

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

رساله دکتری زراعت اکولوژی گیاهان زراعی

ارزیابی تاثیر باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی در الگوی کشت مخلوط جایگزینی کنجد و ماش

نگارنده: علیرضا گیلانی

استاد راهنما

دکتر حمید عباسدخت

استاد مشاور

دکتر احمد غلامی

تیر ۱۴۰۰

در این صفحه صورت جلسه دفاع را قرار دهید. لازم است پس از صحافی این صفحه مجدداً توسط دانشکده مهر گردد و استاد راهنما با امضای خود اصلاحات پایان نامه را تایید کند.

تقدیم اثر

به پدر و مادر عزیزم

اسطوره‌های فداکاری و ایثار زندگی ام که درس تلاش را به من آموختند

و

خواهران مهربانم

که دگر می من در روزهای سخت حیات هستند

هر آنکه خلق را پاس نکرد بی شک خدای گنازه را سگربه جای نیاورده است

پاس بی کران پروردگار کی تا راکه، هستی مان بتجید و به طریق علم و دانش، رهنمونان شد و به بهنیشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجد و مان و امدار وجودشان است...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی ثابته می او، بازبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تائین می کند و سلامت امانت بای راکه به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل":

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و گریانه از کنار غفلت بایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از استاد با کمالات و مهربان؛ جناب آقای دکتر حمید عباسدخت که برادرانه و در کمال صبر و صفا، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ گلی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمات را بهمانی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و متین، جناب آقای دکتر احمد غلامی، که زحمات مشاوره این پایان نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از دوستان و هم کلاسی های گرامی دکتر کورش غلامی، مهندس ایمان ریاحی، مهندس احمد صانعی، دکتر سیروس صارمی، دکتر علیرضا رئیسی زاده، دکتر یوسف محمدی، دکتر زهرا تقی زاده، دکتر زهرا نوری، دکتر مرزوه مقدم، که در این مسیر همراه و هم قدم بنده حقیر بودند، همچنین اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود که افتخار شاگردی ایشان را داشتم، جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری، جناب آقای دکتر مهدی برادران، جناب آقای دکتر حسن مکاریان، جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور، و کارشناسان زحمت کش و خدوم دانشکده کشاورزی، موسی الرضا عرب اسدی، مهدی بیاری و منصور بطامی، و کارشناس تحصیلات تکمیلی آقای حمیدرضا لطفی کمال شکر و قدرانی را دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

اینجانب **علیرضا گیلانی** دانشجوی دوره دکتری رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارزیابی تاثیر باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی در الگوی کشت مخلوط جایگزینی کنجد و ماش تحت راهنمایی دکتر حمید عباسدخت متعهد می شوم.**

- 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 دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . 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 نمی باشد.

چکیده

به منظور بررسی تاثیر باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط جایگزینی کنجد و ماش، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مزرعه آزمایشی در شهرستان کرج (استان البرز) و شهرستان شهریار (استان تهران) در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: نسبت کاشت در ۵ سطح شامل ۱- کشت خالص کنجد، ۲- کشت خالص ماش، ۳- ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش (۱:۳)، ۴- ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ ماش (۱:۱) و ۵- ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش (۳:۱)؛ کود گوگرد در سه سطح (شامل شاهد عدم مصرف (S₀), ۵۰ درصد مقدار توصیه شده (S₁) و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده (S₂))؛ باکتری تیوباسیلوس در دو سطح شامل (عدم تلقیح (T₀) و تلقیح با باکتری (T₁)) در نظر گرفته شد. خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی، رشدی، شاخص‌های مخلوط و علف هرز در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. اثر اصلی مکان بر کلروفیل کل کنجد، نسبت برابری زمین (LER) کل و ضریب ازدحام نسبی (RCC) معنی‌دار شد که بیشترین مقدار این شاخص‌ها در منطقه شهریار مشاهده شد. اثر اصلی تیمار (کشت مخلوط) نسبت کاشت بر کلروفیل b و کل کنجد، کارتنوئید کنجد، اسید چرب پالمیتیک، اسید، شاخص‌های رشدی هر دو گیاه، LER ماش، کاهش واقعی عملکرد (AYL) ماش، شدت مطلق رقابت (ACI) ماش، شدت نسبی رقابت (RCI) ماش، سودمندی مخلوط (IA) ماش، شاخص یکنواختی علف هرز و شاخص غنای منهینیک و مارگالف معنی‌دار شد. بیشترین مقدار شاخص‌های مربوط به کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و بالاترین مقدار صفات مربوط به گیاه ماش از کشت خالص مشاهده گردید. اثر اصلی گوگرد روی میزان کلروفیل a و کل کنجد، کارتنوئید ماش، درصد پروتئین و روغن کنجد، اسید چرب اولئیک، لینولئیک، پالمیتیک و شاخص‌های رشدی هر دو گیاه معنی‌دار شد. تیمار برتر میزان ۱۰۰ درصد توصیه شده گوگرد (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. اثر اصلی باکتری تیوباسیلوس بر صفات کپسول در بوته و دانه در کپسول کنجد، عملکرد دانه ماش، عملکرد زیستی کنجد و ماش، شاخص برداشت ماش، ارتفاع بوته در هر دو گیاه، کلروفیل a هر دو گیاه، کلروفیل کل کنجد، درصد پروتئین و روغن کنجد، اسید چرب اولئیک، لینولئیک، پالمیتیک، استئاریک، تجمع وزن خشک و سرعت رشد محصول در هر دو گیاه از نظر آماری معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار شاخص‌های ذکر شده از تیمار تلقیح باکتری ملاحظه گردید. اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر صفات تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه کنجد، عملکرد دانه کنجد، شاخص برداشت کنجد، عملکرد پروتئین و روغن کنجد، LER کنجد و کل، AYL کنجد، مجموع عملکرد نسبی (RYT)، ACI و RCI کنجد، RCC، شاخص غالبیت (AG) کنجد و ماش، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)، ماده خشک علف هرز، تراکم علف هرز، شاخص تنوع شانون وینر، سیمپسون، بریلوین، شاخص غالبیت سیمپسون و شاخص غنای گونه‌ای معنی‌دار شد. اثر برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه کنجد، شاخص برداشت کنجد،

عملکرد پروتئین و روغن کنجد، ACI کنجد، ماده خشک و تراکم علف هرز معنی دار گردید. اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس موجب معنی داری وزن هزار دانه ماش، عملکرد دانه کنجد، شاخص برداشت کنجد، کلروفیل کل ماش، درصد و عملکرد پروتئین ماش، عملکرد روغن کنجد، اسید چرب لینولنیک و SPI شد. اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت، سبب معنی داری صفات کپسول در بوته، دانه در کپسول، وزن هزار دانه هر دو گیاه، ارتفاع بوته در هر دو گیاه، کلروفیل a کنجد، کاروتنوئید ماش، درصد پروتئین ماش، عملکرد پروتئین و روغن کنجد، اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک، استئاریک، لینولنیک، AYL کنجد و کل، شاخص نسبت معادل سطح کشت- زمان (ATER)، کارایی استفاده از زمین (LUE)، ACI کنجد، AG و نسبت رقابت کنندگی (CR) کنجد و ماش، IA کنجد و کل گردید. اثر دوگانه مکان و گوگرد نیز بر تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه ماش، عملکرد دانه و زیستی کنجد، ارتفاع ماش، عملکرد پروتئین کنجد، اسید استئاریک، LER کنجد، AG کنجد و ماش و SPI معنی دار گردید. اثر متقابل مکان و تیوباسیلوس تنها روی شاخص LUE معنی دار شد. اثر سه گانه مکان $\times$ نسبت کاشت $\times$ گوگرد بر تعداد دانه در غلاف و غلاف در بوته، عملکرد دانه و زیستی ماش، شاخص برداشت ماش، کلروفیل a، b و کل ماش و عملکرد پروتئین ماش معنی دار شد. اثر سه گانه مکان $\times$ نسبت کاشت $\times$ تیوباسیلوس موجب معنی داری غلاف در بوته، کلروفیل b و کل ماش گردید. اثر سه گانه مکان $\times$ گوگرد $\times$ تیوباسیلوس نیز سبب معنی داری صفات غلاف در بوته، وزن هزار دانه کنجد، AYL کنجد و کل، RYT، ACI و RCI کنجد و IA کنجد و کل شد. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد کمی و کیفی گیاه کنجد از کشت مخلوط با نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش حاصل شد. با این که عملکرد دانه و زیستی ماش در کشت خالص بیشتر از مخلوط بود، اما شاخص های مخلوط نظیر نسبت برابری زمین بیان گر این مطلب هستند که ارزش اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط در مجموع بیشتر از کشت خالص می باشد. هم چنین می توان نتیجه گیری کرد اثر تغذیه ای کاربرد تلفیقی گوگرد و تیوباسیلوس، موجب بهبود ویژگی های مورفوفیزیولوژیک، زراعی و شاخص های رشدی در گیاه کنجد و ماش شده است.

کلمات کلیدی: کشت مخلوط جایگزینی، گوگرد، تیوباسیلوس، کنجد، ماش، علف هرز.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- ارزیابی تاثیر باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش (اولین همایش ملی ایده‌های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی).

۲- ارزیابی تاثیر باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر محتوی کلروفیل و درصد پروتئین دانه گیاه ماش (اولین همایش ملی ایده‌های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی).

۳- پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک و زراعی گیاه کنجد متاثر از کاربرد تلفیقی گوگرد و تیوباسیلوس (نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی).

۴- اثرات تغذیه‌ای گوگرد عنصری همراه با تیوباسیلوس (*Halothiobacillus neapolitanus*) بر پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک و زراعی گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) (مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار)

5- Effects of Thiobacillus and different percentages of sulfur fertilizer on growth and physiological indices in the replacement intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.)
(Journal of Gesunde Pflanzen)

فهرست مطالب

د	فهرست جداول
و	فهرست اشکال
۱	فصل ۱: مقدمه و کلیات
۲	۱-۱ مقدمه.....
۳	۱-۲ جایگاه کنجد و ماش.....
۳	۱-۲-۱ کنجد.....
۴	۱-۲-۲ ماش.....
۵	۱-۳ اهداف تحقیق.....
۷	فصل ۲: بررسی منابع
۸	۲-۱ کشاورزی پایدار.....
۸	۲-۲ کشت مخلوط.....
۱۰	۲-۲-۱ انواع کشت مخلوط.....
۱۲	۲-۲-۲ ارزیابی کشت مخلوط.....
۱۲	۲-۲-۳ علف‌های هرز.....
۱۳	۲-۳ گوگرد.....
۱۵	۲-۴ تیوباسیلوس.....

۲-۵ بررسی مطالعات انجام شده..... ۱۶

۲-۵-۱ تاثیر کشت مخلوط بر دانه‌های روغنی و بقولات..... ۱۶

۲-۵-۲ تاثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر دانه‌های روغنی و بقولات..... ۲۰

۲-۵-۳ تاثیر کشت مخلوط بر شاخص‌های ارزیابی، تنوع و رقابت..... ۲۳

فصل ۳: مواد و روش‌ها ۲۷

۳-۱ زمان و محل آزمایش..... ۲۸

۳-۲ موقعیت جغرافیایی شهرستان شهریار و کرج..... ۲۸

۳-۳ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش..... ۲۸

۳-۴ مشخصات خاک محل اجرای آزمایش..... ۲۸

۳-۵ مشخصات طرح آزمایشی..... ۲۹

۳-۶ مشخصات کرت‌های آزمایش..... ۲۹

۳-۷ عملیات اجرایی..... ۲۹

۳-۷-۱ کاشت..... ۲۹

۳-۷-۲ داشت..... ۳۰

۳-۷-۳ برداشت..... ۳۰

۳-۸ صفات مورد ارزیابی..... ۳۰

۳-۸-۱ شاخص‌های رشدی..... ۳۰

۳-۸-۲ محتوای کلروفیل و کاروتنوئید..... ۳۱

۳-۸-۳ درصد پروتئین..... ۳۱

۳-۸-۴ درصد روغن..... ۳۲

۳-۸-۵ شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط ۳۲

۳-۸-۶ محاسبه شاخص‌های غنا، غالبیت و تنوع علف هرز ۳۶

۳-۹ تجزیه و تحلیل داده‌ها و نرم افزارهای مورد استفاده ۳۹

فصل ۴: نتایج و بحث ۴۱

۴-۱ شاخص‌های زراعی ۴۲

۴-۱-۱ اجزای عملکرد کنجد و ماش ۴۲

۴-۱-۲ عملکرد کنجد و ماش ۵۶

۴-۱-۳ شاخص‌های فیزیولوژیک کنجد و ماش ۷۷

۴-۱-۴ شاخص‌های رشدی کنجد و ماش ۱۱۵

۴-۲ شاخص‌های کشت مخلوط ۱۲۵

۴-۲-۱ شاخص‌های ارزیابی در مخلوط ۱۲۵

۴-۲-۲ شاخص‌های رقابت در مخلوط ۱۳۶

۴-۲-۳ شاخص‌های سودمندی در مخلوط ۱۴۸

۴-۳ شاخص‌های علف هرز ۱۵۳

۴-۳-۱ ترکیب علف‌های هرز ۱۵۳

۴-۴ نتیجه‌گیری کلی ۱۶۷

۴-۴ پیشنهادات ۱۶۸

فهرست جداول

- جدول ۳-۱. مشخصات آب و هوایی مناطق انجام آزمایش ۲۸
- جدول ۳-۲. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش ۲۹
- جدول ۴-۱. نتایج تجزیه اجزای عملکرد کنگد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۴۲
- جدول ۴-۲. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر تعداد غلاف در بوته ماش. .. ۴۵
- جدول ۴-۳. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در ماش. .. ۴۶
- جدول ۴-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×گوگرد×تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته ماش. ۴۷
- جدول ۴-۵. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر تعداد دانه در غلاف در ماش. ۵۱
- جدول ۴-۶. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×گوگرد×تیوباسیلوس بر وزن هزار دانه کنگد ۵۳
- جدول ۴-۷. نتایج تجزیه عملکرد کنگد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۵۶
- جدول ۴-۸. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر عملکرد دانه در ماش. ۶۱
- جدول ۴-۹. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر عملکرد زیستی در ماش ۶۶
- جدول ۴-۱۰. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر شاخص برداشت در ماش. ۷۱
- جدول ۴-۱۱. نتایج تجزیه ارتفاع کنگد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۷۲
- جدول ۴-۱۲. نتایج تجزیه شاخص‌های فیزیولوژیک کنگد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۷۷
- جدول ۴-۱۳. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر کلروفیل a در ماش ۸۱
- جدول ۴-۱۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر کلروفیل b در ماش ۸۳
- جدول ۴-۱۵. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس بر کلروفیل b در ماش. ۸۳
- جدول ۴-۱۶. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر کلروفیل کل در ماش ۸۷
- جدول ۴-۱۷. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس بر کلروفیل کل در ماش ۸۹
- جدول ۴-۱۸. نتایج تجزیه شاخص‌های فیزیولوژیک کنگد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۸۹

- جدول ۱۹-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر عملکرد پروتئین ماش ۹۹
- جدول ۲۰-۴. نتایج تجزیه شاخص‌های فیزیولوژیک کنجد تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۰۰
- جدول ۲۱-۴. نتایج تجزیه شاخص سطح برگ کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۶۹
- جدول ۲۲-۴. نتایج تجزیه تجمع وزن خشک در کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۰
- جدول ۲۳-۴. نتایج تجزیه سرعت رشد محصول در کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۱
- جدول ۲۴-۴. نتایج تجزیه سرعت جذب خالص در کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۲
- جدول ۲۵-۴. نتایج تجزیه شاخص‌های ارزیابی در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۳
- جدول ۲۶-۴. نتایج تجزیه شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۴
- جدول ۲۷-۴. نتایج تجزیه شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۵
- جدول ۲۸-۴. نتایج تجزیه ماده خشک، تراکم و شاخص‌های علف هرز در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان ۱۷۶
- جدول ۲۹-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر کاهش نسبی عملکرد کنجد ۱۷۷
- جدول ۳۰-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر کاهش نسبی عملکرد کل ۱۷۷
- جدول ۳۱-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر مجموع عملکرد نسبی ۱۷۷
- جدول ۳۲-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر شدت مطلق رقابت کنجد ۱۷۸
- جدول ۳۳-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر شدت رقابت نسبی کنجد ۱۷۸
- جدول ۳۴-۴. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر سودمندی نسبی ۱۷۹
- جدول ۳۵-۴. ترکیب علف‌های هرز شناسایی شده در مزارع کشت مخلوط کنجد و ماش ۱۷۹

فهرست اشکال

- شکل ۴-۱ اثر تیوباسیلوس بر تعداد کپسول در بوته در گیاه کنجد. ۴۳
- شکل ۴-۲ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر تعداد کپسول در بوته در گیاه کنجد. ۴۴
- شکل ۴-۳ اثر برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر تعداد کپسول در بوته در گیاه کنجد. ۴۵
- شکل ۴-۴ اثر تیوباسیلوس بر تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد. ۴۸
- شکل ۴-۵ اثر برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد. ۴۹
- شکل ۴-۶ اثر برهمکنش کود گوگرد و مکان بر تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد. ۵۰
- شکل ۴-۷ اثر برهمکنش نسبت کاشت و کود گوگرد بر وزن هزار دانه گیاه کنجد. ۵۲
- شکل ۴-۸ اثر برهمکنش کود گوگرد و تیوباسیلوس بر وزن هزار دانه گیاه ماش. ۵۴
- شکل ۴-۹ اثر برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر وزن هزار دانه گیاه ماش. ۵۵
- شکل ۴-۱۰ اثر برهمکنش گوگرد و مکان بر وزن هزار دانه گیاه ماش. ۵۶
- شکل ۴-۱۱ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر عملکرد دانه گیاه کنجد. ۵۷
- شکل ۴-۱۲ اثر برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه گیاه کنجد. ۵۸
- شکل ۴-۱۳ اثر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه گیاه کنجد. ۵۹
- شکل ۴-۱۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر عملکرد دانه گیاه کنجد. ۵۹
- شکل ۴-۱۵ اثر برهمکنش گوگرد و مکان بر عملکرد دانه گیاه کنجد. ۶۰
- شکل ۴-۱۶ اثر تیوباسیلوس بر عملکرد زیستی گیاه کنجد. ۶۳
- شکل ۴-۱۷ اثر برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر عملکرد زیستی گیاه کنجد. ۶۳
- شکل ۴-۱۸ اثر برهمکنش گوگرد و مکان بر عملکرد زیستی گیاه کنجد. ۶۴
- شکل ۴-۱۹ اثر تیوباسیلوس بر عملکرد زیستی گیاه ماش. ۶۵
- شکل ۴-۲۰ اثر برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر شاخص برداشت گیاه کنجد. ۶۷
- شکل ۴-۲۱ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص برداشت گیاه کنجد. ۶۸
- شکل ۴-۲۲ اثر برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر شاخص برداشت گیاه کنجد. ۶۸
- شکل ۴-۲۳ اثر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر شاخص برداشت گیاه کنجد. ۶۹
- شکل ۴-۲۴ اثر تیوباسیلوس بر شاخص برداشت گیاه ماش. ۷۰
- شکل ۴-۲۵ اثر تیوباسیلوس بر ارتفاع گیاه کنجد. ۷۳
- شکل ۴-۲۶ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر ارتفاع گیاه کنجد. ۷۳
- شکل ۴-۲۷ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر ارتفاع گیاه کنجد. ۷۴
- شکل ۴-۲۸ اثر تیوباسیلوس بر ارتفاع گیاه ماش. ۷۵

- شکل ۲۹-۴ اثر برهکمنش مکان و نسبت کاشت بر ارتفاع گیاه ماش ۷۵
- شکل ۳۰-۴ اثر برهکمنش مکان و گوگرد بر ارتفاع گیاه ماش ۷۷
- شکل ۳۱-۴ اثر گوگرد بر کلروفیل a گیاه کنجد ۷۸
- شکل ۳۲-۴ اثر تیوباسیلوس بر کلروفیل a گیاه کنجد ۷۸
- شکل ۳۳-۴ اثر برهکمنش مکان و نسبت کاشت بر کلروفیل a گیاه کنجد ۷۹
- شکل ۳۴-۴ اثر تیوباسیلوس بر کلروفیل a گیاه ماش ۸۰
- شکل ۳۵-۴ اثر نسبت کاشت بر کلروفیل b گیاه کنجد ۸۲
- شکل ۳۶-۴ اثر مکان بر کلروفیل کل گیاه کنجد ۸۵
- شکل ۳۷-۴ اثر نسبت کاشت بر کلروفیل کل گیاه کنجد ۸۵
- شکل ۳۸-۴ اثر گوگرد بر کلروفیل کل گیاه کنجد ۸۶
- شکل ۳۹-۴ اثر تیوباسیلوس بر کلروفیل کل گیاه کنجد ۸۷
- شکل ۴۰-۴ اثر نسبت کاشت بر کاروتنوئید گیاه کنجد ۹۱
- شکل ۴۱-۴ اثر گوگرد بر کاروتنوئید گیاه ماش ۹۱
- شکل ۴۲-۴ اثر برهکمنش مکان و نسبت کاشت بر کاروتنوئید گیاه ماش ۹۲
- شکل ۴۳-۴ اثر گوگرد بر درصد پروتئین گیاه کنجد ۹۳
- شکل ۴۴-۴ اثر تیوباسیلوس بر درصد پروتئین گیاه کنجد ۹۴
- شکل ۴۵-۴ اثر برهکمنش گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد پروتئین گیاه ماش ۹۴
- شکل ۴۶-۴ اثر برهکمنش مکان و نسبت کاشت بر درصد پروتئین گیاه ماش ۹۵
- شکل ۴۷-۴ اثر برهکمنش نسبت کاشت و گوگرد بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد ۹۶
- شکل ۴۸-۴ اثر برهکمنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد ۹۶
- شکل ۴۹-۴ اثر برهکمنش مکان و نسبت کاشت بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد ۹۷
- شکل ۵۰-۴ اثر برهکمنش مکان و گوگرد بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد ۹۸
- شکل ۵۱-۴ اثر برهکمنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد پروتئین گیاه ماش ۹۹
- شکل ۵۲-۴ اثر گوگرد بر درصد روغن گیاه کنجد ۱۰۱
- شکل ۵۳-۴ اثر تیوباسیلوس بر درصد روغن گیاه کنجد ۱۰۲
- شکل ۵۴-۴ اثر برهکمنش نسبت کاشت و گوگرد بر عملکرد روغن گیاه کنجد ۱۰۳
- شکل ۵۵-۴ اثر برهکمنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد روغن گیاه کنجد ۱۰۳
- شکل ۵۶-۴ اثر برهکمنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد روغن گیاه کنجد ۱۰۴
- شکل ۵۷-۴ اثر برهکمنش مکان و نسبت کاشت بر عملکرد روغن گیاه کنجد ۱۰۵
- شکل ۵۸-۴ اثر گوگرد بر اسید اولئیک روغن گیاه کنجد ۱۰۵
- شکل ۵۹-۴ اثر تیوباسیلوس بر اسید اولئیک روغن گیاه کنجد ۱۰۶

- شکل ۴-۶۰ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید اولئیک روغن گیاه کنجد ۱۰۷
- شکل ۴-۶۱ اثر گوگرد بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد ۱۰۷
- شکل ۴-۶۲ اثر تیوباسیلوس بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد ۱۰۸
- شکل ۴-۶۳ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد ۱۰۹
- شکل ۴-۶۴ اثر نسبت کاشت بر اسید پالمیتیک روغن گیاه کنجد ۱۱۰
- شکل ۴-۶۵ اثر گوگرد بر اسید پالمیتیک روغن گیاه کنجد ۱۱۰
- شکل ۴-۶۶ اثر تیوباسیلوس بر اسید پالمیتیک روغن گیاه کنجد ۱۱۱
- شکل ۴-۶۷ اثر تیوباسیلوس بر اسید استئاریک روغن گیاه کنجد ۱۱۲
- شکل ۴-۶۸ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید استئاریک روغن گیاه کنجد ۱۱۲
- شکل ۴-۶۹ اثر برهمکنش مکان و گوگرد بر اسید استئاریک روغن گیاه کنجد ۱۱۳
- شکل ۴-۷۰ اثر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد ۱۱۴
- شکل ۴-۷۱ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد ۱۱۴
- شکل ۴-۷۲ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر شاخص سطح برگ ۱۱۶
- شکل ۴-۷۳ اثر گوگرد بر شاخص سطح برگ ۱۱۷
- شکل ۴-۷۴ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر روند تغییرات تجمع ماده خشک ۱۱۸
- شکل ۴-۷۵ اثر گوگرد بر روند تغییرات تجمع ماده خشک ۱۱۹
- شکل ۴-۷۶ اثر تیوباسیلوس بر روند تغییرات تجمع ماده خشک ۱۱۹
- شکل ۴-۷۷ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر روند تغییرات سرعت رشد محصول ۱۲۰
- شکل ۴-۷۸ اثر گوگرد بر روند تغییرات سرعت رشد محصول ۱۲۱
- شکل ۴-۷۹ اثر تیوباسیلوس بر روند تغییرات سرعت رشد محصول ۱۲۲
- شکل ۴-۸۰ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر روند تغییرات سرعت جذب خالص ۱۲۳
- شکل ۴-۸۱ اثر گوگرد بر روند تغییرات سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع در روز) ۱۲۴
- شکل ۴-۸۲ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر LER گیاه کنجد ۱۲۵
- شکل ۴-۸۳ اثر برهمکنش مکان و گوگرد بر LER گیاه کنجد ۱۲۶
- شکل ۴-۸۴ اثر نسبت کاشت بر LER گیاه ماش ۱۲۶
- شکل ۴-۸۵ اثر مکان بر LER کل ۱۲۷
- شکل ۴-۸۶ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر LER کل ۱۲۸
- شکل ۴-۸۷ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر AYL کنجد ۱۲۹
- شکل ۴-۸۸ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر AYL کنجد ۱۳۰
- شکل ۴-۸۹ اثر نسبت کاشت بر AYL ماش ۱۳۱
- شکل ۴-۹۰ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر AYL کل ۱۳۱

- شکل ۹۱-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر ATER. ۱۳۳
- شکل ۹۲-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر کارایی استفاده از زمین. ۱۳۴
- شکل ۹۳-۴ اثر برهمکنش مکان و تیوباسیلوس بر کارایی استفاده از زمین. ۱۳۴
- شکل ۹۴-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر مجموع عملکرد نسبی. ۱۳۵
- شکل ۹۵-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شدت مطلق رقابت کنجد. ۱۳۶
- شکل ۹۶-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر شدت مطلق رقابت کنجد. ۱۳۷
- شکل ۹۷-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر شدت مطلق رقابت کنجد. ۱۳۷
- شکل ۹۸-۴ اثر نسبت کاشت بر شدت مطلق رقابت ماش. ۱۳۸
- شکل ۹۹-۴ اثر مکان بر ضریب ازدحام نسبی. ۱۳۹
- شکل ۱۰۰-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر ضریب ازدحام نسبی. ۱۴۰
- شکل ۱۰۱-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تهاجم کنجد. ۱۴۱
- شکل ۱۰۲-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم کنجد. ۱۴۱
- شکل ۱۰۳-۴ اثر برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص تهاجم کنجد. ۱۴۲
- شکل ۱۰۴-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تهاجم ماش. ۱۴۳
- شکل ۱۰۵-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم ماش. ۱۴۳
- شکل ۱۰۶-۴ اثر برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص تهاجم ماش. ۱۴۴
- شکل ۱۰۷-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شدت رقابت نسبی کنجد. ۱۴۵
- شکل ۱۰۸-۴ اثر نسبت کاشت بر شدت رقابت نسبی ماش. ۱۴۶
- شکل ۱۰۹-۴ اثر نسبت کاشت بر نسبت رقابت‌کنندگی کنجد. ۱۴۷
- شکل ۱۱۰-۴ اثر نسبت کاشت بر نسبت رقابت‌کنندگی ماش. ۱۴۸
- شکل ۱۱۱-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر سودمندی نسبی کنجد. ۱۴۹
- شکل ۱۱۲-۴ اثر نسبت کاشت بر سودمندی نسبی ماش. ۱۵۰
- شکل ۱۱۳-۴ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر سودمندی نسبی کل. ۱۵۱
- شکل ۱۱۴-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص بهره‌وری سیستم. ۱۵۲
- شکل ۱۱۵-۴ اثر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر شاخص بهره‌وری سیستم. ۱۵۲
- شکل ۱۱۶-۴ اثر برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص بهره‌وری سیستم. ۱۵۳
- شکل ۱۱۷-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر ماده خشک علف هرز. ۱۵۴
- شکل ۱۱۸-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر ماده خشک علف هرز. ۱۵۵
- شکل ۱۱۹-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر تراکم علف هرز. ۱۵۶
- شکل ۱۲۰-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر تراکم علف هرز. ۱۵۸
- شکل ۱۲۱-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تنوع شانون وینر. ۱۵۹

- شکل ۱۲۲-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تنوع سیمپسون. ۱۶۱.....
- شکل ۱۲۳-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تنوع بریلوین. ۱۶۱.....
- شکل ۱۲۴-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص غالبیت سیمپسون. ۱۶۳.....
- شکل ۱۲۵-۴ اثر نسبت کاشت بر شاخص یکنواختی. ۱۶۴.....
- شکل ۱۲۶-۴ اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص غنای گونه‌ای. ۱۶۵.....
- شکل ۱۲۷-۴ اثر نسبت کاشت بر شاخص غنای منهینیک. ۱۶۶.....
- شکل ۱۲۸-۴ اثر نسبت کاشت بر شاخص غنای مارگالف. ۱۶۷.....

فصل ۱: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

در کشاورزی نوین توجه به قوانین طبیعی به شکل‌های متفاوتی ظهور یافته است که یکی از نمونه‌های آن کشاورزی پایدار می‌باشد. کشاورزی پایدار شیوه‌ای تلفیقی از دانش مدیریت در کشاورزی است که در بلند مدت از نظر اقتصادی، زیستی و زیست محیطی موجب افزایش ارزش افزوده قابل توجهی می‌شود. یکی از روش‌های حرکت به سوی کشاورزی پایدار، استفاده از مخلوط‌های متفاوت از گیاهان، ارقام و یا کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی مختلف در زراعت می‌باشد (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۲). کشت مخلوط به دلیل افزایش تنوع گیاهی می‌تواند به عنوان یک روش زراعی باعث کاهش خسارات آفات و علف‌های هرز گردد.

در حال حاضر کمبود مواد غذایی به علت افزایش نرخ رشد جمعیت، مشکلات زیست محیطی و پایین بودن بازده تولید در واحد سطح یک چالش جهانی است. از این رو، بازنگری در شیوه‌های مرسوم کشاورزی و راهکارهای مربوط به استفاده بیشتر از زمین و افزایش تولید بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد (روستایی و فلاح، ۱۳۹۴). بنابراین کشت مخلوط راهکار مهمی برای افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی است و در بهبود کیفیت و افزایش امنیت غذایی نیز موثر است (گئو و همکاران، ۲۰۱۰؛ کایوجلیا و همکاران، ۲۰۱۱ و روسینا مهدازی و همکاران، ۲۰۱۲). از سوی دیگر، کشت مخلوط یکی از بهترین روش‌ها برای حفظ و بهبود کیفیت و افزایش چشمگیر کارایی منابع از جمله آب، نور و مواد غذایی است (گائو و همکاران، ۲۰۱۳).

رشد دو یا چند گیاه به صورت هم‌زمان در طی یک فصل رشد یا هم‌پوشانی در بخشی از دوره رشد و در یک مکان کشت مخلوط خوانده می‌شود (حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۸). کشت مخلوط به عنوان مدلی از نظام‌های کشاورزی پایدار، شامل مزایایی مانند افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش تنوع زیستی، ثبات عملکرد به خصوص در شرایط محیطی نامساعد، ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیش‌تر از منابع، بهبود حاصلخیزی و حفاظت از خاک و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود (حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۸).

کنترل علف‌های هرز، یکی از مسائل مهم و حیاتی در کشاورزی پایدار می‌باشد، و معمولاً مدیریت موفق آن‌ها بدون کاربرد سم مشکل است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹). در کشت مخلوط، به علت افزایش تنوع گیاهان زراعی، تعداد علف‌های هرز در واحد سطح کاهش می‌یابد؛ در این راستا کشت مخلوط روشی مناسب برای کاهش جمعیت علف‌های هرز در سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد (سانگاکارا و همکاران، ۲۰۱۱).

بالا رفتن قیمت نهاده‌های شیمیایی، تخریب‌های زیست محیطی، ضرورت صرفه اقتصادی تولید و افزایش آلودگی منابع آب و از بین رفتن خاک‌های کشاورزی در اثر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی معضلی است که باید به سرعت برطرف گردد. از جهتی دیگر، بهبود شرایط تولیدات کشاورزی نیازمند انتخاب آگاهانه جهت رفع نیازهای گیاهان است. نیازهای غذایی گیاه دارای جنبه‌های گوناگونی است که مهمترین آن‌ها شناخت دقیق نیازها و مورد دیگر چگونگی مدیریت این نیازها می‌باشد (تعیین نوع نیاز، مقدار نیاز، زمان نیاز و نحوه مصرف) (طباطبایی، ۲۰۱۴).

استفاده از موادی با pH اسیدی مانند اسید سولفوریک و گوگرد که توانایی کاهش pH خاک در محدوده ریشه گیاهان را داشته باشند و دسترسی و جذب عناصری نظیر فسفر و عناصر کم مصرف را افزایش می‌دهند،

یکی از روش‌های موثر و کاربردی پیشنهاد شده توسط محققین برای کاهش اسیدپتیکه خاک و دسترسی و جذب بهتر عناصری مانند فسفر و ریز مغذی‌ها است (بشارتی، ۲۰۱۷). گوگرد عنصری ضروری و پر مصرف برای گیاهان زراعی است و از این حیث، در برخی از گیاهان در رتبه چهارم پس از عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم قرار دارد. گوگرد به دلیل ظرفیت اکسیداسیون و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم برای انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری در خاک‌های آهکی را دارا می‌باشد (کایا و همکاران، ۲۰۰۹). عدم استفاده از کودهای دارای گوگرد در سال‌های اخیر، کشت پی در پی و متراکم در اراضی کشاورزی، سدیمی و شور سدیمی بودن اکثر زمین‌های کشاورزی و در دسترس بودن و قیمت پایین گوگرد از دلایل اصلی روی آوردن به مصرف گوگرد در ایران می‌باشد. گوگرد یک بخش تشکیل دهنده در ساختمان اسیدهای آمینه لیستین، سیستین، متیونین و برخی از پروتئین‌ها است که نقشی کلیدی در ساخت بعضی از ویتامین‌ها و کوفاکتورها دارند. بنابراین در صورت کمبود این عنصر رشد و نمو گیاهان دچار اختلال شده که این موضوع، سبب کاهش کمی و کیفی محصولات می‌شود (موتیور و همکاران، ۲۰۱۱).

اغلب محققین معتقدند که با مدیریت اصولی و خوب و استفاده صحیح از کودهای زیستی می‌توان وضعیت تغذیه‌ای گیاهان و وضعیت زیست محیطی را بهبود بخشید. (باکمن، ۱۹۹۷). کودهای بیولوژیک، معمولاً حاوی مقادیر مشخص از یک یا چند گونه ریز جاندار مفید خاکزی است که می‌توانند هم‌زیستی ایجاد کنند یا به صورت آزادی و ایجاد هم‌یاری در رفع نیازهای تغذیه‌ای و رشدی گیاهان اثرات مثبتی داشته باشند (جهان و نصیری محلاتی، ۲۰۱۲). گوگرد برای جذب توسط گیاهان باید ابتدا تبدیل به یون سولفات شود که این امر توسط میکروارگانیسم‌های شیمیولیتوتروف^۱، که از گوگرد به عنوان منبع به‌دست آوردن انرژی استفاده می‌کنند، اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین این میکروارگانیسم‌ها باکتری‌هایی از جنس تیوباسیلوس می‌باشند (ژی هویی و همکاران، ۲۰۱۰). محقق شدن این موضوع منوط به وجود جمعیت قابل توجهی تیوباسیلوس می‌باشد.

۲-۱ جایگاه کنجد و ماش

۱-۲-۱ کنجد

علی‌رغم وجود پتانسیل فراوان تولید روغن در کشور، در حال حاضر قسمت عمده روغن مصرفی از خارج از کشور وارد می‌شود. با توجه به رشد روز افزون جمعیت و تغییر سبک زندگی، تقاضا برای مصرف روغن‌های خوراکی سالم رو به افزایش است؛ به همین علت توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸).

کنجد قدیمی‌ترین دانه روغنی شناخته شده در جهان با سابقه کشت پنج هزار ساله است که معروف به ملکه دانه‌های روغنی می‌باشد. سابقه کشت و پراکندگی گونه‌های مختلف این گیاه در آفریقا، ایران، هندوستان،

¹ chemolithotrophs

پاکستان، افغانستان و استرالیا آن قدر زیاد است که مکان اهلی شدن آن دقیقاً مشخص نمی‌باشد. البته واولیف منشا پیدایش کنجد را هندوستان دانسته است و همچنین گونه هندی این گیاه از ارزش اقتصادی بیشتری برخوردار است. کنجد به عنوان یکی از دانه‌های روغنی کم توقع و کم نهاده مطرح بوده و از لحاظ خصوصیات زراعی و اقتصادی در کشاورزی معیشتی اکثر مناطق ایران خصوصاً در مناطق گرم و خشک حائز اهمیت محسوب می‌شود، با این حال در زمینه تولید صنعتی دانه‌های روغنی به کشت این گیاه در ایران توجه زیادی نمی‌شود (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). کنجد گیاهی است دیپلوئید ($2n=26$)، یک ساله و علفی با نام علمی (*Sesamum indicum* L.) و از خانواده Pedaliaceae که سیستم ریشه‌ای مستقیم، قوی و گسترده دارد و ارتفاع ساقه آن به یک تا دو متر می‌رسد. ارقام مختلف کنجد دارای طول دوره رشد بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز می‌باشند. امروزه از کنجد به عنوان منبع تأمین روغن مطلوب خوراکی استفاده می‌شود و دانه روغنی با ارزشی است که بسته به شرایط و نوع رقم دارای ۴۵-۵۲ درصد روغن می‌باشد (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). روغن کنجد حاوی ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع، مواد ضد سرطانی و آنتی اکسیدانی نظیر سزامین و سزامولین می‌باشد. دانه کنجد دارای تقریباً ۱۸-۲۵ درصد پروتئین، ۱۱ درصد کربوهیدرات و سه درصد عناصر معدنی است. پروتئین کنجد متفاوت از بقولات دانه‌های غذایی و روغنی (شامل بادام زمینی و سویا) است، از این نظر که حاوی اسیدهای آمینه ضروری مثل تریپتوفان، متیونین و سیستئین بوده و از نظر لیزین کمبود دارد که غذای خوبی برای مرغ‌های تخم‌گذار و دام‌های شیرده می‌باشد (محرابی و همکاران، ۱۳۹۰). سطح زیر کشت کنجد در ایران ۳۱ هزار هکتار با میانگین تولید سالیانه ۳۱ هزار تن می‌باشد. میانگین عملکرد کنجد در ایران ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶).

۲-۲-۱ ماش

استفاده از گیاهان پوششی به عنوان خفه کننده علف‌های هرز از مهم‌ترین شیوه‌های جایگزین علف‌کش و شخم‌های رایج است (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). گیاهان پوششی با اشغال سریع فضای بین ردیف‌های گیاه اصلی، از جوانه‌زنی بذور علف هرز ممانعت به عمل آورده و موجب کاهش رشد و توسعه علف‌های هرز می‌شوند (واعظی‌راد و همکاران، ۱۳۹۸). از سوی دیگر گیاهان پوششی به وسیله ایجاد رقابت نوری، رقابت بر سر منابع غذایی و رطوبت، تولید مواد دگرآسیب منجر به کاهش جوانه‌زنی یا کاهش رشد گیاهچه علف هرز می‌شوند (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). استفاده از لگوم‌ها به عنوان گیاه پوششی علاوه بر این موارد، می‌توانند موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای خاک از طریق افزودن نیتروژن نیز شوند (یوچینو و همکاران، ۲۰۰۹). بقولات نقش مهمی در جیره غذایی انسان، تغذیه دام و افزایش حاصلخیزی خاک دارند (لنگهام و همکاران، ۲۰۰۷). ماش (*Vigna radiata* L.) گیاهی یک ساله و بوته‌ای، به ارتفاع ۴۵ تا ۱۳۰ سانتی‌متر از خانواده حبوبات (Fabaceae)، روز کوتاه، گرماپسند، دارای دوره‌ی رشدی کوتاه (۷۵ تا ۹۵ روز) و تابستانه است. دارای ریشه مستقیم با گره‌های تثبیت کننده نیتروژن بزرگ روی ریشه‌ها و مانند اکثر خانواده حبوبات قابلیت تثبیت نیتروژن بالایی دارد (۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) همچنین، به عنوان یکی از منابع غنی پروتئین گیاهی

(حدود ۲۵ درصد پروتئین) در تغذیه انسان به حساب می‌آید (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). این گیاه بومی هندوستان است، اما مرکز آسیا هم به عنوان منشأ در برخی منابع ذکر شده است.

۳-۱ اهداف تحقیق

هدف اصلی این طرح دستیابی به دلایل قابل پذیرش برای انجام کشت مخلوط دانه‌های روغنی و پروتئینی و توصیه به کشاورزان بجای اجرای تک کشتی است. در صورتی که عملکرد مناسب از اجرای طرح حاصل شود می‌توان کشت مخلوط کنجد - ماش (لگوم) را به عنوان روشی جایگزین توصیه نمود. از اهداف مهم دیگر طرح تعیین روش مناسب کوددهی می‌باشد. در صورتی که نتایج حاصل از اجرای طرح مناسب تشخیص داده شود، کاهش کوددهی شیمیایی و استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و تسهیل کننده-های زیستی می‌تواند علاوه بر کمک به اقتصاد خانوار روستایی به کاهش آلودگی‌های زیست محیطی منجر شود.

سایر اهداف طرح نیز شامل:

- تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط کنجد و ماش از نظر عملکرد
- تعیین و سودمندی عملکرد کمی در کشت مخلوط و کشت خالص (از نظر شاخص سودمندی و رقابت در کشت مخلوط)
- تعیین و سودمندی عملکرد کیفی در کشت مخلوط و کشت خالص (از نظر شاخص سودمندی و رقابت در کشت مخلوط) می‌باشد.

فصل ۲: بررسی منابع

۱-۲ کشاورزی پایدار

تولید ارقام پرمحصول، استفاده از کودهای شیمیایی و سموم آفت‌کش دستاورد انقلاب سبز می‌باشند که سبب افزایش قابل توجه تولید محصولات کشاورزی شده است، ولی از سوی دیگر کاهش تنوع زیستی، زوال منابع آب و خاک و همچنین مصرف هر چه بیشتر انرژی فسیلی را به‌همراه داشته است. این روند که آن را می‌توان سیستم کشت رایج نامید، مشکلات زیست محیطی زیادی نیز به‌همراه داشت که سبب طرح موضوع کشاورزی پایدار و ارگانیک شد (سولتز و همکاران، ۲۰۱۳).

روند رو به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی در جهان موجب توجه و ترغیب محققان به بخش کشاورزی پایدار گردید. از اهداف عمده کشاورزی پایدار، کنترل فرسایش خاک، تثبیت عملکرد در شرایط نامطلوب، کاهش استفاده از نهاده‌ها شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با نهاده‌های سازگار با اکوسیستم و افزایش عملکرد در شرایط مطلوب محیطی و درنهایت ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم‌های زراعی می‌باشد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

پایداری هر بوم نظام، ارتباط مستقیمی با تنوع جانداران آن دارد. به نظر بوم‌شناسان کشاورزی افزایش تنوع در نظام‌های کشاورزی، میزان وابستگی به نهاده‌های خارجی را کاهش داده و فرایند تولید پایدار غذا را با تکیه بر منابع درونی بوم نظام، به ارمغان می‌آورد (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۸). یکی از رهیافت‌های رسیدن به کشاورزی پایدار و افزایش تنوع در بوم نظام کشاورزی، به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان، از گونه‌ها و ارقام گوناگون، استفاده از گیاهان پوششی، به‌کارگیری بقولات برای کاهش مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از کودهای زیستی و مدیریت‌های تلفیقی مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها می‌باشد (اسفندیاری اخلاص و همکاران، ۱۳۹۸).

۲-۲ کشت مخلوط

بازیابی تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و مدیریت کارآمد آن یکی از راهکارهای مهم در کشاورزی پایدار است. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از سامانه‌های کشاورزی پایدار، اهدافی مانند تعادل اکولوژیکی، استفاده کارآمدتر از نهاده‌ها و افزایش حاصلخیزی خاک را دنبال می‌کند (داهمرده و هودیانی، ۲۰۱۶). این ویژگی‌ها موجب شده تا این نوع نظام‌های زراعی قرن‌ها در کشاورزی معیشتی نقش مهمی در تامین مواد غذایی داشته باشند و در حال حاضر جایگاه خاصی را در طراحی بوم نظام‌های زراعی پایدار به خود اختصاص دهند (میکیک و همکاران، ۲۰۱۵).

رشد دو یا چند گیاه از گونه‌های متفاوت یا رقم‌های متفاوت به صورت هم‌زمان در طی یک فصل رشد یا هم‌پوشانی در بخشی از دوره رشد و در یک مکان کشت مخلوط خوانده می‌شود، لزوماً این گیاهان هم‌زمان کاشت یا برداشت، نمی‌شوند (گلیز و کورکوران، ۲۰۲۰). کشت مخلوط یکی از روش‌های کشاورزی رایج در بسیاری از کشورهای جهان مانند چین، آلمان، برزیل، هند و پاکستان می‌باشد (لی و همکاران، ۲۰۱۷). کشت مخلوط به روشی از کشت که بر مبنای استفاده حداکثر از پتانسیل محیطی، از طریق کشت توأم یا متوالی دو

یا چند گیاه زراعی که از لحاظ زمان کاشت و برداشت و نحوه رشد متفاوت هستند، اطلاق می‌شود. این نوع کشت در مناطقی که با محدودیت نهاده‌ها مانند زمین، آب و یا عناصر غذایی مواجه هستند، روشی کاربردی است (قوش و همکاران، ۲۰۰۹).

سیستم‌های کشت مخلوط الگویی مناسب و عملی برای افزایش تولید در کشاورزی می‌باشد. کشت مخلوط سیستمی است که در آن با تلفیق نیازهای اکولوژیکی، دو یا چند گونه زراعی سازگار با محیط که دارای نیازهای متفاوتی می‌باشند، از منابع موجود مانند آب، انرژی تشعشع خورشیدی و عناصر غذایی به نحو مطلوبی بهره‌برداری می‌گردد. در کشت مخلوط اختلاف مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین گونه‌ها باعث می‌شود تا آن‌ها آشیان‌های اکولوژیک متفاوتی را اشغال نمایند و در نتیجه رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای گردد و در مجموع عملکرد افزایش یابد. برتری بیولوژیک زراعت مخلوط، نتیجه استفاده کامل‌تر از منابع است (حسنوند و همکاران، ۱۳۹۸). اگر اجزای تشکیل دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت باشند از منابع به‌طور موثرتری استفاده می‌کنند و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد. نظام کشت مخلوط، با افزایش تعداد گونه‌ها در واحد سطح، به‌عنوان یک راه حل پایدار برای افزایش تولید در کشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است (بدوساک و همکاران، ۲۰۱۵). در واقع در کشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور، خاک و مواد غذایی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرارگرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (بروکر و همکاران، ۲۰۱۵). طراحی سیستم‌های کشاورزی آینده، باید به نحوی باشد که از منابع موجود در مزرعه به نحو احسن استفاده شود. افزایش تثبیت نیتروژن، تولید مواد آلی بیشتر، مدیریت تلفیقی آفات، مقاومت به آفات و تنش‌های محیطی و افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی، همگی از عوامل موثر در کارایی استفاده از منابع هستند.

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی است که مقدار آن در گیاهان بعد از کربن و هیدروژن بیش از سایر عناصر غذایی است (داودیان و حمزه‌ئی، ۱۳۹۸). مهم‌ترین روش تامین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنه است. اما استفاده از کودهای نیتروژنه موجب ورود بیش از حد نیتروژن به آب می‌شود که یکی از مشکلات زیست محیطی به شمار می‌آید.

از موفق‌ترین سیستم‌های کشت مخلوط، سیستم‌های دارای بقولات در مخلوط با غیر بقولات می‌باشد که در اغلب حالات سبب برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌شود، که دلیل آن توانایی تثبیت زیستی نیتروژن اتمسفری توسط بقولات بوده و مزیت اکولوژیکی فراوانی را به دنبال دارد (لیتورجیدیس و همکاران، ۲۰۱۱). عده‌ای از پژوهشگران معتقدند که علت افزایش میزان عملکرد در مخلوط بقولات و غیر بقولات، متفاوت بودن تغذیه این گیاهان از این نیتروژن می‌باشد. بدین شکل که بقولات نیتروژن جوی را تثبیت کرده و به مصرف می‌رسانند و گیاهان غیر بقولات از نیتروژن خاک استفاده می‌کنند و بین دو گونه رقابت بر سر این ماده حیاتی شکل نمی‌گیرد (اسفندیاری اخلاص و همکاران، ۱۳۹۸). هم‌چنین سیستم‌های کشت مخلوط به علت استفاده بهینه از منابع و بهبود شرایط محیطی، سنتز روغن و اسیدهای چرب دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (روحی سالاران و همکاران، ۱۳۹۸).

۱-۲-۲ انواع کشت مخلوط

۱-۲-۱-۲ کشت مخلوط متوالی

در این سیستم کشت مخلوط، دو یا چند گیاه مختلف در یک سال زراعی به صورت متوالی کاشته می‌شوند. در این نوع کشت، هر گیاهی پس از گیاه دیگر کاشته می‌شود. در بعضی از مناطق ممکن است فصل باران برای رشد دو محصول زمان کافی را در اختیار کشاورزان قرار دهد که ممکن است یک محصول اصلی و یک محصولی فرعی یا دو محصول اصلی کاشته شود. اثرات مثبت کشت مخلوط فقط در بعد زمان وجود دارد و بین گیاهان هیچ رقابتی به وجود نمی‌آید (هی-هان مینگ و همکاران، ۲۰۱۹). این مدل کشت به کشت‌های دوگانه، سه‌گانه، چهارگانه و راتون تقسیم‌بندی می‌شود.

۲-۲-۱-۲ کشت مخلوط هم‌زمان

• کشت درهم

کشت مخلوط درهم به رشد دو یا چند گیاه به صورت هم‌زمان، در کنار یکدیگر (بدون فاصله) و بدون هیچ نظم و ترتیبی مشخصی گفته می‌شود. در کشت مخلوط درهم بذرها با یکدیگر مخلوط می‌گردند، اما در برداشت این محصولات امکان برداشت با همدیگر و یا تفکیک شدن پس از برداشت را دار می‌باشند برای مثال می‌توان به غلات و لگومها اشاره کرد (گلیز - کورکوران و همکاران، ۲۰۲۰).

• کشت نواری

در سیستم کشت مخلوط نواری، گیاهان در چند ردیف موازی در کنار یکدیگر کاشته می‌شوند. در این مدل کشت مخلوط ممکن است گیاهان از دو یا چند گونه متفاوت و یا از یک گونه و دو یا چند رقم متفاوت باشند. در این سیستم عرض نوارها باید به اندازه کافی پهن باشد تا امکان کاشت و برداشت مکانیزه را بدهد، اما در عین حال پهنای نوارها باید به اندازه‌ای باشد تا اثرات متقابل بین گونه‌ای حفظ گردد. به‌طور سنتی، در این سیستم کشت برای بهره‌مندی حداکثری از اثرات مفید مخلوط محل نوارها با یکدیگر در تناوب زراعی جا به جا نمی‌شود (گلیز - کورکوران و همکاران، ۲۰۲۰).

• کشت ردیفی

کشت مخلوط ردیفی همانند کشت نواری است، اما حداقل یکی از گیاهان حاضر در مخلوط باید به شکل تک ردیفه یا دو ردیفه کاشته شود. در این مدل از کشت مخلوط اثرات متقابل بین گونه‌ای قابل توجهی مانند سایه اندازی، ترکیب ریشه‌ها، و رقابت برای آب و مواد غذایی مشاهده می‌گردد. علاوه بر اثرات رقابتی، پتانسیل قابل توجهی نیز برای اثرات مفید و یا تخریبی برای کنترل علف‌های هرز، سرکوب بیماری‌ها و آفات دارا می‌باشد. این مدل از کشت مخلوط قابل مقایسه با کشت مخلوط نواری است اما بیشتر برای کاشت و برداشت غیرمکانیزه سازگار شده است. کشت مخلوط ردیفی بیشتر در مزارع کوچک و در کشورهای در حال توسعه

استفاده می‌گردد (گلپیز - کورکوران و همکاران، ۲۰۲۰).

• جنگل زراعی یا کشت راهرویی

جنگل زراعی عبارت است از هر نوع سیستم کشت که موجب افزایش محصول از طریق کاشت تلفیقی گیاهان چوبی پایا و گیاهان زراعی و یا همراه با دام در یک مکان مشخص، به شکل هم‌زمان و یا متوالی که موجب افزایش منافع اقتصادی و زیست محیطی خواهد شد (علیزاده مرادی و رمرودی، ۱۳۹۵). کشت راهرویی یا جنگل زراعی به مفهوم کشت هم‌زمان درخت و محصولات زراعی، سازگاری زیادی با اکثر نواحی دنیا دارد. این سیستم با تولید گیاهان یک ساله علفی و انواع چندساله سازگاری نشان می‌دهد و سبب بازدهی استفاده از نور، آب و مواد غذایی می‌شود. ادغام درخت و گیاه زراعی ابزار مؤثری را برای حفظ و یا افزایش عملکرد گیاه زراعی و درخت، تحت بهره‌وری بهتر از نور ایجاد می‌نماید و ترویج این اکوسیستم‌ها می‌تواند باعث پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی شود (نظری و همکاران، ۱۳۹۷). فعالیت‌های اکوسیستمی ایجاد شده توسط درختان در سیستم آگروفارستری شامل: کنترل فرسایش، ترسیب کربن، چرخه آب، کنترل آفات و بیماری‌ها و افزایش حاصلخیزی خاک هستند (کاسالز و همکاران، ۲۰۱۳).

۳-۱-۲-۲ کشت مخلوط تاخیری

به پرورش دو و یا چند گیاه به صورت هم‌زمان در بخشی از چرخه حیات هر یک از محصولات، کشت تاخیری گفته می‌شود. گیاه دوم پس از این که محصول اول به مرحله بلوغ فیزیولوژیکی خود رسید و قبل از برداشت محصول اول، در همان مزرعه کاشته می‌شود (هی-هان مینگ و همکاران، ۲۰۱۹). در این سیستم کشت با توجه وضعیت مدیریتی مزرعه می‌تواند به شکل کشت نواری و یا ردیفی باشد.

۴-۱-۲-۲ کشت مخلوط بر مبنای تراکم

• مدل افزایشی

در این مدل از کشت مخلوط یک گیاه به عنوان محصول اصلی در نظر گرفته شده و میزان تراکم آن ثابت می‌ماند و درصدی از تراکم گونه دوم به گیاه اصلی افزوده می‌شود. این مدل از مخلوط بیشتر برای سنجش رقابت علف‌های هرز استفاده می‌شود، اما به علت عبور تراکم کل از میزان تراکم مطلوب، رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای زیاد شده و بررسی زراعت مخلوط با مشکل مواجه می‌شود (اسنایدن، ۱۹۹۱).

• مدل جایگزینی

در مدل جایگزینی یک نسبت مشخص تراکمی از تعداد پایه‌های گونه اول حذف و نسبت معادل از گونه دوم جایگزینی می‌گردد. به طور مثال در این مدل اگر یک پایه از گونه اول، یک واحد تراکمی از زمین را اشغال کند ولی در گونه دوم یک واحد تراکمی از زمین توسط سه پایه از گیاه اشغال شود؛ باید به ازاء حذف یک پایه از گونه یک، سه پایه از گونه دوم کاشته شود. در کشت مخلوط ردیفی (و تا حدودی کشت نواری) این استراتژی

کشت محبوب است. (گلیر - کورکوران و همکاران، ۲۰۲۰).

۲-۲-۲ ارزیابی کشت مخلوط

شاخص‌ها فراوانی برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی ایجاد شده است. در این پژوهش به شاخص‌های ارزیابی عملکرد (نسبت برابری زمین، شاخص نسبت معادل سطح زیر کشت - زمان، کارایی استفاده از زمین، کاهش یا افزایش واقعی عملکرد و شاخص بهره‌وری سیستم)، شاخص‌های ارزیابی اکولوژیک (شاخص غالبیت، نسبت رقابت‌کنندگی، شدت نسبی رقابت، شدت مطلق رقابت، مجموع عملکرد نسبی و ضریب ازدحام نسبی) و شاخص ارزیابی اقتصادی (سودمندی نسبی مخلوط) پرداخته شد. البته از شاخص‌های مطالعاتی در زمینه‌های دیگر نیز برای این منظور استفاده شده است.

۲-۲-۳ علف‌های هرز

علف‌های هرز از دیرباز به‌عنوان رقیب اصلی گیاهان زراعی مطرح بوده‌اند که از طریق سایه‌اندازی و محدودسازی دستیابی گیاهان زراعی به عناصر غذای و آب باعث کاهش کارایی تولید در محصولات زراعی می‌شوند. مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه علف‌کش‌ها و مقاومت علف‌های هرز به آن‌ها در کشاورزی رایج، لزوم توسعه راهکارهای زراعی به‌عنوان یک روش ایمن‌تر و کم‌هزینه‌تر برای مدیریت علف‌های هرز را از الویت‌های کشاورزی پایدار قرار داده است. لذا مدیریت علف‌های هرز یکی از جنبه‌های مهم تولید در مخلوط محسوب می‌شود. در گیاهان زراعی ردیفی از جمله کنجد، در ابتدای فصل رشد به دلیل فضای خالی زیاد در مزرعه شرایط رشد و توسعه برای علف‌های هرز یک ساله بیشتر مهیا می‌گردد و این گیاهان می‌توانند برای دسترسی به آب، عناصر غذایی و نور با گیاه زراعی رقابت کنند. مدیریت صحیح مبارزه با علف‌های هرز و استفاده از کشت مخلوط یک روش زراعی نوید بخش برای کاهش رقابت علف هرز با گیاه زراعی است (حقانیان و همکاران، ۱۳۹۵).

گیاهان پوششی به صورت یک گیاه خفه کننده در برابر علف‌های هرز با آنها رقابت می‌کنند و سایه‌انداز آن‌ها می‌تواند از عبور نور جلوگیری نموده و فرکانس طول موج نوری و دمای قشر رویی خاک را تغییر دهد که این منجر به عدم جوانه‌زنی بذر یا کاهش رشد گیاهچه علف‌های هرز می‌شود. همچنین گیاهان پوششی قادرند تولید ترکیبات دگرآسیب نموده که همانند علف‌کش‌های طبیعی عمل می‌کنند و از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌نمایند (کرویدهوف و همکاران، ۲۰۰۸). گیاهان دارای رشد سریع مانند ماش قابلیت بسیار خوبی در رقابت با علف‌های هرز داشته و می‌توانند از رشد و نمو علف‌های هرز جلوگیری نموده و باعث افزایش در بهره‌وری از زمین زراعی شوند. به‌طور کلی کشت گیاهان پوشی همراه با مدیریت‌های مناسب می‌تواند جایگزین مطلوبی برای روش‌های کنترل شیمیایی در کنترل علف‌های هرز باشد که در نهایت موجب افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار خواهد شد (نظری و همکاران، ۱۳۹۱). در کشت مخلوط،

به دلیل افزایش تنوع گیاهان زراعی و انتخاب صحیح گونه‌های زراعی؛ تنوع، تراکم و وزن تر و خشک علف‌های هرز کاهش می‌یابد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹).

۱-۲-۲-۲ تنوع در علف هرز و شاخص‌های تنوع

تنوع زیستی کشاورزی، از عوامل کلیدی تعیین کننده پایداری اکوسیستم‌های زراعی محسوب می‌شود. حفظ تنوع و مدیریت کارآمد آن، نقش مهمی در دستیابی به معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پایداری اکوسیستم‌های زراعی دارد. مطالعه فلوریستیک علف‌های هرز، عامل مهمی در شناخت جامعه و سبب کاهش خسارت ناشی از حضور آن‌ها در تداخل با محصولات زراعی است. کشاورزی به دلیل عهده‌دار بودن امنیت غذایی دنیا، بیشترین بهره‌برداری را از تنوع زیستی می‌برد به طوری که با افزایش تنوع، غالبیت گونه‌های خاصی از علف‌های هرز سمج کاهش یافته و هزینه مهار علف‌های هرز کاهش می‌یابد (پیریس، ۲۰۱۶). از این رو، لازم است با بررسی دقیق روند تغییرات تنوع در چشم اندازهای کشاورزی، ضمن حفظ آن، در جهت مدیریت صحیح تنوع، با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای نیز اقدامات موثری انجام شود (گلدانی و همکاران، ۲۰۱۷). تنوع گونه‌ای در هر منطقه، در نتیجه عوامل محیطی و انسانی تغییر می‌کند. با شناسایی عوامل موثر در تغییرات تنوع گونه‌ای می‌توان روش‌های مدیریتی مناسب را انتخاب کرد. گام اصلی و اساسی در کنترل علف‌های هرز، شناسایی دقیق علف‌های هرز و آگاهی از فراوانی، یکنواختی، تنوع گونه‌ای و غالبیت آنها می‌باشد (حسن‌نژاد و پورحیدر غفاری، ۲۰۱۴).

تنوع گیاهی ملاکی از تعداد گونه‌ها (غنا) و فراوانی نسبی گونه‌ها (یکنواختی) در یک جامعه گیاهی است. شاخص‌های متعددی برای نشان دادن غنای گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ای را وجود دارند. در ارزیابی شاخص‌های تنوع، معمولاً از تراکم به جای وزن خشک یا سایر معیارهای فراوانی استفاده می‌شود. از تنوع گونه‌ای به طور وسیع در مطالعات پوشش گیاهی و ارزیابی‌های زیست محیطی به عنوان یکی از شاخص‌های مهم و سریع در تعیین وضعیت اکوسیستم‌ها استفاده می‌شود (بوٹ و همکاران، ۲۰۰۳). بسیاری از مدل‌های برآورد تنوع از دو جزء وفور نسبی و یا غنای گونه‌ای در درون نمونه یا جامعه تشکیل شده است (حسن‌نژاد و پورحیدر غفاری، ۱۳۹۵).

۳-۲ گوگرد

فلات ایران به دلایل مختلفی مانند بارندگی کم، تبخیر و تعرق بالا و وجود مواد مادری با مقادیر بالای کربنات کلسیم، دارای خاک‌های آهکی و با pH نسبتاً بالا است (سوری و حاتمیان، ۲۰۱۹). در این نوع خاک‌ها به علت بالا بودن pH، فسفر و عناصر کم مصرف خاک تثبیت شده و قابلیت جذب این عناصر کاهش یافته و از دسترس گیاه خارج می‌شوند (سوری و اصلانی، ۲۰۱۸). بنابراین همواره راهکارهایی برای رفع این مشکلات بسته به منطقه، فصل کشت و نوع گیاه مورد نیاز است (سوری و همکاران، ۲۰۱۸).

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. کاهش مصرف گوگرد و از طرف دیگر افزایش روزافزون استفاده از کودهای NPK موجب عدم تعادل عناصر غذایی از جمله گوگرد در خاک‌های کشاورزی شده است، به طوری که به علت کمبود گوگرد، تولید برخی پروتئین‌ها و ویتامین‌های ضروری گیاهان با مشکل مواجه شده است (سعیدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸). گوگرد پس از عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم چهارمین عنصر پرمصرف ضروری در اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. مقدار این عنصر در گیاه تقریباً برابر با فسفر (۰/۲ درصد) می‌باشد. به علت شرکت در ساختار پروتئین‌ها کمبود این عنصر با رنگ پریدگی در برگ‌های جوان مشخص می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی خاک‌های ایران توجه به مصرف گوگرد در اراضی کشاورزی بسیار ضروری می‌باشد. عدم مصرف کودهای حاوی گوگرد (مانند سوپر فسفات ساده) در سال‌های گذشته، کشت مداوم و متراکم اراضی زراعی، وجود اراضی سدیمی و شور سدیمی و فراوانی و ارزانی گوگرد از مهم‌ترین دلایل توجه به مصرف گوگرد در خاک‌های ایران می‌باشد. گوگرد ورودی از اتمسفر منجر به منفی شدن تعادل در خاک‌های کشاورزی می‌شود. از آنجا که عملکرد گیاهان زراعی با این منفی شدن تعادل در خاک افزایش پیدا می‌کنند بنابراین وابستگی گیاهان به خاک برای تامین گوگرد مورد نیاز برای سنتز اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین و قسمتی از پروتئین‌ها و تعدادی از ویتامین‌های ضروری و کوفاکتور افزایش پیدا می‌کند (کرتز و میرلثو، ۲۰۰۴). در نتیجه، در صورت کمبود گوگرد رشد و نمو گیاهان دچار تاخیر شده که این، موجب کاهش کمی و کیفی محصول می‌شود (رحمان و همکاران، ۲۰۱۱). این عنصر در گیاهان روغنی اهمیت دو چندان دارد زیرا علاوه بر ضرورت وجود گوگرد در تشکیل برخی اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، تشکیل کلروفیل و ویتامین‌ها؛ در گیاهان روغنی این عنصر همچنین بخشی از ساختمان اسیدهای چرب، کوآنزیم A، تیامین، بیوتین، گلوتامین، اسید لیپوئیک و سولفولیپیدها می‌باشد (عمران خان، ۲۰۱۷). یکی دیگر از خصوصیات مهم گوگرد قابلیت اکسیداسیونی می‌باشد که سبب می‌شود مصرف این عنصر علاوه بر تامین یون سولفات مورد نیاز گیاه، با تولید اسید سولفوریک و کاهش pH خاک در محدوده ریزوسفر موجب افزایش حلالیت و قابلیت جذب عناصر پرمصرف (نظیر فسفر) و کم مصرف (مانند آهن، منگنز، روی و مس) در خاک و بهبود خصوصیات رشدی گیاه گردد (اکتر و همکاران، ۲۰۱۳). گوگرد در ساختمان آنزیم نیتروژناز نقش داشته و از طریق تاثیر بر متابولیسم گیاه، سبب افزایش جذب نیتروژن مولکولی توسط گره‌های ریشه‌ای (بقولات) و همچنین افزایش روغن در دانه‌های روغنی می‌گردد (دستورانی و همکاران، ۱۳۹۷). به همین علت اگر میزان این عنصر در خاک در سطح مناسب حفظ نشود، بقولات از تناوب خارج می‌شوند، زیرا گوگرد برای تثبیت نیتروژن به وسیله ریزوبیوم‌ها ضروری است (بابایی و همکاران، ۲۰۱۲). نقش و اهمیت گوگرد و ترکیبات حاوی گوگرد در جلوگیری از تنش‌های زنده نیز شناخته شده است (ابولصعود و همکاران، ۲۰۱۶).

در حال حاضر گوگرد متداول‌ترین و به صرفه‌ترین عنصری است که برای کاهش اسیدیته خاک به کار می‌رود. با توجه به بالا بودن میزان آهک خاک‌های ایران و فراوانی گوگرد در کشور، مصرف این ماده در خاک نه تنها موجب اصلاح خواص خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد، بلکه سبب افزایش راندمان

کودهای کم مصرف و فسفره را نیز فراهم می‌آورد (خوشرو و همکاران، ۱۳۹۶). هرچند کاربرد مناسب گوگرد می‌تواند در خاک‌های آهکی منجر به افزایش عناصر تغذیه‌ای و نیز کمک به آزادسازی یون‌هایی مانند سدیم از سطح ذرات خاک و کاهش شوری خاک شود، ولی استفاده بیش از اندازه این عنصر نیز موجب تبدیل مقادیر بالایی از کربنات کلسیم خاک به گچ و سبب افزایش شوری و غلظت بالای یون کلسیم در محلول خاک و در نهایت در انحلال برخی عناصر غذایی ایجاد اختلال می‌کند. به همین علت تعیین میزان دقیق گوگرد مورد نیاز به منظور جلوگیری از عدم تعادل عناصر تغذیه‌ای در خاک ضروری می‌باشد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۷).

۴-۲ تیوباسیلوس

کودهای زیستی یکی از مهمترین اجزاء کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند که استفاده درست از آنها می‌تواند ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی و کاهش مصرف برخی از انواع کودهای شیمیایی، حفظ محیط زیست را نیز به دنبال داشته باشد (لیچ و مامفورد، ۲۰۰۸). هدف اصلی از توسعه فناوری زیستی در خصوص باکتری‌های محرک رشد گیاه، افزایش جمعیت باکتری‌های موثر در خاک است که می‌تواند به توسعه کشاورزی پایدار کمک کند و نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها را کاهش دهد (آدسمویه و کلورپر، ۲۰۰۹). کودهای زیستی منجر به افزایش قابلیت دسترسی به آب و مواد مغذی، تحریک رشد گیاهان و بهبود کارایی مصرف مواد مغذی می‌شوند (تینگ‌های و همکاران، ۲۰۰۶). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاک‌زی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند (اینانلوفر و همکاران، ۲۰۱۳). کودهای زیستی متشکل از قارچ‌ها و باکتری‌های خاک زیست هستند که توانایی کلون نمودن ریشه گیاهان را دارند و موجب تحریک رشد گیاه از طرق مختلف می‌گردد. این باکتری‌ها از طریق تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و غیره و نیز توانایی آنها در تثبیت زیستی نیتروژن قادرند نیتروژن مورد نیاز گیاه میزبان را تامین نمایند و همچنین از طریق اکسیداسیون گوگرد و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آنها تولید می‌شوند (سید شریفی و نامور، ۲۰۱۷).

رویکردی که در این راستا می‌تواند مفید واقع شود کاربرد کودهای زیستی در سیستم کشت مخلوط می‌باشد. کشت مخلوط به کاشت دو و یا چند گیاه زراعی به‌طور همزمان در یک مزرعه اطلاق می‌شود. در این سیستم کاشت هدف افزایش عملکرد در ابعاد زمان و مکان بوده و گیاهان با بیشترین کارایی از منابع محیطی استفاده می‌کنند (وریگنون برناس و همکاران، ۲۰۱۶) در چنین سیستم‌های به علت مورفولوژی مختلف ریشه‌ها و افزایش حجم ریشه‌ها در واحد سطح خاک زمینه برای تحریک رشد جوامع میکروبی ریزسفر و جذب عناصر غذایی نیز زیاد می‌شود. کشت مخلوط همچنین باعث استفاده کارآمدتر از عوامل محیطی از قبیل زمین، نور،

آب و عناصر غذایی، کاهش مشکلات آفات و بیماری‌ها، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام و برتری اقتصادی، افزایش کمیت و کیفیت محصول و غیره می‌شود (میکیک و همکاران ۲۰۱۵؛ ویسانی، ۲۰۱۶). چرخه گوگرد در طبیعت دارای چهار بخش می‌باشد که این چهار بخش عبارت از معدنی، آلی، احیا و اکسید شدن می‌باشند. اکسید شدن با اهمیت‌ترین بخش از چرخه گوگرد است. طیف بزرگی از ریزجانداران توانایی اکسیداسیون گوگرد در خاک را دارا می‌باشند که باکتری تیوباسیلوس، در این بین مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد؛ پنج گونه از این گونه در بیشتر خاک‌ها مشاهده شده است (دستورانی و همکاران، ۱۳۹۷). این باکتری‌ها با اکسایش گوگرد در خاک‌های آهکی و قلیایی، می‌توانند در کاهش واکنش خاک و اصلاح خاک، تامین سولفات مورد نیاز گیاه، انحلال برخی از عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آن‌ها موثر واقع شوند (شعبانی و همکاران ۱۳۹۴). برای اکسیداسیون گوگرد توسط این باکتری نیاز به وجود جمعیت قابل توجهی از تیوباسیلوس می‌باشد؛ که معمولاً این موجودات در خاک‌هایی با مواد آلی کم و رطوبت پایین به شدت کم جمعیت هستند به طوری که تاثیر معنی‌دار و قابل توجهی ندارند (بشارتی و همکاران، ۱۳۹۶).

میکروارگانیزم‌های اکسید کننده گوگرد به طور کلی اتوتروف هستند، اما چند باکتری هتروتروف مانند آلیکازنز، پاراکوکوس، سودوموناس، زانتوباکتر و باسیلوس فرآیند اکسیداسیون ترکیبات گوگرد معدنی را به شکل شیمیولیتوتروف نشان می‌دهند.

تیوباسیلوس و جنس‌های وابسته به آن مانند اسیدیتیوباسیلوس، هالوتیوباسیلوس و ترمیتیوباسیلوس گروه مهمی از اکسید کننده‌های گوگرد هستند که سه نوع متابولیسم شیمیولیتوتروف اجباری، هتروتروف و میکسوتروف رشد را از خود نشان می‌دهند. دو مکانیسم در اکسیداسیون گوگرد توسط این گروه از میکروارگانیزم‌ها نقش دارد که شامل: ۱) اکسیداسیون هوازی، که در این مکانیسم گوگرد با استفاده از اکسیژن به عنوان گیرنده نهایی الکترون به سولفات اکسید می‌شود و ۲) اکسیداسیون بی‌هوازی، که در این مکانیسم یون سولفید فریک توسط آنزیم اکسید رداکتاز، گوگرد عنصری را با آهن سه ظرفیتی و به عنوان گیرنده نهایی الکترون برای تولید سولفات اکسید می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۹). این باکتری‌های اکسید کننده گوگرد به دلیل توانایی اکسید و احیا کردن گوگرد، کاربرد فراوانی را در کشاورزی و صنایع پیدا کرده‌اند. اسیدیته حاصل شده از فرآیند اکسیداسیون گوگرد به گیاهان برای جذب سایر عناصر غذایی غذایی مختلف مانند فسفر، روی، آهن، منگنز و کلسیم کمک می‌کند (کومار و همکاران، ۲۰۲۰).

۵-۲ بررسی مطالعات انجام شده

۱-۵-۲ تاثیر کشت مخلوط بر دانه‌های روغنی و بقولات

هو و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود و بلال در بوته ذرت از تیمار کشت مخلوط نخود و ذرت و کمترین تعداد این صفت از کشت خالص این گیاهان حاصل گردید (هو و همکاران، ۲۰۲۰).

۲۰۲۰). در پژوهشی که صلاحی و همکاران (۱۳۹۸) بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی و شنبلیله در کشت مخلوط داشتند، بیان کردند که بیشترین تعداد کپسول در بوته از نسبت کشت (۱:۱) با ۸۰/۲ و کمترین از کشت خالص کتان روغنی با ۷۵/۶۴ مشاهده گردید (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۸). مهدی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که بیشترین تعداد کپسول در بوته کنگد از کشت مخلوط همراه با ماش حاصل گردید که نسبت به کشت خالص کنگد ۶۸/۹۶ درصد افزایش نشان داد (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). علت افزایش تعداد کپسول را می‌توان به تشکیل کانوپی بهتر در این نوع کشت نسبت داد. این نوع کشت مخلوط ممکن است گیاه روغنی را در شرایط بهتری قرار داده و نیتروژنی که توسط لگوم همراه تثبیت شده در اختیار این گیاه قرار گرفته، در بخش‌های گیاه متابولیزه شده و تعداد کپسول در بوته گیاه روغنی را افزایش داده است. با توجه به بیشتر بودن این صفت در سیستم مخلوط نسبت به کشت خالص می‌توان اظهار داشت که اثرات منفی رقابت درون گونه‌ای بر این صفت بیشتر از رقابت بین گونه‌ای می‌باشد.

در پژوهشی سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) افزایش تعداد دانه در طبق گلرنگ را در کشت مخلوط جایگزینی گلرنگ و باقلا گزارش دادند و دلیل افزایش این صفت در کشت مخلوط را رقابت درون و برون گونه‌ای کمتر بوته‌ها گلرنگ با یکدیگر و هم‌چنین با بوته‌ها باقلا بوده که موجب شده از منابع و عناصر غذایی به نحو مطلوب‌تری بهره‌برداری کنند و این امر در نهایت به افزایش تعداد دانه در طبق منجر شده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۷). در کشت خالص بیان کردند. مهدی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی که روی کشت مخلوط کنگد و ماش داشتند نشان دادند که از تیمار کشت مخلوط کنگد همراه با ۱۵ بوته در مترمربع ماش بیشترین تعداد دانه در کپسول و کشت خالص کنگد کمترین تعداد دانه در کپسول به‌دست آمد (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند بیشترین تعداد دانه در کپسول به ترتیب در سال اول و دوم از تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۷۵ درصد کنگد + ۲۵ درصد ماش) با ۵۷/۳ و ۵۰ عدد دانه در هر کپسول و کمترین تعداد دانه از نسبت کاشت ۱:۱ (۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد ماش) با ۲۶ و ۲۱/۳ عدد دانه در هر بوته حاصل شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۵).

هو و همکاران (۲۰۲۰) افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نخود و ذرت در تیمار کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص این گیاهان گزارش کردند (هو و همکاران، ۲۰۲۰). نخزری مقدم و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای افزایش معنی‌دار وزن صد دانه نخود فرنگی در تیمار جایگزینی مخلوط نسبت به کشت خالص و افزایش نخودفرنگی را گزارش کردند (نخزری مقدم و همکاران، ۱۳۹۸). داودیان و حمزه‌ئی (۱۳۹۸) نیز گزارش کردند که بیشترین میزان وزن هزار دانه کلزا از تیمار کشت مخلوط به دست آمد که نسبت به تیمار کشت خالص افزایش ۱۰/۳۷ درصدی نشان داد (داودیان و حمزه‌ئی، ۱۳۹۸).

کاسی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی که روی باقلا و گندم دوروم داشتند بیان کردند بیشترین عملکرد دانه گندم دوروم در هر سه سال آزمایش از تیمار کشت مخلوط حاصل شد که نسبت به کشت خالص اختلاف معنی‌داری داشت، اما عملکرد دانه باقلا با این که در کشت مخلوط بیشتر از تک کشتی بود، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (کاسی و همکاران، ۲۰۱۸). کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی روی

کشت مخلوط کنجد و ماش بیان داشتند بیشترین عملکرد دانه در کنجد از نسبت کشت (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ماش) ۱:۳ به میزان ۳۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از مخلوط ۳:۱ به میزان ۶۷۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، هم‌چنین بیشترین عملکرد دانه ماش از کشت خالص ماش به میزان ۱۹۱۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از نسبت کاشت (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ماش) به میزان ۵۲۱ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۵). امانی ماچیانی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی که روی کشت مخلوط باقلا و نعنای فلفلی داشتند بیشترین میزان عملکرد دانه در باقلا را در کشت مخلوط ۱:۳ و ۲:۳ با ۴۱/۳۵ و ۳۱/۷۱ درصد افزایش نسبت به کشت خالص مشاهده کردند (امانی ماچیانی و همکاران، ۱۳۹۹). آگنهو و همکاران (۲۰۰۶) در کشت مخلوط جو و باقلا مشاهده کردند که با افزایش حضور باقلا از ۱۲/۵ درصد تا ۶۲/۵ درصد، عملکرد باقلا افزایش یافت که دلیل این امر را به اصل تولید رقابتی و استفاده حداکثری از منابع محیطی نسبت دادند. در الگوهای کشت مخلوط، هر چه قدر شباهت گیاهان موجود از نظر اکولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر باشد، میزان استفاده از منابع محیطی مانند نور به حداکثر رسیده و کارایی مصرف نور افزایش می‌یابد، به‌طوری که تسهیم مواد فتوسنتزی به غلاف‌ها بیشتر و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (گائو و همکاران، ۲۰۱۰).

متقیان و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشتند که عملکرد زیستی کنجد و ریحان تحت تاثیر نسبت کاشت قرار گرفت. بیشترین عملکرد زیستی ریحان از نسبت کاشت (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ریحان) با ۴۴۱/۱ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد زیستی در کنجد هم از نسبت کاشت (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ریحان) با ۱۰۱۴/۸ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (متقیان و همکاران، ۱۳۹۵). کوچکی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که بیشترین عملکرد زیستی ماش از کشت خالص ماش با ۵۲۷۴ و کمترین مقدار عملکرد از نسبت کاشت ۱:۱ (۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد کنجد) با ۱۲۹۷ کیلوگرم در هکتار و بیشترین مقدار این تیمار در گیاه کنجد از تیمار کشت خالص با ۶۵۸۴ که از نظر آماری با مخلوط (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ماش) تفاوتی نداشت. لاتاتی و همکاران (۲۰۱۶) افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی ذرت در کشت مخلوط را به اثر مساعدتی و مکملی باقلا نسبت دادند (لاتاتی و همکاران، ۲۰۱۶). جهانسوز و همکاران (۲۰۰۷) بهبود عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را به توانایی بهتر گیاهان در جذب نور و استفاده حداکثری از منابع زیست محیطی نسبت دادند (جهانسوز و همکاران، ۲۰۰۷). نصیری محلاتی و همکاران (۱۳۹۴) دلیل برتری عملکرد در کشت مخلوط را کارایی مصرف نور بالاتر و انتقال نیتروژن تثبیت شده از لگوم ذکر کردند (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹۴).

کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی روی کشت مخلوط کنجد و ماش نشان دادند که بیشترین شاخص برداشت کنجد از نسبت کاشت (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ماش) و بیشترین شاخص برداشت ماش از نسبت کشت (۷۵ درصد کنجد + ۲۵ درصد ماش) حاصل شد. پیردشتی و همکاران (۱۳۹۹) بیان کردند که بیشترین میزان شاخص برداشت ریحان و کنجد به ترتیب از کشت مخلوط (۵۰ درصد ریحان + ۵۰ درصد کنجد) و (۲۵ درصد کنجد + ۷۵ درصد ریحان) مشاهده شد که نسبت به تک کشتی اختلاف معنی‌داری داشت.

رشد طولی و ارتفاع گیاه، حاصل جمع چندین ویژگی و صفت رشدی گیاه می‌باشد که منجر به تداوم و تشدید فرآیندهای تقسیم و مخصوصا طویل شدن سلولی می‌گردند (مردانلو و همکاران، ۲۰۱۸). سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی روی کشت مخلوط گلرنگ با باقلا گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته گلرنگ در تیمار مخلوط ۱:۱ با ۷۵/۲۵ سانتی‌متر مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد اختلاف ۲۳/۱۲ درصدی داشت. قلی‌نژاد و رضائی چپانه (۱۳۹۳) بیان کردند که بیشترین ارتفاع بوته (۵۲ سانتی‌متر) از نسبت کاشت (۷۵:۲۵) سیاهدانه و کمترین ارتفاع بوته (۳۴ سانتی‌متر) از کشت خالص حاصل گردید (قلی‌نژاد و رضائی چپانه، ۱۳۹۳). رضوانی‌مقدم و مرادی (۱۳۹۱) در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله بیان کردند که شنبلیله در کشت مخلوط فشار رقابتی کمتری را نسبت به کشت خالص تحمل کرده و در نتیجه باعث افزایش رشد رویشی و در نتیجه ارتفاع آن شد (رضوانی‌مقدم و مرادی، ۱۳۹۱). این افزایش ارتفاع بین بوته در کشت‌های مخلوط را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد.

