

## اثر تنش خشکی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

### رقم ایروفلور

مهرداد یارنیا\*، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز  
پرنا صفایی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز  
محمدباقر خورشیدی بنام، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی  
الناز فرج زاده معماری، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان و دانشجوی دکتری  
فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

### چکیده

به منظور بررسی تغییرات عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک آفتابگردان رقم ایروفلور در واکنش به میزان مصرف آب و کود پتاسیم تحقیقی به صورت آزمایش اسپلینت پلات در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸ در ایستگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف تنش کم آبی در چهار سطح شامل آبیاری پس از ۵۰، ۱۳۰، ۹۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان عامل اصلی و مصرف سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم در ۵ سطح شامل ۰، ۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد اثر متقابل تنش کم آبی و کود پتاسیم، اثر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر صفات های ارتفاع ساقه، وزن برگ، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، بیوماس، شاخص برداشت، عملکرد و دوره موثر پر شدن دانه و در سطح احتمال ۵٪ بر وزن صد دانه داشت. در تمامی صفات فوق، بیشترین مقدار پس از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم از تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه نیز معادل ۵۰۷/۳ گرم بر مترمربع در این تیمار به دست آمد. کاهش میزان آب از آبیاری پس از ۵۰ به ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، باعث کاهش ۱۰/۳۶، ۲۴/۴۳ و ۵۹/۴۶ درصدی در عملکرد دانه گردید. همچنین مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر میزان افت عملکرد را به ۳۲/۴۸٪ رساند. بر این اساس می توان در شرایط کمبود آب با مصرف پتاسیم از افت شدید عملکرد رقم ایروفلور آفتابگردان کاست.

واژه های کلیدی: آفتابگردان، تشتک تبخیر کلاس A، سولفات پتاسیم، عملکرد دانه

\* نویسنده مسئول: E-mail: yarnia@iaut.ac.ir

## مقدمه

آفتابگردان به دلیل وجود سیستم ریشه‌ای گسترده و دارا بودن کرک‌های زبر و خشن در ساقه، برگ و دم‌برگ تا حدودی در برابر خشکی متحمل است. با این حال، تنش محدودیت آب در دوره رشد اصلی و مرحله پر شدن دانه‌ها، عملکرد دانه را به نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. کمبود آب در اوایل دوره رشد، سبب کاهش سطح برگ شده و به علت وجود همبستگی شدید بین سطح برگ و عملکرد، محصول دانه کاهش خواهد یافت (۲). پتاسیم نقش مهمی از طریق تنظیم روزنه‌ها و تعادل یونی در درون سیستم گیاهی در کاهش تنش‌های حاصل از کم آبی ایفا می‌کند، بنابراین لازم است به مصرف کودهای پتاسیمی توجهی ویژه مبذول گردد (۱۹). همچنین پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد. گیاهان با ذخیره‌ی مطلوب پتاسیم، آب کمتری از دست می‌دهند، چرا که پتاسیم، پتانسیل اسمزی را افزایش می‌دهد (۱۶). پتاسیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه دارد. مصرف پتاسیم به طور مستقیم باعث کاهش تعرق، افزایش جذب آب یا به وجود آوردن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به خشکی می‌شود. آثار غیرمستقیم وقتی اتفاق می‌افتد که مصرف پتاسیم هیچ‌گونه ارزشی در روابط آب و گیاه ندارد ولی به دلایل تغذیه‌ای، باعث افزایش رشد می‌شود. در این صورت، مقداری که برای تولید هر واحد ماده خشک لازم است کم می‌شود (۹). جعفرزاده کنار سری و پوستینی (۱۳۷۷) بیان کردند که تنش کمبود آب در مرحله گلدهی و گرده افشانی آفتابگردان باعث کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود و این در حالی است که تنش در سایر مراحل و از جمله در طول دوره رویشی تاثیر معنی‌داری به عملکرد دانه نداشت. آنها بیان کردند که گلدهی و گرده افشانی حساس‌ترین مراحل دوره رشدی آفتابگردان نسبت به خشکی می‌باشند (۳). لینداور (۱۹۸۵) بیان نمود که کود پتاسیم علاوه بر افزایش تولید ماده خشک و توسعه سطح برگ تا اندازه زیادی باعث نگهداری آب در بافت‌های گیاهی تحت شرایط تنش آب می‌گردد (۳۹). تحقیقات حاکی از آن است که تجمع یون پتاسیم در گیاهان قبل از وقوع تنش‌هایی نظیر کمبود آب، تنش سرما و تنش شوری بیمه‌ای برای بقای گیاه به شمار می‌آید (۳۸). واکنش گیاه به پتاسیم بسته به رقم، زمان، نحوه‌ی مصرف و منبع پتاسیم متفاوت است (۴۳). ایگلا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که مصرف مقدار کافی از کود پتاسه در مقایسه با شرایط کمبود پتاسیم محتوای رطوبت برگ و روابط آبی گیاه را با کاهش پتانسیل اسمزی در بامیه بهبود بخشید، به طوری که منجر به پایداری میزان فتوسنتز خالص، تعرق و هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی و شرایط عاری از تنش شد. همچنین، آنها بیان کردند که در این گیاه مصرف مقدار کافی از کود پتاسه در شرایطی که پتانسیل آب گیاه پایین است منجر به حفظ میزان فتوسنتز خالص و افزایش نسبت فتوسنتز خالص به تعرق شد (۳۰). مطالعات نشان داده است که در شرایط خشکی مصرف کود پتاسه منجر به افزایش سطح برگ در رقم آژاکس از سیب زمینی می‌شود (۲۳). خسروی فر و همکاران (۱۳۸۷) در آزمایش خود در سیب زمینی مشاهده

