

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت گرایش اگرواکولوژی

تأثیر محلول پاشی عناصر ریز مغذی همراه با سورفکتانت های مختلف بر

خصوصیات کمی و کیفی و رابطه همزیستی گیاه سویا

نگارنده : سمیه قاسمی دیجویجینی

اساتید راهنما:

دکتر مهدی برادران فیروز آبادی

دکتر حسن مکاریان

شهریور ۱۳۹۷

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که، هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را، نمونه‌مان شد و به هم نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و
خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت.

تقدیم به مقدس‌ترین واژه مادر لغت نامه دلم

مادر مهربانم که زندگی ام بدون مهر و عطوفت آن می‌دانم.

پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

قدر دانی و تشکر

باور به چیزی داشتن تنها زمانی میسر می‌شود که خواهان باشی و راهرو مسیر، در غیر این حال تنها تکاپو در بیراه است و بس. به بیراهه رفتن و نیافتن مقصد چیز غیر قابل تصویری نیست آن هم زمانی که هیچ راهنمایی چراغ مسیر را به سوی چشمان جوینده نگیرد.

برای سپاس از آنچه که ارزانی می‌دارید به خوشه‌ای از یک مزرعه بزرگ هدف و کلامی بیانگرش نمی‌تواند باشد و هیچ چیز مادی نمی‌تواند این راه پر از معنویت را بها بخشد تنها توانی که در این خوشه است زبان سپاس و تشکر است که صادقانه از شما سپاسگزار است برای تمام زحمات و مشقاتی که در طی این مسیر متحمل شدید تا بیراهه‌ای در پیش رو نداشته باشم. تقدیر ویژه دارم از استاد گرامی جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی، جهت روشن نمودن راهی که ابتدای آن بدون وجود ایشان و رهنمودهایشان به کوره راه ختم می‌شد. و همچنین از استاد محترم جناب آقای دکتر حسن مکاریان که در سایه عالمانه و تلاش‌های بی دریغشان این بار گران به منزل رسید.

بدین وسیله از جناب آقای دکتر سلیمان قاسمی و شرکت طبیعت گرا که مایع تلقیح برادی رایزوبیوم با نام تجاری بایوسوی و همچنین مهندس بابک سلیم‌زاده و شرکت راک شیمی که سورفکتانت‌ها را در اختیار ما قرار دادند قدردانی می‌شود.

دوستان گرامی‌ام: مهندس محبوبه حجتی و

دوست همیشه همراهم خانم زینب بنی‌نعمه

تعهد نامه

اینجانب سمیه قاسمی دیجیو جینی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اکولوژیک دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی همراه با سورفکتانت‌های مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی و رابطه همزیستی گیاه سویا تحت راهنمایی دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر حسن مکاریان متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

سورفکتانت‌ها ترکیبات شیمیایی پیچیده‌ای هستند که به مقدار قابل توجهی در کشاورزی از آن‌ها استفاده می‌شود. سورفکتانت‌ها به عنوان ماده افزودنی به چهار گروه بزرگ آنیونیک، کاتیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت تقسیم شده‌اند. کاربرد ریزمغذی‌ها (آهن، روی و ...) با وجود نیاز اندک گیاهان به آن‌ها نقش اساسی در تغذیه، واکنش‌های آنزیمی و مقاومت گیاهان در برابر شرایط نامساعد محیطی ایفا می‌کنند. بهترین حالت پیشنهاد شده برای چگونگی مصرف سورفکتانت‌ها و عناصر ریز-مغذی استفاده از آن‌ها به صورت محلول پاشی (تغذیه‌برگی) است. با توجه به اثرات مفید سورفکتانت‌ها، استفاده از این ماده همراه با کود ریزمغذی می‌تواند یک راهکار مناسب در جهت بهبود شرایط رشد و نمو گیاه به شمار رود. به همین منظور آزمایشی در جهت ارزیابی تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی همراه با سورفکتانت‌های مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی و رابطه هم‌زیستی گیاه سویا در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول پاشی با کود مایع ریزمغذی (میکرونوا) در ۳ سطح (صفر، ۲ و ۴ در هزار) و افزودن سورفکتانت در ۵ سطح (شاهد، آنیونیک، کاتیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت هر کدام با غلظت ۲ میلی‌لیتر در یک لیتر آب) بودند که به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. اعمال تیمارها در مرحله شروع گلدهی صورت گرفت. نتایج نشان داد محلول پاشی ریزمغذی صفات عملکرد و اجزای عملکرد و اکثر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مانند مقدار آنتوسیانین، غلظت کلروفیل، محتوای قند محلول، قطر و ارتفاع ساقه را بهبود بخشید. هم چنین افزودن سورفکتانت به محلول مغذی اثر مثبت و معنی داری بر جمعیت باکتری برادی رایزوبیوم، مقادیر آهن و روی موجود در برگ داشت. کاربرد برگی سورفکتانت نانیونیک، بیوسورفکتانت و کاتیونیک همراه با کود ریز مغذی ۴ در هزار به طور معنی داری عملکرد روغن و پروتئین را نسبت به شاهد ارتقا بخشیدند. بالاترین عملکرد دانه نیز زمانی حاصل شد که کود ریزمغذی ۲ در هزار به تنهایی (۴۹۰ گرم در مترمربع) و بیوسورفکتانت

همراه با ریزمغذی ۴ در هزار (۵۰۶/۴ گرم در مترمربع) محلول پاشی گردید. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با دو برابر شدن غلظت ریزمغذی در برخی سطوح سورفکتانت تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشت و ترکیب این ریزمغذی با ماده افزودنی بیوسورفکتانت موثرتر بود.

کلمات کلیدی: ماده افزودنی، تغذیه برگ، صفات کیفی

مقالات مستخرج از پایان نامه

قاسمی دیجوجینی، س.، برادران فیروزآبادی، م.، مکاریان، ح.، ۱۳۹۶. تأثیر محلول پاشی عناصر ریز- مغذی همراه با سورفکتانت‌های مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا. پنجمین کنفرانس فیزیولوژی گیاهی ایران. ۸-۹ شهریور. دانشگاه زنجان.

قاسمی دیجوجینی، س.، برادران فیروزآبادی، م.، مکاریان، ح.، ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی عناصر ریزمغذی و انواع سورفکتانت‌ها بر وزن خشک برگ، ساقه و محتوای نسبی آب برگ گیاه سویا. پنجمین کنفرانس فیزیولوژی گیاهی ایران. ۸-۹ شهریور. دانشگاه زنجان.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول مقدمه	۱
۱- مقدمه	۲
فصل دوم بررسی منابع	۵
۱-۲- سویا	۶
۱-۱-۲- تاریخچه و اهمیت	۶
۲-۱-۲- گیاه شناسی	۷
۳-۱-۲- خصوصیات اکولوژیکی	۱۰
۴-۱-۲- نیاز غذایی	۱۰
۲-۲- کود زیستی	۱۱
۳-۲- سورفکتانت	۱۲
۴-۲- محلول پاشی	۱۳
۵-۲- آهن	۱۴
۱-۵-۲- نقش آهن در سلامت انسان	۱۴
۲-۵-۲- نقش آهن در تغذیه گیاه	۱۴
۳-۵-۲- تشخیص علائم کمبود آهن در گیاهان	۱۵
۶-۲- روی	۱۶
۱-۶-۲- نقش روی در سلامتی انسان	۱۶
۲-۶-۲- نقش روی در گیاهان	۱۷
۳-۶-۲- تشخیص علائم کمبود روی در گیاهان	۱۷
۷-۲- تأثیر عناصر آهن و روی بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان	۱۸
۱-۷-۲- تجمع ماده خشک	۱۸
۲-۷-۲- سطح برگ	۱۹

۱۹	 ارتفاع ۳-۷-۲
۲۰	 قطر ساقه ۴-۷-۲
۲۰	 شاخه فرعی ۵-۷-۲
۲۱	 عملکرد و اجزای عملکرد ۶-۷-۲
۲۴	 تأثیر عناصر آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاهان ۸-۲
۲۴	 کلروفیل ۱-۸-۲
۲۵	 محتوای نسبی آب برگ ۲-۸-۲
۲۵	 پایداری غشاء پلاسمایی ۳-۸-۲
۲۶	 محتوای قندهای محلول ۴-۸-۲
۲۶	 آنتوسیانین و فلاونوئید ۵-۸-۲
۲۷	 تأثیر عناصر آهن و روی بر برخی صفات کیفی ۹-۲
۲۷	 غلظت آهن و روی در اندامهای هوایی ۱-۹-۲
۲۸	 پروتئین دانه ۲-۹-۲
۲۸	 روغن دانه ۳-۹-۲
۳۱	 فصل سوم مواد و روشها
۳۲	 ۱-۳ زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۳۲	 ۲-۳ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش
۳۳	 ۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی
۳۴	 ۴-۳ عملیات اجرایی
۳۴	 ۱-۴-۳ آماده سازی بستر و کاشت
۳۴	 ۲-۴-۳ داشت
۳۵	 ۳-۴-۳ محلول پاشی
۳۵	 ۳-۴-۳ برداشت
۳۵	 ۵-۴-۳ نمونه برداری
۳۶	 ۵-۳ اندازه گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

۳۶	۳-۵-۱- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف
۳۶	۳-۵-۲- شاخص سطح برگ
۳۶	۳-۵-۳- عملکرد و اجزای عملکرد
۳۷	۳-۶-۱- اندازه گیری صفات فیزیولوژیک
۳۷	۳-۶-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید
۳۸	۳-۶-۲- مقدار آب نسبی برگ
۳۸	۳-۶-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ
۳۹	۳-۶-۴- محتوای قندهای محلول برگ
۴۰	۳-۶-۵- میزان آنتوسیانین
۴۰	۳-۶-۶- فلاونوئید
۴۱	۳-۶-۷- غلظت عناصر آهن و روی در برگ
۴۱	۳-۷- اندازه گیری جمعیت برادی رایزوبیوم
۴۱	۳-۸- اندازه گیری صفات کیفی
۴۱	۱-۸-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه
۴۳	۳-۸-۲- درصد و عملکرد روغن
۴۳	۳-۹- تجزیه و تحلیل داده ها
۴۵	فصل چهارم نتایج و بحث
۴۶	۴-۱- تجمع ماده خشک برگ، ساقه و غلات
۴۶	۴-۱-۱- وزن خشک برگ
۴۷	۴-۱-۲- وزن خشک ساقه
۴۷	۴-۱-۳- وزن خشک غلاف
۴۸	۴-۲- شاخص سطح برگ
۴۸	۴-۳- ارتفاع ساقه
۵۰	۴-۴- قطر ساقه
۵۱	۴-۵- شاخه فرعی

۵۲.....	۴-۶- عملکرد و اجزای عملکرد
۵۲.....	۴-۶-۱- تعداد غلاف در بوته
۵۳.....	۴-۶-۲- تعداد دانه در غلاف
۵۴.....	۴-۶-۳- وزن صد دانه
۵۷.....	۴-۷- صفات فیزیولوژیک
۵۷.....	۴-۷-۱- رنگدانه های برگ
۵۷.....	۴-۷-۱-۱- کلروفیل a
۵۸.....	۴-۷-۱-۲- کلروفیل b
۵۹.....	۴-۷-۱-۳- کلروفیل کل
۶۰.....	۴-۷-۱-۴- کاروتنوئید
۶۱.....	۴-۷-۲- مقدار آب نسبی برگ
۶۲.....	۴-۷-۳- پایداری غشاء پلاسمایی
۶۲.....	۴-۷-۴- محتوای قند محلول برگ
۶۳.....	۴-۷-۵- غلظت آنتوسیانین
۶۴.....	۴-۷-۶- میزان فلاونوئید
۶۶.....	۴-۷-۷- مقدار عنصر آهن در برگ
۶۷.....	۴-۷-۸- میزان روی موجود در برگ
۶۸.....	۴-۸- میزان جمعیت برادی رایزوبیوم
۶۹.....	۴-۹- صفات کیفی
۶۹.....	۴-۹-۱- درصد پروتئیندانه
۷۰.....	۴-۹-۲- عملکرد پروتئین دانه
۷۱.....	۴-۹-۳- درصد روغن دانه
۷۲.....	۴-۹-۴- عملکرد روغن دانه
۷۴.....	۴-۱۰- نتیجه گیری
۷۴.....	۴-۱۱- پیشنهادات

۷۵ پیوست

۸۴ منابع

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی مورد استفاده	۳۴
شکل ۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر	۴۰
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۴۶
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۴۷
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۴۸
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی	۴۹
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت	۵۰
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۱
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۲
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۳
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۴
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی	۵۵
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت	۵۶
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۷
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۸
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت	۵۹

- شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت
۶۰.....
- شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت
۶۱.....
- شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین مقدار آب نسبی برگ تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و
سورفکتانت
۶۲.....
- شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین قند محلول برگ تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و
سورفکتانت
۶۳.....
- شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین آنتوسیانین تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت
۶۴.....
- شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی
۶۵.....
- شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت
۶۵.....
- شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین آهن برگ تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت ..
۶۶.....
- شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین مقدار روی برگ تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و
سورفکتانت
۶۸.....
- شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین جمعیت برادیرایزوبیوم در خاک تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود
ریزمغذی و سورفکتانت
۶۹.....
- شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت
۷۰.....
- شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و
سورفکتانت
۷۱.....
- شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین روغن دانه تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت
۷۲.....
- شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر بر همکنش محلول پاشی کود ریزمغذی و
سورفکتانت
۷۳.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ - خصوصیات خاک محل آزمایش	۳۲
جدول ۲-۳ - ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش	۳۳

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

گیاهان برای رشد مناسب به تعدادی از عناصر نیازمندند. هفت عنصر یعنی آهن، منگنز، روی، مس، بور، مولیبدن و کلر عناصر غذایی کم مصرف یا کم نیاز یا ریزمغذی هستند (البته بعضی از منابع نیکل و کبالت را نیز جزء عناصر کم مصرف قلمداد می کنند). گیاهان همان گونه که برای ادامه حیات به عناصر پرمصرف نیاز دارند، بدون استفاده از عناصر غذایی کم مصرف نیز قادر به ادامه حیات نخواهند بود (زرین کفش، ۱۳۷۱). عناصر غذایی ریزمغذی در مقادیر بسیار کم مورد نیاز گیاه هستند، ولی نقش اساسی در واکنش های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فرآیندهای متابولیکی گیاه دارند (کامکار و همکاران، ۱۳۹۰). وجود این عناصر منجر به افزایش کمی و کیفی محصولات می شوند، مشخص شده است که گیاهان روغنی حساسیت بیشتری به کمبود مواد غذایی کم مصرف، به خصوص بور، روی و آهن در مقایسه با غلات نشان می دهند (رضایی و ملکوتی، ۱۳۷۹). امروزه در بیشتر مناطق ایران به دلیل غالبیت شرایط آهکی خاک ها، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و به خصوص مصرف بی رویه فسفر، عدم رعایت تناوب زراعی، مصرف ناچیز کودهای آلی و بالاخره عدم مصرف کودهای دارای عناصر ریزمغذی کمبود این عناصر در خاک ها و مواد غذایی مشهودتر است (غفاری ملایری و همکاران، ۱۳۹۱).

علی رغم اهمیت روزافزون عناصر کم مصرف در تولیدات کشاورزی در کشورهای پیشرفته، متأسفانه در ایران به نقش این عناصر توجه کافی نشده است. به طوری که مصرف کودهای حاوی این عناصر در کشور بسیار ناچیز است و به ازاء هر تن کود مصرفی، حدود دو گرم کود کم مصرف، هم استفاده نمی گردد. از زمان کشف ضروری بودن این عناصر تاکنون، تحقیقات زیادی روی هریک از این عناصر انجام شده است ولی در سال های اخیر علاقه و توجه روزافزونی به کاربرد این عناصر در تولیدات کشاورزی معطوف شده است. رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۶) در نتایجی دریافتند که مصرف کودهای ریزمغذی در آفتابگردان تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و درصد روغن دانه دارد.

یکی از روش‌های تأمین سریع عناصر غذایی برای گیاه محلول پاشی آن‌ها است. در این روش عناصر غذایی به‌طور مستقیم در اختیار اندام هوایی و گیاه قرار می‌گیرد. با توجه به این که عوامل مؤثر بر جذب خاکی مواد غذایی متغیر هستند، محلول پاشی روشی کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۰۳). متاعی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند که استفاده از عناصر ریزمغذی موجب افزایش کیفیت و عملکرد اقتصادی در ذرت شیرین می‌شود و محلول پاشی نسبت به مصرف خاکی نتایج بهتری را نشان داد. اردال و همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان داشتند که محلول پاشی مؤثرترین روش تأمین مواد غذایی گیاهان است. خلیلی‌محله و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثرات محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و خصوصیات کیفی سورگوم دریافتند که مصرف این عناصر موجب افزایش درصد پروتئین و برخی صفات زراعی گردید. در کنار انجام محلول پاشی به جای مصرف خاکی مواد مغذی، استفاده از ترکیباتی که موجب تشدید اثر بخشی عناصر محلول پاشی شده روی گیاه شوند نیز گامی مؤثر در کاهش مصرف مواد شیمیایی خواهد بود که علاوه بر اینکه هزینه تحمیل شده به کشاورز را کاهش می‌دهد، سبب کاهش آلودگی زیست‌محیطی می‌گردد. سورفکتانت‌ها از جمله مواد افزودنی استفاده شده در کشاورزی می‌باشند که به منظور تغییر یا بهبود عملکرد عنصر فعال در یک فرآورده برای کنترل آفت و بیماری به کار برده می‌شوند (پنر، ۲۰۰۰).

سورفکتانت‌ها مولکول‌های آلی هستند، که اغلب اوقات به علت داشتن یک سر آب‌دوست و یک دنباله آب‌گریز به‌عنوان مولکول‌های دوطرفه معروفند (بنکس، ۲۰۱۱). این مواد از طریق پخش یکنواخت محلول اسپری شده روی گیاه، افزایش زمان باقی‌ماندن قطرات اسپری روی گیاه، افزایش نفوذ از طریق ساختارهای سطح برگ، جلوگیری از کریستاله شدن اسپری و باقی ماندن آب در قطرات اسپری، تماس بین قطرات اسپری و بهبود سطح گیاه و جذب را افزایش می‌دهند (تئو و راندال، ۲۰۰۳). دینگ و براون (۱۹۸۷) در مطالعات خود نشان دادند که افزودن سورفکتانت‌ها منجر به افزایش جذب از طریق برگ در گیاه سورگوم و لوبیا قرمز شد.

امروزه استفاده از سورفکتانت‌ها با منشاء طبیعی به جای سورفکتانت‌های شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است. بیوسورفکتانت‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که توسط طیفی از میکروارگانیسم‌ها سنتز می‌شوند و دارای ویژگی‌های فعالیت‌های سطحی، نظیر کاهش کشش سطحی و کشش بین سطوح می‌باشند. گرایش به استفاده از بیوسورفکتانت‌ها به دلیل برخورداری از مزایایی نظیر سمیت پایین، تخریب کمتر محیط‌زیست و مؤثر بودن آن‌ها در محدوده وسیعی از pH و دما می‌باشد (موسیوند و همکاران، ۲۰۰۹). سلام و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعات خود نشان دادند که محلول پاشی سورفکتانت سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه نخود شد.

باتوجه به مطالبی که در خصوص مزایای استفاده از سورفکتانت‌ها بیان شد این‌گونه استنباط می‌شود که حضور این ترکیبات در محلول‌غذایی می‌تواند سبب جذب بهتر آن توسط گیاه، کاهش هزینه‌های تغذیه‌ای گیاهان و در نتیجه کاهش مخاطرات زیست‌محیطی گردد. به‌ویژه اگر بتوان با استفاده از سورفکتانت‌های دارای ماهیت طبیعی جذب عناصر توسط گیاه را افزایش داد علاوه بر بهبود رشد و تولید گیاهان کمک شایانی به حفظ محیط‌زیست خواهد کرد. در گیاهانی نظیر سویا که نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق رابطه هم‌زیستی تأمین می‌کنند، این احتمال وجود دارد که افزایش جذب برگی عناصر کم‌مصرف علاوه بر اثر مستقیم بر رشد و فتوسنتز گیاه به‌طور غیرمستقیم بر این رابطه تأثیر داشته باشد و موجب بهبود رشد و افزایش کیفیت محصول گردد. لذا در این پژوهش سعی شد اثر حضور و عدم حضور سورفکتانت‌ها با منشاء مختلف بر پارامترهای مختلف گیاه سویا مورد بررسی قرار گیرد.

اهداف

- ۱- بررسی اثر محلول پاشی عناصر ریز مغذی با غلظت‌های مختلف بر رشد و عملکرد سویا.
- ۲- مقایسه تأثیر حضور و عدم حضور سورفکتانت‌ها بر چگونگی جذب عناصر توسط برگ سویا.
- ۳- مقایسه بین سورفکتانت‌ها، با منشأ مختلف بر جذب عناصر توسط گیاه سویا.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- سویا

۲-۱-۱- تاریخچه و اهمیت

باتوجه به مدارک و اسناد تاریخی، نیمه شرقی شمال چین به عنوان منطقه اهلی شدن سویا شناخته شده است. استخراج روغن از سویا برای اولین بار در سال ۱۹۱۵ در آمریکا انجام شد (ناصری، ۱۳۷۰). فعالیت‌های اصلاحی روی گیاه سویا از سال ۱۹۴۰ به طور جدی آغاز شد که منجر به تولید ارقام با عملکرد بالا و سازگار نسبت شرایط محیطی گردید. در ایران اولین بار در سال ۱۳۱۷ مقداری بذر سویای خوراکی برای ناحیه گیلان و نیز مقداری بذر سویای علوفه‌ای برای ناحیه کرج از آلمان وارد و زیر نظر بنگاه اصلاح بذر مورد ارزیابی قرار گرفت (کریمی، ۱۳۷۵). دانه خشک لوبیای روغنی دارای ۱۸ تا ۲۵ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین است که تحت تأثیر شرایط محیطی رشد، عملکرد و میزان تثبیت نیتروژن هوا یا مقدار نیتروژن خاک قرار می‌گیرد (خواجه پور، ۱۳۸۳). پروتئین سویا بعد از پروتئین حیوانی از لحاظ مرغوبیت در درجه اول اهمیت قرار دارد و روغن استخراج شده از دانه‌های آن برای تهیه انواع فرآورده‌ها شامل روغن هیدروژنه، روغن مایع، مارگارین و روغن طبخ‌ی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از دیگر فرآورده‌های سویا می‌توان به نوشابه، چسب، مطبوع کننده‌های خمیری، فرآورده‌های مشابه شیر، پنیر و گوشت اشاره کرد (لطیفی، ۱۳۷۲). سویا از لحاظ تولید، پس از گندم و ذرت در رده سوم و از نظر ارزش غذایی پس از ذرت در رده دوم قرار دارد. سویا علاوه بر تأمین روغن و پروتئین نقش عمده‌ای در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد و بر حاصلخیزی خاک می‌افزاید. از شاخ و برگ این گیاه جهت تعلیف دام استفاده می‌شود (کریمی، ۱۳۷۵). سویا از نظر تولید روغن خوراکی در جهان رتبه اول را دارد (لطیفی، ۱۳۷۲). موارد استفاده سویا در کشاورزی و صنعت متکی به روغن و پروتئین فراوان دانه آن است. از آنجایی که سویا منبع سرشاری از پروتئین و روغن است، مصارف گوناگون در صنعت و کشاورزی دارد (رمزی، ۱۳۸۵). دانه سویا از لحاظ مواد غذایی قابل هضم، کلسیم، آهن و ویتامین‌ها غنی می‌باشد و ارزش بالایی در تغذیه انسان دارد. وجود ماده فیتو استروژن در پروتئین حاصل از سویا نقش قابل توجهی در کاهش کلسترول خون دارد. دانه

سویا دارای انواع اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع، ولی فاقد کلسترول است. زیاد بودن اسیدهای لینولئیک و لینولنیک در روغن سویا سبب خشک شوندگی و ناپایداری این روغن شده است و آن را برای مصرف مستقیم نامناسب ساخته است. از طریق هیدروژنه سازی انتخابی و جداسازی اجزای روغن، انواع مختلفی از روغن سویا جهت طبخ، تولید مارگارین و مایونز به وجود آمده‌اند. مصرف سویا به عنوان مکمل پروتئینی در جیره غذایی طیور به دلیل بالا بودن درصد پروتئین و پایین بودن درصد فیبر کنجاله بسیار مطلوب است. به طور کلی سویا از نظر ترکیب اسیدهای آمینه بیش از سایر حبوبات به پروتئین حیوانی شباهت دارد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

۲-۱-۲- گیاه شناسی

سویا گیاهی دیپلوئید ($2n=40$)، یکساله و از تیره باقلا^۱ است که به صورت بوته‌ای استوار و نسبتاً پر شاخ و برگ رشد می‌کند. این گیاه روز کوتاه است و بیش از هر محصول زراعی دیگر نسبت به طول روز حساسیت نشان می‌دهد. مقدار رشد رویشی و طول دوره رشد به رقم، طول روز، دمای محیط و تاریخ کاشت بستگی دارد (خواجه پور، ۱۳۸۵). سویا در ایران معمولاً در دو فصل بهار و تابستان کشت می‌شود که در بهار به عنوان کشت اول و در تابستان به عنوان کشت دوم می‌باشد (فروزان، ۱۳۸۰).

سویا دارای ریشه اصلی عمیق است که می‌تواند تا ژرفای ۱۵۰ سانتی‌متر در خاک نفوذ کند. سیستم ریشه حجیم به نوع رقم سویا نیز بستگی دارد. روی سطح ریشه‌های تیره بقولات، پس از تشکیل ریشه‌های موئین، گرهک‌ها یا غده‌هایی تشکیل می‌شوند که حاوی کلنی‌های باکتری تثبیت-کننده نیتروژن، به نام رایزوبیوم می‌باشد، این باکتری برای هر یک از گیاهان خانواده بقولات اختصاصی بوده و در مورد سویا از گونه رایزوبیوم ژاپونیکوم^۲ می‌باشد. این باکتری از گیاه میزبان^۳ مولکول گلوکز دریافت می‌کند و به جای آن یک مولکول NH^+ به گیاه می‌دهد، که نتیجه این همزیستی تثبیت نیتروژن می‌باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵). مقدار نیتروژن تثبیت شده توسط رایزوبیوم‌ها

1-Fabaceae

2-Rhizobium Japunicum

ممکن است تا ۸۰ درصد کل نیتروژن مورد نیاز را در شرایط مساعد تثبیت، تأمین نماید. قسمت اعظم

نیتروژنی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد به مصرف تولید دانه می‌رسد (وارول و پاترسون، ۱۹۹۲).

ساقه و برگ سویا از کرک یا موهای بسیار ظریف خاکستری یا قهوه‌ای رنگ کوتاهی پوشیده شده است. ارتفاع بوته‌ها گاهی به ۱۵۰ سانتی‌متر و حتی بیشتر و گاهی ارقامی یافت می‌شود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر هستند (کریمی، ۱۳۷۵، خواجه‌پور، ۱۳۸۳). با تشکیل انشعابات ساقه، از قطر ساقه اصلی کاسته می‌شود و با کاهش تراکم، تعداد شاخه‌های انشعابی یا فرعی که اغلب در قاعده ساقه اصلی قرار دارند، بیشتر می‌شود. تعداد ساقه‌های فرعی در ارقام دیررس زیاد و برعکس، در ارقام زودرس تعداد آن‌ها کمتر است. با افزایش ساقه‌های فرعی در بوته، عملکرد دانه نیز افزایش خواهد یافت. تعداد ساقه‌های مزبور از صفر تا ۶ عدد متغیر می‌باشد (رمزی، ۱۳۸۵).

برگ‌های ساده یا اولیه، یک برگچه‌ای و دارای دم‌برگ (به طول ۱ تا ۲ سانتی‌متر) به‌صورت متقابل و ساده هستند. این برگ‌ها کمی بزرگتر از برگچه‌های دو لپه‌ای هستند و به شکل بیضوی تا باریک کشیده و بعضاً خیلی کشیده و کرکدار دیده می‌شوند. برگ‌های ضمیمه، برگ‌های ساده و خیلی کوچک هستند که به‌صورت جفت در قاعده شاخه‌ها و قاعده پای گل‌ها قرار دارند. این گل‌ها فاقد گلبرگ و برجستگی در محل اتصال می‌باشند (رستگار، ۱۳۸۵).

مهم‌ترین عوامل تحریک‌کنندگی و تشکیل گل در سویا طول روز و شب، دما و ویژگی‌های ژنتیکی گیاه است. رنگ گل در سویا متفاوت است و اغلب به رنگ‌های ارغوانی، سفید تا آبی و بنفش دیده می‌شود (کریمی، ۱۳۷۵ و رستگار، ۱۳۸۵). آرایش گل سویا به‌صورت خوشه‌ای می‌باشد. تعداد گل‌ها در یک آرایش خوشه‌ای بین ۲ تا ۲۰ عدد متغیر است و تعداد گل‌های خوشه‌ای در یک بوته نیز در حدود ۱۵ تا ۲۰ عدد می‌باشد. گل‌های سویا حدود ۹۹ درصد خودگشن و حدود ۱ درصد دگرگشن هستند (کریمی، ۱۳۷۵ و رستگار، ۱۳۸۵ و ویس، ۲۰۰۰). دلیل این امر آزاد شدن گرده‌ها پیش از باز شدن گل‌ها است. به‌طوری که ارقام کاشته شده در کنار هم نیز به ندرت قادر به استفاده از گرده‌های یکدیگر خواهند بود. تمامی گل‌های تولید شده در یک بوته، تولید میوه نمی‌کنند و تعداد زیادی از

آن‌ها (حدود ۲۰ تا ۸۰ درصد) ریزش می‌کنند. حداکثر ریزش گل و غلاف‌های جوان در مرحله اوج گلدهی و بعد از آن صورت می‌پذیرد (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). نمو دانه پس از تلقیح به سرعت صورت می‌پذیرد. رشد دانه‌ها در غلاف بطئی است ولی پس از متوقف شدن دوره گل، این رشد شدت می‌یابد و مواد غذایی در مدت ۳۰ تا ۴۰ روز پس از تلقیح در دانه‌ها ذخیره می‌گردد. این مرحله یکی از بحرانی‌ترین دوره‌های رشد نبات است و بایستی به‌طور حتم رطوبت و مواد غذایی کافی در خاک موجود باشد (کریمی، ۱۳۷۵ و رستگار، ۱۳۸۵). اگر آب در این مرحله جهت آبیاری در دسترس نباشد و یا بارندگی اتفاق نیافتد به علت ریزش برگ‌ها و غلاف‌ها، عملکرد دانه می‌تواند تا ۸۰ درصد افت کند در این دوره حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد فسفر و پتاس جذب بوته می‌شود.

