت شرایط تنش بستگی دارد (Bansal & Nagarajans,1983) بنابر این بزرگ شدن برگ و میزان فتوسنتز تحت تأثیر قرار گرفته (Minhas & Bansal, 1991) و پتانسیل اسمزی بافت غده ها نیز کاهش می یابد (Bansal & Nagarajans, 1983). از آن جایی که میزان RWC با سرعت تعرق رابطه دارد، لذا این مؤلفه به مقدار زیادی جهت تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می شود (تیر و پیت ،۱۳۷۲). غشاء سلولهای گیاهی در مقابل حرکت آب و محلول های مختلف به صورت مانعی با نفوذ پذیری متفاوت عمل می کند و موجب تنظیم غلظت محلولها در سلول و ایجاد تورژسانس مثبت می شود (MacCown,1980). مجیدی (۱۳۷۳) اظهار داشت که تنش های محیطی با تغییر ساختمان غشاء از نظر کمّیت و کیفیت اسیدهای چرب و پروتئین ها می تواند رشد گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. وزن اولیه برگ های گیاهان تحت تنش، کاهش نشان داده و برای رسیدن به حالت تورژسانس کامل آب بیشتری جذب نموده و افزایش وزن تر بیشتری خواهند داشت (اهدائی، ۱۳۷۲). دراثر آسیب پذیری غشاء سیتوپلاسمی محتویات سلول به بیرون تراوش کرده که مقدار این خسارت را می توان با اندازه گیری مقدار نشت یونی تعیین نمود. پژوهش های به عمل آمده نشان داده است ارقامی که نشت یونی کمتری دارند به خشکی متحمل ترند (Winslonn, & Smirnoff, 1984).

علاوه بر شدت تنش و طول دوره آن ، مرحله ای از رشد که گیاه در آن دچار تنش می شود نیز از نظر میزان تأثیر بر رشد و عملکرد گیاه حائز اهمیت است (فاجریا، ۱۳۷۱). برمنر و طاها (Bremner, & Taha,1996) مراحل رشد سیب زمینی را به چهار مرحله نمو اولیه گیاه از کاشت تا غده بندی، تشکیل غده، حجیم شدن غده و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

رسیدگی تقسیم نمودند. نیاز آبی سیب زمینی به علت وجود آب مورد نیاز در غده برای سبز شدن در اوایل دوره رشد زیاد نیست ولی به علت سیستم ریشه ای سطحی، برای تولید حداکثر محصول نیاز به وجود آب کافی در سطح رویی خاک می باشد. در شرایط کنترل شده، تنش خشکی در محیط استولون، تشکیل استولون و غده را تسریع می کند، اما اگر تنش قبل از تشکیل غده باشد تعداد غده ها به شدت تنزل می یابند (Haverkort et al., 1990). هم چنین مشخص شده است که قبل از مرحله تشکیل غده ها خشکی بر رشد رویشی اثر می نهد ولی پس از این مرحله بر عملکرد و کیفیت غده تأثیر خواهد داشت. آب کافی قبل از تشکیل غده تعداد غده ها را افزایش داده ولی بعد از تشکیل غده اندازه غده را افزایش خواهد داد (Gong &Wang, 1991). با این وجود مینهاس و بانسال (Minhas & Bansal, 1991) نتیجه گرفتند که مرحله تشکیل استولون حساسترین مرحله به تنش خشکی بوده و تأثیر آن بر تعداد غده بیشتر از اندازه غده است. هم چنین آن ها نشان دادند که کاهش تعداد غده در بوته در مرحله استولون زایی بیشتر می باشد. تنش شدید در زمان کاشت (اولین آبیاری در هنگام ظهور گیاهچه ها) تشکیل غده را به تأخیر انداخته ولی دوره تشکیل غده را کوتاهتر می نماید (Loon,1981). تحقیقات مینهاس و بانسال (Minhas & Bansal, 1991) نیز نشان داد که مرحله تشکیل استولون حساسترین مرحله به تنش در سه رقم مورد آزمایش می باشد. پیش از این دلیس و همکاران (۱۹٦٤) نیز نشان داده بودند که مرحله استولون زایی و شروع غده بندی حساس ترین مرحله رشدی گیاه در ارتباط با تنش خشکی می باشد. در این مرحله کمترین میزان RWC (٦۹ تا ۷٤ درصد) حاصل گردید (نقل از Minhas, & Bansal, 1991). موربی و همکاران (Moorby et al.,1975) دریافتند که تنش کوتاه مدت اثر مهمی بر تولید ماده خشک در مراحل اولیه رشد نداشته و سازگاری گیاه به تنش نیز نقش مهمی ایفا نخواهد کرد.

