دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱

# ارزیابی واکنش سویا تحت تاثیر کاربرد آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول

**عارف فاتحی[۱]، بابک پاساری[*۲]، اسعد رخزادی[۲]**

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: bpasary@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۱ اریبهشت۱۴۰۱، تاریخ پذیرش: ۳ تیرماه ۱۴۰۱)

**مقاله: مستخرج از پایان نامه دکتری آقای عارف فاتحی می‌باشد**

## چکیده

**آبیاری با آب مغناطیسی عملکرد گیاهان را از طریق افزایش حلالیت و قابلیت دسترسی به عناصر غذایی موجود در خاک افزایش می‌دهد. محلول‌پاشی متانول نیز به عنوان یک منبع تامین کننده گاز دی اکسید کربن که غلظت این گاز را در اطراف کانوپی گیاه افزایش می‌دهد، میزان فتوسنتز و در نتیجه عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد. این آزمایش به منظور ارزیابی واکنش سویا تحت تاثیر کاربرد آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، طی دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۶ - ۱۳۹۵) صورت گرفت. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. شدت‌های مختلف آب مغناطیسی (صفر، چهار، هشت، ۱۲ میلی‌تسلا) در کرت اصلی و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف متانول (شاهد: آب مقطر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی) در کرت فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار آب مغناطیسی ارتفاع اولین شاخه جانبی را به طور معنی‌داری کاهش داد در صورتی که عملکرد دانه، بیوماس، عملکرد روغن و پروتئین افزایش معنی‌داری یافتند. عملکرد دانه تحت تاثیر آب مغناطیسی با شدت چهار، هشت و ۱۲ میلی‌تسلا در مقایسه با شاهد به ترتیب، ۴۵/۵۶، ۷۰/۰۵ و ۷۲/۱۹ درصد افزایش نشان داد. همچنین همه صفات مورد بررسی تحت تاثیر برهمکنش سال در محلول‌پاشی متانول معنی‌دار شدند، برهمکنش آب مغناطیسی در محلول‌پاشی نیز در برخی صفات معنی‌دار گردید. بر اساس نتایج برهمکنش، برتری صفات مورد مطالعه در سال دوم آزمایش و تحت تأثیر آب مغناطیسی با شدت هشت و ۱۲ میلی‌تسلا و محلول‌پاشی۲۰ درصد حجمی متانول مشهود بود.**

**کلمات کلیدی: آب مغناطیسی، سویا، عملکرد، متانول.**

## مقدمه

سطح زیر کشت سویا *Glycin max* در ایران حدود ۳۰ هزار هکتار و تولید آن حدود ۷۰ هزار تن، با میانگین تولید ۲۵۱۱ کیلوگرم در هکتار در زراعت آبی می‌باشد (۱). از آنجایی که بیش از ۹۰ درصد مصرف روغن خوراکی کشور از طریق واردات تامین می‌شود، لذا برنامه‌ریزی صحیح و منسجم با هدف رسیدن به خودکفایی در تولید روغن‌های خوراکی بسیار حائز اهمیت است. جهت نیل به این هدف و افزایش عملکرد دانه و روغن، به کارگیری روش‌ها و تکنیک‌های نوین در تولید گیاهان زراعی ضرورت دارد (۳۸). از جمله این تکنیک‌ها کاربرد آب مغناطیسی جهت آبیاری محصولات کشاورزی می‌باشد. تاثیر مطلوب میدان مغناطیسی بر بهبود کیفیت آب آبیاری و افزایش عملکرد کمی و کیفی در گیاهان زراعی ثابت شده است (۱۳، ۲۱، ۲۲).

تغییرات حاصل از اعمال میدان مغناطیسی بر آب آبیاری به عواملی مانند شدت میدان، جهت میدان، مدت زمان در معرض‌گذاری مغناطیسی، شدت جریان محلول، کیفیت و اسیدیته آب بستگی دارد. آب مغناطیسی با افزایش حلالیت آب، باعث کاهش گرفتگی قطره چکان‌ها در سیستم آبیاری تحت فشار، کاهش آبشویی خاک و افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد. علت افزایش حلالیت آب به تغییر آرایش مولکول‌های آب از حالت بی‌نظمی به شکل منظم و تغییر نوع پیوند اکسیژن- هیدروژن از حالت مثلثی به شکل یک خط مستقیم نسبت داده شده است. در این شرایط هیدروژن‌های مثبت دارای نیروی بیشتری شده و ضمن تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر آب، سبب افزایش تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم و همچنین افزایش قدرت حلالیت آب می‌شود (۲۸).

اعمال میدان مغناطیسی سبب کاهش مواد جامد محلول در خاک و در نتیجه کاهش اثرات شوری خاک (۱۸)، افزایش غلظت برخی از عناصر کم مصرف و پر مصرف در گیاه (۴۲) و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌گردد (۱۷، ۲۲). اثر مثبت کاربرد آب مغناطیسی در افزایش رشد و عملکرد ذرت به دلیل کاهش اسیدیته خاک و افزایش دسترسی به عناصر نیتروژن و فسفر گزارش گردیده است (۱۵).

از آن جایی که تقریبا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از آسیمیلاسیون دی اکسید کربن توسط فتوسنتز است، در نتیجه افزایش سرعت فتوسنتز جهت بالا بردن ظرفیت تولید گیاهان زراعی می‌تواند مفید واقع گردد. مطالعات متعدد بیانگر اثر مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن در اطراف کانوپی گیاهان بر افزایش فتوسنتز، رشد و عملکرد به ویژه در گیاهان سه کربنه می‌باشد (۲۹، ۳۵، ۴۰). محلول‌پاشی متانول به عنوان یک منبع کربن سبب افزایش تثبیت دی اکسید کربن در گیاهان می‌گردد (۳۴). باکتری‌های متیلوتروفیک موجود روی سطح برگ، متانول را به آب و دی اکسید کربن تبدیل نموده و در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز، سنتز هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکنین و افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌گردند (۱۷، ۲۶). محلول‌پاشی متانول ضمن کاهش نیاز آبی گیاه در شرایط گرم و خشک (۱۹، ۴۱)، سبب افزایش فتوسنتز در گیاهان (۳۲) و در نتیجه افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد (۲،۱۹، ۲۶).

لذا با توجه به موارد فوق هدف از اجرای این آزمایش افزایش عملکرد دانه، روغن و پروتئین گیاه سویا تحت تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول در شرایط آب و هوایی سنندج بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد سنندج، با طول جغرافیایی ″۲۳ ′۴۶ °۵۹ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ″۲۳ ′۳۵ °۱۰ درجه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متری از سطح دریا اجرا گردید. خصوصیات آب و

هوایی منطقه مورد مطالعه در طی دو سال آزمایش از ایستگاه سینوپتیک سنندج بدست آمد (جدول ۱). آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به صورت طرح اسپلیت پلات یا کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاکتور اصلی: آبیاری با شدت‌های مختلف آب میدان مغناطیسی در چهار سطح (صفر، چهار، هشت و ۱۲ میلی‌تسلا) و فاکتور فرعی محلول‌پاشی متانول در چهار سطح شامل: شاهد (آب مقطر)، ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی در نظر گرفته شد.

عملیات خاک‌ورزی اولیه شامل شخم عمیق در پاییز سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ انجام گرفت و عملیات تهیه بستر بذر در بهار شامل شخم مجدد، دیسک و تهیه پشته‌ها، پس از مساعد شدن هوا و گاورو شدن زمین، صورت گرفت. جهت اطلاع از خصوصیات خاک، قبل از کاشت از مناطق مختلف مزرعه نمونه‌برداری با مته خاکشناسی صورت گرفت. کودهای مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت به طوری که در سال اول آزمایش اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپر فسفات تریپل (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت در مزرعه پخش و با خاک مخلوط گردید. کودهای مصرفی فوق در سال دوم به ترتیب: ۷۰، ۲۰۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار بود. در این آزمایش هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتیمتر بود. رقم سویای مورد استفاده $DPX_{3589}$ با منشاء کشور آمریکا که در ایران به نام کتول نامگذاری گردیده است جزو گروه رشدی پنج (دیررس) و تیپ رشدی نامحدود و جزو ارقام جدید پا بلند (۱۱۰ سانتیمتر) بود. قبل از کاشت بذور سویا با باکتری تثبیت کننده نیتروژن (ریزوبیوم جاپونیکوم) تلقیح و با فاصله بوته روی ردیف هفت سانتیمتر و عمق کاشت پنج سانتیمتر به صورت دستی کشت گردید. سیستم آبیاری به روش آبیاری قطره‌ای- نوار تیپ طراحی و اجرا گردید و جهت اطمینان از کاربرد مقادیر یکسان آب مصرفی در هر تیمار، به طور دقیق توسط نصب کنتور در ورودی کرت‌ها کنترل گردید. از ۳۰ روز پس از کاشت انجام آبیاری با آب مغناطیسی شده آغاز و تا پایان فصل رشد ادامه یافت.

