نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال هفتم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۶

اثر تنش آبی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارزن نوتریفید و سورگوم اسپیدفید در چین‌های مختلف

محمد صفائی طرقبه[۱]، آرمان آذری[۲*]، حسین دشتی[۳] و شهاب مداح حسینی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش آبی انجام شده در برداشت اول و نیز پس از رفع تنش در بازرشد، بر ارزن نوتریفید (*Pennisetum americanum* var. Nutrifeed) و سورگوم اسپیدفید (*Sorghum bicolor* var. Speedfeed)، این تحقیق به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان و مکان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت که در آن تیمار آبیاری در برداشت اول در سه سطح (شامل: ۸۰ (شاهد)، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ) به‌عنوان عامل اصلی، رقم در دو سطح به‌عنوان عامل فرعی (ارزن نوتریفید و سورگوم اسپیدفید) و دفعات برداشت علوفه در دو سطح به‌عنوان عامل فرعی فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. در بازرشد، آبیاری در تمامی تیمارها با دور شاهد (۸۰ میلی‌متر تبخیر) انجام گرفت. تأخیر در آبیاری در برداشت اول سبب کاهش در رنگیزه‌های برگ، شاخص‌های سطح برگ، سطح مخصوص برگ و شاخص پربرگی، عملکرد برگ، ساقه و علوفه کل و افزایش پرولین، ساکارز و قندهای محلول برگ در هر دو گیاه گردید. در بازرشد، اثرات تأخیر در آبیاری همچنان وجود داشت و باعث تکرار روند تغییرات صفات در برداشت اول گردید. همچنین سورگوم اسپیدفید در برداشت اول و دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد (حدود ۷/۳ و ۳/۸ تن درهکتار) را تولید کرد. ارزن نوتریفید به‌دلیل شاخص پربرگی بالاتر در هر دو برداشت (به‌ترتیب ۴۶/۷ و ۴۵/۰ درصد) دارای کیفیت علوفه بیشتری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بازرشد، پرولین، تنش خشکی، علوفه

۱ و ۲ و ۳. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: armanazari@vru.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

مقدمه

خشکسالی و تنش ناشی از آن، مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که همه ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات کشاورزی در جهان و ایران وارد می‌نماید. کاهش مقدار آب قابل دسترس گیاه منجر به تنش خشکی و بروز تغییرات نامناسب مرفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه می‌شود (۲۱). کمبود آب، رشد و عملکرد را از طریق کاهش فشار تورژسانس سلولی و در نتیجه کاهش سطح برگ و فتوسنتز آن، کاهش می‌دهد (۹). نوری ازهر و احسان‌زاده (۱۵) با بررسی شاخص‌های رشد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش کردند که کم‌آبیاری اثر معناداری بر شاخص سطح برگ دارد و بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. تنش خشکی در ابتدا باعث کاهش پتانسیل آب برگ، تغییرات در تورژسانس سلول و بسته شدن روزنه‌ها به‌علت اسید آبسیزیک تولیدی در برگ یا ریشه‌ها می‌گردد که این امر موجب کاهش غلظت CO_2 درون سلول‌ها و افزایش مقاومت مزوفیل و در نتیجه تغییر در فتوسنتز می‌شود (۱۶). گیاهانی که در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرند با از دست دادن آب درون سلولی خود باعث افزایش تجمع تنظیم کننده‌های اسمزی مانند پرولین گلایسین و بتائین به‌منظور عکس‌العمل به تنش خشکی می‌گردند. پرولین، علاوه بر نقش تنظیم کننده اسمزی، منجر به برقراری ثبات در ساختار غشاء و پروتئین و مهار رادیکال‌های آزاد سلول در شرایط تنش می‌شود و کمترین اثر بازدارندگی را بر رشد سلول‌ها در بین تمام اسید آمینه‌ها دارد (۱۲). در همین ارتباط، افزایش محتوای پرولین بر اثر تنش خشکی در ریشه و اندام هوایی گونه‌های *Onobrychis radiate* و *O. Viciifolia* گزارش شده است (۱۹). قندهای محلول نیز به‌عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی، باعث ثبات غشاءهای سلولی و حفظ‌کننده تورژسانس سلول‌ها می‌شود. در حقیقت، در گیاهانی که قندهای محلول در پاسخ به تنش خشکی تجمع می‌یابند، تنظیم اسمزی بهتر صورت می‌گیرد. افزایش مقدار ساکارز در برگ، ریشه و مزوکوتیل هیبرید حساس به خشکی ذرت (Ankora) در شرایط تنش خشکی نیز گزارش شده است (۲۳). آنها همچنین گزارش نمودند که مقدار قندهای محلول در شرایط تنش خشکی در تمامی اندام‌های مذکور هم در رقم حساس و هم در رقم متحمل افزایش نشان داد. در تحقیقی دیگر، میزان قندهای محلول در ریشه گیاه سویا در شرایط تنش ملایم و تنش شدید خشکی افزایش یافت، درحالی‌که در برگ و ساقه میزان این ترکیبات تنها در تنش شدید روند صعودی نشان داد (۶). آرازمجو و همکاران (۲) گزارش نمودند که با بالا رفتن سطح تنش خشکی تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه در گیاه بابونه، بر میزان تجمع دو تنظیم کننده اسمزی (کربوهیدارت‌ها و پرولین) افزوده شد. محتوای نسبی آب برگ نیز شاخص فیزیولوژیک مهمی در بررسی و ارزیابی درجه تحمل به تنش خشکی و شناسایی رقم‌های مقاوم به خشکی است (۷). رقم‌های مقاوم در برابر تنش خشکی مقدار آب برگ خود را نسبت به ژنوتیپ‌های حساس برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند (۱۷). ارزن و سورگوم گیاهانی چهارکربنه و گرمادوست از خانواده غلات هستند و از تحمل بالایی نسبت به تنش‌های محیطی نظیر شوری و به‌ویژه کمبود آب برخوردارند (۱۳ و ۱۴). در خانواده غلات ارزن و سورگوم به‌همراه نیشکر و برنج قادر هستند که بعد از برداشت و در صورت مساعد بودن شرایط محیطی، رشد نموده و محصول جدید تولید نماید و در نتیجه امکان برداشت مجدد محصول را فراهم کنند که این پدیده را اصطلاحاً بازرشد گویند (۱۰). به دلایلی نظیر اقتصادی‌تر بودن نسبت به کاشت دوباره، بالاتر بودن کیفیت محصول، کوتاه بودن دوره رشد بازرشد، کاهش هزینه‌ها نظیر آب، کود و مبارزه با آفات، کشاورزان و به‌خصوص شالیکاران از این روش استفاده می‌کنند (۵). ارزن و سورگوم در مناطق مختلف تا چند مرتبه قادر به بازرشد و تولید محصول هستند (۱۴). ارزن علوفه‌ای محصول مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که به‌علت پنجه‌زنی فراوان، قابلیت بازرشد، مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