کردند که وزن تر غده و عملکرد غده با افزایش فاصله دوره‌های آبیاری و افزایش مصرف کود پتاسه به ترتیب کاهش و افزایش یافتند ولی سطح برگ بوته به هنگام افزایش مصرف کود پتاسه از یک الگوی کلی افزایشی و کاهش‌ی تبعیت نمود (۴). افکاری و همکاران (۲۰۰۹) در آزمایش خود در آفتابگردان مشاهده کردند که حداکثر شاخص برداشت در رقم ایروفلور با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و آبیاری پس از ۲۱۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک کلاس A به دست آمد. همچنین بیشترین تعداد دانه در هر طبق در تیمار آبیاری پس از ۲۱۰ میلی متر تبخیر و به هنگام مصرف ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم معادل ۱۱۲۰ عدد و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر و به هنگام مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم معادل ۶۸۱ عدد به دست آمد (۲۲). نتایج حاصل از تحقیقات سلیمانزاده و همکاران (۲۰۱۰) در آفتابگردان نشان داد که تنش خشکی به طور معنی داری ارتفاع گیاه، قطر طبق، تعداد دانه در هر طبق، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن را کاهش داده، اما پتاسیم به طور معنی داری تعداد دانه در هر طبق، شاخص برداشت و عملکرد روغن را افزایش داده است (۴۵). بر این اساس، کاربرد پتاسیم در شرایط کمبود آب که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد می‌تواند مفید و سودمند واقع شود، برای بهبود عملکرد دانه در آفتابگردان و بر اساس تحقیقات انجام شده هدف از این بررسی، ارزیابی اثر مصرف مقادیر مختلف پتاسیم در شرایط محدودیت آب بر عملکرد و برخی از صفات فیزیولوژیک در رقم ایروفلور آفتابگردان بود.

## مواد و روش ها

آزمایش طی فصل زراعی سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج در پانزده کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. این محل با ۱۳۶۰ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیای ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف آبیاری شامل (آبیاری پس از ۵۰، ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان عامل اصلی و سطوح مختلف کود پتاسیم (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل فرعی بودند. زمین طرح متشکل از ۶۰ کرت بود که هر کرت شامل سه ردیف کاشت با فاصله ۶۰ سانتی متر تهیه و بذور آفتابگردان رقم ایروفلور با فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر کاشته شدند. رقم ایروفلور دارای ۵ خصوصیت برجسته پتانسیل عملکرد بسیار بالا، قدرت جوانه زدن سریع، سیکل رشد منظم، مقاومت بالا به خوابیدگی و سازگاری بسیار خوب به شرایط گرم و خشک می‌باشد (۲۲). عملیات کاشت در نیمه دوم اردیبهشت صورت پذیرفت. عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس آزمایش تجزیه خاک (جدول ۱) تعیین و

نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با مقادیر برابر در سه مرحله‌ی همزمان با کاشت، ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری و همزمان با ظهور غنچه مصرف شد. مصرف پتاسیم به صورت سولفات پتاسیم همزمان با کاشت بر اساس تیمارهای آزمایش انجام شد.

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کشت در عمق ۰-۳۰ سانتی متر

۰-۳۰	عمق (سانتی‌متر)	۰/۱۳۸	نیتروژن کل (%T.N)
۲/۵۲	هدایت الکتریکی $EC \times 10^2$	۵۰/۵	فسفر قابل جذب (ppm)
۸/۲۶	اسیدیته گل اشباع (pH)	۳۰۰	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۳	رس (درصد)	۷۸	شن (درصد)
۶/۸۵	مواد خثی شونده (درصد)	۱۹	سیلت (درصد)

آبیاری تمامی کرت‌ها تا مرحله شروع گلدهی به صورت یکسان و به طور متوسط هر هفته یکبار انجام و پس از آن سطوح مختلف تنش کم آبی بر اساس مقادیر تبخیر از تشتک و تیمارهای آزمایشی در کرت‌ها اعمال شد. به منظور ارزیابی دوره موثر و سرعت پر شدن دانه، قبل از گلدهی در هر کرت ۲۰ بوته‌ی تحت رقابت انتخاب و علامت گذاری شدند. پس از پانزده روز بعد از مرحله آغاز گرده‌افشانی، از هر کرت ۲ بوته به‌عنوان نمونه برداشت شد. در هر بوته تعداد ۱۵۰ عدد دانه از ردیف‌های میانی طبق برداشت و وزن خشک آنها پس از خشک شدن در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت به دست آمد. نمونه‌برداری‌ها هر هفت روز یکبار تا پایان دوره‌ی رسیدگی انجام گرفت. سرعت پر شدن دانه از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$b = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

در این رابطه b: سرعت پر شدن دانه، x: تعداد روز از زمان گرده افشانی تا رسیدن نهایی (ظهور لکه‌های قهوه‌ای رنگ در پشت طبق‌ها)، n: تعداد کل روز از آغاز نمونه‌برداری تا رسیدگی نهایی و y: وزن دانه بود. با توجه به وزن نهایی دانه، دوره موثر پر شدن دانه (EFP) نیز از رابطه زیر محاسبه گردید (۷).

$$\text{دوره موثر پر شدن دانه} = \frac{\text{وزن نهایی دانه}}{\text{سرعت پر شدن دانه}}$$

برداشت نهایی بوته‌ها پس از رسیدگی بوته‌ها از ردیف دوم هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در مساحتی معادل ۱/۲ متر مربع انجام و عملکرد دانه بر حسب واحد سطح محاسبه شد. صفات ارتفاع ساقه،

وزن برگ، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه و بیوماس در ۱۰ بوته منتخب از بوته های برداشتی اندازه گیری شد. شاخص برداشت نیز بر اساس نسبت عملکرد دانه بر بیوماس اندام هوایی بر حسب درصد محاسبه شد. داده های حاصل از این بررسی با استفاده از نرم افزار آماری C-MSTAT تجزیه واریانس شده و میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ مقایسه و شکل ها با استفاده از برنامه Excel رسم شدند. درصد تغییرات صفات اندازه گیری شده بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین با استفاده از رابطه ی زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد تغییر صفت در اثر اعمال تیمار} = \frac{\text{عدد ثانویه} - \text{عدد اولیه}}{\text{عدد اولیه}} \times 100$$

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش کم آبی در سطح احتمال ۱٪ در ارتفاع ساقه، وزن برگ، شاخص برداشت و دوره موثر پر شدن دانه و اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ بر صفات ارتفاع ساقه، وزن برگ، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، بیوماس، عملکرد و دوره موثر پر شدن دانه معنی دار بود. اثرات متقابل سطوح مختلف تنش کم آبی و سولفات پتاسیم در کلیه صفات مورد بررسی در سطح یک درصد و در وزن ۱۰۰ دانه در سطح ۰.۰۵ اختلاف معنی دار نشان داد (جدول ۲).