**جدول۱- ویژگی‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه در طی سال‌های آزمایش (ایستگاه سینوپتیک سنندج)**

| ماه | سال | تبخیر ماهانه (میلیمتر) | تعداد ساعات آفتابی | میزان بارندگی (میلیمتر) | حداکثر رطوبت (٪) | حداقل رطوبت (٪) | حداکثر دما (درجه سانتیگراد) | حداقل دما (درجه سانتیگراد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فروردین | ۱۳۹۵ | ۱۳۴/۴ | ۲۳۵/۸ | ۴۳/۳۵ | ۹۴ | ۱۵ | ۲۰/۱ | ۵/۲ |
| | ۱۳۹۶ | ۱۵۱/۳ | ۲۲۶/۸ | ۵۶/۵۷ | ۹۴ | ۱۰ | ۱۸/۹ | ۶/۴ |
| اردیبهشت | ۱۳۹۵ | ۲۰۷/۴ | ۳۰۸/۷ | ۲۲/۸۶ | ۹۱ | ۴ | ۲۲/۳ | ۱۰/۸ |
| | ۱۳۹۶ | ۲۲۸/۵ | ۳۳۱/۴ | ۲۴/۱۵ | ۹۲ | ۲ | ۲۲/۶ | ۱۳ |
| خرداد | ۱۳۹۵ | ۳۳۱/۴ | ۳۳۵/۴ | ۰/۲۲ | ۷۱ | ۷ | ۲۹/۹ | ۱۹ |
| | ۱۳۹۶ | ۳۳۰/۲ | ۳۸۹/۴ | ۰ | ۶۵ | ۴ | ۳۰/۷ | ۱۷/۹ |
| تیر | ۱۳۹۵ | ۳۷۷/۳ | ۳۷۹/۱ | ۰ | ۵۰ | ۶ | ۳۲/۸ | ۲۶/۵ |
| | ۱۳۹۶ | ۳۹۲,۵ | ۳۴۲/۹ | ۰ | ۵۱ | ۵ | ۳۱/۶ | ۲۷ |
| مرداد | ۱۳۹۵ | ۳۶۸/۲ | ۳۶۵/۲ | ۰ | ۶۲ | ۳ | ۳۱/۷ | ۲۷/۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۳۴۵ | ۳۵۷/۲ | ۰/۰۱ | ۴۹ | ۶ | ۳۲/۲ | ۲۶/۵ |
| شهریور | ۱۳۹۵ | ۲۸۳/۶ | ۳۲۳/۷ | ۰ | ۷۱ | ۵ | ۲۵/۳ | ۱۷/۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۲۵۱/۱ | ۳۰۷/۱ | ۰ | ۵۹ | ۴ | ۲۷/۲ | ۱۷/۸ |
| مهر | ۱۳۹۵ | ۱۶۸/۱ | ۲۹۱/۳ | ۴/۲ | ۹۳ | ۵ | ۱۷/۹ | ۱۲ |
| | ۱۳۹۶ | ۱۵۷/۷ | ۲۸۰/۱ | ۰/۲۴ | ۶۸ | ۷ | ۲۱/۲ | ۱۱/۲ |
| آبان | ۱۳۹۵ | ۷۴/۸ | ۲۴۹/۹ | ۹/۴۳ | ۹۵ | ۱۰ | ۱۴/۴ | ۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۴۲/۲ | ۱۶۶/۷ | ۳۹/۷۷ | ۹۴ | ۱۷ | ۱۵ | ۶/۹ |

مغناطیس کردن آب توسط دستگاه القاء کننده میدان مغناطیسی با شدت‌های مختلف کم، متوسط و زیاد (چهار، هشت و ۱۲ میلی‌تسلا) صورت گرفت. شدت‌های مختلف اعمال میدان مغناطیسی بوسیله دستگاه تسلامتر مدل (Leybold didactic, Germany) در دانشکده علوم پایه دانشگاه کردستان کالیبره گردید. همچنین به منظور اطمینان از جریان آب با دبی یکسان، آب ورودی در ابتدا در یک تانکر ۱۰۰۰ لیتری ذخیره و دستگاه القاء کننده میدان مغناطیسی در خروجی شیر آب قرار داده شد.

در این آزمایش محلول‌پاشی متانول نیز طی سه مرحله در طی فصل رویشی (۶۰ ، ۷۵ و ۹۰ روز پس از کاشت) انجام شد. جهت تهیه غلظت‌های مختلف متانول از آب مقطر استفاده و محلول رقیق با درصدهای مورد نظر تهیه گردید. جهت ممانعت از صدمات احتمالی متانول به گیاه، به ازای هر لیتر محلول متانول، دو گرم اسید آمینه گلایسین نیز اضافه گردید (۳۳). محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش پشتی با ظرفیت ۲۰ لیتر پس از کالیبره کردن در ساعات خنک روز انجام شد و عملیات محلول‌پاشی تا ظهور قطرات کوچک آب بر روی اندام‌های هوایی گیاه ادامه یافت. در طی فصل رویشی آفات و بیماری خاصی مشاهده نگردید و کنترل علف‌های هرز نیز به صورت دستی در چند نوبت صورت گرفت.

صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل: ارتفاع اولین شاخه جانبی، ارتفاع پایین‌ترین غلاف از سطح خاک، تعداد شاخه جانبی، عملکرد دانه، بیوماس (بدون محاسبه وزن برگ به دلیل ریزش برگ‌ها در زمان برداشت)، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین و روغن بود. در مرحله رسیدگی، جهت اندازه‌گیری ارتفاع اولین شاخه جانبی، ارتفاع پایین‌ترین غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه جانبی در بوته، از ردیف‌های میانی هر کرت، پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید. جهت اندازه‌گیری بیوماس، بوته‌های ردیف‌های میانی هر کرت، با رعایت اثر حاشیه،

برداشت شده و با دقت توزین گردید. عدد حاصل شده بعنوان بیوماس ثبت و پس از جدا نمودن دانه‌ها و تمیز نمودن کامل آنها از بقایای گیاهی، عملکرد دانه در کرت بدست آمد. با اعمال نسبت عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به بیوماس و ضرب آن در ۱۰۰، درصد شاخص برداشت حاصل گردید. درصد پروتئین و روغن نیز از نمونه‌های دانه برداشتی هر کرت به طور تصادفی و به روش کجلدال و سوکسله بدست آمد. همچنین عملکرد پروتئین و روغن از طریق حاصلضرب درصد پروتئین و روغن در عملکرد دانه بدست آمد. پس از انجام تست بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی، تجزیه مرکب با فرض ثابت بودن اثر تیمارهای آزمایشی و تصادفی بودن اثر سال با نرم افزار SAS9.1 انجام و معنی‌دار شدن صفات مورد مطالعه بر اساس امید ریاضی تعیین گردید. مقایسات میانگین نیز با روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### ارتفاع اولین شاخه جانبی

ارتفاع اولین شاخه جانبی تحت تاثیر آب مغناطیسی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشاهده گردید که تیمار آب مغناطیسی ارتفاع اولین شاخه جانبی را کاهش داده است (جدول۳). به نظر می‌رسد افزایش دسترسی به عناصر غذایی و تسریع در رشد گیاه سبب تشکیل زودهنگام شاخه جانبی در ارتفاع پایین‌تر شده باشد. طی تحقیقی مشابه عظیمی و همکاران (۱۱) دریافتند که آبیاری با آب مغناطیسی سبب تسریع گلدهی به مدت ۱۱ روز گردیده و در نتیجه طول دوره رشد رویشی در گیاه عدس را کاهش داد. این محققین اعلام نمودند که آبیاری با آب مغناطیسی همچنین باعث کاهش آب مصرفی برای آبیاری گیاهان زراعی به دلیل کاهش طول دوره رشد گیاه می‌گردد همچنین این محققین دریافتند که تعداد گل و میوه نبز در گیاهان تیمار شده با آب مغناطیسی افزایش یافت.

عابدین‌پور و روحانی (۱۵) اعلام نمودند که کاربرد آب مغناطیسی اسیدیته خاک را کاهش داده و سبب افزایش دسترسی به عناصر نیتروژن و فسفر می‌گردد. افزایش حلالیت عناصر کم مصرف و پرمصرف تحت تاثیر آب مغناطیسی توسط زلوتوپلسکی (۴۲) نیز ثابت شده است. در این آزمایش برهمکنش سال × محلول‌پاشی متانول و برهمکنش آب مغناطیسی × متانول نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. همچنانکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد با افزایش شدت میدان مغناطیسی و غلظت متانول ارتفاع اولین شاخه جانبی کاهش یافت. هر چند در تیمار هشت میلی‌تسلا و کاربرد ۳۰ درصد متانول مجددا اندکی افزایش یافت. احتمالا افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه تسریع در تشکیل اولین شاخه جانبی در ارتفاع کمتر تحت شرایط محلول‌پاشی متانول شده است (۱۷ و ۲۶).