در یک بوته سیب زمینی تعداد زیادی غده بسیار کوچک به وجود می آید ولی فقط تعداد اندکی از این غده ها به اندازه مطلوب می رسند و بقیه کوچک باقی مانده و یا حتی ناپدید می شوند. دمای بالا، نیتروژن زیاد و افزایش رطوبت خاک پس از یک دوره کمبود، تشکیل مجدد غده را تسریع می کند که این تسریع منجر به اختلاف در درصد ماده خشک می شود. (Minhas, & Bansal 1991).

سیب زمینی یکی از محصولات مهم زراعی بوده (بیکما وواندرزیگ، ۱۳۷۵) و از نظر میزان پروتئین و اسیدهای امینه ضروری، ویتامین ها و مواد معدنی در تغذیه انسان اهمیت خاصی دارد. تغییر اقلیم در چند ساله گذشته در ایران منجر به تغییر پراکنش بارندگی، تغییر دبی رودخانه ها و آبدهی چاه ها شده است، لذا ضرورت دارد خصوصیات زراعی و نیاز آبی ارقام جدید شناسایی شده و از آب موجود برای بهبود هرچه بیشتر کیفی و کمی عملکرد سیب زمینی استفاده شود. وضعیت آب گیاه مهم ترین وسیله برای مشخص نمودن بازتاب های گیاه به تنش خشکی می باشد. با توجه به مطالب یاد شده پژوهشی در راستای ارزیابی ارقام مختلف سیب زمینی تحت تنش خشکی انجام گرفته و میزان تحمل این ارقام بررسی شد.

مواد و روش ها

سه رقم سیب زمینی زراعی مارفونا، آگریا و دراگا در محوطه مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی واقع در ۳۰ کیلومتری تبریز در قالب فاکتوریل ٤×۳×۳ با طرح پایه کاملاً تصادفی در پنج تکرار و در گلدان هایی به ظرفیت ۲۰ لیتر کاشته شدند. ۱۸۰ گلدان با خاک (رس ٤۹٪، لوم ۳۷٪ و شن ۱٤٪) با EC ۰/۵۲ دسی زیمنس بر سانتیمتر، FC ۳۰٪ و PWP ۱۸٪ پر شد و یک غده به وزن تقریبی ۷۰ گرم در آن ها کاشته شد. برای جلوگیری از بارش های احتمالی پوشش پلی اتیلن نصب و در اواسط تیر ماه برداشته شد. برای تعیین درصد رطوبت خاک، سوراخی به قطر دو سانتیمتر در ارتفاع

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

۲۰ سانتیمتری ایجاد و با چوب پنبه مسدود گردید. بر اساس روش بلینی کریدل (Doorenbos & Pruitt, 1975) میزان تبخیر و تعرق گیاه در روز محاسبه و به cc تبدیل گردید. با نمونه برداری روزانه و تعیین درصد رطوبت خاک، مقدار آب لازم برای رسیدن به شدت تنش مورد نیاز محاسبه و اعمال گردید. بر اساس آزمون خاک زمانی که ارتفاع بوته ها به ۲۰ سانتیمتر رسید، کود اوره به میزان دو گرم به هر گلدان اضافه شد. کودهای فسفر و پتاس به ترتیب از منابع فسفات آمونیوم و به تعداد ۱۰۰ کیلوگرم خالص و سولفات پتاسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم خالص محاسبه شد و با خاک مخلوط گردید. سطوح شدت تنش شامل کم (٪ ۱۰ + ۸۰) آب در دسترس خاک (SAW)، متوسط (٪۱۰ + ٦۰ SAW) و شدید (٪۱۰ + ٤۰ SAW) بود. زمان اعمال تیمار تنش نیز عبارت بودند از: از کاشت تا ظهور، از ظهور تا زمان ٪۵۰