عملکرد بالا در خاک‌های فقیر و عدم وجود اسید پروسیک مورد توجه است (۱۸). سورگوم یکی از پنج گیاه مهم دنیا می‌باشد که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین سورگوم نیز از نظر تولید خوراک انسان و دام، و تولید شکر و اتانول دارای اهمیت بوده و با قدرت پنجه‌زنی فراوان، قادر به بازسازی اندام‌های هوایی خود می‌باشد (۱). اگر آب‌وهوای زمستان متعادل باشد و مبارزه با آفات صورت گیرد، سورگوم می‌تواند به‌مدت هفت سال زنده بماند. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که بتوان بلافاصله بعد از برداشت، گیاه رشد مجدد کرده و محصول دوم در همان فصل رشد تولید شود (۲۲). با توجه به موارد گفته شده و این مطلب که تنش‌های محیطی در رشد اول چه اثری بر بازرشد این گیاهان خواهند گذاشت، تحقیق حاضر به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی انجام شده در برداشت اول پس از رفع تنش در بازرشد، بر ارزن نوتریفید (*Pennisetum americanum* var. Nutrifeed) و سورگوم اسپیدفید (*Sorghum bicolor* var. Speedfeed) در منطقه رفسنجان در دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان و مکان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۳۹۳به اجرا درآمد، که در آن تیمار آبیاری در برداشت اول در سه سطح (شامل ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ) به‌عنوان عامل اصلی، رقم در دو سطح به‌عنوان عامل فرعی (ارزن نوتریفید و سورگوم اسپیدفید) و دفعات برداشت علوفه در دو سطح به‌عنوان عامل فرعی فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. کاشت در دو طرف پشته‌های با عرض ۸۰ سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (طبق توصیه مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر) در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه انجام شد. هر کرت شامل شش خط کاشت و به طول نه متر بود که حد فاصل بین سطوح عامل فرعی یک پشته و بین عامل اصلی، دو پشته در نظر گرفته شد. براساس آزمون خاک (جدول ۱)، مصرف کود فسفره به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل به‌صورت پیش‌کاشت و کود نیتروژن به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم خالص در هکتار از منبع اوره طی دو مرحله سرک‌دهی (۵۰ کیلوگرم همراه با سومین آبیاری و مابقی در مرحله آغاز گره‌بندی در هر دو برداشت) صورت گرفت.

در اول شهریور ماه برداشت اول انجام شد. پس از برداشت اول و در بازرشد، دور آبیاری برای تمامی تیمارها، به‌صورت شاهد (بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ) صورت گرفت و در اواسط آبان با رسیدن میانگین دما به ۱۰ درجه سانتی‌گراد و توقف رشد، برداشت دوم علوفه صورت گرفت. در هر دو برداشت علوفه، صفات فیزیولوژیک مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از رنگدانه‌های برگ (کلروفیل a و b، نسبت کلروفیل a به b و کاروتنوئید)، پرولین، ساکارز و قندهای محلول برگ و محتوای نسبی آب برگ از جوان‌ترین برگ بالغ. همچنین صفات مورفولوژیک شامل شاخص سطح برگ، شاخص پربرگی، سطح مخصوص برگ و عملکرد علوفه بودند. رنگدانه‌های برگ از روش آرنون (۳)، محتوای پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران (۸) و قندها با استفاده از روش اریگوئن و همکاران (۸)، ساکارز از روش ون هندل (۲۴) و محتوای نسبی آب برگ (RWC: Relative Water Content) از روش ریچی و همکاران (۲۰) اندازه گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf area meter, Delta T, CI-202WD3, UK)، تعیین و شاخص‌های سطح برگ (LAI: Leaf Area Index)، سطح مخصوص برگ (SLA: Specific Leaf Area) (حاصل تقسیم سطح برگ بر وزن خشک برگ) و شاخص پربرگی (LWR: Leaf Weight Ratio) (حاصل تقسیم وزن خشک برگ بر وزن خشک زیست‌توده) محاسبه گردید (۱۱). تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزار SAS و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. قابل ذکر است که در ابتدا، تجزیه جداگانه در برداشت اول و بازرشد به‌صورت اسپلیت‌پلات انجام شده و پس از تست همگنی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

جدول ۱. تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

pH	EC	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	شن	رس	سیلت	نیتروژن	ماده آلی
	(dS/m)	(ppm)		(٪)				
۷/۶	۴/۴	۲۵۲	۷	۴۳	۱۷	۴۰	۰/۰۶۷	۰/۲۳

واریانس‌های خطای آنها با استفاده از آزمون بارتلت، اقدام به تجزیه توأم (مرکب) دو برداشت به‌صورت اسپیلیت‌پلات در مکان و زمان گردید. به غیر از صفاتی که اثر متقابل سه جانبه در آنها معنی‌دار شده، نتایج تجزیه جداگانه (به‌استثناء عملکرد علوفه، به‌دلیل اهمیت آن)، برای سایر صفات ارائه نشده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری، برداشت و برهمکنش سه جانبه تیمار آبیاری در رقم در برداشت بر میزان کلروفیل a برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). به‌طورکلی، میزان کلروفیل a در برداشت اول بیشتر از بازرشد بود که می‌تواند به‌دلیل شدت نور بیشتر و دمای مناسب‌تر محیط طی رشد اول باشد. همچنین تنش خشکی در هر دو گیاه و در هر دو برداشت، کاهش در میزان کلروفیل a را باعث شد. البته در برداشت اول، در دورهای آبیاری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که حاکی از عدم بروز تنش شدید در تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد. اما در تیمار آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر ارزن نوتریفید دارای مقدار کلروفیل a بیشتری نسبت به سورگوم اسپیدفید بود. در برداشت دوم، بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به سورگوم اسپیدفید در شرایط شاهد بود (جدول ۳).

نکته قابل توجه در این صفت، وجود روند کاهشی کلروفیل a در بازرشد، علی‌رغم عدم وجود تنش (انجام آبیاری در سطح شاهد) می‌باشد. این مطلب بیان می‌کند که اثرات تنش خشکی اعمال شده در برداشت اول، حتی با رفع تنش خشکی در برداشت دوم همچنان مشاهده می‌شود. بالاتر بودن میزان کلروفیل a سورگوم اسپیدفید نسبت به ارزن نوتریفید می‌تواند ناشی از تحمل به خشکی بیشتر آن باشد.

