

## تأثیر تنش خشکی بر وزن خشک ریشه سه رقم سیب زمینی

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

### چکیده

سه رقم مارفونا، آگریا و دراگا از سیب زمینی در یک طرح استریپ بلوک در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. تیمار تنش خشکی در کرت های افقی در ۴ سطح (۱، ۳، ۵ و ۷ بار آبیاری) و رقم ها در کرت های عمودی قرار داده شدند. پس از عملیات خاک ورزی و کوددهی، غده های بذری در فواصل ۲۵×۷۵ سانتی متری در ۹ ردیف ۵ متری کاشته و بلافاصله آبیاری شدند. بعد از ظهور بوته ها، آبیاری تا زمان ۵۰٪ گلدهی برای تمام تیمارها ادامه و سپس تا اتمام گلدهی تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید. بعد از آن نیز آبیاری به طور یکسان برای کلیه تیمارها اعمال شد. نمونه برداری هر دو هفته یکبار برای تعیین وزن خشک ریشه انجام شد. نتایج نشان داد که با اعمال تنش خشکی از میزان وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد کاسته می شود. در تیمارهای دیگر تنش خشکی اختلافات موجود در آخر دوره رشد با یک بازیافت به حداقل رسید. در نهایت با وجود کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی نسبت به شاهد، وزن خشک ریشه تولیدی در شدت های مختلف تنش خشکی اختلاف معنی دار با هم نشان ندادند. از دلایل بالاتر بودن عملکرد آگریا نسبت به دراگا در تنش های متوسط و شدید می توان به این امر اشاره نمود که رقم آگریا در هر سه شدت تنش توانسته است وزن خشک ریشه بیشتری نسبت به دراگا تولید نماید و در نتیجه مدت زمان بیشتری ریشه فعال و در حال جذب مواد غذایی و آب داشته و عملکرد آن نیز بالاتر می باشد. همچنین به نظر می رسد که در اواخر دوره رشد ریشه های جدید تشکیل نمی شوند و نیز ریشه های بالغ با ارسال مواد خشک خود به غده ها نکروزه شده و می میرند. اما به دنبال اعمال تنش خشکی، ریشه های جوان با ماده خشک کمتر نسبت به ریشه های قدیمی تر تولید می شوند.

**واژه های کلیدی:** ارقام سیب زمینی، تنش آب، دوره تنش، وزن خشک ریشه، عملکرد

۱ - عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آ. شرقی

mb.khorshidi@sonra.net

۲ - استاد دانشگاه تبریز

۳ - دانشیار سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی

۴ - استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات

خورشیدی بنام، م. ب. تأثیر تنش خشکی بر وزن خشک ریشه ...

## مقدمه و بررسی منابع

از مجموع ۱۴۹ میلیون کیلومتر مربع سطح قاره‌ها، در حدود یک سوم آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند. این مناطق بالغ بر ۷۰۰ میلیون نفر از جمعیت دنیا را در خود جای داده و در حدود ۶۰ درصد این جمعیت در کشورهای در حال توسعه واقع شده‌اند (۳). بخش عمده کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است (۱). تنش خشکی اغلب به عنوان یک عامل بیرونی تلقی می‌شود و تأثیرات نامطلوبی بر گیاه می‌گذارد. به نظر لویت (۱۹۸۰) تنش‌هایی که بیشتر در کاهش عملکرد محصول دخالت دارند از نوع تنش‌های ملایم هستند (۱۱).

زراست و جوزل (۱۹۹۷) با بررسی شاخص‌های رشد در ارقام مختلف سیب‌زمینی گزارش نمودند که سرعت رشد محصول<sup>۵</sup> در ابتدای رشد کم، پس از آن به حداکثر خود رسیده و در اواخر فصل رشد کاهش می‌یابد (۲۲). با کاهش پتانسیل آب برگ، از میزان سرعت رشد محصول کاسته می‌شود. دلیل آن می‌تواند افزایش سرعت تنفس همراه با افزایش دمای گیاه و کاهش شدت فتوسنتز باشد (۲). موری و میل‌تورپ (۱۹۷۵) معتقدند که میزان جذب خالص مواد فتوسنتزی در سیب‌زمینی تحت کنترل اندازه مخزن یا تعداد غده‌های در حال توسعه است (۱۴). انگانگا (۱۹۸۲) عملکرد را براساس شاخص‌های رشد سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی<sup>۶</sup>، میزان جذب خالص<sup>۷</sup>، شاخص سطح