وزن هزار دانه سویا ۶۰ تا ۲۰۰ گرم و با میانگین ۱۵۰ گرم است. بذر ارقام مختلف سویا اندازه‌های متفاوتی دارد. مثلاً بذر کلارک درشت و رقم هیل ریز است. روغن و پروتئین دانه در لپه‌ها ذخیره می‌شود. مهمترین مواد مغذی موجود در سویا شامل ویتامین E، فیتواسترول‌ها، لستین، ایزوفلاون‌ها، الیگوساکاریدها و پروتئین می‌باشد. سویا حاوی ۱۸ تا ۲۱ درصد روغن، ۳۸ تا ۴۲ درصد پروتئین، ۱۵ درصد قند نامحلول (الیاف رژیمی)، ۱۵ درصد قند محلول (ساکارز، استاکیوز، رافینوز و غیره) و ۱۴ درصد رطوبت، خاکستر و غیره می‌باشد (میرزایی، ۱۳۸۳). مقدار روغن دانه‌هایی که در روغن کشی استفاده می‌شوند در حدود ۱۶ تا ۲۴ درصد (باتوجه به ژنوتیپ و محیط) بوده و پروتئین چنین دانه‌هایی نیز بین ۳۵ تا ۴۰ درصد متغیر می‌باشد (رستگار، ۱۳۸۵). روغن سویا حاوی ۱۰ درصد اسید لینولنیک، ۵۵ درصد اسید اولئیک و ۳۰ درصد اسید لینولئیک می‌باشد. میزان پروتئین و روغن در سویا رابطه عکس دارند. گاهی میزان بالای پروتئین موجب کم شدن باروری بذر می‌گردد. دما نیز بر میزان افزایش روغن دانه تأثیر دارد به‌طوری که بالا رفتن میزان دما سبب افزایش میزان روغن می‌شود که بر میزان پروتئین تأثیر معکوس دارد، دانه‌ها قابل هضم و دارای کلسیم، آهن و ویتامین بالا می‌باشند (رستگار، ۱۳۸۵).

۲-۱-۳- خصوصیات اکولوژیکی

دامنه سازگاری سویا محدوده گسترده‌ای از شرایط اقلیمی و رشد را در بر می‌گیرد و چنین به نظر می‌رسد که دامنه سازگاری گیاه توسط واکنش آن به متغیرهای محیطی و توانایی انسان در اصلاح ژنتیکی آن به‌منظور تحمل تنش‌های محیطی تعیین می‌گردد (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۶). سویا اساساً گیاهی مخصوص هوای گرم و روز کوتاه است که بسیار حساس به فتوپریود است و این مشکل بزرگی در انتخاب است (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). به‌طور کلی ارقام زودرس برای گلدهی و رشد کامل در مقایسه با تیپ‌های دیررس به روزهایی بلندتر نیاز دارند (ناصری، ۱۳۷۰). معمولاً سرما بوته‌های سویا را قبل از رشد کامل، در هر مرحله از رشد که باشند، از میان می‌برد و معمولاً یک دوره ۱۲۰ روزه‌ی فاقد سرما برای بازدهی مناسب، مطلوب تلقی می‌شود (رستگار، ۱۳۸۵). به‌طور کلی سویا نه‌تنها برای سازگاری با جمعیت گیاهی متغیر بلکه با شرایط متغیر در حین رشد نیز قابلیت زیادی دارد. برای بازدهی زیاد دانه ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر بارندگی لازم است و هر چند سویا می‌تواند قبل از گلدهی شرایط خاک خشک را تحمل کند، ولی هنگامی که جوانه‌ها تشکیل شده باشند و تا زمان پرشدن غلاف‌ها، رطوبت کافی ضروری است (کریمی، ۱۳۷۵).

سویا هر ۱۰ تا ۱۲ روز یکبار بسته به دمای هوا و رطوبت خاک به آبیاری نیاز دارد. دو بار آبیاری در مرحله گلدهی و دانه‌بندی تولید محصول را تضمین می‌کند. در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری خشک، کاشت سویا فقط در شرایط فاریاب موفقیت‌آمیز است. ولی قادر به تحمل آب اضافی خصوصاً در طی جوانه‌زنی و رسیدن بذرها نمی‌باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۴- نیاز غذایی

مصرف عناصر ریزمغذی علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند، در سلامتی انسان و دام که از مواد اولیه گیاهی استفاده می‌کنند نیز تأثیر به‌سزایی دارند و این به‌دلیل وارد شدن این عناصر به قسمت‌های خوراکی این گیاهان مانند گندم، جو، حبوبات و قسمت‌های سبزی و غیره است که به عنوان غذای روزمره مصرف می‌شوند، لذا یکی از راه‌های ساده و

اقتصادی برای نیل به خودکفایی و جامعه‌ای سالم و تندرست اضافه کردن عناصر ریزمغذی به خاک و یا مصرف آن به صورت محلول پاشی می‌باشد تا بدین ترتیب علاوه بر افزایش تولید، غلظت عناصر ریز مغذی را در محصولات کشاورزی افزایش داد (قادری و ملکوتی، ۱۳۸۷).

عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در خاک است (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). سویا همانند دیگر گیاهان زراعی در جریان رشد به عناصر اصلی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاس احتیاج دارد (کریمی، ۱۳۷۵). از کل میزان مواد غذایی مورد استفاده نباتات ۸۰-۷۰ درصد از نیتروژن و فسفات و ۶۰ درصد از پتاسیم در موقع برداشت در دانه است با این وجود میزان ذخیره ماده غذایی کافی در دانه رسیده و نیز میزان انباشتگی هر یک از مواد غذایی ثابت نیست. سویا به منظور اینکه از رشدرویشی بسیارخوبی برخوردار باشد از خاک‌هایی که از حیث داشتن مواد غذایی غنی هستند، به راحتی استفاده می‌کند، و هر چند که محصول در آغاز با کل وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد اما پس از رسیدن به یک میزان مطلوب از رشد رویشی، بازدهی دانه کاهش می‌یابد. فسفات یکی از معمول‌ترین موادی است که مصرف آن ضرورت دارد و شواهدی وجود دارد که از پراکنده ساختن گسترده آن در سراسر منطقه ریشه، برای دستیابی به بازدهی مطلوب حمایت می‌کند (خواجه‌پور، ۱۳۸۳).

۲-۲- کود زیستی

امروزه در جهان با آشکار شدن زیان‌های مرگبار سموم دفع آفات گیاهی و کودهای شیمیایی، مردم از کشاورزی متکی به مواد شیمیایی فاصله گرفته و به کشاورزی زیستی که بر پایه کاربرد کود-های زیستی و دفاع طبیعی گیاهان در برابر آفت‌هاست، روی آوردند (خان، ۲۰۰۷). با ارزیابی عملکرد و کیفیت دانه سویا در کشورهای توسعه یافته، قابلیت کودهای ارگانیک به‌ویژه کودهای زیستی (بیولوژیک) به‌طور گسترده‌ای درک شده است. ارزش کودهای زیستی به‌دلیل سه خاصیت مهم آن‌ها شامل نقش تغذیه‌ای و از نظر ریز جانداران خاک، ویژگی‌های فیزیکی و نیز بهبود ویژگی‌های زیستی است. کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها و همچنین قارچ‌های سودمندی هستند که هر یک به-منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول، جذب

دیگر عناصر، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول مصرف می‌شوند. خاک‌های ایران به دلیل کشت و کار پی در پی، فقر مواد تغذیه‌ای و غیرقابل دسترس بودن عناصر غذایی، به کودهای زیستی پاسخ مثبت می‌دهند و تأثیر آن‌ها بر رشد و عملکرد گیاه مشاهده می‌شود (شریف و حق‌نیا، ۲۰۰۸).

۲-۳- سورفکتانت

سورفکتانت‌ها که اغلب از آن‌ها به عنوان عوامل خیس‌کنندگی یاد می‌شود ترکیبات شیمیایی پیچیده‌ای هستند که موجب تغییر در بعضی خصوصیات آب مانند کاهش کشش سطحی آب و همچنین سبب تغییر در نحوه اتصال آب با ترکیبات آب‌گریز می‌شود به‌طور کلی سورفکتانت‌ها به چهار گروه آنیونیک، غیرآنیونیک، کاتیونیک و آمفوتریک تقسیم می‌شود انواع آنیونیک در آب دارای بار منفی و انواع کاتیونیک دارای بار مثبت می‌باشند. سورفکتانت‌های غیر آنیونیک فاقد بار هستند و سورفکتانت‌های آمفوتریک براساس محلول، بارهای متفاوتی دارند (کاستکا، ۲۰۰۰). سورفکتانت‌ها علی‌رغم تنوع بسیار زیادی که از نظر شکل و اندازه و وزن مولکولی دارند، همگی مولکول‌هایی دو قطبی هستند، به‌طوری که یک سر آن‌ها قطبی و آب‌دوست و سر دیگر آن‌ها غیرقطبی و آب‌گریز است. این خصوصیت موجب می‌شود در هنگام محلول شدن در آب به سطح آب رفته، سر آب‌دوست آن درون آب باقی بماند و سر آب‌گریز آن به سمت خارج آب جهت‌گیری کند. بدین صورت با فاصله انداختن بین مولکول‌های سطحی آب و همچنین به دلیل نیروی ایجاد شده از داخل به سمت بیرون (در جهت این آرایش) کشش سطحی آب کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند (کاستکا، ۲۰۰۰). در حضور سورفکتانت‌ها سرعت نفوذ آب به درون خاک دو برابر زمانی است که آب در شرایط معمول بدون مویان به خاک نفوذ می‌کند (مایلر، ۲۰۰۱). سورفکتانت‌ها را می‌توان بر اساس نوع عمل به دو گروه فعال کننده‌ها^۱ و بهبود دهنده‌ها^۲ طبقه‌بندی نمود همان‌طور که از نام آن‌ها پیداست فعالیت علف‌کش را افزایش می‌دهند (مارشئر، ۲۰۱۰). مواد افزودنی فعال کننده اغلب از طریق میزان جذب

1-Activator adjuvants

2-Utility adjuvant

علف کش به درون بافت‌های گیاه هدف عمل می‌کنند (تئو و راندال، ۲۰۰۱). وقتی سورفکتانت بر روی سطح برگ قرار می‌گیرد دو مسیر برای نفوذ به درون بافت‌های گیاه وجود دارد مسیر اول نفوذ کوتیکولی که در اکثر موارد مسیر اصلی نفوذ سورفکتانت می‌باشد و مسیر دوم، ورود مستقیم به محفظه روزنه می‌باشد (جینیکسیا، ۱۹۹۶).

۲-۴- محلول پاشی

رشد و نمو گیاهان علاوه بر عناصر پرمصرف به فراهمی عناصر کم‌مصرف هم نیازمند است (ترادیوند، ۲۰۰۸). یکی از روش‌های تأمین سریع عناصر غذایی برای گیاه محلول پاشی آن‌هاست. در این روش عناصر غذایی به‌طور مستقیم در اختیار اندام هوایی قرار می‌گیرد. باتوجه به اینکه عوامل زیادی بر جذب خاکی مواد غذایی مؤثر هستند، محلول پاشی روشی کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود (خان، ۲۰۰۳).

محلول پاشی اغلب برای زمانی که نیاز به کاربرد فوری مواد مغذی به‌ویژه در میزان کم و حلالیت بالا باشد، روشی مناسب است (عبدهادی، ۱۹۸۶). برای موفقیت تغذیه برگ، باید از خسارت برگ‌ها جلوگیری به‌عمل آورد. اگر محلول پاشی کود در یک روز بسیار گرم با تبخیر زیاد صورت گیرد، ممکن است نمک‌ها روی سطح برگ تجمع یابند و موجب چروکیدگی برگ‌ها شوند. برای جلوگیری از این مشکل باید از غلظت پایین نمک‌ها استفاده شود و محلول پاشی در هوای خنک و یا هنگام عصر انجام شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۳). در محلول پاشی میزان کاربرد عناصر نسبت به خاک کمتر است، به آسانی و به‌صورت یکنواخت مصرف می‌شود و همچنین محلول پاشی در پاسخ به کمبود ریزمغذی و پس از مشاهده علائم کمبود به کار برده می‌شود بنابراین در تمام فصل رشد می‌تواند استفاده شود (مورت و ت، ۲۰۰۰).

۲-۵- آهن

۲-۵-۱- نقش آهن در سلامت انسان

آهن یکی از مواد معدنی کم‌مصرف می‌باشد که از نظر تغذیه دارای اهمیت فراوانی است. این عنصر برای اولین بار به‌عنوان یکی از اجزای بافت‌های بدن در سال ۱۷۱۳ میلادی شناخته شد. در واقع کمبود آهن شایع‌ترین بیماری تغذیه‌ای جهان می‌باشد (آرمین،

۱۳۹۱). آهن به‌عنوان یک ترکیب ضروری برای رنگدانه هموگلوبین، در سلول‌های قرمز خون یافت می‌شود، به انتقال اکسیژن به همه قسمت‌های بدن کمک می‌کند و برای زندگی ضروری است، اگر جذب آهن کم باشد مقدار هموگلوبین در سلول‌های قرمز پایین می‌آید و منجر به کم‌خونی می‌شود. همچنین آهن برای سوخت‌وساز ویتامین B ضروری است (ضیائی‌ان، ۱۳۸۲). علائم کمبود آن شامل احساس خستگی، احساس سرما و عدم تمرکز است. میزان نیاز به آهن بر اساس سن، جنس و وضعیت فیزیولوژیک متفاوت است (برسامین، ۲۰۰۴). علت اصلی کم‌خونی در کشورهای در حال توسعه دریافت کم آهن از طریق غذا و زیست‌فراهمی پائین آهن دریافتی است. افزایش زیست‌فراهمی آهن می‌تواند اثر مهمی بر افزایش کیفیت آهن دریافتی از طریق غذا داشته باشد (کرید کاناشیرو و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۵-۲- نقش آهن در تغذیه گیاه

آهن یکی از شانزده عنصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاه است. آهن یک ریزمغذی است و به میزان کم مورد نیاز گیاه می‌باشد. این عنصر در خاک بیشتر به فرم اکسید فریک (Fe_2O_3) یا همتاتیت یافت می‌شود که معمولاً غیرقابل حل هستند و منجر به رنگ قرمز خاک می‌شوند. فرم اکسید معمولاً هیدرات شده است. در خاک‌های هوازی فرم‌های اکسید، هیدروکسید و فسفات غلظت آهن در محلول را تنظیم و برای گیاه قابل استفاده می‌سازد (هوچموس، ۲۰۱۱).

دربیشتر خاک‌های ایران pH بالا و همچنین آهکی است. در این نوع خاک‌ها حلالیت ریز مغذی‌ها پائین است و به‌همین دلیل جذب این عناصر کم و در نهایت نیاز گیاهان به این عناصر افزایش می‌یابد

(موسوی، ۲۰۱۱). همچنین استفاده نامنظم از کودهای فسفات در خاک‌های فقیر از ریزمغذی‌ها مثل آهن، روی و منگنز دلیلی برای تحمیل کمبود این عناصر است، بنابراین غلظت این ریزمغذی‌ها در تولیدات گیاهی و وزن خشک کاهش می‌یابد (عبدو و همکاران، ۲۰۱۱). با افزایش کاربرد کودهای شیمیایی و به عبارت دیگر افزایش هزینه کوددهی و وابستگی آن‌ها به سوخت‌های فسیلی، آلودگی آب، خاک و هوا و بی‌خبری در استفاده از این کودها مسئله‌ای است که باید با روش‌های مناسب حل شود (موسوی، ۲۰۱۱). آهن چهارمین عنصر فراوان در پوسته خاک است، اما به‌علت حلالیت پایین مواد معدنی آهن‌دار در بسیاری از مکان‌های جهان به‌خصوص در مناطق خشک با خاک‌های قلیایی این مقدار بسیار کم است یا برای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها در دسترس نیست. اگرچه آهن به‌مقدار کم برای گیاه مورد نیاز است، ولی برای بسیاری از ترکیبات مهم و فرآیندهای فیزیولوژی در گیاهان ضروری است. آهن در فرآیند ساخت کلروفیل درگیر می‌شود. همچنین در پروتئین‌های گیاهی آهن‌دار (هم) مانند سیتوکروم یافت می‌شود. سیتوکروم در سیستم انتقال الکترون در کلروپلاست و میتوکندری قرار دارد. این عنصر همچنین در پروتئین‌هایی مانند فرودوکسین هم شرکت دارد (هوچموس، ۲۰۱۱). سنتز کلروفیل، تیلاکوئید و بسیاری از پروتئین‌های آهن‌دار به این عنصر وابسته است (کابری و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۵-۳- تشخیص علائم کمبود آهن در گیاهان

کمبود و سمیت مواد غذایی منجر به کاهش سلامتی و حاصل‌خیزی گیاه می‌شود که به‌صورت علائم غیرعادی و قابل مشاهده در گیاه ظاهر می‌شود. دانستن نقش عنصر ضروری و انتقال در گیاه می‌تواند در تعیین سطح پاسخ برای علائم کمبود و سمیت عناصر غذایی کمک کند (بنت، ۱۹۹۳). علائم کمبود آهن در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود و فضای بین رگبرگ‌ها به رنگ زرد یا سفید تغییر می‌کند. که کلروز میان برگ‌ها نامیده می‌شود. تغییر شکل فیزیکی قابل توجه اتفاق نمی‌افتد ولی در چند حالت به علت اینکه آهن در گیاه منتقل نمی‌شود، علائم کمبود در اندام‌های جدید ظاهر می‌شود. حتی ممکن است برگ‌های جوان‌تر به شکل کاملاً سفید و کوتاه درآیند. ممکن است تشخیص علائم

کمبود آهن از دیگر مواد مغذی به ویژه Zn در بعضی گیاهان مشکل باشد (سینگ، ۲۰۰۱). حساسیت به کمبود آهن بین گیاهان بسیار متنوع است. گیاهان مناطق خشک حساسیت کمتری نسبت به کمبود این عنصر دارند زیرا آن‌ها دارای مکانیسمی هستند که قادرند آهن را در pH بالای خاک حل کرده و جذب نمایند (اسمیت، ۱۹۹۹). کمبود آهن در مرکبات و غلات مشکل عمده تغذیه گیاه در خاک‌های آهکی محسوب می‌شود (پرزسانز و همکاران، ۲۰۰۲). خاک‌هایی که ظرفیت تبادل کاتیونی پائین، pH کمتر از ۵ و میزان کم پتاسیم، فسفر، روی و منگنز داشته باشند برای سمیت آهن مساعد هستند. اسیدیته پایین خاک و شرایط غرقابی شالیزارها که سبب احیا آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی می‌شود، موجب افزایش غلظت آهن در محلول خاک می‌شود که حتی می‌تواند موجب بروز سمیت در برنج گردد (اخوت و وکیلی، ۱۹۹۶).

۲-۶-۲ روی

۲-۶-۱- نقش روی در سلامتی انسان

روی یکی از دو عنصر ضروری شرکت کننده در مجموعه مکانیزم‌های حفاظتی بدن و ترمیم سریع تر زخم‌ها و یکی از مواد معدنی کمیاب است که پس از آهن بیشترین میزان را داراست (۳ گرم). در خصوص اهمیت روی می‌توان اظهار داشت که بدن بدون این عنصر نمی‌تواند به حیات خود ادامه دهد. زیرا برای سنتز DNA و RNA، متابولیزه کردن کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، دفع دی اکسید کربن و استفاده بهینه از ویتامین آ مورد نیاز است. روی فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های بدن را افزایش می‌دهد و مانع از خستگی زودرس در انجام کارهای روزانه می‌شود. همچنین در درمان آسم، بیماری‌های قند، کم‌کاری غدد به خصوص غده تیروئید، استرس‌های عصبی و غیره نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند و در جریان اعمال حیاتی بدن نظیر نگهداری، کارکرد سیستم آنزیم‌ها و سلول‌های مغزی مؤثر است. روی حس چشایی را تقویت می‌کند و در جلوگیری از ریزش مو و شکنندگی ناخن و لطافت پوست بدن تأثیرگذار است (ملکوتی و داوودی، ۱۳۸۲).

۲-۶-۲- نقش روی در گیاهان

روی یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاه می‌باشد (زند و همکاران، ۱۳۸۲). این عنصر نقش مهمی در تولید بیوماس بازی می‌کند (کایا و هیگز، ۲۰۰۲ و کاکماک، ۲۰۰۸) و علاوه بر اینکه عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد، کیفیت محصولات تولیدی را بالا می‌برد و غنی‌سازی و ارتقاء سلامت جامعه نیز تحقق می‌یابد. از جمله نقش‌های اساسی این عنصر مشارکت در ساختمان ۳۰۰ آنزیم و پروتئین است و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتازها، الکل دهیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز، DNA و RNA پلیمراز را کاهش می‌دهد (مارچنز، ۱۹۹۵). این عنصر به واسطه شرکت در ساختمان ریبوزوم‌ها، دارای نقش اساسی در پروتئین‌سازی است و در غیاب آن‌ها ریبوزوم‌ها متلاشی می‌شوند (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). به علاوه عنصر روی برای تولید کلروفیل، عمل گرده افشانی، لقاح و جوانه‌زنی نیاز است (پاندی و همکاران، ۲۰۰۶ و کاکماک، ۲۰۰۸). کمبود این عنصر در گیاهان، بر تغذیه انسان نیز تأثیر منفی گذاشته و موجب بروز بیماری‌های مختلف در انسان می‌گردد (فاگریا، ۲۰۰۹).

۲-۶-۳- تشخیص علائم کمبود روی در گیاهان

عنصر روی نیز به‌طور عمده به‌صورت کاتیون دوظرفیتی و در pH بالا احتمالاً به‌صورت کاتیون یک ظرفیتی نیز جذب می‌شود. غلظت‌های بالای سایر کاتیون‌های دوظرفیتی تا اندازه‌ای از جذب روی جلوگیری می‌کند (وایت، ۱۹۸۱). نزدیک به ۵۰ درصد از خاک‌های تحت کشت غلات در جهان دارای سطوح کم روی قابل دسترس برای گیاهان هستند که سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصولات شده است (کاکماک، ۲۰۰۲ و چاندار استری استوا، ۲۰۱۴). در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک بقایای گیاهی تولیدی در مزارع سوزانده و یا برای خوراک دام استفاده می‌شود. این بقایا منبع قابل توجهی از عنصر روی هستند و مخلوط نمودن آن‌ها با خاک می‌تواند به چرخه این عنصر در خاک کمک نماید (کاکماک، ۲۰۰۸). عنصر روی از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاه است که در تشکیل اسید ایندول استیک دخالت داشته و ضمن تنظیم رشد گیاه، برای سنتز کلروفیل و کربوهیدرات‌ها ضروری

است (هی و همکاران، ۲۰۱۶). چمبلیس و ویتی (۲۰۰۵) گزارش کردند که آشکارترین نشانه کمبود عنصر روی در گیاهان دولپه کوتاه ماندن رشد طولی به دلیل کاهش فاصله میان گره‌ها و کاهش بسیار زیاد اندازه برگ است. این نشانه معمولاً همراه با زردی برگ‌ها است.

۲-۷- تأثیر عناصر آهن و روی بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان

۲-۷-۱- تجمع ماده خشک

کمبود آهن سبب کاهش سنتز کلروفیل، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و رشد شاخه‌های جدید آفتاب‌گردان می‌شود و در نهایت سبب تأخیر در گلدهی و پایین آمدن عملکرد می‌گردد (نایجار، ۱۹۹۰). در سویا کاربرد عنصر روی موجب افزایش ماده خشک، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، و وزن صد دانه شده است (موسیوند و همکاران، ۱۳۸۸). تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف برگی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز سبب افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه ذرت می‌شود (ویتي و چامبلیس، ۲۰۰۵) مصرف عناصر آهن و روی سبب افزایش ماده خشک گیاه، عملکرد دانه در گیاه آفتاب‌گردان شد (راوی و همکاران، ۲۰۰۸). زهتاب سلماسی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که تیمار محلول پاشی با عناصر آهن و روی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد تر و خشک گیاه نعنا فلفلی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) گردیده است. حیدری (۱۳۸۵) نشان داد که مصرف عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز موجب افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه ذرت می‌شود. در آزمایش ژابین و احمد (۲۰۱۱) محلول پاشی آهن و بور ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی و غلظت آهن در اندام‌های هوایی آفتابگردان را افزایش داد. کبرایی و شمسیایی (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاربرد روی سبب افزایش ماده خشک تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار می‌شود. محلول پاشی عناصر آهن، روی و منگنز نیز سبب افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی و محتوای کلروفیل در برنج گردید. محلول پاشی گشنیز با روی و آهن در مراحل رشد رویشی و گل‌دهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه و عملکرد دانه گردید و کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (سید ال اهل و عمر، ۲۰۰۹). کمبود آهن منجر به بروز عارضه زردبرگی، کاهش کلروفیل و کاهش

وزن خشک بخش‌های هوایی و ریشه می‌گردد (محمودی، ۲۰۰۵). نورآبادی و همکاران (۱۳۸۸) نیز افزایش وزن خشک ساقه در آفتاب‌گردان را در اثر کاربرد عناصر کم‌مصرف گزارش کردند.

۲-۷-۲- سطح برگ

سطح برگ کانوپی شاخصی مهم و مؤثر در جذب تشعشع و تعیین عملکرد بیولوژیکی است. سطح برگ به ژنتیک، خصوصیات زراعی و شرایط آب و هوایی وابسته است (ابراهیمیان و بایبوردی، ۲۰۱۱). عملکرد ماده خشک کل نتیجه کارآیی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رشد است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد تا سطح زمین را بپوشانند. افزایش سطح برگ و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی که موجب می‌شود هرچه زودتر میزان فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به حداکثر برسد، دارای اهمیت است این عوامل تضمین کننده عملکرد زیاد و کاهش رقابت علف‌های هرز می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). تیمار آهن بیشترین شاخص سطح برگ را در گیاه ذرت علوفه‌ای در مقایسه با سایر تیمارها تولید کرد که این عکس‌العمل نقش آهن را در افزایش میزان کلرفیل نشان می‌دهد که به دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد و خود منجر به افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰). ضیائیان و ملکوتی (۱۳۷۷) نیز بیان داشتند که نقش آهن، روی و منگنز در افزایش سطح برگ ذرت بیش از سایر عناصر ریزمغذی است. سومر (۱۹۹۵) در آزمایشی روی ذرت دریافت که کمبود آهن باعث کاهش اندازه کلروپلاست می‌گردد و گیاه کوتاه می‌ماند. همچنین کمبود آهن سبب کاهش سنتز کلروفیل، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ‌ها می‌گردد.

۲-۷-۳- ارتفاع

محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن و منگنز سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، گیاه کرچک گردید (سلامت‌بخش، ۲۰۱۲). محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی در سیاه‌دانه نیز سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به شرایط عدم محلول پاشی گردید. زیرا فراهمی آهن سبب تحریک تولید کلروفیل در سلول‌های برگ می‌شود که نتیجه آن افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌باشد

(شعبانزاده و همکاران، ۱۳۹۰). عنصر آهن با تأثیر بر بیوسنتز اکسین می‌تواند در افزایش ارتفاع بوته نقش مؤثری داشته باشد (هندوی شربنی، ۲۰۱۲). منگنز نیز با تأثیر بر اسیدهای آمینه و نیز تولید کلروفیل، سبب افزایش ارتفاع بوته شده است (مصطفوی‌راد و طهماسبی، ۱۳۸۷). در گیاه آفتابگردان محلول پاشی آهن و روی در مراحل مختلف، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشته است (دیندوست و همکاران، ۱۳۸۶). المجید و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثرات برگ‌پاشی ریزمغذی‌ها بر عملکرد و کیفیت گندم در خاک‌های رسی مصر نتیجه گرفتند که برگ‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز ارتفاع بوته را افزایش داد. گزارش شده است که فراهم‌آوری عنصر آهن موجب افزایش در خصوصیات ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، شاخص برداشت و میزان پروتئین دانه ذرت گردید (رحیمی و مظاهری، ۱۳۸۷). ویتی و چامبلیس (۲۰۰۵) بیان کردند مصرف برگ‌ی عنصر ریزمغذی آهن موجب افزایش ارتفاع ساقه و در نتیجه عملکرد ماده خشک ذرت شده است. کاربرد توأم آهن و روی بیش‌ترین طول ساقه گندم با میانگین ۱۱۷/۷۲۸ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۷-۴- قطر ساقه

بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن و روی می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم‌های نوری در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه مؤثر می‌باشد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹). ولد آبادی و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که محلول پاشی عناصر ریزمغذی موجب افزایش قطر ساقه در گیاه کرچک گردید. همچنین محلول پاشی روی موجب افزایش قطر ساقه در گیاه ذرت شد (شیخ بگلو و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۷-۵- شاخه فرعی

بررسی محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی در گلرنگ نشان داد که تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر محلول پاشی با عناصر مذکور قرارگرفت و به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین تعداد شاخه‌فرعی در بوته به تیمار محلول پاشی آهن تعلق داشت که حاکی از تأثیر به‌سزای محلول پاشی

آهن بر این ویژگی بود (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). تعداد انشعابات فرعی در گیاه دارویی ریحان تحت تأثیر محلول پاشی آهن، به طور معنی داری افزایش یافت ولی محلول پاشی با عنصر روی تأثیر معنی داری بر صفت مذکور نداشت (راوی، ۲۰۰۸). در تحقیقی با بررسی اثر محلول پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون مشاهده گردید که اثر آهن و روی بر تعداد شاخه های فرعی معنی دار شد دلیل چنین افزایشی در تعداد شاخه های فرعی چنین ذکر شده است که با مصرف عناصر ریزمغذی آهن و روی، فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش می یابد و موجب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می شود (پیرزاد، طوسی و همکاران، ۱۳۹۲). آزمایشی به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی آهن و روی و منگنز بر گیاه همیشه بهار انجام شد، نتایج بیانگر این نکته بود که تعداد شاخه های فرعی تحت تأثیر محلول پاشی با عناصر مذکور قرار گرفت و افزایش معنی داری نشان داد. چنین استنباط گردید که افزایش در ویژگی های رشدی همیشه بهار در اثر محلول پاشی با ریز-مغذی ها می تواند به دلیل بهبود رشد سیستم ریشه ای گیاه و به تبع آن جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی باشد (زیکا، ۲۰۱۳).

