

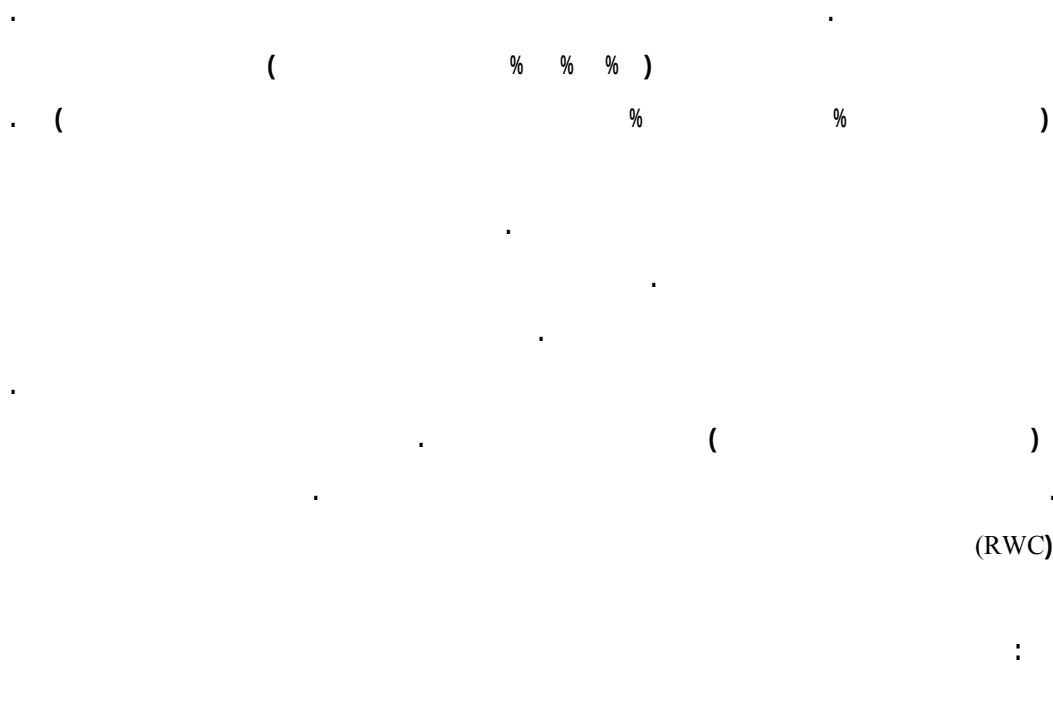
" "

\*

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

محمد باقر خورشیدی بنام<sup>۱</sup>، فرخ رحیمزاده خویی<sup>۲</sup>، محمد جواد میرهادی<sup>۳</sup>، قربان نورمحمدی<sup>۴</sup>

(*Solanum tuberosum* L.)



و یا حتی باعث توقف آن شود (Loon, 1981). خسارت ناشی از کمبود آب موجب کاهش تولید در اثر تاخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف و یا از میان رفتن گیاهان مستقر شده، مستعد شدن گیاه به حمله آفات و بیماری ها، تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در سوخت و ساز گیاهان و کاهش کیفیت محصول

بخش وسیعی از سرزمین های جهان در مناطق خشک و نیمه خشک، با محدودیت آب مواجه می باشند. تنش خشکی می تواند از یک یا چند فعالیت فیزیولوژیکی مانند تعرق، فتوسنتز، طویل شدن بافت و اندام و یا فعالیت های آنزیمی سلول ممانعت نموده

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۷/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۵/۱۸

\* بخشی از رساله دکتری نگارنده اول در واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی - تهران

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی، ۲- استاد دانشگاه تبریز، ۳- استاد پژوهش سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و ۴- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

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 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 کمیّت و کیفیت اسیدهای چرب و پروتئین ها می تواند رشد گیاه را تحت تأثیر 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). در اثر 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

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 فیزیکی 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 و در نتیجه بهبود یابد (سرمدا 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 و واندرازاگ، ۱۳۷۵). گزارش شده است که وقتی محتوای آب نسبی برگ سیب زمینی به ۸۵ درصد برسد روزنه ها بسته می شوند (تیر و پیت، ۱۳۷۲). در حالی که وینکلر به نقل از (بوکما و واندرازاگ، 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 در RWC ۷۶ تا ۸۰ درصد کامل می شود. مقادیر RWC برای گیاهان آبیاری شده بین ۸۰ و ۱۰۰

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 و واندرزیک، ۱۳۷۵) و از نظر میزان پروتئین و اسیدهای آمینه 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.