برگ<sup>۸</sup> بررسی و همبستگی بین عملکرد و شاخص‌های رشد و تشعشع خورشیدی را مشخص کرد و نتیجه گرفت که شرایط محیط بر روی میزان تشعشع جذب شده و شاخص‌های رشد تأثیر می‌گذارند که در نتیجه عملکرد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۵). آلن و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که عکس‌العمل شاخص‌های رشد به تنش خشکی بسته به ژنوتیپ متفاوت است (۴). همچنین شارما و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش رشد و شاخص‌های مربوط به آن می‌گردد (۱۹). با کاهش مقدار آب میزان تجمع مواد فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد و افت قابل توجه سرعت رشد نسبی بیانگر کاهش ماده خشک تولید شده در اثر کاهش رشد شاخ و برگ در مرحله رشد سبزینه‌ای است که می‌تواند یکی از علل کاهش عملکرد محصول باشد (۲). سینگ و همکاران (۱۹۹۶) دریافتند که میزان قدرت مخزن در آغاز رشد توسط وزن غده‌ها تعیین می‌شود (۲۰). در این بررسی سرعت رشد محصول تحت تأثیر زودرسی قرار نگرفت، اما حداکثر سرعت رشد محصول غده بستگی به زودرسی غده داشت. کارپوف (۱۹۹۲) گزارش کرد که حداکثر شدت فتوسنتز سیب‌زمینی هم در زمان تشکیل جوانه گل و هم شروع گلدهی می‌باشد (۱۰). نیکلسون (۱۹۹۲) اظهار داشت که با ریزش مصنوعی ۵۰ درصد برگ‌ها، میزان فتوسنتز برگ‌های پیر به میزان ۲۵ درصد و برگ‌های جوان ۱۳ درصد

<sup>7</sup> - Net assimilate rate (NAR)

<sup>8</sup> - Leaf area index (LAI)

<sup>5</sup> - Crop growth rate (CGR)

<sup>6</sup> - Relative growth rate (RGR)

افزایش می‌یابد. برگ‌های جوان دارای سطح برگ بیشتری نسبت به برگ‌های پیرتر هستند (۱۶). گیاهانی که برگ‌های آنها ریخته است، سرعت رشد نسبی بالاتری دارند و این باعث توسعه سریع برگ‌ها و افزایش وزن خشک ریشه و ساقه می‌گردد. ایواما (۱۹۸۸) اختلافات موجود در وزن خشک ریشه‌های سیب‌زمینی را در مراحل اولیه رشد و قبل از گلدهی ناشی از اختلافات شاخص سطح برگ دانست و نشان داد که وزن خشک ریشه همبستگی مثبتی با سرعت رشد محصول و میزان پر شدن غده‌ها دارد (۸). مهتا و همکاران (۱۹۸۸) در بررسی کشت بهاره و پاییزه سیب‌زمینی نتیجه گرفتند که مقادیر سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص اولیه در فصل رشد پاییزه بالاتر بود و باعث افزایش رشد گردید، اما در بهار دیرتر به حداکثر خود رسیدند. در رقم کوفری چندراموکی مقدار بالاتر شاخص سطح برگ در طی مراحل اولیه رشد باعث افزایش شاخص برداشت نسبت به سایر رقم‌ها شد (۱۳). نیشیبه و همکاران (۱۹۸۷) اثرات عوامل محیطی از جمله تشعشع، بارندگی، حداکثر، حداقل و میانگین دمای هوا را بر روی کل ماده خشک، سرعت رشد محصول، برگ و غده، سطح ویژه برگ و وزن خشک غده بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که سرعت رشد محصول همبستگی مثبت با جذب تشعشع داشت. تشکیل غده به تنش کمبود آب خیلی حساس بود، اما در اواسط رشد بین عوامل آب و هوایی و رشد ارتباطی مشاهده نشد. در اواخر فصل رشد نسبت مخزن به منبع با افزایش تشعشع، زیادتر شد و با افزایش دما کاهش

یافت (۱۷). ازکیل و بارگوا (۱۹۹۱) اظهار داشتند که در هندوستان زیادی عملکرد سیب‌زمینی در فصل تابستان نسبت به پاییز، به علت فصل رشد طولانی‌تر و مقادیر بیشتر شاخص برداشت، شاخص سطح برگ و میزان جذب خالص می‌باشد (۶). شارما و همکاران (۱۹۹۰) معادلاتی را برای پیش بینی شاخص‌های میزان جذب خالص، دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی برای ارقام کوفری چندراموکی (زودرس)، کوفری سیندهوری (دیررس) و کوفری جیوتی (متوسط رس) ارائه دادند (۱۹).

