

## بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا (*Glycine max* L.)

### Investigating the effect of different levels of dehydration stress on morphological characteristics, yield and yield components Soybean cultivars (*Glycine max* L.)

رقیه محمد شیرازی<sup>۱</sup>، احمد آئین<sup>۲\*</sup>، غلامرضا افشارمنش<sup>۳</sup>، محمدحسن شیرزادی<sup>۳</sup>، حسن سرحدی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، جیرفت، ایران
۲. دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، جیرفت، ایران. (نگارنده مسئول)
۳. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، جیرفت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۱ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2025.365626.1674

#### چکیده

محمد شیرازی، ر. آئین، ا. افشار منش، غ. شیرزادی، م. ح. سرحدی، ج. ح. بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا (*Glycine max* L.)  
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۷ - شماره ۱ - پیاوند ۱۴۲ بهار ۱۴۰۳ صفحه: ۱۱۱-۱۳۴

بررسی پاسخ ارقام مختلف به تنش کم آبیاری و انتخاب ارقام محتمل به این تنش میتواند کمک قابل توجهی به و بهبود عملکرد سویا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک کشور نماید. در همین راستا، این پژوهش با هدف بررسی تنش کم آبیاری (۹۰ شاهد)، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان عامل اصلی و پاسخ های رشدی و عملکردی ارقام مختلف سویا (۵۰۴ دزفول، سحر، تلار، نکادر، زان و ساری) به عنوان عامل فرعی طی سالهای زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. این آزمایش به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با ۲ فاکتور تنش با ۳ سطح، رقم با ۶ سطح و ۳ تکرار در ۵۴ کرت آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت پیاده شد. بررسی صفات نشان داد که اثر سال به تنهایی بر هیچ یک از خصوصیات رشدی (ارتفاع اولین غلاف از زمین، طول غلاف، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ در بوته) و عملکردی مورد مطالعه (به استثنای تعداد برگ و دانه در بوته) معنی دار نبود، اثر تیمار کم آبیاری و رقم بر تمام خصوصیات رشدی و مورفولوژیک در سطح یک درصد معنی دار شد، همچنین اثرات متقابل کم آبیاری و رقم به جزء ارتفاع اولین بوته از سطح زمین و تعداد شاخه فرعی، سایر صفات معنی دار شدند. همچنین اختلاف معنی داری از نظر خصوصیات رشدی و عملکردی بین ارقام مختلف سویا مشاهده شد. به طوریکه رقم ۵۰۴ دزفول از نظر خصوصیات رشدی (ارتفاع اولین غلاف از زمین و تعداد شاخه فرعی) و عملکردی نسبت به سایر ارقام برتر بود. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در رقم ۵۰۴ دزفول ۵۲/۹۱، ۳/۲۱، ۱۷۰/۰۶ عدد و ۱۴۶/۹۰ گرم و ۳۷۴۸/۰۱ کیلوگرم بود. به طور کلی رقم ۵۰۴ دزفول مقاومترین رقم نسبت به تنش خشکی شناسایی شد که استفاده از آن و پس از آن رقم سحر میتواند یک راهکار مدیریتی برای بهبود عملکرد سویا در مناطق خشک و نیمه خشک کشور باشد.

واژه های کلیدی: رقم، تنش خشکی، شاخص برداشت، عملکرد دانه، کم آبیاری.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: ahmad.aein.1348@gmail.com

## مقدمه

رشد و نمو گیاهان زراعی به طور دائمی تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی قرار میگیرند و تنش های محیطی نیز از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در جهان هستند (Gardner et al., 2010). تنش آبی پیچیده ترین تنش در مقیاس جهانی است که رشد و نمو گیاهان را تحت تاثیر قرار میدهد و منجر به یک سری تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان میشوند و تاثیر منفی بر رشد و تولید آنها دارد که در نهایت منجر به کاهش میزان رشد و عملکرد نهایی محصول میشود (Ashraf, 2010). استفاده از رژیم های کم آبیاری با صرفه جویی در مصرف آب میتواند به عنوان یک مدیریت آب در مزرعه در افزایش سطح زیر کشت، تعیین الگوی کشت کمک نماید (Siskani et al., 2015).

سویا با نام علمی *Glycine max* L.، گیاهی است یکساله با ارزش اقتصادی بالا، که با داشتن حدود ۲۰٪ روغن و ۴۰٪ پروتئین در بین دانه های روغنی در دنیا، بیشترین سطح زیر کشت (۱۲۰ میلیون هکتار) را به خود اختصاص داده است (FAO, 2019). کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده رشد در سویا است (Aminifar et al., 2013). سویا گیاهی است که تحمل پذیری متوسطی نسبت به خشکی دارد. شدت خسارت خشکی بر عملکرد بسته به طول مدت تنش و مرحله ی رشد گیاه متفاوت است (Setter et al., 2001). عملکرد دانه سویا به وسیله تعداد کل غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و وزن

هر دانه تحت تاثیر قرار میگیرد (Rosenberg, 2012). در مطالعات سایر محققان، بیشترین کمترین عملکرد دانه، تعداد غلاف در هر گیاه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه و وزن دانه در گیاه سویا به ترتیب در تیمار شاهد (آبیاری نرمال) و تیمار تنش شدید خشکی به دست آمد (Sapanlo et al., 2014). سایر محققان نیز نشان دادند تنش خشکی تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه و تعداد کل غلاف در گیاه سویا داشت (Heidarzade et al., 2016; Mirakhori et al., 2009). محققان در پژوهشی روی گیاه سویا نشان دادند که تنش خشکی عملکرد و اجزای عملکرد دانه را کاهش داد؛ به طوریکه آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل استفاده در مقایسه با شاهد عملکرد دانه را به میزان ۵۲ درصد کاهش داد (Rostami Ajirloo, 2013). با بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی عملکرد و کیفیت سویا نشان داده شد که تنش خشکی در طول مراحل رویشی عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار نمی دهد، در حالیکه اعمال یک یا چند تنش خشکی در طی رشد طولی غلاف و یا پر شدن دانه، به کاهش قابل توجه عملکرد دانه منجر میگردد (Demirtas et al., 2010). تنش خشکی طی پر شدن دانه سبب کاهش معنی دار روغن دانه سویا و تولید دانه ها کوچکتر میشود که غالباً دارای پروتئین بیشتر هستند و دلیل این امر اثر کمتر تنش بر تجمع پروتئین نسبت به اجزای اصلی دیگر نظیر روغن میباشد (Rotundo & Westgate, 2010). کاهش درصد روغن و افزایش درصد پروتئین

ترویج ارقام متحمل به کم آبی می باشد. این پژوهش با هدف بررسی اثر سطح مختلف کم آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد برخی ارقام سویا تحت شرایط آب و هوایی شهرستان جیرفت، استان کرمان به عنوان یک منطقه خشک و نیمه خشک انجام شد.

## مواد و روش ها

### مواد گیاهی و محل انجام آزمایش

به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا در منطقه جیرفت، این آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار در سال های زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸ (برای دو فصل زراعی متوالی) در مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت پیاده شد. عامل اصلی، کم آبیاری در سه سطح ۹۰ (شاهد)، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عامل فرعی شش رقم سویا شامل ساری، سحر، ۵۰۴ دزفول، نکادر، تلار و زان بود. فاصله بین ردیف ها و بین بوته های روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۵ سانتیمتر و میزان بذر مصرفی به ازای هر هکتار، ۷۰ کیلوگرم بود. جهت جلوگیری از نشست آب، فاصله بین کرت های اصلی و فرعی، سه متر در نظر گرفته شد.

مدیریت زراعی در طول انجام آزمایش به صورت یکسان برای همه تیمارهای مورد مطالعه و براساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی و عرف منطقه صورت گرفت. زمین مورد استفاده قبل از کشت شخم و دیسک

دانه با افزایش تنش آبی می باشد (Behtari et al., 2008, Shahmoradi et al., 2004).

هنگامی که گیاهان با تنش مواجه میشوند، پاسخ های فیزیولوژیک در آنها مشاهده می شود. اطلاع از روابط فیزیولوژیک و عملکردی میان صفات میتواند برای اصلاح گران گیاهان در انتخاب صفات برای گزینش در برنامه های اصلاحی مفید باشد. از طرف دیگر، ارقام مختلف گیاهان پاسخ های مختلفی به تنش خشکی نشان میدهد و به همین دلیل شناسایی و معرفی ارقام متحمل به تنش خشکی راهکاری کارآمد در حفظ و بهبود عملکرد محصولات در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد (Dadras et al., 2016). در مطالعه ای بر روی ژنوتیپ های مختلف سویا در کشور تایلند، مشخص گردید که ژنوتیپ های مختلف سویا پاسخ های رشدی و عملکردی متفاوتی به تنش خشکی نشان دادند و در بین مواد گیاهی مورد مطالعه، SJ-4 واریته متحمل به تنش خشکی بود که نه تنها یک ژنوتیپ مناسب برای بهبود ارقام برای تحمل به تنش خشکی بود، بلکه امکان کشت و توسعه آن در مناطق خشک وجود دارد (Tint et al., 2011). با توجه به اینکه کشور ایران از نظر پهنه بندی اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و خشکی یکی از عوامل اصلی محدود کننده تولید محصولات کشاورزی به ویژه سویا در این مناطق است (Navabpour et al., 2016)، یکی از راه کارهایی که با استفاده از آن میتوان سطح زیر کشت سویا را در چنین شرایطی گسترش داده و در مصرف آب آبیاری صرفه جویی کرد، استفاده از روش کم آبیاری و

جدول ۱- نتایج آزمون خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Results of soil test at the experimental site

| سالی زراعی    | هدایت الکتریکی | اسیدیته pH | کربن آلی       | ازت کل (درصد)      | فسفر قابل جذب (بخش در میلیون) | پتاسیم قابل جذب (بخش در میلیون) | بافت خاک     |
|---------------|----------------|------------|----------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Cropping Year | EC (ds/m)      |            | Organic carbon | Total nitrogen (%) | Absorbable phosphorus (ppm)   | Absorbable potassium (ppm)      | Soil texture |
| ۱۳۹۶-۱۳۹۷     | 1.38           | 7.4        | 0.47           | 0.471              | 75                            | 102                             | لوم شنی      |
| 2017-18       |                |            |                |                    |                               |                                 | Sandy-loam   |
| ۱۳۹۷-۱۳۹۸     | 1.38           | 7.4        | 0.49           | 0.488              | 76                            | 105                             | لوم شنی      |
| 2018-19       |                |            |                |                    |                               |                                 | Sandy-loam   |

زده شد. جهت آگاهی از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک دو نمونه مرکب از عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی متری پروفیل خاک تهیه و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی ارسال گردید. ضمن انجام آنالیز خاک (جدول ۱)، کودهای شیمیایی مورد نیاز با توجه به آزمون خاک و توصیه کودی و برای تمام تیمارهای مورد مطالعه به صورت یکسان مورد استفاده قرار گرفت. مبارزه با علف های هرز از طریق مکانیکی و نیروی کارگری انجام گرفت. تاریخ کاشت ۷ مردادماه و تهیه بذر ژنوتیپ ها و ارقام از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج صورت گرفت.

آبیاری هرکرت به صورت قطره ای و با استفاده از نوار تیپ استاندارد استفاده شد. جهت اعمال تیمارهای کم آبیاری براساس استفاده از تشتک کلاس A دو روز یکبار، میزان تبخیر و تعرق گیاه اندازه گیری و براساس آن تیمار کم آبیاری اعمال شد.

