

## تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب سویا در مازندران داود اکبری نودهی

تاریخ دریافت: 89/9/5 تاریخ پذیرش: 90/11/3

استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر

\* مسئول مکاتبه: E-mail: [dakbarin@yahoo.com](mailto:dakbarin@yahoo.com)

### چکیده

گیاه سویا در مراحل مختلف زندگی خود دارای حساسیت متفاوتی نسبت به کم آبی است. هدف اصلی این تحقیق، تعیین حساس‌ترین مرحله رشد سویا به تنش خشکی و محاسبه ضریب واکنش عملکرد محصول به کمبود آب و راندمان مصرف آب بود. به این منظور آزمایشی بر روی سویا رقم جی کی به صورت کشت بهاره در سال 1389 و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر انجام پذیرفت. تیمارهای کم آبیاری در مراحل مختلف رشد شامل، TR<sub>0</sub>: آبیاری در تمام مراحل رشد (شاهد)، TR<sub>1</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی، TR<sub>2</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد گلدهی، TR<sub>3</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه، TR<sub>4</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی + گلدهی، TR<sub>5</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی + پر شدن دانه، TR<sub>6</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد گلدهی + پر شدن دانه بوده‌اند. نتایج نشان داد که مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله رشد سویا نسبت به کم آبی در استان مازندران می‌باشد. در تیمار TR<sub>1</sub> با کاهش 28 درصدی آب مصرفی تنها حدود 4 درصد کاهش عملکرد مشاهده گردید. بیشترین راندمان مصرف آب نیز مربوط به تیمار TR<sub>1</sub> بوده است. مقادیر  $K_y$  بر اساس رابطه بین کاهش نسبی تبخیر- تعرق و کاهش نسبی عملکرد برای کل دوره رشد 0/87 به دست آمد. بنابراین مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله رشد گیاه سویا بوده و بیشترین راندمان مربوط به تیمار با تنش در مرحله رشد رویشی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سویا، تنش خشکی، راندمان مصرف آب، مراحل رشد

## Effect of Drought Stress at Different Growth Stages on Soybean Yield and Water Use Efficiency in Mazandaran

D Akbari

Received: 26 November 2010 Accepted: 23 January 2012

Academic member of Islamic Azad University of Qaemshar

\*Corresponding author: E-mail: [dakbarin@yahoo.com](mailto:dakbarin@yahoo.com)

### Abstract

The soybean crop growing consists of vegetative, flowering and grain filling stages which any stage has different sensitivity to water deficit. Main aim of this experiment is determining of most sensitive growing stage to drought stress and estimating of yield reaction coefficient during water shortage period and water use efficiency. Then, an experiment with complete randomized block design by 3 replication and 7 water treatment accomplished for JK cultivar of soybean in spring cultivation. Water deficit treatments at different growing stages consists of: TR, irrigation in whole growing period (Control Treatment), TR<sub>1</sub>, Irrigation with moisture stress in vegetative stage, TR<sub>2</sub>, Irrigation with moisture stress in flowering stage, TR<sub>3</sub>, Irrigation with moisture stress in grain filling stage, TR<sub>4</sub>, Irrigation with moisture stress in vegetative stage and flowering stage, TR<sub>5</sub>, Irrigation with moisture stress in vegetative stage and grain filling stage, TR<sub>6</sub>, Irrigation with moisture stress in flowering stage and grain filling stage. Results shows that flowering stage is most sensitive stage for soybean growing period in Mazandaran Province. In TR<sub>1</sub> Treatment, water consumption reduced 28% while 4% reduction of yield was observed. TR<sub>1</sub>, also has Maximum water use efficiency. Yield response factor ( $K_y$ ) was 0.87 for the total growth period. The flowering stage of soybean was most sensitive and Maximum WUE is related to the treatment of stress in the vegetative growth stage.

**Keywords:** soybean, stress, WUE, Growth stage

### مقدمه

هیچ‌گونه نزولات آسمانی وجود نداشته باشد. از طرفی، چون این مراحل عموماً با شرایط آب و هوایی گرم و خشک تابستانه مواجه می‌شود، لذا امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن دو تا سه آبیاری

ایران جز مناطقی است که نیاز رطوبتی سویا در طول دوره رشد بایستی از طریق آب آبیاری تامین گردد و در بسیاری از مناطق، طی بحرانی‌ترین مراحل رشد یعنی مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه، ممکن است