علیزاده و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند کشت مخلوط موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a و b باقلا و بزرک گردید. بیشترین میزان کلروفیل a و b در بزرک در مخلوط ۲:۲ و به ترتیب نسبت به کشت خالص ۲۶/۵ و ۲۹/۴ درصد افزایش داشت و در باقلا بیشترین مقدار کلروفیل a و b در نسبت کاشت ۱:۱ مشاهده گردید که نسبت به کشت خالص به ترتیب ۶۵ و ۳۵/۳ درصد افزایش مشاهده شد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۹). داودیان و حمزه‌ئی (۱۳۹۸) گزارش کردند که شاخص کلروفیل کلزا در کشت مخلوط با نخود تحت تاثیر الگوی کشت قرار گرفت که تیمار کشت مخلوط منجر به افزایش ۹/۸ درصدی محتوای کلروفیل نسبت به کشت خالص کلزا شد (داودیان و حمزه‌ئی، ۱۳۹۹). احتمالا دلیل افزایش میزان کلروفیل در کشت مخلوط، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر باشد. به عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید فتوآسیمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. علت دیگر این موضوع احتمالا به دلیل تثبیت نیتروژن توسط لگوم همراه گیاه اصلی در کشت مخلوط و سهولت دسترسی به نیتروژن باشد.

کاسی و همکاران (۲۰۱۸) عنوان داشتند درصد پروتئین دانه باقلا و گندم دوروم در همه سال‌های آزمایش تحت تاثیر کشت مخلوط قرار گرفت، و در هر دو گیاه و در تمام سال‌ها میزان پروتئین دانه نسبت به تک کشتی افزایش معنی‌داری داشت (کاسی و همکاران، ۲۰۱۸). ولاکاسترجیوس و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی کشت مخلوط نخود قرمز با گندم و یولاف اظهار داشتند که با افزایش سهم نخود میزان پروتئین تیمار مخلوط افزایش پیدا کرد (ولاکاسترجیوس و همکاران، ۲۰۱۸). داودیان و حمزه‌ئی (۱۳۹۸) در پژوهشی روی کلزا و نخود گزارش کردند که با اجرای کشت مخلوط بر درصد پروتئین دانه‌های کلزا افزوده شد. احمدوند و حاجی‌نیا (۱۳۹۷) بیشترین غلظت پروتئین دانه ارزن (۸/۲۸ درصد) را از نسبت کشت (۶۷ درصد سویا + ۳۳ درصد ارزن) گزارش کردند که در مقایسه با کشت خالص ۱۴/۴ درصد افزایش داشت (احمدوند و حاجی‌نیا، ۱۳۹۷). ورینگنون-برناس و همکاران (۲۰۱۸) دلیل افزایش درصد پروتئین را تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط لگوم‌ها دانسته است.

صلاحی و همکاران (۱۳۹۸) بیشترین میزان روغن دانه کتان را در کشت مخلوط ۱:۱ با شنبلیله (۴۰/۱) گزارش کردند که نسبت به تک کشتی (۲۹/۷۶) اختلاف معنی داری داشت. رضائی چپانه (۱۳۹۵) اظهار داشت درصد روغن دانه گیاه بزرک در مخلوط با لوبیا چیتی، در تمام تیمارهای مخلوط نسبت تک کشتی بیشتر بود. بیشترین درصد روغن با ۴۱/۷۵ درصد از مخلوط دو ردیف لوبیا + دو ردیف بزرک و کمترین مقدار آن از کشت خالص با ۳۲/۶۶ درصد حاصل شد. هر عاملی که سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شود، می تواند به افزایش درصد روغن نیز منجر شود، به نظر می رسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش جذب عناصر غذایی و فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه روغنی به دلیل تثبیت زیستی نیتروژن در لگوم و عدم استفاده لگوم از نیتروژن معدنی خاک می باشد (رضائی چپانه، ۱۳۹۵).

فنگ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی بر کشت مخلوط سویا و ذرت نشان دادند که شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در هر سه سال آزمایش موجب افزایش در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گردید (فنگ و همکاران، ۲۰۲۰). هو و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که بیشترین میزان شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه از تیمار کشت مخلوط سویا و ذرت به دست آمد که نسبت به تک کشتی اختلاف معنی داری داشت. در مجموع کشت مخلوط دو گونه با آرایش برگی و ارتفاع متفاوت نسبت به تک کشتی، نور بیشتری را از نظر کمی و کیفی جذب می کنند. در واقع در زراعت های تک کشتی همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می شود اما مقدار این تلفات در زراعت های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب تشعشع شکل نسبت به تک کشتی بیشتر می شود که این مسئله به تنهایی می تواند سبب افزایش سطح برگ و تجمع ماده خشک گردد (آوال و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۵-۲ تاثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر دانه های روغنی و بقولات

دستورانی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود مربوط به برهمکنش تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه تیمار باکتری حاصل شد. علت این امر را علاوه بر نقش تغذیه ای گوگرد، اثرات کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب سایر عناصر غذایی و بهبود تثبیت نیتروژن توسط ریشه ها عنوان کردند. شاهسونی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی روی گیاه پنبه نشان دادند مصرف همزمان گوگرد و تیوباسیلوس موجب افزایش تعداد غوزه در گیاه شد. مصرف گوگرد به تنهایی موجب کاهش اسیدیته خاک در محدوده کوچکی در اطراف خود خواهد شد اما ترکیب این ماده با تیوباسیلوس موجب افزایش بیواکسیداسیون گوگرد و دسترسی و جذب بالاتری از عناصر غذایی کم مصرف شده است (رحیمیان، ۲۰۱۱). چایی و همکاران گزارش کردند که تعداد غلاف در گیاه، ارتفاع گیاه و وزن صد دانه در گیاه بادام زمینی به طور معنی داری با افزایش گوگرد افزایش یافت (چائوبی و همکاران، ۲۰۰۰).

گوگرد یکی از عناصر حیاتی در تغذیه گیاهان و موثر در افزایش عملکرد است که در صورت فراهم بودن سایر عوامل حائز اهمیت در رشد گیاه موجب افزایش در تعداد گل، غلاف و باروری آن ها خواهد شد (رحیمی

و صدرآبادی حقیقی، ۲۰۱۳). به طور کلی تعداد دانه در غلاف نشان دهنده میزان ظرفیت مخزن گیاه می باشد و هر عاملی نظیر گوگرد اگر سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در گیاه شود موجب افزایش عملکرد نیز می شود. جشنی و همکاران (۱۳۹۳) بیشترین میزان دانه در خورجین کلزا را در تیمار تیوباسیلوس گزارش کردند. رحیمی (۱۳۹۱) بیان کرد یکی از عوامل اصلی تغییر در میزان عملکرد تغییرات در اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در غلاف است که می تواند عملکرد اقتصادی و زیستی را تحت تاثیر قرار دهد. صفاری و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی که روی مصرف گوگرد در گلرنگ داشتند نشان دادند که استفاده از کود گوگرد موجب افزایش معنی دار تعداد دانه در کلاپرک شد. لذا عواملی که در تولید غلاف موثر هستند در پر شدن غلاف نیز تاثیر گذار خواهند بود (آل برزینجی و همکاران، ۲۰۰۳).

قادری و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه ای افزایش معنی دار وزن هزار دانه گندم آبی در بالاترین سطح مصرفی کود گوگرد نسبت به تیمار شاهد را گزارش کردند (قادری و همکاران، ۱۳۹۶). نخزری مقدم و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که بیشترین میزان وزن هزار دانه آفتابگردان از تیمار مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با تیوباسیلوس به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش هفت درصدی نشان داد.

میزان گوگرد مورد نیاز برای گیاهان به نوع گونه گیاهی و میزان ماده خشک تولیدی، بستگی دارد و در این بین کمترین مقدار مورد نیاز گوگرد برای غلات و بیشترین مقدار مورد نیاز برای دانه های روغنی و پروتئینی گزارش شده است (سینگ و سینگ، ۲۰۱۳). مصرف کود گوگرد علاوه بر اثرات مستقیم تغذیه ای روی گیاه، سبب کاهش اسیدپتیکه خاک و انحلال مواد معدنی تثبیت شده ای که مورد نیاز گیاه است شده، که این موضوع موجب تاثیر معنی دار در افزایش میزان عملکرد دانه می شود (اورمان و کاپلان، ۲۰۰۷). مصرف کود گوگرد به علت تاثیر روی تشکیل آنزیم ها و برخی ترکیبات دیگر که در ساخت و ساز مواد تولیدی موثر هستند، می تواند موجب افزایش عملکرد دانه شود (صف آرا و همکاران، ۱۳۹۵). صف آرا و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی که روی گیاه گلرنگ داشتند با توجه به معنی دار شدن عملکرد دانه بیان داشتند که اثرات مثبت گوگرد بر ساخت و ساز و تقویت بنیه گیاه در مرحله زایشی سبب افزایش میزان عملکرد می شود (صف آرا و همکاران، ۱۳۹۵). جشنی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند استفاده از باکتری تیوباسیلوس عملکرد دانه در کلزا را نسبت به تیمار شاهد ۲۵ درصد افزایش داد. باکتری های تیوباسیلوس با ترشح مواد محرک رشد قادر هستند دسترسی گیاه به فسفر تثبیت شده خاک را افزایش دهند. این موضوع سبب افزایش عملکرد دانه می شود (درودیان و همکاران، ۱۳۸۹).

اسیدی کردن موضعی خاک، افزایش قابلیت انحلال عناصر، افزایش جذب مواد افزایش راندمان گیاهان در فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و دوام بیشتر برگ های گیاه سبب بهبود عملکرد می شود (مومن و همکاران، ۲۰۱۱). سعیدی نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به تاثیر مصرف گوگرد و کود دامی روی ارقام کنجد پرداختند. آن ها بیان داشتند که استفاده از کود گوگرد بر عملکرد زیستی گیاه کنجد تاثیر مثبت و معنی داری داشت. هم چنین صف آرا و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش ۸/۳۶ درصدی عملکرد زیستی گیاه گلرنگ شد (صف آرا و همکاران، ۱۳۹۵). دباغیان و

همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند که بیشترین عملکرد زیستی گیاه سویا از تیمار مصرف هم‌زمان ۵۰ کیلوگرم گوگرد و باکتری تیوباسیلوس حاصل شد که نسبت تیمار شاهد افزایش ۴۱ درصدی داشته است. باکتری‌های تیوباسیلوس با تسریع در اکسایش گوگرد، تغییر اسیدیته خاک، بهبود شرایط خاک برای جذب عناصر ریز مغذی و پر مصرف مورد نیاز گیاهان مختلف در خاک‌های آهکی و قلیایی موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۴). بشارتی و همکاران (۲۰۱۶) نیز با بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت، گزارش کردند که کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس و فسفر و مصرف توأم آن‌ها به طور معنی‌داری عملکرد دانه، عملکرد زیستی و وزن تر ذرت را افزایش داد.

زینالی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی روی گیاه کرچک نشان دادند که کود گوگرد سبب افزایش صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن بذر شد. دباغیان و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که بیشترین میزان شاخص برداشت از مصرف هم‌زمان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس به‌دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت.

دسترسی گیاهان به عناصر معدنی و رطوبت، بر تقسیمات سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها اثرگذار است و به همین دلیل بر رشد ارتفاع گیاه موثر است. یکی از عناصر معدنی ضروری در رشد رویشی و زایشی گیاهان گوگرد می‌باشد و کمبود این عنصر موجب کاهش تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود. نوربخش و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی روی گلرنگ گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و سه کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد اختلاف ۲۸/۴۳ درصدی داشت. دورودیان و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های تیوباسیلوس تولید هورمون اکسین است. از آنجایی که اکسین نقش مهمی در تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها دارد، به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع گیاهان در حضور باکتری‌های تیوباسیلوس به همین علت باشد.

از آن‌جا که گوگرد در تولید اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین، تولید پروتئین و کلروفیل، افزایش میزان روغن دانه‌ها، فعال کردن برخی آنزیم‌ها و کمک به تولید بعضی از ترکیبات فتوسنتزی (مانند دی‌آسیل گلیسرول کوئینوزیل که یک نوع لیپید در ساختار کلروپلاست است) نقش دارد، این عنصر قابلیت افزایش محتوی کلروفیل را دارد (جمال و همکاران، ۲۰۱۰). حیدری و رضاپور (۱۳۹۰) گزارش کردند کاربرد گوگرد تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a داشت و موجب افزایش آن گردید. نتایج وانگ و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد استفاده از گوگرد منجر به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه یونجه شد. طبق نظر مارشنر (۱۹۹۵) ترکیبات اصلی کلروفیل دارای ساختار نیتروژنی هستند و از آنجایی که گوگرد سبب افزایش کارایی نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت جذب عناصر دیگر در گیاهان می‌شود، به این سبب استفاده از گوگرد می‌تواند تا حدی موجب افزایش میزان کلروفیل گیاهان شود. کوات و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی تاثیر گوگرد بر محتوای کلروفیل لوبیا را مورد ارزیابی قرار دادند. نتیجه این تحقیق بیان‌گر تاثیر معنی‌دار و مثبت مصرف گوگرد بر افزایش کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید بود. حجازی‌راد و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند کاربرد کود گوگرد موجب افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل گیاه سیر نسبت به تیمار شاهد گردید.

دستورانی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی روی نخود گزارش کردند که بیشترین پروتئین دانه در تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد و باکتری مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد اختلاف ۱۸ درصدی داشت. گیاهان به گوگرد به عنوان یک ماده غذایی مهم نیاز دارند. گوگرد در ساختمان پروتئین و اسیدهای آمینه به کار می رود. نقش گوگرد در گیاهان، به طور عمده ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. به طور کلی گوگرد در تشکیل کلروفیل و تشکیل آنزیم نیتروژناز دخالت داشته و از تجمع نیترات جلوگیری می کند (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱).

کمبود گوگرد یکی از دلایل مهم کاهش در درصد و عملکرد روغن محسوب می شود (جکسون ۲۰۰۰). نقش مهم گوگرد در گیاهان شرکت در تشکیل چربی هاست که در غشاء یاخته نیز وجود داشته و در واقع چربی ها بخش عمده روغن بذر گیاهان روغنی را تشکیل می دهند (زینالی و همکاران، ۱۳۹۷). زیرا این عنصر یکی از اجزاء مهم اسیدهای چرب است و برای سنتر متابولیت های مختلف مانند کوآنزیم A، ویتامین B، بیوتین، لیپوئیک اسید و سولفولیپیدها دارای اهمیت فراوان است (عمران خان، ۲۰۱۷). افزایش در محتوا و عملکرد روغن در شرایط کاربرد گوگرد توسط فراهانی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است. زینالی و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند که بیشترین میزان روغن دانه گیاه کرچک از تیمارهای مصرف کود گوگرد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی داری داشتند. نتایج بررسی ها موسوی و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد، کاربرد گوگرد در کرچک موجب افزایش عملکرد روغن بذر می شود. جان و همکاران (۲۰۱۰) در نتایج بررسی های خود گزارش کردند، بیشترین درصد روغن در دانه های کلزا با کاربرد ۴۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست می آید و افزایش میزان آن به ۶۰ کیلوگرم در هکتار، تأثیر معنی داری روی افزایش درصد روغن در دانه ها نداشت.

خرم دل و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی بر گیاه دارویی ختمی نشان دادند که تیمار تلفیقی کود گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک گردید. اوسطی و همکاران (۱۳۹۸) بیان کردند که بیشترین میزان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک از مصرف کود گوگرد + نیتروژن، گوگرد + پتاسیم و گوگرد + نیتروژن + پتاسیم به دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی داری داشت. چنین به نظر می رسد که مصرف کود گوگرد همراه با تیوباسیلوس با تأثیر مثبت بر خصوصیات خاک، شرایط ریزوسفر را برای رشد بوته ها بهبود بخشیده که این امر از طریق افزایش و تحریک رشد گیاه، افزایش سطح برگ را به دنبال داشته است (لیتی و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۵-۲ تاثیر کشت مخلوط بر شاخص های ارزیابی، تنوع و رقابت

در بررسی عباسدخت و همکاران (۲۰۱۶) نسبت برابری زمین شنبلیله و سورگوم بیشتر از یک بود در بعضی از نسبت ها کشت بیشتر از دو بود که نشان از برتری مخلوط داشت (عباسدخت و همکاران، ۲۰۱۶). در رابطه با اثرات مفید کشت مخلوط و افزایش میزان LER گزارش های زیادی وجود دارد که این نتایج نشان دهنده استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، افزایش تنوع و کنترل بهتر علف های هرز در سیستم مخلوط نسبت به تک

کشتی است.

معین الدین (۲۰۱۷) در پژوهشی روی مخلوط ماش و کنجد بیان داشت که با افزایش میزان تراکم در تمام نسبت‌های کاشت مخلوط به جز (۴ ماش: ۱ کنجد) میزان ضریب نسبی ازدحام افزایش پیدا کرد و در تمام نسبت‌های کاشت بیشتر از یک بود. ضریب نسبی ازدحام غلبه نسبی یک گونه بر گونه دیگر را در کشت مخلوط نشان می‌دهد. اگر ضریب نسبی ازدحام بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده سودمندی مخلوط است، در حالتی که برابر یک باشد موازنه رقابتی یا تعادل برقرار است و کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هیچ مزیتی ندارد (مشهدی و همکاران، ۱۳۹۴).

سینگ و همکاران (۲۰۱۵) کاهش (یا افزایش) واقعی عملکرد در مخلوط بادام زمینی و پنبه را برای پنبه ۳/۳۹+ و برای بادام زمینی ۰/۴۱- و برای کل مخلوط ۲/۹۸+ گزارش کردند. کاهش (یا افزایش) واقعی عملکرد، شاخصی است که اطلاعات مفید بیشتری از سایر شاخص‌های مخلوط در مورد عکس‌العمل گیاهان نسبت به سیستم مخلوط ارائه می‌دهد. علامت مثبت و منفی به ترتیب نشان‌دهنده افزایش یا کاهش واقعی عملکرد می‌باشد (بانیک، ۱۹۹۶).

ماچیانی و همکاران (۲۰۱۸) بیشترین نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان برای سویا و نعنای فلفلی را از نسبت ۲:۳ (سویا - نعنای فلفلی) گزارش کردند. بالاتر بودن شاخص ATER در کشت مخلوط می‌تواند به علت افزایش بهره‌وری مصرف نور و جذب بیشتر تشعشع فعال فتوسنتزی، کاهش رشد علف‌های هرز و کاهش رقابت بین گونه‌های حاضر در مخلوط باشد (ورما و همکاران، ۲۰۱۳).

ویسانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کارایی استفاده از زمین در نسبت کشت (شوید ۲۵ / لوبیا ۴۰) با ۲/۰۷ بیشترین مقدار این شاخص در سیستم مخلوط بوده است. بالا بودن این شاخص نیز بیان‌گر افزایش کارایی در استفاده از منابع محیطی و کارایی استفاده از زمین می‌باشد (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶).
ولاکاسترجیوس و همکاران (۲۰۱۸) بالاترین شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) را از مخلوط نسبت (۶۰ نخود - ۴۰ یولاف) گزارش کردند که البته از نظر آماری با مخلوط (۶۰ نخود - ۴۰ گندم) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. بالاتر بودن این شاخص بیان‌گر افزایش کارایی سیستم مخلوط است. لیتورجیدیس و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند در تیمارهایی که نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی بالاتری دارند SPI بیشتر و در نتیجه ثبات عملکرد بیشتری دارند.

امانی ماچیانی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند سودمندی کشت مخلوط (IA) در کشت مخلوط باقلا و نعنای فلفلی معنی‌دار بود. بیشترین سودمندی مخلوط (۱/۷۳۸) مربوط به نسبت کاشت ۱:۳ (۷۵ باقلا + ۲۵ نعنای فلفلی) بود. مثبت یا منفی بودن این شاخص نشان‌دهنده مفید بودن کشت مخلوط از لحاظ اقتصادی می‌باشد. راستگو و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند درجه تهاجمی یا غالبیت (AG) در کشت مخلوط کنجد و ماش برای ماش در هر نسبتی کمتر از ۷۵ درصد از نسبت کل مخلوط منفی می‌شود و برای کنجد فقط در نسبت ۲۵ درصد سهم از مخلوط یا کمتر منفی می‌شود. به بیان دیگر، چنان‌چه نسبت تراکمی کنجد از ۲۵٪ کل تراکم مخلوط کمتر شود این گیاه قدرت تهاجمی مطلوبی نخواهد داشت. اما گیاه ماش تنها زمانی از قدرت

تهاجمی مطلوبی برخوردار است که نسبت تراکمی آن در مخلوط ۷۵٪ به بالا باشد. بیشترین شدت رقابت نسبی (RCI) نیز برای کنگد در این مخلوط در نسبت (۲۵ درصد کنگد + ۷۵ درصد ماش) با ۴۴ درصد و برای ماش با ۷۰ درصد در نسبت کشت (۷۵ درصد کنگد + ۲۵ درصد ماش) حاصل شد. به تعبیر دیگر با افزایش میزان سهم یک گونه در کشت مخلوط، بر شدت رقابت نسبی گونه دیگر افزوده شده است. این موضوع در مورد نسبت رقابت‌کنندگی (CR) و شدت مطلق رقابت (ACI) نیز به همین شکل بود، با کاهش نسبت تراکمی هر کدام از این دو گیاه از ۷۵٪ به ۲۵٪ مقدار این دو شاخص نیز افزایش پیدا کرد. گزارش شده است که هر چه مقدار این شاخص‌های رقابت بیش‌تر باشد، افت عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی بیش‌تر خواهد بود (سابکوویچز، ۲۰۰۶).

واعظی‌راد و همکاران (۱۳۹۹) در گزارشی بیان داشتند که تعداد، تراکم، وزن خشک و تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط ماشک و سورگوم کاهش معنی‌داری داشته است. شاخص غنای گونه‌ای در پژوهش عزیزی و همکاران (۱۳۹۹) تحت تاثیر کشت مخلوط لگوم غله قرار گرفت. با افزایش سهم گیاهان در مخلوط، غنای گونه‌ای علف‌های هرز نیز به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. کمترین میزان غنای گونه‌ای از مخلوط ۱۰۰ ماشک : ۱۰۰ جو به‌دست آمد. این شاخص عمدتاً معرف غنای گونه‌ای یک بوم نظام است و گویای وضعیت محیط، از لحاظ شرایط مناسب زیست می‌باشد زیرا شرایط مطلوب محیطی، موجب افزایش حضور گونه‌ها می‌گردد و امکان مقایسه زیستگاه‌های مشابه در نقاط مختلف را نشان می‌دهد؛ از طرفی، این شاخص قادر به بیان توزیع جمعیت افراد بین گونه‌ها نیست. بر این اساس، پژوهش‌گران بیان می‌دارند که منظور از غنای گونه‌ای، تعداد گونه علف هرز است و نشان‌دهنده اثرات مربوط به آن نمی‌باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹).

کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) نتایج حاصل از شاخص‌های تنوع به خصوص شانون را تحت تاثیر کشت مخلوط ماش و کنگد معنی‌دار گزارش کردند. بیشترین شاخص تنوع شانون از کشت‌های خالص ماش و کنگد و کمترین میزان این شاخص از نسبت کاشت (۷۵ درصد کنگد + ۲۵ درصد ماش) مشاهده شد. کشت مخلوط با افزایش تنوع، آشیان‌های کمتری را در اختیار علف‌های هرز قرار داده که این امر کاهش تنوع گونه علف هرز را در تیمارهای مخلوط در مقایسه با کشت خالص به دنبال داشته است.

عباسیان و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشتند که شاخص غالبیت علف‌های هرز در کشت مخلوط سیر با نخود فرنگی در سطوح مختلف آرایش کاشت معنی‌دار شد. بیشترین مقدار شاخص غالبیت سیمپسون در منطقه گنبد کاووس و به تیمار کشت خالص نخود فرنگی و کمترین مقدار در منطقه ساری و به تیمار جایگزینی کاشت (۷۵ درصد نخود فرنگی + ۲۵ درصد سیر) تعلق گرفت. با این نتیجه می‌توان از کشت مخلوط به عنوان ابزاری موثر جهت افزایش تنوع زیستی و کاهش غالبیت علف‌های هرز نام برد (عباسیان و همکاران، ۱۳۹۵).

فصل ۳ : مواد و روش ها

۳-۱ زمان و محل آزمایش

این آزمایش در دو مزرعه در استان تهران، شهرستان شهریار و شهرستان کرج در استان البرز در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ اجرا گردید.

۳-۲ موقعیت جغرافیایی شهرستان شهریار و کرج

شهرستان شهریار در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ و ارتفاع ۱۰۲۴ متر از سطح دریا؛ و شهرستان کرج در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا واقع شده‌اند.

۳-۳ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش

مزرعه شهرستان شهریار در روستای کهنز و مزرعه کرج در جاده مشکین دشت قرار دارند.

جدول ۳-۱. مشخصات آب و هوایی مناطق انجام آزمایش

موقعیت	میانگین دمای سالانه (°C)	میانگین کمترین دمای سالانه (°C)	میانگین بیشترین دمای سالانه (°C)	میانگین رطوبت نسبی سالانه (%)	میانگین کمترین رطوبت نسبی سالانه (%)	میانگین بیشترین رطوبت نسبی سالانه (%)	بارش سالانه (mm)	تبخیر سالانه (mm)	تعداد ساعات آفتابی
کرج	۱۴/۴	۸	۲۰/۸	۴۹/۹۵	۳۱	۶۸/۹	۱۷۲/۳	۲۱۸۴	۲۸۹۹
شهریار	۱۱/۶۵	۶/۶	۱۶/۷	۴۵/۴	۲۴/۵	۶۴/۲	۲۴۷/۷	۲۲۳۲	۲۹۸۵

۳-۴ مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

قبل از انجام آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه طرح، به منظور تعیین وضعیت خاک هر دو مزرعه، در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه‌ها از عمق ۳۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی نمونه‌گیری انجام شد. از هر نقطه به میزان یک کیلوگرم نمونه‌گیری و با یکدیگر ترکیب و در نهایت یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی از خاک هر مزرعه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۳-۲ دیده می‌شود.

جدول ۲-۳. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

مکان	درصد ماده آلی	نیتروژن (درصد)	کربنات کلسیم (%)	پتاسیم (mg/Kg)	فسفر (mg/Kg)	گوگرد (mg/Kg)	EC (dS.m-1)	pH	بافت
کرج	۰/۰۷	۰/۰۵	۳۳	۲۳۵	۸/۵۶	۱۳	۲/۱۸	۷/۹۷	رسی - سیلت
شهریار	۰/۵۸	۰/۰۷	۱۹	۱۸۹	۱۰/۳۵	۸/۶۱	۲/۵۴	۸/۱۶	شنی - لومی

۳-۵ مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. در این آزمایش الگوی کاشت در ۵ سطح شامل کشت خالص کنجد، کشت خالص ماش، کشت مخلوط جایگزینی ۱:۳ کنجد و ماش (۷۵ درصد کنجد و ۲۵ درصد ماش)، کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ کنجد و ماش (۵۰ درصد کنجد و ۵۰ درصد ماش)، کشت مخلوط جایگزینی ۳:۱ کنجد و ماش (۲۵ درصد کنجد و ۷۵ درصد ماش)؛ گوگرد در ۳ سطح شامل شاهد (S_0)، گوگرد به میزان ۵۰ درصد مقدار توصیه شده (S_1) (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و گوگرد به میزان ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده (S_2) (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تلقیح با تیوباسیلیوس در ۲ سطح شامل عدم تلقیح (T_0) و تلقیح با باکتری (T_1) اجرا شد. لازم به ذکر است بنا به توصیه کارشناسان بخش بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد به میزان دو کیلوگرم تیوباسیلیوس استفاده گردید.

۳-۶ مشخصات کرت‌های آزمایش

ابعاد کرت‌ها ۱۶×۲ متر، فاصله بین هر کرت نیم متر و فاصله بین تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. فاصله بین هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در هر کرت چهار ردیف کاشت وجود داشت. برای اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به علف‌های هرز هر کرت از قسمت طولی به دو بخش هشت متری تقسیم گردید.

۳-۷ عملیات اجرایی

۳-۷-۱ کاشت

عملیات آماده‌سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاورو شدن زمین هر دو مزرعه در ۱۵

اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. ابتدا با گاو آهن برگردان دار زمین ها شخم زده شد، سپس عملیات تسطیح صورت گرفت. جوی و پشته ها به وسیله فاروئر ایجاد گردید. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری بین هر دو کرت یک خط نکاشت در نظر گرفته شد و محل تیمارها آزمایش به شکل تصادفی انتخاب شد. کود گوگرد به شکل پودری مطابق مقادیر تعیین شده برای هر تیمار به صورت نواری یک ماه پیش از کاشت در عمق ۱۰ سانتی متری به کرت های مورد نظر اضافه و به طور کامل با خاک مخلوط شد. هم چنین مایه تلقیح باکتری پودری تیوباسیلوس یک هفته قبل از کاشت به مقدار توصیه شده، در عمق ۱۰ سانتی متری خاک قرار داده شد (بشارتی و همکاران، ۲۰۱۶). باکتری *HaloThiobacillus neapolitanus* به صورت پودری از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. عملیات کاشت در هر دو مزرعه در تاریخ ۱۳۹۶/۰۴/۰۱ به صورت دستی انجام شد. بذر کنجد رقم اولتان و ماش رقم پرتو از موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر کرج تهیه گردید.

۲-۷-۳ داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت بذور انجام گرفت. آبیاری هر هفت روز یکبار انجام شد. تنک کردن در مرحله ۶ برگی هر کدام از دو گیاه صورت گرفت. مبارزه با علف های هرز در بخش عاری از علف هرز به شکل وجین دستی انجام شد.

۳-۷-۳ برداشت

در انتهای دوره رشد به منظور اندازه گیری صفات مورد نظر در هر کرت، دو ردیف کناری و یک متر ابتدایی و انتهایی هر ردیف را حذف و برداشت به شکل دستی صورت گرفت. برداشت نهایی برای گیاه ماش در روز ۸۴ پس از کاشت و برای کنجد در روز ۱۰۰ پس از کاشت انجام پذیرفت. ارتفاع، عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گیاه در آزمایشگاه اندازه گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه و عملکرد زیستی نمونه ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت تا رطوبت به صفر برسد، پس از آن به وسیله تراوی دقیق وزن شد، سپس به هکتار تعمیم داده شد.

۸-۳ صفات مورد ارزیابی

۱-۸-۳ شاخص های رشدی

نمونه برداری از گیاهان هر کرت به شکل تصادفی و جداگانه صورت پذیرفت. نمونه گیری در پنج مرحله و از روز ۴۵ پس از کاشت شروع شد، برای گیاه ماش هر ۱۱ روز یکبار تا روز ۸۴ پس از کاشت و برای گیاه کنجد هر ۱۵ روز یکبار تا روز ۱۰۰ پس از کاشت صورت پذیرفت. برای محاسبه شاخص های رشدی در طی فصل

رشد تجمع وزن خشک گیاه، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه اندازه گیری شد. نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت برای اندازه گیری وزن خشک قرار گرفتند. شاخص سطح برگ نیز به وسیله دستگاه مخصوص اندازه گیری سطح برگ در هر مرحله اندازه گیری شد. برای تعیین تغییرات شاخص-های سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی از معادلات زیر استفاده شد:

$$CGR = (W2 - W1)/(T2 - T1) \quad (3-1)$$

$$NAR = CGR/LAI \quad (3-2)$$

$$RGR = CGR/TDW \quad (3-3)$$

۳-۸-۲ محتوای کلروفیل و کاروتنوئید

برای تعیین محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در مرحله شروع پر شدن دانه از برگ‌های توسعه یافته انتهایی گیاه نمونه‌برداری انجام شد. ۰/۲ گرم از برگ تر گیاه با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به خوبی ساییده شد. محلول موجود درون هاون با عبور از صافی مخصوص مجدداً با ۱۰ میلی‌لیتر دیگر استون مخلوط گردید و به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسید. سه میلی‌لیتر از محلول در کووت ریخته شد و جذب آن در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۶ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Alpha 1900S Double Beam; South Korea) در مقابل بلانک استون خوانده شد (لیختن‌تالر، ۱۹۸۷). پس از آن با استفاده از روابط زیر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی محاسبه شدند.

$$Chlorophyll\ a = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A646) v/100W \quad (3-4)$$

$$Chlorophyll\ b = (19.3 \times A646 - 3.6 \times A663) v/100W \quad (3-5)$$

$$Total\ Chlorophyll = Chlorophyll\ a + Chlorophyll\ b \quad (3-6)$$

$$Carotenoid = 1000\ A470 - 1.9\ Chl\ a - 63.14\ Chl\ b \quad (3-7)$$

A در این روابط طول موج جذب دستگاه می‌باشد.

۳-۸-۳ درصد پروتئین

جهت تعیین درصد پروتئین دانه به روش کج‌لدال، مقدار یک گرم نمونه بذر خشک و آرد شده به‌وسیله ترازوی دقیق وزن شد (بورش و همکاران، ۱۹۸۲). سپس داخل شیشه میکروهضم ریخته و به آن ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ و پنج گرم کاتالیزور اضافه شد و درون اجاق هضم (تکتاتور) با دمای ۳۰۰ درجه سانتی-

گرا د قرار گرفت. سه ساعت پس از هضم به صورت مایعی کاملاً شفاف درآمد. پس از خنک شدن ۷۵ میلی لیتر آب مقطر به محلول اضافه گردید و مقدار نیتروژن آن توسط دستگاه کج‌دال (Tecator Kjeltac Auto 1030 Analyzer) ساخت کشور سوئد اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن به‌دست آمده در فرمول زیر قرار داده شد و درصد پروتئین هر نمونه محاسبه گردید.

$$Protein (\%) = (N \times 6.25/W) \times 100 \quad (3-8)$$

N در این فرمول نشان‌دهنده مقدار نیتروژن خوانده شده توسط دستگاه، W وزن نمونه استفاده شده (یک گرم) و ۶/۲۵ ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین در گیاه ماش می‌باشد (ماریوتی و همکاران، ۲۰۰۸).

۳-۸-۴ درصد روغن

جهت تعیین درصد روغن دانه کنجد، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از کاهش رطوبت نمونه‌ها به میزان پنج درصد، سه گرم از هر نمونه آسیاب شد. نمونه‌ها داخل صافی ریخته شد و درون دستگاه استخراج کننده قرار گرفت. سپس حلال آلی به آن اضافه گردید و استخراج کننده و خنک کننده روی بالن قرار گرفتند. فرآیند استخراج هشت ساعت به طول انجامید. سپس روغن موجود در نمونه‌ها طبق روش AOAC در سیستم سوکسله محاسبه شد (ویلیام، ۱۹۸۴).

۳-۸-۵ شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

برای ارزیابی کشت مخلوط در این آزمایش، از شاخص برابری زمین، نسبت سطح زیر کشت به زمان، کارایی استفاده از زمین، شاخص تولید سیستم، مجموع عملکرد نسبی، سودمندی نسبی مخلوط، ضریب ازدحام نسبی، کاهش (یا افزایش واقعی عملکرد)، شاخص غالبیت یا ضریب تهاجم، نسبت رقابت، شدت مطلق رقابت و شدت رقابت نسبی استفاده شد.

۳-۸-۵-۱ ارزیابی عملکرد

۱- نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری زمین (LER) بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه می‌گردد و به‌وسیله آن مشخص می‌شود که برای به‌دست آوردن مقدار محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط حاصل می‌شود چه مقدار از زمین به‌صورت زراعت تک کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود. LER به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$LERs = \frac{Y_{si}}{Y_{ss}} \quad (3-9)$$

$$LERm = \frac{Y_{mi}}{Y_{mm}}$$

$$LERt = LERs + LERm$$

در رابطه فوق Y_{si} و Y_{mi} به ترتیب میزان عملکرد گونه اول و دوم در کشت مخلوط، و Y_{ss} و Y_{mm} میزان عملکرد در کشت خالص هر کدام را نشان می‌دهد. $LERm$ و $LERs$ نیز بیان‌گر نسبت برابری زمین برای گونه اول و دوم می‌باشد. $LERt$ مجموع نسبت برابری زمین برای هر دو گونه را نشان می‌دهد. چنانچه LER بزرگ‌تر از یک باشد یعنی در تک کشتی زمین بیشتری برای تولید همان میزان محصول که در مخلوط حاصل شده است، مورد نیاز است. به بیان ساده‌تر اگر LER بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده مزیت مخلوط، برابر با یک یعنی تک کشتی با مخلوط تفاوتی ندارد و کوچک‌تر از یک یعنی تک کشتی نسبت به مخلوط ارجحیت دارد (داودیان و حمزه‌ئی، ۱۳۹۸).

۲- شاخص نسبت معادل سطح زیر کشت - زمان (ATER)

یکی از معایب نسبت برابری زمین این است که عامل زمان در نظر گرفته نمی‌شود. در کشت مخلوط اغلب دوره رشد گیاهان بیش از زمان کشت خالص است و یا به عبارتی دیگر زراعت مخلوط زمین را بیشتر از کشت خالص یک گیاه اشغال می‌کنند. با توجه به این امر و در نظر گرفتن عامل زمان، شاخص نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان $ATER$ توسط عده‌ای از محققین پیشنهاد شده است (ویلی، ۱۹۷۹). نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان در واقع بیان‌کننده کارایی تبدیل انرژی نورانی به شیمیایی بر مبنای سطح زیر کشت و زمان است که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$ATER = \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss} \times t_s} \right) + \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm} \times t_m} \right) / t \quad (3-10)$$

در این رابطه t_s طول دوره رشد گونه اول، t_m طول دوره رشد گونه دوم و t طول دوره رشد در کشت مخلوط می‌باشد.

۳- کارایی استفاده از زمین (LUE)

به دلیل این که LER بیش از اندازه واقعی و $ATER$ کمتر از اندازه عدد حقیقی سودمندی کشت مخلوط را نشان می‌دهد، بهتر است میانگین این دو شاخص برای ارزیابی کشت مخلوط استفاده گردد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۳). کارایی استفاده از زمین LUE توسط دو شاخص LER و $ATER$ از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$LUE (\%) = \left[\frac{(LER + ATER)}{2} \right] \times 100 \quad (3-11)$$

۴- کاهش یا افزایش واقعی عملکرد (AYL)

این شاخص می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد کاهش یا افزایش عملکرد بر مبنای عملکرد تک بوته، نسبت به سایر شاخص‌ها در مورد رقابت درون و بین گونه‌ای، و رفتار هر گونه در مخلوط به ما بدهد. به بیان

دیگر AYL میزان کاهش یا افزایش نسبی عملکرد در مخلوط را با تک کشتی مقایسه می‌کند (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶). ضمناً AYL به صورت جزئی بیان‌گر مقایسه میزان افزایش یا کاهش عملکرد هر یک از گونه‌های گیاهی در شرایط مخلوط نسبت به تک کشتی است. در حالی که LER جزئی مربوط به هرگونه این توانایی را ندارد. مقادیر مثبت یا منفی AYL نشان‌دهنده سودمندی یا نامساعد بودن کشت مخلوط است (جهانزاد و همکاران، ۲۰۱۵).

جهت بدست آوردن کاهش واقعی عملکرد AYL از رابطه زیر استفاده شد:

$$AYLs = \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss} \times Z_{si}} \right) - \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm} \times Z_{mi}} \right) \quad (3-12)$$

$$AYLm = \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm} \times Z_{mi}} \right) - \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss} \times Z_{si}} \right)$$

$$AYLt = AYLs + AYLm$$

در رابطه فوق Z_{si} و Z_{mi} به ترتیب نسبت گونه اول و دوم در کشت مخلوط را نشان می‌دهد. $AYLt$ و $AYLs$ و $AYLm$ نیز بیان‌گر کاهش واقعی عملکرد کل، گونه اول و دوم در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد.

۵- شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)

SPI شاخص دیگری برای ارزیابی سیستم‌های مخلوط در مقایسه با تک کشتی است. این شاخص برای استاندارد کردن عملکرد گونه دوم نسبت گونه اول طراحی معرفی شده است (اودو، ۱۹۹۱). این شاخص توسط فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$SPI = \left(\frac{Y_{ss}}{Y_{mm}} \right) \times Y_{mi} + Y_{si} \quad (3-13)$$

۲-۵-۸-۳ ارزیابی اکولوژیک

۱- شاخص غالبیت یا شاخص تهاجم (AG)

شاخص غالبیت، به عنوان ابزاری برای سنجش میزان غالبیت دو گونه در سیستم کشت مخلوط استفاده می‌شود (هاگارد نیلسن و همکاران، ۲۰۰۹). در صورتی که این شاخص صفر باشد به این مفهوم هست که دو گونه توان رقابت یکسانی دارند. در صورت مثبت یا منفی شدن این شاخص می‌توان گونه غالب را از گونه مغلوب تشخیص داد. این شاخص توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$AGs = \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss} \times Z_{si}} \right) - \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm} \times Z_{mi}} \right) \quad (3-14)$$

$$AGm = \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm} \times Z_{mi}} \right) - \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss} \times Z_{si}} \right)$$

۲- نسبت رقابت‌کنندگی (CR)

این نسبت، شاخصی دیگر برای ارزیابی توان رقابتی بین اجزای کشت مخلوط است. این شاخص توانایی قوی‌تری به گونه‌ها می‌دهد و از سایر شاخص‌های دیگر برای سنجش رقابت در کشت مخلوط معیار بهتری است. نسبت رقابت کنندگی به وسیله رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$CRs = \left(\frac{LERS}{LERm} \right) \times \left(\frac{Zmi}{Zsi} \right) \quad (3-15)$$

$$CRm = \left(\frac{LERm}{LERS} \right) \times \left(\frac{Zsi}{Zmi} \right)$$

۳- شدت نسبی رقابت (RCI)

این شاخص به بررسی نسبت یا درصد عملکرد در تک کشتی با کشت مخلوط می‌پردازد. این شاخص به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$RCIs = ((Yss - Ysi)/Yss \times 100 \quad (3-16)$$

$$RCIm = ((Ymm - Ymi)/Ymm \times 100$$

اگر RCI برابر صفر باشد رقابت درون و برون گونه‌ای برابر است، اگر مقدار عددی مثبت باشد رقابت بین گونه‌ای بیشتر است و اگر منفی باشد رقابت درون گونه‌ای بیشتر است (ویلر و ژولیف، ۲۰۰۳).

۴- شدت مطلق رقابت (ACI)

یکی دیگر از شاخص‌های مربوط به ارزیابی میزان رقابت در کشت مخلوط شاخص شدت مطلق رقابت است. این شاخص در مکان‌هایی که میزان عملکرد تفاوت قابل توجهی دارد، نسبت به سنجش تغییرات حساسیت بیشتری نسبت به شدت رقابت نسبی نشان می‌دهد. این شاخص به عنوان یک شاخص ارزیابی رقابت مورد اقبال اکثر محققین نیست، زیرا این شاخص در نشان دادن بازخورد اثرات مناسب تراکم و جمعیت موفق نیست، اما ممکن است در نشان دادن مکانیسم‌های کنترل رقابت مفید باشد (ویلر و ژولیف، ۲۰۰۳). برای نشان دادن میزان رقابت در این شاخص عملکرد تک کشتی هر گونه از عملکرد مخلوط همان گونه کم می‌شود.

$$ACIs = Yss - Ysi \quad (3-17)$$

$$ACIm = Ymm - Ymi$$

۵- مجموع عملکرد نسبی (RYT)

مجموع عملکرد نسبی بیشتر در مورد بررسی رقابت در بین اجزای کشت مخلوط در رابطه با استفاده از منابع محدود بکار می‌رود. اگر $RYT=1$ باشد، هیچ گونه اضافه یا کاهش محصولی از کشت مخلوط بدست نمی‌آید. چنانچه بیش از یک باشد، مقدار محصول در مخلوط بیش از تک کشتی است ولی اگر کمتر از یک باشد، نشانه تاثیر منفی کارایی کشت مخلوط است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۵). این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$RYT = \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss}}\right) + \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm}}\right) = RYT_s + RYT_m \quad (3-18)$$

۴- ضریب ازدحام نسبی (RCC)

شاخص ضریب نسبی تراکم نیز یک شاخص برای ارزیابی قدرت رقابت دو گونه کشت مخلوط است. این شاخص به وسیله رابطه زیر به دست می آید:

$$RCC_{sm} = \left(\frac{Y_{si}}{Y_{ss}}\right) / \left(\frac{Y_{mi}}{Y_{mm}}\right) \quad (3-19)$$

اگر RCC برابر با یک باشد، دو گونه از قابلیت های رقابتی یکسانی برخوردارند. چنانچه RCC بزرگتر از یک باشد گونه s از نظر رقابت و استفاده از منابع از گونه m برتر است، و اگر این شاخص کوچکتر از یک باشد گونه m نسبت به گونه s برتر است (صدری و همکاران، ۱۳۹۳).

۳-۸-۵-۳ ارزیابی اقتصادی

۱- سودمندی نسبی مخلوط (IA)

جهت تعیین سودمندی مخلوط از شاخص IA استفاده می شود. این شاخص بر مبنای کاهش واقعی عملکرد و قیمت روز محصول محاسبه می گردد (لیتورجیدیس و همکاران، ۲۰۱۱). این شاخص توسط روابط زیر محاسبه می گردد:

$$IAs = AYL_s \times P_s \quad (3-20)$$

$$IAm = AYL_m \times P_m$$

$$IA = IAs + IAm$$

در این رابطه P_s و P_m به ترتیب قیمت گونه اول و دوم می باشد.

۳-۸-۶ محاسبه شاخص های غنا، غالبیت و تنوع علف هرز

نمونه برداری از علف های هرز در انتهای فصل رشد به وسیله مربع های یک متر مربع، قبل از برداشت محصول اصلی انجام شد. شاخص های تراکم و غنای گونه ای (شمارش تعداد و تنوع علف های هرز به تفکیک گونه) قبل از برداشت محاسبه گردید. پس از نمونه گیری برای اندازه گیری وزن خشک علف های هرز نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت، پس از آن اطلاعات به دست آمده توسط روابط مربوطه به شاخص های قابل ارزیابی نظیر غنای گونه ای مارگالف و منهینیک، شاخص غالبیت سیمپسون، شاخص تنوع شانون-وینر، سیمپسون و بریلیون شد.

۱- غنای گونه‌ای

غنای گونه‌ای نشان دهنده حضور انواع گونه‌هاست و از شمارش تعداد گونه‌های گیاهی در یک مکان به دست می‌آید. تعداد زیادی شاخص غنای گونه‌ای ابداع شده است که هر کدام به طریقی با ارائه یک عدد میزان، غنا را در یک مکان و یا یک مزرعه نشان می‌دهند. ولی از بین شاخص‌های متفاوت ارائه شده، شمارش تعداد کل گونه‌ها یا عنوان غنای گونه‌ای از همه مشهورتر است. شاخص غنای گونه‌ای از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R = S \quad (3-21)$$

R در این رابطه غنای گونه‌ای و S در این رابطه تعداد گونه است. شاخص غنای مارگالف یکی دیگر از شاخص‌های نشان دهنده غنای گونه‌ای است. که از معادله زیر به دست می‌آید:

$$Rmg = \frac{(S - 1)}{\ln(N)} \quad (3-22)$$

N در این رابطه تعداد کل افراد نمونه برداری شده است. این شاخص صرفاً برای اندازه‌گیری به صورت تقریبی و سریع تنوع گونه‌ای استفاده می‌گردد (عباسیان و همکاران، ۱۳۹۵).

– شاخص غنای منهینیک شاخصی دیگر برای بیان غنای گونه‌ای است.

$$Rmn = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (3-23)$$

۲- شاخص تنوع گونه‌ای

شاخص تنوع گونه‌ای در حقیقت مقدار عددی دو شاخص یکنواختی و غنای گونه‌ای را در یک کمیت جمع‌آوری می‌کند. به بیان ساده‌تر این شاخص به تنهایی کاربرد ندارد، زیرا ممکن است در جوامعی با غنای زیاد و یکنواختی کم و یا برعکس غنای کم و یکنواختی زیاد وجود داشته باشد، به همین علت به تنهایی نمی‌تواند بیان‌گر تنوع زیستی یک مکان باشد.

– شاخص تنوع شانون-وینر

این شاخص بیشتر نسبت به گونه‌های نادر حساسیت دارد. مشکلات سری‌های لگاریتمی توسط این شاخص به راحتی حل می‌شود، این مدل متداول‌ترین روش برای اندازه‌گیری تنوع است. مقدار این شاخص با افزایش تعداد گونه‌ها در اجتماع افزایش می‌یابد و از نظر تئوریک می‌تواند به مقادیر بالایی برسد، اما در عمل در جوامع زیستی از عدد پنج بیشتر نمی‌شود (جعفری و عسکری، ۱۳۹۵).

این شاخص توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H' = - \sum [Pi(\ln Pi)] \quad (3-24)$$

$$P_i = n_i/N$$

P_i فراوانی نسبی گونه‌ها، n_i تعداد افراد گونه i ام و N تعداد کل افراد می‌باشد.

- شاخص تنوع سیمپسون

اولین شاخص تنوع به کار رفته در اکولوژی می‌باشد و بین صفر و یک متغیر است. این شاخص احتمال این که دو فرد به طور تصادفی انتخاب شوند و از یک مکان (یا در یک زمان) متعلق به دو گونه مجزا باشند را نشان می‌دهد. این شاخص بیشتر تحت تاثیر گونه‌های غالب است، بنابراین بیشتر از غنای گونه‌ای متاثر از یکنواختی می‌باشد. در اکولوژی بیشتر برای تعیین کمیت تنوع زیستی یک منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد و به شرح زیر است:

$$1 - D = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right] \quad (3-25)$$

- شاخص تنوع بریلوین

این شاخص نیز مانند شانون-وینر بیشتر به گونه‌ها نادر حساس است. اگر بخواهیم تنوع را بر مبنای ماده خشک اندازه بگیریم این شاخص به هیچ وجه مناسب نیست. این شاخص مناسب زمانی است که قصد اندازه‌گیری تنوع بر مبنای مجموعه‌ای از نمونه‌ها داشته باشیم و مناسب جوامع بزرگ نیست.

$$\hat{H} = \frac{1}{N} \log \left(\frac{N!}{n_1! n_2! n_3! \dots} \right) \quad (3-26)$$

۳- شاخص غلبه گونه‌ها

شاخص غلبه بیان گر فراوانی جمعیت بعضی از گونه‌ها نسبت به گونه‌های دیگر است که به‌عنوان یک شاخص در ارزیابی‌های تنوع زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد و وضعیت چیرگی گونه‌ها را نشان می‌دهد.

- شاخص غالبیت سیمپسون

این شاخص به دقت و سریع نشان می‌دهد که آیا مجموعه تنها شامل تعداد کمی گونه رایج است یا خیر. این شاخص از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (3-27)$$

۴- شاخص یکنواختی گونه‌ای

شاخص‌های یکنواختی به شکل غیرمستقیم نحوه پراکنش و توزیع گونه‌ها را بیان می‌کند، به این صورت که هر اندازه یکنواختی بیشتر باشد میزان پایداری و ثبات بیشتر است و بالطبع تنوع نیز بیشتر است. شاخص یکنواختی بر مبنای شاخص شانون محاسبه می‌شود. این شاخص از رابطه زیر حاصل به‌دست می‌آید:

$$E = \hat{H} / \ln(S) \quad (3-28)$$

۳-۹ تجزیه و تحلیل داده‌ها و نرم افزارهای مورد استفاده

محاسبه شاخص‌های مربوط به علف‌های هرز توسط نرم افزار Past 3 انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش از نرم افزار SAS 9.4 هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. رسم شکل‌ها توسط نرم افزار Excel 2019 انجام گردید.

فصل ۲: نتایج و بحث

۴-۱ شاخص‌های زراعی

۴-۱-۱ اجزای عملکرد کنجد و ماش

۴-۱-۱-۱ کپسول در بوته

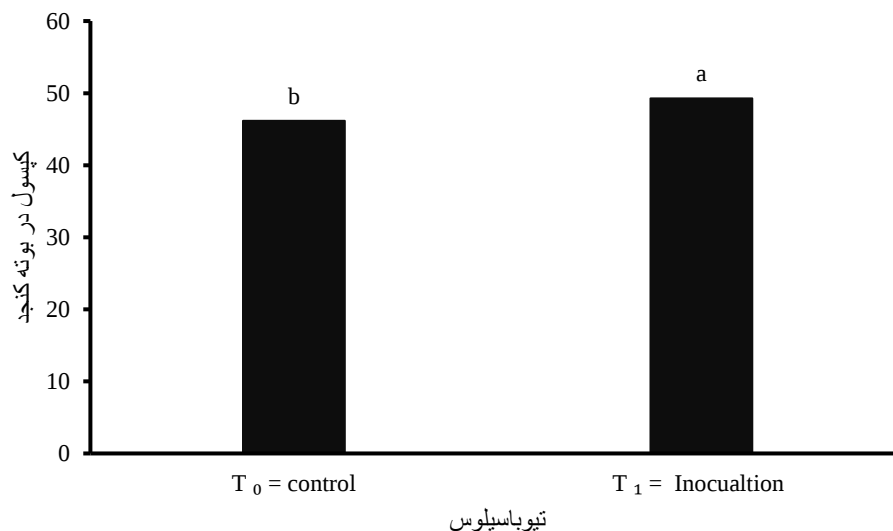
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی کشت مخلوط، گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش مکان و کشت مخلوط در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل مخلوط و گوگرد در سطح پنج درصد بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار شد (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱. نتایج تجزیه داده‌های اجزای عملکرد کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	کپسول در بوته کنجد	غلاف در بوته ماش	دانه در کپسول کنجد	دانه در غلاف ماش	وزن هزار دانه کنجد	وزن هزار دانه ماش
مکان (L)	۱	۳۵۸۰/۰۳	۱۲۲/۸۴*	۲۹۴/۶۹	۰/۰۹۵	۰/۰۰۳	۶۳/۳۳
خطای اول	۴	۱۲۳۴/۲	۸/۵۳	۷۴/۷۶	۰/۱۳۵	۰/۰۲۲	۳۴/۶۷
مخلوط (M)	۳	۲۳۳۰/۲۷**	۲۶۷۹/۴۱**	۵۴۵۰**	۱۰۱/۵۶**	۲/۳۹**	۶/۷۹
گوگرد (S)	۲	۲۶۰۶/۰۲**	۱۱۷/۱۹**	۹۵۶۶**	۰/۱۴۱	۰/۰۳۴**	۲۸۲۶/۴**
تیوباسیلوس (T)	۱	۳۵۴/۶۹**	۲۹/۳۴**	۱۳۲۰**	۰/۱۶۷	۰/۰۰۶	۳۸۴/۴۹**
M×S	۶	۵۴/۲۶۲*	۹۳/۶۶**	۳۷/۹۸	۵/۹۵**	۰/۰۰۹*	۶/۷
M×T	۳	۳/۹۷	۲۹/۳۶**	۴۷/۶۸	۰/۷۱۸	۰/۰۰۵	۰/۸۹
S×T	۲	۳/۸۸	۲/۹۶	۵۳/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۲۳/۶۱*
M×S×T	۶	۸/۷۷	۹/۷۱	۵/۹	۱/۶۳	۰/۰۰۶	۳/۳۳
L×M	۳	۴۷۳/۶**	۸۲/۴۹**	۷۱/۳۸*	۱/۰۸	۰/۰۵**	۲۰/۰۸*
L×S	۲	۲۴/۷۱	۱۱۷/۳۶**	۶۳/۷۶*	۰/۸۰۲	۰/۰۰۶	۲۰/۰۹*
L×T	۱	۰/۰۳	۳۷/۰۱**	۱/۳۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲
L×M×S	۶	۱۲/۵۱	۹۰/۷۳**	۷/۵	۵/۳۱**	۰/۰۰۶	۶/۵۷
L×M×T	۳	۱۳/۹۷	۳۵/۷۳**	۱/۲۷	۲/۷۸	۰/۰۰۶	۳/۷۲
L×S×T	۲	۹/۳	۱۸/۶۹**	۴۱/۱۳	۰/۱۷۸	۰/۰۱*	۱۳/۵
L×M×S×T	۶	۱۲/۶۳	۶/۴۷	۲۷/۳۷	۱/۰۶۸	۰/۰۰۸	۲/۸۶

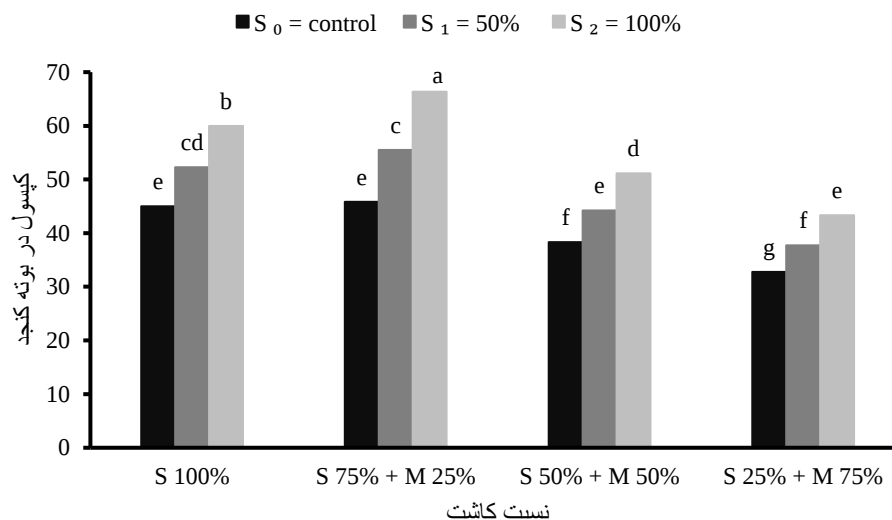
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

بررسی میانگین صفات نشان داد که استفاده از باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش تعداد دانه در کپسول در کنجد شد. در این پژوهش بیشترین تعداد کپسول در بوته از تیمار مصرف تیوباسیلوس حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد اختلاف هفت درصدی مشاهده گردید (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ اثر تیوباسیلوس بر تعداد کپسول در بوته در گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

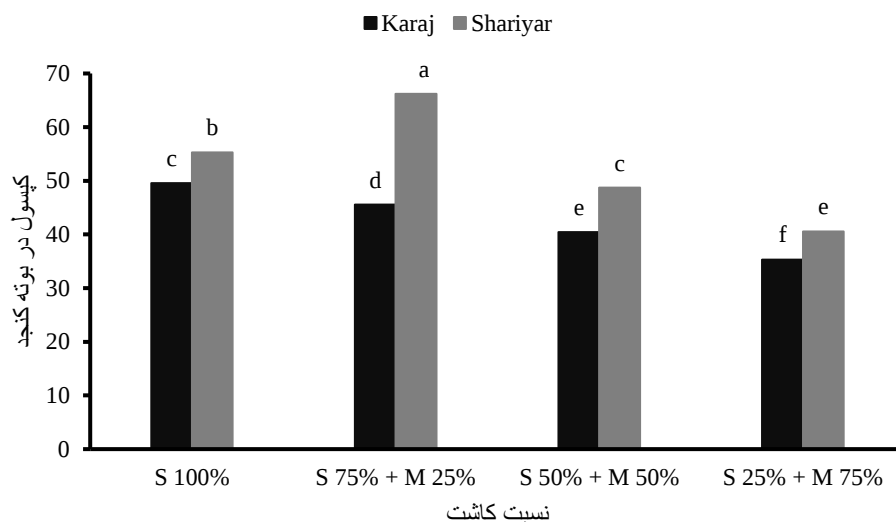
مقایسات میانگین برهمکنش مخلوط و گوگرد نشان داد بیشترین تعداد کپسول در بوته از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف گوگرد به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (S₂) و کمترین مقدار هم از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و تیمار شاهد (S₀) به دست آمد، که اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۵۱ درصد است (شکل ۴-۲).



شکل ۲-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر تعداد کپسول در بوته در گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین تعداد کپسول در بوته در کنجد از منطقه شهریار و نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۶۶/۲۲ و کمترین کپسول در بوته نیز از منطقه کرج و نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش با ۳۵/۳۳ حاصل شد که بین این دو ترکیب تیماری اختلاف ۴۶/۶۵ درصد مشاهده گردید (شکل ۳-۴). علت افزایش تعداد کپسول را می‌توان به تشکیل کانوپی بهتر در این نوع کشت نسبت داد. این نوع کشت مخلوط ممکن است کنجد را در شرایط بهتری قرار داده و نیتروژنی که توسط ماش تثبیت شده در اختیار این گیاه قرار گرفته است و در بخش‌های گیاه مورد استفاده واقع شده و تعداد کپسول در بوته این گیاه را افزایش داده است. با توجه به بیشتر بودن این صفت در سیستم مخلوط نسبت به کشت خالص می‌توان اظهار داشت که اثر منفی رقابت درون‌گونه‌ای بر این صفت برای گیاه کنجد بیشتر از رقابت بین‌گونه‌ای کنجد و ماش بوده است (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۸). کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) بیشترین تعداد کپسول در بوته را در سال اول از نسبت کاشت (۱:۱) کنجد و ماش و در سال دوم از نسبت کاشت (۳:۱) گزارش کردند. مهدی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نیز در کشت مخلوط کنجد و ماش نتایج مشابهی بیان کردند. به نظر می‌رسد هر عاملی مانند وجود رطوبت و مواد غذایی مناسب که فرصت رشد بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌دهد، موجب شکل‌گیری مکان‌های بالقوه‌ی کپسول بیشتری روی گیاه از طریق افزایش ارتفاع و انشعابات جانبی خواهد شد. کود گوگرد موجب افزایش ارتفاع گیاه شد که به‌علت نفوذ بیشتر نور در داخل پوشش گیاهی و افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته موجب افزایش تعداد کپسول در بوته گردید (مجیدیان و همکاران، ۱۳۹۴). شاه و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که کاربرد گوگرد بر تعداد کپسول در کنجد معنی‌دار بود. آن‌ها علت این موضوع را عرضه متعادل عناصر غذایی به‌دلیل مصرف گوگرد عنوان کردند و بیان داشتند که کاربرد گوگرد موجب بهبود جذب فسفر، نیتروژن، پتاسیم، روی و آهن می‌شود و به‌همین دلیل تعداد شاخه‌های فرعی افزایش یافته و به تبع آن تعداد کپسول

در بوته نیز افزایش می‌یابد. نقش باکتری‌های تیوباسیلوس می‌تواند ناشی از اکسیداسیون گوگرد و افزایش حلالیت فسفات و تبدیل آن به شکل قابل جذب برای گیاه باشد (محمدی آریا و همکاران، ۱۳۸۹). رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۹۳) ضمن مشاهده افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته این افزایش را ناشی از اکسایش گوگرد و فراهمی سایر عناصر غذایی در محیط ریشه گیاه دانستند.



شکل ۳-۴ برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر تعداد کپسول در بوته در گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۲-۱-۱-۴ غلاف در بوته

نتایج تجزیه مرکب داده‌های موجود نشان داد اثر مکان بر تعداد غلاف در بوته گیاه ماش در سطح پنج درصد و تمام اثرات اصلی و برهمکنش اثرات نسبت کاشت و گوگرد، نسبت کاشت و تیوباسیلوس، مکان و نسبت کاشت، مکان و گوگرد، مکان و تیوباسیلوس، و اثرات متقابل سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد"، "مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس" و "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴-۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته گیاه ماش از کشت خالص ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد هکتار (S_2) در منطقه شهریار به‌دست آمد (۵۲/۱۷) و کمترین تعداد غلاف در بوته از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۵۰٪ و شاهد عدم مصرف گوگرد (S_0) در منطقه کرج حاصل شد (۱۶/۶۷) (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۲. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × نسبت کاشت × گوگرد بر تعداد غلاف در بوته ماش.

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	غلاف در بوته
کرج	کشت خالص ماش	S_0	۳۴ ^c
		S_1	۳۵ ^c

۳۴/۱۷ ^c	S ₂	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	شهریار
۲۱/۸۳ ^g	S ₀		
۲۱/۱۷ ^g	S ₁		
۲۱/۳۳ ^g	S ₂		
۱۶/۶۷ ^h	S ₀	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	
۱۶/۸۳ ^h	S ₁		
۱۶/۸۳ ^h	S ₂		
۲۷/۱۷ ^{ef}	S ₀	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	
۲۷/۳۳ ^{def}	S ₁		
۲۷/۶۷ ^{de}	S ₂		
۲۹/۵ ^d	S ₀	کشت خالص ماش	
۴۰. ^b	S ₁		
۵۲/۱۷ ^a	S ₂		
۲۲ ^g	S ₀	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	
۲۲/۵ ^g	S ₁		
۲۲/۳۳ ^g	S ₂		
۱۸/۳۳ ^h	S ₀	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	
۱۷/۱۷ ^h	S ₁		
۱۸/۶۷ ^h	S ₂		
۲۵/۱۷ ^f	S ₀	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	
۲۷/۵ ^{de}	S ₁		
۲۶/۸۳ ^{ef}	S ₂		

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین مشاهده شد بیشترین تعداد غلاف در بوته گیاه ماش از ترکیب تیماری کشت خالص ماش و تلقیح تیوباسیلوس (T₁) در منطقه شهریار حاصل گردید (۴۴/۳۳) و کمترین تعداد غلاف در بوته از نسبت کاشت ۵۰٪ و شاهد (T₀) در منطقه کرج حاصل شد (۱۶/۷۷) (جدول ۳-۴).
جدول ۳-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × نسبت کاشت × تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته ماش.

مکان	نسبت کاشت	تیوباسیلوس	غلاف در بوته
کرج	کشت خالص ماش	T ₀	۳۴/۵۶ ^c
		T ₁	۳۴/۲۲ ^c
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	T ₀	۲۱/۲۲ ^e
		T ₁	۲۱/۶۷ ^e
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	T ₀	۱۶/۷۷ ^f
		T ₁	۱۶/۷۸ ^f
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	T ₀	۲۷/۶۷ ^d

۲۷/۱۱ ^d	T ₁	کشت خالص ماش	شهریار	
۳۶/۷۸ ^b	T ₀			
۴۴/۳۳ ^a	T ₁			
۲۲/۴۴ ^e	T ₀			
۲۲/۱۱ ^e	T ₁			۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد
۱۸/۱۱ ^f	T ₀			
۱۸ ^f	T ₁			۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد
۲۶/۲۲ ^d	T ₀			
۲۶/۷۸ ^d	T ₁	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد		

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته گیاه ماش از تیمار S₂ و تلقیح تیوباسیلوس (T₁) در منطقه شهریار به دست آمد (۳۱/۶۷) و کمترین تعداد غلاف در بوته از ترکیب تیماری شاهد گوگرد (S₀) و شاهد (T₀) تیوباسیلوس در منطقه شهریار حاصل شد (۲۳/۷۵) (جدول ۴-۴).

به نظر می‌رسد به دلیل پایین‌تر بودن میزان آهک موجود و سولفات قابل جذب در منطقه شهریار نسبت به کرج، گیاه ماش بیشتر تحت تاثیر مصرف کود گوگرد واقع شده است. چنین به نظر می‌رسد که عدم وجود رقابت بین گونه‌ای در کشت خالص گیاه ماش موجب بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع به‌ویژه نور شده و در نتیجه میزان شاخص سطح برگ و فتوسنتز و به تبع آن تجمع ماده خشک در کشت خالص نسبت به تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایش یافته است (عبدی، ۱۳۹۸). با توجه به ارتفاع بیشتر گیاه کنجد، ماش در سایه قرار گرفته و با توجه به افزایش رقابت بین گونه‌ای، منابع محدودتری در اختیار ماش قرار گرفت که این موضوع سبب کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در بوته گردید. معین‌الدین (۲۰۱۷) در تحقیقی که روی کشت مخلوط کنجد و ماش داشت بیشترین تعداد غلاف در بوته را از کشت خالص ماش گزارش کرد. تاثیر مثبت استفاده از کود گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس به علت اثر مستقیم تغذیه‌ای گوگرد در گیاه، کاهش اسیدیته خاک و در دسترس قرار گرفتن عناصری که معمولاً در خاک‌های آهکی به علت تثبیت شدن قابلیت جذب پایین‌تری دارند می‌باشد (قادری و همکاران ۲۰۱۷). ضمن این که مصرف گوگرد به تنهایی موجب کاهش اسیدیته خاک در محدوده کوچکی در اطراف خود خواهد شد اما ترکیب این ماده با تیوباسیلوس موجب افزایش بیواکسیداسیون گوگرد و دسترسی و جذب بالاتری از عناصر غذایی کم مصرف شده است (رحیمیان ۲۰۱۱). سوری عبداله‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی روی گیاه پنبه نشان دادند مصرف همزمان گوگرد و تیوباسیلوس موجب افزایش تعداد غوزه در گیاه شد. موسوی نیک (۲۰۱۲) نیز در پژوهشی در ارتباط با کاربرد گوگرد بر گیاه اسفرزه، نشان داد که تعداد سنبله به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر مصرف همزمان کود گوگرد و تیوباسیلوس قرار گرفت.

جدول ۴-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته ماش.

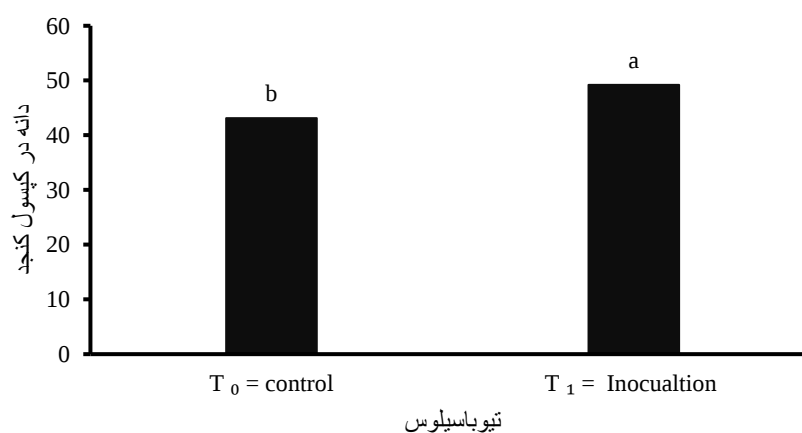
مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	غلاف در بوته
کرج	S ₀	T ₀	۲۴/۵۸ ^{cd}
		T ₁	۲۵/۳۳ ^c
	S ₁	T ₀	۲۵/۲۵ ^{cd}
		T ₁	۲۴/۹۲ ^{cd}
	S ₂	T ₀	۲۵/۳۳ ^c
		T ₁	۲۴/۵۸ ^{cd}
شهریار	S ₀	T ₀	۲۳/۷۵ ^d
		T ₁	۲۳/۷۷ ^d
	S ₁	T ₀	۲۵/۵۸ ^c
		T ₁	۲۸ ^b
	S ₂	T ₀	۲۸/۳۳ ^b
		T ₁	۳۱/۶۷ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۳-۱-۱-۴ دانه در کپسول

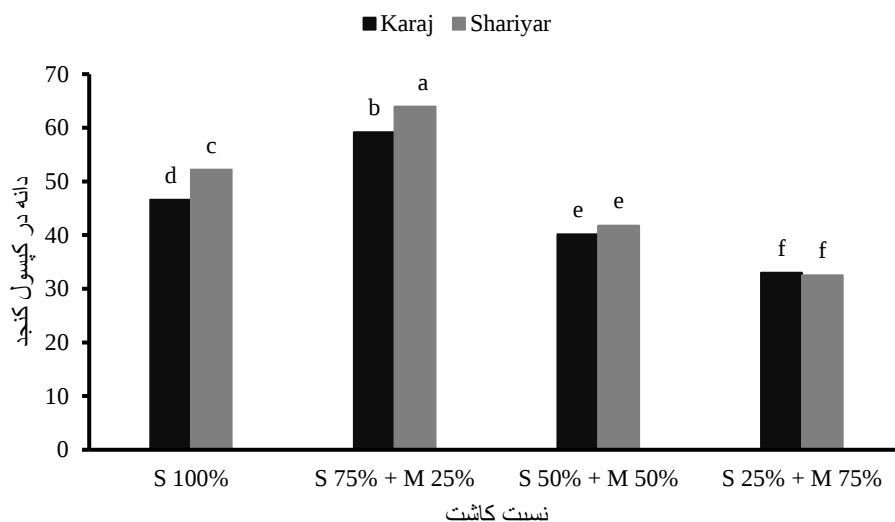
همان‌طور که در جدول ۴-۱ مشاهده می‌شود اثر اصلی کشت مخلوط، گوگرد و تیوباسیلوس در سطح یک درصد و همچنین برهمکنش اثرات مکان و نسبت کاشت، مکان و گوگرد در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار شد (جدول ۴-۱).

بیشترین تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد از تیمار مصرف تیوباسیلوس و برابر با ۴۹/۱۹ بود و کمترین تعداد با ۴۳/۱۴ دانه در کپسول متعلق به شاهد بود (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴ اثر تیوباسیلوس بر تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین تعداد دانه در کپسول از منطقه شهریار و نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش به تعداد ۶۳/۹۴ و کمترین تعداد از منطقه شهریار با نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش به مقدار ۳۲/۵ به دست آمد که اختلاف بین این دو نسبت کاشت ۴۹/۲ درصد می باشد (شکل ۴-۵).

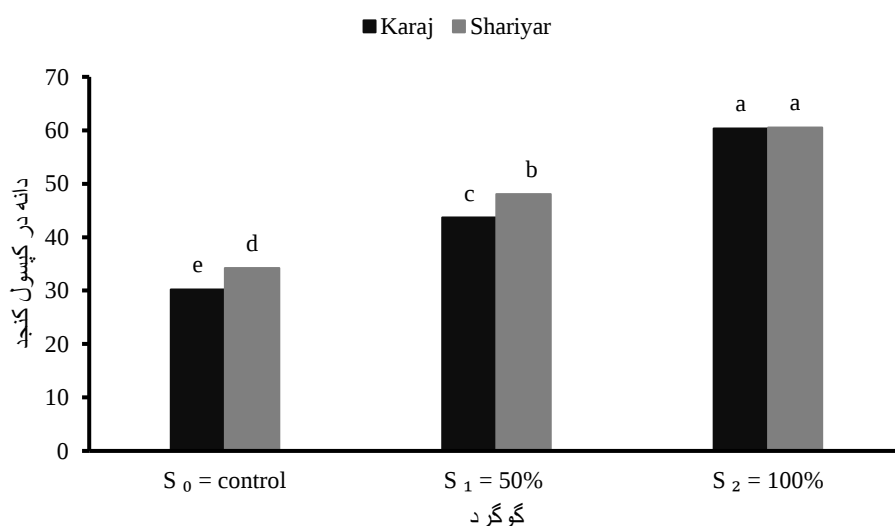


شکل ۴-۵ برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی - دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

مقایسه میانگین اثر برهمکنش گوگرد و مکان نشان داد بیشترین تعداد دانه در کپسول در کنجد از منطقه شهریار و استفاده ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (S₂) (۶۰/۵۴) و کمترین تعداد از منطقه کرج و شاهد (S₀) (۳۰/۲۱) به دست آمد که اختلاف بین این دو تیمار ۵۰/۱ درصد بود (شکل ۴-۶).

تعداد دانه در کپسول یکی از اجزای مهم عملکرد محسوب می شود. از آنجایی که دانه ها محل ذخیره آسیمیلات ها هستند، به نظر می رسد هرچه تعداد دانه در کپسول بیشتر باشد، مخزن بزرگتری برای ذخیره مواد در دسترس است. احتمالاً دلیل بیشتر بودن تعداد دانه در کپسول در نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش رقابت درون گونه ای کمتر بوته های کنجد با یکدیگر و همچنین رقابت برون گونه ای کمتر با بوته های ماش بوده که موجب شده از منابع و عناصر غذایی به نحو مطلوب تری بهره برداری کنند و این امر در نهایت به افزایش تعداد دانه در کپسول منجر شده است. برخی از یافته های اخیر نشان داده که کشت مخلوط کنجد با ماش، تعداد کپسول در بوته و دانه در کپسول را افزایش می دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۵؛ پراجاپات و همکاران، ۲۰۱۲). علت این امر احتمالاً می تواند به دلیل داشتن کپسول های بزرگتر با طول کپسول بیشتر باشد. کپسول های ثانویه که روی شاخه های فرعی گیاه به وجود می آیند از لحاظ مکان و زمان تشکیل در شرایطی هستند که تحت تاثیر عوامل محیطی، وجود و عرضه مواد فتوسنتزی و به طور کلی تداوم رشد گیاه قرار دارند. همچنین رشد رویشی بیشتر منجر به باروری تعداد بیشتر کپسول ها خواهد شد و به نظر می رسد این تاثیر گذاری بیشتر ناشی از بارور شدن کپسول هایی که در انشعابات فرعی ساقه هستند، باشد. در بسیاری از مطالعات بیان شده

که اثر کمبود کود گوگرد ابتدا روی تعداد دانه در سنبله است. تولید بیشتر کلروفیل و IAA سبب تاخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. این امر موجب بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به دانه‌های در حال رشد می‌شود (مجیدیان و همکاران، ۱۳۹۴). سوان و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که کاربرد گوگرد روی تعداد دانه در کپسول کنجد معنی‌دار بود و بیشترین تعداد دانه در کپسول از تیمار مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حاصل شد. راجپوروهیت و همکاران (۲۰۱۷) نیز نتایجی مشابه با این آزمایش را گزارش کرده‌اند. هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد (رضایی چیاپه و همکاران، ۱۳۹۳). باکتری تیوباسیلوس موجب اکسایش گوگرد شده و اسید سولفوریک تولیدشده، سبب انحلال کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها و قابل دسترس نمودن عناصر غذایی گردیده و در نهایت عملکرد بیشتری حاصل می‌شود (دستورانی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۴-۶ برهمکنش کود گوگرد و مکان بر تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۱-۴ دانه در غلاف

تجزیه مرکب داده‌های مربوطه نشان داد که تعداد دانه در غلاف در گیاه ماش به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر نسبت کاشت، اثر دوگانه نسبت کاشت و گوگرد، و برهمکنش اثر سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" قرار گرفت (جدول ۴-۱).

مقایسات میانگین برهمکنش مکان، نسبت کاشت و گوگرد نشان داد بیشترین تعداد دانه در غلاف گیاه ماش از ترکیب تیماری کاشت خالص ماش و مصرف گوگرد به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (S₂) در منطقه شهریار

و کمترین مقدار هم از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۵۰٪ و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در منطقه شهریار به دست آمد، که اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۴۷/۶ درصد است (جدول ۵-۴).

صدرآبادی حقیقی (۱۳۹۱) بیان کردند یکی از عوامل اصلی تغییر در میزان عملکرد، تغییرات در اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در غلاف است که می‌تواند عملکرد اقتصادی و زیستی را تحت تاثیر قرار دهد. در کشت خالص ماش، هر بوته ماش برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان با کنجد رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار ماش قرار گرفته است که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش تعداد دانه در غلاف این گیاه در کشت خالص باشد (رضائی چپانه و همکاران، ۱۳۹۵). در پژوهش حاضر کاهش تعداد دانه در غلاف ماش در کشت مخلوط را می‌توان به تشدید رقابت بین‌گونه‌ای کنجد با ماش و کاهش فضا نسبت داد که سبب کاهش نور و کاهش رشد و فتوسنتز ماش شده و به دنبال آن تعداد دانه در غلاف را کاهش داده است (عبدی، ۱۳۹۸). معین‌الدین (۲۰۱۸) نشان داد که در شرایطی که کنجد و ماش در یک زمان کاشته شوند، ماش در رقابت ضعیف‌تر عمل کرده و لذا تعداد دانه در غلاف در ماش در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد. گوگرد یکی از عناصر حیاتی در تغذیه گیاهان و موثر در افزایش عملکرد است که در صورت فراهم بودن سایر عوامل حائز اهمیت در رشد گیاه موجب افزایش در تعداد گل، غلاف و باروری آن‌ها خواهد شد (صدرآبادی حقیقی، ۱۳۹۱). لذا عواملی که در تولید غلاف موثر هستند در پر شدن غلاف نیز تاثیر گذار خواهند بود (آل برزینجی و همکاران ۲۰۰۳). به‌طور کلی تعداد دانه در غلاف نشان‌دهنده میزان ظرفیت مخزن گیاه می‌باشد و هر عاملی نظیر گوگرد اگر سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در گیاه شود موجب افزایش عملکرد نیز می‌شود.

جدول ۵-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × نسبت کاشت × گوگرد بر تعداد دانه در غلاف در گیاه ماش.

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	دانه در غلاف
کرج	کشت خالص ماش	S ₀	۱۰/۱۵ ^{dc}
		S ₁	۱۱/۲۸ ^{abc}
		S ₂	۹/۸۵ ^{de}
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۱۱/۳۲ ^{abc}
		S ₁	۱۰/۰۲ ^{de}
		S ₂	۱۰/۵۸ ^{bcd}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۷/۰۸ ^f
		S ₁	۷/۱ ^f
		S ₂	۶/۹۲ ^f
شهریار	کشت خالص ماش	S ₀	۱۰/۷۲ ^{bcd}
		S ₁	۹/۹۵ ^{de}
		S ₂	۱۰/۶۵ ^{bcd}
	کشت خالص ماش	S ₀	۸/۸۲ ^{de}
		S ₁	۱۰/۵۷ ^{bcd}

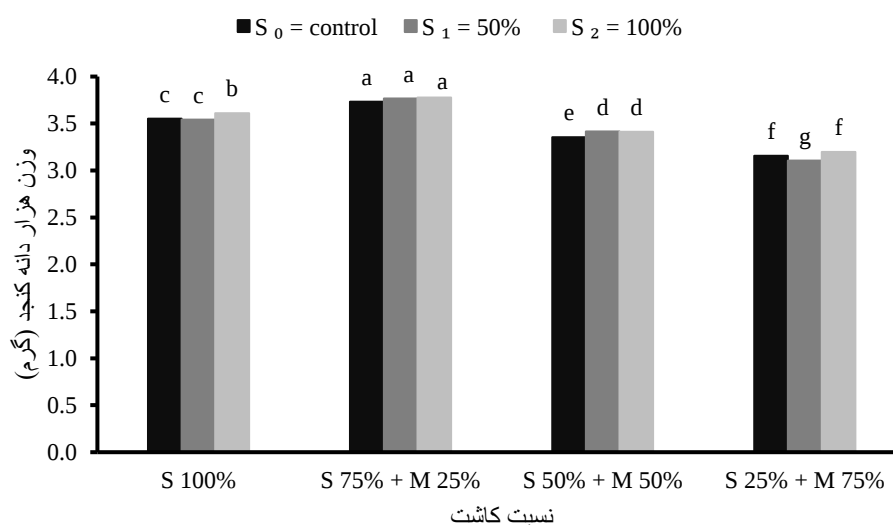
۱۲/۴۳ ^a	S ₂	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد
۱۰/۴۵ ^{bcd}	S ₀	
۹/۵۷ ^{de}	S ₁	
۱۰/۲ ^{dc}	S ₂	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد
۷/۳ ^f	S ₀	
۷/۵۷ ^f	S ₁	
۶/۵۸ ^f	S ₂	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد
۱۱/۴۸ ^{ab}	S ₀	
۱۰/۴ ^{bcd}	S ₁	
۹/۶۳ ^{de}	S ₂	

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۱-۱-۵ وزن هزار دانه کنجد

اثر اصلی نسبت کاشت و کود گوگرد و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد، و همچنین برهمکنش اثر نسبت کاشت و گوگرد، و اثر سه‌گانه "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴-۱).