برهمکنش رقم در برداشت بر میزان کلروفیل b برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). در ارزن نوتریفید بین برداشت اول و دوم تفاوت معنی‌دار گردید، که در برداشت اول دارای کلروفیل b بالاتری بود. اما در سورگوم اسپیدفید این تفاوت معنی‌دار نشد (جدول ۴). یکی از دلایل آن، کاهش کلروفیل a در بازرشد ارزن نوتریفید می‌باشد که به‌دلیل نقش کمکی کلروفیل b برای کلروفیل a، نیاز به حضور این رنگیزه کمکی کاهش یافته است. این‌گونه استنباط می‌شود که در ارزن نوتریفید در برداشت اول، به‌دلیل همراهی با هوای گرم ماه‌های تیر و مرداد، حضور بیشتر کلروفیل b به‌عنوان، محافظت کننده لازم می‌باشد و این گیاه، از تحمل کمتری نسبت به خشکی در مقایسه با سورگوم اسپیدفید برخوردار است. چرا که که در بازرشد (عدم وجود تنش) میزان کلروفیل b کاهش یافت. اما در سورگوم اسپیدفید، مقدار کلروفیل b تفاوتی در دو برداشت نشان نداد. ممکن است در برداشت دوم، خنکی دما طی رشد و احتمالاً حساس‌تر بودن سورگوم در مقایسه با ارزن نوتریفید (با توجه به کاهش چشمگیر عملکرد سورگوم در برداشت دوم)، نیاز به وجود کلروفیل b بیشتر به‌عنوان محافظ را لازم می‌سازد (جدول ۴). اثر تیمار آبیاری بر نسبت کلروفیل a به b برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). به نحوی که افزایش تنش خشکی، از مقدار آن کاسته شد (جدول ۵). با توجه به نتایج قبل (کاهش هر دورنگیزه بر اثر تاخیر در آبیاری)، کاهش این نسبت بیشتر مربوط به کاهش صورت گرفته در میزان کلروفیل a می‌باشد و به دلیل نقش محافظتی کلروفیل b، کاهش کمتری در آن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69] [DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۲. تجزیه واریانس رنگیزه‌های فتوسنتزی و اسمولیت‌های برگ در ارزن نوتریفید و سورگوم اسپیدفید

منبع	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a به b	کاروتنوئیدها	پرولین	ساکارز	قندهای محلول
بلوک	۲	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۸۶^{ns}	۳۵۰^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۱۸*
تیمار آبیاری	۲	۰/۳۲*	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۶*	۱۶۱^{ns}	۴۲۰۷**	۱/۲۰**	۸/۸۵**
خطای اصلی	۴	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۱۹۱	۵۲۱	۰/۰۰۱	۱/۰۱۶
رقم	۱	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۷۰^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۶۷۲^{ns}	۲۱۰^{ns}	۰/۹۹**	۱۷/۳۸**
تیمار آبیاری × رقم	۲	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲۲۲^{ns}	۹۰۷^{ns}	۱/۰۱۱**	۰/۴۳^{ns}
خطای فرعی	۶	۰/۰۶۶	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۹	۸۲	۲۰۱	۰/۰۰۲	۰/۳۷
برداشت	۱	۰/۳۳*	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۴۷^{ns}	۷۵۵^{ns}	۰/۰۱۵**	۱/۶۷*
خطای برداشت	۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۵۲	۶۴	۱۵۲	۰/۰۰۲	۰/۳۱
تیمار آبیاری × برداشت	۲	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۷۲۸**	۴۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۹^{ns}
خطای فرعی ۱	۴	۰/۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۹	۶۵	۱۰۸	۰/۰۰۷	۰/۲۰
رقم × برداشت	۱	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۸*	۰/۳۱۰۰^{ns}	۴۰^{ns}	۷۳۴۸**	۰/۰۰۲^{ns}	۴/۴۹^{ns}
خطای رقم × برداشت	۲	۰/۰۳۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۸۱	۵۹	۹۰	۰/۰۰۹	۰/۱۷
تیمار آبیاری × رقم × برداشت	۲	۰/۱۵*	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۲۸/۵۱^{ns}	۱۷۱۳**	۰/۰۰۲^{ns}	۳/۲۳^{ns}
خطای فرعی فرعی ۲	۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷	۵۱	۹۱	۰/۰۰۰۶	۰/۱۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/۵۳	۲۴/۰۷	۸/۲۱	۲۴/۱۵	۲۲/۲۶	۶/۶۸	۳۴/۲۰

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه عوامل آزمایشی بر کلروفیل a، پرولین و سطح مخصوص برگ

برداشت	رقم	آبیاری بعد از تبخیر (mm)	کلروفیل a (mg/g FW)	پرولین (µg/g FW)	SLA (cm^2/g)	عملکرد علوفه (Kg/ha DW)
اول	ارزن نوتریفید	۸۰	۱/۰۱^{a}	۱۹/۴^{c}	۶۲/۶^{b}	۵۴۳۴^{cd}
		۱۲۰	۰/۹۱^{a}	۲۴/۳^{c}	۶۸/۴^{b}	۴۵۳۱^{cd}
		۱۶۰	۰/۸۳^{a}	۲۶/۱^{bc}	۳۶/۹^{c}	۴۲۲۵^{d}
	سورگوم اسپیدفید	۸۰	۱/۰۸^{a}	۲۱/۹^{c}	۸۸/۱^{a}	۹۳۷۶^{a}
		۱۲۰	۰/۹۲^{a}	۴۴/۵^{b}	۷۲/۸^{b}	۷۰۴۲^{b}
		۱۶۰	۰/۵۴^{b}	۹۳/۴^{a}	۶۱/۶^{b}	۵۶۴۷^{c}
دوم	ارزن نوتریفید	۸۰	۰/۷۹^{abc}	۴۴/۸^{b}	۳۹/۵^{a}	۴۳۷۳^{a}
		۱۲۰	۰/۵۳^{bc}	۴۹/۱^{b}	۲۲/۰^{b}	۴۲۳۰^{a}
		۱۶۰	۰/۴۸^{c}	۸۸/۹^{a}	۱۵/۰^{b}	۴۱۵۷^{a}
	سورگوم اسپیدفید	۸۰	۰/۹۲^{a}	۱۳/۵^{c}	۲۷/۵^{ab}	۴۰۴۵^{a}
		۱۲۰	۰/۸۱^{ab}	۳۷/۵^{b}	۲۶/۱^{ab}	۳۷۶۳^{a}
		۱۶۰	۰/۶۵^{abc}	۵۰/۶^{b}	۲۱/۶^{b}	۳۶۴۰^{a}

در سطح هر برداشت، میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. DW: وزن خشک (Dry Weight) - FW : وزن تازه (Fresh Weight)