#### صفات مورد مطالعه

نمونه گیری پس از حذف حاشیه ها صورت گرفت. به منظور حذف اثر حاشیه، دو ردیف کناری و نیم متر از بخش بالا و پائین در هر واحد آزمایشی برای انجام نمونه گیری در نظر

گرفته نشد. صفات مورد مطالعه در این پژوهش شامل خصوصیات رشدی (ارتفاع بوته، قطر ساقه، فاصله اولین غلاف از زمین، تعداد برگ و شاخه فرعی در بوته) و عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد دانه در غلاف و بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت) بود. خصوصیات رشدی در مرحله رسیدن فیزیولوژیک و عملکرد پس از رسیدن فیزیولوژیک و زمانیکه رطوبت بذر به حد مطلوب (۱۲-۱۳ درصد) رسید، اندازه گیری شدند. ارتفاع ده بوته در هر واحد آزمایشی با استفاده از متر پارچه ای از قسمت طوقه (سطح خاک) تا انتهایی ترین قسمت ساقه بر حسب سانتیمتر اندازه گیری شد. قطر ساقه در فاصله سه سانتی متری از طوقه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. فاصله اولین غلاف از سطح زمین و طول غلاف به ترتیب با استفاده از خط کش و کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ و تعداد غلاف در ۱۰ بوته در هر واحد آزمایشی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شمارش شد.

تعداد دانه در غلاف از میانگین شمارش تعداد دانه در ۳۰ غلاف برداشت شده تصادفی از قسمت های مختلف بوته ثبت گردید. از

Table 2. Combined analysis of variance of different deficit irrigation levels on growth characteristics of different soybean cultivars

| Df                                   | Mean squares                              |                           |                     |                     |                     |                          | M.S.               |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|
|                                      | درجه آزادی                                | ارتفاع اولین غلاف از زمین | طول غلاف            | ارتفاع بوته         | قطر ساقه            | تعداد شاخه فرعی          |                    |
| Sources of variance                  | Distance of the first pod from the ground | Pod length                | Plant height        | Stem diameter       | Number of branches  | Number of leaf per plant |                    |
| سال                                  | 1                                         | 11.86 <sup>ns</sup>       | 0.001 <sup>ns</sup> | 0.007 <sup>ns</sup> | 1.12 <sup>ns</sup>  | 0.75 <sup>ns</sup>       | 0.04 <sup>ns</sup> |
| Year                                 |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| تکرار (سال)                          | 4                                         | 1.68                      | 0.009               | 1.17                | 0.78                | 1.36                     | 7.52               |
| Replication (Year)                   |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| کم آبیاری                            | 2                                         | 152.72*                   | 5.294**             | 1458.80**           | 27.78**             | 75.11**                  | 6177.86**          |
| Deficit irrigation                   |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| سال × کم آبیاری                      | 2                                         | 2.15 <sup>ns</sup>        | 0.001 <sup>ns</sup> | 0.094 <sup>ns</sup> | 0.176 <sup>ns</sup> | 0.33 <sup>ns</sup>       | 0.45 <sup>ns</sup> |
| Year × Deficit irrigation            |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| خطا ۱                                | 8                                         | 0.83                      | 0.03                | 2.74                | 9.54                | 2.67                     | 7.74               |
| Error1                               |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| رقم                                  | 5                                         | 12.18**                   | 0.938**             | 109.47**            | 3.70 <sup>ns</sup>  | 4.93**                   | 283.78**           |
| Cultivar                             |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| سال × رقم                            | 5                                         | 0.06 <sup>ns</sup>        | 0.024 <sup>ns</sup> | 0.04 <sup>ns</sup>  | 0.94 <sup>ns</sup>  | 0.17 <sup>ns</sup>       | 0.90 <sup>ns</sup> |
| Year × Cultivar                      |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| رقم × کم آبیاری                      | 10                                        | 1.07 <sup>ns</sup>        | 0.104*              | 5.06**              | 0.84**              | 0.32 <sup>ns</sup>       | 9.77*              |
| Cultivar × Deficit irrigation        |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| سال × کم آبیاری × رقم                | 10                                        | 0.36 <sup>ns</sup>        | 0.032 <sup>ns</sup> | 0.05 <sup>ns</sup>  | 0.09 <sup>ns</sup>  | 0.12 <sup>ns</sup>       | 2.59 <sup>ns</sup> |
| Year × Cultivar × Deficit irrigation |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| خطا ۲                                | 60                                        | 0.13                      | 0.033               | 1.58                | 1.1                 | 0.84                     | 7.8                |
| Error2                               |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |
| ضرب تغییرات                          | --                                        | 3.63                      | 8.26                | 10.41               | 1.91                | 10.97                    | 5.38               |
| C.V                                  |                                           |                           |                     |                     |                     |                          |                    |

\*، \*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار

<sup>\*</sup>، <sup>ns</sup> and <sup>\*\*</sup> significant difference at the 1% and 5% probability levels and no significant difference, respectively.

حاصل ضرب میانگین تعداد غلاف در بوته در تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته بدست آمد. برای اندازه گیری وزن هزار دانه دو نمونه صدتایی از مجموع دانه های جمع آوری شده از هر کرت انتخاب شد. سپس نمونه ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و وزن هزار دانه از میانگین آنها محاسبه شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، جهت تعیین

عملکرد دانه نیز با در نظر گرفتن خطوط حاشیه ای از ۲ خط وسط برداشت انجام و پس از جداسازی دانه از غلاف عملکرد دانه محاسبه و به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. جهت تعیین عملکرد دانه، پس از حذف اثر حاشیه، دانه های حاصل با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و عملکرد دانه بدست آمده به کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شد. با به دست

آوردن عملکرد بیولوژیکی (وزن دانه با کاه) و عملکرد دانه در هر کرت، عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) را بر عملکرد بیولوژیکی تقسیم نموده و در ۱۰۰ ضرب و شاخص برداشت بدست آمد.

درصد روغن در دانه با استفاده از جداسازی روغن با حلال هگزان به استفاده از دستگاه سوکسله انجام شد (AOAC, 1990) و عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست آمد. اندازه گیری درصد پروتئین دانه با روش کجلدال و عملکرد پروتئین با ضرب درصد پروتئین در مقدار عملکرد کل کرت بدست آمد.

### تجزیه و تحلیل داده ها

پیش از آنالیز داده، تست نرمال بودن داده ها و آزمون بارتلت انجام و داده های نرمال با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.2) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و انجام آزمون F برای منابع تغییر مذکور براساس امید ریاضی میانگین مربعات (EMS) با فرض تصادفی بودن اثر سال و تکرار و ثابت بون اثر سایر عامل ها انجام گردید (جدول ۲). سپس تجزیه واریانس داده ها برای دو سال به صورت جداگانه و مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. در نهایت رسم اشکال با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel و جداول با نرم افزار Microsoft Word انجام و با یکدیگر مقایسه شدند.

### نتایج

#### خصوصیات رشدی و مورفولوژیک

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال

بر صفات مورد مطالعه معنی دار نبود. اثر تیمار کم آبیاری بر فاصله اولین غلاف در سطح احتمال پنج درصد و مابقی خصوصیات رشدی و مورفولوژیک مورد مطالعه در این پژوهش در سطح احتمال یک درصد و معنی دار بود. اثر رقم نیز بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در بوته، فاصله اولین غلاف از سطح خاک در سطح احتمال یک درصد و بر طول غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل کم آبیاری  $\times$  رقم بر تعداد برگ و طول غلاف ( $P < 0.05$ )، قطر ساقه و ارتفاع بوته ( $P < 0.01$ ) معنی دار بود، اما بر تعداد برگ، فاصله اولین غلاف از زمین و تعداد شاخه فرعی معنی دار نبود (جدول ۲).

بررسی سطوح مختلف کم آبیاری نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی، در شرایط تقریباً نرمال و بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، حداکثر و تحت تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) حداقل بودند. به طوریکه در شرایط بدون تنش، ارتفاع بوته و قطر ساقه به ترتیب ۵۸/۶۲ سانتیمتر و ۶/۵۸ میلیمتر بود، در حالی که در شرایط تنش شدید، میزان این صفات به ترتیب به ۴۶/۱۳ سانتیمتر و ۴/۵۲ میلیمتر کاهش یافت. تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ نیز در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۴/۵۵ و ۴۶/۰۵ عدد و ۱/۶۹ و ۲۰/۰۳ عدد به ازای هر بوته بود. تیمار تنش خشکی سبب کاهش معنی دار فاصله اولین غلاف از سطح زمین و همچنین طول غلاف شد (جدول ۳).

عملکرد نهایی هر گیاه زراعی توسط اثرات

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات رشدی و مورفولوژیک سویا تحت تاثیرات ساده سال، کم آبیاری و رقم

Table 3. Mean comparison of growth and morphological characteristics of soybean as influenced by the simple effects of year, deficit irrigation and cultivar

| تیمارهای مورد مطالعه<br>Studied treatments | ارتفاع بوته (سانتیمتر)<br>Plant height (cm) | قطر ساقه (میلیمتر)<br>Stem diameter (mm) | تعداد شاخه فرعی<br>Number of branches | تعداد برگ در بوته<br>Number of leaf per plant | فاصله اولین غلاف از زمین (سانتیمتر)<br>Distance of the first pod from the ground (cm) | طول غلاف (سانتیمتر)<br>Pod length (cm) |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| سال                                        |                                             |                                          |                                       |                                               |                                                                                       |                                        |
| سال اول<br>First Year                      | 51.65 <sup>a</sup>                          | 5.53 <sup>a</sup>                        | 3.11 <sup>a</sup>                     | 32.11 <sup>a</sup>                            | 14.86 <sup>a</sup>                                                                    | 3.29 <sup>a</sup>                      |
| سال دوم<br>Second Year                     | 51.64 <sup>a</sup>                          | 5.61 <sup>a</sup>                        | 3.18 <sup>a</sup>                     | 34.85 <sup>a</sup>                            | 15.52 <sup>b</sup>                                                                    | 3.33 <sup>a</sup>                      |
| کم آبیاری                                  |                                             |                                          |                                       |                                               |                                                                                       |                                        |
| Deficit irrigation                         |                                             |                                          |                                       |                                               |                                                                                       |                                        |
| ظرفیت زراعی ۹۰٪<br>90% FC                  | 58.62 <sup>a</sup>                          | 6.58 <sup>a</sup>                        | 4.55 <sup>a</sup>                     | 46.05 <sup>a</sup>                            | 17.26 <sup>a</sup>                                                                    | 3.67 <sup>a</sup>                      |
| ظرفیت زراعی ۷۰٪<br>70% FC                  | 50.08 <sup>b</sup>                          | 5.61 <sup>b</sup>                        | 3.19 <sup>b</sup>                     | 33.86 <sup>b</sup>                            | 15.19 <sup>b</sup>                                                                    | 3.34 <sup>b</sup>                      |
| ظرفیت زراعی ۵۰٪<br>50% FC                  | 46.13 <sup>c</sup>                          | 4.52 <sup>b</sup>                        | 1.69 <sup>b</sup>                     | 20.03 <sup>b</sup>                            | 13.14 <sup>b</sup>                                                                    | 2.91 <sup>b</sup>                      |
| رقم                                        |                                             |                                          |                                       |                                               |                                                                                       |                                        |
| Cultivar                                   |                                             |                                          |                                       |                                               |                                                                                       |                                        |
| دزفول ۵۰۴<br>504 Dezful                    | 55.72 <sup>a</sup>                          | 6.16 <sup>a</sup>                        | 4.05 <sup>a</sup>                     | 38.55 <sup>a</sup>                            | 16.26 <sup>a</sup>                                                                    | 3.65 <sup>a</sup>                      |
| سحر<br>Sahar                               | 52.98 <sup>b</sup>                          | 6.00 <sup>a</sup>                        | 3.38 <sup>b</sup>                     | 36.38 <sup>b</sup>                            | 15.83 <sup>b</sup>                                                                    | 3.48 <sup>b</sup>                      |
| تلار<br>Telar                              | 51.38 <sup>c</sup>                          | 5.66 <sup>b</sup>                        | 3.16 <sup>bc</sup>                    | 34.27 <sup>c</sup>                            | 15.35 <sup>c</sup>                                                                    | 3.36 <sup>b</sup>                      |
| نگادر<br>Nakadar                           | 51.07 <sup>c</sup>                          | 5.50 <sup>b</sup>                        | 3.00 <sup>c</sup>                     | 31.88 <sup>d</sup>                            | 15.12 <sup>c</sup>                                                                    | 3.21 <sup>c</sup>                      |
| زان<br>Zan                                 | 50.11 <sup>d</sup>                          | 5.22 <sup>c</sup>                        | 2.66 <sup>d</sup>                     | 30.33 <sup>d</sup>                            | 14.65 <sup>d</sup>                                                                    | 3.11 <sup>d</sup>                      |
| ساری<br>Sari                               | 48.68 <sup>e</sup>                          | 4.88 <sup>d</sup>                        | 2.61 <sup>d</sup>                     | 24.44 <sup>e</sup>                            | 13.96 <sup>e</sup>                                                                    | 3.06 <sup>d</sup>                      |