۲-۷-۶- عملکرد و اجزای عملکرد

گوس و جانسون (۲۰۰۲) با بررسی سه روش کاربرد خاکی، تیمار بذر و محلول پاشی آهن در سویا به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی آهن سبب افزایش معنی دار عملکرد در همه ارقام مورد بررسی گردید. از عوامل اصلی کاهش عملکرد سویا در خاک های آهکی کمبود آهن است. رمرودی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی (آهن، روی و منگنز) بر عملکرد بیولوژیکی دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اسفرزه معنی دار بود و تیمار محلول پاشی با عنصر روی بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد، به طوری که عملکرد آن ۲۲ درصد بیشتر از شاهد بود. در ذرت نیز با محلول پاشی عناصر ریزمغذی به عملکرد بیولوژیکی بالاتر دست یافتند (غفاری ملایری، ۱۳۹۱). مصرف خاکی و برگی عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز در امر تغذیه ذرت باعث افزایش عملکرد علوفه و دانه می شود که در این بین نقش مثبت آهن و روی در افزایش عملکرد

بیش از منگنز است (ضیائی‌ان، ۱۹۹۸). خاتاک و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که محلول پاشی روی و منگنز افزایش عملکرد گلرنگ را در پی داشت (آتیک و همکاران، ۲۰۱۴) گزارش نمودند که مصرف روی سبب بهبود رشد و عملکرد گلرنگ می‌شود. یکی از مهم‌ترین دلایل عملکرد پایین گلرنگ، فقدان برنامه تغذیه‌ای مناسب برای این گیاه است و همواره یک یا چند عنصر بر اساس قانون حداقل، موجب عدم دستیابی به حداکثر عملکرد می‌شوند (سلیمانی، ۲۰۰۶). محققان در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که کاربرد آهن و منگنز به صورت خاکی و محلول پاشی و کاربرد توأم آن‌ها در گندم موجب افزایش اجزاء عملکرد می‌گردد (شهابی‌فر و همکاران، ۱۳۸۲ و سیدی‌ان، ۲۰۰۶). تاثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر عملکرد دانه گلرنگ بسیار معنی‌دار شد، لذا آهن با تاثیر بر فتوسنتز، موجب افزایش کربوهیدرات‌ها می‌شود و از آن جایی که نهایتاً ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، می‌توان اظهار نمود که محلول پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). عملکرد دانه شنبلیله تحت تاثیر محلول پاشی آهن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. دلیل چنین افزایشی جذب مستقیم این عنصر از طریق برگ‌ها نسبت داده شده است (چیا، ۲۰۰۷) در یک ارزیابی، عملکرد بذر در گیاه اسفرزه به شدت تحت تاثیر محلول پاشی آهن و روی قرار گرفت و به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. دلیل این افزایش، بهبود رشد گیاه، بهبود پدیده فتوسنتز و تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی در اثر محلول پاشی با عناصر مذکور ذکر گردید (زهتاب سلماسی، ۲۰۱۲). بنکس (۲۰۰۴) بیان داشت که محلول پاشی روی سبب افزایش عملکرد دانه، میزان پروتئین و میزان روغن سویا شد. عملکرد دانه کدوی تخم‌کاغذی تحت تاثیر محلول پاشی با عناصر روی و منگنز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. دلیل این افزایش، تجمع بیشتر ماده خشک تولیدی در بذور ذکر شد. به عبارت دیگر، عناصر ریزمغذی میزان فتوسنتز را افزایش داده و با افزایش دوام سطح برگ، متعاقباً عملکرد دانه نیز افزایش یافت (یوسفی و زندی، ۲۰۱۲).

البلا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف سبب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. کاکيوچی و کوباتو (۲۰۰۶) نتیجه‌گیری کردند که یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین-

کننده در میزان عملکرد دانه سویا، تعداد غلاف در بوته می‌باشد. همچنین شیراویا و همکاران (۲۰۰۴) اظهار نمودند که تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف دو عامل تأثیرگذار بر عملکرد سویا هستند. تاکاشی و همکاران (۲۰۰۹) نتیجه‌گیری کردند که افزایش تعداد غلاف در بوته و تشکیل دانه بیشتر سویا به دلیل تأثیر آهن بر تشدید گل‌دهی به‌ویژه در اوایل آن می‌باشد. حیدریان و همکاران (۲۰۱۱) اذعان داشتند که کاربرد کود آهن منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف سویا نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد کود آهن) گردید.

بررسی تغذیه برگ‌های آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غنی‌سازی دانه‌های روغنی کلزا نشان داد که با افزایش غلظت روی، تعداد دانه در غلاف افزایش یافت و محلول پاشی آهن و روی موجب بهبود کیفیت و غنی‌سازی دانه‌ها شد (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹). بررسی محلول پاشی در مراحل مختلف رشدی سویا نشان داد استفاده از کودهای حاوی روی حدوداً ۴ تا ۶ هفته پس از کاشت سبب افزایش تعداد دانه در غلاف گردید، در حالی که مقادیر مختلف محلول پاشی تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری بر تعداد دانه در غلاف نداشته است (گیومیدین، هیوم، ۲۰۰۱). محلول پاشی عناصر ریزمغذی در گیاه کلزا تعداد دانه در خورجین را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. تغذیه گیاه با عنصر روی به‌دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه کرده موجب افزایش طول عمر آن و در نتیجه موجب افزایش گرده‌افشانی و در نهایت تعداد بیشتر دانه در خورجین می‌شود. همچنین باتوجه به نقش عناصر آهن و منگنز بر انتقال الکترون و تولید کلروفیل، با افزایش سطح منگنز و آهن بر میزان سطح سبز افزوده می‌شود، که این منجر به افزایش فتوسنتز و تشکیل بیشتر تعداد دانه در خورجین می‌شود.

رجبی و همکاران (۲۰۱۳) افزایش وزن هزاردانه را با محلول پاشی روی و منگنز در گلرنگ گزارش کردند. روی با شرکت در ساختار پروتئین لوله‌کرده سبب ذخیره آن در این اندام می‌شود و منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل دانه می‌شود. موحدی دهنوی (۱۳۹) و حیدریان و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه‌گیری کردند که کاربرد کود آهن نسبت به شاهد وزن هزاردانه سویا را به‌طور معنی‌

داری افزایش داد. محلول پاشی عناصر ریزمغذی در گیاه کلزا سبب افزایش وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد گردید (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). بایبوردی و مامدوف (۲۰۱۰) گزارش کردند که با مصرف ۲ در هزار آهن و ۳ در هزار روی بیشترین وزن هزار دانه در کلزا حاصل گردید.

۲-۸- تأثیر عناصر آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاهان

۲-۸-۱- کلروفیل

از آنجایی که کلروفیل نور خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند، کاهش مقدار کلروفیل برگ منجر به کاهش ماده‌سازی در گیاه و در نهایت کاهش محصول می‌شود (ملکوتی و طباطبایی، ۱۳۸۷). سومر (۱۹۹۵) در آزمایشی روی ذرت دریافت که کمبود آهن موجب کاهش اندازه کلروپلاست می‌گردد و گیاه کوتاه می‌ماند. هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان آهن کل برگ و شاخص میزان کلروفیل برگ در تحقیقات هیرایی و همکاران (۲۰۰۷) در جو نیز مشاهده شده است. افزایش میزان کلروفیل برگ گیاه گندم در نتیجه افزایش میزان آهن مصرفی با تحقیقات انجام شده توسط بالونز و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. تحقیقات مورالس و همکاران (۱۹۹۸) در چغندر قند نیز نشان داد که کمبود آهن منجر به کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل و کاروتنوئید در واحد سطح برگ می‌شود که به دنبال آن میزان فتوسنتز برگ به دلیل کاهش تعداد واحدهای فتوسنتزی و همچنین کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسنتزی II در واحدهای باقی‌مانده دچار کاهش می‌شود. نتایج تجزیه واریانس در آزمایش پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که مصرف آهن و روی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل اثر معنی‌داری داشت. عنصر روی بر محتویات عناصر غذایی مؤثر در تشکیل کلروفیل نظیر آهن و منیزیم تأثیر دارد (کایا و هیکس، ۲۰۰۲). در آزمایش عابدی و همکاران (۲۰۱۱) محلول پاشی روی میزان کلروفیل b را افزایش داد که این موضوع می‌تواند به علت نقش این عنصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد.

۲-۸-۲- محتوای نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب برگ (RWC^1) معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که به عنوان یک شاخص جهت تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (تئولیت و همکاران، ۱۹۹۷). این صفت به ویژه در مرحله پرشدن دانه اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، عنصر روی نقش مهمی را در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها دارد، به این دلیل که این عنصر در نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه نقش دارد و از طریق کاهش تلفات آب برگ موجب افزایش مقدار آب نسبی برگ می‌شود (ویسنی و همکاران، ۲۰۱۱) در آزمایش بنی‌عباس و همکاران (۲۰۱۲) محلول پاشی گیاه آفتابگردان با عناصر ریز مغذی موجب افزایش مقدار نسبی آب برگ گردید.

۲-۸-۳- پایداری غشاء پلاسمایی

روی از جمله عناصری است که برای حفظ تمامیت غشای سلول‌های ریشه ضروری است. در شرایط کمبود روی نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه افزایش می‌یابد (پارکر و همکاران، ۱۹۹۲). در پژوهش انجام شده توسط سعادت‌ی و معلمی (۱۳۹۰) محلول پاشی روی با حفظ ثبات غشای سلولی موجب کاهش نشت^۱ الکترولیت‌ها شد. عنصر روی می‌تواند به عنوان تثبیت کننده و محافظ غشاهای حیاتی در برابر تنش اکسیداتیو عمل کند. (حسن و همکاران، ۲۰۰۵). این در حالی است که در پژوهش دیگری در مورد تأثیر تنش خشکی و تغذیه برگی برخی از عناصر کم‌مصرف (روی) مشاهده شد که تغذیه برگی نه تنها موجب پایداری غشا نگردید، بلکه احتمالاً با اثرگذاری بر ترکیبات ساختمانی دیواره موجب تخریب بیشتر آن و نشت مواد یونی به بیرون از دیواره گشته است (درویش-بلوچی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهش دیگر کاربرد کود روی سبب افزایش معنی‌دار پایداری غشاء در گیاه نخود شد (عباس مقدم و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۸-۴- محتوای قندهای محلول

دلایل متعددی برای انباشت قندهای محلول در برگ می‌تواند وجود داشته باشد، مواد فتوسنتزی پس از تولید در برگ به طرف مقصدهای خود (دانه) انتقال می‌یابند، بنا بر این تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ معرف عدم انتقال آن‌ها به مقصد به واسطه پایین بودن ظرفیت مقصد (دانه) و عدم نیاز دانه به کربوهیدرات‌های محلول است (احمدی و سی‌وسه مرده، ۱۳۸۳). از طرفی مارتین و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که ترکیباتی همانند کربوهیدرات‌های محلول در تنظیم اسمزی و مکانیسم‌های حفاظتی نقش دارند. تجمع کربوهیدرات‌های محلول برگ به واسطه غلظت بیشتر کلروفیل a, b و توان فتوسنتزی بیشتر برگ می‌باشد اما عکس این رابطه علیتی نیز ممکن است صادق باشد، به عبارت دیگر همبستگی مثبت بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ و کلروفیل ممکن است به واسطه نقش کربوهیدرات‌های محلول در حفظ کلروفیل باشد (احمدی و سی‌وسه مرده، ۱۳۸۳). افزایش درصد قندهای محلول دانه در نتیجه کاربرد عناصر کم‌مصرف به دلیل اهمیت این عناصر در تجمع آسمیلات‌ها در دانه در مراحل آخر رشد توسط موحدی و همکاران (۲۰۰۴) و مارشنر (۱۹۸۶) گزارش شده است (متاعی و همکاران، ۱۳۹۳) گزارش کردند که بیشترین درصد محتوای قندهای محلول دانه ذرت شیرین ۷/۸۴ تحت تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی در برگ حاصل شد کمترین درصد قندهای محلول از مصرف خاکی عناصر کم‌مصرف (۶/۲۸) به دست آمد در واقع محلول پاشی منجر به افزایش ۲۴/۸۴ درصدی قند دانه نسبت به مصرف خاکی شد.

۲-۸-۵- آنتوسیانین و فلاونوئید

کلمه آنتوسیانین از دو کلمه یونانی به معنای گیاه (Anthos) و آبی (kianos) مشتق شده است (واتر، ۲۰۰۲). آنتوسیانین‌ها مهم‌ترین گروه از رنگدانه‌های طبیعی بعد از کلروفیل هستند که غیر سمی و محلول در آب می‌باشند در سطح وسیعی در مایع سلول‌های گیاهی وجود دارند. این رنگدانه‌های فلاونوئیدی مسئول رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش در بسیاری از میوه‌ها، سبزی‌ها و گل‌ها می‌-

باشند (بوچرت، ۲۰۰۵) این رنگدانه‌ها به‌طور کلی ترکیبات فنولیک موجود در سلول‌های گیاه را از اشعه ماوراء بنفش محافظت می‌نمایند. (اندرسون و جوردن، ۲۰۰۶).

فلاونوئیدها در شیر سلولی بیشتر گیاهان وجود دارند. در طبیعت بسیار پراکنده هستند و صدها نوع (حدود ۸۰۰ نوع) از آن‌ها تاکنون شناسایی و مشخص شده‌اند. هسته ساختمانی آن‌ها از بنزوپیرن تشکیل شده است. اساساً در ساختمان آن‌ها اسکلت فلاویلیوم وجود دارد و برحسب اختلاف در اکسیداسیون حلقه مرکزی به گروه‌های آنتوسیانین‌ها، فلاون‌ها، فلانول‌ها و فلاوانون‌ها تقسیم می‌شوند (پترسن، ۱۹۹۷) با توجه به نقش ترکیبات فنلی در کاهش و یا مهار اتو اکسیداسیون لیپیدها، جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن یا تجزیه پراکسیدها، این ترکیبات به عنوان یک آنتی‌اکسیداسیون ضروری برای حفاظت علیه تکثیر و پیشروی زنجیره اکسیداتیو و دفاع علیه گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌نماید (کسوری و همکاران، ۲۰۰۷). منگنز نقش بسیار مهمی در تولید فلاونوئیدها دارد. محلول پاشی آهن و روی موجب افزایش فلاونوئید در گیاه گل‌گاوزبان باغی شد (یادگاری، ۲۰۱۳). محلول پاشی آهن و روی سبب افزایش فلاونوئید در گیاه همیشه بهار شد (یادگاری و همکاران، ۱۳۹۱).

۹-۲- تأثیر عناصر آهن و روی بر برخی صفات کیفی

۹-۲-۱- غلظت آهن و روی در اندام‌های هوایی

دمیر کایران (۲۰۰۵) در آزمایشات خود در مورد روش‌های مصرف آهن در گندم در یک خاک آهکی نشان داد که محلول پاشی آهن موجب ایجاد بالاترین غلظت و جذب آهن در اندام‌های هوایی می‌شود. در یک آزمایش مزرعه‌ای محلول پاشی پنبه با عنصر روی در شرایط کمبود آن در خاک منجر به افزایش غلظت آهن، روی و منگنز در برگ‌ها شد (سیال و همکاران، ۲۰۰۵). غلظت روی برگ نیز بر اثر مصرف روی و ترکیبی از آهن و روی افزایش پیدا کرد (موسی و همکاران، ۲۰۰۳). میسرا و همکاران (۲۰۰۷) با اندازه‌گیری غلظت عنصر روی در برگ گیاه ریحان مقدس مشاهده نمودند که بسته به نوع ژنوتیپ مقدار عنصر مذکور از ۱۱ تا ۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بوده است. (بلوک‌نیا

و همکاران، ۲۰۰۳ و کاواسکا و همکاران، ۲۰۰۶) طی آزمایشی روی گیاه رز بیان شده که افزایش غلظت آهن از ۵/۱ به ۲۴ میکرومولار منجر به افزایش معنی دار غلظت آهن برگ این گیاه در سطح ۱ درصد شد. در مطالعه محمودی و همکاران (۲۰۰۵) نیز کمبود آهن منجر به کاهش معنی دار محتوای آهن بقولات مورد بررسی شد. هرچند که تأثیر کمبود آهن بر محتوای آهن ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت بود، همچنین بیشترین میزان غلظت آهن در اندام‌های هوایی گندم با ۱۲۴/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم آهن به صورت خاکی و ۲ در هزار لیتر به صورت محلول پاشی مشاهده شده است (بوبری و تهرانی، ۱۳۸۹).

۲-۹-۲- پروتئین دانه

به گزارش نوابی و ملکوتی (۱۳۸۱) کاربرد عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز سبب افزایش پروتئین در ذرت شد. کاربرد آهن سبب افزایش معنی دار مقدار آهن در دانه، برگ پرچم و پروتئین دانه گندم شده است (عباس و همکاران، ۲۰۰۹). سیلسپور (۱۳۸۶) با بررسی اثرات آهن و روی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی نتیجه گرفت که درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار می گیرد و بالاترین درصد پروتئین دانه را در تیمار آهن + روی به میزان ۱۲/۴ درصد گزارش کرد. بیگی و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند با افزایش محلول پاشی کود آهن، عملکرد دانه و پروتئین دانه سویا افزایش معنی داری را نشان داده است. آگرا والا و همکاران (۱۹۶۵) گزارش کردند آهن یک عنصر ضروری برای سنتز پروتئین است و کمبود آهن رشد گیاه را کاهش می دهد. آهن در فتوسنتز و سنتز پروتئین دخالت دارد و سبب افزایش درصد پروتئین می شود (موسی، ۱۹۹۳).

۲-۹-۳- روغن دانه

یاری و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که محلول پاشی روی، منگنز موجب افزایش روغن دانه گلرنگ شد. نتایج به دست آمده نشان داده است که عناصر روی و منگنز نسبت به آهن اثر بیشتری بر مقدار روغن تولیدی در دانه‌های روغنی دارند. با تأمین عناصری مانند روی و منگنز به ویژه در مرحله پرشدن دانه گلرنگ، درصد پروتئین دانه افزایش یافت (رضایی، ۲۰۱۶). کانوال و همکاران (۲۰۱۶) نیز

بر اثر مصرف عناصر کم مصرف از جمله منگنز در افزایش روغن دانه‌های روغنی تأکید کردند. محلول پاشی برگ‌های آهن و روی در گیاه سویا در اوایل دوران رشد رویشی سبب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن می‌شود (برن، ۲۰۰۳). برگلند (۲۰۰۲) گزارش داد که محلول پاشی عنصر روی دارای تأثیر معنی‌دار بر میزان روغن در گیاه کلزا است. شهنسوازی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که با کاربرد روی متابولیسم اسیدهای چرب به‌خصوص اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک، استئاریک و اسید چرب غیراشباع لینوئیک افزایش یافت. راوی و همکاران (۲۰۰۸) نیز بر میزان تأثیر عناصر ریزمغذی بر افزایش میزان روغن گلرنگ تأکید کردند.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) اجرا شد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۱۵۴ میلی‌متر است و بارندگی‌ها بیشتر در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک محل آزمایش		
پارامترهای اندازه‌گیری شده	مقدار	واحد
شن	۲۰/۱	درصد
لای	۴۹/۲	درصد
رس	۳۰/۷	درصد
کربن آلی	۰/۴	درصد
نیتروژن کل	۰/۱۰	درصد
پتاسیم قابل جذب	۲۸۰	پی‌پی‌ام
فسفر قابل جذب	۱۰	پی‌پی‌ام
روی	۱/۱	پی‌پی‌ام
هدایت الکتریکی	۱/۵	دسی‌زیمنس بر متر
اسیدیته‌اشباع	۷/۸	-

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد (شکل ۳-۱). تیمارها شامل محلول پاشی با کود مایع ریزمغذی آهن، منگنز و روی (میکرو نووا) در ۳ سطح (صفر، ۲ و ۴ در هزار) و افزودن سورفکتانت در ۵ سطح (شاهد، آنیونیک، کاتیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت هر کدام با غلظت ۲ میلی‌لیتر در یک لیتر آب) بودند (جدول ۳-۲). سورفکتانت‌های آنیونی و کاتیونی در صنایع شوینده و لوازم آرایشی و بهداشتی کاربرد دارند و سورفکتانت نانیونیک به عنوان آفت‌کش استفاده می‌شود. بیوسورفکتانت‌ها نیز در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارند. کود میکرو نووا از شرکت بنیز تجهیز تهران و سورفکتانت‌ها از شرکت راک شیمی تهران تهیه و استفاده گردید.

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

a ₁ b ₁	شاهد
a ₁ b ₂	کود صفر و سورفکتانت کاتیونیک
a ₁ b ₃	کود صفر و سورفکتانت آنیونیک
a ₁ b ₄	کود صفر و سورفکتانت نانیونیک
a ₁ b ₅	کود صفر و بیو سورفکتانت
a ₂ b ₁	ریزمغذی ۲ در هزار بدون سورفکتانت
a ₂ b ₂	ریزمغذی ۲ در هزار و سورفکتانت کاتیونیک
a ₂ b ₃	ریزمغذی ۲ در هزار و سورفکتانت آنیونیک
a ₂ b ₄	ریزمغذی ۲ در هزار و سورفکتانت نانیونیک
a ₂ b ₅	ریزمغذی ۲ در هزار و بیوسورفکتانت
a ₃ b ₁	ریزمغذی ۴ در هزار بدون سورفکتانت
a ₃ b ₂	ریزمغذی ۴ در هزار و سورفکتانت کاتیونیک
a ₃ b ₃	ریزمغذی ۴ در هزار و سورفکتانت آنیونیک
a ₃ b ₄	ریزمغذی ۴ در هزار و سورفکتانت نانیونیک
a ₃ b ₅	ریزمغذی ۴ در هزار و بیوسورفکتانت

تکرار ۱	a ₃	a ₂	a ₁	a ₂	a ₃	a ₂	a ₁	a ₃	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁	a ₁	a ₃	a ₂
	b ₃	b ₂	b ₄	b ₃	b ₂	b ₄	b ₃	b ₁	b ₂	b ₅	b ₅	b ₁	b ₅	b ₄	b ₁
تکرار ۲	a ₁	a ₃	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁	a ₂	a ₂	a ₃	a ₂	a ₁	a ₃	a ₁	a ₂	a ₃
	b ₂	b ₁	b ₅	b ₂	b ₄	b ₁	b ₃	b ₁	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₄	b ₅	b ₃
تکرار ۳	a ₂	a ₃	a ₁	a ₁	a ₂	a ₁	a ₃	a ₃	a ₃	a ₃	a ₂	a ₂	a ₂	a ₁	a ₁
	b ₅	b ₁	b ₁	b ₅	b ₃	b ₄	b ₃	b ₂	b ₅	b ₄	b ₁	b ₂	b ₄	b ₃	b ₂

شکل ۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- آماده سازی بستر و کاشت

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. قبل از اجرای عملیات کاشت ابتدا زمین آبیاری شد و بذور در یک محیط تاریک با کود زیستی بایوسوی^۱ تلقیح و سپس کشت گردیدند. عملیات کاشت بذور سویا رقم DPX در تاریخ ۱۲ تیرماه ۱۳۹۵ با دست انجام شد. عمق کاشت بذور حدود ۳ سانتی متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته روی ردیف ۵ سانتی متر قرار داشت. دو خط کناری به عنوان حاشیه و خطوط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایشی در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای هر ۷ روز یکبار انجام شد. مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها تقریباً یکسان بود. پس از استقرار بوته‌ها اقدام به تنک کردن بوته‌های اضافی (در دو نوبت) گردید. و مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین کامل دستی انجام گرفت.

1-Biosoy

۳-۴-۳- محلول پاشی

تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی کود ریز مغذی در سه سطح (صفر، ۲ و ۴ در هزار) و سورفکتانت در پنج سطح (صفر، آنیونیک، کاتیونیک، نانویونیک و بیوسورفکتانت) با غلظت‌های توصیه شده توسط شرکت تولید کننده بود. یکی از سورفکتانت‌ها آنیونی است که در اکثر حلال‌های آلی حل می‌شود و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به صورت مایع شفاف و بی‌رنگ است و سورفکتانت کاتیونیک و نانویونیک که دارای خاصیت کف‌کنندگی هستند و بیو سورفکتانت که از نوعی باکتری به نام تیوباسیلوس تهیه می‌شود و دارای سمیت پایین و تجزیه پذیری بالاست. محلول پاشی در یک مرحله، اوایل گلدهی و ۶۰ روز پس از کاشت در هنگام عصر و در هوای ملایم انجام شد، به طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. همچنین در هنگام محلول پاشی برای جلوگیری از آغشته شدن خاک به محلول‌ها، از پوشش‌های پلاستیکی در دو طرف بوته‌ها استفاده شد و سعی گردید محلول پاشی به گونه‌ای انجام شود که کمترین ریزش را بر سطح زمین داشته باشد.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در آبان‌ماه مقارن با ۱۴۰ روز پس از کاشت صورت گرفت. برای این منظور از هر کرت با در نظر گرفتن حاشیه، تعداد ۵ بوته درگیر در رقابت از سطح خاک و از ناحیه طوقه برداشت شدند. بوته‌ها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوط را نشان دهند. در این زمان بوته‌ها کاملاً زرد شده بودند و بذرها در داخل غلاف‌ها قابل تشخیص و جدا شدن بودند.

۳-۴-۵- نمونه برداری

نمونه برداری ۱۰۴ روز پس از کاشت انجام شد. برای این منظور تعداد ۵ بوته سویا از سطح خاک و از ناحیه طوقه قطع شدند. نمونه‌ها پس از برداشت در پاکت قرار داده شدند و جهت تعیین برخی صفات به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

۳-۵- اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

طول ساقه بر حسب سانتی‌متر و قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۵ بوته اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری ثبت گردید. همچنین شاخه‌های فرعی شمارش و در نهایت از میانگین آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده گردید.

۳-۵-۱- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به بخش‌های برگ، ساقه و غلاف تفکیک و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. برای این منظور بخش‌های تفکیک شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ توزین شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم در متر مربع محاسبه گردید

۳-۵-۲- شاخص سطح برگ

سطح برگ بوته‌های نمونه‌برداری شده، توسط دستگاه سطح برگ سنج^۱ اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ بر حسب مترمربع سطح برگ به مترمربع زمین محاسبه گردید. براساس تعریف واژه شاخص سطح برگ شامل نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد.

۳-۵-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

۱۴۰ روز پس از کاشت از هر کرت آزمایش تعداد ۵ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد آن برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۵ بوته محاسبه و عملکرد بر حسب گرم در مترمربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های میزان تولید گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه سویا شامل

تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه می‌باشد که در ۵ بوته برداشت شده اندازه-گیری شد.

۳-۶- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، در ۶۸ روز پس از کاشت (۱۴ روز پس از اعمال تیمارها) به-طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن نمونه‌برداری انجام شد. جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ از روش بدون لهیدگی استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۰۱ گرم از بافت تازه برگ توزین و به قطعات کوچکی خرد شد. به نمونه‌ها ۶ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید اضافه شد و محلول حاصل به مدت ۴ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌ها از حمام آب گرم خارج شدند.

میزان جذب نمونه‌ها پس از سرد شدن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان، در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید (هیسوکس و ایسرلیستام، ۱۹۷۹).

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/ml}) = (12.25 A_{663}) - \text{رابطه ۳-۱})$$

$$(2.55 A_{645})$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/ml}) = (20.31 A_{645}) - \text{رابطه ۳-۲})$$

$$(4.91 A_{663})$$

$$\text{Chl} \text{ -رابطه ۳-۳})$$

$$T = \text{chl a} + \text{chl b}$$

$$\text{Car } (\mu\text{g/ml}) = (1000 A_{470} - 1.90 \text{ Chla} - 63.14 \text{ Chlb}) / 214 \text{ -رابطه ۳-۴})$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در روابط بالا اعداد به دست آمده در $V/W \times 1000$ ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر به دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی لیتر و W وزن نمونه تر برگ حسب گرم می باشد.