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و برداشت بر کلروفیل b، شاخص پربرگی و عملکرد خشک علوفه

رقم	برداشت	کلروفیل b (mg/g FW)	LWR (%)	عملکرد ساقه (Kg/ha DW)	عملکرد علوفه (Kg/ha DW)
ارزن نوتریفید	اول	۰/۴۷^{a}	۴۶/۷^{a}	۲۶۲۶^{a}	۴۷۳۰^{a}
	دوم	۰/۲۹^{b}	۴۵/۰^{a}	۲۵۸۹^{a}	۴۲۵۳^{a}
سورگوم اسپیدفید	اول	۰/۴۲^{a}	۳۹/۶^{a}	۵۳۳۸^{a}	۷۳۵۵^{a}
	دوم	۰/۴۱^{a}	۲۶/۸^{b}	۲۰۹۴^{b}	۳۸۱۶^{b}

در سطح هر رقم، میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند W: وزن خشک (Dry Weight) - FW : وزن تازه (Fresh Weight)

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری بر نسبت کلروفیل a به b و قندهای محلول برگ

آبیاری بعد از تبخیر (mm)	نسبت کلروفیل a به b	قندهای محلول (mg/g FW)
۸۰	۲/۱۹ ^{a}	۱/۸۳ ^{c}
۱۲۰	۱/۹۵ ^{b}	۲/۴۳ ^{b}
۱۶۰	۱/۸۳ ^{b}	۴/۰۹ ^{a}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. FW: وزن تازه (Fresh Weight)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

(کلروفیل b) صورت گرفته است.

بر همکنش تیمار آبیاری در برداشت بر میزان کارتنوئیدها برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که با تأخیر در آبیاری از مقدار کاروتنوئیدها در هر دو برداشت کاسته شد. بیشترین مقدار کاروتنوئیدها در شرایط شاهد در برداشت اول و کمترین آن در تیمار آبیاری ۱۶۰ و در برداشت دوم بود (جدول ۶). با توجه به جایگاه یکسان کلروفیل a و کاروتنوئیدها در برگ (کلروپلاست) و نقش کاروتنوئیدها هم به‌عنوان رنگیزه (رنگدانه) کمکی و هم محافظتی برای کلروفیل a، تغییرات کاروتنوئیدها هم از تغییرات کلروفیل a تبعیت می‌کند. همچنین به‌دلیل مشابه، میزان کاروتنوئیدها در بازرشد نیز کمتر می‌باشد.

اثر تیمار آبیاری و برهمکنش رقم در برداشت و برهمکنش سه عامل آزمایشی بر میزان پرولین برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). در هر دو برداشت، افزایش تنش خشکی، مقدار پرولین روند افزایشی نشان داد. در برداشت اول، تنها در سورگوم اسپیدفید تفاوت موجود بین سطوح تنش، معنی‌دار گردید (جدول ۳) و با تأخیر در آبیاری میزان پرولین در سورگوم اسپیدفید به‌صورت چشمگیری افزایش یافت، اما در ارزن این افزایش مختصر بود و میزان پرولین در سورگوم بیشتر از ارزن بود. در برداشت دوم، در مورد ارزن نوتریفید سطح ۱۶۰ میلی‌متر دارای پرولین بیشتری نسبت به شاهد و ۱۲۰ میلی‌متر بود. ولی سورگوم اسپیدفید در تیمار آبیاری ۱۲۰ و ۱۶۰ دارای پرولین بالاتر نسبت به سطح شاهد بودند. اما در ارزن، هم روند افزایشی و هم مقدار آن بیشتر از سورگوم بود. با مقایسه شرایط دمایی و وجود و عدم وجود تنش در دو برداشت می‌توان گفت که تغییرات پرولین در سورگوم تابع تنش خشکی و تا حدودی متأثر از خنکی دما بود. اما در ارزن نوتریفید، بیشتر تابع خنکی محیط می‌باشد. همچنین توأمی خنکی محیط و کاهش پتانسیل آب خاک، که سبب کاهش ظرفیت فتوسنتزی و میزان رنگیزه‌های برگ می‌شود، باعث تولید اسیدآمینه‌های محلول به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی نیز می‌گردد.

اثرات اصلی عوامل آزمایشی و همچنین برهمکنش تیمار آبیاری در رقم بر میزان ساکارز برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست آمده، مقدار ساکاروز در برداشت اول بیشتر از برداشت دوم بود. وقوع این تفاوت می‌تواند به دو دلیل باشد: الف) وجود تنش در برداشت اول و محدودیت رشد و در نتیجه تجمع مواد فتوسنتزی و یا نیاز به تنظیم اسمزی برای مواجهه با تنش و ب) یا به‌علت خنک‌تر بودن محیط در بازرشد و کاهش ظرفیت فتوسنتزی (کم شدن میزان رنگدانه‌های فتوسنتز برگ) گیاه است.

با تأخیر در آبیاری در هر دو رقم، مقدار ساکارز افزایش یافت، که این تفاوت در ارزن نوتریفید معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار آن مربوط به سورگوم اسپیدفید در تیمار آبیاری ۱۶۰ و کمترین آن در ارزن نوتریفید در شرایط شاهد مشاهده شد (جدول ۷). کاهش سرعت رشد و تجمع مواد فتوسنتزی و یا نیاز به تنظیم اسمزی، می‌تواند دلایل این افزایش باشد. میزان ساکارز در ارزن نوتریفید تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت و در هر سه تیمار آبیاری یکنواخت بود. اما در سورگوم اسپیدفید، به‌شدت افزایش یافت (جدول ۷). عدم تغییر میزان ساکارز در ارزن نوتریفید، در تمام سطوح تیمار آبیاری و در سورگوم اسپیدفید تا تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر، بیان کننده وجود تعادل بین تولید و مصرف ساکارز (تغییرات یکنواخت هم محدودیت در رشد و هم در فتوسنتز) در این گیاه است. اما در سورگوم اسپیدفید، به‌علت محدود شدن رشد رویشی در تیمار آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر و تخلیه کمتر ساکارز توسط آوندها و یا به‌دلیل قابلیت تنظیم اسمزی بیشتر آن، سبب تجمع ساکارز و افزایش آن شده است. افزایش ساکارز ناشی از تیمار آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر در بازرشد سورگوم اسپیدفید می‌تواند به‌دلیل تغییرات فیزیولوژیک ناشی از تنش برداشت اول باشد، که گیاه را به سمت کاهش پتانسیل رشد برده است (با توجه به میزان عملکرد تولیدی)، که تجمع بیشتر ساکارز برگ‌ها را سبب شده است.