را کوتاه نموده و اندازه نهایی دانه را کاهش می‌دهد. در تنش‌های شدید، دانه خیلی کوچک، چروکیده و بد شکل می‌شود. فرود و همکاران (1993) گزارش نمودند که مرحله R<sub>1</sub> (شروع گل‌دهی) تا مرحله R<sub>5</sub> (شروع پرشدن دانه) حساس‌ترین مراحل رشد گیاه سویا نسبت به کم آبی می‌باشند. پالم و همکاران (1995) اظهار داشتند چنانچه گیاه سویا در مرحله گل‌دهی، سه تا چهار هفته تحت شرایط خشکی قرار بگیرد، غلاف‌ها تشکیل نمی‌شوند و یا خیلی کم تشکیل می‌شوند. لامبرت و هیتلی (1995) گزارش کردند در تیمار شاهد (بدون تنش) سطح برگ‌های سویا 168 سانتی‌متر مربع و در تیمار تحت تنش 60 سانتی‌متر مربع بود. دوگان و همکاران (2007) ادعا نمودند که مراحل R<sub>6</sub> (پایان پر شدن غلاف)، R<sub>3</sub> (شروع غلاف دهی) و R<sub>5</sub> (شروع پر شدن دانه) به ترتیب حساس‌ترین مراحل رشد سویا به تنش آبی می‌باشند. اییومی (2008) با اعمال تنش در مراحل مختلف رشد سویا به این نتیجه رسید که تنش در هر مرحله رشد باعث کاهش معنی دار عملکرد محصول شده است. از طرفی رابطه میزان مصرف آب و تبخیر-تعرق با عملکرد محصول جهت مدیریت آب مناسب می‌باشد. اورگاز و همکاران (1992) رابطه میزان مصرف آب و عملکرد را غیر خطی و رابطه تبخیر-تعرق با عملکرد را خطی گزارش کردند. کیپ کوریر و همکاران (2002) بیان نمودند که تابع تولید رابطه بین عملکرد محصول و آب بکار مصرف شده را نشان می‌دهد. و اظهار داشتند به واسطه نفوذ عمقی آب تابع تولید به صورت غیرخطی می‌باشد.

علیرغم مناسب بودن عوامل آب و هوایی و همچنین خاک برای رشد سویا در استان مازندران، متوسط عملکرد محصول سویا حدود 2000 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که رضایت بخش نیست (لطیفی، 1372). به طوری که از نظر اقتصادی کشت این محصول چندان به صرفه نمی‌باشد. در صورتی عملکرد متوسط محصول بیشتر از 3000 کیلوگرم در هکتار باشد با توجه به هزینه نهاده‌های کشاورزی مقرون به صرفه می‌باشد (اکبری نودهی و همکاران، 1388). مهم‌ترین عامل پائین بودن عملکرد این محصول، عدم توجه کافی

در طی مراحل حساس رشد بسیار محتمل باشد. بنابراین مطالعه واکنش گیاه سویا به تنش رطوبتی و تعیین مراحل حساس رشد آن می‌تواند به میزان قابل توجهی از کاهش محصول جلوگیری کند (ایزانلو و همکاران، 1384). تا کنون تحقیقات زیادی به منظور مطالعه اثر تنش کمبود آب بر روی رشد و نمو عملکرد گیاه سویا انجام شده است. کمبود آب در بسیاری از مراحل نمو سویا عملکرد محصول را کاهش داده اما اثرات منفی تنش در طی گل‌دهی و تشکیل دانه و پر شدن دانه خیلی مهم می‌باشد. داس و همکاران (1974) گزارش کردند که کمبود آب در مرحله گلدهی نسبت به تنش خشکی در سایر مراحل کمترین تاثیر را بر اجزای عملکرد و در نتیجه بر عملکرد دانه سویا دارد. در همین حال بوی و همکاران (1980) اظهار نمودند که تنش آبی در هر یک از مراحل رشد سویا باعث کاهش رشد شده و بر روی گلدهی و عملکرد اثر می‌گذارد. دورنبوس و کاسام (1979) مقدار نیاز آبی سویا را بسته به آب و هوا و طول دوره رشد برای برداشت حداکثر تولید 450 تا 700 میلی‌متر بیان نمودند و مرحله گلدهی را بحرانی‌ترین دوره رشد سویا به تنش آبی معرفی نمودند. مک و همکاران (1984) بیان نمودند که تنش آبی در مرحله پر شدن، دانه را کوتاه نموده و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد. کوپوقومو و همکاران (1990) با اعمال تنش خشکی در طی سه مرحله رویشی، گل‌دهی و پر شدن غلاف در سویا نتیجه گرفتند که تعداد غلاف و وزن بذر از اجزای عملکرد بودند که به شدت تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند و تعداد دانه در هر غلاف کمتر تحت تاثیر تنش قرار گرفته بود. پوک پاکدی و همکاران (1990) نیز کاهش در عملکرد دانه، تولید ماده خشک، تعداد غلاف در گیاه و اندازه دانه را به علت کمبود آب در مراحل زایشی در سویا گزارش کردند ولی کاهش در تعداد دانه در غلاف مشاهده نگردید. ویرا و همکاران (1992) گزارش کردند که تنش خشکی در طی دوره پر شدن دانه در سویا کاهش معنی‌داری را (از 32 درصد تا 42 درصد) در عملکرد موجب می‌شود. آن‌ها اظهار داشتند که تنش خشکی در طی نمو دانه عملکرد را کاهش داده، دوره پر شدن دانه