**جدول ۲- نتایج تجزیه مرکب صفات زراعی و کیفیت دانه سویا تحت تاثیر آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول**

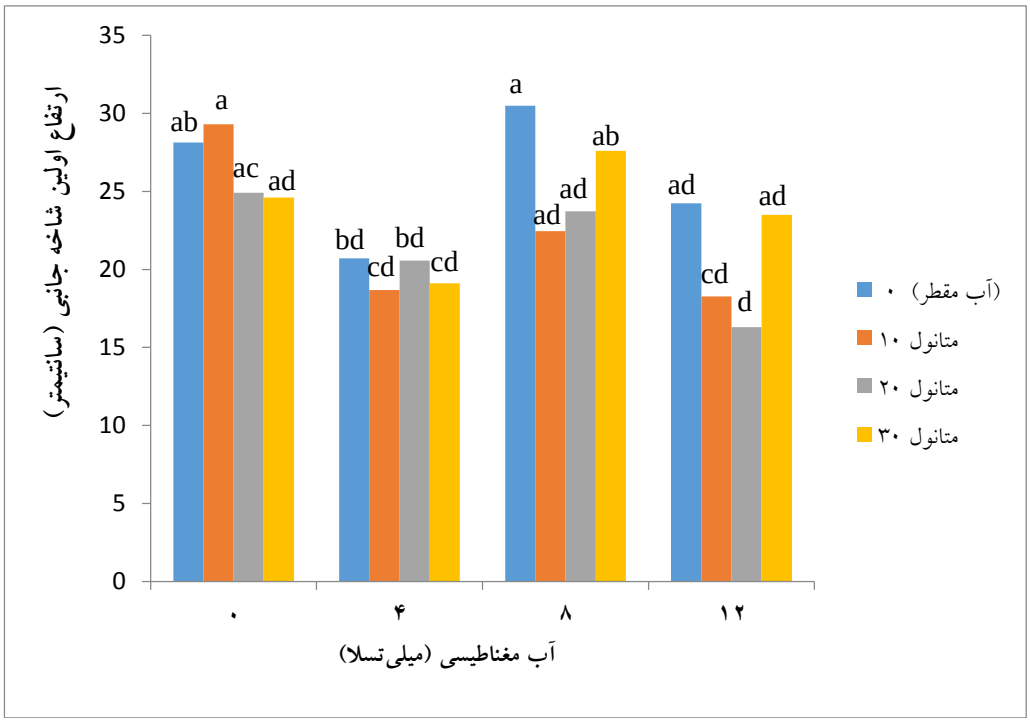
| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع اولین شاخه جانبی | ارتفاع اولین غلاف | تعداد شاخه جانبی در بوته | عملکرد دانه | بیوماس | شاخص برداشت | عملکرد روغن | عملکرد پروتئین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۲۷/۸۴ ns | ۷/۰۹ ns | ۰/۰۰۰۰۲۶ns | ۳۲۱۲/۱ns | ۹۳۸۶۸۳/۷ ns | ۱/۰۰۸ ns | ۱۵۵۶۶/۲۴ ns | ۲۸۹۲۰۷/۷۳ ns |
| بلوک (سال) | ۴ | ۱۳۲/۲۹ | ۱۸/۳ | ۱/۱۲ | ۸۷۹۶۱۶/۴۹ | ۶۰۷۹۷۷۶ | ۲۷/۸۱ | ۵۹۸۷۴/۱۷ | ۲۵۷۵۸۶/۲۶ |
| آب مغناطیسی | ۳ | ۳۱۴/۶۳* | ۷۶/۴۴ns | ۴/۸۷ ns | ۱۹۵۰۰۵۳۴/۱۷* | ۱۱۹۶۷۵۴۹۵/۲** | ۵۲/۷۵ ns | ۱۵۷۰۳۳۱/۴* | ۵۶۶۸۵۲۴/۴۸* |
| سال × آب مغناطیسی | ۳ | ۲۸/۷۹ ns | ۱۶/۳۳** | ۲/۶۵ * | ۱۲۰۹۶۳۸/۳ ns | ۵۵۵۲۱۰۵/۸ * | ۷/۹۵ ns | ۱۱۱۲۴۹/۷۸ * | ۳۳۵۸۱۲/۲۸ ns |
| خطای کرت‌های اصلی | ۱۲ | ۶۰/۳۳ | ۱۱/۰۹ | ۱/۳۶ | ۱۳۴۹۲۸۲/۷۱ | ۱۰۲۵۱۹۲۴/۱ | ۲۳/۱۲ | ۵۹۹۹۷/۵ | ۲۱۹۲۴۱/۰۶ |
| محلول‌پاشی متانول | ۳ | ۹۴/۸ ns | ۲۷/۹۶ns | ۲/۸۸ ns | ۲۰۷۵۶۴۴/۰۳ ns | ۱۰۵۷۰۲۲۴/۱ ns | ۲/۱۱ ns | ۴۴۹۲۶۷/۱ ns | ۱۱۹۹۲۰۹/۲۹ns |
| سال × محلول‌پاشی متانول | ۳ | ۴۹/۹۲ * | ۲۳/۱۵** | ۷/۰۴** | ۹۵۰۶۴۶۶/۵۷** | ۴۰۴۱۷۷۱۵/۲** | ۵۲/۹۵** | ۵۲۲۵۷۲/۰۸** | ۱۹۲۷۹۴۰/۰۸** |
| آب مغناطیسی × محلول‌پاشی متانول | ۹ | ۳۸/۸۱ * | ۵/۸۴ * | ۰/۵۳ ns | ۹۴۸۲۸۴/۴۲ ns | ۲۶۵۲۳۴۷/۲ ns | ۱۱/۳۶ ns | ۸۹۹۶۷/۵۷ * | ۲۱۰۴۳۶/۴۵ ns |
| سال × آب مغناطیسی × محلول‌پاشی متانول | ۹ | ۱۱/۹۲ ns | ۱/۳۸ ns | ۰/۴۹ ns | ۴۰۹۷۷۸/۱ ns | ۱۱۸۷۱۴۳/۷ ns | ۵/۳۷ ns | ۲۶۳۵۸/۲۸ ns | ۱۲۳۹۵۶/۷۳ ns |
| خطای کرت‌های فرعی | ۴۸ | ۳۸/۴۶ | ۵/۷۵ | ۰/۷ | ۹۹۲۰۹۵/۴ | ۵۱۴۴۴۴۶۵/۶ | ۶/۴۴ | ۴۵۳۱۰/۰۷ | ۱۷۴۸۸۶/۶۷ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۲۶/۶۲ | ۱۳/۸۳ | ۳۰/۲۱ | ۲۵/۲۲ | ۱۹/۹۶ | ۷/۳۷ | ۲۶/۳۲ | ۲۷/۰۹ |

ns، * و **: به ترتیب: غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن تفاوت‌ها را بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج و یک درصد نشان می‌دهند.

**جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی و کیفیت دانه سویا تحت تاثیر آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول**

| تیمار | سطح | ارتفاع اولین شاخه جانبی (سانتیمتر) | ارتفاع اولین غلاف (سانتیمتر) | تعداد شاخه جانبی در بوته | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | بیوماس (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت ( درصد) | عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **سال آزمایشی** | اول | ۲۳/۸۲ a | ۱۷/۶ a | ۲/۷۶ a | ۳۹۴۲/۱ a | ۱۱۴۶۲/۱ a | ۳۴/۳۲ a | ۷۹۵/۸۶ a | ۱۴۸۸/۴ a |
| | دوم | ۲۲/۷۵ a | ۱۷/۰۶ a | ۲/۷۷ a | ۳۹۵۳/۷ a | ۱۱۲۶۴/۳ a | ۳۴/۵۲ a | ۸۲۱/۳۳a | ۱۵۹۸/۲a |
| **آب مغناطیسی (میلی‌تسلا)** | ۰ | ۲۶/۷۳ a | ۱۹/۵۴ a | ۲/۱۵ a | ۲۶۸۶/۵ b | ۸۱۵۷ b | ۳۲/۶۶ a | ۴۶۱/۴۹ c | ۸۷۶/۶ c |
| | ۴ | ۱۹/۷۷ b | ۱۷/۹۵ a | ۲/۸۹ a | ۳۹۱۰/۶ a | ۱۱۵۳۷/۵ a | ۳۳/۸۹ a | ۷۷۶/۷۵ b | ۱۵۰۱/۷b |
| | ۸ | ۲۶/۰۷ a | ۱۶/۳۱ a | ۲/۸۱ a | ۴۵۶۸/۶ a | ۱۳۰۴۲/۶ a | ۳۵/۰۲ a | ۱۰۳۶/۷۴ a | ۱۹۷۳/۲ a |
| | ۱۲ | ۲۰/۵۸ b | ۱۵/۵۲ a | ۳/۲۲ a | ۴۶۲۵/۹ a | ۱۲۷۱۵/۶ a | ۳۶/۱۱ a | ۹۵۹/۴۱ a | ۱۸۲۱/۸ a |
| **محلول‌پاشی متانول (درصد حجمی)** | ۰ (آب مقطر) | ۲۵/۸۹ a | ۱۷/۱۷ a | ۲/۹۳ a | ۳۶۶۱/۹ a | ۱۰۸۴۶/۳ a | ۳۳/۹۸ a | ۶۷۸/۱۶ a | ۱۳۲۷/۱ a |
| | ۱۰ | ۲۲/۱۷ a | ۱۶/۵۶ a | ۲/۹۵ a | ۳۸۵۸/۶ a | ۱۱۰۹۴ a | ۳۴/۶ a | ۸۰۶/۱۶ a | ۱۵۳۱/۲ a |
| | ۲۰ | ۲۱/۳۷ a | ۱۶/۷ a | ۲/۹۳ a | ۴۳۵۸/۳ a | ۱۲۳۳۶/۲ a | ۳۴/۴۹ a | ۹۹۸/۱ a | ۱۸۵۳/۶ a |
| | ۳۰ | ۲۳/۷ a | ۱۸/۹ a | ۲/۲۵ a | ۳۹۱۲/۷ a | ۱۱۱۷۶/۲ a | ۳۴/۶ a | ۷۵۱/۹۲ a | ۱۴۶۱/۳ a |