میزان قندهای محلول برگ تحت تأثیر عوامل اصلی آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). مشابه ساکارز، در برداشت اول مقدار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

جدول ۶. مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری و برداشت بر کارتنوئیدها و عملکرد خشک برگ

برداشت	آبیاری بعد از تبخیر (mm)	کارتنوئیدها (mg/g FW)	عملکرد برگ (Kg/ha DW)
اول	۸۰	۶۲/۸^{a}	۲۸۰۰^{a}
	۱۲۰	۵۷/۴^{ab}	۱۹۳۰^{b}
	۱۶۰	۴۷/۳^{b}	۱۵۰۵^{b}
دوم	۸۰	۵۳/۷^{a}	۱۷۶۰^{a}
	۱۲۰	۴۶/۸^{ab}	۱۶۴۲^{a}
	۱۶۰	۴۱/۶^{b}	۱۶۲۱^{a}

در سطح هر برداشت، میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. DW: وزن خشک (Dry Weight) - FW: وزن تازه (Fresh Weight).

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری و رقم بر ساکارز، شاخص سطح برگ و شاخص پربرگی

رقم	آبیاری بعد از تبخیر (mm)	ساکارز (mg/g FW)	LAI	LWR (%)	عملکرد علوفه (Kg/ha DW)
ارزن نوتریفید	۸۰	۰/۱۷^{a}	۳/۳۱^{a}	۳۸/۸^{a}	۴۷۹۶
	۱۲۰	۰/۲۰^{a}	۲/۳۸^{b}	۳۵/۹^{a}	۴۴۵۳
	۱۶۰	۰/۲۳^{a}	۲/۱۴^{b}	۳۵/۵^{a}	۴۲۲۸
سورگوم اسپیدفید	۸۰	۰/۱۸^{b}	۲/۴۲^{a}	۴۸/۱^{a}	۶۹۶۱
	۱۲۰	۰/۲۰^{b}	۲/۳۰^{a}	۴۰/۴^{b}	۵۱۵۳
	۱۶۰	۱/۲۳^{a}	۱/۸۷^{b}	۳۸/۳^{b}	۴۶۴۴

در سطح هر رقم، میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. DW: وزن خشک (Dry Weight) - FW : وزن تازه (Fresh Weight).

قندهای محلول برگ به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۸). نقش قندهای محلول در تنظیم اسمزی در برداشت اول و همچنین کاهش تولید آنها طی فرآیند فتوسنتز بر اثر افت توانایی فتوسنتزی در بازرشد، دو عامل مؤثر در این تفاوت می‌تواند باشد. با تأخیر در آبیاری، مقدار قندهای محلول افزایش پیدا کرد (جدول ۵). علت آن می‌تواند مرتبط با نقش قندهای محلول در تنظیم اسمزی باشد.

همچنین کاهش مصرف قندها در بخش‌های دیگر گیاه (به‌دلیل محدودیت رشد ناشی از تنش) را می‌توان از دلایل آن دانست. سورگوم اسپیدفید نیز دارای مقدار قندهای محلول بیشتری بود (جدول ۸). با توجه به عملکرد تولیدی، بیشتر بودن قندهای محلول برگ در سورگوم اسپیدفید می‌تواند حاکی از ظرفیت فتوسنتزی بیشتر آن نسبت به ارزن نوتریفید باشد.

اثر اصلی برداشت بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار گردید (جدول ۹). نتایج نشان داد محتوای نسبی آب برگ در برداشت اول بالاتر از برداشت دوم بود (جدول ۸). کاهش جذب آب بر اثر کاهش دمای محیط (۹) و انرژی کمتر گیاه برای جذب آب از خاک به‌دلیل افت توانایی فتوسنتزی آن در برداشت دوم و همچنین تجمع کمتر اسمولیت‌ها می‌توانند منجر به کاهش جذب آب از خاک شده و در نتیجه محتوای نسبی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر برداشت بر ساکارز، قندهای محلول، شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ و عملکرد علوفه و اثر رقم بر قندهای محلول و عملکرد علوفه

برداشت	ساکارز (mg/g FW)	قندهای محلول (mg/g FW)	LAI	RWC (%)	عملکرد علوفه (Kg/ha DW)	رقم	قندهای محلول (mg/g FW)	عملکرد علوفه (Kg/ha DW)
اول	۰/۳۹^{a}	۳/۳۵^{a}	/۹۲^{a}	۸۱/۵^{a}	۶۰۴۳^{a}	ارزن نوتریفید	۲/۴۴^{b}	۵۵۸۶^{a}
دوم	۰/۳۴^{b}	۲/۹۲^{b}	۱/۸۷^{b}	۷۳/۴^{b}	۴۰۳۵^{b}	سورگوم اسپیدفید	۳/۸۳^{a}	۴۴۹۲^{b}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. DW: وزن خشک (Dry Weight) - FW : وزن تازه (Fresh Weight)

جدول ۹. تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیک ارزن نوتریفید و سورگوم اسپیدفید