سه رقم سیب زمینی زراعی مارفونا، آگریا و دراگا در محوطه مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی واقع در ۳۰ کیلومتری تبریز در قالب فاکتوریل  $3 \times 3 \times 4$  با طرح پایه کاملاً تصادفی در پنج تکرار و در گلدان هایی به ظرفیت ۲۰ لیتر کاشته شدند. ۱۸۰ گلدان با خاک (رس ۴۹٪، لوم ۳۷٪ و شن ۱۴٪) با  $EC \ 0.52$  دسی زیمنس بر سانتیمتر،  $FC \ 30\%$  و  $PWP \ 18\%$  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

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 دلپس و همکاران (۱۹۶۴) 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  $RWC \ 69$  تا  $74$  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.

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 ۴۸ ساعت به دست آمد و در نهایت عملکرد غده هر بوته در انتهای دوره رشد محاسبه و ثبت گردید.

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 ۵٪ LSD (جدول های ۳ و ۲) 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.

- :

جدول ۱ مشخص می کند که بین ارقام، مراحل و شدت های مختلف تنش اختلاف کاملاً 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 ۴ نشان می دهد که در هر مرحله با افزایش شدت تنش میزان

۲۰ سانتیمتری ایجاد و با چوب پنبه مسدود گردید. بر اساس روش بلینی کريدل (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٪ + ۶۰٪ SAW) و شدید (۱۰٪ + ۴۰٪ 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 ۱۴ گردیده و بلافاصله سه دیسک برگ 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 ۲۴ ساعت قرار داده شده و وزن خشک آن ها یادداشت برداری و با فرمول  $100 \times ((\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})) = \text{RWC}$  محاسبه شدند (Kramer, 1983). پایداری غشاء سلولی یا نشی 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

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

Table 1. Anova table for under stress characters

|             |                   | MS میانگین مربعات |                   |                       |                    |                                       |                    |              |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------|
| S.O.V.      | منابع تغییرات     | درجه آزادی df     | درصد ماده خشک DM% | تعداد غده در بوته TPP | کارایی مصرف آب WUE | نشت از دیواره سلولی CMS <sup>-1</sup> | محتوای آب نسبی RWC | عملکرد Yield |
| 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, \*, \*\* : Non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively. ۵٪ و ۱٪.

## جدول ۲- 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 Cultivar | درصد ماده خشک DMP | تعداد غده در بوته TNPP | کارایی مصرف آب WUE g/l | نشت یونی CMS <sup>-1</sup> 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 | کارایی مصرف آب WUE g/l | نشت یونی CMS <sup>-1</sup> 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           |

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

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

(Clark, & Townky Smith, 1984) و بانسال و ناگراجانز (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.

جدول ۱ نشان می دهد که بین ارقام، مراحل و شدت های مختلف اختلاف کاملاً معنی دار وجود دارد. جدول ۲ نشان دهنده این است که در تمامی ارقام اختلاف مرحله اول با سایر مراحل کاملاً معنی دار است. ولی اختلاف مرحله دوم و سوم معنی دار نیست. جدول ۳ نشانگر آن است که در تمامی ارقام با افزایش شدت تنش از پایداری غشاء سلولی کاسته شده است. در رقم مارفونا و دراگا اختلاف بین تنش های دوم و سوم معنی دار نبود، هم چنین در رقم آگرا اختلاف بین شاهد و تنش اول معنی دار نمی باشد. در هر مرحله با افزایش شدت تنش از میزان پایداری غشاء سلولی کاسته شده است (جدول ۴). 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

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 روزه ها بوده که در بین ارقام متحمل و حساس وجود دارد. کلارک و تانکی اسمیت

غسلول هاست. هم چنین رقم مارفونا و مرحله اول کمترین نشت را دارا بودند. این موضوع نشان می دهد که هر چه وقوع تنش در مراحل انتهایی تر رشد رخ دهد، نشت از دیواره بیشتر می شود که با نتایج شیبایرو و همکاران (Shibairo et al., 1998) که نشان دادند تنش خشکی از تکامل دیواره ممانعت نموده و باعث نشت از دیواره سلولی و کاهش رطوبت غده می شود، مطابقت دارد ولی با نتایج حسن پناه (۱۳۷۵) و استوانوویچ و همکاران (Stevanovic et al., 1998) مطابقت ندارد. چه آن ها نشان دادند که ارقام مقاوم کمترین نشت از دیواره سلولی را دارا هستند. افزون بر این، حق پرست (۱۳۷۶) نشان داد که در گندم در اثر تنش خشکی دیواره سلولی تخریب شده و مایع سلولی و واکوئلی به داخل محیط تراوش نموده و باعث غلیظ شدن و بالا رفتن هدایت الکتریکی (EC) محلول می شوند. بدین ترتیب، هر چه مایع غلیظ تر باشد نشانه آن است که سلول های بیشتری تخریب شده و آن رقم مقاومت کمتری به خشکی را دارا می باشد.