۳-۶-۲- مقدار آب نسبی برگ

پس از گذشت دو هفته از محلول پاشی بوته‌ها، به منظور تعیین مقدار آب نسبی برگ، از هر کرت سه بوته به طور تصادفی انتخاب و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. برگ‌ها بلافاصله درون پوشش‌های پلاستیکی داخل یخدان قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. برگ‌ها پس از توزین با ترازو با دقت 0.001 گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و آب روی آن‌ها با دستمال خشک گردید و دوباره توزین شدند (وزن اشباع)، در نهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید (وزن خشک). مقدار آب نسبی برگ با استفاده از رابطه ۳-۵ محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۳-۵)} \quad 100 \times \{(\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})\} = \text{مقدار آب نسبی}$$

۳-۶-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ

برای تعیین شاخص پایداری غشای پلاسمایی اقدام به نمونه‌گیری تعدادی برگ هم‌سن از هر ترکیب تیماری گردید، از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه 0.1 گرم به صورت قطعات کوچک و هم‌اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد (C_1) قرار داده شدند. به همین ترتیب سری دوم فالکن‌ها آماده‌سازی گردید و این بار به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد (C_2) قرار گرفتند. پس از خنک شدن، در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد هدایت الکتریکی آن‌ها توسط دستگاه Ec متر اندازه‌گیری شد و از طریق رابطه ۳-۶ میزان پایداری غشای پلاسمایی محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

رابطه (۳-۶)

$$1 = (C1/C2) \times 100 = \text{شاخص پایداری غشای پلاسمایی}$$

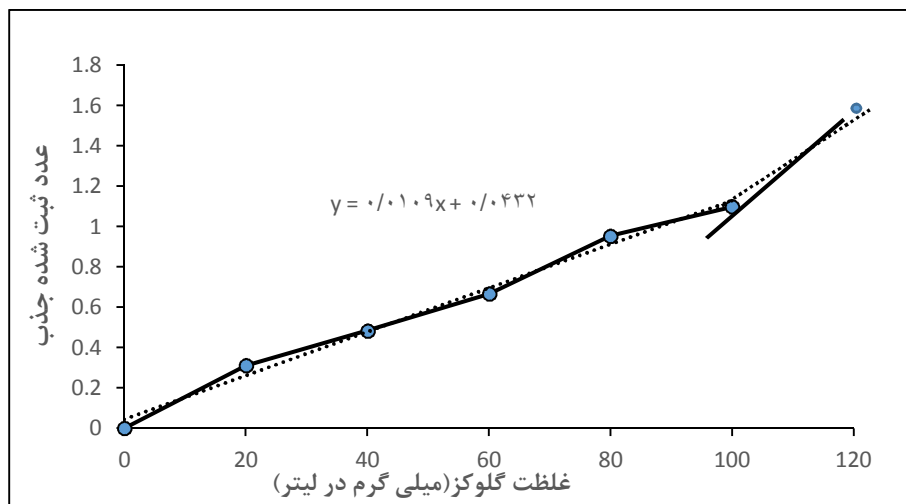
۳-۶-۴- محتوای قندهای محلول برگ

۰/۵ گرم از بافت برگ به همراه ۵ میلی‌لیتر از اتانول ۹۵ درصد در داخل هاون چینی کوبیده و پس از آن محلول جدا گردید. عمل استخراج دو بار دیگر و هر بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد تکرار شد، سپس محلول به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و بعد از جدا کردن بخش روئی فاز مایع، عصاره الکلی حاصل تا زمان اندازه‌گیری کربوهیدرات داخل یخچال نگهداری شد، برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول با توجه به روش ایریگوین و همکاران (۱۹۹۲). ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی برداشته و در لوله آزمایش ریخته شد و سپس ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک) به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند تا ماده رنگی حاصل شود. بعد از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. برای تهیه محلول استاندارد قند، از گلوکز با غلظت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده و کلیه مراحل آزمایش روی آن تکرار گردید. میزان کربوهیدرات محلول براساس میلی-گرم در گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه ۳-۷ محاسبه گردید.

رابطه (۳-۷)

$$FLA = ABS(300nm) \cdot 100v/700$$

$$V = \text{حجم نمونه بر حسب میلی‌لیتر}$$



شکل ۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر

۳-۶-۵- میزان آنتوسیانین

برای سنجش میزان آنتوسیانین کل، مقدار ۰/۰۲ گرم از بافت تازه برگ با ۴ میلی لیتر محلول اسید کلریدریک ۱ درصد و متانول در یک هاون چینی ساییده شد. محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه و در ۱۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. فاز رویی برداشته شد و جذب محلول‌ها در طول موج‌های ۵۳۰ و ۶۵۷ نانومتر نسبت به شاهد اندازه‌گیری شد. از محلول اسید کلریدریک ۱ درصد و متانول به عنوان شاهد استفاده گردید. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره با استفاده از رابطه‌ی (۳-۸) محاسبه گردید (میتا و همکاران، ۱۹۹۷).

$$A = A_{530} - (0.25 A_{657}) \quad (\text{رابطه ۳-۸})$$

۳-۶-۶- فلاونوئید

برای سنجش فلاونوئید، میزان ۰/۲ گرم از برگ در ۳ میلی لیتر اتانول اسیدی (شامل اتانول و اسید کلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) به طور کامل سائیده و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۳۰۰ نانومتر خوانده شد. (کرزک و همکاران، ۱۹۹۳).

۳-۶-۷- غلظت عناصر آهن و روی در برگ

نمونه‌های خشک شده برگ با استفاده از آسیاب پودر گردیدند و سپس مقدار یک گرم از نمونه در کروزه (بوته چینی) ریخته شد و درون کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار گرفت. در مرحله بعد به هر یک از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در بن‌ماری قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند (لیندسی، ۱۹۷۹) میزان جذب عصاره حاصل برای اندازه‌گیری غلظت عناصر روی و آهن برگ با دستگاه جذب اتمی (PERKIN ELMER) ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد (شکل ۳-۳ و ۳-۴)

۳-۷- اندازه‌گیری جمعیت برادی رایزوبیوم

به منظور اندازه‌گیری جمعیت برادی رایزوبیوم از محیط کشت YEM تغییر یافته استفاده شد. این محیط کشت شامل مانیتول (۱۰ گرم بر لیتر)، عصاره مخمر (۵/۰ گرم بر لیتر)، کلرید سدیم (۷/۰۰۷ گرم بر لیتر)، سولفات منیزیم (۲/۰ گرم بر لیتر) و معرف کانگو قرمز (۴/۰ گرم بر لیتر) بود که مقدار ۲/۰ گرم بر لیتر ماده پنتا کلرو نیترو بنزن به آن اضافه شد. ۱/۰ گرم از خاک محیط رایزوسفر به ۳ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و لوله‌های آزمایش به مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه شیکر با ۴۰۰ دور قرار گرفتند سپس یک میلی‌لیتر از محلول را با استفاده از سمپلر برداشته و در محیط کشت، قرار گرفت. نمونه‌ها به مدت ۹ روز در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند

۳-۸- اندازه‌گیری صفات کیفی

۳-۸-۱- درصد و عملکرد پروتئین دانه

اندازه‌گیری پروتئین دانه پس از برداشت به روش کج‌لدال^۱ انجام شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltac Analysis Unit 2300 ساخت کشور آمریکایی استفاده گردید. برای انجام عمل هضم ۲۵۰ میلی‌گرم از ماده گیاهی خوب پودر شده درون فلاسک‌های شیشه‌ای مخصوص کج‌لدال ریخته

شد و مقدار ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به عنوان کاتالیزور به هر فلاسک اضافه گردید. سپس به هر فلاسک ۱۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و فلاسکها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. دمای اجاق به آرامی و هر بار ۴۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت تا به دمای ۳۸۰ درجه سانتی گراد رسید. این شیوه برای جلوگیری از جوشش و کف کردن مواد درون فلاسکها بسیار مؤثر بود. پایان عمل هضم پس از ۲ تا ۲/۵ ساعت و با تبدیل محلول سیاه رنگ درون فلاسکها به محلولی نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کم رنگ مشخص می شد. مقدار نیتروژن نمونه ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کج لال سنجیده شد.

دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوزآور ۴۰ درصد و محلول دریافت کننده بود. محلول دریافت کننده از ترکیب ۱۰۰ میلی لیتر بروموکروزول سبز (۰/۱ گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی لیتر الکل)، ۷۰ میلی لیتر متیل قرمز (۰/۱ گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی لیتر الکل) و ۱۰ لیتر اسید بوریک ۱ درصد تشکیل شده بود. پس از قرارگیری فلاسکها در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شد و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به صورت گاز آمونیاک متصاعد شد و رنگ محلول حاوی نمونه به قهوه ای سوخته تبدیل می گردد. گاز آمونیاک حاصل به ظرفی حاوی محلول دریافت کننده منتقل می شود و به همراه اسید بوریک بورات آمونیوم را تشکیل می دهد که معرف های موجود در محلول دریافت کننده آن را به صورت رنگ سبز نمایان می سازند. عمل تیتراسیون نیز صورت گرفت. طی این عمل بورات آمونیوم حاصل در محلول دریافت کننده توسط مقدار کافی از محلول تیتریزول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیتراژ شد. به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۱۰-۳ و ۱۱-۳ استفاده شد. ضریب تبدیل برای سویا ۵/۷۱ در نظر گرفته شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین از حاصل ضرب عملکرد در درصد پروتئین آن استفاده گردید (کافمن، ۱۹۸۵).

(رابطه ۳-۹) وزن نمونه (گرم) $= (A \times 0.14) /$ درصد نیتروژن نمونه

(رابطه ۳-۱۰) ضریب تبدیل پروتئین $\times$ درصد نیتروژن = درصد پروتئین نمونه

$A =$ حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی لیتر

۳-۸-۲- درصد و عملکرد روغن

روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک Soxtherm 2000 automatic Gerhardt ساخت کشور آلمان تعیین گردید. برای این منظور مقدار یک گرم نمونه آسیاب شده و همگن در یک کاغذ صافی مناسب پیچیده شد و در کارتوش مخصوص دستگاه قرار داده شد. مقدار ۱۴۰ میلی لیتر حلال آلی (اتر) به بالن اضافه شد. در انتهای کار بالن بدون نمونه و نگهدارنده به آن ۱۰۵ درجه سانتی گراد منتقل گردید و به مدت یک ساعت حرارت داده شدند. سپس بالن به دیسکاتور منتقل و پس از سرد شدن توزین گردید (رنتس و همکاران، ۱۹۹۹). برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه‌ها از رابطه ۳-۱۲ استفاده شد.

(رابطه ۳-۱۱) $100 \times (\text{وزن نمونه} / \text{وزن اولیه بالن} - \text{وزن ثانویه بالن}) =$ درصد روغن

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید.

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چہارم

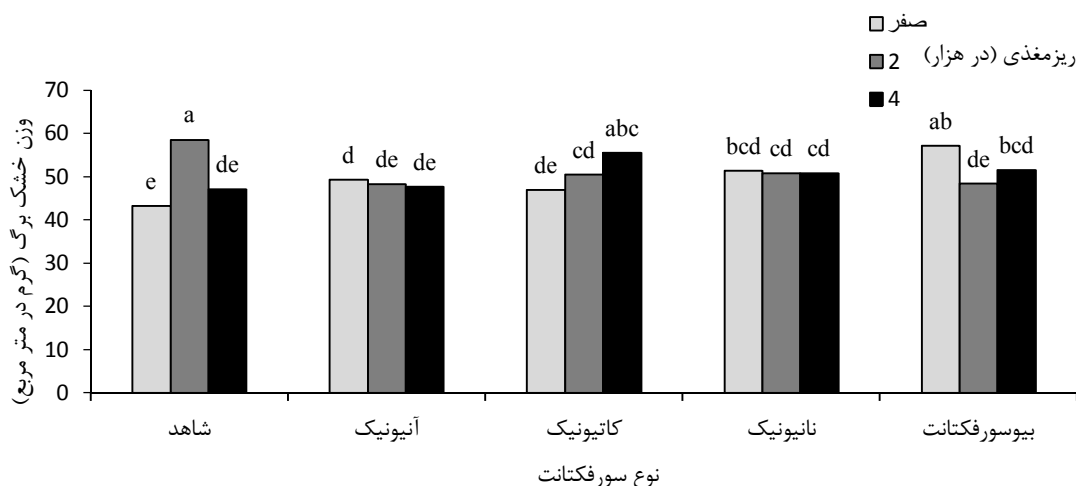
نتایج و بحث

۱-۴- تجمع ماده خشک برگ، ساقه و غلات

از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده خشک به دلیل اهمیت بیشتر به عنوان عاملی تعیین کننده محسوب می شود (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۱-۴- وزن خشک برگ

همان طور که در جدول پیوست ۱ مشاهده می شود تنها اثر متقابل محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار شد. مقایسه میانگین داده ها نشان داد، وزن خشک برگ در گیاهان حاصل از بذور شاهد (۴۳/۲۴ گرم در مترمربع) بود. اغلب سورفکتانت کاتیونیک و آنیونیک نسبت به عدم مصرف ریزمغذی و عدم مصرف سورفکتانت ارتقاء داد. به عنوان مثال مقادیر بالایی از وزن خشک برگ در محلول پاشی کود ریزمغذی ۲ در هزار بدون سورفکتانت، محلول پاشی ریزمغذی با غلظت ۴ در هزار همراه با سورفکتانت کاتیونیک و نیز کاربرد بیوسورفکتانت به تنهایی مشاهده شد. به طور کلی کاربرد سورفکتانت تأثیر مثبت بر وزن خشک برگ گیاه سویا داشت (شکل ۱-۴). اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف آهن و روی و ترکیب این دو عنصر بر متوسط ارتفاع و میزان ماده خشک هوایی سویا نیز معنی دار بوده است (موسیوند و همکاران، ۱۳۸۸).

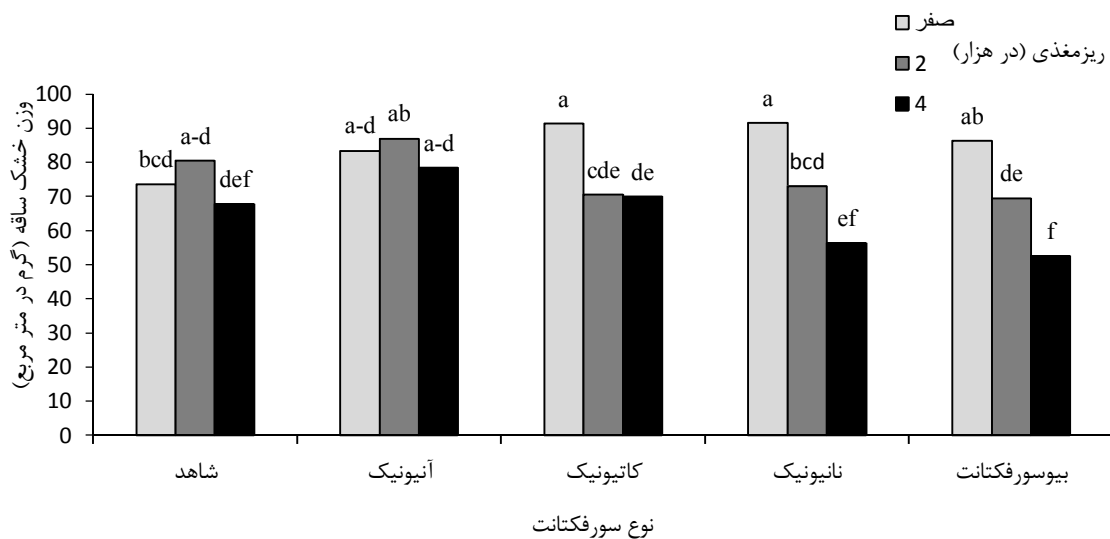


شکل ۱-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر بر هم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

محلول پاشی با کود ریزمغذی در سطح احتمال ۱ درصد و برهم‌کنش آن با سورفکتانت و در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱).

در مقایسه ترکیبات تیماری ریزمغذی و سورفکتانت در شکل ۴-۲ ملاحظه می‌گردد انجام محلول پاشی سورفکتانت‌ها به‌تنهایی تأثیر چشم‌گیری بر صفت وزن خشک ساقه داشت. که در این بین سورفکتانت کاتیونیک و نانیونیک سبب افزایش معنی‌دار مقدار این صفت نسبت به شاهد گردیدند. به‌طوری‌که وزن خشک ساقه در این تیمارها ۲۵ درصد بیشتر از شاهد بود. جالب است که استفاده کود ریزمغذی به‌ویژه در غلظت بالاتر همراه با سورفکتانت‌های کاتیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت تأثیر منفی بر ماده خشک ساقه در گیاه سویا داشت.



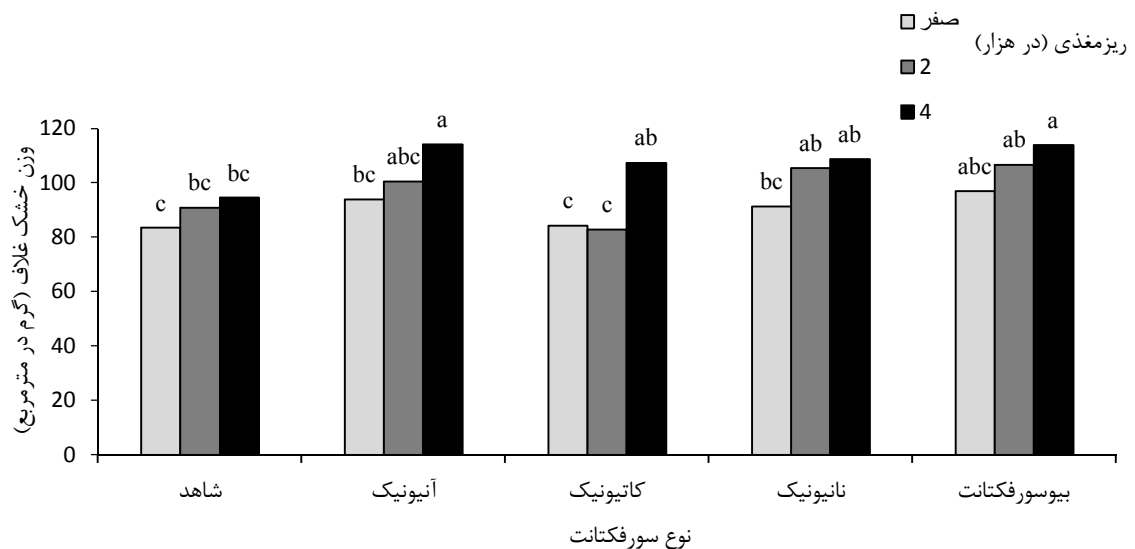
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف

برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی همراه با سورفکتانت اثر معنی‌دار بر صفت وزن خشک غلاف داشت (جدول پیوست ۱). در شکل ۴-۳ مشاهده می‌شود که بالاترین مقادیر وزن خشک غلاف در شرایط محلول پاشی با کود ریزمغذی توأم با کاربرد تمامی سورفکتانت‌ها (به جز ترکیب تیماری

کاتیونیک × کود ۲ در هزار) حاصل شد. وزن خشک غلاف در گیاهانی که کود ریزمغذی یا سورفکتانت دریافت نکردند کم بود و اختلاف معنی داری با شاهد نداشت. مقدار این صفت در گیاهان شاهد حدود ۸۵ گرم در مترمربع بود. ویتی و چامبلیس (۲۰۰۵) در تحقیقات خود نشان دادند که مرف برگی عناصر ریزمغذی آهن و روی سبب افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه ذرت می شود.

همچنین گزارش شده است بیشترین میانگین عملکرد ماده خشک نخود (۱۱۸۹/۹۰ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد سورفکتانت به صورت محلول در آب حاصل شد (عطایی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر برهم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

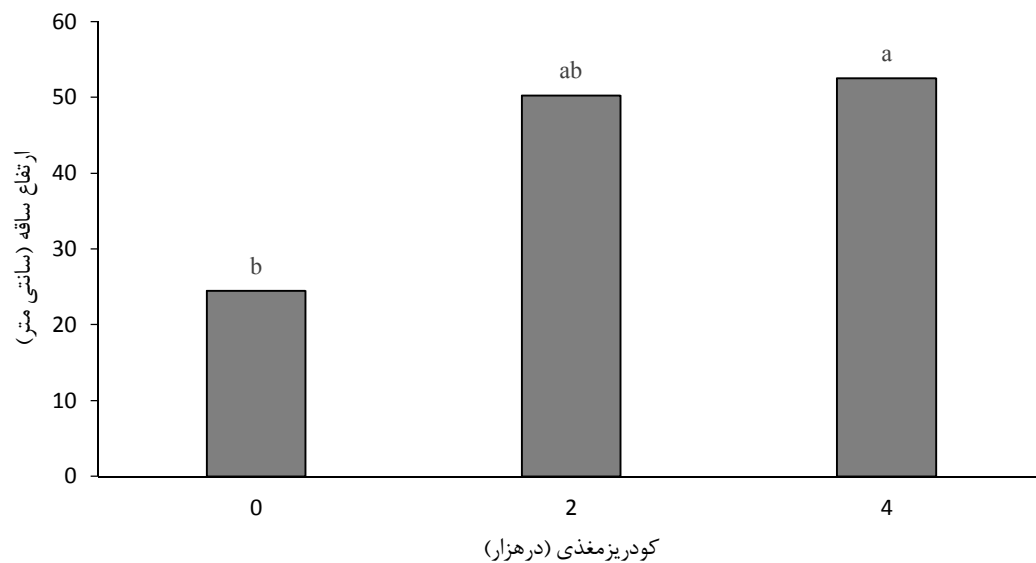
۴-۲- شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در جدول پیوست ۱ آورده شده است. همان طور که مشاهده می گردد اثر هیچ یک از منابع تغییر بر این صفت معنی دار نشد. در جدول پیوست ۲ مشاهده می شود که سورفکتانت ها و نیز کود ریزمغذی ۴ در هزار اثر جزئی بر این صفت داشته اند.

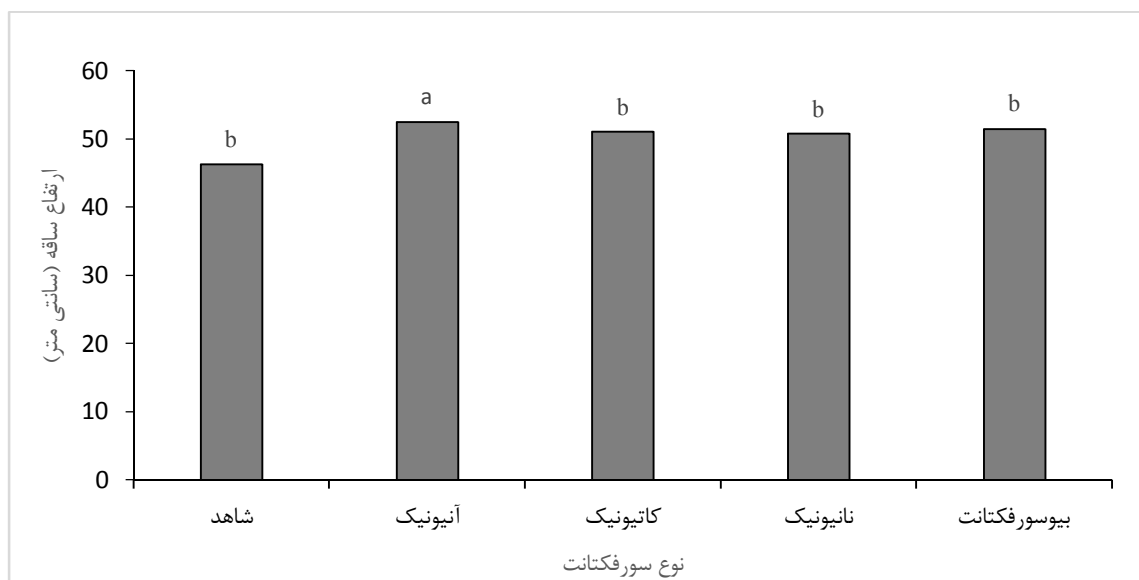
۴-۳- ارتفاع ساقه

اثر منابع تغییر شامل محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت بر ارتفاع ساقه در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۳). در شکل ۴-۴ مشاهده می شود که هر دو غلظت ریزمغذی نسبت به

شاهد اثر مثبت بر طول ساقه داشتند. محلول پاشی با ریزمغذی ۴ و ۲ در هزار ارتفاع ساقه را نسبت به شاهد به ترتیب ۱۱۴/۸۹ و ۴۷/۵ درصد افزایش دادند. بین دو غلظت ریزمغذی به کار برده شده اختلاف معنی داری مشاهده نشد. آهن در واکنش‌های مرتبط با تقسیم سلولی و رشد و افزایش ارتفاع مؤثر است. عادل و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعات خود نشان دادند که محلول پاشی عناصر ریزمغذی موجب افزایش معنی دار ارتفاع بوته در گیاه سویا گردید.



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی
مقایسه اثر سورفکتانت‌ها بر ارتفاع ساقه نشان داد که افزودن سورفکتانت آنیونیک موجب بهبود معنی- دار این صفت گردید. اگرچه سورفکتانت‌های کاتیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت نیز اثر مثبت داشتند ولی با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند. عطایی سماق و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که سورفکتانت‌ها، منجر به افزایش ارتفاع ساقه نخود شدند.

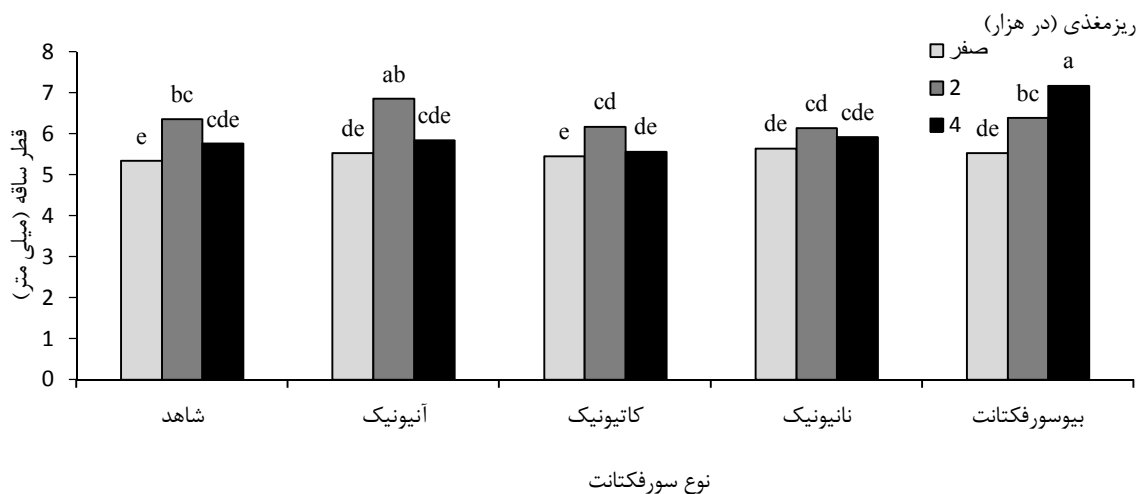


شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت

۴-۴- قطر ساقه

صفت قطر ساقه از نظر تأمین استحکام و پایداری گیاه، مقاومت آن در برابر ورس و نیز برخی بیماری‌های قارچی حائز اهمیت است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی محلول پاشی کود ریزمغذی در سطح ۱ درصد و اثر اصلی سورفکتانت و اثر متقابل ریزمغذی و سورفکتانت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). کاربرد سورفکتانت به‌تنهایی تأثیری بر قطر ساقه نداشت. ولی همراه شدن کود ریزمغذی با سورفکتانت توانست قطر ساقه را بهبود بخشد. استفاده از محلول ریزمغذی ۲ در هزار به‌تنهایی و نیز همراه با تمام سورفکتانت‌ها تأثیر مثبت و معنی‌داری بر این صفت داشت ولی غلظت ریزمغذی ۴ در هزار زمانی مؤثر واقع شد که توأم با بیوسورفکتانت مورد استفاده قرار گرفت. این تیمار موجب افزایش معنی‌دار ۳۴/۵۲ درصدی در این صفت نسبت به شاهد گردید که البته اختلاف معنی‌داری با محلول ۲ در هزار همراه با سورفکتانت آنیونیک نداشت (شکل ۴-۶). بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت روی می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسنتیم‌های نوری و افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد. خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) بیشترین قطر

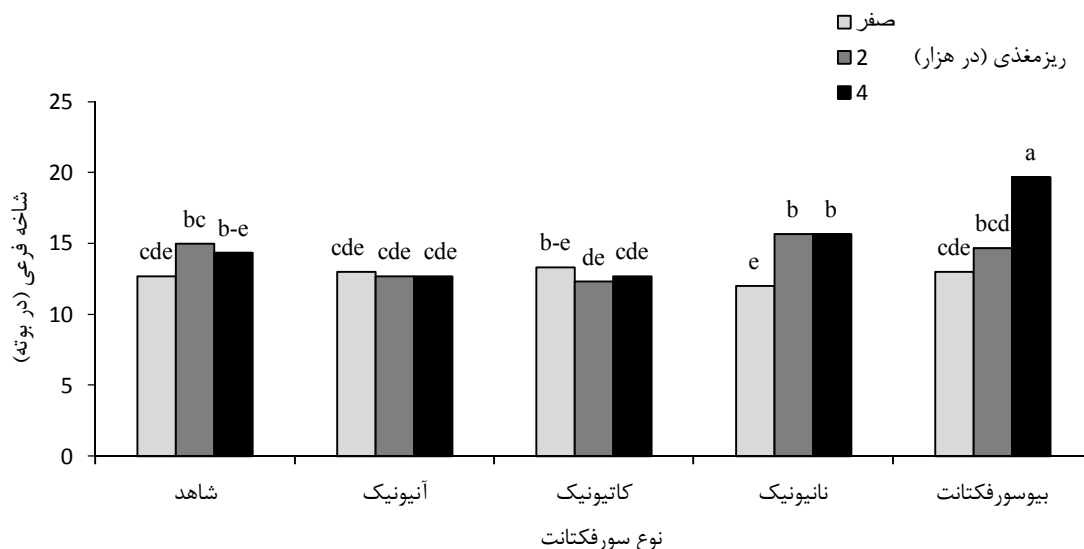
ساقه ذرت را از محلول پاشی با کود آهن و روی هر کدام به غلظت ۵ در هزار گزارش کردند



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر برهم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۵- شاخه فرعی

محلول پاشی کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد شاخه‌های فرعی معنی‌دار ($P < 0.01$) شد (جدول پیوست ۳). در بین ۱۵ ترکیب تیماری مورد مطالعه تعداد شاخه‌های فرعی بین ۱۲ تا ۱۹/۶۶ عدد در بوته متغیر بود. تعداد شاخه‌های فرعی گیاهان در شرایط محلول پاشی با کود ریزمغذی ۴ در هزار و بیوسورفکتانت بیشترین تعداد و بیش از ۱۹ عدد در بوته بود. در حالی که این تعداد در گیاهان شاهد ۱۲ عدد در بوته بود. افزودن سورفکتانت نانیونیک به محلول‌های مغذی ۲ و ۴ در هزار نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر این صفت داشت. سایر ترکیبات تیماری اعم از محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت به تنهایی و توأم با هم اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد نداشتند (شکل ۴-۷). مصرف عناصر ریزمغذی موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی و تعداد شاخه فرعی می‌شود.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر برهم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

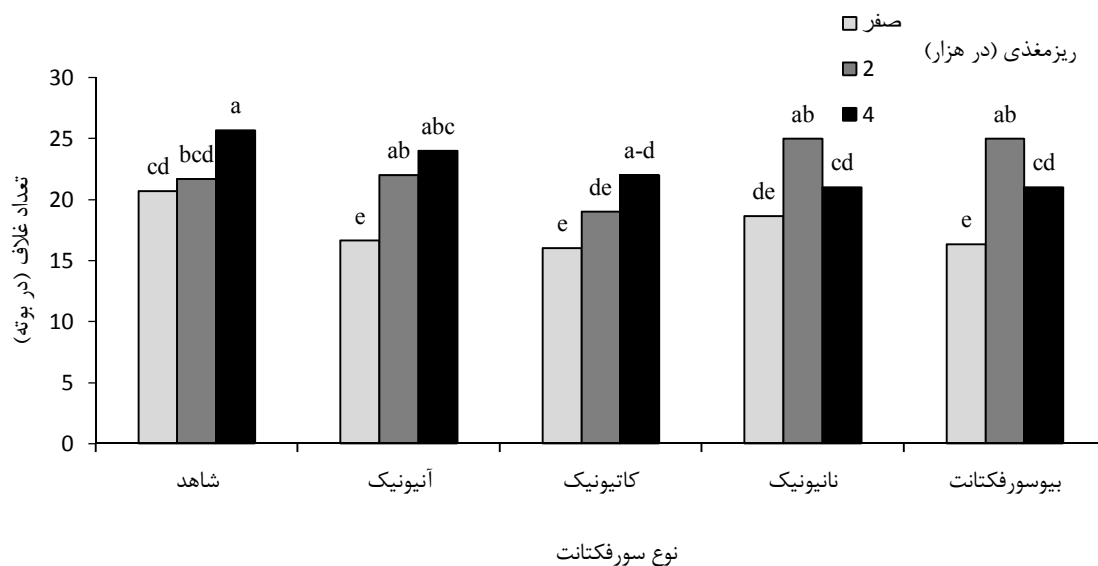
پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) بیشترین تعداد شاخه فرعی گیاه آنیسون را با محلول پاشی کود ریز مغذی آهن ۶ در هزار و روی ۴ در هزار به دست آوردند. با مصرف عناصر ریزمغذی آهن و روی فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش می یابد و موجب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می شود (کوچکی و بنیان، ۱۳۷۳). در آزمایش عطایی سماق و همکاران (۱۳۹۶) افزایش تعداد انشعابات جانبی با کاربرد مویان در گیاه نخود گزارش گردید. به موازات افزایش ارتفاع بوته، تعداد انشعاب بیشتری روی بوته تشکیل می گردد که خود سبب افزایش ماده خشک می شود.

