

## Evaluation of the Effect of Spray Application of Amino acid and Organic Products on Enzyme Activity and oil Yield of Soybean (*Glycine max* L.) at Different Harvest times

Pari Tousi<sup>1\*</sup> , Zahra Amin Deldar<sup>2</sup>, Masoud Esfahani<sup>3</sup>

Received: October 08, 2024

Accepted: April 27, 2025

1-Research Assist. Prof., of Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

2-Ph.D. Crop Physiology, Gilan Agricultural Meteorology Research Center

\* Corresponding Author E-mail: p.tousi@areeo.ac.ir

### Abstract

**Background and Objectives:** This research was carried out in order to investigate the effect of spray application of amino acid and organic products on enzyme activity and oil yield of soybean at different harvest times, with the aim of helping farmers to reduce the consumption of chemical inputs and reduce environmental pollution by expanding sustainable agriculture.

**Materials and Methods:** Experiment was carried out in a factorial form in a randomized complete block design with 24 treatments and 3 replications in 2012-2015 at the Country Rice Research Institute (Rasht). The experimental treatments include spraying amino acid and organic products at the stages before flowering (R1), the end of flowering (R2) and before grain setting (R4) at eight levels 1- Fe nano-chelate (2<sub>0.00</sub>), 2- Kado stim (0.5<sub>0.00</sub>), 3- Aminol Forte (2<sub>0.00</sub>), 4- Magnetic water (20 lit.m<sup>-2</sup>). 5- municipal solid waste compost (10 ton.ha<sup>-1</sup>, with ratio of 0.1 was added to the water), 6. animal manure (cow, 10 ton.ha<sup>-1</sup>, with ratio of 0.1 was added to the water), and 7. nitrogen fertilizer (5<sub>0.00</sub> of urea source) plus a control level and three harvesting times including harvesting when the pod grain in the main stem had 20-25% moisture and the second harvest when the pods are fully ripe (yellowing of more than 95% of the pods) and the pod grain in the main stem had 14-15% moisture, and the third harvest when the pod grain in the main stem had less than 14% moisture.

**Results:** In this experiment, the interaction effect between spray application treatments at different harvest times was significant in most of the studied traits. The highest amount of peroxidase enzyme, catalase enzyme, grain yield, protein and oil yields, were obtained in the treatment of Fe nano-chelate during the second harvest (moisture of grain pods in the main stem 14-15%).

**Conclusion:** According to the results of the research, it seems that the spray application of Fe nano-chelate and the time of harvest when the pods are fully ripened helps to increase the quality characteristics of the product and reduce environmental pollution and increased grain and protein yield (3731 and 1390 kg. ha<sup>-1</sup>, respectively) and oil yield (951 kg. ha<sup>-1</sup>). Also, the activity of nitrate reductase enzyme with foliar spraying of nitrogen and Cadostim at the time of the second harvest was higher than other treatments.

**Keywords:** Carotenoid, Chlorophyll, Grain Moisture, Protein Yield



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2026 Pari Tousi E-mail: p.tousi@areeo.ac.ir

[https://doi.org/ 10.22034/saps.2025.63897.3289](https://doi.org/10.22034/saps.2025.63897.3289)



## ارزیابی اثر محلول پاشی فرآورده‌های اسید آمینه‌ای و آلی بر فعالیت آنزیم‌ها و عملکرد روغن سویا (*Glycine max* L.) در زمان‌های متفاوت برداشت

پری طوسی<sup>۱\*</sup>، زهرا امین دلداری<sup>۲</sup>، مسعود اصفهانی<sup>۳</sup>

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷ | تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۷ |
|-------------------------|--------------------------|

- ۱- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران  
۲- دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی گیلان  
۳- استاد گروه زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

### چکیده

**مقدمه و اهداف:** این پژوهش به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی فرآورده‌های اسید آمینه‌ای و آلی بر میزان فعالیت آنزیم‌ها و عملکرد روغن سویای رقم ویلامز در زمان‌های متفاوت برداشت، با هدف کمک به کشاورزان در جهت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و کاهش آلودگی زیست محیطی با گسترش کشاورزی پایدار انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۰-۱۳۹۲ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی فرآورده‌های اسید آمینه‌ای و آلی در مراحل قبل از شروع گلدهی (R1)، اتمام گلدهی (R2) و قبل از دانه‌بندی (R4) در هشت سطح (۱- نانوکلات آهن (به نسبت دو در هزار)، ۲- کادوستیم (به نسبت ۰/۵ در هزار)، ۳- آمینول‌فورته (به نسبت دو در هزار)، ۴- آب مغناطیسی (۲۰ لیتر در متر مربع)، ۵- کمپوست زباله شهری (به میزان ۱۰ تن در هکتار با نسبت ۰/۱ در آب اضافه شد)، ۶- کود حیوانی (کود گاوی، به میزان ۱۰ تن در هکتار با نسبت ۰/۱ در آب اضافه شد)، ۷- کود شیمیایی نیتروژن خالص (به نسبت پنج در هزار از منبع اوره) به همراه یک سطح شاهد (صفر)) و سه زمان برداشت شامل (برداشت اول، هنگامی که رطوبت دانه‌های غلاف در ساقه اصلی ۲۵-۲۰ درصد، برداشت دوم، رطوبت دانه‌های غلاف در ساقه اصلی ۱۵-۱۴ درصد و برداشت سوم هنگامی که رطوبت دانه‌های غلاف در ساقه اصلی کمتر از ۱۴ درصد)، منظور شدند.

**یافته‌ها:** در این آزمایش اثر متقابل بین تیمارهای محلول‌پاشی در زمان‌های متفاوت برداشت در اکثر صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز، آنزیم کاتالاز، عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه و همچنین عملکرد روغن دانه در تیمار نانوکلات آهن در زمان برداشت دوم (رطوبت دانه‌های غلاف در ساقه اصلی ۱۵-۱۴ درصد) بدست آمد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج پژوهش به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی نانوکلات آهن و زمان برداشت در هنگام رسیدگی کامل غلاف‌ها به افزایش صفات کیفی محصول و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی کمک نموده و باعث افزایش عملکرد دانه و پروتئین (به ترتیب ۳۷۳۱ و ۱۳۹۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۹۵۱ کیلوگرم در هکتار) شد. همچنین میزان فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز با محلول‌پاشی نیتروژن و کادوستیم در زمان برداشت دوم بیشتر از سایر تیمارها بود.

**واژه‌های کلیدی:** عملکرد پروتئین، رطوبت دانه، کاروتنوئید، کلروفیل

## مقدمه

سویا یا لوبیای روغنی یکی از مهم‌ترین دانه روغنی است که منبع اصلی پروتئین و روغن با کیفیت بالا به شمار می‌رود (گریشاپ و همکاران ۲۰۰۱). امروزه جهت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی با هدف افزایش عملکرد تولیدات کشاورزی از ترکیبات حاوی اسیدهای آمینه آزاد، الیگوپپتیدهای فعال زیستی، مواد آلی و عناصر معدنی اصلی با قابلیت جذب سریع برگی به عنوان فعال‌کننده و تنظیم‌کننده متابولیسم گیاهی از جمله کادوستیم و آمینول فورته استفاده می‌شود (توماس و همکاران ۲۰۰۹). شکاری و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که مصرف محرک‌های زیستی از طریق عرضه پایدار اسیدهای آمینه و نیز وجود عناصر غذایی پرمصرف می‌تواند سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به سیستم کشاورزی پایدار گردد. همچنین گزارش کردند که مصرف کادوستیم و آمینول فورته بیشترین تأثیر را بر صفات اندازه‌گیری و افزایش عملکرد دانه اسفرزه داشت. نتایج مطالعات نشان داده است که محلول‌پاشی برگی اسیدهای آمینه آمینول فورته و کادوستیم می‌تواند شاخص‌های فیزیولوژیکی، ترکیب‌های بیوشیمیایی و عملکرد گیاهان کلزا، آفتابگردان، کاهو، چای و سبزیجات را به نحو گسترده‌ای بهبود بخشد (شامیلاخوان و همکاران ۲۰۱۹؛ توماس و همکاران ۲۰۰۹؛ اسد و همکاران ۲۰۰۲).