(WUE)

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می دهد که بین ارقام، مراحل رشد، شدت ها و مرحله رشد  $\times$  شدت اختلاف معنی دار وجود دارد. جدول ۲ نشان دهنده کارایی مصرف آب در تمامی ارقام در مرحله سوم افزایش معنی دار است. رقم آگریا بیشترین کارایی و رقم مارفونا کمترین کارایی مصرف را نشان داد. هم چنین مرحله سوم تنش و شاهد بیشترین کارایی و مرحله اول و شدت تنش اول کمترین کارایی را نشان دادند. جدول ۳ مشخص می کند که در ارقام با افزایش شدت تنش از کارایی مصرف آب کاسته می شود، هر چند افزایش شدت تنش از دوم به سوم باعث افزایش معنی دار کارایی مصرف آب شده است. جدول ۴ نیز نشان می دهد که در تمامی مراحل با افزایش شدت تنش تا شدت دوم از کارایی کاسته شده ولی با رسیدن به تنش سوم کارایی آن افزوده شده است. به نظر می رسد

که رقم آگریا با ریشه قوی خود قادر است آب مورد نیاز را برای حفظ RWC جذب نموده و حتی با پایداری کم غشاء خود به علت عدم توقف فتوسنتز، حداکثر عملکرد را تولید نموده است. در همان حال رقم دراگا نتوانسته است RWC برگ را جبران و با بسته شدن روزنه ها از میزان اسیمیلای تولیدی کاسته شده و در نتیجه عملکرد کاهش یافته است. بادلندر (Bodlaender, 1986) نشان داد که در دوره تنش ارقام ساتورنا و آلفا به خاطر مصرف بالای آب سریع تر پژمرده شدند. با افزایش مصرف آب میزان ماده خشک تجمعی بیشتر شد. اگر چه مصرف آب و تولید ماده خشک رابطه آشکاری با مقاومت به خشکی نشان ندادند ولی WUE با مقاومت به خشکی رابطه معکوس نشان داد ( $r=-0.92$ ) هر چند هاورکورت (Haverkort et al., 1991) و مجیدی (۱۳۷۳) و اکبری و مرتضوی (۱۳۷۷) نشان دادند که خشکی باعث افزایش کارایی مصرف آب می شود ولی این افزایش موجب بهبودی کارایی مصرف آب شده است ولی نتوانسته است با شاهد برابری کند و این بحث با نتایج این آزمایش همسان است. RWC بالا به همراه پایدارترین غشاء و تعداد غده بیشتر در گیاه به همراه درص

ماده خشک حداقل، عملکرد مارفونا را در درجه دوم قرار داده است و به خاطر آب بیشتر بافت های آن، کارایی مصرف آب آن نیز کمترین شده است. اسپیترز و شاپندنک (Spitters & Schapendek, 1990) نشان دادند که مصرف کمتر آب توسط گیاه، مصرف آب خاک را کمتر نموده ولی رشد را نیز کاهش می دهد. اُکیفی و الفیگی (O'Keefe & Elfigih, 1983) نشان دادند که WUE در بین ارقام سیب زمینی مورد آزمایش اختلاف کمتری نشان می دهد و تولید با میزان حساسیت ارقام به خشکی و گرما نسبت معکوس داشت.

- :

جدول ۱ نشان می دهد که بین ارقام و شدت ها و نیز اثر متقابل آن ها اختلاف معنی دار وجود داشت. جدول ۲ نشان دهنده این است که در همه ارقام بین

مراحل مختلف اختلاف معنی دار وجود ندارد. ولی رقم مارفونا بیشترین تعداد و رقم آگریا 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 کاملاً 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 ۴ 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.

- :

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 ۴ 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.