### ارتفاع ساقه

ارتفاع بوته نشانه ای از میزان رشد رویشی است که به طور قابل توجهی در اثر تنش کم آبی در مراحل طولی شدن کاهش می یابد (۳۲). تغییرات ارتفاع گیاه، معمولاً بارزترین تغییر ناشی از شرایط رشد در اغلب گیاهان زراعی می باشد. ارتفاع گیاه تحت تاثیر رطوبت موجود در محیط قرار می گیرد (۱۵). با کاهش میزان آب مصرفی از آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A، در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم میزان ارتفاع ساقه کاهش یافت ولی مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش کم آبی منجر به افزایش ارتفاع ساقه شد، نقش سولفات پتاسیم در افزایش ارتفاع ساقه در شرایط مطلوب از نظر وضعیت آبی بهتر از شرایط کمبود آب بود. بیشترین میزان ارتفاع ساقه در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۱۸۴/۶ سانتی متر و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و با عدم مصرف سولفات پتاسیم معادل ۶۸/۸۷ سانتی متر به دست آمد. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار تنش کم آبی، آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر ارتفاع ساقه در مقایسه با عدم مصرف آن منجر به افزایش ۶۸/۸۱ درصدی این صفت شد. این میزان کاهش، در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰، ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A به ترتیب معادل ۷۱/۶۴، ۸۲/۱۲ و ۷۵/۵۴ درصد بود. کاهش ارتفاع ساقه در شرایط

بدون مصرف سولفات پتاسیم، در تیمار آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A معادل ۳۷/۳۹ درصد بود که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم این مقدار به ۳۴/۵ درصد رسید (جدول ۳).

یکی از اثرات سوء کمبود آب، کاهش توسعه سلول از طریق نقصان در آماس سلول است که این امر سبب کاهش طول شدن ساقه، برگ و کاهش فتوسنتز می گردد و بنابراین تنش کم آبی سبب کاهش ارتفاع ساقه اصلی می شود (۴۱). از طرفی طول شدن ساقه به میزان مصرف پتاسیم بستگی دارد (۵). پتاسیم از طریق تنظیم اسمزی، پتانسیل آب لازم را برای رشد و به تبع آن برای تقسیم سلولی حتی در شرایط خشکی فراهم می کند و با این کار نه تنها از کاهش ارتفاع ساقه جلوگیری می کند، بلکه در برخی مواقع منجر به افزایش ارتفاع ساقه نیز می شود (۴۰). این مطالب نتایج حاصل از این تحقیق را تایید می کند.

### وزن خشک برگ

وزن خشک برگ شاخصی از میزان رشد رویشی است و این شاخص زودتر از دیگر قسمت های گیاه تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می گیرد (۱۲ و ۱۶). با کاهش میزان آب مصرفی از آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم میزان وزن برگ کاهش یافت. در صورت عدم مصرف کود پتاسه در تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر نسبت به تیمار ۵۰ میلی متر تبخیر وزن برگ به ترتیب ۲۷/۵۵، ۳۸/۴۵ و ۵۳/۷۷ درصد کاهش یافت. تنش با هر شدتی که در مرحله ی رشد اتفاق بیفتد باعث کاهش سطح برگ می شود، لذا با کاهش سطح برگ در اثر تنش کم آبی می توان کاهش در وزن خشک برگ را انتظار داشت. از طرف دیگر، کاهش وزن خشک برگ در شرایط تنش کم آبی را می توان به پیری زودرس برگ ها، ترشح هورمون پیری خصوصاً ABA و خود تخریبی برگ ها نسبت داد (۱۲ و ۱۶). مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش کم آبی منجر به افزایش وزن برگ شد، البته نقش سولفات پتاسیم در افزایش وزن برگ در شرایط مطلوب از نظر وضعیت آبی بهتر از شرایط کمبود آب بود. بیشترین میزان وزن برگ در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A و به هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۲۶/۵۱ گرم در بوته و کمترین آن در تیمار تنش کم آبی حاصل از آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A و به هنگام عدم مصرف سولفات پتاسیم معادل ۲/۱۱ گرم در بوته به دست آمد (جدول ۳). پتاسیم با تاثیر بر افزایش کارایی مصرف آب، افزایش رشد ریشه و افزایش تقسیم سلولی منجر به افزایش وزن خشک برگ و سایر اندام های هوایی می شود (۱۸). با افزایش میزان پتاسیم، میزان تثبیت دی اکسید کربن به دلیل کارکرد مطلوب روزه ها افزایش می یابد و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و بدین ترتیب تولید کربوهیدرات در برگ ها افزایش می یابد و این امر باعث افزایش در وزن خشک

برگ می شود (۵). اسکندری و موسوی (۱) نیز گزارش کردند که برهم کنش تنش کم آبی و پتاسیم در گندم باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک برگ گردید.

جدول ۲: خلاصه تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع ساقه	وزن برگ	تعداد دانه در طبق	وزن دانه در طبق
تکرار	۲	۹۲/۶ <sup>ns</sup>	۱۷/۶ <sup>ns</sup>	۱۲۰۱۲/۹ <sup>ns</sup>	۱۸۵/۸ <sup>ns</sup>
دوره آبیاری	۳	۳۶۸۸/۵ <sup>**</sup>	۱۵۴/۹ <sup>**</sup>	۱۵۲۰/۱ <sup>ns</sup>	۱۵۴/۵ <sup>ns</sup>
خطای اصلی	۶	۷۷/۱	۱۳/۶	۱۱۸۱۶/۲	۱۳۷/۵
کود پتاسیم	۴	۵۱۵۰/۴۴ <sup>**</sup>	۵۱/۶ <sup>**</sup>	۶۴۶۹۵/۸ <sup>**</sup>	۲۲۷/۳ <sup>**</sup>
کود پتاسیم × دوره آبیاری	۱۲	۲۵۱۶/۳ <sup>**</sup>	۹۰/۹ <sup>**</sup>	۵۱۲۹۶/۲ <sup>**</sup>	۵۱۲/۳ <sup>**</sup>
خطای فرعی	۳۲	۱۶۷/۶	۱/۹۰۰	۲۵۱۶/۴	۲۶/۱
ضریب تغییرات (%)		۹/۷۹	۱۸/۹۴	۸/۹	۱۶/۰۳
وزن صد دانه					۱/۶ <sup>ns</sup>

ادامه جدول ۲:

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		بیوماس	شاخص برداشت	عملکرد	دوره موثر پر شدن
تکرار	۲	۲۰۶۷/۹ <sup>ns</sup>	۴/۵۰۰ <sup>ns</sup>	۱۲۶۳۴/۴ <sup>ns</sup>	۱۰۴۱/۳ <sup>ns</sup>
دوره آبیاری (D)	۳	۳۱۲۴/۸ <sup>ns</sup>	۱۶۰/۶ <sup>**</sup>	۱۰۴۶۵/۰ <sup>ns</sup>	۱۱۶۴۷/۱ <sup>**</sup>
خطای اصلی	۶	۱۶۵۲/۴	۳/۵	۹۸۱۳/۷	۷۲۳/۴
کود پتاسیم (K)	۴	۲۴۷۰/۹ <sup>**</sup>	۱۳/۸ <sup>ns</sup>	۱۵۷۱۰/۹ <sup>**</sup>	۳۳۱۹/۹ <sup>**</sup>
کود پتاسیم × دوره آبیاری	۱۲	۵۴۳۶/۲ <sup>**</sup>	۱۲۴/۵ <sup>**</sup>	۳۵۴۱۹/۹ <sup>**</sup>	۳۱۹۸/۹ <sup>**</sup>
خطای فرعی	۳۲	۲۲۰/۴	۶/۲	۱۸۳۸/۸	۴۶۰/۹
ضریب تغییرات (%)		۱۲/۸۴	۱۱/۳۲	۱۶/۱۹	۲۰/۵۶
سرعت پر شدن دانه					۱۷/۲ <sup>**</sup>

ns، \* و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می باشد

### تعداد دانه در طبق

تعداد دانه از اجزای مهم و موثر در عملکرد می باشد. عامل ایجاد تغییرات در تعداد دانه در هر طبق، تعداد بالقوه ی گل ها است که در طول دوره رشد رویشی گیاه به خصوص توسط گسترش برگی تعیین می شود (۱۷ و ۲۵). با کاهش میزان آب مصرفی از آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A در تمامی سطوح مصرف کود پتاسیم تعداد دانه در طبق کاهش یافت. جعفرزاده کنارسری و پوستینی (۱۳۷۷) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی در دوره قبل از گلدهی سبب کاهش تعداد گل و نهایتاً تعداد دانه در گل آذین می گردد (۳). در صورت عدم مصرف سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر، تعداد دانه در طبق به ترتیب ۶/۳۶، ۸/۵۹ و ۱۱/۸۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳). مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش

کم آبی منجر به افزایش تعداد دانه در طبق شد. افزایش تعداد دانه ها با مصرف پتاسیم را می توان به دلیل نقش پتاسیم در افزایش تولید کربوهیدرات ها و انتقال سریع آنها به دانه توجیه کرد (۴۰). بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر و هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۹۱۹/۴ عدد و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و به هنگام مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۴۰۸/۲ عدد به دست آمد. با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر، تعداد دانه در طبق در مقایسه با عدم مصرف آن ۹۳/۱۵ درصد افزایش یافت، این میزان در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر به ترتیب معادل ۶۵/۸۲، ۵۹/۹۱ و ۴۷/۶۰ درصد بود (جدول ۳). با توجه به نقشی که پتاسیم در حفظ آب گیاه و جلوگیری از هدر رفتن آب دارد، در شرایط تنش که گیاه با کمبود آب مواجه است، وجود پتاسیم کافی سبب حفظ فعالیت فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می شود و با افزایش شدت تنش، نقش پتاسیم در جلوگیری از کاهش دانه در ردیف واضح است. بدین ترتیب با توجه به نقش پتاسیم در انتقال اسمیلات ها و مواد غذایی، افزایش تعداد دانه در ردیف با کاربرد پتاسیم قابل توجیه است (۶).

#### وزن دانه در طبق

با کاهش میزان آب مصرفی از آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم، میزان وزن دانه در طبق کاهش یافت. در صورت عدم مصرف سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر، وزن دانه در طبق به ترتیب ۴/۴۶، ۲۷/۳۸ و ۶۸/۲۹ درصد کاهش یافت. مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش کم آبی منجر به افزایش وزن دانه در طبق شد (جدول ۳). نقش سولفات پتاسیم در افزایش وزن دانه در طبق در شرایط مطلوب از نظر وضعیت آبی، به مراتب بهتر از شرایط کمبود آب بود که می تواند به جذب بیشتر و انتقال بهتر این عنصر مربوط باشد. کمبود آب در اواخر پر شدن دانه موجب افزایش نیروی اسمزی و نیروی ماتریکس و کاهش وزن دانه می شود (۲۴ و ۴۷). پتاسیم منجر به افزایش کارایی مصرف آب، بهبود شرایط رشد گیاه و تقسیم سلولی و ساخت هیدروکربن ها و پروتئین ها و انتقال سریع آن به طرف دانه می شود (۶ و ۴۰)، لذا افزایش وزن دانه ها با افزایش میزان پتاسیم قابل توجیه است. بیشترین وزن دانه در طبق در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر و به هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۶۱/۰۱ گرم و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و به هنگام عدم مصرف سولفات پتاسیم معادل ۹/۶۳۷ گرم به دست آمد. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر، وزن دانه در طبق را در مقایسه با عدم مصرف آن ۹۵/۸۵ درصد افزایش داد. این میزان در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر به ترتیب معادل ۳۸/۹۷، ۵۵/۴۸ و ۱۴۵/۵۱ درصد بود. کاهش وزن دانه در طبق در شرایط بدون مصرف سولفات پتاسیم



در تیمار آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر معادل ۶۸/۲۹ درصد بود که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم این مقدار به ۶۱/۲۱ درصد رسید (جدول ۳). ولدآبادی (۱۳۸۱) نیز گزارش کرد که در اثر کاربرد پتاسیم در ذرت، ارزن و سورگوم در تنش خشکی وزن دانه افزایش می‌یابد (۲۱).