منبع	درجه آزادی	RWC	LAI	LWR	SLA	عملکرد برگ	عملکرد ساقه	عملکرد علوفه
بلوک	۲	۱۵/۳۸۵^{ns}	۰/۴۲^{ns}	۱۴/۸^{ns}	۱۷۷^{ns}	۱۵۶۳۱۸^{ns}	۲۱۵۳۴۳^{ns}	۶۵۶۱۶۳^{ns}
تیمار آبیاری	۲	۱۲۷^{ns}	۱/۵۱^{ns}	۴۶/۶۷^{ns}	۱۱۵۱^{ns}	۱۴۶۷۹۸۴*	۱۳۹۹۳۹۹^{ns}	۶۷۴۱۵۰۴^{ns}
خطای اصلی	۴	۳۱/۱	۰/۳۸	۶۵/۸	۳۳۸	۱۸۵۴۸۰۱	۱۸۶۹۰۵۱۱	۱۹۸۹۸۱۵
رقم	۱	۲۴/۵^{ns}	۱/۸۲**	۳۰۴*	۱۰۰۱**	۱۱۲۹۱^{ns}	۱۱۰۶۰۹۱۷**	۱۰۷۶۶۲۱۸*
تیمار آبیاری × رقم	۲	۵۷/۸^{ns}	۰/۹۵**	۱۱۱*	۱۲۴^{ns}	۸۱۲۴^{ns}	۲۲۰۸۷۱۲ ^{ns}	۲۶۴۴۴۱۰^{ns}
خطای فرعی	۶	۲۸/۲^{ns}	۰/۱۹	۴۴/۶۸	۱۲۹	۴۶۳۶۴۳	۵۳۱۸۲۱	۸۱۹۳۷۶
برداشت	۱	۴۸۰**	۱۰/۱۶**	۳۵۳*	۱۱۰۹۱**	۱۴۴۷۹۰۶*	۲۳۱۴۹۷۷**	۳۶۲۸۷۳۷۱**
خطای برداشت	۲	۱۹/۹	۰/۱۵	۴۰/۴	۱۱۷	۱۸۶۳۹۶	۲۷۱۵۶۶	۶۶۹۳۴
تیمار آبیاری × برداشت	۲	۱۱۰^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۵۴^{ns}	۴۸۱^{ns}	۸۱۲۴ **	۱۶۴۴۸۲۳^{ns}	۳۱۶۴۳۸۸^{ns}
خطای فرعی فرعی ۱	۴	۲۸/۱	۰/۱۵	۳۲/۲	۱۱۳	۱۳۴۶۰۱	۳۸۴۰۷۷	۴۰۱۵۲۴
رقم × برداشت	۱	۰/۷۳^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۱۱۳۹**	۸۴۴**	۵۹۶۶۶^{ns}	۲۴۲۳۰۶۳۷**	۳۱۶۴۳۸۸**
خطای رقم × برداشت	۲	۱۹/۲	۰/۱۶	۳۱/۲۰	۱۱۲	۱۳۱۸۲۱	۲۷۴۴۶۶	۹۲۳۴۲۷
تیمار آبیاری × رقم × برداشت	۲	۴/۵۹^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۲۵۰^{ns}	۷۸۶**	۱۸۹۴۴۵۰^{ns}	۴۸۱۱۶۵^{ns}	۶۲۱۳۷۵^{ns}
خطای فرعی فرعی ۲	۴	۱۲/۳	۰/۱۱	۲۶/۱	۴۹/۵	۵۷۲۳۳	۲۷۴۷۵۸	۸۱۹۳۷۶
ضریب تغییرات (٪)		۷/۳۳	۱۴/۱۳	۱۲/۹۱	۱۵/۵۵	۱۲/۹۷	۲۲/۲۴	۱۷/۹۶

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

آب برگ کاهش می‌یابد.

نتایج نشان داد که اثر اصلی رقم و برداشت، برهمکنش تیمار آبیاری در رقم بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۹). شاخص سطح برگ در برداشت دوم نسبت به برداشت اول کاهش پیدا کرد (جدول ۸). محدودیت دوره رشد، کندی رشد حاصل از خنکی محیط و نیز کمتر بودن محتوای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

نسبی آب برگ که باعث کاهش توسعه برگ‌ها (به‌دلیل کمتر بودن فشار تورژسانس مؤثر در رشد و تقسیم سلول) می‌گردد، می‌تواند از دلایل آن باشد. در هر دو رقم با افزایش سطوح تنش خشکی، از مقدار شاخص سطح برگ کاسته شد (جدول ۷). شاخص سطح برگ زیاد در تیمار آبیاری شاهد، دلیل بر ظرفیت بالای رشد رویشی سورگوم اسپیدفید در مقایسه با ارزن نوتریفید است. اما کاهش چشمگیر سطح برگ سورگوم اسپیدفید در تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، می‌تواند نشان‌دهنده راه‌کار تحمل به خشکی این گیاه در مواجه با تنش خشکی باشد که گیاه از طریق کاهش سطح تعرق کننده (برگ)، خود را با محیط منطبق کرده است. اما در ارزن نوتریفید این روش تحمل وجود نداشته و کاهش محدود سطح برگ تیمار آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر صورت گرفته است. این تفاوت واکنش می‌تواند به ماهیت گیاهان مورد بررسی هم مربوط باشد. چرا که ارزن نوتریفید، یک گیاه علوفه‌ای برگی محسوب می‌شود که برگ بیشتری تولید می‌کند و سهم عملکرد ساقه از کل زیست-توده آن در مقایسه با سورگوم اسپیدفید کمتر می‌باشد.

اثرات اصلی رقم و برداشت، همچنین برهمکنش تیمار آبیاری در رقم و برهمکنش رقم در برداشت بر شاخص پربرگی معنی‌دار گردید (جدول ۹). در ارزن نوتریفید، بین برداشت اول و دوم تفاوت معنی‌داری دیده نشد. ولی سورگوم اسپیدفید، در برداشت اول دارای LWR بالاتری بود (جدول ۴). با توجه به اینکه در برداشت دوم به‌دلیل خنکی هوا و کوتاهی دوره رشد، کاهش رشد رویشی وجود داشته، اما در ارزن نوتریفید این کاهش به‌صورت یکنواخت در ساقه و برگ صورت گرفته که باعث شده شاخص پربرگی ثابت باقی بماند. اما در سورگوم اسپیدفید، این کاهش در برگ بیشتر از ساقه صورت گرفته و باعث افت شاخص پربرگی شده است. مقایسه میانگین برهمکنش تنش در رقم نیز نشان داد که با افزایش تنش خشکی از مقدار LWR در هر دو رقم کاسته شد، که این کاهش در مورد ارزن نوتریفید معنی‌دار بود (جدول ۷). کاهش رشد رویشی بر اثر تنش خشکی، اجتناب‌ناپذیر است، اما روند موجود حاکی از تأثیرپذیری بیشتر سورگوم اسپیدفید می‌باشد که میزان عملکرد برگ آن افت بیشتری نسبت به ساقه داشته است، که علت آن همان انطباق با محیط از طریق کاهش سطح برگ می‌باشد.

نتایج نشان داد که اثر اصلی رقم و برداشت و برهمکنش برداشت در رقم، همچنین برهمکنش سه‌گانه عوامل آزمایشی بر SLA معنی‌دار گردید (جدول ۹). در هر دو برداشت، به موازات افزایش تأخیر در آبیاری، SLA کاهش پیدا کرد (جدول ۳)، که یک راهکار تحمل به خشکی است. همچنین سطح مخصوص برگ در برداشت دوم افت زیادی نسبت به برداشت اول داشته که علت اصلی آن، کاهش گسترش برگ‌ها می‌باشد. کاهش سطح برگ و همچنین افزایش ضخامت آن، نوعی واکنش به خنکی هوا (وهمچنین تنش خشکی) در برداشت دوم محسوب می‌شود که گیاه بتواند کارایی فتوسنتز در واحد سطح برگ را افزایش دهد. همچنین با توجه به عدم وجود تنش در برداشت دوم، می‌توان به تداوم اثرگذاری تنش برداشت اول در برداشت دوم اشاره کرد که علت آن می‌تواند ضعف گیاه و ذخیره غذایی کمتر آن برای رشد مجدد در برداشت دوم باشد. چنان‌که در سورگوم میزان ذخیره غذایی بیشتری در طوقه و ریشه خود دارد که سبب یکنواختی و نوسان کمتر SLA در برداشت دوم شده است. ولی کمتر بودن میزان آن در سطح شاهد در مقایسه با ارزن، می‌تواند به‌دلیل حساسیت بیشتر سورگوم نسبت به دمای پایین محیط باشد. چرا که در برداشت اول که گرمای محیط بیشتر بود، سطح مخصوص برگ بیشتری نیز به‌دست آمد. کاهش سطح مخصوص برگ در برداشت اول بر اثر تنش خشکی، که ناشی از کاهش سطح برگ و یا افزایش ضخامت آن می‌باشد، دور از انتظار نیست. عدم تفاوت معنی‌داری تغییرات SLA از تیمار آبیاری ۸۰-۱۲۰ میلی‌متر می‌تواند به‌دلیل کاهش یکسان وزن و سطح برگ باشد.