مقایسات میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن هزار دانه کنجد از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (S₂) به اندازه ۳/۷۸ گرم به‌دست آمد که با سایر سطوح گوگرد در این نسبت کاشت در یک گروه آماری بود و کمترین مقدار از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (S₁) به مقدار ۳/۱۱ گرم حاصل شد (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷ برهمکنش نسبت کاشت و کود گوگرد بر وزن هزار دانه گیاه کنجد (گرم) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین وزن هزار دانه کنجد در منطقه شهریار و از ترکیب ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (S₂) و تلقیح تیوباسیلوس به مقدار ۳/۵۴ گرم و کمترین مقدار این صفت در منطقه کرج و از ترکیب تیماری شاهد عدم مصرف گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس به مقدار ۳/۴۳ گرم حاصل شد (جدول ۶-۴).

به احتمال زیاد گیاه کنجد از تثبیت زیستی نیتروژن گیاه ماش در کشت مخلوط استفاده کرده، که این امر موجب افزایش رشد رویشی در کنجد شده؛ و افزایش جذب تشعشع توسط کانوپی مخلوط، سبب افزایش آسیمیلایسیون مواد فتوسنتزی از طریق افزایش سطح برگ و به تبع آن بهبود ظرفیت فتوسنتزی شده و وزن هزاردانه را بهبود بخشیده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۷). جلیلیان و همکاران (۲۰۱۷) نیز تاثیر مثبت کشت مخلوط در افزایش وزن هزار دانه را گزارش کردند. به نظر می‌رسد که مصرف گوگرد در شرایط تلقیح با تیوباسیلوس با افزایش فراهمی، بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش آسیمیلایسیون مواد فتوسنتزی تحت تاثیر توسعه سطح برگ به عنوان اندام اصلی فتوسنتزکننده و افزایش ظرفیت فتوسنتزی طی مرحله رویشی، توانسته است در مرحله گلدهی و پس از آن با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن بهبود وزن هزار دانه را به دنبال داشته باشد (خرمدل و همکاران، ۱۳۹۷). چنین به نظر می‌رسد که در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک در تیمارهای ترکیبی به دلیل افزایش توانایی فتوسنتزی، راندمان انتقال مواد غذایی به دانه افزایش یافته و به تبع آن پر شدن مخازن زایشی گیاه منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است (شالان، ۲۰۰۵).

جدول ۶-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×گوگرد×تیوباسیلوس بر وزن هزار دانه کنجد (g)

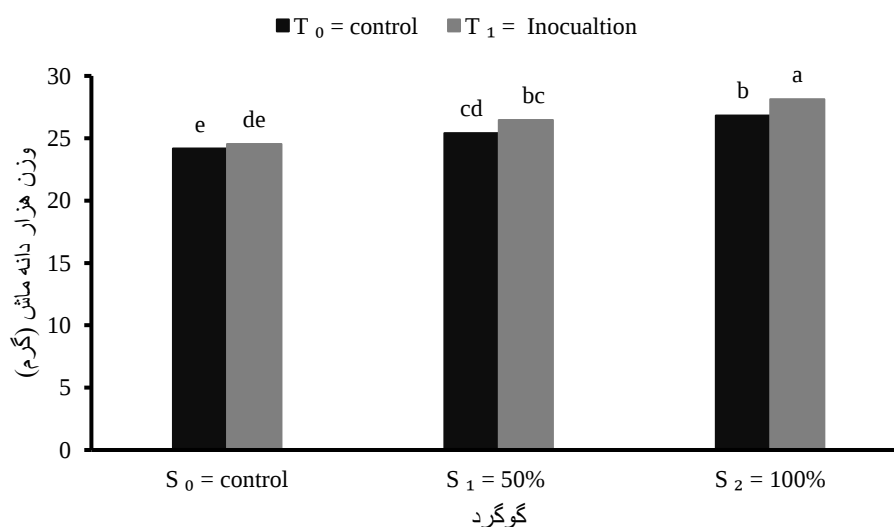
مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	وزن هزار دانه (گرم)
کرج	S ₀	T ₀	۳/۴۵ ^{cd}
		T ₁	۳/۴۳ ^d
	S ₁	T ₀	۳/۴۶ ^{bcd}
		T ₁	۳/۴۸ ^{bcd}
	S ₂	T ₀	۳/۴۶ ^{bcd}
		T ₁	۳/۵۱ ^{ab}
شهریار	S ₀	T ₀	۳/۴۵ ^{cd}
		T ₁	۳/۴۷ ^{bcd}
	S ₁	T ₀	۳/۴۴ ^d
		T ₁	۳/۴۷ ^{bcd}
	S ₂	T ₀	۳/۴۹ ^{abc}
		T ₁	۳/۵۴ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۱-۱-۶ وزن هزار دانه ماش

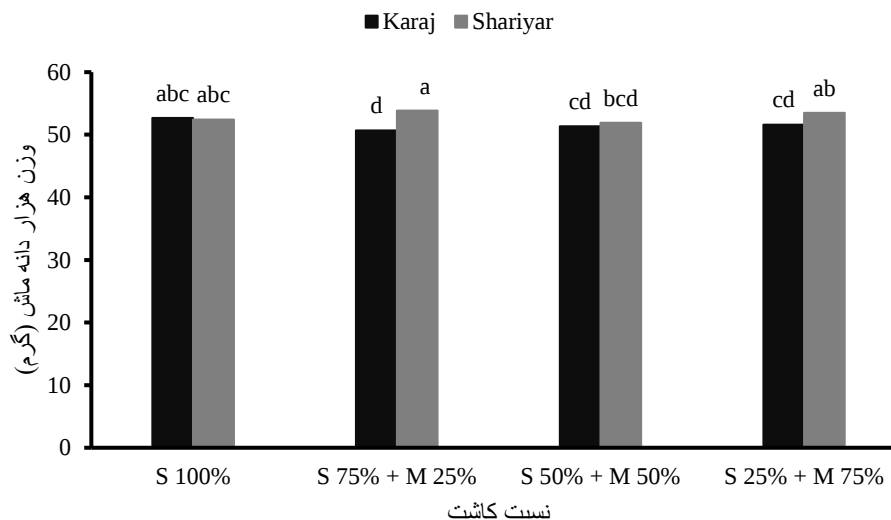
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی گوگرد و تیوباسیلوس در سطح یک درصد و برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس، برهمکنش مکان و نسبت کاشت، و برهمکنش مکان و گوگرد در سطح پنج درصد بر وزن هزار دانه گیاه ماش معنی دار شد (جدول ۴-۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین وزن هزار دانه ماش از ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار (S₂) و تلقیح تیوباسیلوس (T₁) با ۲۸/۱۳ گرم و کمترین وزن هزار دانه نیز از تیمار شاهد گوگرد و شاهد تیوباسیلوس با ۲۴/۱۷ گرم حاصل شد که با تیمار شاهد گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بین این دو ترکیب تیماری اختلاف ۱۴ درصدی مشاهده گردید (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸ برهمکنش کود گوگرد و تیوباسیلوس بر وزن هزار دانه گیاه ماش (گرم) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

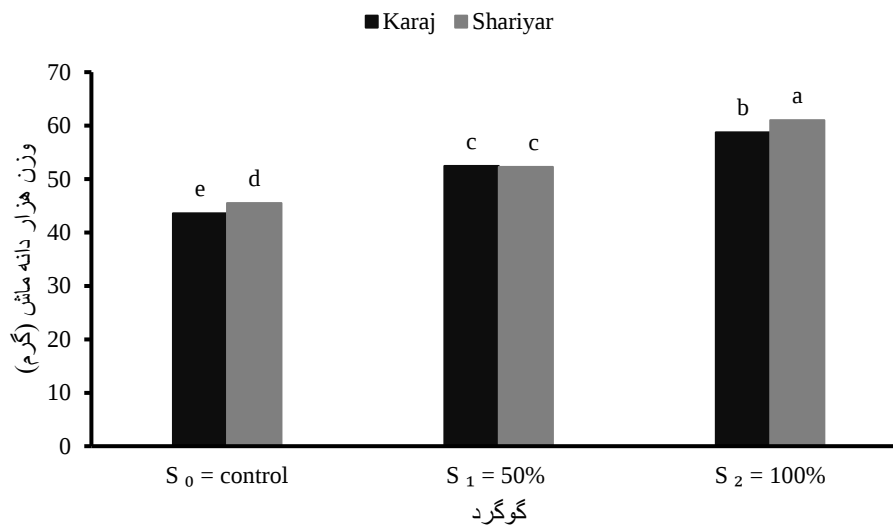
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین مقدار وزن هزار دانه ماش از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش و در منطقه شهریار با ۵۳/۸۴ گرم حاصل شد که با تک کشتی در هر دو منطقه و نسبت کاشت ۷۵٪ ماش در منطقه شهریار در یک گروه آماری از لحاظ معنی‌داری قرار گرفت و کمترین مقدار این صفت نیز از همین نسبت کاشت در منطقه کرج با ۵۰/۷ گرم به‌دست آمد که با نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش در منطقه کرج تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۹).



شکل ۹-۴ برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر وزن هزار دانه گیاه ماش (گرم) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بررسی میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن هزار دانه ماش از تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S₂) و در منطقه شهریار با ۶۰/۹۹ گرم و کمترین مقدار نیز از تیمار شاهد (S₀) در منطقه کرج با ۴۳/۵۸ گرم به‌دست آمد (شکل ۱۰-۴).

تفاوت چندانی بین نسبت‌های مختلف کاشت در وزن هزاردانه ماش مشاهده نمی‌شود، احتمالاً علت این موضوع تأثیرپذیری بیشتر این صفت در ماش از فاکتورهای ژنتیکی است. هر عاملی که سبب تغییر در میزان وزن هزار دانه شود، موجب تغییر در عملکرد دانه نیز می‌گردد. در این میان، به نظر می‌رسد گوگرد اضافه شده به خاک سبب افزایش زمان پر شدن دانه، افزایش مقدار مواد فتوسنتزی و در نهایت وزن هزار دانه می‌شود. قادری و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گندم آبی در بالاترین سطح مصرفی کود گوگرد نسبت به تیمار شاهد را گزارش کردند. نخزری مقدم و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که بیشترین میزان وزن هزار دانه آفتابگردان از تیمار مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با تلقیح باکتری تیوباسیلوس به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش هفت درصدی نشان داد.



شکل ۱۰-۴ برهمکنش گوگرد و مکان بر وزن هزار دانه گیاه ماش (گرم) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۲ عملکرد کنجد و ماش

۴-۱-۲-۱ عملکرد دانه کنجد

همان‌طور که در جدول ۴-۷ مشاهده می‌شود اثرات نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس، برهمکنش اثر نسبت کاشت و گوگرد، نسبت کاشت و تیوباسیلوس، مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و همچنین برهمکنش اثرات گوگرد و تیوباسیلوس، و مکان و گوگرد در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه کنجد معنی‌دار شد (جدول ۴-۷).

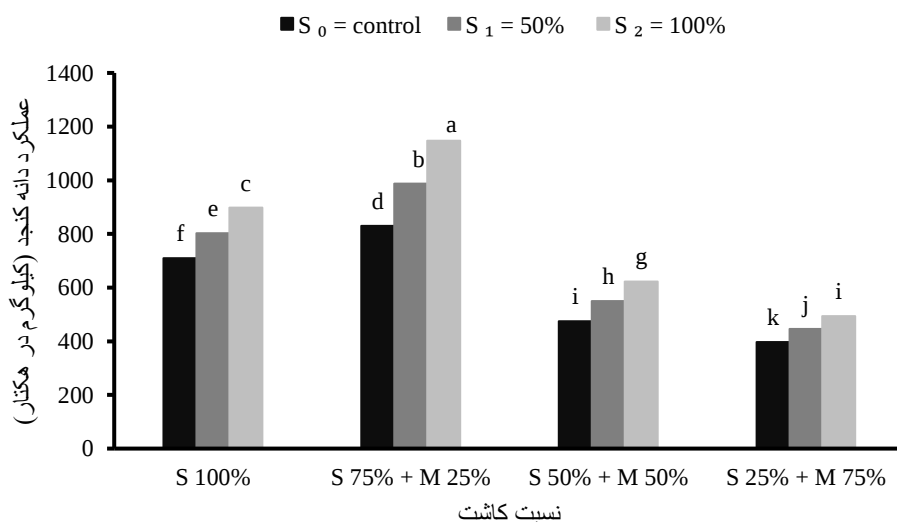
جدول ۴-۷. نتایج تجزیه داده‌های عملکرد کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه کنجد	عملکرد دانه ماش	عملکرد زیستی کنجد	عملکرد زیستی ماش	شاخص برداشت کنجد	شاخص برداشت ماش
مکان (L)	۱	۴۰۳۳۴	۲۵۰۸/۹۲	۸۴۵۳۵	۲۸۶۴۹۲**	۴۹/۷۷	۱۱/۹۶*
خطای اول	۴	۶۱۳۶	۳۷۹۹/۸۵	۱۰۱۶۸۵	۹۷۹۵	۱۳/۷۶	۱/۳۵
مخلوط (M)	۳	۲۱۷۶۷۷۸**	۳۴۹۷۶۳**	۲۱۲۴۴۲۸۴**	۲۲۳۱۶۹۲**	۲۷۴/۷**	۳۰/۷۹**
گوگرد (S)	۲	۴۲۳۴۸۰**	۲۴۳۱۵۳**	۱۲۱۳۳۲۹**	۷۷۳۳۲۶**	۱۴۲/۴**	۵۷/۸۷**
تیوباسیلوس (T)	۱	۳۷۷۱۲**	۲۱۲۶۵**	۸۵۸۰۰**	۷۸۸۲۰**	۱۲/۷۶**	۴**

۴/۱۷**	۸/۵۵**	۴۵۱۴/۰۴	۳۹۹۱	۴۱۷۰/۲۸**	۲۶۳۵۰**	۶	M×S
۰/۴۷	۱/۶۵**	۹۲۵/۸۶	۱۴۹۹	۱۱۴۱/۸۸	۴۶۲۰**	۳	M×T
۰/۰۴	۱/۱۲*	۸۰۵۸/۹	۲۳۳۰	۱۱۷۴/۲۳	۲۴۳۸*	۲	S×T
۰/۰۶	۰/۴۱	۳۶۸/۰۸	۱۷۱۴	۱۰۶/۰۴	۶۳۰	۶	M×S×T
۹/۸۸**	۱۸/۵۱**	۴۸۱۵/۱۹	۹۱۹۱۶**	۱۰۴۵۰/۳**	۲۲۳۱۱**	۳	L×M
۰/۵	۰/۲۱	۲۱۴۹/۵۲	۲۰۴۸۶*	۳۲۱/۴۵	۲۲۳۵*	۲	L×S
۰/۰۱	۰/۳۷	۲۸۶/۱۷	۷۸۸/۶۷	۱۰۴/۸۴	۱۷۵/۶	۱	L×T
۱/۶۴**	۰/۵۳	۱۱۰۱۹/۵**	۷۳۰۹	۴۱۹۶/۰۵**	۱۱۶۲/۳	۶	L×M×S
۰/۶۲	۰/۱۶	۱۸۶/۱۴	۸۵۶/۳۴	۹۴۱/۰۹	۱۹۵/۲۲	۳	L×M×T
۰/۸۶	۰/۲	۴۰۱/۷۲	۹۱/۰۵	۵۹۴/۵۸	۳۷۲/۰۸	۲	L×S×T
۰/۲۲	۰/۶۲	۱۲۴۸/۹۶	۱۱۲۹	۲۶۷/۳۱	۶۸۴/۱۵	۶	L×M×S×T
۰/۴۱	۰/۳۳	۲۸۷۸/۴۹	۴۴۵۴	۵۲۰/۸۵	۶۲۱/۶۶	۹۲	خطای دوم

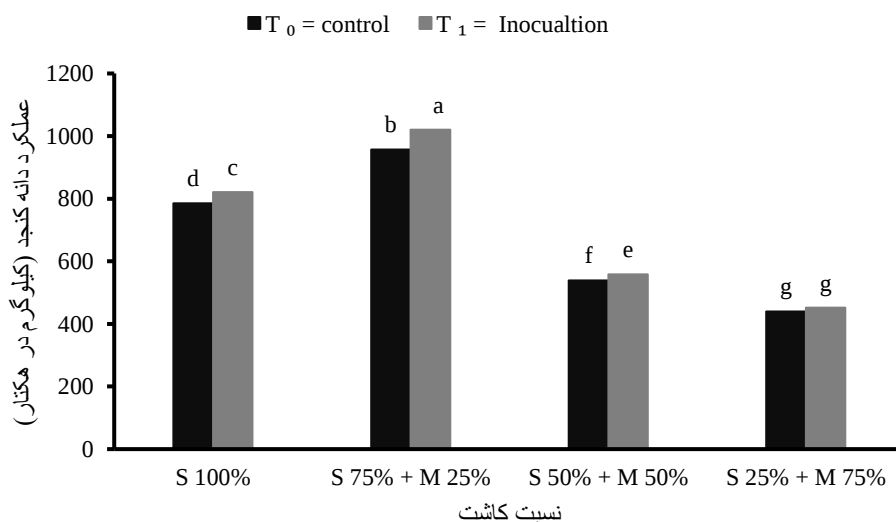
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

با توجه به مقایسه میانگین ها بیشترین عملکرد دانه گیاه کنجد از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S_2) با ۱۱۴۷/۳۳ کیلوگرم در هر هکتار و کمترین مقدار عملکرد از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد عدم مصرف گوگرد (S_0) با ۳۹۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بین عملکرد این دو ترکیب تیماری اختلاف ۶۵ درصدی مشاهده شد (شکل ۴-۱۱).



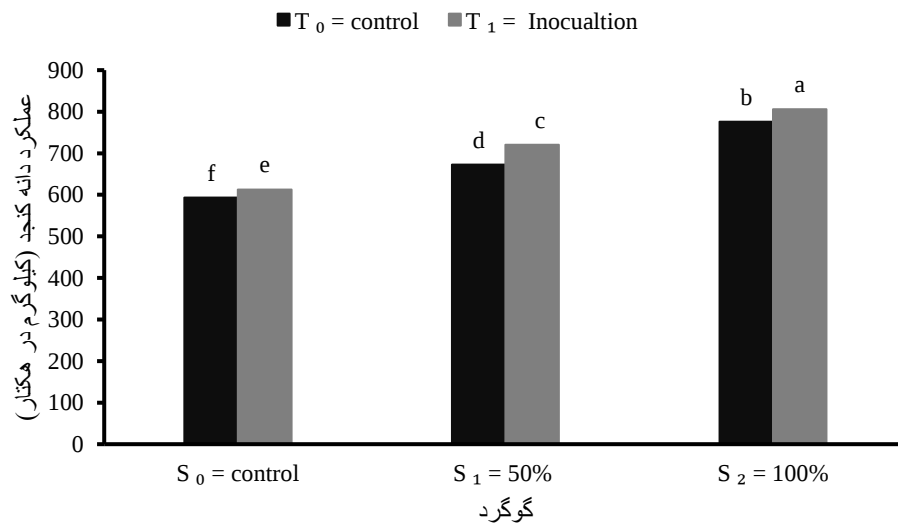
شکل ۴-۱۱ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر عملکرد دانه گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

مقایسات میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و استفاده از تیوباسیلوس (T_1) با ۱۰۲۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد (T_0) به مقدار ۴۳۹/۷۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با تیمار مصرف باکتری در همین نسبت کاشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۱۲).



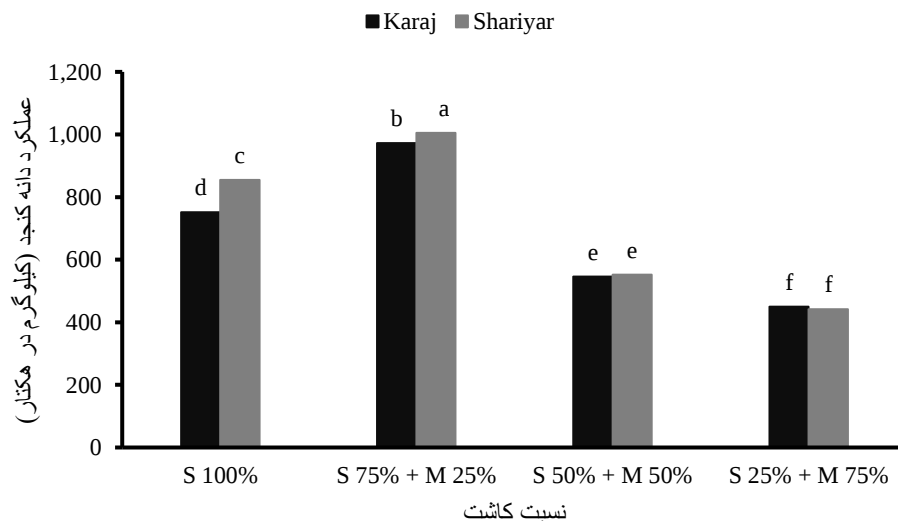
شکل ۴-۱۲ برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان-دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

همان‌طور که در شکل ۴-۱۳ مشاهده می‌شود بیشترین عملکرد دانه کنجد از ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده گوگرد (S_2) و مصرف تیوباسیلوس (T_1) حاصل شد (۸۰۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار عملکرد نیز از تیمار شاهد (S_0) و (T_0) به‌دست آمد (۵۹۳/۱۳ کیلوگرم در هکتار) که اختلاف عملکرد بین این دو ترکیب تیماری ۲۶/۴ درصد بود (شکل ۴-۱۳).



شکل ۱۳-۴ برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه در کنجد از منطقه شهریار و نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ کنجد+ماش با ۱۰۰۴/۸۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد نیز از منطقه شهریار و نسبت کاشت ۲۵٪/۷۵٪ کنجد+ماش با ۴۴۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با این نسبت کاشت در منطقه کرج تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۴-۴).

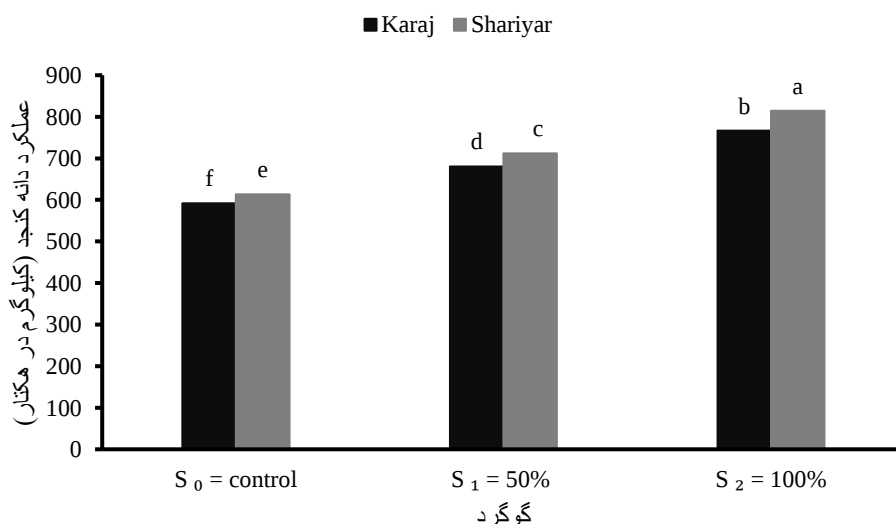


شکل ۱۴-۴ برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر عملکرد دانه گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه کنجد از تیمار S₂ و در منطقه شهریار به‌دست آمد

(۸۱۴/۸۳) و کمترین عملکرد از تیمار S_0 در منطقه کرج حاصل شد (۵۹۲/۲۵) (شکل ۱۵-۴).

از فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک کشتی، به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند آب و مواد غذایی موجود در خاک و استفاده بهتر از نور به دلیل آرایش مفید کانوپی است (رن و همکاران، ۲۰۱۶). به نظر می‌رسد دلیل افزایش عملکرد در این آزمایش کاهش رقابت درون‌گونه‌ای برای کسب منابع رشدی و در نتیجه افزایش تعداد شاخه‌ها، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه باشد (پورامیر و همکاران، ۱۳۸۹). گزارشات زیادی مبنی بر افزایش عملکرد اقتصادی گیاهان در سیستم کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی وجود دارد (سیدی و حمزه‌ای، ۱۳۹۹؛ نیک‌نایی و همکاران، ۱۳۹۶؛ البا و همکاران، ۲۰۱۴؛ یان و همکاران، ۲۰۱۴). استفاده از کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس علاوه بر نقش مستقیم تغذیه‌ای گوگرد بر گیاه، موجب کاهش pH خاک و در دسترس قرار گرفتن مواد معدنی مورد استفاده گیاه شده، که این امر سبب افزایش معنی‌دار میزان عملکرد دانه می‌گردد (اورمان و کاپلان، ۲۰۰۷). مقدار گوگرد مورد نیاز گیاهان بسته به گونه گیاهی و مقدار ماده خشک تولیدی، متفاوت است و در این میان بیشترین میزان مصرف گوگرد برای دانه‌های روغنی و کمترین میزان مصرف برای غلات گزارش شده است (کومار سینگ و کومار سینگ، ۲۰۱۳). صفاری و همکاران در پژوهشی روی گیاه روغنی گلرنگ با توجه به معنی‌دار شدن عملکرد دانه بیان داشتند که اثرات مثبت گوگرد بر متابولیسم گیاهی و تقویت گیاه در مرحله رشد زایشی موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (صفاری و همکاران، ۱۳۹۰). در تیمار تیوباسیلوس افزایش حلالیت فسفات غیرمتحرک و کاهش pH خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد، جذب عناصر غذایی را تحریک می‌کنند و با تاثیر روی فرآیندهای فتوسنتزی سبب بهبود اجزای عملکرد دانه و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه کنگد گردید (رضائی چپانه و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱۵-۴ برهمکنش گوگرد و مکان بر عملکرد دانه گیاه کنگد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۲-۲ عملکرد دانه ماش

جدول ۴-۷ حاکی از آن است اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، برهمکنش مکان و نسبت کاشت، و اثر سه گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" بر عملکرد دانه گیاه ماش ($P \leq 0.01$) معنی دار بوده است.

مقایسات میانگین برهمکنش مکان، نسبت کاشت و گوگرد نشان داد بیشترین عملکرد دانه گیاه ماش از ترکیب تیماری کاشت خالص ماش و مصرف گوگرد به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (S_2) در منطقه شهریار (۱۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار هم از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۵۰٪ و تیمار (S_0) در منطقه کرج به دست آمد (۷۲۰/۹۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد، که اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۳۷/۸۵ درصد است (جدول ۴-۸).

با توجه به این که در نسبت های مخلوط جایگزینی از تراکم ماش در واحد سطح نسبت به کشت خالص این گیاه کاسته شده است این نتیجه دور از انتظار هم نمی تواند باشد (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۸). در واقع، در کشت مخلوط با ایجاد رقابت درون و بین گونه ای، کاهش معنی دار عملکرد دانه ماش مشاهده شد. رقابت گونه های زراعی مختلف در کشت مخلوط یکی از اصول تفکیک ناپذیر در این سیستم می باشد، ولی معمولاً برآیند این الگوی کاشت مثبت خواهد بود (فیونته و همکاران، ۲۰۱۴؛ یان و همکاران، ۲۰۱۴). داودیان و حمزه ای (۱۳۹۸) در پژوهشی که به بررسی سودمندی و کیفیت محصول تولیدی در کشت مخلوط کلزا و نخود پرداختند، به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه کلزا و نخود در کشت خالص بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط بوده است. میزان گوگرد مورد نیاز برای گیاهان به نوع گونه گیاهی و میزان ماده خشک تولیدی، بستگی دارد و در این بین کمترین مقدار مورد نیاز گوگرد برای غلات و بیشترین مقدار مورد نیاز برای دانه های روغنی و پروتئینی گزارش شده است (سینگ و سینگ، ۲۰۱۳). احتمال داده می شود مصرف کود گوگرد علاوه بر اثرات مستقیم تغذیه ای روی گیاه، سبب کاهش اسیدیته خاک و انحلال مواد معدنی تثبیت شده ای که مورد نیاز گیاه است شده، که این موضوع موجب تاثیر معنی دار در افزایش میزان عملکرد دانه می شود (اورمان و کاپلان، ۲۰۰۷). مصرف کود گوگرد به علت تاثیر روی تشکیل آنزیم ها و برخی ترکیبات دیگر که در ساخت و ساز مواد تولیدی موثر هستند، می تواند موجب افزایش عملکرد دانه شود (صف آرا و همکاران، ۱۳۹۵). باکتری های تیوباسیلوس با ترشح مواد محرک رشد قادر هستند دسترسی گیاه به فسفر تثبیت شده خاک را افزایش دهند. این موضوع سبب افزایش عملکرد دانه می شود (درودیان و همکاران، ۱۳۸۹). صف آرا و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی که روی گیاه گلرنگ داشتند با توجه به معنی دار شدن عملکرد دانه بیان داشتند که اثرات مثبت گوگرد بر ساخت و ساز و تقویت بنیه گیاه در مرحله زایشی سبب افزایش میزان عملکرد می شود. جشنی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند استفاده از باکتری تیوباسیلوس عملکرد دانه در کلزا را نسبت به تیمار شاهد ۲۵ درصد افزایش داد.

جدول ۸-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر عملکرد دانه در گیاه ماش (Kg.ha).

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	عملکرد دانه
کرج	کشت خالص ماش	S ₀	۹۰۲/۷ ^{fg}
		S ₁	۹۷۰/۵۷ ^d
		S ₂	۱۰۴۰/۸ ^b
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۸۷۷/۹۶ ^{gh}
		S ₁	۹۶۶/۵۳ ^d
		S ₂	۱۰۳۸/۹۷ ^b
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۷۲۰/۹۵ ^l
		S ₁	۸۰۲/۲۵ ^j
		S ₂	۸۵۵ ^{hi}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۷۸۱ ^{jk}
		S ₁	۸۲۹/۹ ⁱ
		S ₂	۸۹۹/۹۷ ^{fg}
شهریار	کشت خالص ماش	S ₀	۹۰۹/۹۳ ^{ef}
		S ₁	۱۰۲۰/۷ ^{bc}
		S ₂	۱۱۶۰ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۸۹۰/۱۷ ^{fg}
		S ₁	۹۳۶/۰۴ ^e
		S ₂	۱۰۰۹/۸۶ ^c
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۷۳۲/۶۶ ^l
		S ₁	۷۸۹/۱۹ ^{jk}
		S ₂	۸۴۵/۲۴ ⁱ
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۷۷۲/۵۹ ^k
		S ₁	۸۴۳/۵۴ ⁱ
		S ₂	۸۷۶/۹ ^{gh}

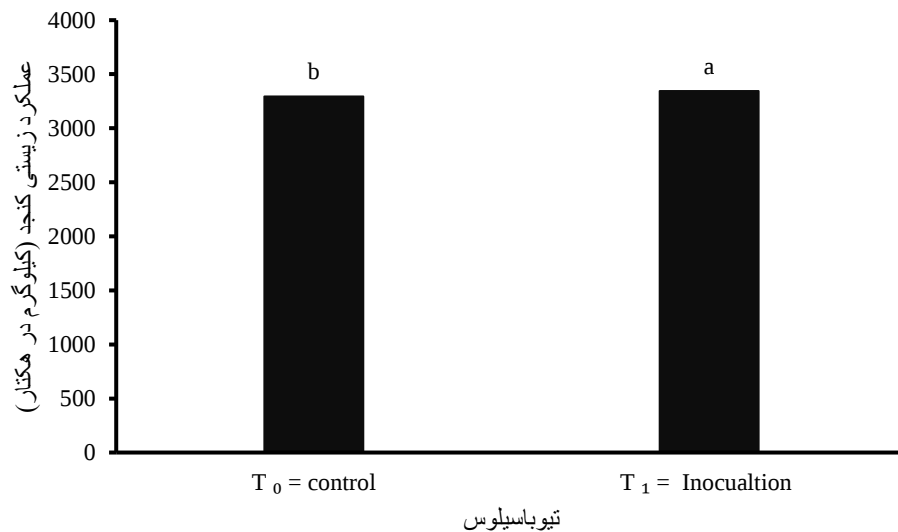
میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۳-۲-۱-۴ عملکرد زیستی کنجد

نتایج تجزیه مرکب داده‌های موجود نشان داد اثرات نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس، برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر عملکرد زیستی کنجد در سطح یک درصد و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۷-۴).

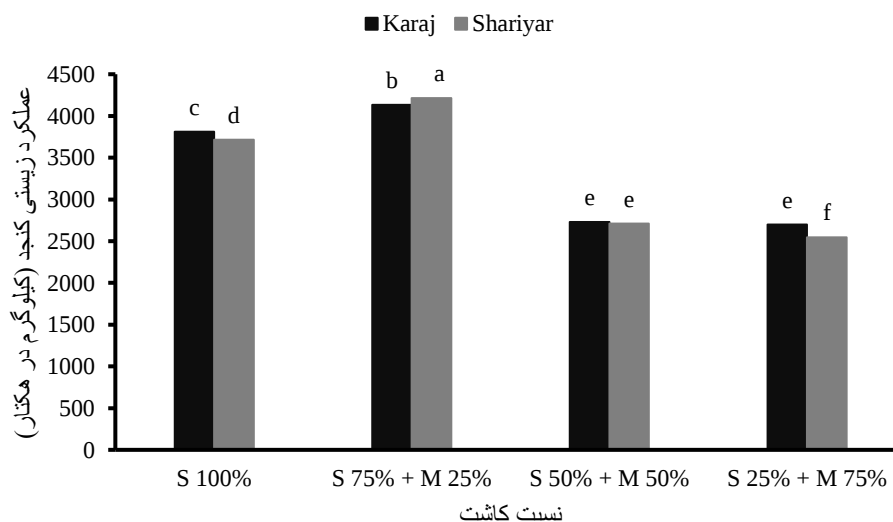
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد زیستی کنجد از تلقیح تیوباسیلوس (T₁) در گروه برتر آماری قرار گرفت (۳۳۴۴/۲۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد از تیمار شاهد عدم مصرف تیوباسیلوس (T₀)

حاصل شد (۳۲۹۵/۴۲ کیلوگرم در هکتار) (شکل ۱۶-۴).



شکل ۱۶-۴ اثر تیوباسیلوس بر عملکرد زیستی گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

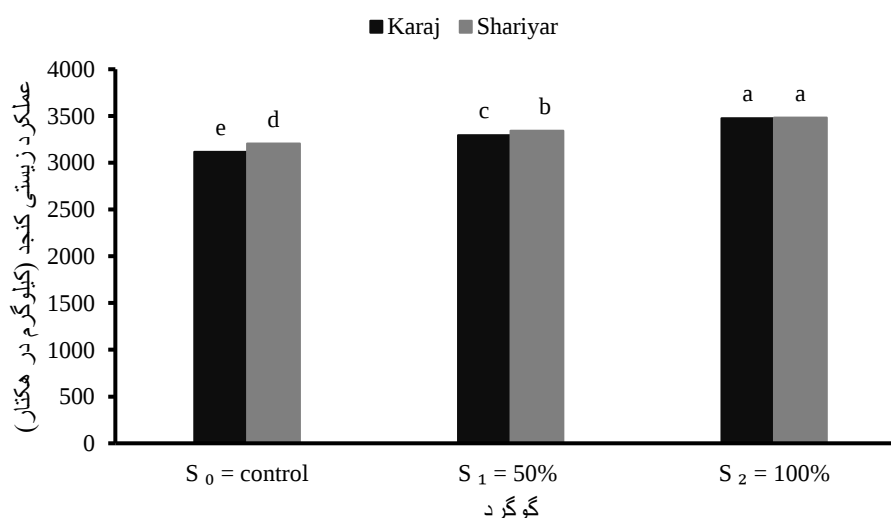
همان‌طور که در شکل ۱۷-۴ مشاهده می‌شود بیشترین عملکرد زیستی کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ کنجد+ماش و از منطقه شهریار حاصل شد (۴۲۱۲/۰۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار عملکرد نیز از نسبت کاشت ۲۵٪/۷۵٪ کنجد+ماش و از منطقه شهریار به‌دست آمد (۲۵۴۵ کیلوگرم در هکتار) که اختلاف عملکرد بین این دو ترکیب تیماری ۳۹/۵۸ درصد بود (شکل ۱۷-۴).



شکل ۱۷-۴ برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر عملکرد زیستی گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین عملکرد زیستی کنجد از منطقه شریار و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۳۴۸۲/۶۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با همین میزان مصرف گوگرد در منطقه کرج در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین عملکرد نیز از منطقه کرج و تیمار شاهد با ۳۱۱۵/۷۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۱۸-۴).

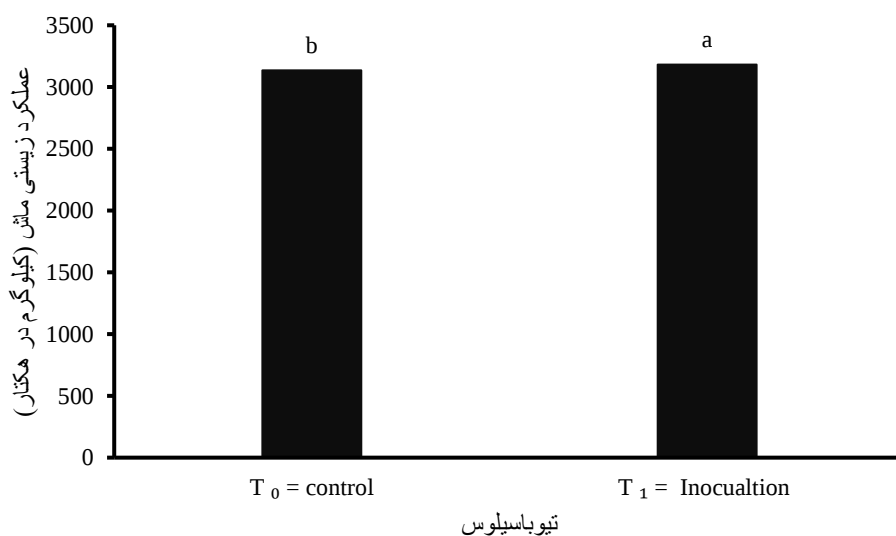
چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر به خاطر توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط ماش در این نسبت کاشت بوده که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آن، بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این امر منجر به بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد کنجد در این نسبت کاشت شده است (رضائی چیا، ۱۳۹۵). پراجاپات و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به ارزیابی تاثیر الگوی کاشت و گوگرد بر کشت مخلوط کنجد و ماش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد زیستی کنجد، از کشت مخلوط ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش حاصل شد. اسیدی کردن موضعی خاک، افزایش قابلیت انحلال عناصر، افزایش جذب مواد، افزایش راندمان گیاهان در فرآیندهای فتوسنتز و تنفس و دوام بیشتر برگ‌های گیاه، سبب بهبود عملکرد می‌شود (سید شریفی و همکاران، ۲۰۱۷). قاسمی و موسوی نیک (۱۳۹۳) تاثیر مثبت گوگرد روی عملکرد زیستی گیاه کرچک را گزارش کردند. بابایی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تاثیر کود میکروبی گوگردی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه دریافتند که استفاده از کود گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس علاوه بر کاهش pH خاک، قابلیت استفاده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داد و از این طریق، عملکرد و اجزای عملکرد سویا بهبود یافت. احتمالاً در تحقیق حاضر نیز استفاده از باکتری تیوباسیلوس، شرایط لازم برای جذب بیشتر و بهتر عناصر غذایی را فراهم آورده و با بهبود اجزای عملکرد در نهایت منجر به افزایش عملکرد کنجد شد.



شکل ۱۸-۴ برهمکنش گوگرد و مکان بر عملکرد زیستی گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۲-۴ عملکرد زیستی ماش

نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد اثر مکان، نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و بر همکنش اثر سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" بر عملکرد زیستی ماش معنی‌دار ($P \leq 0/01$) شد (جدول ۴-۷). بررسی میانگین‌ها نشان داد که مصرف تیوباسیلوس (T_1) در گروه برتر آماری قرار گرفت ($3182/46$ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار عملکرد نیز از تیمار شاهد (T_0) حاصل شد ($3135/67$ کیلوگرم در هکتار) (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۹ اثر تیوباسیلوس بر عملکرد زیستی گیاه ماش (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسات میانگین برهمکنش مکان، نسبت کاشت و گوگرد نشان داد بیشترین عملکرد زیستی ماش از ترکیب تیماری کاشت خالص ماش و مصرف گوگرد به میزان 300 کیلوگرم در هکتار (S_2) در منطقه شهریار (3601 کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار هم از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۵۰٪ و تیمار (S_0) در منطقه کرج به‌دست آمد (2707 کیلوگرم در هکتار)، که اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۲۵ درصد است (جدول ۴-۹).

بعضی از پژوهشگران اعتقاد دارند که عملکرد بیولوژیک و هم‌چنین عملکرد دانه برخی گیاهان (عمدتاً بقولات) به‌طور معنی‌داری در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد که دلیل آن افزایش رقابت بین‌گونه‌ای به سبب کاهش سهم بوته‌ها جهت بهره‌گیری از نور و عناصر غذایی در این سیستم کاشت است (دوسا و استن، ۲۰۱۳؛ گائو و همکاران، ۲۰۱۰). دوتانیا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی که روی کشت مخلوط کنجد و ماش داشتند بیان کردند که عملکرد زیستی ماش در تیمارهای مخلوط نسبت به کنجد کاهش داشته است. معنی‌دار شدن تاثیر مصرف گوگرد به عواملی نظیر پایین بودن آهک و رطوبت خاک، سولفات قابل جذب

و میزان کربن آلی خاک در ارتباط است و همچنین عدم تاثیر معنی دار استفاده از گوگرد می تواند به دلیل اکسیداسیون نامناسب در خاک باشد (بشارتی و مطلبی فرد، ۱۳۹۴). اسیدی کردن موضعی خاک، افزایش قابلیت انحلال عناصر، افزایش جذب مواد افزایش راندمان گیاهان در فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و دوام بیشتر برگ های گیاه سبب بهبود عملکرد می شود. باکتری های تیوباسیلوس با تسریع در اکسایش گوگرد، تغییر اسیدیته خاک، بهبود شرایط خاک برای جذب عناصر ریز مغذی و پر مصرف مورد نیاز گیاهان مختلف در خاک های آهکی و قلیایی موجب افزایش عملکرد گیاهان می شوند (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۴). سعیدی نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به تاثیر مصرف گوگرد و کود دامی روی ارقام کنجد پرداختند. آن ها بیان داشتند که استفاده از کود گوگرد بر عملکرد زیستی گیاه کنجد تاثیر مثبت و معنی داری داشت. همچنین صف آرا و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش ۸/۳۶ درصدی عملکرد زیستی گیاه گلرنگ شد. دباغیان و همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند که بیشترین عملکرد زیستی گیاه سویا از تیمار مصرف هم زمان ۵۰ کیلوگرم گوگرد و باکتری تیوباسیلوس حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۴۱ درصدی داشت.

جدول ۹-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر عملکرد زیستی در گیاه ماش (Kg.ha).

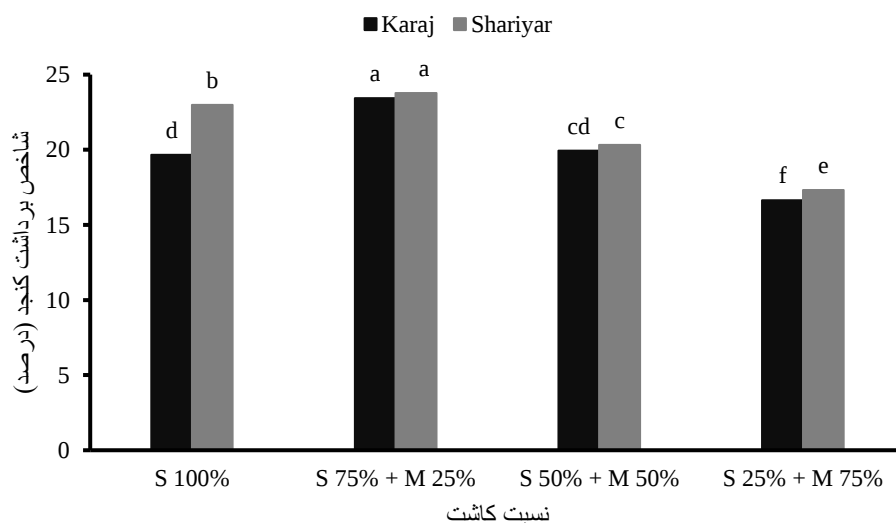
مکان	نسبت کاشت	گوگرد	عملکرد زیستی
کرج	کشت خالص ماش	S ₀	۳۲۶۹ ^d
		S ₁	۳۳۸۲ ^c
		S ₂	۳۴۴۰ ^c
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۳۱۵۹ ^e
		S ₁	۳۲۸۳ ^d
		S ₂	۳۳۹۱ ^c
		S ₀	۲۷۰۷ ^k
		S ₁	۲۸۷۳ ^{hi}
		S ₂	۳۰۱۸ ^f
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۲۸۰۲ ^j
		S ₁	۲۸۹۹ ^{gh}
		S ₂	۳۱۴۵ ^e
شهریار	کشت خالص ماش	S ₀	۳۳۱۹ ^d
		S ₁	۳۴۳۰ ^c
		S ₂	۳۶۰۱ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۳۲۹۱ ^d
		S ₁	۳۳۸۴ ^c
		S ₂	۳۵۱۰ ^b
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۲۸۳۵ ^{ij}
		S ₁	۲۹۴۱ ^g

۳۰۹۹ ^e	S ₂	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد
۲۹۱۲ ^{gh}	S ₀	
۳۰۰۳ ^f	S ₁	
۳۱۱۵ ^e	S ₂	

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

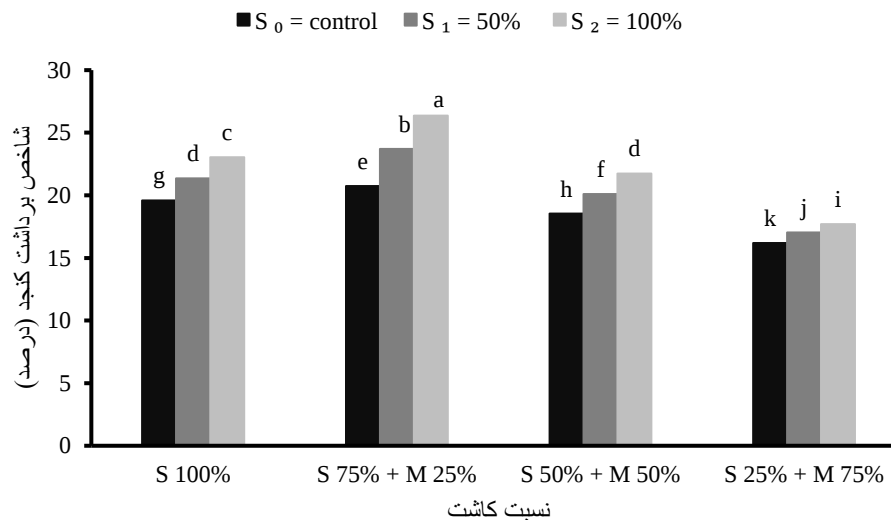
۴-۱-۲-۵ شاخص برداشت کنجد

جدول تجزیه مرکب بیان‌گر معنی‌دار شدن اثرات نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و هم‌چنین برهمکنش اثرات نسبت کاشت و گوگرد، نسبت کاشت و تیوباسیلوس، مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس در سطح پنج درصد بر شاخص برداشت کنجد بود (جدول ۴-۷). بیشترین شاخص برداشت کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۲۳/۷۸ درصد حاصل شد که با همین نسبت کاشت در منطقه کرج تفاوت معنی‌داری دیده نشد و کمترین مقدار این شاخص نیز از نسبت کاش ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه کرج با ۱۶/۶۵ درصد مشاهده گردید (شکل ۴-۲۰).



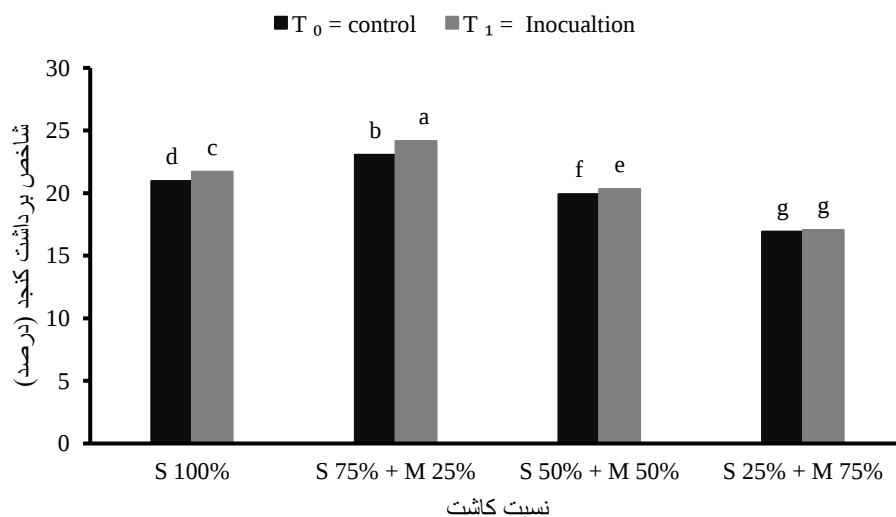
شکل ۴-۲۰ برهمکنش نسبت کاشت و مکان بر شاخص برداشت گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین شاخص برداشت کنجد از برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش با تیمار S₂ با ۲۶/۳۶ درصد و کمترین مقدار این شاخص از ترکیب تیماری ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ ماش و تیمار شاهد با ۱۶/۲ درصد حاصل شد (شکل ۴-۲۱).



شکل ۴-۲۱ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص برداشت گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسات میانگین‌ها نشان داد بیشترین شاخص برداشت کنجد از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ کنجد+ماش و استفاده از تیوباسیلوس (T₁) با ۲۴/۱۷ درصد و کمترین مقدار از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪/۷۵٪ کنجد+ماش و شاهد (T₀) به مقدار ۱۶/۹۱ درصد حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با مصرف تیوباسیلوس در این نسبت کاشت وجود نداشت (شکل ۴-۲۲).

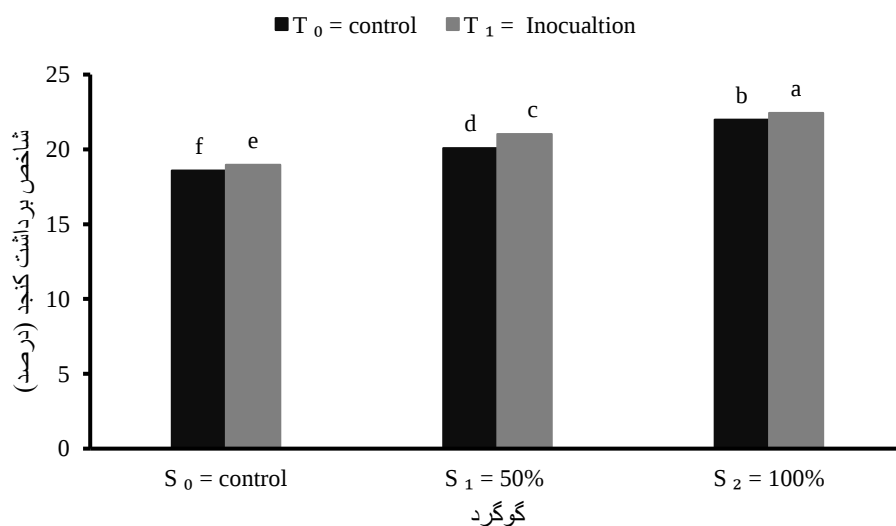


شکل ۴-۲۲ برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر شاخص برداشت گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

همان‌طور که در شکل ۴-۲۳ مشاهده می‌شود بیشترین شاخص برداشت کنجد از تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم

گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس (۲۲/۴۴ درصد) و کمترین مقدار نیز از تیمار شاهد گوگرد و تیوباسیلوس حاصل شد (۱۸/۵۸ درصد) (شکل ۲۳-۴).

علت این موضوع می‌تواند افزایش بیشتر رشد زایشی نسبت به رشد رویشی باشد به عبارت دیگر افزایش عملکرد دانه نسبت به افزایش عملکرد زیستی بیشتر بوده است. این امر نشان می‌دهد که کشت مخلوط با ایجاد تنوع در ساختار یک بوم‌نظام زراعی می‌تواند به عنوان راهکاری اکولوژیکی، سهم ویژه‌ای در بالا بردن عملکرد و در نتیجه بالا بردن شاخص برداشت داشته باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۵). بهبود شاخص برداشت در کشت مخلوط، اغلب از طریق افزایش ظرفیت گونه‌ها برای جذب و مصرف فیزیولوژیکی منابع توسط آن‌ها حاصل می‌شود. همچنین بهبود شاخص برداشت را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن نسبت داد. زیرا نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه بهبود عملکرد و شاخص برداشت می‌باشد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیقی که روی اثر همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه و نخود در کشت مخلوط صورت گرفت، میزان شاخص برداشت سیاهدانه در تمام نسبت‌های کاشت مخلوط از کشت خالص بیشتر بود، اما کشت مخلوط بر شاخص برداشت نخود تاثیرگذار نبود (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۹). افزایش سطوح گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس علاوه بر رفع نیاز گیاه به گوگرد، سبب کاهش pH خاک شده و در نتیجه جذب عناصر غذایی افزایش یافته و این موجب افزایش عملکرد می‌شود. شاه و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که بیشترین شاخص برداشت کنگد از ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و کمترین شاخص برداشت از تیمار شاهد حاصل شد.

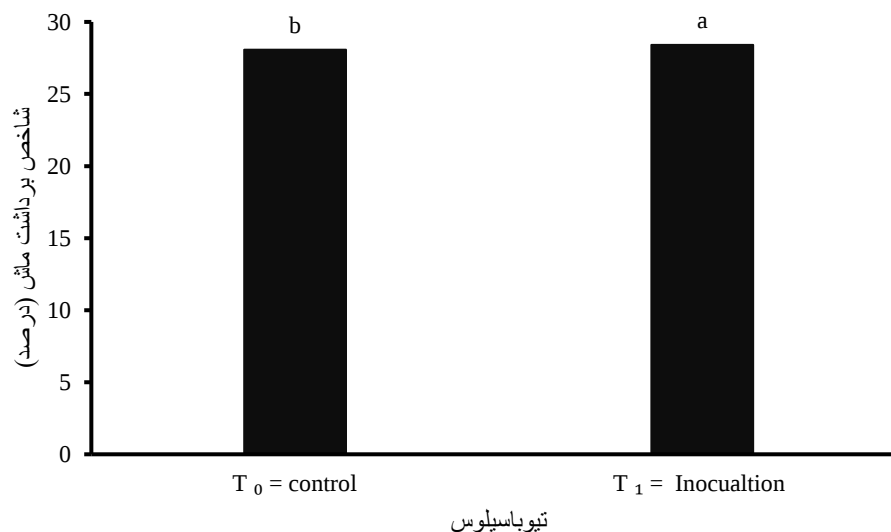


شکل ۲۳-۴ برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر شاخص برداشت گیاه کنگد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۲-۶ شاخص برداشت ماش

اثر نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، برهمکنش مکان و نسبت کاشت و اثر سه گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" در سطح یک درصد و اثر اصلی مکان در سطح پنج درصد بر شاخص برداشت معنی دار شد (جدول ۴-۷).

بررسی میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با مصرف تیوباسیلوس (T_1) (۲۸/۴۱ درصد) و کمترین مقدار شاخص برداشت نیز از تیمار شاهد (T_0) حاصل شد (۲۸/۰۸ درصد) (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴ اثر تیوباسیلوس بر شاخص برداشت گیاه ماش (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسات میانگین برهمکنش مکان، نسبت کاشت و گوگرد نشان داد بیشترین شاخص برداشت گیاه ماش از ترکیب تیماری کاشت خالص ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S_2) در منطقه شهریار (۳۲/۲ درصد) و کمترین مقدار هم از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۵۰٪ و تیمار شاهد S_0 در منطقه شهریار به دست آمد (۲۵/۸۳ درصد) حاصل شد، که اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۱۹/۷۸ درصد بود (جدول ۴-۱۰).

شاخص برداشت، مقیاسی برای اندازه‌گیری تسهیم مواد فتوسنتزی بین بخش‌های رویشی و زایشی در طول دوره رشد می‌باشد (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). احتمالاً دلیل بیشتر بودن شاخص برداشت در منطقه شهریار شرایط رشدی مناسب‌تر، از جمله تراکم کمتر علف‌های هرز و در نتیجه دسترسی کسب منابع بیشتر توسط ماش بوده است. به نظر می‌رسد علت کاهش شاخص برداشت ماش در کشت مخلوط، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک است. دلیل بالاتر بودن شاخص برداشت در کشت خالص ماش، کاهش رقابت بین‌گونه‌ای، خروج از سایه‌انداز کنگد و دریافت نور بیشتر بود. مهدی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) بیشترین شاخص برداشت ماش در کشت مخلوط با کنگد را از کشت خالص گزارش کرد. افزایش شاخص برداشت در شرایط استفاده هم‌زمان گوگرد و تیوباسیلوس نشان‌دهنده این موضوع است که علی‌رغم افزایش عملکرد زیستی و

عملکرد دانه، میزان افزایش عملکرد دانه بیشتر از عملکرد زیستی بوده است. با توجه به افزایش تعداد نیام در بوته و دانه در نیام؛ احتمالاً علت این موضوع به دلیل افزایش ظرفیت مخزن در شرایط استفاده هم‌زمان گوگرد و تیوباسیلوس است. موسوی نیک (۱۳۹۱) گزارش کرد که بیشترین شاخص برداشت در گیاه اسفرزه با ۲۴/۷۷ درصد از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار و کمترین میزان شاخص برداشت با ۲۲/۳۵ درصد از تیمار شاهد حاصل شد. همچنین دباغیان و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که بیشترین میزان شاخص برداشت از مصرف هم‌زمان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس به‌دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت.

جدول ۱-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر شاخص برداشت در گیاه ماش (٪).

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	شاخص برداشت
کرج	کشت خالص ماش	S ₀	۲۷/۶۱ ^{hijk}
		S ₁	۲۸/۷ ^f
		S ₂	۳۰/۲۵ ^{bc}
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۲۷/۸ ^{hij}
		S ₁	۲۹/۴۴ ^{de}
		S ₂	۳۰/۶۳ ^b
		S ₀	۲۶/۶۲ ^m
		S ₁	۲۷/۹۳ ^{ghij}
		S ₂	۲۸/۳۲ ^{fgh}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۲۷/۸۸ ^{hij}
		S ₁	۲۸/۶۲ ^{fg}
		S ₂	۲۸/۶۲ ^{fg}
شهریار	کشت خالص ماش	S ₀	۲۷/۴۲ ^{ijkl}
		S ₁	۲۹/۷۵ ^{cd}
		S ₂	۳۲/۲ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۲۷/۰۵ ^{klm}
		S ₁	۲۷/۶۶ ^{hijk}
		S ₂	۲۸/۷۷ ^{ef}
		S ₀	۲۵/۸۳ ⁿ
		S ₁	۲۶/۸۲ ^{lm}
		S ₂	۲۷/۲۷ ^{klm}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۲۶/۵۳ ^{mn}
		S ₁	۲۸/۰۹ ^{fghi}
		S ₂	۲۸/۱۵ ^{fghi}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۱-۲-۷ ارتفاع کنجد

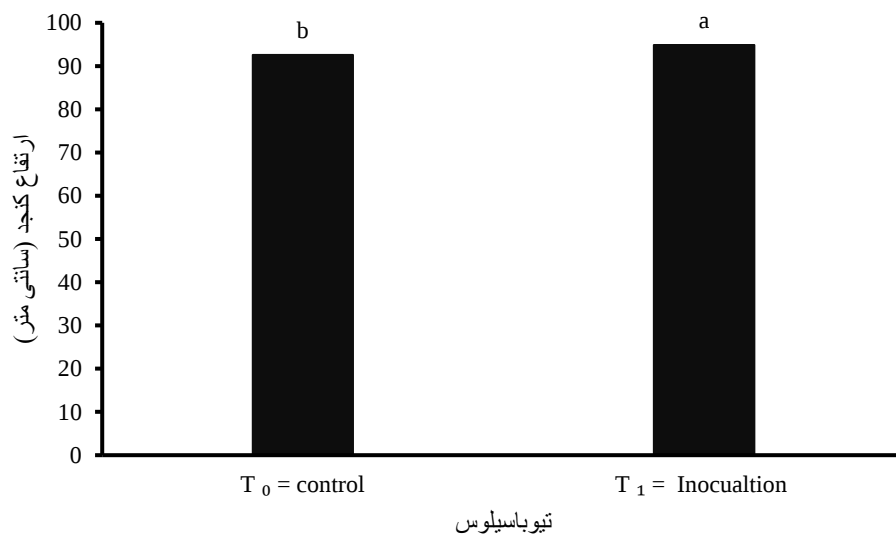
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل مکان و نسبت کاشت در سطح پنج درصد بر ارتفاع کنجد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۱).

جدول ۴-۱۱. نتایج تجزیه داده‌های ارتفاع کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع کنجد	ارتفاع ماش
مکان (L)	۱	۰/۰۴۳	۴۸۵/۸۳**
خطای اول	۴	۲۸/۹۲	۱۳/۲۱
مخلوط (M)	۳	۶۳/۵**	۱۳/۱۷**
گوگرد (S)	۲	۱۴۴۲**	۱۰۹۴/۴۶**
تیوباسیلوس (T)	۱	۱۷۴/۴۶**	۱۱۲/۵۴**
M×S	۶	۳۰/۳**	۳/۷۷
M×T	۳	۵/۷۹	۲/۶۵
S×T	۲	۱۴/۹۷	۱/۱۶
M×S×T	۶	۱/۸۴	۰/۹۳
L×M	۳	۲۸/۵۸*	۱۱/۲۵**
L×S	۲	۱/۶۹	۴۳/۳۷**
L×T	۱	۳/۵۱	۶/۰۴
L×M×S	۶	۱۵/۴	۳/۸
L×M×T	۳	۱/۲۸	۲/۱۲
L×S×T	۲	۱/۴۱	۲/۲۸
L×M×S×T	۶	۲/۱	۲/۵۳
خطای دوم	۹۲	۷/۶۸	۲/۷۴

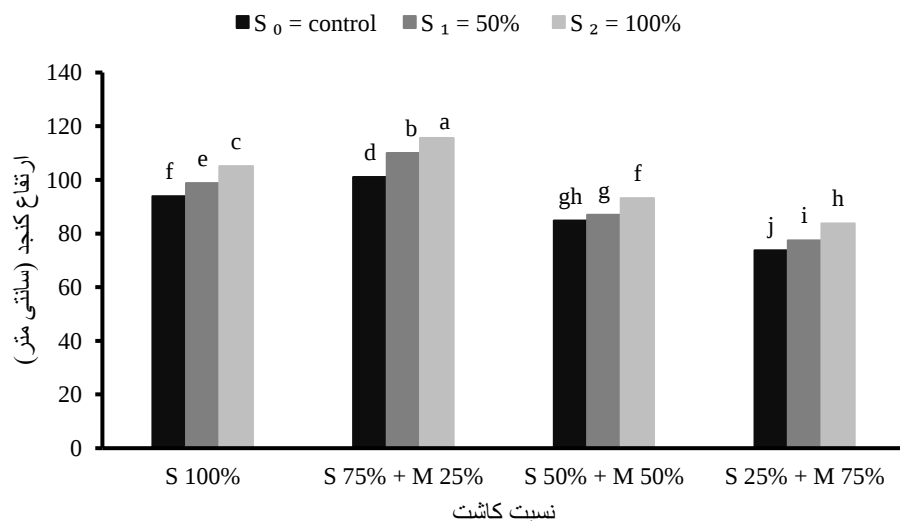
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

تیمار تلقیح تیوباسیلوس با ارتفاع بوته ۹۴/۸۳ سانتی‌متر در گروه برتر نسبت به تیمار شاهد قرار گرفت، اختلاف این دو تیمار سه درصد بود (شکل ۴-۲۵).



شکل ۲۵- اثر تیوباسیلوس بر ارتفاع گیاه کنجد (سانتی متر) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در کنجد با ۱۱۵/۵۸ سانتی متر از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و ۳۰۰ کیلوگرم مصرف گوگرد به دست آمد و کمترین ارتفاع با ۷۳/۷۵ سانتی متر از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد (S₀) حاصل شد (شکل ۲۶-۴).

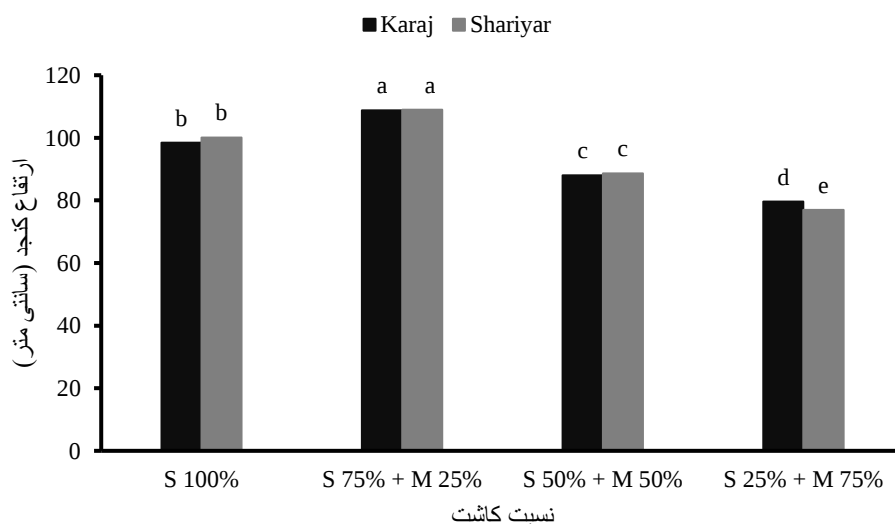


شکل ۲۶-۴ بره کمش نسبت کاشت و گوگرد بر ارتفاع گیاه کنجد (سانتی متر) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

با توجه به شکل ۲۷-۴ بیشترین ارتفاع بوته در کنجد از ترکیب تیماری ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۱۰۹ سانتی متر مشاهده شد که تفاوت معنی داری با همین نسبت کاشت در منطقه کرج مشاهده

نشد و کمترین ارتفاع بوته نیز از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۷۷ سانتی‌متر مشاهده گردید. اختلاف بین این دو تیمار ۳۰ درصد بود (شکل ۲۷-۴).

می‌توان اظهار کرد یکی از دلایل افزایش ارتفاع ساقه کند در تیمارهای مخلوط با ماش، تثبیت زیستی نیتروژن توسط این لگوم می‌باشد. نیتروژنی که توسط فرآیند تثبیت زیستی لگوم تولید و فراهم می‌شود، به دلیل این که به‌طور تدریجی آزاد می‌شود و میزان فراهمی آن نیز تا حد زیادی با نیاز گیاه غیر لگوم منطبق است، به مراتب تاثیر بیشتری بر افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع محصول خواهد داشت (سلیمان و تران، ۲۰۱۴). احسانی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) بیان داشتند که بیشترین ارتفاع ساقه گیاه نیشکر از تیمار کشت مخلوط همراه با لوبیا چشم بلبلی حاصل گردید. ارتفاع بوته مانند هر کدام از صفات رویشی و زایشی به شدت تحت تاثیر عناصر غذایی قرار می‌گیرد. دسترسی گیاهان به مواد معدنی و آب کافی، خصوصا عنصر نیتروژن از طریق تاثیر بر تقسیم سلولی و بزرگ شدن آن‌ها در افزایش ارتفاع گیاه موثر است. بهبود خصوصیات خاک و قابل جذب شدن مواد معدنی به علت مصرف گوگرد می‌تواند موجب افزایش ارتفاع بوته شود. عناصر نیتروژن و فسفر تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی ارتفاع گیاه دارند. پژوهش‌ها نشان داده است که استفاده از کودهای گوگردی و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش ارتفاع بوته کنجد به‌طور معنی‌داری می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۸؛ رازا و همکاران، ۲۰۱۸؛ سوان و همکاران، ۲۰۱۹). نشان داده شده است که مصرف گل گوگرد و استفاده از باکتری تیوباسیلوس در افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته ذرت دانه‌ای نقش دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶).

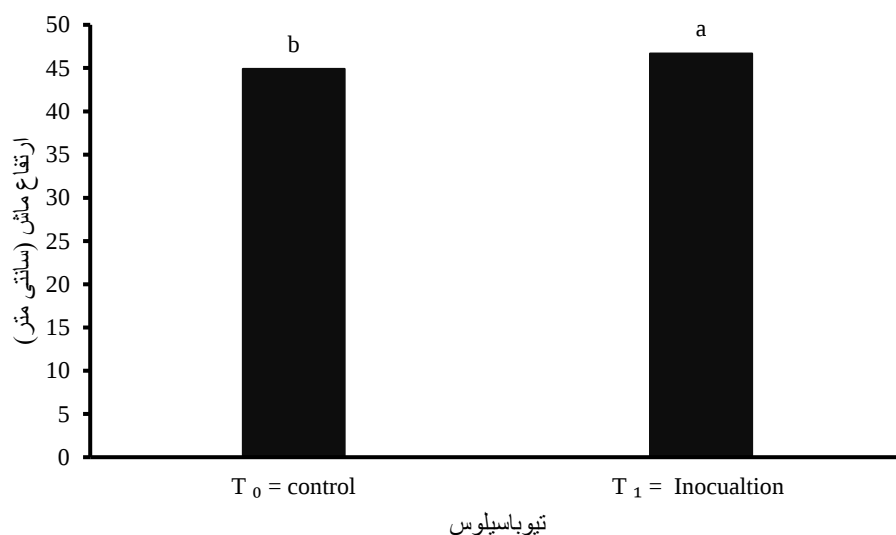


شکل ۲۷-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر ارتفاع گیاه کنجد (سانتی‌متر) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۸-۲-۱-۴ ارتفاع ماش

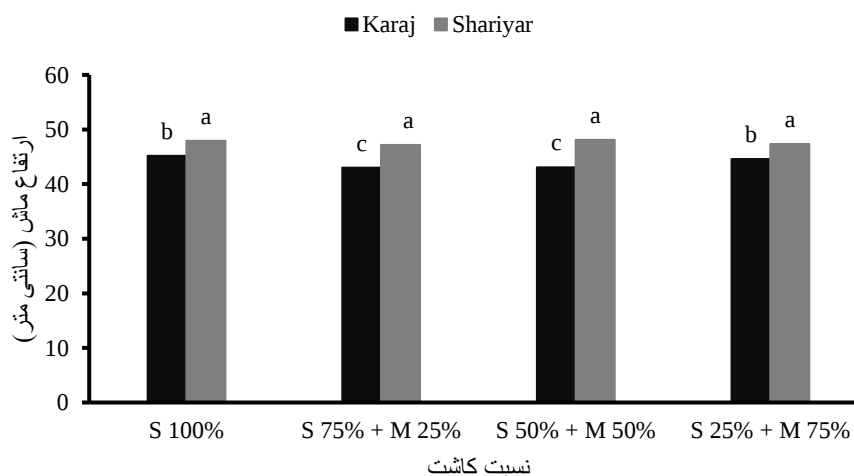
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی مکان، نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش مکان

و نسبت کاشت، و مکان و گوگرد ($P \leq 0.01$) بر ارتفاع ماش معنی دار شد (جدول ۴-۱۱).
 شکل ۴-۲۸ بیان گر این است که بیشترین ارتفاع بوته ماش از تلقیح تیوباسیلوس حاصل شد (۴۶/۶۸ cm) که نسبت به تیمار شاهد (T_0) با (۴۴/۹۱ cm) چهار درصد اختلاف داشت (۴-۲۸).



شکل ۴-۲۸ اثر تیوباسیلوس بر ارتفاع گیاه ماش (سانتی متر) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

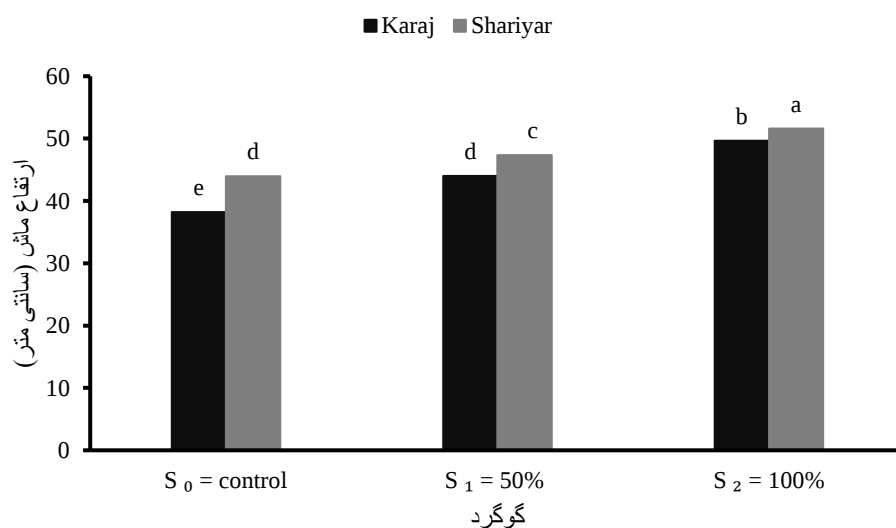
مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در ماش با ۴۸/۱۱ سانتی متر از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۵۰ درصد در منطقه شهریار به دست آمد و کمترین ارتفاع با ۴۳/۰۴ سانتی متر از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه کرج حاصل شد، نکته قابل ذکر در این شاخص عدم تفاوت معنی دار بین تمام نسبت های کاشت در منطقه شهریار می باشد (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۹ بره کمزش مکان و نسبت کاشت بر ارتفاع گیاه ماش (سانتی متر) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

با بررسی میانگین‌ها مشاهده شد بیشترین ارتفاع بوته در ماش با ۵۱/۶۲ سانتی‌متر از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم مصرف گوگرد (S_2) در منطقه شهریار به‌دست آمد و کمترین ارتفاع با ۳۸/۲۲ سانتی‌متر از تیمار شاهد (S_0) حاصل شد (شکل ۳۰-۴).

از نظر آماری تفاوتی بین ارتفاع ماش در کشت مخلوط و کشت خالص در منطقه شهریار وجود نداشت، اما در منطقه کرج بیشترین ارتفاع بوته از کشت خالص مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که علت کاهش ارتفاع بوته ماش در کشت مخلوط به‌دلیل فشار رقابتی بیشتر بین بوته‌ها بر سر آب، مواد غذایی و فضای زیستی بوده که سبب کاهش جذب نور و کاهش رشد و در نهایت محدودیت تولید مواد فتوسنتزی توسط ماش شده و به دنبال آن سبب کاهش رشد رویشی شده، و در نتیجه ارتفاع ماش را در کشت مخلوط کاهش داده است (رضائی چیاپانه و قلی‌نژاد، ۱۳۹۳). دوتانیا و همکاران (۲۰۲۱) بیشترین ارتفاع بوته ماش را از نسبت کاشت (کنجد ۲:۱ ماش) گزارش کردند. رشد طولی و ارتفاع گیاه، حاصل جمع چندین ویژگی و صفت رشدی گیاه می‌باشد که منجر به تداوم و تشدید فرآیندهای تقسیم و مخصوصاً طولیل شدن سلولی می‌گردند (مردانلو و همکاران، ۲۰۱۸). دسترسی گیاهان به عناصر معدنی و رطوبت، بر تقسیمات سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها اثرگذار است و به همین دلیل بر رشد ارتفاع گیاه موثر است. یکی از عناصر معدنی ضروری در رشد رویشی و زایشی گیاهان گوگرد می‌باشد و کمبود این عنصر موجب کاهش تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود. دورودیان و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های تیوباسیلوس تولید هورمون اکسین است. از آنجایی که اکسین نقش مهمی در تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها دارد، به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع گیاهان در حضور باکتری‌های تیوباسیلوس به همین علت باشد. موسوی‌نیک (۲۰۱۲) گزارش کرد که بیشترین ارتفاع بوته در گیاه اسفرزه (۳۴/۱۸ سانتی‌متر) از تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار و کمترین ارتفاع (۱۹/۰۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود. نوربخش و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی روی گلرنگ گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و سه کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد اختلاف ۲۸/۴۳ درصدی داشت.



شکل ۳۰-۴ بره‌مکنش مکان و گوگرد بر ارتفاع گیاه ماش (سانتی‌متر) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۳-۱-۴ شاخص‌های فیزیولوژیک کنجد و ماش

۳-۱-۳-۱ کلروفیل a کنجد

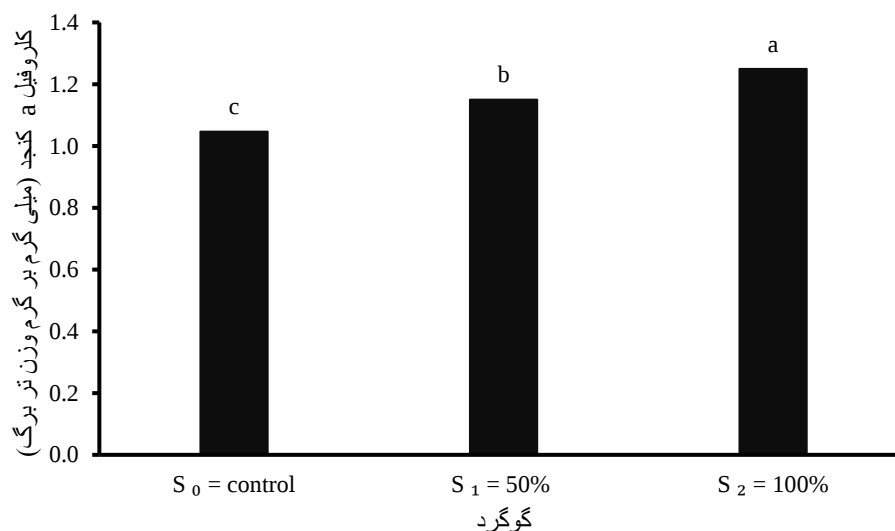
نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تمام اثرات اصلی در سطح یک درصد و برهم‌کنش مکان و نسبت کاشت در سطح پنج درصد بر کلروفیل a کنجد معنی‌دار شد (جدول ۱۲-۴).

جدول ۱۲-۴. نتایج تجزیه داده‌های شاخص‌های فیزیولوژیک کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a کنجد	کلروفیل a ماش	کلروفیل b کنجد	کلروفیل b ماش	کلروفیل کل کنجد	کلروفیل کل ماش
مکان (L)	۱	۰/۴۳**	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۹**	۰/۴۶**	۰/۰۴**
خطای اول	۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۲	۰/۰۰۲
مخلوط (M)	۳	۱/۱۳**	۰/۰۲**	۰/۲۶۲**	۰/۰۲۳**	۲/۱۵**	۰/۰۵**
گوگرد (S)	۲	۰/۴۹**	۰/۹۷**	۰/۰۰۰۷	۰/۰۳**	۰/۵۲۵**	۱/۳۴**
تیوباسیلوس (T)	۱	۰/۵۳**	۰/۰۸**	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵**	۰/۰۵۲**	۰/۱۲۴**
M×S	۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹**
M×T	۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۲
S×T	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶**
M×S×T	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۷
L×M	۳	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۳	۰/۰۳۹**
L×S	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۶*
L×T	۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۳	۰/۰۱**
L×M×S	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۳	۰/۰۱۲**
L×M×T	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴*
L×S×T	۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۶
L×M×S×T	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۴
خطای دوم	۹۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱

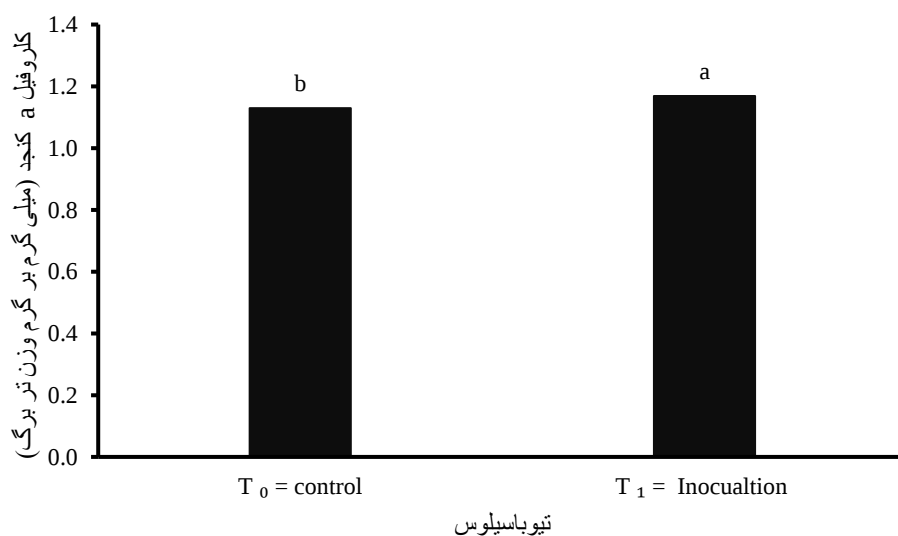
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد موجب افزایش محتوی کلروفیل a نسبت به سایر تیمارها در گیاه کنجد شد. بیشترین میزان کلروفیل a به میزان ۱/۲۵ (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از تیمار S₂ و کمترین مقدار از تیمار شاهد با ۱/۰۵ (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد (شکل ۳۱-۴).