امروزه فناوری نانو با تولید کودهای سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه، حاوی عناصر غذایی در ابعاد ۳۰ تا ۴۰ نانومتر موجب آزادسازی بهتر و افزایش جذب عناصر غذایی موجود در کود می‌شود و محلول‌پاشی آن به راحتی قابل نفوذ در غشای سلولی است (سابرمانین و همکاران ۲۰۱۵؛ لیو و ل ۲۰۱۵ و هوآنگ و همکاران ۲۰۱۵). در بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی سویا گزارش شد که محلول‌پاشی نانوکلات آهن، روی و منگنز باعث بهبود عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه داشت. همچنین نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش اثرات سوء تنش و افزایش میزان عناصر ریزمغذی در گیاه و میزان عملکرد کمی و کیفی

سویا داشت (وقار و همکاران ۲۰۲۱). گزارش شده است که مصرف نانو کود آهن به طور معنی‌داری با بهبود وزن برگ و اندام‌های هوایی و همچنین وزن خشک غلاف‌ها و عملکرد دانه سویا ارتباط دارد (شیخ‌بگو و همکاران ۲۰۱۰). نتایج پژوهش نژادحبیب‌وش و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی اثر سطوح مختلف نانوکلات آهن بر عملکرد کلزا نشان داد که عملکرد دانه و کمیت و کیفیت روغن و اسید لینولئیک به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در پژوهشی روی کلزا مشخص شد که محلول‌پاشی نانوکلات آهن، موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن کلزا می‌شود (بهرانی و پوررضا ۲۰۱۴). یکی از راهکارهای بهبود وضعیت ماده آلی خاک، استفاده از کودهای آلی از قبیل کمپوست و کودهای دامی است. گزارش شده است که استفاده از کمپوست‌ها و کودهای آلی و عصاره‌های آن موجب بهبود رشد گیاهان زراعی، حاصلخیزی خاک و نیز پیشگیری و کنترل امراض و آفات گیاهی می‌شود (ویداتی و همکاران ۲۰۲۰؛ یانگ و همکاران ۲۰۲۲). نظافت و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد و غلظت عناصر دانه ذرت شیرین گزارش کردند که با افزایش سطوح کود کمپوست زباله شهری، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه و عملکرد ذرت افزایش یافت. همچنین تحریک گیاه با استفاده از میدان مغناطیسی به عنوان راهی جهت افزایش کمیت و کیفیت عملکرد گیاه مورد توجه قرار گرفته است. درواقع به دلیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی، تغییر کشش سطحی، ضریب شکست نور و pH، نفوذ بیشتر آن در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک نسبت به آبیاری با آب معمولی، آب مغناطیسی مورد توجه قرار گرفته است (ماهشوری و گراول، ۲۰۰۹). نتایج تحقیقات قدمی‌فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که با مغناطیسی کردن آب آبیاری میزان عملکرد، ارتفاع گیاه، میزان روغن و پروتئین سویا به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج تحقیقات العطار و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که استفاده از آب مغناطیسی در افزایش کارایی مصرف آب، بهبود رشد سبزیگی و عملکرد گیاه مؤثر است (حسن‌زاده و

همکاران ۲۰۱۸). نتایج تحقیقات عبدوس و یزدانی (۲۰۲۴) در بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد گیاه ذرت نشان داد که آب مغناطیسی شده تأثیر چندانی در افزایش رشد و محصولدهی گیاه ذرت نشان نداد. با توجه به شرایط آب و هوایی شهرستان رشت، تعیین زمان برداشت سویا جهت حصول عملکرد بالا اهمیت زیادی دارد. برداشت زود هنگام به دلیل افزایش کلروفیل و اسیدهای چرب آزاد سبب کاهش کیفیت بذور شده و با تأخیر در برداشت و باقی ماندن بذرهای سویا بر روی گیاه پس از رسیدگی فیزیولوژیک می‌تواند منجر به فرسودگی بذر، تأثیر منفی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، ریزش دانه‌ها و کاهش عملکرد گردد (علی و همکاران ۲۰۱۸؛ خواجه‌پور ۲۰۰۴). درواقع در زمان‌های مختلف رسیدگی دانه، میزان روغن و پروتئین و وزن صد دانه در بذور سویا می‌تواند تغییر کرده و این امر می‌تواند به تغییر در میزان جوانه‌زنی بذور حاصل از گیاهان مادری با تاریخ‌های مختلف برداشت و کاهش کیفیت بذور بیانجامد (گایکود و بهارود، ۲۰۱۷). ایساک و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که بذرهای برداشت شده سویا در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با افزایش میزان پروتئین و روغن و درصد جوانه‌زنی و ویگور بالا همراه بود ولی با تأخیر یک تا دو هفته‌ای در زمان برداشت، درصد جوانه‌زنی و ویگور بذور افت کرد. بنابراین با توجه به این که سویا یکی از منابع اصلی پروتئین و روغن به شمار می‌رود، این پژوهش در راستای دستیابی به محصول سالم، حفظ محیط زیست و کشاورزی پایدار با بررسی اثر مواد آلی و محرک‌های زیستی از نظر بیوشیمیایی و زراعی با دست یافتن به بهترین زمان برداشت سویا انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی فرآورده‌های مشتمل بر اسید آمینه و محرک‌های رشد آلی بر میزان فعالیت آنزیم‌ها و عملکرد روغن سویای رقم ویلیامز در زمان‌های متفاوت برداشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در موسسه تحقیقات برنج

کشور (رشت) اجرا گردید. در این آزمایش نانوکلات آهن (به نسبت دو در هزار)، کادوستیم (به نسبت ۰/۵ در هزار)، آمینول فورته (به نسبت دو در هزار)، آب مغناطیسی (۲۰ لیتر در متر مربع)، کمپوست زباله شهری (به میزان ۱۰ تن در هکتار با نسبت یک به ۱۰ در آب اضافه شد)، کود حیوانی (کود گاوی، به میزان ۱۰ تن در هکتار با نسبت یک به ۱۰ در آب اضافه شد)، کود شیمیایی نیتروژن خالص (به نسبت پنج در هزار از منبع اوره) به همراه یک سطح شاهد (بدون مصرف هر نوع موادی) و سه زمان برداشت شامل برداشت اول هنگامی که دانه‌های غلاف در ساقه اصلی ۲۰-۲۵ درصد رطوبت داشتند و برداشت دوم رسیدگی کامل غلاف‌ها (زرد شدن بیش از ۹۵ درصد غلاف) و دانه‌های غلاف در ساقه اصلی ۱۴-۱۵ درصد رطوبت داشتند و برداشت سوم هنگامی که دانه‌های غلاف در ساقه اصلی کمتر از ۱۴ درصد رطوبت داشتند، انجام شد.

پس از رسیدن گیاه سویا به زمان محلول‌پاشی به ترتیب در مراحل قبل از شروع گلدهی (R1)، اتمام گلدهی (R2) و قبل از دانه‌بندی (R4)، محلول‌پاشی نانوکلات آهن، آب مغناطیسی، کمپوست، کود دامی، کادوستیم، آمینول فورته و نیتروژن در هنگام غروب با استفاده از سمپاش موتوری پشتی مدل F-768 با فشار ۰/۲ بار با نازل از نوع تیجت صورت گرفت (کدبندی فهر و همکاران ۱۹۷۱). مقدار و نوع اسیدهای آمینه آزاد بکار رفته در فرمولاسیون محرک‌های رشد آلی مورد استفاده (جدول ۱) در این پژوهش (کادوستیم و آمینول فورته) براساس درصد از کل ترکیب اسیدهای آمینه شامل گلايسين ۱۰ درصد، والین ۵/۱ درصد، پرولین ۸/۴ درصد، آلانین ۱۳/۲ درصد، اسید آسپارتیک ۴/۵ درصد، آرژنین ۸/۴ درصد، اسید گلوتامیک ۰/۹ درصد، لیزین ۵/۱ درصد، لئوسین ۱۶/۵ درصد، ایزولوسین ۴/۵ درصد، فنیل‌آلانین ۵/۱ درصد، متیونین ۴/۲ درصد، سرین ۳/۹ درصد، ترئونین ۳ درصد، هیستیدین ۳ درصد، تیروزین ۱/۵ درصد، گلوتامین ۰/۹ درصد، سیستئین ۰/۳ درصد، آسپارژین ۰/۴ درصد و تریپتوفان ۰/۴ درصد و سایر ۰/۰۸ درصد بودند (گلزاده و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۱- فرمولاسیون محرک‌های مورد استفاده در تیمارهای مورد آزمایش

| ترکیبات فرمولاسیون |                                                                                                                                                      |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| آمینولفورته        | اسیدهای آمینه آزاد ۳۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، مواد آلی ۲ درصد، نیتروژن تام ۱/۱ درصد، نیتروژن اوره‌ای ۰/۸ درصد و نیتروژن آلی ۰/۳ درصد                     |
| کادوستیم           | اسیدهای آمینه آزاد ۳۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، مواد آلی ۲ درصد، نیتروژن آمونیاکی ۱/۶ درصد، نیتروژن نیتریکی ۳/۱ درصد، نیتروژن آلی ۰/۳ درصد و پتاسیم ۶ درصد |
| کود گاوی           | نیتروژن (۲/۱۴ درصد)، فسفر (۰/۶۵ درصد)، پتاسیم (۳/۰۱ درصد)، کلسیم (۲/۵۷ درصد) و منیزیم (۰/۶۷)                                                         |
| کمپوست             | نیتروژن (۱/۴۰ درصد)، فسفر (۰/۶۱ درصد)، پتاسیم (۰/۶۲ درصد)، کربن (۲۷/۳ درصد)، سرب (۸۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کادمیوم (۵/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم)      |

برای تهیه عصاره محلول‌پاشی از کود دامی و کمپوست، مخلوطی از آب و هر کدام از کودهای آلی با نسبت ۱:۱۰ تهیه و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. پس از اتمام این مدت، محلول بهم زده شد و از دو لایه پارچه نازک عبور داده شد (آقای اوخچار و همکاران ۲۰۱۸). آب مغناطیسی با عبور آب معمولی از میدان مغناطیسی دستگاه مغناطیسی مدل BIS12 تهیه شد. نتایج آزمون خاک با عمق ۶۰ سانتی متر در جدول شماره ۲ ذکر شد. بافت خاک محل آزمایش، با pH برابر

۶/۰۸ و میزان کربن آلی خاک ۱ درصد بود (جدول ۲). عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر اردیبهشت، به صورت شخم حداقل با استفاده از دوبار روتیوارزنی و احداث زهکش‌ها، تمام کود نیتروژن خالص از منبع اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، سوپر فسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) مورد نیاز بر حسب آزمون خاک قبل از کاشت بذر به مزرعه داده شد.