**مواد و روش‌ها**

منطقه مورد مطالعه در شمال شهر نکا در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر در عرض جغرافیایی 36 درجه و 26 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 53 درجه و 30 دقیقه شرقی و ارتفاع 4 متر از سطح دریا قرار داشت. متوسط بارندگی منطقه 600 میلی‌متر، متوسط درجه حرارت منطقه 17 درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی 70 درصد و متوسط تبخیر از تشتک 1300 میلی‌متر می‌باشد (جدول 1). خاک منطقه مورد آزمایش سیلتی-رسی بوده که در جدول 2 برخی از خصوصیات آن‌ها ارائه داده شده است.

به مسائل به‌زراعی آن از جمله برنامه‌ریزی آبیاری مناسب و اعمال آب مناسب در مراحل حساس رشد می‌باشد. بنابراین با توجه به مسئله مدیریت مزرعه و امکان کمبود آب، تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر تنش رطوبتی بر عملکرد گیاه سویا و تعیین حساس‌ترین مرحله رشد سویا به تنش خشکی، محاسبه ضریب واکنش عملکرد به کمبود آب و راندمان مصرف آب انجام گردیده است.

جدول 1- پارامترهای اقلیمی منطقه مورد آزمایش (ایستگاه هواشناسی دشت ناز ساری، سال 1389)

ماه	درجه حرارت بیشینه (سانتی‌گراد)	درجه حرارت کمینه (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)	تبخیر از تشتک (میلی‌متر در روز)	سرعت باد (متر در ثانیه)	رطوبت نسبی (درصد)
خرداد	26	20/6	0/3	6/9	2/3	70
تیر	29	24	2/6	7/4	2/7	71
مرداد	29	23	3/5	7/6	2/7	67
شهریور	26	20/7	23/8	5/5	2/3	71

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	میزان رطوبت در ظرفیت مزرعه (%)	میزان رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (%)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	EC×10 <sup>3</sup> dSS/m	pH	درصد مواد خشتی شد T.N.V%	کربن آلی O.C%	فسفر قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )
0-30	28/7	14/1	1/31	0/66	7/6	24	1/9	37	380
30-60	27/9	13/8	1/34	--	--	--	--	--	--

TR<sub>0</sub>: آبیاری در تمام مراحل رشد (شاهد)، TR<sub>1</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی، TR<sub>2</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد گل‌دهی، TR<sub>3</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه (شکل گیری)، TR<sub>4</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی + گل‌دهی، TR<sub>5</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی + پر شدن دانه (شکل گیری)، TR<sub>6</sub>: آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد گل‌دهی + پر شدن دانه (شکل گیری). کاشت در کرت هایی به

آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و 7 تیمار آبی بر روی محصول سویا رقم جی‌کی به صورت بهاره و در سال 1389 انجام شد. این رقم بسته به شرایط آب و هوایی دارای طول دوره رشد 140 تا 150 روز می‌باشد رقم دیررس گروه 5 جی کی دارای تیپ رشد مشخص و وزن هزار دانه 200 گرم می‌باشد. تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف رشد به قرار زیر بوده‌اند:

نسبت کمبود تبخیر و تعرق و  $K_y$  فاکتور  $\left(1 - \frac{ETa}{ETm}\right)$ : حساسیت گیاه می‌باشد. مقدار محصول و آب مصرفی کرت آزمایشی که بیشترین مقدار عملکرد را تولید نمود به عنوان بیشینه عملکرد ( $Y_m$ ) و تبخیر و - تعرق بیشینه ( $ET_m$ ) انتخاب شد. راندمان مصرف آب دانه ( $WUE$ ) با استفاده از معادله  $WUE = Y/ET$  بیان شده توسط هانگ و همکاران (2004) محاسبه گردید. در این معادله  $Y$  عملکرد دانه سویا و  $ET$  تبخیر- تعرق واقعی می‌باشد.  $ET$  برای تیمارهای جداگانه با استفاده از معادله  $ET = P + I + \Delta S - D_p$  بصورت آب بدست آمد. در این معادله  $\Delta S$  تغییرات ذخیره آب در ابتدا و انتهای فصل رشد ( $mm$ )،  $P$  بارندگی ( $mm$ )،  $I$  مقدار آب آبیاری ( $mm$ ) و  $D_p$  آب زهکشی شده می‌باشد. از آنجا که مقدار آب آبیاری فقط به اندازه رساندن رطوبت خاک تا رطوبت ظرفیت مزرعه مورد استفاده قرار گرفته است، بنابراین از مقدار آب زهکشی شده صرفنظر گردیده است. داده ها با استفاده از نرم افزار  $MSTATC$  مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت. ترسیم شکل و محاسبات و مقیاسات با استفاده از نرم افزار  $EXCEL$  صورت گرفت.

### نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های عملکرد کل بوته، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب در جدول‌های 3 و 4 نشان داده شده است اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد کل، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد با آبیاری در تمام مراحل رشد و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار  $TR_6$  با تنش در مرحله رشد گل‌دهی و پر شدن دانه مشاهده گردید (جدول 4). تنش در مرحله گل‌دهی بر تعداد دانه و در مرحله پر شدن دانه در وزن دانه‌ها تأثیرگذار بود. بنابراین تنش در این مرحله، کاهش شدید وزن و تعداد دانه و در

صورت جوی و پشته‌ای در ابعاد  $4 \times 5$  با فاصله ردیف‌های 60 سانتی‌متر با 5 ردیف کشت و فاصله گیاهان در روی ردیف‌های 5 سانتی‌متر احداث شده بودند به مدت یک سال انجام گردید.

مقدار آب آبیاری تیمارها به صورت شیاری و با استفاده از کنتور حجمی و برمبنای رساندن رطوبت خاک در عمق ریشه (عمق ریشه بسته به مراحل رشد گیاه متفاوت در نظر گرفته شده است) به حد ظرفیت زراعی تعیین گردید. سطح آب زیرزمینی در طی انجام آزمایش بین 5 تا 10 متر نوسان داشت. اطلاعات مربوط به نوسانات آب زیر زمینی از پیزومترهای نصب شده در شرکت زراعی دشت ناز ساری که در مجاورت زمین مورد مطالعه قرار دارد، بدست آمد. مقدار عمق آب آبیاری به صورت رابطه زیر (هانگ و همکاران، 2004):

$$d = \frac{(\theta_{fc} - \theta_w) \cdot Z \cdot \rho_b}{100} \quad [1]$$

که در آن،  $\theta_{fc}$ : رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)،  $\theta_w$ : رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری (درصد)،  $Z$ : عمق ریشه (سانتی متر) و  $\rho_b$ : وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم در سانتی‌مترمکعب) می‌باشد.

اندازه‌گیری مقدار رطوبت خاک به صورت وزنی و تا عمق 90 سانتی‌متری صورت گرفته است. اثر تنش آبی در طی فصل رشد بر روی عملکرد محصول به صورت زیر بررسی گردید (استوارت و همکاران، 1977 و دورنبوس و کاسام، 1979):

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad [2]$$

که در آن:  $ET_a$ : تبخیر-تعرق واقعی،  $ET_m$ : تبخیر-تعرق بیشینه،  $\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right)$ : کاهش عملکرد نسبی و

