

اثر مقدار آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی سویا (*Glycine max L*) رقم هایبیت

علی دهقان موروزه^{۱*}، بهمن فرهادی بانسوله و مختار قبادی

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی.

a.d.moroozeh@gmail.com

استادیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی.

bfarhadi2001@yahoo.com

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی.

ghobadi.m@razi.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقدار آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی سویا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرمانشاه، در تابستان ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل هشت تیمار ۱۰۰٪ (T1)، ۱۲۰٪ (T2)، ۸۰٪ (T3) و ۶۰٪ (T4) نیاز آبی در تمام مراحل رشد گیاه و ۸۰٪ (T5) و ۶۰٪ (T6) نیاز آبی در مرحله رشد رویشی و همچنین ۸۰٪ (T7) و ۶۰٪ (T8) نیاز آبی در مرحله رشد زایشی بود که در مورد تیمارهای T5، T6، T7 و T8 در خارج از دوره‌های مزبور، مقادیر آبیاری برابر تیمار ۱۰۰٪ یا شاهد (T1) اعمال شد. در پایان رشد، برخی خواص هندسی و نقلی مربوط به دانه شامل طول، عرض، سطح، محیط، نسبت طول به عرض، کرویت، فاصله مرکز ثقل تا محل تقاطع طول و عرض با استفاده از مدل Smartgrain و همچنین اجزای عملکرد شامل شاخص سطح برگ، تعداد غلاف‌های پر و خالی، وزن و تعداد دانه‌ها، وزن خشک و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آبیاری بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز ضریب دایرگی و فاصله بین مرکز ثقل دانه و محل تقاطع طول و عرض دانه معنی‌دار بود. بر این اساس، حساس‌ترین مرحله به تنش آبی مرحله گلدهی و اعمال تنش ۶۰ درصد نیاز آبی در کل دوره رشد گیاه شناسایی شد. بیشترین بهره‌وری آب هم در عملکرد دانه و هم در عملکرد روغن در تیمار ۱۲۰ درصد حاصل شد. تیمار اعمال تنش ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله رشد رویشی بعد از تیمار ۱۲۰ درصد بیشترین بهره‌وری آب در عملکرد روغن و دانه را داشت. بطور کلی نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در صورت نیاز به اعمال کم آبیاری به گیاه سویا بهتر است این کم آبیاری در مرحله رشد رویشی و به میزان ۲۰ درصد نیاز آبی (۸۰ درصد تأمین نیاز آبی) باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، خصوصیات هندسی دانه، عملکرد سویا، مدل SmartGrain.

۱- آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه.

* - دریافت: دی ماه ۱۳۹۵ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی در ایران به‌صورت واردات تأمین می‌شود (شیرانی‌راد و همکاران، ۲۰۰۲). سویا با دارا بودن روغن و پروتئین با کیفیت بالا در مصارف تغذیه‌ای بشر گسترش زیادی داشته است (چیزی، ۲۰۰۱). پتانسیل تولید عملکرد دانه سویا در جهان شش تن در هکتار و میانگین عملکرد دانه در ایران حدود ۲/۶ تن در هکتار گزارش شده است (فائو، ۲۰۰۷)

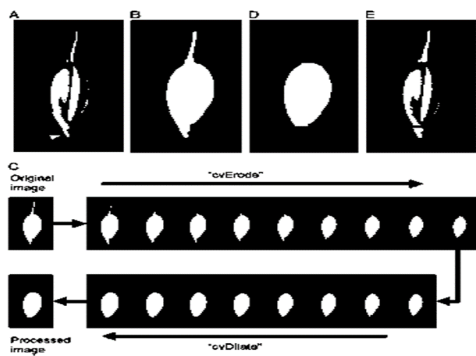
طبق آمار سال ۲۰۱۳ فائو، سویا در ایران سطح زیر کشت ۷۶۰۰۰ هکتار و تولید ۱۸۶۰۰۰ تن را دارد. قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک جهان توجه به اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گیاه را ضروری می‌نماید. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و بهره‌وری آب سویا در مازندران مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که در این منطقه حساس‌ترین مرحله به تنش، مرحله گلدهی می‌باشد (نودهی، ۲۰۱۲). به‌منظور بررسی عکس‌العمل ارقام تجارتي سویا به تنش کمبود آب در اواخر مرحله زایشی از دو محیط تنش و بدون تنش استفاده شد، نتایج تفاوت معنی‌داری را برای اکثر صفات بجز، ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و تعداد بذر در گیاه بین گروه‌های رسیدگی و همچنین ارقام داخل گروه‌های رسیدگی را نشان داد (ایزانلو و همکاران، ۲۰۰۵). چنانچه گیاه سویا در مرحله گلدهی سه تا چهار هفته تحت شرایط خشکی قرار بگیرد، غلاف‌ها تشکیل نمی‌شوند و یا خیلی کم تشکیل می‌شوند (پالمر، ۱۹۹۵). تنش در طی گلدهی (R2) طول دوره گلدهی را کوتاه می‌نماید، تنش در طی رشد سریع غلاف، تعداد دانه در هر غلاف و اندازه بذر را کاهش می‌دهد. در مرحله R5 (هاسکتز و همکاران، ۲۰۰۰) (شروع پر شدن دانه)، دانه‌ها سریعاً پر می‌شوند و تقاضا برای رطوبت زیاد می‌باشد، سرعت رشد بذر در غلاف‌های جوان می‌تواند به علت تنش کمبود

رطوبتی، درجه حرارت‌های بالا و یا هر دو کند شود. رطوبت خاک در این مرحله برای بدست آوردن وزن بالای بذر و نتیجتاً عملکردهای بالای دانه فوق‌العاده بحرانی می‌باشد. تنش در این مرحله موجب کوچک شدن، چروکیده شدن و در نتیجه کاهش وزن بذر می‌شود. تنش در مرحله R6 (پایان پر شدن غلاف‌ها)، میزان تجمع ماده خشک و اندازه بذر را کاهش می‌دهد (ویرا و همکاران، ۱۹۹۱).

ویرا و همکاران (۱۹۹۲) اظهار داشتند که تنش خشکی در طی نمو بذر، عملکرد را کاهش داده، دوره پر شدن دانه را کوتاه نموده و اندازه نهایی بذر را کم می‌کند. در تنش‌های شدید، بذر خیلی کوچک، چروکیده و بدشکل می‌شود، تنش خشکی در طی دوره پر شدن دانه در سویا کاهش معنی‌داری را (از ۳۲ تا ۴۲ درصد) در عملکرد موجب می‌شود. پوکپاکدی و همکاران (۱۹۹۰) ارقام سویا را جهت ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در طی مراحل اولیه، اواسط یا اواخر زایشی در معرض تنش آبی قرار دادند و نتیجه آن شد که کمبود آب، عملکرد بذر، تولید ماده خشک، تعداد غلاف در گیاه و اندازه بذر را کاهش داد اما تعداد بذر در غلاف کاهش پیدا نکرد. کمبود آب در مرحله گلدهی نسبت به سایر مراحل کمترین تأثیر را بر اجزای عملکرد سویا دارد (دوس و پیرسون، ۱۹۷۴). تنش آبی، مرحله پر شدن، دانه را کوتاه نموده و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد (میکل و همکاران، ۱۹۸۴). مرحله شروع گلدهی (R1) تا مرحله‌ی شروع پر شدن دانه‌ها (R5) که حساس‌ترین مراحل رشد گیاه سویا نسبت به کم آبی می‌باشند (فرود و همکاران، ۱۹۹۳).