جدول ۲- نتایج آزمون خاک محل اجرای آزمایش

| هدایت الکتریکی (ds/m) | اسیدیته کل | کربن آلی (%) | نیتروژن کل (%) | فسفر قابل جذب (mg/kg) | پتاسیم قابل جذب (mg/kg) | آهن (mg/kg) | شن (%) | سیلت (%) | رس (%) | بافت      | سال     |
|-----------------------|------------|--------------|----------------|-----------------------|-------------------------|-------------|--------|----------|--------|-----------|---------|
| ۱/۹۳                  | ۶/۰۸       | ۱            | ۰/۰۸۹          | ۱۰                    | ۱۵۲                     | ۳           | ۱۲     | ۳۹       | ۴۹     | رسی سیلتی | ۱۳۹۰-۹۱ |
| ۱/۹۳                  | ۶/۰۸       | ۱            | ۰/۰۸۸          | ۱۰                    | ۱۵۳                     | ۳           | ۱۲     | ۳۹       | ۴۹     | رسی سیلتی | ۱۳۹۱-۹۲ |

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد سویا (سال زراعی ۱۳۹۰-۹۲)

| تاریخ    | حداقل دما | حداکثر دما | مجموع میزان بارندگی | حداقل رطوبت نسبی هوا | حداکثر رطوبت نسبی هوا |         |
|----------|-----------|------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------|
|          | (c)       | (c)        | (mm)                | (%)                  | (%)                   |         |
| ماه      | سال اول   | سال دوم    | سال اول             | سال دوم              | سال اول               | سال دوم |
| اردیبهشت | ۱۲        | ۱۳         | ۲۲                  | ۲۳/۶                 | ۵۰/۱                  | ۷۵/۱    |
| خرداد    | ۱۵        | ۱۸/۱       | ۲۵/۴                | ۲۸/۳                 | ۳۰                    | ۳۴/۲    |
| تیر      | ۱۷        | ۲۰/۳       | ۲۷                  | ۳۰/۲                 | ۱۹/۱                  | ۲۱/۲    |
| مرداد    | ۲۰        | ۲۰/۴       | ۲۵/۴                | ۲۸/۲                 | ۰                     | ۱۸/۱    |
| شهریور   | ۲۰/۲      | ۲۰/۲       | ۲۸                  | ۲۸/۸                 | ۰                     | ۰       |
| مهر      | ۱۴/۱      | ۱۶/۶       | ۲۱                  | ۲۲/۶                 | ۸۷/۴                  | ۱۰۲/۲   |
| میانگین  | ۱۶/۳      | ۱۸/۱       | ۲۴/۸                | ۲۶/۹                 | ۳۱/۱                  | ۴۱/۸    |

در هر کرت، شش ردیف چهارمتری با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شد. سویای رقم ویلیامز پرمحصول، نسبتاً زودرس، مقاومت مطلوب به خوابیدگی و ریزش دانه و با عملکرد بالا بود که از بخش دانه‌های روغنی مرکز پارس‌آباد مغان (اردبیل) تهیه گردید. جهت اطمینان از مرغوب بودن بذرها، تست مربوط به سنجش قوه نامیه بذور سویا در هر دو سال زراعی انجام شد که قوه نامیه بیشتر از ۹۸ درصد به دست آمد. کاشت بذور در تاریخ ۱۵ اردیبهشت در هر دو سال زراعی به صورت جوی پشته‌ای، روی پشته‌ها و در هر کپه سه بذر در عمق ۳-۴ سانتی‌متری با تراکم ۵۰ بوته در متر مربع انجام شد. پس از تنک کردن به تراکم ۴۰ بوته در متر مربع رسانده شد. قبل از عملیات کاشت، بذور ابتدا با محلول ۱۰ درصد شکر کمی خیس شد و هر کیلوگرم بذر با ۲ گرم باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن همزیست سویا به نام برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم آغشته شدند. در هر گرم تعداد  $10^{10}$  باکتری وجود داشت. سپس حداکثر ۵ دقیقه بذور را در سایه روی سطح تمیزی قرار داده تا خشک شوند و فوراً نسبت به کشت بذور تلقیح شده اقدام شد (طبق دستورالعمل شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا). اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت بذر و دومین آبیاری سه روز بعد و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه، دما و شرایط جوی انجام گردید. محاسبه عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد انجام گرفت. بوته‌های موجود در سطح برداشت هر کرت (چهار متر مربع) پس از برداشت به مدت یک تا دو روز در هوای آزاد و در معرض آفتاب قرار گرفتند تا کاملاً خشک شدند. محصول هر کرت به‌طور جداگانه خرمکوبی و دانه‌ها از غلاف جدا شدند و با استفاده از ترازوی دقیق توزین و وزن دانه‌های به‌دست آمده در چهار متر مربع اندازه‌گیری و به کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. زمان برداشت با توجه به نوع تیمارها از اواسط تا اواخر مهر به طول انجامید. صفات مورد مطالعه شامل غلظت مالون دی‌آلدهید، آنزیم‌های نیترات ردوکتاز، پراکسیدان، کاتالاز، سوپراکسید دسموتاز، میزان کل کلروفیل، میزان

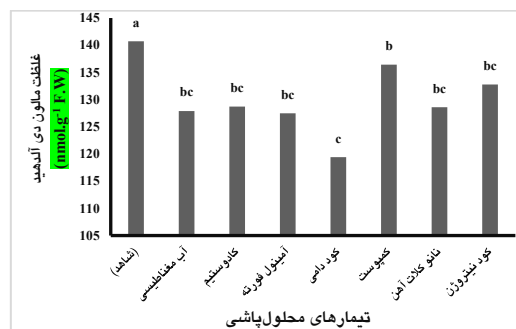
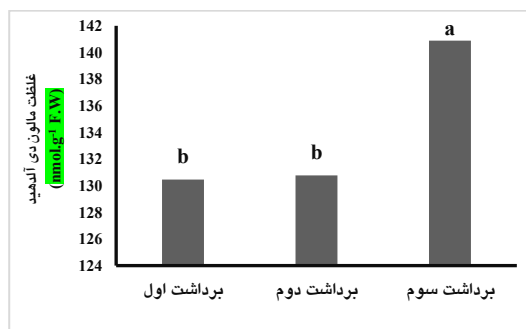
کاروتنوئید، عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن بودند. به منظور سنجش فعالیت آنزیم‌های بافت گیاهی، حدود ۵ گرم نمونه‌های گیاهی تازه از بخش هوایی ۵ بوته گیاه سویا یک هفته پیش از برداشت از هر کرت به‌طور تصادفی تهیه گردید. جهت سالم ماندن بافت گیاهی هنگام انتقال از مزرعه تا آزمایشگاه، نمونه‌ها به مدت ۵ ثانیه در داخل ازت مایع قرار داده و تا زمان اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها در محفظه حاوی یخ خشک جای گرفتند. سپس فعالیت انواع آنزیم‌ها به روش‌های زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. جهت استخراج روغن از روش سوکسله با کمک حلال پترولیم بنزین و برای اندازه‌گیری میزان پروتئین نمونه‌ها از روش کجلدال استفاده شد. برای سنجش میزان کلروفیل برگ و کاروتنوئید از روش لیچنتالر (۱۹۸۷) استفاده گردید. دیسک‌های برگ‌های تهیه شده از برگ‌های تازه گیاه یک هفته قبل از برداشت در هاون چینی محتوای استن ۸۰ درصد سائیده شد و پس از صاف کردن جذب آن با دستگاه UV-visible مدل ۲۱۰۰ ساخت کمپانی WPA در طول موج‌های ۶۶۳/۲۰، ۶۴۸/۸ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. جهت تنظیم دستگاه اسپکتروفوتومتر، استن ۸۰ درصد به عنوان محلول شاهد مورد استفاده قرار گرفت. غلظت مالون دی‌آلدهید با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای سنجش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز از روش فابیو و همکاران (۱۹۹۶)، فعالیت آنزیم کاتالاز بر حسب تجزیه یک میکرومول آب اکسیژنه در یک دقیقه (پیرا و همکاران، ۲۰۰۲) و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز از طریق اندازه‌گیری توانایی آن در جلوگیری احیای نوری نیترو بلوتترازولیوم کلراید به روش دیندسا و همکاران (۱۹۸۱) صورت گرفت. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث:

## میزان غلظت آنزیم مالون‌دی‌آلدهید

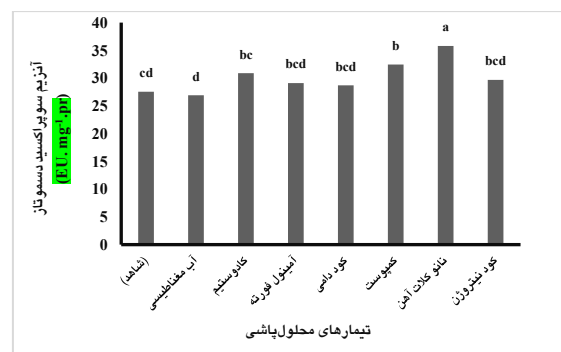
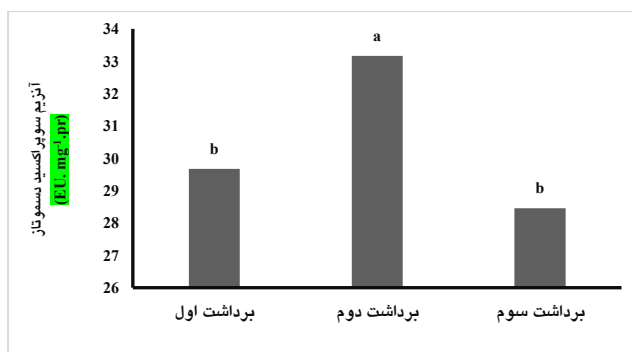
نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین اثر سال، مواد محلول‌پاشی، زمان برداشت و اثر متقابل سال و مواد محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر میزان غلظت مالون‌دی‌آلدهید وجود داشت اما اثر متقابل مواد محلول‌پاشی  $\times$  زمان برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر سال نشان‌دهنده آن است که سال دوم با میانگین ۱۴۸/۶ نسبت به سال اول بیشترین غلظت آنزیم مالون‌دی‌آلدهید را داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین مرکب تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که شاهد و تیمار کمپوست به ترتیب با میانگین‌های ۱۴۰/۷ و ۱۳۶/۴ نانو مول بر گرم وزن تر بیشترین غلظت آنزیم