اعداد هر گروه در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند

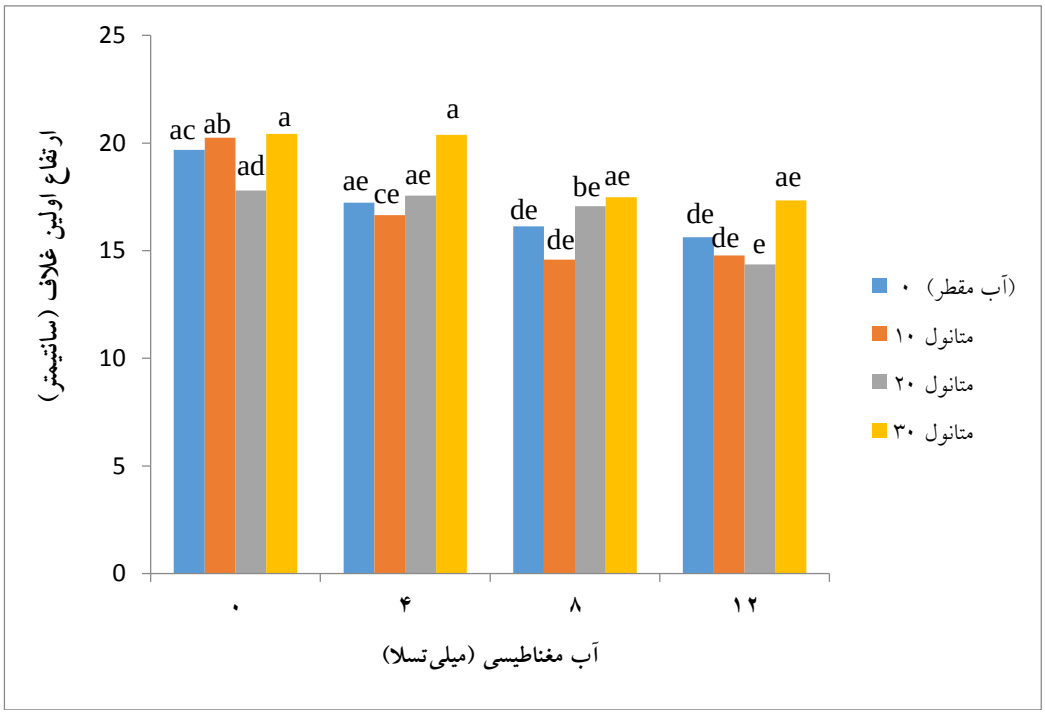



**شکل۱- میانگین ارتفاع اولین شاخه جانبی تحت تاثیر برهمکنش آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول**

## ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین

تحت تاثیر برهمکنش تیمارهای سال × آب مغناطیسی، سال × متانول و آب مغناطیسی × محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش شدت میدان مغناطیسی ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین کاهش یافت. با توجه به نتایج ارتفاع اولین شاخه جانبی و از آنجایی که اولین غلاف‌ها بر روی اولین شاخه‌ها تشکیل می‌گردند، بروز چنین نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد.

با بررسی مقایسه میانگین داده‌ها مشخص گردید که در تیمار محلول‌پاشی متانول در سطح ۱۰ و ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد اندکی کاهش نشان نداد ولی در غلظت ۳۰ درصد مجددا افزایش ارتفاع اولین غلاف مشاهده گردید هر چند غیر معنی‌دار بود (جدول۳). بر اساس نتایج برهمکنش آب مغناطیسی × محلول‌پاشی متانول ارتفاع اولین غلاف در تیمار ۳۰ درصد متانول و آب مغناطیسی صفر و چهار میلی‌تسلا حداکثر بود ولی با افزایش شدت میدان مغناطیسی در هشت و ۱۲ میلی‌تسلا ارتفاع کاهش یافت هر چند در این تیمارها نیز متانول ۳۰ درصد برتر بود (شکل۲).




**شکل۲- میانگین ارتفاع اولین غلاف تحت تاثیر برهمکنش آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول**

## تعداد شاخه جانبی در بوته

تیمارهای برهمکنش سال × آب مغناطیسی و سال × محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری را بر روی این صفت نشان دادند (جدول۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش در این بررسی نشان داد که حداکثر تعداد شاخه جانبی در بوته در تیمار سال دوم آزمایش و آب مغناطیسی با شدت ۱۲ میلی‌تسلا حاصل گردید. طی تحقیقی مشابه، افزایش وزن خشک شاخه جانبی در تیمار آبیاری با آب مغناطیسی با شدت ۰/۶ تسلا مشاهده گردید (۷). افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته، تحت تاثیر آب مغناطیسی توسط سایر محققان ثابت شده است طوسی و همکاران (۹). جمالی و همکاران (۳) نیز با بررسی آب مغناطیسی در شدت‌های ۰/۶-۰/۳ تسلا، افزایش تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی را در شدت ۰/۶ تسلا گزارش نمودند.

همچنین بر اساس نتایج برهمکنش سال × محلول‌پاشی متانول، حداکثر تعداد شاخه در بوته در سال دوم و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول حاصل گردید. بر اساس نتایج داده‌های هواشناسی در جدول۱ ممکن است وقوع شرایط اقلیمی مناسب در سال دوم شامل دمای مطلوب و بارندگی بیشتر، باعث بهبود رشد رویشی و در نتیجه افزایش تعداد شاخه‌های گیاه شده باشد. رامیرز و همکاران (۳۶) اعلام داشتند که با مصرف متانول روی برگ‌های گیاهان، ژن پکتین متیل استراز در سلول‌های برگ گیاهان فعال می‌شود که این امر باعث افزایش مقدار یون کلسیم قابل استفاده برای برگ‌های گیاه می‌شود و ممکن است انتقال مواد به سمت سلول‌های برگ به ویژه سلول‌های جوان را افزایش دهد. در آزمایشی مشابه بیشترین مقدار تولید انشعابات فرعی ساقه در تیمار متانول ۴۰ حاصل گردید منتهی با افزایش غلظت متانول به میزان ۵۰ درصد، انشعابات فرعی کاهش یافت (۵). طی تحقیقی دیگر تعداد شاخه

جانبی در گیاه سویا با افزایش غلظت متانول افزایش یافت و حداکثر مقدار در غلظت ۱۴ درصد بدست آمد (۱۳). عظیمی و نجات‌زاده (۱۰) نیز با کاربرد غلظت‌های ۴۰-۱۰ درصد حجمی متانول دریافتند که حداکثر تعداد ساقه فرعی و تعداد برگ بوته، در ۴۰ درصد حجمی متانول حاصل گردید. در عین حال در آزمایشی دیگر، بیشترین تعداد انشعابات ساقه، انشعابات ریشه، شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل با محلول‌پاشی متانول ۳۰ درصد به دست آمد (۵).