- :

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 ۴). 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

می باشد بنابر این می توان از این صفت در برنامه های اصلاحی جهت بهبود کارایی عملکرد و افزایش تحمل به تنش خشکی در رقم آگریا استفاده نمود. در رقم دراگا نیز کمترین تعداد غده با بیشترین درصد ماده خشک مشاهده شد که به نظر می رسد کاهش عملکرد این رقم بیشتر به خاطر تعداد کمتر غده تولیدی است تا عدم تداوم تولید غده. افزایش معنی دار درصد ماده خشک در مرحله کاشت تا ظهور شاید به دلیل تأثیر آن بر سطح سبز برگ گیاه بوده باشد که در مراحل بعدی با عمل کربن گیری بهتر منجر به افزایش درصد ماده خشک غده گردیده است. نتایج نشان داد که در ارقامی که RWC بالاتر و نیز تعداد غده متوسط دارند، تقسیم اسیميلات ها در غده ها متوازن تر شده و منجر به افزایش عملکرد در آن ها می شود. داده های RWC و CMS نشان می دهند که در مرحله تشکیل غده هر دو صفت بیشترین حساسیت را نشان می دهند. این امر بیانگر حساسیت گیاه سبب زمینی در این مرحله از رشد نسبت به وقوع تنش خشکی است. بنابراین توصیه می شود جهت بهبود عملکرد، مدیریت های زراعی دقیق تری نسبت به تأمین آب در مرحله تشکیل غده بیشتر گردد. هم چنین نتایج نشان دادند که اعمال هر گونه تنش خشکی باعث تغییرات شدید فیزیولوژیکی در این سه رقم گردید. لذا پیشنهاد می گردد برای درک صحیح روابط فیزیولوژیکی، تحقیقاتی با استفاده از ارقام متنوع تر انجام گیرد.

## References

- اکبری، م. و ا. مرتضوی. ۱۳۷۷. تاثیر تنش های رطوبتی بر عملکرد سبب زمینی به روش آبیاری بارانی. گزارش سالیانه 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، ا. ج. پی، ب. ای. واند رزاک. ۱۳۷۵. زراعت سبب زمینی. ترجمه ع. رضایی و ا. سلطانی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- تیر. آی. دی و ام. ام. پیت ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی ترجمه: م. ح. حسینی و م. نصیری محلاتی.

عملکرد ولی تنش اول بیشترین عملکرد را در بین تیمارهای تنش نشان داد ولی در مقایسه با تیمار شاهد این تغییرات معنی دار نبود. تیمه گودا و دیوا کومار (Thimmegowda & Devakumar, 1993) نشان دادند که تنش خشکی عملکرد را در مرحله طویل شدن استولون ۱۳ درصد، تشکیل غده ۴۱ درصد و رشد غده ۴۷ درصد کاهش می دهد. لوی (Levy, 1983) نشان داد که تنش خشکی ۲۰ روز بعد از ظهور و تشکیل غده تأثیر کاهشی زیادی بر عملکرد سبب زمینی می گذارد. اما لون (Loon, 1981) نشان داد که تأثیر کاهشی تنش در زمان پر شدن غده ها بیشتر از سایر مراحل می باشد. جفریز (Jefferies, 1993) نیز نشان داد که خشکی با کاهش تجمع ماده خشک و RWC غده، عملکرد کل را کاهش داد. این نتایج با نتایج این آزمایش همسان است.

به نظر می رسد که عملکرد بالای آگریا به خاطر RWC بیشتر آن باشد که این امر منجر به تداوم بیشتر باز بودن روزنه (Kramer, 1983) و تثبیت CO<sub>2</sub> گردیده و در نهایت موجب افزایش میزان ماده خشک شده است. در این رقم کارایی مصرف آب نیز بالاترین میزان را نشان داد، هر چند که استوانوویچ و همکاران (Stevanovic et al., 1998) نشان دادند که بین تحمل به تنش خشکی و پایداری غشاء سلولی همبستگی مثبت وجود دارد، در این تحقیق در مورد رقم آگریا چنین ارتباطی مشاهده نشد. در مقابل، رقم مارفونا با عملکرد متوسط دارای بالاترین پایداری غشاء و بیشترین RWC

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.، ۱۳۷۶. 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. بنیان اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

گاردنراف، پی، آر. بی. پی. رس و آر. ال. میشل. ۱۳۶۸. 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 Physiol. **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

- 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. Schapendek. 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.

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

M. B. Khorshidi Benam<sup>1</sup>, F. Rahimzadeh Khoii<sup>2</sup>, M.J. Mirhadi<sup>3</sup> and  
G. Nour-Mohamadi<sup>4</sup>

### 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.

---

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

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