



تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب سویا در دشت مغان

نسرين رزمي^{۱*}، کرامت اخوان^۲

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، پارس آباد، ایران. ۲- استادیار، بخش تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، پارس آباد، ایران.

چکیده

به دلیل سنتی بودن روش آبیاری در اکثر مناطق کشور از جمله دشت مغان، تنش خشکی به صورت کاهش دفعات آبیاری یکی از رایج‌ترین تنش‌ها در کاهش تولید در زراعت محصولات آبی بهاره مانند سویا می‌باشد. به منظور حصول بیشترین عملکرد دانه سویا با کمترین دفعات آبیاری آزمایشی با تیمارهای آبیاری کامل، سطح تنش ۲ (قطع آبیاری در مرحله ۵ برگگی کامل + مرحله گلدی) و سطح تنش ۳ (قطع آبیاری در مرحله ۵ برگگی کامل + غلاف‌دهی + پر شدن دانه) در طی سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در دشت مغان اجرا شد. ارقام مورد بررسی در این آزمایش شامل ویلیامز، صبا، پارسا، رحمت، زان و کوثر بودند. میزان کاهش عملکرد دانه ۱۵/۵ درصد در سطح تنش ۲ و ۵۵ درصد در سطح تنش ۳ بود. بیشترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب (۰/۷۷ و ۰/۶۳ کیلوگرم دانه در هر متر مکعب آب) به ترتیب متعلق به سطح تنش ۳ و تیمار آبیاری کامل بود. بیشترین میزان شاخص برداشت در سطح تنش ۲ مشاهده شد. بیشترین میانگین دو ساله عملکرد دانه (۳۱۱۵ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۴۸۱۳ متر مکعب آب در تیمار آبیاری کامل به دست آمد و کاهش ۱۰۰۰ متر مکعب در سطح تنش ۲ عملکرد دانه‌ای معادل ۲۶۲۹ کیلوگرم در هکتار داشت. در شرایط تنش سطح ۳ با کاربرد ۱۹۲۵ متر مکعب آب، ۱۳۸۹ کیلوگرم در هکتار دانه تولید شد. بنابراین در صورت کمبود آب آبیاری بهتر است آبیاری در مرحله گلدی حذف و آب موجود در مرحله توسعه غلاف و دانه‌بندی در اختیار گیاه سویا قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: توسعه دانه، غلاف‌دهی، کم‌آبیاری، گل‌دهی.

* نویسنده مسئول: n.razmi@areeo.ac.ir

بیان مسئله

در سال‌های اخیر علی‌رغم تقاضای روز افزون برای تولید سویا، سطح زیر کشت این محصول به دلیل وقوع خشکسالی‌های متوالی کاهش یافته است (روبیکی و همکاران، ۲۰۲۳). اعمال محدودیت کشت تابستانه در دشت مغان به دلیل مشکلات کم‌آبی موجب کاهش سطح زیر کشت سویا از ۸۲۶۰ هکتار در سال زراعی ۱۴۰۱ به کمتر از هزار هکتار در سال ۱۴۰۲ شد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱-۱۴۰۰). سویا در دشت مغان عمدتاً به صورت تابستانه پس از برداشت گندم کشت می‌شود. منبع آب آبیاری در این منطقه آب رودخانه ارس بوده و روش‌های آبیاری سویا بسته به روش کاشت (خشکه‌کاری یا هیرم‌کاری)، امکانات و تسهیلات موجود، وضعیت توپوگرافی و شرایط خاک به صورت کرتی، نشتی و بارانی انجام می‌گیرد (رزمی، ۱۴۰۱). استفاده بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی موجب صدمات جبران ناپذیری به این منابع حیاتی شده است. در چنین شرایطی، روش‌های کم‌آبیاری به عنوان مدیریت آبیاری انعطاف‌پذیر و آگاهانه با کاربرد آب کمتر از نیاز، آبیاری در مراحل حساس به خشکی و اجتناب از آبیاری در مراحل غیر حساس، یکی از راهکارهای موثر در استفاده بهینه از منابع آب محدود می‌باشد (دو و همکاران، ۲۰۲۰؛ پادل و همکاران، ۲۰۲۳).

