

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

مقایسه تأثیر انواع مختلف کود های بیولوژیک مایع بر نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت تنش خشکی

نگارنده : شیدا لطفی

استاد راهنما

دکتر محمد رضا عامریان

استاد مشاور

مهندس مهدی رحیمی

دی ۱۳۹۵

پاس گذار کسانی، ستم که سر آغاز تولد من، هستند

از یکی زاده می شوم و از یکی جا افتاده

تقدیم به مقدس ترین واژه مادر لغت نامه دلم

{ پدر و مادر عزیزم }

آنان که مهر آسمانشان آرام بخش آلام زمینی ام، هست

بچه صیادی از جوی حقیر که به کودالی می ریزد و مر و ایدی صید نخواهد کرد

باساس از:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم... مویشان سپید شد تا ما رو سفید شویم... وعاشقانه سوختند تا که ما بخش وجود ما و رو شکر را همان باشند...

... پدرانمان. مادرانمان. استادانمان ...

اینک که اجراء و ارئه این پایان نامه به یاری خداوند مهربان به پایان رسیده است بر خود لازم می دانم از استاد راهنمای بزرگوار جناب آقای دکتر محمد رضا عامریان به خاطر راهنمایی های ارزنده ایشان در طی مدت تحصیل و مراحل اجراء و نگارش پایان نامه صمیمانه شکر و قدردانی نمایم. همچنین از استاد مشاورم جناب آقای مهندس مهدی رحیمی نیز بخاطر راهنمایی های ارزنده ایشان کمال شکر را دارم و خالصانه ترین دودها و سپاس قلبی خود را انشا اساتید که انقدرم می نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر مکاریان و جناب آقای دکتر اصغری بخاطر داوری پایان نامه و ارئه نظرات علمی شان کمال شکر و قدردانی را دارم. از کلیه کارکنان محترم آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، بخصوص جناب آقای مهندس ساگری و جناب آقای مهندس مطهری و نیز از تمامی دوستان خوبم که همیشه مرا مورد لطفشان خودشان قرار دادند، صادقانه سپاسگزاری می نمایم.

شیدالطیفی (دی ماه ۱۳۹۵)

چکیده:

تنش خشکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده و عوامل محدود کننده تولید محصول است. مصرف کودهای بیولوژیک مایع در شرایط تنش‌های محیطی باعث افزایش مقاومت گیاهان و جبران میکروارگانیزم‌های از دست‌رفته خاک می‌شود. تنش خشکی باعث کاهش درصد عناصر غذایی موجود در دانه گیاهان می‌شود. نخود منبع خوبی از انرژی، پروتئین، مواد مغذی، ویتامین‌ها و فیبر است. این آزمایش به منظور مقایسه تأثیر انواعی از کودهای بیولوژیک مایع از جمله نیتروکسین، بیوسوپر فسفات و سوپرنیتروپلاس، تحت تنش خشکی بر نخود رقم بیونیچ در سال زراعی ۹۵-۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح (عدم تنش، تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله پر شدن غلاف) و استفاده از کودهای تجاری بیولوژیک مایع در چهار سطح (عدم مصرف، نیتروکسین، بیوسوپر فسفات و سوپرنیتروپلاس) بود. نتایج نشان داد که تنش باعث کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک برگ و غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، رنگیزه‌های فتوسنتزی، RWC و افزایش RWL گردید. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک ساقه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، پایداری غشاء پلاسمایی، پرولین، پروتئین و عناصر فسفر، پتاسیم و سدیم در بذر و برگ در مقایسه با شاهد معنی‌دار شد. در کل کاربرد کودهای بیولوژیک مایع توانست بر عملکرد و اجزای عملکرد اثرگذار باشد اما اکثراً از این لحاظ بین کودها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کود بیولوژیک نیتروکسین مایع توانست در شرایط عدم تنش نسبت به شاهد ۲۱/۵۳ درصد پروتئین دانه را افزایش دهد. همچنین به ترتیب بکارگیری کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوسوپر فسفات در زمان تنش توانست مقدار پروتئین و عناصر در بذر را بهبود بخشد. می‌توان نتیجه گرفت، در بین مراحل فنولوژیکی، حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی،

مرحله گلدهی است که با کاربرد کودهای بیولوژیک مایع، در شرایط تغذیه‌ای گیاه بهبود حاصل شد. در

این آزمایش کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در اکثر موارد بهتر عمل کرد.

کلمات کلیدی: بیوسوپر فسفات، سوپرنیتروپلاس، کود بیولوژیک مایع، نخود، نیتروکسین.

لیست مقاله‌های مستخرج از پایان نامه:

۱. لطفی، ش.، عامریان، م. ر. و رحیمی، م. ۱۳۹۵. برآورد میزان پروتئین و فسفر بذر نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت تأثیر برخی از کودهای بیولوژیک مایع تحت تنش خشکی. دومین کنگره بین و المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نبات ایران. رشت. دانشگاه گیلان. ۹-۱۱ شهریور ۹۵.

۲. لطفی، ش.، عامریان، م. ر. و رحیمی، م. ۱۳۹۵. تأثیر کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد، اجزا عملکرد و صفات مورفولوژیک در نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت تنش خشکی. سومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. پژوهشکده انرژی‌های نو و محیط زیست. پژوهشگاه دانشگاه تهران. مهر ماه ۹۵.

فهرست

| | | |
|----|--|-------|
| ۱ | مقدمه | ۱-۱ |
| ۴ | اهمیت نخود | ۲-۱ |
| ۴ | گیاه شناسی نخود | ۳-۱ |
| ۵ | مورفولوژی نخود | ۱-۳-۱ |
| ۶ | فیزیولوژی رشد و نمو | ۲-۳-۱ |
| ۷ | ارزش غذایی نخود | ۳-۳-۱ |
| ۷ | آب و نقش آن در گیاه | ۴-۱ |
| ۸ | تنش خشکی و انواع آن | ۵-۱ |
| ۹ | کودهای زیستی | ۶-۱ |
| ۱۰ | اهمیت کودهای زیستی | ۷-۱ |
| ۱۲ | معرفی کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین، بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس | ۸-۱ |
| ۱۲ | نیتروکسین | ۱-۸-۱ |
| ۱۴ | بیوسوپرفسفات | ۲-۸-۱ |
| ۱۶ | سوپرنیتروپلاس | ۳-۸-۱ |
| ۱۷ | اهداف این پژوهش: | ۹-۱ |
| ۱۹ | فصل دوم: | ۲ |
| ۲۰ | اثرات تنش خشکی بر گیاه | ۱-۲ |
| ۲۰ | اثر تنش خشکی بر رشد رویشی گیاهان | ۱-۱-۲ |
| ۲۰ | اثر تنش خشکی بر رشد زایشی گیاهان | ۲-۱-۲ |
| ۲۱ | اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان | ۳-۱-۲ |
| ۲۲ | تأثیر تنش خشکی بر عکس العملهای فیزیولوژیک گیاهان | ۴-۱-۲ |
| ۲۶ | تأثیر کودهای بیولوژیک بر رشد گیاهان | ۲-۲ |
| ۲۶ | تأثیر کود نیتروکسین بر خصوصیات رشدی گیاهان | ۱-۲-۲ |
| ۲۷ | تأثیر کود بیوسوپرفسفات بر خصوصیات رشدی گیاهان | ۲-۲-۲ |

| | | |
|---------|---|-------|
| ۲۸..... | تأثیر کود سوپرنیتروپلاس بر خصوصیات رشدی گیاهان | ۳-۲-۲ |
| ۲۹..... | فصل سوم: | ۳ |
| ۳۰..... | زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش | ۱-۳ |
| ۳۱..... | ویژگی‌های خاک محل آزمایش | ۲-۳ |
| ۳۱..... | مشخصات طرح آزمایشی | ۳-۳ |
| ۳۳..... | تهیه و آماده سازی زمین | ۱-۳-۳ |
| ۳۴..... | کاشت | ۲-۳-۳ |
| ۳۴..... | داشت | ۳-۳-۳ |
| ۳۴..... | اعمال تیمارها | ۴-۳-۳ |
| ۳۵..... | برداشت | ۵-۳-۳ |
| ۳۵..... | نمونه برداری | ۴-۳ |
| ۳۶..... | اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک | ۵-۳ |
| ۳۶..... | ارتفاع بوته و قطر ساقه | ۱-۵-۳ |
| ۳۶..... | وزن خشک ساقه، برگ و غلاف | ۲-۵-۳ |
| ۳۶..... | طول غلاف و درصد پوچی غلاف | ۳-۵-۳ |
| ۳۷..... | عملکرد و اجزای عملکرد | ۶-۳ |
| ۳۷..... | اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک | ۷-۳ |
| ۳۷..... | اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید | ۱-۷-۳ |
| ۳۹..... | پایداری غشاء پلاسمایی | ۲-۷-۳ |
| ۳۹..... | اندازه‌گیری پرولین اندام هوایی | ۳-۷-۳ |
| ۴۱..... | اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) | ۴-۷-۳ |
| ۴۲..... | اندازه‌گیری آب نسبی ازدست رفته برگ (RWL) | ۵-۷-۳ |
| ۴۳..... | اندازه‌گیری صفات کیفی | ۸-۳ |
| ۴۳..... | اندازه‌گیری پروتئین دانه | ۱-۸-۳ |

| | | |
|---------|---|-------|
| ۴۵..... | اندازه‌گیری فسفر بذر و برگ | ۲-۸-۳ |
| ۴۶..... | اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم بذر و برگ | ۳-۸-۳ |
| ۴۷..... | محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری | ۹-۳ |
| ۴۹..... | فصل چهارم: | ۴ |
| ۵۰..... | صفات زراعی و مورفولوژیک | ۱-۴ |
| ۵۰..... | ارتفاع بوته | ۱-۱-۴ |
| ۵۲..... | قطر ساقه | ۲-۱-۴ |
| ۵۴..... | طول و درصد پوچی غلاف | ۳-۱-۴ |
| ۵۵..... | وزن خشک اندام‌های هوایی | ۲-۴ |
| ۵۵..... | وزن خشک ساقه | ۱-۲-۴ |
| ۵۶..... | وزن خشک برگ | ۲-۲-۴ |
| ۵۸..... | وزن خشک غلاف | ۳-۲-۴ |
| ۶۰..... | عملکرد و اجزای عملکرد | ۳-۴ |
| ۶۰..... | تعداد غلاف در بوته | ۱-۳-۴ |
| ۶۲..... | تعداد دانه در غلاف | ۲-۳-۴ |
| ۶۲..... | وزن صد دانه | ۳-۳-۴ |
| ۶۵..... | عملکرد دانه | ۴-۳-۴ |
| ۶۷..... | عملکرد بیولوژیک | ۵-۳-۴ |
| ۶۹..... | صفات فیزیولوژیک | ۴-۴ |
| ۶۹..... | کلروفیل a | ۱-۴-۴ |
| ۷۲..... | کلروفیل b | ۲-۴-۴ |
| ۷۴..... | کلروفیل کل | ۳-۴-۴ |

| | | |
|---------|--|-------|
| ۷۶..... | کاروتنوئید..... | ۴-۴-۴ |
| ۷۸..... | پایداری غشاء..... | ۵-۴-۴ |
| ۸۰..... | میزان پرولین برگ..... | ۶-۴-۴ |
| ۸۲..... | میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC)..... | ۷-۴-۴ |
| ۸۳..... | میزان آب نسبی از دست رفته برگ (RWL)..... | ۸-۴-۴ |
| ۸۴..... | صفات کیفی..... | ۵-۴ |
| ۸۴..... | درصد پروتئین دانه..... | ۱-۵-۴ |
| ۸۶..... | درصد فسفر بذر..... | ۲-۵-۴ |
| ۸۸..... | درصد فسفر برگ..... | ۳-۵-۴ |
| ۸۹..... | درصد پتاسیم بذر..... | ۴-۵-۴ |
| ۹۱..... | درصد پتاسیم برگ..... | ۵-۵-۴ |
| ۹۳..... | درصد سدیم بذر..... | ۶-۵-۴ |
| ۹۴..... | درصد سدیم برگ..... | ۷-۵-۴ |
| ۹۶..... | نتیجه گیری..... | ۶-۴ |
| ۹۸..... | پیشنهادات..... | ۷-۴ |

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) از راست به چپ به ترتیب: سلول رویشی از توباکتر، کلنی از توباکتر و کیست از توباکتر ۱۴
- شکل (۱-۳) نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده عملیات اجرایی ۳۳
- شکل (۲-۳) اندازه‌گیری طول غلافها ۳۶
- شکل (۳-۳) اندازه‌گیری کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید ۳۸
- شکل (۴-۳) اندازه‌گیری پایداری غشاء پلاسمایی ۳۹
- شکل (۵-۳) اندازه‌گیری پرولین اندام هوایی ۴۰
- شکل (۶-۳) اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) ۴۱
- شکل (۷-۳) اندازه‌گیری آب نسبی از دست رفته برگ (RWL) ۴۲
- شکل (۸-۳) اندازه‌گیری پروتئین دانه ۴۵
- شکل (۹-۳) اندازه‌گیری فسفر بذر و برگ ۴۶
- شکل (۱۰-۳) اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم بذر و برگ ۴۶
- شکل ۱-۴ مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۵۱
- شکل ۲-۴ مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۵۲
- شکل ۳-۴ مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۵۳
- شکل ۴-۴ مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۵۴
- شکل ۵-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک ساقه ۵۶
- شکل ۶-۴ مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۵۷
- شکل ۷-۴ مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۵۸
- شکل ۸-۴ مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۵۹

- شکل ۹-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۶۰
- شکل ۱۰-۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۶۱
- شکل ۱۱-۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۶۲
- شکل ۱۲-۴- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۶۳
- شکل ۱۳-۴- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۶۵
- شکل ۱۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد دانه ۶۷
- شکل ۱۵-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد بیولوژیک گیاه ۶۹
- شکل ۱۶-۴- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۷۰
- شکل ۱۷-۴- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۷۲
- شکل ۱۸-۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۷۳
- شکل ۱۹-۴- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۷۴
- شکل ۲۰-۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۷۵
- شکل ۲۱-۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۷۶
- شکل ۲۲-۴- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۷۷
- شکل ۲۳-۴- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید برگ تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع ۷۸
- شکل ۲۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر پایداری غشاء ۷۹
- شکل ۲۵-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر میزان پروتئین ۸۲
- شکل ۲۶-۴- مقایسه میانگین میزان محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۸۳
- شکل ۲۷-۴- مقایسه میانگین میزان آب نسبی از دست رفته برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ۸۴
- شکل ۲۸-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پروتئین ۸۶

شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد فسفر بذر... ۸۷

شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد فسفر برگ.. ۸۹

شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پتاسیم بذر .. ۹۱

شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پتاسیم برگ ۹۳

شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد سدیم بذر ۹۴

شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد سدیم برگ .. ۹۶

فهرست جدول ها

- جدول (۱-۳) ویژگی‌های اکولوژیک محل آزمایش (موقعیت جغرافیای و برخی از شاخصهای هواشناسی). ۳۰
- جدول (۲-۳) خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش..... ۳۱
- جدول (۳-۳) ترکیبات تیماری آزمایش..... ۳۲
- جدول پیوست ۱- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر ساقه تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع..... ۱۰۰
- جدول پیوست ۱-۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر ارتفاع بوته و قطر ساقه..... ۱۰۰
- جدول پیوست ۲-۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر ارتفاع و قطر ساقه..... ۱۰۰
- جدول پیوست ۲- نتایج تجزیه واریانس درصد پوچی و طول غلاف تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع..... ۱۰۱
- جدول پیوست ۳- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع..... ۱۰۱
- جدول پیوست ۱-۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف..... ۱۰۲
- جدول پیوست ۲-۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف..... ۱۰۲
- جدول پیوست ۴- تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع..... ۱۰۲
- جدول پیوست ۱-۴- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه..... ۱۰۳
- جدول پیوست ۲-۴- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه..... ۱۰۳
- جدول پیوست ۵- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع..... ۱۰۳

- جدول پیوست ۵-۱ - مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک ساقه و عملکرد دانه ۱۰۴
- جدول پیوست ۶-۱ - تجزیه واریانس میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع ۱۰۴
- جدول پیوست ۶-۱ - مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b ۱۰۵
- جدول پیوست ۶-۲ - مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b ۱۰۵
- جدول پیوست ۷-۱ - تجزیه واریانس میزان کاروتنوئید، پایداری غشاء و پرولین تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع ۱۰۵
- جدول پیوست ۷-۱ - مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید ۱۰۶
- جدول پیوست ۷-۲ - مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید ۱۰۶
- جدول پیوست ۷-۳ - مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد بیولوژیک و پایداری غشاء ۱۰۶
- جدول پیوست ۸-۱ - تجزیه واریانس RWC، RWL و درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع ۱۰۷
- جدول پیوست ۸-۱ - مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر پرولین و درصد پروتئین دانه ۱۰۷
- جدول پیوست ۸-۲ - مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر RWL و RWC ۱۰۸
- جدول پیوست ۹-۱ - نتایج تجزیه واریانس درصد فسفر بذر و برگ و پتاسیم بذر تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع ۱۰۸

جدول پیوست ۹-۱ – مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد فسفر

بذر و برگ ۱۰۹

جدول پیوست ۱۰-۱ – نتایج تجزیه واریانس درصد پتاسیم برگ، درصد سدیم بذر و برگ تحت تأثیر تنش و

کودهای بیولوژیک مایع ۱۰۹

جدول پیوست ۱۰-۱ – مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پتاسیم بذر

و برگ ۱۱۰

جدول پیوست ۱۰-۲ – مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد سدیم بذر و

برگ ۱۱۰

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

حبوبات متعلق به خانواده بقولات (Fabaceae) و دومین منبع مهم غذایی بشر پس از غلات می- باشند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۱).

منظور از حبوبات آن دسته از نباتات زراعی یا محصولات کشاورزی است که به خانواده بقولات تعلق داشته و دانه آن‌ها به عنوان منبع پروتئین گیاهی در تغذیه انسان مصرف می‌شود. موضوع کمبود مواد پروتئینی در اغلب کشورها، اهمیت تولید و مصرف حبوبات را در رفع این مشکل، مورد تأکید قرار می‌دهد. دانه حبوبات با دارا بودن حدود ۱۸-۳۲٪ پروتئین، نقش مهمی در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان می‌تواند داشته باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۳) که با توجه به این ویژگی در مناطق خشک و نیمه خشک، برای برآورد تحمل خشکی بر پایه کاهش عملکرد در شرایط مقایسه تنش خشکی با شرایط آبیاری، اقدامات زیادی صورت گرفته است (گونس و همکاران، ۲۰۰۸).