اثر اصلی تیمار آبیاری و برداشت و بر همکنش آن‌ها بر عملکرد خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۹). در هر دو برداشت با تأخیر در آبیاری از مقدار عملکرد برگ کاسته شد،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

ولی این تفاوت در برداشت دوم معنی‌دار نگردید (جدول ۶). کاهش پتانسیل تولید ارقام مورد استفاده بر اثر خنکی هوا، زمینه‌ساز بروز اختلاف بین دو برداشت در تیمار آبیاری شاهد و ۱۲۰ میلی‌متر گردید. در برداشت اول، تأخیر در آبیاری سبب کاهش توانایی تولید ارقام در تیمار آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر شد. و این محدودیت دارای اثرات ابقایی (از طریق محدودیت گسترش ریشه یا ذخیره غذایی و یا تغییرات هورمونی) در برداشت دوم نیز مشاهده شد.

اثرات اصلی رقم و برداشت و برهمکنش آنها بر عملکرد خشک ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۹). در ارزن نوتریفید تفاوت معنی‌داری بین عملکرد ساقه در برداشت اول و دوم دیده نشد. ولی در سورگوم اسپیدفید، برداشت اول دارای عملکرد ساقه بالاتری بود (جدول ۴). کاهش ظرفیت فتوسنتزی و رشد رویشی، علت اصلی این کاهش عملکرد ساقه در برداشت دوم است. به‌نظر می‌رسد که ارزن نوتریفید در مقایسه با سورگوم اسپیدفید از سازگاری بیشتری نسبت به خنکی هوا برخوردار می‌باشد. همچنین از آنجایی که در رشد رویشی بین ساقه و برگ رقابت برای مصرف مواد فتوسنتزی وجود دارد، هر عاملی که سبب تحریک رشد و گسترش برگ‌ها گردد، محدودیت توسعه ساقه را به‌دنبال خواهد داشت.

اثرات اصلی رقم و برداشت و برهمکنش رقم در برداشت بر عملکرد خشک علوفه معنی‌دار بود (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین دو برداشت نیز نشان داد که سورگوم اسپیدفید نسبت به ارزن نوتریفید به‌طور قابل توجهی دارای میانگین عملکرد خشک بالاتری (به‌ترتیب ۵۵۸۶ و ۴۴۹۲ کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین بیشترین عملکرد علوفه خشک از برداشت اول (۶۰۴۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۸). در ارزن نوتریفید تفاوت معنی‌داری بین برداشت اول و بازرشد مشاهده نشد. ولی عملکرد علوفه سورگوم اسپیدفید در برداشت دوم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و حتی میزان آن به کمتر ارزن نوتریفید رسید (جدول ۴). همچنین نتایج تجزیه واریانس تیمار آبیاری و رقم در هر سطح برداشت نشان داد که تنها در برداشت اول اثرات دور اصلی و متقابل عوامل آزمایش بر عملکرد علوفه معنی‌دار شد (جدول ۱۰). در برداشت اول، تأخیر در آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد خشک علوفه در هر دو رقم شد. بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری شاهد و سورگم اسپیدفید (۹۳۷۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد از ارزن نوتریفید در تیمار آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر (۴۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۳). اما در بازرشد، علی‌رغم وجود روند کاهش عملکرد ناشی از تأخیر در آبیاری، این اختلافات معنی‌دار نبود. با این وجود، ارزن نوتریفید در تیمار آبیاری شاهد، عملکرد بیشتری (۴۳۷۳ کیلوگرم در هکتار) تولید کرد (جدول ۳). از آنجایی که عملکرد سورگوم، بیشتر تابع عملکرد ساقه آن است، افت شدید عملکرد علوفه آن نیز به‌دلیل کاهش عملکرد ساقه می‌باشد. همچنین چون ماهیت ارزن نوتریفید، علوفه‌ای و پربرگ می‌باشد، در برداشت دوم عملکرد کل آن از سورگوم بیشتر شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که تأخیر در آبیاری برداشت اول باعث کاهش در رنگیزه‌های برگ، سطح مخصوص برگ، شاخص پربرگی و افزایش پرولین، ساکارز و قندهای محلول برگ گردید. همچنین مقادیر این صفات در برداشت اول، بیشتر از برداشت دوم بود. علی‌رغم انجام آبیاری در تیمار آبیاری شاهد در بازرشد، اثرات کاهشی تأخیر در آبیاری صورت گرفته در برداشت اول بر این صفات، همچنان وجود داشته که با توجه به حذف اندام هوایی در برداشت اول، علت آن می‌تواند مربوط به ذخیره غذایی طوقه و ریشه، یا میزان رشد و گسترش ریشه و یا تغییرات هورمونی احتمالی ریشه‌ها ناشی از تنش خشکی باشد. علاوه بر این، اثرات ابقایی تأخیر در آبیاری، باعث کاهش عملکرد برگ، ساقه و علوفه کل در بازرشد شد. عدم تفاوت شاخص سطح برگ بین دورهای آبیاری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر در ارزن نوتریفید، و بین دورهای آبیاری ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر در سورگوم اسپیدفید می‌تواند در مدیریت آبیاری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

جدول ۱۰. تجزیه واریانس دوگانه عملکرد علوفه

منبع	درجه آزادی	عملکرد علوفه	
		برداشت اول	بازرشد
بلوک	۲	۴۵۶۴۰^{ns}	۱۵۳۳۹۵۱^{ns}
تیمار آبیاری	۲	۹۴۳۵۵۲۶**	۴۷۰۳۶۶^{ns}
خطای اصلی	۴	۳۱۰۷۲۴	۲۳۴۸۳۳۷
رقم	۱	۳۱۰۰۸۵۳۴**	۸۶۱۶۰۱^{ns}
تیمار آبیاری × رقم	۲	۲۳۹۶۹۲۴^{ns}	۸۶۸۸۶۱^{ns}
خطای فرعی	۶	۵۵۵۳۶۸	۲۳۴۸۳۳۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۳۳	۲۵/۷۷