بوته ها، از ظهور ۵۰٪ بوته ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته ها (تشکیل استولون) و از گلدهی ۵۰٪ بوته ها تا رسیدگی فیزیولوژیک. تیمار شاهد در تمامی مراحل دارای (٪۱۰ + ۱۰۰ SAW) بود. در آخرین روز تنش هر تیمار برای اندازه گیری RWC و پایداری غشاء سلولی چهارمین برگ انتهایی سه بوته بین ساعات ۱۱ تا ١٤ گردیده و بلافاصله سه دیسک برگی تهیه و پس از توزین در داخل آب مقطر قرار گرفته و به مدت ۲۰ ساعت در دمای پنج درجه سانتیگراد قرار داده شدند. سپس از داخل آب مقطر خارج و وزن اشباع دیسک اندازه گیری و نمونه ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شده و وزن خشک آن ها یادداشت برداری و با فرمول RWC =((وزن خشک– وزن اشباع)/ (وزن خشک – وزن تر))× ۱۰۰ محاسبه شدند (Kramer, 1983). پایداری غشاء سلولی یا نشت یونی نیز پس از خارج کردن نمونه های اشباع شده از درون آب مقطر به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه گیری و با هدایت الکتریکی آب مقطر مقایسه شده است.کارآیی مصرف آب (WUE) نیز از تقسیم عملکرد غده در هر گلدان بر میزان آب مصرفی به دست آمد. تعداد غده در بوته نیز از شمارش غده موجود در هر بوته در آخر فصل به دست آمد. درصد ماده خشک در آزمایشگاه با قرار دادن سه نمونه از غده های هر بوته در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد پس از ٤۸ ساعت به دست آمد و در نهایت عملکرد غده هر بوته در انتهای دوره رشد محاسبه و ثبت گردید.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می دهد که بین ارقام مورد مطالعه در تمام صفات اختلاف کاملاً معنی دار وجود داشت. به علاوه اثر اعمال تنش بر تمام صفات کاملاً معنی دار شد. اعمال تنش در مراحل مختلف رشد گیاه فقط در عملکرد و تعداد غده در بوته معنی دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها با LSD %5 (جدول های ۲و۳) نشان داد که به استثنای درصد ماده خشک، تعداد غده در بوته و عملکرد، در بقیه صفات، تیمارهای شاهد برتری معنی داری بر تیمارهای تنش داشتند. تیمارهای شاهد این برتری را در تمام فاکتورها نشان می دهند که می تواند ناشی از تأثیر یکنواخت مراحل و شدت های تنش بر صفات مورد مطالعه باشد.

۱- محتواي نسبي آب:

جدول ۱ مشخص می کند که بین ارقام، مراحل و شدت های مختلف تنش اختلاف کاملا معنی دار وجود داشت. جدول ۲ نشان می دهد که در تمامی ارقام، مرحله سوم تنش بیشترین کاهش معنی دار در RWC برگ را نشان داده است. جدول ۳ نشان دهنده این است که در تمامی ارقام با افزایش شدت تنش از میزان RWC کاسته شده است و در تمامی ارقام نیز اختلاف بین سطوح اول و دوم تنش معنی دار نیست. جدول ٤ نشان می دهد که در هر مرحله با افزایش شدت تنش میزان

جدول ۱– جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه تحت تنش خشکی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

Table 1. Anova table for under stress characters

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد ماده خشک DM%	تعداد غده در بوته TPP	کارآیی مصرف آب WUE	نشت از دیواره سلولی CMS^{-1}	محتوای آب نسبی RWC	عملکرد Yield
			MS میانگین مربعات					
Cultivar	رقم	2	92.07 **	20.168 **	78.80 **	0.22 **	17.04 **	4.205 **
Stage	مرحله	2	4.99 **	0.63 ns	54.50 **	0.70 **	84.90 **	0.027 ns
Cul×Sta	رقم × مرحله	4	0.16 ns	0.16 ns	1.00 ns	0.03 ns	0.29 ns	0.013 ns
Stress	شدت	3	17.98 **	51.85 **	479.5 **	2.45 **	940.1 **	7.414 **
Cul×Str	رقم × شدت	6	13.40 **	15.72 **	23.92 **	0.67 **	7.29 **	0.074 **
Sta×Str	مرحله × شدت	6	0.88 ns	0.67 ns	12.96 **	0.09 **	11.09 **	1.799 **
Cul×Sta×Str	رقم×مرحله شدت	12	0.82 ns	0.19 ns	2.02 ns	0.02 ns	0.37 ns	0.390 **
Error	اشتباه	144	0.85	0.79	1.59	0.02	2.18	0.018
C.V. %			3.39	6.98	14.74	3.32	1.69	7.90

ns,* and ** : Non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively. ns، * و** به ترتیب غیر معنی دار ومعنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × مرحله اعمال تنش با توجه به صفات مورد مطالعه

Table 2. Effect of cultivar× stress level under stress characters

مرحله تنش Stage	رقم Cultivarr	درصد ماده خشک DMP	تعداد غده در بوته TNPP	کارآیی مصرف آب WUE g/l	نشت یونی CMS^{-1} µmho/cm	محتوای آب نسبی RWC	عملکرد Yield kg/pot
1	مارفونا M	26.42	13.37	6.43	4.00	88.46	1.66
2	M	25.80	13.29	7.59	4.10	87.89	1.59
3	M	25.96	13.19	8.43	4.14	86.22	1.61
1	آگریا A	27.40	12.26	8.96	4.02	88.28	2.03
2	A	26.87	11.99	9.52	4.25	87.92	1.96
3	A	26.99	12.14	10.80	4.30	86.19	2.00
1	دراگا D	28.77	12.92	7.67	4.05	87.46	1.49
2	D	28.20	12.66	8.00	4.19	87.17	1.5
3	D	28.60	12.90	9.47	4.25	85.09	1.47
	LSD5%	0.577	0.556	0.787	0.086	0.923	0.084