### وزن صد دانه

وزن صد دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد محسوب شده و بالا بودن وزن صد دانه باعث افزایش عملکرد می‌گردد. وزن صد دانه به چهار عامل طول پر شدن دانه، تعداد برگ‌های فعال در مرحله نمو زایشی، سطح برگ و وزن خشک ساقه بستگی دارد (۱۷). با کاهش میزان آب مصرفی از آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم، وزن صد دانه کاهش یافت. در صورت عدم مصرف سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر وزن صد دانه به ترتیب ۱۴/۷۸، ۱۸/۱۱ و ۵۰/۰۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). هرچه تنش در مرحله پر شدن دانه شدیدتر باشد، وزن صد دانه از طریق کاهش فتوسنتز، افت سرعت و مقدار مواد انتقالی بیشتری کاهش می‌یابد (۷). مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح آبی منجر به افزایش وزن صد دانه شد که همانند وزن خشک برگ، تعداد دانه در طبق و وزن دانه در طبق نقش سولفات پتاسیم در افزایش وزن صد دانه نیز در شرایط مطلوب از نظر وضعیت آبی بهتر از شرایط کمبود آب بود. با توجه به نقش پتاسیم در افزایش تقسیم و رشد سلولی و افزایش فرایند فتوسنتز و انتقال مواد اسمیلاتی، محدودیت مخزن تا حدودی از بین رفته و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها باعث پر شدن دانه و افزایش ابعاد دانه گشته و به تبع آن وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (۵). بیشترین میزان وزن صد دانه در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر و هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۶/۵۶۱ گرم و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و به هنگام عدم مصرف سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر، وزن صد دانه را در مقایسه با عدم مصرف آن ۱۰/۸۴ درصد افزایش داد. این میزان در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر به ترتیب معادل ۲۵/۳۹، ۲۱/۶۲ و ۸۰/۵۸ درصد بود. کاهش وزن صد دانه در شرایط بدون مصرف سولفات پتاسیم در آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر معادل ۵۰/۵۹ درصد بود که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم این مقدار به ۱۸/۶۴ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

### بیوماس اندام هوایی

وزن خشک نهایی گیاه شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد محسوب می‌شود. به طور کلی، وزن خشک بالاتر نشان‌دهنده کارایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است (۳۲). هرگونه تنش در رشد گیاه به طور مستقیم وزن خشک را متاثر می‌سازد و موجب کاهش آن

می‌گردد (۳۷). در اثر کمبود آب حجم سلول، تقسیم سلولی، دیواره سازی سلول، اندازه کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه کاهش می‌یابد (۲۹). با کاهش میزان آب مصرفی در تیمار آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم میزان بیوماس کاهش یافت. عدم مصرف سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر باعث کاهش به ترتیب ۱۷/۳۵ و ۲۴/۲۷ درصدی در بیوماس گردید. مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش کم‌آبی منجر به افزایش بیوماس شد. بیشترین میزان بیوماس در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر و به هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۱۶۰۰/۲۴ گرم در متر مربع و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر و به هنگام عدم مصرف کود پتاسیم معادل ۵۵۸/۳۴ گرم به دست آمد. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر در مقایسه با عدم مصرف آن منجر به افزایش ۱۱۷/۰۴ درصدی بیوماس شد. این میزان در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب معادل ۱۶۰/۳۰، ۷۹/۶۷ و ۸۹/۹۸ درصد بود (جدول ۳). پتاسیم باعث افزایش کارایی کربوکسیلاسیون در شرایط کمبود آب می‌گردد و این امر موجب افزایش وزن خشک اندام های هوایی می‌شود (۳۵ و ۴۰).

#### عملکرد دانه

با کاهش میزان آب مصرفی در اثر اعمال تیمارهای آبیاری از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم میزان عملکرد کاهش معنی‌داری یافت. عملکرد دانه در صورت عدم مصرف سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب ۱۰/۳۶، ۲۴/۴۳ و ۵۹/۴۶ درصد کاهش یافت. تنش آب بیش از همه عوامل زیستی و محیطی موجب کاهش عملکرد می‌شود (۱۶). حساسیت عملکرد نهایی به تنش رطوبتی و مرحله‌ی فیزیولوژی که تنش در آن رخ می‌دهد بستگی دارد (۳۴). کمبود آب در طی دوره گلدهی و گرده افشانی به علت اثرات آن بر اعضای زایشی می‌تواند کاهش قابل توجهی را در عملکرد گیاهان زراعی دارای رشد محدود ایجاد نماید (۳۳ و ۴۲). کاکس و جولیف (۲۰۰۰) در تحقیق خود گزارش دادند که کمبود آب خاک، عملکرد دانه را در آفتابگردان تا ۲۰ درصد و در سویا تا ۲۷ درصد کاهش داد (۲۷). مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش کم‌آبی منجر به افزایش عملکرد شد. بیشترین میزان عملکرد در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر و به هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۵۰۷/۳ گرم در مترمربع و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر و به هنگام عدم مصرف سولفات پتاسیم معادل ۸۰/۱۳ گرم در مترمربع بود. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد را در مقایسه با عدم مصرف آن ۱۵۶/۶۰ درصد افزایش داد (شکل ۱). تغییرات عملکرد دانه در این بررسی طی تیمارهای آزمایشی کاملاً با

تغییرات اجرای عملکرد مخصوصاً تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق و وزن صد دانه منطبق بود. چائودهری و مشتاق (۲۰۰۴)، خان (۲۰۰۱)، شایند و همکاران (۱۹۹۳) نیز اعلام کردند که افزایش کاربرد کود پتاسیم از طریق افزایش در قطر طبق و تعداد دانه‌های پر در طبق باعث افزایش در عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه از نظر اثر متقابل تنش کم‌آبی و سولفات پتاسیم