شناخت اثرات تنش‌های مختلف محیطی بر روی فیزیولوژی گیاهان زراعی برای آگاهی از مکانیسم‌های مقاومت و بقای گیاهان به منظور افزایش مقاومت در برابر تنش ضرورت دارد. درک کامل و دقیق واکنش‌های فیزیولوژیک و عکس‌العمل گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، برای اعمال روش‌های جدید جهت کاهش اثرات تنش، لازم و از کارهای اساسی می‌باشد. شناخت اثرات عوامل محیطی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی سیب‌زمینی جهت تولید محصول بیشتر ضروری می‌باشد. لذا آزمایشی جهت تعیین عکس‌العمل وزن خشک سه رقم سیب‌زمینی به تنش خشکی انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح استریپ بلوک با سه تکرار در روستای ایوق از توابع شهرستان سراب اجرا گردید. تیمار آبیاری در کرت‌های افقی در چهار سطح شاهد، تنش کم، تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب با ۷، ۵، ۳ و ۱ بار آبیاری از زمان شروع تا اتمام گلدهی و رقم‌های مورد آزمایش (مارفونا، آگریا و دراگا) در کرت‌های عمودی قرار گرفتند. اعمال تنش خشکی بر اساس تقویم زمانی آبیاری انجام شد. بدین طریق که در هر آبیاری مقدار آب کافی جهت رساندن کل پروفیل خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری به ظرفیت مزرعه‌ای استفاده شد. در بهار سال ۱۳۸۱ در زمینی که سال قبل زیر کشت گندم بود اقدام به شخم و دیسک زنی گردید. سپس کود فسفات آمونیوم به مقدار ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار و اوره ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار با خاک

مخلوط و به کمک ردیف‌ساز (فارور) ردیف‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر ایجاد شدند. پس از آبیاری و گاورو شدن زمین کرت‌بندی انجام و اقدام به کاشت غده‌ها در فواصل ۲۵ سانتی‌متری روی ردیف‌ها گردید. هر کرت شامل ۹ ردیف به طول ۵ متر و فاصله بین کرت‌ها نیز ۵ متر بود. آبیاری تا ظهور گیاهچه‌ها قطع و سپس به فاصله ۷ روزه تا زمان شروع گلدهی ادامه یافت. اعمال تنش به هنگام شروع گل دهی نصف بوته‌ها شروع و تا پایان اتمام گلدهی ادامه یافت. پس از پایان گلدهی، آبیاری به فواصل ۷ روزه انجام و در روز پنجم مهرماه با زرد شدن بوته‌ها قطع گردید. نمونه‌برداری از وزن خشک ریشه در روزهای ۳۵، ۴۵، ۵۹، ۷۳، ۸۷، ۱۰۱، ۱۱۵ و ۱۲۹ پس از کاشت از سه بوته رقابت کننده حاشیه کرت‌ها انجام گرفت. ریشه‌ها به همراه خاک آنها در داخل توری ریز در مسیر آب

جدول ۱- تجزیه واریانس وزن خشک ریشه در تاریخ‌های مختلف نمونه برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	روز ۳۵	روز ۴۵	روز ۵۹	روز ۷۳	روز ۸۷	روز ۱۰۱	روز ۱۱۵	روز ۱۲۹
تکرار	۲	۱/۸۷۸	۸/۵۴۲	۲۰/۴۲	۲۷/۰۹	۹۶/۳۷*	۱۳۷/۹*	۵۴/۰۲	۵۸/۹۷
تنش	۳	۰/۵۵۷	۶/۶۷۲	۳۲/۳۲	۱۱۸/۶*	۲۸۶/۵**	۲۰۸/۷*	۱۳۰/۹*	۱۱۷/۴۷
اشتباه ۱	۶	۳/۴۳۹	۳/۵۳۹	۱۶/۹۷	۲۰/۵۱	۱۵/۰۲	۲۶/۸۲	۲۵/۹۸	۳۰/۵۵
رقم	۲	۱/۵۴۷	۱۲۴/۹**	۱۵۵/۹۴*	۷۰/۱۸*	۱۴۲/۶**	۱۰۹/۷**	۸۲/۲۳**	۴۳/۸۰**
اشتباه ۲	۸	۰/۴۰۴	۶/۶۱	۹/۰۴	۱/۸۸	۵/۸۶	۲/۳۹	۰/۶۸	۰/۳۱
تنش*رقم	۶	۱/۸۹۰	۱۷/۴۸	۱۵/۹۵*	۷/۲۰	۴۶**	۸/۰۹	۲۲/۶۰*	۳۴**
اشتباه ۳	۱۲	۰/۹۱۵	۷/۱۳	۵/۲۱	۳/۶۵	۵/۵۴	۴/۳۹	۶/۰۹	۳/۵۷
ضریب تغییرات		۱۸/۳۰	۳۱/۶۱	۱۷/۵۰	۱۲/۲۳	۱۳/۴۷	۱۳/۲۵	۱۶/۲۰	۱۳/۸۹

\*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪.