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × شدت اعمال تنش با توجه به صفات مورد مطالعه

Table 3. Effect of cultivar ×stress level under stress characters

شدت تنش Stress	رقم Cultivar	درصد ماده خشک DMP	تعداد غده در بوته TNPP	کارآیی مصرف آب WUE g/l	نشت یونی CMS^{-1} µmho/cm	محتوای آب نسبی RWC	عملکرد Yield kg
شاهد Cont	مارفونا M	27.83	15.70	9.87	3.64	94.12	2.20
1	M	25.69	13.61	5.07	4.29	85.38	1.46
2	M	25.38	11.34	6.79	4.15	85.88	1.41
3	M	25.34	12.48	8.21	4.23	84.72	1.42
شاهد Cont	آگریا A	28.6	12.22	15.63	3.95	95.24	2.53
1	A	26.52	12.29	6.44	3.87	85.67	1.87
2	A	26.72	11.98	7.71	4.30	85.38	1.73
3	A	26.51	12.02	9.25	4.65	83.59	1.85
شاهد Cont	دراگا D	27.91	14.97	13.59	4.05	92.56	2.19
1	D	29.40	11.93	5.12	3.95	84.55	1.23
2	D	27.91	12.39	6.13	4.30	85.37	1.25
3	D	28.87	12.02	8.67	4.36	83.80	1.28
	LSD5%	0.667	0.642	0.9087	0.0995	1.066	0.097

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل مرحله × شدت اعمال تنش با توجه به صفات مورد مطالعه

Table 4. Effect of stage×stress under stress characters

شدت تنش Stress	مرحله Stage	درصد ماده خشک DMP	تعداد غده در بوته TNPP	کارآیی مصرف آب WUE g/l	نشت یونی CMS^{-1} µmho/cm	محتوای آب نسبی درصد RWC	عملکرد Yield kg/pot
شاهدCont	اول1	28.11	14.30	13.03	3.882	93.97	2.31
1	1	27.67	12.55	3.68	3.857	86.60	1.28
2	1	27.18	12.28	5.80	4.123	87.02	1.91
3	1	27.16	12.28	8.22	4.232	84.67	1.4
شاهدCont	دوم2	28.11	14.30	13.03	3.882	93.97	2.31
1	2	26.90	12.53	5.02	4.117	85.69	1.87
2	2	16.10	11.83	7.05	4.255	86.09	1.29
3	2	26.71	11.94	8.39	4.461	84.88	1.26
شاهدCont	سوم3	28.11	14.30	13.03	4.054	93.97	2.31
1	3	27.04	12.75	7.93	4.136	83.30	1.41
2	3	26.72	11.60	7.78	4.362	83.51	1.18
3	3	26.85	12.31	9.52	4.456	82.54	1.89
	LSD5%	0.667	0.642	0.9087	0.0995	1.066	0.097

RWC کاهش معنی دار یافته است. در حالی که اختلاف بین شاهد و سطوح تنش معنی دار شده است ولی در مراحل اول و دوم اختلاف بین شدت های تنش اول و دوم معنی دار نیست. رقم دراگا و مرحله سوم و شدت تنش سوم دارای حداقل RWC و رقم مارفونا و مراحل اول و دوم و شدت شاهد حداکثر RWC را نشان دادند. ویلکاکس و اشلی (Wilcox & Ashley, 1982) اظهار داشتند که فقط در دو رقم از ارقام مورد آزمایش، RWC بر اثر تنش با شاهد معنی دار بوده و روند پاسخ برای همه واریته ها یکسان بود. اما وین (Veen, 1983) نشان داد که رقم بنج (Bintje) مقاوم به خشکی، میزان تعرق پائین و ریشه های عمیق تر در طی دوره رشد دارد ولی رقم ساتورنای حساس، میزان تعرق بالا و ریشه های سطحی دارد. بنا بر این سیستم ریشه آن اجازه جذب سریع آب را می دهد اما امکان جذب آب از اعماق پائین تر را ندارد. هم چنین کلارک و اسمیت (Clark & Townky- Smith, 1984) اعلام کردند که تفاوت میان ارقام از نظر RWC ناشی از مکانیسم های مورفولوژیک و فیزیولوژیک متفاوت نظیر تغییر اندازه برگ، زاویه برگ ،وجود یا عدم وجود موم و بازتاب برگ و روزنه ها بوده که در بین ارقام متحمل و حساس وجود دارد. کلارک و تانکی اسمیت (Clark, & Townky Smith, 1984) و بانسال و ناگاراجانز (Bansal,& Nagarajans, 1983) نشان دادند که ارقام مقاوم به تنش RWC بالاتری دارند که با نتایج این تحقیق یکسان است. هم چنین ایکانایاکی و دی جونگ (Ekanayake & De Jong, 1992) نشان دادند که ژنوتیپ های زراعی در مقاومت برگ متفاوت هستند.