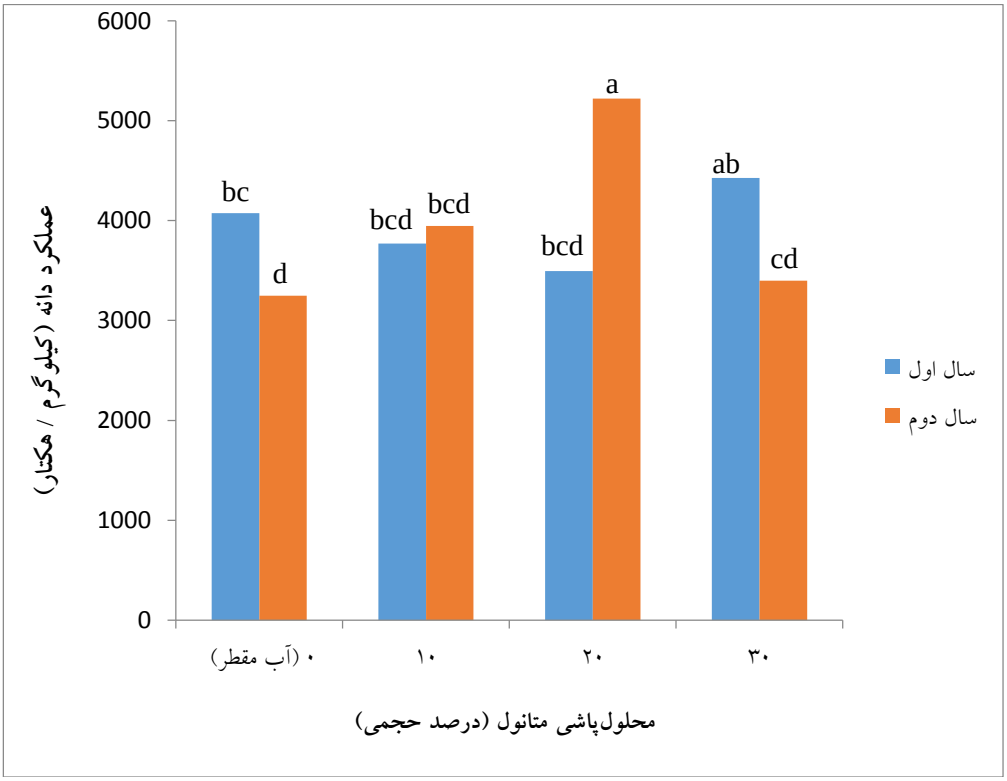
## عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تاثیر تیمار آب مغناطیسی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول۲). به طوری که با افزایش شدت میدان آب مغناطیسی از چهار تا ۱۲ میلی‌تسلا، عملکرد دانه به میزان ۷۲-۴۵ درصد افزایش یافت (جدول۳). به نظر می‌رسد تشکیل زودهنگام اولین غلاف‌ها بر روی شاخه‌های جانبی در ارتفاع پایین‌تر تحت تأثیر آب مغناطیسی، سبب افزایش جذب نور، فتوسنتز و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی به گل و تشکیل دانه‌های بیشتر شده باشد. افزایش رشد گیاهچه تحت تأثیر میدان مغناطیسی می‌تواند جذب آب و مواد مغذی را با تقویت رشد ریشه افزایش دهد و در نتیجه تعداد برگ، سطح برگ و فتوسنتز گیاه را افزایش دهد (۱۵). طوسی و همکاران (۹) تاثیر آب مغناطیسی بر افزایش طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه تحت تاثیرآب مغناطیسی گزارش نمودند.

افزایش عملکرد دانه توسط آب مغناطیسی ممکن است به دلیل افزایش فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه گیاه باشد. علی‌وردی و همکاران (۱۷) اعلام کردند که آب مغناطیسی باعث تثبیت و جذب نیتروژن و همچنین افزایش جذب فسفر و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در گیاه سویا می‌گردد. ال سید (۲۲) پی برد که عملکرد دانه به وسیله آب مغناطیسی به میزان ۶۳ درصد افزایش یافت. این محقق دریافت که آب مغناطیسی به دلیل افزایش تراکم شاخ و برگ و سایه‌اندازی سبب کاهش رشد علف‌های هرز شده و منابع غذایی گیاه زراعی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، تحریک فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، رشد، وزن خشک ریشه و ساقه توسط میدان مغناطیسی با افزایش تجمع عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم) و همچنین تحرک و جذب ریز مغذی‌ها (آهن، روی و منگنز) همراه است (۱۵). از طرف دیگر، قرار گرفتن آب در میدان مغناطیسی دمای آن را بین ۰/۴ تا ۰/۸ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهد که این امر بر سرعت تبخیر آب تأثیر می‌گذارد (۳۹). احتمالا این موضوع حلالیت عناصر در خاک پس از آبیاری را افزایش داده و در نتیجه با افزایش جریان تعرق، جذب عناصر غذایی را تسهیل می‌نماید.

در این آزمایش برهمکنش سال × محلول‌پاشی متانول نیز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. بر اساس نتایج حاصله حداکثر عملکرد دانه در سال دوم آزمایش و در غلظت ۲۰ درصد حجمی متانول به میزان ۵۲۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (شکل۳). بروز چنین نتیجه‌ای را باید در تغییر شرایط آب و هوایی در طی دو سال آزمایشی (افزایش بارندگی و از طرفی کاهش میزان تبخیر در سال دوم) که قطعا بر میزان تبخیر متانول از روی سطح برگ تاثیرگذار است، جستجو نمود (جدول۱). میرآخوری و همکاران (۱۳) در تحقیق مشابهی اعلام نمودند که عملکرد

لوبیا، چغندرقند، گوجه فرنگی و دانه کلزا تحت تاثیر تیمار ۳۰ درصد متانول، ۱۲ تا ۳۰ درصد افزایش یافت. آنها نتیجه گرفتند که افزایش عملکرد گیاهان تحت تأثیر متانول در محیط‌های کنترل شده مانند گلخانه مطلوب بوده، اما در شرایط آب و هوایی گرم و خشک مزرعه، به دلیل تبخیر سریع متانول، کارایی آن کاهش یافت.




**شکل۳- میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر برهمکنش سال و محلول‌پاشی متانول**

کاربرد متانول می‌تواند بر شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و افزایش سطح برگ گیاهان تأثیر بگذارد (۳۱). متانول ضمن کاهش نیاز آبی گیاهان (۲۱) با ایجاد تأخیر در پیری برگ‌ها سبب فعالیت فتوسنتزی بیشتر در برگ‌ها می‌شود که این خود به افزایش عملکرد منجر می‌شود (۳۵). طاهرآبادی و همکاران (۸)، بیان کردند با توجه به اینکه مراحل گل‌دهی گیاهان با شروع گرما و افزایش تنفس نوری مواجه است، بنابراین متانول می‌تواند با خنک کردن سطح کانوپی و افزایش میزان دی‌اکسید کربن در گیاه، فتوسنتز خالص را بالا برده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد گیاه گردد.

افزایش سرعت جذب دی اکسید کربن، تعرق، هدایت برگ، تقویت فعالیت نیترات ردوکتاز و آلکالین فسفاتاز (۴۱)، افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و اجزای عملکرد تحت تاثیر کاربرد متانول در نهایت منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (۳۱). امرایی و همکاران (۲) طی مطالعه‌ای پی بردند که محلول‌پاشی متانول اثر مثبت و معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی سویا داشت به طوری که منجر به افزایش ماده خشک و عملکرد دانه سویا شد و بیشترین عملکرد دانه طی محلول‌پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی حاصل گردید. در تحقیقی دیگر بر روی سویا

افزایش عملکرد دانه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف متانول به افزایش سرعت رشد گیاه، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه جانبی نسبت داده شد (۱۳). در گیاه لوبیا چیتی نیز، افزایش تعداد نیام در ساقه اصلی و وزن صد دانه سبب حصول حداکثر عملکرد دانه تحت تاثیر محلول‌پاشی متانول با غلظت پنج درصد اعلام گردید (۱۲).