- در هر ستون، تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, treatments with same letter(s) did not show significant difference at the 5% probability level.

متقابل ژنوتیپ گیاه و محیط رشد تعیین میگردد. شرایط محیطی و اقلیمی هر منطقه، تعیین کننده رقم مناسب آن منطقه میباشد و از میان ارقام مناسب منطقه، رقمی که بیشترین عملکرد را در هر دو شرایط نرمال و غیرنرمال دارا میباشد، باید برای کشت انتخاب شود (Romagosa & Fox, 1993). براساس نتایج حاصل از این پژوهش، نوع رقم تاثیر معنی داری بر خصوصیات رشدی داشت (جدول ۲). در بین ارقام مورد مطالعه، رقم

۵۰۴ دزفول دارای بالاترین میزان خصوصیات رشدی بود و اختلاف معنی داری با سایر ارقام مورد مطالعه نشان داد. در مقابل رقم ساری از نظر تمامی صفات رشدی و مورفولوژیک حداقل میزان را دارا بود؛ به طوریکه در رقم ۵۰۴ دزفول و ساری ارتفاع بوته به ترتیب ۵۵/۷۲ و ۴۸/۶۸ سانتیمتر، قطر ساقه ۶/۱۶ و ۴/۸۸ میلیمتر، تعداد شاخه فرعی ۴/۰۵ و ۲/۶ عدد، تعداد برگ



در بوته ۳۸/۵۵ و ۲۴/۴۴ عدد و طول غلاف ۳/۶۵ و ۳/۰۶ سانتیمتر بود (جدول ۳). پاسخ متفاوت ارقام مختلف سویا در این پژوهش با مطالعات پیشین محققین مطابقت داشت (Vaezi *et al.*, 2009; Dastan *et al.*, 2014). طی مطالعاتی تحت شرایط اقلیمی منطقه ساری، شاخص های رشدی و عملکردی ارقام مختلف سویا (جی کا، ۰۳۳ و تلار) مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که اختلاف معنی داری بین ارقام مورد مطالعه از نظر خصوصیات رشدی از جمله تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، دوام شاخص سطح برگ و وزن خشک وجود داشت که متاثر از ژنتیک گیاه بوده و هر چه رقم دیرستر باشد، خصوصیات رشدی بالاتر و در نهایت عملکرد بیشتر خواهد داشت (Dastan *et al.*, 2014).

رشد برگ اولین فرآیندی است که به کمبود آب واکنش می دهد و در نتیجه توسعه برگ در گیاه کاهش می یابد (Paye, 2000). در این پژوهش، شرایط کم آبیاری سبب تضعیف صفات مورفولوژیک گردید. بطوریکه تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ در بوته در رقم ۵۰۴ دزفول در شرایط ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۵/۶۶ و ۵۳/۶۷ عدد بود که با اعمال تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲/۵ و ۲۶/۸۳ عدد کاهش یافت. در رقم ساری نیز اعمال تنش کم آبی سبب کاهش میزان تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ در بوته به یک و ۱۴/۵ عدد گردید. در بین ارقام مورد بررسی و تیمار مختلف کم آبیاری، بالاترین میزان صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته در رقم ۵۰۴ دزفول

و در شرایط تامین ۹۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد. در مقابل کمترین میزان صفات ذکر شده در رقم ساری تحت شرایط تنش شدید آبی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد. قطر ساقه و ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش (۹۰ درصد نیاز آبی گیاه) در رقم ۵۰۴ دزفول به ترتیب ۷/۵۰ و ۶۴/۳۶ سانتیمتر بود، در حالی - که میزان این صفات در رقم ۵۰۴ دزفول تحت شرایط تنش شدید آبی به ترتیب ۵ و ۴۹/۶۳ سانتیمتر بود. همچنین در تمامی تیمارهای کم آبیاری کمترین میزان صفات ذکر شده در رقم ساری مشاهده شد که در شرایط کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی، قطر ساقه و ارتفاع بوته به ترتیب ۳/۶۶ و ۴۲/۶۳ سانتیمتر بود. در رقم ساری در شرایط تنش شدید میزان صفات ذکر شده به ترتیب ۷۵ و ۶۵ درصد نسبت به شرایط تقریباً نرمال کاهش یافت. طول غلاف نیز به طور معنی داری تحت تاثیر رقم و سطوح مختلف کم آبیاری قرار گرفت. بطوریکه در بین ارقام مورد بررسی، طول غلاف در رقم ۵۰۴ دزفول و تامین ۹۰ درصد ظرفیت زراعی حداکثر (۴/۰۵ سانتی - متر) و در رقم ساری با تامین ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حداقل (۳/۰۶ سانتیمتر) بود (جدول ۳). محققان در پژوهش خود بیان کردند که تنش خشکی، تعداد برگ و سطح آن را به شدت کاهش می دهد (Desuloux *et al.*, 2000). با اعمال تنش در هر کدام از مراحل زندگی گیاه به دلیل تأثیر در جذب عناصر ضروری مورد نیاز گیاه از طریق ریشه و به کارگیری آن در رشد و رویش گیاه، موجب کاهش خصوصیات رویشی از جمله تعداد برگ، قطر ساقه و تعداد



جدول ۴- اثر متقابل تنش کم آبیاری × رقم بر برخی خصوصیات رشدی سویا طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸  
Table 4. The interaction effect of deficit irrigation × cultivar on some growth characteristics of soybean during the cropping years of 2017-18 and 2018-19

| تیمار                         | قطر ساقه (میلیمتر)      | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد برگ در بوته        | طول غلاف (سانتی‌متر) |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| Treatment                     | Stem diameter (mm)      | Plant height (cm)       | Number of leaf per plant | Pod length (cm)      |
| ۹۰ درصد ظرفیت زراعی<br>90% FC | دزفول ۵۰۴<br>504 Dezful | 7.50 <sup>a</sup>       | 64.36 <sup>a</sup>       | 53.67 <sup>a</sup>   |
|                               | سحر<br>Sahar            | 7.00 <sup>ab</sup>      | 60.16 <sup>b</sup>       | 47.83 <sup>b</sup>   |
|                               | تلار<br>Telar           | 6.50 <sup>bc</sup>      | 58.16 <sup>c</sup>       | 46.86 <sup>c</sup>   |
|                               | نکادر<br>Nakdar         | 6.50 <sup>bc</sup>      | 57.76 <sup>c</sup>       | 44.33 <sup>d</sup>   |
|                               | زان<br>Zan              | 6.00 <sup>cd</sup>      | 55.80 <sup>d</sup>       | 44.17 <sup>d</sup>   |
|                               | ساری<br>Sari            | 6.00 <sup>cd</sup>      | 55.63 <sup>d</sup>       | 42.50 <sup>e</sup>   |
| ۷۰ درصد ظرفیت زراعی<br>70% FC | دزفول ۵۰۴<br>504 Dezful | 6.00 <sup>cd</sup>      | 53.20 <sup>e</sup>       | 39.17 <sup>f</sup>   |
|                               | سحر<br>Sahar            | 6.00 <sup>cd</sup>      | 50.73 <sup>f</sup>       | 36.50 <sup>g</sup>   |
|                               | تلار<br>Telar           | 5.66 <sup>d</sup>       | 49.60 <sup>f</sup>       | 33.50 <sup>h</sup>   |
|                               | نکادر<br>Nakdar         | 5.50 <sup>de</sup>      | 49.60 <sup>f</sup>       | 32.97 <sup>h</sup>   |
|                               | زان<br>Zan              | 5.50 <sup>de</sup>      | 49.66 <sup>f</sup>       | 31.00 <sup>i</sup>   |
|                               | ساری<br>Sari            | 5.00 <sup>ef</sup>      | 47.60 <sup>g</sup>       | 30.33 <sup>j</sup>   |
| ۵۰ درصد ظرفیت زراعی<br>50% FC | دزفول ۵۰۴<br>504 Dezful | 5.00 <sup>ef</sup>      | 49.63 <sup>f</sup>       | 26.83 <sup>k</sup>   |
|                               | سحر<br>Sahar            | 5.00 <sup>ef</sup>      | 48.06 <sup>g</sup>       | 24.83 <sup>l</sup>   |
|                               | تلار<br>Telar           | 4.83 <sup>f</sup>       | 46.20 <sup>h</sup>       | 20.50 <sup>m</sup>   |
|                               | نکادر<br>Nakdar         | 4.50 <sup>fg</sup>      | 45.66 <sup>h</sup>       | 18.67 <sup>n</sup>   |
|                               | زان<br>Zan              | 4.16 <sup>gh</sup>      | 44.96 <sup>h</sup>       | 16.83 <sup>o</sup>   |
|                               | ساری<br>Sari            | 3.66 <sup>h</sup>       | 42.63 <sup>i</sup>       | 14.50 <sup>p</sup>   |

- در هر ستون، تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, treatments with same letter(s) did not show significant difference at 5% probability level.

شاخه‌های فرعی در گیاه می‌گردد (Tabatabaee et al., 2013). با قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی، تعداد برگ کاهش یافته و حتی موجب ریزش آن در اواخر فصل رشد می‌گردد، به علاوه حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه از نظر سایر خصوصیات رشدی نیز مرحله رشد رویشی است. در تحقیقی دیگر در خصوص بررسی کم آبیاری بر روی سویا نتایج مشابهی را گزارش شد (Desuloux et al., 2000).