70 میلی‌متر آب آبیاری اولیه برای جوانه زدن بذر را اضافه نمود. حداکثر کارایی مصرف آب دانه (WUE) برای تولید دانه 1/61 کیلوگرم در مترمکعب مربوط به تیمار TR<sub>1</sub> (تنش در مرحله رشد رویشی) بود. کمترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار TR<sub>6</sub> با تنش در مرحله رشد گلدهی و پر شدن دانه بوده است. نتایج نشان می‌دهد که با تنش آبی در مراحل حساس مثل گلدهی و پر شدن دانه راندمان مصرف آب کاهش داشته است و در مرحله رشد رویشی با کاهش آب مصرفی کاهش زیاد عملکرد مشاهده نگردیده و در نتیجه راندمان مصرف آب بالاترین مقدار را داشته است. گارسید و همکاران (1992) مقدار 0/7-1/8 کیلوگرم در هر متر مکعب را بیان و افزایش راندمان مصرف آب در سویا را به ازای کاهش مصرف آب گزارش نمودند. واکریم و همکاران (2005) در مطالعات خود روی لوبیا مشاهده کردند که با استفاده از تیمارهای کم آبیاری به دلیل تنش آبی و در نتیجه تعرق کمتر گیاه کارایی مصرف آب افزایش قابل توجهی دارد و این نتایج با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نهایت کاهش عملکرد را به همراه داشته است. با بررسی تیمارهای TR<sub>1</sub> تا TR<sub>3</sub> که تنش در هر یک از مراحل رشد را نشان می‌دهد، مشخص گردید. که در تیمار TR<sub>2</sub> که تنش رطوبتی در مرحله رشد گلدهی بوده است، کاهش شدید عملکرد مشاهده می‌شود. سوائینیت (1977)، پالمر و همکاران (1995)، دورنبوس و کاسام (1979) نیز نتایج مشابه‌ای گزارش نمودند. دانشیان و همکاران (1378) اظهار نمودند که اعمال تنش رطوبتی در مرحله گلدهی باعث بیشترین کاهش عملکرد (80 درصد) در سویا می‌شود. این در حالی است که ویرا و همکاران (1992) گزارش کردند که تنش خشکی در طی دوره پر شدن دانه در سویا کاهش معنی‌داری (از 32 درصد تا 42 درصد) در عملکرد را موجب می‌شود. بعد از مرحله گلدهی تیمار TR<sub>3</sub> (تنش در مرحله پر شدن دانه) نسبت به کم آبی حساسیت نشان داده و مرحله رشد رویشی حساسیت کمتری نسبت به دو مرحله دیگر داشته است. نتایج حاضر با آنچه که کرم و همکاران (2005) ارائه دادند، مطابقت دارد. مقدار آب مصرفی برای سویا در منطقه مورد مطالعه (جدول 4) 367 میلی‌متر بدست آمد. البته باید به مقدار ذکر شده حدود

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزا عملکرد سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ماده خشک	عملکرد دانه	میانگین مربعات
تکرار	2	423483	110140	WUE
تیمار	6	22636038**	1843609**	0/074
خطا	12	1059006	363330	0/157*
CV (%)		10	15	0/051
				16,8

کاهش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. به نظر می‌رسد اگر در مراحل دیگر رشد آبیاری به مقدار مناسب و در زمان مناسب صورت بگیرد و همچنین برای جوانه زنی یک آبیاری در ابتدای فصل صورت گیرد، می‌توان آبیاری در مرحله رشد رویشی را حذف

کاهش 28 درصدی آب آبیاری در تیمار TR<sub>1</sub> (تنش در مرحله رشد رویشی) نسبت به تیمار شاهد (TR<sub>0</sub>) کاهش 3/6 درصد عملکرد مشاهده گردید (جدول 4). همچنین در تیمار TR<sub>3</sub> (تنش در مرحله پر شدن) با کاهش 42 درصدی آب آبیاری تنها 15 درصد

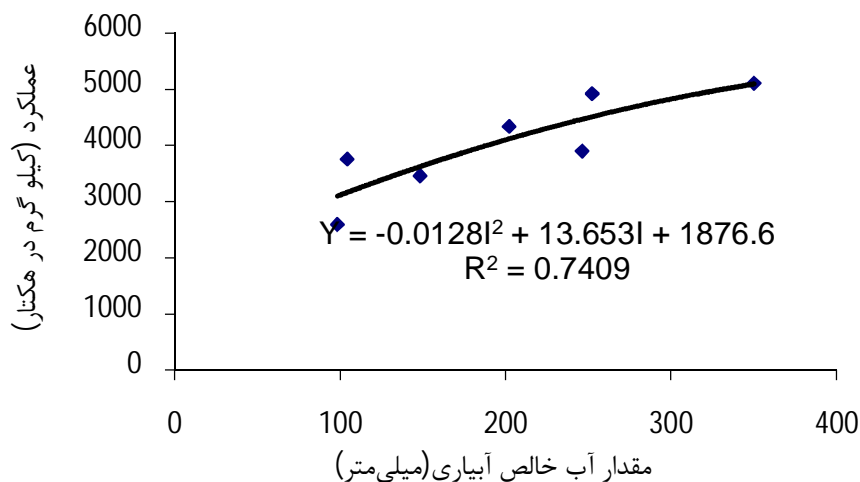
نمود (جدول 4) همچنین حداکثر مقدار آب داده شده در سال زراعی 90-89 بر اساس داده های جدول 4 مقدار 350 میلی متر بدست آمد. قاجار سپانلو و بهمنیار (1383) مقدار 340 میلی متر آب خالص آبیاری را برای ارقام مختلف سویا در منطقه ارائه نمودند.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و اجزا عملکرد سویا، مقدار آب خالص آبیاری، مقدار تبخیر-تعرق و نسبت عملکرد