صفات مورد مطالعه								
دوره آبیاری	کود پتاسیم	ارتفاع ساقه (cm)	وزن برگ (gr)	تعداد دانه در طبق	وزن دانه در طبق (gr)	بیوماس (gr/m <sup>2</sup> )	شاخص برداشت (%)	وزن صد دانه (gr)
D1	K1	۱۱۰ e-g	۴/۶ f-i	۴۷۶/۰ g-i	۳۱/۲ d-h	۷۳۷/۳ d-h	۱۹/۹ e-g	۵/۹۲ a-c
D1	K2	۱۲۹/۵ cd	۷/۸ c-e	۵۴۱/۱ e-g	۴۱/۴ bc	۸۸۰/۶ bc	۲۰/۰ e-g	۶/۰۰ a-c
D1	K3	۱۶۰/۹ b	۸/۲ cd	۶۱۷/۲ c-e	۴۲/۵ b	۹۶۴/۵ b-d	۲۶/۸ b	۶/۶۱ ab
D1	K4	۱۷۸/۵ a	۱۳/۷ b	۶۳۴/۶ c-d	۴۳/۸ b	۱۵۴۲/۱ a	۲۹/۶ ab	۶/۲۳ ab
D1	K5	۱۸۴/۶ a	۲۶/۲ a	۹۱۹/۴ a	۶۱/۰ a	۱۶۰۰/۲ a	۳۲/۵ a	۶/۵۶ a
D2	K1	۱۰۷/۲ fg	۳/۳ g-i	۴۴۵/۷ hi	۲۹/۷ e-h	۷۳۵/۱ d-h	۱۶/۲ f-h	۵/۰۴ ab
D2	K2	۱۱۲/۹ d-f	۴/۶ f-i	۵۳۲/۶ f-h	۳۲/۴ c-g	۸۵۰/۸ c-f	۲۰/۸ d-f	۵/۷۹ a-c
D2	K3	۱۱۱/۴ e-g	۷/۸ c-e	۵۸۶/۵ c-f	۳۵/۹ b-e	۹۱۶/۳ b-e	۲۵/۰ b-d	۵/۹۱ a-c
D2	K4	۱۷۶/۰ ab	۹/۰ c	۶۳۷/۹ cd	۴۰/۷ b-d	۱۴۱۱/۰ a	۲۸/۱ b	۵/۹۹ a-c
D2	K5	۱۸۴/۰ a	۱۴/۴ b	۷۳۹/۱ b	۴۱/۴ bc	۱۵۱۶/۴ a	۲۷/۱ b	۶/۳۳ ab
D3	K1	۹۵/۵ g	۲/۸ hi	۴۳۵/۱ i	۳۱/۴ d-h	۶۰۹/۳ gh	۱۳/۴ hi	۵/۹۰ a-c
D3	K2	۱۱۱/۸ e-g	۵/۳ e-h	۴۷۵/۱ g-i	۳۵/۹ b-e	۷۷۰/۷ d-h	۱۶/۰ gh	۵/۱۰ a-c
D3	K3	۱۲۲/۵ c-f	۵/۷ d-g	۵۷۳/۸ d-f	۳۵/۹ b-e	۸۱۹/۹ d-g	۱۹/۲ e-g	۵/۱۱ a-c
D3	K4	۱۳۸/۲ c	۶/۰ d-f	۵۹۷/۴ c-f	۳۵/۹ b-e	۹۱۷/۲ b-e	۲۶/۴ bc	۵/۱۲ a-c
D3	K5	۱۷۴/۰ ab	۵/۹ d-g	۶۶۱/۰ c	۳۵/۲ b-f	۱۰۹۴/۸ b	۲۶/۰ bc	۵/۹۰ a-c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

### شاخص برداشت

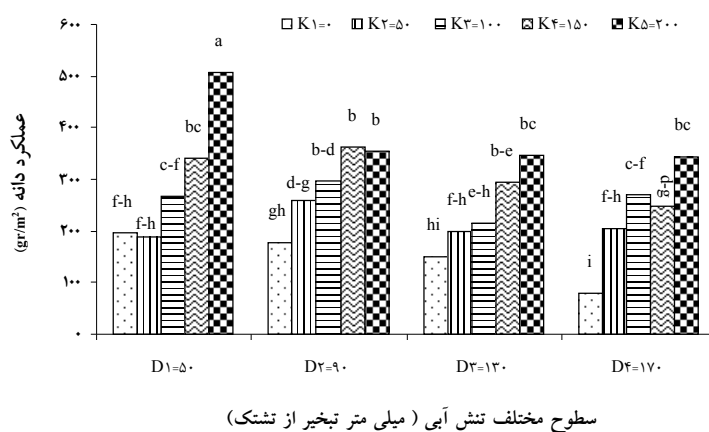
شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک است. این شاخص یکی از معیارهای مورد استفاده در برآورد کارایی توزیع یا انتقال مواد ساخته شده به دانه یا محصول اقتصادی در گیاه می‌باشد (۸ و ۹). این شاخص به علت تاثیرپذیری کمتر از محیط به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در افزایش عملکرد به شمار می‌رود (۱۱). با کاهش میزان آب مصرفی در تیمار آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم میزان شاخص برداشت کاهش یافت. در شرایط عدم مصرف سولفات پتاسیم و تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک A شاخص برداشت

به ترتیب به میزان ۱۸/۴۴، ۳۲/۸۶ و ۴۲/۷۶ درصد کاهش یافت. نتایج فررز و همکاران (۱۹۸۶) نشان داد که تنش کمبود آب سبب کاهش شاخص برداشت در تمام ژنوتیپ های آفتابگردان شد و علت آن کاهش تعداد دانه در طبق و قطر طبق و افزایش پوکی دانه اعلام گردید (۳۱)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح آبیاری منجر به افزایش شاخص برداشت شد. بیشترین میزان شاخص برداشت در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر و به هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۳۲/۵۲ درصد و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و به هنگام عدم مصرف سولفات پتاسیم معادل ۱۱/۳۹ درصد به دست آمد. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر در مقایسه با عدم مصرف آن منجر به افزایش ۶۳/۴۷ درصدی شاخص برداشت شد، این میزان در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر به ترتیب معادل ۶۶/۴۲، ۹۴/۸۳ و ۱۳۴/۱۵ درصد بود. کاهش شاخص برداشت در شرایط بدون مصرف پتاسیم و آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر معادل ۴۲/۷۶ درصد بود که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم این مقدار به ۱۷/۹۸ درصد رسید (جدول ۳). سبحانی (۱۳۸۳) در بررسی اثرات تنش کم آبی و کاربرد پتاسیم در سیب زمینی افزایش شاخص برداشت را گزارش نمود (۱۰).

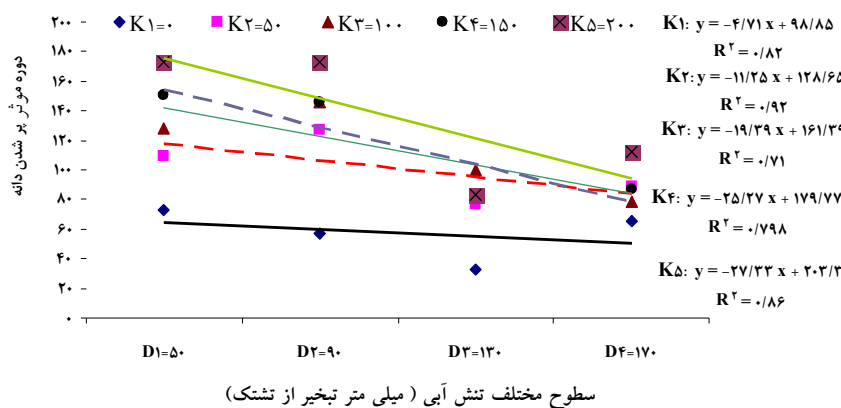
#### دوره موثر پر شدن و سرعت پر شدن دانه