مالون‌دی‌آلدهید را نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی داشتند (شکل ۱). بین زمان‌های مختلف برداشت، برداشت سوم با میانگین ۱۴۰/۸ نانو مول بر گرم وزن تر بیشترین میزان غلظت آنزیم مالون‌دی‌آلدهید را نشان داد (شکل ۲) که دلیل آن را می‌توان به شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله بارندگی‌های پاییزی و حداکثر دمای کم در فصل برداشت (جدول ۳) نسبت داد که موجب حساسیت گیاه و تخریب غشای سلولی و در نتیجه پراکسیداسیون چربی-های غشا و تجمع مالون‌دی‌آلدهید گردید. بررسی غلظت مالون‌دی‌آلدهید بافت گیاهی می‌تواند بیانگر میزان تخریب غشای سلولی باشد زیرا این ترکیب تحت تأثیر تخریب و پراکسیده شدن غشای سلولی آزاد می‌شود (مدگل و همکاران ۲۰۱۰).



## شکل ۱- مقایسه میانگین مرکب غلظت آنزیم مالون‌دی‌آلدهید سویا در تیمارهای آزمایشی

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



## شکل ۲- مقایسه میانگین مرکب میزان سوپر اکسید دسموتاز سویا در تیمارهای آزمایشی

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

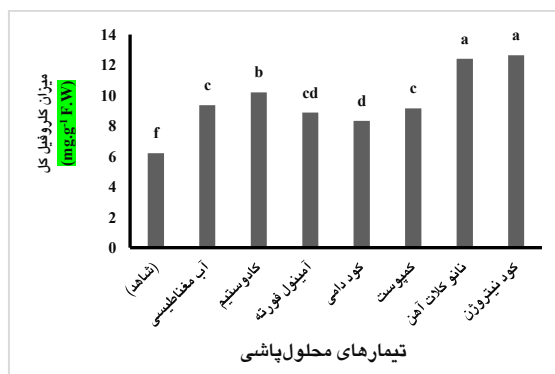
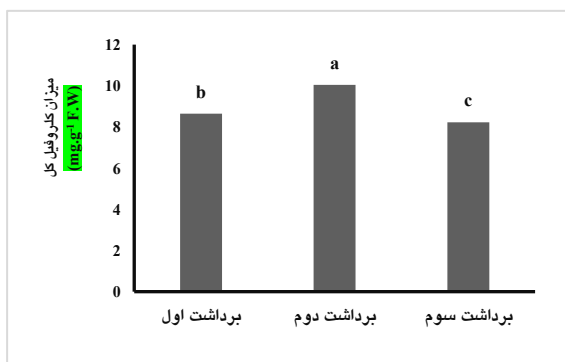
## محتوای کلروفیل کل

بین سال، مواد محلول‌پاشی و زمان برداشت و اثر متقابل سال  $\times$  مواد محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر

محتوای کلروفیل کلروفیل کل در بالاترین برگ توسعه-یافته وجود داشت، اما اثر متقابل مواد محلول‌پاشی در زمان برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین

کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، غلظت نیتروژن برگ و روش اندازه‌گیری کلروفیل مرتبط است و با افزایش غلظت کلروفیل برگ میزان نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (پراساد و همکاران ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد که محلول-پاشی نانو کلات آهن در مراحل رشد گیاه سویا موجب توسعه سطوح سبز پوشش گیاهی، افزایش فعالیت فتوسنتزی، ارتفاع بیشتر و برخورداری بهتر از تابش خورشیدی و در نتیجه افزایش محتوای کلروفیل و تجمع ماده خشک می‌شود که عوامل مؤثری در افزایش عملکرد دانه می‌باشند. با توجه به نقش برگ‌های گیاه سویا در تأمین مواد مورد نیاز مخزن، با افزایش محتوای کلروفیل، فعالیت فتوسنتزی نیز افزایش می‌یابد (پیوندی و همکاران ۲۰۱۱؛ پراساد و همکاران ۲۰۱۲). در شاهد، محتوای کلروفیل کمتر، ارتفاع کوتاه، شاخ و برگ‌ها رنگ زرد، پوشش گیاهی نازک و ضعیف مانده و حالت باز به خود می‌گیرد، تعداد غلاف‌ها کاهش یافته و عملکرد به شدت کم می‌شود (برایت و همکاران ۲۰۰۷). محتوای کلروفیل پارامتری است که تحت تأثیر شرایط متفاوت محیطی و تغذیه‌ای قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد کاهش محتوای کلروفیل در تیمار شاهد در نتیجه توقف فعالیت آنزیم‌های مهمی چون  $\alpha$  آمینولولونیک اسید دهیدراتاز و پروتوکلروفیلید ردوکتاز است که در بیوسنتز کلروفیل نقش دارند (جان و همکاران ۲۰۰۹).

مرکب اثر سال نشان داد که سال دوم با میانگین ۹/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نسبت به سال اول (۸/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) میزان کلروفیل کل بیشتری داشت (جدول ۵). محلول‌پاشی نیتروژن (۱۲/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و نانو کلات آهن (۱۲/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۶/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، کمترین محتوای کلروفیل و در بین زمان-های برداشت نیز، هنگامی که دانه‌ها در غلاف ساقه اصلی ۱۴-۱۵ درصد رطوبت داشتند (زمان برداشت دوم) با میانگین ۱۰/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیشترین میزان کلروفیل کل را داشت (شکل ۳). به نظر می‌رسد که زمان برداشت دوم به علت شرایط مساعد آب و هوایی و توزیع بهتر تابش خورشیدی و تسریع در قرار گرفتن مواد غذایی در اختیار گیاه موجب افزایش سطح سبز گیاهی، کارایی مطلوب فتوسیستم‌ها و رنگ‌دهی‌های فتوسنتزی و تأثیر بر پیش‌سازدهی‌های سنتز کلروفیل و در نتیجه افزایش محتوای کلروفیل گردید. با توجه به اهمیت وجود نیتروژن در ساختار مولکول کلروفیل و آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز، برگ‌هایی با محتوای کلروفیل بیشتر، از غلظت نیتروژن بالاتری نیز برخوردار هستند. یک رابطه نزدیک بین محتوای کلروفیل برگ و محتوای نیتروژن برگ وجود دارد که علت این رابطه، نقش عمده و مهم نیتروژن در ساختار مولکول کلروفیل است. غلظت کلروفیل برگ با فعالیت متابولیکی گیاه، فعالیت



شکل ۳- مقایسه میانگین مرکب میزان کلروفیل کل سویا در تیمارهای آزمایشی

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات بیوشیمیایی و زراعی سویا در تیمارهای آزمایشی