دووگان و همکاران (۲۰۰۶) اعلام کردند که مراحل R6 (پایان پر شدن غلاف‌ها) R3 (شروع غلاف دهی) و R5 (شروع پر شدن دانه‌ها) به ترتیب حساس‌ترین مراحل رشد سویا به تنش آبی می‌باشند. با اعمال تنش در مراحل مختلف رشد سویا مشخص شد که تنش در هر مرحله رشد باعث کاهش معنی‌دار عملکرد

مورد استفاده در این مدل به صورت dpi ۶۰۰ می‌باشد. این تصاویر بوسیله یک اسکنر در فرمت Tiff تهیه شد. برای این کار دانه‌ها روی شیشه اسکنر پهن شده و اسکن انجام می‌شود. با توجه به وقت کم چند دقیقه‌ای برای این کار امکان تحلیل چند صد بذر را فراهم می‌کند. این مدل برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی بذر، بذر را به صورت یک محیط ایجاد شده به وسیله تعداد زیادی نقطه یا همان پیکسل‌ها تشخیص می‌دهد (شکل ۲). فرآیند تحلیل تصاویر در این مدل طی سه مرحله انجام می‌شود، مرحله‌ی اول، تصاویر از فرمت تمام رنگی ۲۴ بیتی به فرمت سیاه سفید یک بیتی تبدیل می‌شوند. در این حالت، دانه‌ها به صورت سفید رنگ در یک پس زمینه سیاه قرار می‌گیرند. در مرحله دوم تمام قسمت‌های اضافی بذر حذف می‌شود. این مدل از توابع `openCV Developer` شامل `CV Dilate` و `CV Erode` (2012) teams، که بر اساس عملکرد مورفولوژی هستند استفاده می‌کند. فرآیند `CV Erode` قسمت‌های اضافی اطراف محیط بذر را حذف می‌کند، ولی فرآیند `CV Dilate` برای بازسازی آن قسمت‌ها می‌باشد. در مرحله سوم تابع `OpenCV (CV Find Contour)` که بر اساس الگوریتم سوزوکی و آبه می‌باشد محیط بذر را در تصاویر ۱ بیتی تشخیص می‌دهد که برای این کار نیازمند تشخیص دقیق موقعیت مکانی روی محیط بذر می‌باشد (سوزوکی و آبه، ۱۹۸۵) رابطه (۱) و (شکل ۱ و ۲)



شکل ۱- نحوه اعمال توابع در محیط مدل Smart Grain

محصول شده است، از طرفی رابطه میزان مصرف آب و تبخیر تعرق با عملکرد محصول جهت مدیریت آب مناسب می‌باشد (آبایومی، ۲۰۰۸). در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در رابطه با خصوصیات هندسی بذر گیاهان مختلف انجام شده است، از جمله می‌توان به بررسی خصوصیات هندسی بذر عدس (کارمان، ۱۹۹۶) بذر لوبیا (اولاجیده و همکاران، ۱۹۹۹) آفتابگردان (گوپتا و داس، ۱۹۹۷) باقلا سبز (آلتانتا و بیلدیز، ۲۰۰۷) اشاره کرد. با این حال، تاکنون تحقیقی در خصوص تأثیر تنش آبی بر ویژگی‌های فیزیکی سویا (رقم هابیت) صورت پذیرفته است. لذا در این پژوهش، تأثیر تنش آبی بر برخی خواص فیزیکی، عملکرد گیاه سویا (رقم هابیت) مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه و شکل دانه از پارامترهای مهمی می‌باشند که عملکرد و کیفیت خوراک و قیمت محصولات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی دانه گیاهان وجود دارد. در روش‌های معمول به صورت دستی اندازه‌گیری‌ها انجام می‌شود که این خود سبب محدود شدن تعداد اندازه‌گیری‌ها، صحت داده‌ها، کاهش تنوع پارامترهای اندازه‌گیری و کندی روند اندازه‌گیری می‌شود، روش دیگر استفاده از فناوری تحلیل تصاویر رقومی می‌باشد. این روش این امکان را فراهم می‌سازد که پارامترهای فیزیکی زیادی را به صورت خودکار و سریع با استفاده از تصاویر با وضوح بالا اندازه‌گیری کنیم (برور و همکاران، ۲۰۰۶). در این پژوهش برای اولین بار در ایران از مدل Smart grain که در ژاپن، در سال ۲۰۱۲ تولید شده است استفاده شد.

معرفی مدل Smart Grain

مدل Smart Grain در محیط برنامه‌ویژوال ++C مایکروسافت و ویژوال استدیو ۲۰۱۰ ایجاد شده است. مدل Smart Grain در ژاپن توسط تاناбата و همکاران زیر نظر وزارت کشاورزی آن کشور در سال ۲۰۱۲ تولید شده است. تصاویر

مساحت بذر (P) محیط بذر و (L) طول بذر می‌باشد. یکی از پارامترهایی که در این مدل اندازه‌گیری می‌شود فاصله بین مرکز ثقل بذر تا محل تقاطع طول و عرض بذر (IS) می‌باشد (معادله ۹). بدین منظور مدل از معادله (۱۲) استفاده می‌کند (DS). در این معادله مقادیر ($S1$) و ($S2$) از معادلات (۱۰) و (۱۱) بدست می‌آید.

$$CS = \frac{4\pi(AS)}{PL^2} \quad (7)$$

$$LWR = \frac{L}{W} \quad (8)$$

$$IS = (x_{cs}, y_{cs}) = \left(x_{h0} + \frac{s1(x_{h1} - x_{h0})}{S1 + S2}, y_{h0} + \frac{s1(y_{h1} - y_{h0})}{S1 + S2} \right) \quad (9)$$

$$S1 = \frac{1}{2} \left\{ (x_{w0} - x_{w1})(y_{h0} - y_{w1}) - \frac{(y_{w0} - y_{w1})(x_{h0} - x_{w1})}{(x_{h0} - x_{w1})} \right\} \quad (10)$$

$$S2 = \frac{1}{2} \left\{ (x_{w0} - x_{w1})(y_{w1} - y_{h1}) - \frac{(y_{w0} - y_{w1})(x_{w1} - x_{h1})}{(x_{w1} - x_{h1})} \right\} \quad (11)$$

$$DS = \sqrt{(x_{CS} - x_{CG})^2 + (y_{CS} - y_{CG})^2} \quad (12)$$

در نهایت مدل خروجی‌های پارامترهای اندازه‌گیری شده را در قالب شکل (۴) ارائه می‌دهد. در استفاده از مدل‌های ریاضی تعیین دقت این مدل‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است، برای این منظور پارامترهای فیزیکی زیر با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر برای ۱۰۰ عدد بذر سویا اندازه‌گیری شد و نتایج با مقادیر محاسبه شده توسط مدل مقایسه شد، در نهایت نتایج در قالب جدول (۱) ارائه شد.

$$P_i = (x_i, y_i) \quad \text{for } i=0,1,\dots,n \quad (1)$$

موقعیت مکانی روی محیط بذر (P_i) شکل (۲).

$$CG = (x_{CG}, y_{CG}) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n y_i \right) \quad (2)$$

مدل، مقدار مرکز ثقل بذر (CG) را با استفاده از معادله (۲) بدست می‌دهد. برای اندازه‌گیری طول بذر، این مدل بیشترین فاصله نقاط را روی محیط بذر بر اساس معادله (۴) تشخیص می‌دهد. بر این اساس $hl_{i,j}$ فاصله بین دو نقطه در دو موقعیت مکانی را نشان می‌دهد.