دوره موثر پر شدن دانه اکثراً برای ارزیابی نسبی طول دوره پر شدن دانه مورد استفاده قرار می گیرد. این متغیر از تقسیم عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) بر سرعت کل تجمع ماده خشک در دانه (کیلوگرم در روز) طی مرحله خطی نمو دانه به دست می آید (۱۴ و ۲۸). نادری و همکاران (۱۳۷۹) گزارش دادند که سرعت پر شدن دانه با طول دوره موثر پر شدن دانه همبستگی منفی و معنی داری دارد (۲۰). نتایج مقایسه میانگین اثرات مصرف پتاسیم در شرایط تنش کم آبی بر دوره موثر پر شدن نشان داد که با افزایش شدت تنش در اثر اعمال تیمارهای آبیاری از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشک کلاس A در تمامی سطوح مصرف سولفات پتاسیم، دوره پر شدن دانه کاهش یافت. ولی مصرف سولفات پتاسیم در تمامی سطوح تنش کم آبی منجر به افزایش دوره موثر پر شدن دانه شد. بیشترین میزان دوره موثر پر شدن دانه در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر و به هنگام مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۳۰ میلی متر تبخیر و به هنگام عدم مصرف سولفات پتاسیم به دست آمد. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی متر تبخیر دوره موثر پر شدن دانه در مقایسه با عدم مصرف آن منجر به افزایش ۱۳۵/۹۱ درصد شد. این میزان در آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی متر تبخیر معادل ۵/۲۷، ۱۵۵/۲ و ۶۹/۸۶ درصد بود. کاهش دوره موثر پر شدن دانه در شرایط بدون مصرف سولفات پتاسیم از آبیاری پس از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی متر تبخیر معادل ۱۰/۲۷ درصد بود که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم این مقدار به ۳۵/۳۹ درصد رسید. با افزایش هر واحد در

شدت تنش کم آبی، دوره ی موثر پر شدن دانه به ترتیب با مصرف صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم ۴/۷، ۱۱/۲، ۱۹/۴، ۲۵/۳ و ۲۷/۳ واحد کاهش یافت (شکل ۲). نتایج نشان داد که کمبود آب پس از گرده افشانی مدت پر شدن دانه را با به جلو انداختن خشکی آندوسپرم و محدود کردن حجم جنین کوتاه تر می کند (۴۶). اثر عوامل آزمایشی بر دوره ی موثر پر شدن دانه معنی دار نشد، با این حال بیشترین سرعت در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و با عدم مصرف سولفات پتاسیم معادل ۱۳/۷۶ میلی گرم در روز و کمترین آن در تنش آبی ۹۰ میلی متر و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم معادل ۷/۰۴ میلی گرم در روز حاصل شد.



شکل ۱- اثر متقابل سطوح مختلف تنش آبی و مصرف کود پتاسیم بر عملکرد



شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف تنش آبی و مصرف کود پتاسیم بر دوره موثر پر شدن

نتایج این آزمایش نشان داد مصرف پتاسیم در شرایط تنش کم آبی می تواند با افزایش تعداد برگ و در نتیجه احتمالاً افزایش میزان آسیمیلایون، منجر به افزایش تعداد دانه، دوره پرشدن دانه و وزن صد دانه شده و بدین ترتیب باعث افزایش عملکرد دانه می شود. بیشترین تاثیر پتاسیم در تحمل به خشکی در آفتابگردان در بین صفات مورد بررسی مربوط به وزن خشک برگ بود. بنابراین، حفظ برگ های گیاه و تجمع ماده خشک در آنها منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکرد شده است. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی در شرایط کمبود آب با مصرف سولفات پتاسیم می توان بیش از ۱۰۰ درصد از کاهش عملکرد ایجاد شده ممانعت کرد.

## منابع

- ۱- اسکندری، الف. ر. و موسوی، س. ع. ۱۳۸۰. بر هم کنش رطوبتی و پتاسیم خاک بر رشد رویشی دو رقم گندم زمستانه، هفتمین کنگره علوم خاک ایران (مجموعه مقالات کوتاه)، ۴ - ۷ شهریور ماه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
- ۲- آلیاری، ه.، شکاری، ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹. دانه های روغنی: زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی تبریز.
- ۳- جعفرزاده کنار سری، م. و پوستینی، ک. ۱۳۷۷. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر برخی ویژگی های مرفولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان (رقم رکورد). مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۹، شماره ۲، صفحه ۳۵۳ الی ۳۶۱.
- ۴- خسروی فر، س.، یارنیا، م.، خورشیدی بنام، م. ب. و حسین زاده مقبل، ا. ه. ۱۳۸۷. اثر پتاسیم بر تحمل به خشکی سیب زمینی آگریا، خلاصه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۳۰ - ۲۸ مرداد ماه، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، صفحه ۳۵۸.
- ۵- خلدبرین، ب. و اسلام زاده، ط. ۱۳۸۴. تغذیه معدنی گیاهان آلی (ترجمه)، جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۶- دانشیان، ج.، مجیدی، الف.، نور محمدی، ق. و جنوبی، پ. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر خشکی و کاربرد مقادیر مختلف پتاسیم بر روی سویا، نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات (چکیده مقالات)، ۵ - ۷ شهریور ماه، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
- ۷- دست بری، ر. ۱۳۸۷. اثرات شدت تنش خشکی بر روند پر شدن دانه و عملکرد ژنوتیپ های زمستانه گندم در شرایط دیم، پایان نامه ی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۱۱۱ صفحه.
- ۸- رحمتی، ع. ۱۳۸۴. تأثیر تراکم و تغییر میزان مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۹- سالاردینی، ع. ۱۳۸۴. حاصلخیزی خاک (تالیف)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۴ صفحه.
- ۱۰- سبحانی، ع. ر. ۱۳۸۳. بررسی اثرات تنش کم آبی و تغذیه پتاسیم بر روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی سیب زمینی، خلاصه مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۵ - ۳ شهریور ماه، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، صفحه ۱۵۹.
- ۱۱- فتحی، ق.، برزگر، ا.، یعقوبی، م. و عالمی، س. خ. ۱۳۷۸. اثر متقابل نیتروژن و پتاسیم بر روی عملکرد و روند رشد ذرت. ششمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