| منابع تغییرات                       | درجه آزادی | غلظت مالون دی‌آلدهید | آنزیم نیترا ریدوکتاز | آنزیم پراکسیداز     | آنزیم کاتالاز      | آنزیم سوپراکسید دسموتاز | میزان کلروفیل کل   | میزان کاروتنوئید   | عملکرد دانه           | عملکرد پروتئین دانه  | عملکرد روغن دانه    |
|-------------------------------------|------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| سال                                 | ۱          | ۳۰۵۶۳/۱**            | ۲۱۰/۷**              | ۱/۶۱**              | ۲۹۰۰/۴**           | ۱۳۷۰/۱**                | ۳۵/۶**             | ۰/۲ <sup>NS</sup>  | ۵۵۱۵۰۶۰/۸**           | ۴۳۲۰۸۷/۱**           | ۴۵۱۵۱۶/۸**          |
| تکرار (سال)                         | ۴          | ۱۳۶۲۴/۲**            | ۷/۳ <sup>NS</sup>    | ۰/۲**               | ۱۴۴/۲**            | ۷۲/۸**                  | ۴/۶**              | ۰/۹**              | ۱۸۷۷۶۰/۴**            | ۲۲۹۲۶/۶**            | ۱۰۸۰۸/۷**           |
| مواد محلول‌پاشی                     | ۷          | ۱۴۹۲/۰**             | ۵۵۸/۹**              | ۱/۰۶**              | ۱۱۸۵/۶**           | ۹۰/۳**                  | ۶۲/۹**             | ۳/۱**              | ۱۱۶۶۹۶۶۲/۱**          | ۱۷۴۱۳۶۰**            | ۷۲۳۹۷۷/۷**          |
| سال × مواد محلول‌پاشی               | ۷          | ۱۳۹۲/۵**             | ۱/۳ <sup>NS</sup>    | ۰/۰۱**              | ۱۷۱/۷**            | ۲۲/۰ <sup>NS</sup>      | ۰/۸*               | ۰/۱ <sup>NS</sup>  | ۴۸۲۷۲۲/۸**            | ۱۰۰۳۱۸/۲**           | ۳۲۶۷۷/۷**           |
| زمان برداشت                         | ۲          | ۱۶۸۸/۱**             | ۱۱۵/۷**              | ۰/۱۹**              | ۵۰۰/۴**            | ۸۸/۰**                  | ۴۳/۱**             | ۳/۷**              | ۱۶۹۸۹۳۰/۵**           | ۵۴۰۹۵۲/۶**           | ۱۹۹۶۷۸/۳**          |
| زمان برداشت × سال                   | ۲          | ۵۴۹/۳ <sup>NS</sup>  | ۰/۱ <sup>NS</sup>    | ۰/۰۰۱ <sup>NS</sup> | ۳۷/۷ <sup>NS</sup> | ۶/۵ <sup>NS</sup>       | ۰/۰۳ <sup>NS</sup> | ۰/۰۱ <sup>NS</sup> | ۱۶۵۸۵/۸ <sup>NS</sup> | ۲۶۲۱/۱ <sup>NS</sup> | ۳۳۱/۱ <sup>NS</sup> |
| زمان برداشت × مواد محلول‌پاشی       | ۱۴         | ۲۲۰/۳ <sup>NS</sup>  | ۲۱/۱**               | ۰/۰۷**              | ۱۷۱/۹**            | ۲۱/۳ <sup>NS</sup>      | ۰/۵ <sup>NS</sup>  | ۰/۰۸ <sup>NS</sup> | ۱۱۶۸۵۲/۲**            | ۲۳۳۰۹/۴**            | ۱۲۱۳۷/۸**           |
| مواد محلول‌پاشی × زمان برداشت × سال | ۱۴         | ۱۶۰/۹ <sup>NS</sup>  | ۰/۸ <sup>NS</sup>    | ۰/۰۰۳ <sup>NS</sup> | ۶۴/۳*              | ۱۹/۷ <sup>NS</sup>      | ۰/۰۶ <sup>NS</sup> | ۰/۰۲ <sup>NS</sup> | ۵۴۳۱۸/۳ <sup>NS</sup> | ۶۰۲۷/۱ <sup>NS</sup> | ۳۶۰۹/۳*             |
| خطای آزمایشی                        | ۹۲         | ۲۸۱/۲                | ۵/۹                  | ۰/۰۰۴               | ۳۲/۷               | ۱۲/۶                    | ۰/۳                | ۰/۰۶               | ۳۶۹۰۲/۶               | ۴۴۲۹/۶               | ۱۷۵۲/۷              |
| ضریب تغییرات (درصد)                 | -          | ۱۲/۵                 | ۱۰/۳                 | ۴/۸                 | ۱۰/۶               | ۱۱/۹                    | ۶/۹                | ۸/۵                | ۹/۰                   | ۱۰/۹                 | ۹/۴                 |

NS: غیر معنی‌دار و \* و \*\* معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین مرکب اثر اصلی سال در صفات بیوشیمیایی و زراعی سویا

| سال‌های مورد آزمایش | غلظت مالون دی‌آلدهید (nmol. g <sup>-1</sup> F.W) | آنزیم نیترا ریدوکتاز (μmol. g <sup>-1</sup> F.W.h <sup>-1</sup> ) | آنزیم پراکسیداز (ΔAbs. min <sup>-1</sup> . g <sup>-1</sup> F.W) | آنزیم کاتالاز (EU.mg <sup>-1</sup> .pr) | آنزیم سوپراکسید دسموتاز (EU.mg <sup>-1</sup> .pr) | میزان کلروفیل کل (mg. g <sup>-1</sup> F.W) | میزان کلروفیل (kg. ha <sup>-1</sup> ) | عملکرد پروتئین دانه (kg. ha <sup>-1</sup> ) | عملکرد روغن دانه (kg. ha <sup>-1</sup> ) |
|---------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| ۹۱-۱۳۹۰             | ۱۳۱/۴۷ <sup>b</sup>                              | ۲۲/۲۴ <sup>b</sup>                                                | ۱/۱۹ <sup>b</sup>                                               | ۴۹/۴ <sup>b</sup>                       | ۲۶/۶۸ <sup>b</sup>                                | ۸/۴۷ <sup>b</sup>                          | ۱۹۲۰/۰ <sup>b</sup>                   | ۵۵۰/۶ <sup>b</sup>                          | ۳۸۹/۱ <sup>b</sup>                       |
| ۹۲-۱۳۹۱             | ۱۴۸/۶۰ <sup>a</sup>                              | ۲۴/۶۶ <sup>a</sup>                                                | ۱/۴۰ <sup>a</sup>                                               | ۵۸/۳۹ <sup>a</sup>                      | ۳۲/۵۸ <sup>a</sup>                                | ۹/۴۷ <sup>a</sup>                          | ۲۳۱۱/۴ <sup>a</sup>                   | ۶۶۰/۳ <sup>a</sup>                          | ۵۰۱/۰ <sup>a</sup>                       |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

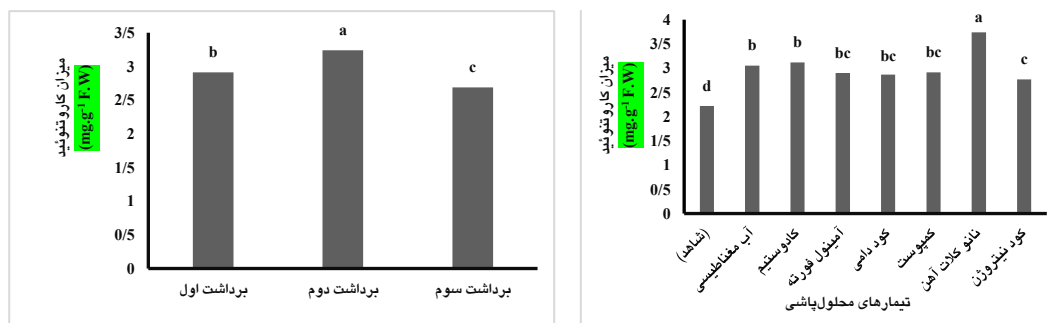
## میزان کاروتنوئید

علاوه بر رنگدانه کلروفیل، غشاهای تیلوکوئیدی دارای رنگدانه‌های جذب نور ثانویه به نام کاروتنوئیدها هستند. رنگدانه‌های کاروتنوئیدی، نور را در طول موجی جذب می‌کنند که توسط کلروفیل‌ها جذب نمی‌شوند. بنابراین گیرنده‌های نوری مکمل هستند (هاپکینز و همکاران ۱۹۹۹). نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین مواد محلول‌پاشی و زمان‌های برداشت از نظر میزان کاروتنوئید، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت، اما اثر سال‌های مورد آزمایش و اثر متقابل محلول‌پاشی در زمان برداشت و اثر متقابل سال × مواد محلول‌پاشی معنی‌دار نگردید (جدول ۴). تیمار نانوکلات آهن با میانگین ۳/۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی و شاهد، بیشترین میزان کاروتنوئید را داشت (جدول ۵). گزارش شده است که کاهش محتوای کاروتنوئیدها، می

تواند به علت تبدیل آن به اسید آبسزیک باشد که عموماً در استرس‌های محیطی و شرایط نامساعد، مقدار اسید آبسزیک در گیاه افزایش می‌یابد (آلن و همکاران ۱۹۹۸). بنابراین کاهش میزان کاروتنوئید در تیمار شاهد به علت عدم وجود تغذیه کافی و نداشتن رشد کافی جهت ساخت و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها، دور از انتظار نیست. کاروتنوئیدها به عنوان اجزای اصلی کلروپلاست شناخته می‌شوند که در غیر فعال نمودن انواع اکسیژن‌های منفرد و حمایت از فتوسنتسم‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش دارند (میتلر ۲۰۰۲). به نظر می‌رسد با محلول‌پاشی نانوکلات آهن، مواد مورد نیاز مقصد از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی برگ‌های باقی‌مانده از برگ‌ها به دانه‌ها فراهم می‌شود. محلول‌پاشی نانوکلات آهن با افزایش سطح فتوسنتزی، میزان فتوسنتز جاری، افزایش شاخ و برگ‌های گیاه و فعال‌سازی برخی از آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی در مسیر نگهداری از تخریب کلروفیل موجب

افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید گردید (پیوندی و همکاران ۲۰۱۰). بین زمان‌های برداشت، هنگامی که دانه‌ها در غلاف ساقه اصلی ۱۵-۱۴ درصد رطوبت داشتند (زمان برداشت دوم)، با میانگین ۳/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، بیشترین میزان کاروتنوئید را نسبت به سایر زمان‌ها داشت (جدول ۷). به نظر می‌رسد که برداشت

سویا در هنگامی که رطوبت دانه ۱۵-۱۴ درصد است، به علت توزیع بهتر تابش خورشیدی، درجه حرارت مطلوب در زمان گل‌دهی و تشکیل غلاف و تسریع در قرار گرفتن مواد غذایی در اختیار گیاه موجب حداکثر راندمان فتوسنتزی، محتوای کاروتنوئید و عملکرد دانه شد (خواجه‌پور ۲۰۰۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین مرکب میزان کاروتنوئید سویا در تیمارهای آزمایشی