عکس‌العمل‌های ارقام سویا نسبت به

کمبود رطوبت خاک متفاوت است، بسیاری از پژوهش‌گران مراحل گلدهی و غلاف را حساس‌ترین مراحل رشد گیاه سویا به تنش رطوبتی می‌دانند. تنش رطوبتی در این مراحل باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد می‌شود که بیشتر در اثر کاهش تعداد غلاف می‌باشد (Kirmak et al., 2010). براساس نتایج این پژوهش، سطوح مختلف تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار صفات مختلف در تمامی ارقام گردید. این نتایج با گزارشات سایر محققین در

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام مختلف سویا

Table 5. Combined analysis of variance of different deficit irrigation levels on yield and yield components of different soybean cultivars

| Sources of variance                  | Df         | میانگین مربعات (M.S)    |                        |                          |                       |                          |                       |
|--------------------------------------|------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
|                                      |            | تعداد غلاف در بوته      | تعداد دانه در غلاف     | تعداد دانه در بوته       | وزن هزار دانه         | عملکرد دانه              | شاخص برداشت           |
| منابع تغییرات                        | درجه آزادی | Number of pod per plant | Number of seed per pod | Number of seed per plant | 1000-seed weight      | Seed yield               | Harvest index         |
| سال                                  | 1          | 20.45 <sup>ns</sup>     | 0.001 <sup>ns</sup>    | 169.43 <sup>ns</sup>     | 4.24 <sup>ns</sup>    | 822.73 <sup>ns</sup>     | 0.04 <sup>ns</sup>    |
| تکرار (سال)                          | 4          | 8.01                    | 0.006                  | 86.7                     | 86.97                 | 814.17                   | 7.94                  |
| Replication (Year)                   | 2          | 6392.23 <sup>**</sup>   | 1.979 <sup>**</sup>    | 64476.92 <sup>**</sup>   | 2192.88 <sup>**</sup> | 31910000.0 <sup>**</sup> | 3846.70 <sup>**</sup> |
| کم آبیاری                            | 2          | 10.4 <sup>ns</sup>      | 0.001 <sup>ns</sup>    | 82.46 <sup>ns</sup>      | 16.84 <sup>ns</sup>   | 127.69 <sup>ns</sup>     | 0.10 <sup>ns</sup>    |
| Deficit irrigation                   | 2          | 10.4 <sup>ns</sup>      | 0.001 <sup>ns</sup>    | 82.46 <sup>ns</sup>      | 16.84 <sup>ns</sup>   | 127.69 <sup>ns</sup>     | 0.10 <sup>ns</sup>    |
| سال × کم آبیاری                      | 8          | 11.16                   | 0.019                  | 94.48                    | 119.24                | 498.24                   | 2.18                  |
| Year × Deficit irrigation            | 8          | 11.16                   | 0.019                  | 94.48                    | 119.24                | 498.24                   | 2.18                  |
| خطا ۱                                | 5          | 409.85 <sup>**</sup>    | 0.527 <sup>**</sup>    | 6264.19 <sup>**</sup>    | 276.37 <sup>**</sup>  | 2995197.37 <sup>**</sup> | 201.12 <sup>**</sup>  |
| Error1                               | 5          | 409.85 <sup>**</sup>    | 0.527 <sup>**</sup>    | 6264.19 <sup>**</sup>    | 276.37 <sup>**</sup>  | 2995197.37 <sup>**</sup> | 201.12 <sup>**</sup>  |
| Cultivar                             | 5          | 3.01 <sup>ns</sup>      | 0.014 <sup>ns</sup>    | 16.82 <sup>ns</sup>      | 11.44 <sup>ns</sup>   | 115.75 <sup>ns</sup>     | 0.12 <sup>ns</sup>    |
| سال × رقم                            | 10         | 26.66 <sup>**</sup>     | 0.074 <sup>*</sup>     | 662.17 <sup>**</sup>     | 126.97 <sup>*</sup>   | 347453.83 <sup>**</sup>  | 19.53 <sup>**</sup>   |
| Year × Cultivar                      | 10         | 26.66 <sup>**</sup>     | 0.074 <sup>*</sup>     | 662.17 <sup>**</sup>     | 126.97 <sup>*</sup>   | 347453.83 <sup>**</sup>  | 19.53 <sup>**</sup>   |
| کم آبیاری × رقم                      | 10         | 3.05 <sup>ns</sup>      | 0.018 <sup>ns</sup>    | 57.67 <sup>ns</sup>      | 28.02 <sup>ns</sup>   | 82.80 <sup>ns</sup>      | 0.19 <sup>ns</sup>    |
| Cultivar × Deficit irrigation        | 10         | 3.05 <sup>ns</sup>      | 0.018 <sup>ns</sup>    | 57.67 <sup>ns</sup>      | 28.02 <sup>ns</sup>   | 82.80 <sup>ns</sup>      | 0.19 <sup>ns</sup>    |
| سال × کم آبیاری × رقم                | 60         | 4.74                    | 0.019                  | 69.17                    | 124.06                | 389.57                   | 3.16                  |
| Year × Cultivar × Deficit irrigation | 60         | 4.74                    | 0.019                  | 69.17                    | 124.06                | 389.57                   | 3.16                  |
| خطا ۲                                |            |                         |                        |                          |                       |                          |                       |
| Error2                               |            |                         |                        |                          |                       |                          |                       |
| تجزیه تغییرات                        |            | 3.63                    | 8.26                   | 10.41                    | 1.91                  | 10.97                    | 5.38                  |
| C.V                                  |            |                         |                        |                          |                       |                          |                       |

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار  
<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> and <sup>\*\*\*</sup> significant difference at the 1%, 5% and 1% probability levels and no significant difference, respectively.

این زمینه مطابقت داشت (Behtari & Abadiyan, 2009).

کاهش جذب آب در اثر کاهش رشد ریشه، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و کاهش سرعت سوخت و ساز کربن به‌عنوان عوامل مؤثر در کاهش عملکرد اقتصادی و بیولوژیک در شرایط تنش کمبود آب شناخته شده اند (Rostami Ajirloo et al., 2017). گزارش شده است که به‌طور کلی تنش خشکی از طریق

کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ای، کاهش در آبیاری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب کاهش فرآیند فتوسنتز می‌گردد و مواد کافی در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد در نتیجه رشد رویشی کاهش می‌یابد (Razmi et al., 2013).

### عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی ارقام مختلف سویا

| منابع تغییرات                        | درجه آزادی | میانگین مربعات (M.S) |                          |                      |                          |
|--------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|                                      |            | درصد روغن دانه       | عملکرد روغن دانه         | درصد پروتئین         | عملکرد پروتئین           |
| Sources of variance                  | DF         | Seed oil percentage  | Seed oil yield           | Protein percentage   | Protein yield            |
| سال                                  | 1          | 0.2 <sup>ns</sup>    | 0.35 <sup>ns</sup>       | 0.01 <sup>ns</sup>   | 100.31 <sup>ns</sup>     |
| تکرار (سال)                          | 4          | 0.76                 | 54.71                    | 0.35                 | 197.01                   |
| Replication (Year)                   |            |                      |                          |                      |                          |
| کم آبیاری                            | 2          | 106.96 <sup>**</sup> | 1863041.24 <sup>**</sup> | 852.31 <sup>**</sup> | 4673709.53 <sup>**</sup> |
| Deficit irrigation                   |            |                      |                          |                      |                          |
| سال × کم آبیاری                      | 2          | 0.05 <sup>ns</sup>   | 4.81 <sup>ns</sup>       | 0.03 <sup>ns</sup>   | 22.48 <sup>ns</sup>      |
| Year × Deficit irrigation            |            |                      |                          |                      |                          |
| خطا <sup>۱</sup>                     | 8          | 0.82                 | 195.21                   | 0.91                 | 504.72                   |
| Error1                               |            |                      |                          |                      |                          |
| رقم                                  | 5          | 109.74 <sup>**</sup> | 62159.36 <sup>**</sup>   | 48.96 <sup>**</sup>  | 436971.35 <sup>**</sup>  |
| Cultivar                             |            |                      |                          |                      |                          |
| سال × رقم                            | 5          | 0.05 <sup>ns</sup>   | 2.64 <sup>ns</sup>       | 0.01 <sup>ns</sup>   | 6.22 <sup>ns</sup>       |
| Year × Cultivar                      |            |                      |                          |                      |                          |
| رقم × کم آبیاری                      | 10         | 0.19 <sup>**</sup>   | 110825.74 <sup>**</sup>  | 2.47 <sup>**</sup>   | 72257.97 <sup>**</sup>   |
| Cultivar × Deficit irrigation        |            |                      |                          |                      |                          |
| سال × کم آبیاری × رقم                | 10         | 0.03 <sup>ns</sup>   | 2.13 <sup>ns</sup>       | 0.02 <sup>ns</sup>   | 15.64 <sup>ns</sup>      |
| Year × Cultivar × Deficit irrigation |            |                      |                          |                      |                          |
| خطا <sup>۲</sup>                     | 60         | 0.35                 | 91.18                    | 0.54                 | 319.53                   |
| Error2                               |            |                      |                          |                      |                          |
| ضرب تغییرات                          |            |                      |                          |                      |                          |
| C.V                                  |            | 9.34                 | 17.58                    | 2.08                 | 11.53                    |

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪، respectively. <sup>\*</sup> and <sup>ns</sup>, significant difference at the 1% and 5% probability levels and no significant difference, respectively.

داد که اثر سال بر صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد معنی دار نمی باشد. درحالیکه اثر تیمار کم آبیاری و همچنین رقم به تنهایی بر تمام صفات مرتبط با عملکرد سویا معنی دار بود. اثر متقابل تیمار کم آبیاری × رقم نیز بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۵). برخلاف اثر سال، اثر تیمار کم آبیاری بر عملکرد

روغن و درصد و عملکرد پروتئین معنی دار بود. اختلاف معنی داری بین ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه مشاهده شد. اثر متقابل تیمار کم آبیاری × رقم بر درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، درصد روغن و عملکرد روغن مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۶).

محدودیت آب در دوره رشد و نمو زایشی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا را کاهش

جدول ۷- مقایسه میانگین بررسی اثر ساده سال، کم آبیاری و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا

| Table 7. Mean comparison of the simple effect of year, deficit irrigation and cultivar on soybean yield and yield components |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|
| تیمارهای مورد مطالعه                                                                                                         | شاخص برداشت (درصد) | تعداد غلاف در بوته      | تعداد دانه در غلاف     | تعداد دانه در بوته       | وزن هزار دانه (گرم)  | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) |
| Studied treatments                                                                                                           | Harvest index (%)  | Number of pod per plant | Number of seed per pod | Number of seed per plant | 1000-seed weight (g) | Seed yield (kg/ha)             |
| سال                                                                                                                          |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| Year                                                                                                                         |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| سال اول                                                                                                                      |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| First Year                                                                                                                   | 31.51 <sup>a</sup> | 28.75 <sup>a</sup>      | 2.56 <sup>a</sup>      | 76.26 <sup>a</sup>       | 136.85 <sup>a</sup>  | 1600.81 <sup>a</sup>           |
| سال دوم                                                                                                                      |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| Second Year                                                                                                                  | 31.56 <sup>a</sup> | 31.66 <sup>a</sup>      | 2.59 <sup>a</sup>      | 84.95 <sup>a</sup>       | 136.82 <sup>a</sup>  | 1872.82 <sup>a</sup>           |
| کم آبیاری                                                                                                                    |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| Deficit irrigation                                                                                                           |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| ۹۰٪ ظرفیت زراعی                                                                                                              | 42.26 <sup>a</sup> | 43.33 <sup>a</sup>      | 2.83 <sup>a</sup>      | 124.43 <sup>a</sup>      | 144.13 <sup>a</sup>  | 2695.64 <sup>a</sup>           |
| ۷۰٪ ظرفیت زراعی                                                                                                              | 30.70 <sup>b</sup> | 29.31 <sup>b</sup>      | 2.52 <sup>b</sup>      | 74.12 <sup>b</sup>       | 137.76 <sup>b</sup>  | 1538.85 <sup>b</sup>           |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی                                                                                                              | 21.64 <sup>c</sup> | 17.98 <sup>c</sup>      | 2.37 <sup>c</sup>      | 39.94 <sup>c</sup>       | 128.61 <sup>c</sup>  | 840.96 <sup>c</sup>            |
| رقم                                                                                                                          |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| Cultivar                                                                                                                     |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| ۵۰۴ دزفول                                                                                                                    | 34.26 <sup>a</sup> | 36.83 <sup>a</sup>      | 2.85 <sup>a</sup>      | 108.15 <sup>a</sup>      | 142.30 <sup>a</sup>  | 2336.60 <sup>a</sup>           |
| سحر                                                                                                                          | 34.84 <sup>a</sup> | 33.50 <sup>b</sup>      | 2.69 <sup>b</sup>      | 93.50 <sup>b</sup>       | 13.95 <sup>b</sup>   | 1974.69 <sup>b</sup>           |
| تلار                                                                                                                         | 33.54 <sup>b</sup> | 30.91 <sup>c</sup>      | 2.57 <sup>bc</sup>     | 79.99 <sup>c</sup>       | 136.58 <sup>d</sup>  | 1706.47 <sup>c</sup>           |
| Telar                                                                                                                        | 31.35 <sup>c</sup> | 28.63 <sup>d</sup>      | 2.53 <sup>cd</sup>     | 72.29 <sup>d</sup>       | 134.79 <sup>c</sup>  | 1535.01 <sup>d</sup>           |
| نگادر                                                                                                                        |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| NakadDar                                                                                                                     |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| زان                                                                                                                          | 28.71 <sup>d</sup> | 26.63 <sup>e</sup>      | 2.40 <sup>d</sup>      | 61.17 <sup>e</sup>       | 137.66 <sup>e</sup>  | 1357.21 <sup>e</sup>           |
| Zan                                                                                                                          |                    |                         |                        |                          |                      |                                |
| ساری                                                                                                                         | 26.49 <sup>e</sup> | 27.72 <sup>f</sup>      | 2.41 <sup>d</sup>      | 61.20 <sup>e</sup>       | 130.71 <sup>f</sup>  | 1240.92 <sup>e</sup>           |
| Sari                                                                                                                         |                    |                         |                        |                          |                      |                                |

در هر ستون، تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. In each column, treatments with same letter(s) did not show significant differences at 5% probability level.

می دهد که به شدت اعمال تنش بستگی دارد. نتایج این پژوهش به خوبی نشان داد که تامین ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، سبب حصول حداکثر صفات مرتبط با عملکرد گردید. در مقابل، اعمال کم آبیاری تا سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی سبب به حداقل رسیدن صفات ذکر شده گردید. بطوریکه اعمال تنش شدید کم آبیاری سبب کاهش ۲۲۰/۵۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) شد. براساس نتایج بدست آمده از

مقایسه میانگین ها اثر سال بر تعداد دانه در بوته معنی دار بود. بطوریکه تعداد دانه در بوته در سال اول به طور معنی داری نسبت به سال دوم کمتر بود. بررسی اثر میزان کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که با تامین ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان صفات مورد بررسی بطور معنی داری نسبت به تامین ۵۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر بود. همچنین تامین ۵۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش معنی دار میزان صفات مورد بررسی گردید. تعداد غلاف

در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تامین ظرفیت زراعی ۹۰ درصدی به ترتیب برابر با ۴۳/۳۳ عدد، ۲/۸۳ عدد، ۱۲۴/۴۳ عدد، ۱۴۴/۱۳ گرم، ۲۶۹۵/۶۴ کیلوگرم بر هکتار و ۴۲/۲۶ درصد بود و در شرایط تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب به ۱۷/۹۸ عدد، ۲/۳۷ عدد، ۴۳/۱۴ عدد، ۱۲۸/۶۱ گرم، ۸۴۰/۹۶ کیلوگرم بر هکتار و ۲۱/۶۴ درصد کاهش یافت (جدول ۷). این نتایج با گزارشات سایر محققین در این زمینه مطابقت داشت (Demirtas *et al.*, 2010; Mehraban *et al.*, 2016). اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد سویا سبب کاهش رشد بوته، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف و شاخص برداشت میشود (Mirakhori *et al.*, 2010). طی مطالعه‌ای بر روی گیاه سویا اثر منفی تنش خشکی بر ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، دمای کانوپی، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گزارش شده است (Mehraban *et al.*, 2016). گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش سوخت و ساز گیاه و بدنبال آن کاهش عملکرد در شرایط تنش کمبود آب شناخته شده اند (Rostami Ajirloo *et al.*, 2017).

در رقم ۵۰۴ دزفول، میزان صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به ارقام سایر ارقام به ترتیب به میزان ۳۶/۸۳ عدد، ۲/۸۵ عدد، ۱۰۸/۳۱ عدد، ۱۴۲/۳۰ گرم و ۲۳۳۶/۶۰ کیلوگرم بر هکتار بطور معنی داری

بیشتر بود. بیشترین شاخص برداشت در رقم سحر مشاهده شد که اختلاف معنی داری با رقم ۵۰۴ دزفول نداشت. کمترین میزان شاخص برداشت نیز مربوط به رقم ساری مشاهده شد (جدول ۷). براساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها اثر سال بر تعداد غلاف و دانه در بوته معنی دار بود. به طوریکه تعداد غلاف و دانه در بوته در سال اول به طور معنی داری نسبت به سال دوم کمتر بود. بررسی اثر میزان کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که با تامین ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان صفات مورد بررسی بطور معنی داری نسبت به تامین ۵۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر بود. همچنین تامین ۵۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش معنی دار میزان صفات مورد بررسی گردید. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تامین ظرفیت زراعی ۹۰ درصدی به ترتیب برابر با ۴۳/۳۳ عدد، ۲/۸۳ عدد، ۱۲۴/۴۳ عدد، ۱۴۴/۱۳ گرم، ۲۶۹۵/۶۴ کیلوگرم بر هکتار و ۴۲/۲۶ درصد بود و در شرایط تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب به ۱۷/۹۸ عدد، ۲/۳۷ عدد، ۴۳/۱۴ عدد، ۱۲۸/۶۱ گرم، ۸۴۰/۹۶ کیلوگرم بر هکتار و ۲۱/۶۴ درصد کاهش یافت (جدول ۷). محدودیت آب در دوره رشد و نمو زایشی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا را کاهش میدهد که به شدت اعمال تنش بستگی دارد. نتایج این پژوهش به خوبی نشان داد که تامین ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، سبب حصول حداکثر صفات مرتبط با عملکرد گردید. در مقابل، اعمال کم آبیاری تا سطح ۵۰ درصد

ظرفیت زراعی سبب به حداقل رسیدن صفات ذکر شده گردید. بطوریکه اعمال تنش شدید کم آبیاری سبب کاهش ۲۲۰/۵۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) شد. این نتایج با گزارشات سایر محققین در این زمینه مطابقت داشت (Demirtas *et al.*, 2010; Mehraban *et al.*, 2016). اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد سویا سبب کاهش رشد بوته، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف و شاخص برداشت میشود (Mirakhori *et al.*, 2010). طی مطالعه ای بر روی گیاه سویا اثر منفی تنش خشکی بر ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، دمای کانوپی، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گزارش شده است (Mehraban *et al.*, 2016).

در رقم ۵۰۴ دزفول، میزان صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به ارقام سایر ارقام بطور معنی داری بیشتر بود. به طوریکه میزان صفات ذکر شده در رقم ۵۰۴ دزفول به ترتیب برابر با ۳۶/۸۳ عدد، ۲/۸۵ عدد، ۱۰۸/۳۱ عدد، ۱۴۲/۳۰ گرم و ۲۳۳۶/۶۰ کیلوگرم بر هکتار بود. بیشترین شاخص برداشت در رقم سحر به میزان ۳۴/۸۴ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی داری با رقم ۵۰۴ دزفول نداشت. کمترین میزان شاخص برداشت نیز مربوط به رقم ساری مشاهده شد (جدول ۷).

براساس نتایج بدست آمده، شرایط بدون تنش آبی (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) سبب افزایش معنی دار صفات درصد روغن دانه،

عملکرد روغن دانه، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، نسبت به ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب به میزان ۲۳/۱۶ درصد، ۶۲۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار، ۳۳/۶۵ درصد و ۹۱۶/۶۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (جدول ۸). تنش کم آبیاری با کاهش ظرفیت دانه در جذب آسمیلات و تبدیل آن به روغن باعث تاثیر منفی بر جذب روغن دانه میشود، لذا در شرایط بدون تنش درصد روغن دانه افزایش میابد، این در حالی است که بیشترین میزان پرولین برگ تحت شرایط تنش شدید آبی (۰/۷۰ میکرومول بر گرم وزن تر) مشاهده شد.

در بین ارقام مورد مطالعه، بیشترین درصد روغن مربوط به ۵۰۴ دزفول و زان بود که با رقم تلار اختلاف معنی داری نداشت ولی با سایر ارقام اختلاف معنی داری نشان داد. رقم ۵۰۴ دزفول و ساری به ترتیب حداکثر و حداقل میزان عملکرد روغن دانه (به ترتیب ۵۵۹/۷۹ و ۲۷۹/۴۲ کیلوگرم در هکتار)، درصد پروتئین (به ترتیب ۳۱/۵۸ و ۲۷/۰۱ درصد) و عملکرد پروتئین (به ترتیب ۷۷۶/۵۰ و ۳۵۷/۷۷ کیلوگرم در هکتار) را دارا بودند (جدول ۸). این نتایج با مطالعات پیشین محققین مطابقت داشت (Vaezirad *et al.*, 2009; Dastan *et al.*, 2014). تنش خشکی طی پر شدن دانه سبب کاهش معنی دار روغن دانه سویا و تولید دانه های کوچکتر میشود که غالباً دارای پروتئین بیشتر هستند و دلیل این امر اثر کمتر تنش بر تجمع پروتئین نسبت به اجزای اصلی دیگر نظیر روغن میباشد (Rotundo & Westgate, 2010). با افزایش شدت تنش آبی، درصد روغن دانه ها