- ۱۲- قاسمی گلعدانی، ک. و موحدی، م. ۱۳۷۶. روابط کمی بین تراکم بوته و عملکرد دانه سه رقم نخود در تاریخ های مختلف کاشت. دانش کشاورزی، جلد ۷، شماره های ۱ و ۲، صفحه ۵۹ - ۷۳.
- ۱۳- کوچکی، ع. ۱۳۷۶. به زراعی و به نژادی در زراعت دیم (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۰۲ صفحه
- ۱۴- کافی، م. ب.، کامکار، ع. و مهدوی دامغانی، ا. ۱۳۸۰. زیست شناخت بذر و عملکرد محصولات دانه‌ای، (ترجمه)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۲۱ صفحه.
- ۱۵- کوچکی، ع.، راشد محصل، م. ح.، نصیری محلاتی، م. و صدرآبادی، ر. ۱۳۷۷. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی، انتشارات استان قدس رضوی، ۴۰۴ صفحه.
- ۱۶- کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. م. ۱۳۷۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۶۷ صفحه.
- ۱۷- کوچکی، ع.، راشد محصل، م. و نصیری، م. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۷۸ صفحه.
- ۱۸- ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه حل‌ها، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۸۲ صفحه.
- ۱۹- مولودی، ش. ۱۳۸۴. آب و بهینه‌سازی مصرف کود، فصل‌نامه علمی، مهندسی، اطلاع‌رسانی و فرهنگی، شماره ۲، صفحه ۴۷ و ۴۸.
- ۲۰- نادری، ا.، هاشمی دزفولی، ا.، مجیدی هروان، ا.، رضائی، ع. م. و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. مطالعه همبستگی صفات مؤثر بر وزن دانه و تعیین اثر برخی پارامترهای فیزیولوژیک بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی. مجله نهال و بذر، جلد ۱۶، شماره ۳، صفحه ۳۸۶ - ۳۷۴.
- ۲۱- ولدآبادی، س. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تنش خشکی بر روی خواص کمی و کیفی ذرت. هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۲ - ۴ شهریور ماه، کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صفحه ۶۱۷.
- 22- Afkari Bajehbaj, A., Gasimov, N. and Yarnia, M. 2009. Effects of drought stress and potassium on some of the physiological and morphological traits of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) cultivars. J.Food, Agriculture and Environment, 7(3&4): 448-451.
- 23- Al - Moshileh, A. M. and Errebi, M. A. 2004. IPI regional workshop on potassium and fertigation development in west Asia and North Africa, Rabat, Morocco. 24 -28 November. Pp: 15 -57.
- 24- Baren, D. L. And Wooley, D. G. 1969. Effects of moisture stress at different stages of growth, 1. Camparison of a single - eared and two - eared corn hybrid. Agron. J. 61: 788 - 790.
- 25- Brown, C. L. 1977. Effect of date of final irrigation on yield components of sunflower. Agronomy J. 54:19-23.
- 26- Chaudhry, A. U. and Mushtag, M. 2004. Optimization of potassium in sunflower. Pakistan J. of Biological Sciences. 2(3): 887-888.
- 27- Cox, W. I. and Jolliff, G. D. 2000. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy J. 78: 226- 230.
- 28- Daynard, T. B., Tanner, J. W. and Duncan, W. G. 1971. Duration of the grain filling period and its relationship to grain yield in Corn (*Zea Mays* L.). Crop Sci. 11: 45 - 48.
- 29- Earl, H. J. and Davis, R. F. 2003. Effect of drought stress on leaf and canopy whole radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy J. 95: 688 - 696.
- 30- Egilla, N., Davies, F. T. and Boutton, T. W. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water use efficiency of *Hibiscus rosa - sinensis* at three potassium concen trations. Biomedical and Life Sciences. 43 (1): 135 - 140.
- 31- Fereres, W., Gimenez, C. and Fernandez, J. M. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought, yield relation ships. Aust. J.Agric. Res. 37:573-582.

- 32- **Gomes- Sanchez, D., Vannozzi, G. P., Baldini, M., Tahamasebi Enferadi, S. and Dell Vedove, G. 2000.** Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. Italian Journal of Agronomy, Pp: 371-387.
- 33- **Hall, M. H., Chimenti, C., Trapani, N., Vilella, F. and Cohende Hunau, R. 1994.** Yield in water-stressed maize genotypes: Association with Traits Measured in Seedlings and flowering plants. Field Crop Res. 39: 41-57.
- 34- **Harder, H. J., Carlson, R. E. and Shaw, R. H. 1981.** Yield and yield components, and nutrients content of corn grain as influenced by post – silking moisture stress. Agronomy J. 74: 275 – 278.
- 35- **Kafkafi, U. 1990.** The functions of plant in overcoming environmental stress situations, in: Proceedings of the Ipi 22<sup>nd</sup> Colloquium On: Development of K, Fertilizer Recommendations, Held At Soligorsk, USSR, 18 – 23 June. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
- 36- **Khan, A. M. 2001.** Effect of N.P.K on growth, yield and oil contents of autumn sunflower. M.S.C. Thesis, University of Agricultur, Faisalabad.
- 37- **Kozlowski, T. and Editor, T. 1972.** Water deficits and plant growth. Academic Press. New York. Pp: 236 – 368.
- 38- **Levyd, D. 1992.** Osmotic potential of potatoes subjected to a single cycle of water deficit. Potato Research Journal. 35(1): 17-24.
- 39- **Lindhauer, M. G. 1985.** Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower. Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 148: 654-659.
- 40- **Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants, 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press. London. Pp: 889
- 41- **Moss, G. I. and Donwey, L. A. 1971.** Influence of drought stress on female gametophyte development in corn and subsequent grain yield. Crop Sci. 11: 368 – 372.
- 42- **Nesmith, D. S. and Ritchie, J. T. 1992.** Effect of soil water – deficits during tassel emergence on dewelopment of maize (*Zea Mays* L.). Field Crop Res. 28: 251-256.
- 43- **Perrenoud, S. 1993.** Fertilizing for high yield potato. IPI Bulletin 8. 2<sup>nd</sup> Edition International Potash Institute, Basel, Switzerland.
- 44- **Shinde, S. V., Naphad, S., Kohale, K. and Fulzete, G. 1993.** Effect of varying levels of potash on seed and oil yield of sunflower. P.K.V Res. J. 17(1):31-32.
- 45- **Soleimanzadeh, H., Habibi, D., Ardakani, M. R., Paknejad, F. and Rejali, F. 2010.** Response of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) to drought stress under different potassium levels. World Applied Sciences Journal. 8(4): 443-448.
- 46- **Westgate, M. E. 1994.** Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. Crop Sci. 34: 76 – 83.
- Westgate, M.E. and J.S. Boyer. 1985. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. Crop Sci. 25: 762 – 769.