افزون بر آن، حبوبات در تقویت حاصلخیزی خاک، تأمین علوفه دام و ایجاد پوشش گیاهی مناسب در جلوگیری از فرسایش خاک نیز مؤثر می‌باشند (مجنون حسینی و حمزه‌ئی، ۱۳۸۹). همچنین این محصولات، به شرایط آب و هوایی متفاوت از معتدل تا گرم و از مرطوب تا خشک، سازگاری یافته‌اند. از دیگر خصوصیات این گیاهان می‌توان به قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هوا و نقش آن‌ها در حاصلخیزی و نیز تقویت و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک اشاره کرد (باقری و همکاران، ۱۳۸۵). کمیت و کیفیت از یک سو و پایداری سیستم‌های تولید محصولات، در بیشتر نقاط جهان که دچار کمبود مواد غذایی هستند، نقش مهمی دارد، در نتیجه توجه به گیاهانی مانند حبوبات که ارزش غذایی بالایی دارند حائز اهمیت است (بهنه و همکاران، ۱۳۹۰). نخود نه تنها نقش مهمی در رژیم غذایی انسان ایفا می‌کند بلکه با تثبیت نیتروژن اتمسفر باعث بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (محمد اسلم و همکاران،

۲۰۱۰). در بسیاری از مناطق تولید نخود، از جمله ایران، مقدار و پراکنش بارندگی در طول فصل رشد بسیار نامناسب است و گیاهان در دوره رشد رویشی با تنش خشکی متناوب و در مرحله رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به صورت توأم مواجه می‌شوند. مشکل تنش خشکی در ایران جدی‌تر است، چراکه اغلب نخود به صورت سنتی در انتهای فصل باران (اسفند یا فروردین) کشت می‌شود و رشد سریع گیاه همزمان با مرحله‌ای است که رطوبت خاک با گذشت زمان بطور فزاینده‌ای کاهش یافته است (وندکریمی و همکاران، ۱۳۹۴). نبود وجود امنیت غذایی در قرن بیست و یک، بیانگر نیاز ضروری برای یافتن فناوری‌های جدید کشاورزی به منظور تولید محصولاتی با کیفیت و راندمان بالا می‌باشد، که به منابع طبیعی و حفظ خاک‌های حاصلخیز هم توجه داشته باشد. بهره‌گیری از کودهای زیستی که دارای ریزسازواره‌های سودمند به جای کودهای شیمیایی هستند، به عنوان عامل‌های بهبود دهنده رشد گیاهان، جذب عناصر غذایی و کمک کننده به حفظ سلامت محیط زیست و باروری خاک راه حل شایسته‌ای برای مقابله با هزینه بالا و آلودگی‌های زیست محیطی کودهای شیمیایی شناخته شده‌اند (آدسمیو و کلپر، ۲۰۰۹). کشاورزی اکولوژیک، یک نظام تلفیقی مبتنی بر اصول اکولوژیک می‌باشد. در این نظام به جای استفاده از نهاده‌های خارجی نظیر انواع کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها از تناوب زراعی با بقولات، بقایای گیاهی، انواع کودهای دامی، آلی و بیولوژیک استفاده می‌شود تا ضمن ذخیره مواد غذایی در خاک، علف‌های هرز و آفات، کنترل شده و تنوع زیستی در مزارع افزایش یابد (گریف و همکاران، ۲۰۰۳ و خرم دل و همکاران، ۱۳۸۹). کاربرد کودهای بیولوژیک، از جمله راهبردهای تغذیه گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی اکولوژیک است. اصطلاح کودهای زیستی و بیولوژیک منحصرأً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزموجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از جمله مهمترین کودهای بیولوژیک محسوب می‌گردند (خرم دل و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۲ اهمیت نخود

در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ سطح زیرکشت محصولات زراعی ۱۱/۸۴ میلیون هکتار بوده که سطح مربوط به حبوبات ۶/۹۴ درصد بود. مساحت زیر کشت نخود ۵۲۸۵۰۵۶ هکتار برآورد شده که معادل ۴/۴۶ درصد از کل سطح محصولات زراعی و حدود ۶۴/۳ درصد از کل سطح برداشت حبوبات بود و اراضی دیم ۹۸/۲۸ درصد و بقیه به صورت کشت آبی بود.

میزان تولید نخود در کشور حدود ۲۶۹ هزار تن برآورد شده که معادل ۰/۳۶ درصد از میزان تولید محصولات زراعی و ۴۳/۷ درصد از کل میزان تولید حبوبات می‌باشد و ۹۵/۲۶ درصد آن از اراضی کشت دیم به دست آمده است. عملکرد نخود کشور در ارضی آبی ۱۴۰۳ کیلوگرم در هکتار و در اراضی دیم ۴۹۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۳).

به نظر می‌رسد این تصور اشتباه کشاورزان که نخود هیچ غذایی نیاز ندارد و معمولاً رشد آن را در زمین‌های حاشیه، بدون استفاده از هر گونه کودی امکان‌پذیر است، دلیل مهم برای عملکرد دانه پایین آن است (محمد اسلم و همکاران، ۲۰۱۰). این گیاه فقط مصرف کودها را در سیستم‌های کشت فشرده اقتصادی‌تر می‌سازد چون مقدار کل ازت، فسفر و پتاسیم جذب شده از خاک توسط گیاه نخود به ترتیب برابر ۶۰ الی ۲۰۰، ۵ الی ۱۵ و ۶۰ الی ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار در سال، با توجه به مقدار محصول متفاوت خواهد بود (مجنون حسینی، ۱۳۸۳).

۱-۳ گیاه شناسی نخود

نخود زراعی یا معمولی با نام علمی *Cicer arietinum*، از خانواده نخودیان (*Fabaceae*) و زیر تیره پروانه آسها (*Papilionoideae*) می‌باشد که دارای ۱۴، ۱۶ و ۲۴ کروموزوم است. در فارسی به نام‌های

نخود زراعی، نخود سفید، نخود ایرانی نامیده می‌شود. نام انگلیسی آن *Fieldpea*، *Chickpea* و *Garbanzou* (اسپانیایی)، *Gram* (فرانسه) و *Bangalgram* (هندی) می‌باشد (کوچکی و بنیان اول، ۱۳۸۱).

۱-۳-۱ مورفولوژی نخود

نخود گیاهی یک ساله، روز بلند و رشد نامحدود با تیپ ایستاده، نیمه ایستاده یا خوابیده، دارای ساقه زاویه‌دار و چهار گوش به ارتفاع ۰/۲ تا ۱ متر است. سطح کلیه اندام‌های هوایی دارای کرک‌ها و پرزهای ظریف است که مایع چسبناک و اسیدی محتوی ۹۴ درصد اسید مالیک و ۶ درصد اسید اگزالیک را ترشح می‌کنند. بوته‌ها به رنگ سبز زیتونی تا سبز آبی است و ممکن است دارای شاخه‌دهی کم یا زیاد باشد. ریشه اصلی قطور و عمود بوده و تا عمق حداکثر ۲ متر می‌تواند ادامه یابد. سیستم ریشه‌ای دارای پتانسیل گره‌زای خوب و درشت است. تعداد شاخه اصلی ۱ تا ۸ عدد به صورت مستقیم و زیگزاگ‌دار که شاخه‌های فرعی از قاعده وسط آن انشعاب پیدا می‌کنند. برگ‌ها شانه‌ای متناوب و دارای ۳-۸ جفت برگچه و یک برگچه انتهایی هستند.

گل آذین دارای یک و گاهی دو گل روی محور دمگل بلند و باریک بوده و دمگل‌ها هنگام رسیدگی یا پر شدن غلاف‌ها حالت آویزان به خود می‌گیرند. گل‌ها پروانه‌ای شکل و به رنگ سفید صورتی تا ارغوانی یا آبی دیده می‌شود. گل‌دهی در نخود تقریباً ۵۰ روز بعد از سبز شدن گیاهچه‌ها رخ می‌دهد. هر گل دارای ۱۰ عدد پرچم به صورت دیادلفوس (۹+۱) و تا حدود خمیده بوده، و بساک‌ها در پایه به هم متصل و به شکل بیضی و زرد رنگ می‌باشد. تخمدان تقریباً بدون پایه بوده و خامه آن خمیده رو به بالا و دارای کلاله پهن می‌باشد. تخمدان متورم و کرک‌دار است. نخود گیاهی خودگشن است. میوه نخود به شکل غلاف (نیام) به طول ۱/۵-۳ سانتی‌متر، متورم، به شکل بیضوی یا لوزی، پوشیده از کرک‌های بسیار ریز و

مترشحه است. غلاف‌های رسیده معمولاً یک تا دو دانه‌ای هستند. هر بوته نخود ممکن است بطور متوسط ۵۰ تا ۱۵۰ عدد غلاف تولید نماید. ساختمان دانه از سه قسمت اصلی پوسته، لپه و جنین (گیاهک) تشکیل یافته که به ترتیب ۱۵، ۸۴ و ۱ درصد وزن دانه نخود را تشکیل می‌دهند. دانه‌های کروی، گوشه-دار به رنگ کرم تا قهوه‌ای، سبز یا سیاه بوده و سطح دانه‌ها صاف و یا چروکیده می‌باشد. این گیاه در مدت ۱۱۰ تا ۱۳۰ روز به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌رسد. جوانه زنی بذر نخود به صورت هیپوجیل (لپه زیر خاک) است. دو برگ اولیه روی گیاه ساده متقابل هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۳ و پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۱-۳-۲ فیزیولوژی رشد و نمو

بطور کلی در نقاط مختلف ایران رشد کامل نخود حدود ۵-۳ ماه بطول می‌انجامد. مراحل مختلف رشد و نمو گیاه نخود شامل جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، تشکیل گل و غلاف و رسیدن دانه می‌باشد. جوانه‌زنی مناسب، نیاز اولیه برای استقرار گیاه و رشد گیاهچه شامل شاخه‌دهی و توسعه تاج گیاه است. مدت زمان هر یک از این مراحل نسبت به رقم، طول مدت روشنایی، درجه حرارت و قابل دسترس بودن رطوبت می‌تواند فرق کند.

گلدهی نخود از نوع رشد نامحدود می‌باشد، و حتی در هنگام گلدهی و نمو غلاف، رشد رویشی ادامه می‌یابد و رسیدگی نیز معمولاً با پیر شدن برگ‌ها توأم است. در طول دوره تمایز اندام‌های زایشی برگ‌های حقیقی تشکیل می‌شوند، ساقه‌های جانبی شاخه می‌دهند و اندام‌های زاینده به وجود می‌آیند. این دوره بین ۲ تا ۴ هفته در زود رس‌ترین رقم‌های لوبیا، نخود و سویا بطول می‌انجامد و در ارقام دیررس، ممکن است به ۲ تا ۲/۵ ماه برسد. مرحله گلدهی، تلقیح گل‌ها، تشکیل و رسیدگی بذرها طولانی‌ترین دوره رشد در گیاهان خانواده بقولات محسوب می‌شود و تا ۳ ماه ممکن است بطول انجامد. توسعه رشد

رویشی در زمان گلدهی و تشکیل غلافها ادامه می‌یابد (رشد نامحدود)، لذا بین قسمت‌های رویشی گیاه و بخش‌های زایشی آن رقابت وجود دارد (مجنون حسینی، ۱۳۸۳ و پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۱-۳-۳ ارزش غذایی نخود

دانه نخود ۱۸ تا ۲۵ درصد پروتئین دارد. صد گرم ماده خشک دانه نخود، دارای حدود ۲۳ درصد پروتئین، ۶۳/۵ درصد کربوهیدرات، ۵/۸ درصد قندهای محلول، ۵/۳ درصد چربی و ۳/۲ درصد مواد معدنی (خاکستر) و غنی از کلسیم (۱۸۶/۶ میلی گرم)، فسفر (۳۴۲/۹ میلی گرم) و منگنز (۱۴۱ میلی گرم) است (هریدج و همکاران، ۱۹۹۵). کیفیت پروتئین دانه این گیاه از بقولاتی مانند ماش و لوبیا بیشتر است. همچنین نخود دارای مقادیر بالایی از کلسیم، روی، پتاسیم، آهن، فسفر و ویتامین‌های B₁ و نیاسین است (بروکویل ۱۹۹۵).

۱-۴ آب و نقش آن در گیاه

آب مهمترین ماده تشکیل دهنده پروتوپلاسم سلول است (تا ۹۵ درصد وزن) و فعالیت پروتوپلاسم بستگی به آب موجود دارد. پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کربوهیدرات‌های موجود در گیاهان، در حالت طبیعی با مقداری آب همراه هستند در نتیجه با کاهش شدید مقدار آب، سلول‌های گیاهی با اختلال روبرو می‌شوند و می‌میرند. آب در تعدادی از واکنش‌های شیمیایی در پروتوپلاسم سلول-های گیاهی نقش مستقیمی دارد. همچنین در تبدیل کربوهیدرات‌ها به یکدیگر و یا آنزیم‌ها به یکدیگر وجود آب لازم است (لاهوته و همکاران، ۱۳۹۲). عکس‌العمل گیاه در برابر تنش آب با فعالیت متابولیکی، مورفولوژیکی، مرحله رشد و همچنین عملکرد بالقوه گیاه مرتبط است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). در فتوسنتز آب منبع تولیدکننده پروتون است. در فرآیندهای تنفس آب یکی از محصولات این

واکنش‌هاست آب حلالی است که بسیاری از مواد در آن حل می‌شوند واکنش‌های شیمیایی متعددی در محیط آبی انجام می‌پذیرد. عامل نگهدارنده آماس (تورژسانس سلولی) آب می‌باشد بنابراین آب نقش مهمی در نگهداری شکل طبیعی گیاه بازی می‌کند از طرفی دیگر این آماس سلولی برای سرپا نگهداشتن گیاهان علفی بسیار لازم است. علاوه بر این آماس سلولی در فرآیندهایی مانند باز و بسته شدن روزنه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است (لاهوئی و همکاران، ۱۳۹۲).

۱-۵ تنش خشکی و انواع آن

تنش خشکی نبود یا کمبود بارندگی در مقطعی از زمان است که موجب کاهش رشد گیاه و محصول اقتصادی می‌شود. کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را محدود می‌کند و عملکرد را کاهش می‌دهد (وندکریمی و همکاران، ۱۳۹۴). خشکی یکی از فاکتورهایی است که در مناطق غرب آسیا و شمال آفریقا از عملکرد نخود می‌کاهد که کاهش عملکرد بستگی به شدت تنش و تحمل رقم زراعی دارد (کانونی، ۱۳۷۷). انواع تنش خشکی که حبوبات با آن مواجه می‌شوند عبارتند از: تنش متناوب، که در نتیجه قطع متناوب بارندگی‌های زمستانه ایجاد می‌شود و تنش خشکی انتهایی که به علت کاهش رطوبت خاک به وقوع می‌پیوندد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

در زمان بروز تنش خشکی، هم در گیاه و هم در محیط رشد گیاه تغییراتی صورت می‌گیرد. بطور مثال تبخیر و تعرق گیاه نسبت به جذب آب افزایش می‌یابد، در نتیجه تنفس سلولی افزایش و فرایندهای متابولیکی و ساختمان سلولی با مشکل روبرو می‌شود. در این شرایط ممانعت و اکسیداسیون نوری رخ می‌دهد که در صورت شدت، مرگ اندام و گیاه را به دنبال خواهد داشت. در محیط رشدی گیاه، رطوبت قابل دسترس خاک در اطراف ریشه‌ها افت می‌کند. همین امر منجر به افزایش نمک در اطراف ریشه و مسمومیت عناصر معدنی و همچنین افزایش سختی خاک و در نتیجه تأثیر منفی ناشی از آن بر رشد

ریشه و اندام هوایی می‌شود که عناصر غذایی محیط ریشه را غیر قابل دسترس می‌کند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷ و گنجعلی، ۱۳۸۶). در نتیجه، در نظر گرفتن شرایط طبیعی و اقلیمی کشور که در یک منطقه خشک از جهان قرار گرفته است، باید به عنوان اصل بنیادین در تدوین و اتخاذ سیاست‌ها و خط مشی‌های تحقیقاتی مورد دقت نظر قرار گیرد، به ویژه در ارتباط با حبوبات که بیش از ۹۰ درصد تولید آن در شرایط دیم و در مناطقی صورت می‌گیرد که مقدار بارش‌های سالانه در آن‌ها نسبتاً اندک است (باقری و همکاران، ۱۳۸۵). در حال حاضر کشت متداول نخود در کشور به صورت دیم بهاره است که به دلیل مواجه شدن گیاه با درجه حرارت بالا و کمبود رطوبت به ویژه در دوره زایشی، عملکرد به شدت کاهش می‌یابد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷ و ونایی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین چون نخود از نظر واکنش به فتوپریود روز بلند است، بیوماس گیاه در زمان گلدهی در کشت بهاره، در حد مطلوب نخواهد بود و متقابلاً عملکرد کمتری خواهد داشت (ونایی و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۶ کودهای زیستی

کود زیستی به ماده‌ای جامد، مایع یا نیمه جامد حاوی موجودات زنده یا متابولیت‌های آن‌ها اتلاق می‌شود که قادر است به نحوی باعث افزایش عملکرد، تأمین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه و یا بهبود خواص فیزیکی یا شیمیایی خاک شود. حدود یک قرن پیش، کودهای میکروبی برای اولین بار، با علامت تجاری ازت، که شامل باکتری ریزوبیوم بود، به بازار عرضه و پس از آن، بسیاری از مراکز شروع به تولید گونه‌های مختلف ریزوبیوم و برخی از باکتری دیگر کردند اما به دلیل همزمانی با تولید کودهای شیمیایی، تولید قطع گردید (بروگتون، ۱۹۸۶).

کودهای زیستی از باکتری‌ها و همچنین قارچ‌های مفیدی تشکیل شده‌اند که هر یک به‌منظور خاصی (مانند تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول) تولید می‌شوند.

این باکتری‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر همیاری می‌کنند. این کودها، برخلاف کودهای شیمیایی، آلودگی‌های زیست محیطی نداشته و موجب احیاء و حفظ محیط زیست می‌گردند (داکورال و همکاران، ۲۰۰۲؛ یونگ و همکاران، ۲۰۰۵ و حبیبی، ۱۳۹۰). این ریز موجودات توانایی تبدیل عناصر غذایی را از شکل غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس داشته و منجر به توسعه سیستم‌های ریشه و جوانه زنی بهتر بذرها می‌شوند (فلاح نصرت آباد و همکاران، ۱۳۹۳). کودهای بیولوژیکی مشکلات کودهای شیمیایی مانند فروپاشی ساختمان خاک، شوری خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی را ندارند. کود بیولوژیک می‌تواند به عنوان جایگزین و تقریباً به عنوان مکمل، باعث ثبات سیستم کشاورزی شود. همچنین می‌تواند باعث تولید هورمون تحریک کننده رشد در گیاهان شود که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم باعث بهبود رشد محصول می‌گردد (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۷ اهمیت کودهای زیستی

یکی از سیاست‌های تولید غذا در تحقیقات کشاورزی، برخلاف گذشته که افزایش تولید و رساندن آن به بالاترین سطح ممکن، تنها هدف محسوب می‌شد، برنامه ریزی برای دستیابی به افزایش محصول بر مبنای اصول و اهداف کشاورزی پایدار و اکولوژیک است (ریحانی تبار، ۱۳۸۱). کودها با افزایش بهره‌وری محصول نقش مهمی برای موفقیت در رسیدن به چالش امنیت غذایی در حال حاضر و همچنین در آینده دارند (فیسل انصاری و همکاران، ۲۰۱۴).

مهمترین مزیت‌های کودهای بیولوژیک شامل تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست است. مصرف کودهای بیولوژیک در شرایط تنش‌های محیطی باعث افزایش مقاومت گیاهان و جبران میکروارگانسیم‌های از دست رفته خاک می‌شود (شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش جامعه

میکروبی خاک، به افزایش تنوع زیستی در ریزوسفر منجر می‌گردد که باعث افزایش اثرات متقابل بین میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر می‌شود. می‌توان گفت حفظ تنوع زیستی در دستیابی به بوم نظام‌های پایدار یکی از مواردی است که باید به آن توجه شایانی کرد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌ها دارای معایبی هم هستند، که می‌توان به کوتاه بودن عمر مفید باکتری‌ها، کیفیت پایین در صورت نگهداری در شرایط نامطلوب، احتمال بروز آلودگی سریع‌تر در مقایسه با سایر کودها، عملکرد غیر قابل پیش‌بینی و هزینه ساخت اولیه و کار فشرده، اشاره کرد (فیصل انصاری و همکاران، ۲۰۱۴).

باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه یا اصطلاحاً^۱ PGPR، به گروهی از کودهای زیستی اطلاق می‌گردد که متفاوت با کود آلی، کود دامی، کود سبز و غیره‌اند. این اصطلاح اولین بار توسط کلوپر و همکاران در اواخر دهه ۱۹۷۰ در آمریکا بکار برده شد. این باکتری‌ها، به گروه وسیعی از باکتری‌های مفید خاکزی اطلاق می‌شوند که رشد گیاه میزبان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از مهم‌ترین باکتری‌های می‌توان به، *Azotobacter* *Azospirillum* *Bacillus* *Enterobacter* *Clostridium* *Serratia* *Arthrobacter* اشاره نمود (آرام و همکاران، ۱۳۹۰).