شکل ۳۱-۴ اثر گوگرد بر کلروفیل a گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

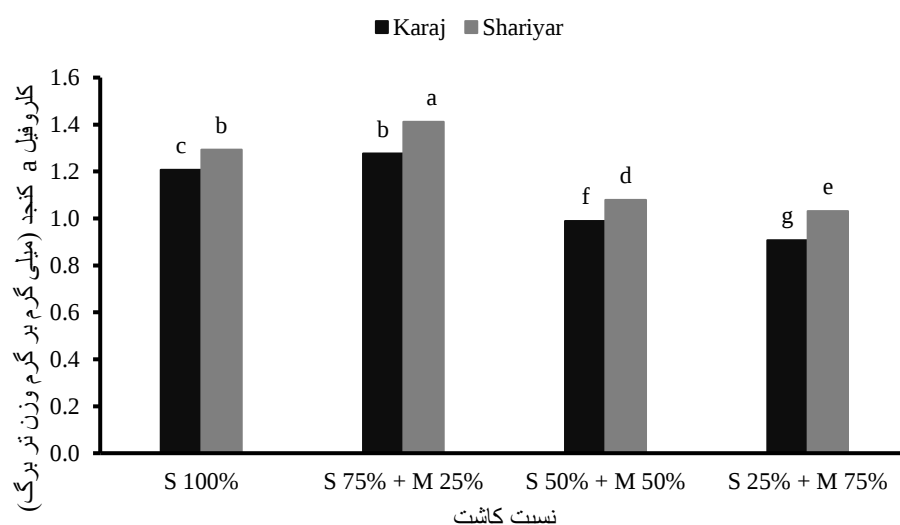
بیشترین مقدار کلروفیل a در گیاه کنجد از تلقیح تیوباسیلوس (T₀) با ۱/۱۷ (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) به دست آمد که این مقدار نسبت به تیمار شاهد ۳/۵ درصد بیشتر بود (شکل ۳۲-۴).



شکل ۳۲-۴ اثر تیوباسیلوس بر کلروفیل a گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه شهریار حاصل شد (۱/۴۱ mg/gfw) و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه کرج به دست آمد (۰/۹۱ mg/gfw). اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۳۵/۴۶ درصد بود (شکل ۳۳-۴).

غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاه است (ژانگ پروما و همکاران، ۲۰۱۰). علت این امر را می توان به سایه اندازی گیاهان روی همدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط ماش نسبت داد. بالا بودن شاخص کلروفیل در کشت مخلوط موجب افزایش راندمان فتوسنتزی گیاهان در کشت مخلوط می گردد. بالا رفتن میزان کلروفیل برگ سبب بهبود فتوسنتز می شود، این امر با تولید آسیمیلات بیشتر موجب افزایش تقسیم سلولی و اندازه سلول ها می شود و در نهایت شاخص سطح برگ و عملکرد افزایش می یابد (راعی و همکاران، ۱۳۹۹). در بررسی جنبه های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا و ارزن معمولی گزارش شده است که کشت مخلوط موجب افزایش میزان کلروفیل برگ سویا و ارزن گردید (احمدوند و حاجی نیا، ۱۳۹۳). کاکولوند و همکاران (۱۳۹۶) اظهار داشتند که در کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه، الگوی کاشت موجب افزایش معنی دار کلروفیل a گیاه شنبلیله شد. استفاده از گوگرد به علت تاثیر بر فعال کردن برخی آنزیم ها و کمک به تولید بعضی از ترکیبات که در تولیدات فتوسنتزی نقش دارند قابلیت افزایش کلروفیل ها را دارند (کاپریوا و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهشگران معتقدند با افزایش کودهای زیستی در ترکیب با کودهای شیمیایی مانند گوگرد، دسترسی به آهن و منیزیم افزایش می یابد. این عناصر در کلروفیل سازی موثر می باشند، بنابراین محتوی کلروفیل برگ افزایش می یابد (آمیان پوری و همکاران ۲۰۱۵). غلامی و همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند که مصرف گوگرد و تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر کلروفیل برگ ذرت داشت.

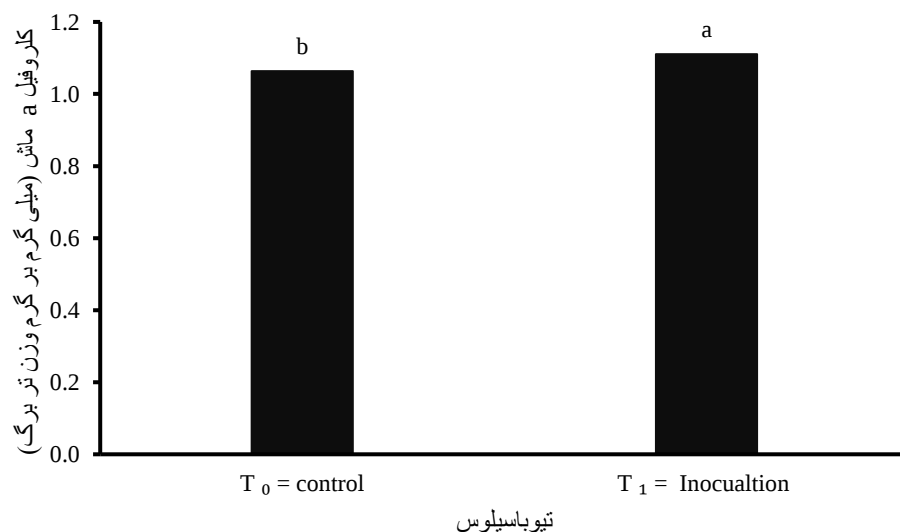


شکل ۳۳-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر کلروفیل a گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان-دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

۲-۳-۱-۴ کلروفیل a ماش

همان‌طور که در جدول ۴-۱۲ مشاهده می‌گردد اثرات نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت و اثر سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" ($P \leq 0.01$) روی کلروفیل a گیاه ماش معنی‌دار شد.

بیشترین مقدار کلروفیل a گیاه ماش از تیمار مصرف تیوباسیلوس (T_1) با ۱/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۴/۵ درصدی مشاهده گردید (شکل ۴-۳۴).



شکل ۴-۳۴ اثر تیوباسیلوس بر کلروفیل a گیاه ماش (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین برهمکنش کود گوگرد، نسبت کاشت و مکان نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a از کشت خالص ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار (S_2) در منطقه شهریار به میزان ۱/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار نیز از کشت ۵۰٪ و شاهد عدم مصرف گوگرد (S_0) به میزان ۰/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد که بین این دو تیمار اختلاف ۳۱/۸۷ درصدی مشاهده شد (جدول ۱۳). دلیل این که کلروفیل در کانوپی ماش در کشت خالص مقداری بیشتر از تیمار مخلوط آن با کنجد شده بود می‌تواند به علت سایه‌اندازی در کشت مخلوط باشد (قوش و همکاران، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هرچه بیشتر نور برای تولید فتوآسیمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد (داودیان و حمزه‌ئی، ۱۳۹۸). علیزاده و همکاران (۱۳۹۹) در کشت مخلوط بزرک و باقلا مشاهده نمودند که کشت مخلوط سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b نسبت به کشت خالص در هر دو گیاه شد. طبق نظر مارشنر (۱۹۹۵) ترکیبات اصلی کلروفیل دارای ساختار نیتروژنی هستند و از آنجایی که گوگرد سبب افزایش کارایی نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت جذب عناصر دیگر در گیاهان می‌شود، به این سبب استفاده از گوگرد می‌تواند تا حدی موجب افزایش میزان کلروفیل گیاهان شود. رزاس و همکاران (۲۰۰۶)

گزارش کردند که کودهای زیستی سبب افزایش جذب عناصر و بهبود شرایط رشد عمومی گیاه شده که این امر منجر به افزایش سبزینه گیاه و افزایش کلروفیل گردید. اثر کودهای زیستی بر افزایش محتوای کلروفیل برگ، اساساً از طریق بهبود جذب عناصر غذایی صورت می‌پذیرد، که از یک‌سو موجب فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر سبب افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست خواهد شد (عرشیا و برادیدی، ۱۹۹۹). خیری استیاری و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که کود گوگرد همراه با مصرف تیوباسیلوس محتوای کلروفیل لوبیا را در مرحله گلدهی افزایش داد.

جدول ۱۳-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر کلروفیل a در گیاه ماش (mg/gfw).

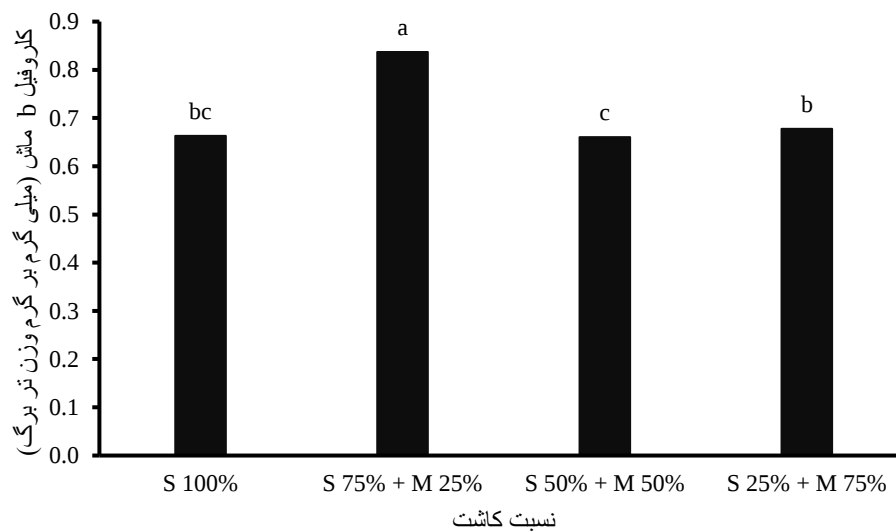
مکان	نسبت کاشت	گوگرد	کلروفیل a
کرج	کشت خالص ماش	S ₀	۰/۹۷ ⁱ
		S ₁	۱/۰۹ ^{fg}
		S ₂	۱/۲۴ ^b
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۰/۹۶ ^{ij}
		S ₁	۱/۰۸ ^{fg}
		S ₂	۱/۲۳ ^{bc}
		S ₀	۰/۹۳ ^{jkl}
		S ₁	۱/۰۸ ^{fg}
		S ₂	۱/۲۲ ^{bcd}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۰/۹۲ ^{kl}
		S ₁	۱/۰۹ ^{fg}
		S ₂	۱/۲۲ ^{bcd}
شهریار	کشت خالص ماش	S ₀	۰/۹۷ ⁱ
		S ₁	۱/۱۴ ^e
		S ₂	۱/۳ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۰/۹۶ ^{ij}
		S ₁	۱/۱ ^{ef}
		S ₂	۱/۲۳ ^{bc}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۰/۹ ^l
		S ₁	۱/۰۵ ^h
		S ₂	۱/۲ ^{cd}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۰/۹۵ ^{ijk}
		S ₁	۱/۰۷ ^{gh}
		S ₂	۱/۲ ^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۱-۳-۳ کلروفیل b کنجد

آنالیز داده‌های موجود نشان داد که تنها اثر اصلی نسبت کاشت بر کلروفیل b کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴-۱۲). بیشترین مقدار کلروفیل b از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۰/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به‌دست آمد و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۵۰٪ با ۰/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. اختلاف بین این دو تیمار ۲۱/۴۳ درصد بود (شکل ۴-۳۵).

افزایش شاخص کلروفیل برگ یک گیاه در کشت مخلوط بیان‌گر ظرفیت بالاتر در جذب نور دریافتی است در آزمایشی مشخص شد که سامانه کشت مخلوط موجب افزایش شاخص کلروفیل گیاه گوار شد (غفاریان و همکاران، ۱۴۰۰).



شکل ۴-۳۵ اثر نسبت کاشت بر کلروفیل b گیاه کنجد (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۳-۴ کلروفیل b ماش

تمامی اثرات اصلی و برهمکنش اثرات نسبت کاشت و گوگرد، مکان و نسبت کاشت، مکان و گوگرد، مکان و اثر سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" در سطح یک درصد و برهمکنش مکان و تیوباسیلوس و اثر سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر کلروفیل b ماش معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۲).

مقایسه میانگین اثر سه‌گانه مکان، نسبت کاشت و گوگرد نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b از کشت خالص ماش و تیمار S₂ در منطقه شهریار به میزان ۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و تیمار شاهد (S₀) در منطقه کرج به میزان ۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد که بین این دو تیمار اختلاف ۴۲/۸۶ درصدی مشاهده شد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر کلروفیل b در گیاه ماش (mg/gfw).

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	کلروفیل b
کرج	کشت خالص ماش	S ₀	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₁	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₂	۰/۳۱ ^{ghi}
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۰/۲۸ ^l
		S ₁	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₂	۰/۳۲ ^{fgh}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۰/۳۲ ^{fgh}
		S ₁	۰/۳۴ ^{def}
		S ₂	۰/۳۶ ^{cd}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₁	۰/۳ ^{ijkl}
		S ₂	۰/۳ ^{ijkl}
شهریار	کشت خالص ماش	S ₀	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₁	۰/۳۸ ^b
		S ₂	۰/۴۹ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₁	۰/۲۹ ^{ijkl}
		S ₂	۰/۳۲ ^{fgh}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۰/۳۳ ^{efg}
		S ₁	۰/۳۵ ^{cde}
		S ₂	۰/۳۷ ^{bc}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	S ₀	۰/۳ ^{ijkl}
		S ₁	۰/۳ ^{ijkl}
		S ₂	۰/۳۱ ^{ghi}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

بیشترین کلروفیل b ماش در منطقه شهریار و از تلقیح تیوباسیلوس (T₁) در کشت خالص به مقدار ۰/۴۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار این صفت در منطقه کرج و تیمار شاهد تیوباسیلوس (T₀) و در نسبت کاشت ۷۵٪ ماش+۲۵٪ کنجد به مقدار ۰/۲۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد (جدول ۱۵-۴).

کاکولوند و همکاران (۱۳۹۶) افزایش معنی‌دار کلروفیل b گیاه شنبلیله را در کشت مخلوط گزارش کردند.

جدول ۴-۱۵. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس بر کلروفیل b در ماش (mg/gfw).

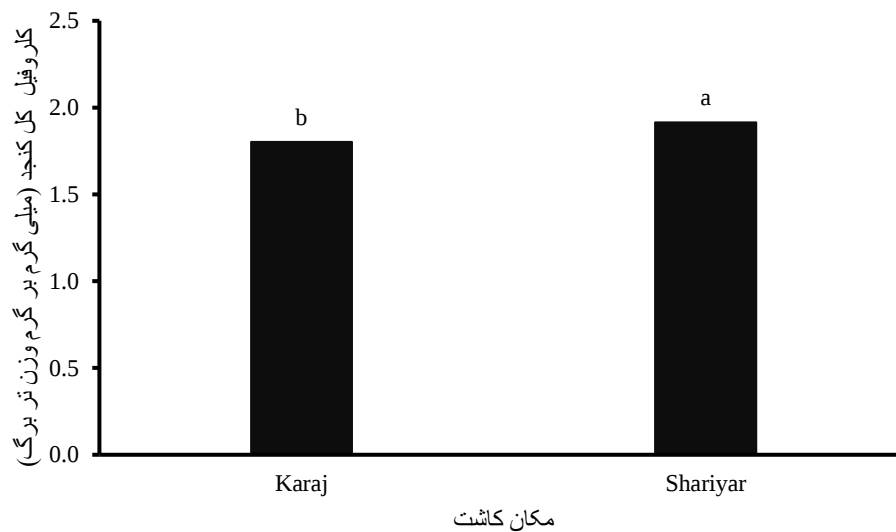
مکان	نسبت کاشت	تیوباسیلوس	کلروفیل b
کرج	کشت خالص ماش	T ₀	۰/۲۹۷ ^e
		T ₁	۰/۲۹۷ ^e
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	T ₀	۰/۲۹۸ ^e
		T ₁	۰/۲۹۸ ^e
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	T ₀	۰/۳۳۲ ^d
		T ₁	۰/۳۴۶ ^{bcd}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	T ₀	۰/۲۹۴ ^e
		T ₁	۰/۲۹۶ ^e
شهریار	کشت خالص ماش	T ₀	۰/۳۶۴ ^b
		T ₁	۰/۴۱۳ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	T ₀	۰/۲۹۸ ^e
		T ₁	۰/۳۰۳ ^e
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	T ₀	۰/۳۴۴ ^{cd}
		T ₁	۰/۳۵۳ ^{bc}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	T ₀	۰/۲۹۷ ^e
		T ₁	۰/۳۱ ^e

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۴-۱-۳-۵ کلروفیل کل کنجد

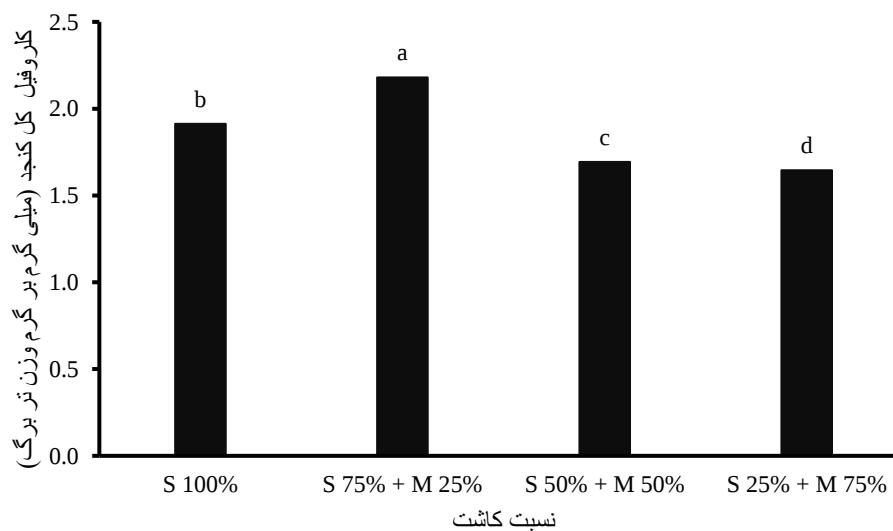
نتایج تجزیه مرکب نشان داد تنها اثرات اصلی روی محتوی کلروفیل کل کنجد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۲).

مقدار کلروفیل کل گیاه کنجد در منطقه شهریار (۱/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) نسبت به منطقه کرج (۱/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در گروه برتر آماری قرار گرفت (شکل ۴-۳۶).



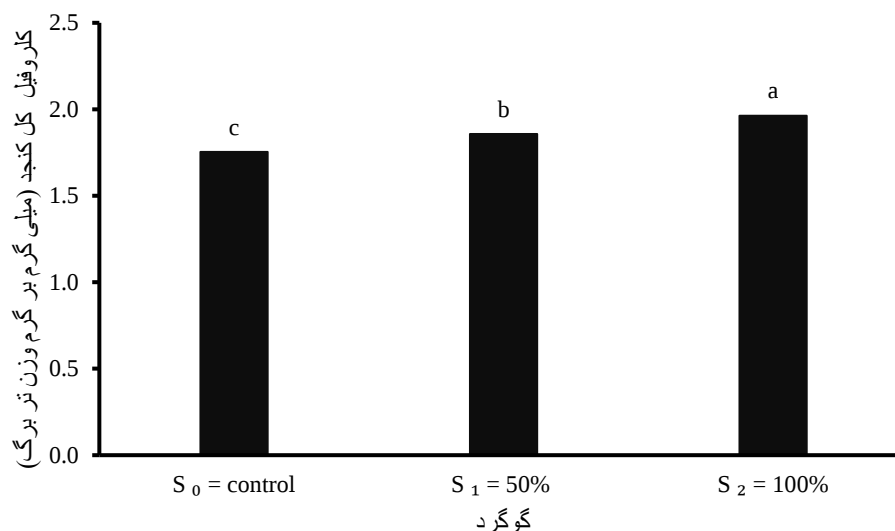
شکل ۳۶-۴ اثر مکان بر کلروفیل کل گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین مقدار کلروفیل کل کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ ماش با ۲/۱۸ (mg/gfw) و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۲۵٪/۷۵٪ ماش (۱/۶۵ mg/gfw) حاصل شد (شکل ۳۷-۴).



شکل ۳۷-۴ اثر نسبت کاشت بر کلروفیل کل گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

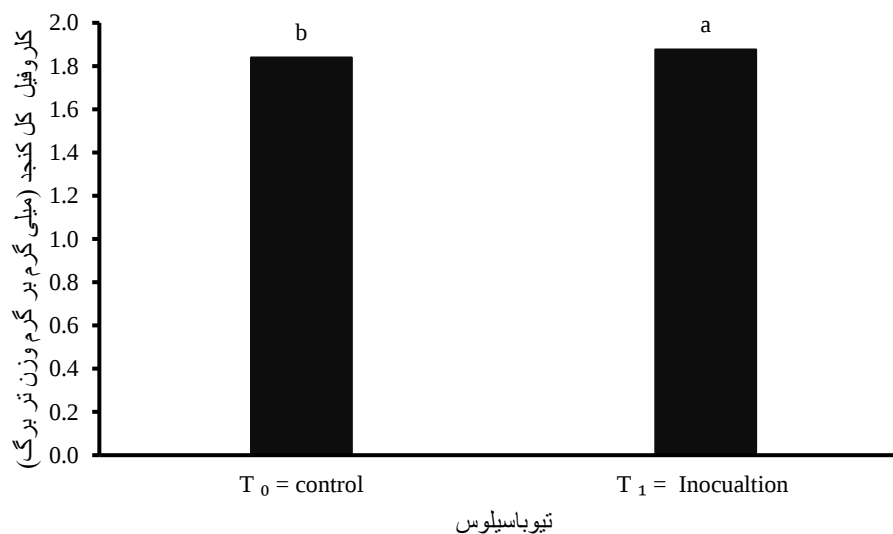
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل کنجد از ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده گوگرد (۱/۹۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۰/۱۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳۸-۴).



شکل ۳۸-۴ اثر گوگرد بر کلروفیل کل گیاه کنبه (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

هم‌چنین استفاده از باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش ۲/۱۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۳۹-۴).

دلیل افزایش شاخص کلروفیل در کشت مخلوط را می‌توان به تلاش گیاه برای جذب بیشتر نور در شرایط سایه‌اندازی نسبت داد. بدین معنی که با کاهش نور در کشت مخلوط، گیاه مقدار کلروفیل برگ را افزایش می‌دهد تا از نور رسیده به برگ با کارایی بیشتری استفاده نماید. از طرفی نیز لگوم همراه در مخلوط نیتروژن تثبیت شده زیستی را در اختیار کنبه قرار می‌دهد و از آن جایی که ماده اصلی ساختار کلروفیل از نیتروژن تشکیل می‌شود، کشت مخلوط موجب می‌شود محتوای کلروفیل کل افزایش یابد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۳). در تایید این یافته‌ها، قمری و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی کشت مخلوط خرفه و بالنگوی شهری گزارش کردند که کشت مخلوط موجب افزایش شاخص کلروفیل در هر دو گونه گردید. از آن جا که گوگرد در تولید اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین، تولید پروتئین و کلروفیل، افزایش میزان روغن دانه‌ها، فعال کردن برخی آنزیم‌ها و کمک به تولید بعضی از ترکیبات فتوسنتزی (مانند دی آسیل گلیسرول کوئینوزیل که یک نوع لیپید در ساختار کلروپلاست است) نقش دارد، این عنصر قابلیت افزایش محتوای کلروفیل را دارد (جمال و همکاران ۲۰۱۰). حجازی‌راد و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند کاربرد کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل گیاه سیر نسبت به تیمار شاهد گردید.



شکل ۳۹-۴ اثر تیوباسیلوس بر کلروفیل کل گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

۴-۱-۳-۶ کلروفیل کل ماش

تمامی اثرات اصلی و برهمکنش اثرات نسبت کاشت و گوگرد، گوگرد و تیوباسیلوس، مکان و نسبت کاشت، مکان و تیوباسیلوس، مکان و اثر سه گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" در سطح یک درصد و برهمکنش مکان و گوگرد و اثر سه گانه "مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر کلروفیل کل ماش معنی دار شد (جدول ۱۲-۴).

مقایسه میانگین اثر سه گانه مکان، نسبت کاشت و گوگرد نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل از کشت خالص ماش و تیمار S₂ در منطقه شهریار به میزان ۱/۷۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد و تیمار شاهد (S₀) در منطقه کرج به میزان ۱/۲۱ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد که بین این دو تیمار اختلاف ۳۲/۴ درصدی مشاهده شد (جدول ۱۶).

جدول ۱۶-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر کلروفیل کل در گیاه ماش (mg/gfw).

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	کلروفیل کل
کشت خالص ماش		S ₀	۱/۲۵ ^g
		S ₁	۱/۳۸ ^{ef}
		S ₂	۱/۵۵ ^{bc}
کرج	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۱/۲۴ ^{gh}
		S ₁	۱/۳۷ ^f
		S ₂	۱/۵۵ ^{bc}
		S ₀	۱/۲۵ ^g
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۱/۲۵ ^g
		S ₀	۱/۲۵ ^g

۱/۴۲ ^e	S ₁		
۱/۵۸ ^b	S ₂		
۱/۲۱ ^h	S ₀		
۱/۳۹ ^{ef}	S ₁	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	
۱/۵۲ ^{cd}	S ₂		
۱/۲۷ ^g	S ₀		
۱/۵۲ ^{cd}	S ₁	کشت خالص ماش	
۱/۷۹ ^a	S ₂		
۱/۲۵ ^g	S ₀		
۱/۴ ^{ef}	S ₁	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	
۱/۵۵ ^{bc}	S ₂		
۱/۲۳ ^{gh}	S ₀		شهریار
۱/۳۹ ^{ef}	S ₁	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	
۱/۵۷ ^b	S ₂		
۱/۲۵ ^g	S ₀		
۱/۳۷ ^f	S ₁	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	
۱/۵۱ ^d	S ₂		

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

بیشترین کلروفیل کل ماش از ترکیب تیماری کشت خالص و از تلقیح تیوباسیلوس (T₁) در منطقه شهریار به مقدار ۱/۵۸ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار این صفت نیز از برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد و تیمار شاهد تیوباسیلوس (T₀) در منطقه شهریار و به مقدار ۱/۳۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد (جدول ۱۷-۴).

در آزمایشی گزارش شد که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار مخلوط در کانوپی بالا و پایین نیشکر و لوبیا چشم بلبلی نسبت به کشت خالص این دو گیاه مشاهده گردید (احسانی‌پور و همکاران ۱۳۹۸). ایشان علت این امر را توسعه بهتر ریشه‌ها، عدم رقابت و انتخاب مناسب اجزای مخلوط، و همچنین آرایش مناسب برگ‌ها در مخلوط و استفاده بهتر از تشعشع عنوان کردند. گوگرد در تشکیل اسیدهای آمینه گوگردی، سنتز پروتئین، ویتامین، کلروفیل و روغن موثر است. عدم سنتز آنزیم روبیسکو و کلروز شدن برگ‌های جوان به دلیل محدودیت گوگرد سبب کاهش مقدار کلروفیل برگ‌ها می‌گردد. تیوباسیلوس با استفاده از گوگرد و تبدیل آن به سولفات موجب افزایش دسترسی به گوگرد و دیگر عناصر غذایی وابسته به pH مانند فسفر و آهن می‌شود. این عناصر در تشکیل کلروفیل سهیم هستند (غلامی و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیقی در خصوص تاثیر کود گوگرد و آهن روی فعالیت آنزیمی و محتوای کلروفیل ماش، تاثیر مثبت و معنی‌دار گوگرد بر کلروفیل ماش گزارش شد (کوماوات و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۱۷-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان×نسبت کاشت×تیوباسیلوس بر کلروفیل کل در ماش (mg/gfw)

مکان	نسبت کاشت	تیوباسیلوس	کلروفیل کل
کرج	کشت خالص ماش	T ₀	۱/۳۸۳ ^{efg}
		T ₁	۱/۴۰۶ ^{cdef}
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	T ₀	۱/۳۶۸ ^{ghi}
		T ₁	۱/۴۰۶ ^{cdef}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	T ₀	۱/۳۸۱ ^{fgh}
		T ₁	۱/۴۵ ^b
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	T ₀	۱/۳۵ ^{hi}
		T ₁	۱/۳۸۹ ^{defg}
شهریار	کشت خالص ماش	T ₀	۱/۴۶۹ ^b
		T ₁	۱/۵۸۱ ^a
	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	T ₀	۱/۳۸۲ ^{efg}
		T ₁	۱/۴۱۷ ^{cd}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	T ₀	۱/۳۵۹ ^{ghi}
		T ₁	۱/۴۳۷ ^{bc}
	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	T ₀	۱/۳۳۹ ⁱ
		T ₁	۱/۴۱۶ ^{cde}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۷-۳-۱-۴ کاروتنوئید کنجد

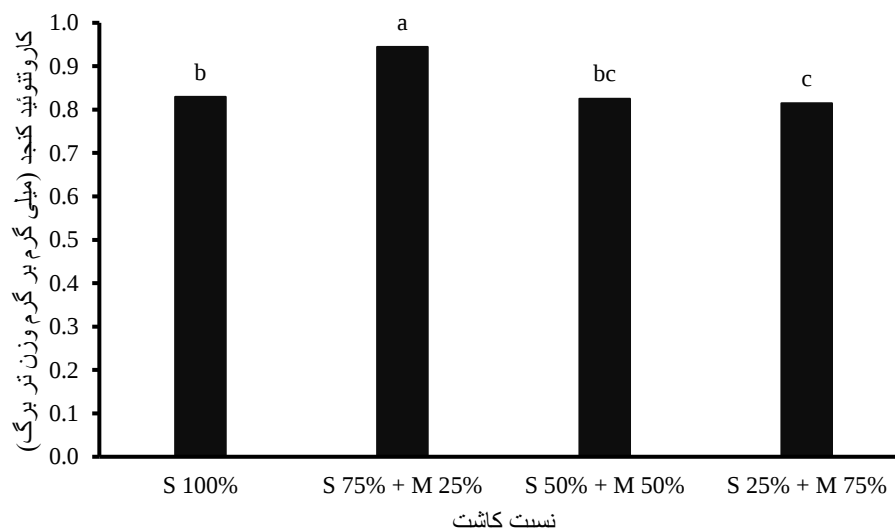
محتوی کاروتنوئید کنجد تنها تحت تاثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) نسبت کاشت واقع شد (جدول ۱۸-۴). جدول ۱۸-۴ نتایج تجزیه داده‌های شاخص‌های فیزیولوژیک کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	کاروتنوئید کنجد	کاروتنوئید ماش	درصد پروتئین کنجد	درصد پروتئین ماش	عملکرد پروتئین کنجد	عملکرد پروتئین ماش
مکان (L)	۱	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۱/۳۸	۰/۰۰۸	۹۷۳/۴۴	۱۰۶/۳۶
خطای اول	۴	۰/۰۳۲	۰/۰۰۲	۱/۳۹	۰/۰۵۲	۵۲۱/۷	۷۵/۷
مخلوط (M)	۳	۰/۱۳۳**	۰/۰۷**	۰/۳۱	۰/۳۶۴*	۱۰۱۰۶۳**	۱۳۴۱۳**
گوگرد (S)	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹**	۱۲۱/۸**	۵۲/۱۴**	۴۰۶۱**	۲۷۰۹۹**

۱۸۷۳**	۴۷۱/۰۳**	۲/۲۴**	۸/۹۵**	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۸	۱	تیوباسیلوس (T)
۲۵۵/۱**	۴۹۵/۵۱**	۰/۱۶	۱/۱۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۷	۶	M×S
۳۵/۲	۲۴۴/۴۴**	۰/۰۴۴	۰/۴۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۸	۳	M×T
۱۷۸/۵۳*	۸۶/۱۶	۰/۵۷*	۰/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۲	S×T
۱۵/۳۵	۳۱/۶۹	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۶	M×S×T
۲۵۵/۹۶**	۷۲۷/۷**	۰/۴۵*	۱/۴۵	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۴	۳	L×M
۰/۷۲	۲۱۱/۰۶*	۰/۲۵	۱/۲۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۲	L×S
۰/۱۲	۵۲/۸	۰/۰۴	۰/۴۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱	L×T
۱۶۷/۵۹**	۹۴/۶۹	۰/۰۷	۰/۳۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۶	L×M×S
۷۴/۹۶	۴/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۳	L×M×T
۴	۶۶/۴۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۲	L×S×T
۲/۸۶	۷۱/۶۵	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۶	L×M×S×T
۴۰/۴۲	۶۰/۸۷	۰/۱۳	۰/۵۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۹۲	خطای دوم

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

مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید کنجد با ۰/۹۴ میلی گرم بر گرم از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و کمترین مقدار نیز با ۰/۸۱ میلی گرم بر گرم از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش حاصل شد که با نسبت کاشت ۵۰٪ در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-۴).
کوماوات و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی تاثیر گوگرد بر محتوای کلروفیل ماش را مورد ارزیابی قرار دادند. نتیجه این تحقیق بیان گر تاثیر معنی دار و مثبت مصرف گوگرد بر افزایش کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید بود.

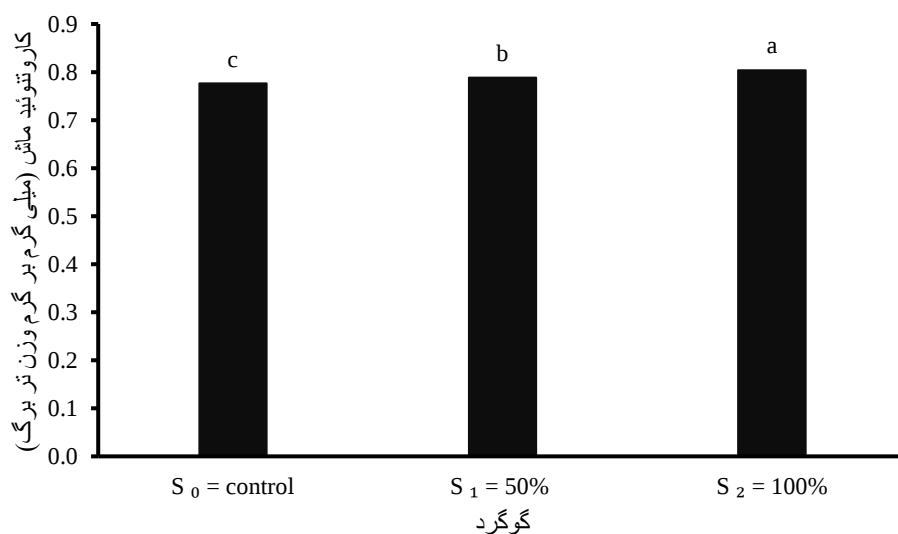


شکل ۴-۴۰ اثر نسبت کاشت بر کاروتنویذ گیاه کنجد (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۳-۸ کاروتنویذ ماش

اثرات اصلی نسبت کاشت و کود گوگرد و برهمکنش اثر مکان و نسبت کاشت بر میزان کاروتنویذ ماش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۸).

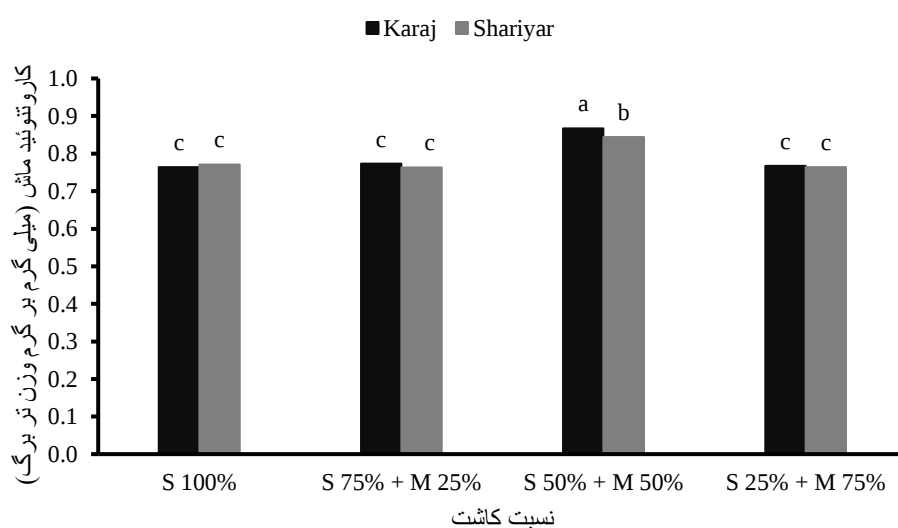
بیشترین میزان کاروتنویذ گیاه ماش از تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S_2) با ۰/۸ میلی گرم بر گرم که نسبت به تیمار شاهد ۲/۵ درصد افزایش داشت (شکل ۴-۴۱).



شکل ۴-۴۱ اثر گوگرد بر کاروتنویذ گیاه ماش (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کاروتنوئید ماش با ۰/۸۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ از نسبت کاشت ۵۰٪ و در منطقه کرج حاصل شد. بین سایر نسبت‌های کاشت در هر دو منطقه تفاوتی از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۴۲-۴).

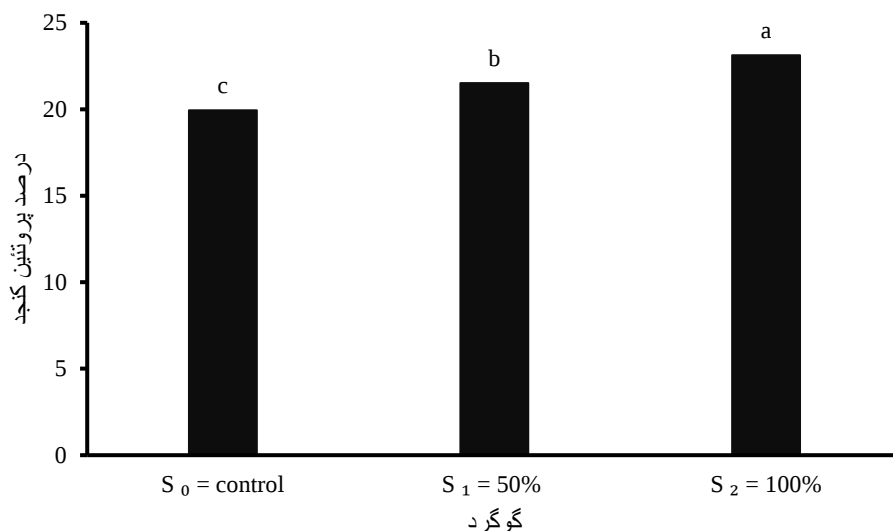
در زمان محدودیت فعالیت کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها در گیاه افزایش پیدا می‌کنند. با توجه به افزایش کلروفیل در کشت خالص ماش و کمتر بودن کلروفیل در نسبت کاشت ۵۰٪، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش کاروتنوئید با افزایش کلروفیل رابطه معکوس دارد (دیمین و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل ۴۲-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر کاروتنوئید گیاه ماش (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) (حروف متفاوت نشان- دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

۴-۱-۳-۹ درصد پروتئین کنجد

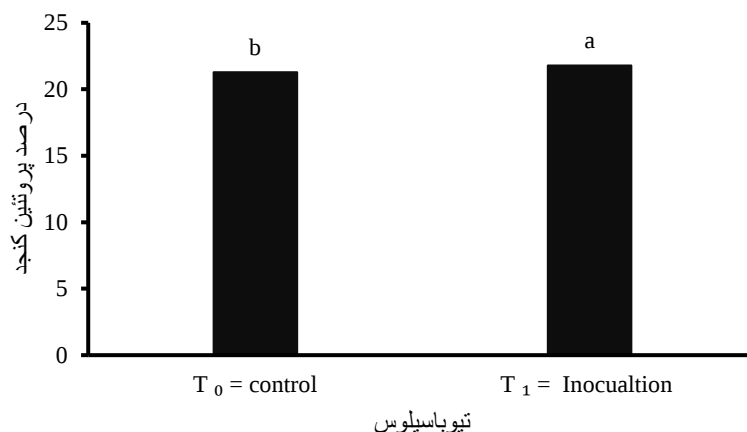
درصد پروتئین کنجد نیز صرفاً تحت تاثیر گوگرد و تیوباسیلوس ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۴-۱۸). بیشترین درصد پروتئین از کنجد از تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۲۳/۱۳ درصد و کمترین مقدار از تیمار شاهد با ۱۹/۹۵ درصد به دست آمد. اختلاف بین این دو تیمار ۱۵/۷۵ درصد بود (شکل ۴۳-۴).



شکل ۴۳-۴ اثر گوگرد بر درصد پروتئین گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مصرف باکتری تیوباسیلوس نیز موجب افزایش ۵/۰ درصد پروتئین دانه کنجد گردید (شکل ۴۴-۴).

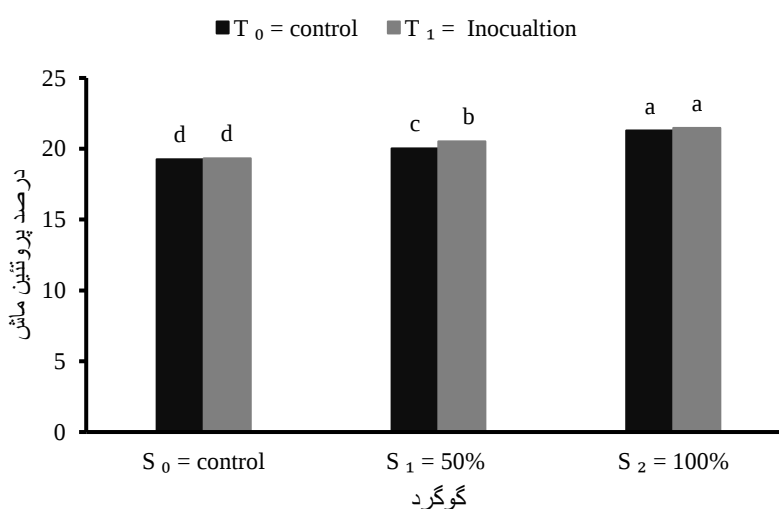
تاثیر افزایشی درصد پروتئین در گیاهان در حضور گوگرد کافی به دلیل موثر بودن این عنصر در تشکیل اسیدهای آمینه‌ای نظیر متیونین، سیستین و سیستئین نسبت داده شده است (نوربخش و همکاران، ۱۳۹۳). احتمالاً با افزایش سطح گوگرد و مصرف تلفیقی با باکتری تیوباسیلوس، جذب عناصری نظیر فسفر افزایش پیدا کرده که همین امر موجب افزایش تولید ATP شده و با بیشتر شدن میزان تنفس سلولی میزان تولید پروتئین نیز افزایش پیدا کرده است (نوربخش و همکاران ۱۳۹۳). همچنین تحریک تولید اکسین یکی از مکانیسم‌های باکتری تیوباسیلوس است که این امر نیز سبب افزایش تنفس سلولی شده است و به همین دلیل پروتئین‌سازی در سلول افزایش پیدا کرده است (نوربخش و همکاران ۱۳۹۳). سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) در ارزیابی عملکرد و پروتئین گلرنگ در کشت مخلوط باقلا تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی اظهار داشتند که بیشترین درصد پروتئین دانه گلرنگ از تیمار تلفیقی مصرف کودهای زیستی و شیمیایی به دست آمد، ضمن این که درصد پروتئین دانه گلرنگ تحت تاثیر کشت مخلوط قرار نگرفت. سعیدی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی که روی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کنجد داشتند گزارش کردند که با مصرف هشت تن کود گوگرد در هکتار نسبت به شاهد میزان پروتئین دانه هفت درصد افزایش داشت. درودیان و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند در پژوهشی که روی ذرت داشتند با مصرف تیوباسیلوس میزان پروتئین دانه به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است.



شکل ۴-۴۴ اثر تیوباسیلوس بر درصد پروتئین گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۱۰-۳-۱-۴ درصد پروتئین ماش

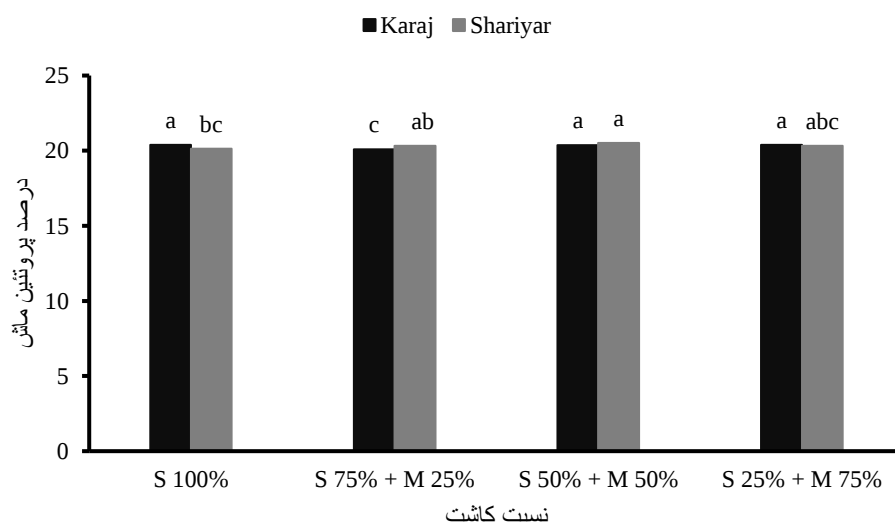
اثرات نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس در سطح یک درصد و برهمکنش اثرات گوگرد و تیوباسیلوس، و مکان و نسبت کاشت نیز در سطح پنج درصد بر درصد پروتئین ماش معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین درصد پروتئین دانه ماش ۲۱/۴۷ از ترکیب تیماری مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عدم تلقیح نداشت و کمترین مقدار ۱۹/۲۶ از تیمار شاهد حاصل شد که با تلقیح تیوباسیلوس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اختلاف بین این دو تیمار ۱۰/۲۹ درصد بود (شکل ۴-۴۵).



شکل ۴-۴۵ برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد پروتئین گیاه ماش (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

شکل ۴-۴۶ بیان‌گر این مطلب است که بیشترین درصد پروتئین ماش از ترکیب تیماری ۵۰٪ و منطقه شهریار با ۲۰/۵۱ درصد به‌دست آمد که با نسبت کاشت ۷۵٪ ماش در هر دو منطقه، نسبت کاشت ۵۰٪ و ۱۰۰ در منطقه کرج و نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد در منطقه شهریار در یک گروه آماری قرار گرفت و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۲۰/۰۹ درصد حاصل شد (شکل ۴-۴۶).

نتایج برخی مطالعات نشان داده است هنگامی که بقولات همراه گونه‌های دیگر به‌صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، به‌دلیل اثر رقابت با گونه دیگر در جذب نیتروژن خاک، جهت تثبیت مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک شده و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آن‌ها افزایش می‌یابد (میکیک و همکاران، ۲۰۱۵) و افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، سبب افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود. در تحقیقات سایر محققان نیز افزایش میزان پروتئین دانه حبوبات در کشت مخلوط سورگوم و ماش توسط شاکرکوهی و همکاران (۲۰۱۴) و کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک توسط رضائی چپانه (۱۳۹۵) نیز نسبت به تک کشتی گزارش شده است. برخی بررسی‌ها نشان داده است افزایش یا کاهش در میزان پروتئین و روغن دانه می‌تواند تحت تاثیر عواملی نظیر ساختار ژنتیکی، تاریخ کاشت، شرایط اقلیمی منطقه و حاصلخیزی خاک قرار گیرد (رضائی چپانه، ۱۳۹۵).

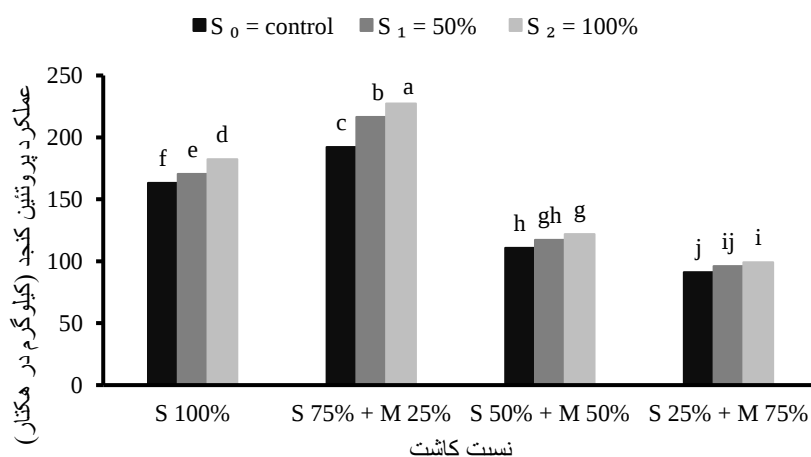


شکل ۴-۴۶ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر درصد پروتئین گیاه ماش (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۱۱-۳-۱-۴ عملکرد پروتئین کنجد

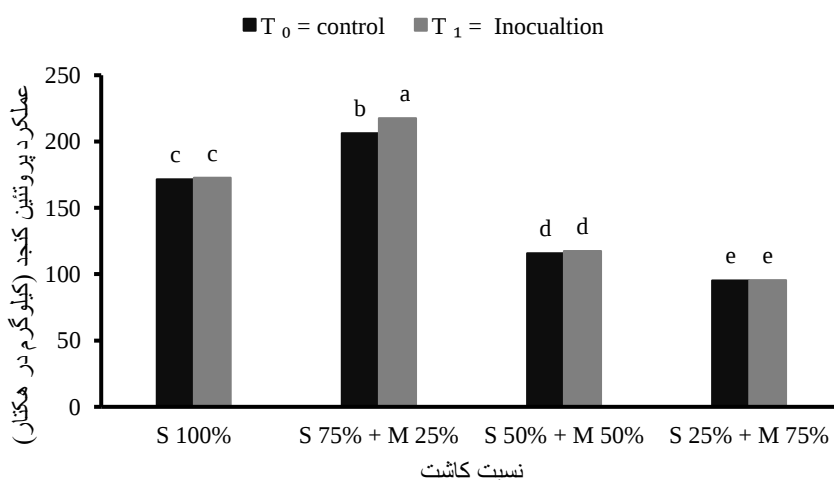
تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش اثرات نسبت کاشت و گوگرد، نسبت کاشت و تیوباسیلوس، و مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و برهمکنش مکان و گوگرد در سطح پنج درصد بر عملکرد پروتئین کنجد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۸).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین با ۲۲۷/۳۲ کیلوگرم در هکتار از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار (S_2) و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد (S_0) با ۹۱/۰۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در همین نسبت کاشت تفاوتی مشاهده نشد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۶۰ درصد بود (شکل ۴۷-۴).



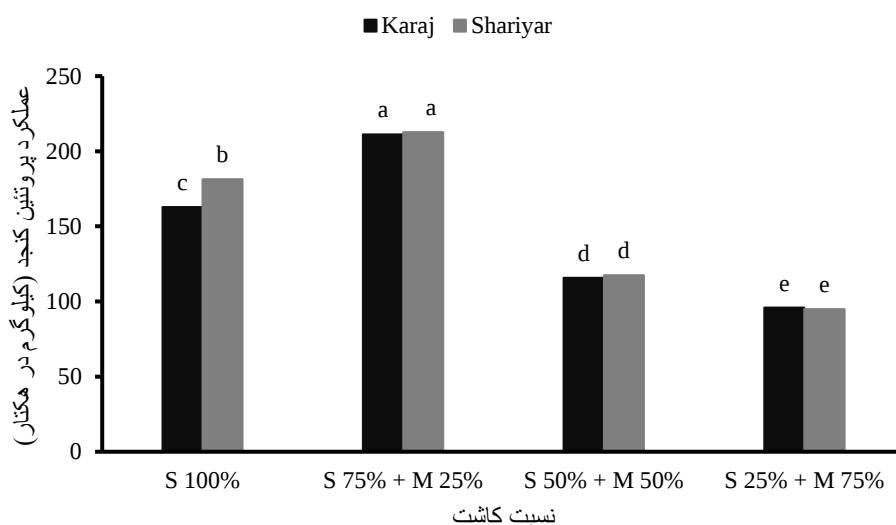
شکل ۴۷-۴ بره‌کمنش نسبت کاشت و گوگرد بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان-دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و تلقیح تیوباسیلوس با ۲۱۷/۷۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد (T_0) با ۹۵/۳۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، در این تیمار تفاوتی بین تلقیح و عدم تلقیح مشاهده نشد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۵۶/۲۲ درصد بود (شکل ۴۸-۴).



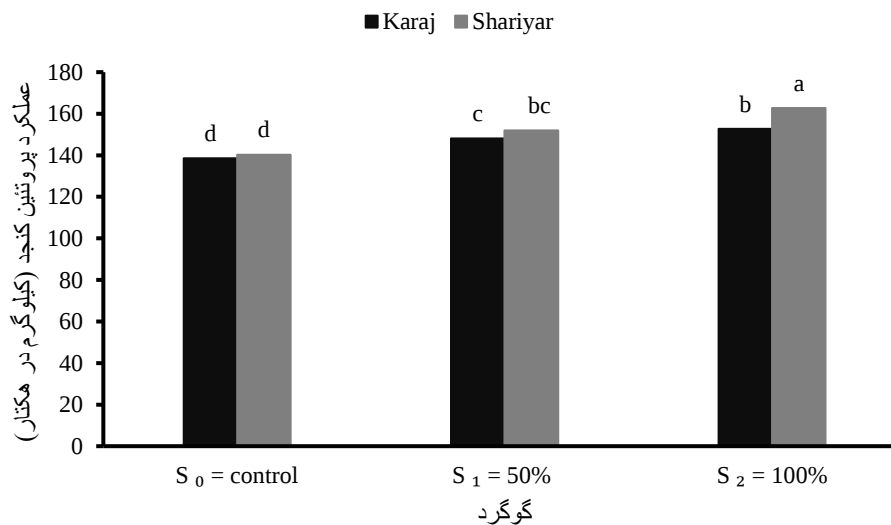
شکل ۴۸-۴ بره‌کمنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین عملکرد پروتئین کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش و در منطقه شهریار با ۲۱۲/۷۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که البته تفاوتی با منطقه کرج در این تیمار مشاهده نشد و کمترین مقدار نیز از ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۹۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با همین نسبت کاشت در منطقه کرج تفاوتی معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴۹-۴).



شکل ۴۹-۴ برهمنش مکان و نسبت کاشت بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

بیشترین عملکرد پروتئین تحت تاثیر برهمکنش گوگرد و مکان از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و در منطقه شهریار با ۱۶۲/۶۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار نیز از تیمار شاهد و در منطقه کرج با ۱۳۸/۵۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که البته تفاوتی با منطقه شهریار در این تیمار مشاهده نشد (شکل ۵۰-۴). با توجه به این که عملکرد پروتئین، از حاصل ضرب میزان پروتئین و عملکرد دانه به دست می آید، بنابراین به علت بالا بودن مقادیر این صفات در منطقه شهریار، نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش، مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس (عملکرد دانه کنجد و درصد پروتئین کنجد) بیشتر بودن عملکرد پروتئین دانه کنجد نیز در این تیمارها دور از انتظار نیست. کرول و پازسکو (۲۰۱۷) دریافتند که بین پارمترهای اقلیمی و همچنین حاصلخیزی خاک با میزان و عملکرد پروتئین ارتباط مستقیمی وجود دارد. گزارشات دوتانیا و همکاران (۲۰۲۱) نشان دهنده افزایش میزان پروتئین دانه کنجد در کشت مخلوط با ماش است. کاربرد تلقیحی باکتری تیوباسیلوس به همراه کود گوگرد در گیاه روغنی کنجد نیز سبب افزایش درصد و عملکرد پروتئین گردیده است (پراجاپات و همکاران، ۲۰۱۲).

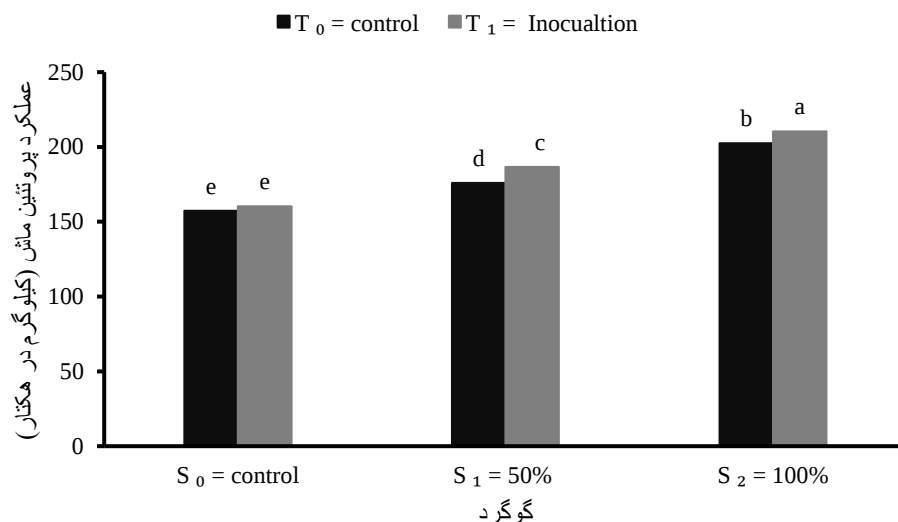


شکل ۴-۵۰ برهمکنش مکان و گوگرد بر عملکرد پروتئین گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۳-۱۲ عملکرد پروتئین ماش

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، مکان و نسبت کاشت و اثر سه‌گانه "مکان×نسبت کاشت×گوگرد" در سطح یک درصد و برهمکنش تیوباسیلوس و گوگرد در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۸).

بیشترین عملکرد پروتئین ماش تحت تاثیر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس از تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس با ۲۱۰/۳۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار نیز از تیمار شاهد با ۱۵۷/۳۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار تلقیح تیوباسیلوس مشاهده نشد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۲۵/۲۱ درصد بود (شکل ۴-۵۱).



شکل ۵۱-۴ برهکمنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد پروتئین گیاه ماش (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین ماش از کاشت خالص ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۲۴۵/۰۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۵۰٪ و شاهد S₀ با ۱۳۸/۴۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۴۳/۴۹ درصد بود (جدول ۱۹-۴). همان‌طور که قبلاً بیان گردید عملکرد پروتئین تابعی از عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه می‌باشد. عملکرد دانه در گیاه ماش بیش از آن‌که تحت تاثیر درصد پروتئین واقع شود، متاثر از عملکرد دانه بود. راجپورهیت و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند در کشت مخلوط کنجد و ماش بیشترین عملکرد دانه ماش از کشت خالص ماش مشاهده گردید. سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) در کشت مخلوط گلرنگ و باقلا بیشترین عملکرد دانه باقلا را در تک کشتی باقلا و از تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی گزارش کردند.

جدول ۱۹-۴. مقایسه میانگین برهکمنش مکان×نسبت کاشت×گوگرد بر عملکرد پروتئین ماش (Kg.ha).

مکان	نسبت کاشت	گوگرد	عملکرد پروتئین
کشت خالص ماش		S ₀	۱۷۳/۲۷ ^{jk}
		S ₁	۱۹۸/۲۵ ^{de}
		S ₂	۲۲۴/۳۱ ^b
کرج	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	S ₀	۱۶۸/۹۳ ^{jkl}
		S ₁	۱۹۲/۴۷ ^{ef}
		S ₂	۲۱۹/۵۵ ^{bc}
	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	S ₀	۱۳۸/۴۶ ^o
		S ₁	۱۶۳/۳۹ ^l
		S ₂	۱۸۴/۰۸ ^{gh}

۱۵۱/۳۵ ^m	S ₀	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	شهریار
۱۶۷/۳۷ ^{kl}	S ₁		
۱۹۴/۶۶ ^{ef}	S ₂		
۱۷۴/۶۹ ^{ij}	S ₀	کشت خالص ماش	
۲۰۴/۹۷ ^d	S ₁		
۲۴۵/۰۱ ^a	S ₂		
۱۷۳/۳۵ ^{jk}	S ₀	۲۵٪ ماش + ۷۵٪ کنجد	
۱۹۰/۳۳ ^{fg}	S ₁		
۲۱۳/۹۸ ^c	S ₂		
۱۴۲/۷۳ ^{no}	S ₀	۵۰٪ ماش + ۵۰٪ کنجد	
۱۶۲/۴۷ ^l	S ₁		
۱۸۱/۴ ^{hi}	S ₂		
۱۴۸/۲۸ ^{mn}	S ₀	۷۵٪ ماش + ۲۵٪ کنجد	
۱۷۱/۴۵ ^{jk}	S ₁		
۱۸۸/۰۴ ^{fgh}	S ₂		

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

۱۳-۱-۴ درصد روغن کنجد

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثرات اصلی گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد روغن دانه کنجد در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲۰-۴).

جدول ۲۰-۴. نتایج تجزیه داده‌های شاخص‌های فیزیولوژیک کنجد تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

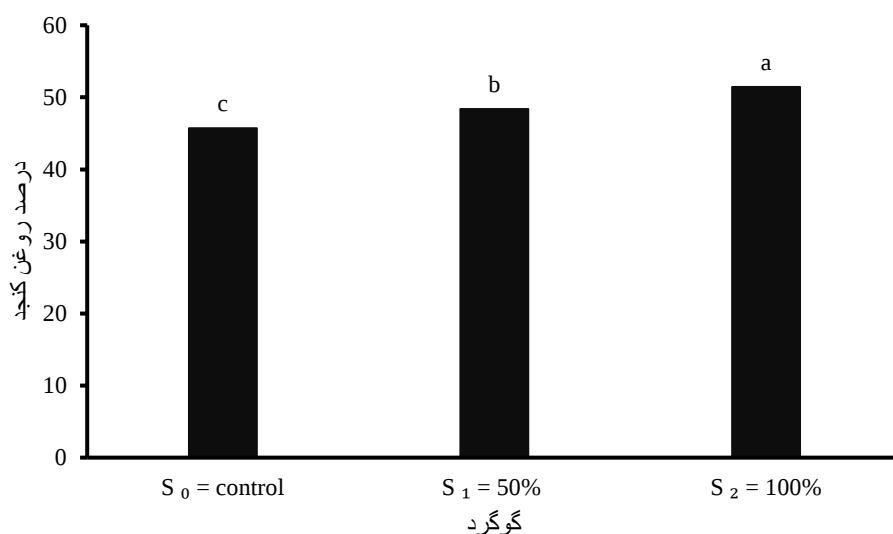
میانگین مربعات

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن	عملکرد روغن	اولئیک	لینولئیک	پالمیتیک	استئاریک	لینولنیک
مکان (L)	۱	۱۳/۶۳	۱۵۷۳۵**	۰/۰۱۵	۸/۱۷	۴/۷۱	۰/۵۲	۰/۰۰۸
خطای اول	۴	۴/۱۹	۱۵۳۴	۴/۹۶	۱/۳۴	۲/۳۶	۰/۱۷۴	۰/۰۱۹
مخلوط (M)	۳	۳/۴۴	۵۱۷۰۶۴**	۵۴/۱۲**	۱۶۰/۵۵**	۱۱/۶۸**	۵/۸۸**	۰/۲۲**
گوگرد (S)	۲	۳۹۴/۲۷**	۲۰۹۰۸۸**	۶/۴۱**	۲۲/۰۵**	۲/۷۵**	۱/۸۷**	۰/۷۷**
تیوباسیلوس (T)	۱	۳۲/۰۷**	۱۷۹۷۳**	۱/۰۹**	۳/۳۹**	۰/۴۶**	۰/۲۸**	۰/۱۷**
M×S	۶	۱/۳۵	۱۱۶۵۶**	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۵۶	۰/۰۰۳
M×T	۳	۰/۲۴	۱۴۱۸**	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱

۰/۰۲**	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۹	۰/۰۱	۱۱۳۲**	۱/۹	۲	S×T
۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۱۵۲/۶۲	۰/۲۵	۶	M×S×T
۰/۰۳**	۰/۹۱**	۰/۰۷۸	۱/۱**	۱/۰۸**	۶۶۱۶**	۲/۰۹	۳	L×M
۰/۰۰۴	۰/۲۶**	۰/۰۶۱	۰/۲۷	۰/۰۸	۳۴۷/۸۸	۲/۱۳	۲	L×S
۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۳	۲۸/۸	۰/۳	۱	L×T
۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۲۲	۰/۱۷	۴۰۱/۹۵	۰/۸۴	۶	L×M×S
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۵	۱۶۵/۵۸	۰/۶۸	۳	L×M×T
۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۷۳/۵۷	۰/۲۶	۲	L×S×T
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۳	۱۴۱/۹۲	۰/۳۹	۶	L×M×S×T
۰/۰۰۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳۷	۰/۲۱۳	۰/۱۵۳	۱۸۸/۰۵	۰/۷۴	۹۲	خطای دوم

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

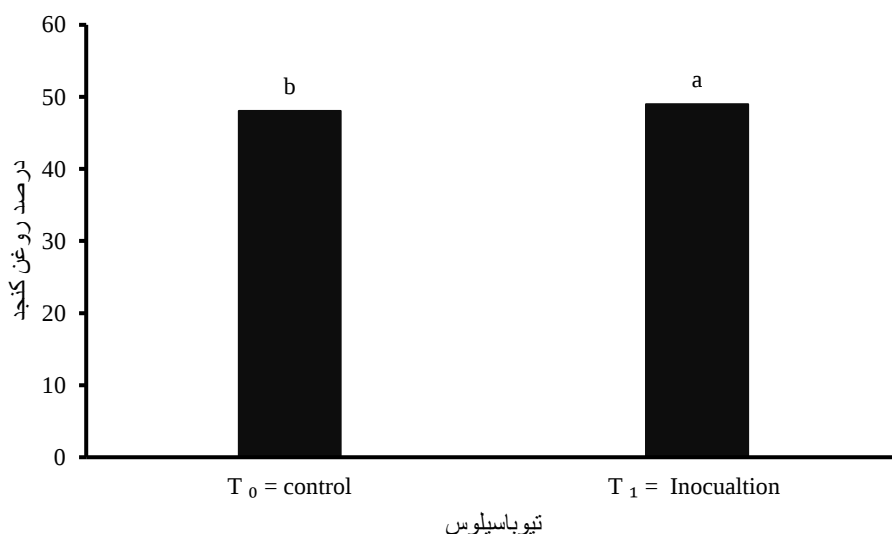
بیشترین درصد روغن دانه کنجد از تیمار ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده گوگرد (S_2) با ۵۱/۴۳ درصد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۲/۱۴ درصد افزایش داشت (شکل ۵۲-۴).



شکل ۵۲-۴ اثر گوگرد بر درصد روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

تلقیح باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش دو درصدی روغن دانه کنجد شد (شکل ۵۳-۴). گوگرد نقش مهمی در بسیاری از اسیدهای چرب و سنتز متابولیت های حاوی کوآنزیم A و در نتیجه افزایش استیل کوآنزیم A کربوکسیلاز دارد. گزارش شده است که تجمع روغن با افزایش فعالیت استیل کوآنزیم A ارتباط دارد. کاربرد گوگرد سبب بهبود فتوسنتز نیز می گردد بنابراین به نظر می رسد مصرف گوگرد مواد اولیه مورد نیاز برای تولید این آنزیم را افزایش داده که منجر به بهبود درصد روغن و سایر مواد مرتبط با این آنزیم

شده است. گوگرد و تیوباسیلوس به دلیل اکسایش گوگرد و تاثیر بر شرایط شیمیایی خاک نظیر کاهش pH موجب افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی می گردد و سبب افزایش میزان روغن دانه های روغنی می شوند (نوربخش و همکاران، ۱۳۹۴). کاربرد تیوباسیلوس به همراه گوگرد در کنجد موجب افزایش درصد و عملکرد روغن گردیده است (دوتانیا و همکاران، ۲۰۲۱). سواپان و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که بر تاثیر مصرف گوگرد بر عملکرد دانه و محتوای روغن ارقام کنجد داشتند بیشترین درصد روغن دانه کنجد را از تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد گزارش کردند.

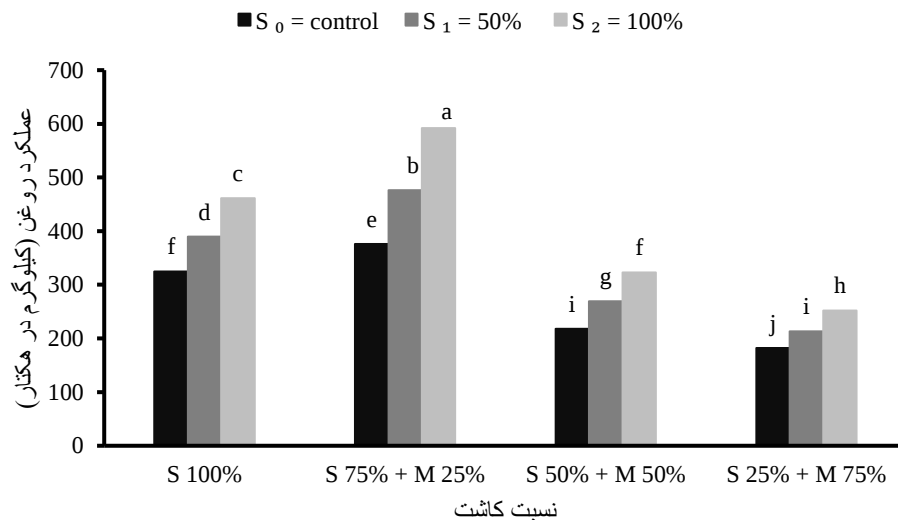


شکل ۴-۵۳ اثر تیوباسیلوس بر درصد روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

۴-۱-۳-۱۴ عملکرد روغن کنجد

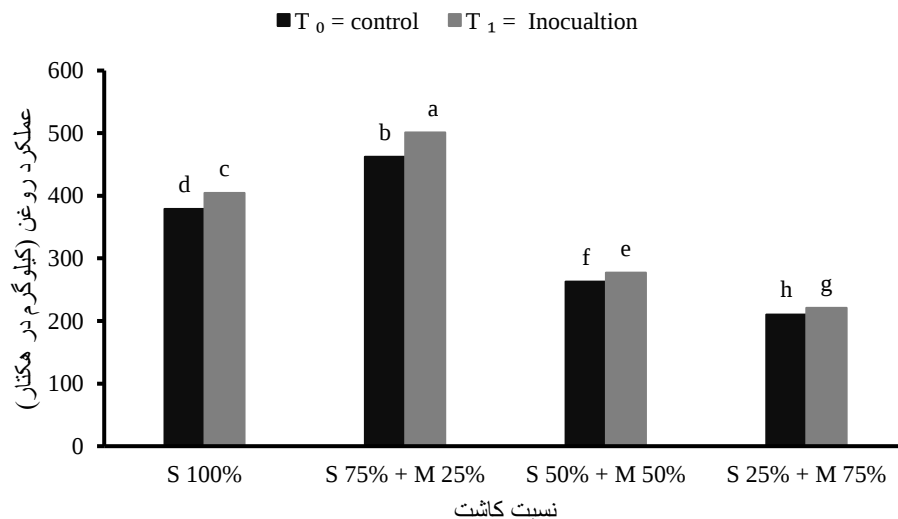
جدول ۴-۲۰ نشان داد تمام اثرات اصلی و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، نسبت کاشت و تیوباسیلوس، گوگرد و تیوباسیلوس، و مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد بر عملکرد روغن کنجد معنی دار شد (جدول ۴-۲۰).

مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین عملکرد روغن کنجد با ۵۹۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار از نسبت کاشت ۷۵ درصد کنجد+۲۵ درصد ماش و تیمار S₂ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد (S₀) با ۱۸۱/۸۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۶۰ درصد بود (شکل ۴-۵۴).



شکل ۴-۵۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر عملکرد روغن گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

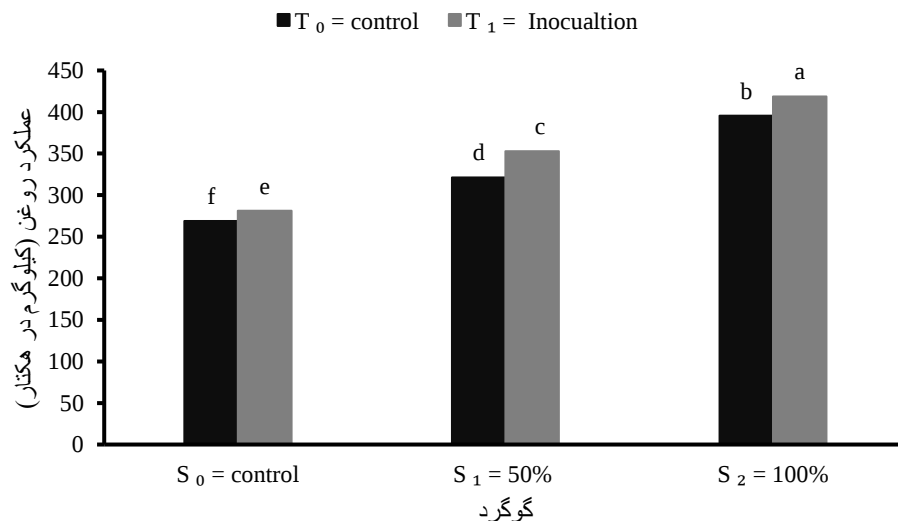
مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین عملکرد روغن کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و تلقیح تیوباسیلوس با ۵۰/۹۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد T₀ با ۲۱۰/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۴۲ درصد بود (شکل ۴-۵۵).



شکل ۴-۵۵ برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر عملکرد روغن گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

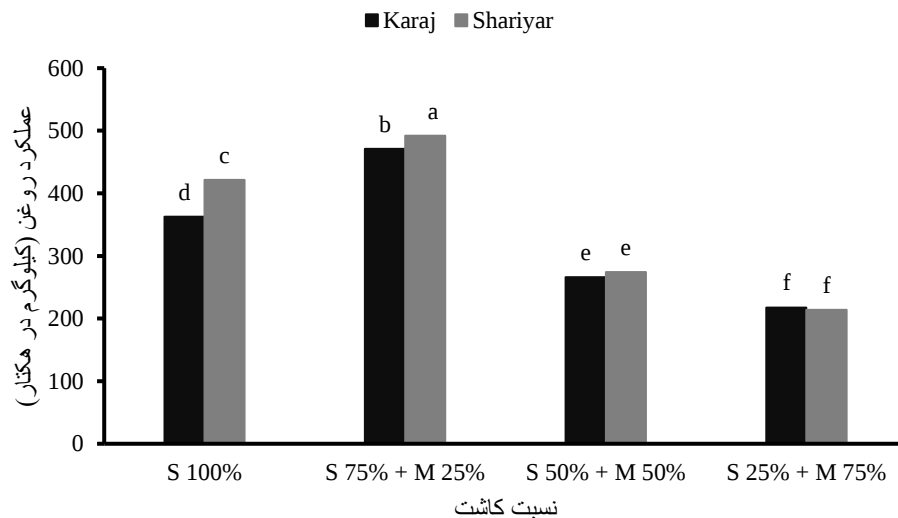
بیشترین عملکرد روغن کنجد تحت تاثیر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس با ۴۱۸/۷۹ کیلوگرم در هکتار از تیمار S₂ و تلقیح تیوباسیلوس و کمترین مقدار نیز از تیمار شاهد با ۲۶۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۴۵/۱۴ درصد بود (شکل ۴-۵۶).



شکل ۴-۵۶ برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد روغن گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

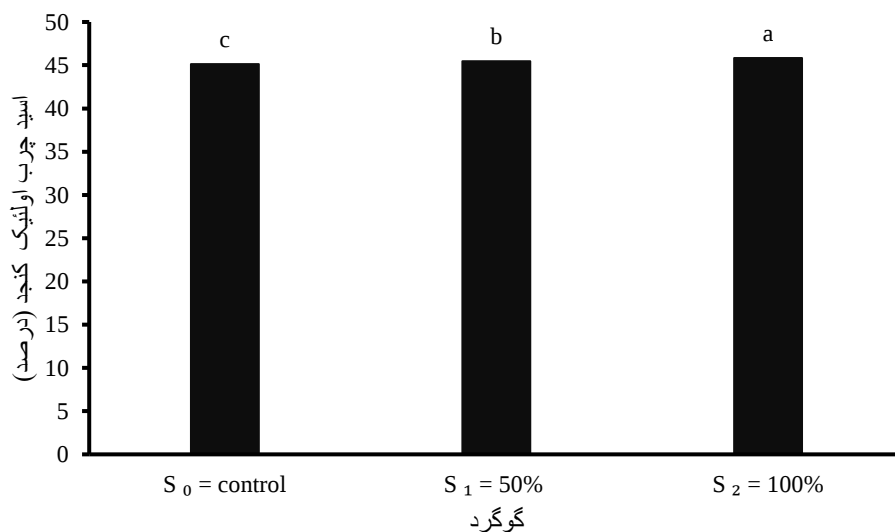
مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد روغن از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش با ۴۹۱/۸۹ کیلوگرم در هکتار از منطقه شهریار و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ ماش با ۲۱۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار از منطقه شهریار حاصل شد که تفاوتی با منطقه کرج وجود نداشت (شکل ۴-۵۷). عملکرد روغن بیش از آن که تحت تاثیر محتوای روغن باشد، از عملکرد دانه تاثیرپذیری دارد. افزایش عملکرد روغن در نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش را می‌توان به اثرات مثبت مخلوط و همراهی لگوم و تثبیت نیتروژن برای کنجد و در نهایت افزایش عملکرد کنجد نسبت داد. احمد و همکاران (۲۰۱۸) نیز علت افزایش عملکرد روغن را به علت افزایش فراهمی نیتروژن و افزایش عملکرد دانه کنجد گزارش کردند. ایشان همچنین افزایش عملکرد روغن را در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار مصرف کود گوگرد گزارش کردند. رازا و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی که روی تاثیر مصرف گوگرد بر عملکرد دانه و محتوای روغن ارقام کنجد در شرایط دیم داشتند بیشترین عملکرد روغن دانه کنجد را از تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، در همه‌ی ارقام و هر دو سال گزارش کردند. روحی سارالان (۱۳۹۸) گزارش کردند که در تمام تیمارهای مخلوط بالنگوی شهری و خرفه درصد و عملکرد روغن و اسیدهای چرب بالنگوی شهری افزایش داشت.



شکل ۴-۵۷ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر عملکرد روغن گیاه کنجد (کیلوگرم در هکتار) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

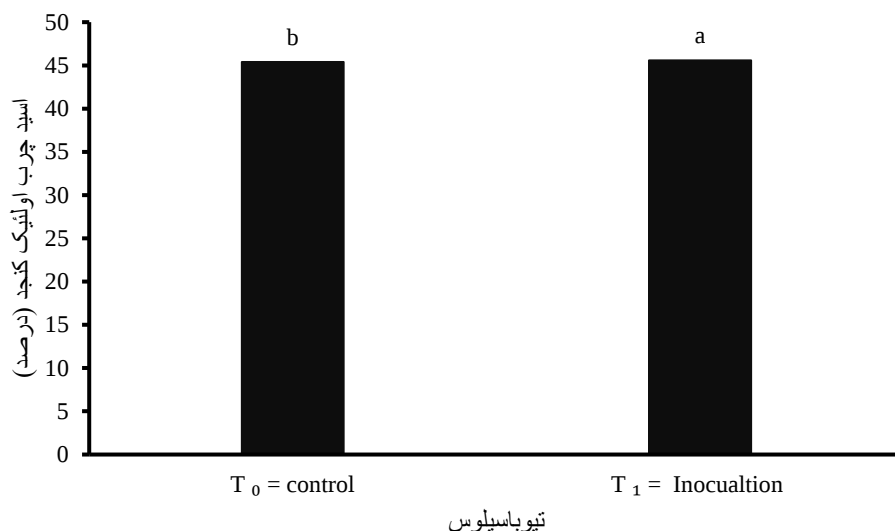
۴-۱-۳-۱۵ اسید اولئیک

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد بر اسید اولئیک دانه کنجد معنی‌دار شد (جدول ۴-۲۰). بیشترین اسید اولئیک روغن کنجد از تیمار S_2 با ۴۵/۸۵ درصد به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد دو درصد افزایش مشاهده گردید (شکل ۴-۵۸).



شکل ۴-۵۸ اثر گوگرد بر اسید اولئیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

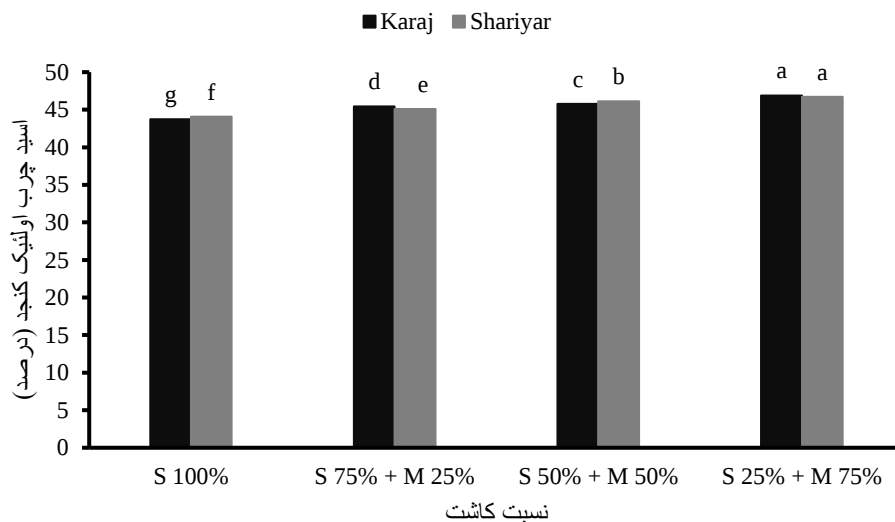
مصرف تیوباسیلوس نیز سبب افزایش اسید اولئیک روغن دانه کنجد شد (شکل ۴-۵۹).



شکل ۴-۵۹ اثر تیوباسیلوس بر اسید اولئیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسات میانگین نشان داد بیشترین درصد اسید اولئیک از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش با ۴۶/۸۹ درصد در منطقه کرج به‌دست آمد که این نسبت کاشت تفاوتی معنی‌داری با منطقه شهریار نداشت و کمترین مقدار از کشت خالص ۴۳/۷۴ درصد از منطقه کرج حاصل شد. اختلاف بین این دو نسبت کاشت ۶/۷۲ درصد بود (شکل ۴-۶۰).

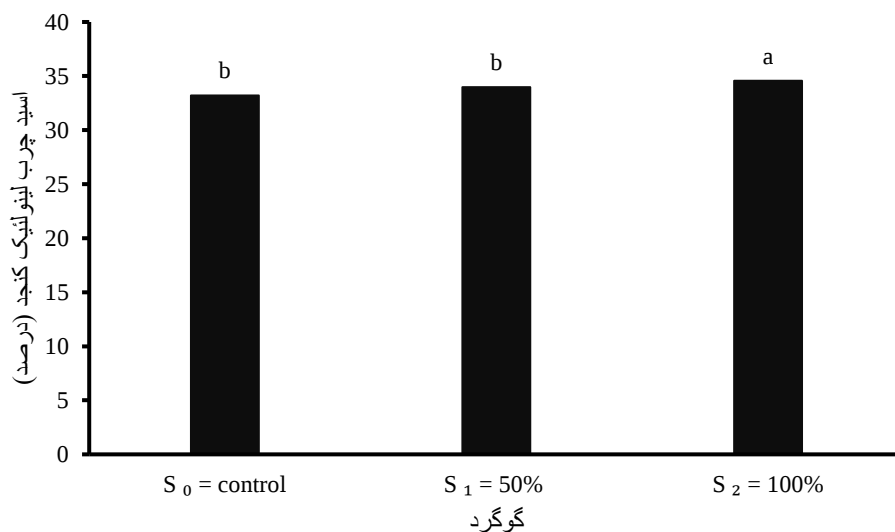
به‌طور کلی، بالا بودن نسبی درصد اسید اولئیک در روغن حاکی از مقاومت آن به درجه حرارت‌های نسبتاً بالا جهت سرخ نمودن مواد غذایی می‌باشد (رضوانی مقدم و سیدی، ۱۳۹۴). تاثیر تکنیک‌های زراعی و عوامل محیطی مانند نور، آب و عناصر غذایی روی سنتز اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع متفاوت است (بالدینی و همکاران ۲۰۰۰). ایچارت و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که سایه‌اندازی در کشت مخلوط تاثیر معنی‌داری روی مقادیر اسیدهای چرب می‌گذارد. به‌طور کلی اعتقاد بر این است که بهبود جذب نور و سایه‌اندازی می‌توانند ساخت مواد تشکیل‌دهنده و توزیع آسیمیلات‌های فتوسنتزی را در منبع و مخزن تحت تاثیر قرار دهند (کوپر، ۱۹۶۷). یانگ و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مقادیر اسیدهای چرب غیراشباع در کشت مخلوط ذرت و سویا بیشتر از کشت خالص بود. رازا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که بیشترین اسید چرب اولئیک از مصرف ۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در تمامی ارقام و در هر دو سال مشاهده گردید. شریفی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که اسید اولئیک گیاه گلرنگ در تیمار کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است.