$$hl_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

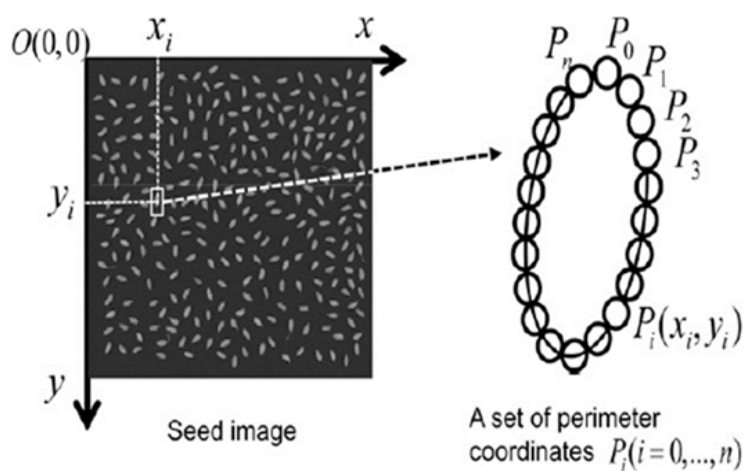
L بیشترین فاصله طولی روی محیط بذر می‌باشد معادله (۴) و شکل (۳). برای اندازه‌گیری عرض بذر این مدل فاصله‌ی روی محیط بذر را در جهت عمود بر طول بذر در نظر می‌گیرد، بر این اساس ($wl_{i,j}$) فاصله موقعیت مکانی متفاوت در راستای عمود بر طول بذر می‌باشد معادله (۵). مدل برای محاسبه عرض بذر از معادله (۶) که بیشترین فاصله در راستای عمود بر بذر می‌باشد استفاده می‌کند شکل (۳).

$$L = hl_{max} = \max_{i,j} (hl_{i,j}), \quad P_{h0}(x_{h0} - y_{h0}), P_{h1}(x_{h1} - y_{h1}) \quad (4)$$

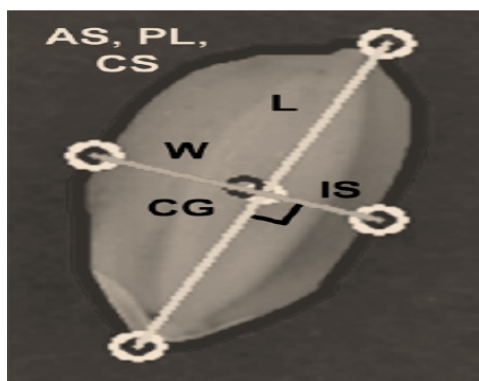
$$wl_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \left(\text{if } \frac{(y_{h1} - y_{h0})}{(x_{h1} - x_{h0})} \times \frac{(y_i - y_j)}{(x_i - x_j)} = -1 \right) \quad (5)$$

$$W = wl_{max} = \max_{i,j} (wl_{i,j}), \quad P_{w0}(x_{w0} - y_{w0}), P_{w1}(x_{w1} - y_{w1}) \quad (6)$$

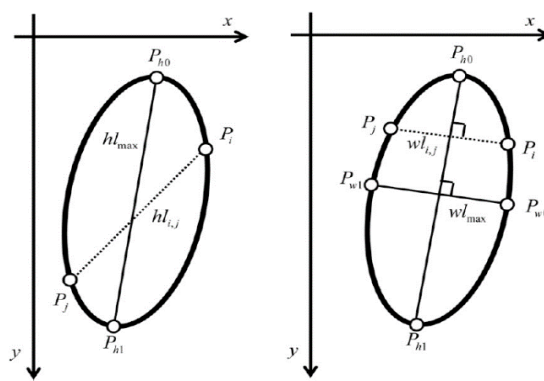
در روابط فوق پارامترها در قالب شکل (۳) نشان داده شده است. در این مدل ضریب دایرگی (CS) از معادله (۷) محاسبه می‌شود. مدل نسبت طول به عرض بذر را از معادله (۸) محاسبه می‌کند. در این رابطه (AS)



شکل ۲- تشخیص P_i ها در مدل SmartGrain



شکل ۴- خروجی مدل و تشخیص پارامترهای مختلف در مدل Smart Grain



شکل ۳- تشخیص پارامترهای طول و عرض در مدل Smart Grain

جدول ۱- دقت اندازه‌گیری مدل برای بذر سویا

Species	Scan Resolution(Dpi)	Scale (Mm/pixel)	N	AS(mm ²)	PL(mm)	Seed L(mm)	Seed W(mm)
Soybean	600	0.04	100	53±4.56	26.27±1.22	7.89±0.42	7.23±0.49

مواد و روش‌ها

جزء تیپ رشد محدود و از گروه رسیدگی سه می‌باشد استفاده شد. از مشخصات این رقم این است که در طول رشد، رشد طولی ساقه با تمایز غنچه انتهایی ساقه اصلی متوقف شده و گلها هم از کنار و هم از انتهای ساقه اصلی می‌رویند (شهواری و شیراسماعیلی، ۱۳۷۳). بعد از انجام عملیات شخم در اردیبهشت ماه عملیات دیسک زنی جهت خرد کردن کلوخه‌های ناشی از شخم صورت گرفت. سپس بوسیله فاروئر، ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی تا عمق

منطقه مطالعاتی در استان کرمانشاه، شهر کرمانشاه و مزرعه آزمایشی دانشگاه رازی با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه و ۱۲ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳۳ ثانیه شمالی واقع است. در این منطقه متوسط بارندگی ۴۵۶ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پارامترهای هواشناسی در طول آزمایش در جدول ۲ به صورت ماهانه آورده شده است. در این بررسی از سویا رقم هابیت که

کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مراحل سبز شدن بذر و گلدهی بر اساس نتایج آزمایش خاک مزرعه تحقیقاتی تعیین و استفاده شد (الفتی و همکاران، ۱۳۷۹).

۶۰ سانتی متری رسی لومی و در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی متری رسی می باشد. سایر خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه که توسط احمدپور و همکاران (۱۳۹۶) تعیین شده است در جدول ۳ گزارش شده است.

در طول دوره رشد گیاه، مبارزه با علف های هرز و آفات انجام گرفت. میزان مصرف کود به صورت ۱۵۰

جدول ۲- پارامترهای هواشناسی در طول آزمایش

پارامتر هواشناسی	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداکثر درجه حرارت (C)	۳۲	۳۵	۳۸/۳	۳۹/۱	۳۵
حداقل درجه حرارت (C)	۶/۷	۱۳	۱۷	۱۷/۱	۱۴/۱
ساعات آفتابی (hr/d)	۸/۳	۹/۷	۱۰/۲	۹/۹	۱۰/۳
سرعت باد (m/s)	۰/۹	۱/۴	۱/۲	۱/۱	۱/۱
تبخیر و تعرق پتانسیل (mm/d)	۵/۷	۶/۴	۶/۴	۶	۵/۷
مقدار بارندگی (mm)	۰	۰	۰	۰	۰
متوسط رطوبت نسبی (%)	۲۲/۹	۱۹/۶	۱۸/۹	۱۷/۲	۲۲/۱