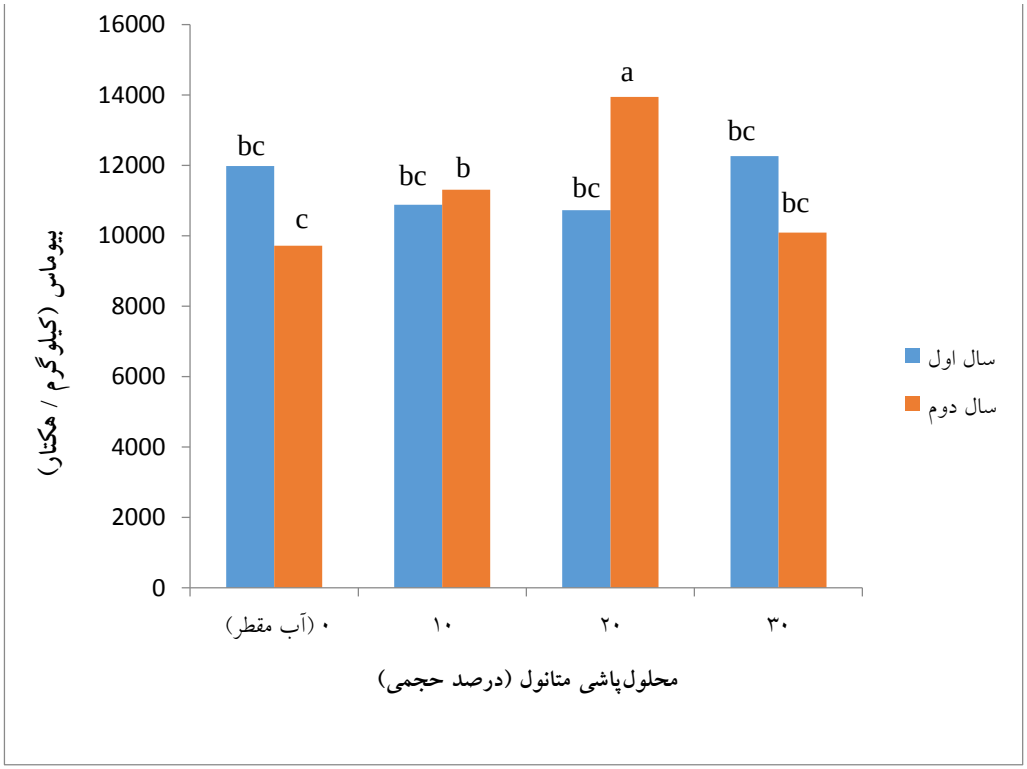
## بیوماس

اثر تیمار آب مغناطیسی و برهمکنش سال × آب مغناطیسی و سال × محلول‌پاشی متانول بر صفت بیوماس معنی‌دار گردید (جدول۲). مقایسه میانگین بیوماس تحت تاثیر آب مغناطیسی نشان داد که با افزایش شدت میدان مغناطیسی میزان بیوماس افزایش یافت به طوری که حداکثر میزان بیوماس در تیمار هشت میلی‌تسلا حاصل گردید (جدول۳). با توجه به نتایج قبلی بروز چنین نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد. صفری‌زاده ثانی و همکاران (۷) نیز طی تحقیقی با کاربرد آب مغناطیسی با شدت‌های ۰/۳ و ۰/۶ تسلا حداکثر وزن خشک شاخه جانبی، برگ و ساقه، تعداد گل، حجم ریشه، وزن ریشه، وزن گل و تعداد برگ و در نهایت بیوماس کل را در شدت ۰/۶ تسلا ذکر نمودند. این محققین دلیل افزایش رشد را افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجود در خاک تحت تاثیر آب مغناطیسی ذکر نمودند. در عین حال حبیبی و همکاران (۴) افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در شدت ۰/۴ تسلا گزارش نمودند. این محققین افزایش حلالیت عناصر ریزمغذی آهن و روی در خاک را تحت تاثیر آب مغناطیسی عامل این امر ذکر نمودند. طوسی و همکاران (۹) با تایید تاثیر مثبت آب مغناطیسی بر افزایش عملکرد بیولوژیک. مشاهده نمودند که افزایش عملکرد بیولوژیک در ارتباط با افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته بوده است. جمالی و همکاران (۳) دریافتند که کاربرد آب مغناطیسی با شدت ۰/۶-۰/۳ تسلا، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه را ۱۰-۸ درصد افزایش داد. این محققین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک اندام هوایی با تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی مشاهده نمودند.

در محلول‌پاشی متانول نیز بیشترین میانگین بیوماس مربوط به سطح ۲۰ درصد حجمی بود. برهمکنش این صفت نیز نشان داد که حداکثر بیوماس گیاهی در سال دوم آزمایش و تحت تاثیر متانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی حاصل گردید (شکل۴). همانطور که قبلا اشاره شد احتمالا بهبود شرایط آب و هوایی در سال دوم آزمایش می‌تواند سبب این امر گردیده است. حقیقی و همکاران (۲۴) در تحقیقی بر روی گیاه چغندر علوفه‌ای دریافتند که طول ریشه، عملکرد ریشه و اندام هوایی در غلظت ۱۵ درصد متانول افزایش یافت و پی بردند که این افزایش در منطقه همدان که دارای آب و هوای معتدل بود نسبت به قم که دارای آب و هوای نیمه خشک و گرم بود، بیشتر بود. طی تحقیقی مشابه بر روی گیاه سویا، کاربرد متانول با غلظت ۲۱-۱۴ درصد حجمی بیوماس گیاه را افزایش داد (۱۳). این محققین افزایش سطح برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را عامل این افزایش معرفی نمودند. مخدوم و همکاران (۳۰)، تأثیر متانول را بر پنبه بررسی کردند و اظهار داشتند که متانول مصرفی، نیاز پنبه را به آب کاهش، میزان فتوسنتز و سطح برگ را افزایش و در نهایت وزن خشک و عملکرد دانه را افزایش داد. خمر و همکاران (۶) با محلول‌پاشی متانول در غلظت ۵۰-۱۰ درصد بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در غلظت ۴۰ درصد متانول گزارش نمودند.

همچنین عظیمی و نجات‌زاده (۱۰) بیشترین وزن خشک بوته را در غلظت ۴۰ درصد متانول مشاهده و همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین بیوماس و تعداد ساقه فرعی و تعداد برگ در بوته گزارش نمودند. طی آزمایشی مشابه با

مقایسه متانول در غلظت پنج و ۱۰ درصد در گیاه لوبیا چیتی، حداکثر عملکرد بیولوژیک در تیمار محلول‌پاشی متانول با غلظت پنج درصد مشاهده گردید (۱۲). در عین حال اترک و موجادام (۲۰) با مقایسه غلظت ۱۰ و۲۰ متانول بر لوبیا چشم بلبلی دریافتند که بیشترین عملکرد بیولوژیک در غلظت ۲۰ درصد حاصل شد. این محققین پی بردند که در این تیمار حداکثر اجزای عملکرد و عملکرد دانه نیز حاصل گردید. طی تحقیقی دیگر با مطالعه متانول و اتانول در غلظت‌های ۵۰-۱۰ درصد، بیشترین قطر ساقه، تعداد برگ در ساقه، طول برگ، عرض برگ، وزن تر ریشه، وزن تر گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک گیاه، در محلول‌پاشی متانول با غلظت ۴۰ درصد بدست آمد (۵).




**شکل۴- میانگین بیوماس تحت تاثیر برهمکنش سال × محلول‌پاشی متانول**

## شاخص برداشت

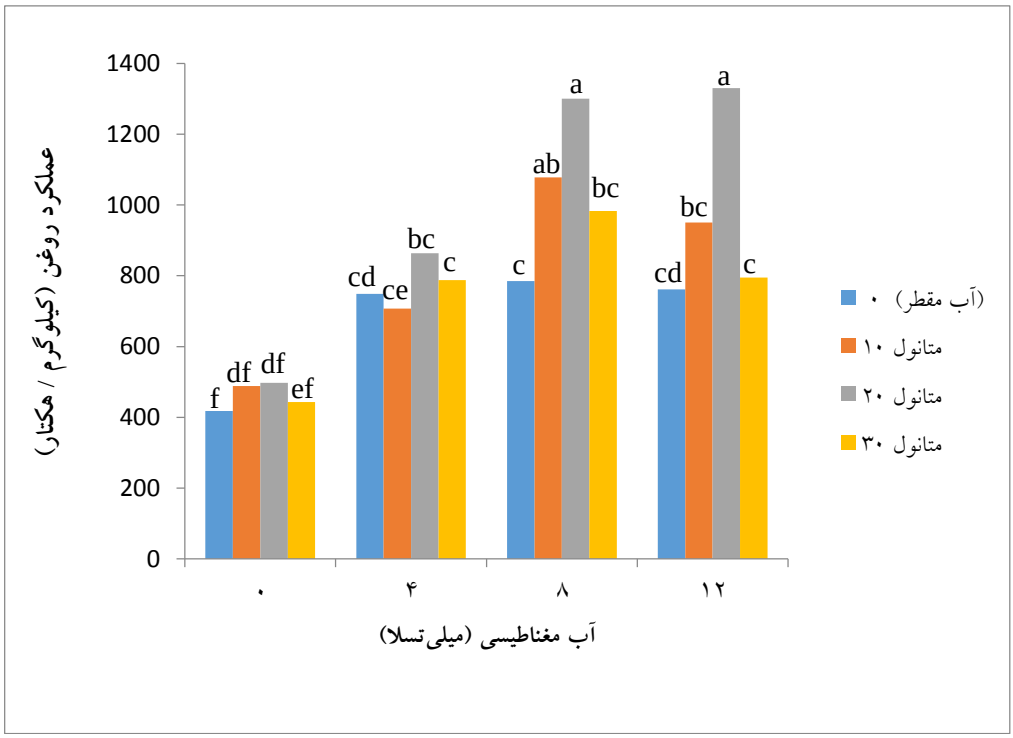
شاخص برداشت، بیانگر میزان انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن می‌باشد. بدیهی است که هرچه مواد فتوسنتزی بیشتری از اندام‌های سبز گیاه به دانه‌ها منتقل شود سهم وزن دانه از کل گیاه افزایش می‌یابد (۳۷). شاخص برداشت تحت تاثیر آب مغناطیسی و متانول افزایش یافت هر چند معنی‌دار نگردید. به نظر می‌رسد تاثیر تیمارهای آزمایشی بر افزایش وزن دانه‌ها در مقایسه با وزن کل اندام‌های بالای سطح خاک (بیوماس) بیشتر بوده است (جدول۳). در تحقیقی مشابه آب مغناطیسی شاخص برداشت را در گیاه سویا افزایش داد (۹).

شاخص برداشت تحت تاثیر سال × محلول‌پاشی متانول در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. به طوری که حداکثر شاخص برداشت (۳۶/۷ درصد) در سال دوم و ۲۰ درصد حجمی متانول حاصل گردید. به نظر می‌رسد بهبود شرایط آب و هوایی در سال دوم سبب این برتری شده باشد. متانول از طریق تأثیر بر زودرسی محصول می‌تواند موجب افزایش شاخص برداشت شود (۳۳). طی تحقیقی مشابه بیشترین درصد شاخص برداشت لوبیا سبز در تیمار متانول ۲۰ درصد حاصل گردید (۱۹). میرآخوری و همکاران (۱۳) نیز حداکثر شاخص برداشت در گیاه سویا را تحت تاثیر متانول با غلظت ۲۱ درصد گزارش نمودند. خمر و همکاران (۶) بیشترین شاخص برداشت را در ۱۰ درصد و بدنبال آن در ۲۰ درصد حجمی متانول مشاهده نمودند. این محققین افزایش تعداد دانه در نیام را عامل افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت ذکر نمودند. طی آزمایشی مشابه در گیاه لوبیا چیتی، افزایش تعداد نیام در ساقه اصلی و وزن صد دانه، سبب افزایش شاخص برداشت در غلظت پنج درصد محلول‌پاشی متانول اعلام گردید (۱۲). اترک و موجادام (۲۰) نیز در گیاه لوبیا چشم بلبلی حداکثر شاخص برداشت را در ۲۰ درصد حجمی گزارش نمودند.