شکل ۴-۶۰ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید اولئیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

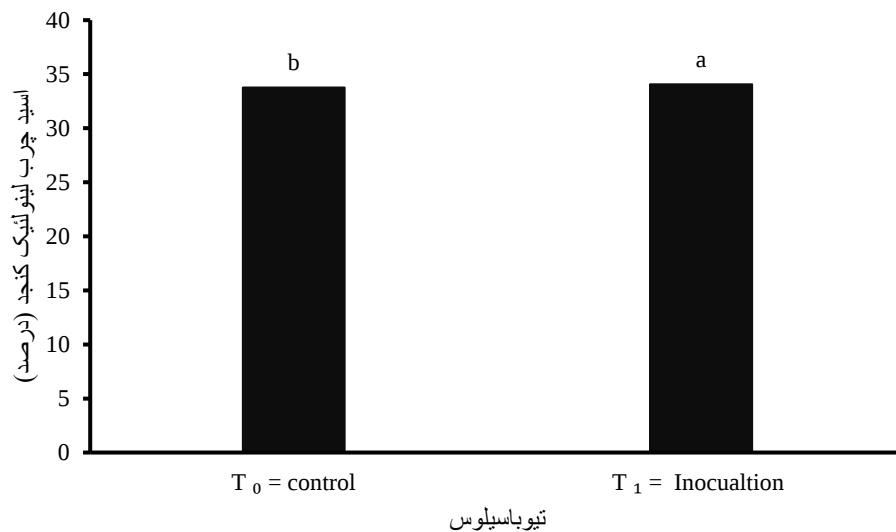
۴-۱-۳-۱۶ اسید لینولئیک

جدول ۴-۲۰ حاکی از آن است که اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد بر اسید لینولئیک دانه کنجد معنی‌دار شد (جدول ۴-۲۰). مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار موجب افزایش چهار درصدی اسید لینولئیک روغن دانه کنجد نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۴-۶۱).



شکل ۴-۶۱ اثر گوگرد بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

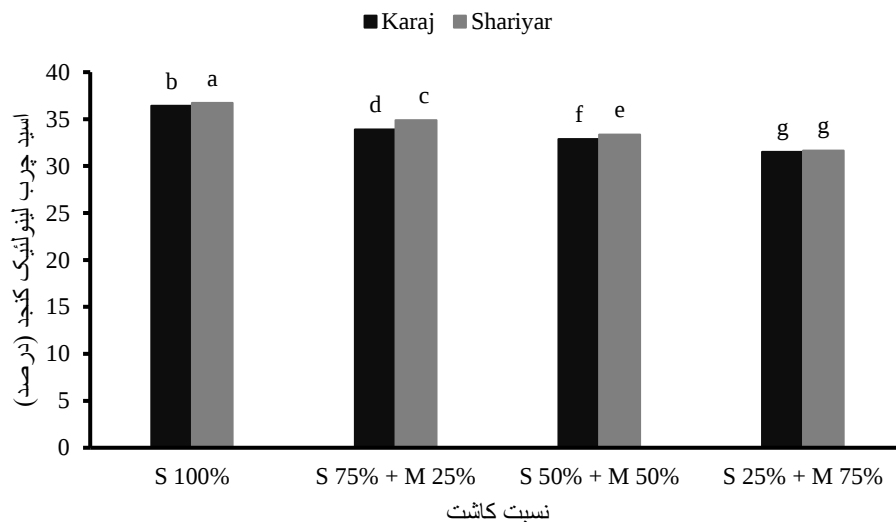
تیمار تلقیح باکتری نیز موجب افزایش یک درصدی اسید لینولئیک در روغن کنجد شد (شکل ۴-۶۲).



شکل ۴-۶۲ اثر تیوباسیلوس بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین اسید چرب لینولئیک روغن کنجد از کشت خالص کنجد با ۳۶/۷۳ درصد در منطقه شهریار و کمترین مقدار نیز با ۳۱/۵ درصد از نسبت کاشت ۲۵٪/۷۵٪ کنجد+ ماش در منطقه کرج حاصل شد که تفاوتی با منطقه شهریار مشاهده نشد. اختلاف بین دو این تیمار ۱۴/۲۴ درصد بود (شکل ۴-۶۳).

بیشتر بودن درصد اسید اولئیک نسبت به اسید لینولئیک در روغن کنجد می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که دوره پر شدن دانه این گیاه در آب و هوایی گرم‌تر صورت گرفته است (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۳). درصد بالای اسید لینولئیک نشان‌دهنده طعم مناسب و کیفیت بالای روغن و بهبود ارزش غذایی این گیاه جهت مصرف مستقیم غذایی می‌باشد (رضوانی‌مقدم و سعیدی، ۱۳۹۴). وجود اختلاف در اسیدهای چرب در مناطق مختلف کاشت ناشی از این است که مواد اصلی تشکیل دهنده دانه کنجد بسته به مناطق کاشت متفاوت بوده است (شاکری و همکاران، ۱۳۹۱). در یک مطالعه که اثر گوگرد، روی و بر عملکرد کمی و کیفی کلزا بررسی شد، نتایج نشان داد که گوگرد موجب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک و لینولنیک شد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۹۴). سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی به‌جای بخشی از کودهای شیمیایی نه تنها به‌طور معنی‌داری میزان اسید لینولئیک (اسید چرب مطلوب در تغذیه انسان) را افزایش داد، بلکه می‌تواند اثرات جانبی نامناسب بر روی محیط زیست را نیز کاهش دهد. احتمالاً افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توام کودهای زیستی و شیمیایی و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز و رشد گیاه از عوامل افزایش صفات کیفی و کمی در سیستم‌های تغذیه تلفیقی می‌باشد. روحی سالاران و همکاران (۱۳۹۸) بیان داشتند که میزان اسید لینولئیک در کشت مخلوط بالنگوی شهری و خرفه نسبت به کشت خالص افزایش داشت.



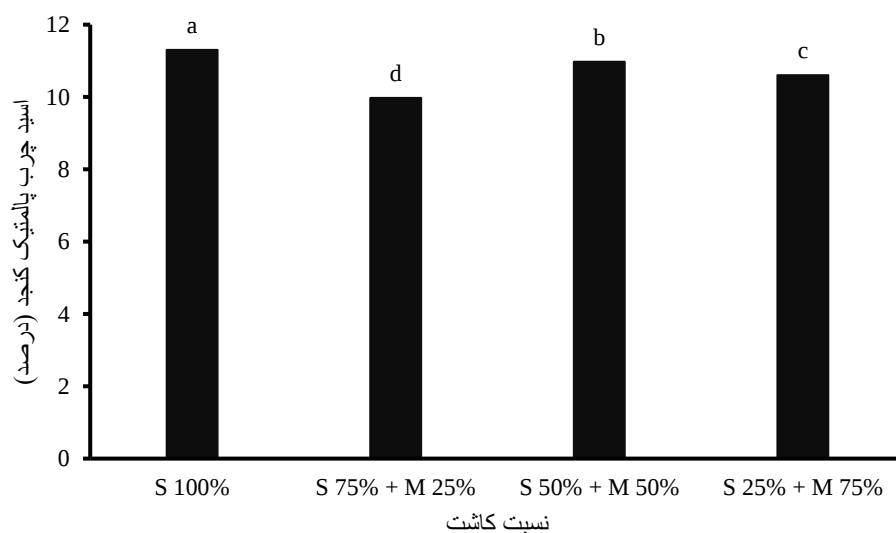
شکل ۴-۶۳ اثر برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید لینولئیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۱۷-۳-۱-۴ اسید پالمیتیک

نتایج تجزیه مرکب نشان داد تنها اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس بر اسید پالمیتیک روغن دانه کنجد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد.

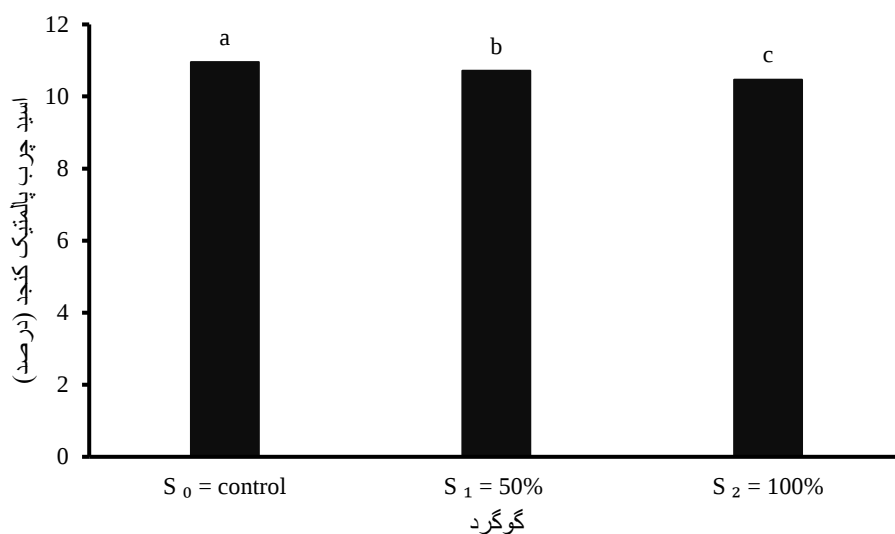
بیشترین اسید پالمیتیک از کشت خالص با ۱۱/۳ درصد و کمترین مقدار با ۹/۹۷ درصد از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش حاصل شد (شکل ۴-۶۴).

سید نوری و همکاران (۱۳۹۵) افزایش اسید پالمیتیک در بادام زمینی را در تیمارهای کشت مخلوط با ذرت گزارش کردند. آن‌ها علت این موضوع را سایه‌اندازی گیاه ذرت عنوان کردند.



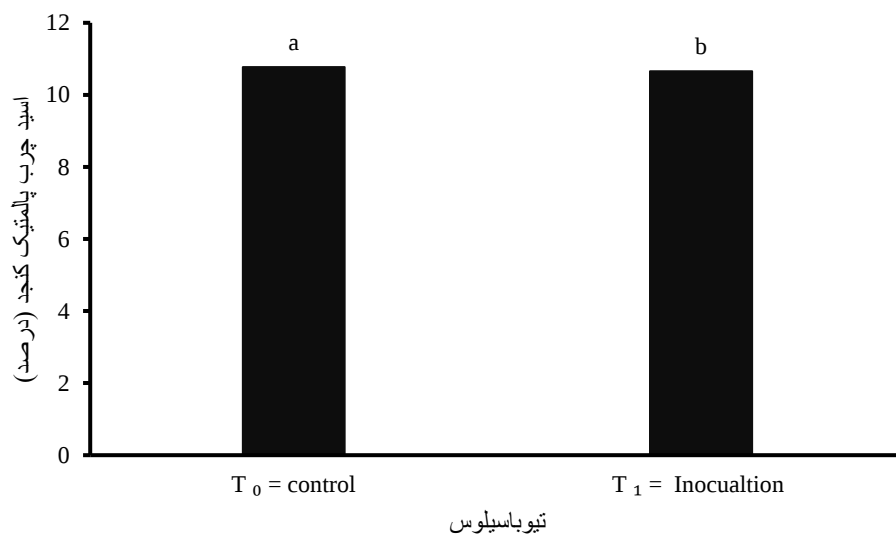
شکل ۴-۶۴ اثر نسبت کاشت بر اسید پالمیتیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد موجب کاهش ۴/۴ درصدی اسید پالمیتیک نسبت به تیمار شاهد در روغن دانه کنجد شد (شکل ۴-۶۵). رازا و همکاران (۲۰۱۸) نیز کمترین میزان اسید پالمیتیک را از بیشترین سطح مصرف گوگرد و بیشترین اسید پالمیتیک را از تیمار شاهد گزارش کردند. ایشان بیان داشتند که علت این موضوع رابطه عکس بین اسید اولئیک و پالمیتیک در روغن کنجد می‌باشد.



شکل ۴-۶۵ اثر گوگرد بر اسید پالمیتیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

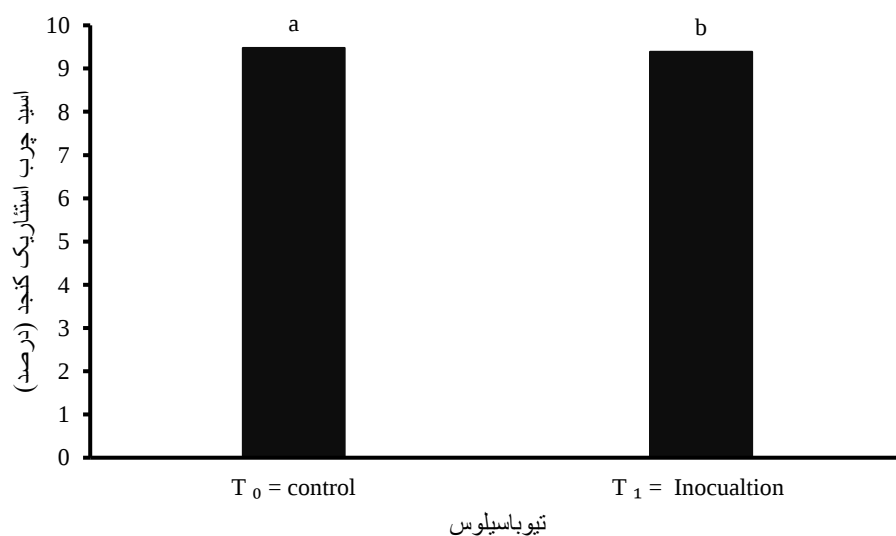
استفاده از باکتری تیوباسیلوس نیز موجب کاهش دو درصدی اسید پالمیتیک روغن شد (شکل ۴-۶۶). این نتیجه با نتایج رضوانی‌مقدم (۱۳۹۴) مطابقت داشت.



شکل ۴-۶۶ اثر تیوباسیلوس بر اسید پالمیتیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۱-۳-۱۸ اسید استئاریک

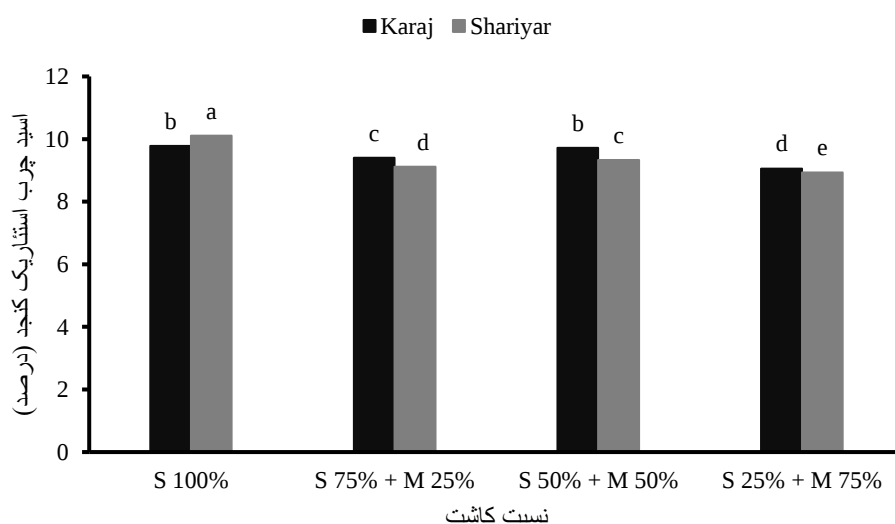
تجزیه داده‌های موجود بیان‌گر معنی‌دار شدن اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و همچنین برهمکنش اثر مکان و نسبت کاشت، و مکان و گوگرد شد (جدول ۴-۲۰).
مصرف باکتری تیوباسیلوس سبب کاهش یک درصدی اسید استئاریک شد (شکل ۴-۶۷).
تلقیح سویا و گلرنگ با کودهای زیستی کیفیت روغن دانه را از طریق افزایش اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع بهبود داد (شریفی و همکاران، ۲۰۱۷؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۴-۶۷ اثر تیوباسیلوس بر اسید استتاریک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین اسید استتاریک با ۱۰/۱۱ درصد از کشت خالص و در منطقه شهریار به‌دست آمد و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۸/۹۳ درصد حاصل شد. بین این دو تیمار اختلاف ۱۱/۶۷ درصدی مشاهده شد (شکل ۴-۶۸).

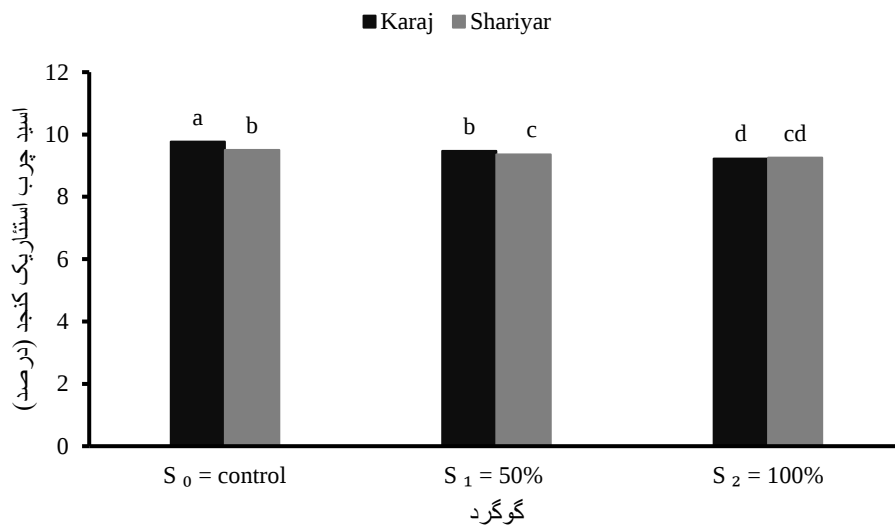
به‌نظر می‌رسد تولید اسید استتاریک با افزایش فراهمی نیتروژن تثبیت شده توسط ماش رابطه معکوس دارد (سید نوری و همکاران، ۱۳۹۵). سید نوری و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که در کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی با افزایش مصرف نیتروژن میزان اسید استتاریک در بادام زمینی کاهش یافت. روحی سارالان و همکاران (۱۳۹۸)، سعیدی و همکاران (۱۳۹۷)، مجیدیان و همکاران (۱۳۹۴) و شاه و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که بین اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک، لینولئیک، لینولنیک) و اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استتاریک) رابطه معکوس وجود دارد.



شکل ۴-۶۸ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید استتاریک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین اسید استتاریک از تیمار شاهد در منطقه کرج (۹/۷۷ درصد) و کمترین مقدار از تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در همین منطقه (۹/۲۳ درصد) حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با منطقه شهریار مشاهده نشد (شکل ۴-۶۹).

شاه و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند با افزایش مصرف گوگرد میزان اسید استتاریک کاهش پیدا کرد، بیشترین میزان این اسید چرب در کنجد را از تیمار شاهد و کمترین مقدار این اسید از تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.



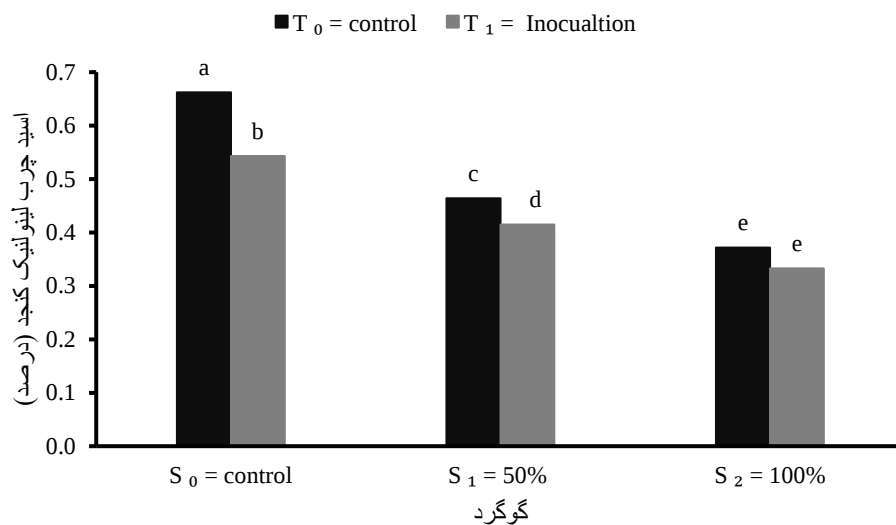
شکل ۴-۶۹ برهمکنش مکان و گوگرد بر اسید استتاریک روغن گیاه کجند (درصد) (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

۱۹-۳-۱-۴ اسید لینولنیک

نتایج جدول ۴-۲۰ نشان داد اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش اثرات گوگرد و تیوباسیلوس، و مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد معنی دار شد.

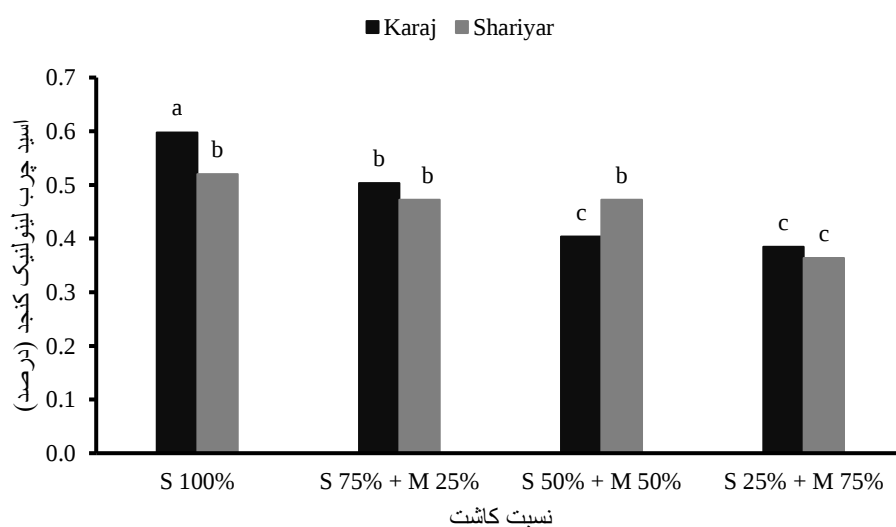
مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین اسید لینولنیک از تیمار شاهد گوگرد و شاهد تیوباسیلوس با ۰/۶۶ درصد و کمترین مقدار از ترکیب تیماری مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و تلقیح تیوباسیلوس با ۰/۳۳ درصد حاصل شد که با تیمار شاهد تیوباسیلوس در یک گروه آماری قرار گرفت. بین این دو ترکیب تیماری اختلاف ۵۰ درصدی وجود داشت (شکل ۴-۷۰).

از آنجایی که اسید لینولنیک با سرعت زیادی اکسیده شده و منجر به افزایش طعم‌های غیرطبیعی در روغن می‌گردد، مقدار بسیار پایین اسید لینولنیک (۰/۶ درصد) می‌تواند دلیلی بر پایداری روغن دانه کجند باشد (رضوانی مقدم و سیدی، ۱۳۹۴). گوگرد یک ماده تشکیل دهنده استیل کوآنزیم A می‌باشد، و هنگامی که با اسید استیک ترکیب شود استیل کوآنزیم A تشکیل می‌شود که نقش مهمی در متابولیسم چربی‌ها ایفا می‌کند (والترهلد و پایکولا، ۲۰۱۱). از طرفی به نظر می‌رسد به دلیل رفع نیاز تغذیه‌ای گیاه به گوگرد از طریق کاربرد باکتری تیوباسیلوس میزان اسیدهای چرب و محتوای روغن گیاه افزایش پیدا کرده است (جشنی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج یک بررسی در انستیتو تحقیقاتی گیاهان زراعی مناطق نیمه خشک حاره‌ای در هند نشان داد که اثر دو عنصر نیتروژن و گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب خردل موجب افزایش معنی دار اسید اولئیک و لینولئیک و کاهش اسید لینولنیک و پالمیتیک، استتاریک، اروسیک و گلوکوزینولات دانه شد (ساوان و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۷۰-۴ برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر اسید لینولینیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

هم‌چنین بیشترین اسید لینولینیک از کشت خالص و در منطقه کرج با ۰/۶ درصد و کمترین مقدار از نسبت کشت ۲۵٪/کنجد+۷۵٪/ماش با ۰/۳۶ درصد در منطقه شهریار به‌دست آمد که با همین نسبت کاشت و نسبت کاشت ۵۰٪ در منطقه کرج تفاوتی مشاهده نشد. اختلاف بین این دو تیمار ۴۰ درصد بود (شکل ۷۱-۴). فراهمی بیشتر عناصر غذایی در خاک، ضمن افزایش عملکرد روغن، احتمالاً با کاهش اسید لینولینیک و نیز افزایش اسید اولئیک منجر به بهبود ارزش کیفی روغن می‌شود (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۷۱-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر اسید لینولینیک روغن گیاه کنجد (درصد) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

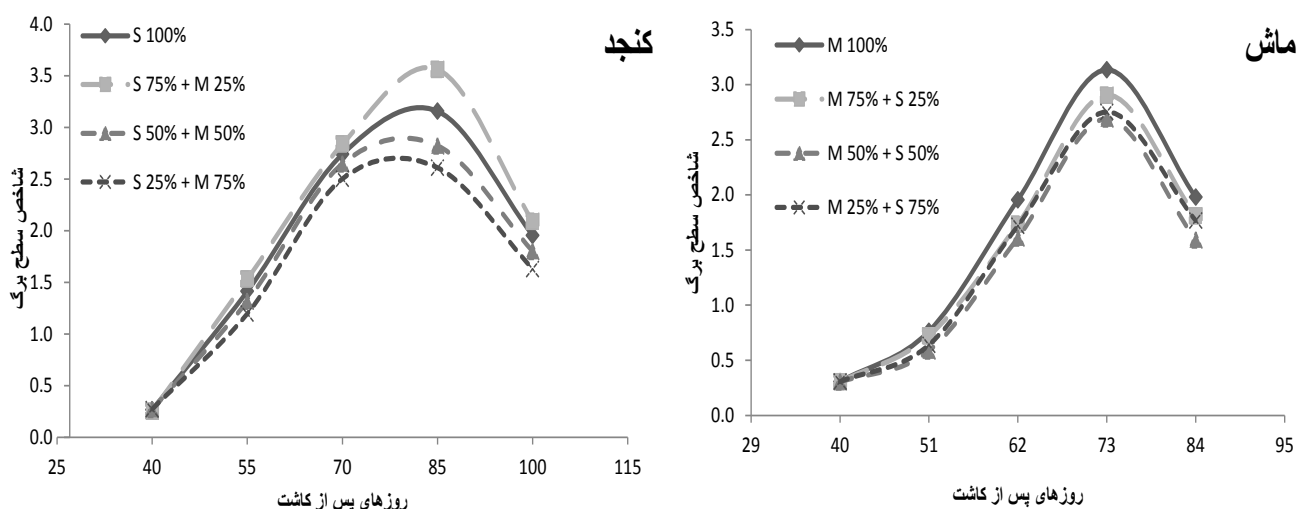
۴-۱-۴ شاخص‌های رشدی کنجد و ماش

۴-۱-۴-۱ شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی نسبت کاشت، کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس در طی فصل رشد تاثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ کنجد و ماش داشت (جدول ۴-۲۱). در تیمارهای مختلف روند افزایش شاخص سطح برگ کنجد و ماش تا چهل روز پس از سبز شدن کند بود و بعد از آن برای کنجد تا ۸۵ روز و ماش تا ۷۳ روز پس از کاشت با یک روند خطی افزایش پیدا کرد و پس از آن روند نزولی داشت (شکل ۴-۷۲). بیشترین شاخص سطح برگ کنجد در ۸۵ روز بعد از سبز شدن، از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪/ ماش با ۳/۵۶ و کمترین میزان از نسبت کاشت ۲۵٪/کنجد+۷۵٪/ ماش با ۲/۶۱ مشاهده شد. در مورد ماش نیز بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب از کشت خالص با ۳/۱۳ و نسبت ۵۰٪ با ۲/۶۹ مشاهده گردید (شکل ۴-۷۲).

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به سطح زمینی است که گیاه اشغال می‌نماید. تغییرات شاخص سطح برگ از روند سیگموئیدی پیروی می‌کند. بدین صورت که ابتدا به آرامی افزایش یافته سپس دوره رشد سریع آن آغاز می‌شود. پس از آن با افزایش سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی فعالیت فتوسنتزی کاهش یافته و به دلیل ریزش برگ‌های پایین کانوپی، زرد شدن برگ‌ها، پیری و شروع رشد زایشی، کاهش یافتند (رامش‌جان و همکاران، ۱۳۹۹). علت افزایش شاخص سطح برگ گیاه کنجد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌تواند به دلیل اثرات و پیامدهای مثبت تثبیت نیتروژن توسط ماش باشد. در کنار اثرات مثبت ناشی از حضور ماش به عنوان یک گیاه تثبیت کننده نیتروژن در خاک، کانوپی متراکم‌تر و ارتفاع بیشتر کنجد نسبت به ماش، موجب افزایش رشد و شاخص سطح برگ کنجد شده است و در نتیجه افزایش قدرت رقابت آن با ماش و در نهایت کاهش تولید ماش در مخلوط شده باشد. به طور کلی بیان می‌شود که در کشت مخلوط برای به دست آوردن بیشترین مقدار جذب نور بهتر است که گونه‌های موجود در مخلوط از نظر قدرت رقابت مشابه باشند (گائو و همکاران، ۲۰۱۰). روند تغییرات شاخص سطح برگ ماش در طول فصل رشد در شرایط مخلوط با کنجد در مقایسه با کشت خالص نشان داد که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت. از آنجا که جذب نور و عناصر غذایی، رشد رویشی و به تبع آن فتوسنتز گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، چنین به نظر می‌رسد که در شرایط کشت خالص ماش در مقایسه با تیمارهای مخلوط با کنجد، رشد و فتوسنتز ماش بیشتر شده است و به همین علت شاخص سطح برگ نیز افزایش پیدا کرد. که علت این امر می‌تواند قدرت رقابت پذیری کمتر گیاه ماش نسبت به کنجد باشد. سایه‌اندازی بیشتر در تیمارهای مخلوط احتمالاً دلیل کاهش سطح برگ این گیاهان نسبت به تک کشتی آن‌ها می‌باشد. مونتی و همکاران (۲۰۱۶) طی تحقیقات خود گزارش کردند در کشت مخلوط لگوم‌ها با گراس‌ها به دلیل رشد سریع و سایه‌اندازی گراس‌ها شاخص سطح برگ لگوم‌ها و رشد آن‌ها محدود می‌گردد. در کشت مخلوط ذرت و کدوی

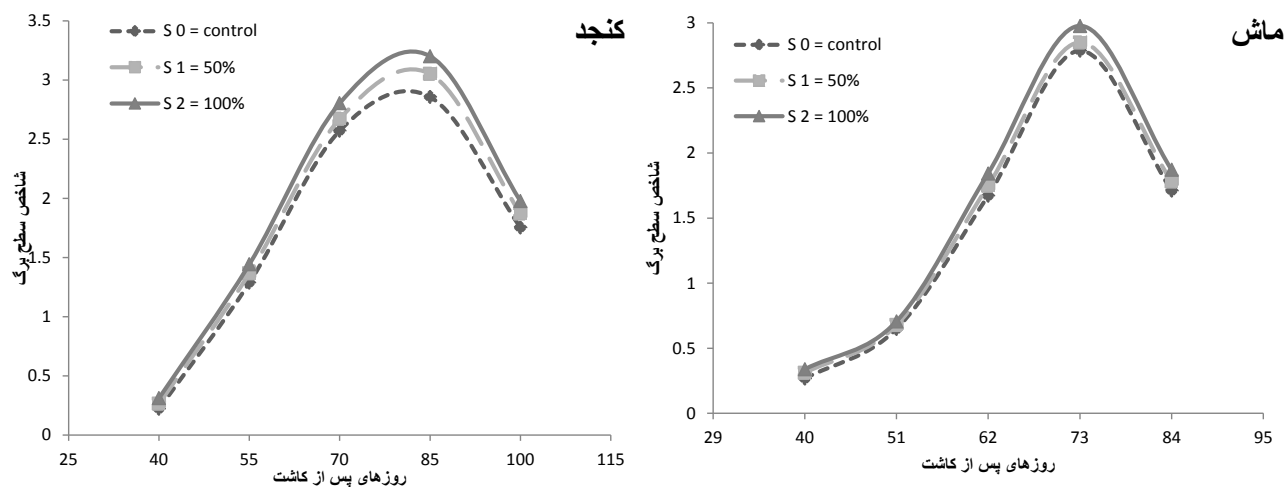
کاغذی بالاترین شاخص سطح برگ ذرت از نسبت کاشت ۷۵٪ ذرت + ۲۵٪ لوبیا مشاهده شد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ارزن معمولی و سویا نشان داد که بیشتری شاخص سطح برگ سویا در تیمار تک کشتی آن به دست آمده و با افزایش سهم ارزن در کشت مخلوط شاخص سطح برگ سویا کاهش یافت (حاجی‌نیا و احمدوند، ۱۳۹۶).



شکل ۴-۷۲ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر شاخص سطح برگ.

مقایسات میانگین نشان داد که شاخص سطح برگ کنجد و ماش تحت تاثیر مصرف کود گوگرد قرار گرفت. بیشترین میزان شاخص سطح برگ از تیمار کودی S₂ و کمترین مقدار شاخص سطح برگ از تیمار S₀ به دست آمد. در کنجد ۱۰/۴ درصد اختلاف میان این دو تیمار در شاخص سطح برگ و در ماش ۶/۷۱ درصد اختلاف مشاهده شد (شکل ۴-۷۳).

با افزایش دسترسی به مواد غذایی توسعه سطح برگ نیز افزایش یافت. این امر امکان فتوسنتز بیشتر را فراهم کرده که در نهایت عملکرد دانه افزایش پیدا کرد. شاخص سطح برگ جزء فیزیولوژیک عمده در تولید، عملکرد و سرعت رشد گیاه زراعی است که خود ویژگی‌های پیچیده‌ای دارد و اجزای اصلی آن تعداد برگ و اندازه برگ هستند. با توجه به این مطلب که مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک تحت تاثیر اکسایش این عنصر ضروری کاهش اسیدیته خاک، تامین سولفات مورد نیاز گیاهان و افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف در خاک می‌شود. و از آنجا که شرط بهره‌گیری از این پتانسیل به دلیل سرعت اکسایش کند گوگرد مستلزم حضور باکتری‌های اکسیدکننده است به نظر می‌رسد، که بهبود مصرف گوگرد همراه با تلقیح تیوباسیلوس به دلیل تامین سولفات مورد نیاز و بهبود فراهمی و جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف افزایش شاخص سطح برگ به عنوان اندام فتوسنتزکننده را موجب شده است (خرمدل و همکاران، ۱۳۹۷). مصطفوی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی شاخص‌های رشد و مراحل فنولوژیک کنجد در شرایط استفاده از منابع تغذیه‌ای زیستی و شیمیایی، بیشترین شاخص سطح برگ را از ترکیب گوگرد و تیوباسیلوس با ۳/۴۲ و کمترین مقدار را از تیمار شاهد با ۲/۴۲ گزارش کردند.



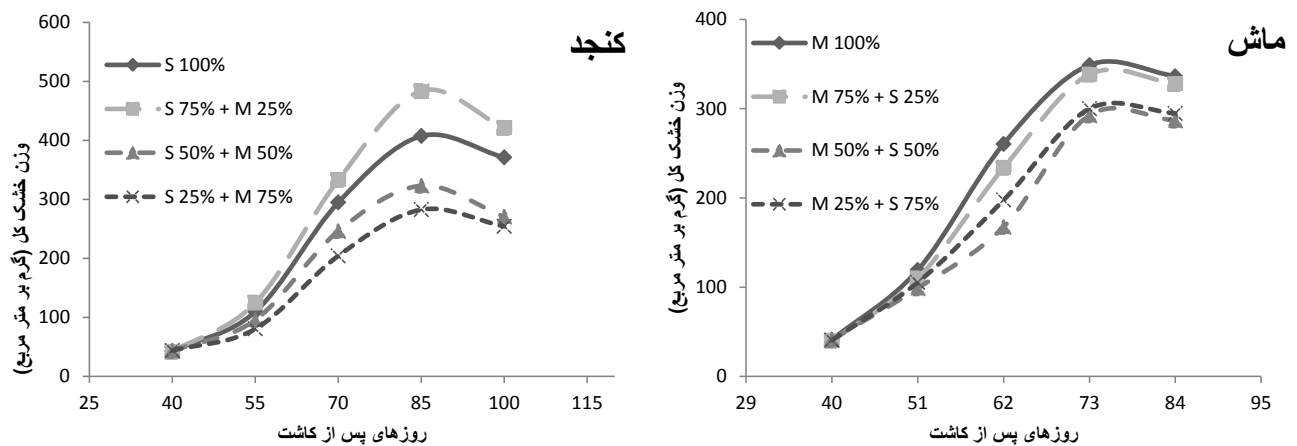
شکل ۷۳-۴ اثر گوگرد بر شاخص سطح برگ.

۴-۱-۴-۲ تجمع وزن خشک

همان‌طور که در جدول ۴-۲۲ مشاهده می‌شود تمامی اثرات اصلی در طی فصل رشد تاثیر معنی‌داری روی میزان ماده خشک کنجد و ماش داشت. در صورتی‌که اکثر اثرات متقابل در طی فصل رشد از نظر آماری معنی‌دار نشد.

مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین میزان ماده خشک کنجد در طی فصل رشد از تیمار کشت مخلوط ۷۵٪+کنجد+۷۵٪ ماش حاصل شد و کمترین میزان ماده خشک از تیمار کشت مخلوط ۲۵٪+کنجد+۷۵٪ ماش حاصل شد. اما بیشترین میزان ماده خشک در تمام طول دوره‌ی رشد گیاه ماش از تیمار کشت خالص ماش و کمترین میزان ماده خشک از تیمار کشت مخلوط ۲۵٪+ماش+۷۵٪ کنجد به‌دست آمد (شکل ۷۴-۴). به نظر می‌رسد در این نسبت کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های کنجد منجر به افزایش جذب نور و مواد غذایی و بهبود فتوسنتز شده و به دنبال آن تجمع ماده خشک افزایش یافته است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۹). بالا بودن میزان ماده خشک در برخی از تیمارهای مخلوط نسبت به کشت خالص می‌تواند نشان‌دهنده تاثیر مثبت کشت مخلوط باشد به طوری که موجب تقویت کارایی کنجد در استفاده از ظرفیت‌های محیطی شده است (زعفریان و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش تجمع ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۹)، کنجد و نخود (پورامیر و همکاران، ۲۰۱۰)، زنیان و شنبلیله (میرهاشمی و همکاران، ۲۰۰۹) و سویا و نعنای (مافی و موسیاری، ۲۰۰۳) نیز گزارش شده است. به طور کلی بقولات به دلیل سرعت رشد کم و سایه اندازی اندک در ابتدای فصل رشد دارای قدرت رقابتی بالایی نمی‌باشد (لیتورجیدیس و همکاران، ۲۰۰۷). عدم وجود کنجد و در نتیجه عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای در کشت خالص سبب افزایش تجمع ماده خشک تولیدی در تیمار کشت خالص ماش در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط شد. ولاکاسترجیوس و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی کشت مخلوط گندم و نخود قرمز بیان داشتند که میزان تشعشع نفوذی به درون کانوپی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش

یافت که این امر منجر به کاهش میزان تولید و تجمع ماده خشک لوبیا در کشت مخلوط شد.

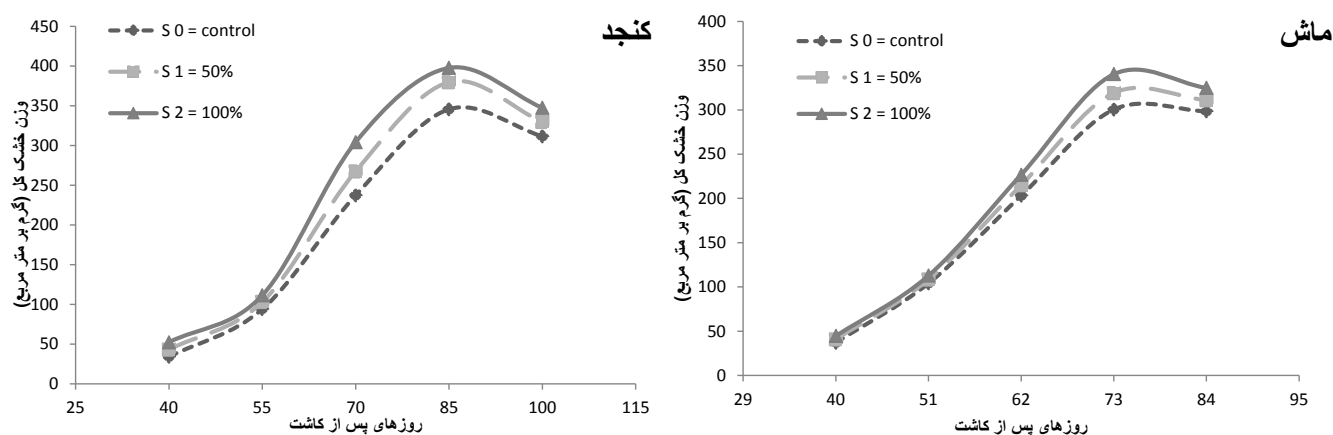


شکل ۷۴-۴ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر روند تغییرات تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع).

در ابتدای دوره‌ی رشد، به دلیل کوچک بودن بوته‌ها، تفاوت چندانی بین تیمارهای مختلف کود گوگرد و تیوباسیلوس از نظر روند افزایش وزن خشک کل کنجد و ماش مشاهده نشد، ولی از حدود ۴۰ روز پس از سبز شدن تجمع ماده خشک کل وارد مرحله‌ی رشد خطی شد و به سرعت افزایش یافت و پس از آن در کنجد روند کاهشی و در ماش روند تقریباً ثابتی داشت. بیشترین میزان تجمع ماده خشک در تیمار کودی S₂ و کمترین میزان تجمع ماده خشک نیز در تیمار شاهد S₀ در هر دو گیاه کنجد و ماش مشاهده شد. اختلاف میان این دو تیمار در ۸۵ روز پس از کاشت (میزان حداکثر تجمع ماده خشک) در گیاه کنجد ۱۳/۱۵ درصد و ۷۳ روز پس از کاشت در گیاه ماش ۱۱/۷۴ درصد بود (شکل ۷۵-۴).

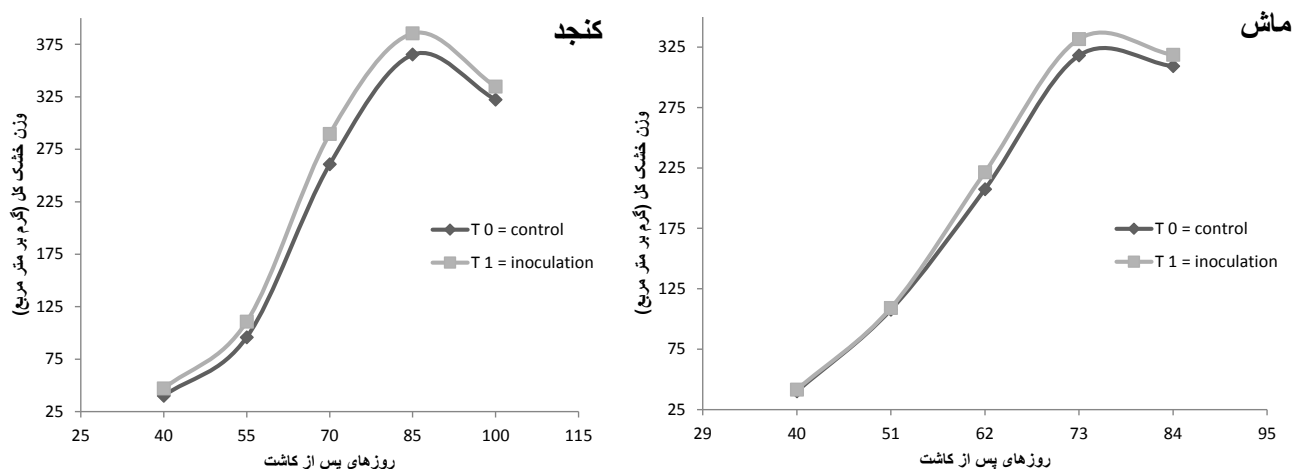
تجمع ماده خشک انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده فتوسنتزی تولیدی می‌تواند به مصرف رشد گیاه برسد و یا در اندام‌ها ذخیره‌ای تجمع یابد، که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. افزایش سطح برگ می‌تواند موجب افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک شود که این امر به نوبه خود می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گیاه شود (مصطفوی و همکاران، ۱۳۹۷). چنان‌که پیش‌بینی می‌شد بیشترین مقدار تجمع ماده خشک برای هر دو گیاه در طی فصل رشد از تیمارهایی حاصل شدند که دارای شاخص سطح برگ بالاتر و طبیعتاً پتانسیل بیشتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند. از آن‌جا که باکتری‌های تیوباسیلوس موجب تحریک تولید اکسین می‌شوند، به‌نظر می‌رسد که افزایش تولید اکسین تحت تاثیر تلقیح با این باکتری‌ها با افزایش رشد سلولی و تحریک رشد اندام‌های رویشی، سطح اندام‌های فتوسنتزکننده را افزایش داده است. علاوه بر این، با توجه به بالا بودن اسیدیته خاک در بوم‌نظام‌های زراعی کشور و اختلال در جذب عناصر غذایی در این شرایط مصرف گوگرد می‌تواند موجب کاهش اسیدیته خاک شود (خرمدل و همکاران، ۱۳۹۷). حضور باکتری‌های تیوباسیلوس در مقایسه با عدم تلقیح این باکتری سبب تسریع این فرآیند شده است (زاپاتا و روی، ۲۰۰۴). بنابراین، افزایش وزن خشک کل در نتیجه افزایش فسفر

قابل دسترس توسط گیاه را می‌توان این‌چنین توجیه نمود که عنصر فسفر با اثرات مثبتی که بر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای دارد، افزایش فراهمی آن میزان جذب آب و عناصر غذایی ضروری به‌ویژه نیتروژن را افزایش داده است که این امر موجب بهبود وزن خشک کل شده است (دورداس و همکاران، ۲۰۱۲). فیمز و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه شاخص‌های رشدی ارقام کلزا در سطوح مختلف از کود بیوگوگرد، علت افزایش بیوماس کل و سرعت رشد محصول کلزا را به گسترش اندازه و سطح برگ و افزایش میزان فتوسنتز به دلیل مصرف بیوگوگرد نسبت دادند.



شکل ۴-۷۵ اثر گوگرد بر روند تغییرات تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع).

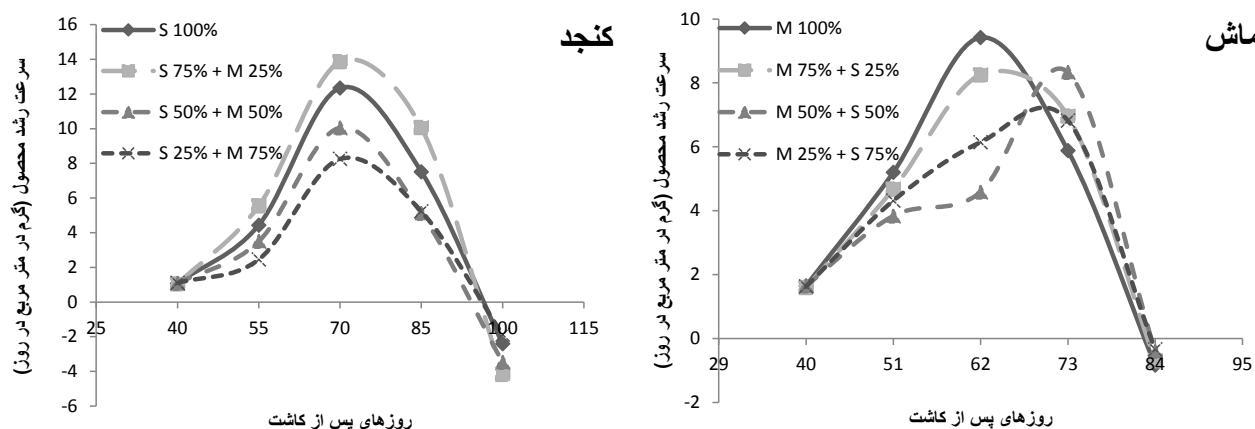
هم‌چنین بیشترین میزان تجمع ماده خشک کل در تیمار تلقیح باکتری و کمترین مقدار آن در تیمار عدم تلقیح باکتری در هر دو گیاه کنجد و ماش به‌دست آمد. اختلاف بین تیمار تلقیح تیوباسیلوس با شاهد در گیاه کنجد ۵/۲۴ درصد در ۸۵ روز و در گیاه ماش ۴/۱۱ درصد در ۷۳ روز بعد از کاشت (میزان حداکثر تجمع ماده خشک) حاصل شد (شکل ۳-۷۶).



شکل ۴-۷۶ اثر تیوباسیلوس بر روند تغییرات تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع).

۳-۴-۱-۴ سرعت رشد محصول (CGR)

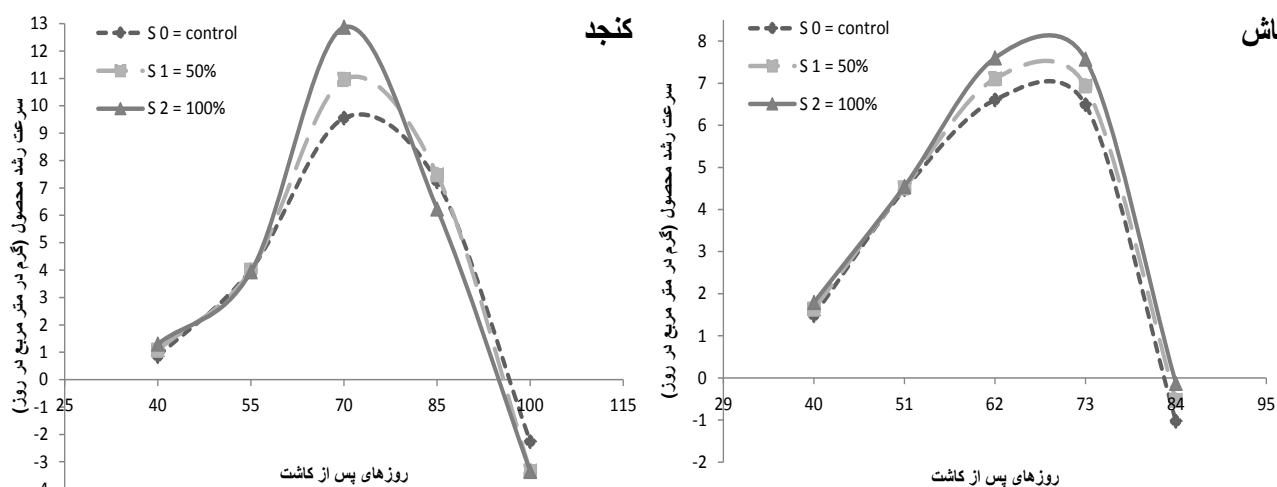
مقدار این شاخص در اوایل فصل رشد کم بود. روند کند سرعت رشد محصول در این مرحله به دلیل کامل نبودن کانوپی و کم بودن جذب نور می‌باشد (کوباتا و موریواکی، ۱۹۹۰). بیشترین میزان سرعت رشد کنجد در تیمار مخلوط ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در روز ۷۰ پس از سبز شدن (حداکثر میزان سرعت رشد) و کمترین میزان این صفت در ترکیب مخلوط ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش مشاهده گردید که در انتهای فصل رشد این صفت منفی شد (شکل ۴-۷۷). روند سرعت رشد ماش در تمامی تیمارها به جز کشت مخلوط ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ ماش نسبتاً یکسان بود. بیشترین سرعت رشد محصول در گیاه ماش در کشت خالص و در شصت و دومین روز پس از سبز شدن (به میزان ۹/۴۲) و کمترین مقدار آن در این روز (به میزان ۴/۵۸) ثبت گردید (شکل ۴-۷۷). سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. به دلیل این که سرعت رشد روزانه رابطه مستقیمی با سطح برگ و تجمع ماده خشک دارد عملکرد بالای این تیمارها قابل انتظار است. به نظر می‌رسد با کاهش رقابت درون گونه‌ای در کشت مخلوط نور بیشتری به برگ‌های پایینی کنجد می‌رسد و همچنین تثبیت نیتروژن به وسیله ریشه ماش برای کنجد موجب افزایش سرعت رشد محصول در این تیمار نسبت به کشت خالص کنجد شده است. البته ممکن است گیاه جهت پیروزی در رقابت، اندام هوایی بیشتری جهت جذب نور بیشتر را تولید کرده باشد. صدیقی کامل و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی کشت مخلوط سیب زمینی و لوبیا سبز بیان داشتند که سرعت رشد سیب زمینی در کشت مخلوط افزایش پیدا کرد، اما سرعت رشد لوبیا در کشت خالص بیشتر بود. نوربخش و همکاران (۱۳۹۴) نیز با ارزیابی کشت مخلوط کنجد و لوبیا اظهار کردند که جذب نور عامل اصلی در رشد و فتوسنتز گیاهان می‌باشد، آن‌ها نیز بیشترین سرعت رشد کنجد را از کشت مخلوط و برای لوبیا از کشت خالص لوبیا گزارش کردند. به نظر می‌رسد علت بیشتر بودن سرعت رشد ماش در کشت خالص، رقابت بین گونه‌ای میان ماش و کنجد باشد، به علت این که ماش در کشت مخلوط در سایه گیاه کنجد قرار می‌گیرد ولی در کشت خالص با این معضل روبرو نمی‌گردد.



شکل ۴-۷۷ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر روند تغییرات سرعت رشد محصول (گرم در متر مربع در روز).

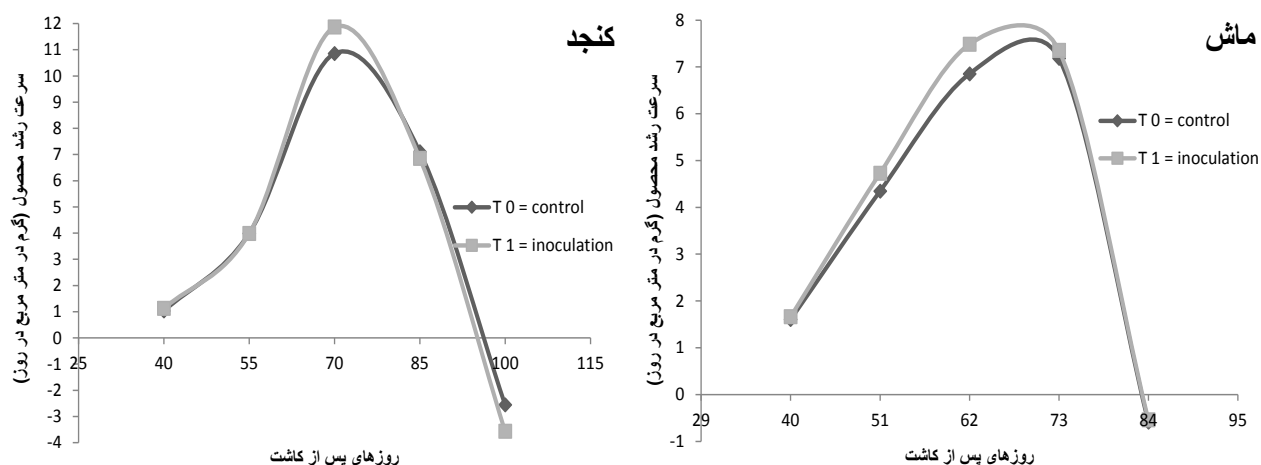
هم‌چنین سرعت رشد محصول کنجد و ماش از نظر آماری تحت تاثیر کود گوگرد در تمام طول دوره رشد قرار گرفتند. بیشترین سرعت رشد کنجد از تیمار کودی S₂ در روز ۷۰ پس از سبز شدن (حداکثر میزان سرعت رشد) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد عدم مصرف گوگرد در همان روز حاصل شد. که اختلاف میان این دو تیمار کودی ۲۵/۸ درصد بود. افزون بر این، بیشترین مقدار سرعت رشد ماش از تیمار کود گوگرد به میزان ۱۰۰٪ مقدار توصیه شده (S₂) در شصت و دومین روز بعد از سبز شدن و کمترین مقدار این شاخص از عدم مصرف کود گوگرد در همان روز حاصل شد. اختلاف میان این دو تیمار در این شاخص ۱۳/۱۶ درصد ملاحظه گردید (شکل ۷۸-۴).

افزایش سرعت رشد محصول در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سطح برگ و کاهش سرعت رشد محصول را به کاهش فتوسنتز خالص و ریزش برگ‌ها نسبت داد. در این خصوص بیان شده است که کمبود گوگرد منجر به کاهش برخی پروتئین‌های حاوی گوگرد نظیر روبیسکو و پروتئین‌های سازنده کمپلکس پروتئینی جمع کننده نور در فتوسیستم‌ها می‌گردد. به نظر می‌رسد که این پروتئین‌ها موجب کاهش میزان فتوسنتز شده که خود سبب کاهش سرعت رشد محصول می‌شود. سایر محققین بیان کرده‌اند که کاربرد گوگرد از طریق تاثیر بر آنزیم روبیسکو سبب افزایش تولیدات فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول می‌گردد. آزاد شدن یون کلسیم در محلول خاک، تحت تاثیر کاربرد گوگرد زمینه را برای تبادل این کاتیون با یون H⁺ موجود روی کلئیدهای خاک فراهم نموده و در این شرایط کاهش اندک pH خاک، شرایط مناسب‌تری را برای بوته‌های کنجد و ماش فراهم نمود. در همین رابطه گزارش شده است که پس از مصرف گوگرد، واکنش pH و هدایت الکتریکی محلول خاک کاهش پیدا کرد و این شرایط زمینه را برای رشد مناسب گیاهان از طریق جذب بهتر سایر عناصر غذایی به‌ویژه فسفر فراهم می‌نماید. هم‌چنین گزارش شده است که کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به‌خصوص مقدار سولفات قابل جذب، موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. موسوی و همکاران (۱۳۹۸) بیان کردند بیشترین سرعت رشد گندم از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و تیوباسیلوس و کمترین سرعت رشد از تیمار شاهد حاصل شد.



شکل ۷۸-۴ اثر گوگرد بر روند تغییرات سرعت رشد محصول (گرم در متر مربع در روز).

سرعت رشد محصول کنجد و ماش فقط در محدوده‌ی هفتاد روز بعد از سبز شدن از نظر آماری تحت تاثیر تلقیح با باکتری تیوباسیلوس قرار گرفت. بیشترین مقدار سرعت رشد کنجد در هفتادمین روز پس از سبز شدن مربوط به تیمار تلقیح با باکتری بود که نسبت به تیمار عدم تلقیح ۸/۵۲ درصد میزان سرعت رشد بیشتر بود در مورد گیاه ماش نیز سرعت رشد ماش در شصت و دومین روز پس از سبز شدن در تلقیح با باکتری تیوباسیلوس نسبت به عدم تلقیح بیشتر بود که اختلاف بین این دو تیمار ۸/۴۲ درصد بود (شکل ۷۹-۴).



شکل ۷۹-۴ اثر تیوباسیلوس بر روند تغییرات سرعت رشد محصول (گرم در متر مربع در روز).

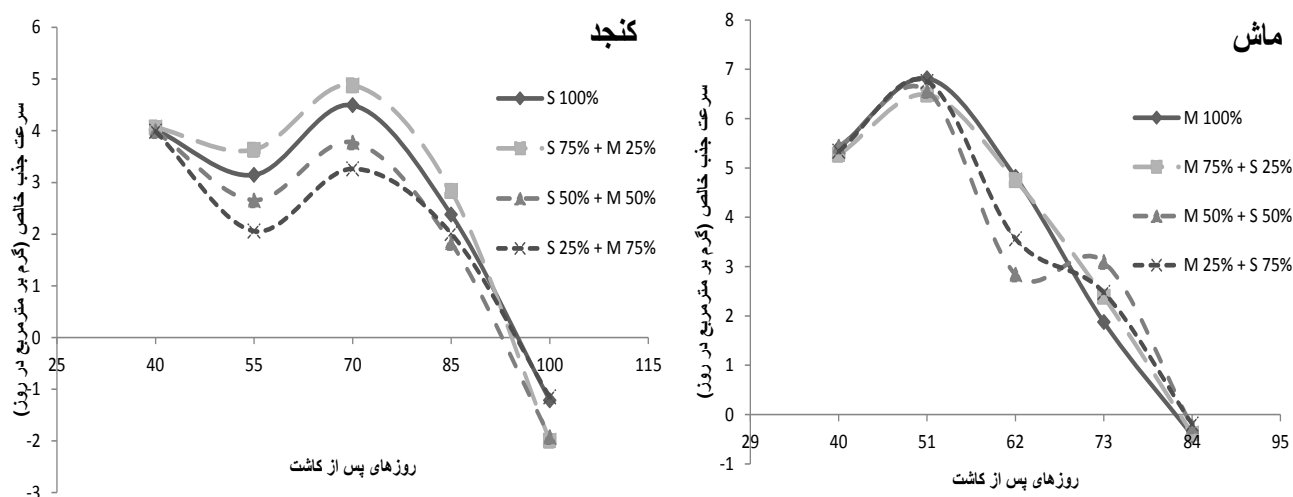
۴-۱-۴-۴ سرعت جذب خالص (NAR)

با توجه به شکل ۸۰-۴ روند تغییرات میزان جذب خالص در نسبت کاشت‌ها متفاوت از یک روند مشابه پیروی کرده است. در کنجد در ابتدا سرعت جذب خالص روند نزولی داشته و سپس از روز ۵۵ پس از سبز شدن تا روز ۷۰ روند افزایش داشته و پس از آن شیب سرعت جذب منفی شده است. در این بین برترین تیمار مخلوط ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش بوده که بالاترین سرعت جذب خالص را در تمام طول دوره‌ی رشد داشته که احتمالاً به این دلیل بوده که در این ترکیب مخلوط نور خورشید توانسته به تمام سطح کانوپی نفوذ کند و حداکثر فتوسنتز در تمام لایه‌های کانوپی انجام شود، ولی در صدمین روز پس از سبز شدن به دلیل پیری برگ‌ها و سایه اندازی زیاد برگ‌های بالایی روی برگ‌های پایینی نسبت به سایر تیمارها این شاخص بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت. بیشترین سرعت جذب خالص با ۴/۸۸ (گرم بر مترمربع در روز) در هفتادمین روز پس از سبز شدن مربوط به تیمار ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و کمترین مقدار این شاخص با ۳/۲۷ (گرم بر مترمربع در روز) در هفتادمین روز پس از سبز شدن مشاهده شد (شکل ۸۰-۴).

روند سرعت جذب خالص ماش در تیمار کشت مخلوط در ابتدای فصل رشد تا روز ۵۱ بعد از سبز شدن افزایش و پس از آن در طی فصل رشد کاهشی بود و با رشد و نمو بوته‌های کنجد این روند کاهشی، شدیدتر شد (شکل ۸۰-۴). بیشترین مقدار این شاخص در کشت خالص ماش با ۶/۸۲ (گرم بر مترمربع در روز) و در روز ۵۱ بعد از کاشت و کمترین میزان این شاخص از نسبت کاشت ۷۵٪ ماش+۲۵٪ کنجد با ۶/۴۹ (گرم بر

مترمربع در روز) مشاهده شد (شکل ۸۰-۴).

سرعت جذب خالص عبارت از مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد زمان و واحد سطح برگ است و معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک) بر متر مربع (سطح برگ) در روز بیان می‌گردد. در کلیه تیمارها، سرعت جذب خالص در اوایل فصل رشد به دلیل پایین بودن سطح برگ فتوسنتز پایین بوده و به تدریج همراه با رشد و افزایش سطح برگ گیاه، در اواسط فصل رشد افزایش چشم‌گیری یافته و پس از آن احتمالاً به دلیل مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل و کاهش غلظت آن در سطح برگ و همچنین افزایش تنفس در مقایسه با فتوسنتز در اثر نزدیک شدن به مرحله فیزیولوژیکی باشد (رامش‌جان و همکاران، ۱۳۹۹). در گیاهانی مثل چغندر قند، کاهو و گیاهان مشابه تا مدتی روند افزایشی بوده سپس کاهش پیدا می‌کند. علت این موضوع این است که، این گیاهان در ابتدای فصل برگ‌های کوچکی داشته و به صورت بسته می‌باشند و به همین علت قادر نیستند از انرژی نوری خورشید به‌طور کامل استفاده کنند و پس از مدتی نیز برگ‌هایی که در داخل قرار گرفته‌اند قادر به فتوسنتز نیستند و این امر موجب کاهش سرعت جذب خالص در این گیاهان می‌شود (اددواز، ۱۹۶۲). کوچکی و همکاران (۲۰۱۶) بیشترین سرعت جذب خالص را از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش برای گیاه کنجد و برای گیاه ماش از کشت خالص گزارش کردند. صدیقی کامل و همکاران (۱۴۰۰) نیز مشابه همین نتیجه را از کشت مخلوط سیب زمینی و لوبیا سبز گزارش کردند.

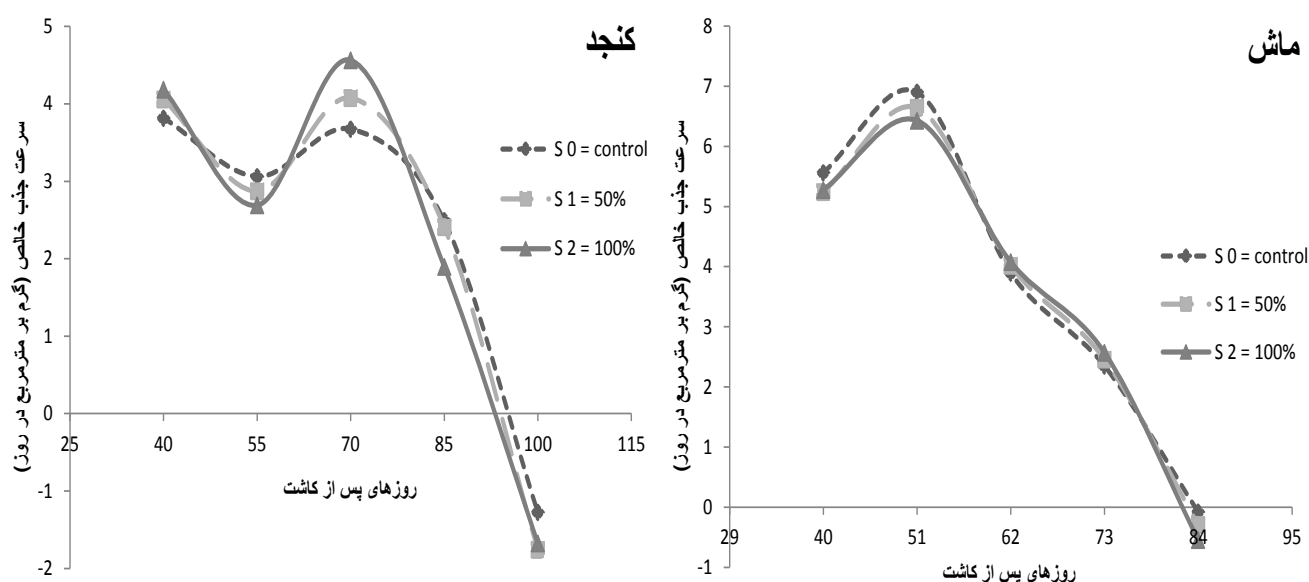


شکل ۸۰-۴ اثر نسبت کاشت کنجد (S) و ماش (M) بر روند تغییرات سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع در روز).

سطوح پایین‌تر گوگرد در مقایسه با سطوح بالاتر آن، در هر دو گیاه سرعت جذب بالاتری داشتند. بالاترین سرعت جذب خالص در تمام طول فصل رشد (به جز روز ۷۰ در کنجد و ۵۱ در ماش) در تیمار (S₀) و پس از آن از تیمار (S₁) به دست آمد (شکل ۸۱-۴). به نظر می‌رسد که سطوح بالای گوگرد، تولید انشعابات ثانویه و توسعه سطح برگ را افزایش داده و موجب تسریع در بسته شدن کانوپی شده است. این امر سبب افزایش سایه اندازی برگ‌ها و کم شدن مقدار آسیمیلایون کربن می‌شود. منفی شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید

فتوسنتزی و همچنین افزایش تنفس در مقایسه با فتوسنتز در اثر نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه باشد. بالاترین مقدار سرعت جذب خالص در کنجد با ۴/۵۶ (گرم بر مترمربع در روز) در هفتادمین روز پس از سبز شدن از تیمار (S₂) و پایین‌ترین مقدار این شاخص در این روز با ۳/۶۷ (گرم بر مترمربع در روز) از تیمار (S₀) به‌دست آمد. در مورد گیاه ماش نیز بالاترین میزان سرعت جذب خالص در روز ۵۱ پس از سبز شدن از تیمار (S₀) با ۶/۹ (گرم بر مترمربع در روز) و کمترین مقدار این شاخص در همان روز از تیمار (S₂) با ۶/۴۳ (گرم بر مترمربع در روز) حاصل شد (شکل ۸۱-۴).

به‌طور کلی اعمال تیمارهای گوگرد و تیوباسیلوس موجب شده است تا در طی دوره رشد گیاه سرعت جذب خالص در آن تیمارها نسبت به شاهد افزایش پیدا کند و یا زمان رسیدن به نقطه اوج آن‌ها کوتاه‌تر شود. این موضوع می‌تواند سبب تولید و تجمع مواد فتوسنتزی بیشتر گردد. موسوی و همکاران (۱۳۹۸) و مصطفوی و همکاران (۱۳۹۷) بیشترین سرعت جذب خالص را از تیمار حداکثر مصرف گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس گزارش کردند.



شکل ۸۱-۴ اثر گوگرد بر روند تغییرات سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع در روز).

۴-۲ شاخص‌های کشت مخلوط

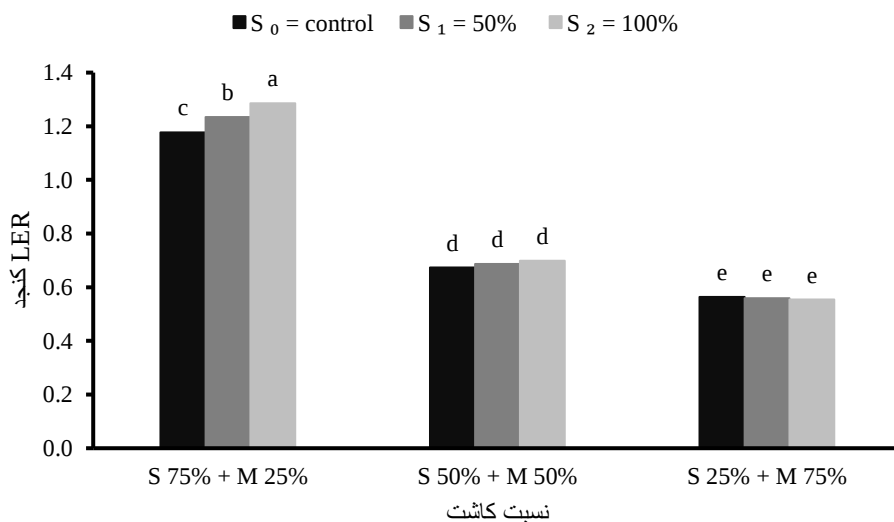
۴-۲-۱ شاخص‌های ارزیابی در مخلوط

۴-۲-۱-۱ نسبت برابری زمین

۱- نسبت برابری زمین کنجد

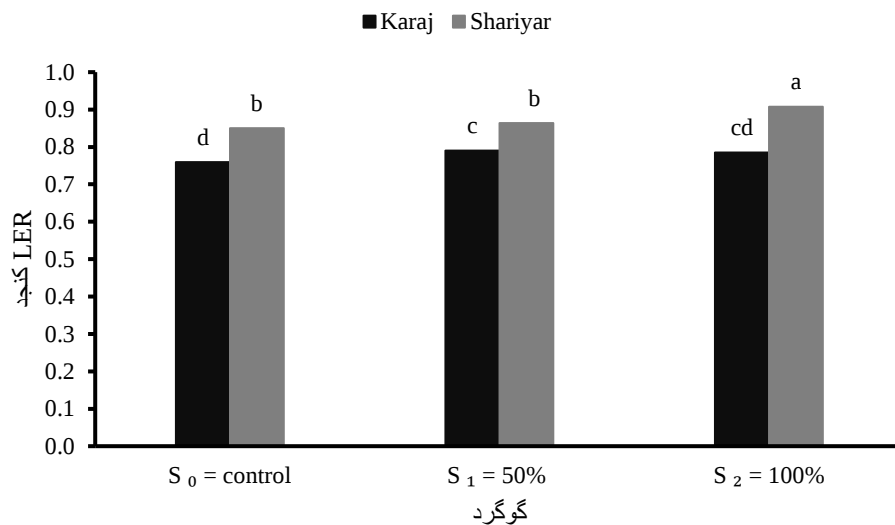
با توجه به جدول تجزیه مرکب (جدول ۴-۲۵)، اثر اصلی مکان، نسبت کاشت و گوگرد و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح یک درصد و برهمکنش مکان و گوگرد بر LER کنجد در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

بیشترین LER کنجد با ۱/۲۹ از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و تیمار S2 و کمترین مقدار نیز با ۰/۵۵ از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دیگر سطوح مصرف گوگرد در این نسبت کاشت مشاهده نشد (شکل ۴-۸۲).



شکل ۴-۸۲ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر LER گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

هم‌چنین بیشترین LER برای کنجد از تیمار S2 و در منطقه شهریار با ۰/۹۱ به دست آمد که با تیمار شاهد در منطقه کرج ۱۸/۵ درصد اختلاف داشت (شکل ۴-۸۳).

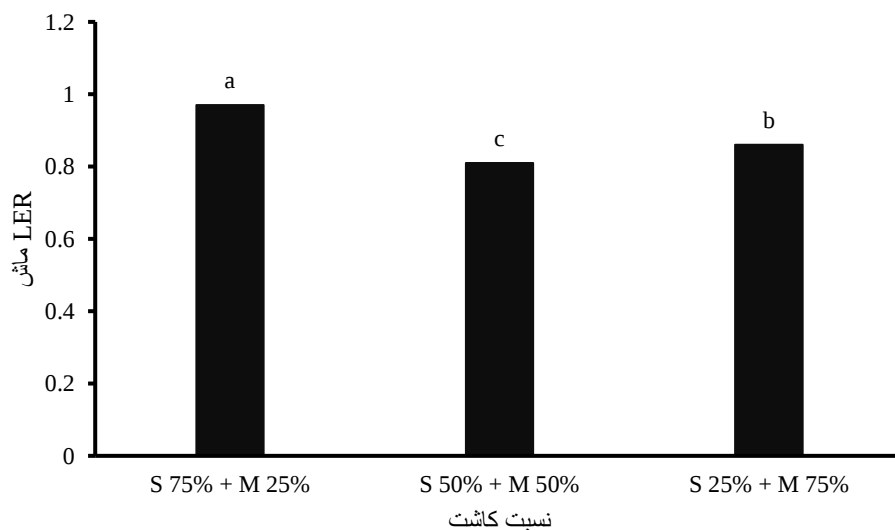


شکل ۸۳-۴ برهمکنش مکان و گوگرد بر LER گیاه کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۲- نسبت برابری زمین ماش

جدول ۲۵-۴ بیان‌گر این مطلب است که صرفاً اثر نسبت کاشت بر نسبت برابری زمین جزئی در ماش در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

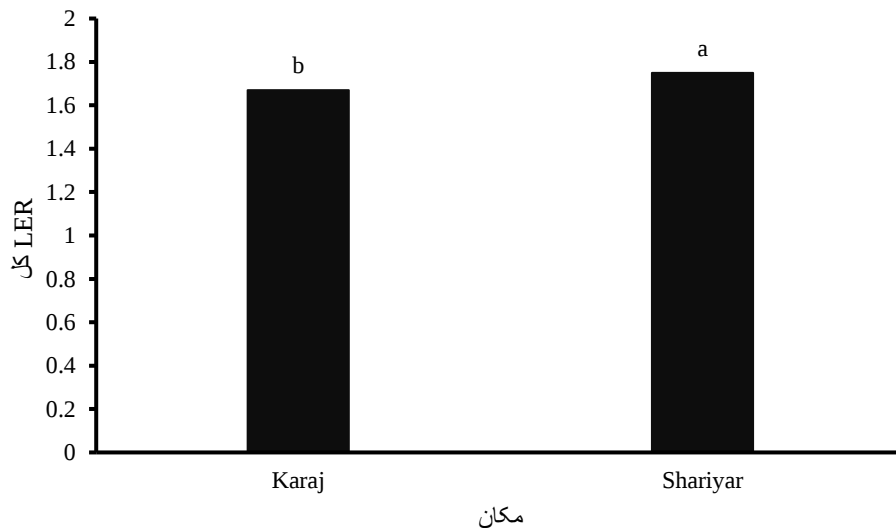
بیشترین LER ماش از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد + ۲۵٪ درصد ماش با ۰/۹۶ به دست آمد و کمترین LER نیز از نسبت کاشت ۵۰٪ با ۰/۸۱ مشاهده گردید (شکل ۸۴-۴).



شکل ۸۴-۴ اثر نسبت کاشت بر LER گیاه ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۳- نسبت برابری زمین کل

با توجه به جدول تجزیه مرکب اثرات اصلی نسبت کاشت و گوگرد و برهمکنش اثرات نسبت کاشت و گوگرد در سطح یک درصد و اثر مکان در سطح پنج درصد بر LER کل معنی دار شد (جدول ۲۵-۴). بیشترین LER کل از منطقه شهریار با ۱/۷۵ به دست آمد که نسبت به کرج ۴/۵۷ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۸۵).

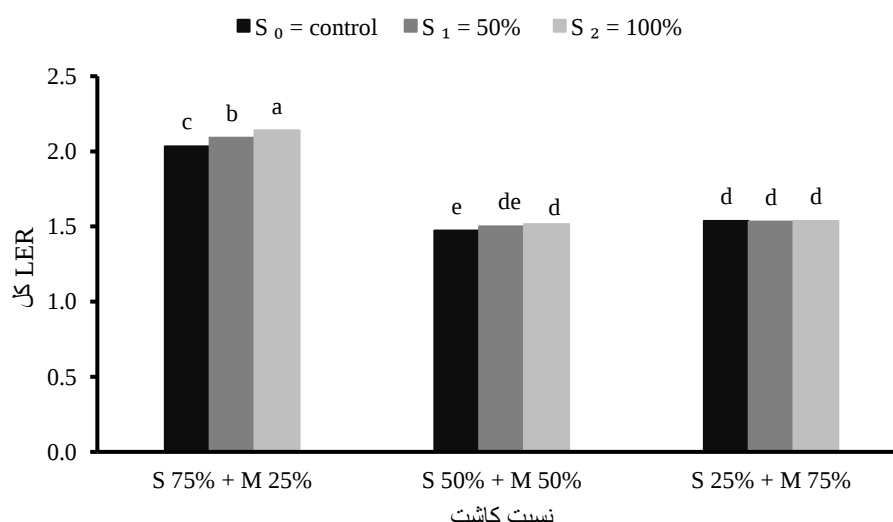


شکل ۴-۸۵ اثر مکان بر LER کل (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

بیشترین نسبت برابری زمین از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪+کنجد ۲۵٪ درصد ماش و ۳۰۰ کیلوگرم مصرف گوگرد با ۲/۱۴ و کمترین مقدار از ترکیب تیماری نسبت کشت ۵۰٪ و شاهد گوگرد با ۱/۴۷ به دست آمد که از نظر آماری با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در همین نسبت کاشت تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴-۸۶).

نسبت برابری زمین معیاری از جذب نور در جامعه گیاهان مخلوط است. اگر میزان برابری زمین بیشتر از یک باشد نشان دهنده بهبود جذب نور است (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۸). در واقع چند کشتی سودمندتر از تک کشتی بوده و این موضوع نشان دهنده تسهیل بین گونه ای بیشتر از رقابت بین گونه ای است (راعی و همکاران، ۱۳۹۹). سهم زیادی از نیتروژن گیاهان در کشت مخلوط از لگومها تأمین می شود. بنابراین، وجود ماش در سیستم با قدرت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، رقابت را برای نیتروژن کمتر کرده و نیتروژن بیشتری در اختیار کنجد قرار گرفت و نسبت برابری زمین افزایش پیدا کرد (رولمن و اشتیمک، ۲۰۱۵). وجود و نقش اختلافات مورفولوژی، فیزیولوژیکی، سیستم ریشه ای متفاوت، سیستم تثبیت و جذب نیتروژن و بالاتر بودن نسبت برابری زمین توسط صدیقی کامل و همکاران (۱۴۰۰) در کشت مخلوط سیب زمینی و لوبیا سبز، فنگ و همکاران (۲۰۲۰) در کشت مخلوط سویا و ذرت، ژنگ و همکاران (۲۰۱۹)، در کشت مخلوط کاساوا و بادام زمینی، لاتاتی و همکاران (۲۰۱۶) در کشت مخلوط لوبیا و ذرت گزارش شده است. کوچکی و همکاران (۱۳۹۵)

نیز بیشترین LER در مخلوط کنجد و ماش را از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۱/۴۵ گزارش کردند که نسبت به ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش ۲۵/۵۲ درصد بیشتر بود. راستگو و همکاران (۱۳۹۳) نیز در ارزیابی توان رقابتی کنجد و ماش میزان LER را برای نسبت کاشت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ ماش، ۱/۳۴ و برای ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش، ۱/۳ گزارش کردند، اما با کاهش نسبت کنجد در مخلوط، این مزیت دیده نشد و نسبت برابری زمین کاهش یافت. این نتایج ناشی از استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، افزایش تنوع و کنترل بهتر علف‌های هرز در سیستم کشت مخلوط نسبت به تک کشتی است که این موضوع منوط به انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر هم‌یاری و به‌کارگیری عملیات مناسب (از جمله تراکم مناسب و نسبت اختلاط) می‌باشد (موشاگالوسا و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش عملکرد تحت تاثیر مصرف کودهای گوگردی به سبب آن است که مصرف گوگرد علاوه بر اثرات تغذیه‌ای مستقیم در رشد و نمو و افزایش متابولیسم و فتوسنتز گیاه، موجب بهبود محیط تغذیه‌ای ریزوسفر نیز می‌شود و عناصری نظیر نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف به راحتی در دسترس ریشه گیاه قرار می‌گیرد (پراجاپات و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهشی که روی کشت مخلوط ماش و کنجد توسط پراجاپات و همکاران (۲۰۱۲) انجام گرفت بیشترین نسبت برابری زمین کل و ماش از بالاترین تیمار مصرفی گوگرد (۴۵ کیلوگرم در هکتار) و نسبت کاشت (۳:۱) کنجد و ماش به‌دست آمد. آن‌ها علت این موضوع را تاثیرات سودمند گوگرد بر خصوصیات عملکرد اجزای مخلوط و اثرات مثبت این دو گیاه در مخلوط روی همدیگر عنوان کردند. بیشتر بودن نسبت برابری زمین در یک مکان بیان‌گر بالاتر بودن ظرفیت محیطی به‌دلیل شرایط مساعد اقلیمی و خاکی است. عباسیان و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند نسبت برابری زمین در کشت مخلوط سیر و نخود فرنگی در منطقه ساری بیشتر از منطقه گنبد کاووس بوده است.