جدول ۳- پارامترهای خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک (سانتی متر)	بافت خاک	آب قابل دسترس (میلی متر)	رطوبت اشباع (درصد حجمی)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد حجمی)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)
۳۰-۰	Clay loam	۴۲	۴۸	۲۰	۳۴	۱/۳
۶۰-۳۰	Clay loam	۴۲	۴۸	۲۳	۳۷	۱/۳۱
۹۰-۶۰	Clay	۴۲	۴۸	۲۵	۳۹	۱/۲۵

هواشناسی را به صورت ساعتی از طریق سیستم GPRS به وبگاه ایستگاه هواشناسی با آدرس www.fieldclimate.com ارسال می نماید. در این وبگاه تبخیر و تعرق و پتانسیل گیاه مرجع (ET_o) به صورت روزانه بر اساس فرمول پنمن مانیتث محاسبه می گردد. به منظور برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مورد مطالعه در قسمت Irrimet این وبگاه تاریخ کشت، طول و ضرایب گیاهی مراحل چهارگانه رشد گیاه مطابق با فرمت نشریه FAO56 وارد گردید. این سایت با توجه به اطلاعات وارد شده، ضریب گیاهی مربوط به هر روز و نهایتاً تبخیر و تعرق و پتانسیل گیاه را محاسبه می کند. به دلیل عدم وجود بارش در زمان اجرای طرح و صفر بودن مقدار بارش مؤثر با جمع کردن مقادیر تبخیر و تعرق روزانه اتفاق

این آزمایش در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل هشت تیمار ۱۰۰ (T1)، ۱۲۰ (T2)، ۸۰ (T3) و ۶۰ (T4) درصد نیاز آبی در تمام مراحل رشد گیاه و ۸۰ (T5) و ۶۰ (T6) درصد نیاز آبی در مرحله رشد رویشی و همچنین ۸۰ (T7) و ۶۰ (T8) درصد نیاز آبی در مرحله رشد زایشی بود (جدول ۴). قابل ذکر است در خارج از این دوره ها مقادیر آبیاری برابر تیمار ۱۰۰ درصد یا شاهد (T1) اعمال شد.

نیاز آبی تیمار شاهد (آبیاری کامل)، با استفاده از اطلاعات روزانه هواشناسی ثبت شده توسط ایستگاه هواشناسی هوشمند موجود در مجاورت مزرعه تحقیقاتی محاسبه گردید. این ایستگاه هواشناسی پارامترهای

آبیاری‌ها برای کلیه تیمارها سه روز و مقدار آب اعمال شده یکسان در نظر گرفته شد. مشخصات تیمارهای مورد مطالعه و میزان آب اعمال شده در طول دوره رشد در جدول ۴ گزارش شده است. دلیل انتخاب تیمار بیش آبیاری (۱۲۰ درصد) عدم اطمینان کافی به روش تعیین نیاز آبیاری تیمار شاهد (استفاده از رابطه پنمن ماتیت فائو) در منطقه مورد مطالعه بود که در مطالعات احمدپور و همکاران (۱۳۹۶) و اسمعیلی و همکاران (۱۳۹۴) نیز مطرح و مورد تأیید قرار گرفته است. برای اعمال این تیمارها از کنتور حجمی با دقت ۰/۱ لیتر استفاده شد.

افتاده بین دو مرحله آبیاری، نیاز خالص آبیاری تیمار شاهد محاسبه گردید. به دلیل بسته بودن انتهای جویچه‌ها میزان تلفات رواناب صفر بود و راندمان آبیاری ۹۰ درصد منظور شد. مقدار آب مورد نیاز سایر تیمارها براساس درصد عنوان شده از میزان نیاز آبی تیمار شاهد تعیین شد. دور آبیاری با توجه به خصوصیات فیزیکی خاک (جدول ۳) و نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد هفت روز تعیین شد. لازم به ذکر است که به منظور اطمینان از استقرار بوته‌های گیاهی در مراحل اولیه رشد تنش آبی اعمال نشد. برای این منظور در چهار آبیاری اول فاصله بین

جدول ۴- مشخصات تیمارهای مورد مطالعه و مقدار آب اعمال شده در هر تیمار

تیمار	درصد آبیاری	زمان اعمال کم آبیاری	جمع کل آب مصرفی (میلی‌متر)
T1	۱۰۰	-	۸۴۲
T2	۱۲۰	-	۹۶۰/۴
T3	۸۰	کل دوره	۷۲۳/۶
T4	۶۰	کل دوره	۶۰۵/۲
T5	۸۰	دوره رویشی	۸۲۶/۷
T6	۶۰	دوره رویشی	۷۹۷/۴
T7	۸۰	دوره زایشی	۷۴۶
T8	۶۰	دوره زایشی	۶۴۹/۹

$$WUE(G) = \frac{\text{Grain yield}}{\text{Water use}} \quad (13)$$

$$WUE(O) = \frac{\text{Oil yield}}{\text{Water use}} \quad (14)$$

در این روابط WUE(G) و WUE(O) به ترتیب بهره‌وری مصرف آب در عملکرد دانه و روغن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی، Grain yield و Oil yield به ترتیب عملکرد دانه و عملکرد روغن بر حسب کیلوگرم در هکتار و Water use حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب در هکتار می‌باشد. عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه محاسبه گردید.

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی دانه‌های تولید شده تعداد ۱۰۰۰ دانه از هر نمونه جدا شده و بعد از اسکن تصاویر به صورت dpi ۶۰۰، این تصاویر به نرم‌افزار Smart Grain (تاناباتا، ۲۰۱۲) انتقال داده شده

این طرح شامل ۲۴ کرت با ابعاد چهار متر در چهار متر بود که در هر کرت هفت ردیف کاشت در نظر گرفته شد. برداشت نهایی در تاریخ ۱۵ شهریور ۱۳۹۴ از هر کرت و از ردیف‌های پیش‌بینی شده (۴۰ بوته در هر کرت) به منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد (وزن خشک، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، مقدار روغن و شاخص سطح برگ) و خصوصیات بذر انجام شد. جهت تعیین وزن خشک هر یک از اندام‌های گیاه، نمونه‌های برداشت شده به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس توزین شدند درصد چربی دانه در آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته‌ها، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه نیز اندازه‌گیری شد. بهره‌وری مصرف آب در عملکرد دانه و روغن نیز با استفاده از روابط ۱۳ و ۱۴ محاسبه گردید.

محاسبه شد (شکل ۷). داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

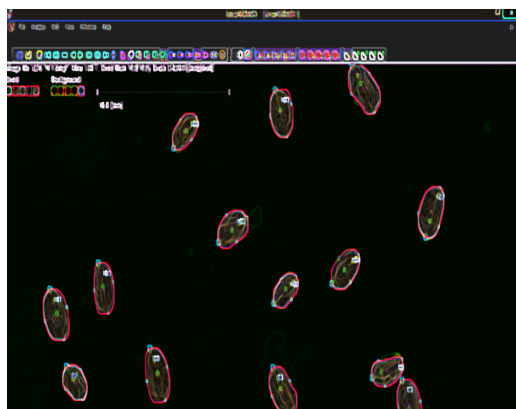
$$LAI = \frac{A_l}{A} \quad (15)$$

A_l مساحت برگ‌های یک بوته و A مساحت مربوط به هر بوته روی زمین می‌باشد.