را که عکس العمل شاخص های رشد به تنش خشکی بسته به ژنوتیپ متفاوت می باشد، گزارش کرده اند (۴). با اعمال تنش از وزن خشک ریشه کاسته شده و میزان این کاهش با شدت تنش همبستگی دارد (شکل ۲). بررسی تغییرات وزن خشک ریشه در اثر تنش نشان می دهد که تیمار شاهد بیشترین وزن خشک ریشه را در تمام ارقام تولید نموده است. زراست و جوزل (۱۹۹۷) نیز با بررسی شاخص های رشد در ارقام مختلف سیب زمینی گزارش کردند که سرعت رشد محصول در ابتدای رشد کم، پس از آن به حداکثر خود رسیده و در اواخر فصل رشد کاهش می یابد (۲۲). این روند در تیمار شاهد کاملاً مشخص است. همچنین در تیمار شاهد بیشترین وزن خشک ریشه را رقم آگریا تولید کرد ولی در آخر فصل این رقم با یک افت در وزن خشک ریشه مواجه شد و در نهایت بیشترین وزن خشک ریشه را رقم مارفونا تولید کرد. انگانگا (۱۵) نشان داد که شرایط محیط بر میزان تشعشع جذب شده و شاخص های رشد اثر گذاشته و در نتیجه وزن ریشه تحت تأثیر قرار می گیرد. وزن خشک ریشه دراگا در نهایت از همه کمتر بود (شکل ۳). ارقام آگریا و دراگا در تیمار شاهد عملکرد بیشتری از رقم مارفونا داشتند که نشان می دهد آنها مواد خشک تولید شده را به غده ها منتقل نموده اند. شکل ۴ نشان می دهد که در تنش کم، رقم آگریا در تمام فصل بیشترین وزن خشک ریشه را تولید کرد ولی در انتهای فصل با کاهش میزان وزن خشک ریشه روبرو شد. در حالی که کاهش در میزان وزن خشک ریشه رقم دراگا

قرار گرفته و پس از نرم شدن و شسته شدن خاک در داخل کیسه نایلونی به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک و با ترازوی رقومی با دقت ۰/۰۰۱ وزن گردیدند.

## نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین سطوح تنش در روزهای ۷۳، ۸۷، ۱۰۱ و ۱۱۵ پس از کاشت اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین اثر متقابل تنش  $\times$  رقم در ۵۹، ۸۷، ۱۱۵ و ۱۲۹ روز بعد از کاشت بر وزن خشک ریشه معنی دار شد (جدول ۱). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که کاهش صفات وزن خشک ریشه (شکل ۲) و عملکرد (شکل ۱۰) با شدت تنش ارتباط دارد. شارما و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش رشد و شاخص های مربوط به آن مثل وزن خشک ریشه می شود (۱۹). در مقایسه تغییرات در بین ارقام، رقم آگریا بیشترین وزن خشک ریشه را در بین سه رقم تولید کرد (شکل ۱). ایواما (۱۹۸۸) اختلاف موجود در وزن ریشه های سیب زمینی مورد آزمایش را در مراحل اولیه رشد و قبل از گلدهی ناشی از اختلاف شاخص سطح برگ ارقام دانست. اما رقم مارفونا در اول فصل وزن خشک ریشه ای بیشتر از دراگا تولید نمود ولی روند رشد آن در آخر فصل باعث شد که وزن خشک ریشه دراگا در آخرین نمونه برداری بیشتر از مارفونا گردد (شکل ۱). ارقام نیز از نظر این صفت در تمامی روزهای نمونه برداری اختلاف معنی دار داشتند. آلن و اسکات (۱۹۸۰) این موضوع

اختلاف در میزان تولید ریشه در بین ارقام وجود داشت. در این شدت تنش نیز آگریا بیشترین عملکرد را نشان داد.

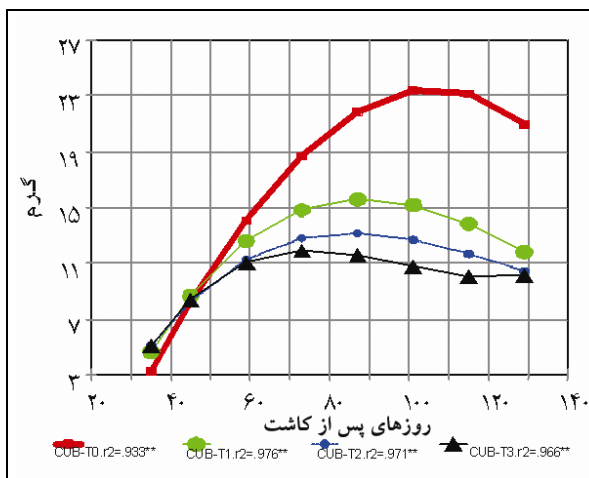
شکل ۷ تأثیر شدت های مختلف تنش را بر وزن خشک ریشه رقم مارفونا نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود اعمال تنش باعث کاهش معنی دار وزن خشک ریشه این رقم شده است. کاهش وزن با شدت افزایش تنش رابطه مثبت نشان می دهد. تولید ریشه در این رقم در تیمار شاهد تا آخر فصل ادامه دارد. به نظر می رسد محدودیت رشد و تولید ریشه جدید یکی از عوامل مهم حساسیت رقم مارفونا به تنش باشد.