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

تولید آنها (استفاده از روش کم‌آبیاری) مورد توجه قرار گیرد. بیشترین عملکرد خشک علوفه در برداشت اول، از تیمار آبیاری شاهد و سورگوم اسپیدفید (۹۳۷۶ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. به‌طورکلی می‌توان گفت که ارزن نوتریفید قادر به رقابت با سورگوم اسپیدفید برای تولید علوفه در برداشت اول نمی‌باشند. اما ارزن نوتریفید به‌دلیل تولید برگ و کیفیت علوفه بیشتر در برداشت اول، همچنین تولید علوفه بیشتر نسبت به سورگوم اسپیدفید در برداشت دوم، می‌تواند مورد توجه بیشتری قرار گیرد. همچنین با وجود آنکه عملکرد علوفه در بازرشد کمتر از برداشت اول می‌باشد، اما به‌دلیل سرعت رشد رویشی مجدد و نداشتن هزینه تهیه بستر، می‌تواند سودمند باشد.

منابع مورد استفاده

1. Almodares, A., R, Taheri and S, Adeli. 2007. Inter-relationship between growth analysis and carbohydrate. *Journal of Environmental Biology* 28 (3): 527-531.
2. Arazmjo, A., M, Heidari and A, Ghorbani. 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 25(4): 482-494. (In Farsi).
3. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
4. Bates, L. S., R. P. Waldern and I. D, Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
5. Dustin, H., J. A. Bond and S. Blanche. 2009. Evaluation of main-crop height on ratoon rice growth and development. *Field Crops Reserch* 114: 396- 403.
6. Ghorbanli, M. and M. Niakan. 2005. Effect of drought stress on soluble sugars, protein, proline, phenolic compound contents and reductase enzyme activity in Gorgan 3 soybean cultivar. *Journal of Science* 5(1 and 2): 538- 550. (In Farsi).
7. Hasheminasab, H., A. Aliakbari and R. Baniasadi. 2014. Optimizing the relative water protection (RWP) as novel approach for monitoring drought tolerance in Iranian pistachio cultivars using graphical analysis. *International Journal of Biosciences* 4: 194-203.
8. Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and M. Sanchez Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiolgia Plantarum* 84: 55-60.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

9. Kafi, M., A. Borzoee, A. Kamandi, A. Masoumi and J. Nabati. 2009. Physiology of Environmental Stress in Plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press. Mashhad.
10. Karbalaei, M., N. Sharafi, R. Erfani and GH. Nematzadeh. 1997. The Potential for Increased Rice Production as a Function Ratoon and Studies. The Publication Rice Research Institute, Iran.
11. Karimi, M. and M. Azizi. 1994. Basic Growth Analysis. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press. Mashhad.
12. Kumari, S. 1988. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. *Agronomy Journal* 57: 480- 487.
13. Kusaka, M., A. G. Lalusin and T. Fujimura. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaceum* L.) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. *Plant Science* 168: 1-14.
14. Majnoon Hosseini, N. 2015. Cereal Crops (Cultivation and Production). 2thEdtion, University of Tehran Press. Tehran.
15. Nouri azhar, J. and P. Ehsanzedeh. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. *Journal of Science and Technology* 41: 261- 272.
16. Pinheiro, C. and M. M. Chaves. 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data. *Journal of Experimental Botany* 62(3): 869-82.
17. Rai, K., R. K. Kalia, R. Singh, P. Gangola and A. Dhawan. 2011. Developing stress tolerant plants through in vitro selection an overview of the recent progress. *Environmental and Experimental Botany* 71: 89-98.
18. Rajendra, H., M, Devaraja and G. Subash. 2006. Effect of stage of harvesting of seed crop, Nitrogen and Phosphorus level of the forage yield and ratoon ability if forage pearl millet. *Indian Journal of Agriculture Research* 40 (3): 232 – 234.
19. Ramak, P., R. Khavarinejad, H. Heidari and M. Rafiee. 2002. Effect of deficit water stress on root and shoot proline content in onobrychis raduata and onobrychis viciifolia species. *In:* Proceeding of the 7th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, Karaj, Iran. pp. 23. (In Farsi).
20. Ritchie, S. W., H. I. Nyvgen and A. S. Halady. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30: 105-111.
21. Sabaghpour, S. H. 2003. Mechanisms of drought tolerance in plants. *Dry and Agricultural Drought. Scientific and Extension Quarterly of Jahad Agriculture* 13: 32-21.
22. Saberi, A. R. 2014. Yield and water use efficiency (WUE) responses of forage sorghum ratoon crop under varying salinity and irrigation frequency. *African Journal of Plant Science* 8(12): 554-559.
23. Valentovic, P., M. Luxova, L. Kolarovic and O. Gasparikova. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. *Plant Soil Environment Journal* 52 (4): 186–191.
24. Van Handel, E. 1968. Direct microdetermination of sucrose. *Analytical Biochemistry* 22: 280-283

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 4, Winter 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effects of Water Stress on Morphophysiological Characteristics of Millet (cv. Nutrifid) and Sorghum (cv. Speedfeed) at Different Harvests

M. Safaee Torghabeh[1], A. Azari[2]*, H. Dashti[3] and SH. Madah Hoseini[3]

(Received: April 9-2017; Accepted: July 24-2017)

Abstract

To study the effects of delayed irrigation on growth and ratoon of millet (*Pennisetum americanum* cv. Nutrifeed) in the first harvest and sorghum (*Sorghum bicolor* cv. Speedfeed), a field experiment was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications in Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran, at summer 2014. Factors consisted of irrigation regime at three levels, including irrigation after 80 (control), 120 and 160 mm evaporation from a Class A evaporation pan as main plots, crop species at two levels, including Nutrifeed (millet) and Speedfeed (sorghum) as subplots and harvest number (at two levels) as sub-sub plots. At regrowth, all treatments were irrigated as control regime (80 mm evaporation). At 1st harvest, delayed irrigation decreased leaf photosynthetic pigments contents, LAI, SLA, LWR, leaf and stem dry weight and forage yield and increased proline, sucrose and leaf soluble sugars contents at both species. Similar effects of delayed irrigation were observed at regrowth. The highest forage yield belonged to normal irrigation of Speedfeed (9376 kg/ha), however, Nutrifeed showed a better performance at regrowth (4250 and 3816 kg/ha of forage, respectively). Nutrifeed had a better forage quality, owing to a higher leafiness index at both harvests (46.7% and 45.0%, respectively).

Keywords: Regrowth, Proline, Drought stress, Forage

1, 2, 3. Former MSc. Student, Assistant Professor and Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
*. Corresponding Author, Email: armanazari@vru.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.8.9]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.69]