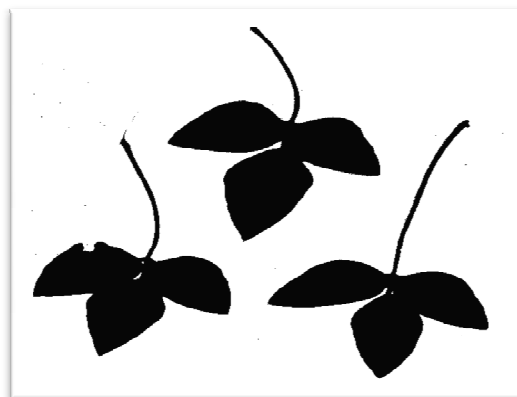
(شکل ۵). پارامترهای مربوط به دانه در قالب فایل خروجی که شامل پارامترهای طول، عرض، سطح، محیط، نسبت طول به عرض، کرویت، فاصله مرکز ثقل تا محل تقاطع طول و عرض دانه‌ها بود از نرم‌افزار استخراج شد (شکل ۶). برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در طی مراحل رشد، هر ۱۰ روز نمونه‌برداری انجام شد و بعد از اسکن تصاویر بوسیله اسکنر، مساحت سطح برگ بوسیله نرم‌افزار محاسبه سطح (بر پایه ویژوال بیسیک) با دقت ۰/۹۹ بدست آمد و بوسیله رابطه ۱۵ شاخص سطح برگ



شکل ۵- تهیه تصاویر برای ورودی مدل



شکل ۶- نمایی از محیط مدل Smart Grain



شکل ۷- تهیه تصاویر برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ

تیمار آبی ۱۲۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده با رابطه پنمن مانیتث بر اساس داده‌های هواشناسی حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی نداشت. کمترین تعداد غلاف در بوته (شش غلاف) در تیمار آبیاری تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی در

نتایج و بحث

عملکرد (کمی، کیفی، درصد روغن) و اجزای عملکرد آنالیز داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی تعداد غلاف در بوته معنی‌داری بود (جدول ۶). در مقایسه میانگین اثر آبیاری بر تعداد غلاف در بوته، بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۶ غلاف) در

مرحله گلدهی نداشت. کاهش ۴۰ درصدی آبیاری در مرحله زایشی باعث کاهش ۶۴ درصدی تعداد غلاف در بوته گردید، این نتایج نشان می‌دهد که مرحله زایشی در گیاه سویا مرحله‌ای به شدت حساس به تنش آبی می‌باشد (جدول ۶). تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف از مهم‌ترین اجزای عملکرد شناخته می‌شوند که مقدار آن تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار دارد (خوشوقتی، ۲۰۰۶). یکی از دلایل مؤثر در کاهش تعداد غلاف در رژیم‌های کم آبیاری، کاهش دوره گرده افشانی و نتیجتاً کاهش تعداد غلاف می‌باشد. در واقع با کاهش رطوبت و تنش خشکی طی مراحل زایشی، جوانه‌های مولد گل تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و ریزش گل‌ها باعث کاهش تولید غلاف می‌شود (رضوانی و همکاران، ۲۰۰۸).

آنالیز داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر سطوح آبیاری بر وزن هزار دانه بود. بیشترین وزن هزار دانه (۱۱۴ گرم) در تیمار آبی ۱۲۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. افزایش ۲۰ درصدی آبیاری در این تیمار باعث افزایش ۳۴/۵ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی) شد. کاهش ۲۰ درصد آبیاری در تیمار T5 تأثیر چندانی بر روی وزن هزار دانه نداشت. کمترین وزن هزار دانه (۲۲/۵۲ گرم) در تیمار تنش آبیاری ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی در مرحله گلدهی بدست آمد که باعث کاهش ۷۴ درصدی وزن هزار دانه شد اما اختلاف معنی‌داری با تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در کل دوره نداشت، این نتایج نشان داد که پس از تیمار ۱۲۰ درصد، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله رشد رویشی است که اختلاف معنی‌داری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی نداشت (جدول ۶ و ۸). به دلیل وجود تنش رطوبتی فعالیت فتوسنتزی گیاه با نقصان روبرو شده و لذا کاهش قابل توجه وزن هزار دانه به دلیل چروکیده شدن دانه‌ها قابل انتظار است. در شرایط تنش خشکی، گیاه برای بقای خود تلاش می‌کند تا با افزایش طول ریشه به آب بیشتر و عمقی‌تر خاک دسترسی پیدا کند، بنابراین مواد فتوسنتزی بیشتری به

سمت ریشه رفته و صرف توسعه ریشه شده و وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. در واقع در شرایط آبیاری کامل گیاه با رشد رویشی مناسبی وارد مرحله زایشی می‌شود که این امر موجب حمایت مناسب اندام‌های زایشی، خصوصاً غلاف‌های در حال پر شدن می‌شود و به دنبال آن وزن دانه افزایش می‌یابد. برخی مطالعات نشان داده است که غلاف‌های در حال پر شدن نسبت به غلاف‌های جوان از نظر دریافت مواد فتوسنتزی در اولویت هستند و مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت آنها اختصاص می‌یابد (گنگیالی و نظامی، ۲۰۰۸).

اثر آبیاری بر عملکرد زیست توده معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد اعمال تنش تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی کمترین عملکرد زیست توده (۴/۱۵ گرم) را داشت که کاهش عملکرد ۵۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد را موجب شد. تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۹/۱۵ گرم) بیشترین عملکرد زیست توده را تولید نمود که افزایش دو درصدی عملکرد را نسبت به تیمار شاهد به وجود آورد، با این وجود اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله رشد رویشی نداشت. (جدول ۸). این نتیجه مؤید این مطلب است که فتوسنتز و به طور کلی تولید ماده خشک در گیاه رابطه مستقیم با میزان آب در دسترس دارد و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه به دلیل کاهش تعداد برگ‌های فعال در اثر کمبود آب بوده است. در اثر کمبود آب حجم سلول، تقسیم سلولی، اندازه کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد فراهمی رطوبت با افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش عمق مؤثر کانوپی، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی افزایش می‌یابد که منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود (گلدانی و رضوانی مقدم، ۲۰۰۷). اثر رطوبت بر کاهش عملکرد بیولوژیکی را می‌توان به کاهش طول دوره‌ی رشد، به خصوص گرده افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول نسبت داد. همچنین تنش خشکی در مرحله گلدهی و غلاف دهی

باعث کاهش میزان ماده خشک می‌شود زیرا تنش باعث ریزش گل‌ها، غلاف‌ها و عدم تشکیل دانه می‌شود (امیری و همکاران، ۲۰۱۰). دانشیان و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که اعمال تنش رطوبتی در مرحله گلدهی باعث بیشترین کاهش عملکرد در سویا می‌شود که مطابق با نتایج این تحقیق بود.

اثر آبیاری بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشترین تعداد دانه (۳۱ دانه) را داشت اما اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۲۰ درصد نداشت. تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی (۱۰ دانه) کمترین تعداد دانه را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی در کل دوره را نداشت؛ بنابراین تنش آبی به شدت بر روی تعداد دانه گیاه سویا مؤثر است. اعمال تنش در مرحله گلدهی سبب کاهش ۶۷ درصدی تعداد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸).