راندمان مصرف آب (دانه)	تبخیر-تعرق (میلی متر)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد ماده خشک (کیلو گرم در هکتار)	آب خالص آبیاری (میلی متر)	تعداد آبیاری	سطوح آبیاری
1/39 AB	367	5100 A	16480 A	350	7	TR <sub>0</sub>
1/61 A	305	4914 AB	13260 ABC	252	5	TR <sub>1</sub>
1/2 B	324	3892 BCD	15850 AB	246	5	TR <sub>2</sub>
1/27 B	341	4329 ABC	15410 ABC	202	4	TR <sub>3</sub>
1/3 AB	264	3455 CD	12500 C	148	3	TR <sub>4</sub>
1/38 AB	271	3752 BCD	12970 BC	104	2	TR <sub>5</sub>
0/84 B	225	2590 D	8410 D	98	2	TR <sub>6</sub>

صورت غیر خطی افزایش می یابد. کیپ کوریر و همکاران (2002) و اورگاز و همکاران (1992) نیز رابطه غیر خطی بین آب آبیاری و عملکرد محصول را بیان نمودند.

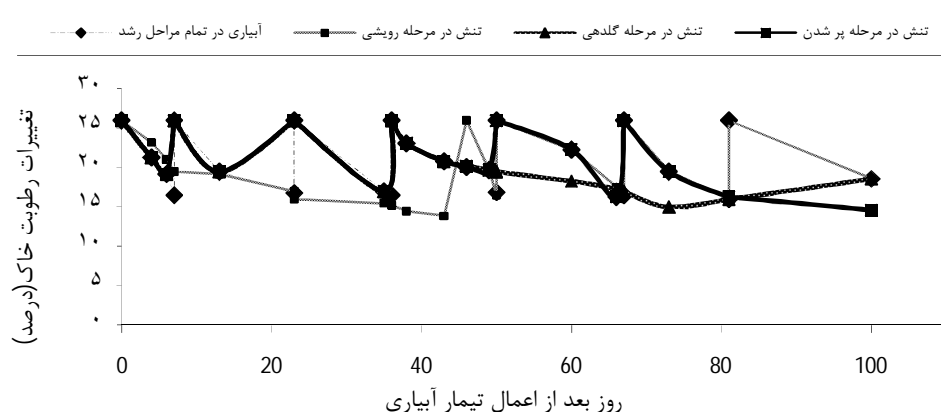
بر اساس نتایج بدست آمده تابع تولید سویا که بیانگر چگونگی ارتباط بین آب خالص آبیاری سویا و تولید متناظر با آن می باشد، مطابق شکل 1 استخراج گردید. تابع بدست آمده از نوع درجه دوم می باشد. بر اساس شکل مزبور با افزایش مصرف آب، عملکرد به



شکل 1- رابطه بین میانگین مقدار آب خالص آبیاری و عملکرد دانه سویا

تعرق با توجه به تغییرات رطوبت خاک برای تیمارهای مختلف بدست آمد.

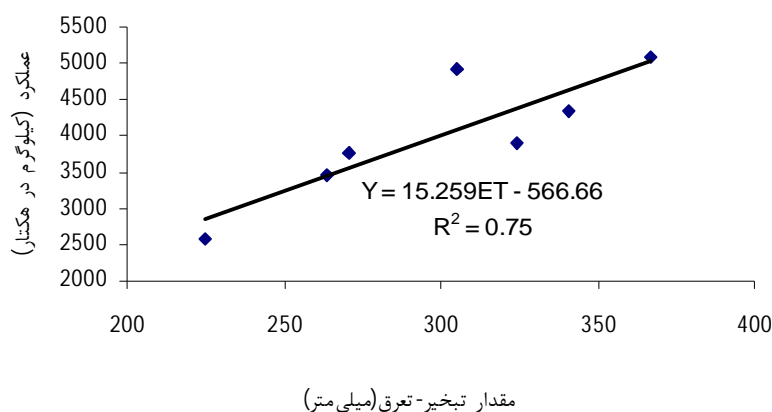
در شکل 2 تغییرات رطوبت خاک برای تیمارهای مختلف آبیاری نشان داده شده است. مقدار تبخیر -



شکل 2- تغییرات رطوبت خاک تیمارهای مختلف در طی آزمایش

صفر تبخیر - تعرق برابر 37/1 میلی متر بدست آمده است. این مقدار تبخیر - تعرق را به عنوان برآوردی از تبخیر از سطح خاک در نظر می گیرند. بنابراین سهم تبخیر از تبخیر - تعرق در آزمایش حدوداً برابر 37 میلی متر بوده است.