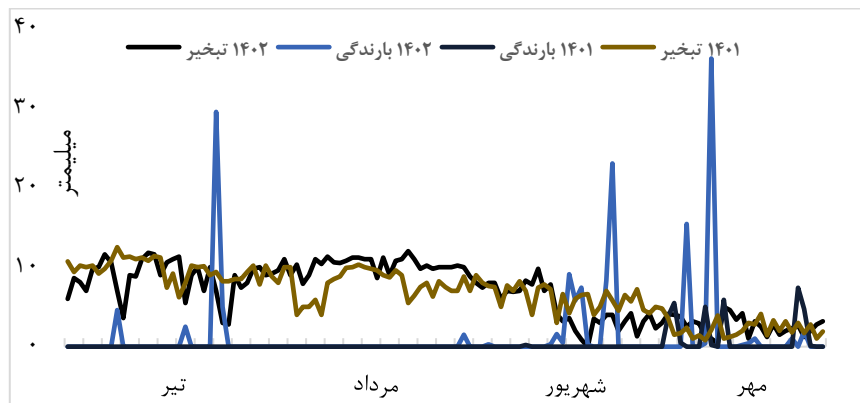
هر کاهشی در عملکرد محصول به شدت تنش و مرحله نمو گیاه در طی تنش بستگی دارد. در حقیقت حساسیت گیاهان زراعی به عوامل محیطی بر حسب مرحله رشدی از جوانه‌زنی تا رسیدگی متفاوت است. سویا در مراحل گلدهی، تشکیل غلاف و پرشدن دانه به کم‌آبی حساس می‌باشد (امانی و همکاران، ۱۳۹۹). بسیاری از صفات فیزیومورفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند. مهمترین مرحله برای حساسیت به کمبود آب در سویا، گلدهی و مراحل بعد از این دوره است. تحقیقات متعددی بر اعمال قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی در گیاه سویا انجام شده است. در آزمایشی اعمال تنش خشکی بر ۱۰ رقم سویا در طول مرحله زایشی (شروع گلدهی تا پر شدن دانه) موجب کاهش ۴۵ درصد تعداد دانه در بوته و ۳۵ درصد وزن دانه شده است (پادل و همکاران، ۲۰۲۳). دو و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در تمامی مراحل رشدی به‌ویژه در فاز زایشی کاهش یافت. مقدم خمسه و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند تنش رطوبتی در مرحله تشکیل غلاف، عملکرد سویا را حدود ۵۰ درصد کاهش داد. برخی دیگر از محققین مرحله گلدهی را بحرانی‌ترین دوره رشد سویا به تنش آبی معرفی نمودند، کم‌آبی در این مرحله موجب ریزش گل‌ها شده، غلاف‌ها تشکیل نمی‌شوند و یا خیلی کم تشکیل می‌شوند (دیوسالار و همکاران، ۱۳۹۵). اعمال تنش خشکی در سویا در مرحله تشکیل و توسعه دانه موجب کاهش وزن دانه‌ها و کاهش ۳۲ تا ۶۰ درصدی عملکرد دانه شده است (فرجی، ۲۰۱۴). مقدار نیاز آبی سویا برای حصول حداکثر عملکرد بسته به شرایط آب و هوایی و طول دوره رشد به میزان ۴۵۰۰ تا ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد. کیانی (۱۳۹۸) در تحقیقی با استفاده از داده‌های هواشناسی طولانی مدت میزان نیاز آبی سویای تابستانه کاشته شده بعد از برداشت گندم را در دو منطقه گرگان و گنبد به

روش فائو محاسبه کرد. نتایج نشان داد که نیاز آبی خالص سویای تابستانه در منطقه گرگان ۳۹۷ میلی‌متر و در منطقه گنبد ۴۶۰ میلی‌متر می‌باشد.

معرفی دستاورد (راهکار)