اعمال سطوح مختلف آبیاری بر روی میزان چربی دانه سویا اختلاف معنی‌داری داشت به گونه‌ای که مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۱۲۰ درصد (۲۶ درصد) بیشترین میزان چربی و تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی کمترین میزان چربی (۱۲/۶۳ درصد) را داشت. افزایش ۲۰ درصدی آبیاری در تیمار T2 سبب افزایش ۱۸ درصدی میزان چربی در دانه سویا شد پس از تیمارهای ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد، تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی در مراحل رشد رویشی و کل دوره به ترتیب در مراحل بعد قرار گرفتند (جدول ۸). اسمعیلی و همکاران (۱۳۹۴) نیز به این نتیجه رسیدند که در اثر کم‌آبیاری درصد روغن و همچنین عملکرد دانه سویا کاهش می‌یابد که با نتایج به دست آمده در این مطالعه مطابقت دارد.

اثر سطوح آبیاری بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۳/۸) بیشترین شاخص سطح برگ را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۲۰ درصد نداشت. تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی در کل دوره رشد (T4) کمترین شاخص سطح برگ را داشت

(۱/۹۹). (جدول ۶). لیوو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند تنش خشکی شدید در اوایل گسترش غلاف‌ها، رشد غلاف‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش قابل ملاحظه در مجموع تعداد غلاف و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که فراهمی رطوبت در مرحله پر شدن دانه از طریق افزایش فتوسنتز جاری و سهولت در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود.

ارتفاع گیاه سویا نیز تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفت به گونه‌ای که تیمار ۱۲۰ درصد (۷۶ سانتی‌متر) بیشترین ارتفاع را داشت، افزایش ۲۰ درصدی آبیاری در این تیمار نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش ۱۲ درصدی ارتفاع گیاه شد. تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در دوره رشد رویشی کمترین ارتفاع (۵۹/۳۳ سانتی‌متر) را داشت (جدول ۶ و ۸).

نتایج نشان داد که تأثیر سطوح آبیاری بر روی مقدار عملکرد دانه معنی‌دار بوده است. بر این اساس تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۱/۱۵ تن در هکتار) بیشترین عملکرد را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نداشت. کمترین مقدار عملکرد در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی (۰/۲۳ تن در هکتار) در مرحله گلدهی بود. سوابینت و همکاران (۱۹۷۷)، پالمر و همکاران (۱۹۹۵) و دورنباس و کاسام (۱۹۷۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. کاهش مقدار عملکرد دانه در شرایط تنش در مرحله گلدهی به دلیل ریزش گل‌ها، غلاف‌ها و عدم تشکیل دانه می‌باشد. دانشیان و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که اعمال تنش رطوبتی در مرحله گلدهی باعث بیشترین کاهش عملکرد در سویا می‌شود که مطابق با نتایج این تحقیق بود.

بهره‌وری مصرف آب

بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مختلف در عملکرد دانه و روغن محاسبه گردید (جدول ۵). با توجه به تحلیل آماری اعمال سطوح مختلف آبیاری بر مقدار

درصد نیاز آبی در مرحله زایشی با مقدار ۰/۰۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب حاصل شد. با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین بهره‌وری آب در عملکرد روغن در تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله زایشی با مقدار ۰/۰۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. همان‌گونه که در جدول ۵ مشخص شده است تیمار تنش ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله رشد رویشی بعد از تیمار ۱۲۰ درصد بیشترین بهره‌وری آب را در عملکرد روغن داشت.

بهره‌وری هم در عملکرد دانه و هم در مقدار روغن معنی‌دار گردید (جدول ۶). بر این اساس بیشترین بهره‌وری مصرف آب در عملکرد دانه در تیمار ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبی (به روش تبخیر و تعرق پنمن مانیتث) با مقدار ۰/۲۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب حاصل شد. با توجه به نتایج بدست آمده بعد از اعمال تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی اعمال تنش ۸۰ درصد نیاز آب در مرحله رویشی بیشترین بهره‌وری آب را در عملکرد دانه داشت. کمترین مقدار بهره‌وری آب در عملکرد دانه در تیمار تأمین ۶۰

جدول ۵- بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف در عملکرد دانه و روغن

تیمار	درصد آبیاری	زمان اعمال کم آبیاری	WUE(G) (کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب)	WUE(O) (کیلوگرم روغن بر مترمکعب آب)
T1	۱۰۰	-	۰/۱۹۶	۰/۰۴
T2	۱۲۰	-	۰/۲۱۷	۰/۰۶۱
T3	۸۰	کل دوره	۰/۰۹۸	۰/۰۲۰
T4	۶۰	کل دوره	۰/۰۸۳	۰/۰۱۵
T5	۸۰	دوره رویشی	۰/۲۰۱	۰/۰۴۳
T6	۶۰	دوره رویشی	۰/۱۸۱	۰/۰۳۵
T7	۸۰	دوره زایشی	۰/۱۲	۰/۰۲۲
T8	۶۰	دوره زایشی	۰/۰۶۸	۰/۰۰۹

خصوصیات فیزیکی بذر

گلدهی (T8) کمترین محیط (۱۷/۶ میلی‌متر) را داشت، که کاهش ۱۲ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد. این تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در کل دوره (T4) را نداشت. تیمار T5 با کاهش ۲۰ درصدی نیاز آبی در مرحله رشد رویشی بهترین وضعیت را نسبت به تیمار شاهد بعد از تیمار T2 به وجود آورد (جدول ۷ و ۸).

اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی سطح بذر معنی‌دار شد. تیمار ۱۲۰ درصد (۲۸/۹ میلی‌متر مربع) بیشترین سطح و تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی (۲۱/۳ میلی‌مترمربع) کمترین سطح بذر را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبیاری در کل دوره (۲۲/۴ سانتی‌مترمربع) نداشت. افزایش ۲۰ درصد آبیاری در تیمار T2 سبب افزایش سطح بذرها به اندازه ۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. کاهش ۲۰ درصدی نیاز آبی در مرحله رشد رویشی در تیمار T5 پس از تیمار T2 از نظر افزایش سطح بذر در جایگاه دوم قرار گرفت (جدول ۷ و ۸).

سطوح مختلف تنش رطوبتی بر روی طول بذر معنی‌دار شد. تیمار ۱۲۰ درصد بیشترین طول (۷/۴۷ میلی‌متر) و تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی کمترین طول (۶/۳۴ میلی‌متر) را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در کل دوره نداشت. افزایش ۲۰ درصدی آبیاری در تیمار T2 باعث افزایش سه درصدی طول بذرها شد. در میان تیمارهای رطوبتی، کمترین تأثیر را تیمار T5 با تنش ۲۰ درصدی در مرحله رشد رویشی داشت (جدول ۷ و ۸).

اعمال تنش بر روی محیط بذر نیز معنی‌دار شد. تیمار ۱۲۰ درصد بیشترین محیط (۲۰/۷۳ میلی‌متر) را داشت که افزایش ۳ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد. تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله

هندسی بذرهای اعم از طول، عرض و ضخامت بذرهای کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده، حساس‌ترین مرحله رشد گیاه سویا به تنش آبی در رقم هابیت در منطقه کرمانشاه مرحله گلدهی می‌باشد، که باعث کاهش عملکرد و کیفیت بذرهای از نظر هندسی شد، تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه در کل دوره در رده بعدی از نظر حساس‌ترین مرحله قرار می‌گیرد. در مرحله گلدهی تا پر شدن دانه، سرعت رشد بذر در غلاف‌ها به علت تنش کمبود رطوبت به شدت کند می‌شود. تنش در این مرحله موجب کوچک شدن چروکیده شدن و در نتیجه کاهش وزن بذر می‌شود. علاوه بر آن در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی بیشترین بهره‌وری آب هم در عملکرد دانه و هم در عملکرد روغن بعد از تیمار ۱۲۰ درصد مشاهده شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در صورت نیاز برای اعمال تنش، بهتر است این اعمال تنش به اندازه ۸۰ درصد نیاز آبی و در مرحله رشد رویشی اعمال شود

سطوح مختلف تنش بر روی عرض بذر معنی‌دار شد. تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی بیشترین محیط (۴/۹۴ میلی‌متر) و تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در مرحله گلدهی کمترین محیط (۴/۲۷ میلی‌متر) را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی در کل دوره نداشت. افزایش ۲۰ درصدی آبیاری در تیمار T2 باعث افزایش سه درصدی عرض بذرهای شد در میان تیمارهای رطوبتی کمترین تأثیر را تیمار T5 با تنش ۲۰ درصدی در مرحله رشد رویشی داشت (جدول ۷ و ۸).