جدول ۸- مقایسه باگیج خصوصیات بیوشیمیایی ارقام مختلف سویا

Table 8. Mean comparison for biochemical traits of soybean cultivars

| تیمارهای مورد مطالعه         | درصد روغن دانه          | عملکرد روغن دانه<br>(کیلوگرم در هکتار) | درصد پروتئین           | عملکرد پروتئین<br>(کیلوگرم در هکتار) |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Studied treatments           | Seed oil percentage (%) | Seed oil yield (kg/ha)                 | Protein percentage (%) | Protein yield (kg/ha)                |
| سال سال                      |                         |                                        |                        |                                      |
| سال اول                      | 22.52 <sup>a</sup>      | 360.85 <sup>a</sup>                    | 29.92 <sup>a</sup>     | 554.78 <sup>a</sup>                  |
| First Year                   |                         |                                        |                        |                                      |
| سال دوم                      | 22.81 <sup>a</sup>      | 414.06 <sup>a</sup>                    | 29.01 <sup>a</sup>     | 509.65 <sup>a</sup>                  |
| Second Year                  |                         |                                        |                        |                                      |
| کم آبیاری Deficit irrigation |                         |                                        |                        |                                      |
| ۹۰٪ ظرفیت زراعی              | 23.16 <sup>a</sup>      | 620.02 <sup>a</sup>                    | 33.65 <sup>a</sup>     | 916.63 <sup>a</sup>                  |
| 90% FC                       |                         |                                        |                        |                                      |
| ۷۰٪ ظرفیت زراعی              | 22.04 <sup>a</sup>      | 357.20 <sup>b</sup>                    | 30.62 <sup>b</sup>     | 474.19 <sup>b</sup>                  |
| 70% FC                       |                         |                                        |                        |                                      |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی              | 21.80 <sup>b</sup>      | 185.16 <sup>c</sup>                    | 24.12 <sup>a</sup>     | 205.82 <sup>c</sup>                  |
| 50% FC                       |                         |                                        |                        |                                      |
| رقم رقم                      |                         |                                        |                        |                                      |
| دزفول ۵۰۴                    | 23.68 <sup>a</sup>      | 559.79 <sup>a</sup>                    | 31.58 <sup>a</sup>     | 776.50 <sup>a</sup>                  |
| 504 Dezful                   |                         |                                        |                        |                                      |
| سحر                          | 22.04 <sup>b</sup>      | 424.11 <sup>b</sup>                    | 30.94 <sup>b</sup>     | 642.42 <sup>b</sup>                  |
| Sahar                        |                         |                                        |                        |                                      |
| تلار                         | 22.78 <sup>ab</sup>     | 394.79 <sup>bc</sup>                   | 29.62 <sup>c</sup>     | 534.32 <sup>c</sup>                  |
| Telar                        |                         |                                        |                        |                                      |
| ککادر                        | 22.50 <sup>b</sup>      | 351.62 <sup>cd</sup>                   | 28.82 <sup>d</sup>     | 467.5 <sup>d</sup>                   |
| NakadAr                      |                         |                                        |                        |                                      |
| زان                          | 23.04 <sup>a</sup>      | 351.04 <sup>cd</sup>                   | 28.80 <sup>d</sup>     | 411.70 <sup>e</sup>                  |
| Zan                          |                         |                                        |                        |                                      |
| ساری                         | 21.97 <sup>b</sup>      | 279.42 <sup>e</sup>                    | 27.01 <sup>e</sup>     | 355.75 <sup>f</sup>                  |
| Sari                         |                         |                                        |                        |                                      |

- در هر ستون، تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, treatments with same letter (s) did not show significant differences at the 5% probability level.

کاهش و درصد پروتئین دانه‌ها افزایش خواهد یافت (Pourmousavi *et al.*, 2007). محققانی در تحقیق خود کاهش درصد روغن دانه سویا با افزایش میزان تنش آبی را گزارش کرده اند (Shahmoradi *et al.*, 2004). هر چند در پژوهش حاضر نیز میزان روغن و عملکرد روغن در واحد سطح به طور معنی داری کاهش یافت، اما از نظر میزان پروتئین این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های پیشین مطابقت نداشت که احتمالاً کاهش عملکرد پروتئین در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش عملکرد دانه می‌باشد و احتمالاً در صورت اندازه‌گیری میزان پروتئین برگ

مشاهده خواهد شد که میزان پروتئین برگ در نتیجه شرایط تنش افزایش خواهد یافت. تنش خشکی از دو طریق بر کمیت و کیفیت دانه سویا تأثیر می‌گذارد؛ یکی اینکه با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز، آسیمیلات کمتری به دانه‌ها منتقل و عملکرد دانه کاهش می‌یابد و دیگری اینکه با تأثیر بر تثبیت نیتروژن، نیتروژن مورد نیاز گیاه تأمین نشده و کاهش عملکرد دانه و درصد روغن و پروتئین دانه مشهود می‌گردد. همچنانکه محققان در تحقیق خود بر این نکته تأکید نموده اند که، کاهش کمیت و کیفیت دانه سویا به دلیل کاهش نیتروژن موجود در



*et al.*, 2009; Rostami Ajirloo & Shaban, 2013; Sepanlo *et al.*, 2014; Heidarzade *et al.*, 2016). مطالعات پیشین نیز حاکی از کاهش معنی دار تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع و عملکرد دانه تحت تنش کم آبیاری و برتری رقم ویلیامز در شرایط تنش شدید را گزارش کردند (Daneshian *et al.*, 2010). در تحقیقی در خصوص کاهش عملکرد دانه در سویا را تحت تاثیر تنش خشکی گزارش شده است (Abdipour *et al.*, 2010). در مطالعه ای اثر رژیم های آبیاری مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ سویا "ویلیامز"، "لینفورد" و "ال" در منطقه مغان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که اختلاف معنی دار از نظر خصوصیات عملکردی در ارقام مورد بررسی تحت رژیم های مختلف آبیاری وجود داشت (Rostamzadeh Kaleybar *et al.*, 2012). نتایج مشابهی مبنی بر پاسخ متفاوت ارقام مختلف به تنش خشکی در سویا گزارش شده است (Mehraban *et al.*, 2016). عملکرد بیشتر دانه ارقام ویلیامز ۸۲ و کالرک ۶۳ (به ترتیب به میزان ۳۱ و ۹ درصد) بیشتر از ارقام مانچو و دانفیلد تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی گزارش شده است (Frederick *et al.*, 2001). در پژوهشی نشان دادند که بیشترین تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از رقم M9 به دست آمد (Maleki *et al.*, 2015). همچنین گزارش شد که ارقام سویا دلسوی ۴۲۱۰، ال. دی ۳، ال ۱۱، لینفورد با بیش از دو تن در هکتار، از عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر تیمارها در شرایط کم

گیاه تحت تاثیر تنش خشکی می باشد. (Kausar *et al.*, 2006) تنش خشکی اثر بیشتری بر میزان روغن دانه نسبت به مقدار پروتئین دانه میگذارد، به طوریکه کاهش بیشتری در درصد روغن دانه تحت شرایط تنش مشاهده میشود با نتایج حاصل از پژوهش ما مطابقت داشت. نتایج این تحقیق با یافته های پژوهشگران دیگر مطابقت داشت (Pourdehghan *et al.*, 2004).

عملکرد دانه سویا به وسیله تعداد کل غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و وزن هر دانه تحت تاثیر قرار میگیرد (Rosenberg, 2012). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه نیز بطور معنی داری تحت تاثیر تیمار کم آبیاری قرار گرفتند و کم آبیاری ۵۰ درصدی سبب کاهش معنی دار این صفات در مقایسه با تیمار آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی ۹۰ درصد گردید. براساس نتایج بدست آمده دو رقم ۵۰۴ دزفول و ساری به ترتیب حداکثر و حداقل میزان صفات ذکر شده را در شرایط مختلف کم آبیاری و همچنین آبیاری کامل دارا بودند. بطوریکه تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در شرایط تامین ظرفیت زراعی ۹۰ درصد در رقم ۵۰۴ دزفول ۵۲/۹۱، ۳/۲۱، ۱۷۰/۰۶ عدد و ۱۴۶/۹۰ گرم و ۳۷۴۸/۰۱ کیلوگرم و در شرایط آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در رقم ساری به ترتیب ۱۱/۲۰، ۲/۲۲، ۲۵/۱ عدد، ۱۱۹/۹۳ گرم و ۴۴۹/۹۵ کیلوگرم بود (جدول ۹) که با مطالعات پیشین مطابقت داشت (Mirakhori

جدول ۹- اثرات متقابل کم آبیاری × رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا

| Table 9. Interactions of deficit irrigation × cultivar on yield and yield components of soybeans |                         |                        |                          |                      |                                |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|
| تیمارهای مورد مطالعه                                                                             | تعداد غلاف در بوته      | تعداد دانه در غلاف     | تعداد دانه در بوته       | وزن هزار دانه (گرم)  | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد)  |
| Studied treatments                                                                               | Number of pod per plant | Number of seed per pod | Number of seed per plant | 1000-seed weight (g) | Seed yield (kg/ha)             | Harvest index (%)   |
| ۹۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | دزفول ۵۰۴               | 52.91 <sup>a</sup>     | 3.21 <sup>a</sup>        | 170.32 <sup>a</sup>  | 3748.01 <sup>a</sup>           | 45.85 <sup>a</sup>  |
|                                                                                                  | 504 Dezfoul             |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | سحر                     | 48.33 <sup>b</sup>     | 3.05 <sup>ab</sup>       | 147.46 <sup>b</sup>  | 3199.85 <sup>b</sup>           | 44.43 <sup>a</sup>  |
|                                                                                                  | Sahar                   |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۷۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | تلار                    | 44.25 <sup>c</sup>     | 2.87 <sup>bc</sup>       | 126.69 <sup>c</sup>  | 2746.65 <sup>c</sup>           | 45.87 <sup>a</sup>  |
|                                                                                                  | Telar                   |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | نکادر                   | 40.33 <sup>d</sup>     | 2.78 <sup>de</sup>       | 112.23 <sup>d</sup>  | 2416.82 <sup>d</sup>           | 40.78 <sup>b</sup>  |
|                                                                                                  | Nakadar                 |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | زان                     | 37.66 <sup>e</sup>     | 2.46 <sup>efg</sup>      | 92.3 <sup>e</sup>    | 2043.76 <sup>e</sup>           | 38.33 <sup>c</sup>  |
|                                                                                                  | Zan                     |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | ساری                    | 36.50 <sup>e</sup>     | 2.63 <sup>cde</sup>      | 95.55 <sup>e</sup>   | 2019.92 <sup>e</sup>           | 38.29 <sup>c</sup>  |
|                                                                                                  | Sari                    |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۷۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | دزفول ۵۰۴               | 33.33 <sup>f</sup>     | 2.75 <sup>de</sup>       | 91.72 <sup>e</sup>   | 1980.83 <sup>e</sup>           | 31.66 <sup>e</sup>  |
|                                                                                                  | 504 Dezfoul             |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | سحر                     | 30.75 <sup>g</sup>     | 2.63 <sup>cde</sup>      | 81.17 <sup>f</sup>   | 1698.26 <sup>f</sup>           | 34.19 <sup>d</sup>  |
|                                                                                                  | Sahar                   |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | تلار                    | 29.41 <sup>h</sup>     | 2.51 <sup>fg</sup>       | 73.6 <sup>fg</sup>   | 1515.96 <sup>g</sup>           | 31.28 <sup>e</sup>  |
|                                                                                                  | Telar                   |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | نکادر                   | 28.32 <sup>hi</sup>    | 2.51 <sup>fg</sup>       | 70.99 <sup>ghi</sup> | 1429.54 <sup>gh</sup>          | 30.99 <sup>e</sup>  |
|                                                                                                  | Nakadar                 |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | زان                     | 27.58 <sup>ij</sup>    | 2.34 <sup>fg</sup>       | 64.39 <sup>gh</sup>  | 1356.24 <sup>gh</sup>          | 28.26 <sup>f</sup>  |
|                                                                                                  | Zan                     |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | ساری                    | 26.42 <sup>j</sup>     | 2.39 <sup>efg</sup>      | 62.89 <sup>h</sup>   | 1252.99 <sup>h</sup>           | 27.83 <sup>f</sup>  |
|                                                                                                  | Sari                    |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | دزفول ۵۰۴               | 24.25 <sup>k</sup>     | 2.58 <sup>def</sup>      | 62.41 <sup>h</sup>   | 1281.06 <sup>h</sup>           | 25.28 <sup>gh</sup> |
|                                                                                                  | 504 Dezfoul             |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | سحر                     | 21.41 <sup>l</sup>     | 2.41 <sup>efg</sup>      | 51.9 <sup>i</sup>    | 1026.08 <sup>i</sup>           | 25.89 <sup>g</sup>  |
|                                                                                                  | Sahar                   |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | تلار                    | 17.25 <sup>m</sup>     | 2.31 <sup>fg</sup>       | 39.71 <sup>ij</sup>  | 857.13 <sup>ij</sup>           | 23.47 <sup>hi</sup> |
|                                                                                                  | Telar                   |                        |                          |                      |                                |                     |
|                                                                                                  | نکادر                   | 14.66 <sup>n</sup>     | 2.32 <sup>fg</sup>       | 33.65 <sup>j</sup>   | 758.62 <sup>j</sup>            | 22.29 <sup>i</sup>  |
|                                                                                                  | Nakadar                 |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | زان                     | 11.25 <sup>p</sup>     | 2.40 <sup>efg</sup>      | 26.82 <sup>k</sup>   | 672.82 <sup>kl</sup>           | 19.54 <sup>j</sup>  |
|                                                                                                  | Zan                     |                        |                          |                      |                                |                     |
| ۵۰٪ ظرفیت زراعی<br>FC                                                                            | ساری                    | 11.20 <sup>p</sup>     | 2.22 <sup>g</sup>        | 25.17 <sup>k</sup>   | 449.95 <sup>k</sup>            | 13.34 <sup>k</sup>  |
|                                                                                                  | Sari                    |                        |                          |                      |                                |                     |

- در هر ستون، تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, treatments with same letter (s) did not show significant differences at 5% probability level.