شکل ۸ نیز نشان می دهد که وزن خشک ریشه رقم آگریا در تنش کم کاهش معنی داری نسبت به شاهد پیدا نکرده است و نیز روند کاهش وزن خشک ریشه در تنش های متوسط و شدید یکسان می باشد. نکته جالب توجه اینست که در آخر فصل رشد وزن خشک ریشه این رقم در تمام تنش ها اختلاف معنی دار نشان نداد. این موضوع نشان می دهد که در تنش های کم و شاهد مقادیر بیشتری مواد خشک از ریشه ها خارج و به اندام های دیگر از جمله غده ها ارسال شده است. بنابر این به نظر می رسد که حفظ وزن خشک ریشه یا بازیافت پس از تنش در مقاومت این رقم اهمیت بسیاری داشته است. جفریز (۱۹۹۳) این موضوع را که خشکی نسبت ریشه به ساقه را با افزایش بیشتر رشد ریشه افزایش می دهد نشان داد (۹).

ناچیز بود. رقم مارفونا در این شدت تنش کمترین وزن خشک ریشه را به همراه حداقل عملکرد تولید کرد. با کاهش مقدار آب، میزان جذب مواد معدنی، تجمع مواد فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی کاهش می یابد و کاهش ماده خشک تولید شده در اثر کاهش رشد شاخ و برگ در مرحله رشد سبزینه ای می تواند یکی از علل کاهش عملکرد محصول باشد (۲).

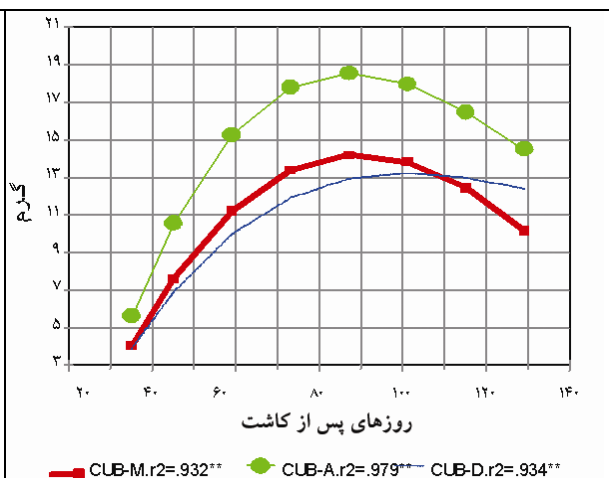
شکل ۵ نشان می دهد که در تنش متوسط رقم آگریا بیشترین وزن خشک ریشه را در تمام فصل داشته است. وزن خشک ریشه مارفونا در اوایل فصل بیشتر از دراگا بود ولی در انتهای فصل رقم دراگا وزن خشک ریشه بیشتری از مارفونا تولید نمود. به نظر می رسد که رقم مارفونا در اواخر فصل قدرت حفظ ریشه های خود را نداشته ولی دو رقم دیگر قادر به حفظ ریشه های تولیدی خود بودند که این موضوع جذب آب و مواد غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد در این دو رقم را توجیه می کند.

در شکل ۶ دیده می شود که تنش شدید باعث کاهش وزن خشک ریشه رقم مارفونا گردیده است در نهایت آگریا بیشترین وزن خشک ریشه را تولید کرده است. در اوایل فصل نیز با وجود بیشتر بودن وزن خشک ریشه مارفونا نسبت به دراگا در نهایت رقم دراگا وزن خشک بیشتری از مارفونا تولید نمود. در این تنش نیز یک بازیافت در انتهای فصل در مورد رقم آگریا دیده شد. این رقم همراه دراگا قادر به حفظ ریشه های خود بودند، هر چند



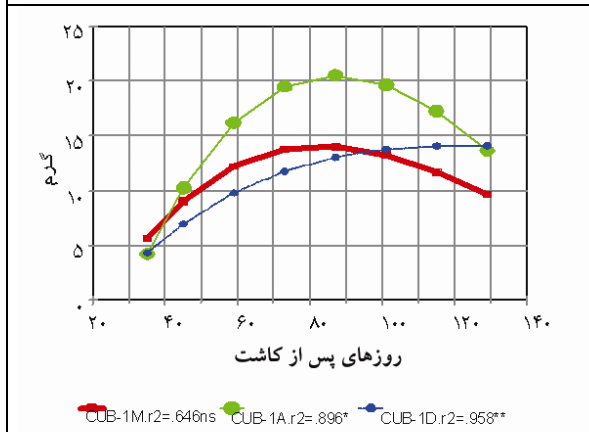
شکل ۲- تأثیر شدت‌های مختلف تنش بر وزن خشک ریشه \$

\$ علام روی هر نه شکل به شرح زیر میباشد:  
 M : مارفونا، A : آگریا، D : دراگا، CUB :  
 درجه سه، QUA : درجه دو. 0 : شاهد، 1 : تنش کم،  
 2 : تنش متوسط، 3 : تنش شدید. r2 : ضریب تبیین، ns،  
 غیر معنی‌دار :