۲- نشت از دیواره سلولي یا پایداري غشاء سیتوپلاسمي:

جدول ۱ نشان می دهد که بین ارقام، مراحل و شدت های مختلف اختلاف کاملا معنی دار وجود دارد. جدول ۲ نشان دهنده این است که در تمامی ارقام اختلاف مرحله اول با سایر مراحل کاملا معنی دار است. ولی اختلاف مرحله دوم و سوم معنی دار نیست. جدول ۳ نشانگرآن است که در تمامی ارقام با افزایش شدت تنش از پایداری غشاءسلولی کاسته شده است. در رقم مارفونا و دراگا اختلاف بین تنش های دوم و سوم معنی دار نبود، هم چنین در رقم آگریا اختلاف بین شاهد و تنش اول معنی دار نمی باشد. در هر مرحله با افزایش شدت تنش از میزان پایداری غشاءسلولی کاسته شده است (جدول ٤). فقط در مرحله اول است که اختلاف بین شاهد و شدت اول معنی دار نیست. تیمار شاهد حداقل نشت و شدت سوم حداکثر نشت را داراست که بیانگر اثرات نامطلوب تنش روی انسجام

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

غـــــــ

مراحل مختلف اختلاف معنی دار وجود ندارد. ولی رقم مارفونا بیشترین تعداد و رقم اگریا کمترین تعداد غده را تولید کرده بود. اختلاف بین مراحل نیز معنی دار نبود. جدول ۳ مشخص می دارد که بین شدت های تنش در رقم آگریا اختلاف معنی دار وجود ندارد. ولی در دراگا بین شاهد و سطوح تنش اختلاف معنی دار وجود دارد. بین سطوح تنش مختلف در مارفونا اختلاف کاملا معنی دار مشاهده می شود که حاکی از حساسیت بیشتر این رقم به تنش است. افزایش شدت تنش از تعداد غده در بوته آن می کاهد. هم چنین تنش متوسط و شدید بیشترین کاهش معنی دار در تعداد غده را نشان دادند. جدول ٤ نشان می دهد که تنش در تمام مراحل باعث کاهش معنی دار تعداد غده در گیاه شده است ولی در مرحله اول اختلاف بین سطوح معنی دار نیست. در مرحله دوم اختلاف بین سطوح دوم و سوم معنی دار نیست ولی در مرحله سوم یک بهبودی در تعداد غده ها دیده می شود. که بیشتر به رقم مارفونا مربوط می شود. تیمه گودا و دیوا کومار (Thimmegowda & Devakumar, 1993) نشان دادند که در اثر تنش از تعداد غده در گیاه کاسته می شود. بر اساس آزمایش فیندیس (Findeis, 1980) که نشان داد بارندگی شدید بعد از یک دوره خشکی باعث تولید غده های ثانویه می شود به نظر می رسد که در مرحله سوم و در مارفونا تنش منجر به تولید غده های ثانویه شده است. هم چنین کارافیلیدیس و همکاران (Karafyllidis et al, 1996) نشان دادند که تنش منجر به کاهش تعداد غده در ارقام دزیره و آلفا شد، اما بر رقم اسپونتا اثری نداشت که با نتایج این پژوهش همسان می باشد. بنابر این بالا بودن میانگین وزن غده های آگریا نشان می دهد که نیروی جذب مواد تک غده ها توسط تنش محدود نمی گردد.

۵- درصد ماده خشک:

نتایج جدول ۱ نشان می دهد بین ارقام، مراحل و شدت های تنش اختلاف بسیار معنی دار وجود دارد. جدول ۲ نیز نشان دهنده این است که رقم دراگا بیشترین درصد ماده خشک و مارفونا کمترین را تولید کرده بود. اختلاف بین مراحل در آگریا و دراگا معنی دار نیست ولی در مارفونا معنی دار است. در تمامی ارقام با افزایش شدت تنش اختلاف بین شاهد و سطوح تنش معنی دار گردید جدول ۳. اختلاف بین سطوح تنش در مارفونا و آگریا معنی دار نبود ولی در رقم دراگا بعد از کاهش شدید یک بهبودی معنی دار دیده شد. جدول ٤ نشان می دهد که در تمام مراحل، اعمال تنش باعث کاهش معنی دار درصد ماده خشک می شود و اختلاف بین سطوح تنش در هیچ مرحله ای معنی دار نیست، ولی تنش در مرحله اول بیشترین درصد ماده خشک را نشان داد. هرس و کالپال (Herse & Kolpal, 1976) نشان دادند که تنش باعث کاهش درصد نشاسته شد در حالی که جفریز و مک کرون (Jefferies & MacKerron, 1987) نشان دادند تنش، کل ماده خشک و عملکرد را کاهش داده ولی درصد ماده خشک (نسبت ماده خشک به آب موجود) را افزایش می دهد.