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل مواد محلول‌پاشی و زمان برداشت صفات بیوشیمیایی و زراعی سویا

| تیمارهای محلول‌پاشی | زمان برداشت | آنزیم نیترات ردوکتاز ( $\mu\text{mol.g}^{-1} \text{ F.W.h}^{-1}$ ) | آنزیم پراکسیداز ( $\Delta\text{Abs. min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ F.W}$ ) | آنزیم کاتالاز ( $\text{EU.mg}^{-1} \text{ pr}$ ) | عملکرد دانه ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) | عملکرد پروتئین دانه ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) | عملکرد روغن دانه ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) |
|---------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| (شاهد)              | ۱           | ۱۵/۷۳ <sup>f</sup>                                                 | ۱/۲۴ <sup>cde</sup>                                                         | ۳۰/۸۵ <sup>h</sup>                               | ۶۷۹/۳ <sup>k</sup>                  | ۱۳۵/۱ <sup>o</sup>                          | ۱۳۴/۹ <sup>l</sup>                       |
|                     | ۲           | ۱۷/۳۵ <sup>ef</sup>                                                | ۱/۲۲ <sup>cdef</sup>                                                        | ۳۶/۴۵ <sup>gh</sup>                              | ۶۹۵/۵ <sup>k</sup>                  | ۱۴۹/۳ <sup>o</sup>                          | ۱۵۲/۲ <sup>l</sup>                       |
|                     | ۳           | ۱۴/۲۷ <sup>f</sup>                                                 | ۱/۲۸ <sup>cde</sup>                                                         | ۳۸/۵۳ <sup>fgh</sup>                             | ۶۷۷/۷ <sup>k</sup>                  | ۱۳۲/۴ <sup>o</sup>                          | ۱۴۱/۹ <sup>l</sup>                       |
| آب مغناطیسی         | ۱           | ۲۱/۲۷ <sup>de</sup>                                                | ۱/۵۷ <sup>b</sup>                                                           | ۵۲/۵۷ <sup>cde</sup>                             | ۱۹۰۵ <sup>hi</sup>                  | ۴۹۰/۹ <sup>klm</sup>                        | ۳۷۵/۲ <sup>hi</sup>                      |
|                     | ۲           | ۲۲/۸۵ <sup>d</sup>                                                 | ۱/۵۱ <sup>b</sup>                                                           | ۵۹/۴۴ <sup>abcde</sup>                           | ۲۲۳۴ <sup>efgh</sup>                | ۶۹۶/۷ <sup>defg</sup>                       | ۵۰۹/۷ <sup>def</sup>                     |
|                     | ۳           | ۲۱/۹۴ <sup>de</sup>                                                | ۱/۰۸ <sup>fg</sup>                                                          | ۴۹/۴۴ <sup>def</sup>                             | ۱۹۰۹ <sup>hi</sup>                  | ۵۲۲/۱ <sup>hijk</sup>                       | ۳۹۶/۸ <sup>gh</sup>                      |
| کادوستیم            | ۱           | ۳۳/۷۵ <sup>b</sup>                                                 | ۱/۳۰ <sup>cd</sup>                                                          | ۵۲/۷۳ <sup>cde</sup>                             | ۲۵۸۵ <sup>def</sup>                 | ۸۲۲/۳ <sup>cd</sup>                         | ۵۳۵/۳ <sup>de</sup>                      |
|                     | ۲           | ۳۷/۸۲ <sup>ab</sup>                                                | ۱/۲۸ <sup>cde</sup>                                                         | ۴۹/۶۷ <sup>def</sup>                             | ۳۰۶۷ <sup>bc</sup>                  | ۱۰۸۹ <sup>b</sup>                           | ۶۸۴/۲ <sup>bc</sup>                      |
|                     | ۳           | ۲۲/۰۸ <sup>de</sup>                                                | ۱/۰۵ <sup>g</sup>                                                           | ۵۸/۰۸ <sup>abcde</sup>                           | ۲۵۵۱ <sup>defg</sup>                | ۷۷۰/۸ <sup>def</sup>                        | ۵۲۴/۸ <sup>def</sup>                     |
| آمینول فورته        | ۱           | ۲۱/۴۰ <sup>de</sup>                                                | ۱/۳۳ <sup>c</sup>                                                           | ۵۵/۲۵ <sup>cde</sup>                             | ۱۸۵۱ <sup>hi</sup>                  | ۴۱۱/۴ <sup>klmn</sup>                       | ۳۵۶/۹ <sup>hij</sup>                     |
|                     | ۲           | ۲۲/۹۹ <sup>d</sup>                                                 | ۱/۱۸ <sup>defg</sup>                                                        | ۶۲/۱۱ <sup>bc</sup>                              | ۱۹۶۶ <sup>hi</sup>                  | ۵۰۷/۷ <sup>ijkl</sup>                       | ۴۱۱/۳ <sup>gh</sup>                      |
|                     | ۳           | ۲۲/۱۳ <sup>de</sup>                                                | ۱/۰۸ <sup>fg</sup>                                                          | ۵۳/۲۹ <sup>cde</sup>                             | ۱۶۳۸ <sup>ij</sup>                  | ۳۶۱/۲ <sup>lmn</sup>                        | ۳۰۲/۱ <sup>ijk</sup>                     |
| کود دامی            | ۱           | ۲۲/۱۵ <sup>de</sup>                                                | ۱/۰۵ <sup>g</sup>                                                           | ۴۸/۱۷ <sup>efg</sup>                             | ۲۱۲۸ <sup>gh</sup>                  | ۵۳۷/۸ <sup>hijk</sup>                       | ۴۱۱/۴ <sup>gh</sup>                      |
|                     | ۲           | ۲۳/۱۵ <sup>d</sup>                                                 | ۱/۱۶ <sup>defg</sup>                                                        | ۴۹/۴۴ <sup>def</sup>                             | ۲۷۰۹ <sup>bcd</sup>                 | ۸۰۱/۱ <sup>de</sup>                         | ۵۹۷/۸ <sup>cd</sup>                      |
|                     | ۳           | ۲۱/۶۸ <sup>de</sup>                                                | ۱/۰۵ <sup>g</sup>                                                           | ۶۱/۰۸ <sup>bc</sup>                              | ۲۱۹۱ <sup>fgh</sup>                 | ۵۷۵/۳ <sup>ghij</sup>                       | ۴۳۵/۱ <sup>fgh</sup>                     |
| کمپوست              | ۱           | ۲۲/۶۹ <sup>de</sup>                                                | ۱/۳۳ <sup>c</sup>                                                           | ۵۵/۶۱ <sup>cde</sup>                             | ۲۴۸۰ <sup>defg</sup>                | ۶۷۰/۳ <sup>efgh</sup>                       | ۵۰۶/۹ <sup>def</sup>                     |
|                     | ۲           | ۲۴/۰ <sup>d</sup>                                                  | ۱/۱۷ <sup>defg</sup>                                                        | ۶۲/۷۵ <sup>b</sup>                               | ۲۶۵۸ <sup>cde</sup>                 | ۷۸۶/۴ <sup>def</sup>                        | ۵۷۴/۸ <sup>de</sup>                      |
|                     | ۳           | ۲۲/۱۷ <sup>de</sup>                                                | ۱/۱۶ <sup>efg</sup>                                                         | ۵۵/۲۶ <sup>cde</sup>                             | ۲۴۶۸ <sup>defg</sup>                | ۶۴۴/۵ <sup>fghi</sup>                       | ۴۹۸/۰ <sup>cfig</sup>                    |
| نانو کلات آهن       | ۱           | ۲۵/۱۳ <sup>d</sup>                                                 | ۱/۵۳ <sup>b</sup>                                                           | ۵۴/۰۶ <sup>cde</sup>                             | ۳۰۴۸ <sup>bc</sup>                  | ۱۰۱۳ <sup>b</sup>                           | ۷۱۳/۹ <sup>b</sup>                       |
|                     | ۲           | ۳۱/۸۱ <sup>b</sup>                                                 | ۱/۹۵ <sup>a</sup>                                                           | ۷۰/۶۶ <sup>a</sup>                               | ۳۷۳۱ <sup>a</sup>                   | ۱۳۹۰ <sup>a</sup>                           | ۹۵۱ <sup>a</sup>                         |
|                     | ۳           | ۲۶/۴۷ <sup>b</sup>                                                 | ۱/۵۱ <sup>b</sup>                                                           | ۵۸/۷۴ <sup>abcde</sup>                           | ۳۱۱۶ <sup>b</sup>                   | ۹۶۹/۲ <sup>bc</sup>                         | ۷۲۰/۴ <sup>b</sup>                       |
| کود نیتروژن         | ۱           | ۳۰/۲۷ <sup>b</sup>                                                 | ۱/۱۵ <sup>efg</sup>                                                         | ۵۶/۵۲ <sup>bcde</sup>                            | ۱۳۴۴ <sup>j</sup>                   | ۳۰۶/۳ <sup>n</sup>                          | ۲۲۴/۶ <sup>kl</sup>                      |
|                     | ۲           | ۴۱/۹۷ <sup>a</sup>                                                 | ۱/۲۵ <sup>cde</sup>                                                         | ۵۷/۸۹ <sup>bcde</sup>                            | ۱۶۰۴ <sup>ij</sup>                  | ۴۰۳/۷ <sup>klmn</sup>                       | ۲۷۵/۸ <sup>k</sup>                       |
|                     | ۳           | ۲۷/۸۷ <sup>b</sup>                                                 | ۱/۲۰ <sup>cdef</sup>                                                        | ۵۶/۲۴ <sup>bcde</sup>                            | ۱۵۴۴ <sup>ij</sup>                  | ۳۴۵/۷ <sup>mnn</sup>                        | ۲۵۶/۶ <sup>k</sup>                       |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

### عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین سال، مواد محلول پاشی، زمان‌های برداشت، اثر متقابل سال× مواد محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی در زمان برداشت از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). معنی‌دار شدن اثر متقابل مواد محلول پاشی در زمان برداشت نشان داد که مواد محلول پاشی مستقل از زمان‌های برداشت عمل نکرده و تفاوت بین مواد مورد استفاده در این آزمایش و برداشت در هر سه زمان یکسان نبود (جدول ۷). محلول پاشی نانوکلات آهن و برداشت هنگامی که رطوبت دانه در غلاف‌های ساقه اصلی ۱۵-۱۴ درصد بود، با میانگین ۳۱۱۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار شاهد در همه زمان‌ها و محلول پاشی نیتروژن و زمان برداشت اول با میانگین ۱۳۴۴ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند (جدول ۷). محلول پاشی نانوکلات آهن باعث افزایش رشد رویشی و زایشی و در نتیجه باعث بقای تعداد بیشتری از گل‌های بارور شده که این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه در این تیمار گردید (پدرسون و همکاران ۲۰۰۴). این موضوع مؤید واکنش پذیری مطلوب سویا نسبت به مصرف نانوکلات آهن می‌باشد. محلول پاشی در طی رشد گیاه، تحریک توسعه سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی را به دنبال خواهد داشت، که افزایش سطوح فتوسنتزی در اثر محلول پاشی نانو کلات آهن در مراحل رشد زایشی از عوامل مؤثر افزایش عملکرد به شمار می‌رود. بنابراین تقسیط عناصر غذایی و محلول پاشی آن‌ها در زمان انتهایی رشد گیاه باعث فراهمی مواد غذایی در خاک و گیاه به مقدار کافی خواهد گردید و گیاه در مراحل حساس رشد خود با کمبود عناصر غذایی مواجه نخواهد شد (پندی و همکاران ۲۰۱۰). محلول پاشی نانوکلات آهن و زمان برداشت دوم باعث می‌شود علاوه بر در اختیار قرار دادن سریع مواد غذایی به گیاه، منجر به تحریک گیاه در جهت افزایش سطح برگ، دوام سطح برگ، ارتفاع و تعداد شاخه فرعی در بوته شده و از طریق افزایش سطح فتوسنتزی، تولید مواد پرورده و کاهش میزان حذف فیزیولوژیکی گل‌ها

باعث می‌شود که تعداد بیشتری از گل‌ها به غلاف تبدیل شوند (پیوندی و همکاران ۲۰۱۱؛ پراساد و همکاران ۲۰۱۲). عدم تأمین عناصر غذایی مورد نیاز (تیمار شاهد) موجب کاهش رشد و مقدار فتوسنتز و همچنین نقصان تجمع ماده خشک گردیده و تولید در واحد سطح را کاهش می‌دهد (برایت و همکاران ۲۰۰۷). نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد که برای به دست آوردن حداکثر عملکرد دانه می‌توان با محلول پاشی نانوکلات آهن در زمان‌های انتهایی رشد گیاه (زمان پایان غلاف‌دهی و گلدهی) و برداشت در زمان دوم، بدون ایجاد خوابیدگی، نیازهای غذایی غلاف را بهتر تأمین کرد و در نتیجه تعداد دانه و درصد باروری دانه‌ها را افزایش داد. تاریخ برداشت مناسب موجب بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی نظیر درجه حرارت، رطوبت، طول روز و همچنین تطابق زمان گلدهی با درجه حرارت مناسب می‌گردد. ارقام زیادی از سویا در دنیا کشت می‌شود. زیرا سویا به آسانی با تغییر شرایط آب و هوایی و خاک سازگار نمی‌شود. گل دادن و رسیدن آن تحت تأثیر طول روز است. طول روز بلندتر گلدهی را به تأخیر انداخته و روزهای کوتاه موجب تسریع در بلوغ و رسیدن گیاه می‌گردد. چون طول روز مناسب برای تمام ارقام سویا یکسان نیست. در نتیجه اثر تاریخ برداشت بر تعداد روزهای کاشت تا گلدهی و رسیدن در ارقام متفاوت خواهد بود (بورد و همکاران ۲۰۰۲). برداشت زود هنگام و تأخیر در زمان برداشت در طول دوره رویشی و زایشی گیاه اثر داشته و باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود.

### عملکرد پروتئین دانه

نتایج جدول تجزیه مرکب داده‌ها نشان‌دهنده آن است که بین اثر سال، مواد محلول پاشی، زمان‌های برداشت، اثر متقابل سال× مواد محلول پاشی و اثر متقابل مواد محلول پاشی در زمان برداشت از نظر عملکرد پروتئین دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۴). محلول پاشی نانوکلات آهن در زمان برداشت دوم بیشترین عملکرد پروتئین (۱۳۹۰ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود (جدول ۷). افزایش عملکرد

دانه در اثر محلولپاشی نانو کلات آهن با تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی و فراهم نمودن سوبسترای کافی برای سنتز پروتئین دانه موجب افزایش عملکرد پروتئین گردید. به نظر می‌رسد زمان برداشت دوم به واسطه افزایش زیاد رشد سبزینه‌ای و رشد زایشی سویا، اندام‌های زایشی بیشتری ساخته شده و سهم دریافتی مواد پرورده آن‌ها نیز بالا می‌رود، در نتیجه ضمن افزایش محتوای پروتئین دانه، عملکرد دانه و پروتئین دانه افزوده می‌شود (مونیکا و همکاران ۲۰۰۹). گزارش شده که با محلولپاشی نانو آهن، میزان پروتئین و عملکرد دانه سویا افزایش یافته است. افزایش محصول دانه از طریق افزایش تعداد غلاف در واحد سطح که ناشی از مصرف نانو مواد است، موجب افزایش عملکرد دانه و پروتئین می‌شود (چاهورا و همکاران ۲۰۰۷). با توجه به این که عملکرد پروتئین، از حاصل ضرب درصد پروتئین دانه در عملکرد دانه به دست می‌آید، بنابراین به علت بالا بودن عملکرد دانه در تیمار محلولپاشی نانوکلات آهن، عملکرد پروتئین نیز حداکثر مقدار را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. نتایج آزمایش نیز نشان داد که با محلولپاشی نیتروژن، پیش ماده‌های پروتئینی نیتروژن-دار بیشتر شده و بنابراین به تشکیل پروتئین اختصاص یافته که این عامل به‌طور مشخص در سویا با افزایش عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد پروتئین شد (راتک و همکاران ۲۰۰۵).

#### عملکرد روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که بین اثر سال، مواد محلولپاشی، زمان‌های برداشت، اثر متقابل سال×مواد محلولپاشی و اثر متقابل مواد محلولپاشی در زمان برداشت تفاوت معنی‌داری از نظر صفت عملکرد روغن دانه وجود داشت (جدول ۴).

#### منابع مورد استفاده

- Abdos, M and Yazdani MR. 2024. Effect of Irrigation with Magnetic Water on G Yield of and Roselle Tea in Arid. Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.). 38 (2): 170-183.
- Aghaee Okhchelar, R, Amirnia R, Tajbakhsh shishvan M and Ghiyasi M. 2018. The effect of spraying of organic fertilizers extracts on morphological traits and quantitative and qualitative yields of six Moldavian

محلولپاشی نانو کلات آهن در زمان برداشت دوم (با میانگین ۹۵۱ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۷). همچنین تیمار محلولپاشی نانو کلات آهن در زمان برداشت اول (با میانگین ۷۱۳/۹ کیلوگرم در هکتار) و زمان برداشت سوم پس از تیمار محلولپاشی نانو کلات آهن در زمان برداشت دوم، در جایگاه دوم قرار گرفتند و تیمارهای شاهد در همه زمان‌های برداشت و محلولپاشی نیتروژن در زمان برداشت سوم کمترین میزان روغن دانه را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند. محلولپاشی نانوکلات آهن با در دسترس قرار دادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به علت کمک به افزایش رشد رویشی، ظرفیت فتوسنتزی، توسعه پوشش گیاهی و افزایش فرایند جذب، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه، وزن دانه و عملکرد دانه شد (مونیکا و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به این که عملکرد روغن، حاصل ضرب درصد روغن دانه و عملکرد دانه می‌باشد، بنابراین به علت بالا بودن عملکرد دانه در تیمار محلولپاشی نانوکلات آهن، عملکرد روغن نیز حداکثر مقدار را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. به نظر می‌رسد که استفاده از عوامل محیطی همچون تابش خورشیدی و درجه حرارت مطلوب در زمان گلدهی و تشکیل غلاف موجب می‌گردد که زمان برداشت دوم حداکثر راندمان فتوسنتزی را داشته و بیشترین عملکرد دانه و روغن را تولید نماید (ایساک و همکاران ۲۰۱۶؛ خواجه‌پور ۲۰۰۴).

#### سپاسگزاری

از مدیریت و کارشناسان محترم آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و همکاری مسئولین و کارشناسان محترم بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر موسسه تحقیقات برنج کشور تشکر و قدردانی می‌شود.