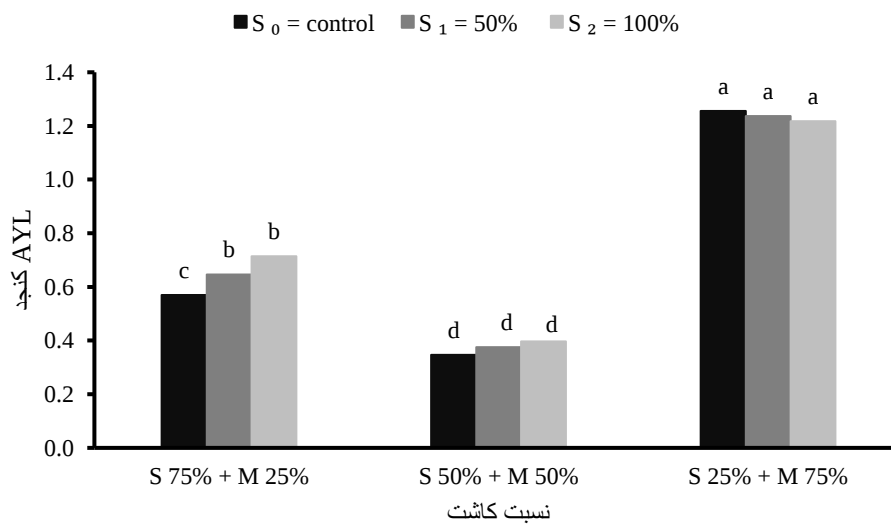


شکل ۸۶-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر LER کل (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۲-۱-۲-۴ کاهش (یا افزایش) واقعی عملکرد (AYL)

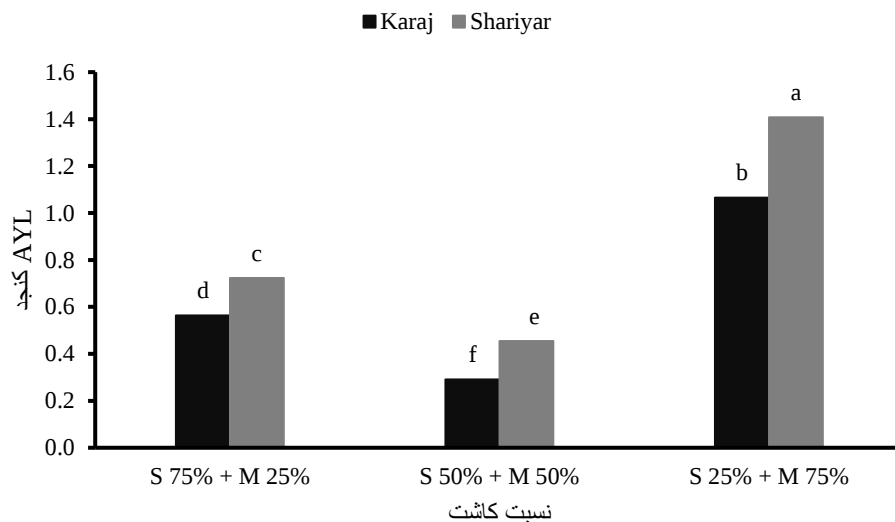
۱- کاهش واقعی عملکرد کنجد

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر نسبت کاشت و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد بر کاهش واقعی عملکرد کنجد و اثر مکان، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد و اثر سه‌گانه "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴-۲۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪+کنجد+۷۵٪ ماش و شاهد گوگرد با ۱/۲۶ به‌دست آمد که با سایر سطوح گوگرد در این نسبت کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۵۰٪ و شاهد گوگرد با ۰/۳۵ حاصل شد که در این نسبت کاشت تفاوتی بین سطوح مختلف گوگرد مشاهده نشد (شکل ۴-۸۷).



شکل ۴-۸۷ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر AYL کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین AYL کنجد از نسبت کاشت ۲۵٪+کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۱/۴۱ و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۵۰٪ و در منطقه کرج با ۰/۲۹ مشاهده گردید (شکل ۴-۸۸).



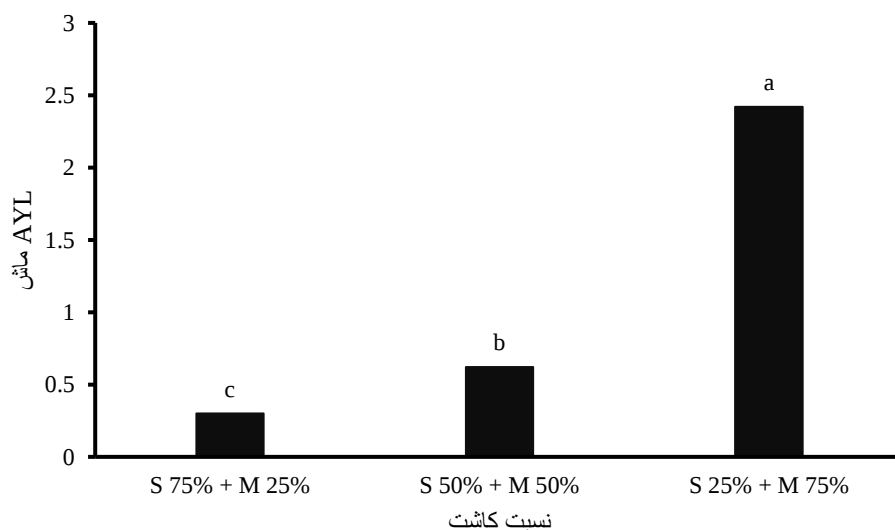
شکل ۴-۸۸ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر AYL کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد واقعی کنجد از ترکیب تیماری مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و عدم مصرف تیوباسیلوس در منطقه شهریار با ۰/۹ و کمترین مقدار این شاخص از ترکیب تیماری شاهد گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس با ۰/۵۹ در منطقه کرج حاصل شد (جدول ۲۹-۴).

۲- کاهش واقعی عملکرد ماش

با توجه به جدول تجزیه مرکب (۴-۲۵) مشاهده شد صرفاً اثر نسبت کاشت بر کاهش واقعی عملکرد ماش ($P \leq 0/01$) معنی‌دار شد.

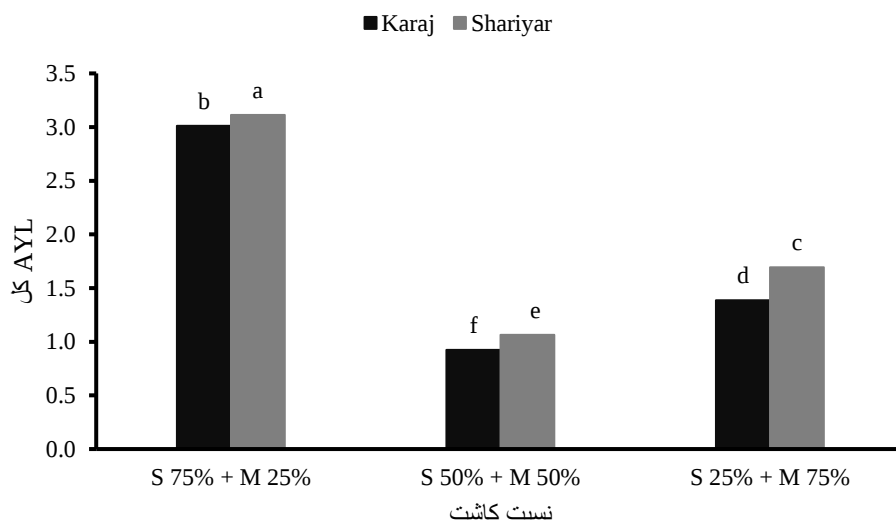
بیشترین کاهش واقعی عملکرد ماش از نسبت کاشت ۰/۲۵+کنجد+۰/۷۵ ماش با ۲/۴۲ و کمترین مقدار این شاخص نیز از نسبت ۰/۷۵+کنجد+۰/۲۵ ماش با ۰/۳ به‌دست آمد (شکل ۸۹-۴).



شکل ۸۹-۴ اثر نسبت کاشت بر AYL ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۳- کاهش واقعی عملکرد کل

با توجه به تجزیه مرکب داده‌ها مشاهده شد که اثر اصلی نسبت کاشت و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد بر کاهش واقعی عملکرد کل و اثر اصلی مکان، و همچنین اثر سه‌گانه "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر این شاخص معنی‌دار شد (جدول ۲۵-۴). بیشترین کاهش عملکرد کل از برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪+کنجد+۲۵٪ ماش و در منطقه شهریار با ۳/۱۱ و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۵۰٪ و در منطقه کرج با ۰/۹۲ به دست آمد (شکل ۹۰-۴).



شکل ۹۰-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر AYL کل (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

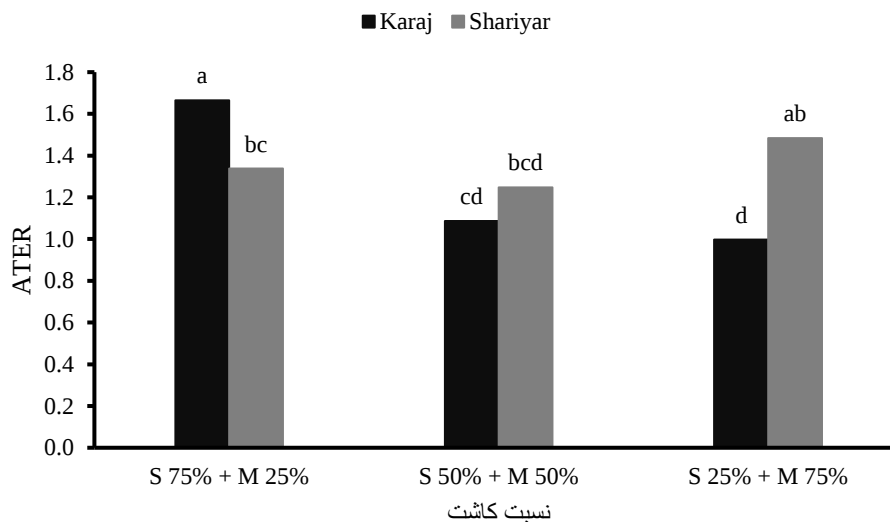
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد واقعی کل از ترکیب تیماری مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و شاهد تیوباسیلوس در منطقه شهریار با ۲/۰۳ و کمترین مقدار این شاخص از ترکیب تیماری شاهد گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس با ۱/۷ در منطقه کرج حاصل شد (جدول ۳۰-۴). شاخص افت عملکرد واقعی برای ارزیابی رفتار هریک از گونه‌ها در کشت مخلوط و همچنین رقابت بین و درون گونه‌ای اجزای مخلوط استفاده می‌شود. این شاخص می‌تواند سودمندی و یا عدم مزیت کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی آن نشان دهد (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶). در هر دو مکان، و با افزایش مصرف گوگرد این شاخص بزرگتر از صفر به دست آمد، که این امر نشان می‌دهد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری دارد و همچنین بیان‌گر سودمندی مخلوط در استفاده بهینه از منابع با حداقل رقابت درون و برون گونه‌ای است. به بیان دیگر رقابت برون گونه‌ای مساوی یا کمتر از رقابت درون گونه‌ای است. در چنین حالتی گیاهان نه تنها با یکدیگر رقابت نمی‌کنند، بلکه مکمل یکدیگر هم هستند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط

کنجد و ماش در کلیه نسبت‌های مخلوط دارای اصل تولید مساعدتی یا تسهیل شده بود (روحی سالاران و همکاران، ۱۳۹۸). این نتیجه نشان دهنده این مطلب است که میزان کاهش عملکرد گیاه کنجد در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی آن بیشتر از گیاه ماش است. به بیان دیگر، میزان تغییرات افت عملکرد گیاه ماش در الگوی کشت مخلوط کمتر از کنجد است. این مسئله شاید به تعبیری انعطاف پذیری بیشتر گیاه ماش را به الگوهای کشت مخلوط (تک کشتی و مخلوط) در مقایسه با کنجد نشان می‌دهد (راستگو و همکاران، ۱۳۹۳). این نتیجه با نتایج معین‌الدین (۲۰۱۷) در کشت مخلوط کنجد و ماش، ولاکاسترجیوس و همکاران (۲۰۱۸) در کشت مخلوط نخود قرمز با گندم و یولاف مطابقت دارد.

۳-۱-۲-۴ شاخص نسبت معادل سطح زیر کشت - زمان (ATER)

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که شاخص ATER در سطح یک درصد تحت تاثیر نسبت کاشت و برهمکنش مکان و نسبت کاشت قرار گرفت (جدول ۲۵-۴).

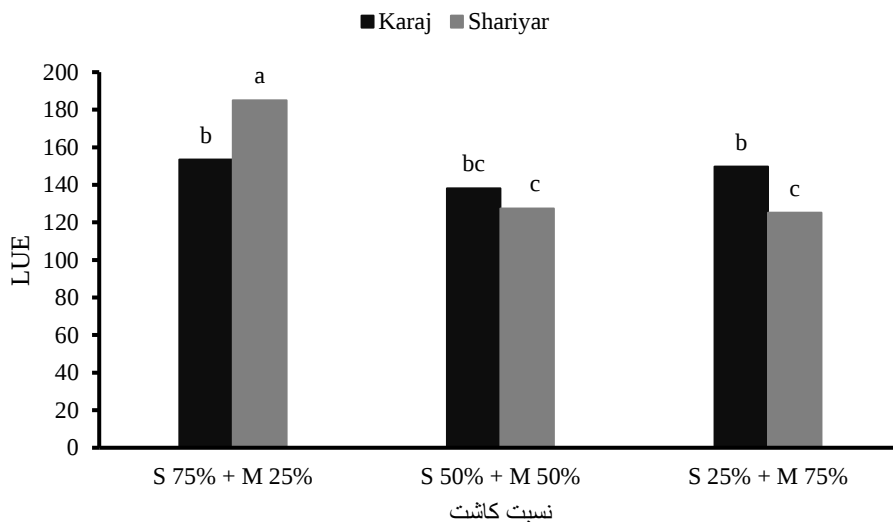
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان شاخص ATER با ۱/۶۷ از نسبت کاشت ۷۵٪+کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه کرج به دست آمد که با نسبت کاشت ۲۵٪+کنجد در منطقه شهریار تفاوتی مشاهده نشد و کمترین مقدار این شاخص نیز از نسبت کاشت ۲۵٪+کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه کرج به میزان یک حاصل شد که با نسبت کاشت ۵۰٪ در هر دو منطقه در یک گروه آماری از نظر معنی‌داری قرار گرفت (شکل ۹۱-۴). در صورتی که زمان تصرف زمین به وسیله گونه‌های شرکت‌کننده در سیستم کشت مخلوط متفاوت باشد، نسبت معادل سطح زیرکشت-زمان در مقایسه با نسبت برابری زمین شرایط ارزیابی بهتری را فراهم می‌آورد (آوال و همکاران، ۲۰۰۶). بالاتر بودن شاخص ATER در کشت مخلوط می‌تواند به دلیل افزایش کارایی مصرف نور و جذب بیشتر تشعشع فعال فتوسنتزی، کاهش رشد علف‌های هرز و کاهش رقابت بین دو گونه باشد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۳). امانی ماچیان و همکاران (۱۳۹۶) در کشت مخلوط باقلا و نعنای فلفلی بیشترین مقدار ATER را از نسبت کاشت باقلا ۲:۳ نعنای ۱/۱۶۵، و عزیزی و همکاران (۱۳۹۷) بیشترین مقدار این شاخص را با ۲/۰۲ از نسبت کاشت ۱۰۰:۱۰۰ ماشک برگ درشت با جو به دست آوردند.



شکل ۹۱-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر ATER (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

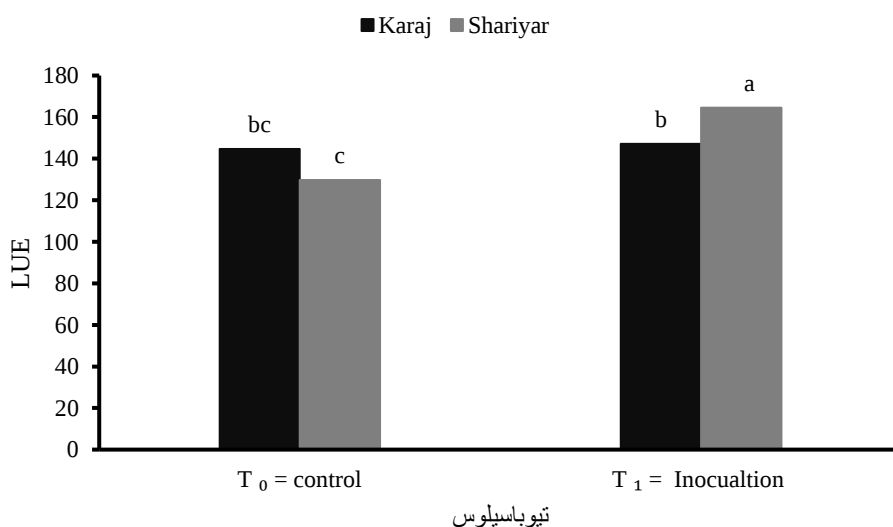
۴-۲-۱-۴ کارایی استفاده از زمین (LUE)

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که کارایی استفاده از زمین در سطح یک درصد تحت تاثیر نسبت کاشت، تیوباسیلوس، برهمکنش مکان و نسبت کاشت، و برهمکنش مکان و تیوباسیلوس معنی‌دار شد (جدول ۲۵-۴). بیشترین کارایی استفاده از زمین در منطقه شهریار و نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش با ۱۸۵/۰۴ درصد بود و کمترین مقدار این شاخص نیز از نسبت کاشت ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۱۲۵/۱۶ درصد مشاهده شد که تفاوتی با نسبت کاشت ۵۰٪ در هر دو منطقه نداشت (شکل ۹۲-۴). این شاخص برای تایید این ادعا که کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی بیشتر است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که نحوه تغییرات کارایی استفاده از زمین تابعی از LER و ATER می‌باشد و موفقیت نظام کشت مخلوط و اجزای آن در بهره‌برداری از زمین، از طریق استفاده از منابع متفاوت در زمان و فضا باشد. بنابراین علاوه بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت خاک مزارع، ساختار هندسی ریشه گیاهان، چیدمان فضایی، فنولوژی، تاریخ کاشت و برداشت، نیازهای غذایی گیاه و فعالیت‌های میکروبی بر بهره‌برداری از زمین موثر هستند. امینی‌فر و همکاران (۲۰۱۶) در کشت مخلوط نخود و کنجد بیشترین کارایی استفاده از زمین را با ۱۵۵ درصد از نسبت ۵۰٪ و کمترین مقدار این شاخص را از نسبت کاشت ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ نخود با ۱۴۶ درصد گزارش کردند.



شکل ۹۲-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر کارایی استفاده از زمین (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بالاترین کارایی استفاده از زمین در تلقیح تیوباسیلوس و در منطقه شهریار با ۱۶۴/۴۷ اتفاق افتاد و کمترین مقدار این شاخص نیز از تیمار شاهد و در منطقه شهریار با ۱۲۹/۶۸ مشاهده گردید که از نظر آماری تفاوتی با منطقه کرج نداشت (شکل ۹۳-۴).



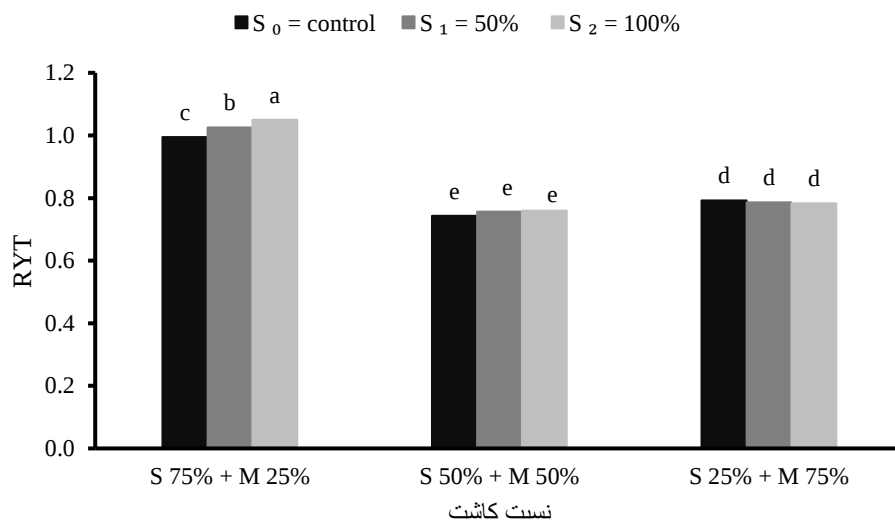
شکل ۹۳-۴ برهمکنش مکان و تیوباسیلوس بر کارایی استفاده از زمین (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۲-۱-۵ مجموع عملکرد نسبی (RYT)

مجموع عملکرد نسبی به طور معنی‌داری (در سطح یک درصد) تحت تاثیر نسبت کاشت، گوگرد و برهمکنش

نسبت کاشت و گوگرد و هم‌چنین در سطح پنج درصد تحت تاثیر مکان و اثر سه‌گانه "مکان × گوگرد × تیوباسیلوس" قرار گرفت (جدول ۲۵-۴).

بیشترین مقدار مجموع عملکرد نسبی از برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با ۱/۰۵ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۵۰٪ و شاهد گوگرد با ۰/۷۴ مشاهده شد، که با سایر سطوح مصرف گوگرد در این نسبت کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۹۴-۴).



شکل ۹۴-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر مجموع عملکرد نسبی (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسات بین میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مجموع عملکرد نسبی با ۰/۸۹ از ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده گوگرد و عدم تلقیح تیوباسیلوس در منطقه شهریار و کمترین مقدار این شاخص با ۰/۸۲ از ترکیب تیماری S₀ و T₁ در منطقه کرج حاصل شد (جدول ۳۱-۴).

مجموع عملکرد نسبی فقط در برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ درصد ماش و مصرف گوگرد به میزان ۳۰۰ (۱/۰۵) و ۱۰۰ (۱/۰۳) کیلوگرم در هکتار بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هر یک از محصولات برای تولید عملکرد است.

در واقع می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش سهم کنجد در مخلوط و مصرف گوگرد بر مقدار عملکرد نسبی دو گونه افزوده شده است که این افزایش می‌تواند به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن توسط ماش و بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر برای کنجد شد. هم‌چنین این برتری می‌تواند به دلیل بیشتر بودن شاخص سطح برگ در این نسبت کشت باشد (پیری و همکاران، ۱۳۹۶).

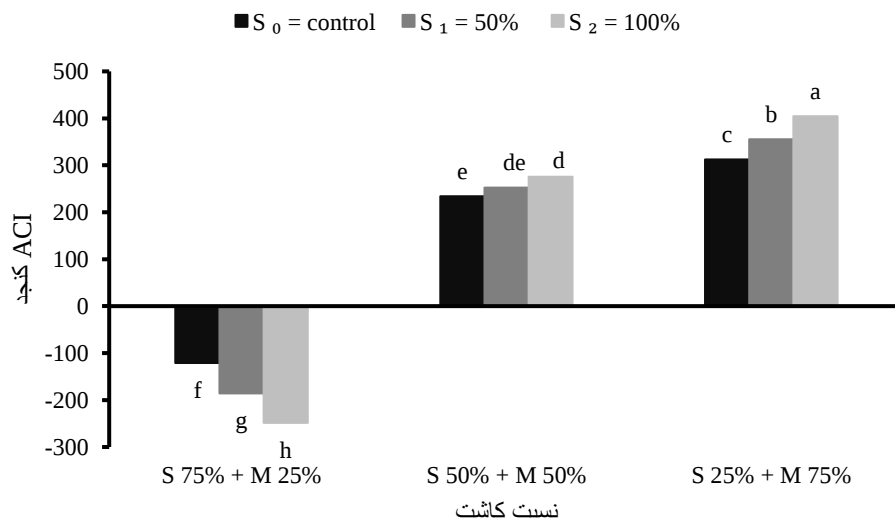
۴-۲-۲ شاخص‌های رقابت در مخلوط

۴-۲-۲-۱ شدت مطلق رقابت (ACI)

۱- کنجد

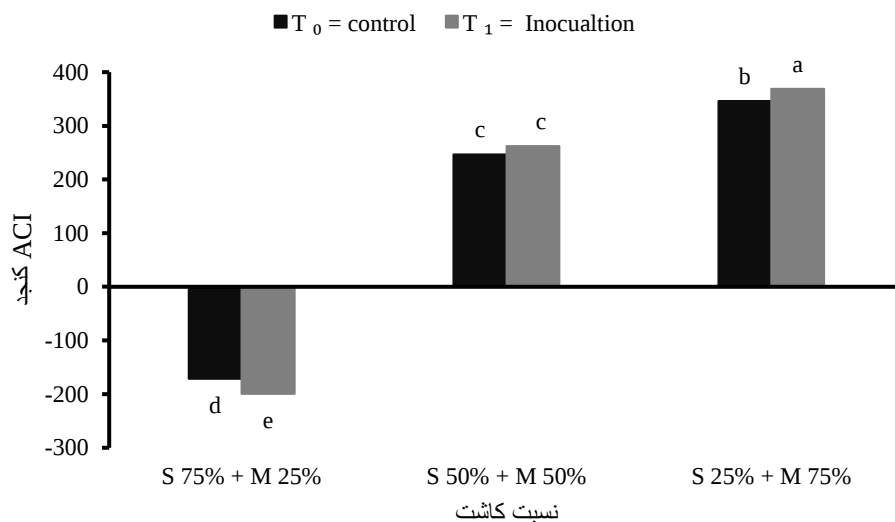
با توجه به جدول ۴-۲۶ اثرات اصلی مکان و نسبت کاشت، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس، برهمکنش مکان و گوگرد، و اثر سه‌گانه "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح یک درصد و برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس، و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح پنج درصد بر شاخص شدت مطلق رقابت کنجد معنی‌دار شد.

بیشترین شدت مطلق رقابت کنجد با ۴۰۴/۴۳ از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و ۱۰۰ میزان توصیه شده گوگرد و کمترین مقدار این شاخص از برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ و S2 ماش با ۲۴۸/۸۱- مشاهده گردید (شکل ۹۵-۴).



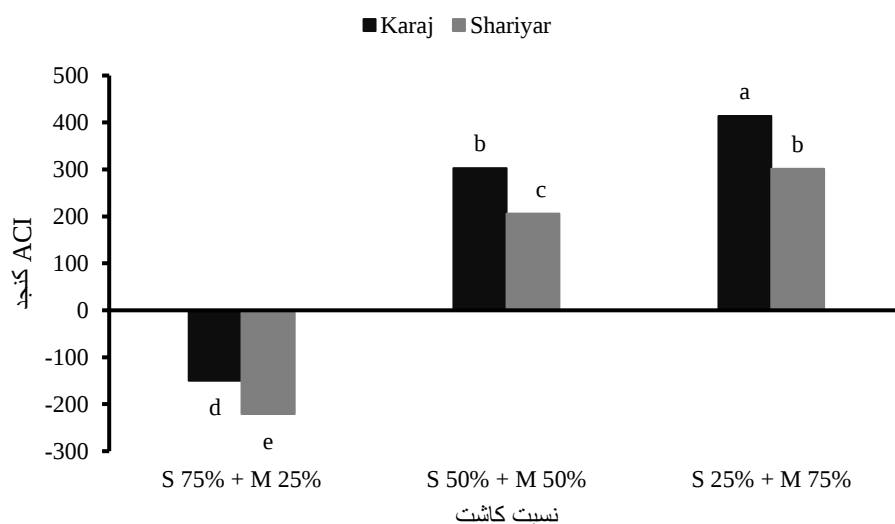
شکل ۹۵-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شدت مطلق رقابت کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

همچنین بیشترین رقابت مطلق کنجد از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و تلقیح تیوباسیلوس با ۳۶۹/۰۷ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و تلقیح تیوباسیلوس با ۱۴۹/۴۹- حاصل شد (شکل ۹۶-۴).



شکل ۹۶-۴ برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر شدت مطلق رقابت کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین رقابت مطلق در کنجد از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و در منطقه کرج با ۴۱۳/۷۸ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۲۲۱/۰۲- در منطقه شهریار مشاهده شد (شکل ۹۷-۴).



شکل ۹۷-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر شدت مطلق رقابت کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین رقابت مطلق از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و شاهد تیوباسیلوس در منطقه کرج با ۲۳۳/۷۹ و کمترین مقدار با ۶۸/۷۷ از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و

T₀ در منطقه شهریار حاصل شد (جدول ۳۲-۴).

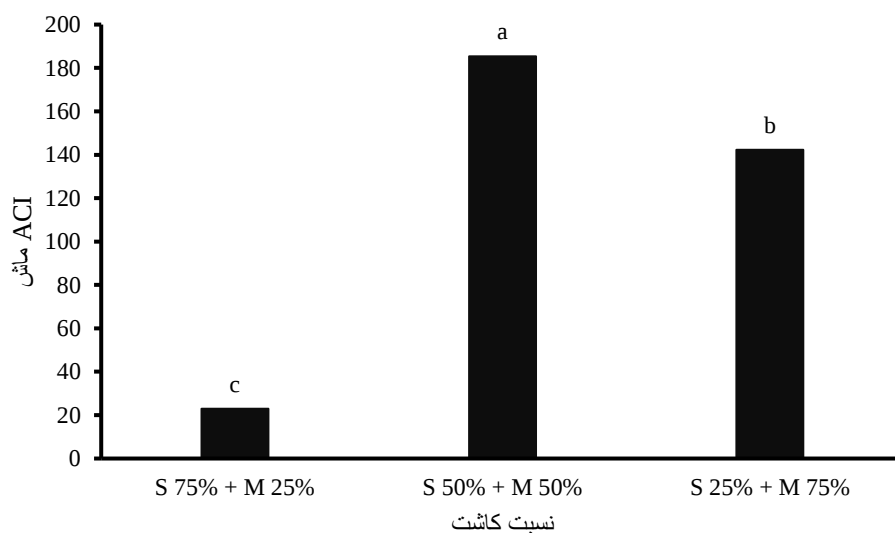
این شاخص در مکان‌هایی که میزان عملکرد تفاوت قابل توجهی دارد، نسبت به سنجش تغییرات حساسیت بیشتری نسبت به شدت رقابت نسبی نشان می‌دهد. هرچه این شاخص بیشتر باشد، مقدار افت عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر است. بر ای کنگد شدت رقابت مطلق در نسبت کاشت ۷۵٪ کنگد منفی شد و این امر به دلیل بیشتر بودن مقدار عملکرد دانه در این تیمار نسبت به تک کشتی کنگد است. با کاهش نسبت سهم کنگد در کشت مخلوط شدت رقابت مطلق افزایش پیدا کرد. در واقع کاهش عملکرد در نسبت کاشت ۲۵٪ کنگد+۷۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار نسبت به کشت خالص ۴۰۴ کیلوگرم در هکتار بود. سابکویچ (۲۰۰۶) در پژوهشی روی کشت مخلوط باقلا و تربیتکاله نتایج مشابهی به دست آورد.

۲- ماش

با توجه به آنالیز داده‌های موجود، شدت مطلق رقابت در ماش تنها تحت تاثیر نسبت کاشت ($P \leq 0.01$) واقع شد (جدول ۲۶-۴).

بیشترین شدت رقابت مطلق ماش در نسبت کاشت ۵۰٪ با ۱۸۵/۳۷ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۷۵٪ کنگد+۲۵٪ ماش با ۲۳ حاصل شد (شکل ۹۸-۴).

با توجه به این نتایج اختلاف بین نسبت کاشت ۵۰٪ و کشت خالص ماش ۱۸۵/۳۷ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج پژوهش راستگو و همکاران (۱۳۹۳) بر ارزیابی توان رقابتی کنگد و ماش در دو بوم‌نظام تک کشتی و کشت مخلوط موید نتایج حاصل از این پژوهش بود.

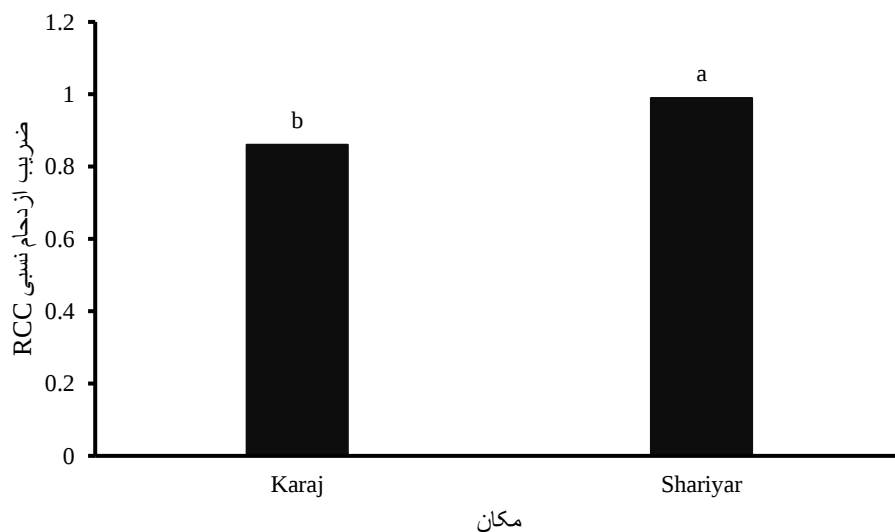


شکل ۹۸-۴ اثر نسبت کاشت بر شدت مطلق رقابت ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۲-۲-۲ ضریب ازدحام نسبی (RCC)

نتایج تجزیه مرکب تیمارهای آزمایش بر ضریب ازدحام نسبی (جدول ۴-۲۶) نشان داد که اثر اصلی مکان، گوگرد و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح پنج درصد و اثر نسبت کاشت در سطح یک درصد بر ضریب ازدحام نسبی معنی دار بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر مکان بر ضریب ازدحام نسبی نشان داد که در منطقه شهریار با ۰/۹۹ نسبت به منطقه کرج با ۰/۸۶ ضریب ازدحام نسبی بیشتری مشاهده شد (شکل ۴-۹۹).

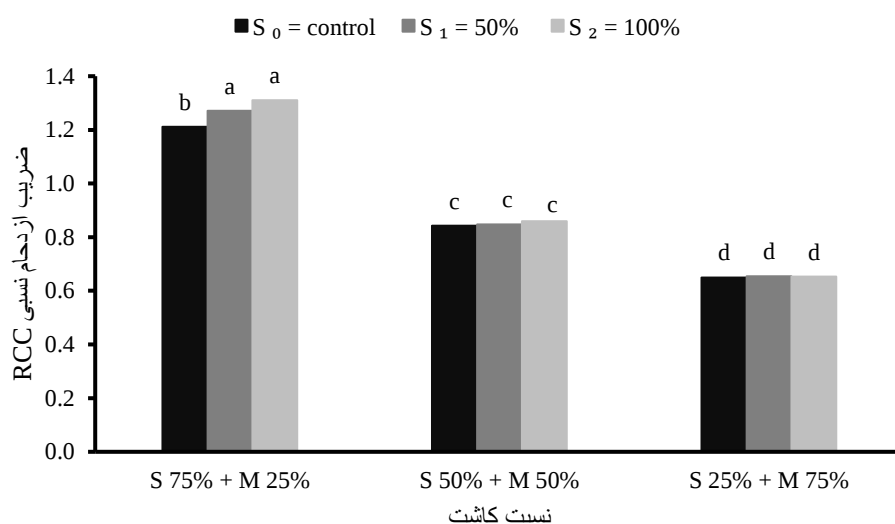


شکل ۴-۹۹ اثر مکان بر ضریب ازدحام نسبی (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

مقایسه میانگین برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد نشان داد که بیشترین RCC از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱/۳۱ به دست آمد که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در همین نسبت کاشت در یک گروه آماری قرار گرفت و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش (تفاوتی بین سطوح گوگرد مشاهده نشد) با ۰/۶۵ مشاهده شد (شکل ۴-۱۰۰).

ضریب ازدحام نسبی از طریق مقایسه عملکرد، توانایی یک گونه را در استفاده از منابع محدود در کشت مخلوط با توانایی آن در کسب همان منابع در کشت خالص مقایسه می کند (روحی سالاران و همکاران، ۱۳۹۸). از ضریب نسبی ازدحام برای تعیین رقابت بین گیاهان و غالبیت نسبی یک گونه بر گونه دیگر در کشت مخلوط استفاده می گردد. این ضریب نشان‌دهنده میزان رقابت بین گیاهانی است که به صورت مخلوط کشت شده اند. ضریب ازدحام نسبی همانند ضریب تهاجم بیانگر یکسان نبودن رقابت درون گونه ای با رقابت بین گونه ای است. اگر ضریب ازدحام نسبی برای هر دو گونه برابر یک باشد در مخلوط حالت موازنه یا تعادل رقابت برقرار خواهد بود. در حالتی که ضریب نسبی ازدحام برای هر گونه با یک برابر نباشد گیاهی که ضریب آن بیشتر است گیاه غالب محسوب می شود (عباسیان و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به نتایج به دست آمده تنها در نسبت کاشت ۷۵٪

کنجد+۲۵٪ ماش، گیاه کنجد از نظر رقابتی و استفاده از منابع گونه برتر می‌باشد و در نسبت‌های کاشت ۵۰٪ و ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش، ماش گونه غالب می‌باشد. در مقایسه بین دو مزرعه نیز گیاه ماش نسبت به کنجد غالب است. در پژوهشی که خالدشاه و همکاران (۲۰۲۰) روی شاخص‌های رقابت چهار گیاه در سیستم کشت مخلوط در مناطق نیمه خشک داشتند، ضریب ازدحام نسبی سورگوم در مخلوط با ماش و ارزن مروارید در مخلوط با ماش بیشتر از یک بود و از نظر رقابتی گونه برتر بودند. اما در کشت مخلوط نخود کبوتری با ماش، این گیاه ماش بود که گونه غالب از نظر رقابت در سیستم مخلوط بود. جلالیان و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی روی کشت مخلوط گلرنگ و ماشک اظهار داشتند در نسبت ۲:۲ ضریب ازدحام نسبی گلرنگ ۱/۹۶ و برای ماشک ۰/۸۸ بود. اما با افزایش سهم ماشک در سیستم مخلوط تا نسبت ۵:۲ ضریب ازدحام ماشک بیشتر از گلرنگ شد.



شکل ۱۰۰-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر ضریب ازدحام نسبی (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

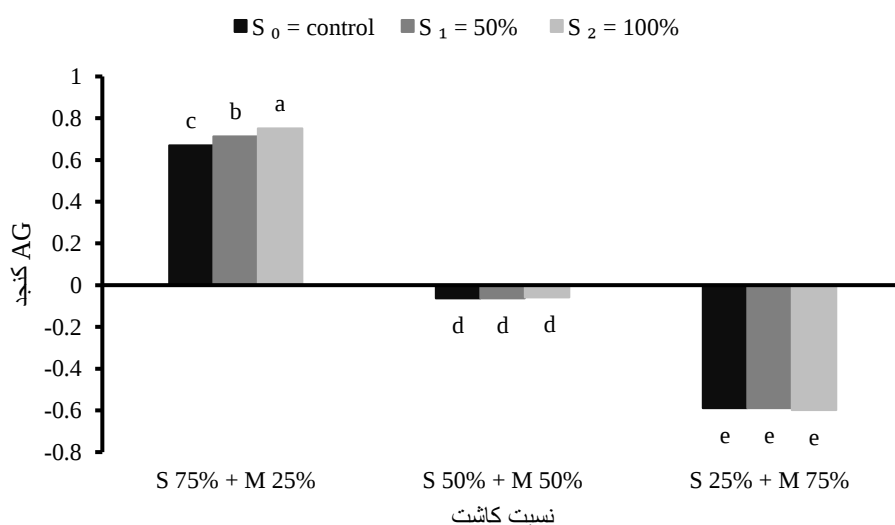
۴-۲-۲-۳ شاخص غالبیت یا شاخص تهاجم (AG)

۱- کنجد

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات نسبت کاشت، گوگرد، برهمکنش اثر نسبت کاشت و گوگرد، و برهمکنش اثر مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و اثر مکان و برهمکنش اثر مکان و گوگرد در سطح پنج درصد بر شاخص غالبیت کنجد معنی‌دار شد (جدول ۲۶-۴).

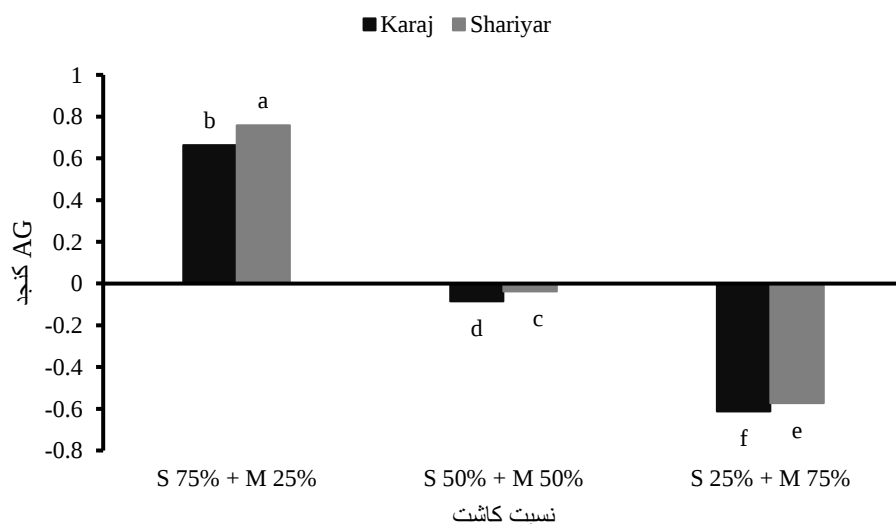
بیشترین مقدار شاخص غالبیت کنجد با ۰/۷۵ از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و کمترین مقدار این شاخص از برهمکنش نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۰/۶- به‌دست آمد که با سایر سطوح مصرف گوگرد در این نسبت کاشت

تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴-۱۰۱).



شکل ۴-۱۰۱ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تهاجم کنجد (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

بیشترین شاخص غالبیت کنجد از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۰/۷۶ و کمترین مقدار این شاخص از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه کرج با ۰/۶۱- حاصل شد (شکل ۴-۱۰۲).

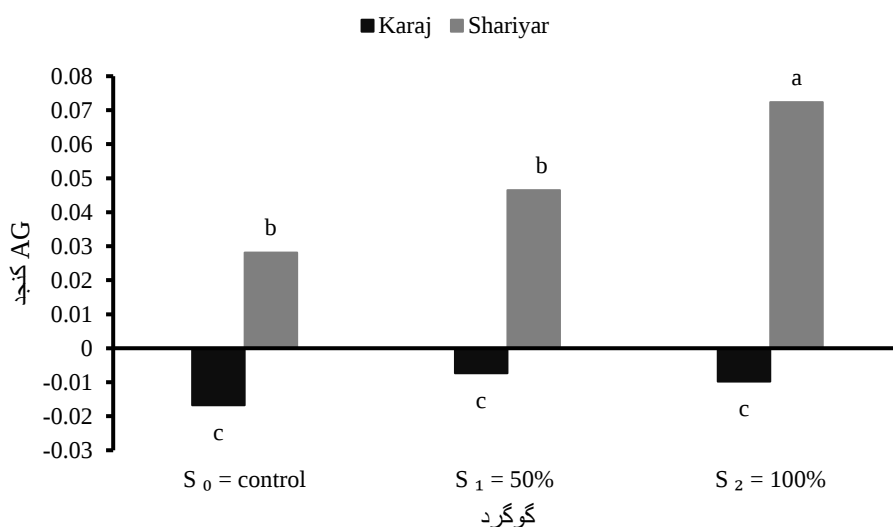


شکل ۴-۱۰۲ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم کنجد (حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

همچنین برهمکنش اثر مکان و گوگرد نشان داد بیشترین مقدار این شاخص از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در

هکتار گوگرد و منطقه شهریار با ۰/۰۷ و کمترین مقدار با ۰/۰۲- از تیمار شاهد و در منطقه کرج مشاهده شد، البته تفاوتی معنی‌داری بین سطوح مختلف گوگرد در منطقه کرج وجود نداشت (شکل ۱۰۳-۴).

با بررسی شاخص‌های رقابتی می‌توان رفتار دو گونه را در نسبت‌های مختلف کشت، دقیق‌تر بررسی نمود. ضریب غالبیت (A) بیان‌گر معیاری از ارتباطات رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط است (ویلی، ۱۹۷۹). شاخص غالبیت نشان‌دهنده این است که افزایش عملکرد نسبی یک گونه در کشت مخلوط چه مقدار بیشتر از گونه دیگر است (لیتورجیدیس و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج نشان داد که میزان غالبیت فقط در نسبت کشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش برای کنجد مثبت و برای ماش منفی بود که بیان‌گر توانایی رقابتی بیشتر ماش نسبت به کنجد است. راستگو و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی که روی کشت مخلوط کنجد و ماش داشتند به نتایج مشابهی دست یافتند.

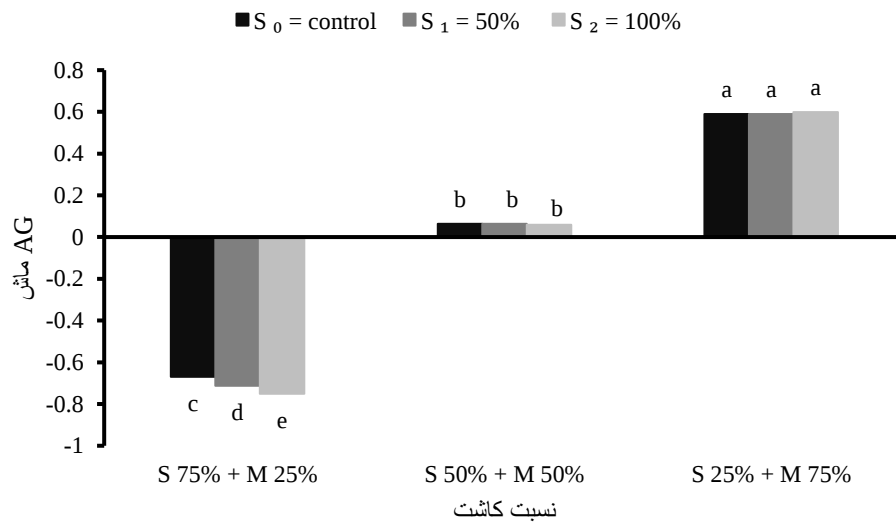


شکل ۱۰۳-۴ برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص تهاجم کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۲- ماش

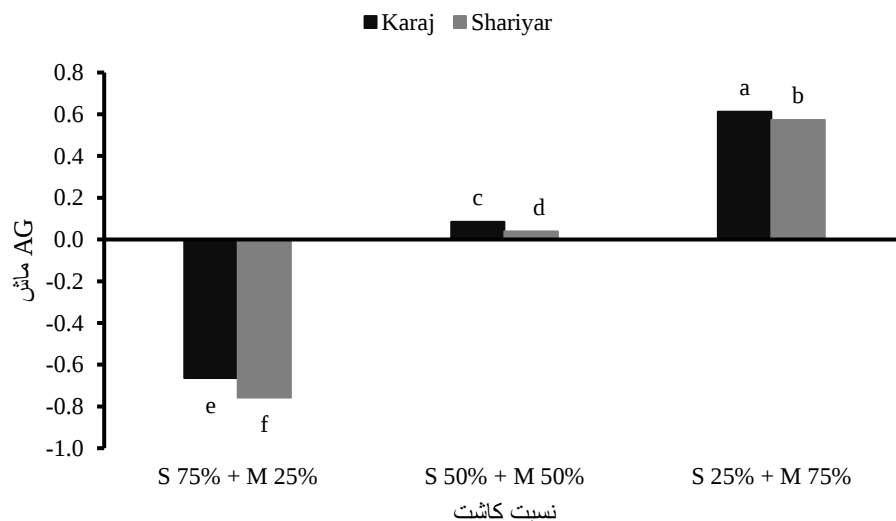
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات نسبت کاشت، گوگرد، برهمکنش اثر نسبت کاشت و گوگرد، و برهمکنش اثر مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و اثر مکان و برهمکنش اثر مکان و گوگرد در سطح پنج درصد بر شاخص غالبیت ماش معنی‌دار شد (جدول ۲۶-۴).

بیشترین مقدار شاخص غالبیت ماش با ۰/۶ از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد حاصل شد که با سایر سطوح مصرف گوگرد در این نسبت کاشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین مقدار این شاخص از برهمکنش نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۰/۷۵- به دست آمد (شکل ۱۰۴-۴).



شکل ۴-۱۰۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تهاجم ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین شاخص غالبیت ماش از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه کرج با ۰/۶۱ و کمترین مقدار این شاخص از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۰/۷۶- حاصل شد (شکل ۱۰۵-۴).

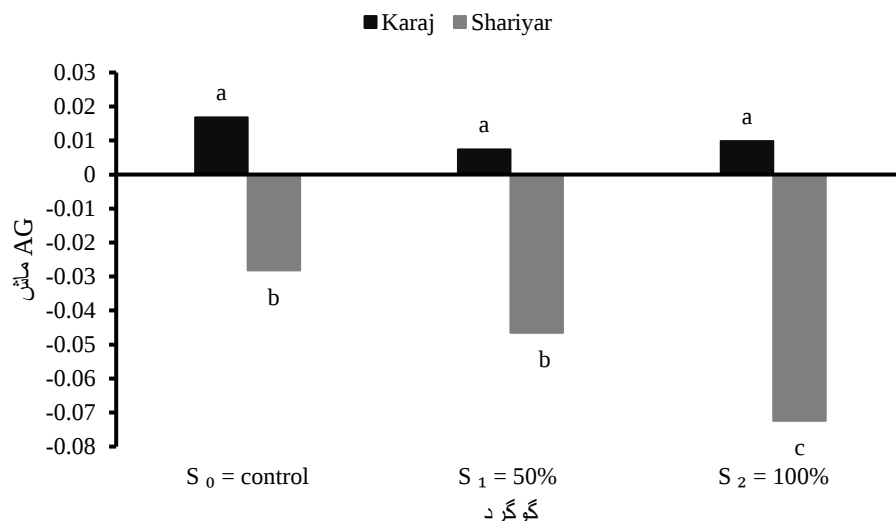


شکل ۴-۱۰۵ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

هم‌چنین برهمکنش اثر مکان و گوگرد نشان داد بیشترین مقدار این شاخص از تیمار S_0 و منطقه کرج با ۰/۰۲ حاصل شد که با سایر سطوح مصرف گوگرد در این منطقه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین

مقدار با ۰/۰۷- از تیمار S₂ و در منطقه شهریار مشاهده شد (شکل ۱۰۶-۴).

با توجه به مثبت بودن شاخص غالبیت ماش در اکثر تیمارهای مخلوط، گیاه ماش نسبت به گیاه کنجد، گیاه غالب بوده است. فقط در نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ ماش شاخص تهاجم ماش منفی بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سهم یک گونه در مخلوط نسبت به دیگری، آن گونه غالب خواهد شد و بالعکس (نوربخش و همکاران، ۱۳۹۴). خالده‌شاه و همکاران (۲۰۲۰) شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط را مورد ارزیابی قرار دادند، شاخص غالبیت سورگوم و ارزن مروید در مخلوط با ماش، مثبت و شاخص ماش منفی گزارش شد. اما در مقابل، شاخص تهاجم ماش در مخلوط با نخود کبوتری مثبت گزارش شد که نشان از قدرت رقابتی برتر ماش در جهت استفاده از منابع محیطی نسبت به گیاه نخود است. علاوه بر این، مورفولوژی، ساختار و نسبت اجزای تشکیل دهنده مخلوط نیز در غالب و مغلوب بودن گونه‌ها موثر است (باقری شیروان و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۱۰۶-۴ برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص تهاجم ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

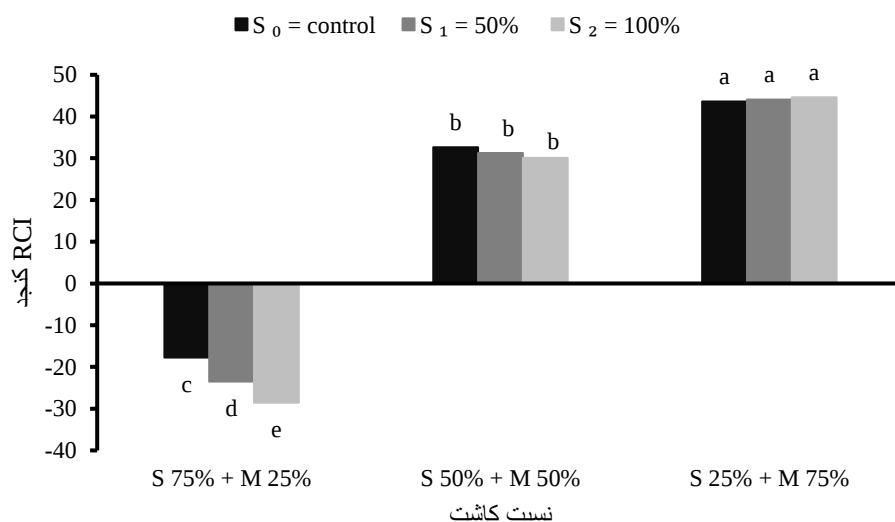
۴-۲-۲-۴ شدت نسبی رقابت (RCI)

۱- کنجد

نتایج جدول ۴-۲۶ حاکی از معنی‌دار شدن اثرات اصلی نسبت کاشت، گوگرد و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح یک درصد و اثر مکان، برهمکنش مکان و گوگرد، و اثر سه‌گانه "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر شدت رقابت نسبی کنجد بود.

بیشترین شدت رقابت نسبی در کنجد با ۴۴/۵۷٪ از برهمکنش نسبت کاشت ۲۵٪/۷۵٪ درصد ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح مصرف گوگرد در این

نسبت کاشت مشاهده نشد و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۲۸/۵۹- به دست آمد (شکل ۱۰۷-۴).



شکل ۱۰۷-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شدت رقابت نسبی کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین شدت رقابت نسبی کنجد با ۲۴/۵۵ از ترکیب تیماری شاهد گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس در منطقه کرج حاصل شد و کمترین مقدار با ۸/۲۸ از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و شاهد تیوباسیلوس در منطقه شهریار به دست آمد. اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۶۶/۲۷ درصد بود (جدول ۳۳-۴).

اگر RCI برابر صفر باشد رقابت درون و برون گونه‌ای برابر است، اگر مقدار عددی مثبت باشد رقابت بین-گونه‌ای بیشتر است و اگر منفی باشد رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر است (ویلت و ژولیف، ۲۰۰۳). این شاخص در واقع محاسبه نسبت تولید در کشت خالص و مخلوط یا به عبارتی، درصد تولید در کشت خالص در برابر مخلوط است. گزارش شده است که با تغییر در نسبت تراکمی گیاهان در مخلوط توان رقابتی آن‌ها نیز تغییر یافت که این مسئله بر میزان تولید محصول هر یک از گیاهان نیز تاثیرگذار بود (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶). در واقع سودمندی عملکرد زمانی روی می‌دهد که اجزای کشت مخلوط رقابت جزئی آن‌هم برای بعضی منابع محیطی با یکدیگر داشته باشند. این حالت در شرایطی است که رقابت بین‌گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای بوده و این تغییر در نوع رقابت با تغییر در نسبت‌های تراکمی به دست می‌آید. بنابر این، گونه‌های گیاهی مناسب برای کشت مخلوط بایستی اثرات مکملی را در مخلوط تقویت نمایند. در این حالت اگرچه عملکرد گیاهان در مخلوط نسبت به کشت خالص تغییر می‌یابد اما با انتخاب نسبت تراکمی مناسب، مقدار افت عملکرد کاهش خواهد یافت (بهراری و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به نتایج حاصله تنها در نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش گیاه کنجد دارای رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر از برون‌گونه‌ای است که این امر با افزایش مصرف گوگرد نیز در این

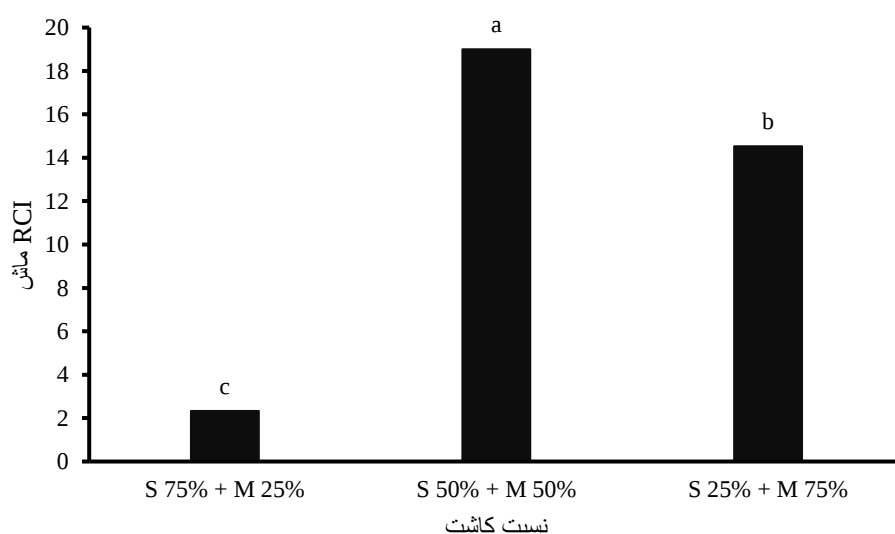
نسبت کاشت افزایش پیدا می‌کند؛ علت این موضوع نیز تاثیرپذیری بیشتر کنجد نسبت به ماش در مقابل افزایش مصرف گوگرد می‌باشد. راستگو و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که هیچ کدام از نسبت‌های کاشت در کشت مخلوط کنجد و ماش منفی نشده است اما در نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش میزان شدت رقابت نسبی کنجد ۷ و شدت رقابت نسبی ماش ۶۲ بوده است اما با افزایش سهم ماش در مخلوط شدت رقابت نسبی کنجد بیشتر از ماش شد.

۲- ماش

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که شدت رقابت نسبی تنها تحت اثر اصلی نسبت کاشت ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۲۶-۴).

بیشترین شدت رقابت نسبی ماش از نسبت کاشت ۵۰٪ به میزان ۱۹ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش به میزان ۲/۳۳ حاصل شد (شکل ۱۰۸-۴).

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که کمترین رقابت درون گونه‌ای برای ماش از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش حاصل شد که این موضوع نتیجه کمتر بودن سهم ماش در سیستم مخلوط می‌باشد. پژوهشگران عنوان کرده‌اند که شاخص شدت رقابت نسبی همبستگی مثبت و خطی با عملکرد زیستی گیاهان دارد (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۱۰۸-۴ اثر نسبت کاشت بر شدت رقابت نسبی ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۵-۲-۴ نسبت رقابت‌کنندگی (CR)

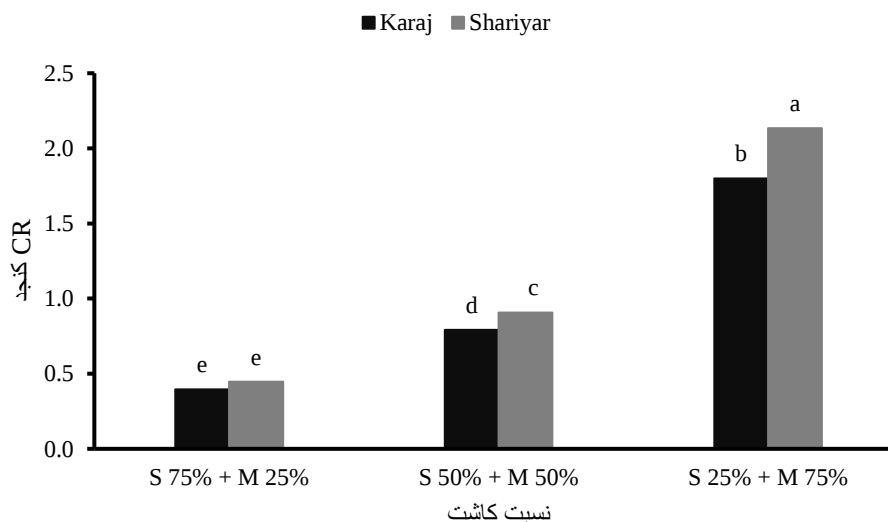
۱- کنجد

نسبت رقابت کنجد به طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر مکان، نسبت کاشت و برهمکنش مکان و

نسبت کاشت قرار گرفت (جدول ۲۶-۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار نسبت رقابت‌کنندگی کنجد از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۲/۱۳ در منطقه شهریار و کمترین مقدار این شاخص با ۰/۴ از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و در منطقه کرج به دست آمد که با همین نسبت کاشت در منطقه شهریار در یک گروه آماری از لحاظ معنی‌داری قرار گرفت (شکل ۱۰۹-۴).

نتایج شاخص غالبیت با نتایج نسبت رقابت مطابقت دارد. بنا بر گزارش ویلی و راثو (۱۹۸۰) شاخص نسبت رقابت معیار مناسب‌تری برای ارزیابی توانایی رقابتی اجزای کشت مخلوط است و در مقایسه با شاخص‌های دیگر مانند شاخص غالبیت و ضریب ازدحام نسبی دقت بیشتری در ارزیابی رقابت دارد. کمتر بودن نسبت رقابت به این معنی است که آن گونه می‌تواند با گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود ولی اگر نسبت رقابت گونه‌ای بیشتر از یک باشد مفهوم آن این است که آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۹). در این تحقیق نیز شاخص رقابت برای کنجد در نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در کرج ۰/۴ و در شهریار ۰/۴۵ بود که نشان از ارزشمند بودن کاشت مخلوط با این نسبت در هر دو مزرعه بود. معین‌الدین (۲۰۱۷) گزارش کرد که شاخص رقابت‌کنندگی کنجد در نسبت کاشت کنجد:ماش ۱:۴ برابر با ۰/۲۵ و نسبت رقابت‌کنندگی ماش ۴/۰۴ بود. که با کاهش سهم کنجد در مخلوط نسبت رقابت‌کنندگی کنجد افزایش و این شاخص برای ماش کاهش یافت.



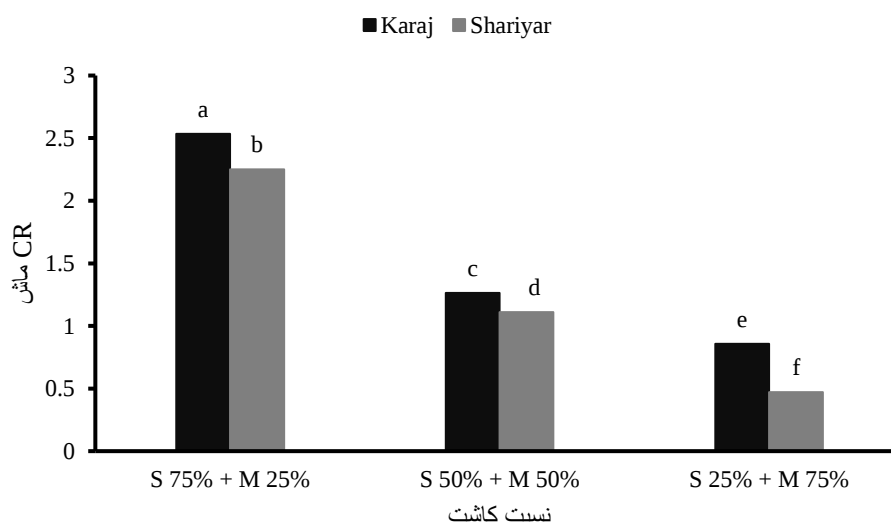
شکل ۱۰۹-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر نسبت رقابت‌کنندگی کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۲- ماش

اثرات اصلی مکان، نسبت کاشت و برهمکنش اثرات مکان و نسبت کاشت بر نسبت رقابت‌کنندگی ماش نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲۶-۴).

بیشترین نسبت رقابت‌کنندگی ماش از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۲/۵۳ در منطقه کرج و کمترین مقدار این شاخص نیز از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش در منطقه شهریار با ۰/۴۷ مشاهده شد (شکل ۱۱۰-۴).

کمتر از یک بودن مقدار عددی این شاخص دلیل مهمی بر بیشتر بودن ارزش کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (سرلک و آقاعلیخانی، ۲۰۱۰). در پژوهشی روی کشت مخلوط سویا و ذرت مشاهده شد که در نسبت کاشت ۲:۲ نسبت رقابت‌کنندگی سویا ۱/۰۸ و برای ذرت ۰/۹۲ بود. که با افزایش سهم ذرت این نسبت برای سویا کمتر از یک شد (کوی و همکاران، ۲۰۱۷). هم‌چنین راستگو و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند در کشت مخلوط ماش و کنجد با کاهش سهم ماش در مخلوط نسبت رقابت‌کنندگی ماش به کمتر از یک کاهش پیدا کرد و این شاخص برای کنجد به بیش از یک افزایش یافت.



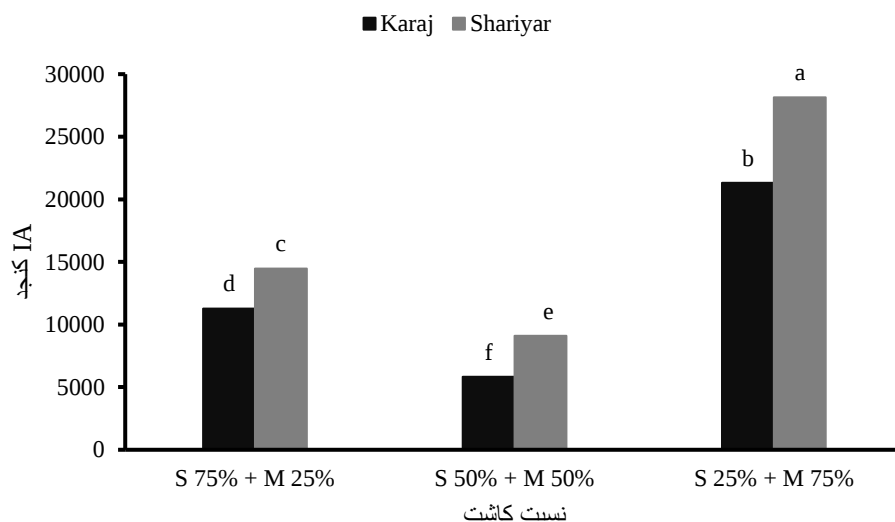
شکل ۱۱۰-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر نسبت رقابت‌کنندگی ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۲-۳ شاخص‌های سودمندی در مخلوط

۴-۲-۳-۱ سودمندی نسبی در مخلوط (IA) ۱- کنجد

طبق نتایج جدول تجزیه مرکب، اثر نسبت کاشت و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و اثر مکان و اثر سه‌گانه "مکان×گوگرد×تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر سودمندی نسبی کنجد در مخلوط معنی‌دار شد (جدول ۲۷-۴).

بیشترین سودمندی نسبی کنجد در مخلوط از نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ کنجد+ماش با ۲۸۱۴۵ در منطقه شهریار و کمترین مقدار این شاخص با ۵۸۲۰ از نسبت کاشت ۵۰٪ و در منطقه کرج به دست آمد (شکل ۱۱-۴).

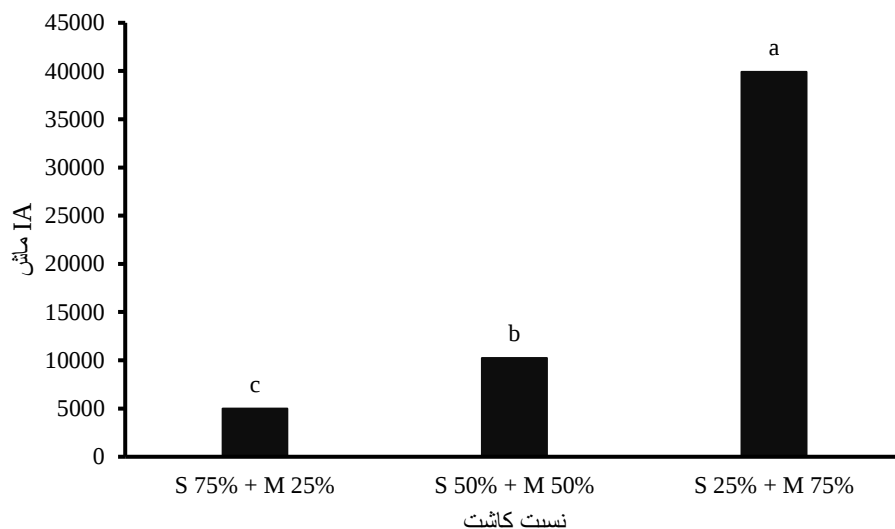


شکل ۱۱-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر سودمندی نسبی کنجد (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین مقدار سودمندی نسبی کنجد در مخلوط از برهمکنش مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و عدم مصرف تیوباسیلوس با ۱۸۶۱۴ در منطقه شهریار و کمترین مقدار با ۱۱۸۴۵ از ترکیب تیماری عدم مصرف گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس در منطقه کرج حاصل شد (جدول ۳۴-۴).
۲- ماش

سودمندی نسبی ماش در مخلوط به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر نسبت کاشت قرار گرفت (جدول ۴-۲۷).

بیشترین مقدار سودمندی نسبی ماش در مخلوط از نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ کنجد+ماش با ۳۹۹۱۳ و کمترین مدار این شاخص از نسبت کاشت ۷۵٪/۲۵٪ کنجد+ماش با ۴۹۸۷ حاصل شد (شکل ۱۱۲-۴).



شکل ۱۱۲-۴ اثر نسبت کاشت بر سودمندی نسبی ماش (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۳- سودمندی نسبی کل

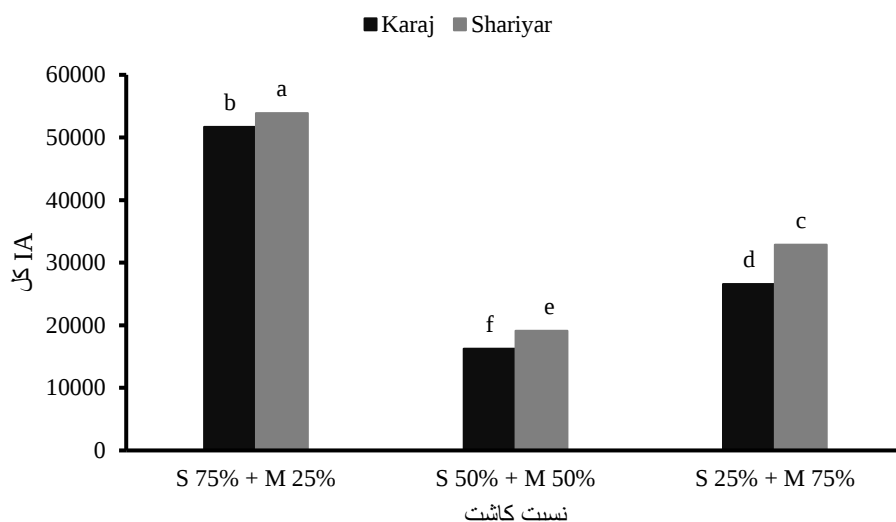
نتایج جدول تجزیه مرکب نشان داد که اثر اصلی نسبت کاشت و برهمکنش مکان و نسبت کاشت در سطح یک درصد و اثر اصلی مکان و اثر سه‌گانه "مکان × گوگرد × تیوباسیلوس" در سطح پنج درصد بر سودمندی نسبی کل معنی‌دار شد (جدول ۲۷-۴).

بیشترین سودمندی مخلوط از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد + ۲۵٪ ماش با ۵۳۸۸۶ در منطقه شهریار و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۵۰٪ با ۱۶۲۴۲ در منطقه کرج حاصل شد (شکل ۱۱۳-۴).

هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین مقدار سودمندی نسبی کل مخلوط در منطقه شهریار از برهمکنش مصرف ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده گوگرد و عدم مصرف تیوباسیلوس با ۳۶۷۱۷ و کمترین مقدار در منطقه کرج از ترکیب تیماری عدم مصرف گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس با ۳۰۱۸۰ حاصل شد (جدول ۳۴-۴).

با استفاده از این شاخص و با توجه به شاخص افزایش یا کاهش عملکرد واقعی هر جزء مخلوط و قیمت واحد هر محصول (کنجد ۲۰۰۰۰ و ماش ۱۶۵۰۰ تومان) سودمندی کشت مخلوط در نسبت‌های کاشت محاسبه شده است. بیشترین میزان شاخص سودمندی کل از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد + ۲۵٪ ماش در منطقه شهریار حاصل شد. این موضوع احتمالاً ناشی از استفاده بهتر منابع در این نسبت کاشت بوده است که موجب افزایش عملکرد کنجد نسبت به تک کشتی شده است و هم‌چنین قیمت بیشتر کنجد نسبت به ماش عاملی موثر می‌باشد. استفاده از گوگرد و تیوباسیلوس نیز موجب افزایش عملکرد در هر دو جزء مخلوط شد، به‌همین علت موجب افزایش سودمندی کشت مخلوط شد. تفاوت در مکان نیز به علت بالاتر بودن ظرفیت محیطی در شهرستان شهریار به علت شرایط بهتر آب و هوایی و خاک مزرعه است. محققان در ارزیابی شاخص‌های کشت

مخلوط لوبیای چشم بلبلی و ریحان بیان داشتند که مقادیر منفی شاخص سودمندی کل نشان دهنده عدم سودمندی کشت مخلوط بود. آن‌ها علت مقادیر منفی این شاخص را به اختلاف بالای قیمت اجزای کشت مخلوط نسبت دادند (آبادیان و همکاران، ۱۳۹۴). نظریان و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی تاثیر کشت مخلوط جو و شبدر ایرانی، میزان سودمندی کل کشت مخلوط را مثبت گزارش کردند که بیان‌گر مزیت کشت مخلوط نسبت به تک کشتی بود.

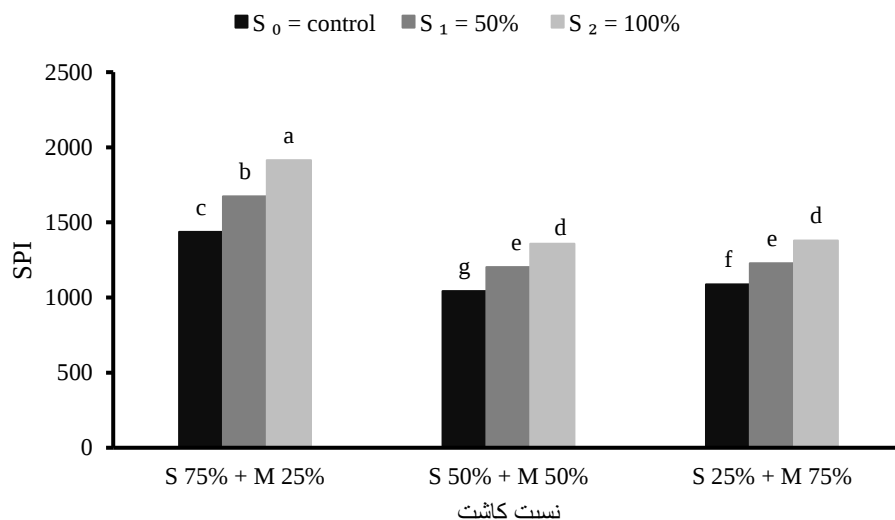


شکل ۱۱۳-۴ برهمکنش مکان و نسبت کاشت بر سودمندی نسبی کل (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۲-۳-۲ شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)

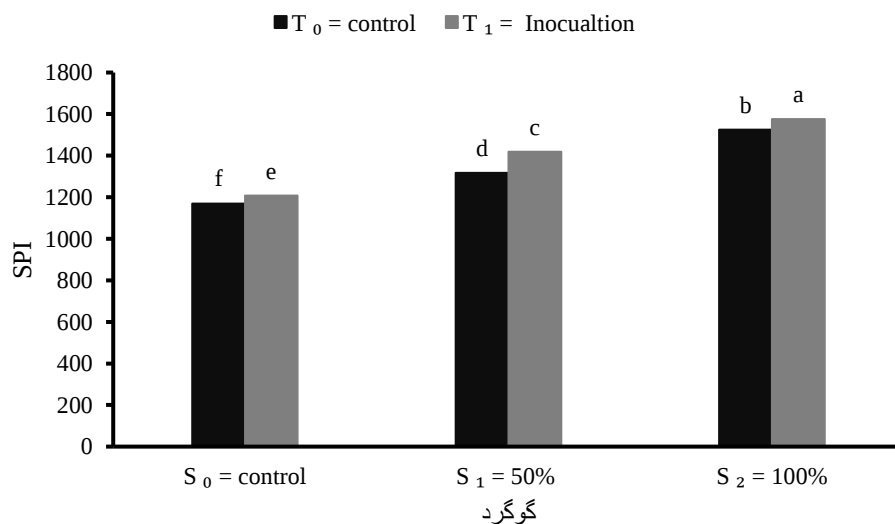
نتایج جدول ۴-۲۷ نشان‌دهنده معنی‌دار شدن ($P \leq 0.01$) اثرات مکان، نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس، و برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص بهره‌وری سیستم در کشت مخلوط است.

بیشترین بهره‌وری سیستم با ۱۹۱۴/۶۸ از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۵۰٪ و شاهد گوگرد با ۱۰۴۱/۷۲ حاصل شد اختلاف بین این دو ترکیب تیماری ۴۵/۵۹ درصد بود (شکل ۱۱۴-۴).



شکل ۱۱۴-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص بهره‌وری سیستم (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین بهره‌وری سیستم در کشت مخلوط از ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس با ۱۵۷۵/۳ و کمترین مقدار با ۱۱۶۹/۸۴ از ترکیب تیماری شاهد گوگرد و شاهد تیوباسیلوس حاصل شد. اختلاف بین این دو تیمار ۳۵/۷۴ درصد بود (شکل ۱۱۵-۴).

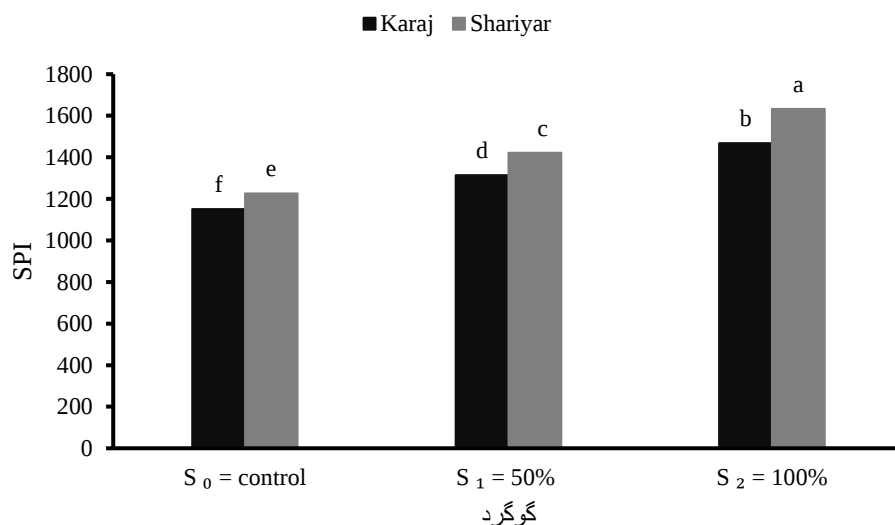


شکل ۱۱۵-۴ برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر شاخص بهره‌وری سیستم (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

مقایسه بین میانگین‌ها نشان داد که بیشترین بهره‌وری سیستم در مخلوط از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و در منطقه شهریار با ۱۶۳۳ و کمترین مقدار از تیمار شاهد در منطقه کرج با ۱۱۵۱ به‌دست آمد. بین

این دو تیمار اختلاف ۲۹/۵۲ درصدی مشاهده شد (شکل ۱۱۶-۴).