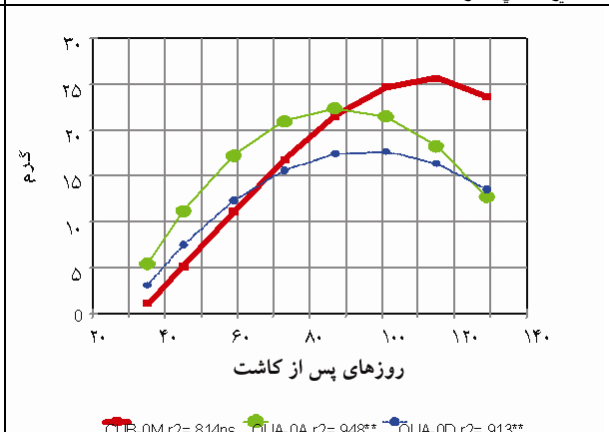


شکل ۱- عکس‌العمل وزن خشک ریشه ارقام در اثر اعمال تنش \$

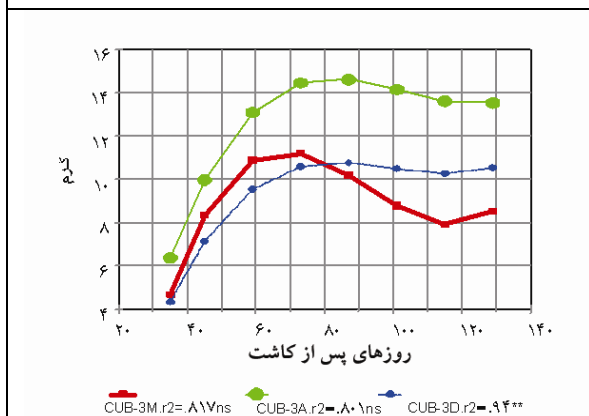
\$ علام روی هر نه شکل به شرح زیر میباشد:  
 M : مارفونا، A : آگریا، D : دراگا، CUB :  
 درجه سه، QUA : درجه دو. 0 : شاهد، 1 : تنش کم،  
 2 : تنش متوسط، 3 : تنش شدید. r2 : ضریب تبیین، ns،  
 غیر معنی‌دار :



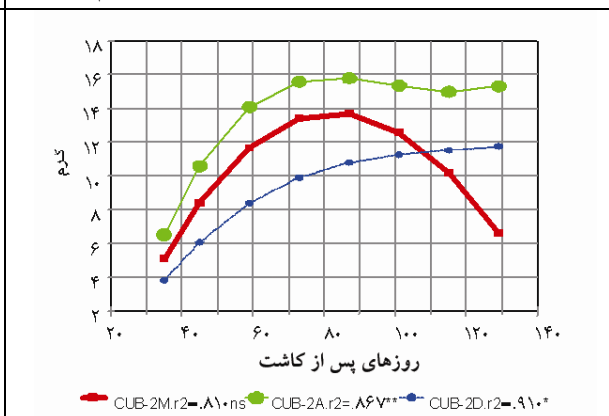
شکل ۴- تأثیر شدت تنش اول بر وزن خشک ریشه ارقام \$