¹ Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria

۱-۸ معرفی کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین، بیوسوپرفسفات و

سوپرنیتروپلاس

۱-۸-۱ نیتروکسین

بیش از ۸۷ درصد از ترکیبات گازی در جو زمین را گاز نیتروژن تشکیل می‌دهد. این عنصر از عناصر پر مصرف و مهم برای بقائه گیاهان است اما شکل مولکولی آن برای گیاهان قابل جذب نیست که این امر می‌تواند خود بیانگر این اصل باشد که نیتروژن یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات در جهان است. برای رفع این مشکل استفاده از کودهای نیتروژنه راه حل معمولی است اما آلودگی‌های نیتراتی آب‌های سطحی و زیرزمینی و در نهایت مسمومیت انسان و سایر موجودات که در نتیجه مصرف بی‌رویه و غیر اصولی این کودها رخ می‌دهد، باعث تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات گردید (خسروی، ۱۳۹۳). بطور خلاصه ازت در ساختمان اسید آمینه، آمیدها و نوکلئوتیدها، نوکلئوپروتئین‌ها و تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها یکی از اجزای لازم و ضروری است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). همچنین تقریباً تمام خاک ایران به علت عدم مواد آلی دارای سطح پایین از نیتروژن می‌باشد. به عنوان یک نتیجه‌گیری در این مورد، تهیه نیتروژن از طریق شیمیایی با رعایت اصول زیست محیطی و همچنین تولید کودهای آلی و بیولوژیک یک موضوع ضروری است (بائودونگ چن و همکاران، ۱۹۹۳).

اولین دیازوتروف آزادزی که بیش از یک قرن پیش (۱۹۰۱) کشف شد ازتوباکتر بود (شکل ۱-۱). این باکتری حدوداً از نیم قرن گذشته، به عنوان مایه تلقیح در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت (خسروی، ۱۳۹۳). کود بیولوژیک مایع نیتروکسین شامل مؤثرترین باکتری تثبیت نیتروژن، از جمله ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (مقدار آن‌ها 10^8 کلنی باکتری برای هر جنس باکتری در هر میلی لیتر کود)

است که منجر به تثبیت نیتروژن، جذب و تعادل مواد مغذی و ریزمغذی‌های مورد نیاز گیاه می‌شود (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۶ و ساریخانی و انصاری، ۱۳۹۳). کود زیستی مایع نیتروکسین دارای ۰/۱۶ درصد نیتروژن، ۷/۱۸ میلی گرم در لیتر فسفر و ۰/۶۴ میلی گرم در لیتر پتاسیم است (ساریخانی و انصاری، ۱۳۹۳).

نیتروکسین باعث رشد و توسعه ریشه و ساقه گیاه و سنتز و دفع محرک‌های رشد گیاه مانند انواع هورمون تنظیم کننده (اکسین)، و همچنین تولید اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن، سایدروفور و غیره می‌گردد. همچنین باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول با حفاظت از ریشه در برابر عوامل بیماری‌زا زمینی می‌شود. از توباکترها تثبیت کننده‌های نیتروژن جو هستند. میزان تثبیت نیتروژن از طریق این باکتری ۲۰-۴۰ کیلوگرم/هکتار بوده و بستگی به فعالیت باکتری‌ها، خاک و شرایط آب و هوایی منطقه دارد (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۶).

از توباکتر، سودوموناس و آزوسپریلیوم به غیر از تثبیت نیتروژن باعث سنتز هورمون‌های رشدی در گیاهان، تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شوند و چون دارای ترکیبات قارچ کش هستند از بروز بیماری‌های قارچی جلوگیری می‌کنند (شعبان‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹ و داودی‌فر و همکاران، ۱۳۹۲).

باکتری‌های از توباکتر با استفاده از مکانیسم‌های مختلف، باعث افزایش عملکرد می‌گردند. این مکانیسم‌ها عبارتند از: تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید هورمون اکسین، توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و ترشح اسیدهای آلی در ریزوسفر. این ریز جانداران قادرند با استفاده از مکانیسم‌های مذکور تا ۲۰ درصد عملکرد را افزایش دهند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۳).



شکل (۱-۱) از راست به چپ به ترتیب: سلول رویشی از توباکتر، کلنی از توباکتر و کیست از توباکتر

(خسروی، ۱۳۹۳)

۱-۸-۲ بیوسوپرفسفات

عنصر فسفر معمولاً در غلظت‌های خیلی پایین در محلول خاک وجود دارد. این عنصر جزء ضروری در ترکیبات انتقال دهنده انرژی (ATP) و دیگر نوکلئوپروتئین‌ها، سیستم انتقال اطلاعات ژنتیکی (DNA و RNA)، غشاء سلولی (فسفولیپیدها) و فسفوپروتئین‌ها است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). کود شیمیایی فسفر اصلی‌ترین منبع تأمین این عنصر در کشاورزی است ولی نزدیک به ۷۵ تا ۹۰ درصد از کود فسفر اضافه شده به خاک توسط ترکیب‌های پیچیده آهن، آلومینیوم و کلسیم تثبیت می‌شود (توران و همکاران، ۲۰۰۶). مواد اولیه برای تولید کود فسفر سنگ فسفریک است. استفاده از آپاتیت، شایع‌ترین منبع مورد استفاده در تولید آن است (استمفورد و همکاران، ۲۰۰۳). تولید محلول کود فسفات، مانند سوپر فسفات نیاز به مصرف انرژی بالاتر، استراتژی‌های خاص و انجام تحقیقات بیشتر برای استفاده بهینه و اقتصادی‌تر از فسفات خاک دارد (گودرت و سوزا، ۱۹۸۹ و استمفورد و همکاران، ۲۰۰۳).

فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان است که نقش اساسی در شکل‌گیری دانه دارد و همچنین به مقادیر زیاد در میوه و دانه یافت می‌شود. با این حال، با استفاده غیر معمول و نامناسب از کود فسفر، متأسفانه اثرات سوء بر جامعه کشاورزی تحمیل شده است (کریمیان، ۱۳۷۹) که عدم تعادل مواد

مغذی در گیاهان و کاهش عملکرد محصول در میان این عوارض می‌باشد (سفری و ملک زاده، ۱۳۸۴). مواد مغذی و کودهای بیولوژیکی می‌توانند به عنوان مکمل و کاهش دهنده مصرف کودهای شیمیایی، در صورت نیاز به استفاده از چنین کودی، مورد استفاده قرار گیرد (حیدری و قادری، ۱۳۸۹).

بیوسوپرفسفات جز کودهای زیستی فسفات است که جنس باکتری‌های به کار گرفته شده در آن متعلق به جنس‌های سودوموناس و باسیلیوس می‌باشد. این باکتری‌ها نقش مهمی در حل کنندگی فسفات نامحلول خاک دارند، بنابراین انتظار نیز بر این است که کودهای مذکور بیشترین حل کنندگی را برای فسفات نامحلول داشته باشند. سویه‌های حل‌کنندگان فسفات با تولید اسیدهای آلی همانند؛ اگزالیک اسید، ملانیک اسید، سوکسینیک اسید و همچنین ترکیباتی از قبیل لاکتیک اسید، ایزوبوتیریک اسید و استیک اسید قادر به انحلال فسفات نامحلول هستند و حرکت این عنصر را در خاک افزایش می‌دهند (بی نام، ۲۰۰۶؛ آرام و همکاران، ۱۳۹۰ و اسحق‌سردرود، ۱۳۹۳). از مهمترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توان *Bacillus*، *Enterobacter agglomerans*، *Bacillus polymixa*، *Bacillus subtilis*، *Bacillus*، *circulance*، *megaterium* را نام برد (آرام و همکاران، ۱۳۹۰)، که دو کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس مورد استفاده در این تحقیق حاوی یک سری از این باکتری‌ها هستند. باکتری حل‌کننده فسفات باعث ترشح فسفاتاز و اسیدهای آلی و در نتیجه تولید محلول فسفات و افزایش جذب فسفات توسط گیاهان می‌شوند (توران و همکاران، ۲۰۰۶ و رودر و همکاران، ۱۹۹۹).

کود بیوسوپرفسفات مایع، دارای ۰/۱۳ درصد نیتروژن، ۷/۶۸ میلی گرم در لیتر فسفر و ۱/۵۴ میلی گرم در لیتر پتاسیم است. این کود دارای باکتری‌های *Pseudomonas spp* و *Bacillus spp* است که مقدار آن‌ها 10^7 کلنی باکتری برای هر جنس باکتری در هر میلی لیتر کود است (ساریخانی و انصاری، ۱۳۹۳).

مطالعات انجام شده در خصوص استفاده از کودهای فسفر بیولوژیک با استفاده از باکتری‌های آزادکننده فسفر در خاک‌های حاوی فسفر معدنی به منظور تبدیل فسفر غیرفعال موجود در ترکیبات غیرقابل جذب برای گیاه به فسفر فعال و قابل جذب، از جمله موارد بسیار با ارزشی است که بهره‌گیری از نتایج آن، می‌تواند ضمن داشتن مزیت‌های اقتصادی ناشی از جایگزینی کودهای فسفر بیولوژیک با کودهای فسفره (مانند فسفات آمونیوم و سوپرفسفات)، از نظر زیست محیطی نیز بسیار ارزشمند باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۵).

۱-۸-۳ سوپرنیتروپلاس

پتاسیم مانند نیتروژن و فسفر از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاه می‌باشد. مقدار پتاسیم موجود در پوسته زمین، حدود ۱/۹ تا ۲/۳ درصد است (مقدار کل پتاسیم موجود در خاک‌های زراعی بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد می‌باشد). این مقدار در مقایسه با دیگر عناصر پرنیاز قابل توجه می‌باشد. گیاهان، مانند نیتروژن به پتاسیم نیاز فراوان دارند. معمولاً مقدار برداشت پتاسیم بین ۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۲۵ تا ۷۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) می‌باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

کود زیستی سوپرنیتروپلاس مایع، دارای ۰/۰۵ درصد نیتروژن، ۸/۱۸ میلی گرم در لیتر فسفر و ۰/۹ میلی گرم در لیتر پتاسیم است. این کود دارای باکتری‌های *Pseudomonas spp*، *Bacillus subtilis* و *Azospirillum spp* است که مقدار آن‌ها 10^7 کلنی باکتری تثبیت کننده ازت و محرک رشد در هر میلی لیتر کود و 10^8 اسپور و سلول زنده *Bacillus* می‌باشد (ساریخانی و انصاری، ۱۳۹۳ و بهنه و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۹ اهداف این پژوهش:

- ۱- با توجه به شرایط اقلیمی کشور، یک اصل بنیادین در تحقیقات کشاورزی (حبوبات) توجه به مسئله کمبود آب و تنش خشکی است.
- ۲- پیدا کردن روشی برای دستیابی به افزایش محصول بر مبنای اصول و اهداف کشاورزی پایدار و اکولوژیک.
- ۳- بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک نخود تحت تأثیر تنش خشکی و کودهای بیولوژیک مایع.
- ۴- تعیین مناسب‌ترین کود بیولوژیک مایع مصرفی برای گیاه نخود.
- ۵- تعیین حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه نخود به تنش خشکی.

فصل دوم

مروری بر منابع

۱-۲ اثرات تنش خشکی بر گیاه

۱-۱-۲ اثر تنش خشکی بر رشد رویشی گیاهان

اثرات تنش خشکی در بقولات نسبت به سایر گیاهان پیچیده‌تر به نظر می‌رسد، زیرا استقرار گیاه و فعالیت همزیستی ریزوبیوم و گیاهان میزبان به تنش خشکی حساس‌تر است (ربیعیان و همکاران، ۱۳۸۹). تنش خشکی قادر است میزان تثبیت نیتروژن، تنفس گره‌ها، وزن خشک ساقه و ریشه گیاه و بازده گیاه را کاهش دهد (کک و همکاران، ۱۹۸۴). یکی از اثرهای اولیه کمبود آب کاهش رشد گیاه است. کاهش گسترش برگ‌ها برای گیاه در شرایط کمبود آب سودمند است، زیرا منجر به سطح برگ کمتر و کاهش تعرق می‌گردد (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۷). از طرفی فراهم بودن آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب در گیاه را به دنبال خواهد داشت (خرمدل و همکاران، ۱۳۸۷). محاسبه وزن خشک گیاه یکی از مطمئن‌ترین روش‌های ارزیابی میزان رشد در گیاهان است. زمانی که وزن خشک گیاه کم باشد نشان می‌دهد که گیاه توانایی کمتری برای استفاده از شرایط محیطی و یا تحمل شرایط نامساعد محیط را داشته است و در نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی آن کاهش یافته است (حبیبی، ۱۳۹۰). اثر تنش در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌های لوبیا گردید (سرمندیا و کوچکی، ۱۳۸۸).

۲-۱-۲ اثر تنش خشکی بر رشد زایشی گیاهان

در آغاز گلدهی در گیاه نخود، رشد رویشی سریع است و در صورت فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره رشد زایشی و نیز میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد. چنین وضعیتی منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در گیاه و در نتیجه تشکیل غلاف‌های بیشتر می‌گردد (انجم شعاع، ۱۳۹۰). در آبیاری معمول، گیاه از طول دوره زایشی طولانی‌تری برخوردار می‌باشد و زمان لازم برای تولید گل و غلاف بیشتر

می‌شود. اما در شرایط تنش خشکی، ریزش گل افزایش و تعداد غلاف در هر بوته کاهش یافت (عیوضی و همکاران، ۱۳۹۱). اگر گیاه نخود طی رشد زایشی به مدت طولانی در معرض روزهای گرم (۳۵ درجه سانتی گراد) قرار گیرد، دوره پر شدن دانه کاهش یافته، تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن دانه افت می‌کند در نتیجه عملکرد دانه شدیداً کاهش می‌یابد (وقار و همکاران، ۱۳۸۸). با افزایش شدت تنش خشکی در گیاه نخود، مدت پر شدن دانه، وزن نهایی دانه و عملکرد دانه افت پیدا کرد (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). در مرحله زایشی، حساسیت گیاه نسبت به تنش خشکی بیشتر است. این تنش از تولید سلول‌های بنیادی گل جلوگیری می‌کند اما با انجام آبیاری در بوته‌های تنش دیده، سلول‌های بنیادی در مقایسه با بوته‌های شاهد، با سرعت بیشتری تولید می‌شوند (سرمدنیا، ۱۳۷۲). با بروز تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه نخود، کمبود آب و بالا رفتن درجه حرارت محیط، افت شدید عملکردی را به دنبال داشت (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۱-۲ اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان

شناخت عوامل مؤثر بر محدودیت‌هایی که برای دستیابی به عملکردهای بیشتر در محصولات زراعی وجود دارد، می‌تواند اقدامی مؤثر در تولید پایدار باشد (غلامی‌زالی و همکاران، ۱۳۹۴). تنش خشکی از مهمترین عوامل کاهش‌دهنده رشد ریشه، اندام‌های هوایی و عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌باشد (شعبان و همکاران، ۱۳۹۰ و توکر و همکاران، ۱۹۹۸). یکی دیگر از دلایل کاهش عملکرد در شرایط خشکی برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای گیاه در شرایط کمبود آب می‌باشد (لوپس و همکاران، ۱۹۸۶). شرایط محیطی، به خصوص تنش خشکی، از عوامل مهم در بیان فنوتیپی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه است (غلامی‌زالی و همکاران، ۱۳۹۴ و سزیلگی، ۲۰۰۳). بطور کلی تنش خشکی، در نواحی مدیترانه‌ای و نیمه خشک، یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که عملکرد گیاه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (گور

و همکاران، ۲۰۰۸). با شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد و محدودیت‌هایی که برای دستیابی به عملکردهای بیشتر در محصولات زراعی وجود دارد، می‌توان بصورت مؤثرتری در تولید ارقام سازگار و پرمحصول گام برداشت. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های محیطی است که اغلب موجب می‌گردد عملکرد دانه کاهش یابد (اسنوه و الیز، ۱۹۹۶) یعنی می‌تواند از طریق تأثیر بر فرایندهای رشدی در طی دوره رشد و نمو مقدار عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد، اما شدت تأثیر، بسته به زمان، شدت، مرحله‌ی رشدی گیاه و نوع گیاه ممکن است متفاوت باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ توماس و همکاران، ۲۰۰۳؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶ و امام ۱۳۸۶). کمبود رطوبت در لایه‌های سطحی خاک، ممکن است سبب شود که گیاه رطوبت مورد نیاز خود را از لایه‌های عمیق‌تر خاک که عناصر غذایی ضروری در آن‌ها کم است، استخراج کند. بدین ترتیب، گیاه دچار تنش عناصر غذایی می‌شود. مجموع این عوامل، موجب کاهش اندازه گیاه و کاهش ذخایر فتوسنتزی موجود برای پرکردن غلاف‌ها می‌شود و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (بنجامین و نلسون، ۲۰۰۶ و سزیلگی، ۲۰۰۳).

۲-۱-۴ تأثیر تنش خشکی بر عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک گیاهان

۲-۱-۴-۱ تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز گیاه

تأثیر تنش خشکی معمولاً به صورت کاهش رشد و فتوسنتز بروز می‌کند و با متابولیسم کربن و نیتروژن در ارتباط است. در زمان وقوع تنش‌های شدید خشکی بخش زیادی از آب پروتوپلاسم از دست می‌رود و فقط آب پیوندی درون سلول‌ها باقی می‌ماند. این شرایط برای گیاه کشنده است. کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی به دلیل محدود شدن فتوسنتز صورت می‌گیرد. عوامل محدود کننده فتوسنتز، شامل عوامل روزنه‌ای، که منجر به کاهش انتشار CO_2 به فضای زیر روزنه‌ای در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند، و عوامل غیر روزنه‌ای که فتوسنتز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر فرایند-

های بیوشیمیایی فرایندهای کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند. کمبود رطوبت موجب بسته شدن روزنه‌ها شده و میزان تعرق را کاهش می‌دهد. همچنین پتانسیل آب بافت‌های گیاه و فتوسنتز و رشد را کاهش می‌دهد و باعث تجمع اسید آبسزیک، پرولین، مانیتول، سوربیتول و سنتز انواع جدیدی از پروتئین-ها می‌شود (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۷). تنش خشکی، رشد رویشی و عملکرد را از طریق افت سطح برگ و فتوسنتز کاهش می‌دهد در نتیجه با توجه به شدت تنش و مرحله نمو، تنش منجر به کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی می‌شود (ربیعیان و همکاران، ۱۳۸۹). عیوضی و همکاران (۱۳۹۱)، حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی در نخود رقم جم، تحت شرایط گلخانه‌ای را مرحله گل‌دهی دانستند چون تنش خشکی در این مرحله، باعث کاهش سرعت فتوسنتز خالص می‌شود که در نهایت تعداد دانه در بوته، وزن خشک تجمعی، سرعت رشد نسبی را هم کاهش می‌دهد.

پایداری کلروفیل، از شاخص‌های تنش خشکی بشمار می‌آید. بالا بودن میزان این شاخص به معنای عدم تأثیر تنش بر گیاه و دسترسی بهتر گیاه به نور است. نفوذ نور به کف کانوپی گیاهان بستگی به رشد رویشی بوته‌ها دارد. در نتیجه عدم آبیاری، شاخص برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی و رشد رویشی گیاه کاهش می‌یابد و در نهایت باعث افزایش نفوذ نور به سطح مزرعه و در نتیجه کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره‌های مختلف رشدی گیاه می‌شود (پزشکیپور و همکاران، ۱۳۸۴). وقوع تنش خشکی در محیط باعث می‌شود که گیاه روزنه‌های خود را بندد، در نتیجه میزان CO_2 درون سلولی را کاهش می‌یابد که باعث کاهش فتوسنتز و سوخت ساز در برگ می‌شود (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). تنش در مراحل گلدهی و غلافدهی باعث افت شدید سرعت فتوسنتز خالص شد زیرا گیاه نخود در مرحله رشد زایشی دارای رشد فعالی است و تنش باعث افت آن می‌شود (امیری‌ده احمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۴-۱-۲ تأثیر تنش خشکی بر تبخیر و تعرق گیاه

مجموع آبی که در مزرعه از طریق تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه، از محیط خارج می‌شود تبخیر و تعرق^۱ (ET) نامیده می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). همان طور که در قبل ذکر گردید، تنش خشکی از عوامل محدود کننده تولیدات گیاهان زراعی است، علت اصلی تنش آب در گیاه افزایش میزان تلفات آب یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو است که در نهایت موجب افزایش تلفات آب ناشی از تعرق در مقایسه با آب جذب شده توسط ریشه‌های گیاه می‌شود (دادخواه و همکاران، ۱۳۹۴ و کیمبال و همکاران، ۲۰۰۲). در نخود، ژنوتیپ‌هایی که حساس به خشکی هستند توانایی کاهش میزان تعرق را ندارند که این ضعف باعث می‌گردد آب درون برگ‌ها به میزان فراوانی از گیاه خارج شود و گیاه با آسیب جدی روبرو گردد (جلل و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۴-۱-۳ تأثیر تنش خشکی بر تنظیم کننده‌های اسمزی در گیاهان

از مهم‌ترین مکانیزم‌های تحمل به خشکی در گیاهان در زمان بروز تنش، تنظیم اسمزی است. گیاه با تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین در سیتوپلاسم و کربوهیدرات‌های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۹۳ و دادخواه و همکاران، ۱۳۹۴). پرولین یکی از مولکول‌های آلی است که در گیاهان به عنوان محافظ پایداری ماکرومولکول‌ها (پروتئین‌ها و غشاءها)، منبع انرژی، خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و تنظیم پتانسیل اکسید و احیایی، در شرایط تنش نقش بسیار مهمی دارد. تنش خشکی موجب توقف سنتز و تخریب پروتئین‌ها، انباشت برخی اسیدآمین‌های آزاد در جهت حفظ و تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌ها در گیاهان می‌شود. مقدار پروتئین بافت‌های گیاه تحت شرایط خشکی یا شوری به دلیل افزایش تجزیه پروتئین و کاهش سنتز پروتئین، کاهش می‌یابد و در

¹ Evapotranspiration

نتیجه باعث کاهش رشد گیاه خواهد شد (دادخواه و همکاران، ۱۳۹۴).

پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی در سطوح مورفولوژیکی، آناتومیکی، سلولی و مولکولی متفاوت است. یکی از این مکانیسم‌های مقابله با تنش خشکی تولید اسمولیت‌های سازگار است. در مقیاس سلولی، گیاه اثر مضر تنش را با افزایش متابولیسم و تنظیم اسمزی از طریق تجمع مواد آلی و معدنی در سلول-های خود کاهش می‌دهد و فشار تورژسانس سلول خود را منظم می‌کند (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۹۱). پتانسیل ماتریک در شرایط تنش خشکی، همزمان با خشک شدن خاک، منفی‌تر می‌شود. گیاهان تا زمانی که پتانسیل آب آنها پایین‌تر از پتانسیل آب خاک باشد قادر به ادامه جذب آب از خاک خواهند بود. گیاهان آثار مضر تنش کم‌آبی را با افزایش متابولیسم و تنظیم اسمزی کاهش می‌دهند.

بیشتر تنظیم اسمزی معمولاً بر اثر افزایش غلظت گروهی از ترکیبات از جمله قندها (ساکارز و فروکتان)، پلی‌اول‌ها (سوربیتول و مانیتول)، اسیدهای آمینه (پرولین)، آمین‌های چهارگانه (گلیسین و بتائین) و یون‌های غیرآلی خصوصاً K^+ است (کافی و همکاران، ۱۳۸۹) که در این میان افزایش غلظت پرولین نقش بسیار مؤثری در سازگاری گیاه با شرایط خشکی دارد.

پرولین به عنوان یک اسمولیت سازگارکننده نقش مهمی در تنظیم اسمزی درون سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین‌ها و غشاء سلولی، جاروب کردن گونه‌های اکسیژن رادیکال (ROS) و تنظیم pH سلولی و واکنش‌های اکسیداسیون و احیا، دارد (ور بروگن و هرمونز، ۲۰۰۸). افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش خشکی، یک نوع سازوکار مهم در گیاهان جهت تحمل تنش است که از طریق تنظیم فشار اسمزی صورت می‌گیرد و از خسارت تنش اکسیداتیو جلوگیری می‌کند (آئین، ۱۳۹۱).

۲-۲ تأثیر کودهای بیولوژیک بر رشد گیاهان

۱-۲-۲ تأثیر کود نیتروکسین بر خصوصیات رشدی گیاهان

باکتری‌های ازتوباکتر با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید هورمون اکسین، توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و ترشح اسیدهای آلی در ریزوسفر قادر به افزایش عملکرد ذرت تا بیست درصد می‌باشند (مهرپویان و همکاران، ۱۳۹۰). در شرایط تنش شدید اغلب پیری تسریع می‌شود و این به خصوص در مقادیر بالاتر نیتروژن شدیدتر است. بنابراین بین تنش خشکی و نیتروژن رابطه متقابل وجود دارد و مصرف نیتروژن در شرایط خشک دارای اثر منفی بر عملکرد دانه است (پاپستیلین، ۱۹۹۵). تلقیح بذور گلرنگ با باکتری‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر باعث افزایش ۳۵ و ۲۱ درصدی عملکرد و اجزاء عملکرد دانه این گیاه می‌شود (سلیمانی فرد و سیادت، ۱۳۹۰). این باکتری‌ها از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاهان هستند که باعث تثبیت نیتروژن، محلول کردن فسفر خاک و تولید مقادیر قابل توجه هورمون‌های تحریک کننده رشد می‌شود که در نتیجه عملکردهای رشدی گیاهان را تحت تأثیر می‌گذارد (داودی فر و همکاران، ۱۳۹۲).

سرعت رشد کنگد در دوره رشد تحت تأثیر تلقیح نیتروکسین، باعث افزایش ۴۴/۲۷ درصدی CGR (سرعت رشد محصول) شد (سجادی نیک و یدوی، ۱۳۹۱) و همچنین در تحقیقی دیگر نیتروکسین عملکرد دانه کنگد را ۸/۵ درصد افزایش داد (سلیمانی فرد و سیادت، ۱۳۹۰ و جاشنکار و وهاب، ۱۳۸۴). سبز شدن سریع تر بوته‌های پنبه در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به دلیل تولید ترکیباتی مانند ایندول-۳- استیک اسید می‌باشد که توسط این باکتری‌ها ترشح می‌شود. همچنین افزایش وزن خشک ریشه و ساقه پنبه در اثر تلقیح با این باکتری‌ها را گزارش کردند (حافظ و همکاران،

۲۰۰۴). ریزو باکتری‌های محرک رشد مانند ازتوباکترها، آزوسپریلیوم و سودوموناس، باعث افزایش ماده خشک در نخود شدند (رخزادی و همکاران، ۱۳۸۷) همچنین این باکتری‌ها و باکتری‌های حل کننده فسفات روی شاخص‌های رشدی گیاه مرزنجوش اثرات قابل توجهی داشتند (فاتما و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲-۲ تأثیر کود بیوسوپرفسفات بر خصوصیات رشدی گیاهان

در بین باکتری‌های حل کننده فسفات، باکتری‌های جنس سودوموناس به دلیل توزیع گسترده در خاک و توانایی کلونیزه کردن ریشه بسیاری از گیاهان و تولید طیف گسترده‌ای از سوخت و سازگرها، اهمیت ویژه‌ای دارند. از مهم‌ترین برتری‌های تلقیح بذر با زادمایه این باکتری‌ها می‌توان به افزایش سرعت سبز شدن، افزایش رشد ریشه، کنترل عامل‌های بیماریزا، افزایش سطح برگ، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش فعالیت میکروبی خاک و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه اشاره کرد (وسی، ۲۰۰۳). در مقایسه میانگین اثرات اصلی کود بیولوژیک، ارتفاع بوته در تیمار نیتروکسین-بیوسوپر بیشترین تأثیر را داشته است و باعث افزایش ارتفاع به میزان ۳/۸۵ درصد نسبت به شاهد شده و همچنین تعداد نیام را در نخود رقم پیروز افزایش، و در نتیجه عملکرد را بالا برد (ربیعیان و همکاران، ۱۳۸۹). هوشنگ خسروی (۱۳۹۲) اثر *Bacillus subtilis* بر افزایش سبز شدن بادام زمینی را معنی‌دار ذکر نمود. سویه‌های مختلف *Bacillus* توانستند از طریق تثبیت نیتروژن و انحلال فسفات‌های نامحلول، رشد جو را افزایش دهند (مصطفی و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهشی نشان داده شد که باکتری‌های محرک رشد *Bacillus* با تولید هورمون جیبرلین باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد بهتر کاج شدند (پروبانزا و همکاران، ۲۰۰۲). فسفر به دلیل حضور در ساختمان آدنوزین تری فسفات (ATP)، نقش مهمی در متابولیسم گیاه و تثبیت بیولوژیک نیتروژن دارد، اما قابلیت جذب این عنصر به دلیل تثبیت توسط یون‌های معدنی نظیر آلومینیوم، آهن و کلسیم به شدت کاهش می‌یابد. باکتری‌های باسیلیوس و سودوموناس،

باعث آزاد سازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌شوند. در نتیجه استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی این باکتری‌ها می‌تواند در حلالیت فسفر کمک شایانی داشته باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). مصرف فسفر غیر از تأثیر در مراحل توسعه ریشه و شاخه‌زایی در مراحل زایشی و پر شدن دانه کلزا بسیار موثر است. کمبود آن علاوه بر کاهش تشکیل شاخه‌های جدید و از بین رفتن گل‌ها موجب ضعف عمومی قسمت‌های زایشی گیاه و بروز سایر کمبودها در کلزا می‌گردد (مدنی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۲-۳ تأثیر کود سوپرنیتروپلاس بر خصوصیات رشدی گیاهان

مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای بیولوژیک و رقم روی صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف لوبیا نشان داد که تأثیر سوپرنیتروپلاس بر روی رقم گلی لوبیا قرمز باعث افزایش تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و همچنین افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد (بهینه و همکاران، ۱۳۹۰). استفاده از مواد آلی دارای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، به عنوان منبع کودی جایگزین، با افزایش عملکرد چغندر قند همراه بوده است (پوستینی و نجفی نژاد، ۱۳۷۶). تدوین ماده تلقیحی باکتریایی یا کودهای بیولوژیک که شامل یک ماده یا بیشتر باشد، برای کشاورزان آسان‌تر و مقرون به صرفه‌تر است (باشان، ۱۹۹۸). همچنین فرمول مایع یک روش مؤثر تلقیح بذر با کود است (کارزیکا و وانانگامودی، ۲۰۱۳). اثر مثبت *Bacillus* و *Agrobacterium*، *Pseudomonas* در افزایش جوانه‌زنی و ریشه‌زایی بذرهای گیاهان مختلف همانند کاج، بادام، گردو، اکالیپتوس، هلو، آناناس و سیب به اثبات رسیده است (خسروی، ۱۳۹۲). خاوازی (۱۳۸۸) گزارش داد که پنج سویه از سودوموناس موجب افزایش عملکرد دانه گندم در آزمون‌های مزرعه-ای در کرمانشاه شدند و این در حالی بود که هیچ کدام از سویه‌ها اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه در مشهد و داراب فارس نداشتند. نتایج تحقیقات خاوازی نشان می‌دهد که شرایط اکوسیستم می‌تواند بر عملکرد باکتری تأثیر گذار باشد.

فصل سوم

مواد و روش ها

۱-۳ زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در منطقه بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود-آزادشهر) اجرا گردید. مختصات اکولوژیک محل آزمایش در جدول (۱-۳) ذکر گردیده است.

(جدول ۱-۳) ویژگی‌های اکولوژیک محل آزمایش (موقعیت جغرافیای و برخی از شاخص‌های هواشناسی)

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| عرض جغرافیایی | ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی |
| طول جغرافیایی | ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی |
| ارتفاع از سطح دریا | ۱۳۶۶ متر |
| متوسط بارنگی سالیانه منطقه | ۱۶۱/۱ میلی متر |
| حداکثر درجه حرارت مطلق هوا | ۲۵ درجه سانتی گراد |
| حداقل درجه حرارت مطلق هوا | ۱۱ درجه سانتی گراد |
| متوسط حداکثر دمای سالیانه | ۳۹ درجه سانتی گراد |
| متوسط حداقل دمای سالیانه | ۹/۶ درجه سانتی گراد |
| درصد رطوبت نسبی هوا | ۴۹ درصد |
| بادهای مهم ناحیه | بادهای غربی و کویری |
| توپوگرافی وضعیت | دامنه جنوبی سلسله جبال البرز |
| نوع اقلیم | سرد و خشک |

اطلاعات هواشناسی بر اساس پورتال سازمان هواشناسی کشور-پورتال اداره کل هواشناسی شهرستان شاهرود می‌باشد.

۲-۳ ویژگی‌های خاک محل آزمایش

از خاک قطعه آزمایشی مزرعه، قبل از عملیات کاشت در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری به عمل آمد. نمونه مرکب به دست آمده از نمونه‌های جمع شده به آزمایشگاه منتقل و نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول (۲-۳) نشان داده شده است.

جدول (۲-۳) خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

| نیترژن N (%) | فسفر قابل دسترس P (ppm) | پتاسیم K (ppm) | مواد آلی OM (%) | لای Silt (%) | رس Clay (%) | شن Sand (%) | اسیدیته (pH) | هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹) | بافت خاک Texture |
|--------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---|---------------------|
| ۰/۱۳ | ۲۱ | ۲۴۶ | ۰/۴۰ | ۵۸ | ۱۹ | ۲۳ | ۷/۷ | ۲/۸۷ | لومی رسی |

۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در طرح قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح عدم تنش (a_1)، تنش در مرحله گلدهی (a_2)، تنش در مرحله پر شدن غلاف (a_3) و عامل فرعی شامل عدم مصرف کود (b_1)، مصرف کودهای تجاری بیولوژیک مایع نیتروکسین (b_2)، سوپرنیتروپلاس (b_3) و بیوسوپرفسفات (b_4) بود. تیمارهای تنش، پس از رسیدن بوته‌ها به مراحل گلدهی و پر شدن غلاف، و تیمار کودها علاوه بر مرحله بذرمال در مراحل اولیه رشد رویشی گیاه به صورت سرک اعمال شدند. در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت-های آزمایشی ۴۸ کرت بود (جدول ۳-۳).

جدول (۳-۳) ترکیبات تیماری آزمایش

| | |
|-------------------------------|--|
| a ₁ b ₁ | شاهد |
| a ₁ b ₂ | کود زیستی نیتروکسین مایع بدون تنش |
| a ₁ b ₃ | کود زیستی سوپرنیتروپلاس مایع بدون تنش |
| a ₁ b ₄ | کود زیستی بیوسوپرفسفات مایع بدون تنش |
| a ₂ b ₁ | تنش مرحله گلدهی بدون کود |
| a ₂ b ₂ | تنش مرحله گلدهی همراه با کود زیستی نیتروکسین مایع |
| a ₂ b ₃ | تنش مرحله گلدهی همراه با کود زیستی سوپرنیتروپلاس مایع |
| a ₂ b ₄ | تنش مرحله گلدهی همراه با کود زیستی بیوسوپرفسفات مایع |
| a ₃ b ₁ | تنش مرحله پرشدن غلاف بدون کود |
| a ₃ b ₂ | تنش مرحله پرشدن غلاف همراه با کود زیستی نیتروکسین مایع |
| a ₃ b ₃ | تنش مرحله پرشدن غلاف همراه با کود زیستی سوپرنیتروپلاس مایع |
| a ₃ b ₄ | تنش مرحله پرشدن غلاف همراه با کود زیستی بیوسوپرفسفات مایع |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rep1 | b_1 | b_2 | a_1 | b_4 | b_3 | b_1 | b_2 | a_2 | b_3 | b_4 | b_2 | b_3 | b_4 | b_3 |
| Rep2 | a_3 | | | | a_1 | | | | a_2 | | | | | |
| | b_3 | b_2 | b_1 | b_4 | b_2 | b_1 | b_4 | b_3 | b_1 | b_3 | b_2 | b_4 | b_2 | b_4 |
| Rep3 | a_2 | | | | a_3 | | | | a_1 | | | | | |
| | b_2 | b_3 | b_4 | b_1 | b_4 | b_3 | b_1 | b_2 | b_3 | b_1 | b_4 | b_4 | b_2 | b_2 |
| Rep4 | a_1 | | | | a_2 | | | | a_3 | | | | | |
| | b_1 | b_3 | b_2 | b_4 | b_2 | b_1 | b_3 | b_4 | b_2 | b_4 | b_1 | b_3 | b_1 | b_3 |

شکل (۱-۳) نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده عملیات اجرایی

۱-۳-۳ تهیه و آماده سازی زمین

عملیات آماده سازی زمین در اردیبهشت ۱۳۹۴، در زمینی که در سال گذشته به صورت آیش بود با استفاده از گاوآهن برگردان دار و دیسک، شخم و تسطیح انجام شد. سپس ابعاد کرت ها تعیین گردید. طول هر کرت ۵ متر و عرض آن ۱/۸ متر بود که مشتمل بر ۵ ردیف با فواصل ۳۰ سانتی متر بین ردیف ها و فاصله ۱۵ سانتی متر بین بوته ها بود. همچنین فاصله بین کرت های فرعی در یک کرت اصلی ۶۰ سانتی - متر و فاصله بین دو کرت اصلی ۱/۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت های مجاور روی هم تأثیر نداشته باشند.

۳-۳-۲ کاشت

در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۴، کاشت بذر با دست و در عمق ۳ تا ۴ سانتی متری انجام شد. برای کاهش سله بندی خاک و جوانه زنی بهتر بذر، خاک پوششی با ماسه بادی مخلوط شد. بذر استفاده شده در این آزمایش، رقم بیونیچ نخود بود که یک رقم محلی کرمانشاه است و بعنوان رقمی متحمل به خشکی شناسایی شده است.

۳-۳-۳ داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت بود و بعد از آن تا زمان اعمال تنش هر ۷ روز یک بار آبیاری انجام شد. بعد از استقرار گیاهچه‌ها، به منظور تنک کردن، تعداد بوته در هر محل به یک بوته کاهش یافت. وجین علف‌های هرز به صورت دستی، چندین بار در طول دوره رشد انجام شد.

۳-۳-۴ اعمال تیمارها

۳-۳-۴-۱ سطوح مختلف تنش خشکی

فاکتور تنش در سه سطح تنش شامل a_1 = شاهد (دور آبیاری ۷ روز)، a_2 = تنش در زمان گلدهی (۵۰٪ از مزرعه و دور آبیاری ۱۴ روز یک بار) و a_3 = تنش در زمان پر شدن غلاف و دور آبیاری هر ۱۴ روز یک بار، به عنوان عامل اصلی و تا پایان دوره رشدی گیاه اعمال گردید.

۳-۳-۴-۲ انواع کودهای بیولوژیک مایع مصرفی و نحوه کوددهی

عامل فرعی به صورت کودهای مورد استفاده در این آزمایش شامل: عدم استفاده از کود بیولوژیک مایع (b_1)، کود تجاری بیولوژیک مایع نیتروکسین (b_2)، کود تجاری بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس (b_3)

و کود تجاری بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات (b₄) بود که از شرکت مهرآسیا تهیه گردید. قبل از کاشت و با توجه به نقشه‌ی کشت، بذرها در کرت‌هایی که دارای کودهای بیولوژیک مایع بودند، به نسبت پیشنهادی توسط مشاورین شرکت تولید کننده، بذرمال و سپس در زیر هود خشک و به مزرعه جهت کشت انتقال داده شدند. پس از استقرار کامل بوته‌ها یک مرحله کوددهی هم به صورت سرک طبق نقشه اجرائی در ساعت‌های اولیه صبح انجام شد.

۳-۳-۵ برداشت

در تاریخ ۲۷ مرداد (۱۰۷ روز بعد از کاشت) تعداد ۱۰ بوته بطور تصادفی از سه ردیف وسطی پس از حذف حاشیه‌ها، از هر کرت توسط دست برداشت و نمونه‌ها جهت بررسی و اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه انتقال داده شد.