در شکل 3 تغییرات مقدار محصول نسبت به تبخیر - تعرق رسم شده است. بر اساس شکل مزبور مشاهده گردیده است که تابع تولید نسبت به تبخیر - تعرق خطی می باشد. به عبارت دیگر هر کاهش در تبخیر - تعرق باعث کاهش عملکرد شده است. در شکل 3 عرض از مبدا منفی است. به عبارت دیگر در عملکرد

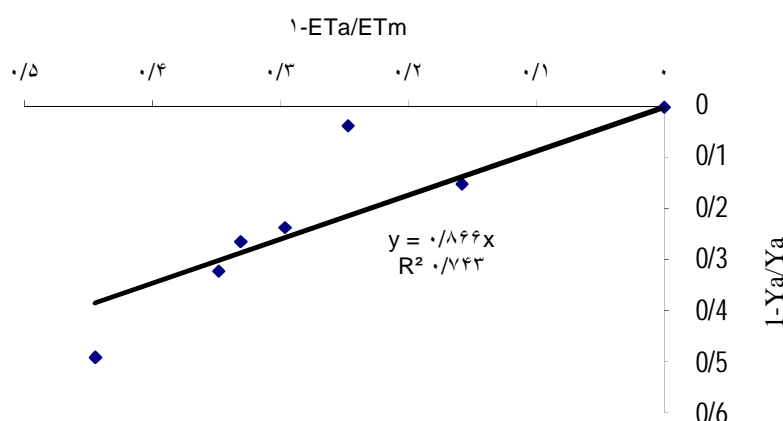


شکل 3- رابطه میزان تبخیر و تعرق و عملکرد دانه سویا بهار

میلی متر تعیین و ضریب  $K_y$  برابر 0/87 حاصل شد. دورنبوس و کاسام (1979) مقدار 0/85 را برای سویا که از مقادیر متوسط در نقاط مختلف دنیا بدست آمد، ارائه داده اند.

در شکل 4 مقدار محصول و آب مصرفی کرت آزمایشی که بیشترین مقدار عملکرد را تولید نمود به عنوان حداکثر عملکرد ( $Y_m$ ) و تبخیر و - تعرق حداکثر ( $ET_m$ ) به ترتیب برابر 5100 کیلوگرم در هکتار و 367





شکل 4- ضریب واکنش عملکرد دانه سویا به آبیاری ( $K_y$ )

### نتیجه‌گیری

تحقیق تیمار تنش در مرحله رویشی دارای بیشترین راندمان مصرف آب بوده است. علت آن را می‌توان در عدم حساسیت دوره رویشی به تنش دانست. به طوری که با کاهش آن عملکرد نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نداشته است. بنابراین وقتی که مقدار آب محدود باشد، با کاهش مصرف آب در دوره رشد رویشی می‌توان در مصرف آب صرفه جویی نمود. در صورت لزوم، برای استقرار صحیح محصول بایستی یک آبیاری اولیه انجام گردد. صرفه جویی آب در دوره گلدهی و اوایل دوره شکل‌گیری عملکرد محصول (توسعه غلاف) را بایستی به حداقل رساند. همچنین رابطه بین تبخیر- تعرق با عملکرد به صورت خطی و رابطه آب آبیاری و عملکرد به صورت غیر خطی برای سویا بدست آمد. مقدار فصلی فاکتور حساسیت گیاه سویا برابر 0/87 به دست آمد. این بدان معناست که با کاهش 10 درصد تبخیر- تعرق واقعی نسبت به تبخیر- تعرق پتانسیل تولید سویا نسبت به تولید پتانسیل تقریباً 9 درصد کاهش می‌یابد.

در این مطالعه تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و راندمان مصرف آب سویا مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، مرحله گلدهی و پر شدن دانه حساس‌ترین مرحله رشد گیاه سویا در منطقه مازندران بدست آمد. به‌طور کلی همان‌طور که از داده‌های جدول مقایسه میانگین (جدول 4) مشخص است، دوره‌هایی از رشد که گلدهی و پر شدن را در بر می‌گیرند دارای حساسیت بیشتری می‌باشند و عملکرد کاهش معنی‌داری داشته است. بنابراین وقتی که مقدار آب محدود باشد، با کاهش مصرف آن در دوره رشد رویشی می‌توان در مصرف آب صرفه جویی نمود. صرفه جویی آب در اواخر دوره گلدهی و اوایل دوره پر شدن، عملکرد محصول را به حداقل خواهد رساند.