بالا تر بودن این شاخص بیانگر افزایش کارایی سیستم مخلوط است. برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به کشت خالص آن‌ها را می‌توان به اثر مکملی آن‌ها در استفاده بهینه از منابعی نظیر نیتروژن و آب و به تبع آن، کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی نسبت داد. استفاده هم‌زمان از گوگرد و تیوباسیلوس موجب کاهش اسیدیته خاک در محیط ریزوسفر شده و علاوه بر تامین گوگرد مورد نیاز گیاه دسترسی به عناصری نظیر فسفر و ریزمغذی‌ها را تسهیل می‌کند. این موضوع سبب افزایش عملکرد کنجد و ماش در سیستم کشت مخلوط و کاهش رقابت بر سر عناصر غذایی می‌شود. لیتورجیدیس و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند تیمارهایی که LER بالاتری دارند، میزان بهره‌وری سیستم و در نتیجه ثبات عملکرد در آن‌ها بیشتر است. عبدی (۱۳۹۸) در پژوهشی به ارزیابی شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط ردیفی شنبلیله و مرزه پرداخت، که بیشترین میزان بهره‌وری سیستم را در نسبت کاشت ۵۰٪ گزارش کرد. در آزمایشی روی کشت مخلوط نخود و جو و یولاف، بیشترین بهره‌وری سیستم کشت مخلوط از ۸۰٪ نخود+۲۰٪ یولاف مشاهده شد (دورداس و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۱۱۶-۴ برهمکنش مکان و گوگرد بر شاخص بهره‌وری سیستم (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۳-۴ شاخص‌های علف‌هرز

۱-۳-۴ ترکیب علف‌های هرز

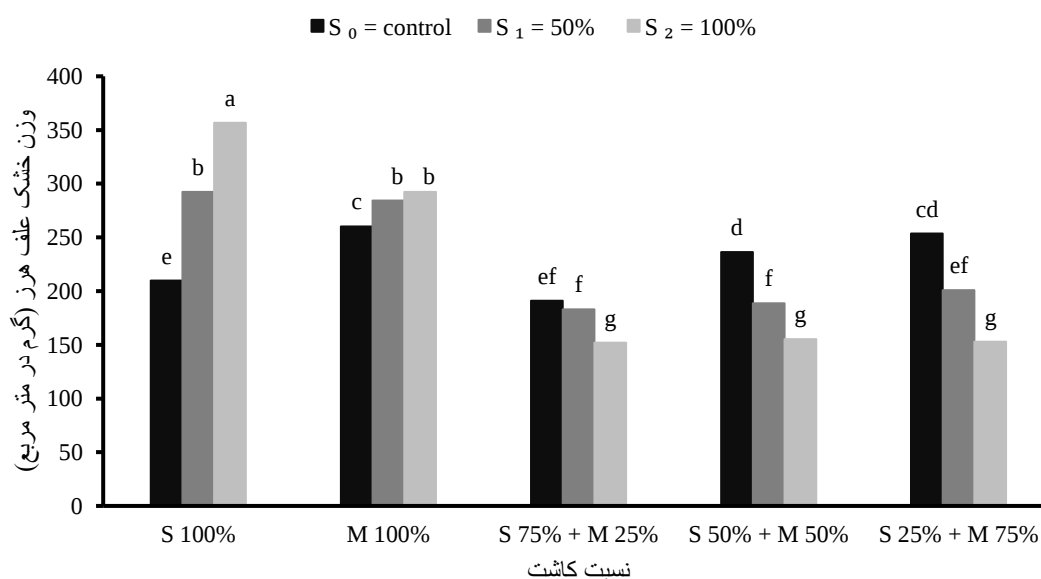
در این پژوهش تعداد ۲۷ گونه علف هرز در منطقه کرج و ۲۵ گونه در منطقه شهریار شناسایی شد. این علف‌های هرز از ۱۳ خانواده بودند. از این تعداد ۲۷۷۹ (۷۳/۳۶ درصد) عدد پهن برگ و ۱۰۰۹ عدد (۲۶/۶۴)

درصد) باریک برگ بودند. ۳۰۴۱ از این تعداد یک ساله (۸۰/۲۸ درصد)، ۱۶۸ عدد دو ساله (۴/۴۳ درصد) و ۵۷۹ عدد (۱۵/۲۸ درصد) داری چرخه زندگی چند ساله بودند. از این تعداد ۷۵۱ عدد (۱۹/۸۳ درصد) مسیر فتوسنتزی چهار کربنه و ۳۰۳۷ عدد (۸۰/۱۷ درصد) نیز دارای مسیر فتوسنتزی سه کربنه بودند (جدول ۴-۳۵).

۴-۳-۱-۱ وزن خشک علف هرز

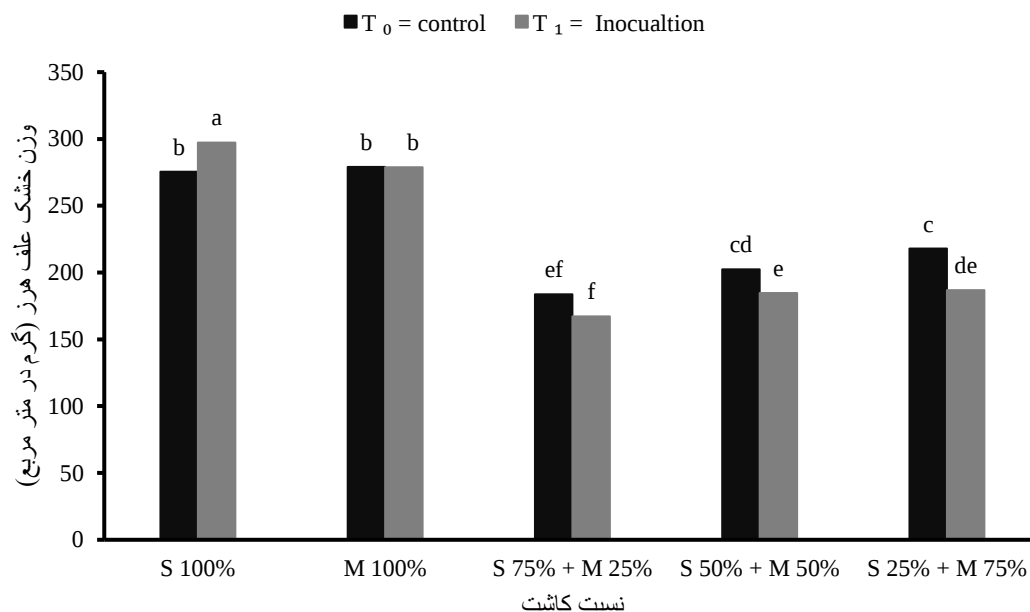
نتایج بررسی آنالیزها نشان داد که نسبت کاشت، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس در سطح یک درصد و تیوباسیلوس و برهمکنش مکان و گوگرد در سطح پنج درصد بر وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار شد (جدول ۴-۲۸).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین زیست توده علف هرز از کشت خالص کنجد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۳۵۶/۶۹ (گرم در متر مربع) و کمترین مقدار با ۱۵۲/۱۱ (گرم در متر مربع) از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد ثبت گردید که از نظر آماری با نسبت‌های کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱۱۷).



شکل ۴-۱۱۷ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر ماده خشک علف هرز (گرم در متر مربع) (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بیشترین وزن خشک علف هرز از کشت خالص کنجد و تلقیح تیوباسیلوس با ۲۹۷/۲۳ گرم در متر مربع و کمترین مقدار با ۱۶۷/۲۱ گرم در متر مربع از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و تلقیح تیوباسیلوس مشاهده شد که از نظر آماری با تیمار عدم تلقیح در همین نسبت کاشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۱۱۸).



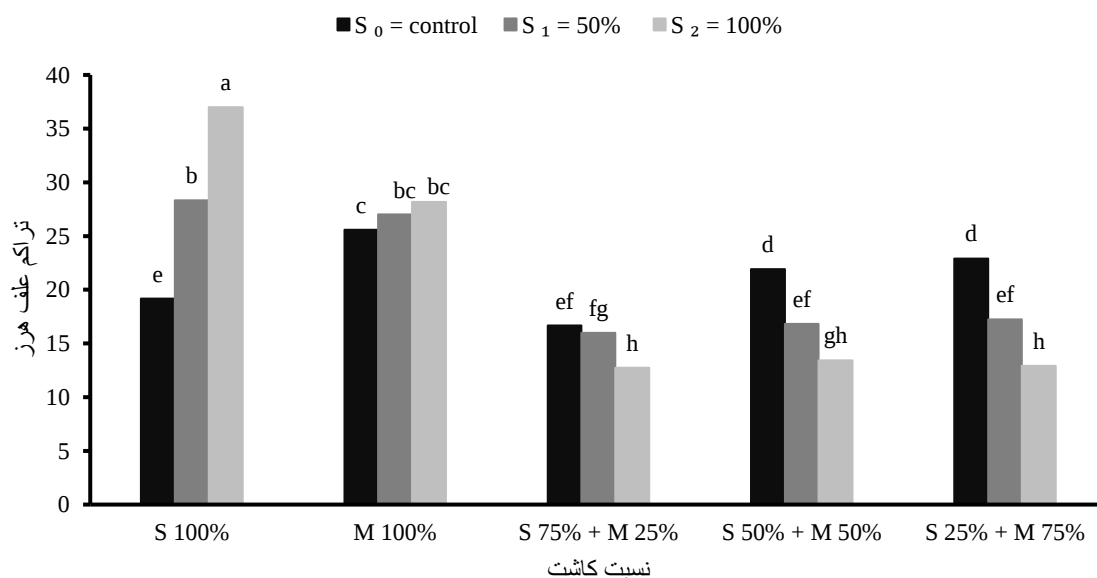
شکل ۱۱۸-۴ برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر ماده خشک علف هرز (گرم در متر مربع) (حروف متفاوت نشان- دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد)

این نتایج گویای آن است که پوشش کامل سطح زمین با استفاده از ماش در مخلوط با کنجد (به عنوان گیاه اصلی) توانسته با سایر گیاهانی که خاستگاه آن ها بوده رقابت کند و از رشد و نمو حداکثری آن ها ممانعت کند (شرفی، ۱۳۹۸). از علت های کاهش زیست توده علف های هرز در کشت مخلوط، تراکم بالاتر گیاهان زراعی و تولید زیست توده بیشتر آن ها و در نتیجه افزایش توان رقابتی آن ها با علف ها هرز را می توان ذکر نمود (نصیری، ۱۳۹۹). هم چنین کاشت گیاهان پوششی همراه با گیاهان اصلی موجب می شود فضاهای خالی بین گیاهان اصلی اشغال شود و بذور علف های هرز فرصت جوانه زنی را از دست بدهند، و از رشد و نمو گیاهچه های علف هرز جلوگیری به عمل آید. عدم جوانه زنی بذورهای علف هرز به علت دریافت کامل نور توسط گیاهان همراه و یا خاصیت آللوپاتی آن ها می باشد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۷). بی بی و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین وزن تازه علف های هرز را در تک کشتی ماش با ۲۰۳۳/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار را در کشت مخلوط (۱۰ ماش: ۶ ذرت) گزارش کردند که اختلاف این دو تیمار ۲۵/۱۵ درصد بود. مهدی پور و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی که بر روی کشت مخلوط کنجد و ماش، گزارش کردند که بیشترین زیست توده علف های هرز از تک کشتی کنجد حاصل شد و با افزایش تراکم ماش، وزن خشک علف هرز کاهش یافت. در خصوص افزایش وزن علف های هرز در تیمار تک کشتی و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد می توان بیان کرد که به علت کم بودن قدرت رقابتی کنجد در تک کشتی، وجود آشیان های خالی و توان مصرف لوکس عناصر معدنی علف های هرز موجب افزایش وزن خشک علف هرز شده است. اما با اضافه شدن ماش در کشت مخلوط، و اثرات بهینه لگوم بر کنجد قدرت رقابت گیاهان زراعی افزایش یافته و افزایش زیست توده گیاهان زراعی حاضر در مخلوط موجب کاهش زیست توده علف های هرز در تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار شده است. قلمباز و همکاران (۱۳۹۲)

در خصوص مدیریت کود (روش شیمیایی و بیولوژیک) به نتایج مشابهی دست یافتند.

۴-۳-۱-۲ تراکم علف هرز

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که نسبت کاشت، برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد، و برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر تراکم علف‌ها هرز ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۴-۲۸). بیشترین تراکم بوته علف هرز با ۳۷ بوته از برهمکنش کشت خالص کنجد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و کمترین تعداد با ۱۲/۷۵ بوته از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد ثبت شد که با تیمارهای نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-۱۱۹).

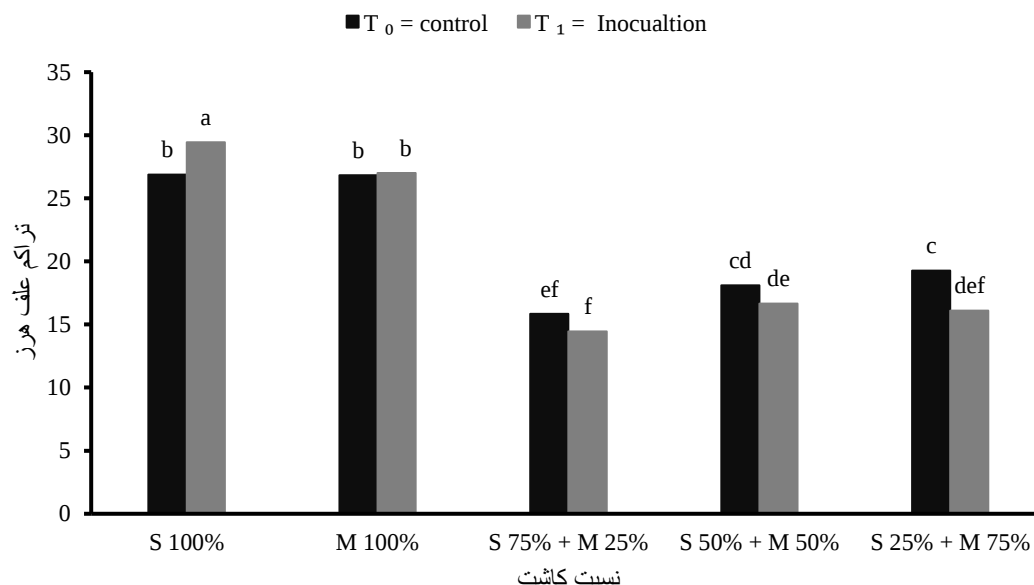


شکل ۴-۱۱۹ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر تراکم علف هرز (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

هم‌چنین بیشترین تراکم علف هرز از ترکیب تیماری کشت خالص کنجد و تلقیح تیوباسیلوس با ۲۹/۴۴ بوته و کمترین مقدار با ۱۴/۴۴ بوته از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش و تیمار تلقیح تیوباسیلوس مشاهده شد که با تیمارهای نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد و شاهد تیوباسیلوس و نسبت کاشت ۷۵٪ ماش و تلقیح تیوباسیلوس تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱۲۰).

به‌نظر می‌رسد که وجود اثرات تسهیل‌کنندگی دو گونه زراعی، نظیر جوانه‌زنی و رشد اولیه سریع‌تر ماش از یک سو و تغییر در کمیت و کیفیت نور توسط گیاهان با پوشش متفاوت در مخلوط از سوی دیگر سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط شده است (خرم‌دل و همکاران، ۱۳۹۳). کو و جلوم (۲۰۰۲) اظهار داشتند که عبور نور قرمز دور از برگ‌ها مانع جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز موجود در سایه اندازه گیاهان

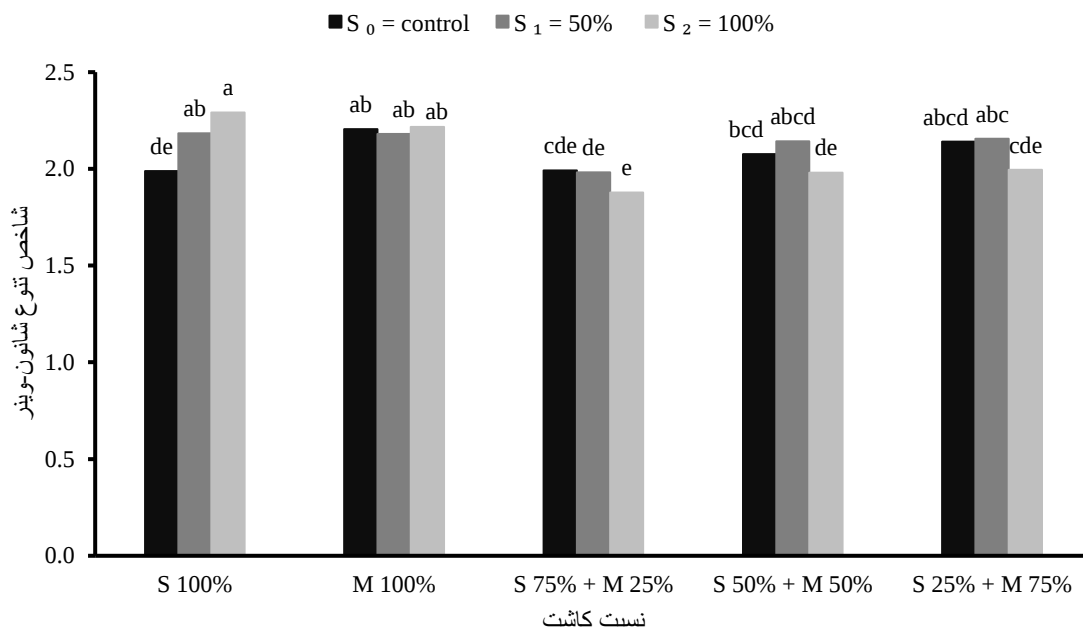
شد. همچنین، آن‌ها اشغال فضای رشد و تا حدودی اثرات آلوپاتیک ایجاد شده توسط گیاهان پوششی را از دلایل کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز دانستند. تیس‌دیل و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند گیاهان پوششی از طریق آزادسازی مواد سمی در محیط و ایجاد یک محیط نامساعد برای جوانه‌زنی و استقرار علف‌های هرز، آن‌ها را کنترل می‌کنند. گیاهان پوششی به‌واسطه رشد سریع و تولید کانوپی انبوه و پر برگ می‌توانند بر جوانه‌زنی، استقرار و رشد بسیاری از گونه‌های علف هرز اثرگذار باشند (گابریل و کومادا، ۲۰۱۱). در پژوهش‌های مختلف، تاثیر مثبت کشت مخلوط بر کاهش میزان تراکم علف‌های هرز نسبت به سیستم تک کشتی گزارش شده است (بی‌بی و همکاران، ۲۰۲۰). در کشت خالص، شرایط آلودگی مزرعه به علف‌های هرز به دلیل وجود فضاهای خالی موجود برای جوانه‌زنی علف هرز، فراهم می‌باشد (بی‌بی و همکاران، ۲۰۲۰). افزایش پوشش گیاهی و در نتیجه آن افزایش رقابت در سیستم کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص موجب کاهش تعداد و میزان رشد علف‌های هرز می‌گردد. لذا کشت مخلوط از طریق ایجاد پوشش گیاهی مناسب در واحد سطح موجب اشغال سریع آشیان خالی بین گیاهان زراعی شده و از این طریق در فرآیندهای جوانه‌زنی بذور و رشد و نمو علف‌های هرز اختلال ایجاد می‌کند، و به تبع آن میزان تراکم علف‌های هرز کاهش می‌یابد. بی‌بی و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین تراکم علف هرز را در تک کشتی ماش با ۳۹/۰۶ بوته و کمترین تراکم را با ۳۵/۰۶ بوته در نسبت کاشت (۱۰ ماش: ۶ ذرت) گزارش کردند. جلالی و همکاران در کشت مخلوط سیب زمینی و کینوا، بیشترین تراکم علف هرز را در تک کشتی سیب زمینی و سپس کینوا و کمترین تراکم را از نسبت کاشت (۳۰ کینوا: ۵ سیب زمینی) گزارش کردند. عزیزی منفرد و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند بیشترین تعداد علف هرز از کشت خالص جو با ۵۱/۸۷ و کمترین تعداد بوته علف هرز از کشت مخلوط جو و ماشک (۱۰۰:۱۰۰) با ۱۵/۳ مشاهده شد. کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) بیشترین تراکم نسبی علف‌های هرز را در تمامی مراحل نمونه‌برداری از تک کشتی ماش و تک کشتی کنجد و کمترین تراکم را از ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش گزارش کردند. آن‌ها علت این امر را به‌دلیل متفاوت بودن ساختار کانوپی و آناتومیکی گیاهان به‌کاربرده شده در کشت مخلوط عنوان کردند. این سیستم کشت با سایه‌اندازی و خفه کردن علف‌های هرز، از رشد و گسترش علف‌های هرز جلوگیری می‌کند. ساده‌ترین و در عین حال دقیق‌ترین روش توصیف رقابت و کاهش عملکرد ناشی از آن مبتنی بر تراکم علف‌های هرز (تعداد بوته‌های علف‌های هرز در واحد سطح) می‌باشد. بر این اساس تراکم بیشتر علف‌های هرز به‌معنی تسخیر منابع به‌وسیله این گونه‌ها و در نتیجه بروز محدودیت برای گیاهان زراعی خواهد بود. مصرف گوگرد موجب سهولت دسترسی نیتروژن در خاک می‌شود، از طرفی نیتروژن سبب شکست خواب بذور برخی از علف‌های هرز می‌شود و از این طریق بر میزان افزایش تراکم علف‌های هرز و خسارت آن‌ها موثر است (بلک شاو و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل ۴-۱۲۰ برهمکنش نسبت کاشت و تیوباسیلوس بر تراکم علف هرز (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۳-۱-۳ شاخص تنوع شانون وینر

آنالیز داده‌های موجود نشان داد که اثر نسبت کاشت، و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد موجب معنی‌داری شاخص تنوع شانون وینر در سطح یک درصد شد (جدول ۴-۲۸).
 بیشترین مقدار عددی این شاخص با ۲/۲۹ از کشت خالص کنجد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای نسبت کاشت ماش و همه سطوح مصرف گوگرد، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در نسبت‌های کاشت ۷۵٪ ماش، ۵۰٪ و کشت خالص کنجد و نسبت کاشت ۵۰٪ ماش و شاهد گوگرد در یک گروه قرار گرفت و کمترین مقدار با ۱/۸۸ از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد مشاهده گردید که با تیمارهای مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و نسبت کاشت ۷۵٪ ماش و ۵۰٪ و شاهد گوگرد و نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد و کشت خالص کنجد و همچنین مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد و نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱۲۱).



شکل ۴-۱۲۱ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تنوع شانون وینر (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

بر مبنای شاخص شانون وینر میزان تنوع گونه‌ای در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بیشتر است که علت این موضوع مربوط به اثرات سینرژیستی کشت مخلوط، توانایی تثبیت نیتروژن توسط لگوم برای گیاه اصلی و رشد بهتر، استفاده بهینه از منابع محیطی به دلیل اختلافات مورفولوژیک بین گونه‌های مخلوط و اشغال فضایی که در حالت عادی توسط علف‌های هرز پر می‌شود، می‌باشد (سیدی و حمزه‌ئی، ۱۳۹۹). کشت مخلوط به دلیل ایجاد تنوع در بعد زمان و مکان، می‌تواند به عنوان یک عامل ارگانیک در مدیریت علف‌های هرز به شمار آید و این نوع مدیریت علف‌های هرز را می‌توان با دستکاری تعادل رقابتی بین گیاهان زراعی و علف هرز ایجاد کرد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۷). کوچکی و همکاران (۱۳۹۵) کمترین میزان شاخص شانون در هر دو سال را از تیمار ۷۵٪ کنجد + ۲۵٪ ماش و بیشترین مقدار این شاخص را از تک کشتی ماش و تک کشتی کنجد گزارش کردند. ایشان این گونه استنباط کردند که کشت مخلوط با حفظ تعادل اکولوژیک و ثبات سیستم از طریق کاهش تعداد و تنوع علف‌های هرز، خسارت ناشی از علف‌های هرز را کاهش می‌دهد. اسدی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر سطوح مختلف کود دامی بر ترکیب و تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط سیر و اسفناج بیشترین شاخص تنوع شانون را در ترکیب تیماری ۲۰ تن کود دامی و تک کشتی اسفناج با ۰/۸ و کمترین مقدار را از ۲۰ تن کود دامی و نسبت کشت ۳-۳ سیر و اسفناج گزارش کردند.

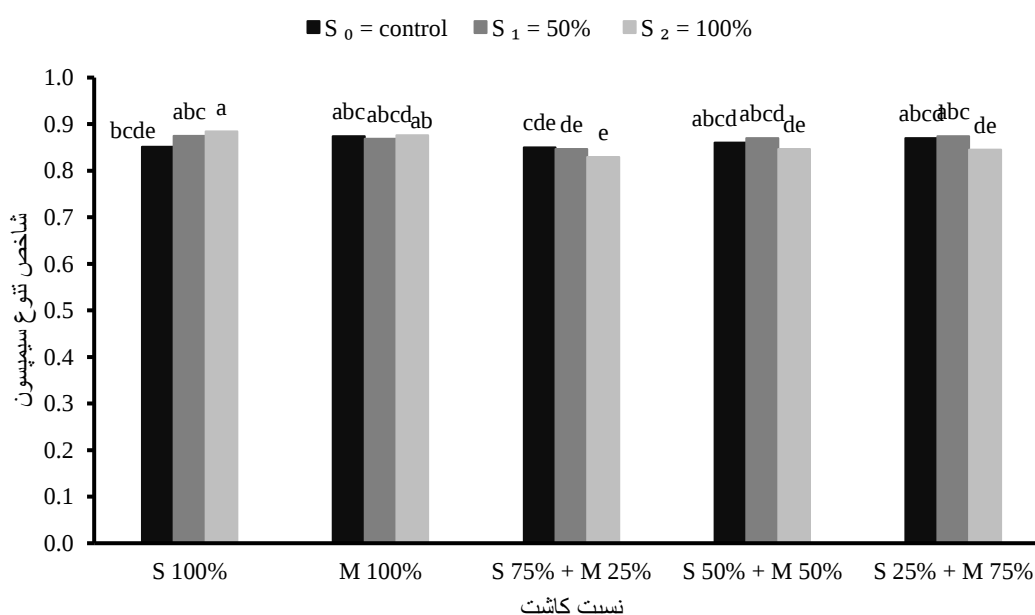
۴-۳-۱-۴ شاخص تنوع سیمپسون

نتایج جدول ۴-۲۸ حاکی معنی‌داری نسبت کاشت در سطح یک درصد، و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد

در سطح پنج درصد بر شاخص تنوع سیمپسون است.

بیشترین مقدار شاخص تنوع سیمپسون با ۰/۸۸۴ از کشت خالص کنجد و ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد مشاهده شد که با تیمارهای کشت خالص ماش در تمام سطوح مصرف گوگرد، کشت خالص کنجد و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت و کمترین مقدار این شاخص با ۰/۸۲۹ نیز از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ درصد ماش گزارش شد که با تیمارهای مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد و کشت خالص کنجد، نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۱۲۲-۴).

شاخص تنوع سیمپسون و شانون وینر به طور معمول روندی مشابه یکدیگر دارند. تفاوت این دو شاخص میزان نوسان بیشتر شاخص شانون وینر می باشد. بر همین اساس دامنه تغییرات تنوع گونه ای در شاخص سیمپسون نسبت به شانون وینر بسیار کمتر بود، به طوری که اختلاف بیشترین و کمترین تنوع در این شاخص ۶/۲۲ اما در شاخص شانون وینر ۱۷/۹ درصد می باشد. چنین به نظر می رسد که با افزایش تنوع در گیاهان زراعی، تخصیص و توزیع منابع بین گونه ها با کارایی بیشتری صورت گرفته که این امر منجر به کاهش تعداد و تنوع علف های هرز شده که در نهایت کاهش شاخص تنوع سیمپسون را به دنبال داشته است. نتایج مطالعه احمدوند و حاجی نیا (۱۳۹۵) نشان داد که بیشترین شاخص تنوع سیمپسون (۰/۷۲۰) از تک کشتی سویا حاصل شد. میزان کاهش شاخص تنوع سیمپسون به ترتیب در تیمار ۵۰٪ سویا+۵۰٪ ارزن و ۷۵٪ ارزن+۲۵٪ سویا نسبت به تک کشتی سویا ۳۴/۰۳ و ۳۳/۳۳ درصد بود. حداد همدانی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی کشت مخلوط افزایشی لوبیا و ذرت بر تنوع زیستی علف های هرز دریافتند که بیشترین میزان شاخص تنوع سیمپسون از تک کشتی ذرت با ۰/۷۹۴ و کمترین مقدار این شاخص از مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت+۷۵٪ لوبیا با ۰/۵۸۹ حاصل شد.

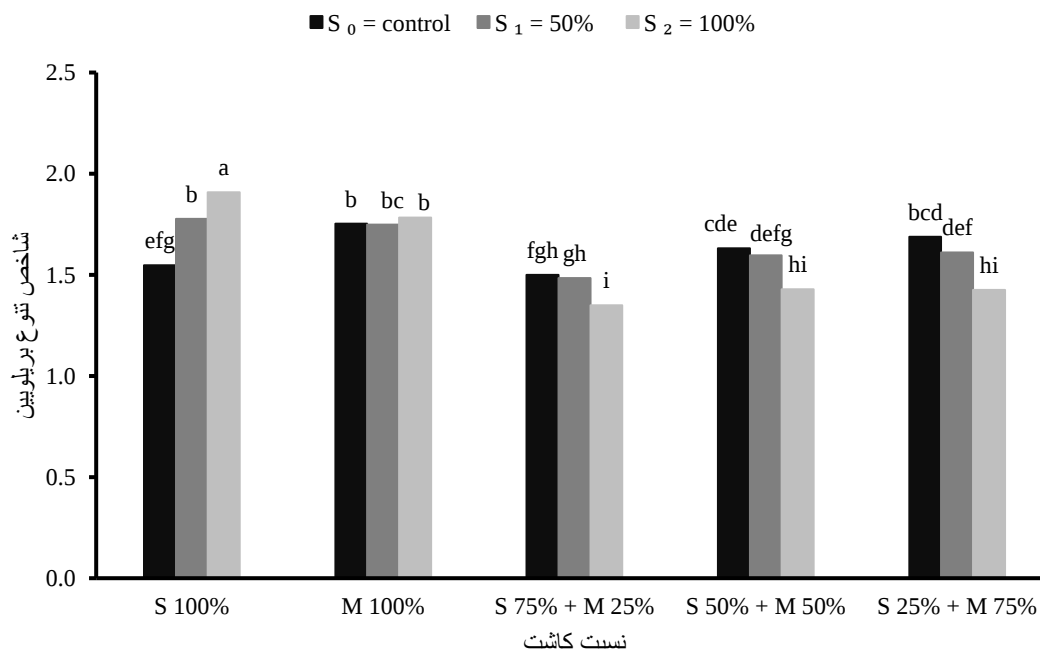


شکل ۱۲۲-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تنوع سیمپسون (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۵-۱-۳-۴ شاخص تنوع بریلوین

نتایج جدول آنالیز داده‌ها نشان داد که اثر نسبت کاشت و اثر برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح یک درصد بر شاخص تنوع بریلوین معنی‌دار شد (جدول ۲۸-۴). بیشترین مقدار این شاخص از کشت خالص کنجد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱/۹۱ و کمترین مقدار از نسبت کاشت ۷۵٪+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱/۳۵ مشاهده شد که با نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-۱۲۳).

کشت مخلوط با افزایش تنوع، آشیان‌های اکولوژیکی کمتری در اختیار علف‌های هرز قرار داده و همچنین با مهار تششع توسط کانوپی مخلوط و عبور نور قرمز دور از برگ‌ها مانع جوانه‌زنی بذور علف هرز در سایه انداز گیاهان شد (واعظی‌راد و همکاران، ۱۳۹۹). احمدوند و حاجی‌نیا (۱۳۹۵) بیان داشتند که در کشت مخلوط سویا و ارزن، بیشترین میزان شاخص تنوع بریلوین ۱/۰۳ در تک کشتی سویا مشاهده شد و در نسبت کشت ۵۰ درصد ۲۸/۰۹ درصد نسبت به تک کشتی کاهش یافت.



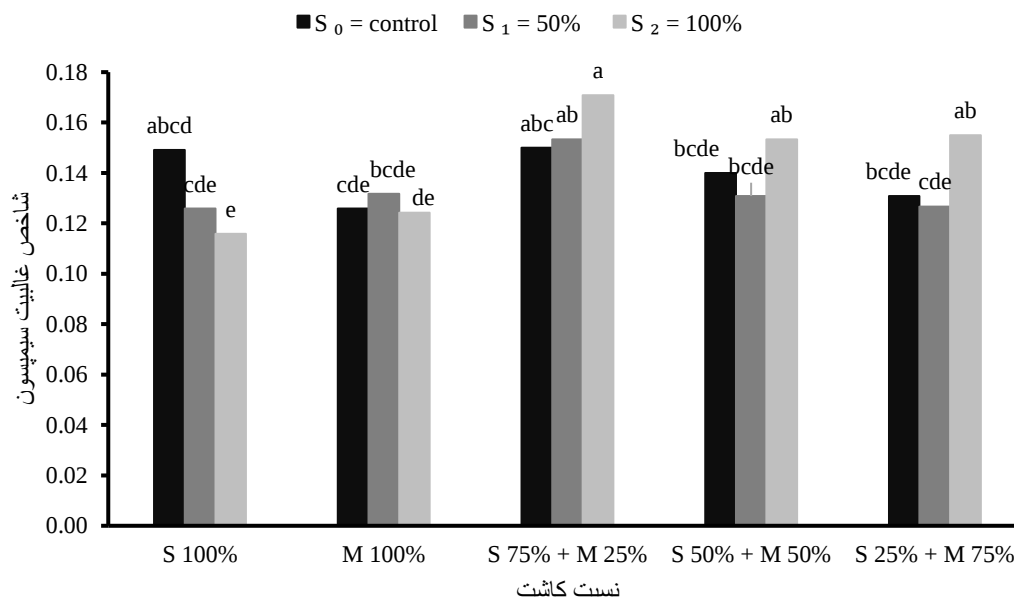
شکل ۱۲۳-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص تنوع بریلوین (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۶-۱-۳-۴ شاخص غالبیت سیمپسون

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که نسبت کاشت در سطح یک درصد، و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح پنج درصد بر شاخص غالبیت سیمپسون معنی‌دار شد (جدول ۲۸-۴).

بیشترین مقدار این شاخص از ترکیب تیماری نسبت کاشت ۷۵٪+کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۰/۱۷ مشاهده شد که با ترکیب‌های تیماری همین نسبت کاشت و سایر سطوح گوگرد و همچنین نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪+ماش+۲۵٪ کنجد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در یک گروه آماری از نظر معنی‌داری قرار گرفت و کمترین مقدار از کشت خالص کنجد و تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۰/۱۲ ثبت گردید، این تیمار با کشت خالص ماش در تمام سطوح مصرف گوگرد، نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش در شاهد گوگرد و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد و کشت خالص کنجد در مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در یک گروه از نظر آماری قرار گرفت (شکل ۱۲۴-۴).

این شاخص نشان‌دهنده میزان تاثیر یک گونه در جامعه بر سایر گونه‌ها است. ممکن است تراکم یا فراوانی یک گونه در جامعه کمتر از سایر گونه‌ها باشد اما از گونه‌هایی که فراوانی یا تراکم بیشتر دارند تاثیر بیشتری داشته باشد. به بیان دیگر گونه‌هایی که به دلایلی نظیر اندازه، تراکم، فراوانی، یا سایر فعالیت‌های خود اثر کنترلی بیشتری بر جوامع اعمال می‌کنند، گونه غالب می‌گویند. با افزایش این شاخص، غالبیت در بین تعداد گونه کمتری تقسیم می‌شود؛ بنابراین می‌توان به دو نتیجه رسید: اول اینکه غالبیت برای ما، یک مفهوم دارد و آن‌هایی که غالب هستند، معمولاً تنوع کمتری دارند و دوم این که تنها تعداد اندکی از گونه‌ها نقش غالب را دارند و تعداد زیادی، فقط باعث ایجاد تنوع می‌شوند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹). تنوع گونه‌ای بالا و عدم غالبیت یک علف هرز خاص در تیمار شاهد نشان می‌دهد که شاخص تنوع و غالبیت سیمپسون با یکدیگر رابطه معکوس دارند. احمدوند و گودرزی (۱۳۹۵) طی آزمایشی میزان شاخص غالبیت سیمپسون در نسبت کشت ۵۰ درصد سویا : ۵۰ درصد ارزن و ۲۵ درصد سویا : ۷۵ درصد ارزن را به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۵۳ اعلام کردند که نسبت به تک کشتی سویا با ۰/۲۸ اختلاف ۴۷/۱۷ و ۴۸/۱۵ درصدی داشتند.



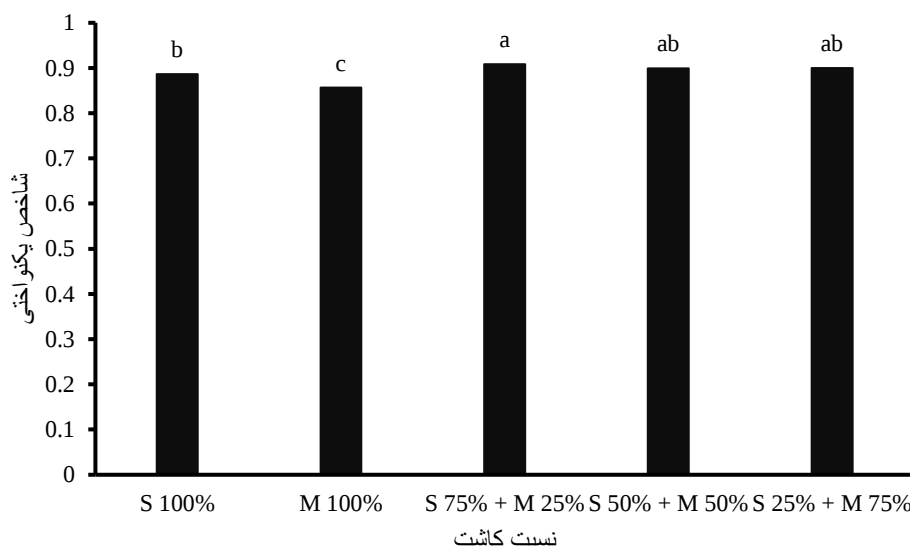
شکل ۴-۱۲۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص غالبیت سیمپسون (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۷-۱-۳-۴ شاخص یکنواختی

با توجه به جدول تجزیه مرکب تنها اثر اصلی نسبت کاشت بر شاخص یکنواختی ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۴-۲۸).

بیشترین شاخص یکنواختی با ۰/۹۱ از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش که با نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ ماش+۲۵٪ کنجد در یک گروه از لحاظ آماری قرار گرفت و کمترین مقدار شاخص یکنواختی ۰/۸۶ از کشت خالص ماش گزارش شد (شکل ۴-۱۲۵).

کشت مخلوط، یکنواختی جمعیت علف‌های هرز را از طریق کاهش فراوانی نسبی علف‌های هرز غالب تغییر می‌دهد. تغییر یکنواختی جمعیت علف‌های هرز در حضور گونه همراه به دو دلیل می‌تواند باشد: (۱) گونه همراه، فراوانی گونه‌های غالب علف‌های هرز را کاهش می‌دهد. (۲) گونه همراه، تساوی توزیع زیست توده را در بین گونه‌های علف هرز کاهش می‌دهد. بنابراین قابل انتظار است که افزودن یک گونه زراعی همراه به کشت خالص توزیع زیست توده در بین جمعیت گونه‌های علف هرز را تغییر دهد (احمدوند و حاجی‌نیا، ۱۳۹۵). عباسیان و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند بیشترین شاخص یکنواختی از نسبت کاشت ۲۵٪ سیر+۷۵٪ نخود فرنگی با ۰/۹۱ و کمترین مقدار از کشت خالص سیر با ۰/۵ مشاهده گردید. راستگو و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیشترین یکنواختی را از نسبت کشت ۵۰٪ کنجد+۵۰٪ ماش با ۰/۱۴ و کمترین مقدار را از کشت خالص ماش با ۰/۰۶ گزارش کردند.



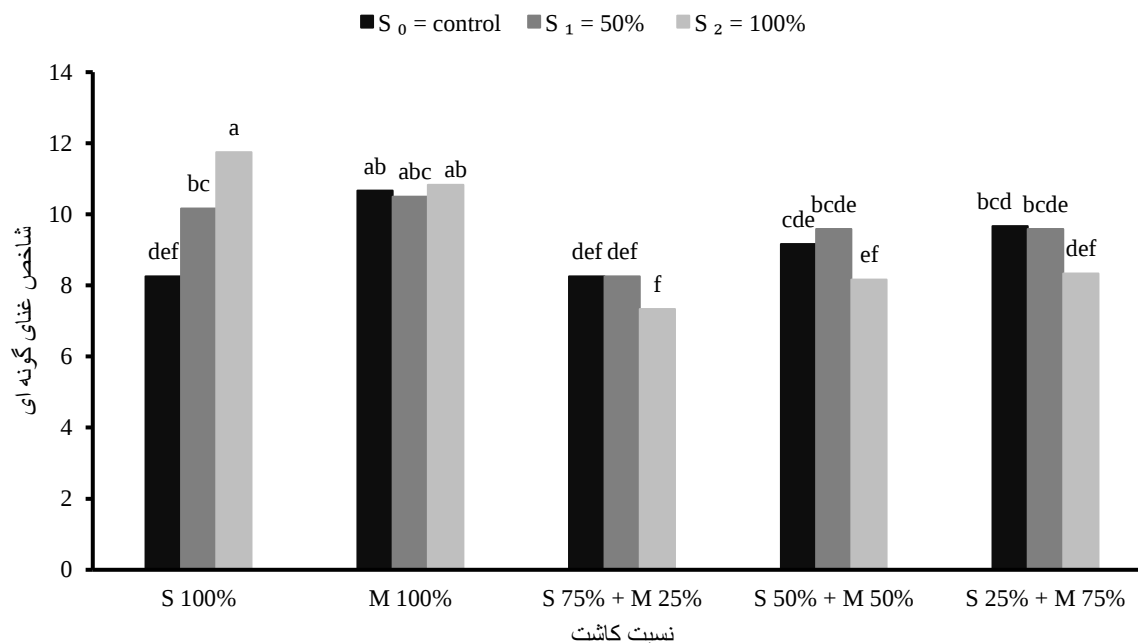
شکل ۴-۱۲۵ اثر نسبت کاشت بر شاخص یکنواختی (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۳-۱-۸ شاخص غنای گونه‌ای

نتایج جدول ۴-۲۸ نشان که نسبت کاشت و برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد در سطح یک درصد بر شاخص غنای گونه‌ای معنی‌دار شد.

بیشترین شاخص غنای گونه‌ای از کشت خالص کنجد و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با ۱۱/۷۵ حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کشت خالص ماش در تمامی سطوح نداشت و کمترین مقدار این شاخص با ۷/۳۳ از نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش و مصرف گوگرد به میزان ۱۰۰ درصد توصیه شده ثبت شد که با تیمارهای ۳۰۰ کیلوگرم مصرف گوگرد و کشت خالص کنجد، نسبت کاشت ۵۰٪، نسبت کاشت ۲۵٪/کنجد+۷۵٪ ماش و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد و عدم مصرف گوگرد در نسبت کاشت ۷۵٪/کنجد+۲۵٪ ماش در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-۱۲۶).

همان‌طور که انتظار می‌رفت مجموعه علف‌های هرز در تک کشتی غنای بیشتری داشت، زیرا زیاد شدن گونه‌های زراعی و بهبود شرایط رشدی گیاهان زراعی، سرکوب علف‌های هرز از طریق رقابت یا آلودپاتی افزایش می‌یابد (دلافونته و همکاران، ۲۰۱۴). دلافونته و همکاران، (۲۰۱۴) در آزمایشی روی کشت مخلوط آفتابگردان و سویا، بیشترین مقدار غنای گونه‌ای علف‌های هرز را در تک کشتی آفتابگردان با ۸/۸ و کمترین مقدار را در کشت مخلوط با ۳/۸ گزارش کردند.

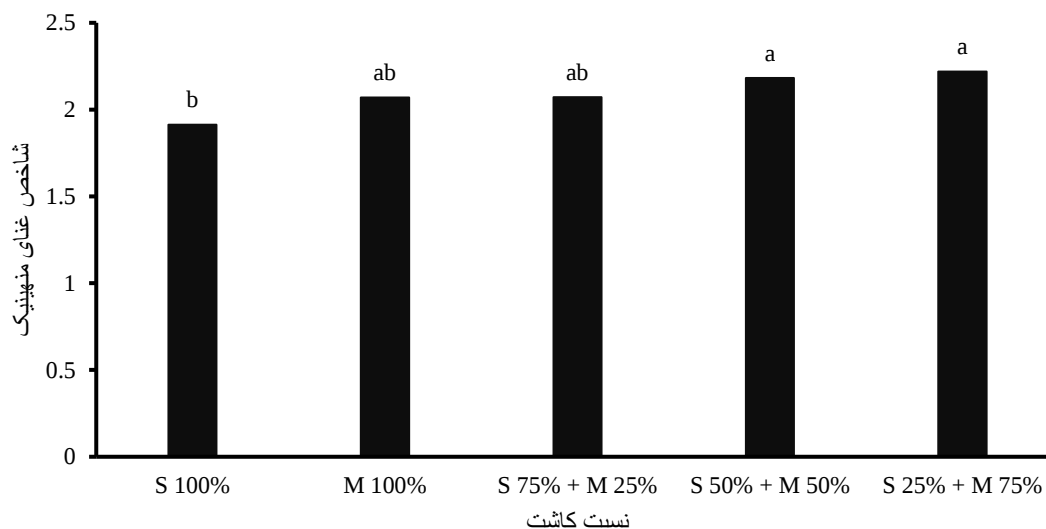


شکل ۱۲۶-۴ برهمکنش نسبت کاشت و گوگرد بر شاخص غنای گونه‌ای (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۹-۱-۳-۴ شاخص غنای منهینیک

تنها اثر نسبت کاشت بر شاخص غنای منهینیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲۸-۴). بیشترین مقدار این شاخص از نسبت کاشت ۲۵٪ کنجد+۷۵٪ ماش با ۲/۲۲ که تفاوتی معنی‌داری با نسبت کاشت ۵۰٪، ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش و کشت خالص ماش نداشت، و کمترین مقدار این شاخص نیز با ۱/۹۱ از کشت خالص کنجد مشاهده شد که با کشت خالص ماش و نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش در یک سطح آماری قرار گرفت (شکل ۱۲۷-۴).

این شاخص عمدتاً معرف غنای گونه‌ای یک بوم نظام است و گویای وضعیت محیط، از لحاظ شرایط مناسب زیست می‌باشد زیرا شرایط مطلوب محیطی، موجب افزایش حضور گونه‌ها می‌شود و امکان مقایسه زیستگاه‌های مشابه در نقاط مختلف را نشان می‌دهد؛ از طرفی، این شاخص قادر به بیان توزیع جمعیت افراد بین گونه‌ها نیست. بر این اساس، محققین بیان می‌دارند که منظور از غنای گونه‌ای، تعداد گونه علف هرز است و بیان‌گر اثرات مربوط به آن نمی‌باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹).

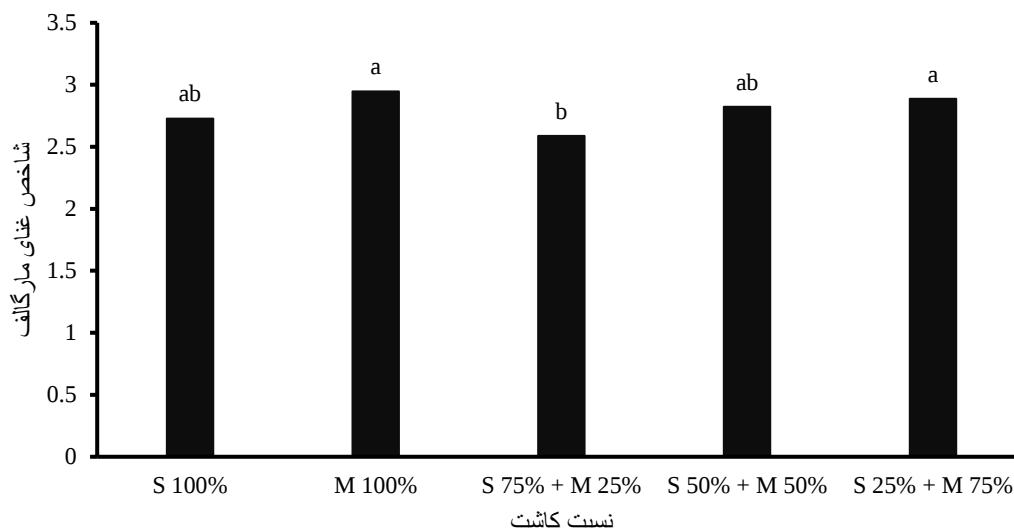


شکل ۱۲۷-۴ اثر نسبت کاشت بر شاخص غنای منپینیک (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۱۰-۱-۳-۴ شاخص غنای مارگالف

اثر نسبت کاشت در سطح یک درصد موجب معنی‌داری شاخص غنای مارگالف شد (جدول ۲۸-۴). بیشترین مقدار شاخص مارگالف از کشت خالص ماش با ۲/۹۵ که با کشت خالص کنجد، نسبت کاشت ۵۰٪ و نسبت کاشت ۷۵٪ ماش+۲۵٪ کنجد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار نیز از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش با ۲/۵۹ ثبت گردید که با نسبت کاشت ۵۰٪ و ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱۲۸-۴).

با مقایسه تعداد گونه‌های علف هرز در کشت خالص کنجد و ماش به نظر می‌رسد که کنجد به دلیل ارتفاع بیشتر نسبت به ماش قدرت بیشتری در کنترل علف‌های هرز در مقایسه با ماش دارد. لذا هرچه سهم کنجد در مخلوط افزایش می‌یابد، از غنای گونه‌های علف هرز نیز کاسته شد. سیدی و حمزه‌ئی (۱۳۹۶) اظهار داشتند با تغییر در آرایش کاشت از تک کشتی به مخلوط و تغییر در تراکم گیاه زراعی، شاخص مارگالف برای علف‌های هرز کاهش می‌یابد. آن‌ها علت این امر را کاهش شمار گونه‌های علف هرز در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیان کردند. اسدی و همکاران (۱۳۹۳) مدیریت علف‌های هرز را تحت الگوهای مختلف کشت مخلوط سیر و اسفناج مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که بیشترین شاخص غنای مارگالف با ۴/۵ از تک کشتی اسفناج حاصل شد و کمترین مقدار این شاخص از نسبت کاشت ۳:۳ سیر و اسفناج با ۱/۳ مشاهده گردید.



شکل ۴-۱۲۸ اثر نسبت کاشت بر شاخص غنای مارگالف (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد)

۴-۴ نتیجه‌گیری کلی

بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک و رشدی از منطقه شهریار به‌دست آمد. بیشترین شاخص‌های ارزیابی مخلوط از نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش حاصل شد. مصرف تلفیقی گوگرد و تیوباسیلوس در هر دومنطقه، پروتئین، روغن و اسیدهای چرب را به سطحی بالاتر از شاهد (عدم استفاده) ارتقاء دادند. تأثیر افزایشی گوگرد و تیوباسیلوس در تک کشتی کنجد بر وزن خشک، تراکم، شاخص تنوع و غنای گونه‌ای علف‌های هرز مثبت بود؛ اما استفاده از این ترکیب تیماری در نسبت کاشت ۷۵٪ کنجد+۲۵٪ ماش منجر به کاهش تمام شاخص‌های ذکر شده در مورد علف هرز گردید. برهمکنش نسبت کاشت (۳:۱) و مصرف تلفیقی گوگرد و تیوباسیلوس موجب شد عملکرد کمی و کیفی به بالاتر از شاهد در هر دو مکان ارتقاء دهد؛ بنابراین استفاده تلفیقی از این تیمار کودی و کشت مخلوط می‌تواند قابل توصیه باشد. علت بالاتر بودن این نسبت کاشت استفاده بهینه از لگوم در کنار کنجد بود که علاوه بر این که ماش با تثبیت زیستی نیتروژن، رقابت بر سر نیتروژن را کاهش داد؛ با پوشش مناسب سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد علف هرز گردید. همچنین مصرف تلفیقی گوگرد و تیوباسیلوس با تسهیل دسترسی به یون سولفات مورد نیاز گیاه روغنی و پروتئینی، به‌علت تولید اسیدسولفوریک و کاهش pH در محدوده ریزوسفر منجر به دسترسی به عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، منگنز، روی و مس شد.

۴-۵ پیشنهادات

- ۱- اجرای کشت مخلوط جایگزینی با نسبت‌های دیگر و همچنین کشت مخلوط افزایشی این دو گیاه.
- ۲- ارزیابی مخلوط کنجد و ماش تحت تنش‌های غیرزیستی.
- ۳- استفاده از سایر کودهای شیمیایی و زیستی در این مخلوط و بررسی نتایج آن‌ها.
- ۴- ارزیابی شاخص‌های کارایی منابع در کشت مخلوط کنجد و ماش.
- ۵- بررسی میزان جذب عناصر غذایی توسط کنجد و ماش در این مخلوط.
- ۶- بررسی سایر شاخص‌های اکولوژیکی در سامانه مخلوط کنجد و ماش.
- ۷- ارزیابی اثر این دو گیاه بر آفات و بیماری‌ها.
- ۸- ارزیابی چرخه حیات در این سامانه مخلوط.

پوست

جدول ۲۱-۴. نتایج تجزیه داده‌های شاخص سطح برگ کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	کنجد					ماش				
		روز پس از کاشت					روز پس از کاشت				
		۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۴۰	۵۱	۶۲	۷۳	۸۴
مکان (L)	۱	۰/۰۲۲**	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۵*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹
خطای اول	۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۵۷	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹
مخلوط (M)	۳	۰/۰۰۰۱	۰/۷۲**	۰/۹۶**	۶/۶۸**	۱/۹۱**	۰/۰۰۰۰۲	۰/۲۳**	۰/۶۶**	۱/۳۸**	۰/۸۹**
گوگرد (S)	۲	۰/۱۱۸**	۰/۲۸**	۰/۶۸**	۱/۶۱**	۱/۱**	۰/۰۶۲**	۰/۰۴**	۰/۳۶**	۰/۴۶**	۰/۳۳**
تیوباسیلوس (T)	۱	۰/۰۱**	۰/۰۳۵**	۰/۰۴۴**	۰/۱۶**	۰/۱۱**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۵**	۰/۰۲۵**	۰/۰۹**	۰/۰۵**
M×S	۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۲*	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
M×T	۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲
S×T	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۲**	۰/۰۰۵
M×S×T	۶	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
L×M	۳	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۹	۰/۰۳**	۰/۰۵**	۰/۰۷۲**	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳
L×S	۲	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۷۵**	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۲
L×T	۱	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲
L×M×S	۶	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
L×M×T	۳	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۵
L×S×T	۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱
L×M×S×T	۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
خطای دوم	۹۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲

جدول ۲۲-۴. نتایج تجزیه داده‌های تجمع وزن خشک در کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	کنجد					ماش				
		روز پس از کاشت					روز پس از کاشت				
		۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۴۰	۵۱	۶۲	۷۳	۸۴
مکان (L)	۱	۵۵۸/۱۸**	۷۸/۰۳	۲۶۵۳۳	۱۲۰۲	۸۴۵	۲/۱	۴/۱۵	۴/۳۳	۲۰۲۲	۲۸۳۰
خطای اول	۴	۷/۸۹	۲۶/۱۵	۴۴۷۰	۳۷۱۹	۱۰۱۶	۰/۷۵	۴/۱۶	۹/۸۸	۱۴۳۱	۵۱/۸۴
مخلوط (M)	۳	۲۱/۶۲*	۱۳۸۲۱**	۱۰۷۵۱۹**	۲۹۹۸۶۷**	۲۱۲۴۴۲**	۵/۴۶*	۲۷۰۶**	۶۰۷۹۴**	۲۸۰۷۰**	۲۲۲۵۲**
گوگرد (S)	۲	۴۳۸۸**	۴۳۳۶/۷**	۶۴۶۶۴**	۴۴۰۷۱**	۱۲۱۳۳**	۶۹۲**	۹۰۳**	۶۶۲۲**	۱۲۴۳۶**	۷۴۳۴**
تیوباسیلوس (T)	۱	۶۰۱/۵۲**	۷۸۰/۶۴**	۶۳۸۴**	۴۵۸۵**	۸۵۸**	۷۵/۷۳**	۹۳/۶**	۷۹۱**	۸۸۳**	۶۵۱**
M×S	۶	۱/۴۱	۲۲/۷۳*	۲۶۴/۴۳	۸۱/۸۶	۳۹/۹۱	۱/۲۸	۱/۸۷	۲۴/۶۱**	۱۸/۴۴	۶۰/۸۸
M×T	۳	۲/۸۳	۲۷/۷	۹۰/۲۳	۲۲/۲۸	۱۴/۹۹	۰/۸۹	۰/۵۹	۷/۶۱	۴۱/۸۲	۵/۵۸
S×T	۲	۳۹/۳۶**	۶۰/۵۹**	۶۲۳/۰۶	۱۴۵/۸۱	۲۳/۳۱	۱۱/۰۶**	۱۲/۶**	۱۲/۲۴	۲۴۶/۴۲	۹۳/۴۶
M×S×T	۶	۲/۶	۱۴/۰۶	۱۳۳/۴۲	۱۹۶	۱۷/۱۴	۰/۵۴	۱/۲۸	۶/۵۱	۵۸/۰۸	۵/۷۳
L×M	۳	۹۴/۷۹**	۲۳/۳۷	۹۰۶/۲*	۵۵۲/۴۴**	۹۱۹/۱۶**	۲/۲۲	۲/۷۳	۶/۳۸	۰/۰۳۱	۴۸/۶۵
L×S	۲	۸/۷۸	۳۷/۰۹*	۵۱۸/۵۴	۱۲۱۴/۱۵**	۲۰۴/۸۶*	۰/۰۸	۰/۰۵	۲/۰۴	۷۶۹**	۳۳/۹۲
L×T	۱	۱/۰۷	۲۳/۷۹	۶۴/۲۸	۳۴۰/۳۱	۷/۸۹	۰/۱۷	۰/۰۴	۵/۵۵	۶۲/۶۷	۰/۷۵
L×M×S	۶	۵/۷۸	۷/۴۷	۳۷۲/۲۸	۱۱۹/۲۳	۷۳/۱	۰/۸۹	۰/۵۱	۰/۷۶	۸۱/۵	۸۳/۷۳
L×M×T	۳	۳/۵۷	۱۲/۸۹	۱۰۳/۴	۳۵/۹۶	۸/۵۶	۰/۲۹	۱/۲۳	۴/۸۲	۲۰/۵۷	۱/۸۵
L×S×T	۲	۱/۶۵	۱۸/۳۱	۱۴/۷۵	۵۵/۲۹	۰/۹۱	۰/۰۰۷	۰/۹۵	۱/۷۸	۲۸/۸	۲/۰۴
L×M×S×T	۶	۱/۹۸	۱۱/۹۸	۳۹/۹۹	۱۲۲/۰۴	۱۱/۳	۱/۱	۱/۳	۱/۴۷	۳۰/۸۴	۱۷/۸۶
خطای دوم	۹۲	۷/۴۷	۱۰/۲۵	۲۴۹/۹۹	۱۱۸/۱۹	۴۴/۵۵	۰/۸۴	۱/۰۸	۴/۸۹	۹۸/۲	۳۴/۵۲

جدول ۲۳-۴. نتایج تجزیه داده‌های سرعت رشد محصول در کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	کنجد					ماش				
		روز پس از کاشت					روز پس از کاشت				
		۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۴۰	۵۱	۶۲	۷۳	۸۴
مکان (L)	۱	۰/۳۶**	۰/۹۷	۱۰۵/۵	۱۷۳/۴۹*	۱۸/۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۸/۱۸	۰/۲۹۷
خطای اول	۴	۰/۰۰۵	۰/۲۱	۲۰/۴۵	۱۷/۳۵	۲۱/۲۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷۵	۰/۰۷۷	۵/۹۹	۵/۸۷
مخلوط (M)	۳	۰/۰۱۳*	۵۶/۸۱**	۱۹۶/۷۷**	۲۲۹**	۶۳/۰۶**	۰/۰۰۹**	۱۲/۰۵**	۱۷۰**	۳۷/۶۱**	۱/۶۸**
گوگرد (S)	۲	۲/۷۵**	۰/۴۷	۱۵۷/۸۹**	۱۰/۴**	۴۴/۵۷**	۱/۱۱**	۰/۰۷۹**	۱۱/۵۳**	۴/۵۱**	۲/۹**
تیوباسیلوس (T)	۱	۰/۳۸**	۰/۰۵۳	۱۱/۹۷**	۰/۶۶	۶/۵۶**	۰/۱۱۷**	۰/۰۰۴	۱/۵۱**	۰/۰۱۲	۰/۰۷۸
M×S	۶	۰/۰۰۰۹	۰/۱۰۷	۱/۲	۱/۸۳	۰/۷۵	۰/۰۰۲	۰/۰۱۸*	۰/۱۱**	۰/۰۲۶	۰/۲۱۲
M×T	۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۷۱	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳۷	۰/۰۲۵	۰/۲۰۱
S×T	۲	۰/۰۲۴**	۰/۰۱۹	۱/۴۵	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۷	۰/۶۷	۰/۲۴۸
M×S×T	۶	۰/۰۰۱۶	۰/۱۰۳	۰/۶۶	۰/۹۱	۰/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۲	۰/۰۳۳	۰/۱۶	۰/۳۵۴
L×M	۳	۰/۰۰۶**	۰/۱۶۲	۳/۷۲*	۶/۲۷*	۵/۴۵**	۰/۰۰۳	۰/۰۴۲*	۰/۰۱۳	۰/۰۲۱	۰/۱۹۲
L×S	۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۶۲	۱/۳۸	۳/۳۷	۹/۸۹**	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۳/۲۸**	۲/۱۶۲*
L×T	۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۴	۰/۰۴۴	۰/۴۸	۱/۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۴۷۳	۰/۳۴۴
L×M×S	۶	۰/۰۰۳۸	۰/۰۴۵	۱/۵۹	۲/۸۲	۰/۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۳۳۷	۰/۲۸۳
L×M×T	۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۹	۰/۴۰۹	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۴	۰/۰۴۱	۰/۱۴۶
L×S×T	۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۶۹	۰/۲۷۹	۰/۵	۰/۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۱۲۳	۰/۱۶۷
L×M×S×T	۶	۰/۰۰۱۳	۰/۰۶۳	۰/۱۳۴	۰/۶۸	۰/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷	۰/۱۲	۰/۳۵۸
خطای دوم	۹۲	۰/۰۰۴۷	۰/۰۷۴	۱/۰۷۲	۱/۸۳	۰/۶۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۷۶	۰/۰۳۱	۰/۴۶	۰/۴۷

جدول ۲۴-۴. نتایج تجزیه داده‌های سرعت جذب خالص در کنجد و ماش تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	کنجد					ماش				
		روز پس از کاشت					روز پس از کاشت				
		۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۴۰	۵۱	۶۲	۷۳	۸۴
مکان (L)	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۳	۱۶/۳۳	۱۹/۹۳*	۸/۵۹۴	۰/۰۵۱	۰/۰۹۲	۰/۰۰۶	۰/۹۱۷	۰/۰۸۲
خطای اول	۴	۰/۱۰۷	۰/۱۳۶	۲/۷۵	۱/۸۱۳	۵/۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۴۸	۰/۰۱۸	۰/۶۶۶	۱/۸۷۷
مخلوط (M)	۳	۰/۲۴۹**	۱۴/۳۸**	۱۳/۱۳**	۱۱/۴۳**	۱۱/۴۷**	۰/۱۴**	۱/۱۲**	۳۴/۹۳**	۹/۳۹**	۰/۳۱۲
گوگرد (S)	۲	۱/۱۱**	۱/۲۸**	۱۱/۳۱**	۳/۵۵**	۸/۴۱**	۱/۲۲۳**	۲/۷۴**	۰/۳۸**	۰/۰۵۳	۰/۶۷۳**
تیوباسیلوس (T)	۱	۰/۴۴**	۰/۰۴۸	۰/۸۴۳**	۰/۲۲۹	۱/۳۷۳*	۰/۰۱۶	۰/۴۱۵**	۰/۱۲**	۰/۰۴۹	۰/۰۲۲
M×S	۶	۰/۰۲۹	۰/۰۶۲	۰/۳۷**	۰/۱۹۹	۰/۳۶۴	۰/۰۴	۰/۰۸**	۰/۰۶۸**	۰/۰۰۳	۰/۰۴۸
M×T	۳	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۱۷	۰/۰۵۱	۰/۱۵۲	۰/۰۳۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۴	۰/۰۲۷	۰/۰۵۳
S×T	۲	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰۷	۰/۱۶۹	۰/۱۱۳	۰/۰۳۶	۰/۰۸۷	۰/۰۳۶	۰/۳۱	۰/۰۲۶	۰/۰۸۹
M×S×T	۶	۰/۰۳۵	۰/۰۵۲	۰/۰۹	۰/۱۰۲	۰/۱۹۷	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۱۱	۰/۰۲	۰/۱۰۸
L×M	۳	۰/۰۸۹	۰/۰۶۳	۰/۶۷۱**	۱/۰۳۷**	۱/۲۷۳**	۰/۰۲۴	۰/۱۱۸**	۰/۰۳*	۰/۰۰۷	۰/۰۵۶
L×S	۲	۰/۰۶۲	۰/۰۲۸	۰/۰۹۵	۰/۳۳۹	۲/۴۷۲**	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۴۷۷**	۰/۶۷۱**
L×T	۱	۰/۱۳۳	۰/۰۵۲	۰/۰۲۱	۰/۰۴۴	۰/۲۱۳	۰/۰۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۵۸	۰/۰۸۵
L×M×S	۶	۰/۱۱۱	۰/۰۲۹	۰/۱۶۳	۰/۳۲۳	۰/۱۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۲	۰/۰۹۴
L×M×T	۳	۰/۰۶۳	۰/۰۴۶	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۳۷
L×S×T	۲	۰/۰۰۸	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۵۵
L×M×S×T	۶	۰/۰۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۱	۰/۰۹۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۶	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۱۱۲
خطای دوم	۹۲	۰/۰۵۶	۰/۰۳۸	۰/۱۰۵	۰/۱۸۸	۰/۲۰۹	۰/۰۳۵	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	۰/۰۵۹	۰/۱۴۱

جدول ۲۵-۴. نتایج تجزیه داده‌های شاخص‌های ارزیابی در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		LER کنجد	LER ماش	LER کل	AYL کنجد	AYL ماش	AYL کل	ATER	LUE	RYT
مکان (L)	۱	۰/۲۷**	۰/۰۰۸	۰/۱۷*	۱/۳۳*	۰/۰۴۱	۰/۹*	۰/۳۱	۳۸/۸۲	۰/۰۳*
خطای اول	۴	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۸۳	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷۲	۵۳۲/۸۸	۰/۰۰۳
مخلوط (M)	۲	۴/۶۱**	۰/۲۷**	۳/۹۳**	۷/۰۲**	۴۶/۹۱**	۴۱/۴۲**	۱/۱۱۳**	۱۴۱۶۱**	۰/۷۸**
گوگرد (S)	۲	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۲**	۰/۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۱	۱۸۴/۹۸	۰/۰۰۴**
تیوباسیلوس (T)	۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳۶	۹۳۳۴**	۰/۰۰۰۰۳
M×S	۴	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۹**	۰/۰۲۵*	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲۳	۴۱/۷۵	۰/۰۰۳**
M×T	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲۴	۴۴/۴۴	۰/۰۰۰۴
S×T	۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۹	۴۰/۷۳	۰/۰۰۰۹
M×S×T	۴	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۷۱/۶۱	۰/۰۰۰۰۸
L×M	۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۹۷**	۰/۰۰۳	۰/۱۱**	۱/۵۱**	۷۷۰۱**	۰/۰۰۰۰۹
L×S	۲	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۱۲/۶۲	۰/۰۰۱
L×T	۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۰۱	۷۰۸۵**	۰/۰۰۰۰۹
L×M×S	۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۰۳۳	۷۶/۲۹	۰/۰۰۰۰۸
L×M×T	۲	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۲۷	۸۵/۶۹	۰/۰۰۰۰۱
L×S×T	۲	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۳۳*	۰/۰۰۴	۰/۰۵۶*	۰/۰۲۶	۱۰۶/۳۲	۰/۰۰۲*
L×M×S×T	۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۲۸	۶۳/۴۹	۰/۰۰۰۰۱
خطای دوم	۶۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۶	۰/۱۸۳	۷۸۱/۱۸	۰/۰۰۰۰۵

جدول ۲۶-۴. نتایج تجزیه داده‌های شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات									درجه	منابع تغییر
CR ماش	CR کنجد	RCI ماش	RCI کنجد	AG ماش	AG کنجد	RCC	ACI ماش	ACI کنجد	آزادی	
۲/۰.۲**	۰/۷۶**	۸۲/۱۴	۲۴۷۲*	۰/۱*	۰/۱*	۰/۴۴*	۹۰۱۸	۲۳۶۵۵۶**	۱	مکان (L)
۰/۲	۰/۱	۱۰۲/۱۶	۱۲۶/۰.۱	۰/۰.۰۷	۰/۰.۰۷	۰/۰.۴	۱۱۴۲۲	۹۷۱۸	۴	خطای اول
۲۸/۲۴**	۲۲/۹۲**	۲۶۷۹**	۴۶۱۰.۲**	۱۵/۴۷**	۱۵/۴۷**	۳/۴۸**	۲۵۴۶۹۴**	۲۹۹۲۴۳۷**	۲	مخلوط (M)
۰/۰.۴	۰/۰.۰۱	۵/۸۶	۱۵۳/۷**	۰/۰.۰۶**	۰/۰.۰۶**	۰/۰.۱۲*	۶۶۳/۲۵	۸۳/۷۵	۲	گوگرد (S)
۰/۰.۰۰۵	۰/۰.۰۳	۰/۳۴	۰/۰.۵	۰/۰.۰۰۰.۴	۰/۰.۰۰۰.۴	۰/۰.۰۰۰.۲	۷۱/۰.۳	۳۲۴/۲۲	۱	تیوباسیلوس (T)
۰/۰.۳۲	۰/۰.۰۳	۳/۷۶	۱۱۰/۰.۷**	۰/۰.۰۷**	۰/۰.۰۷**	۰/۰.۱*	۷۳۵/۳۱	۳۹۵۱۷**	۴	M×S
۰/۰.۰۵	۰/۰.۰۲	۳/۸۹	۲۶/۱۱	۰/۰.۰۱۶	۰/۰.۰۱۶	۰/۰.۰۰۲	۴۷۹/۲۸	۶۸۸۹**	۲	M×T
۰/۰.۱۴	۰/۰.۰۶	۰/۲۲	۳۹/۱۲	۰/۰.۰۱۳	۰/۰.۰۱۳	۰/۰.۰۰۵	۶۵/۳۷	۴۸۰.۵*	۲	S×T
۰/۰.۰۴	۰/۰.۰۲	۰/۴۹	۴/۹۸	۰/۰.۰۰۳	۰/۰.۰۰۳	۰/۰.۰۰۰.۷	۵۱/۳۷	۳۴۵/۴۸	۴	M×S×T
۰/۱۲۱**	۰/۲**	۴/۷۵	۳۹/۱۵	۰/۰.۰۸**	۰/۰.۰۸**	۰/۰.۰۰۵	۳۷۲/۸۱	۳۸۹۹*	۲	L×M
۰/۰.۲	۰/۰.۰۷	۹/۵۴	۵۶/۷۵*	۰/۰.۰۳*	۰/۰.۰۳*	۰/۰.۰۰۸	۹۱۱/۷۱	۹۶۲۴**	۲	L×S
۰/۰.۰۵	۰/۰.۰۵	۱/۲۵	۳۳/۶۵	۰/۰.۰۰۰.۷	۰/۰.۰۰۰.۷	۰/۰.۰۰۳	۱۴۵/۴۷	۲۱۲۸	۱	L×T
۰/۰.۱۵	۰/۰.۰۸	۱۰/۰.۵	۳۱/۵۹	۰/۰.۰۱۹	۰/۰.۰۱۹	۰/۰.۰۰۵	۹۰۹/۶۵	۵۴۰/۴	۴	L×M×S
۰/۰.۰۰۵	۰/۰.۰۰۸	۰/۹	۰/۷۵	۰/۰.۰۰۰.۳	۰/۰.۰۰۰.۳	۰/۰.۰۰۰.۳	۸۵/۸۵	۲۶/۶۳	۲	L×M×T
۰/۰.۱۹	۰/۰.۰۸	۴/۷۴	۷۱/۵۲*	۰/۰.۰۱۸	۰/۰.۰۱۸	۰/۰.۰۰۷	۶۳۹/۲۸	۷۲۷۳**	۲	L×S×T
۰/۰.۰۵	۰/۰.۰۰۹	۱	۴/۳۱	۰/۰.۰۰۰.۵	۰/۰.۰۰۰.۵	۰/۰.۰۰۰.۷	۱۱۸/۷۳	۱۱۷/۱	۴	L×M×S×T
۰/۰.۴۳	۰/۰.۰۸	۶/۴۲	۱۶/۳۲	۰/۰.۰۰۰.۹	۰/۰.۰۰۰.۹	۰/۰.۰۰۳	۶۲۹/۳	۱۱۶۳	۶۸	خطای دوم

جدول ۲۷-۴. نتایج تجزیه داده‌های شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			SPI
		IA کنجد	IA ماش	IA کل	
مکان (L)	۱	۵۳۰۷۵۰۱۹۳*	۱۱۳۲۱۹۱۳	۳۸۷۰۳۵۲۷۷*	۳۶۳۵۹۶**
خطای اول	۴	۳۳۰۹۵۰۳۵	۱۸۹۱۸۷۰۲	۲۸۸۵۲۸۵۲	۲۳۸۶۳
مخلوط (M)	۲	۲۸۰۹۰۴۵۰۲۸**	۱۲۷۷۱۱۵۰۱۴۶**	۱۱۴۵۱۶۷۳۱۳۱**	۲۵۴۰۳۱۳**
گوگرد (S)	۲	۹۸۲۵۷۹۵	۴۴۴۶۸۲	۱۴۱۹۱۶۸۶	۱۱۷۷۰۴۷**
تیوباسیلوس (T)	۱	۱۳۴۲۵۷۰	۸۲۵۰۶	۲۰۹۰۷۱۶	۱۰۷۹۴۶**
M×S	۴	۹۹۹۶۸۶۵	۴۳۵۸۳۳	۸۴۷۰۵۲۳	۳۰۷۷۷**
M×T	۲	۴۷۰۸۱۱۶	۸۹۳۵۴۹	۱۸۵۴۵۸۴	۴۲۴۴
S×T	۲	۷۶۰۰۷۲۶	۷۷۹۱۵	۸۹۳۶۳۸۳	۱۰۵۳۳**
M×S×T	۴	۷۷۹۷۸۲	۱۱۸۱۹۹	۶۷۹۸۳۸	۲۸۱/۷۲
L×M	۲	۳۸۶۷۵۱۳۱**	۸۸۵۳۷۱	۴۲۵۳۷۲۸۶**	۲۴۹۸
L×S	۲	۶۴۶۳۷۲۸	۵۷۸۲۳۸	۵۲۸۷۶۱۵	۱۸۴۸۲**
L×T	۱	۶۵۵۰۴۰۱	۲۳۹۰۲۰	۹۲۹۱۹۶۲	۲۰۳/۸۵
L×M×S	۴	۳۶۶۱۹۳۴	۱۷۲۴۴۶۹	۵۹۵۰۵۱۶	۱۵۴۱
L×M×T	۲	۱۷۲۰۱۸	۱۸۱۰۰۶	۱۶۹۲۶۴	۱۶/۷۶
L×S×T	۲	۱۳۲۳۱۳۱۹*	۱۰۵۶۴۷۷	۲۰۷۹۶۶۳۶*	۲۲۳۹
L×M×S×T	۴	۴۵۲۱۱۱	۳۱۵۵۲۰	۱۱۱۲۱۸	۲۹۲/۸۲
خطای دوم	۶۸	۳۲۶۶۴۹۴	۱۳۳۳۵۷۶	۵۶۰۲۸۱۴	۱۶۱۵

جدول ۲۸-۴. نتایج تجزیه داده‌های ماده خشک، تراکم و شاخص‌های علف هرز در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح نسبت کاشت، گوگرد، تیوباسیلوس و مکان

میانگین مربعات										درجه آزادی	منابع تغییر
غناي مارگالف	غناي منهينيك	غناي گونه‌اي	شاخص يک‌نواختي	غالبيت سيمپسون	تنوع بريلوئين	تنوع سيمپسون	تنوع شانون وينر	تراکم	وزن خشک علف هرز		
۰/۰۱۶	۰/۰۰۵	۰/۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۱۹/۳۴	۹۳۱/۶۱	۱	مکان (L)
۱/۵۹	۰/۵۹	۱۹/۶۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۱	۰/۰۰۳	۰/۱۷۳	۲۳/۴۹	۴۷۸۰	۴	خطای اول
۰/۷۲*	۰/۵۱**	۳۹/۳۵**	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۵**	۰/۷**	۰/۰۰۶**	۰/۳۳**	۱۳۰۲/۰۲**	۹۵۴۳۹**	۴	مخلوط (M)
۰/۴۵	۰/۲۸	۲/۹۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۶	۲/۴۲	۱۳۳۲/۱۷	۲	گوگرد (S)
۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۱۹/۳۴	۳۳۹۴/۷۵*	۱	تیوباسیلوس (T)
۰/۲۹	۰/۱۴	۱۲/۶۷**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲*	۰/۲**	۰/۰۰۲*	۰/۱۱۳**	۳۸۶/۵**	۳۰۶۱۳**	۸	M×S
۰/۰۷	۰/۰۴	۱/۵۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۲۳	۴۱/۵۲**	۳۷۰۳/۲۹**	۴	M×T
۰/۳۷	۰/۱۵	۳/۷۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۸/۲۹	۴۷/۲۲	۲	S×T
۰/۲	۰/۱۱	۱/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۳	۸/۴۵	۷۲۱/۸۳	۸	M×S×T
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۶	۲۲/۸۵	۴۶۸/۲۸	۴	L×M
۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۴۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱	۱۲/۶۹	۲۶۴۷/۳۴	۲	L×S
۰/۱۸	۰/۰۸	۱/۴۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۲۰/۳۴	۱	L×T
۰/۴۲	۰/۲۳	۲/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳	۱۲/۳۹	۱۳۴۹	۸	L×M×S
۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۷۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱	۵/۴۶	۱۴۲/۴	۴	L×M×T
۰/۱۶	۰/۰۶	۱/۷۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲	۵/۷۶	۵۳۵/۹۳	۲	L×S×T
۰/۲۷	۰/۱۱	۲/۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۱/۹۹	۸۶/۰۱	۸	L×M×S×T
۰/۳۲	۰/۱۵	۳/۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۱۰/۲۷	۶۷۸/۶۶	۱۱۶	خطای دوم

جدول ۲۹-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر کاهش نسبی عملکرد کتجد (AYL)

مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	AYL کتجد
کرج	S ₀	T ₀	۰/۶۳ ^{de}
		T ₁	۰/۵۹ ^e
	S ₁	T ₀	۰/۶۷ ^{de}
		T ₁	۰/۶۶ ^{de}
	S ₂	T ₀	۰/۶ ^e
		T ₁	۰/۶۹ ^d
شهریار	S ₀	T ₀	۰/۸۱ ^{abc}
		T ₁	۰/۸۷ ^{bc}
	S ₁	T ₀	۰/۹ ^a
		T ₁	۰/۷۸ ^c
	S ₂	T ₀	۰/۹۳ ^a
		T ₁	۰/۸۸ ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

جدول ۳۰-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر کاهش نسبی عملکرد کل (AYL)

مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	AYL کل
کرج	S ₀	T ₀	۱/۷۵ ^{fg}
		T ₁	۱/۷ ^g
	S ₁	T ₀	۱/۸ ^{defg}
		T ₁	۱/۸ ^{defg}
	S ₂	T ₀	۱/۷۵ ^{fg}
		T ₁	۱/۸۴ ^{def}
شهریار	S ₀	T ₀	۱/۹ ^{bcd}
		T ₁	۱/۹۷ ^{abc}
	S ₁	T ₀	۲/۰۱ ^{ab}
		T ₁	۱/۸۷ ^{cde}
	S ₂	T ₀	۲/۰۳ ^a
		T ₁	۱/۹۷ ^{abc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

جدول ۳۱-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر مجموع عملکرد نسبی (RYT)

مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	مجموع عملکرد نسبی RYT
کرج	S ₀	T ₀	۰/۸۳ ^{de}
		T ₁	۰/۸۲ ^e

•/۸۴ ^{cd}	T ₀	S ₁	شهریار
•/۸۵ ^{bc}	T ₁		
•/۸۳ ^{de}	T ₀	S ₂	
•/۸۶ ^{bc}	T ₁		
•/۸۵ ^{bc}	T ₀	S ₀	
•/۸۷ ^{ab}	T ₁		
•/۸۸ ^a	T ₀	S ₁	
•/۸۶ ^{bc}	T ₁		
•/۸۹ ^a	T ₀	S ₂	
•/۸۸ ^a	T ₁		

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.
جدول ۳۲-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر شدت مطلق رقابت کنجد (ACI)

مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	ACI کنجد
کرج	S ₀	T ₀	۱۷۱/۰۶ ^b
		T ₁	۱۸۹/۱۹ ^b
	S ₁	T ₀	۱۷۰/۰۸ ^b
		T ₁	۱۸۴/۴۳ ^b
	S ₂	T ₀	۲۳۳/۷۹ ^a
		T ₁	۱۸۵/۰۸ ^b
شهریار	S ₀	T ₀	۱۱۶/۶۳ ^{cd}
		T ₁	۹۰/۵۲ ^{de}
	S ₁	T ₀	۸۲/۰۹ ^e
		T ₁	۱۲۶/۵۱ ^c
	S ₂	T ₀	۶۸/۷۷ ^e
		T ₁	۸۷/۵۱ ^{de}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.
جدول ۳۳-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر شدت رقابت نسبی کنجد (RCI)

مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	RCI کنجد
کرج	S ₀	T ₀	۲۳/۴۹ ^a
		T ₁	۲۴/۵۵ ^a
	S ₁	T ₀	۲۰/۸ ^{ab}
		T ₁	۲۱/۱۳ ^{ab}
	S ₂	T ₀	۲۳/۹۵ ^a
		T ₁	۱۹/۰۹ ^{bc}
شهریار	S ₀	T ₀	۱۶/۴۹ ^{dc}

۱۳/۴۶ ^{de}	T ₁	S ₁
۱۱/۴۲ ^{ef}	T ₀	
۱۵/۷۸ ^{dc}	T ₁	S ₂
۸/۲۸ ^f	T ₀	
۱۰/۱۶ ^{ef}	T ₁	

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

جدول ۳۴-۴. مقایسه میانگین برهمکنش مکان × گوگرد × تیوباسیلوس بر سودمندی نسبی (IA)

مکان	گوگرد	تیوباسیلوس	IA کنجد	IA کل
کرج	S ₀	T ₀	۱۲۵۲۱ ^{de}	۳۱۰۹۶ ^{ef}
		T ₁	۱۱۸۴۵ ^e	۳۰۱۸۰ ^f
	S ₁	T ₀	۱۳۴۴۹ ^{de}	۳۲۰۵۹ ^{def}
		T ₁	۱۳۱۴۹ ^{de}	۳۲۰۰۵ ^{def}
	S ₂	T ₀	۱۲۰۴۴ ^e	۳۰۸۹۹ ^{ef}
		T ₁	۱۳۸۲۸ ^d	۳۲۷۹۴ ^{de}
شهریار	S ₀	T ₀	۱۶۲۳۶ ^{bc}	۳۴۱۲۰ ^{bcd}
		T ₁	۱۷۳۳۶ ^{abc}	۳۵۵۳۵ ^{abc}
	S ₁	T ₀	۱۷۹۴۲ ^a	۳۶۳۳۵ ^{ab}
		T ₁	۱۵۶۸۵ ^c	۳۳۵۳۳ ^{dc}
	S ₂	T ₀	۱۸۶۱۴ ^a	۳۶۷۱۷ ^a
		T ₁	۱۷۶۲۵ ^{ab}	۳۵۵۱۰ ^{abc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

جدول ۳۵-۴. ترکیب علف‌های هرز شناسایی شده در مزارع کشت مخلوط کنجد و ماش

ترکیب علف‌های هرز							
مکان			کرج		شهریار		
نام فارسی	نام علمی	خانواده	نحوه رویش	دوره زندگی	مسیر فتوسنتز	فراوانی	فراوانی
تاج خروس	<i>L. Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	پهن برگ	یک ساله	C4	۱۶۰	۱۲۱
سلمه تره	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	پهن برگ	یک ساله	C3	۲۷۶	۲۳۳
خاکشیر	<i>Sisymbrium orientale</i> L.	Brassicaceae	پهن برگ	یک ساله	C3	۸۳	۲۶۱
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	پهن برگ	چند ساله	C3	۱۷۹	۱۴۲
تاج‌ریزی	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	پهن برگ	یک ساله	C3	۱۹	۱۰
خرفه	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Portulacaceae	پهن برگ	یک ساله	C4	۱۱۰	۱۹۴
قیاق	<i>Sorghum halepense</i> L.	Poaceae	باریک برگ	چند ساله	C4	۵۱	۲۲
کنگر صحرایی	<i>Cirsium arvense</i> L.	Asteraceae	پهن برگ	چند ساله	C3	۱۹	۲۹
گوش خرگوش	<i>L. Conringi orientali</i>	Brassicaceae	پهن برگ	یک ساله	C3	۵۵	۷۶

۱۲۹	۳۹	C3	دو ساله	پهن برگ	Asteraceae	<i>Lactuca serriola</i> L.	گاو چاق کن
۱۵	۲۴	C3	یک ساله	پهن برگ	Asteraceae	<i>Centaurea depressa</i> L.	گل گندم
۱۰	۴۴	C3	یک ساله	باریک برگ	Poaceae	<i>Lolium rigidum</i> L.	چچم
۱۴	۲۴	C3	یک ساله	پهن برگ	Brassicaceae	<i>Capsella bursa Pastoris</i> L.	کیسه کشیش
۴۱	۲۸	C3	چند ساله	پهن برگ	Brassicaceae	<i>Cardaria draba</i> L.	ازمک
۷۱	۱۶۱	C3	یک ساله	باریک برگ	Poaceae	<i>Alopecurus myosuroides</i> L.	دم روباهی
۹	۱۵	C3	یک ساله	پهن برگ	Ranunculaceae	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	آلاله
۵۲	۶۴	C3	یک ساله	پهن برگ	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	هفت بند
۰	۲۵	C4	یک ساله	باریک برگ	Poaceae	<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	سوروف
۳	۱۶	C3	یک ساله	پهن برگ	Solanaceae	<i>Physalis alkekengi</i> L.	عروسک پشت پرده
۲۶۴	۲۹۳	C3	یک ساله	باریک برگ	Poaceae	<i>Hordeum murinum</i> L.	جو موشی
۲۳	۲۹	C3	یک ساله	پهن برگ	Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i> L.	شلمی
۲۵	۳۸	C3	یک ساله	پهن برگ	Apiaceae	<i>Scand. pencten-veneris</i> L.	سوزن چوپان
۲۵	۲۱	C3	یک ساله	پهن برگ	Brassicaceae	<i>L. Sinapis arvensis</i>	خردل وحشی
۵۸	۲۶	C3	یک ساله	پهن برگ	Asteraceae	<i>Senecio vernalis</i> L.	زلف پیر
۸	۱۵	C3	یک ساله	پهن برگ	Euphobiaceae	<i>Euphobia helioscopia</i> L.	فرفیون
۲۱	۱۲	C3	یک ساله	پهن برگ	Solanaceae	<i>L. Datura stramonium</i>	تاتوره
۹	۵۹	C4	چند ساله	باریک برگ	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> L.	پنجه مرغی
۰	۳۸	C3	یک ساله	پهن برگ	Orobanchae	<i>Orobanche purpurea</i> L.	گل جالیز

مراجع

- احسانی پور، ع، عباس دخت، ح. قلی پور، م و ابدالی مشهدی، ع، (۱۳۹۸). "ارزیابی بهره‌وری آب، برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم." **به زراعی کشاورزی** شماره ۲۱، دوره ۳، صص ۲۴۶-۲۳۳.
- احمدوند، گ و حاجی‌نیا، س، (۱۳۹۳). "بررسی جنبه‌های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.)." **بوم‌شناسی کشاورزی**، شماره ۷، دوره ۴، صص ۴۹۸-۴۸۵.
- احمدوند، گ و حاجی‌نیا، س، (۱۳۹۵). "تاثیر تنش کم‌آبی و الگوهای کشت مخلوط جایگزینی سویا با ارزن معمولی بر جمعیت و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز." **پژوهش علف‌های هرز**، شماره ۸، دوره ۲، صص ۶۷-۵۳.
- احمدوند، گ و حاجی‌نیا، س، (۱۳۹۷). "تاثیر کشت مخلوط بر کارایی مصرف آب، عملکرد کمی و کیفی ارزن و سویا در رژیم‌های مختلف آبیاری." **علوم گیاهان زراعی ایران**، شماره ۴۹، دوره ۴، صص ۱۱۳-۹۷.
- احمدی، م. شاهسونی، ش. عباس دخت، ح. اصغری، ح. ر و قرنچیک، ش، (۱۳۹۶). "بررسی تاثیر ورمی کمپوست، گل گوگرد و تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در منطقه دشت بخش جوبین." **بوم‌شناسی کشاورزی**، شماره ۹، دوره ۴، صص ۱۰۴۹-۱۰۳۱.
- اسدی، ق. قربانی، ر و عزیزی، ا، (۱۳۹۳). "اثر سطوح مختلف کود دامی بر ترکیب و تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)." **حفاظت گیاهان**، شماره ۲۸، دوره ۳، صص ۳۳۷-۳۲۵.
- اسفندیاری اخلاص، ا. حمزه‌ئی، ج و نائل، م، (۱۳۹۸). "اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی لگوم بر عملکرد کدو تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* Var. *styriaca*) در کشت مخلوط افزایشی با لوبیا سبز." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۹، دوره ۲، صص ۱۷-۱.
- اوسطی، ف. میرحمودی، ت. پاسبان اسلام، ب. یزدان‌ستا س و منیری‌فر، ح، (۱۳۹۸). "اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی کودهای شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه در کرچک (*Ricinus communis* L.)." **تنش‌های محیطی در علوم زراعی**، شماره ۱۲، دوره ۳، صص ۷۶۲-۷۴۷.