۴-۶- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۶-۱- تعداد غلاف در بوته

اثر محلول پاشی کود ریزمغذی ($P < 0.01$)، سورفکتانت و اثر متقابل ریزمغذی و سورفکتانت ($P < 0.05$) معنی دار بود. کمترین تعداد غلاف در بوته هایی مشاهده شد که تنها با سورفکتانت های آنیونیک، کاتیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت محلول پاشی شدند. تعداد غلاف در بوته هایی که فقط با کود ریزمغذی ۴ در هزار محلول پاشی شدند ۲۵/۶۶ غلاف بود در حالی که این تعداد در گیاهان شاهد ۲۰/۲۳ عدد بود. افزودن سورفکتانت آنیونیک به محلول مغذی ۴ در هزار و سورفکتانت های

آنیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت به محلول ۲ در هزار نیز موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گردید به طوری که همراه با بالاترین مقدار ثبت شده (۲۵/۶۶) در گروه برتر آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۸). راتود و همکاران (۲۰۱۷) در یک آزمایش نتیجه گرفتند که کاربرد روی سبب افزایش تعداد غلاف در گیاه سویا می گردد. در تحقیق دیگری نیز با مصرف کود آهن افزایش تعداد غلاف در سویا گزارش شده است (میرزاشاهی و همکاران، ۲۰۱۷). عطایی سماق و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعات خود نشان دادند که استفاده از سورفکتانت موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه نخود شد.

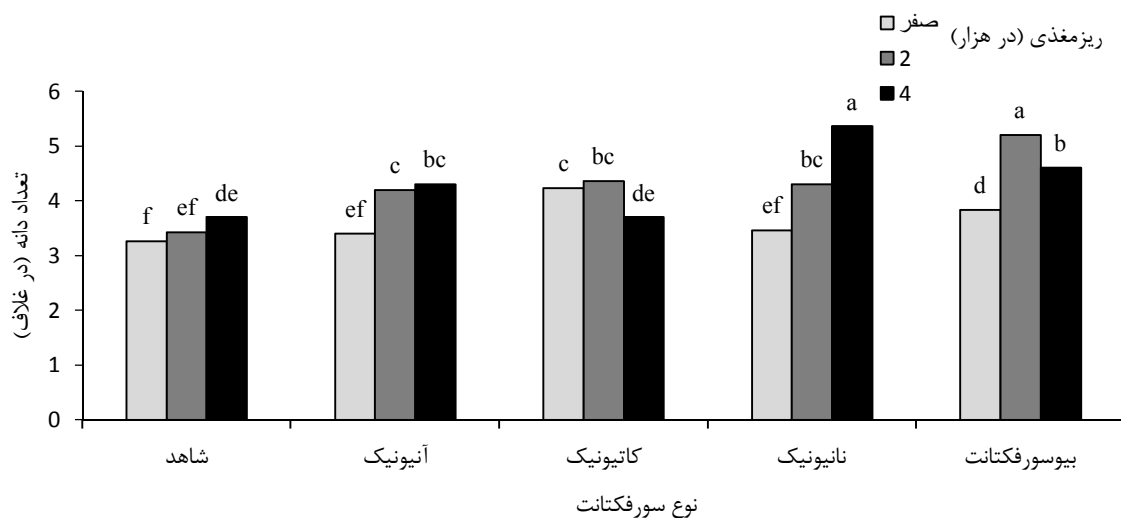


شکل ۴-۸- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر برهم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۶-۲- تعداد دانه در غلاف

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۱ درصد و برهم کنش آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۵). در ترکیبات تیماری مورد مطالعه تعداد دانه در غلاف بین ۳/۲۶ تا ۵/۳۶ متغیر بود. در این بین تعداد دانه بیشتر در بوته‌هایی ثبت گردید که محلول مغذی ۴ در هزار را همراه با سورفکتانت نانیونیک و محلول مغذی ۲ در هزار را همراه بیوسورفکتانت دریافت کردند. تعداد دانه در این تیمارها نسبت به شاهد حدود ۶۴ درصد افزایش نشان داد. در سایر ترکیبات تیماری نیز کاربرد توأم محلول

مغذی با سورفکتانت‌ها آثار مثبت و معنی‌داری برجای گذاشت (شکل ۴-۹). محلول پاشی عناصر از طریق افزایش کارایی در تجمع هیدروکربن‌ها موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شوند. افزایش تعداد دانه در غلاف را می‌توان ناشی از تأثیر آهن بر تشدید گل‌دهی به‌ویژه در اوایل آن دانست. عادل و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که محلول پاشی عناصر ریزمغذی سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف در گیاه سویا گردید. کبرایی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که محلول پاشی آهن و روی سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف گیاه سویا گردید.

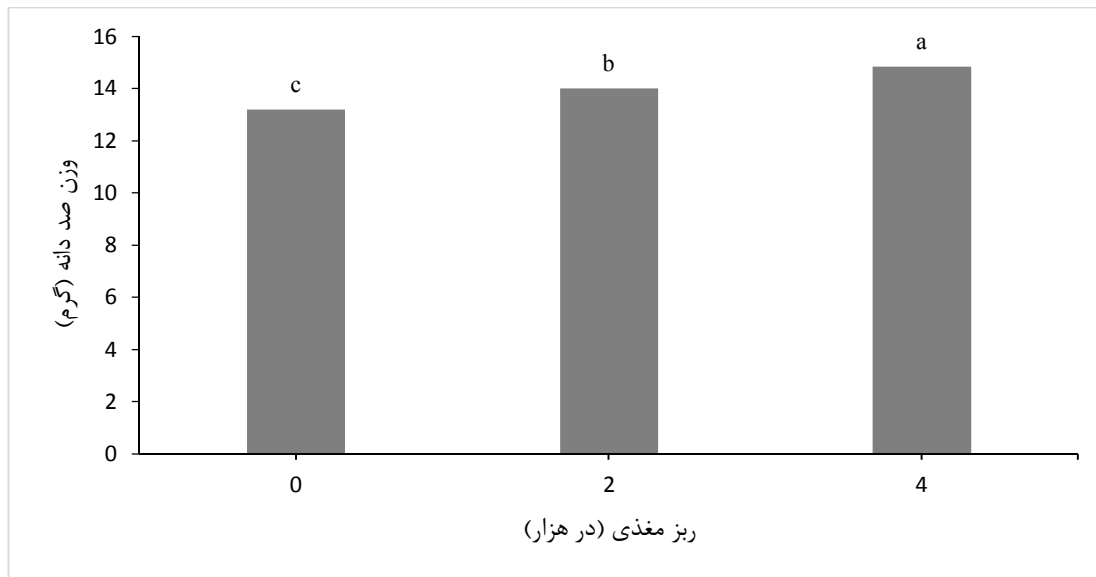


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۶-۳- وزن صد دانه

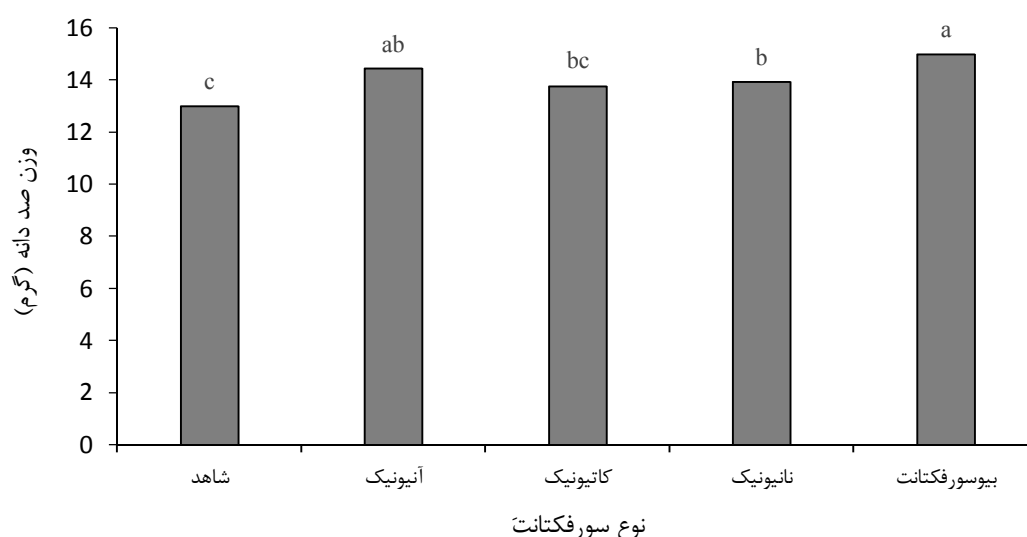
اثر کود ریزمغذی و سورفکتانت بر وزن صد دانه معنی‌دار ($p < 0.01$) شد (جدول پیوست ۵). استفاده از محلول ریزمغذی با غلظت ۴ در هزار تأثیر به‌سزایی بر وزن صد دانه داشت که موجب افزایش معنی‌داری ۱۲/۴۱ درصدی این صفت گردید البته محلول ۲ در هزار نیز وزن صد دانه را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید (شکل ۴-۱۰). با محلول پاشی، روی و آهن محتوای کل کربوهیدرات نشاسته، ایندول استیک اسید، کلروفیل و پروتئین دانه افزایش یافته که این عوامل در افزایش وزن

هزاردانه مؤثر است. میرزا شاهی و همکاران (۱۳۹۶) محلول پاشی کود آهن در غلظت ۲ در هزار سبب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه سویا گردید.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی

در شکل ۴-۱۱ اثر سورفکتانت‌ها بر وزن صد دانه مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ماده افزودنی نانیونیک، آنیونیک و در رأس آن‌ها بیوسورفکتانت موجب بهبود معنی‌دار این صفت گردیدند. در تیمار شاهد مقدار وزن صد دانه به‌طور متوسط ۱۳ گرم بود. کاربرد بیوسورفکتانت و سورفکتانت آنیونیک به ترتیب درصد افزایش یافت. در آزمایشی که توسط عطایی و همکاران (۱۳۹۵) روی گیاه نخود انجام شده ملاحظه گردید که کاربرد سورفکتانت بیشترین وزن صد دانه (۲۸/۲۸ گرم) را ایجاد کرد که دارای اختلاف ۴۶/۹۰ درصدی نسبت به عدم کاربرد سورفکتانت بود.

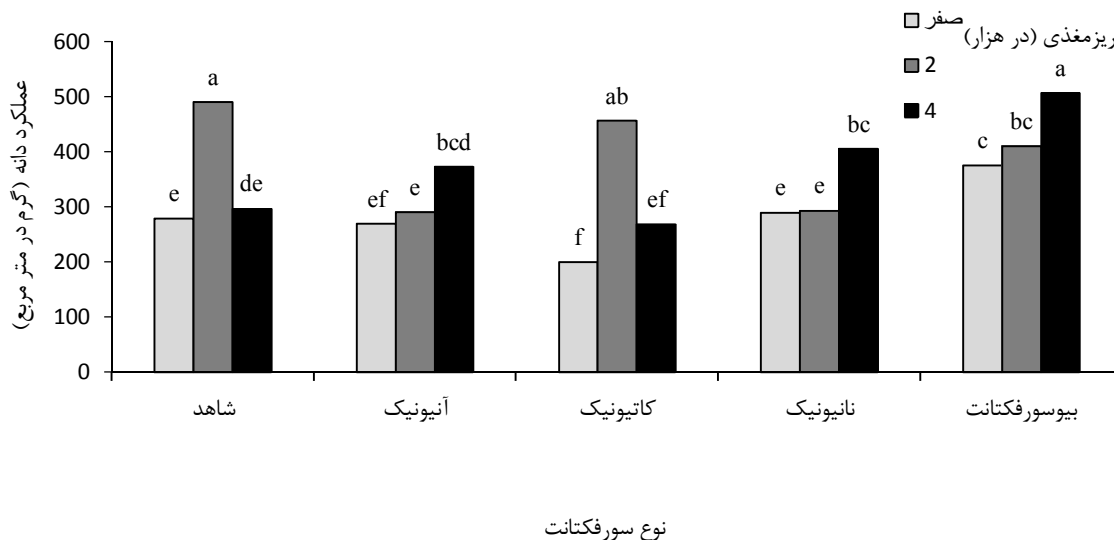


شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت

کلیه منابع تغییر بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری ($p < 0.01$) داشتند (جدول پیوست ۵). در مقایسه ترکیبات تیماری ریزمغذی و سورفکتانت در شکل ۴-۱۲ ملاحظه می‌گردد. که بیشترین مقادیر عملکرد با میانگین بیشترین عملکرد با میانگین $490.506/4$ و $456/4$ گرم در مترمربع به- ترتیب در ترکیب تیماری بیوسورفکتانت همراه با کود ریزمغذی ۴ در هزار، محلول پاشی کود ریز- مغذی ۲ در هزار به‌تنهایی و همراه با سورفکتانت کاتیونیک مشاهده شد. در حالی‌که در شرایط عدم حضور کود ریزمغذی با سورفکتانت کاتیونیک مقادیر پایینی ($199/4$ گرم در مترمربع) از عملکرد به- دست آمده‌که به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان شاهد بود. در بین سورفکتانت‌ها، اثر افزودن بیوسورفکتانت به محلول مغذی و نیز محلول پاشی آن به‌تنهایی بر عملکرد دانه مشهودتر بود. پیش از این در شکل ۴-۱۱ نیز مشاهده گردید که بیوسورفکتانت بیشترین اثر را بر وزن صد دانه داشت. بدیهی است که تأمین کافی آهن مورد نیاز گیاه منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود.

استفاده از عناصر ریزمغذی (آهن و روی) با توجه به تأثیر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم کننده‌های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان می‌شود و انتقال مواد به محل‌های ذخیره‌ای را افزایش می‌دهد و سبب افزایش وزن دانه می‌گردد، لذا عملکرد دانه را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۳). افزایش ۷۸-۹۸ درصدی عملکرد دانه گندم در استفاده به‌تنهایی

و همراه با ماده افزودنی سورفکتانت توسط امینی خلف و همکاران (۱۳۹۵) گزارش شد. افزایش عملکرد دانه ذرت نیز با کاربرد بیوسورفکتانت در آزمایش وینسیوس و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده شد.



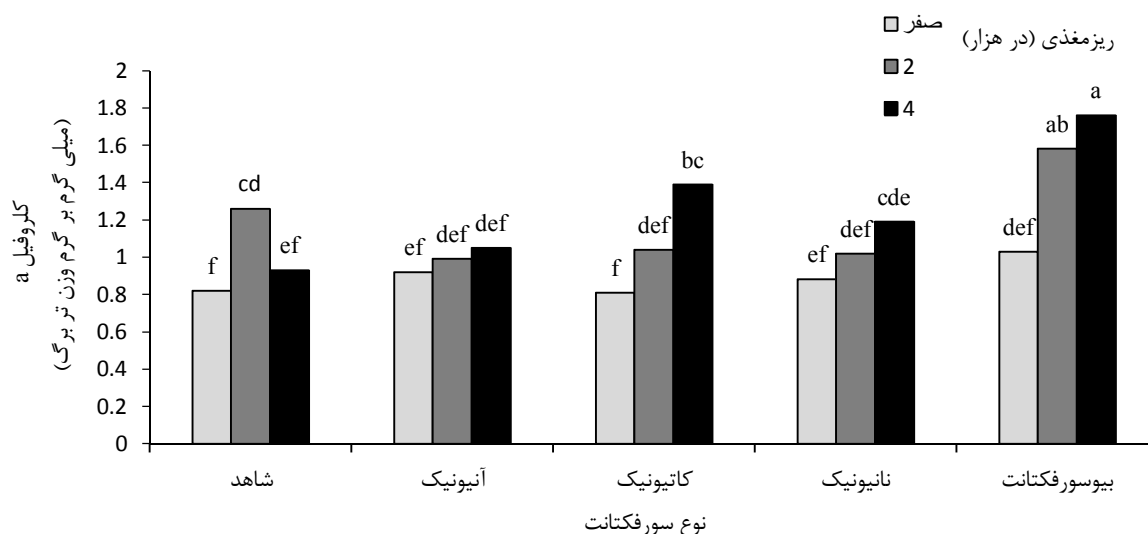
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷- صفات فیزیولوژیک

۴-۷-۱- رنگ دانه‌های برگ

۴-۷-۱-۱- کلروفیل a

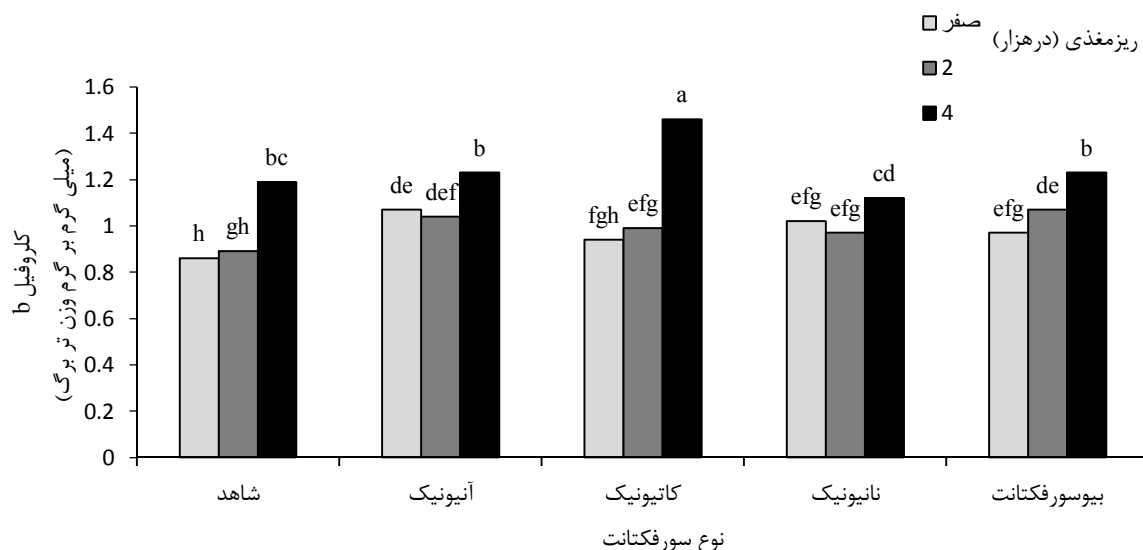
میزان کلروفیل a در برگ از محلول پاشی با کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۷). بالاترین مقادیر کلروفیل a در برگ گیاهانی ثبت شد که با بیوسورفکتانت و کود ریزمغذی ۴ و ۲ در هزار محلول پاشی شده بودند. میزان کلروفیل a در این دو ترکیب تیماری به ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود. در حالی که این مقدار در تیمار شاهد معادل ۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که با تعداد زیادی از تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت همچنین افزایش معنی‌داری در اثر کاربرد محلول‌مغذی ۲ در هزار به‌تنهایی و محلول ۴ در هزار توأم با سورفکتانت‌های کاتیونیک و نانیونیک حاصل گردید (شکل ۴-۱۳). بررسی‌های متاعی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که محلول پاشی عناصر ریزمغذی سبب افزایش کلروفیل برگ شد.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر برهم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷-۱-۲- کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که محلول پاشی با کود ریزمغذی، سورفکتانت و برهم کنش آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلروفیل b برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). افزودن سورفکتانت کاتیونیک به کود ریزمغذی ۴ در هزار و محلول پاشی آن روی برگ‌های گیاه موجب افزایش معنی‌دار و قابل توجه کلروفیل b برگ نسبت به شاهد و سایر تیمارها گردید. به‌طوری که کلروفیل b به‌دست آمده در این ترکیب تیماری (۱/۴۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) معادل ۶۹/۷۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. میزان کلروفیل b در برگ گیاهان شاهد (میانگین ۰/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و نیز گیاهانی که محلول ۲ در هزار را بدون سورفکتانت دریافت کرده بودند بسیار پایین بود. سایر ترکیبات تیماری مورد مطالعه این صفت را که به منزله تقویت کمپلکس دریافت نور در سیستم فتوسنتزی است، بهبود بخشیدند (شکل ۴-۱۴).

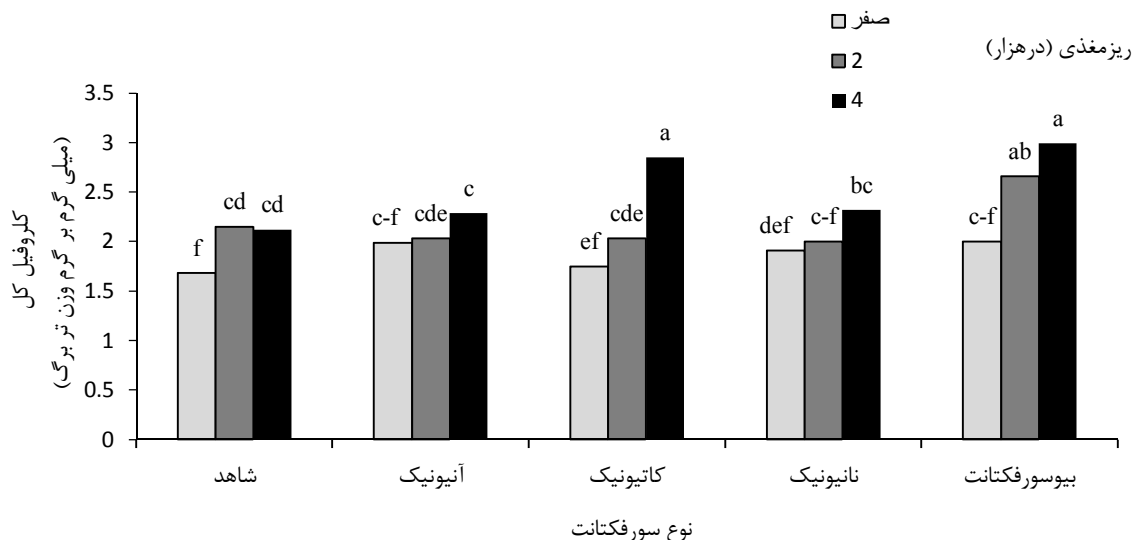


شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر بر هم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷-۱-۳- کلروفیل کل

تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل موجود در برگ نشان داد اثر محلول پاشی کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). برآیند مقادیر کلروفیل a و b در کلروفیل کل نمایان گردید به‌طوری که مقادیر بالایی از کلروفیل در ترکیبات تیماری سورفکتانت کاتیونیک و بیوسورفکتانت همراه با ریزمغذی ۴ در هزار مشاهده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده پاشیدن انواع سورفکتانت به‌تنهایی تأثیری بر کلروفیل کل برگ نداشت. افزودن این مواد به محلول مغذی با غلظت پایین ۲ در هزار (به جز بیوسورفکتانت) نیز مفید واقع نشد (شکل ۴-۱۵). کمبود آهن به مکانیزم تولید کلروفیل آسیب می‌رساند زیرا مشخص شده که مقدار کلروفیل گیاهان به در دسترس بودن مداوم آهن بستگی دارد. طی آزمایشی روی گیاه مرزه بیشترین میزان کلروفیل کل (۲/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در اثر محلول پاشی کودهای کم‌مصرف ثبت گردید (متاعی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج حاصل از پژوهش خیری و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز تأثیر معنی‌دار بر محتوای کلروفیل

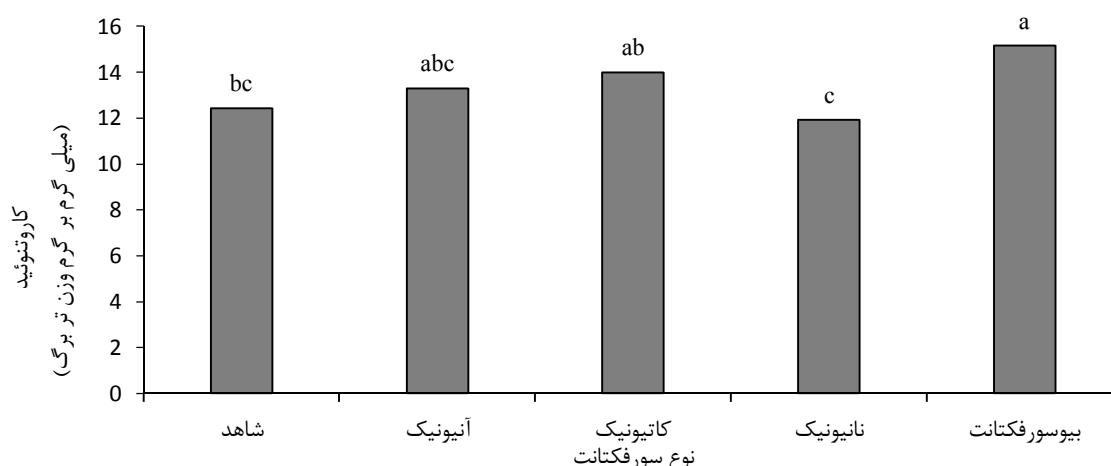
برگ گیاه داروئی گل گاوزبان باغی داشت. مطالعات زونگ چنگ و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که مصرف بیوسورفکتانت سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ گیاه ذرت گردید.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر برهم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۱-۷-۴- کاروتنوئید