## عملکرد روغن

عملکرد روغن، تحت تاثیر تیمار آب مغناطیسی، سال × آب مغناطیسی، سال × محلول‌پاشی متانول و همچنین آب مغناطیسی × محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها در این بررسی نشان دادند که آب مغناطیسی با سطوح هشت و ۱۲ بیشترین میانگین عملکرد روغن را به خود اختصاص دادند و تفاوت معنی‌داری را با بقیه سطوح از خود نشان دادند و همچنین محلول‌پاشی متانول با سطح ۲۰ درصد حجمی بیشترین میانگین را به خود اختصاص داد هر چند تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها از خود نشان نداد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش آب مغناطیسی با شدت هشت و ۱۲ میلی‌تسلا به همراه محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول حداکثر عملکرد روغن را تولید نمودند (شکل۵). افزایش حلالیت و جذب مواد مغذی ضروری گیاه توسط آب مغناطیسی، همراه با افزایش دسترسی و تثبیت دی اکسید کربن در فتوسنتز از طریق محلول‌پاشی متانول، ممکن است باعث افزایش درصد روغن و پروتئین شود. طی تحقیقی افزایش میزان روغن و پروتئین سویا تحت تاثیر کاربرد عناصر غذایی از جمله آهن و منگنز تایید شده است (۲۷). آب مغناطیسی باعث افزایش قابل توجه در محتوای ریز مغذی‌های منگنز و مس در گیاهان شده و از این طریق منجر به افزایش درصد روغن دانه (۱۴/۲۹ درصد)، اسیدهای چرب غیراشباع (۳۴/۱ درصد) و عملکرد روغن (۵۸/۵۱ درصد) می‌گردد (۲۵). حبیبی و همکاران (۴) افزایش غلظت آهن و روی را در بلال ذرت علوفه‌ای آبیاری شده با آب مغناطیسی در شدت ۰/۴ تسلا. گزارش نمودند. افزایش عملکرد روغن سویا تحت تاثیر آب مغناطیسی توسط سایر محققان تایید گردیده است (۹). همچنین طی آزمایشی مشابه حداکثر عملکرد روغن در سویا تحت تاثیر متانول ۲۱ درصد گزارش شده است (۱۳).




**شکل۵- میانگین عملکرد روغن تحت تاثیر برهمکنش آب مغناطیسی و محلول‌پاشی متانول**

## عملکرد پروتئین

با بررسی جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت عملکرد پروتئین، مشخص شد که تیمار آب مغناطیسی در سطح پنج درصد و برهمکنش سال × متانول، از لحاظ آماری در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آب مغناطیسی با شدت هشت و ۱۲ میلی‌تسلا بیشترین میانگین را به خود اختصاص دادند (جدول۳). همچنین در برهمکنش سال × محلول‌پاشی متانول بیشترین میانگین مربوط به سطح ۲۰ درصد حجمی و در سال دوم آزمایش حاصل گردید. به نظر می‌رسد که افزایش میزان پروتئین سویا به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر تحت تأثیر کاربرد آب مغناطیسی حاصل گردیده است. در تحقیقی مشابه، اعمال آب مغناطیسی منجر به افزایش میزان کربوهیدرات و پروتئین لوبیا به ترتیب به میزان ۱۳/۶۸ و ۱۹/۶۹ درصد گردید (۲۲). این محقق دلیل این موضوع را افزایش مقادیر هورمون‌های محرک رشد مانند اسید ایندول۳-استیک، اسید جیبرلیک و سیتوکنین اعلام نمود. همچنین این محقق پی برد که آب مغناطیسی می‌تواند محتوای پتاسیم، کلسیم و فسفر را در تمام اندام‌های گیاه لوبیا (ریشه، ساقه، برگ و دانه) افزایش دهد. طی تحقیقی مشابه افزایش عملکرد پروتئین سویا تحت تاثیر آب مغناطیسی مشاهده گردید (۹). صفرزاده ویشگاهی و همکاران (۳۸) نیز با انجام آزمایشی اعلام داشتند که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش درصد پروتئین دانه در بادام زمینی گردید.

همچنین میرآخوری و همکاران (۱۳) محلول‌پاشی متانول ۲۱ درصد را جهت کسب حداکثر عملکرد پروتئین سویا توصیه نمودند.

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق، کاربرد آب مغناطیسی در شدت هشت و ۱۲ میلی‌تسلا سبب افزایش قابل توجهی در مقادیر صفات مورد بررسی گردید. به طوری که عملکرد دانه سویا در شدت ۱۲ میلی‌تسلا به میزان ۷۲/۱۹ افزایش یافت. محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف متانول نیز باعث افزایش عمده صفات مورد مطالعه از جمله: عملکرد دانه، روغن و پروتئین دانه گیاه سویا در طی دو سال آزمایشی گردید. در نهایت نظر به این که عملکرد روغن و پروتئین در واحد سطح برآیند صفات مورد مطالعه می‌باشد و از آنجایی که تامین روغن و پروتئین مورد نیاز انسان و دام بسیار حائز اهمیت می‌باشد، از این رو تیمار آب مغناطیسی با شدت هشت میلی‌تسلا و محلول‌پاشی متانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی به دلیل کسب حداکثر میزان تولید روغن و پروتئین در هکتار و توجیه اقتصادی به عنوان تیمار برتر مشخص گردید و لذا اعمال این تیمارها جهت کشت سویا در مناطق آب و هوایی مشابه توصیه می‌گردد.

## منابع مورد استفاده

**۱- احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. و کاظمیان، آ. ۱۳۹۹.** آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۸۹ صفحه.

**۲- امرایی، ب.، پاکنژاد، ف.، ابراهیمی، م. ع. و سبحانیان، ح. ۱۳۹۶.** اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد دانه و شاخص‌های رشد سویا (*Glycine max* L.). فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۳۴): ۱۲۹-۱۱۱.

**۳- جمالی، ص.، انصاری، ح. و صفری‌زاده ثانی، ع. ۱۳۹۹.** تاثیر سطوح مختلف آبیاری و آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد گیاه دارویی نعنا فلفلی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴ (۳): ۴۳۳-۴۴۷.

**۴- حبیبی، ه.، موحدی نائینی، س. ع. ر.، خوش‌روش، م. و صابری، ع. ر. ۱۳۹۸.** تاثیر آب مغناطیسی بر عملکرد و جذب برخی از عناصر در ذرت در شرایط مزرعه. مهندسی زراعی. ۴۲ (۲): ۱۳۲-۱۴۱.

**۵- خسروی، م. ف.، مهرآفرین، ع.، نقدی بادی، ح. ع.، حاجی‌آقایی، ر. و خسروی، ا. ۱۳۹۰.** تأثیر کاربرد متانول و اتانول بر عملکرد گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) در منطقه کرج. فصلنامه داروهای گیاهی. ۲ (۲): ۱۲۸-۱۲۱.

**۶- خمر، م.، مبصر، ح. ر. و کیخایی، س. ۱۳۹۷.** بررسی تاثیر زمان و سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiate*). پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر. ۱۵ (۲): ۸۳-۹۱.

**۷- صفری‌زاده ثانی، ع.، جمالی، ص. و بانژاد ح. ۱۴۰۰.** بررسی اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در بافت‌های مختلف کشت. مجله پژوهش آب ایران. ۴۰: ۸۵-۷۵.

**۸- طاهرآبادی، ش. ب.، پارسا، م. و نظامی، ا. ۱۳۹۱.** تأثیر محلول‌پاشی متانول و مقدار آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود. نشریه آب و خاک. ۲۶ (۱): ۲۳۵-۲۲۶.

**۹- طوسی، پ.، تاجبخش، م.، اصفهانی، م. و ربیعی، م. ۱۳۹۳.** اثر محرک‌های رشد آلی و آب مغناطیسی بر شاخص برداشت روغن و عملکرد پروتئین سویا (*Glycine max*. L.) در زمان‌های متفاوت برداشت. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۴ (۱۲): ۱۳-۲۴.

**۱۰- عظیمی، ف. و نجات‌زاده، ف. ۱۳۹۹.** بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول بر تغییرات رشد، عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه خاکشیر (*Descurainia sophia* L.). تولیدات گیاهی. ۴۳ (۱): ۹۲-۸۱.

**۱۱- عظیمی، ن.، مجد، ا.، نژادستاری، ط.، قناتی، ف. و اربابیان، ص. ۱۳۹۶.** بررسی اثر آب مغناطیده بر دوره رشد رویشی، مراحل تکوین مادگی، بساک و فراساختار دانه گرده عدس (*Lens culinaris* L.). فصلنامه زیست شناسی تکوینی. ۹ (۳): ۲۳-۳۲.