٦-عملکرد:

نتایج جدول ۱ نشان داد که بین ارقام و شدت تنش اختلاف کاملاً معنی دار وجود دارد. هم چنین کلیه اثرات متقابل در این صفت معنی دار است. جدول ۲ دهنده این است که اختلاف بین مراحل تنش در همه ارقام معنی دار نیست ولی آگریا بیشترین عملکرد و دراگا کمترین عملکرد را نشان داد. جدول ۳ نشان می دهد که در تمامی ارقام شدت تنش باعث کاهش عملکرد نسبت به شاهد شده است ولی اختلاف بین سطوح تنش در مارفونا و دراگا معنی دار نیست و در آگریا یک افزایش معنی دار در آخرین سطح تنش نسبت به دیگر تیمارهای تنش دیده می شود. در رقم مارفونا یک افزایش معنی دار و سپس یک کاهش معنی دار در دومین سطح تنش دیده می شود (جدول ٤). در حالی که در رقم آگریا این کاهش بین سطوح دوم و سوم تنش معنی دار نبود. در دراگا نیز یک افزایش معنی دار بعد از تنش دوم دیده شد که حاکی از بهبود عملکرد آن در اثر تنش شدید است. تنش دوم حداقل

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

عملکـرد ولـی تـنش اول بیـشترین عملکـرد را در بـین تیمارهای تنش نشان داد ولی در مقایـسه بـا تیمـار شـاهد این تغییـرات معنـی دار نبـود. تیمـه گـودا و دیـوا کومـار (Thimmegowda & Devakumar, 1993) نشان دادند کـه تنش خشکی عملکرد را در مرحله طویل شـدن اسـتولون ۱۳ درصـد ، تـشکیل غـده ٤١ درصـد و رشـد غـده ٤٧ درصد کاهش می دهد. لوی (Levy, 1983) نشان داد که تـنش خـشکی ۲۰ روز بعـد از ظهـور و تـشکیل غـده تأثیر کاهشی زیادی بر عملکرد سیب زمینی مـی گـذارد. امّا لون (Loon, 1981) نشان داد که تأثیر کاهشی تنش در زمان پر شدن غده هـا بیـشتر از سـایر مراحـل مـی باشـد. جفریـز (Jefferies, 1993) نیـز نـشان داد کـه خـشکی بـا کاهش تجمع ماده خشک و RWC غده، عملکرد کـل را کاهش داد. این نتایج با نتایج این آزمایش همسان است.

نتیجه گیري نهايي:

بـه نظـر مـی رسـد کـه عملکـرد بـالای آگریـا به خاطر RWC بیشتر آن باشد که این امر منجر بـه تـداوم بیـشتر بـاز بـودن روزنـه (Kramer, 1983) و تثبیـت CO_2 گردیده و در نهایت موجب افزایش میـزان مـاده خـشک شده است. در این رقم کارایی مصرف آب نیـز بـالاترین میزان را نشان داد، هر چنـد کـه اسـتوانوویچ و همکـاران (Stevanovic et al., 1998) نشان دادند که بین تحمـل بـه تنش خشکی و پایداری غـشاء سـلولی همبـستگی مثبـت وجود دارد، در این تحقیـق در مـورد رقـم آگریـا چنـین ارتباطی مشاهده نشد. در مقابل، رقم مارفونـا بـا عملکـرد متوسط دارای بالاترین پایداری غـشاء و بیـشترین RWC می باشد بنابر این می توان از این صـفت در برنامـه هـای اصلاحی جهت بهبود کارایی عملکرد و افـزایش تحمـل به تنش خـشکی در رقـم آگریـا اسـتفاده نمـود. در رقـم دراگا نیز کمتـرین تعـداد غـده بـا بیـشترین درصـد مـاده خشک مشاهده شد که به نظر می رسد کـاهش عملکـرد این رقم بیشتر به خاطر تعداد کمتر غده تولیدی اسـت تـا عـدم تـداوم تولیـد غـده. افـزایش معنـی دار درصـد ماده خشک در مرحله کاشت تا ظهور شاید به دلیل تأثیر آن بر سطح سبز برگـی گیـاه بـوده باشـد کـه در مراحـل بعدی با عمل کربن گیری بهتر منجر بـه افـزایش درصـد ماده خشک غده گردیده اسـت. نتـایج نـشان داد کـه در ارقامی که RWC بالاتر و نیز تعداد غـده متوسـط دارنـد، تقسیم اسیمیلات ها در غده ها متـوازن تـر شـده و منجـر به افزایش عملکرد در آن ها مـی شـود. داده هـای RWC و CMS نشان می دهند که در مرحله تشکیل غـده هـر دو صفت بیشترین حساسیت را نشان می دهند. این امر بیانگر حساسیت گیاه سیب زمینی در این مرحله از رشـد نـسبت به وقوع تنش خـشکی اسـت. بنـابراین توصـیه مـی شـود جهـت بهبـود عملکـرد، مـدیریت هـای زراعـی دقیـق تـری نـسبت بـه تـأمین آب در مرحلـه تـشکیل غـده بیـشتر گـردد. هـم چنـین نتـایج نـشان دادنـد کـه اعمـال هـر گونـه تـنش خـشکی باعـث تغییرات شـدید فیزیولـوژیکی در ایـن سـه رقـم گردیـد. لـذا پیـشنهاد مـی گـردد بـرای درک صـحیح روابـط فیزیولـوژیکی، تحقیقـاتی بـا اسـتفاده از ارقـام متنوع تر انجام گیرد.