راندمان مصرف آب که بیانگر راندمان تولید آب مصرفی است در شرایط کم آبی حائز اهمیت بوده و در شرایط فوق وقتی حداکثر باشد، مقدار بیشینه (حداکثر) محصول را به ازاء آب موجود عاید می‌سازد. در این

## منابع مورد استفاده

- اکبری نودهی د، کاوه ف، صدقی ح و مجاوریان م، 1388. تعیین الگوی بهینه کشت گیاهان زراعی تحت شرایط کم آبی (مطالعه موردی شهرستان نکا). پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. 140 صفحه.
- ایزاتلوع، زینالی خانقاه ح، حسینزاده ع، مجنون حسینی ن و سبکدست م، 1384. بررسی عکس العمل ارقام تجارتي سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحله زایشی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 36، شماره 4، 1023-1011.
- لطیفی ن. 1372. زراعت سویا (زراعت، فیزیولوژی، مصارف). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 280 صفحه.
- دانشیان ج، مجیدی ا، هاشمی دزفولی س ا و نورمحمدی ق، 1378. بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی دو رقم سویا. مجله علوم زراعی ایران. جلد 1 شماره 3، صفحات 24-34.
- قاجار سپانلو م و بهمنیار م، 1383. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام سویا در مازندران. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر. سال دوم، شماره دوم. صفحه 79-89.
- Abayomi AY, 2008. Comparative growth and grain yield response of early and late soybean maturity groups to induced soil moisture stress at different growth stage. *Word J of Agric sci.* 4(1): 71-78.
- Boyer JS, Johnson RR and Saupe SG, 1980. Afternoon water deficits and grain yields in old and new soybean cultivars. *Agron. J.* 72, 981-985.
- Doss BD, Pearson RW and Ragers HT, 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. *Agron. J.* 66:297-299.
- Doorenbos J and Kassam AH, 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, FAO, Rome, Italy, 193 pp.*
- Dogan E, Clark GA, Rogers DH, Martin V and Vanderlip RL, 2006. On farm scheduling studies and CERES-Maize simulation of irrigated corn. *Appl. Eng. Agric.* 22 (4), 509-516.
- Foroud N, Mundel HH, Saindon G and Entz T, 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield components. *Irrig. Sci.* 13, 149-155.
- Garside AL, Lawn RJ, Muchow RC and Byth DE, 1992. Irrigation management of soybean in a semi-arid tropical environment. *Aust J Agric Research* 43(5):1019-1032.
- Huang M, Calich J and Zhong L, 2004. Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the loes plateau of china. *Irrig. Sci.* 23:47-54.
- Karam F, Masaad R, Sfeir T, Mounzer O and Roupheal Y, 2005. Evapotranspiration and seed yield of field growth soybean under deficit irrigation conditions. *Agric Water Manage.* 75: 226-244.

- Kipkorir KK, Reas D and Massawe B, 2002. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in perkerra, Kenya. *Agric. Water Manage.* 56:229-240.
- Kpoghomou BK, Sapra VT and Reyl CA, 1990. Sensitivity for drought stress of three soybean cultivars during different growth stages. *J Crop Sci.* 164: 104-109.
- Lambert L and Heartherly LG, 1995. Influence of irrigation on susceptibility of selected soybean genotypes to soybean. *Crop. Sci.* 35: 1657-1660.
- Meckel LW, Egli DB, Philips RE and Leggett JE, 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybean. *Agro. J.* 76 (4): 647-650.
- Orgaz F, Mateas L and Fereres E, 1992. Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. *Agro. J.* 65:464-467.
- Palmer J, Dunphy EJ and Reese P, 1995. Managing drought-stressed soybeans in the southeast. <http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-24.html>.
- Pokpakdi A, Thiravirojana K, Saeradee I and Chaikaew S, 1990. Response of new soybean accessions to water stress during reproduce phase. *Kaset J, Natural Sci.* 24 (3): 375-387.
- Soinit N and Kramer PJ, 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. *Agro. J.* 69:274-277.
- Stewart JL, Danielson, RE, Hanks RJ, Jackson EB, Hagan RM, Pruitt WO, Frankilin WT and Rily JP, 1977. Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil. Utah water Lab. PRWG151-1, Logan. USA, pp. 191.
- Vieira RD, Tekrony DM and Egli DB, 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. *Crop. Sci.* 32:471-475.
- Wakarim R, Aganchich H, Tahi H, Serraj R and Wahabi S, 2005. Comparative effects of PRD and regulated deficit irrigation on water relations and water use efficiency in common bean. *Agri. Ecosys and Environ.* 106: 275-287.