سطوح مختلف تنش رطوبتی بر روی نسبت طول به عرض بذرهای تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین در جدول ۸ قابل مشاهده می‌باشد.

سطوح مختلف تنش آبی بر روی ضریب دایرگی تأثیر معنی‌داری داشت. در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی بیشترین ضریب دایرگی مشاهده شد (۰/۸۴) که نشان دهنده نزدیکی شکل بذرهای در این تیمار به حالت دایره است. کمترین ضریب در تیمار اعمال ۶۰ درصد نیاز آبی در تمام دوره رشد (۰/۸۳) بود که نشان می‌دهد بیشترین انحراف از شکل دایرگی در این تیمار اتفاق افتاد است (جدول ۸).

سطوح مختلف تنش آبی بر روی فاصله بین مرکز ثقل تا محل تقاطع طول و عرض تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به اعمال تنش به گیاه سویا و همچنین مشکلات پیش آمده برای فعالیت فتوسنتزی گیاه، دانه‌های تشکیل شده دارای شرایط کیفی نامطلوب و چروکیده می‌باشد که این امر باعث کاهش معنی‌دار خصوصیات هندسی بذرهای می‌شود. بر این اساس تنش ۶۰ درصد نیاز آبی اعمال شده در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را بر کاهش خصوصیات هندسی بذر دارد.

ساجین و همکاران (۲۰۱۲) نیز مطالعاتی را در زمینه بررسی خصوصیات هندسی بذر سویا در شرایط محتوای رطوبتی متفاوت بذر این گیاه انجام داده‌اند، نتایج نشان داد با کاهش محتوای رطوبتی بذرهای کیفیت و اندازه

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد بذر سویا (میانگین مربعات)

Source of variation	df	1000-Seed Weight	Biological weight	Number of seeds per plant	seed oil content	Leaf Area Index	Plant height	Number of pods	Yield	WUE(G)	WUE(O)
Replication	۲	۹۱/۸۵	۱۳۵۳۲/۸۶	۱۸۷۱۴/۲۷	۷/۱۹	۶	۲/۵۹	۳۷۱۸/۱	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۰۲۴
Irrigation	۷	۳۳۳۴/۱۲*	۱۸۴۱۶/۳۸**	۳۹۰۳۰۷/۲۸**	۴۵/۸۸*	۹/۱۸*	۸۷/۸۷*	۸۵۴۲۴/۲۳۲۹*	۲/۲۳*	۰/۰۲۶**	۰/۰۰۲*
Error	۱۴	۶۲۸/۶۵	۵۹۰۹/۳۸	۸۴۶۷۹/۵۸	۴/۳۳	۰/۱۲	۳/۰۸	۱۴۳۶۳/۴۷	۰/۷۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰۴۹
CV%		۴۰/۹	۲۶/۸۳	۳۵/۱۶	۱۰/۵۱	۱۱/۲۶	۲/۶۶	۲۴/۴۹	۳۷/۶۱	۳۷/۱۱	۳۲/۲۵

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی بذر سویا (میانگین مربعات)

Source of variation	df	Seed surface	Seed perimetr	Seed length	Seed Width	Seed length-width ratio	Seed circularity	intersection of length and width
Replication	۲	۲۲/۸۹	۴/۹۹	۰/۷۹	۰/۰۶	۰/۰۱۴	۸/۵	۵/۲۵
Irrigation	۷	۲۲/۵*	۳/۵۶*	۰/۴۵*	۰/۱۹*	۰/۰۰۳	۰/۹۷	۰/۲۱
Error	۱۴	۴/۸۱	۰/۸۵	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
CV%		۸/۵۷	۴/۷۴	۵/۰۶	۴/۱۲	۲/۹۹	۰/۹۱	۱۰/۹۴

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد و خصوصیات فیزیکی بذر سویا

Irrigation (treatments)	1000-Seed Weight(g)	Biological weight (g/plant)	Grain Yield	Number of seeds per plant	Seed oil content (%)	Leaf Area Index	WUE (G)	WUE (O)	Plant height (cm) ^r	Seed surface (mm ²)	Seed perimeter (mm)	Seed length (mm)	Seed Width (mm)	Seed length-width ratio	Seed circularity	intersecti on of length and width to Center gravity	Number of pods ^t
T1	۸۵/۱۸ab	۸/۹۷a	۰/۹۱۶a	۳۱a	۳۲/۵b	۳/۸۲a	۰/۱۹۶ab	۰/۰۴a	۶۷/۶۳b	۲۷/۴۴ab	۲۰/۱۴ab	۷/۲۵ab	۴/۷۸ab	۱/۵۳a	۰/۸۳۹ab	۰/۵۱۷a	۱۵a
T2	۱۱۴/۵۴a	۹/۱۵a	۱/۱۵a	۳۱a	۲۶a	۳/۸۱a	۰/۲۱۷a	۰/۰۶۱ab	۷۶a	۲۸/۹۶a	۲۰/۷۳a	۷/۴۷a	۴/۹۴a	۱/۵۲a	۰/۸۴۱a	۰/۵۳۵a	۱۶a
T3	۳۶/۳۲cd	۵/۱۱bc	۰/۴۹dc	۱۱d	۲۰/۳۴b	۳/۲۱ab	۰/۰۹۸bc	۰/۰۲dc	۶۶/۶۴b	۲۵/۲۲۴ab	۱۹/۳bc	۶/۹۵bc	۴/۵۸bdc	۱/۵۳a	۰/۸۳۶ab	۰/۵۶۲a	۸dc
T4	۲۵/۷۵d	۵/۸۴abc	۰/۲۶d	۱۲dc	۱۸/۴۳bc	۱/۹۹d	۰/۰۸۳c	۰/۰۱۵de	۶۶/۵۸c	۲۲/۶۹dc	۱۸/۳۸c	۶/۶۶c	۴/۳۱d	۱/۵۵a	۰/۸۲۷b	۰/۵۴۲a	۶d
T5	۸۵/۱۹ab	۸/۸۹a	۰/۸۵abc	۲۸ab	۲۰/۹۸bc	۲/۹۲bc	۰/۲۰۱ab	۰/۰۴۳bc	۶۶/۹۶b	۲۷/۹۲a	۲۰/۳۷ab	۷/۳۲ab	۴/۸۴ab	۱/۵۲a	۰/۸۳۶ab	۰/۵۳۵a	۱۵ab
T6	۷۴/۸۰abc	۸/۲۸ab	۰/۵۸bdc	۲۴abc	۱۹/۵۵bc	۲/۹۹bc	۰/۱۸۱abc	۰/۰۲۵dc	۵۹/۳۳c	۲۷/۲۹ab	۲۰/۱۳ab	۷/۲۸ab	۴/۷۵abc	۱/۵۴a	۰/۸۳۸ab	۰/۵۳۲a	۱۲abc
T7	۴۶/۱۲bdc	۶/۷۸abc	۰/۴۶dc	۱۸bdc	۱۷/۹۸c	۳/۳۵ab	۰/۱۲bc	۰/۰۲۲de	۶۷/۳b	۲۳/۸۹bcd	۱۸/۷۸bc	۶/۷۹bc	۴/۴۴dc	۱/۵۳a	۰/۸۳۴ab	۰/۵۴۴a	۱۰bdc
T8	۲۲/۵۲d	۱۶۶/۱۵c	۰/۲۳d	۱۰d	۱۲/۶۳d	۲/۶۳c	۰/۰۶۸c	۰/۰۰۹e	۶۶b	۲۱/۳۵d	۱۷/۶۵c	۶/۳۵c	۴/۲۸d	۱/۴۹a	۰/۸۴۰ab	۰/۵۱۳a	۸d