این آزمایش در طی دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در دشت مغان واقع در شمال استان اردبیل به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. میزان تبخیر از تشتک تبخیر و میزان بارندگی در طی ماه‌های رشد سویا در دو سال آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است. در هر دو سال تاریخ کاشت یکم تیر ماه بود. ارقام مورد بررسی در این آزمایش شامل ویلیامز، صبا، پارسا، رحمت، کوثر و زان بود که همگی تیپ رشدی نامحدود داشته و متعلق به گروه رسیدگی ۳ می‌باشند. جهت سهولت اجرای عملیات و جلوگیری از رواناب سطحی و نفوذ عمقی آب از کرتی به کرت دیگر، فواصل بین کرت‌های اصلی با نهر و فاضلاب جداگانه به عرض ۷ متر از یکدیگر تفکیک شدند. با توجه به اینکه ارقام مورد بررسی متعلق به یک گروه رشدی بوده، مراحل فنولوژیکی آنها خیلی بهم نزدیک بود و آبیاری آنها در هر تیمار آبیاری به طور همزمان صورت گرفت. برای تعیین حجم آب مصرفی در هر آبیاری، قبل از آبیاری نمونه‌برداری از خاک کرت مورد نظر تا عمق توسعه ریشه انجام گرفت و درصد رطوبت وزنی خاک تعیین گردید. بر اساس تیمارهای اعمال شده میزان آب آبیاری هر کرت با روش تامین کسر رطوبت خاک تا نقطه ظرفیت زراعی محاسبه و میزان آب آبیاری با اعمال راندمان آبیاری ۷۰ درصد با استفاده از فلوم WSC اندازه‌گیری شد و در اختیار گیاه قرار گرفت. میزان آب مصرفی در دو سال زراعی در هر تیمار در جدول (۱) درج شده است. در پایان دوره رشد گیاه، جهت کاهش اثرات حاشیه‌ای در نتایج آزمایش، با حذف دو ردیف کناری از هر طرف کرت، مساحت برداشت برای ارزیابی عملکرد دانه از هر کرت فرعی ۴ متر مربع بود. عملکرد دانه بر اساس ۱۲ درصد رطوبت و به‌صورت کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

نتایج نشان داد که با اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری تمام صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب تحت تاثیر قرار گرفتند (جدول ۲ و شکل‌های ۱ تا ۳). طول دوره رشد ارقام سویا با اعمال تنش کم آبی کاهش یافت و از ۱۱۸ روز به ۱۰۴ روز در سطح تنش ۲ و به ۱۰۰ روز در سطح تنش ۳ رسید. کاهش طول دوره رشد یکی از مکانیسم‌های فرار از تنش خشکی در گیاهان زراعی می‌باشد (گلیسون و همکاران، ۲۰۲۲). کاهش ۲۲ درصدی طول مرحله پر شدن دانه در تیمار قطع آبیاری در تنش ۳ نسبت به تیمار عدم تنش موجب کاهش طول دوره رشد شد. مرحله تشکیل و توسعه دانه در غلاف یکی از مهمترین مراحل رشدی گیاه سویا بوده و کاهش این مرحله منجر به کاهش عملکرد دانه در گیاه می‌گردد.



شکل ۱- میزان تبخیر از تشتک تبخیر و بارندگی در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی (مغان)

جدول ۱- میزان آب مصرفی در دو سال زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در تیمارهای مختلف آبیاری

میزان بارش	سطح تنش ۳	سطح تنش ۲	بدون تنش	تیمار آبیاری
میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)				
سال اجرای آزمایش	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۱	۱۴۰۲
مراحل آبیاری				
خاک آب	۱۱۰۰	۱۲۲۰	۱۱۰۰	۱۲۲۰
مرحله ۵ برگ کامل	۹۴۰	۸۴۵	-	-
مرحله گلدهی	۱۰۰۰	۱۰۰۰	-	-
مرحله غلاف دهی	۹۶۰	۹۶۰	۱۴۵۰	۱۵۰۰
مرحله پر شدن دانه	۸۰۰	۸۰۰	۱۳۹۰	۱۱۲۵
مجموع آب مصرفی	۴۸۰۰	۴۸۲۵	۳۸۴۰	۳۸۴۵

تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته نیز با کاهش میزان آب قابل دسترس توسط گیاه کاهش یافت. از آنجا که ارقام مورد بررسی در این تحقیق همگی دارای عادت رشدی نامحدود بوده و در این تیپ، رشد رویشی همزمان با رشد زایشی اتفاق می‌افتد، در سطح تنش ۲ به دلیل حذف دو نوبت آبیاری پی در پی در مرحله ۵ برگگی کامل و شروع مرحله گلدهی ارتفاع بوته به طور متوسط ۲۱/۳ درصد نسبت به تیمار عدم تنش کاهش یافت. در حالیکه در سطح تنش ۳ چون در زمان تشکیل گره‌های ساقه، آب در اختیار گیاه قرار گرفت ارتفاع بوته تنها ۴ درصد کاهش یافت.