۳-۴ نمونه برداری

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف تیمارهای کودی و تنش و همچنین اثر متقابل آن‌ها، صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول غلاف، وزن خشک (ساقه، برگ، غلاف)، پایداری غشا، وزن صد دانه، عملکرد و اجزای عملکرد، میزان کلروفیل‌ها، درصد پروتئین دانه، میزان پرولین، درصد عناصر موجود در دانه و برگ (فسفر، پتاسیم، سدیم)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، آب از دست رفته برگ (RWL) اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۵ اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۵-۱ ارتفاع بوته و قطر ساقه

ارتفاع بوته و قطر ساقه بوته‌های انتخاب شده، به ترتیب با خط‌کش و کولیس دیجیتال برحسب سانتی‌متر و میلی‌متر اندازه‌گیری و میانگین آنها به عنوان ارتفاع بوته و قطر ساقه در هر کرت در نظر گرفته شد. برداشت ده بوته برای عملکرد در هر کرت، به صورت تک بوته و در کیسه‌های جداگانه انجام گردید تا کلیه اجزای هر بوته با بوته دیگر به علت خشکی گیاه مخلوط نگردد.

۳-۵-۲ وزن خشک ساقه، برگ و غلاف

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک ساقه، برگ و غلاف، ۱۰ بوته انتخاب شد و به آزمایشگاه انتقال و بخش‌های ساقه، برگ و غلاف جداسازی و به صورت مجزا با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند.

۳-۵-۳ طول غلاف و درصد پوچی غلاف

از جمع غلاف‌های بوته‌های عملکرد در هر کرت ده عدد به صورت تصادفی انتخاب و طول آنها با کولیس مدرج اندازه‌گیری شد. میانگین‌ها حاصل از ده بوته برای هر سه صفت محاسبه گردید.



شکل (۳-۲) اندازه‌گیری طول غلاف‌ها

۳-۶ عملکرد و اجزای عملکرد

یکی از مهمترین اهداف در کشت یک محصول دانه‌ای، رسیدن به عملکرد مطلوب بذر است. اجزای عملکرد در گیاه نخود شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه می‌باشد. برای محاسبه عملکرد از ده بوته برداشت شده از هر کرت استفاده شد. به این صورت که غلاف‌های هر بوته جدا و دانه‌های آن خارج گردید و وزن آنها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در نهایت عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

۳-۷ اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۷-۱ اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید

برای محاسبه غلظت کلروفیل و کاروتنوئید، از روش آرنون (۱۹۶۷) استفاده شد. در این روش تعدادی برگ هم‌سن در هر کرت آزمایشی، در ظرفی حاوی یخ به آزمایشگاه انتقال یافت. مقدار ۰/۱ گرم از بافت تر برگ همراه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در هاون ساییده شد. محتوای هاون به لوله فالكون انتقال و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. پس از خروج نمونه‌ها از دستگاه و جداسازی محلول بالایی فالكون، در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید قرائت شد. لازم به ذکر است که به دلیل حساسیت کلروفیل به نور و تجزیه آن در شدت‌های نور بالا، در کل مراحل اندازه‌گیری، نمونه‌ها در نور ضعیف نگهداری شد. در نهایت مقدار آن‌ها، با استفاده از فرمول زیر برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر، محاسبه شد.

$$\text{Chl}_a = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{647}) V / 100W \quad \text{رابطه (۳-۱)}$$

$$\text{Chl}_b = (19.3 \times A_{647} - 3.6 \times A_{663}) V / 100W \quad \text{رابطه (۳-۲)}$$

$$\text{Chl } t = \text{Chl } a + \text{Chl } b \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

$$C_{x+c} = 100(A_{470}) - 3.27(C_a) - 104(\text{mg } C_b) / 227 \quad \text{رابطه (۳-۴)}$$

C_a مقدار کلروفیل a یعنی (Chl_a) ، C_b مقدار کلروفیل b یعنی (Chl_b) ، C_{x+c} مقدار کل کاروتنوئید، V حجم محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ، W وزن تر نمونه بر حسب گرم در تک بوته و A میزان جذب نور در طول موج‌های مربوطه می‌باشند.



شکل (۳-۳) اندازه‌گیری کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید

۲-۷-۳ پایداری غشاء پلاسمایی

به منظور اندازه‌گیری پایداری غشاء دو سری نمونه ۰/۱ گرمی از نمونه بافت تر برگ به صورت قطعات ریز و یکسان (تقریباً ۰/۵ سانتی‌متر) بریده و در لوله‌های فالكون قرار گرفتند. سپس به هر لوله ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. یک سری از لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (C₂) و سری بعدی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (C₁) به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. پس از خنک شدن عصاره‌ها تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، EC نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. با استفاده از رابطه زیر میزان پایداری غشاء محاسبه گردید (سایرام و همکاران، ۱۹۹۷).

$$\text{رابطه (۳-۵)} = 100 (1 - C_1 / C_2) = \text{شاخص پایداری غشاء}$$



شکل (۳-۴) اندازه‌گیری پایداری غشاء پلاسمایی

۳-۷-۳ اندازه‌گیری پرولین اندام هوایی

جهت اندازه‌گیری میزان پرولین ابتدا ۰/۲ گرم از بافت برگ را انتخاب و ۱۰ سی سی اسید سولفوسالسیک

۳٪ در هاون کوبیده و از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ عبور داده شد. مقدار ۲ سی سی از محلول صاف شده را با ۲ سی سی اسید گلاسیکال استیک و ۲ سی سی اسید نین هیدرین (روش تهیه معرف نین هیدرین به ازای هر نمونه: ۰/۱۲۵ گرم نین هیدرین + ۲ میلی لیتر اسید فسفریک ۶ مولار + ۳ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال) اضافه شد.

نمونه‌ها پس از مخلوط شدن کامل به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن کامل نمونه‌ها و قرار دادن در حمام یخ به هر نمونه مقدار ۴ سی سی تولوئن اضافه و سپس به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز تولوئن شود. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند.

منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد ال-پرولین رسم و در نهایت میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. میزان پرولین آزاد نمونه‌ها بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر محاسبه شد.

توجه: نمونه‌ها و ناین‌هایدرین باید در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شوند.



شکل (۳-۵) اندازه‌گیری پرولین اندام هوایی

۳-۷-۴ اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)^۱

محتوای نسبی آب برگ در آغاز تولید غلاف طی دو هفته متوالی اندازه‌گیری شد. روز قبل از آبیاری، برگ‌های هم سن بین ساعت هفت تا هشت صبح گرفته شد و بلافاصله نمونه‌ها در کلمن حاوی یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از بدست آوردن وزن تازه، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در تاریکی قرار داده شدند و مجدد توزین (وزن اشباع) شدند. این نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و سپس وزن گردیدند (وزن خشک). میزان آب نسبی برگ با استفاده از رابطه (۳-۶)، اندازه‌گیری شد.

$$\text{RWC} = [(FW-DW) / (SW-DW) \times 100] \quad \text{رابطه (۳-۶)}$$

در این معادله FW وزن تازه برگ (گرم)، DW وزن خشک برگ (گرم) و SW وزن اشباع برگ (گرم) می‌باشند (بیان و جیانگ، ۲۰۰۹).



شکل (۳-۶) اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)

¹ Relative water content

۳-۷-۵ اندازه‌گیری آب نسبی ازدست رفته برگ^۱ (RWL)

نمونه برداری‌ها برای اندازه‌گیری این صفت، برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ‌ها به روشی مشابه انجام گرفت. پس از نمونه‌برداری برگ‌ها، نمونه‌ها به دو قسمت هم وزن تقسیم شدند. بوسیله یک قسمت از برگ‌ها ابتدا وزن تازه آنها محاسبه شده و سپس نمونه‌ها به مدت پنج ساعت در آب مقطر قرار داده شد و سپس وزن آماسیده برگ‌ها به دست آمد. قسمت دیگر برگ‌ها به مدت پنج ساعت در هوای آزاد قرار داده شد و پس از ثبت وزن پژمردگی، در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک آنها نیز محاسبه شد. با استفاده از رابطه زیر، میزان آب از دست رفته برگ‌ها محاسبه گردید (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۱).

رابطه (۳-۷)

(وزن خشک - وزن آماسیده) / (وزن پژمردگی - وزن تازه) = آب از دست رفته برگ‌ها (درصد)



شکل (۳-۷) اندازه‌گیری آب نسبی ازدست رفته برگ (RWL)

¹ Relative water loss

۳-۸ اندازه‌گیری صفات کیفی

۳-۸-۱ اندازه‌گیری پروتئین دانه

برای محاسبه میزان پروتئین دانه (هیندز و لو، ۱۹۸۰) ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه نمونه-های مورد آزمایش، با استفاده از دستگاه کج‌دال^۱ نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhad کشور آلمان اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از فرمول، پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. مرحله تیتراسیون به صورت دستی انجام گردید.

برای انجام هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده را با ۷ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶ درصد) و ۱/۱ گرم قرص کاتالیزور یا (مخلوطی از ۱۰ گرم سولفات پتاسیم و ۱۰ گرم سولفات مس ۵ آب و ۲ گرم سلنیم) در لوله‌ها مخلوط و در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار گرفتند. درجه دستگاه ابتدا روی ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت تنظیم شد و سپس دما به مدت یک ساعت به ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و در نهایت دما را به ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شد. نمونه‌ها بعد از مدت نیم ساعت در این دما به رنگ سبز شفاف درآمدند و عمل هضم نمونه‌ها کامل شد. در سری اول که نمونه‌ها را در دستگاه هضم قرار دادیم احتیاج به نمونه شاهد نیز داشتیم که نمونه شاهد حاوی کل مواد بالا به جز نمونه گیاهی بود.

برای انجام عمل تقطیر، نمونه‌ها کاملاً سرد شد. ارلن دستگاه بخش تقطیر حاوی ترکیبی از ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد بود که برای هر نمونه ۲۴ سی‌سی مورد استفاده قرار گرفت، با شروع کار دستگاه تقطیر، در درون لوله حاوی نمونه هضم شده با اضافه شدن اسید، رنگ سبز لجنی ظاهر شد که

^۱ Kejeldahl

این صحت انجام آزمایش را نشان داد و بعد از اتمام کار دستگاه (حدوداً ۴ دقیقه)، رنگ محلول داخل ارلن سبز گردید که هر چه این رنگ تیره‌تر باشد نشان دهنده غلظت نیتروژن بیشتر در نمونه است. برای عمل تیتراسیون، چند قطره معرف متیل رد (حاوی ۶۶ میلی‌گرم متیل رد و ۹۹ میلی‌گرم بروموکروزول گرین در ۱۰۰ سی‌سی اتانول) و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام گرفت، که اضافه کردن اسید سولفوریک تا زمانی که رنگ نمونه آلبالویی یا صورتی شود، ادامه داده شد. حجم اسید مصرفی یادداشت و با استفاده از فرمول زیر مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید.

رابطه (۳-۸)

$$\% N = \frac{1.4008 \times 0.1 \times (V_S - V_B)}{M} \times 100$$

در رابطه فوق :

$N =$ غلظت نیتروژن بر حسب درصد

$0/1 =$ نرمالیت اسید کلریدریک تیتراکننده

$V_S =$ مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه بر حسب میلی‌لیتر

$V_B =$ مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون شاهد بر حسب میلی‌لیتر

$M =$ وزن نمونه بر حسب گرم، می‌باشد.

پس از محاسبه میزان نیتروژن، از طریق ضریب تبدیل پروتئینی در گیاه نخود که ۶/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین به دست آمد.

رابطه (۳-۹) فاکتور پروتئینی $\times \% N =$ میزان پروتئین دانه



شکل (۳-۸) اندازه‌گیری پروتئین دانه

۳-۸-۲ اندازه‌گیری فسفر بذر و برگ

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر (بذر و برگ)، نمونه خشک شده بوسیله آون، آسیاب و ۱ گرم آن جدا و خاکستر خشک تهیه شد (۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد). سپس خاکستر حاصل در ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات وانادات تعیین شد. برای تهیه محلول فسفر ۵۰ نمونه میزان ۰/۳۱ گرم آمونیوم وانادات با ۵/۶۲ گرم آمونیوم مولیبدات مخلوط کرده سپس ۶۲/۵ سیسی اسید نیتریک ۶۰ درصد را اضافه و با آب مقطر به حجم ۱ لیتر رسید. سپس، ۵ سی سی از عصاره بدست آمده، با ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم هپتا مولیبدات وانادات ترکیب و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید. سپس نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و عدد قرائت شده با استفاده از منحنی استاندارد فسفر به میلی‌گرم بر کیلوگرم تبدیل و در نهایت مقدار فسفر بذر محاسبه شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱).



شکل (۳-۹) اندازه‌گیری فسفر بذر و برگ

۳-۸-۳ اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم بذر و برگ

به منظور اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم به روش چاپمن و پرات (۱۹۶۱)، نمونه‌های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از بافت خشک را در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. سپس به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام بن‌ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. سپس نمونه‌ها با دستگاه فلیم فتومتر (نورسنج شعله) قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد به



شکل (۳-۱۰) اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم بذر و برگ

غلطت تبدیل شدند.

۳-۹ محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها و جداول از نرم افزار EXCEL استفاده گردید.

فصل چہارم

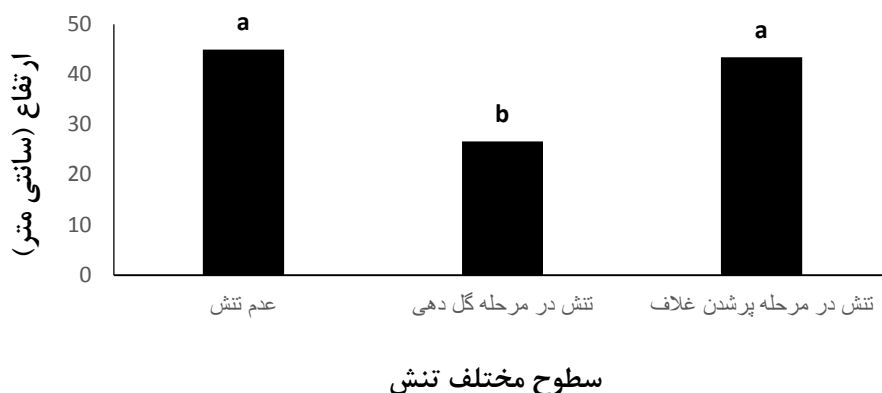
نتیجہ و بحث

۴-۱ صفات زراعی و مورفولوژیک

۴-۱-۱ ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول پیوست ۱) که ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح مختلف خشکی و کودهای بیولوژیک مایع در سطح یک درصد معنی‌دار شد. درحالی‌که اثرات متقابل این دو فاکتور بر صفت مذکور معنی‌دار نشد. با توجه به شکل ۴-۱ می‌توان نتیجه گرفت که تنش فقط در مرحله گلدهی باعث کاهش ارتفاع گیاه شده است و کمترین ارتفاع (۲۶/۶۳ سانتی‌متر) در تنش گلدهی مشاهده شد (شکل ۴-۱). بیشترین ارتفاع بوته در شرایط عدم تنش و تنش پرشدن غلاف حاصل گردید.

با انجام آبیاری و افزایش رطوبت خاک، دروه رشد گیاه افزایش پیدا می‌کند و در نهایت باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. همچنین به علت رشد نامحدود بودن گیاه نخود، در صورت وجود رطوبت کافی، ارتفاع بوته از طریق تحریک ادامه رشد رویشی گیاه، افزایش می‌یابد (کریمی و فرنیا، ۱۳۸۸). رضائیان‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، مشاهده کردند که رژیم‌های مختلف آبیاری بر ارتفاع گیاه نخود اثر معنی‌داری داشته و شرایط عدم آبیاری یا دیم کم‌ترین میزان ارتفاع را نشان داد. برخی از محققان کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش کمبود رطوبت را دلیل بر کاهش تورم نسبی و از دست دادن آب پروتوپلاسم و در نهایت، کاهش تقسیم و توسعه سلول دانسته‌اند (غلامی‌زالی و همکاران، ۱۳۹۴). محققان گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش شدید ارتفاع بوته نخود در تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۰). وقتی تورم نسبی گیاه کم می‌شود، آب از پروتوپلاسم خارج می‌شود و تقسیم و توسعه سلولی کاهش می‌یابد. در نهایت گیاه با کاهش ارتفاع روبرو می‌گردد. همچنین افزایش رطوبت در مرحله گلدهی باعث تأثیر مثبت بر ارتفاع نخود و افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه نخود می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۱ مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای بیولوژیک مایع بر ارتفاع بوته (شکل ۴-۲) نشان داد که با کاربرد کود بیولوژیک مایع نیتروکسین، بیشترین ارتفاع بوته را با میانگین ۴۵/۴۳ سانتی‌متر، نسبت به شاهد با میانگین ۳۰/۵۸ سانتی‌متر ایجاد شد. کودهای سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات نسبت به شاهد عملکرد بهتری را از خود به نمایش گذاشتند اما با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک سطح آماری قرار گرفتند. اثر متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر ارتفاع بوته معنی‌دار نشد. سایر محققان گزارش کردند که ارتفاع بوته در سورگوم دانه‌ای در اثر استفاده از کودهای زیستی حاوی باکتری‌ها، از جمله باکتری ازتوباکتر، بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (آمال و همکاران، ۲۰۱۰). تنش خشکی و اثر برهم‌کنش آن با کاربرد نیتروکسین تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته در گیاه همیشه بهار داشت (جعفر-زاده و همکاران، ۱۳۹۳). در یک تحقیق، کود نیتروکسین بر ارتفاع بوته گندم رقم سبلان اثر مثبت داشت (شریفی و حق‌نیا، ۱۳۸۶). طبق نتایج تحقیق صورت گرفته توسط ربیعیان و همکاران (۱۳۸۹)، اثر سطوح مختلف کود بیولوژیک روی ارتفاع بوته در گیاه نخود در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. در نخود با مصرف کودهای بیولوژیک مایع حاوی ازتوباکتر، ارتفاع بوته نسبت به شاهد افزایش یافت (فیصل انصاری و همکاران، ۲۰۱۴). آقاعلیخانی و همکاران (۱۳۸۶)، نشان دادند که تأثیر کودهای زیستی نیتروکسین،

بیوفسفر و بیوسولفور باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاه دارویی سرخارگل شد و گزارشات نتایج این تحقیق را تأیید کردند. سودوموناس، آزیتوباکتر و آزوسپریلیوم با سنتز هورمون‌های رشدی در گیاهان مختلف از جمله اکسین، مریستم‌های انتهایی گیاه را تحت تأثیر قرار داده و ارتفاع گیاه را افزایش می‌دهند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۲ مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۱-۲ قطر ساقه

نتایج نشان داد که اثرات تنش خشکی در سطح ۵ درصد و کود در سطح ۱ درصد بر قطر ساقه معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کمترین قطر ساقه (۳/۳۶۶ میلی‌متر) مربوط به مرحله تنش گلدهی بود که به میزان ۳۴/۳۷ درصد کم‌تر از شرایطی بود که تنش اعمال نشد. این در حالی است که بین تیمارهای عدم تنش و تنش پر شدن غلاف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۳). علت این کاهش می‌تواند ضعیف شدن بوته‌ها در اثر کاهش رطوبت در دسترس گیاه باشد که رشد گیاه را کاهش می‌دهد و رسیدگی فیزیولوژیکی را تسریع می‌بخشد. قطر ساقه هم مانند ارتفاع ساقه در پاسخ به تنش رفتار مشابهی را نشان داد که تأیید کننده تأثیر بیشتر تنش مرحله گلدهی است. کاهش

قطر ساقه و ارتفاع در ارقام مختلف گیاه گلرنگ بهاره شد (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۳-۴ مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

کمترین میزان قطر ساقه (با میانگین ۳/۰۳۳ میلی متر)، در شرایط عدم مصرف کود بیولوژیک مایع مشاهده شد. بین کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تفاوت معنی داری مشاهده نشد. ضمناً بین کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات هم تفاوت آماری وجود نداشت ولی تفاوت بین نیتروکسین و بیوسوپرفسفات معنی دار بود (شکل ۴-۴).