آبی و آبیاری کامل برخوردار بودند (Zare et al., 2004). تنش آبی با کاهش انتقال اسمیلاتها به دانه به علت محدودیت آب و یا با کاهش سهم فتوسنتزی جاری برگها در پرشدن دانه بر عملکرد و وزن هزاردانه اثر میگذارد (Chaves et al., 2003). بیشترین درصد روغن (۲۴/۴۵ درصد)، عملکرد روغن (۹۱۶/۴۱ کیلوگرم در هکتار)، درصد پروتئین (۳۶/۰۶ درصد) و عملکرد پروتئین (۱۳۵۱/۵۳ کیلوگرم در هکتار) در رقم ۵۰۴ دزفول تحت شرایط تقریباً نرمال (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده

شد. (جدول ۱۰). البته تحت شرایط تنش نیز این رقم نسبت به سایر ارقام برتری داشت. اعمال تنش شدید کم آبی سبب کاهش ۲۳۴/۸۵ و ۳۴۵/۳۵ درصدی عملکرد روغن و عملکرد پروتئین نسبت به تیمار بدون تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) شد. این نتایج با گزارشات سایر محققین در این زمینه مطابقت داشت (Demirtas et al., 2010; Frederick et al., 2001).

### نتیجه گیری کلی

بطور کلی براساس نتایج حاصل از این پژوهش، رقم ۵۰۴ دزفول مقاومترین و رقم

جدول ۱۰- اثرات متقابل کم آبیاری × رقم بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی سویا

Table 10. Interactions of deficit irrigation × cultivar on biochemical traits of soybeans

| تیمارهای مورد مطالعه | درصد روغن دانه             | عملکرد روغن دانه<br>(کیلوگرم در هکتار) | درصد پروتئین              | عملکرد پروتئین<br>(کیلوگرم در هکتار) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Studied treatments   | Seed oil percentage<br>(%) | Seed oil yield<br>(kg/ha)              | Protein percentage<br>(%) | Protein yield<br>(kg/ha)             |
| دزفول ۵۰۴            |                            |                                        |                           |                                      |
| 504                  | 24.45 <sup>a</sup>         | 916.41 <sup>a</sup>                    | 36.06 <sup>a</sup>        | 1351.53 <sup>a</sup>                 |
| Dezful               |                            |                                        |                           |                                      |
| سحر                  | 23.63 <sup>b</sup>         | 645.55 <sup>b</sup>                    | 35.35 <sup>b</sup>        | 1131.12 <sup>b</sup>                 |
| Sahar                |                            |                                        |                           |                                      |
| تلار                 | 23.43 <sup>b</sup>         | 649.02 <sup>b</sup>                    | 33.83 <sup>c</sup>        | 929.19 <sup>c</sup>                  |
| Telar                |                            |                                        |                           |                                      |
| نکادر                | 23.46 <sup>b</sup>         | 566.31 <sup>b</sup>                    | 32.91 <sup>d</sup>        | 795.37 <sup>d</sup>                  |
| NakaDar              |                            |                                        |                           |                                      |
| زان                  | 22.94 <sup>bc</sup>        | 479.36 <sup>c</sup>                    | 32.90 <sup>d</sup>        | 672.39 <sup>e</sup>                  |
| Zan                  |                            |                                        |                           |                                      |
| ساری                 | 20.17 <sup>c</sup>         | 463.45 <sup>c</sup>                    | 30.8 <sup>e</sup>         | 622.13 <sup>ef</sup>                 |
| Sari                 |                            |                                        |                           |                                      |
| دزفول ۵۰۴            |                            |                                        |                           |                                      |
| 504                  | 20.79 <sup>c</sup>         | 470.38 <sup>c</sup>                    | 32.82 <sup>d</sup>        | 557.36 <sup>f</sup>                  |
| Dezful               |                            |                                        |                           |                                      |
| سحر                  | 19.99 <sup>cd</sup>        | 396.28 <sup>cd</sup>                   | 32.15 <sup>d</sup>        | 472.09 <sup>g</sup>                  |
| Sahar                |                            |                                        |                           |                                      |
| تلار                 | 18.45 <sup>d</sup>         | 349.91 <sup>ed</sup>                   | 30.79 <sup>e</sup>        | 440.56 <sup>g</sup>                  |
| Telar                |                            |                                        |                           |                                      |
| نکادر                | 18.23 <sup>d</sup>         | 328.74 <sup>ed</sup>                   | 29.96 <sup>f</sup>        | 406.54 <sup>gh</sup>                 |
| NakaDar              |                            |                                        |                           |                                      |
| زان                  | 17.82 <sup>de</sup>        | 314.69 <sup>def</sup>                  | 29.93 <sup>f</sup>        | 351.24 <sup>hi</sup>                 |
| Zan                  |                            |                                        |                           |                                      |
| ساری                 | 16.96 <sup>ef</sup>        | 283.18 <sup>ef</sup>                   | 28.08 <sup>g</sup>        | 331.92 <sup>i</sup>                  |
| Sari                 |                            |                                        |                           |                                      |
| دزفول ۵۰۴            |                            |                                        |                           |                                      |
| 504                  | 17.19 <sup>e</sup>         | 292.57 <sup>ef</sup>                   | 25.85 <sup>h</sup>        | 259.06 <sup>j</sup>                  |
| Dezful               |                            |                                        |                           |                                      |
| سحر                  | 15.19 <sup>f</sup>         | 230.48 <sup>fg</sup>                   | 25.33 <sup>h</sup>        | 207.08 <sup>j</sup>                  |
| Sahar                |                            |                                        |                           |                                      |
| تلار                 | 14.69 <sup>g</sup>         | 185.43 <sup>g</sup>                    | 24.25 <sup>i</sup>        | 207.31 <sup>jk</sup>                 |
| Telar                |                            |                                        |                           |                                      |
| نکادر                | 12.00 <sup>gh</sup>        | 159.81 <sup>gh</sup>                   | 23.60 <sup>i</sup>        | 179.62 <sup>k</sup>                  |
| NakaDar              |                            |                                        |                           |                                      |
| زان                  | 11.42 <sup>h</sup>         | 151.08 <sup>gh</sup>                   | 23.57 <sup>i</sup>        | 158.82 <sup>k</sup>                  |
| Zan                  |                            |                                        |                           |                                      |
| ساری                 | 10.28 <sup>i</sup>         | 91.62 <sup>h</sup>                     | 22.12 <sup>j</sup>        | 99.95 <sup>l</sup>                   |
| Sari                 |                            |                                        |                           |                                      |

در هر ستون، تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, treatments with same letter (s) did not show significant differences at 5% probability level.

رقم ۵۰۴ دزفول نه تنها برای کشت در شرایط تنش خشکی شدید و ملایم بلکه برای کشت در شرایط آبیاری کامل در منطقه جیرفت و مناطق مشابه از نظر آب و هوایی (خشک و نیمه خشک) توصیه می شود. البته بعد از این رقم، رقم

ساری حساسترین رقم نسبت به تنش خشکی شناسایی گردید و به نظر می رسد، استفاده از رقم ۵۰۴ دزفول میتواند یک راهکار مدیریتی برای بهبود عملکرد سویا در مناطق خشک و نیمه خشک کشور از جمله جیرفت باشد. ضمناً

سحر نیز از عملکرد مطلوبی تحت شرایط تنش و آبیاری کامل برخوردار بود که میتواند به عنوان یک رقم مناسب برای کشت در منطقه جیرفت و مناطق مشابه بعد از رقم ۵۰۴ دزفول مورد توجه قرار گیرد.

## References:

- Abdipour, M., Rezaei, A., Hooshmand, S., and Raeisi, F. 2010. Effect of drought stress on yield and yield components of determinate soybean (*Glycine max* (L) Merrill). *Journal of Crop Ecophysiology*, 4(14(2)), 1-14 (In Persian with English Summary)
- Aminifar, C., Mohsen Abadi, G.R., Beiglooei, M.H., and Smizadeh, H.A. 2013. The effect of irrigation on yield, yield components and water efficiency T.215 soybean varieties. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3 (11), 24-34 (In Persian with English Summary).
- AOAC.1990. Association Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC. Washington DC.
- Ashraf, M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*, 28: 169-183.
- Behtari, B., Dabagh Mohamadi Nasab, A., Ghasemi Golezani, K., Zehtab Salmasi, S., and Turchi, M. 2008. Effect of water deficit on yield and yield components of two soybean cultivars. *Agricultural Science*, 18(3), 135-125 (In Persian with English Summary).
- Behtari, B., Dabagh Mohamadi Nasab, A., Gasemi Golazani, K., Zehtab Salmasi, S., and Turchi, M. 2008. Effect of water deficit on yield and yield components of two soybean cultivars. *Agricultural Science*, 18(3), 135-125.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Plant Biological*, 30:239-204.
- Dadras, A., Samizadeh, H., and Sabouri, H. 2016. Evaluation and grouping of soybean varieties and lines under normal and drought stress using multivariate statistical methods in two regions of RASHT and Gonbad Kavous. *Journal of Crop Production*, 9(3), 105-118 (In Persian with English Summary).
- Daneshian, J., Hadi, H., and Jonoubi, P. 2010. Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, 11 (4): 393-409 (In Persian with English Summary).
- Dastan, S., Yadi, R., Ghanbari Malidarreh, A., and Eslami Rostami, H. 2014. Comparison of growth indices of different soybean cultivars at sari weather