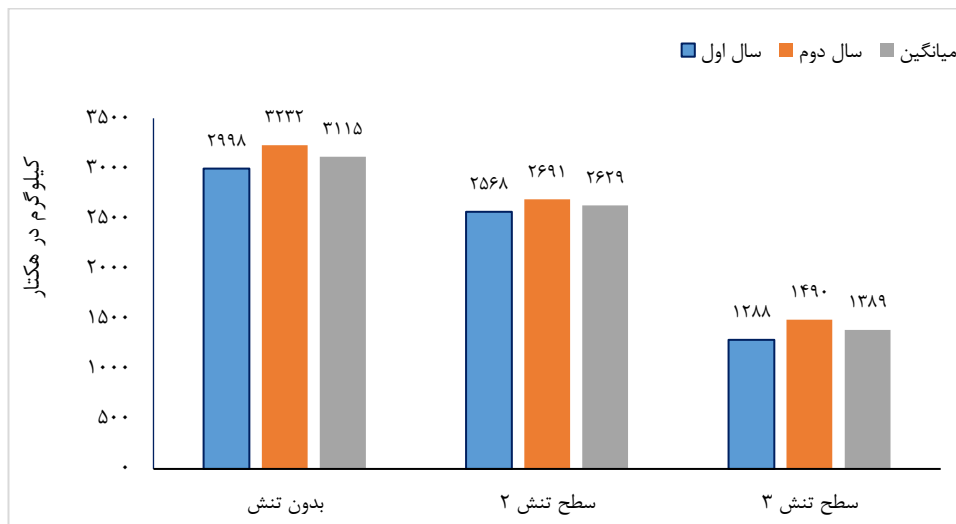
تنش خشکی از طریق کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود به دلیل عادت رشد نامحدود ارقام مورد بررسی و وجود مکانیسم جبران در سویا در سطح تنش ۲ کاهش تعداد غلاف و وزن صد دانه کمتری نسبت به تیمار تنش ۳ نشان داد (جدول ۲). تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۵/۵ درصد در سطح تنش ۲ و ۵۵/۴ درصد در سطح تنش ۳ شد. بیشترین میزان عملکرد دانه به میزان ۳۲۳۲ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۴۸۲۵ متر مکعب آب در تیمار آبیاری کامل در سال دوم آزمایش تولید شد (شکل ۲). در سطح تنش ۲ مصرف ۲۸۴۳ مترمکعب آب، عملکرد دانه‌ای معادل ۲۶۲۹ کیلوگرم در هکتار داشت. میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش سطح ۳ با کاربرد ۱۹۲۵ متر مکعب آب، حدود ۱۳۸۹ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین، در صورت کمبود آب آبیاری بهتر است آبیاری در مرحله گلدهی حذف و آب موجود در مرحله دانه‌بندی در اختیار گیاه سویا قرار بگیرد.

کارایی مصرف آب از نسبت عملکرد دانه به میزان آب مصرفی به دست آمد. در این آزمایش تیمارهای تنش ۲ و ۳ کارایی مصرف آب بیشتری نسبت به تیمار عدم تنش داشتند که نشان‌دهنده استفاده بهینه گیاه از منابع آبی در تیمارهای کم‌آبیاری در جهت تولید دانه می‌باشد، همچنین وجود بارندگی در طی فصل رشد ارقام سویا در سال دوم باعث بهبود وضعیت رشد گیاه و استفاده بهینه از آب موجود شده است (شکل ۳).