مقادیر با حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی دار ندارند

مقادیر برای یک عدد بوته می باشد

متوسط ارتفاع گیاه در طی نمونه برداری

فهرست منابع

۱. احمدپور، ع.، فرهادی، ب. و قبادی، م. ۱۳۹۶. بررسی اثرات کم آبیاری بر روند رشد و خصوصیات کمی و کیفی ذرت دانه ای در کرمانشاه. فصلنامه حفاظت منابع آب و خاک، ۶ (۳): ۹۹-۱۱۲.
۲. اسمعیلی، م.، فرهادی، ب. و قبادی، م. ۱۳۹۴. اثرات کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی سویا در منطقه کرمانشاه در کرمانشاه. نشریه آب و خاک، ۲۹ (۳): ۵۵۱-۵۶۰.
۳. اکبری نودهی، د. ۱۳۹۱. تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب سویا در مازندران. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۲(۱): ۱۵-۲۳.
۴. امیری ده احمدی، س.، ر.، پارسا، م. و گنجعلی، الف. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد نخود. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۸ (۱): ۱۵۷-۱۶۶.
۵. الفتی، م.، ملکوتی، م.، بلالی، م.، مجیدی، ع.، درودی، م.، قادری، ج.، کیانی، ش.، شهبازی، ک. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان کرمانشاه. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب.
۶. ایزانلو، ع.، زینالی، ح. ۱۳۸۴. بررسی عکس العمل ارقام تجارتي سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحله زایشی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۴): ۷۳-۶۵.
۷. خوشوقتی، ح.، زینالی، ح. ۱۳۸۵. اثر محدودیت آب بر سرعت رشد، پر شدن دانه و عملکرد سه رقم لوبیا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز.
۸. دانشیان، ج.، مجیدی، الف.، هاشمی دزفولی، اس. و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۸. بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی دو رقم سویا. مجله علوم زراعی ایران. ۳ (۱): ۳-۲۴.
۹. رضوانی مقدم، پ.، صادقی ثمرجان، ر. ۱۳۸۷. بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۲۶(۲): ۳۱۵-۳۲۵.
۱۰. شهسواری، م.، شیراسماعیلی، غ. (۱۳۷۷). بررسی اثر گروه بلوغ و نحوه رشد روی رشد رویشی، عملکرد و اجزاء عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۳ (۲): ۵۸-۴۹.
۱۱. شیرانی راد، الف. و دهشیری، ع. (۱۳۸۱) راهنمای کاشت، داشت و برداشت. نشر آموزش کشاورزی.
۱۲. گلدانی، م.، رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۶. اثر رژیم‌های مختلف رطوبتی و تاریخ کاشت بر خصوصیات فنولوژیکی و شاخص‌های رشد سه رقم نخود دیم و آبی در مشهد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴ (۱): ۷۴-۶۳.
13. Abayomi, Y. 2008. Comparative growth and grain yield responses of early and late soybean maturity groups to induced soil moisture stresses at different growth stages. World journal of agricultural sciences 1(4): 71-81.
14. Altuntaş, E., and M. Yıldız. 2007. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba L.*) grains. Journal of Food Engineering, 78 (1): 174-183.
15. Brewer M.T., L. Lang, K. Fujimura, N. Dujmovic, S. Gray, and E. van der Knaap. 2006. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species. Plant Physiol Journal 141: 15-25
16. Carman, K. 1996. Some physical properties of lentil grains. Journal of Agricultural Engineering Research, 63(2): 87-92.

17. Chiezey, U. 2001. Pod abortion and grain yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) as influenced by nitrogen and phosphorus nutrition in the Northern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Trop. Oilseeds Journal*. 6: 1-10
18. Dogan, E., G. A. Clark, D.H. Rogers, V. Martin, and R.L. Vanderlip, 2006. On-farm scheduling studies and CERES-Maize simulation of irrigated corn. *Applied Engineering in Agriculture* 22(4): 509-516.
19. Doorenbos, J., A.H. Kassam, 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, FAO, Rome, Italy, 193 pp.
20. Doss, B., R.W. Pearson, and H.T. Rogers, 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. *Agronomy Journal* 66(2), 297-299.
21. FAO, 1989. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No 56, FAO, Rome
22. FAO, 2007. <http://FAOSTAT.FAO.Org/> page 560. last access data 27-01-2018
23. Foroud, N., H.H. Mündel, G. Saindon, and T. Entz, 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein, and oil responses. *Field Crops Research* 31(3), 195-209.
24. Gupta, R. K., and S. K. Das. 1997. Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66: 1-8.
25. Haskett, J., Pachepsky, Yakov, and B. Acock, 2000. Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress: a study of Iowa. *Ecological Modelling*, 265-277
26. Liu, F., C.R. Jensen, and M.N. Andersen, 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86: 1-13.
27. Meckel, L., D.B. Egli, R.E. Phillips, D. Radcliffe, and J.E. Leggett, 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. *Agronomy Journal* 76(4), 647-650.
28. Olajide, J. O., and B. I. O. Ade-Omowage. 1999. Some physical properties of locust bean seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74 (2): 15-22.
29. OpenCV Developers Team 2012 OpenCV Reference Manual. <http://opencv.org/documentation.html>. Last access data 27-01-2018.
30. Palmer 1995. Managing Drought-Stressed Soybeans in the Southeast. <http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-24>. Last access data 27-01-2018.
31. Pookpakdi, A., K. Thiravirojana, I. Saeradee, and S. Chaikaew, 1990. Response of new soybean accessions to water stress during reproductive phase. *Kasetsart Journal, Natural Sciences* 24(3), 378-387.
32. Sachin, V.W., P. Dhangopal, D.A. Pawar, 2012. Determination of physical properties of soybean at different moisture levels. *cigrjournal* 56: 89-98.
33. Soinit N., and P.J. Kramer, 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. *Agronomy Journal*. 69:274-277.
34. Suzuki S., and K. Abe 1985 Topological structural analysis of digital binary image by border following. *Comput Vis Graph Image Process* 30: 32-46
35. Tanabata T., T. Shibaya, K. Hori, K. Ebana, and Y. Masahiro, 2012 High-Throughput Phenotyping Software for Measuring Seed Shape through Image Analysis. *Breakthrough Technologies* 9: 1871-1880.
36. Vieira, R., D.M. TeKrony, and D.B. Egli, 1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. *Journal of Seed Technology*, 12: 12-21.