منابع مورد استفاده References

اکبری ،م.و ا. مرتضوی.۱۳۷۷. تاثیر تنش های رطوبتی بر عملکرد سیب زمینی بـه روش آبیـاری بـارانی. گـزارش سـالیانه مرکز تحقیقات کشاورزی همدان.

اهدایی ، ب.۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در ارقام گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. انتشارات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

بوکما، اچ. پی، ب. ای. واند رزاک.۱۳۷۵. زراعت سیب زمینی. ترجمه ع. رضایی و ا. سلطانی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

تیر. آی. دی و ام. ام. پیت ۱۳۷۲، رابطـه آب و خـاک در گیاهـان زراعـی ترجمـه: م. ح. حـسینی و م. نـصیری محلاتـی.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

حسن پناه، د.، ۱۳۷۵. ارزیابی منابع مقاومت به خشکی در ارقام گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل.

حق پرست، ر.، ۱۳۷٦. انتخاب برای تحمل به خشکی در ارقام گندم نان. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

سرمد نیا،غ.۱۳۷۲. اهمیت تنش های محیطی در زراعت. اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. انتشارات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

فاجریا، ان. ک. ۱۳۷۱. عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه: هاشمی دزفولی، ا. و ع. کوچکی و م. بنایان اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

گاردنر اف. پی، آر. بی پی. رس و آر. ال. میشل. ۱۳٦۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی ترجمه:غ. سرمدنیا و ع. کوچکی. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

مجیدی هروان ،ا.،۱۳۷۳. مکانیسم فیزیولوژیکی مقاومت به تنگناهای محیطی. چکیده مقالات سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه تبریز.

Bansal , K. C. and S. Nagarajans. 1983. Measurment of desiccation tolerance in potato leaves. Indian J. Plant Physol. **264:**418-420.

Bodlaender K. B. A. 1986. Effects of drought on water use, photosynthesis and transpiration of potatoes .1. Drought resistance and water use. Potato Res. Tomorrow. **36:**43.

Bremner, P. M. and M. A. Taha. 1996. Studies in potato agronomy.1.The effect of variety, seed size, and spacing on growth, development and yield.J.Agric.Sci.Camb.**66:**241-252.

Clark, J. M. and T. F. Townkey-Smith. 1984. Screening and selection techniques for improving drought resistance. In.Vose/P.B.x And S.g..Blixt(eds). Crop breeding, a contemporary basis. Pergammon Press.U.K. pp. 37-162.

Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1975. Crop water requirements. Irrigation and drainage paper. No 24. F.A.O. Rome. Italy. 172p.

Ekanayake, I. J., J. P. De Jong .1992. Stomatal response of some cultivated and wild tuber-bearing potatoes in warm tropics as influenced by water deficits. Ann. Bot. **70:**1,53-60.

Findeis, R. 1980. Some properties of primary and secondary tubers of rejuvenated potatoes. Rostlinna -Vyroba. **26:**4,345-352.

Gong, Y. S. and G. W. Wang .1991. An investigation on the effect of drought stress on growth of sweet potato and measures to improve drought resistance and stabilize yields. Zhejiang Agric. Sci. **1:**25-29.

Harris, P. M. 1992.The potato crop. Chapman and Hall Ltd.910 pp.

Haverkort, A. J., M. van D. Waart, and K. R. A. Bodlaender. 1990.The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. Potato Researh.**33:**1,89-96.

Haverkort, A. J., T. Fasan, and M. van D. Waart. 1991.The influence of cyst nematodes and drought on potato growth. 2. Effects on plant water relations under semi controlled conditions. Netherlands J. Plant Pathol. **97:**3,162-170.