- balm (*Dracocephalum Moldavica* L.) ecotypes. Applied Field Crops Research, 31(2): 73-91. doi: 10.22092/aj.2018.121226.1267
- Alattar, EM, Elwasife KY, Radwan ES and Abuassi, WA. 2019. Influence of magnetized water on the growth of corn (*Zea mays*) seedlings. Romanian Journal of Biophysic, 29: 39–50.
- Ali, IM, Nulit R, Ibrahim MH Uddin MdK. 2018. Effect of delay harvest on seed quality and germination of three varieties of soybean (*Glycine max*) seeds. Plant Archives, 18 (2): 1961-1966.
- Allen DJ, Nogues S and N Baker R. 1998. Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis. Experimental Botany, 49(328):1775-1788.  
<https://doi.org/10.1093/jxb/49.328.1775>
- Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh RM and Metzger JD. 2004. Effect of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology, 93: 139-143. 10.1016/j.biortech.2003.10.015.
- Asad A, Blamey F and Edwards D. 2002. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. Plant Soil, 243 (2): 243 - 252. <https://doi.org/10.1023/A:1019909130031>
- Bahrani, AM and Pourreza A. 2014. Effects of micronutrients on seed yield and oil content of Brassica napus L. CV Talaeh. Botany, 43(2): 231-233.
- Barker AV and Bryson GM. 2006. Comparisons of composts with low or high nutrient status for growth of plants in containers. Soil Science and Plant Analysis, 37: 1303-1319. <https://doi.org/10.1080/00103620600626460>
- Basra AS, Dhawan AK and Goyal SS. 2002. DCMU inhibits in vivo nitrate reduction in illuminated barley (C3) leaves but not in maize (C4): A new mechanism for the role of light. Planta, 215: 855–861. 10.1007/s00425-002-0802-9
- Board JE and Modali H. 2005. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. Crop Science, 45(5):1790–1799. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0602>
- Briat JF, Curie C and Gaymard F. 2007. Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology, 10(3): 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.04.003>
- Chohura P, Kolota E and Komosa A. 2007. The effect of different source of iron on nutritional value of greenhouse tomatofruit grown in peat substrate. Vegetable crops research bulletin, 67: 55-61. 10.2478/v10032-007-0030-8
- Dhindsa RA, Plumb-Dhindsa P and Thorpe TA. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Experimental Botany, 126(32): 93-101. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/32.1.93>
- Erskin PD, Stewart GR, Schmidt S, Turnbull MH, Unkovich M and pate JS. 1996. Water availability- a physiological constraint on nitrate utilization in plants of Australian semi-arid mulga woodlands. Plant Cell Environmental, 19: 1149-1159. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1996.tb00430.x>
- Fabio M, Mattaa Jose AT, Amaralb DO, Alemar B. 1998. Growth periodicity in trees of Coffea arabica L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. Field Crops Research, 60(3): 223-229. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00127-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00127-0)
- Fehr WR, Caviness CE, Burmood DT and Penningtae JS. 1971. Stages of Development descriptions for soybean, Glycine max (L.) Merrill. Crop Sciences, 11(6): 929-935. <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>
- Gaikwad, AP and Bharud RW. 2017. Effect of time of harvesting on physical and chemical properties of soybean (*Glycine max* M.) seed. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6 (4): 1092-1097.

- Ghadami, A, khoshravesh M, shirazi P and zareabyane H. 2016. Effect of Irrigation with Magnetized Water on the Yield and Biomass of Soybean var. DPX under Water Deficit and Salinity Stress. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30(1): 131-143. doi: 10.22092/jwra.2016.106207
- Gheshlaghi, Z, Khorassani R, Haghnia G, Kafi M. 2015. The Effect of Nitrate Levels and Harvest Times on Fe, Zn, Cu, and K, Concentrations and Nitrate Reductase Activity in Lettuce and Spinach. *Journal of Crop Production and Processing*, 5 (16) :315-331
- Golzadeh H, Mehrafarin A, Naghdi Badi H, Fazeli F, Qaderi A and Zarinpanjeh N. 2012. Effect of Bio-stimulators Compounds on Quantitative and Qualitative Yield of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 11 (41) :195-207.
- Grieshop CM and Fahey G. 2001. Comparison of quality characteristics of soybeans from Brazil, China, and the United States. *Agriculture Food Chemistry*, 49(7): 2669–2673. <https://dx.doi.org/10.1021/jf0014009>
- Hasanzadeh, Z, Asareh A, Goshe M, Soltani Howyze M. 2018. The magnetic water effects on irrigation water quality changes and soil acidity. *Journal of Water Science and Engineering*, 8(21): 57-77.
- Huang, Q, Cao M, Ai Z, Zhang L. 2015. Reactive oxygen species dependent degradation pathway of 4-chlorophenol with Fe-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> core-shell nanowires. *Applied Catalysis B: Environmenta*. 162: 319-326.
- Isaac, OT, Banful, BK, Amoah S, Apuri S and Seweh E. A. 2016. Effect of harvesting stages on seed quality characteristics of three soybean (*Glycine Max* (L) Merrill) varieties. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 3 (4): 326-333.
- John R, Ahmad P, Gadgil K and Sharma S. 2009. Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by Brassica juncea L. *Plant Production*, 3 (3): 65-75. 10.22069/ijpp.2012.653
- Khajepour MR. 2004. Industrial plants. Academic Jihad of Isfahan Industrial Unit. (In Persian)
- Kowaljew E and Mazarino MJ. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(7): 1508-1588. <https://doi:10.1016/j.soilbio.2007.01.008>
- Lichtenthaler HK. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148: 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Liu, R and Lal R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*, 514: 131-139.
- Maheshwari, B. L., Grewal, H. S., 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96: 1229–1236. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.016>
- Mittler R .2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Plant Science*, 7(9):405-410. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9).
- Mohapatra D, Frias M, Oliveira, R and Kerry, J. 2008. Development and validation of a model to predict enzymatic activity during storage of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus* spp.). *Journal of Food Engineering*. 86: 39-48. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2007.09.007.
- Monica RC and Cremonini R. 2009. Nanoparticles and higher plants. *Caryologia*, 62(2): 161-165. <https://doi.org/10.1080/00087114.2004.10589681>
- Mudgal, V, Madaan N and Mudgal A. 2010. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants: A review. *International Journal of Botany*, 6: 136-143.
- Naderi M and Danesh shahraki A. 2011. Application of nano technology in optimizing the formulation of chemical fertilizers. *Nano Technology Monthly*, 4(165): 20-22. 10.21273/HORTSCI11248-16

- Nejadhabibvash, F, Pirvash A and Heidarzadeh A. 2022. Study of different levels of iron chelate and nano-iron chelate on fatty acid composition and oil percentage of rapeseed (*Brassica napus* L.) in different growth stages. Iranian Journal of Field Crop Science, 53(2): 57-68.
- Nelson-Schreiber BM and Schweitzer LE. 1986. Limitation of leaf nitrate reductase activity during flowering and podfill in soybean. Plant Physiology. 80(2): 454-458. <https://doi.org/10.1104/pp.80.2.454>
- Nezafat, MH, Mahmoudi I, Fereidooni MJ, Fallah MH. 2019. Effects of Nitrogen Fertilization and Municipal Waste Compost on Yield, Yield Components and Some of the Grain Macronutrients of Sweet Corn (*Zea mays* Var. *Saccharata*). Journal of Crop Production and Processing, 9 (2): 201-214. [20.1001.1.22518517.1398.9.2.2.3](https://doi.org/10.22011/1.22518517.1398.9.2.2.3)
- Pandey AC, Sanjay SS and Yadav RS. 2010. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L. Journal of Experimental Nanoscience. 5(6): 488-497. <https://doi.org/10.1080/17458081003649648>
- Pedersen P and Lauer JG. 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Journal of Agronomy, 96(5):1372–1381. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1372>
- Pereira GJG, Molina SMG, Lea PJ and Azevedo RA. 2002. Activity of antioxidant enzyme in response to cadmium in *Crotalaria juncea*. Plant Soil, 239(1): 379-389. <https://doi.org/10.1023/A:1014951524286>
- prasad TS, Sajanlal PR and Pradeep T. 2012. Effect of nanoscales zinc oxide on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition, 35(6): 905-927. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.663443>
- Rathke GW, Christen O and Diepenbrok W. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape grown in different crop rotations. Field Crops Research, 94(2-3): 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.11.010>
- Shekari, F, Mehrafarin A, Naghdi Badi H and Hajiaghahi R. 2014. Effects of bio-stimulators on seed yield and yield components in psyllium (*Plantago psyllium* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 30(5): 811-820. doi: 10.22092/ijmapr.2014.10718.
- Sheykhabglou, R, Sedghi M, Tajbakhsh shishevan M and Sharifi R. 2010. Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. Notulae Scientia Biologicae, 2(2): 112-113.
- Shumaila K, HongjunY, Qiang L, Yinan G, Basheer Noman S, Heng W, Peng L and Weijie J. 2019. Exogenous Application of Amino Acids Improves the Growth and Yield of Lettuce by Enhancing Photosynthetic Assimilation and Nutrient Availability. Journal of Agronomy. 9:(266): 2-17.
- Sreenivasulu N, Grimm B, Wobns U and Weschke W. 2000. Different response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of foxtail millet. Physiology Plantarum, 109(4): 435-442. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2000.100410.x>
- Subramanian, KS, Manikandan A, Thirunavukkarasu M, Rahale CS. 2015. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. Nanotechnologies in Food and Agriculture. 69- 80.
- Thomas J, Mandal A, Raj Kumar R and Chordia A. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia sp.*). Agriculture Research, 4(7):228 – 236. <https://doi.org/10.3923/ijar.2009.228.236>
- Tousi P, Tajbakhsh M, Esfahani M and Rabiei M. 2014. The effect of organic growth stimulants and magnetic water on oil yield index and soybean protein yield at different harvest times. production and processing of agricultural and horticultural products, 4(12): 13-24. [20.1001.1.22518517.1393.4.12.2.8](https://doi.org/10.22011/1.22518517.1393.4.12.2.8)
- Vaghar, M S, Sayfzadeh S, Zakerin HR, Kobraee S and Valadabady AR .2021. Effect of foliar application of iron, zinc and manganese nano-chelate on some quantitative and qualitative characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water deficit stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 14(3): 703-718. doi: 10.22077/escs.2020.3197.1816

- Widowati, W, Sutoyo S, Karamina H and Fikrinda W. 2020. Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation. AIMS Agriculture and Food, 5: 150-168.
- Yang, Y, Wu J, Du Y, Gao C, Tang DWS, Ploeg MVD. 2022. Effect on soil properties and crop yields to long-term application of superabsorbent polymer and manure. Frontiers in Environmental Science, 10: 859434.