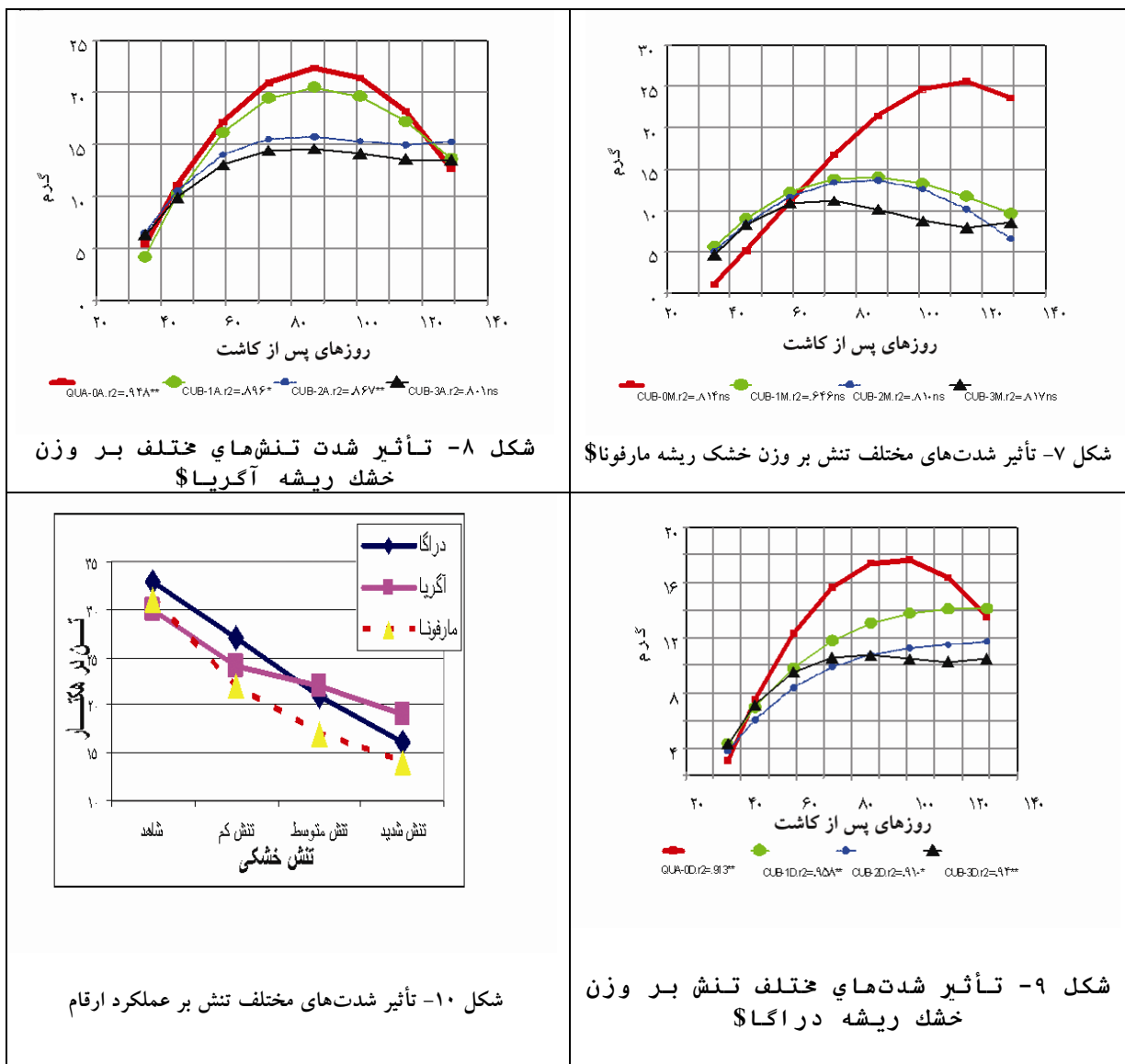
شکل ۳- تأثیر تیمار شاهد بر وزن خشک ریشه ارقام \$



شکل ۶- تأثیر شدت تنش سوم بر وزن خشک ریشه ارقام \$



شکل ۵- تأثیر شدت تنش دوم بر وزن خشک ریشه ارقام \$



تیمار به سایر اندامها باشد. اما در تیمارهای تنش این مواد در ریشه حفظ شده و منتقل نگشته‌اند. گزارش شده که اختلافات تحمل به خشکی بین ارقام سیب زمینی بستگی به اختلافات در عمق ریشه در مرحله تشکیل غده دارد (۵). گری و استکل (۱۹۷۷) نیز نشان دادند که رقم متحمل به خشکی پتلند کراون در مراحل اولیه رشد، ریشه

تأثیر شدت‌های مختلف تنش خشکی بر وزن خشک ریشه دراگا در شکل ۹ آورده شده است. در این رقم نیز با افزایش شدت تنش وزن خشک ریشه کاهش یافته است. در هر سه شدت تنش، تولید و حفظ ریشه ادامه داشته ولی در شاهد کاهش وزن خشک ریشه در انتهای فصل دیده میشود که می‌تواند بخاطر انتقال مجدد مواد در این



نتیجه گیاه نیز ضعیف‌تر می‌شود. این موضوع در تنش شدید در تمام ارقام کاملاً مشاهده می‌شود و بازیافت انتهای دوره نیز می‌تواند دلیل این موضوع باشد که گیاه با تولید ریشه‌های جوان سعی در بازیافت قدرت جذب و انتقال خود دارد بنا براین هر سه رقم در شدت تنش شدید کمابیش این کار را انجام داده اند (شکل ۶). از دلایل بالاتر بودن عملکرد آگریا نسبت به دراگا در تنش‌های متوسط و شدید (شکل ۱۰) این می‌تواند باشد که رقم آگریا در هر سه شدت تنش توانسته است وزن خشک ریشه بیشتری نسبت به دراگا تولید نماید (اشکال ۴، ۵ و ۶) و در نتیجه توانسته است مدت زمان بیشتری ریشه فعال و در حال جذب مواد غذایی و آب داشته و عملکرد آن نیز بالاتر باشد. این موضوع را ازکیل و بارگاوا (۱۹۹۱) نشان داده‌اند. آنها اظهار داشتند که زیادی عملکرد سیب‌زمینی در فصل تابستان نسبت به پاییز، به علت طولانی‌تر بودن فصل رشد و میزان جذب خالص می‌باشد (۶).

### تشکر و سپاسگزاری

بدین وسیله از راهنمایی‌های آقای دکتر اسلام مجیدی هروان تشکر می‌شود.