Herse , J. and R. Kolpal. 1976. Effect of irrigation and high rates of mineral fertilizers on yield and nutritive

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

value of potatoes. Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych **181,** 255- 267.

Jefferies, R. A. 1993.Use of a simulation model to assess possible strategies of drought tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.). Agricul. Systems. **41:**93-104.

Jefferies, R. A. and D. K. L. MacKerron, .1987.Aspects of the physiological basis of cultivars difference in yield of potato under droughted and irrigated conditions. Potato Res. **30:**2, 201-217.

Karafyllidis, D. I,, N. Stavropoulos and D. Georgakis.1996.The effect of water stress on the yielding capacity of potato crops and subsequent performance of seed tubers. Potato Res. **39:**153-163.

Kramer, P.J.1983. Water relations in plants. Academic Press. pp.34.41.

Levy, D. 1983. Water deficit enhancement of Proline and alpha amino nitrogen accumulation in potato plants and its association with susceptibility to drought. Physiologia Plantarum . **57:**1,169-173.

Loon,C. D. van. .1981.The effect of water stress on potato growth, development, and yield. Amer. Potato. J. .**58:**51-69.

Minhas, J. S. and K. C. Bansal . 1991.Tuber yield in relation to water stress at different stages of growth in potato (*Solanum tuberosum* L.).J. Indian Potato Assoc.**18 (1-2):**1-8.

Moorby. J. , R. Munns, and P. Walcott.1975. Effect of deficit on photosynthesis and tuber-metabolism in potatoes. Aust. J. of Plant physiol.**2:**323-333.

O'Keefe, R. B. and A. Elfigih. 1983. Measurement and response of potato cultivars and species to heat and drought stress. Abs. of papers presented at the congress "research for the potato in the year 2000". undated, 17.

Shibairo ,S. I., M. K. Opadhyaya , and P. M. A. Toivonen .1998 . Influence of pre harvest water stress on post harvest moisture loss of carrots (*Daucus carota* L.). J. Hort. Sci. and Biotech. **73:**3,347-352.

Spitters, C. J. T. and A. H. C. M. Schapendenk. 1990. Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato by means of crop growth simulation. Plant and Soil. **123:**2, 193-203.

Stevanovic, B., J. Sinzar and O. Glisic . 1998 . Electrolyte leakage differences between poikilohydrous and nomoihydrous species of Gesneriaceae. Biologia Plantarum.**40:**2,299-303.

Thimmegowda, S., N. Devakumar. 1993. Analysis of moisture stress on growth and tuber yield of potato (Solanum tuberosum L.). Indi. Agriculturist . **37:**3,145-150.

Veen , B. W. 1983. Varietal differences in root development of potatoes in relation to drought resistance. Potato Res. **26:**1,84-85.

Wilcox, D. A., R. A. Ashley. 1982.The potential use of plant physiological responses to water stress as an indication of varietal sensitivity to drought in four potato (*Solanum tuberosum* L.). Amer. Potato J. **59:**534-54.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars*

M. B. Khorshidi Benam[1], F. Rahimzadeh Khoii[2], M.J. Mirhadi[3] and G. Nour-Mohamadi[4]

ABSTRACT

In order to study effects of drought stress at different growth stages in potato, three cultivars: Marfona, Agria and Draga were planted in 20 lit. pots-using a completely randomized design (CRD) with five replications. Three levels of drought stress (40%, 60%, 80% of soil available water=SAW) and a control (100% SAW) were applied in three growth stages (Planting to emergence, emergence to stolon initiation and stolon initiation to tuber initiation) and were arranged in factorial combination together with potato cultivars. Results showed that drought stress decreased relative water content (RWC), water use efficiency (WUE), Tuber no./plant, dry matter percent (DM%) and tuber yield, but increased leakage from cell wall. Agria demonstrated the highest tuber yield and WUE but the lowest leakage from cell wall. However, Draga had the lowest tuber yield, RWC and Tuber no./plant, but the highest DM%. Drought stress at stolon initiation stage decreased tuber yield. Drought stress levels of 60% SAW severely affected the tuber yield, however the difference between 40% and 80% SAW was not significant. Differences of drought stress levels were significant only for Agria. The result indicated that high RWC together with medium Tuber no./plant led to optimum assimilate partitioning among tubers, hence higher tuber yield.

Key words: Potato, Drought stress, Tuber yield, RWC, WUE.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.5.6]

1- Scientific member, Agric. Research Center, Azarbayjan, Tabriz, Iran.

2, 3 and 4, Profs, Tabrize Univ. Agric. Research and Education Org., and Sci. and Research Unit, I. A. Univ. Tehran, Iran respecivel