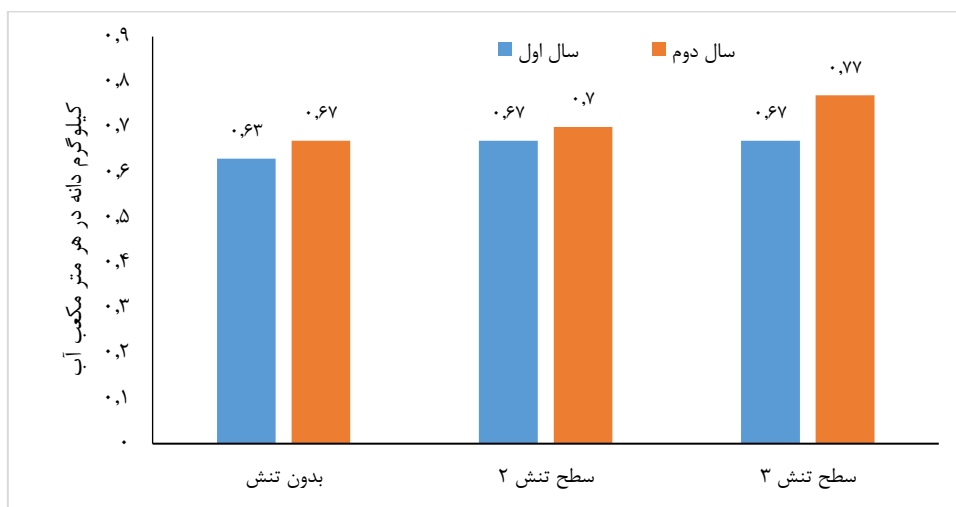
شاخص برداشت از نسبت وزن خشک عملکرد اقتصادی (دانه) به وزن خشک بوته به دست آمد و به صورت درصد بیان می‌شود. در این آزمایش بیشترین درصد شاخص برداشت در سطح تنش ۲ به میزان ۴۹/۳ درصد در سال دوم اجرای آزمایش و کمترین میزان شاخص برداشت در سطح تنش ۳ به میزان ۳۱/۶ درصد در سال دوم اجرای آزمایش مشاهده شد (شکل ۴). در شروع مرحله گلدهی در گیاه سویا تعداد زیادی گل تشکیل می‌شود، با توجه به عادت رشدی نامحدود گیاه تشکیل این گل‌ها تا مدت زمان زیادی طول می‌کشد به‌طوری‌که بعد از مدتی گل‌های شکوفا، غلاف‌های در حال توسعه و دانه‌های در حال پر شدن همزمان بر روی بوته قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های رشدی گیاه تمامی این گل‌ها به غلاف تبدیل نشده و قسمت عمده‌ای از آنها ریزش می‌کنند. علت افزایش کارایی مصرف آب و شاخص برداشت در تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی را می‌توان به ریزش یا عدم تشکیل گل‌های اضافی که تنها موجب هدر رفتن قسمت عمده‌ای از ذخایر انرژی گیاه می‌گردد و حتی در صورت وجود آب کافی نیز گیاه قادر به تبدیل همه گل‌ها به غلاف نمی‌باشد، دانست.

جدول ۲- صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و اجزای عملکرد دانه ارقام سویا در شرایط مطلوب و محدود رطوبتی

صفات فنولوژیک				
طول دوره رشد	طول دوره پرشدن دانه	طول دوره گلدهی	روز تا گلدهی	سطح تنش
۱۱۸	۴۴	۲۷	۴۷	بدون تنش
۱۰۴	۳۸	۲۱	۴۳	قطع آبیاری در مرحله ۵ برگ کامل + گلدهی
۱۰۰	۳۱	۲۵	۴۳	قطع آبیاری در مرحله ۵ برگ کامل + غلاف دهی + پرشدن دانه
صفات مورفولوژیک				
تعداد غلاف پوک	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع (cm)	فاصله اولین غلاف (cm)	سطح تنش
۰/۲۴	۳/۲	۱۳۳	۲۰/۳	بدون تنش
۰/۲۹	۱/۱	۱۰۱	۱۹/۷	قطع آبیاری در مرحله ۵ برگ کامل + گلدهی
۳/۸۴	۱/۸	۱۱۸	۱۸/۳	قطع آبیاری در مرحله ۵ برگ کامل + غلاف دهی + پرشدن دانه
اجزای عملکرد				
وزن صد دانه (g)	وزن دانه در بوته (g)	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف در بوته	سطح تنش
۲۲/۶	۹/۸	۸۵	۴۵/۲	بدون تنش
۲۱/۸	۸/۷	۸۰	۳۸/۹	قطع آبیاری در مرحله ۵ برگ کامل + گلدهی
۱۹/۳	۶/۴	۷۰	۳۴/۲۱	قطع آبیاری در مرحله ۵ برگ کامل + غلاف دهی + پرشدن دانه



شکل ۲- متوسط عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ارقام سویا در شرایط محدود و مطلوب رطوبتی



شکل ۳- کارایی مصرف آب (کیلوگرم دانه در متر مکعب) ارقام سویا در شرایط محدود و مطلوب رطوبتی



شکل ۴- شاخص برداشت (درصد) ارقام سویا در شرایط محدود و مطلوب رطوبتی



شکل ۵- تصاویری از نحوه اجرای آزمایش: اندازه‌گیری میزان آب ورودی (الف) و میزان آب خروجی (ب) به قطعه آزمایشی با استفاده از پارشال فلوم، جداسازی قطعه مربوط به تنش کم آبی به منظور جلوگیری از نفوذ سطحی و عمقی آب (پ) و قطعه آزمایشی در زمان رسیدگی (ت).