عمیقتری داشت. ولی بعد از روز ۹۵، رشد ریشه هر دو رقم کاهش یافت ولی در پنتلند کراون رشد ریشه برای ۳۰ روز دیگر وجود داشت (۷) این موضوع در ارقام آگریا و دراگا (شکل ۸ و ۹) به خوبی دیده می‌شود. در حالی که استکل و همکاران (۱۹۷۹) چنین ارتباطی را گزارش نکردند (۲۱). اما روسو و واگماره (۱۹۹۵) نشان دادند که در رقم متحمل وزن تر و خشک ریشه بیشتر بوده، هر چند عملکرد نسبی هر دو رقم به خشکی حساس بود (۱۸). در حالی که مک‌کرون و پنق (۱۹۸۹) نشان دادند که تولید ریشه در اثر خشکی در حداقل بوده ولی توزیع ماده خشک بین ساقه و غده بسته به تیمار آبیاری متفاوت بود، اما تغییر وزن ماده خشک ریشه را افزایشی گزارش نمودند (۱۲). بنا براین دو دلیل می‌توان برای کاهش وزن خشک ریشه در تیمار شاهد بیان نمود. اول اینکه در اواخر دوره رشد ریشه‌های جدید تشکیل نمی‌شوند و دیگر آنکه ریشه‌های قدیمی‌تر با ارسال مواد خشک خود به غده‌ها نکروزه شده و می‌میرند. اما اعمال تنش باعث می‌شود که ریشه‌های جدیدتر ولی با ماده خشک کمتر به دنبال صدمه به ریشه‌های قدیمی‌تر تولید شوند. بدیهی است که قدرت جذب ریشه‌های جوان کمتر از ریشه‌های بالغ بوده در

## منابع

۱. کافی، م.؛ گنجعلی، ع.؛ نظامی، ا. و شریعتمداری، ف. ۱۳۷۹. آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۲. مودب شبستری، م. و مجتهدی، م. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران.
۳. وهابزاده، ع. و علیزاده، ا. ۱۳۷۳. آخرین واحه، آب مایه حیات (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
4. Allen, E. J., and R. K. Scott. 1980. An analysis of growth of the potato crop. *Journal of Agricultural Science*. 94(3): 583-606.
5. Anonymous. 1974. Potato. UK. National Vegetable Research Station. 24th Annual reports 1973. 144pp.
6. Ezekiel, R., and S. C. Bhargava. 1991. Potato leaf growth as influenced by photoperiods. *Plant Physiology and Biochemistry*. 18(2): 91-95.
7. Gray, D. and J. R. A. Steckel. 1977. Potatoes drought tolerance. National Vegetable Research Station. UK. 27th Annual Reports. 64-65.
8. Iwama, K. 1988. Differences in root growth of potato plants among years and cropping seasons. *Japanese Journal of Crop Science*. 57(2): 346-354.
9. Jefferies, R. A. 1993. Use of a simulation model to assess possible strategies of drought tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultural Systems*. 41:1,93-107.
10. Karpov, E. V. 1992. Rate of photosynthesis in genotypes of different maturity groups, and yield in potato. *Field Crop Abstracts*. 45(5): 398.
11. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2<sup>nd</sup> Ed. VOL II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press. New York, PP. 187-211.
12. Mackerron, D. K. L., and Z. Y. Peng. 1989. Genotypic comparisons of potato root growth and yield in response to drought. *Aspects of Applied Biology*. 22: 199-206.
13. Mehta, A., V. N. Banerjee, and D. M. Kaley. 1988. Vegetative development of potato grown in autumn and spring in Panjab. *Indian Journal of Plant Physiology*. 31(2): 145-151.
14. Moorby, J., and F. L. Milthorpe. 1975. The potato. Cambridge University Press. PP: 225-259.
15. Nganga, S. 1982. Physiological basis of potato crop yield: Principles of potato seed production for tropical Africa. CIP. Lima. Peru. PP: 13-16.
16. Nicholson, A. G. 1992. Compensatory growth of potatoes in response to defoliation. *Field Crop Abstracts*. 54(2): 105.
17. Nishibe, S., M. Mori, A. Isoda, and K. Nakasaka. 1987. Growth pattern and tuber yield in potatoes under contrasting climatic conditions between two years. *Japanese Journal of Crop Science*. 56(1): 1-7.
18. Rossouw, F. T., and J. Waghmarae. 1995. The effect of drought on growth and yield of two South African potato cultivars. *South African Journal of Science*. 91(3): 149-150.
19. Sharma, B. D., U. C. Sharma, and H. N. Kaul. 1990. Physiological traits for high yield in potato. *Indian Journal of Hill Farming*. 3(1): 41-46.
20. Singh, J. P., R. S. Marwaha and J. S. Grewal. 1996. Effect of sources and levels of potassium on potato yield, quality, and storage behavior. *Journal of the Friden Potato Association*. 23(314): 153-156.

21. Steckel, J. R. A., and D. Gray. 1979. Drought tolerance in potatoes. *Journal of Agricultural Science, United Kingdom*. 92:2, 375-381.
22. Zrust, J., and M. Juzl. 1997. Rates of photosynthesis and dry matter accumulation of very early potato. *Field Crop Abstracts*. 50(3): 264.