آبادیان، ه. پردشتی، ه.ا. یارنیا، م. عباسی، ر و فرح‌وش، ف، (۱۳۹۴). "تاثیر الگوی کاشت مخلوط و کود نیتروژن بر عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در شرایط رقابتی با علف هرز." **مجله تولید گیاهان زراعی**. شماره ۸، دوره ۳، صص ۱۸-۱.

بابایی، پ. گلچین، ا. بشارتی، ح و افضلی، م، (۱۳۹۱). "تاثیر کود میکروبی گوگردی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه." **پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)**، شماره ۲۶، دوره ۲، صص ۱۴۵-۱۵۱.

باقری شیروان، م. زعفریان، ف. اکبرپور و و اسدی، ق، (۱۳۹۱). "ارزیابی سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی کشت مخلوط سویا با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)." **کشاورزی بوم‌شناختی**، شماره ۲، دوره ۲، صص ۵۷-۴۲.

بشارتی، ح. خسروی، ه. خاوازی، ک. ضیائی، ع. میرزاشاهی، ک. قادری، ج. ذبیحی، ح. مستشاری، م. صباح، آ و رشیدی، ن، (۱۳۹۶). "بررسی تاثیر اکسیداسیون زیستی گوگرد بر خصوصیات خاک و فراهمی عناصر در برخی از خاک‌های ایران." **پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)**، شماره ۳۱، دوره ۳، صص ۴۰۳-۳۹۳.

بشارتی، ح. خسروی، ه. مستشاری، م. میرزاشاهی، ک. قادری، ج و ذبیحی، ح، (۱۳۹۵). "بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت (*Zea mays* L.) در برخی مناطق ایران." **تحقیقات کاربردی خاک**، شماره ۴، دوره ۱، صص ۱۱۳-۱۰۳.

بشارتی، ح و مطلبی‌فرد، ر، (۱۳۹۴). "ارزیابی تاثیر کاربرد گوگرد و باکتری‌های تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد کلزا در تناوب گندم-کلزا در دو سال متوالی." **آب و خاک**، شماره ۲۹، دوره ۶، صص ۱۶۹۸-۱۶۸۸.

بهاری، ا. آینه‌بند، ا و فاتح، ا، (۱۳۹۳). "مطالعه توان رقابتی گیاهان آمارانت (*Amaranthus* Spp.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در کشت مخلوط و روش‌های مدیریتی بقایای گیاهی." **بوم‌شناسی کشاورزی**، شماره ۶، دوره ۱، صص ۴۱-۳۱.

پورامیر، پ. نصیری محلاتی، م. کوچکی، ع و قربانی، ر. (۱۳۸۹). "بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد و نخود در کشت مخلوط سری‌های افزایشی." **پژوهش‌های زراعی ایران**، شماره ۸، دوره ۳، صص ۴۰۲-۳۹۳.

پیردشتی، ه.ا. اکبرپور، و. سراج‌پور، غ. یعقوبی خانقاهی، م و شریعت‌نژاد، س، (۱۳۹۲). "بررسی عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) در ترکیب های مختلف کشت مخلوط از طریق شاخص های رقابتی." **بوم شناسی کشاورزی**، شماره ۵، دوره ۳، صص ۲۵۴-۲۴۳.

پیری، ع. زنده‌دل، ب و توسلی، ا، (۱۳۹۶). "مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.)." **بوم شناسی کشاورزی**، شماره ۹، دوره ۳، صص ۷۲۱-۷۰۹.

جشنی، ر. فاتح، ا و آینه‌بند، ا، (۱۳۹۳). "ارزیابی اثرات کاربرد کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی کلزا (*Brassica napus* L.)." **مجله پژوهش‌های تولید گیاهی**، شماره ۲۱، دوره ۴، صص ۲۱۰-۲۰۱.

جشنی، ر. فاتح، ا و آینه‌بند، ا، (۱۳۹۶). "تاثیر کودهای زیستی تیوباسیلوس و نیتروکارا و محلول‌پاشی عناصر روی و آهن بر برخی صفات کیفی و انتقال مجدد مواد در کلزا." **تولیدات گیاهی**. شماره ۴۰، دوره ۱، صص ۱۴-۱.

جعفری، ع و عسکری، ی، (۱۳۹۵). "مقایسه شاخص‌های مختلف تنوع‌زیستی در طرح‌های مختلف نمونه‌برداری (مطالعه موردی: ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق استان چهارمحال و بختیاری)." **پژوهش‌های محیط زیست**. شماره ۱۴، دوره ۷، صص ۱۴۴-۱۳۵.

جلالی، م. اسلامی، س.و. محمودی، س و آئین، ا، (۱۳۹۹). "اثر کنترل علف‌های هرز بر رشد و عملکرد محصول در کشت مخلوط افزایشی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)." **پژوهش‌های زراعی ایران**، شماره ۱۸، دوره ۴، صص ۴۶۴-۴۵۱.

جوانمرد، ع. دباغ محمدی‌نسب، ع. جوانشیر، ع. مقدم، م و جان‌محمدی، ح، (۱۳۸۹). "اثرات کشت مخلوط ذرت-لگوم بر برخی صفات کمی و کیفی علوفه ذرت." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**. شماره ۲۲، دوره ۳، صص ۱۵۱-۱۳۷.

حاجی‌نیا، س و احمدوند، گ، (۱۳۹۴). "تاثیر گیاه پوششی بر شاخص‌های تنوع زیستی علف‌های هرز و عملکرد غده سیب زمینی در سیستم‌های مختلف خاک ورزی. ششمین همایش علوم علف های هرز ایران، بیرجند.

حاجی‌نیا، س و احمدوند، گ، (۱۳۹۶). "بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ارزن معمولی و سویا تحت تنش کمبود آب." *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی* شماره (۴۴) ۱۱، دوره ۴، صص ۷۴۲-۷۲۱.

حجازی‌راد، پ. غلامی، ا. پردشتی، ه. ا. و عباسیان، ا، (۱۳۹۶). "ارزیابی اثر تلقیح باکتری تیوباسیلوس و همزیستی میکوریزایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیر (*Allium sativum* L.) در سطوح مختلف گوگرد." *بوم‌شناسی کشاورزی*، شماره ۹، دوره ۱، صص ۸۷-۷۶.

حداد همدانی، م. احمدوند، گ و حاجی‌نیا، س، (۱۳۹۴). بررسی تاثیر کشت مخلوط افزایشی لوبیا بر عملکرد و تنوع زیستی علف‌های هرز ذرت در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز. ششمین همایش علوم علف‌های هرز ایران، بیرجند.

حسن‌نژاد، س و پورحیدرغفاری، س، (۱۳۹۵). "شناسائی و مطالعه شاخص‌های جمعیتی علف‌های هرز (مطالعه موردی: باغ گیاه‌شناسی دانشگاه تبریز)." *دانش علف‌های هرز ایران*، شماره ۱۲، دوره ۲، صص ۱۸۳-۱۷۱.

حسنوند، م. حسینی، س.م.ب و جهانسوز، م، (۱۳۹۸). "اثر نسبت‌های جایگزینی کشت مخلوط ذرت: سورگوم بر عملکرد و اجزای عملکرد." *علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۵۰، دوره ۳، صص ۱۲۱-۱۰۹.

حقانیان، ث. یدوی، ع. بلوچی، ح و مرادی، ع، (۱۳۹۵). "عملکرد دانه، روغن و کارایی استفاده از نیتروژن در ارقام مختلف کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تاثیر کود نیتروژن و رقابت علف‌های هرز." *دانش کشاورزی و تولید پایدار*. شماره ۲۶، دوره ۱، صص ۸۱-۶۷.

مهدی‌پور، پ. عباسی، ر و عباسیان، ا، (۱۳۹۶). "برهمکنش تراکم و مدیریت گیاه پوششی ماش (*Vigna radiata* L.) بر عملکرد دانه و کنترل علف‌های هرز کنجد (*Sesamum indicum* L.)." *فصلنامه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، شماره ۲۷، دوره ۲، صص ۴۸-۳۷.

حیدرزاده، ع. آقاعلیخانی، م و مدرس ثانوی س.ع.م، (۱۳۹۸). "تاثیر ورمی‌کمپوست و اوره بر عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط ذرت شیرین (*Zea mays* L. Var *saccharata*) و بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.)." *علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۵۰، دوره ۲، صص ۴۵-۳۵.

خرم‌دل، س. رضوانی مقدم، پ. عزیزی، ه. شباهنگ، ج و سیدی، م، (۱۳۹۷). "ارزیابی نقش مدیریت تلفیقی کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک بر عملکرد گیاه دارویی ختمی (*Althea officinalis* L.). " **بوم شناسی کشاورزی**، شماره ۱۰، دوره ۳، صص ۶۲۰-۶۰۳.

خرم‌دل، س. محمودی، ق. عبداللهی، ف و حسن‌زاده، ح، (۱۳۹۳). "ارزیابی شاخص‌های رشد و تنوع علف‌های هرز در سری‌های جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). " **پژوهش در اکوسیستم‌های زراعی**، شماره ۳، دوره ۱، صص ۷۰-۵۹.

خوشرو، ب. ساریخانی، م و علی اصغرزاد، ن، (۱۳۹۶). "بررسی کاربرد و عدم کاربرد گوگرد در فرمولاسیون کود میکروبی فسفات‌ه سودوموناس فلورسنس در ذرت (*Zea mays* L.). " **دانش کشاورزی و تولید پایدار**. شماره ۲۷، دوره ۳، صص ۱۱۹-۱۳۶.

داودیان، ر و حمزه‌ئی، ج، (۱۳۹۸). "بررسی سودمندی و کیفیت محصول تولیدی در کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تاثیر نیتروژن. " **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۹، دوره ۴، صص ۱۹-۳۶.

دباغیان، ز. پیردشتی، ه.ا. عباسیان، ا و بهاری ساروی، س.ح، (۱۳۹۴). "تاثیر کودهای زیستی تیوباسیلوس، ازتوباکتر، آزوسپیریوم و گوگرد آلی بر گره‌زایی و عملکرد سویا (*Glycine max* L.). " **پژوهش‌های کاربردی زراعی**، شماره ۱۰۷، دوره ۲۸، صص ۱۷-۲۵.

دستورانی، س. شاهسونی، ش و قرنجیک، ش، (۱۳۹۷). "تاثیر باکتری‌های مزورایزوبیوم، تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) و برخی پارامترهای خاک. " **پژوهش‌های حبوبات ایران**، شماره ۹، دوره ۲، صص ۸۱-۹۹.

دورودیان، ح. بشارتی کلایه، ح. فلاح نصرت‌آباد، ع. حیدری شریف‌آبادی، ح. درویش، ف و الهوردی، ع، (۱۳۸۹). "بررسی امکان تغییر فسفر قابل جذب خاک‌های آهکی و اثر آن بر عملکرد ذرت. " **بوم شناسی گیاهان زراعی (دانش نوین کشاورزی)**، شماره ۱۸، دوره ۶، صص ۲۷-۳۵.

راستگو، س. آینه‌بند ا و فاتح، ا، (۱۳۹۲). مطالعه‌ی خصوصیات جوامع علف‌های هرز در نظام مخلوط کنگد و ماش به کمک شاخص‌های تنوع. دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم، اردبیل.

راستگو، س. آینه‌بند، ا و فاتح، ا، (۱۳۹۳). "ارزیابی توان رقابتی کنگد (*Sesamum indicum* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در دو بوم نظام تک کشتی و کشت مخلوط." **بوم شناسی کشاورزی**، شماره ۷، دوره ۳، صص ۳۵۶-۳۶۷.

راعی، ی. صیادی احمدآباد، م. قاسمی گلعدانی ک و قاسمی، س، (۱۳۹۹). "اثر کودهای شیمیایی نیتروژنی و زیستی بر کشت مخلوط لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و خردل سیاه (*Brassica nigra* L.)." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**. شماره ۳۰، دوره ۳، صص ۲۱-۴۰.

رامش جان، ی. کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م و خرم دل، س، (۱۳۹۹). "اثر کشت مخلوط سه تیپ رشدی لوبیا در سری‌های جایگزینی بر شاخص‌های رشدی آن‌ها." **پژوهش‌های زراعی ایران**. شماره ۱۸، دوره ۴، صص ۳۸۵-۳۹۹.

رحیمی، ب، (۱۳۹۱). "بررسی اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا." **پژوهش‌های زراعی ایران**، شماره ۱۰، دوره ۴، صص ۷۸۱-۷۸۸.

رضائی چپانه، ا، (۱۳۹۵). "کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۶، دوره ۱، صص ۳۹-۵۶.

رضائی چپانه، ا. پیرزاد، ع و فرجامی، ا، (۱۳۹۳). "اثر باکتری‌های تامین کننده نیتروژن، فسفر و گوگرد بر عملکرد دانه و اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۴، دوره ۴، صص ۷۱-۸۳.

رضائی چپانه، ا. تاج بخش، م. جمالی، م و قیاسی، م، (۱۳۹۵). "بررسی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در الگوهای مختلف کشت مخلوط شوید (*Anethum graveolens* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)." **دوفصل‌نامه فناوری تولیدات گیاهی**، شماره ۸، دوره ۱، صص ۱۵-۲۷.

رضائی چپانه، ا و قلی‌نژاد، ا. (۱۳۹۳). "مطالعه خصوصیات زراعی و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط افزایشی نخود و سیاه دانه." **بوم شناسی کشاورزی**، شماره ۷، دوره ۳، صص ۳۸۱-۳۹۶.

رضوانی مقدم، پ. اسدی، ق و بیچرانلو، ب، (۱۳۹۹). "ارزیابی کارایی مصرف نور ذرت (*Zea mays* L.) و کدوی پوست‌کاغذی (*Cucurbita pepo* Var. *styriaca*) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط." **پژوهش‌های زراعی ایران**، شماره ۱۸، دوره ۲، صص ۱۶۷-۱۸۰.

رضوانی مقدم، پ و سیدی، س.م، (۱۳۹۳). "اثر مصرف کودهای آلی و زیستی بر عملکرد، میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.)." **مجله علوم زراعی ایران**، شماره ۱۶، دوره ۳، صص ۲۰۹-۲۲۱.

رضوانی مقدم، پ و سیدی، س.م، (۱۳۹۴). "تاثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد پروتئین خام، روغن و اسیدهای چرب سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)." **علوم باغبانی**، شماره ۲۹، دوره ۱، صص ۱۱۹-۱۲۶.

رضوانی مقدم، پ و مرادی، ر.ا، (۱۳۹۱). "بررسی تاریخ کاشت، کود بیولوژیک و کشت مخلوط بر عملکرد و کمیت اسانس زیره سبز و شنبلیله." **علوم گیاهان زراعی ایران**، شماره ۴۳، دوره ۲، صص ۲۱۷-۲۳۰.

روحی سالاران، ع. شفق، ج. دباغ محمدی‌نسب، ع و سعیدی، م.ر، (۱۳۹۸). "تاثیر کود زیستی و مالچ بر رشد، عملکرد و اسید چرب امگا-۳ خرفه (*Portulaca oleracea* L.) در کشت مخلوط با بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fischer & Amp; C.A. Meyer)." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۹، دوره ۱، صص ۲۸۳-۲۶۷.

روحی سالاران، ع. شفق کلوانق، ج. دباغ محمدی‌نسب، ع و سعیدی، م.ر، (۱۳۹۸). "عملکرد و اسیدهای چرب بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fischer & Amp; C.A. Meyer) در کشت مخلوط با خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تحت تاثیر مالچ و کود زیستی." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۹، دوره ۱، صص ۵۹-۶۶.

زینالی، ع. صادقی بختوری، ا.ر و سرابی، و، (۱۳۹۷). "بررسی تاثیر سطوح کودی نیتروژن و گوگرد بر ویژگی‌های کمی و کیفی دانه کرچک (*Ricinus communis* L.)." **علوم گیاهان زراعی ایران**، شماره ۴۹، دوره ۱، صص ۴۳-۲۹.

سرلک، ش و آقاعلیخانی، م، (۱۳۸۸). "اثر تراکم بوته و نسبت اختلاط بر عملکرد کشت مخلوط ذرت شیرین (*Zea mays* L. Var *saccharata*) و ماش سبز (*Vigna radiata* L.)." **مجله علوم زراعی ایران**، شماره

(۴۴) ۱۱، دوره ۴، صص ۳۸۰-۳۶۷.

سعیدی، م. راعی، ی. امینی، ر.ا. پاسبان اسلام، ب و روحی سارالان، ع، (۱۳۹۷). "تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن دار و فسفردار بر رشد، عملکرد و درصد اسیدهای چرب گلرنگ در کشت مخلوط با باقلا." به **زراعی کشاورزی**، شماره ۲۰، دوره ۴، صص ۷۸۴-۷۶۹.

سعیدی، م. راعی، ی. امینی، ر.ا. تقی زاده، ا و پاسبان اسلام، ب. (۱۳۹۷). "ارزیابی عملکرد و پروتئین گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت مخلوط با باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۸، دوره ۴، صص ۲۶۰-۲۴۸.

سعیدی نژاد، م. بهدانی، م.ع. سیاری زهان، م.ح و محمودی، س، (۱۳۹۸). "تاثیر مصرف گوگرد و کود دامی بر ویژگی های کمی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.)." **بوم شناسی کشاورزی**، شماره ۱۱، دوره ۳، صص ۸۵۷-۸۴۵.

سید نوری، س.ا. مصطفوی راد، م و انصاری، م، (۱۳۹۵). "ارزیابی عملکرد دانه، نسبت برابری زمین و ترکیب اسیدهای چرب روغن بادام زمینی در کشت مخلوط با ذرت تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن." **به زراعی کشاورزی**، شماره ۱۸، دوره ۴، صص ۸۲۰-۸۰۵.

سیدی، م و حمزهئی، ج، (۱۳۹۶). "تاثیر خاک ورزی حفاظتی و مرسوم بر تنوع زیستی علف های هرز و کارایی مصرف آب و نیتروژن در تک کشتی و کشت مخلوط افزایشی سویا با آفتابگردان." **کشاورزی بوم شناختی**، شماره ۷، دوره ۲، صص ۱۳۳-۱۲۰.

سیدی، م و حمزهئی، ج، (۱۳۹۹). "اثر خاک ورزی حفاظتی و کشت مخلوط با لوبیا و سویا بر رقابت علف های هرز، پتانسیل تولید و کارایی مصرف آب و نیتروژن آفتابگردان." **دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۳۰، دوره ۱، صص ۱۷-۱.

شاگری، ا. امینی دهقی، م. طباطبایی، س.ع و مدرس ثانوی، س.م، (۱۳۹۱). "تاثیر کود نیتروژن و کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بر عملکرد دانه و اسیدهای چرب ارقام کنجد در شرایط یزد." **پژوهش های زراعی ایران**، شماره ۱۰، دوره ۴، صص ۷۴۵-۷۴۲.

شاهسونی، ش. سوری عبدالله زاده، خ. عباس دخت، ح. عباس پور، ع و رحیمی، م، (۱۳۹۶). "مطالعه برهمکنش

گوگرد و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه و برخی پارامترهای خاک. "مجله تولید گیاهان زراعی، شماره ۱۰، دوره ۴، صص ۳۸-۱۵.

شرفی، س. (۱۳۹۹). "اثرات سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) با یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) در رقابت با علف‌های هرز." دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۳۰، دوره ۳، صص ۶۰-۴۱.

شعبانی، ق. خوش‌خو، ش. خرمی وفا، م. جعفرزاده، م. و اکبرآبادی، ع. (۱۳۹۴). "بررسی تاثیر کاربرد گوگرد و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.). " پژوهش‌های کاربردی زراعی، شماره ۲۸، دوره ۴، صص ۴۲-۳۵.

صدرآبادی حقیقی، ر. (۱۳۹۱). "بررسی اثر سطوح مختلف گوگرد بنتونیت بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا." پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۱۰، دوره ۴، صص ۷۸۸-۷۸۱.

صدری، س. پوریوسف، م. و سلیمانی، ع. (۱۳۹۳). "ارزیابی عملکرد، اسانس و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله." به زراعی کشاورزی، شماره ۱۶، دوره ۴، صص ۹۳۲-۹۲۱.

صدیقی کامل، ج. حمزه‌ئی، ج. و صدرا، ط. (۱۴۰۰). "اثر کشت مخلوط لوبیا سبز با سیب زمینی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و کل خروجی زمین در سطوح مختلف نیتروژن." دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۳۱، دوره ۱، صص ۶۹-۴۹.

صف آراء، ن. مرادی تلاوت، م.ر. سیادت، س.ع. کوچک‌زاده، ا. و موسوی، س.ه. (۱۳۹۵). "اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد، درصد روغن و نیتروژن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت پاییزه." پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۱۴، دوره ۳، صص ۴۴۸-۴۳۸.

صفاری، م. مددی‌زاده، م. و شریعتی‌نیا، ف. (۱۳۹۰). "بررسی آثار تغذیه‌ای عناصر نیتروژن، بور و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی دانه گلرنگ." علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۴۲، دوره ۱، صص ۱۴۱-۱۳۳.

صلاحی، ت. یدوی، ع. صالحی، ا. و بلوچی، ح. (۱۳۹۸). "اثر کود زیستی میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد

کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در کشت مخلوط." دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۲۹، دوره ۴، صص ۱۷-۱.

عباسیان، ا. نخزری مقدم، ع. پیردشتی، ا. ه. و غلامعلی پور علمداری، ا. (۱۳۹۵). "تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) بر شاخص‌های جمعیتی علف‌های هرز." دانش علف‌های هرز ایران، شماره ۱۲، دوره ۲، صص ۲۳۵-۲۲۲.

عباسیان، ا. نخزری مقدم، ع. پیردشتی، ا. ه. و غلامعلی پور علمداری، ا. (۱۳۹۷). "ارزیابی ویژگی‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی سیر (*Allium sativum* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) در دو منطقه گنبد کاووس و ساری." مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، شماره ۲۵، دوره ۱، صص ۱۱۷-۱۰۱.

عبدی، س. (۱۳۹۸). "ارزیابی عملکرد، درصد اسانس و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط ردیفی شنبلیله و مرزه." به زراعی کشاورزی، شماره ۲۱، دوره ۱، صص ۹۲-۷۵.

عزیزی، خ. دارائی مفرد، ع. نصیری، ب. و فیضیان، م. (۱۳۹۷). "برآورد اثر کشت مخلوط بر تولید علوفه و شاخص کارآئی ماشک (*Vicia narbonensis* L.) با جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تداخل علف‌های هرز." علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۴۹، دوره ۳، صص ۲۳-۱۳.

عزیزی، خ. دارائی مفرد، ع. نصیری، ب. و فیضیان، م. (۱۳۹۷). "تعیین شاخص سودمندی کشت خالص و مخلوط ماشک برگ درشت (*Vicia narbonensis* L.) با جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت تأثیر کمپوست." علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۴۹، دوره ۲، صص ۹-۱.

عزیزی، خ. دارائی مفرد، ع. نصیری، ب. و فیضیان، م. (۱۳۹۹). "بررسی شاخص‌های تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی لگوم - غله." علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۵۱، دوره ۱، صص ۶۲-۵۱.

نخزری مقدم، ع. سکینه؛ غ. علی راحمی، ک. و محمد صلاحی، ف. (۱۳۹۴). "اثر سطوح مختلف کود گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه آفتابگردان در منطقه گنبد." نشریه تولید گیاهان روغنی، شماره ۲، دوره ۲، صص ۳۴-۲۵.

علیزاده، خ. رضائی چپانه، ا. امیرنیا، ر. و برین، م. (۱۳۹۹). "کاربرد تلفیقی ریزو باکتری‌های محرک رشد و قارچ

میکوریزا بر عملکرد دانه، جذب عناصر غذایی پرمصرف و برخی از شاخص‌های بیولوژی خاک در کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.). "دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۳۰، دوره ۱، صص ۴۰-۱۹.

علیزاده مرادی، م و رمرودی، م، (۱۳۹۵). واکنش ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه دارویی چای ترش به تاریخ کاشت و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی در نظام جنگل زراعی. دومین کنفرانس بین المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، اردبیل.

غفاریان، م.ر. یدوی، ع. دباغ محمدی‌نسب، ع. صالحی، م و موحدی دهنوی، م، (۱۴۰۰). "سودمندی تولید علوفه در کشت مخلوط کوشیا (*Kochia scoparia*)، سسبانيا (*Sesbania aculeata*) و گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) تحت شوری آب." دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۳۱، دوره ۱، صص ۸۶-۷۱.

غلامی، ا. انصوری، ع. عباس‌دخت، ح و فلاح، ع، (۱۳۹۴). "تاثیر تلقیح دوگانه باکتری تیوباسیلوس (*Thiobacillus thiooxidans*) و قارچ میکوریزا (*Glomus* Spp.) بر تغذیه ذرت در سطوح مختلف گوگرد." آب و خاک، شماره ۲۹، دوره ۳، صص ۷۲۹-۷۱۸.

فلاح‌گر، س. بشارتی، ح. بابایی، پ و چراتی، ع، (۱۳۹۰). "تاثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بر عملکرد ماده خشک، میزان کلروفیل و جذب آهن و روی بخش هوایی در دو رقم سویا." اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، زنجان.

فلاحی، ح. طاهرپور کلانتری، ر. اسعدیان، ا. اقحوانی شجری، م و رمضانی، س.ح، (۱۳۹۷). "تاثیر انواع حاصل‌خیز کننده‌های خاک بر رشد و عملکرد دو گونه دارویی اسفرزه و سیاه دانه." علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۴۹، دوره ۳، صص ۱۱-۱.

قادری، ج. ملکوتی، م. خاوازی، ک و داوودی، م، (۱۳۹۶). "بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی گندم آبی (*Triticum aestivum* L.)." فیزیولوژی گیاهان زراعی، شماره ۳۳، دوره ۹، صص ۸۴-۶۹.

قاسمی، س و موسوی‌نیک، س.م، (۱۳۹۳). "اثر باکتری‌های محرک رشد، کود نیتروژن و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) در منطقه سیستان." بوم‌شناسی کشاورزی، شماره

۶، دوره ۲، صص ۲۷۵-۲۸۹.

قلمباز، س. آینه‌بند، ا و معزی، ع، (۱۳۹۲). "بررسی رابطه بین خصوصیات جمعیتی علف‌های هرز و کارایی استفاده از نیتروژن در گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود." **بوم‌شناسی کشاورزی**، شماره ۵، دوره ۴، صص ۴۸۲-۴۷۳.

کاکولوند، ر. فلاح، س.ا و عباسی سورکی، ع، (۱۳۹۶). "اثر رقابت گونه‌ای بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین، محتوای آب نسبی، و میزان اسانس گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش خشکی." **فرآیند و کارکرد گیاهی**، شماره ۱۹، دوره ۶۲، صص ۲۷۰-۲۵۵.

کوچکی، ع. سلوکی، ح.ا و کاربر ث. (۱۳۹۵). "مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش سبز (*Vigna radiata* L.) تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز." **پژوهش‌های حبوبات ایران**، شماره ۷، دوره ۲، صص ۴۴-۲۷.

متقیان، آ. پیردشتی، ه.ا. بهمنیار، م و متقیان، ب، (۱۳۹۵). "عکس‌العمل ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به نوع و مقدار کود آلی در کشت مخلوط با کنجد (*Sesamum indicum* L.)." **اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی**، شماره (۳۷) ۱۰، دوره ۱، صص ۱۸-۱.

مجیدیان، م. شجاع، ط و ربیعی، م، (۱۳۹۴). "تأثیر عناصر گوگرد، بُر، روی و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد کمی و کیفی دانه کلزا به عنوان کشت دوم در شالیزار." **تولیدات گیاهی**، شماره ۳۸، دوره ۲، صص ۵۰-۳۵.

محمدی آریا، م. لکزیان، ا. حق‌نیا، غ. بشارتی، ح و فتوت، ا، (۱۳۸۹). "تأثیر *Aspergillus* و *Thiobacillus* بر فراهمی فسفر از خاک فسفات غنی شده با گوگرد و ورمی کمپوست." **آب و خاک**، شماره ۲۴، دوره ۱، صص ۹-۱.

مریم، ر و سیف‌الله، ف، (۱۳۹۴). "بررسی ویژگی‌های کانوپی و عملکرد اسانس در کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه تحت تأثیر کودهای آلی و شیمیایی." **فصلنامه دانش کشاورزی و تولید پایدار**، شماره ۲۵، دوره ۴، صص ۲۳-۱.

مشهدی، ط. نخزری مقدم، ع و صبوری، ح، (۱۳۹۴). "ارزیابی شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط گندم

(*Triticum aestivum* L.) و نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت تاثیر نیتروژن. "بوم شناسی کشاورزی، شماره ۷، دوره ۳، صص ۳۳۴-۳۵۵.

مصطفوی، م. نصیری محلاتی، م و کوچکی، ع، (۱۳۹۷). "بررسی شاخص های رشد و مراحل فنولوژیک کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط استفاده از منابع تغذیه ای زیستی و شیمیایی. "پژوهش های زراعی ایران، شماره ۱، دوره ۱۶، صص ۱۵-۳۴.

مصطفی، ح و علیرضا، ر، (۱۳۹۰). "اثر تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). "مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، شماره ۱، دوره ۱، صص ۸۱-۹۰.

موسوی، ف. مرعشی، س. ک و بابایی نژاد، ت، (۱۳۹۸). "تاثیر کاربرد گوگرد و تیوباسیلیوس در بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.) در اراضی خوزستان. "دوفصلنامه ی علوم به زراعی گیاهی، شماره ۹، دوره ۲، صص ۹۷-۱۰۶.

موسوی، م. صادقی بختوری، ا. پاسبان اسلام، ب. سامع انداجدید، س و محمدی، ح، (۱۳۹۴). "اثرات محلول پاشی گوگرد، نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد کرچک در شرایط کمبود آب. "اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، شماره (۳۴) ۹، دوره ۲، صص ۳۲۳-۳۳۶.

موسوی نیک، م. (۱۳۹۱). "بررسی اثر سطوح مختلف کود گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) در شرایط تنش خشکی در منطقه بلوچستان. "بوم شناسی کشاورزی، شماره ۴، دوره ۲، صص ۱۷۰-۱۸۲.

مهدی پور، ح. عباسی، ر و عباسیان، ا، (۱۳۹۸). "اثر تراکم گیاه پوششی ماش (*Vigna radiata* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد و کنترل علف های هرز کنجد (*Sesamum indicum* L.). "دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۲۹، دوره ۲، صص ۲۵۵-۲۶۶.

مهرابی زاده، ز و احسان زاده، پ، (۱۳۹۰). "بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت رژیم های رطوبتی خاک. "به زراعی کشاورزی، شماره ۱۳، دوره ۲، صص ۷۵-۸۸.

نخزری مقدم، ع. صالحی شیخی، م. راحمی کاریزکی، ع و محمداسمعیلی، م، (۱۳۹۸). "بررسی عملکرد و پروتئین دانه ارقام نخودفرنگی، عملکرد کل و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط با اسفناج." به زراعی کشاورزی، شماره ۲۱، دوره ۴، صص ۴۳۵-۴۴۵.

نصیری محلاتی، م. فیضی، ح. امیرمادی، ش و مندنی، ف، (۱۳۸۹). "اثر کشت مخلوط نواری ذرت (Zea mays L.) و لوبیا (Phaseolus vulgaris L.) بر عملکرد ماده خشک و نسبت برابری زمین در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز." بوم شناسی کشاورزی، شماره ۲، دوره ۲، صص ۲۲۵-۲۳۵.

نصیری محلاتی، م. کوچکی، ع. مندنی، ف. امیرمادی، ش و فیضی، ح. (۱۳۹۴). "بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در کشت مخلوط نواری ذرت (Zea mays L.) و لوبیا (Phaseolus vulgaris L.)." پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۱۳، دوره ۱، صص ۲۳-۱۴.

نصیری، ی، (۱۳۹۹). "تأثیر ماشک گل خوشه‌ای (Vicia villosa roth) بر مهار علف‌های هرز و تولید محصول گشنیز (Coriandrum sativum L.) در کشت مخلوط." دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۳۰، دوره ۳، صص ۱۹-۱.

نظری، ش. زعفریان، ف. فرهمندفر، ا. زند، ا و باقری شیروان، م، (۱۳۹۱). "برهمکنش ذرت - علف‌های هرز به تاریخ‌های مختلف کاشت گیاهان پوششی." دانش علف‌های هرز ایران، شماره ۸، دوره ۲، صص ۶۳-۷۸.

نظری، م. عباسی سورکی، ع و فلاح، س.ا، (۱۳۹۷). "بررسی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی گندم و جو در سیستم کشت راهرویی در منطقه سامان." مجله تولید گیاهان زراعی، شماره ۱۱، دوره ۱، صص ۸۵-۹۹.

نظریان، ر. کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م و رضوانی مقدم، پ، (۱۳۹۸). "تأثیر کشت مخلوط جو (Hordeum vulgare L.) و شبدر ایرانی (Trifolium resupinatum L.) بر ویژگی‌های کمی علوفه." بوم شناسی کشاورزی، شماره ۱۱، دوره ۱، صص ۲۴۳-۲۳۱.

نوربخش، ف. بهدانی، م.ع. جامی الاحمدی، م و محمودی، س، (۱۳۹۳). "ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد باتیوباسیلوس بر عملکرد کیفی و خصوصیات مورفولوژیک گلرنگ (Carthamus tinctorius L.)." بوم شناسی کشاورزی، شماره ۶، دوره ۱، صص ۵۹-۵۱.

نوربخش، ف. کوچکی، ع و نصیری محلاتی، م، (۱۳۹۴). "بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های مختلف ارزیابی در کشت مخلوط درهم و ردیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)". پژوهش‌های حبوبات ایران، شماره ۶، دوره ۲، صص ۷۶-۷۳.

نیک نیایی، ا. اکبری، غ. چایی‌چی، م. رحیمیان‌مشهدی، ح. افضل‌زاده، ا و قربانی جاوید، م، (۱۳۹۶). "ارزیابی تاثیر کشت مخلوط افزایشی ذرت و سورگوم همراه با لگوم‌ها بر عملکرد، کیفیت علوفه و رشد علف‌های هرز". کشاورزی بوم‌شناختی، شماره ۷، دوره ۱، صص ۳۲-۱۷.

واعظی‌راد، س. ولدآبادی، س. پوریوسف، م. سیف‌زاده، س و ذاکرین، ح، (۱۳۹۹). "ارزیابی میزان افزایش عملکرد سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum Bicolor* L.) در کشت مخلوط با لگوم‌های علوفه‌ای و کنترل علف هرز". اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، شماره (۵۳) ۱۴، دوره ۱، صص ۱۱۸-۱۰۱.

هاشمی، س.ث. زعفریان، ف. فرهمندفر، ا و باقری شیروان، م، (۱۳۹۷). "اثر تاریخ کاشت و نوع گیاه پوششی در برهمکنش سویا (*Glycine max* L.) و علف‌های هرز". دانش کشاورزی و تولید پایدار، شماره ۲۸، دوره ۲، صص ۱۸۳-۱۶۷.

Abbasdokht H. Chaichi M.R. Asadi S. Nazari M. Manafi Noran M. and Khademi H.R. (2016). "Effects of Types of Nitrogenous Fertilizer (Biological, Chemical, Integrative) and Cropping Mixes on Some Forage-Medicine Characteristics in Additive Intercropping of Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)." **Arch. Agron. Soil Sci.**, 62,12, pp 1741-1752.

Abuelsoud W. Hirschmann F. and Papenbrock J. (2016). Sulfur Metabolism and Drought Stress Tolerance in Plants, 227-249. **Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1**. Springer.

Adesemoye A.O. and Kloepper J.W. (2009). "Plant-Microbes Interactions in Enhanced Fertilizer-Use Efficiency." **Appl. Microbiol.** 85,1, pp 1-12.

Agegnehu G. Ghizaw A. and Sinebo W. (2006). "Yield Performance and Land-Use Efficiency of Barley and Faba Bean Mixed Cropping in Ethiopian Highlands." **Eur J Agron.** 25,3, pp 202-207.

Ahmad A. and Abdin M. (2000). "Effect of Sulphur Application on Lipid, Rna and Fatty Acid Content in Developing Seeds of Rapeseed (*Brassica campestris* L.)." **Plant Sci.**, 150,1, pp 71-76.

Ahmad J. (2018). "Growth and Oil Yield of Sesame as Influenced by Sulphur and Nitrogen." **Agric. Res.**, 3,7, pp 1-4.

Akter F. Islam N. Shamsuddoha A. Bhuiyan M. and Shilpi S. (2013). "Effect of Phosphorus

and Sulphur on Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L.)." **Int. j. bio-resour. stress manag. (Online)**. **4,4**, pp 555-560.

Al-Barzinjy M. Stølen O. and Christiansen J.L. (2003). "Comparison of Growth, Pod Distribution and Canopy Structure of Old and New Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)." **Acta Agric Scand B Soil Plant Sci**. **53,3**, pp 138-146.

Aminifar j. Ramroudi M. Galavi M. and Mohsenabadi G.R. (2016). "Role of Soil Fertility Management on Productivity of Sesame and Cowpea under Different Cropping Systems." **Iran Agric Res.**, **35,1**, pp 55-62.

Amyanpoori S. Ovassi M. and Fatahinejad E. (2015). "Effect of Vermicompost and Triple Superphosphate on Yield of Corn (*Zea mays* L.) in Behbahan." **J. Exp. Biol. Agric. Sci.**, **3,6**, pp 494-499.

Arisha H. and Bradisi A. (1999). "Effect of Mineral Fertilizers and Organic Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Potato under Sandy Soil Conditions." **Zagazig J. Agric. Res.** **26**, pp 391-405.

Awal M. Koshi H. and Ikeda T. (2006). "Radiation Interception and Use by Maize/Peanut Intercrop Canopy." **Agric. For. Meteorol.**, **139,1-2**, pp 74-83.

Babaei M. Ardakani M.R. Rejali F. Rad H. Golzardi F. and Mafakheri S. (2012). "Response of Agronomical Traits of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Co-Inoculation with *Glomus intraradices* and *Pseudomonas Fluorescens* under Different Phosphorus Levels." **Ann. Biol. Res.**, **3**, pp 4195-4199.

Baldini M. Giovanardi R. and Vannozzi G. (2000). **Effect of Different Water Availability on Fatty Acid Composition of the Oil in Standard and High Oleic Sunflower Hybrids**. Proceedings of 15th International Sunflower Conference, A.

Banik P. (1996). "Evaluation of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Legume Intercropping under 1: 1 and 2: 1 Row-Replacement Series System." **J Agron Crop Sci**. **176,5**, pp 289-294.

Banik P. Midya A. Sarkar B. and Ghose S. (2006). "Wheat and Chickpea Intercropping Systems in an Additive Series Experiment: Advantages and Weed Smothering." **Eur J Agron**. **24,4**, pp 325-332.

Bedoussac L. Journet E.-P. Hauggaard-Nielsen H. Naudin C. Corre-Hellou G. Jensen E.S. Prieur L. and Justes E. (2015). "Ecological Principles Underlying the Increase of Productivity Achieved by Cereal-Grain Legume Intercrops in Organic Farming. A Review." **Agron Sustain Dev**. **35,3**, pp 911-935.

Besharati H. (2017). "Effects of Sulfur Application and *Thiobacillus* Inoculation on Soil Nutrient Availability, Wheat Yield and Plant Nutrient Concentration in Calcareous Soils with Different Calcium Carbonate Content." **J. Plant Nutr.**, **40,3**, pp 447-456.

Bibi S. Khan I.A. Hussain Z. Zaheer S. Alsamadany H. and Alzahrani Y. (2020). "Performance of Mung bean under Herbicide Application and Intercropping with Maize." **Pak. J. Bot.**, **52**,3, pp 873-877.

Blackshaw R. Molnar L. and Larney F. (2005). "Fertilizer, Manure and Compost Effects on Weed Growth and Competition with Winter Wheat in Western Canada." **Crop Prot.**, **24**,11, pp 971-980.

Bøckman O. (1997). "Fertilizers and Biological Nitrogen Fixation as Sources of Plant Nutrients: Perspectives for Future Agriculture." **Plant Soil**. **194**,1-2, pp 11-14.

Booth B.D. Murphy S.D. and Swanton C.J. (2003). **Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems**, CABI publishing.

Brooker R.W. Bennett A.E. Cong W.F. Daniell T.J. George T.S. Hallett P.D. Hawes C. Iannetta P.P. Jones H.G. and Karley A.J. (2015). "Improving Intercropping: A Synthesis of Research in Agronomy, Plant Physiology and Ecology." **New Phytol.**, **206**,1, pp 107-117.

Buresh R.J. Austin E.R. and Craswell E.T. (1982). "Analytical Methods In¹⁵n Research." **Fertil. Res.**, **3**,1, pp 37-62.

Casals P. Romero J. Rusch G.M. and Ibrahim M. (2014). "Soil Organic C and Nutrient Contents under Trees with Different Functional Characteristics in Seasonally Dry Tropical Silvopastures." **Plant Soil**. **374**,1-2, pp 643-659.

Caviglia O.P. Sadras V.O. and Andrade F.H. (2011). "Yield and Quality of Wheat and Soybean in Sole-and Double-Cropping." **J. Agron.**, **103**,4, pp 1081-1089.

Chaubey A. Singh S. and Kaushik M. (2000). "Response of Groundnut (*Arachis hypogaea*) to Source and Level of Sulphur Fertilization in Mid-Western Plains of Uttar Pradesh." **Indian J. Agron.** **45**,1, pp 166-169.

Cooper A. (1967). "Effects of Shading and Time of Year on Net Assimilation Rates of Young Glasshouse Tomato Plants." **Ann. Appl. Biol.**, **59**,1, pp 85-90.

Cui L. Yang F. Wang X. Yong T. Liu X. Su B. and Yang W. (2017). "The Competitive Ability of Intercropped Soybean in Two Row Ratios of Maize-Soybean Relay Strip Intercropping." **Asian J Plant Sci.** **7**,3, pp 1-10.

Dahmardeh M. and Hadiani A. (2016). "Assessment of Soil Elements in Intercropping Based on Mathematical Modelling." **Comput Electron Agric.** **122**, pp 218-224.

De la Fuente E.B. Suárez S.A. Lenardis A.E. and Poggio S.L. (2014). "Intercropping Sunflower and Soybean in Intensive Farming Systems: Evaluating Yield Advantage and Effect on Weed and Insect Assemblages." **NJAS - Wageningen. J. Life Sci.**, **70-71**, pp 47-52.

DeMan J.M. Finley J.W. Hurst W.J. and Lee C.Y. (2018). **Principles of Food Chemistry**,

Springer.

Dhima K. Lithourgidis A. Vasilakoglou I. and Dordas C. (2007). "Competition Indices of Common Vetch and Cereal Intercrops in Two Seeding Ratio." **Field Crops Res.**, **100**,2-3, pp 249-256.

Dordas C.A. Vlachostergios D.N. and Lithourgidis A.S. (2012). "Growth Dynamics and Agronomic-Economic Benefits of Pea-Oat and Pea-Barley Intercrops." **Crop Pasture Sci.** **63**,1, pp 45-52.

Doutaniya R.K. Ghilotia Y.K. Dotaniya C.K. Lata M. Reager M.L. Singh N. Balwan and Mohbe S. (2021). "Performance of Sesame and Mung bean to Different Sulphur Levels under Intercropping System." pp 10742-10744.

Dusa E. and Stan V. (2013). "The Effect of Intercropping on Crop Productivity and Yield Quality of Oat/Grain Leguminous Species Cultivated in Pure Stand and Mixtures." **Org. Agric.**, **9**,21, pp 69-78.

Echarte M.M. Puntel L.A. and Aguirrezabal L.A. (2013). "Assessment of the Critical Period for the Effect of Intercepted Solar Radiation on Sunflower Oil Fatty Acid Composition." **Field Crops Res.**, **149**, pp 213-222.

Eddowes M. (1969). "Physiological Studies of Competition in *Zea Mays* L: I. Vegetative Growth and Ear Development in Maize." **J. Agric. Sci.**, **72**,2, pp 185-193.

Elba B. Suárez S.A. Lenardis A.E. and Poggio S.L. (2014). "Intercropping Sunflower and Soybean in Intensive Farming Systems: Evaluating Yield Advantage and Effect on Weed and Insect Assemblages." **NJAS - Wagening. J. Life Sci.**, **70**, pp 47-52.

Erdem H. Torun M.B. Erdem N. Tolay İ. Günel E. and Özkutlu F. (2016). "Effects of Different Forms and Doses of Sulphur Application on Wheat." **J. Sci. Food Agric.**, **4**,11, pp 957-961.

Erman M. Demir S. Ocak E. Tüfenkçi Ş. Oğuz F. and Akköprü A. (2011). "Effects of *Rhizobium*, *Arbuscular Mycorrhiza* and Whey Applications on Some Properties in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Irrigated and Rainfed Conditions 1-Yield, Yield Components, Nodulation and Amf Colonization." **Field Crops Res.**, **122**,1, pp 14-24.

Farahani S. Majidi Heravan E. Shirani Rad A.H. and Noormohammadi G. (2019). "Effect of Potassium Sulfate on Quantitative and Qualitative Characteristics of Canola Cultivars Upon Late-Season Drought Stress Conditions." **J. Plant Nutr.**, **42**,13, pp 1543-1555.

Feng L. Raza M.A. Shi J. Ansar M. Titriku J.K. Meraj T.A. Shah G.A. Ahmed Z. Saleem A. and Liu W. (2020). "Delayed Maize Leaf Senescence Increases the Land Equivalent Ratio of Maize Soybean Relay Intercropping System." **Eur J Agron.** **118**, pp 126092.

Gabriel J. and Quemada M. (2011). "Replacing Bare Fallow with Cover Crops in a Maize Cropping System: Yield, N Uptake and Fertiliser Fate." **Eur J Agron.** **34**,3, pp 133-143.

Gao Y. Duan A. Qiu X. Liu Z. Sun J. Zhang J. and Wang H. (2010). "Distribution of Roots and Root Length Density in a Maize/Soybean Strip Intercropping System." **Agric. Water Manag.**, **98**,1, pp 199-212.

Gao Y. Duan A. Sun J. Li F. Liu Z. Liu H. and Liu Z. (2009). "Crop Coefficient and Water-Use Efficiency of Winter Wheat/Spring Maize Strip Intercropping." **Field Crops Res.**, **111**,1-2, pp 65-73.

Ghosh P. Tripathi A. Bandyopadhyay K. and Manna M. (2009). "Assessment of Nutrient Competition and Nutrient Requirement in Soybean/Sorghum Intercropping System." **Eur J Agron.** **31**,1, pp 43-50.

Glaze-Corcoran S. Hashemi M. Sadeghpour A. Jahanzad E. Keshavarz Afshar R. Liu X. and Herbert S.J. (2020). Chapter Five-Understanding Intercropping to Improve Agricultural Resiliency and Environmental Sustainability, 199-256. **Advances in Agronomy**. 162. D. L. Sparks. Academic Press.

Goldani M. and Bannayan M. (2017). "Stratification of Isfahan Province Regarding Crop Plants Biodiversity During 2003-2012." **J. Plant Res.**, **30**,1, pp 155-172.

Hassannejad S. and Ghafarbi S.P. (2014). "Weed Flora Survey in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Fields of Shabestar (Northwest of Iran)." **Arch. Agron. Soil Sci.**, **60**,7, pp 971-991.

Hauggaard-Nielsen H. Gooding M. Ambus P. Corre-Hellou G. Crozat Y. Dahlmann C. Dibet A. Von Fragstein P. Pristeri A. and Monti M. (2009). "Pea-Barley Intercropping for Efficient Symbiotic N₂-Fixation, Soil N Acquisition and Use of Other Nutrients in European Organic Cropping Systems." **Field Crops Res.**, **113**,1, pp 64-71.

He H.-m. Liu L.-n. Munir S. Bashir N.H. Wang Y. Yang J. and Li C.-y. (2019). "Crop Diversity and Pest Management in Sustainable Agriculture." **J. Integr. Agric.**, **18**,9, pp 1945-1952.

Hossein B. Houshang K. Mehrzad M. Kamran M. Jalal G. and Hamid Reza Z. (2016). "Evaluation of Effects of *Thiobacillus*, Sulfur and Phosphorous on Corn (*Zea mays* L.) Growth Indices in Some Regions of Iran." **Agric., Ecosyst. Environ., Appl. Soil Ecol.**, **4**,1, pp 103-113.

Hu F. Tan Y. Yu A. Zhao C. Fan Z. Yin W. Chai Q. Coulter J.A. and Cao W. (2020). "Optimizing the Split of N Fertilizer Application over Time Increases Grain Yield of Maize-Pea Intercropping in Arid Areas." **Eur J Agron.** **119**, pp 117-126.

Inanloofar M. Omid H. and Pazoki A. (2013). "Morphological, Agronomical Changes and Oil Content in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under Drought Stress and Biological/Chemical Fertilizer of Nitrogen." **J. Med. Plant Res.**, **4**,48, pp 170-184.

Jahansooz M. Yunusa I. Coventry D. Palmer A. and Eamus D. (2007). "Radiation-and Water-Use Associated with Growth and Yields of Wheat and Chickpea in Sole and Mixed Crops."

Eur J Agron. **26,3**, pp 275-282.

Jahanzad E. Sadeghpour A. Hoseini M.B. Barker A.V. Hashemi M. and Keshavarz Afshar R. (2015). "Competition, Nitrogen Use Efficiency, and Productivity of Millet-Soybean Intercropping in Semiarid Conditions." **Crop Sci.**, **55,6**, pp 2842-2851.

Jalilian J. Najafabadi A. and Zardashti M.R. (2017). "Intercropping Patterns and Different Farming Systems Affect the Yield and Yield Components of Safflower and Bitter Vetch." **J. Plant Interact.**, **12,1**, pp 92-99.

Jamal A. Moon Y.-S. and Zainul Abdin M. (2010). "Enzyme Activity Assessment of Peanut (*Arachis hypogea* L.) under Slow-Release Sulphur Fertilization." **Aust J Crop Sci.** **4,3**, pp 169.

Jangpromma N. Songsri P. Thammasirirak S. and Jaisil P. (2010). "Rapid Assessment of Chlorophyll Content in Sugarcane Using a Spad Chlorophyll Meter across Different Water Stress Conditions." **Asian J. Plant Sci.**, **9,6**, pp 368-374.

Kaci G. Blavet D. Benlahrech S. Kouakoua E. Couderc P. Deleporte P. Desclaux D. Latati M. Pansu M.A. and Drevon J.J. (2018). "The Effect of Intercropping on the Efficiency of Faba Bean-Rhizobial Symbiosis and Durum Wheat Soil-Nitrogen Acquisition in a Mediterranean Agroecosystem."

Kaya M. Küçükyumuk Z. and Erdal I. (2009). "Effects of Elemental Sulfur and Sulfur-Containing Waste on Nutrient Concentrations and Growth of Bean and Corn Plants Grown on a Calcareous Soil." **Afr. J. Biotechnol.**, **8,18**, pp.

Kertesz M.A. and Mirleau P. (2004). "The Role of Soil Microbes in Plant Sulphur Nutrition." **J. Exp. Bot.**, **55,404**, pp 1939-1945.

Khalid S. and Khalil F. (2020). "Influence of Irrigation Regimes on Competition Indexes of Winter and Summer Intercropping System under Semi-Arid Regions of Pakistan." **Sci. Rep.**, **10,1**, pp 1-21.

Khan A.A. (2017). "Canola Yield and Quality Enhanced with Sulphur Fertilization." **Russ. Agric. Sci.** **43,2**, pp 113-119.

Kobata T. and Moriwaki N. (1990). "Grain Growth Rate as a Function of Dry-Matter Production Rate: An Experiment with Two Rice Cultivars under Different Radiation Environments." **Jpn. J. Crop Sci.**, **59,1**, pp 1-7.

Koocheki A. Mahallati M. Solouki H. and Karbor S. (2016). "Evaluation of Radiation Absorption and Use Efficiency in Substitution Intercropping of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.)." **APAR.** **3,5**, pp 001-009.

Kopriva S. Calderwood A. Weckopp S.C. and Koprivova A. (2015). "Plant Sulfur and Big Data." **Plant Sci.**, **241**, pp 1-10.

Król B. and Paszko T. (2017). "Harvest Date as a Factor Affecting Crop Yield, Oil Content and Fatty Acid Composition of the Seeds of *Calendula officinalis* L.) Cultivars." **Ind Crops Prod.** **97**, pp 242-251.

Kruidhof H. Bastiaans L. and Kropff M. (2008). "Ecological Weed Management by Cover Cropping: Effects on Weed Growth in Autumn and Weed Establishment in Spring." **Weed Res.**, **48,6**, pp 492-502.

Kumar M. Zeyad M.T. Choudhary P. Paul S. Chakdar H. and Singh Rajawat M.V. (2020). Chapter 26 - *Thiobacillus*, 545-557. **Beneficial Microbes in Agro-Ecology**. N. Amaresan, M. Senthil Kumar, K. Annapurna, K. Kumar and A. Sankaranarayanan. Academic Press.

Kumawat R.N. Rathore P.S. Nathawat N.S. and Mahatma M. (2006). "Effect of Sulfur and Iron on Enzymatic Activity and Chlorophyll Content of Mung bean." **J. Plant Nutr.**, **29,8**, pp 1451-1467.

Kuo S. and Jellum E.J. (2002). "Influence of Winter Cover Crop and Residue Management on Soil Nitrogen Availability and Corn." **J. Agron.**, **94,3**, pp 501-508.

Langham D.R. (2007). "Phenology of Sesame." **Issues in New Crops and New Uses**, Janick & Whipkey, eds., ASHS Press, Alexandria, VA, pp 144-182.

Latati M. Bargaz A. Belarbi B. Lazali M. Benlahrech S. Tellah S. Kaci G. Drevon J.J. and Ounane S.M. (2016). "The Intercropping Common Bean with Maize Improves the *Rhizobial* Efficiency, Resource Use and Grain Yield under Low Phosphorus Availability." **Eur J Agron.** **72**, pp 80-90.

Leithy S. and EL-Meseiry T. (2006). "Effect of Biofertilizer, Cell Stabilizer and Irrigation Regime on Rosemary Herbage Oil Yield and Quality." pp773-779.

Li X. Šimůnek J. Shi H. Yan J. Peng Z. and Gong X. (2017). "Spatial Distribution of Soil Water, Soil Temperature, and Plant Roots in a Drip-Irrigated Intercropping Field with Plastic Mulch." **Eur J Agron.** **83**, pp 47-56.

Lichtenthaler H.K. (1987). "[34] Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes." **Meth. Enzymol.**, **148**, pp 350-382.

Lithourgidis A. Dhima K. Vasilakoglou I. Dordas C. and Yiakoulaki M. (2007). "Sustainable Production of Barley and Wheat by Intercropping Common Vetch." **Agron Sustain Dev.** **27,2**, pp 95-99.

Lithourgidis A. Vasilakoglou I. Dhima K. Dordas C. and Yiakoulaki M. (2006). "Forage Yield and Quality of Common Vetch Mixtures with Oat and Triticale in Two Seeding Ratios." **Field Crops Res.**, **99,2-3**, pp 106-113.

Lithourgidis A. Vlachostergios D. Dordas C. and Damalas C. (2011). "Dry Matter Yield, Nitrogen Content, and Competition in Pea–Cereal Intercropping Systems." **Eur J Agron.** **34,4**,

pp 287-294.

Machiani M.A. Javanmard A. Morshedloo M.R. and Maggi F. (2018). "Evaluation of Competition, Essential Oil Quality and Quantity of Peppermint Intercropped with Soybean." **Ind Crops Prod.** **111**, pp 743-754.

Maffei M. and Mucciarelli M. (2003). "Essential Oil Yield in Peppermint/Soybean Strip Intercropping." **Field Crops Res.**, **84,3**, pp 229-240.

Malik M. and Aziz I. (2004). "Growth, Seed Yield and Oil Content Response of Canola (*Brassica napus* L.) To varying Levels of Sulphur." **Int J Agric Biol**, pp.

Mardanloo S. Souri M.K. and Ahmadi M. (2018). "Plant Growth and Fruit Quality of Two Pepper Cultivars under Different Potassium Levels of Nutrient Solutions." **J. Plant Nutr.**, **41,12**, pp 1604-1614.

Mariotti F. Tomé D. and Mirand P.P. (2008). "Converting Nitrogen into Protein-Beyond 6.25 and Jones' Factors." **Crit Rev Food Sci Nutr.** **48,2**, pp 177-184.

Marschner H. (1995). "Mineral Nutrition of Higher Plants 2nd Edition." **Academic, Great Britain**, pp.

Mead R. and Willey R. (1980). "The Concept of a 'Land Equivalent Ratio' and Advantages in Yields from Intercropping." **Exp. Agric.**, **16,3**, pp 217-228.

Mikić A. Čupina B. Rubiales D. Mihailović V. Šarūnaitė L. Fustec J. Antanasović S. Krstić Đ. Bedoussac L. and Zorić L. (2015). Models, Developments, and Perspectives of Mutual Legume Intercropping, 337-419. **Advances in Agronomy**. 130. Elsevier.

Moinuddin G. (2017). "Agronomic Performance of Greengram/Sesame Intercropping in the Red and Lateritic Zone of West Bengal." **12**, pp 431-435.

Monti M. Pellicanò A. Santonoceto C. Preiti G. and Pristeri A. (2016). "Yield Components and Nitrogen Use in Cereal-Pea Intercrops in Mediterranean Environment." **Field Crops Res.**, **196**, pp 379-388.

Mushagalusa G.N. Ledent J.-F. and Draye X. (2008). "Shoot and Root Competition in Potato/Maize Intercropping: Effects on Growth and Yield." **Environ. Exp. Bot.**, **64,2**, pp 180-188.

Orman S. and Kaplan M. (2007). "Effects of Elemental Sulphur and Organic Manure on Sulphur, Zinc, and Total Chlorophyll Contents of Tomato in a Calcareous Sandy." **J. Crop. Improv.**, pp.

Peiris H. (2016). "Diversity and Behaviour of the Naturally Regenerated Vegetation in Commercial Tea Soils under Herbicide Free Integrated Weed Management." **Procedia Food Sci.**, **6**, pp 314-317.

Pouramir F. Nassiri Mahallati M. Koochehi A. and Ghorbani R. (2010). "Assessment of Sesame and Chickpea Yield and Yield Components in the Replacement Series Intercropping." **Iran. J. Field Crop Res.**, **8,5**, pp 747-757.

Prajapat K. Shivran A. Choudhary G. and Choudhary H. (2012). "Influence of Planting Pattern and Sulphur on Mung bean (*Vigna radiata*) and Sesame (*Sesamum indicum*) Intercropping under Semi-Arid Region of Rajasthan." **Indian J. Agron.** **57,1**, pp 89.

Rahimi B. and Sadrabadi Haghighi R. (2013). "Effect of Different Levels of Sulphur Bentonite on Yield and Yield Components of Canola (*Brassica napus* L.)." **Iran. J. Field Crop Res.**, **10,4**, pp 781-788.

Rahimiyan Z. (2012). "Effect of Sulfur and *Thiobacillus* with Organic Matter on Quantitative and Qualitative Traits of Canola." **Plant Physiol.**, **3,12**, pp 19-27.

Rahman M.M. Soaud A.A. Al Darwish F.H. and Sofian-Azirun M. (2011). "Responses of Sulfur, Nitrogen and Irrigation Water On 'zea Mays' Growth and Nutrients Uptake." **Aust J Crop Sci.** **5,3**, pp 350.

Rajpurohit D.S. Arvadia L. Thumar V. Mawalia A.K. and Kumar D. (2017). "Yield Attributes, Yield, Quality, Weed Index, Nutrient Content and Uptake of Plant as Influenced by Different Row Spacing and Weed Management Practices in Summer Sesamum (*Sesamum indicum* L.)." **Progress. Res. J.**, **12,3**, pp 2087-2092.

Raza M.A. Feng L.Y. Manaf A. Wasaya A. Ansar M. Hussain A. Khalid M.H.B. Iqbal N. Xi Z.J. and Chen Y.K. (2018). "Sulphur Application Increases Seed Yield and Oil Content in Sesame Seeds under Rainfed Conditions." **Field Crops Res.**, **218**, pp 51-58.

Ren Y. Liu J. Wang Z. and Zhang S. (2016). "Planting Density and Sowing Proportions of Maize–Soybean Intercrops Affected Competitive Interactions and Water-Use Efficiencies on the Loess Plateau, China." **Eur J Agron.** **72**, pp 70-79.

Rosas S.B. Andrés J.A. Rovera M. and Correa N.S. (2006). "Phosphate-Solubilizing *Pseudomonas Putida* Can Influence the Rhizobia–Legume Symbiosis." **Soil Biol. Biochem.**, **38,12**, pp 3502-3505.

Rusinamhodzi L. Corbeels M. Nyamangara J. and Giller K.E. (2012). "Maize–Grain Legume Intercropping Is an Attractive Option for Ecological Intensification That Reduces Climatic Risk for Smallholder Farmers in Central Mozambique." **Field Crops Res.**, **136**, pp 12-22.

Sangakkara U. Wijesinghe D. and Bandaranayake P. (2011). **Mulching in Nature Farming with Effective Microorganisms on Weed Populations in Tropical Maize and Mung bean Production**. Organic is Life-Knowledge for Tomorrow. Volume 1-Organic Crop Production. Proceedings of the Third Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), held at the 17th IFOAM Organic World Congress in cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and

the Korean Organizing Committee (KOC), 28. September-1. October 2011 in Namyangju, Korea Republic. 703-706.

Sawan Z.M. Hafez S.A. Basyony A.E. and Alkassas A. (2006). "Cottonseed, Protein, Oil Yields and Oil Properties as Affected by Nitrogen Fertilization and Foliar Application of Potassium and a Plant Growth Retardant." **World J. Agric. Sci.** **2,1**, pp 56-65.

Shaalán M. (2005). "Influence of Biofertilizers and Chicken Manure on Growth, Yield and Seeds Quality of (*Nigella sativa* L.) Plants." **Egypt. J. Agric. Res.**, **83**, pp 811-825.

Shah M.A. Manaf A. Hussain M. Farooq S. and Zafar-ul-Hye M. (2013). "Sulphur Fertilization Improves the Sesame Productivity and Economic Returns under Rainfed Conditions." **Int J Agric Biol.** **15,6**, pp.

Shaker-Koochi S. Nasrollahzadeh S. and Raei Y. (2014). "Evaluation of Chlorophyll Value, Protein Content and Yield of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L.)/Mung bean (*Vigna radiate* L.) Intercropping." **Int. J. Biosci.**, **4,8**, pp 136-143.

Sharifi R.S. Namvar A. and Sharifi R.S. (2017). "Grain Filling and Fatty Acid Composition of Safflower Fertilized with Integrated Nitrogen Fertilizer and Biofertilizers." **Pesqui. Agropecu. Bras.**, **52,4**, pp 236-243.

Silva L.R. Pereira M.J. Azevedo J. Mulas R. Velazquez E. González-Andrés F. Valentão P. and Andrade P.B. (2013). "Inoculation with *Bradyrhizobium Japonicum* Enhances the Organic and Fatty Acids Content of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Seeds." **Food Chem.**, **141,4**, pp 3636-3648.

Singh M. Singh U. Ram M. Yadav A. and Chanotiya C. (2013). "Biomass Yield, Essential Oil Yield and Quality of Geranium (*Pelargonium graveolens* L. Her.) as Influenced by Intercropping with Garlic (*Allium sativum* L.) under Subtropical and Temperate Climate of India." **Ind Crops Prod.** **46**, pp 234-237.

Singh R. Ahlawat I. and Sharma N. (2015). "Resource Use Efficiency of Transgenic Cotton and Peanut Intercropping System Using Modified Fertilization Technique." **Int J Plant Prod.** **9,4**, pp 523-540.

Singh R.K. and Singh A.K. (2013). "Effect of Nitrogen, Phosphorus and Sulphur Fertilization on Productivity, Nutrient-Use Efficiency and Economics of Safflower (*Carthamus tinctorius*) under Late-Sown Condition." **Indian J. Agron.** **58,4**, pp 583-587.

Snaydon R.W. (1991). "Replacement or Additive Designs for Competition Studies?" **J Appl Ecol.** **28,3**, pp 930-946.

Sobkowicz P. (2006). "Competition between Triticale (*Triticosecale witt.*) and Field Beans (*Vicia faba* Var. Minor L.) in Additive Intercrops." **Plant Soil Environ.**, **52,2**, pp 47.

Souri M.K. and Aslani M. (2018). "Beneficial Effects of Foliar Application of Organic Chelate

Fertilizers on French Bean Production under Field Conditions in a Calcarous Soil." **Adv Hortic Sci.** **32,2**, pp 265-272.

Souri M.K. and Hatamian M. (2019). "Aminochelates in Plant Nutrition: A Review." **J. Plant Nutr.**, **42,1**, pp 67-78.

Souri M.K. Naiji M. and Aslani M. (2018). "Effect of Fe-Glycine Aminochelate on Pod Quality and Iron Concentrations of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Lime Soil Conditions." **Commun Soil Sci Plant Anal.** **49,2**, pp 215-224.

Stoltz E. Nadeau E. and Wallenhammar A.-C. (2013). "Intercropping Maize and Faba Bean for Silage under Swedish Climate Conditions." **Agric. Res.**, **2,1**, pp 90-97.

Suliman S. and Tran L.-S.P. (2014). Symbiotic Nitrogen Fixation in Legume Nodules: Metabolism and Regulatory Mechanisms, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Swapan P. Mosa K. and Md Abdur S. (2019). "Effect of Sulphur on the Seed Yield and Oil Content of Sesame (*Sesamum indicum* L.)." **J Bangladesh Agril Univ.** **17,1**, pp 33-38.

Teasdale J.R. Shelton D.R. Sadeghi A.M. and Isensee A.R. (2003). "Influence of Hairy Vetch Residue on Atrazine and Metolachlor Soil Solution Concentration and Weed Emergence." **Weed Sci.**, **51,4**, pp 628-634.

Ting-Hui D. Gui-Xin C. Sheng-Li G. Ming-De H. and Heng L. (2006). "Effect of Nitrogen Management on Yield and Water Use Efficiency of Rainfed Wheat and Maize in Northwest China." **Pedosphere.** **16,4**, pp 495-504.

Uchino H. Iwama K. Jitsuyama Y. Yudate T. and Nakamura S. (2009). "Yield Losses of Soybean and Maize by Competition with Interseeded Cover Crops and Weeds in Organic-Based Cropping Systems." **Field Crops Res.**, **113,3**, pp 342-351.

Verma R.K. Chauhan A. Verma R.S. Rahman L.-U. and Bisht A. (2013). "Improving Production Potential and Resources Use Efficiency of Peppermint (*Mentha piperita* L.) Intercropped with Geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit Ex Ait) under Different Plant Density." **Ind Crops Prod.** **44**, pp 577-582.

Vlachostergios D.N. Lithourgidis A.S. and Dordas C.A. (2018). "Agronomic, Forage Quality and Economic Advantages of Red Pea (*Lathyrus cicera* L.) Intercropping with Wheat and Oat under Low-Input Farming." **Grass Forage Sci.** **73,3**, pp 777-788.

Vrignon-Brenas S. Celette F. Piquet-Pissaloux A. Corre-Hellou G. and David C. (2018). "Intercropping Strategies of White Clover with Organic Wheat to Improve the Trade-Off between Wheat Yield, Protein Content and the Provision of Ecological Services by White Clover." **Field Crops Res.**, **224**, pp 160-169.

Vrignon-Brenas S. Celette F. Piquet-Pissaloux A. Jeuffroy M.-H. and David C. (2016). "Early Assessment of Ecological Services Provided by Forage Legumes in Relay Intercropping." **Eur**

J Agron. **75**, pp 89-98.

Wang Y. Wang S. Cui X. Chen Z. Schnug E. and Haneklau S. (2003). "Effects of Sulphur Supply on the Morphology of Shoots and Roots of Alfalfa (*Medicago sativa* L.)." **Grass Forage Sci.** **58,2**, pp 160-167.

Weigelt A. and Jolliffe P. (2003). "Indices of Plant Competition." **J. Ecol.**, pp 707-720.

Weisany W. Raei Y. and Ghassemi-Golezani K. (2016). "Funneliformis Mosseae Alters Seed Essential Oil Content and Composition of Dill in Intercropping with Common Bean." **Ind Crops Prod.** **79**, pp 29-38.

Weisany W. Raei Y. Salmasi S. Sohrabi Y. and Ghassemi-Golezani K. (2016). "Arbuscular Mycorrhizal Fungi Induced Changes in Rhizosphere, Essential Oil and Mineral Nutrients Uptake in Dill/Common Bean Intercropping System." **Ann. Appl. Biol.**, **169,3**, pp 384-397.

Willey R.W. (1979). **Intercropping-Its Importance and Research Needs: Part 1. Competition and Yield Advantages.** Field crop abstracts. 1-10.

Williams S. (1984). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists.

Yan S. Du X. Wu F. Li L. Li C. and Meng Z. (2014). "Proteomics Insights into the Basis of Interspecific Facilitation for Maize (*Zea mays* L.) in Faba Bean (*Vicia faba* L.)/Maize Intercropping." **J Proteomics.** **109**, pp 111-124.

Yang C. Fan Z. and Chai Q. (2018). "Agronomic and Economic Benefits of Pea/Maize Intercropping Systems in Relation to N Fertilizer and Maize Density." **Agronomy.** **8,4**, pp 52.

Yang C.-q. Iqbal N. Hu B.-y. Zhang Q.-h. Wu H.-j. Liu X. Zhang J. Liu W.-g. Yang W.-y. and Liu J. (2017). "Targeted Metabolomics Analysis of Fatty Acids in Soybean Seeds Using Gc- Ms to Reveal the Metabolic Manipulation of Shading in the Intercropping System." **Food Anal. Methods.** **9,14**, pp 2144-2152.

Yang F. Huang S. Gao R. Liu W. Yong T. Wang X. Wu X. and Yang W. (2014). "Growth of Soybean Seedlings in Relay Strip Intercropping Systems in Relation to Light Quantity and Red: Far-Red Ratio." **Field Crops Res.**, **155**, pp 245-253.

Zapata F. and Roy R.N. (2004). "Use of Phosphate Rocks for Sustainable Agriculture." **FAO Fertil. Plant Nutri. B.**, pp 1-148.

Zeng L. Lin X. Zhou F. Qin J. and Li H. (2019). "Biochar and Crushed Straw Additions Affect Cadmium Absorption in Cassava-Peanut Intercropping System." **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, **167**, pp 520-530.

Zhang L.-z. Van der Werf W. Bastiaans L. Zhang S. Li B. and Spiertz J. (2008). "Light Interception and Utilization in Relay Intercrops of Wheat and Cotton." **Field Crops Res.**, **107,1**, pp 29-42.

Zhang X. Liu X. Li L. Wei G. Zhang D. Liang Y. and Miao B. (2019). "Phylogeny, Divergent Evolution, and Speciation of Sulfur-Oxidizing *Acidithiobacillus* Populations." **BMC Genom.**, **20**,1, pp 438.

Zhi-Hui Y. Stöven K. Haneklaus S. Singh B. and Schnug E. (2010). "Elemental Sulfur Oxidation by *Thiobacillus* Spp. And Aerobic Heterotrophic Sulfur-Oxidizing Bacteria." **Pedosphere**. **20**,1, pp 71-79.

Abstract

In order to study the effect of *Thiobacillus* bacteria and sulfur levels on qualitative and quantitative yield of sesame and mung bean based on replacement intercropping pattern, a factorial experiment in a randomized complete block design was performed in three replications in two experimental farms in Karaj city (province) Alborz and Shahriyar city (Tehran province) in the year 2017-2018. Experimental factors were: planting ratio in 5 levels including 1- pure sesame cultivation, 2- pure mung bean cultivation, 3- 75% sesame + 25% mung bean (3: 1), 4- 50% sesame + 50% mung bean (1: 1) and 5- 25% sesame + 75% mung bean (1: 3); Sulfur fertilizer at three levels (including no-use control (S_0), 50% recommended amount (S_1) and 100% recommended amount (S_2)); *Thiobacillus* was considered at two levels including (no inoculation (T_0) and inoculation with bacteria (T_1)). Agronomic, physiological, growth, mixed, and weeds characteristics were estimated in this experiment. The main effect of location on total sesame chlorophyll, total Land Equivalent Ratio (LER), and Relative Crowding Coefficient (RCC) was significant and the highest amount of these indices was observed in the Shahriar region. The main effect of treatment (intercropping) of planting ratio on chlorophyll b and total sesame, sesame carotenoids, palmitic acid, growth indices of both plants, LER mung bean, Actual Yield Loss of mung bean (AYL), Absolute Competition Index of mung bean (ACI), Relative Competition Index of mung bean (RCI), Intercropping Advantage of mung bean (IA), weed uniformity index and the Menhinick richness index and Margalef richness index became significant. The highest value of sesame indices was observed from 75% sesame + 25% mung bean planting ratio. Furthermore, the highest value of mung bean plant traits was observed from pure cultivation. The main effects of sulfur on chlorophyll a and whole sesame, mung bean carotenoids, protein and sesame oil content (%), oleic acid, linoleic acid, and palmitic acid, and growth indices of both plants were significant. The superior treatment was 100% of the recommended sulfur content (300 Kg/ha). The main effect of *Thiobacillus* on capsule plant and seed in sesame capsule, mung bean seed yield, biological yield of sesame and mung bean, mung bean harvest index, plant height in both plants, the content of chlorophyll a in both plants, total chlorophyll in sesame, the content oil of protein in sesame (%) and Oleic, linoleic acid, palmitic acid, and stearic acid in sesame, dry weight accumulation and crop growth rate in both plants were statistically significant. The highest value of the mentioned indices was observed in the bacterial inoculation treatment. Effect of planting ratio and sulfur interactions on traits: number of capsules per plant, 1000 sesame seed weight, sesame seed yield, sesame harvest index, sesame protein and oil yield, sesame LER and total LER, sesame AYL, Relative Yield Total (RYT), ACI and RCI sesame, RCC, Aggressivity of sesame and mung bean (AG), System Productivity Index (SPI), weed dry matter, weed density, Shannon-Wiener diversity index, Simpson diversity index, Brillouin diversity index, Simpson dominance index, and species richness index were significant. The interaction effect of planting ratio and *Thiobacillus* on sesame seed yield, sesame harvest index, sesame protein and oil yield, sesame ACI, weed dry matter, and weed density was significant. The interaction of sulfur and *Thiobacillus* caused significant 1000-mung bean seed weight, sesame seed yield, sesame harvest index, total mung bean chlorophyll, mung bean protein percentage and yield, sesame oil yield, linolenic acid, and SPI. Effect of location interaction and planting ratio caused significant traits: capsule per plant, seed per capsule, 1000-seed weight of both plants, plant height in both plants, chlorophyll-a sesame, mung bean carotenoid, mung bean protein percentage, protein yield and sesame oil, oleic, linoleic,

stearic, linolenic acid, sesame and whole AYL, Area Time Equivalent Ratio (ATER), Land Use Efficiency (LUE), ACI sesame, AG and Competitive Ratio (CR) of sesame and mung bean, IA sesame and whole. The dual effect of location and sulfur on the number of seeds per capsule, 1000-seed weight of mung bean, grain yield and biological of sesame, mung bean height, the yield of sesame protein, stearic acid, sesame LER, sesame and mung bean AG and SPI were significant. The interaction of location and *Thiobacillus* was significant only on the LUE index. The triple effect of location $\times$ planting ratio $\times$ sulfur on the number of seeds per pod and pod per plant, grain yield and biological of mung bean, mung bean harvest index, chlorophyll a, b, and total chlorophyll and also the content of protein yield in mung bean were significant. The triple effect of location $\times$ planting ratio $\times$ *Thiobacillus* caused significant increase a number of pods per plant, chlorophyll b and total chlorophyll in mung bean. The triple effect of location $\times$ sulfur $\times$ *Thiobacillus* also caused significant increase traits: pod in the plant, 1000-seed weight of sesame, AYL sesame and whole, RYT, ACI and RCI of sesame, and IA of sesame and whole. In general, the results of this experiment revealed that the highest quantitative and qualitative yield of sesame plants was obtained from mixed cultivation with a planting ratio of 75% sesame + 25% mung bean. Although the grain and biological yield of mung bean in pure cultivation were higher than mixed, mixed indicators such as land parity ratio indicate showed higher the ecological and economic value of mixed cultivation than pure cultivation. It can also be concluded that the nutritional effect of the combined application of sulfur and *Thiobacillus* will improve the morphophysiological, agronomic, and growth characteristics of sesame and mung bean plants.

Keywords: Replacement intercropping, Sulfur, *Thiobacillus*, Sesame, Mung bean, Weeds.



Shahrood University of
Technology

Faculty of Agriculture

Ph.D. Thesis in Agronomy

The study of *Thiobacillus* bacteria and sulfur levels on qualitative and quantitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) based on replacement intercropping pattern

By: Alireza Gilani

Supervisor:
Dr. Hamid Abbasdokht

Advisor:
Dr. Ahmad Gholami

July 2021