**۱۲- عمارت‌پرداز، ج.، حامی، ا. و دواتی کاظم‌نیا، ح. ۱۳۹۴.** تاثیر محلول‌پاشی متانول بر اجزای عملکرد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش‌آبی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ویژه‌نامه تابستان: ۱۳۷-۱۲۵.

**۱۳- میرآخوری، م.، پاک‌نژاد، ف.، ناظری، پ.، مرادی، ف. و نصری، م. ۱۳۸۹.** بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول بر راندمان مصرف تشعشع، تشعشع فعال جذب شده تجمعی، ضریب استهلاک نوری و شاخص سطح برگ در سویا. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ۲ (۱): ۲۳-۱.

**14-Abd-Elrahman, Sh. H. and Shalaby, O. A. 2017.** Response of wheat plants to irrigation with magnetized water under Egyptian soil conditions. Egyptian Journal of Soil Science. 57 (4): 477–488.

**15-Abedinpour, M. and Rohani. R. 2017.** Effects of magnetized water application on soil and maize growth indices under different amounts of salt in the water. Journal of Water Reuse and Desalination. 7 (3): 319-325.

**16-Alderfasi, A. A., Al-Suhaibani, N. A., Selim, M. M. and Al-Hammad, B. A. A. 2016.** Using magnetic technologies in management of water irrigation programs under arid and semi-arid ecosystem. Advances in Plants & Agriculture Research. 3 (4):109–116.

**17-Aliverdi, A., Parsa, M. and Hammami, H. 2015.** Increased soyabean-rhizobium symbiosis by magnetically treated water. Biological Agriculture & Horticulture. An International Journal for Sustainable Production Systems. 2015: 1-10.

**18-Ashraf, M. W. 2014.** Magnetic treatment of irrigation water and its effect on water salinity. 2nd International Conference on Food and Agricultural Sciences. IPCBEE vol.77 (2014), IACSIT Press, Singapore.

**19-Aslani, A. 2011.** Effect of time and foliar spraying by methanol on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata L*). Middle-East Journal of Scientific Research 8 (1): 173-177.

**20- Atrak, H. and Mojadam, M. 2021.** Evaluation effect of foliar application of methanol and zinc chelate on crop production of cowpea (*Vigna Sinensis* L.) in warm and dry climate condition. Journal of Crop Nutrition Science. 7 (2): 36-44.

**21-Bayat, V., Paknejad, F., Ardakani, M. R., Vazan, S., Azizi, J. and Mafakheri, S. 2012.** Effect of methanol spraying on physiological characteristics, oil and protein yields of soybean (cv. Williams) under deficit irrigation. Annals of Biological Research. 3 (2): 871-883.

**22-El Sayed, H. A. E. S. 2014.** Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. American Journal of Experimental Agriculture. 4 (4): 476-496.

**23-Galbally I. E. and Kirstine, W. 2002.** The production of methanol by flowering plants and the global cycle of methanol. Journal of Atmospheric Chemistry. 43: 195-229.

**24- Haghighi, P.; Habibi, D.;Mozafari, H.; Sani, B.; Sadeghishoae, M. 2021.** Impact of Methanol and glycine betaine on yield and quality of fodder beet genotypes (*Beta vulgaris* subsp. vulgaris). Agronomy. 11: 1-22.

**25-Hozayn, M., Abdallha, M. M., Abd El-Monem, A. A, El-Saady, A. A. and Darwish, M. A**. 2016. Applications of magnetic technology in agriculture: A novel tool for improving crop productivity (1): Canola. African Journal of Agricultural Research. 11 (5): 441-449.

**26-Khaki-Moghadam, A. and Rokhzadi A. 2015.** Growth and yield parameters of safflower (*Carthamus tinctorius*) as influenced by foliar methanol application under well-watered and water deficit conditions. Environmental and Experimental Biology. 13: 93-97

**27-Kobraee, S. and Shamsi, K. 2015.** Relationships between oil, protein and dry matter in soybean seed with some of micronutrients fertilization. Research Journal of Soil Biology. 7: 56–63.

**28-Leatherwood, W. R. 2005.** Influence of salt stress on germination, root elongation and carbohydrate content of five salt tolerant and sensitive taxa. MSc. dissertation, Department of Horticultural Science, North Carolina State University, pp: 254.

**29- Liu, X., Zhang, H., Wang, J., Wu, X., Ma, S., Xu, Z., Zhou, T., Xu, N., Tang, X. and An, B. 2019.** Increased $CO_2$ concentrations increasing water use efficiency and improvement PSII function of mulberry seedling leaves under drought stress. Journal of Plant Interactions. 14: (1): 213-223.

**30-Makhdum, M. I., Malik, M. N. A, Din, S. U., Ahmad, F. and Chaudhry, F. I. 2002.** Physiological response of cotton to methanol foliar application. Journal of Researches in Sciences 13: 37-43.

**31-Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M. R., Zahedi, H. and Nazeri, P. 2009.** Effect of drought stress and methanol on yield and yield components of soybean max (L 17). American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 5 (4): 162-169.

**32-Nadali, F., Paknejad, F., Moradi, S., Vazan, M., Tookalo, M. and Pzoki, A. 2010.** Effects of methanol on sugerbeet. Australian journal of Crop Science. 4(6): 398-410.

**33-Nonomura, A. M. and Benson, A. A. 1992.** The path of carbon in photosynthesis: Improved crop yields with methanol. Proceeding of the National Academy of Sciences. USA, 89: 9794-9798.

**34-Nonomura A. M., Benson A. A. 1997.** Methods and compositions for enhancing carbon fixation in plants. United States Patent, number 55974.

**35-Ramberg, H. A., Bardly, J. S. C., Olson, J. S. C., Nisho, J. N., Mrkwell, J. and Sterman, J. C. O. 2002.** The role of methanol in promoting plant growth: An update. Rev. Plant Biochem. Biotechnol. 1: 113-126.

**36-Ramirrez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. and Pean-Cortes, H. 2006.** Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. Plant Growth Regulation 25: 30-44.

**37-Rezaeyan Zade, E. 2008.** The effect of supplemental irrigation on yield and yield components and growth indices in three chickpea cultivars (*Cicer arietinum L.)*. MBA. Thesis. University of Mashhad, Iran.

**38-Safarzade vishkaei, M., Noormohammadi, Gh., Majidi, A. and Rabii, B. 2008.** Effect of methanol on the growth function peanuts. Special Issue. Journal of Agricultural Sciences. 1: 87-102.

**39-Shalatonin, V. 2017.** Effect of unipolar magnetic field on macroscopic properties of distilled water. International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences. 6 (3): 89-93.

**40-Singh, A., Kumar, S., Akula, S., Lawrence, D. M. and Lombardozzi, D. L. 2020.** Plant growth nullifies the effect of increased water use efficiency on stream flow under elevated CO2 in the southeastern United States. Geophysical Research Letters.

**41-Zbieć, I., Karczmarczyk, S. and Podsiadł, O. 2003.** Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 6 (1): 1-7.

**42-Zlotopolski V. 2017.** The impact of magnetic water treatment on salt distribution in a large unsaturated soil column. International Soil and Water Conservation Research. 5 (4): 253-257.

**Bi-Quarterly Journal of Plant Production**
**Vol. 12, Issue 1, Spring and Summer 2022**

# Evaluation of soybean reaction by magnetic water and methanol foliar application

Aref Fatehi[1], Babak Pasari[2*], Asad Rokhzadi[2]

1- Ph.D. Student of Agronomy - Department of Agronomy and plant breeding, Sanandaj branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

2- Assistant professor, Department of Agronomy and plant breeding, Sanandaj branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

[*]Corresponding Author Email: bpasary@yahoo.com

**(Received: 1 May 2022; Accepted: 24 June 2022)**

## Abstract

The irrigation by magnetic water increases the yield of plants by improving solubility and the nutrients availability in the soil profile. Furthermore, methanol spraying as a source of carbon dioxide, which increases the concentration of this gas around the plant, enhances the photosynthesis and plant yield. This study was conducted to evaluate soybean reaction by irrigation with different magnetic field intensities and foliar application of different concentrations of methanol in the research field at the Agriculture Faculty, Islamic Azad University-Sanandaj branch, during two consecutive years (2017 – 2018). The experiment was designed as a split plot in a randomized complete block design with 3 replications. Different intensities of magnetic water (0, 4, 8, 12 mTesla) were used in the main plot and foliar application of methanol concentrations (distilled water: control, 10, 20 and 30% v/v) in sub-plots. The results showed that the height of first axillary stem decreased significantly but grain yield, biomass, oil and protein yield were significantly higher in treatments with magnetic water. Grain yield, increased by magnetic irrigation with 4, 8 and 12 mT intensities, compared to the control, by 45.56, 70.05 and 72.19%, respectively. Also the all characters were significantly affected by methanol spraying× year interactions. The interactions of magnetic water × methanol foliar applications were significant in some characters. However, based on interaction effect, superiority of the studied traits was evident in the second year under the influence of magnetic water at 8 mT and 20% methanol.

**Keywords**: Magnetic water, Methanol, Soybean, Yield.