توصیه ترویجی

با توجه به اینکه آبیاری در دشت مغان عمدتاً به صورت نشتی می باشد، بنابراین تنش های خشکی موجود بیشتر به صورت کاهش دفعات آبیاری اتفاق می افتد تا کاهش حجم آب آبیاری. در زراعت مرسوم سویا، آبیاری در مراحل کاشت، ۵ برگ سه برگه ای، گلدهی، شروع غلاف دهی و مرحله پرشدن دانه الزامی می باشد. نتایج این تحقیق دو ساله نشان داد در صورت عدم دسترسی به آب کافی می توان آبیاری در مراحل ۵ برگ سه برگه ای و گلدهی را حذف نمود. حذف آبیاری در این مراحل خسارت اندکی به عملکرد دانه سویا وارد کرده در حالیکه حذف آبیاری در مرحله غلاف دهی و پر شدن دانه ممکن است صدمات جبران ناپذیری در پی داشته باشد. کاهش دفعات آبیاری در مرحله گلدهی موجب کاهش ۱۵/۵ درصد و در مرحله غلاف دهی و دانه بندی موجب کاهش ۵۵ درصد عملکرد دانه در ارقام رشد نامحدود سویا شد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب مربوط به تنش کم آبی در مرحله ۵ برگ کامل + گلدهی بوده و کم آبیاری در این مرحله موجب صرفه جویی حدود ۱۰۰۰ متر مکعب در هکتار شد. بنابراین، در صورت عدم دسترسی به آب کافی بهتر است از آب موجود در مرحله غلاف دهی گیاه استفاده گردد تا بیشترین عملکرد دانه با کمترین مقدار آب حاصل شود.

منابع

- آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی، ۱۴۰۱-۱۴۰۰. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی اقتصادی، مرکز آمار فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۰۳ صفحه.
- امانی، م.، شیخ زاده، پ.، خماری، س.، زارع، ن.، رزمی، ن. ۱۳۹۹. تاثیر تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه بر صفات زراعی و عملکردی سویا. دهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، ایران.
- رزمی، ن. ۱۴۰۱. تولید سویا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج. ۷۲ صفحه.
- دیوسالار، م.، طهماسبی سروسستانی، ز.، مدرس ثانوی، س.ع.م.، حمیدی، ا. ۱۳۹۵. بررسی اثر تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام سویا. ج. ۱۸. ش. ۲ ص ۴۹۳-۴۸۱.
- کیانی، ع.ر. ۱۳۹۸. تعیین آب مورد نیاز چند گیاه دانه روغنی در استان گلستان. مجله ترویجی گیاهان دانه روغنی، ج ۱. ش ۲. ص ۹۴-۱۰۴.
- Du, Y., Zhao, Q., Chen, L., Yao, X., Xie, F. 2020. Effect of drought stress at reproductive stages on growth and nitrogen metabolism in soybean. *Agronomy*, 10: 302 .
- Faraji, A. 2014. Evaluation the response of soybean (*Glycine max L.*) genotypes to drought stress. *Journal of Crop Breeding*, 6 (14): 27-40.

- Gleason, S. M., Barnard, D. M., Green, T. R., Mackay D. S., Wang, D. R. 2022. Physiological trait networks enhance understanding of crop growth and water use in contrasting environments. *Plant Cell Environ*, 45: 2554–2572.
- Moghaddam Khamseh A., Daneshian J., Amini Dehghi M., Jabbari H. and Modarres Sanavy S. A. M. 2011. Effect of plant density and water deficit on the growth, yield and yield component of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Journal of Agronomy Sciences*, 4 (6): 26-40.
- Poudel, S., ReddyVennam, R., Shrestha, A., Reddy, R. K., Jewardane, N. K., Reddy, K. N., Bheemanahalli, R. 2023. Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early seed setting stages. *Nature*: 13: 1277.
- Rolbiecki, S., Kasperska-Wolowicz, W., Jagosz, B., Sadan, H. A., Rolbiecki, R., Szczepanek, M., Kanecka-Geszke, E., Langowski, A. 2023. Water and Irrigation Requirements of *Glycine max* (L.) Merr. in 1981–2020 in Central Poland, Central Europe. *Agronomy*, 13 (9): 2429.