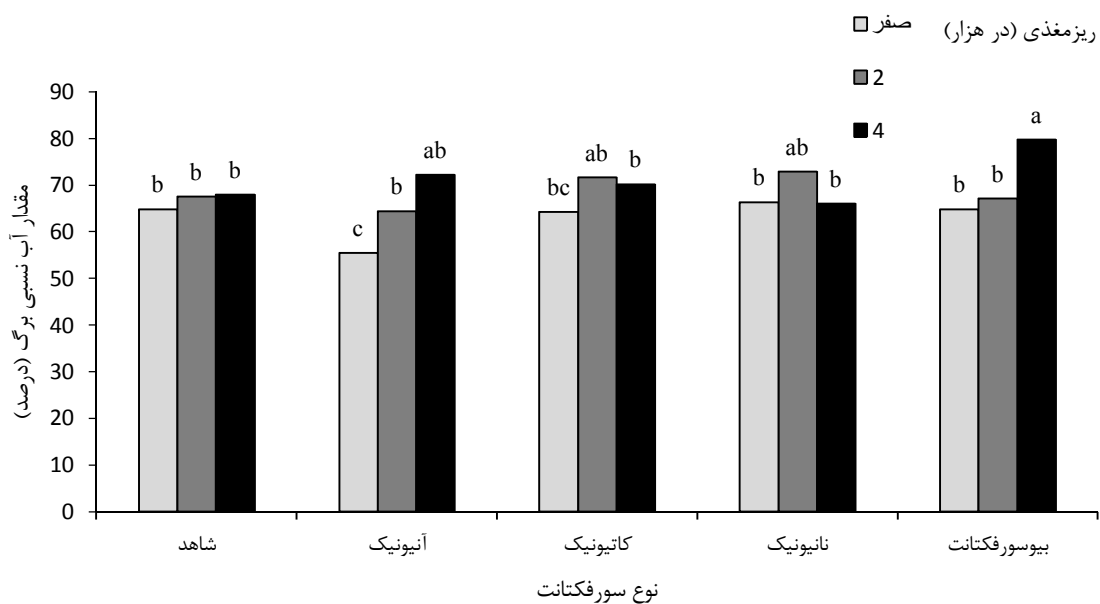
از بین منابع تغییر تنها اثر محلول پاشی سورفکتانت ($p < 0.05$) بر کاروتنوئید برگ معنی دار شد. سایر منابع تغییر بر این صفت اثر معنی داری نداشت (جدول پیوست ۷). همان طور که در شکل ۴-۱۶ مشاهده می گردد با افزودن بیوسورفکتانت میزان کاروتنوئید بهبود یافت به طوری که مقادیر بالایی از کاروتنوئید در این تیمار با میانگین ۱۵/۱۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد که ۲۱/۹۶ درصد بیشتر از شاهد بود. در حالی که سورفکتانت نانیونیک تأثیر منفی بر میزان کاروتنوئید داشت که البته از نظر آماری اختلاف معنی داری با شاهد و سورفکتانت آنیونیک نداشت. محلول پاشی عنصر روی در گیاه ریحان مقدس موجب افزایش کاروتنوئید گردید (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین کارتنوئید تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت

۴-۷-۲- مقدار آب نسبی برگ

اثر محلول پاشی کود ریزمغذی ($p < 0.01$) و اثر متقابل محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت ($p < 0.05$) بر مقدار نسبی آب برگ معنی دار بود (جدول پیوست ۹). مقدار آب نسبی برگ در تیمار-های مورد مطالعه بین ۵۶ تا ۷۹/۷۹ درصد متغیر بود. فقط دو ترکیب تیماری اختلاف معنی داری نسبت به شاهد نشان دادند. یکی محلول پاشی بیوسورفکتانت با ریزمغذی ۴ در هزار بود که با ثبت رکورد ۷۹/۷۹ درصد افزایش معنی داری نسبت به شاهد ایجاد نمود. این مقدار نزدیک به تعدادی از تیمارها بود و تنها با شاهد و بخشی از ترکیبات تیماری مورد مطالعه اختلاف معنی داری داشت. دیگری کاربرد سورفکتانت آنیونیک بدون حضور محلول مغذی بود که به طور معنی داری این صفت رانسبت به شاهد و بسیاری از ترکیبات تیماری دیگر کاهش داد (شکل ۴-۱۷). آزمایش تاجیک و همکاران (۱۳۹۶) روی گیاه ماش نشان داد که محلول پاشی عناصر ریزمغذی در غلظت ۴ در هزار تأثیر معنی داری بر محتوای آب نسبی برگ داشت. همراهی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف عناصر ریزمغذی موجب افزایش محتوای آب نسبی برگ در گیاه لوبیا گردید. نتایج دانش نیا و همکاران (۱۳۹۳) کاربرد سورفکتانت موجب افزایش محتوای آب نسبی برگ در گیاه شبدر برسیم گردید.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین مقدار آب نسبی برگ تحت تأثیر برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷-۳- پایداری غشاء پلاسمایی

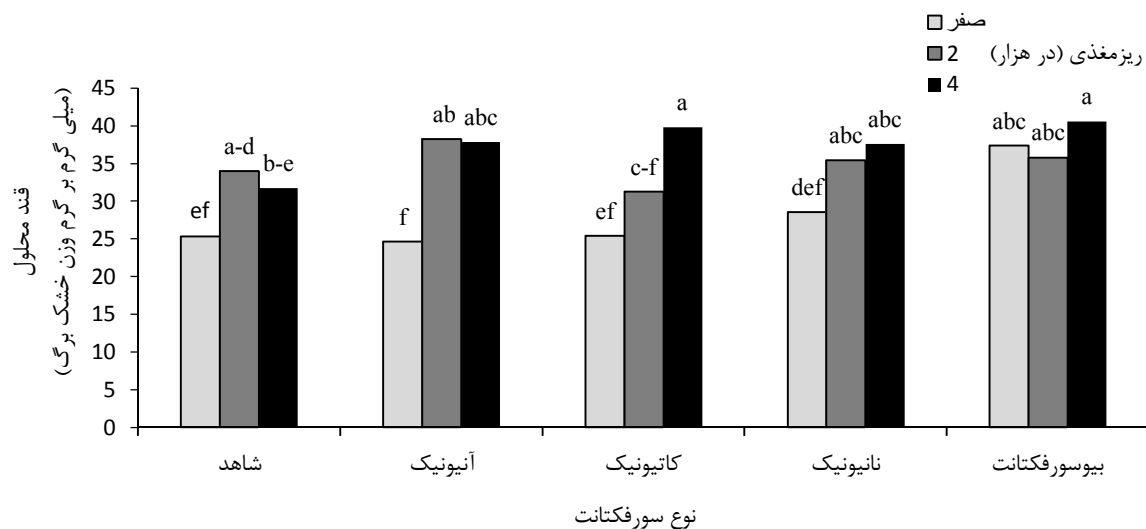
صفت پایداری غشاء پلاسمایی تحت تأثیر هیچکدام از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۹).

۴-۷-۴- محتوای قند محلول برگ

میزان قندهای محلول علاوه بر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت ($p < 0.01$), تحت تأثیر اثر متقابل آن‌ها ($p < 0.05$) نیز قرار گرفت (جدول پیوست ۹). انجام محلول پاشی سورفکتانت (به جز بیوسورفکتانت) در شرایط عدم استفاده از ریزمغذی تأثیری بر این صفت نداشت ولی محلول پاشی ریزمغذی به‌تنهایی میزان قندهای محلول برگ را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. افزودن سورفکتانت‌های آنیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت به هردو غلظت محلول‌مغذی و همراه شدن سورفکتانت کاتیونیک با غلظت ۴ در هزار محلول‌مغذی نیز تأثیر قابل‌توجهی در افزایش قند محلول برگ داشت به‌طوری که گروه برتر آماری را به خود اختصاص دادند (شکل ۴-۱۸). افزایش درصد قند-

های محلول در نتیجه کاربرد ریزمغذی‌ها، به دلیل اهمیت این عناصر در تجمع آسمیلات‌ها در دانه در مرحله آخر رشد می‌باشد

عنصر روی به عنوان کوفاکتور برای آنزیم‌های کاهش‌دهنده گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کند و از این طریق موجب افزایش انباشت متابولیت‌هایی مانند قندهای محلول و افزایش غلظت کلروفیل می‌گردد (راوی و همکاران، ۲۰۰۸). حسن‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) گزارش دادند محلول پاشی روی و آهن موجب افزایش قندمحلول گیاه مرزه یکساله شد. استفاده از عناصر ریزمغذی به صورت محلول پاشی موجب افزایش قندمحلول دانه ذرت گردیده است.

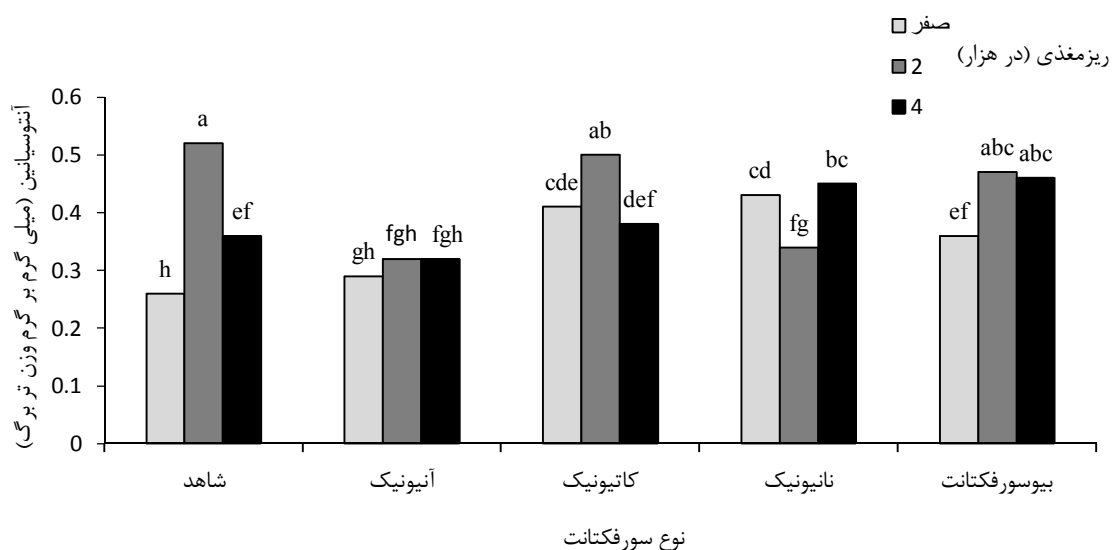


شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین قند محلول برگ تحت تأثیر بر هم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷-۵- غلظت آنتوسیانین

در جدول پیوست ۱۱ مشاهده می‌گردد تیمارهای ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آنتوسیانین برگ معنی‌دار شد. ترکیبات تیماری حاصل از سورفکتانت و ریزمغذی از لحاظ تأثیرگذاری بر میزان آنتوسیانین برگ در شکل ۴-۱۹ مقایسه شده. ملاحظه می‌گردد گیاهانی که با کود ریزمغذی ۲ در هزار بدون ماده افزودنی یا همراه با سورفکتانت کاتیونیک و بیوسورفکتانت و همچنین محلول مغذی ۴ در هزار با بیوسورفکتانت محلول پاشی شده بودند، از آنتوسیانین بالاتری در برگ خود برخوردار بودند. به جز ترکیبات تیماری حاصل از سورفکتانت آنیونیک با کود ریزمغذی،

سایر تیمارها میزان آنتوسیانین برگ را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. در تحقیقات دیگر نیز مشاهده شده است که استفاده از عناصر ریزمغذی (به ویژه روی) سبب افزایش محتوای ترکیبات فنولی برگ مانند فلاونوئید و آنتوسیانین می‌شود (زارع ده‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۸). محلول پاشی و مصرف خاکی کلات آهن نیز میزان آنتوسیانین برگ گیاه گلرنگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (قربانپور، ۱۳۸۰).



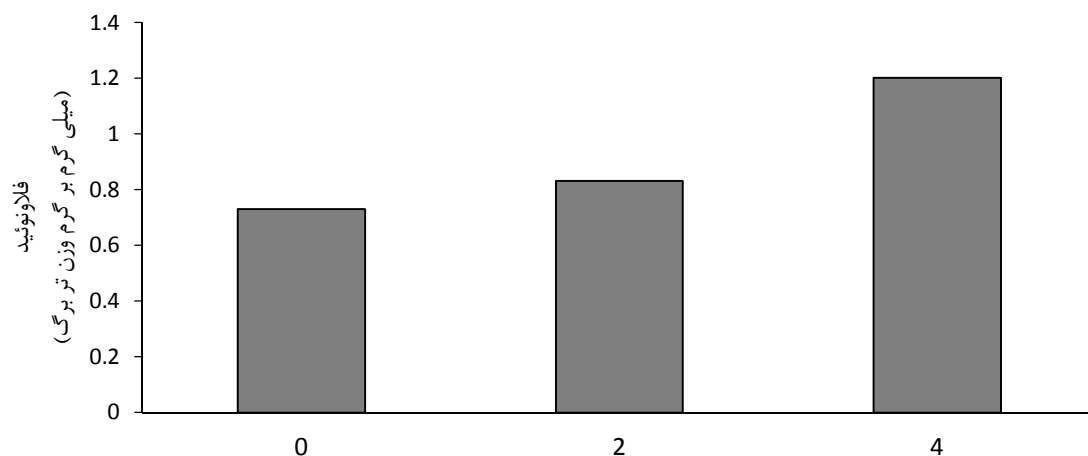
شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین آنتوسیانین تحت تأثیر بر هم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷-۶- میزان فلاونوئید

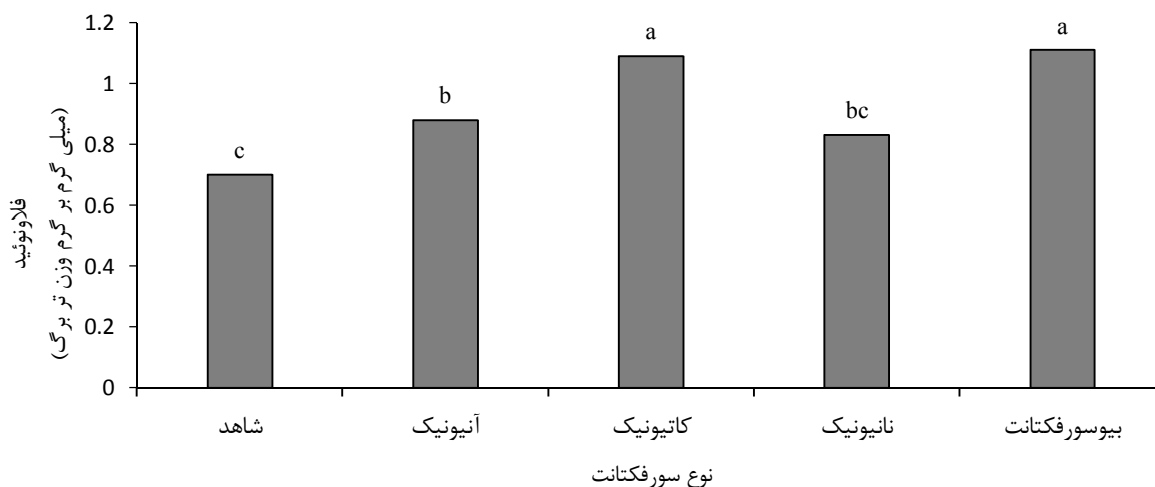
از بین منابع تغییر اثر اصلی محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت بر میزان فلاونوئید برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۱). استفاده از کود ریزمغذی با غلظت ۲ و ۴ در هزار اثری مثبت بر میزان فلاونوئید نداشت. ولی کود ریزمغذی ۴ در هزار به‌صورت معنی‌داری میزان فلاونوئید را معادل ۶۴/۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۰).

استفاده از سورفکتانت‌های کاتیونیک و بیوسورفکتانت سبب شد که میزان فلاونوئید موجود در برگ گیاهان حاصل به‌طور معنی‌داری از شاهد و سایر سطوح سورفکتانت بیشتر باشد. افزایش میزان

این صفت در سورفکتانت کاتیونیک و بیوسورفکتانت نسبت به شاهد به ترتیب ۵۵/۷۱ و ۵۸/۵۷ درصد بود البته سورفکتانت آنیونیک نیز افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد موجب گردید (شکل ۴-۲۱). نتایج آزمایش محمدی و همکاران (۱۳۸۹) روی گیاه نعنای سبز نشان داد که کاربرد عناصر روی و آهن تأثیر معنی‌داری بر صفت فلاونوئید داشت. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده توسط یوسفی و همکاران (۱۳۸۹) محلول پاشی آهن سبب افزایش رزمارینیک (نوعی فلاونوئید) در گیاه دارویی بادرنجبویه شد.



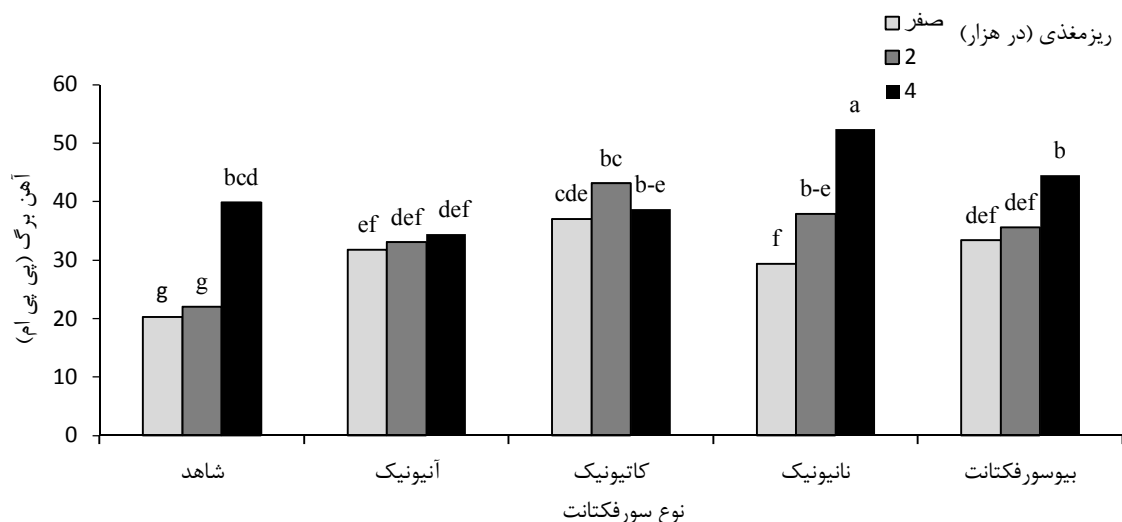
شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر محلول پاشی سورفکتانت

۴-۷-۷- مقدار عنصر آهن در برگ

محلول پاشی کود ریزمغذی سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر مقدار آهن موجود در برگ داشت (جدول پیوست ۱۳). از بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه فقط کاربرد محلول ۲ در هزار بدون سورفکتانت تأثیری بر این صفت نداشت. سایر تیمارها میزان آهن برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. در این بین تأثیر محلول پاشی با غلظت بالای کود ریزمغذی (۴درهزار) بر میزان آهن برگ چشمگیر بود، به‌ویژه هنگامی که بیوسورفکتانت و سورفکتانت نانیونیک به این محلول اضافه شد. به‌طوری که محلول پاشی کود ریزمغذی ۴ در هزار با سورفکتانت نانیونیک کاملاً متمایز بود تا جایی که بالاترین میزان آهن برگ با میانگین ۵۲/۴ پی‌پی‌ام در این ترکیب تیماری مشاهده شد (شکل ۴-۲۲). مقدار عنصر آهن در دانه به مقدار جذب این عنصر به وسیله ریشه طی مرحله توسعه دانه و انتقال مجدد این عنصر از بافت‌های گیاهی به دانه از طریق آوند آبکش ارتباط دارد. موسی و همکاران (۲۰۰۳) با محلول پاشی آهن و ترکیبی از آهن و روی در گیاه سیاه‌دانه غلظت این عناصر را در برگ افزایش دادند. همچنین محلول پاشی بابونه آلمانی با عناصر کم‌مصرف آهن و روی سبب افزایش غلظت این عناصر و رفع کمبود آن‌ها در گیاه گردید (شیرخانی و همکاران، ۱۳۹۲).

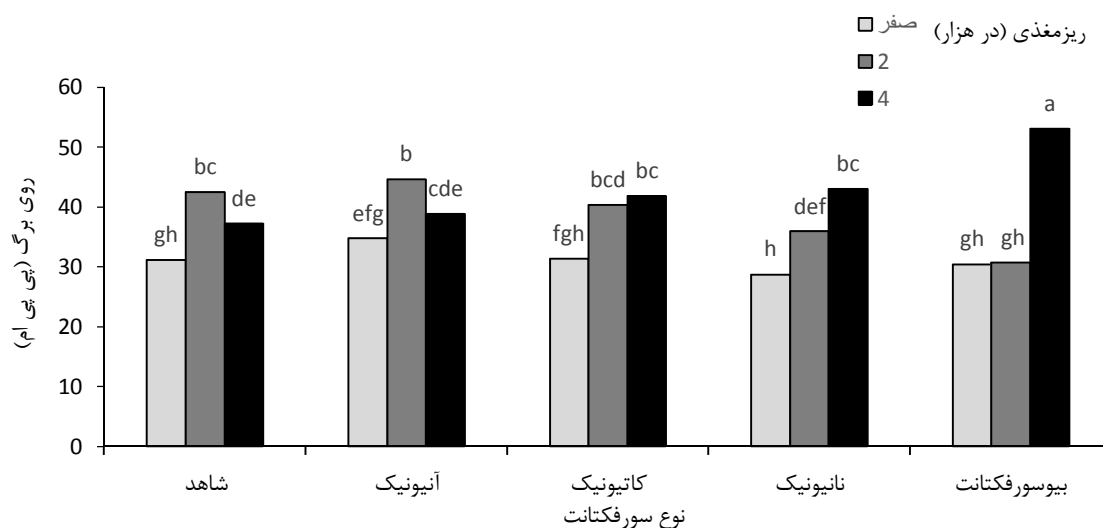


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین آهن برگ تحت تأثیر بر هم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۷-۸- میزان روی موجود در برگ

اثر اصلی محلول پاشی کود ریزمغذی و بر هم‌کنش آن با سورفکتانت بر میزان روی در برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۳). در هر چهار سطح حاصل از سورفکتانت در شرایط عدم حضور کود ریزمغذی اختلاف قابل توجهی در میزان روی موجود در برگ به‌دست نیامد. در سطح شاهد (عدم حضور سورفکتانت) استفاده از محلول ریزمغذی ۲ و ۴ در هزار مقدار روی برگ را به ترتیب ۴۶/۱۳ و ۱۹/۳۶ درصد افزایش داد. با اضافه شدن سورفکتانت‌های آنیونیک، کاتیونیک و نانیونیک افزایشی در این صفت ثبت نگردید ولی افزودن بیوسورفکتانت به محلول ۴ در هزار ریزمغذی تأثیرگذار بود به‌گونه‌ای که میزان روی برگ در اثر محلول پاشی کود ریزمغذی ۴ در هزار با بیوسورفکتانت با ۷۰/۵۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیش از ۵۳/۱۲ پی‌پی‌ام رسید، در حالی‌که این مقدار در گیاهان شاهد ۳۱/۱۴ پی‌پی‌ام بود (شکل ۴-۲۳). روی پس از جذب از راه روزنه‌ها و انتقال به سلول‌های برگ در آن‌ها ذخیره شده و در ادامه مراحل رشد توسط ناقل‌های پروتئینی خاصی که همزمان در جابه‌جایی آهن نیز نقش دارند، درون گیاه جا به جا می‌شود این موضوع سبب جا به جایی عنصر روی در برگ‌های در حال پیر شدن در اواخر رشد از راه آوند آبکش به سوی دانه‌ها و در نتیجه افزایش میزان این عنصر در دانه‌ها می‌گردد.

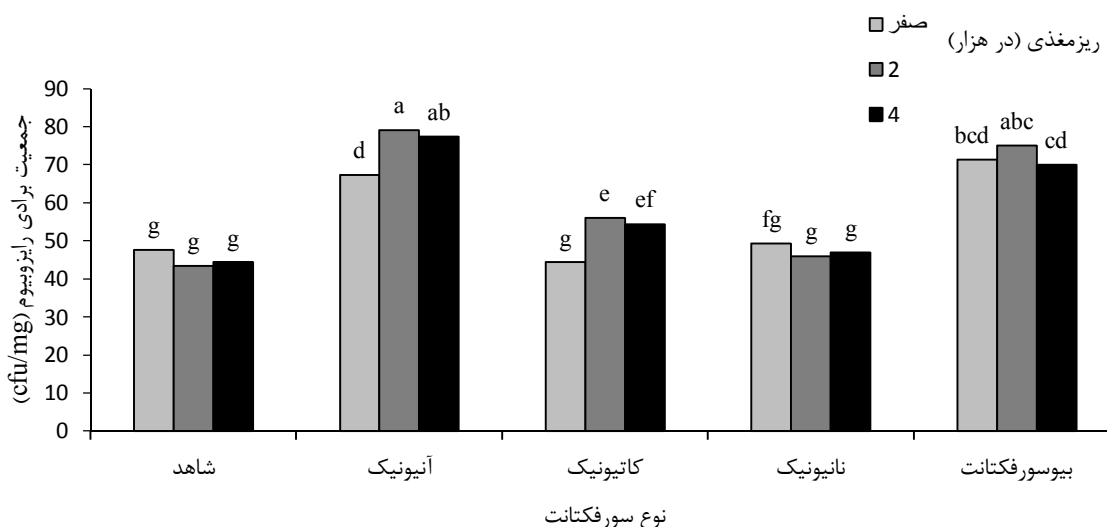
معماری تبریزی و همکاران (۱۳۸۹) در آزمایشی نشان دادند که محلول پاشی کود ریزمغذی سبب افزایش ۱۴۹/۵۹ درصدی عنصر روی در برگ ذرت نسبت به شاهد شد. مقدار عنصر روی در دانه نیز در اثر محلول پاشی عناصر ریزمغذی افزایش یافت (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین مقدار روی برگ تحت تأثیر بر هم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۸- میزان جمعیت برادی رایزوبیوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱۳) نشان داد اثر اصلی کود ریزمغذی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی سورفکتانت و اثر متقابل ریزمغذی و سورفکتانت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همان‌طور که در شکل ۴-۲۴ مشاهده می‌شود حضور سورفکتانت‌های آنیونیک و بیوسورفکتانت در هر سه سطح محلول مغذی به‌طور قابل توجهی سبب بهبود جمعیت برادی رایزوبیوم شده است. البته اثر سورفکتانت کاتیونیک همراه با دو غلظت ۲ و ۴ در هزار نیز قابل چشم‌پوشی نیست چرا که این تیمارها افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد موجب شدند. در همه سطوح سورفکتانت تفاوتی بین دو غلظت محلول مغذی از لحاظ تأثیرگذاری بر جمعیت باکتری رایزوبیوم وجود نداشت.



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین جمعیت برادی ریزوبیوم در خاک تحت تأثیر بر هم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

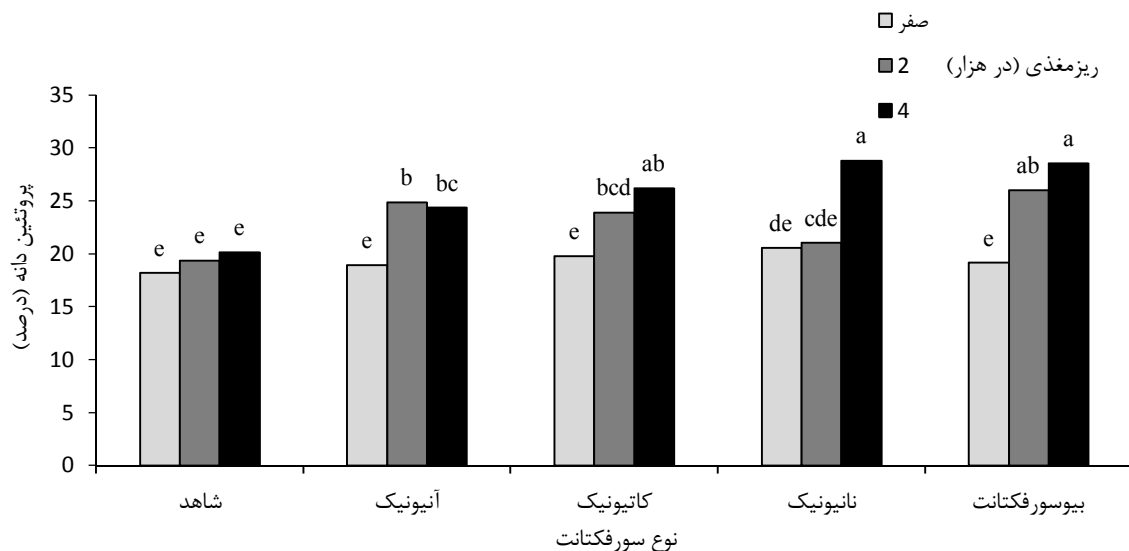
۹-۴- صفات کیفی

۹-۴-۱- درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱۵) نشان داد اثر محلول پاشی کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار ($p < 0.01$) بود. ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت از لحاظ تأثیرگذاری بر درصد پروتئین در شکل ۴-۲۵ مقایسه شده‌اند. محلول پاشی کود ریزمغذی در غلظت‌های ۲ و ۴ در هزار بدون حضور سورفکتانت تأثیری بر پروتئین دانه نداشت ولی افزودن انواع سورفکتانت به محلول‌های مغذی توانست درصد پروتئین دانه را بهبود بخشد. به‌طوری که مقادیر بالایی از پروتئین دانه با میانگین ۲۸/۸۰ و ۲۸/۵۶ درصد از محلول پاشی سورفکتانت نانیونیک و بیوسورفکتانت همراه با کود ریزمغذی ۴ در هزار به‌دست آمد. مقدار پروتئین دانه در تیمار شاهد حدود ۱۸ درصد بود.

افزایش درصد پروتئین خام را می‌توان بدین صورت توجیه کرد که عناصر ریزمغذی به‌ویژه عنصر روی و بور در تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی، متابولیسم قندها و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم نیتروژن و همچنین به‌عنوان بخشی از آنزیم‌ها و یا به‌صورت کوفاکتورهای تنظیم‌کننده در تعداد زیادی از آنزیم‌ها عمل می‌نماید و آنزیم‌ها قسمت اعظم از مواد پروتئینی را تشکیل می‌دهند (بدایق و

همکاران، ۱۳۸۶). کاربرد تلفیقی عناصر ریزمغذی و کود مرغی سبب افزایش درصد پروتئین گندم شد (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵) همچنین سیلِسپور (۲۰۰۷) گزارش کرد که بالاترین درصد پروتئین دانه در کاربرد آهن و روی به میزان ۱۲/۴ درصد گزارش کرد. ماتیوس و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد سورفکتانت سبب افزایش درصد پروتئین دانه سویا گردید.