- conditions. *Journal of Crop Production Research*, 5(4), 387-399 (In Persian with English Summary).
- Dastan, S., YADI, R., Ghanbari Malidarreh, A., and Eslami Rostami, H. 2014. Comparison of growth indices of different soybean cultivars at Sari weather conditions. *Journal of Crop Production Research*, 5(4), 387-399 (In Persian with English Summary).
- Demirtas, C., Yazgan, S., Candogan, B.N., Sincik, M., Buyukcangaz, H., and Gksoy, A.T. 2010. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L.) to drought stress in sub-humid environment. *African Journal of Biotechnology*, 9(41), 6873-6881.
- Desuloux, D., Huynh, T.T., and Roumet, P. 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Journal of Crop Science*, 40: 716-722.
- FAO. 2019. The FAO statistical yearbook, Food and Agriculture Organization of the United Nations. available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Frederick, J.R., Camp, C.R., and Bauer, P.J. 2001. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. *Crop Science*, 41: 759–763.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 2010. *Physiology of crop plants*, Scientific Publisher: 336 Pp.
- Heidarzade, A., Esmaeili, M.A., Bahmanyar, M.A. and Abbasi, R. 2016. Response of soybean (*Glycine max*) to molybdenum and iron spray under well-watered and water deficit conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4 (1), 37-46.
- Kauser, R., Athar, H.R., Ashraf, M. 2006. Chlorophyll fluorescence: A potential indicator for rapid assessment of water stress tolerance in soybean (*Glycine max* L.). *Pakistan Journal Botany*, 38 (7), 1501-1509.
- Kirnak, H., Dogan, E., and Turkoglu, H. 2010. Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and quality in the semi-arid Harran plain, Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8: 1208-1217.
- Maleki, A., Naderi, A., Siadat, A., Tahmasbi, A., and Fazel, S.H. 2015. Effect of

- drought stress at different phonological stages on yield and yield components of soybean. *Journal of Research in Crop Sciences*, 15: 71-82 (In Persian with English Summary).
- Mehraban, A., Azizian Shermeh, O., and Kamali daljoo, A. 2016. Effect of drought stress on yield and quality of eight cultivars of soybean (*Glycin max* L.) in Sistan region. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 11(43), 90-99 (In Persian with English Summary).
- Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M., Zahedi, H., and Nazeri, P. 2009. Effect of drought stress and methanol on yield and yield components of soybean (*Glycine Max* L. 17). *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 5 (4), 162-169
- Mirakhori, M., Paknejad, F., Ardakani, M., Pazoki, A., Nazeri, P., and Por Jahrom, M. 2010. Effect of drought stress and methanol on amount of protein and grain oil, rate and period of filling on soybean (L17). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 2(2), 171-183 (In Persian with English Summary).
- Navabpour, S., Ramezanpour, S., and Mazandarani, A. 2016. Evaluation of enzymatic and non-enzymatic defense mechanism in response to drought stress during growth stage in soybean. *Plant production Technology*, 7(2), 39-54 (In Persian with English Summary).
- Pourdehghan, M., Modarres-Sanavy, S.A., Ghanati, F., and Karami, S. 2014. Evaluation of hexaconazole effects on some physiological indices to water deficit stress tolerance in two soybean cultivars. *Journal of Plant Production Research*, 21(1), 183-198 (In Persian with English Summary).
- Pourmousavi, S., Galavi, M., Daneshian, J., Ghanbari, A., and Basirani, N. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycine max*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(4), 125-134 (In Persian with English Summary).
- Razmi, N., Irannejad, J., Khanzadeh, H. and Soheili Mogaddam, B. 2013. The effects of different irrigation regimes on the morphological and physiological characteristics of three soybean cultivars (*Glycine max*). *Journal of Crop*



- Ecophysiology*, 7(25(1)), 57-70 (In Persian with English Summary).
- Romagosa, I., and Fox, P.N. 1993. Genotype× environment interaction and adaptation. *Plant breeding: principles and prospects*, pp.373-390.
- Rosenberg, M. 2012. Effects of drought stress on soybean production. *Agronomy*, 1-3
- Rostami Ajirloo, A., and Shaban, M. 2013. Seed yield and it components changes of soybean under water stress and foliar application of Methanol. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6 (2), 83-88.
- Rostami Ajirloo, A., Asgharipour, M., Ghanbari, A., Joudi, M., and Khoramivafa, M. 2017. Study the effect of deficit irrigation on yield, quality characteristics and water use efficiency of three cultivars of soybean in Moghan plain. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 7(1), 113-124 (In Persian with English Summary).
- Rostamzadeh Kaleybar, M., Farboodi, M., Hoseinzadeh Moghbeli, A., and Razmi, N. 2012. The effects of irrigation regimes on second cropping of three soybean genotypes in Moghan region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 5(20(4)), 15-28 (In Persian with English Summary).
- Rotundo, J.L., and Westgate, M.E. 2010. Rate and Duration of seed component accumulation in water stressed soybean. *Crop Science*, 50: 676-684.
- Sepanlo, N., Talebi, R., Rokhzadi, A., and Mohammadi, H. 2014. Morphological and physiological behavior in soybean (*Glycine max*) genotypes to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages. *Acta Biologica Szegediensis*, 58 (2), 109-113.
- Setter, T. L., Flannigan, B.A., and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. *Crop Science*, 41: 1530–1540.
- Shahmoradi, S.H., Zeinali Khangah, H., Daneshian, J., Khodabandeh, N., and Ahmed, A. 2004. Effects of drought stress on soybean cultivars and advanced lines with emphasis on stress tolerance indices. *Journal of Crop Science*, 40(3), 22-9.
- Siskani, A., seghatoleslami, M.J., and Moosavi, G.R. 2015. Effect of Deficit

- Irrigation and Nano Fertilizers on Yield and some Morphological traits of cotton. *Biological Forum – An International Journal*, 7(1): 1710-1715.
- Tabatabaei, S.A., Jalilvand, H., and Ahani, H. 2014. Drought stress response in Caucasian hackberry: growth and morphology. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 5(3), 158-169.
- Tint, A. M. M., Sarobol, E., Nakasathien, S., and Chai-Aree, W. 2011. Differential responses of selected soybean cultivars to drought stress and their drought tolerant attributions. *Agriculture and Natural Resources*, 45(4), 571-582.
- Vaezi, S., Zangani, E., and Shekari, F. 2009. Investigation on the effective indices on yield in delayed sowing of different soybean cultivars in Zanjan region, Iran. *Agroecology Journal*, 5(1), 57-66 (In Persian with English Summary).
- Vaezirad, S., Zangani, E., and Shekari, F. 2009. Investigation on the effective indices on yield in delayed sowing of different soybean cultivars in Zanjan region, Iran. *Agroecology Journal*, 4(14), 57-66 (In Persian with English Summary).
- Zare, M., Zeinali Khaneghah, H., and Daneshian, J. 2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35 (4), 859-967 (In Persian with English Summary).

## Investigating the effect of different levels of dehydration stress on morphological characteristics, yield and yield components Soybean cultivars (*Glycine max* L.)

Roghayeh Mohammad Shirazi<sup>1</sup>, Ahmad Aein<sup>2\*</sup>, Gholamreza Afshar Manesh<sup>2</sup>, Mohammad Hasan Shirzadi<sup>3</sup>, Hasan Sarhadi<sup>3</sup>

1. PhD Student of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad university, Jiroft, Iran.
2. Associate Professor, south of Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Iran. (Corresponding author)
3. Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad university, Jiroft, Iran.

Received: April 2025 Accepted: October 2025- DOI: 10.22092/aj.2025.365626.1674

### Extended Abstract

**Mohammad Shirazi, R., Aein, A., Afshar Manesh, Gh., Shirzadi, M. H., Sarhadi, H.,** Investigating the effect of different levels of dehydration stress on morphological characteristics, yield and yield components Soybean cultivars (*Glycine max* L.)

**Applied Research in Field Crops Vol 37, No.1, 2024, 16-18:** 111-134(in Persian)

### Introduction:

Soybean, scientifically known as *Glycine max* L., is an annual plant with significant economic value. It contains approximately 20% oil and 40% protein, making it one of the most important oilseeds globally. With a cultivated area of 120 million hectares, it holds the largest cultivation area among oilseeds (FAO, 2019). Water deficiency is a major limiting factor for soybean growth (Aminifar *et al.*, 2013), particularly affecting the reproductive stage. Using low-irrigation regimes with water saving can help as a water management in the field in increasing the area under cultivation and determining the cropping pattern (Siskani *et al.*, 2015). To expand soybean cultivation in water-scarce conditions and conserve irrigation water, methods such as low irrigation and the promotion of drought-tolerant cultivars can be employed. This research aims to investigate the effects of different levels of insufficient irrigation on the growth characteristics, yield and yield components of some soybean cultivars under the climatic conditions of Jiroft city, Kerman province, an arid and semi-arid region.

---

Email address of the corresponding author: [ahmad.aein.1348@gmail.com](mailto:ahmad.aein.1348@gmail.com)

### **Materials & Methods:**

In order to investigate the effect of different levels of drought stress on the morphological characteristics, yield and yield components of soybean cultivars in Jiroft region, an experiment was carried out using a split plot design within a randomized complete block framework. The study included 18 treatments and 3 replications per year, spanning 2017-18 and 2018-19 cropping season at the Jiroft Agricultural Research Center. The main factor was irrigation deficiency at three levels: 90%, 70% and 50% of field capacity. The secondary factor was comprised of six soybean varieties including Sari, Sahar, 504 Dezful, Tekavar, Telar and Zan. The row spacing was 50 cm, with 5 cm between plants within a row, and a seeding rate of 70 kg per hectare per. In order to prevent water leakage, a three-meter buffer was maintained between the main and secondary plots. Prior to data analysis, data normality test and Bartlett's test were performed and normal data were analyzed using SAS software (ver. 9.2). An F-test was performed to evaluate the sources of variation based on mathematical expectation of mean square, (EMS) assuming the randomness of the effect of year and replication, and the constancy of other factors. Variance analysis of the data for two years was done separately and the averages were compared with the LSD test at the 5% probability level. Finally, graphs were created using Microsoft Excel software and tables were generated using Microsoft Word software and for comparison.

### **Results & Discussion:**

Examining the traits showed that the effect of year alone on most growth characteristics (height of the first pod from the ground, pod length, plant height, stem diameter, number of sub-branches and number of leaves per plant) and performance attributes (except for the number of leaves and seeds per plant) was not significant. However, the effect of low irrigation treatment and variety on all growth and morphological characteristics was significant at the 1% level. Additionally, the interaction effects of low irrigation and variety on traits such as the height of the first pod from the ground and the number of sub-branches were also significant. Severe drought caused a decrease of 21.31% in plant height and 68.08% in seed yield compared to the control. The results showed that the

cultivar 504 Dezful exhibited the highest growth characteristics and seed yield under 90% field capacity conditions. The highest seed oil yield (916.41 kg/ha), protein percentage (36.06 %) and protein yield (1351.53 kg/ha) were observed in the 504 Dezful variety under normal conditions (90% Field capacity). Moreover, this cultivar had a higher yield (1281.06 kg/ha) compared to other cultivars under drought stress treatment.

### **Conclusion:**

In general, the 504 Dezful cultivar, followed by the Sahar cultivar, were identified as the drought-tolerant cultivars. These can be used as a management strategy to improve soybean yield in arid and semi-arid regions.

**Keywords:** Cultivar, Deficit irrigation, Drought stress, Harvest index, Seed yield.

### **References:**

- Aminifar, C., Mohsen Abadi, G.R., Beiglooeei, M.H., and Smizadeh, H.A. 2013. The effect of irrigation on yield, yield components and water efficiency T.215 soybean varieties. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3 (11), 24-34 (In Persian with English Summary).
- FAO. 2019. The FAO statistical yearbook, Food and Agriculture Organization of the United Nations, available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Siskani, A., seghatoleslami, M.J., and Moosavi, G.R. 2015. Effect of Deficit Irrigation and Nano Fertilizers on Yield and some Morphological traits of cotton. *Biological Forum –International Journal*, 7(1), 1710-1715.