عموماً قایی و همکاران (۱۳۸۲)، گزارش کردند که اثر متقابل تنش و کود بیولوژیک (نیتروکسین، بیوسفور و بیوسولفور) بر قطر ساقه در گیاه دارویی سرخارگل معنی دار شد. همچنین بیان کردند که تأثیر هورمونی القاء شده در گیاه توسط باکتری‌های محرک رشد بطور مستقیم موجب تغییرات مشخص در مورفولوژی ساقه، نظیر افزایش قطر ساقه می‌شود. سوبه‌های حل کننده نیتروژن و فسفات موجود در کود-های بیولوژیک حاوی باکتری‌ها، با تثبیت نیتروژن روند رشدی گیاهان مختلف را افزایش و گیاه را نسبت به شرایط محیطی نامناسب آماده می‌کنند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



طول و ۴-۴ مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۱-۳ شکل درصد پوچی غلاف

باتوجه به داده‌های جدول پیوست ۲، اثر هیچکدام از فاکتورها بر طول غلاف و درصد پوچی غلاف‌ها معنی‌دار نشد. در کل، شرایط آبیاری کامل با اعمال کودهای بیولوژیک مایع با شرایط تنش، تفاوت معنی‌داری نداشت. در بررسی اثر کودهای زیستی و قارچ میکوریز آربوسکولار بر عملکرد، صفات رشد و کیفیت لوبیا سبز، طول غلاف تحت تأثیر اثر کودهای زیستی نسبت به شاهد افزایش یافت (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین اثر تلقیح سیاهدانه با کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و قارچ میکوریزا، بر درصد کپسول پوک در سطح احتمال یک درصد در تحقیقی که توسط خرم‌دل و همکاران در سال ۱۳۸۷ انجام شد، معنی‌دار شد. در ارزیابی عکس العمل ژنوتیپ‌های نخود به سطوح کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد، تعداد غلاف‌های دانه‌دار در این گیاه تحت تنش خشکی معنی‌دار شد (عیوضی و همکاران، ۱۳۹۱).

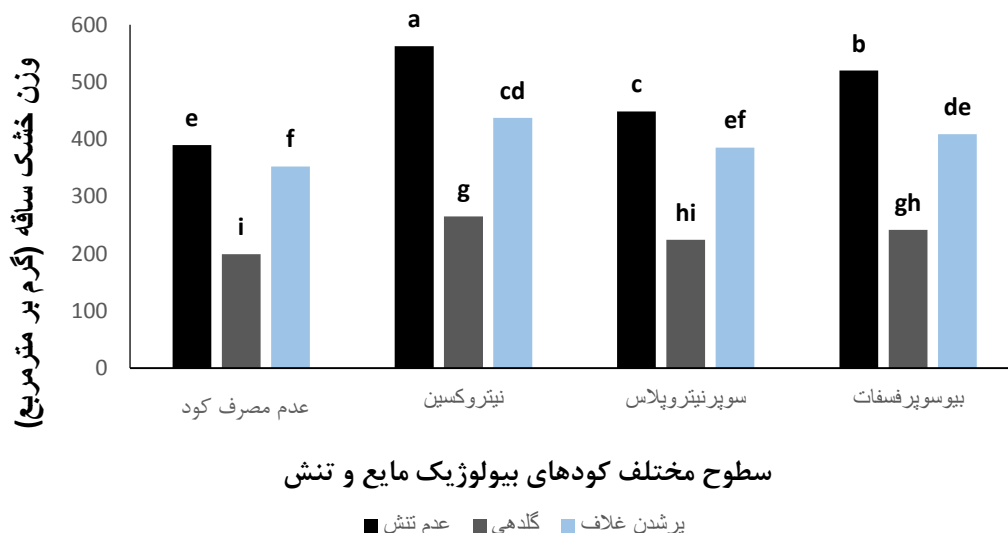
۴-۲ وزن خشک اندام‌های هوایی

۴-۲-۱ وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه تحت تأثیر اثرات اصلی و اثر متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). بیشترین وزن خشک ساقه در شرایط عدم تنش به ترتیب با کاربرد کودهای بیولوژیک مایع، نیتروکسین و بیوسوپرفسفات مشاهده شد. کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس در شرایط عدم تنش و کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در تنش پر شدن غلاف در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین سطوح کودی بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس در پر شدن غلاف اختلاف معنی‌داری نداشتند. در این بین کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس در همین مرحله (پر شدن غلاف) با ترکیب تیماری تنش پر شدن غلاف × عدم مصرف کود بیولوژیک مایع نیز در یک گروه آماری قرار گرفتند. کود بیولوژیک مایع نیتروکسین با کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در شرایط تنش گلدهی اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. همچنین کودهای بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس در شرایط تنش گلدهی نیز در یک گروه آماری قرار گرفتند. مصرف کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس در مقایسه با عدم مصرف کود بیولوژیک مایع در تنش گلدهی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۴-۵).

وزن خشک ساقه در زمان گلدهی و پر شدن دانه، به محتوای رطوبتی گیاه بستگی دارد، در نتیجه تنش خشکی در این زمان‌ها باعث کاهش وزن خشک ساقه می‌گردد (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین اثر کاربرد مفید کودهای زیستی بر وزن خشک در گیاه لوبیا سبز توسط کریمی و همکاران (۱۳۹۲)، گزارش شد. بیشترین وزن خشک ساقه در گیاه دارویی سرخارگل، مربوط به تیمار تلفیقی کود نیتروکسین، بیوسولفور و بیوسفور بود (آقاعلیخانی و همکاران، ۱۳۸۶). با اعمال تیمار تنش گلدهی در گیاه نخود، کمترین میزان ماده خشک نسبت به شاهد به دست آمد (امیری‌ده احمدی و همکاران، ۱۳۸۹)

در نتیجه می‌توان این مرحله را حساس‌ترین مرحله فنولوژیکی گیاه نخود به تنش محسوب کرد.

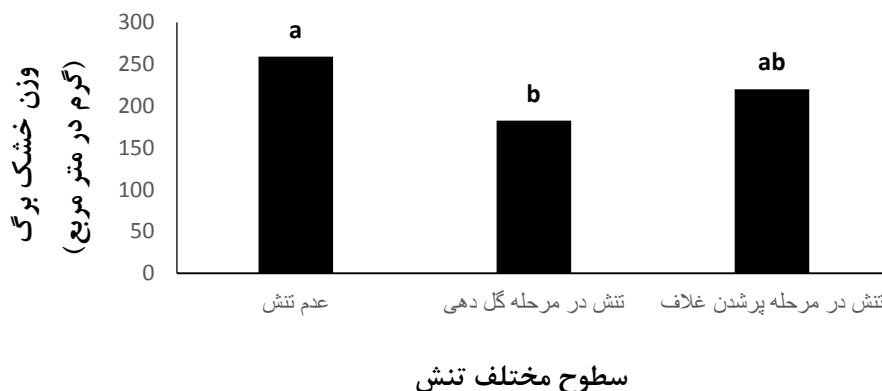


شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک ساقه

۴-۲-۲ وزن خشک برگ

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۳) نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی و کود بیولوژیک مایع در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک برگ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۶) نشان داد که میزان وزن خشک برگ در سطح عدم تنش و تنش پرشدن غلاف دارای اختلاف معنی‌داری نبود. همچنین از نظر آماری در بین سطوح تنش گلدهی و پرشدن غلاف نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. وقتی گیاه در مرحله گلدهی است و با تنش روبرو می‌شود تلاش می‌کند هرچه سریع‌تر مرحله زایشی را سپری و رشد خود را پایان دهد. به همین علت بیشتر انرژی گیاه برای تکمیل سیکل زایشی تخصیص داده می‌شود. در نتیجه رشد و تکامل گیاهی که در این مرحله با تنش روبرو شده در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد. طبیعی است که این کاهش در برگ گیاه هم صورت می‌گیرد. گزارش شده است که سطوح مختلف کم آبیاری بر وزن ماده خشک کل در بعضی از ژنوتیپ‌های گیاه نخود، اثر

معنی‌داری داشت (عیوضی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین در پژوهشی دیگر تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود گردید (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

با توجه به شکل ۴-۷، در بین کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین و بیوسوپرفسفات در یک گروه آماری قرار گرفتند. کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین و بیوسوپرفسفات، با میانگین‌های ۲۵۹ و ۲۳۴/۸ گرم در متر مربع، افزایش ۵۸/۱۱ و ۴۳/۳۴ درصدی در وزن خشک برگ نسبت به شاهد با میانگین ۱۶۳/۸ گرم در

متر مربع نشان دادند. همچنین بین کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان وزن خشک برگ نیز مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود (شکل ۴-۷). اثر متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک برگ معنی‌دار نشد. باکتری‌ها با تولید هورمون‌های رشدی و افزایش جذب عناصر رشد گیاه را بهبود می‌بخشند در نتیجه سطح برگ و شاخه جانبی بیشتری تولید می‌کنند (خسروی، ۱۳۹۳ و کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). تیلاک و

همکاران (۱۹۸۲)، گزارش نمودند که اثر تلقیح باکتریایی بر مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی ذرت و سورگوم قابل توجه است. وزن خشک بوته با مصرف کودهای زیستی، در گیاه سورگوم دانه‌ای افزایش یافت (آمال و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۷ مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۲-۳ وزن خشک غلاف

وزن خشک غلاف تحت تأثیر تنش و کاربرد کودهای بیولوژیک مایع به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک غلاف مربوط به تیمار شاهد (عدم تنش) با میانگین ۲۱۲/۲ گرم در متر مربع و کمترین مربوط به تیمار تنش گلدهی با میانگین ۷۵/۸۸ گرم در متر مربع بود (شکل ۴-۸).

سویا تحت تأثیر شرایط تنش خشکی ماده خشک کمتری نسبت به شرایط شاهد تولید کرد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۵). می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای تنش دیده بطور کلی ماده خشک کمتری نسبت به شاهد تولید می‌کنند (کاظمی، ۱۳۸۵). بر اثر تنش کمبود آب برگ‌ها دچار پیری می‌شود و به دنبال آن ریزش غلاف‌ها آغاز می‌شود (رضائیان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). در مرحله گلدهی جلوگیری از

تولید سلول‌های بنیادی گل باعث کاهش تعداد گل و در نتیجه کاهش تعداد غلاف در گیاه می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

مقایسه میانگین وزن خشک غلاف اختلاف معنی‌داری بین کودهای بیولوژیک مایع مصرفی نشان نداد و از لحاظ آماری در یک گروه آماری قرار گرفتند و هر سه نوع کود بیولوژیکی مایع سبب افزایش وزن خشک غلاف نسبت به شاهد شدند. کمترین میزان وزن خشک غلاف در شرایط عدم کاربرد کودهای بیولوژیک مایع مشاهده شد (شکل ۴-۹).



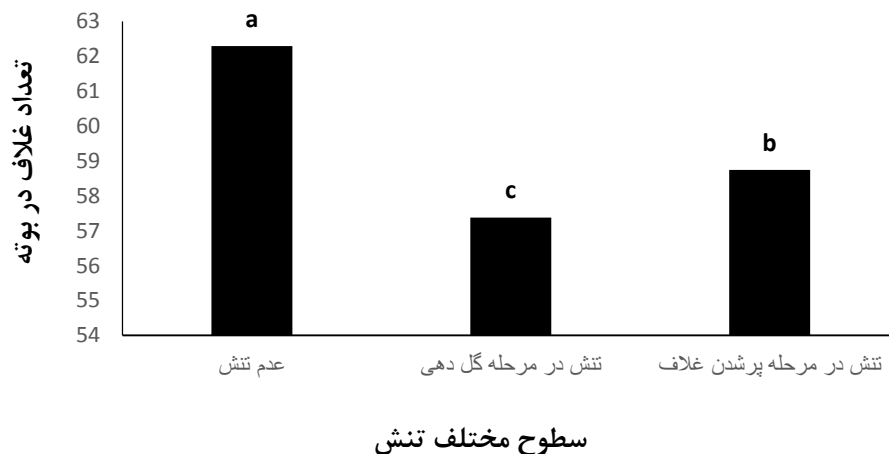
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۳ عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۳-۱ تعداد غلاف در بوته

همانطور که در جدول پیوست ۴ مشاهده می‌شود، اثر تنش و مصرف کودهای بیولوژیک مایع در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود. با توجه به آنچه به شکل ۴-۱۰ استنباط می‌شود تعداد غلاف در بوته در مراحل مختلف تنش کاهش یافت. بیشترین تعداد غلاف در تیمار شاهد (۶۲/۲۹) نسبت به تنش مرحله گلدهی، دارای اختلاف ۸/۵۵ درصدی و با تنش مرحله پر شدن غلاف اختلاف ۶/۰۴ درصدی بود. وقتی گیاه با کمبود آب و مواد غذایی روبرو نباشد رشد مطلوبی داشته و می‌تواند بهترین بازده را ایجاد کند. اما زمانی که تنش رطوبتی رخ دهد بسته به مرحله رشدی گیاه، نوع گیاه و مدت زمان ادامه تنش، اثرات مضر بر گیاه خواهد داشت و رشد آن را با مشکل روبرو می‌کند. اگر در زمان گلدهی به گیاه نخود تنش رطوبتی اعمال شود، در مرحله پایانی رشد نسبت به بوته‌های که در مرحله پر شدن غلاف

تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند و بخصوص بوته‌های شاهد، تعداد غلاف‌ها کاهش پیدا می‌کند. علت این امر ریزش گل‌ها به علت کاهش رطوبت است که نتیجه نهایی آن کاهش تعداد غلاف است (سزلیگی، ۲۰۰۳).
 نخود از گیاهان رشد نامحدود است. در نتیجه در زمان پرشدن غلاف‌ها می‌تواند تولید غلاف هم داشته باشد. همچنین تنش خشکی مهمترین عامل کاهنده عملکرد نخود است که در مرحله غلاف دهی و یا پرشدن غلاف باعث ریزش غلاف‌های جدید و در نتیجه کاهش تعداد آن‌ها می‌شود (سیدیکو و همکاران، ۲۰۰۰). در زمان آبیاری معمولی یا همان شاهد، گیاه از شرایط رشدی بهتری برخوردار است در نتیجه تعداد گل و غلاف بیشتری تولید می‌کند. در شرایط تنش، ریزش گل زیاد و تعداد غلاف کم می‌شود (قاسمی گولازنی و همکاران، ۱۳۷۷، حبیبی و بی‌همتا، ۱۳۸۶).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

در مقایسه میانگین‌ها، تعداد غلاف در بوته همه سطوح کودی در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به شاهد افزایش داشتند (شکل ۴-۱۱). اثرات متقابل تنش و کود بیولوژیک مایع بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نشد. تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر کود بیولوژیک در تحقیق ربیعان و همکاران در سال ۱۳۸۹، معنی‌دار شد که به اثر سودمند مصرف کود بیولوژیک نسبت داده می‌شود.



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۳-۲ تعداد دانه در غلاف

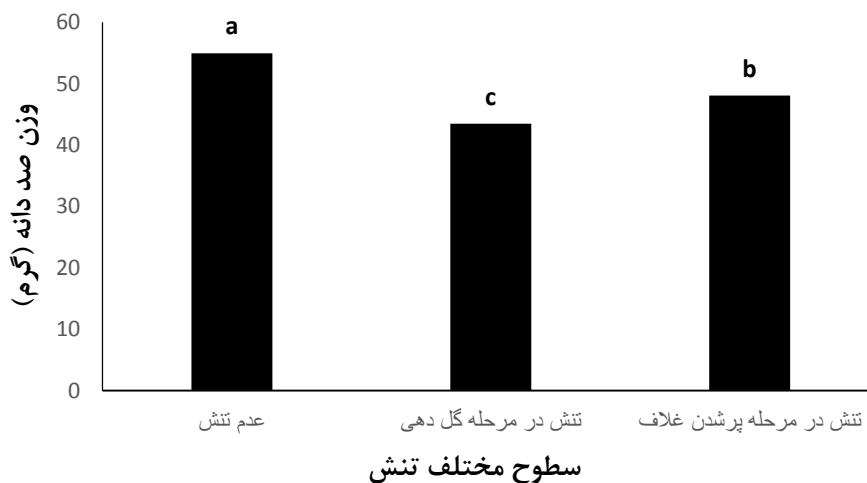
با توجه به اطلاعات جدول پیوست ۴، در این مطالعه هیچکدام از اثرات فاکتورها بر صفت تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد. رضائیان‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۰، گزارش دادند که تعداد دانه در غلاف بین آبیاری کامل و رژیم‌های آبیاری تکمیلی به استثنای آبیاری در مرحله دانه بستن، تفاوت معنی‌داری نداشت. در ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود به سطوح کم آبیاری در مراحل مختلف رشد با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش، که توسط عیوضی و همکاران در سال ۱۳۹۱ انجام شد تنش اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف در هفت ژنوتیپ نخود داشت. همچنین این نتیجه توسط رضائیان‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۰، در گیاه نخود و کریمی و همکاران (۱۳۹۲)، در گیاه لوبیا سبز مشاهده شد.

۴-۳-۳ وزن صد دانه

با توجه به جدول پیوست ۴، تفاوت وزن صد دانه تحت تأثیر فاکتورهای تنش و کود بیولوژیکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین وزن صد دانه در شرایط عدم تنش مشاهده شد. وقوع تنش در مراحل مختلف رشد گیاه سبب کاهش وزن صد دانه شد که این کاهش در مرحله گلدهی بیشتر بود

(شکل ۴-۱۲). وزن دانه از اجزاء مهم عملکرد بوده و تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه از نظر پتانسیل تولید دانه، رقابت دانه‌ها، طول دوره پر شدن دانه‌ها و نیز شرایط محیطی قرار دارد (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۱ و کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غلاف‌دهی، موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه شد. فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی باعث طولانی تر شدن دوره‌ی پر شدن دانه و در نتیجه فراهمی مواد فتوسنتزی بیشتر برای اختصاص به دانه‌ها می‌شود و وزن صد دانه افزایش می‌یابد (مالهوترا و همکاران، ۱۹۹۷).

در مطالعات رضائیان‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۰ نشان داد که بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین مربوط به شرایط دیم بوده است. وزن دانه متأثر از مواد فتوسنتزی، تعداد دانه و ظرفیت هر دانه است، اما نوع رقم و عوامل محیطی در طول دوره رشد مانند تنش خشکی نیز بر آن مؤثر است (غزالی‌زالی و همکاران، ۱۳۹۴). اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود نشان داد که با افزایش میزان آبیاری نسبت به شرایط عدم آبیاری، وزن صد دانه افزایش یافت (انجم شعاع، ۱۳۸۹).

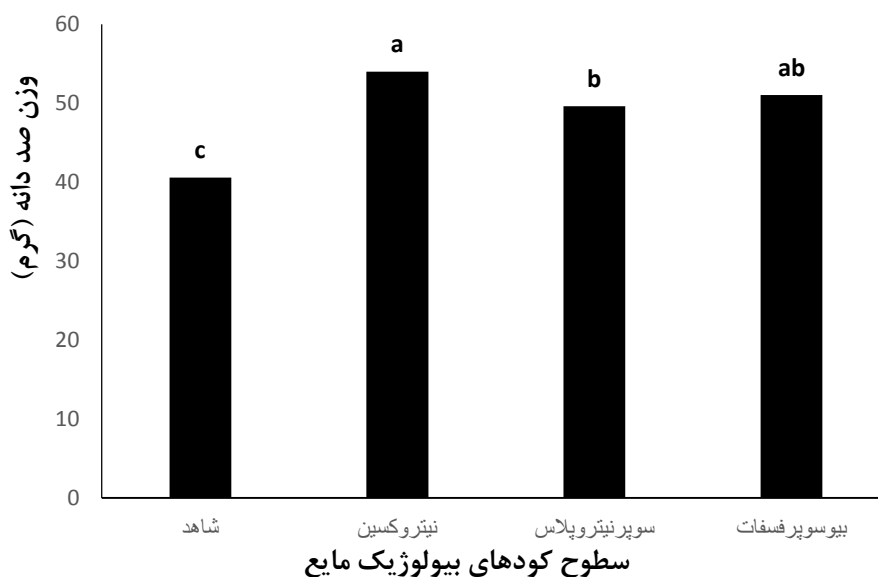


شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

در این تحقیق، هر سه نوع کود بیولوژیک مایع باعث افزایش وزن صد دانه نسبت به شاهد شدند که در این میان کود بیولوژیکی مایع نیتروکسین علی‌رغم اینکه با بیوسوپرفسفات تفاوت معنی‌داری نداشت، افزایش ۳۳/۱۳ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد نمود (شکل ۴-۱۳).