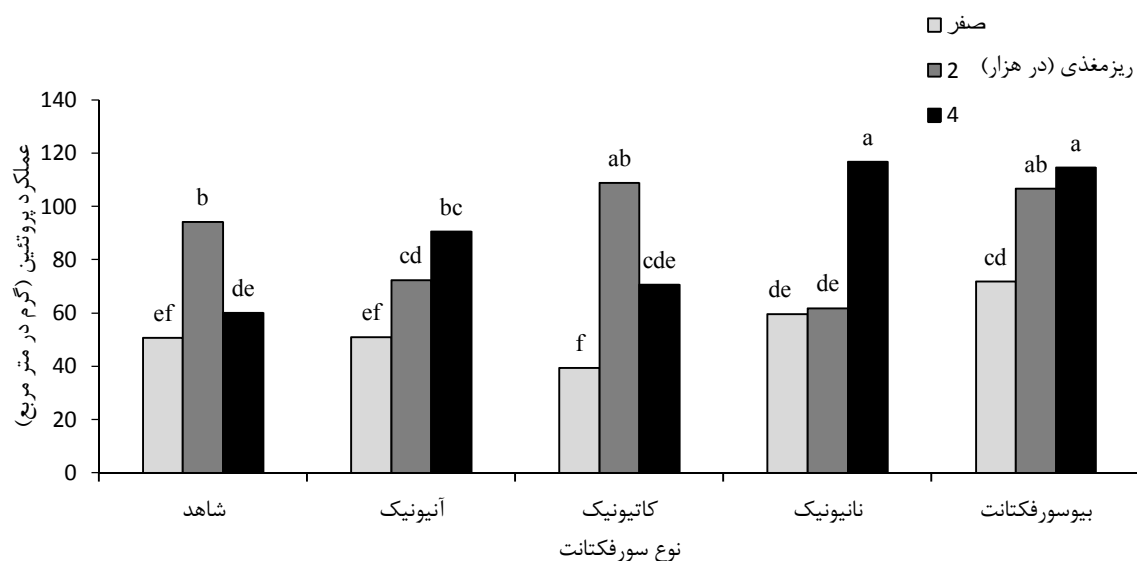


شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر بر هم کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۹-۲- عملکرد پروتئین دانه

عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۱۵). در گیاهانی که محلول مغذی ۲ در هزار را به- تنهایی دریافت کردند، عملکرد پروتئین به طور معنی داری افزایش یافت با افزودن سورفکتانت آنیونیک این صفت کاهش یافت ولی همچنان نسبت به شاهد به طور معنی داری بیش تر بود ولی افزودن سورفکتانت کاتیونیک و بیوسورفکتانت به این غلظت از محلول مغذی بسیار مؤثر بود عملکرد پروتئین را آنقدر افزایش داد که در گروه برتر آماری قرار گرفت. استفاده از غلظت دو برابر محلول مغذی همراه با ماده افزودنی آنیونیک، نانیونیک و بیوسورفکتانت مفیدتر بود به گونه ای که کاربرد برگی سورفکتانت نانیونیک و بیوسورفکتانت همراه با کود ریزمغذی ۴ در هزار عملکرد پروتئین را به طور متوسط ۱۲۸

درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۶). روی در فعالیتهای دهیدروژناز - پروتئاز نقش دارد و نقش کلیدی در تولید پروتئین ایفا می‌کند. نتایج تحقیقات جلیل شش بهره و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد عناصر ریزمغذی آهن و روی نقش مثبتی در عملکرد و کیفیت پروتئین سویا داشت. متاعی و همکاران (۱۳۹۱) محلول پاشی عناصر ریزمغذی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین دانه در گیاه ذرت شد. کاظمی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقات خود نشان دادند که محلول پاشی آهن و روی موجب افزایش عملکرد درصد پروتئین دانه در گیاه سورگوم دانه‌ای گردید.



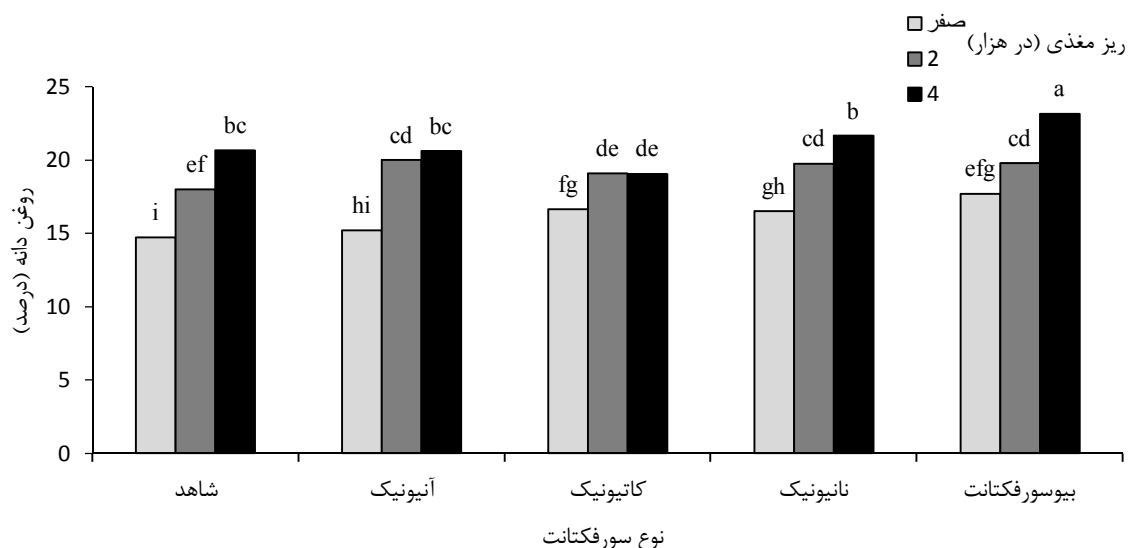
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۹-۳- درصد روغن دانه

اثر کلیه منابع تغییر شامل محلول پاشی کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد روغن دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). میزان روغن دانه در گیاهانی که هیچ تیماری دریافت نکرده بودند (شاهد) حدود ۱۵ درصد بود. کاربرد برگی بیوسورفکتانت همراه با ریزمغذی ۴ در هزار میزان روغن دانه را به حدود ۲۴ درصد رساند. همچنین استفاده از ریزمغذی در تمام سطوح سورفکتانت درصد روغن دانه را افزایش داد (شکل ۴-۲۷). در بیان نقش عنصر روی در افزایش میزان روغن بذور باید عنوان کرد، کمبود روی شاید سبب جلوگیری از فعالیت تعدادی از

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شود که منجر به خسارت شدید و گسترده به غشاهای لیپیدی می‌شود و در نتیجه کمبود این عنصر موجب کاهش میزان روغن بذور می‌شود، اما در حضور این عنصر به دلیل بهبود فعالیت غشاهای لیپیدی میزان روغن بذور افزایش می‌یابد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰).

کمرکی و گلوی (۱۳۹۱). در ارزیابی تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر صفات کیفی گیاه گلرنگ نشان دادند که استفاده از این عناصر سبب افزایش درصد روغن دانه گلرنگ شد که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. اثر ماده افزودنی سورفکتانت به صورت محلول پاشی موجب افزایش میزان روغن دانه سویا گردید (مارشال و همکاران، ۲۰۱۷).

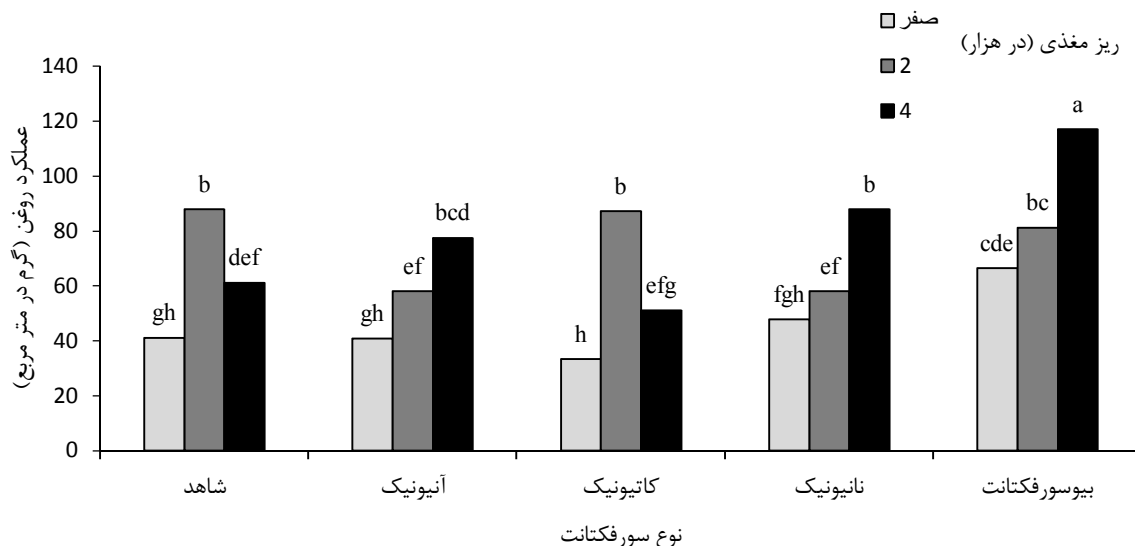


شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین روغن دانه تحت تأثیر بر هم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۹-۴- عملکرد روغن دانه

محلول پاشی کود ریزمغذی، سورفکتانت و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌دار ($P < 0.01$) بر عملکرد روغن داشت (جدول پیوست ۱۵). محلول پاشی بیوسورفکتانت و ریزمغذی ۴ در هزار عملکرد روغن را به میزان ۱۸۴/۸۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که در گروه برتر آماری قرار گرفت. این در حالی است که محلول بدون سورفکتانت ۴ در هزار نیز افزایش معنی‌داری در عملکرد روغن در مقایسه با شاهد ایجاد نمود که اثر آن با افزودن سورفکتانت آنیونیک اندکی بهتر و با افزودن نانیونیک و

بیوسورفکتانت به‌طور معنی‌داری بیشتر شد. اثر محلول ریزمغذی ۲ در هزار بدون سورفکتانت به مراتب بیشتر از ۴ در هزار بود ولی افزودن سورفکتانت تأثیری بر این سطح از کود مغذی نداشت (شکل ۴-۲۸). افزایش روغن دانه در اثر مصرف روی بیشتر به دلیل افزایش میزان اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک و استئاریک در اثر حضور روی در دانه می‌باشد. عملکرد روغن دانه تابع عملکرد دانه و درصد روغن است. در مطالعات جلیل شش بهره و همکاران (۱۳۹۲) محلول پاشی توأم روی و آهن سبب بهبود عملکرد روغن دانه سویا گردید. همچنین مرشدی و همکاران (۱۳۷۹) نیز با کاربرد برگی روی و آهن در گیاه کلزا به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر برهم‌کنش محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

۴-۱۰- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، استفاده از عناصر ریزمغذی موجب افزایش اکثر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک از جمله وزن خشک برگ، غلاف، قطر ساقه، عملکرد و اجزای عملکرد، کلروفیل a، b، کل، میزان قند محلول، آنتوسیانین و صفات کیفی شد. که البته تأثیر محلول پاشی ریزمغذی ۴ در هزار نسبت به ریزمغذی ۲ در هزار مشهود بود. محلول پاشی کود ریزمغذی در غلظت های ۲ و ۴ در هزار بدون حضور سورفکتانت تأثیری بر پروتئین دانه نداشت.

همچنین نتایج حاصل از اثرات متقابل محلول پاشی ریزمغذی و سورفکتانت موجب بهبود مقدار نسبی آب برگ، تعداد شاخه فرعی گردید. در این بین بیوسورفکتانت اثر مثبتی بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b، عملکرد روغن و پروتئین دانه تأثیر به سزایی داشت و کاربرد سورفکتانت کاتیونیک کلروفیل کل را بهبود بخشید. سورفکتانت نانیونیک و بیوسورفکتانت تأثیر بهتری بر صفات عملکردی داشته است. از بین ترکیبات استفاده شده ترکیب بیوسورفکتانت به همراه کود ریز مغذی بر صفات عملکرد روغن و پروتئین ترکیب بهتری بود. با توجه به بررسی های انجام شده می توان نتیجه گرفت که ترکیب تیماری ریزمغذی ۴ در هزار و بیوسورفکتانت بهتر از سایر ترکیبات تیماری بود.

۴-۱۱- پیشنهادات

با توجه به اینکه پاسخ گیاه سویا به محلول پاشی عناصر ریزمغذی و سورفکتانت در این تحقیق مثبت بود لذا توصیه می شود در غلظت های بالاتر از ۴ در هزار کود ریزمغذی و نیز غلظت های مختلف بیو سورفکتانت این آزمایش انجام شود.

پیشنهاد می شود عناصر ریزمغذی با غلظت های متفاوت نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین بهتر است محلول پاشی کود ریزمغذی به همراه سورفکتانت در مراحل مختلف از رشد رویشی و زایشی گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود

ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۱۰/۱۲	۲۵/۶۸	۶/۱۷	۰/۲۰
کود ریزمغذی	۲	۱۰/۶۳	۱۵۳۳/۸۳**	۱۱۹۴/۳۱	۰/۰۰۵
سورفکتانت	۴	۲۰/۴۵	۲۲۷/۲۴	۴۷۵/۵۰	۰/۱۸
ریزمغذی × سورفکتانت	۸	۷۴/۷۰**	۲۱۵/۶۱*	۶۵/۳۴**	۰/۲۲
خطا	۲۸	۱۲/۴۳	۹۰/۹۳	۱۳۲/۲۱	۰/۳۲
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۹۹	۱۲/۶۳	۱۱/۶۹	۲۰/۱۱

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود

ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	شاخص سطح برگ
	(گرم در متر مربع)			
کود ریزمغذی	۴۹/۵۷	۸۵/۲۵ ^a	۸۹/۹۰	۲/۸۱
دو در هزار	۵۱/۲۶	۷۶/۰۷ ^b	۹۷/۲۲	۲/۸۱
چهار در هزار	۵۰/۴۶	۶۵/۰۵ ^c	۱۰۷/۷۲	۲/۸۴
LSD5%	۲/۶۳	۷/۱۳	۸/۶۰	۰/۴۲
سورفکتانت	۴۹/۶۰	۷۳/۹۰	۸۹/۶۱	۲/۵۹
آنیونیک	۴۸/۳۶	۸۲/۹۱	۱۰۲/۸۴	۲/۹۷
کاتیونیک	۵۰/۹۲	۷۷/۳۲	۹۱/۴۷	۲/۸۶
نانیونیک	۵۰/۹۵	۷۳/۷۴	۱۰۱/۸۱	۲/۷۹
بیوسورفکتانت	۵۲/۳۲	۶۹/۴۱	۱۰۵/۸۰	۲/۸۹
LSD5%	۳/۴۰	۹/۲۰	۱۱/۱۰	۰/۵۴

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات صفات مورفولوژیک سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	تعداد شاخه - فرعی
تکرار	۲	۲۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۲۸
کود ریزمغذی	۲	۶۲/۲۴*	۳/۰۲**	۱۲/۸۲**
سورفکتانت	۴	۵۱/۱۵*	۰/۵۶*	۱۳/۵۸**
کود	۸	۱۱/۲۱	۰/۴۸*	۹/۶۵**
ریزمغذی×سورفکتانت				
خطا	۲۸	۱۵/۲۷	۰/۱۶	۲/۵۲
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۷۵	۶/۸۶	۱۱/۵۰

* و ** معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد شاخه فرعی (در بوته)
کود ریز مغذی	۲۴/۴۳ ^b	۵/۴۹ ^c	۱۲/۸۰ ^b
دو در هزار	۵۰/۲۵ ^{ab}	۶/۳۸ ^a	۱۴/۰۶ ^a
چهار در هزار	۵۲/۵۰ ^a	۶/۰۴ ^b	۱۴/۶۰ ^a
LSD5%	۲/۹۲	۰/۳۰	۱/۱۸
سورفکتانت	۴۶/۳۰ ^b	۵/۸۲ ^b	۱۴/۰۰ ^b
آنیونیک	۵۲/۴۷ ^a	۶/۰۷ ^{ab}	۱۲/۷۷ ^b
کاتیونیک	۵۱/۰۰ ^a	۵/۷۲ ^b	۱۲/۷۷ ^b
نانیونیک	۵۰/۷۳ ^a	۵/۸۹ ^b	۱۳/۷۷ ^b
بیوسورفکتانت	۵۱/۴۶ ^a	۶/۳۶ ^a	۱۵/۷۷ ^a
LSD5%	۳/۷۷	۰/۳۹	۱/۵۳

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۵/۳۵	۱/۸۷	۰/۹۶	۲۳/۹۹
کود ریزمغذی	۲	۱۲۳/۴۸**	۲/۲۹**	۱۰/۰۸**	۴۷۷۰۴/۲۸**
سورفکتانت	۴	۱۶/۰۷*	۱/۵۵**	۵/۰۵**	۲۲۹۷۶/۰۰**
کود ریزمغذی × سورفکتانت	۸	۱۳/۷۱*	۰/۷۷*	۰/۷۶	۲۰۵۴۷/۵۵**
خطا	۲۸	۵/۵۴	۰/۰۳۴	۰/۶۳	۲۰۹۱/۴۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۲۲	۱۴/۳۶	۵/۶۷	۱۳/۱۸

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	تعداد غلاف (در بوته)	تعداد دانه (در غلاف)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در متر-مربع)
کود ریز مغذی	۱۷/۶۶ ^b	۳/۶۴ ^b	۱۳/۲۱ ^c	۲۸۲/۵۵ ^b
دو در هزار	۲۲/۵۳ ^a	۴/۳۰ ^a	۱۴/۰۱ ^b	۳۸۸/۰۵ ^a
چهار در هزار	۲۲/۷۳ ^a	۴/۳۳ ^a	۱۴/۸۵ ^a	۳۶۵/۸۵ ^a
LSD5%	۱/۷۶	۰/۴۳	۰/۵۹	۳۴/۲۰
سورفکتانت	۲۲/۶۶ ^a	۳/۴۶ ^c	۱۳/۰۰ ^c	۳۵۵/۲۲ ^b
آنیونیک	۲۰/۸۸ ^{ab}	۳/۹۶ ^{bc}	۱۴/۴۵ ^{ab}	۳۱۰/۸۵ ^c
کاتیونیک	۱۹/۰۰ ^b	۴/۱۰ ^{ab}	۱۳/۷۵ ^{bc}	۳۰۸/۰۶ ^c
نانیونیک	۲۱/۵۵ ^a	۴/۳۷ ^{ab}	۱۳/۹۳ ^b	۳۲۹/۲۵ ^{bc}
بیوسورفکتانت	۲۰/۷۷ ^{ab}	۴/۵۴ ^a	۱۴/۹۸ ^a	۴۳۰/۷۰ ^a
LSD5%	۲/۲۷	۰/۵۶	۰/۷۶	۴۴/۱۶

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات کلروفیل و کارتنوئید برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۳۸	۰/۰۳	۰/۱۳	۲/۵۸
کود ریزمغذی	۲	۰/۵۷۴**	۰/۳۵**	۱/۵۷**	۲/۸۰
سورفکتانت	۴	۰/۳۴۶**	۰/۰۳**	۰/۴۳**	۱۴/۷۴*
کود ریزمغذی × سورفکتانت	۸	۰/۰۹۰*	۰/۰۲**	۰/۱۴**	۷/۸۳
خطا	۲۸	۰/۰۳۵	۰/۰۰۴	۰/۰۴۳	۴/۳۸
ضریب تغییرات (در صد)		۱۶/۸۵	۶/۵۶	۹/۵۷	۱۵/۶۷

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین کلروفیل و کارتنوئید برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
میلی گرم بر وزن تر برگ				
کود ریز مغذی	۰/۸۹ ^b	۰/۹۷ ^b	۱/۸۶ ^c	۱۲/۹۳
دو در هزار	۱/۱۸ ^a	۰/۹۹ ^b	۲/۱۷ ^b	۱۳/۷۹
چهار در هزار	۱/۲۶ ^a	۱/۲۵ ^a	۲/۵۱ ^a	۱۳/۳۶
LSD5%	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۵	۱/۵۶
سورفکتانت	۱/۰۰ ^b	۰/۹۸ ^c	۱/۹۸ ^c	۱۲/۴۳ ^{bc}
آنیونیک	۰/۹۹ ^b	۱/۱۱ ^a	۲/۱۰ ^{bc}	۱۳/۳۰ ^{abc}
کاتیونیک	۱/۰۸ ^b	۱/۱۹ ^a	۲/۲۱ ^b	۱۳/۹۸ ^{ab}
نانیونیک	۱/۰۳ ^b	۱/۰۹ ^{ab}	۲/۰۷ ^{bc}	۱۱/۹۲ ^c
بیوسورفکتانت	۱/۴۶ ^a	۱/۰۴ ^{bc}	۲/۵۵ ^a	۱۵/۱۶ ^a
LSD5%	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۲۰	۲/۰۲

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات برخی صفات فیزیولوژیک سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار آب نسبی برگ	پایداری غشاء پلاسمایی	قند محلول برگ
تکرار	۲	۱۶/۹۹	۷/۳۱	۹/۰۵
کود ریزمغذی	۲	۲۵۶/۳۶**	۹۵/۹۵	۲۱/۷۴**
سورفکتانت	۴	۵۴/۲۲	۲۷/۸۵	۷۰/۲۶**
کود ریزمغذی×سورفکتانت	۸	۶۲/۰۰*	۴۷/۳۷	۳۵/۲۴*
خطا	۲۸	۲۷/۴۶	۳۸/۶۶	۱۵/۸۱
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۷۳	۱۵/۹۵	۱۱/۸۴

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیک سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	آب نسبی برگ (درصد)	پایداری غشاء پلاسمایی (درصد)	قند محلول (میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)
کود ریز مغذی	۶۳/۱۶ ^b	۳۶/۳۵	۲۸/۲۴ ^b
دو در هزار	۶۸/۷۰ ^a	۳۹/۱۸	۳۴/۹۵ ^a
چهار در هزار	۷۱/۲۵ ^a	۴۱/۴۰	۳۷/۵۲ ^a
LSD5%	۳/۹۱	۴/۶۵	۲/۹۷
سورفکتانت	۶۶/۷۹	۳۷/۶۲	۳۰/۳۵ ^b
آنیونیک	۶۴/۰۴	۳۸/۳۹	۳۳/۵۸ ^b
کاتیونیک	۶۸/۶۹	۳۷/۲۰	۳۲/۱۶ ^b
نانیونیک	۶۸/۴۱	۴۱/۰۵	۳۳/۸۵ ^b
بیوسورفکتانت	۷۰/۶۰	۴۰/۶۳	۳۷/۹۱ ^a
LSD5%	۵/۰۶	۶/۰۰	۳/۸۴

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات آنتوسیانین و فلاونوئید برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	آنتوسیانین	فلاونوئید
تکرار	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۴
کود ریزمغذی	۲	۰/۰۲۲*	۰/۰۹۲**
سورفکتانت	۴	۰/۰۲۳**	۰/۰۲۷**
کود	۸	۰/۰۱۴**	۰/۰۴
ریزمغذی×سورفکتانت			
خطا	۲۸	۰/۰۰۱۵	۰/۰۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۱۲	۱۸/۰۹

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین آنتوسیانین و فلاونوئید سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	آنتوسیانین	فلاونوئید
	(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)
کود ریزمغذی	۰/۳۵ ^b	۰/۷۳ ^b
	۰/۴۳ ^a	۰/۸۳ ^b
	۰/۳۹ ^{ab}	۱/۲۰ ^a
LSD5%	۰/۰۵	۰/۱۲
سورفکتانت	۰/۳۸ ^a	۰/۷۰ ^c
	۰/۳۱ ^b	۰/۸۸ ^b
	۰/۴۳ ^a	۱/۰۹ ^a
	۰/۴۱ ^a	۰/۸۳ ^{bc}
	۰/۴۳ ^a	۱/۱۱ ^a
LSD5%	۰/۰۶	۰/۱۶

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات میزان آهن و روی برگ و جمعیت برادی رایزوبیوم خاک تحت تأثیر محلول پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	آهن برگ	روی برگ	جمعیت
تکرار	۲	۱۹۴/۷۶	۱۰/۹۶	۴/۰۲
کود ریز مغذی	۲	۵۲۲۵۴/۹۷**	۵۱۵/۷۹**	۵۸/۸۲*
سورفکتانت	۴	۲۵۳۶۰/۰۲**	۱۵/۴۹	۱۷۸۲/۳۶**
کود	۸	۹۴۴۷/۴۴**	۱۰۳/۹۸**	۵۶/۲۳
ریز مغذی × سورفکتانت				
خطا	۲۸	۱۷۵۳/۴۳	۷/۶۰	۱۴/۷۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۷۵	۷/۳۲	۶/۵۹

کود ریز مغذی و سورفکتانت

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین میزان آهن و روی برگ و جمعیت برادی رایزوبیوم خاک تحت تأثیر محلول پاشی
کود ریز مغذی و سورفکتانت

تیمارها	آهن برگ (پی پی ام)	روی برگ (پی پی ام)	جمعیت باکتری (درصد)
کود ریز مغذی	۳۰۴/۳۱ ^C	۳۱/۲۷ ^c	۵۶/۰۰ ^b
دو در هزار	۳۴۴/۰۸ ^b	۳۸/۸۱ ^b	۵۹/۸۶ ^a
چهار در هزار	۴۲۰/۴۵ ^a	۴۲/۸۲ ^a	۵۸/۶۰ ^{ab}
LSD5%	۳۱/۳۲	۲/۰۶	۲/۸۶
سورفکتانت	۲۷۴/۷۶ ^c	۳۶/۹۵ ^{ab}	۴۵/۱۱ ^c
آنیونیک	۳۳۱/۵۷ ^b	۳۹/۴۲ ^a	۷۴/۵۵ ^a
کاتیونیک	۳۹۶/۷۰ ^a	۳۷/۸۲ ^{ab}	۵۱/۵۵ ^b
نانیونیک	۳۹۹/۵۶ ^a	۳۵/۹۰ ^b	۴۷/۴۴ ^c
بیوسورفکتانت	۳۹۹/۵۶ ^a	۳۸/۰۷ ^{ab}	۷۲/۱۱ ^a
LSD5%	۴۰/۴۳	۲/۶۶	۳/۷۰

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات صفات کیفی برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین	درصد روغن	عملکرد پروتئین	عملکرد روغن
تکرار	۲	۵/۳۳	۰/۹۲	۲۰/۰۷	۳۰/۶۳
کود ریزمغذی	۲	۱۵/۱۶**	۹۱/۸۷**	۱۹۷۵/۱۹**	۴۸۲۳/۸۱**
سورفکتانت	۴	۳۷/۰۷**	۸/۰۸**	۲۳۱۷/۴۸**	۱۴۱۹/۵۶**
کود ریزمغذی × سورفکتانت	۸	۱۳/۰۹**	۲/۵۴**	۱۴۹۶/۹۴**	۸۶۰/۲۵**
	۲۸	۴/۳۴	۰/۷۶	۱۴۴/۳۸	۱۰۱/۳۰
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۲۰	۴/۶۳	۱۵/۰۴	۱۵/۱۴

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین صفات کیفی برگ سویا تحت تأثیر محلول پاشی کود ریزمغذی و سورفکتانت

تیمارها	پروتئین (درصد)	روغن (درصد)	عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع)	عملکرد روغن (گرم در مترمربع)
کود ریز مغذی	۱۹/۳۰ ^c	۱۶/۱۵ ^c	۵۴/۴۰ ^b	۴۵/۹۲ ^b
دو در هزار	۲۳/۰۲ ^b	۱۹/۳۳ ^b	۸۸/۷۳ ^a	۷۴/۵۲ ^a
چهار در هزار	۲۵/۶۰ ^a	۲۱/۰۳ ^a	۹۶/۴۶ ^a	۷۸/۹۶ ^a
LSD5%	۱/۵۵	۰/۶۵	۸/۹۸	۷/۵۲
سورفکتانت	۱۹/۲۲ ^b	۱۷/۷۹ ^c	۶۸/۳۰ ^b	۶۳/۳۶ ^b
آنیونیک	۲۲/۶۹ ^a	۱۸/۶۰ ^{bc}	۷۱/۲۰ ^b	۵۸/۸۵ ^b
کاتیونیک	۲۳/۲۷ ^a	۱۸/۲۷ ^c	۷۲/۸۷ ^b	۵۷/۲۴ ^b
نانیونیک	۲۳/۴۶ ^a	۱۹/۳۱ ^b	۷۹/۳۰ ^b	۶۴/۶۲ ^b
بیوسورفکتانت	۲۴/۵۶ ^a	۲۰/۲۲ ^a	۱۰۷/۶۵ ^a	۸۸/۲۵ ^a
LSD5%	۲/۰۱	۰/۸۴	۱۱/۶۰	۹/۷۱

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

منابع

- آرمین، س. ۱۳۹۱. آهن ضد کم خونی. نشریه پیام زن. شماره ۲۵۲. ۱۱۰ صفحه.
- ابواسحق، س.، یدوی، ر.، موحدی دهنوی، م. و بلوچی، ح. ۱۳۹۳. اثر دور آبیاری و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیک لوبیا قرمز (*Phaseolous vulgaris L.*). مجله فرآیند کارکرد گیاهی. ۳ (۷): ۲۷-۴۲.
- احمدی، ع. و سی‌وسه‌مرده، ع. ۱۳۸۳. اثر تنش خشکی بر کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل و پرولین در چهار رقم گندم سازگار با شرایط متفاوت اقلیمی ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳ (۳۵): ۷۵۳-۷۶۳.
- بیگی، ا. ح.، نصری، م.، اویسی، م. و طریقی‌الاسلامی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی کود آهن در مرحله گل‌دهی بر میزان عملکرد دانه، پروتئین و روغن دانه سویا. همایش ملی دستاورد-های نو در تولید گیاهان با منشاء روغنی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.
- بدائی، س. ۱۳۸۶. تأثیر عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شرایط آب و هوای خوی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی خوی. ۹۸ صفحه.
- پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.
- پیرزاد، ع. ر.، طوسی، پ. و درویش‌زاده، ر. ۱۳۹۲. اثر محلول پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵ (۱): ۱۵-۱۲.
- پیروی، م. ه. ۱۳۸۰. بررسی اثر ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد دو رقم آفتاب‌گردان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی ارسنجان. ۵۸ صفحه.

جلیل شش‌بهره، م.، موحدی‌دهنوی، م.، و هاشمی‌جری، م. ۱۳۹۲. بهبود عملکرد کمی و کیفی سویا با محلول پاشی عناصر روی و آهن در شرایط تنش خشکی، مجله علمی کشاورزی (تولیدات گیاهی). ۳۶(۲): ۱۹-۳۵.

جوانمرد، ع.، اسدی دانالو، ا.، ۱۳۹۵. اثر کود مرغی و محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گندم در شرایط دیم. نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۱(۲): ۱۳۲-۱۱۷.

خیری، ع.، ویسی، م. و ثانی‌خانی، م. ۱۳۹۷. اثر کاربرد سولفات روی بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ تحت تنش آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰(۳۷): ۲۱-۳۴.

خلیلی محله، ج.، رشدی، م. و رضادوست، س. ۱۳۸۵. مقایسه‌ی عملکرد، اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت در کشت دوم در منطقه خوی. مجله دانش نوین کشاورزی. ۲(۴): ۵۳-۶۴.

خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.

درویش بلوچی، م.، پاک نژاد، ف.، کاشانی، ع.، اردکانی، م. ر. و درویش بلوچی، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش خشکی و تغذیه برگی برخی از عناصر کم مصرف بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل، RWC، پایداری غشا و عملکرد دانه ذرت (SCV۰۴). ۴۱(۳): ۵۴۳-۵۳۱.

دیندوست، ص.، رشدی، م.، یوسف‌زاده، ف. س. و علیزاده، ا. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر ریزمغذی (روی، آهن و منگنز) بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان روغنی رقم هایسان ۲۳. چکیده مقالات دومین همایش منطقه‌ای کشاورزی و محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی. ۱۵ تا ۱۶ اسفند. ۱۴۸ صفحه.

دانش‌نیا، ف.، چایی‌چی، م. ر. ۱۳۹۳. اثر سورفکتانت و نظام‌های کم‌آبیاری بر ویژگی‌های علوفه دارو (شبدر برسیم و ریحان) سیزدهمین همایش علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۲۱ تیر.

رمرودی، م. م.، کیخاژاله، م.، ثقه الاسلامی، م. ج. و برادران، ر. ۱۳۹۰. اثر محلول پاشی عناصر ریز- مغذی و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۳): ۲۱۹-۲۲۶.

رمزی، ع. ۱۳۸۵. کشت سویا به عنوان کشت دوم جای‌گزین ذرت علوفه‌ای. نشریه ترویجی، سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ری. ۳(۲): ۲۱-۲۳.

رضایی، ح. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. چگونگی تأمین نیاز غذایی دانه‌های روغنی. قسمت دوم. نشریه فنی ۱۱۶. مؤسسه تحقیقات آب و خاک. ۳۵ صفحه..

رجبی، م. م.، فرتی، م. م.، فرجی، م. م. ۱۳۹۳. محلول پاشی روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L). مجله کشاورزی. ۷۱۸-۷۲۲.

رحیمی زاده، م. م.، مدنی، ج.، کاشانی، ع. و زارع فیض آبادی، ع. ۱۳۸۶. بهبود عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی با کاربرد عناصر ریزمغذی. دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲۵-۲۶ مهر.

رحیمی، م. م. و مظاهری، د. ۱۳۸۷. واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیب شیمیایی آهن و مس، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۸: ۹۷-۱۰۰.

زرین کفش، م. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۴ صفحه.

زارع ده آبادی، س. و اسراء، ز. ۱۳۸۷. اثر مقدار اضافی عنصر روی بر میزان تجمع برخی عناصر ضروری و پاسخ‌های آنتی اکسیدانی گیاه دارویی نعنا سبز (*Mentha spicata* L.). ۲۴(۴): ۵۴۰-۵۳۰.

سلیمانی، ع.، فیروزی، م. و نارنجانی، ل. ۱۳۹۰. تأثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر برخی شاخص-های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت عوفه‌ای. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۳): ۵۴۰-۵۳۰.

سیل‌سپور، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات مصرف آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین بحرانی آن‌ها در خاک‌های دشت ورامین. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۶: ۱۲۳-۱۳۳.

سعادت، ص. و معلمی، ن. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر محلول پاشی عنصر روی بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۲ (۳): ۲۶۷-۲۷۵.

سلامت بخش، م.، ر.، توبه، ا.، قلی‌پور، ع.، حسن زاده قرت تپه، ع.، ۱۳۹۰. تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی در مراحل مختلف رشد بر اجزای عملکرد دانه و روغن کرچک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی. ۱۰۴ صفحه.

سلیمانی، ر.، ۱۳۸۶. اثر متقابل محلول پاشی و کاربرد خاکی عناصر روی، آهن و منگنز بر اجزای عملکرد گندم. گزارش نهایی پروژه تحقیق. مؤسسه تحقیقات آب و خاک.

شهابی‌فر، ج.، اردلان، م. و لطف‌الهی، م. ۱۳۸۲. مصرف بهینه کودهای شیمیایی حاوی عناصر کم-مصرف و پتاسیم و نقش آن در عملکرد گندم. سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی، کرج. ایران.

شیخ بگلو، ن.، ع. ا. حسن‌زاده قورت تپه، م. ع. باغستانی و ب زند، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر محلول پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲ (۲): ۷۳-۵۹.

شعبان‌زاده، ش.، گلوی، م.، ۱۳۸۹. تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی و دور آبیاری بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد سیاه دانه. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۴(۱): ۹-۱.

ضیائی، ع. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۷. بررسی اثر کودهای محتوی عناصر ریزمغذی و زمان مصرف آنها در افزایش تولید ذرت. مجله علمی پژوهشی آب و خاک "ویژه نامه مصرف بهینه کود"، ۱۲(۱): ۵۶-۶۳.

ضیائی، ع. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۲۰۷ صفحه.

عادلی، س.، رفیعی، م. ۱۳۹۶. تأثیر سطوح مختلف سولفات روی و آهن بر ویژگی های کمی و کیفی سویا رقم (L17). نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. دوره ۴. شماره ۲.

عطایی سماق، ح.، حبیبی، ح.، فتوکیان، م.ج. ۱۳۹۶. اثر دور آبیاری با کاربرد محلول مویان بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکردی ارقام نخود (*Cicer aritinum*). مجله تنش های محیطی در علوم زراعی. ۱۰(۱): ۳۱-۴۴.

غفاری ملایری، م.، اکبری، غ.ع. و محمدزاده، آ. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به کاربرد خاک مصرف و محلول پاشی عناصر ریزمغذی. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۲(۱۰): ۳۶۸-۳۷۳.

فرج زاده معماری تبریزی، ا.، یارنیا، م.، احمدزاده، و. و فرج زاده معماری تبریزی، ن. ۱۳۸۹. بررسی اثر روش های مختلف مصرف کودهای میکرو بر میزان تجمع عناصر میکرو در بذر و برگ و عملکرد ذرت رقم پایدار فصلنامه دانش نوین کشاورزی. ۲۱: ۶۷-۷۴.

فروزان، ک. ۱۳۸۰. کمیت دانه های روغنی. شرکت سهامی توسعه کشت دانه های روغنی. چاپ اول. شرکت چاوشگران نقش. ۲۹۸ صفحه.

قادری، ج. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۷. نقش منگنز در افزایش عملکرد و غنی سازی گندم. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی ۳۲ صفحه.

کاظمی، ا.، ثقت الاسلامی، م. ج. و قاسمی، ا. ۱۳۹۲. اثر محلول پاشی آهن و روی بر خصوصیات کمی و کیفی سورگوم دانه ای در شرایط تنش خشکی، نشریه زراعت، ۲۷(۱۰۲): ۱۹۶-۱۹۰.

کمرکی، ح.، گلوی، م.، ۱۳۹۱. ارزیابی محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بور و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (Carthamus Tinctorius) ۴(۳): ۲۰۶-۲۰۱.

کوچکی، ع. و خواجه‌حسینی، م. ۱۳۸۶. زراعت حبوبات، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۰۴ صفحه.

کوچکی، ع. و خواجه‌حسینی، م. ۱۳۸۷. زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۰ صفحه.

کوچکی، ع.، راشد محصل، م. ح.، نصیری، م. و صدرآبادی، ر. ۱۳۷۶. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی مشهد. ۴۰۴ صفحه.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۸۰ صفحه

کافی، م.، زند، شریفی، ح. ر. و گلدانی، م. ۱۳۸۳. فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۶ صفحه.

کبرایی، م.، شمسی، ا. ۱۳۹۵. تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر روغن، پروتئین و وزن خشک بذر سویا. مجله زیست‌شناسی خاک. شماره ۷. ۵۶-۶۳.

لطیفی، ن. ۱۳۷۲. زراعت سویا. زراعت، فیزیولوژی، مصارف (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۲ صفحه.

ملکوتی، م. ج. و طباطبایی، ج. ۱۳۷۸. تغذیه صحیح درختان میوه. انتشارات آموزش کشاورزی. ۲۵۵ صفحه.

مرشدی، ا.، ملکوتی، م. ج.، نقیبی، ح. و رضایی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غنی‌سازی دانه‌های کلزا در بردسیر کرمان. مجله خاک و آب ویژه‌نامه کلزا. ۵۶: ۱۲-۶۸.

متاعی، س.، تاج بخش، م.، امیر نیا، ر.و عبدالهی مندولکانی، ب. ۱۳۹۱. تغییرات عملکرد و صفات کیفی ذرت شیرین تحت تاثیر کود های ریز مغذی و روش مصرف آن ها. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶(۴):۳۷۷-۳۷۰.

متاعی، س.، تاج بخش، م.، امیر نیا، ر.و عبدالهی مندولکانی، ب. ۱۳۹۳. تأثیر عناصر آهن، روی و منگنز و روش مصرف آن ها بر فنولوژی، عملکرد و کیفیت دانه ذرت شیرین. مجله تولید و فرآوری محصولات باغی. ۴(۱۱): ۲۴۰-۲۳۱.

موسیوند. م.، خورگامی، ع. و رفیعی، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر غلظت آهن بر رشد و اجزا عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سویا. فصل نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱(۴):۴۵-۳۵.

مجنون حسینی، م. ۱۳۸۷. تأثیر متیل ژاسمونات بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تأثیر تیمار اتیلن. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. ۷(۴):۹۵۳-۹۶۲.

ملکوتی، م. ج.، و م. طهرانی، ۱۳۷۸. نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات، عناصر خرد با تأثیر کلان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ صفحه.

ملکوتی، م. ج.، و طهرانی، م. م. ۱۳۷۹. نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ((عناصر خرد با تأثیر عناصر کلان)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ صفحه.

ملکوتی، م. ج. و مشایخی، ح. ج. ۱۳۷۶. ضرورت مصرف روی برای افزایش کمی و کیفی و غنی سازی تولیدات کشاورزی کشور نشریه آموزش کشاورزی. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. سازمان تات. وزارت کشاورزی. شماره ۲۵. ۲۱ صفحه.

مصطفوی‌راد، م.، طهماسبی، ر.، سروسستانی. و. و محمودی، ر. ۱۳۸۷. اثر عناصر کم‌مصرف روی و مگنیز بر عملکرد و برخی صفات زراعی سه رقم گندم. نشریه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۱۸(۱): ۶۹-۷۸.

محمدی، م.، مجنون‌حسینی، ن.، دشتکی، م. و شیخ‌بگلو، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر محلول پاشی نانو اکسید آهن و سولفات روی بر میزان رنگریزه‌های کلروپلاست برگ نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L) در شرایط آب و هوایی کرج. همایش ملی پ گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی کرج. گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران. ۱۱-۱۳ اسفند.

میرزاشاهی، ک.، نورقلی‌پور، ف.، سماوات، س. ۱۳۹۶. تأثیر دو نوع کود آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شمال خوزستان. نشریه مدیریت اراضی. ۴(۲): ۲۰۱-۱۹۱.

مقیم‌پور، ز.، محمودی سروسستانی، م.، و عالم‌زاده انصاری، ن.، ۱۳۹۵. تأثیر محلول پاشی نانو کلات و سولفات روی بر میزان جذب عنصر روی، شاخص‌ها و رنگریزه‌های فتوسنتزی ریحان مقدس (*ocimum Sanctum*). نشریه علوم باغبانی ۲۰(۲): ۲۵۰-۲۴۲.

نوابی، ف. و ملکوتی م.ج. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر تغذیه متعادل عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت ذرت دانه‌ای، مجله علوم خاک و آب. ۱۶ (۲): ۱۶۸-۱۶۱.

ناصری، ف. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی. مؤسسه چاپ و نشر آستان قدس رضوی مشهد. ۳۲۵ صفحه.

ولدآبادی، س. ع.، ف. یوسفی و ا. ح. شیروانی راد.، ۱۳۸۹. تأثیر قطع آبیاری و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گیاه دارویی کرچک. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۶ (۱) ۹۹-۱۱۰.

همراهی، س.، حبیبی، ح.، مدنی، ح.، مشهدی اکبر بوجار، م.، ۱۳۸۷. اثر سایکوسل و عناصر ریزمغذی بر سطح آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاه کلزا. مجله یافته‌های نوین در کشاورزی. ۲(۳): ۳۲۹-۳۱۶.

یادگاری، م. و قربانی، ف. ۱۳۹۱. اثر عناصر ریزمغذی (آهن و روی) بر میزان ترکیبات ثانویه و عملکرد آویشن باغی. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد (خوراسگان اصفهان). ۲۷ و ۲۸ بهمن.

یادگاری، م.، علایان، ن.، ۱۳۹۱. اثرات محلول پاشی ریزمغذی‌ها روی برخی صفات عملکردی گیاه همیشه بهار ((*Calendula officinalis* L.)). مجله پژوهش‌های به‌زراعی. جلد ۴، (۱): ۷۵-۸۴.

Abbas, G., Khan, M.Q., Khan, M.J. and Hussain, I. 2009. Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat (*triticum aestivum* L.). The J. of Animal & Plant Sci. 19(3):135-139.

Abd EL Hadi, E.A.A. 1986. Effect of floria fertilizatiom in different crops under Egyption conditions. Plant Soil Sci. 22:126-141.

Abdou, A.S., Al- darwish, F.H., Saleh, M.E., El-Tarabily, K.A., Azirum, M.S. and Rahman, M.M. 2011. Effect of elemental sulfur, phosphorus, micronutrients and paracoccus on nutrient availability of calcareous soils. Aust. J. of Crop Sci. 5:554-561

Agarwala, S.C., Sharma, C.P. and Farooq, S. 1965. Effect of iron supply on growth, chlorophyll, tissue iron and activity of certain enzymes in maiz ans radish. Plant Physiol. 40:493-499.

Anderson, O. and Jordheim, M. 2006. The anthocyanins in flavnoids chemistry, biochemistry and application, Anderson O.M. Markhand, K.R. (eds) CRC Press Boca, Raton, FL.

Ayttak, Z.Gulmezoglu,N., SireI, Tolay,Z. and Torun,A. 2014. The effect of zinc on yield, yieldcomponents and micronutrient concentrathins in the seeds of safflower genotypes. Bot. Hort. Agric. 42:202-209.

Bambara, S. and Kidemi, P. 2009. Effect of rhizobium inoculation, lime and molybdenum on photosynthesis and cholorophyll content of (*phaseolus vulgaris* L.) Afric. J. of Micro Res. (11):791-798.

Banks, M. L. 2011. Effect of selecter surfactants on nutrient uptake and soil microbial commanty. A thesis presented to the faculty of the graduate school at the university of Missouri-Columbia. Pp 157.

Banuls, J.A., Quinonse, B., Martin, E., Primo-Millo, E. and Legaz, F. 2003. Effects of frequency of iron chelate supply by fertigation on chlorosis in citrus. J. Plant Ntur. 26: 1985-1996.

Barary, M., Warwich, N.W.M., Jessop, R.S. and Taji, A.M. 2002. Osmotic adjustment and drought tolerance in Australian triticale, Proceeding of the 5 th International Triticale Symposiom, Volum I. June 30 Guly 5, 2002. Radzikow, Poland .135-144.

Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxities in plans. 202 Pp.

Bersamin, A. 2004. Iron and iron deficiency anemianutiation and health. Info- sheet, publication 8141:1-6.

Bloknia, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a Review. Annals Bot., 91:179-194.

Buchert, J., Koponen J.M., Suutarinen, M., Mustranta, A., Lille, M., Toronen, R., Poutanen, K. 2005. Effect of enzyme-aided pressing on anthocyanin yield and profiles in bilberry and blackcurrant juices, Journal the Science of Food and Agric 85(15): 2548-2556.

Bybordi, A., and Mamedov, G. 2010. Evalution of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.) Notulae Scientia Biological, 2(1):21-30.

Changjun, L. 2016. Biosurfactant- enhansced phytoremediation of soils contaminated by crude oil using maize (*Zea mays*L). Ecological Engineering. 25:10-17.

Chibba, I., Nayyar, V. and Kanwar, J. (2007) Influence of mode and source of applied iron on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.).

Creed Kanashiro, H.M., Uribe, T.G. and Bartolini, R.M. 2000. Important dietary to perevent anemia in adolescent girl through community kitchens in periurban population of lima, peru.J. Nurt.130:459-461.

Demirkiran, A.R. 2005. Determination of Fe, Cu and Zn Contents of Wheat and Corn grains from different growing site. of animal and veterinary ad 8 (8): 1563-1567.

Edding, J.L. and Brown, A.L. 1987. Absorption and translocation of foliar-applied Iron. *Plant Physiol.* 42: 15-19.

Eiballa, M.M. A. EL-amin, A.H.B. El-sheikh. E.A.L. 2004. Interactive effects of cultivar, foliar application of micronutrients and rhizobium inoculation on snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) performance. *Journal of Agric Sci.*

Erdal I, Kepenek K, Kizilgos I, 2004. Effect of Foliar Iron Applications at different Growth Stages on Iron and Some Nutrient Concentrations in Strawberry Cultivars. *Turk J. Agric. For.*, 28.

FAO, 2005. www.fao.org. Accessed 11 April 2005.

Gawska, E. and Sklodowska, M. 2006. Relation between tocopherol, chlorophyll and lipid peroxides content in shoots of Ni-treated wheat. *J. Plant Physiol.*, 164:364-366.

Goos, R.J., and Jonson, B.E. 2002. A comparison of three methods for reducing iron deficiency chlorosis in soybean. *Agro.* 92: 1135-113.

Gumudin, S., Hume, D. and Chu, G. 2001. Genetic improvement short season soybean: I Dry matter accumulation, Partitioning and leaf area duration. *Crop Sci.* 41: 391-393.

Hassan, M.J., Zhang, G., Wu, F., Wei, K. and Chen, Z. 2005. Zinc alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by cadmium in rice. *J. of Plant Nutrition Soil Sci.*, 168: 255-261.

Hill, J., Rabson, K. and Loneragan, J.F. 1979. The effect of copper supply on the senescence and the retranslocation of nutrients of the oldest leaf of wheat. *Ann. Bot.* 44:279-287.

Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.*, 57: 1332-1334.

Hochmuth, G. 2011. Iron (Fe) nutrition of plants. University of Florida IFAS Extension. 353: 1-8.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiol.*, 84: 55-60.

- Kakiuchi, J. and Kobata, T. 2006. The relationship, between dry matter increase of seed habits and shoot during the seed- filling period in three kinds of soybean with different growth habits subjected to shading and thinning. *Plant Produc Sci.* 9:20-26.
- Kasouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, M., Grignon, C. and Abdelly, C. 2007. Salinity effect on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant physio and Biochem.* 45:244-248.
- Kaya, C. and Higgs, D. 2002. Response of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) culture at low zinc, *Scientia Hort.* 93: 53-64.
- Khan, H.R., Mc Donald, G.K. and Rengel, Z. 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea *Plant Soil.* 241:389-400.
- Khan, H.R., Mc Donald, G.K. and Rengel, Z. 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea *Plant Soil.* 241-389-400.
- Khan, M.S., Zaidi, A. and Wani, P.A. (2007). Role of phosphate solubilizing microorganism in sustainable agric. *Agro for Sustainable Development*, 27:29-43.
- Khattak, S.G. Dominy, P.J. and Ahmad, W. 2016. Assessment of Zn interaction with nutrient cations in alkaline soil and its effect on plants growth. *J. Plant Nut.* 38: 1110-1120.
- Kostka, S.J. 2000. Amelioration of water repellency in highly managed soils and the systematic application of surfactants. *J of Hydrology.* 231-232: 359-368.
- Kramer, P.S. 1983. Water relations of plants. Academic Press. Pp. 342-415.
- Laffitte, R. 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage deficit and grain formation in rice. *Field Crops Res.* 76: 165-174.
- Lee, J., Durst, R.W. and Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *J of AOAC International* 35(2), 213-216.
- Lindsay, W.L., 1979- Chemical equilibria in soils. New York. 449 pp..
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed, Academic Press, London. 313-323.

Marshall B. Wixson and Daivid R. Shaw (2017), 7Effect of Adjuvants on weed control and soybean (Glycine max). Tolerance Ac 222-263.

Martin, M., Micell, F., Morgan, J.A., Scalet, M. and Zerbi, G. 1993. Synthesis of osmotically active substance in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. J. of Agron. and Crop Sci., 171: 176 – 184.

Matthews.L., Azahrani, MH. 2018. Application of protein- base edible coatings for fat uptake reduction in deep- fat fried foods with an emphasis On muscle food proteins. Trends in food Science& technology. 8(1): 1-15.

Miler.C., 2001. Timming of surfactant applications- Their effect on soil water replency. Turf Grass Trends. 10(1):1-7.

Mita, R., 1997. Oxidative stress. Antioxidants and stress tolerance. Trends Plants Sci., 7: 405-410.

Mortvedth, J. 2003. Efficient fertilizer use micronutrient.J. plants. Nutr 166:125-139.

Mousa. GT., El-Sallami, IH. and Ali, EF. 2003. Response of *Nigella sativa* L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenin, iron and zinc. Assiut Journal of agricultural of Science (Egypt), 32: 141-156.

Mousa, G.T., El-Sallami, I.H. and Ali, E.F. 2005. Response of *Nigella sativa* L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Assiut Journal of Agric. of Sci. (Egypt), 32: 141-156.

Mousavi, S.R. 2011.Zinc in crop production and intraction with phosphorus. Aust. J. of Baisic and Ap1 Sci. 5(9):1503-1509.

Nijjar, G.S. 1990. Nutition of fruit trees. Kalyani pub. Kalyani pub. New delhi., 259-270.

Perez-Sanz, A., Casero, T. and Lucena, J.J. 2002.Fe enriched bios lidsas fertilizers for orange and peach trees grown in filed conditions. Plant and Soil. 41:145-153..

Rants E., Verloo M., Demeyer A., Pauwels J.M. 1999. Manual for the soil chemistry and fertility laboratoryanalytical methods for soil and plants equipment, and management of consumables. Gent University, Belgium.

- Rathod P.K., Chavan K.N., Patil M. 2017. Influence of Lime, zinc and boron on yield and yield contributing characters of soybean. International Journal of applied and pure Science and Agriculture, 3(1):54-57.
- Ravi.S.H.T. Channal,N.S.Hebsur, B.N. patil and Dharmatti.P.R. 2008. Effect of Sulphur, zinc and iron nutrition on growth yield, nutrient uptake and quality of safflower (*carthamus tinctorius* L.). Karnataka j. Agric. Sci. 32:382-385.
- Rezaieieh, k, A.p., B. Gurbuz and A. Evazi. 2016. Effects of different zinc levels on vegetative growth and essential oil contents of some Iranian and Turkish cumin (*cuminum L.*) genotypes. J. Ess. Oil Bear Plants 19:1181-1191.
- Said-Al Ahl H.A.H. and Omer EA. 2009. Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. J of Medicinal Food Plants. 1:30-46.
- Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. J. Agron. and Crop Sci., 186:63-700.
- Salam, M.A., Ahmed, S., shahjahan, M. Islam, M.S. and Hossein, M.F., 2006. Response of chickpea Varieties to different levels of irrigation in High Barind Tract. International J of Sustainable A and Techno. 2:23-39.
- Schmitz-Eiberfer.M.A. Haefs, R. and Noga, G.J. 2002. Enhancing biological efficacy and rainfastness of foliar applied calcium chloride solutions by addition of rapeseed oil surfactants. Plants New Phytol. 634-639.
- Sharif, Z.and Haghnia, Gh. H. (2008). Effect of two foliar fertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pakistan Journal of biological science, 1.4, 1257-1268.
- Shirawia. T. N. Ueno. S. Shimada and T. Horie. T.2004. correlation between yielding ability and dry matter productivity during initial seed filling stage in various soybean genotypes. Plant Production Sci. 7: 138-142
- Sial NB, Rajpar I and Solangi S, 2005. Effects of foliar application of Zn on growth,

- Singh, S. 2001. Effect of Zn, Fe, on growth sun flowers. J. of Enviorn. Sci. 34(1): 57-63.
- Soleimani, R. 2006. The integrated effects of foliar and soil application of Zn, Fe and Mn on yiehdcampands of wheat in Ilam. Final Report of Research Project. Soil and Water Research Institute, Iran
- Sommer, A.L.L. 1995. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth higher green plants. Plant phsiol. 3:217-221
- Sondhia, S. and Varshney, J.G. 2010. Herbicides SSPH. New Dehli.
- Takashi, Sh., Eitaro. M. and Kyoko, H. 2009. Tha effect of Fe injection on flowering without Fe-deficiency symptom. The Proceeding of the international Plant Nutrition Colloquium XVI, Department of plant Science, UC Davis.
- Teulate, B., Rkika, D., Nachit, M.M. and Monneveux, P. 1997. Compartive osmotic adjustment in barley and tetraploid wheats. Plant Breed. 116: 519-523.
- Tu, M. and Randall, J. M.2003. Adjuncts. InWeed control methods handbook. Tools and teques for Use in: Tu, M., Hurd, C., Randall, J.M. (eds.), Wildland Natural Areas. The Nature Conservancy Willdland Invasive Species Team, 1-25.
- Varvel, G. and Peterson, A.1992.Nitrogen fertilizer recovery by soybean in mono cultuvar and rotation system. 84:215 -218.
- Vas, L., 2000, N₂-fixation. Dry matter and Naccumilation lines With different seed fill periods. J.P.12: 1024-1035.
- Vincius, L., Barros, R. Hesponhol Tozz, H. Contior, T. 2015. Journal of Medical and Biological Science Research Vol. 1(8):100-106.
- Waling, L., Vark, W.V., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and Plant and analysis, a series of syllabi. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, the Netherlnd.
- Whitty, E.N. and Chambliss, C.G. 2005. Fertilization of field and forage crops. Nevada Stste University Publication. 21 pp.

Abstract

Surfactants are complex chemical compounds that are significantly used in agriculture. They are divided into four major groups of anionic, cationic, nanionic and biosurfactant as an additive substance. The use of micronutrients (iron, zinc, etc.), despite the limited need of plants, plays a major role in nutrition, enzymatic reactions and plant resistance to adverse environmental conditions. The best way to how to use surfactants and micronutrients is to use them as foliar application. Considering the beneficial effects of surfactants, the use of this substance in combination with a micro nutrient can be considered as a suitable strategy for improving the conditions of plant growth and development. Therefore, an experiment was conducted to evaluate the effect of foliar application of micronutrient elements along with different surfactants on quantitative and qualitative characteristics and the symbiotic relationship in soybean in Shahrood University of Technology in 1395. Experimental treatments consisted of foliar application with micronutrient (micronova) (liquid fertilizer of iron, manganese and zinc) in 3 levels (0, 2 and 4 per thousand), and surfactant in 5 levels (control, anionic 2 per thousand, cationic and nanionic each one 4 per thousand and biosurfactant 3 per thousand, which was done factorial and in a completely randomized block base design with 3 replications. Treatments were applied in flowering. The results showed that the use of micronutrient foliar application in some surfactant surfaces improved all yield and yield component traits and many of physiological and morphological traits like as antocianin, CHL content, soluble carbohydrate content, height and shoot. It is also had a positive significant effects on Brady Rhisubium population and zinc and iron amount in leaf. The application of cationic, nanionic and biosurfactant with micronutrient fertilizer in 4 per thousand significantly improved oil and protein percentage of seeds rather than control treatment. The highest grain yield is achieved when the fertilizer micronutrients 2 per thousand alone (490 grams per square meter) and biosurfactant with micronutrients 4 per thousand (4/506 g per square meter) was applied foliar. Generally, in this experiment, it was observed that doubling the concentration of micronutrients at some levels of surfactants had more effect on the traits, so that the combination of this micronutrient was better with the additive of biosurfactant.

Keywords: Additive substance, foliar application, qualitative traits.



Shahrood University of Technology
Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

Effect of micro nutrient foliar application with various surfactants
on qualitative characteristics and the relation ship of soybean
coexistence

By: Somayeh ghasemi dijvejini

Supervisors:

Dr.Mehdi Baradaran Firouzabadi.

Dr.Hasan Makarian

September 2018