در این شرایط کودهای سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. وزن صد دانه در گندم با مصرف کود زیستی حاوی ازتوباکتر افزایش یافت (عموآقایی و همکاران، ۱۳۸۲). نتایج تحقیق خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که سرعت و مدت فتوسنتز گیاه سیاهدانه در نتیجه استفاده از کودهای بیولوژیک افزایش یافت که این امر در نهایت باعث افزایش وزن دانه در بوته و در نهایت افزایش عملکرد دانه شد. در تحقیق انجام شده توسط شاه‌حسینی و همکاران (۱۳۸۹)،

نیتروکسین در مقایسه با سایر کودهای زیستی باعث افزایش بیشتر وزن صد دانه در گیاه نخود شد. وزن صد دانه گندم تحت تأثیر باکتری آزوسپیریلوم که از باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین و بیوسوپرفسفات است، افزایش یافت (عموآقایی و همکاران، ۱۳۸۲). افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاهان و بهبود روابط آبی در گیاه باعث جذب بهتر عناصر توسط گیاه و افزایش جذب و ذخیره سازی مواد غذایی در گیاهان می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

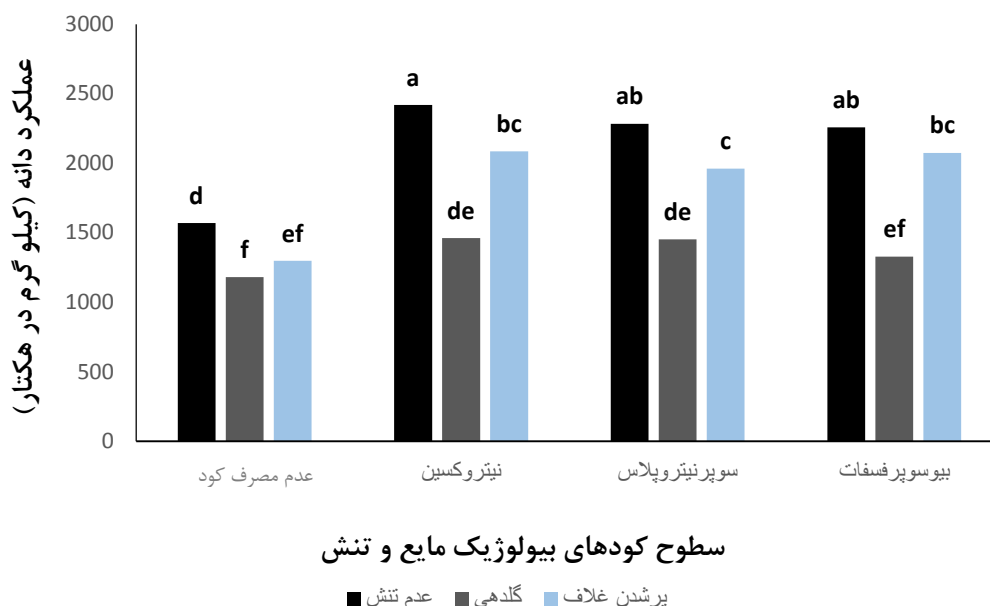
۴-۳-۴ عملکرد دانه

اثر تنش و کودهای بیولوژیک مایع و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی دار شد (جدول پیوست ۵). عملکرد دانه در گیاهانی که دانه هدف تولید است، مهم ترین بخش پرورش گیاه حساب می شود. هرچه قدر رشد گیاه بهتر باشد عملکرد گیاه هم بهتر خواهد بود.

مقایسه میانگین ها نشان داد که سطوح کودی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات در شرایط عدم تنش و مرحله پر شدن غلاف، با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. مرحله عدم تنش × عدم استفاده از کود بیولوژیک مایع با سطوح کودی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس در مرحله گلدهی، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین هر سه سطح کودی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات، در مرحله تنش گلدهی اختلاف معنی داری با هم نداشتند. تیمار تنش پر شدن غلاف × عدم مصرف کود

بیولوژیک مایع با تیمار تنش گلدهی × کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات، از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. همچنین مصرف کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در مرحله گلدهی با ترکیب تیماری تنش در مرحله گلدهی و عدم مصرف کود هم در یک گروه آماری قرار گرفتند. هر دو سطح تنش گلدهی و تنش پر شدن غلاف در شرایط عدم مصرف کود، عملکرد مشابهی را نشان دادند (شکل ۴-۱۴). احتمالاً دلیل افزایش عملکرد دانه با کاربرد کودهای بیولوژیک می‌تواند وجود باکتری‌های موجود در کودها که قادر به سنتز هورمون‌های رشد گیاهی و تثبیت نیتروژن هستند، باشد (شعبان‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

در زمان گلدهی اگر گیاهان خودگشن تحت تأثیر تنش قرار بگیرند، زنده ماندن و جوانه زنی دانه گرده با مشکل روبرو می‌شود و تلفیح گل کم می‌شود. با کاهش تعداد گل و ریزش آن میزان عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). در شرایط تنش گلدهی تیمارهای کودی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه نداشتند. نتایج مشابه این نتایج توسط محققین دیگر در مورد افزایش عملکرد دانه در گیاهان مختلف به کمک کود بیولوژیک نیتروکسین گزارش شد (کوهن و همکاران، ۱۹۸۰). باکتری‌های محرک رشد موجود در کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس، اثر معنی‌داری بر عملکرد در گیاه لوبیا داشتند (طاهرخانی، ۱۳۸۷). بر طبق نتایج برخی از تحقیقات، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش رشد و عملکرد گندم (جرک و همکاران، ۲۰۰۶) شدند.



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد دانه

۴-۳-۵ عملکرد بیولوژیک

اثرات اصلی و متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و کود بیولوژیک مایع بر عملکرد بیولوژیک گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌داری بود (جدول پیوست ۵). کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در شرایط عدم تنش بیشترین عملکرد بیولوژیک را نشان داد سپس کود بیولوژیک بیوسوپرفسفات در رتبه دوم قرار گرفت. تیمار عدم تنش و مصرف کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس، با تیمار تنش در مرحله پر شدن غلاف × کود بیولوژیک مایع نیتروکسین از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند.

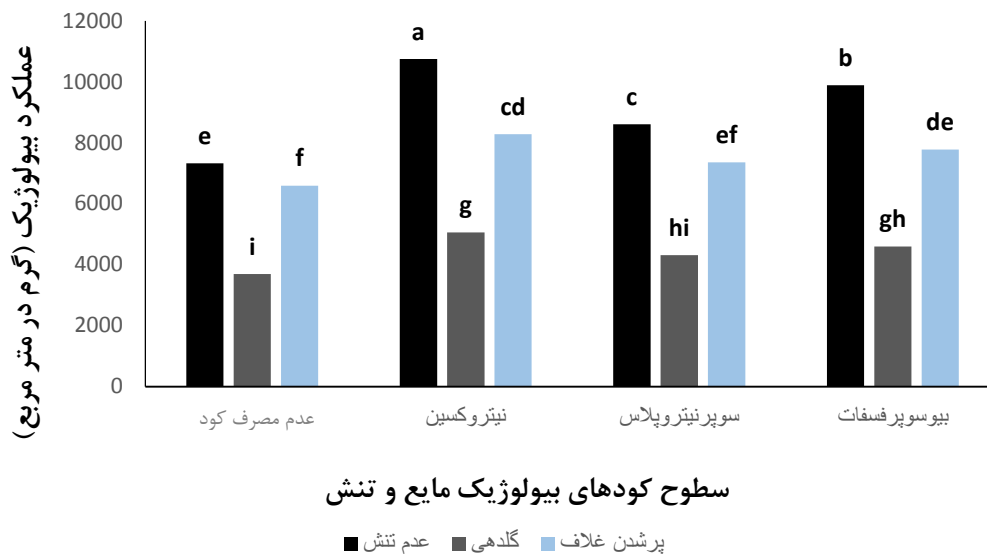
استفاده از کودهای بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس هر دو در مرحله تنش پر شدن غلاف، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. همچنین تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود بیولوژیک مایع، در مقایسه با تیمار تنش پر شدن غلاف و کاربرد کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در یک گروه آماری قرار

گرفتند. سطوح کودی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات در مرحله تنش گلدهی، اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. همچنین کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین و بیوسوپرفسفات در شرایط تنش گلدهی نیز اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۱۵). تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح نشان دهنده‌ی عملکرد بالاتر در گیاه است. فراهمی آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب گیاه را به دنبال دارد در نتیجه در مرحله عدم تنش بیشترین رشد گیاه یا به عبارتی بیشترین عملکرد بیولوژیک را می‌توانیم داشته باشیم. شرط اساسی جهت تولید محصول بالاتر، تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح است.

با توجه به نتایج این که وزن خشک ساقه، برگ، غلاف و عملکرد دانه از ارکان عملکرد بیولوژیک هستند، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عملکرد بیولوژیک در یک مرحله رشدی نتیجه کاهش در موارد ذکر شده در همان مرحله است. در نتیجه با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان گفت که حساس‌ترین مرحله رشدی در گیاه نخود، که می‌تواند عملکرد بیولوژیک در واحد سطح را کاهش دهد، مرحله گلدهی است. نقش خشکی در تسریع پیری برگ‌ها و کاهش سرعت رشد نخود، به واسطه تأثیر آن بر کاهش سطح برگ، و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک توسط انجم شعاع (۱۳۹۰) تأیید شده است.

با توجه به نتایج تحقیق سعید نژاد و رضوانی مقدم (۱۳۸۹) بر روی زیره سبز و همچنین اسحق‌ی سردرود و همکاران (۱۳۹۳) بر روی گیاه سورگوم علوفه‌ای، کودهای زیستی هم به صورت جداگانه و هم به صورت ترکیب با کودهای شیمیایی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گیاهان مورد مطالعه را افزایش دادند. تأثیر نیتروکسین در مقایسه با کود زیستی حاوی گوگرد و سوپرجاذب نشان داد که نیتروکسین باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه نخود شد (شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک آفتابگردان (۷۲۴۰ کیلوگرم در هکتار)، از تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر حاصل شد (محمودری، ۱۳۸۹). تلقیح با کودهای بیولوژیک باعث افزایش اندام‌های هوایی و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی شد (خرمدل و همکاران، ۱۳۸۷).

وجود رطوبت در زمان گلدهی و پرشدن غلاف‌ها در کشت زمستانه و بهاره گیاه نخود به دلیل تأثیر مثبت بر ارتفاع بوته و شاخه، در افزایش عملکرد بیولوژیک در واحد سطح مؤثر است (کریمی و فرنیا، ۱۳۸۸). در مرحله زایشی گیاه در صورت مواجه شدن با تنش، سعی در پایان دادن به دوره زایشی خود و افزایش بقا دارد. به همین منظور کل انرژی گیاه صرف سیکل زایشی می‌شود و رشد گیاه کاهش می‌یابد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد بیولوژیک گیاه

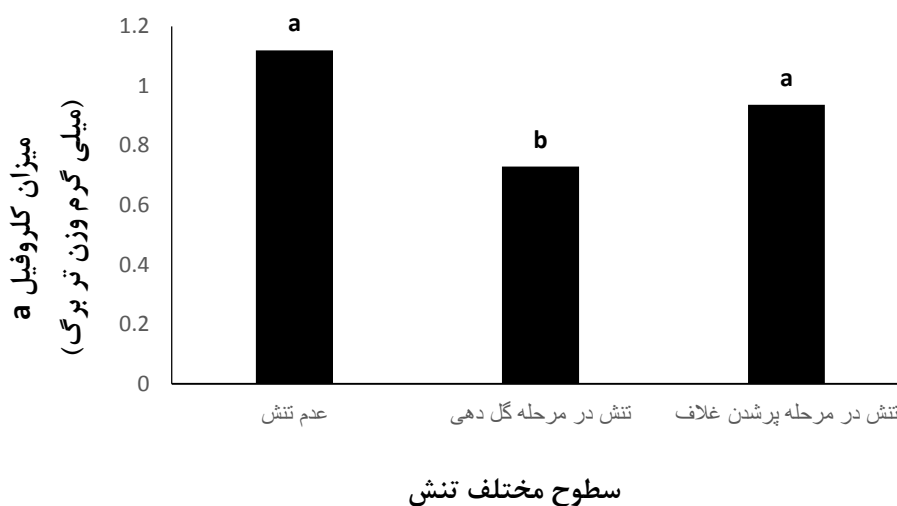
۴-۴ صفات فیزیولوژیک

۴-۴-۱ کلروفیل a

با توجه به جدول پیوست ۶، اثرات تنش و کود بر کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. کمترین میزان کلروفیل a (۰/۷۲۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تنش در مرحله گلدهی بود. دو مرحله عدم تنش و تنش در زمان پرشدن غلاف در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۱۶).

هرقدر گیاهی دارای سطح برگ بیشتری باشد از انرژی خورشیدی بیشتری استفاده و فتوسنتز بیشتری انجام می‌دهد. می‌توان به زبان ساده بیان کرد که افزایش فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه را بالا می‌برد. وجود شرایط مساعد رشدی برای یک گیاه، دوره رشد گیاه را طولانی‌تر میکند و بالعکس. با کاهش دوره رشد یک گیاه، برگ‌های آن سریع‌تر رنگیزه‌های سبز خود را از دست می‌دهد و در نتیجه میزان کلروفیل در گیاه کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار میزان کلروفیل a، هرچه قدر طول دوره تنش طولانی‌تر شده است، کلروفیل هم کاهش بیشتری پیدا کرده است. نتایج مشابه همین تحقیق توسط منصورفر و همکاران در سال ۱۳۹۱ و ستایش مهر و همکاران (۱۳۹۳)، گزارش شده است.

با مواجه شدن گیاه نخود به تنش رطوبتی و خشکی انتهای فصل میزان کلروفیل برگ کاهش یافت (پزشکپور و همکاران، ۱۳۸۴) همچنین بر طبق نظر سرمدنی و کوچکی (۱۳۸۸) در کمبودهای شدید رطوبتی، میزان کلروفیل سازی در گیاهان متوقف می‌شود. جعفرزاده و همکاران (۱۳۹۳)، نشان دادند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a داشت و میزان آن را نسبت به شاهد کاهش داد.



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

با توجه به مقایسه میانگین (شکل ۴-۱۷)، میزان کلروفیل a در هر سه کود بیولوژیک مایع نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد که در این میان کاربرد کود بیولوژیک مایع نیتروکسین بیشترین میزان افزایش کلروفیل a را دارا بود. بین کاربرد کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد این در حالی است که کاربرد این دو نوع کود از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر روی کلروفیل a معنی‌دار نشد. پایداری کلروفیل به عنوان شاخصی از تنش خشکی شناخته شده که هرچه بالا باشد به معنی بی‌تأثیر بودن تنش بر گیاه می‌باشد و موجب دسترسی بهتر گیاه به کلروفیل می‌شود (پزشکپور و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین فیصل انصاری و همکاران (۲۰۱۴)، نشان دادند که میزان کلروفیل a در گیاه نخود، با مصرف کودهای بیولوژیک مایع، نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در نتیجه با توجه به نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که مصرف کودهای بیولوژیک مایع موجب پایداری کلروفیل نسبت به زمان عدم مصرف کود شدند. کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین بر کلروفیل a، در گیاه همیشه بهار تأثیر معنی‌داری داشت (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

سویه تثبیت کننده نیتروژن موجود در کودهای بیولوژیک باعث بالا رفتن درصد جذب نیتروژن در گیاه می‌شوند. نیتروژن از عناصر موجود در ساختمان مولکولی کلروفیل است و Mg^{2+} در هسته ساختمان کلروفیل را خنثی میکند و سبب افزایش میزان کلروفیل می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

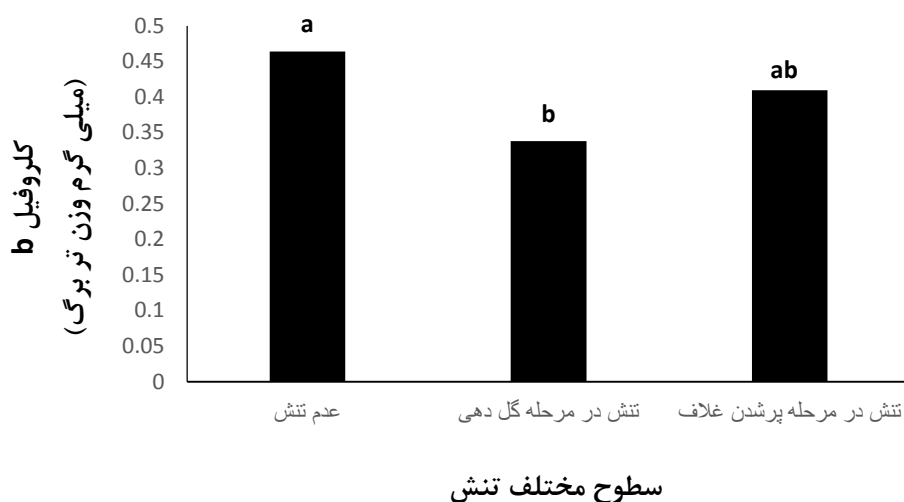


شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۴-۲ کلروفیل b

این صفت نیز تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۶) مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین میزان کلروفیل b در شرایط عدم تنش و تنش در مرحله گلدهی اختلاف معنی‌داری داشت، در حالیکه میزان کلروفیل b در شرایط عدم تنش و تنش در مرحله پر شدن غلاف اختلاف آماری نداشت. ضمناً سطوح تنش در مرحله گلدهی و پر شدن غلاف با هم تفاوت نداشتند (شکل ۴-۱۸). تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل b، در برگ‌های گیاه نخود شد که علت آن را می‌توان افزایش کاتابولیسم کلروفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی دانست که این فرایند نیز خود نتیجه فراهم نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). در اثر تنش خشکی، فعالیت‌های فتوشیمیایی گیاه بازداشته می‌شود، محتوای کلروفیلی برگ تغییر می‌کند و فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین در فرآیند فتوسنتز کاهش می‌یابد (نصرافهانی، ۱۳۹۱). مطالعات قبلی نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری

بر میزان کلروفیل b در گیاه شوید داشت و میزان آن را نسبت به شاهد کاهش داد (ستایش مهر و همکاران، ۱۳۹۳). تنش باعث کاهش سطح برگ و تشدید پیری می‌شود. در نتیجه جذب تشعشع‌های فعال فتوسنتزی کاهش می‌یابد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). در بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل b در این گیاه شد (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

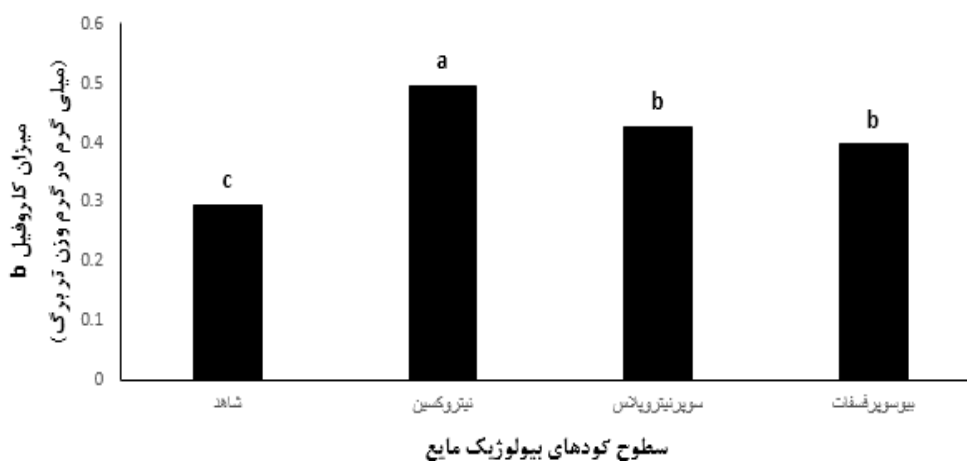


شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

بیشترین میزان کلروفیل b با مصرف کود بیولوژیک نیتروکسین به دست آمد و کم‌ترین سطح کلروفیل b (۰/۲۹۵۸ میلی گرم در گرم تر) مربوط به تیمار کودی شاهد بود. در بین کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات اختلاف معنی‌داری دیده نشد اگرچه در هر دو تیمار نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر کلروفیل b معنی‌دار نشد (شکل ۴-۱۹). سنتز هورمون‌های رشدی توسط باکتری‌های موجود در کودهای حاوی این موجودات باعث افزایش سطح برگ و کلروفیل می‌شود (کافی و مهدوی

دامغانی، (۱۳۸۱).

محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، نشان دادند که با مصرف کودهای باکتریایی و قارچی، فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم در ریزوسفر گیاه افزایش و در نتیجه نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه نخود قرار گرفت که در نهایت باعث افزایش کلروفیل شد. با تلقیح بذر گیاه نخود با کودهای بیولوژیک مایع حاوی باکتری ازتوباکتر، میزان کلروفیل b، در مقایسه با شاهد افزایش یافت (فیصل انصاری و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیق صورت گرفته توسط جعفرزاده و همکاران (۱۳۹۳)، کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین بر کلروفیل b در گیاه همیشه بهار تأثیر معنی‌داری داشت. بررسی‌های کریمی و همکاران (۱۳۹۲)، نشان داد که اثر کودهای زیستی بر محتوای کلروفیل b، در گیاه لوبیا سبز نسبت به شاهد معنی‌دار شد.

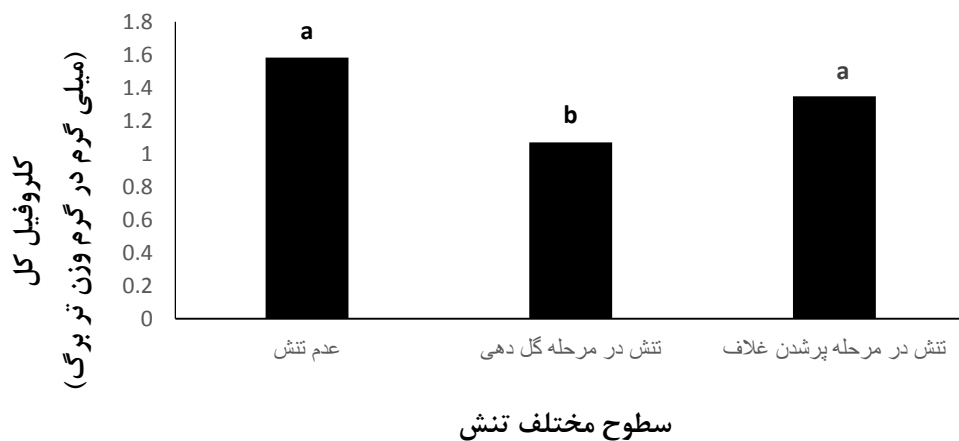


شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۳-۴ کلروفیل کل

اثر تنش بر کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۶). با توجه به

شکل ۴-۲۰، کمترین مقدار کلروفیل کل مربوط به زمان تنش در مرحله گلدهی است. مرحله عدم تنش و پرشدن غلاف دارای عدم اختلاف معنی دار با هم بودند و هر دو در سطح بالاتری نسبت به مرحله گلدهی قرار گرفتند. اعمال تنش خشکی به گیاه نخود در آزمایشی که توسط منصوری فر و همکارانش (۱۳۹۱) انجام شد نشان داد میزان کلروفیل‌های a و b نسبت به شاهد کاهش یافته که در نهایت باعث کاهش کلروفیل کل گیاه شدند. همچنین کلروفیل کل در گیاه شوید تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش یافت (ستایش مهر و همکاران، ۱۳۹۳). تنش خشکی باعث می‌شود که میزان انرژی تشعشعی جذب شده توسط کانوپی کمتر شود که علت آن، عدم توانایی گیاه در باز نگه‌داشتن روزه‌های خود در محیط‌های خشک است. در نهایت این واکنش در گیاهان منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی شده و کاهش سطح سبز گیاه را هم به همراه دارد (انجم شعاع، ۱۳۹۰).



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

همچنین اثر کودهای بیولوژیک مایع در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل کل معنی دار شد (جدول پیوست ۶). بیشترین مقدار کلروفیل کل با اعمال تیمار کودی نیتروکسین با میانگین ۱/۶۴۳ در مقایسه با شاهد با میانگین ۰/۹۵ میلی گرم در گرم وزن تر حاصل شد که نشان دهنده ۷۲/۲۵ درصد

افزایش است (شکل ۴-۲۱).

اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار نشد. با کاربرد کودهای بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات کلروفیل کل از شاهد بیشتر شد، ولی با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. نقش باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر در تولید و تنظیم هورمون‌های محرک رشد، باعث افزایش سطح و گسترش عمق ریشه‌ها گیاه در نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت باعث بهبود رشد و افزایش فتوسنتز توسط گیاه گردید (محمد ورزی، ۱۳۸۹). کودهای بیولوژیک مایع حاوی باکتری‌های ازتوباکتر، باعث افزایش میزان کلروفیل کل در گیاه نخود شدند (فیصل انصاری و همکاران، ۲۰۱۴).

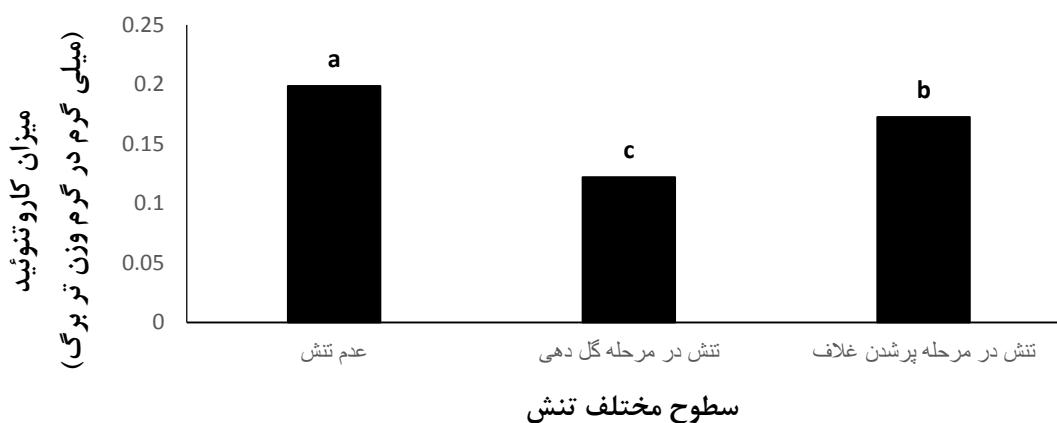


شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۴-۴ کاروتنوئید

با توجه به جدول پیوست ۷، اثر تنش در مراحل مختلف رشد بر میزان کاروتنوئید برگ در سطح

احتمال ۱ درصد معنی دار بود. بیشترین میزان کارتنوئید مربوط به تیمار عدم تنش با میانگین ۱/۹۸۵ میلی گرم بر گرم وزن تر، و کمترین تنش در مرحله گلدهی با میانگین ۱/۲۲۰ میلی گرم بر گرم وزن تر بود که نشان دهنده کاهش ۳۸/۳۸ درصدی کارتنوئید در مرحله گلدهی است (شکل ۴-۲۲). تنش از طریق تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش کربن دی اکسید و کاتابولیسم کلروفیل باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). در بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شوید، مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش میزان کارتنوئید در این گیاه شد (ستایش مهر و همکاران، ۱۳۹۳). میزان کارتنوئید گیاه همیشه بهار تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش یافت (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

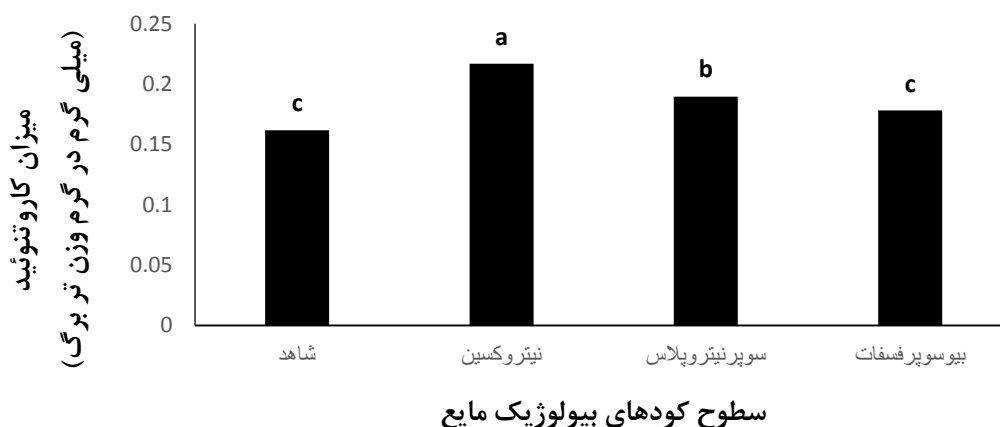


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین میزان کارتنوئید برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

همچنین اثر کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کارتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. میزان کارتنوئید در تیمار عدم مصرف کود بیولوژیک و مصرف کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در یک گروه آماری و در پایین‌ترین مقدار قرار داشت. در مقابل کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به سایر کودها عملکرد بهتری را نشان داد (شکل ۴-۲۳).

همچنین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کارتنوئید معنی دار

نشد. از نقش‌های مهم کاروتنوئید محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی و جلوگیری از فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها می‌باشد. در بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین بر محتوای کاروتنوئید گلبرگ‌ها، اثر معنی‌داری داشته است (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

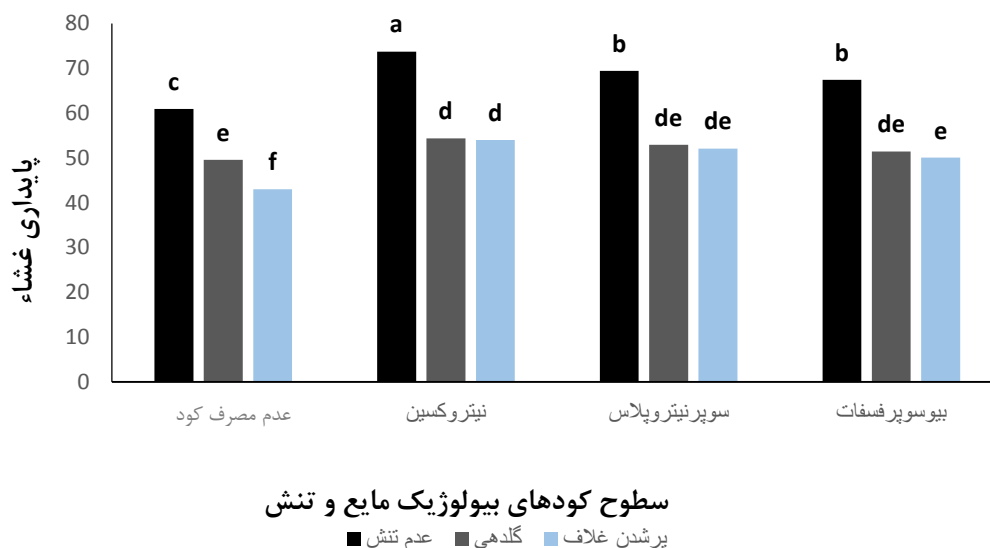


شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید برگ تحت تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع

۴-۴-۵ پایداری غشاء

تجزیه واریانس در جدول پیوست ۷ نشان داد که علاوه بر اثرات هر یک از عوامل، اثر متقابل تنش و کود بیولوژیک نیز بر پایداری غشاء پلاسمایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین پایداری غشاء، مربوط به تیمار کودی نیتروکسین در شرایط عدم تنش با میانگین ۷۳/۷۲ درصد نسبت به تیمار عدم تنش × عدم مصرف کود با میانگین ۶۰/۹۴ درصد است که به مقدار ۲۰/۷۹ درصد افزایش نشان داد. کمترین میزان پایداری غشاء در تنش مرحله پر شدن غلاف و عدم کاربرد کودهای بیولوژیک مایع مشاهده شد. هر سه نوع کود بیولوژیک مایع در دو مرحله تنش در زمان-

های گلدهی و پرشدن غلاف یک سطح پایداری را نشان دادند. همچنین کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در شرایط تنش پر شدن غلاف با تیمار تنش گلدهی و عدم مصرف کود در یک گروه آماری قرار گرفتند. در مجموع تنش باعث کاهش پایداری غشاء پلاسمایی شد اما با مصرف کودهای بیولوژیک مایع میزان این کاهش کمتر بود. همچنین منصورفر و همکاران (۱۳۹۱)، نشان دادند که اثر تنش خشکی بر شاخص پایداری غشاء در گیاه نخود معنی‌دار شد. در شرایط تنش خشکی پایداری غشاء سلولی کاهش می‌یابد، ولی افزایش میزان پرولین سبب حفظ تورم و کاهش خسارت به غشاء می‌گردد، در نهایت با تنظیم اسمزی، تحمل به تنش کم آبی افزایش پیدا می‌کند (منصورفر و همکاران، ۱۳۹۱). به علت تکامل نیافتن دیواره سلولی در اثر تنش خشکی، نشت الکترولیت‌ها از دیواره سلولی گیاه افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه پایداری غشاء پلاسمایی کاهش می‌یابد (شیباریو و همکاران، ۱۹۹۸).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر پایداری غشاء

۴-۴-۶ میزان پرولین برگ

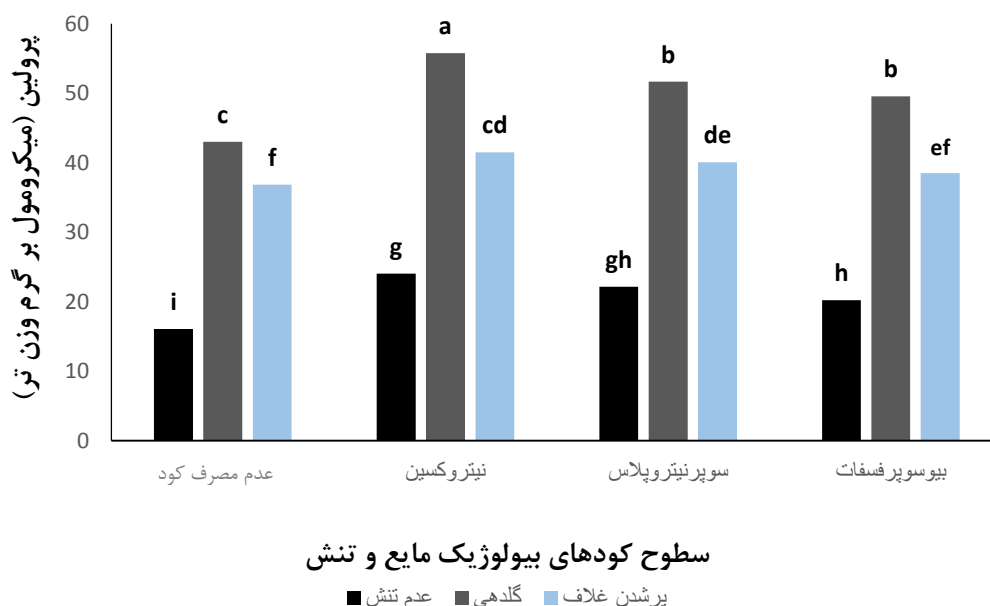
علاوه بر اثر ساده عوامل، اثر متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار پرولین اندام‌های هوایی معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). بطور کلی پرولین در شرایط عدم تنش در گیاهان نسبت به اعمال تنش در سطح پایین‌تری است. در مرحله گلدهی گیاه نخود مدت زمان طولانی‌تری در معرض تنش بوده و درصد پرولین بیشتری را نشان داد. نیتروکسین با میانگین ۵۵/۷۵ میکرومول بر گرم وزن تر، در مرحله تنش گلدهی افزایش ۲۹/۶۸ درصدی نسبت به تیمار تنش گلدهی × عدم مصرف کود با میانگین ۴۲/۹۹ میکرومول بر گرم وزن تر را نشان داد. تیمار تنش گلدهی و عدم مصرف کود، نسبت به سطوح عدم تنش و تنش پرشدن غلاف در همین شرایط کودی بالاترین سطح خود را نشان داد و همچنین با تیمار تنش در مرحله پرشدن غلاف × کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در یک گروه آماری قرار گرفت. در شرایط تنش گلدهی، در بین کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات اختلاف آماری مشاهده نشد و در مجموع هر سه نوع کود بیولوژیک مایع در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود در سطح بالاتری قرار گرفتند.

در مرحله تنش در زمان پرشدن غلاف، کودهای نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات هم در این مرحله اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. در شرایط تنش پرشدن غلاف، کود بیولوژیک بیوسوپرفسفات با شرایط عدم مصرف کود در یک گروه آماری قرار گرفتند. در شرایط عدم تنش، کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین در این سطح تنش (عدم تنش)، کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس با کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. کمترین میزان پرولین در تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود مشاهده شد و بیشترین میزان

پرولینی که در شرایط عدم مصرف کود مشاهده شد، ۴۲/۹۹ میکرومول بر گرم وزن تر و در شرایط تنش گلدهی بود. افزایش بیشتر مقدار پرولین می‌تواند به علت ممانعت از تجزیه پرولین، جلوگیری از تبدیل پرولین به پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین که خود ممکن است باعث کاهش رشد گردد، باشد (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۹۳). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در گیاه کنجد باعث افزایش انباشت پرولین در برگ شد. بیشترین میزان انباشت پرولین در تیمار حذف آبیاری، مشاهده شد (آئین، ۱۳۹۱). همچنین با افزایش سطح تنش خشکی در گیاه همیشه بهار، محتوی پرولین گیاه ۴۷٪ نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در شرایط تنش متوسط و یا شدید، غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. پرولین به عنوان مخزن ذخیره‌ای ازت و یا ماده محلولی که پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می‌دهد عمل می‌کند و گیاه را در تحمل تنش کمک می‌کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۸). با افزایش میزان تنش خشکی، محتوی پرولین ریشه و اندام هوایی در اسپرس و گونه‌های از اسپرس افزایش یافت (رامک و همکاران، ۱۳۸۱). همچنین نتایج مشابه نیز توسط پیردشتی و همکاران (۱۳۸۸) در مراحل مختلف رشد ارقام برنج، سیب زمینی (مارتینز و همکاران، ۱۹۹۵)، کنجد (آئین، ۱۳۹۱)، پنبه (پاریدا و همکاران، ۲۰۰۸) و گندم (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۳) و ژنوتیپ‌های مختلف نخود (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۹۳) گزارش شد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. قربانعلی و نیاکان (۱۳۸۴) گزارش نمودند که، میزان پرولین اندام‌های هوایی گیاه سویا در تنش شدید افزایش یافت. با بالا رفتن سطح تنش خشکی تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه در گیاه بابونه، بر میزان پرولین افزوده شد (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۳).

در بررسی اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عناصر در ارقامی از یونجه، با افزایش شدت تنش بر میزان تجمع پرولین در اندام‌های مختلف افزوده شد (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵). با افزایش تنش خشکی میزان پرولین و قندهای محلول در گیاه نخود به ترتیب سه و دو برابر افزایش پیدا کرد که احتمالاً

به خاطر افزایش تحمل گیاه به تنش بوده است (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۱). تنش خشکی باعث رسیدگی زودتر گیاه و کاهش طول دوره رشد آن می‌شود. با پیر شدن گیاه تجمع پرولین در گیاه بیشتر می‌شود. پرولین به گیاه کمک می‌کند تا در دوره کوتاهی پس از اعمال تنش زنده بماند و بتواند رشد خود را بازیابی کند که در نهایت اثر مثبتی بر عملکرد گیاه خواهد داشت (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر میزان پرولین

۴-۴-۷ میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC)

جدول تجزیه واریانس پیوست ۸ نشان داد که اثر تنش بر RWC در سطح احتمال ۵ درصد معنی-دار شد. بر طبق شکل ۴-۲۶، در شرایط عدم تنش بالاترین RWC حاصل شد. در دو زمان تنش در مرحله گلدھی و پرشدن غلاف، میزان محتوای نسبی آب برگ پایین‌تر از شاهد و در یک سطح قرار گرفتند. محتوای نسبی آب برگ در دو مرحله تنش در زمان‌های گلدھی و پرشدن غلاف اختلاف معنی‌داری با هم

نداشتند.

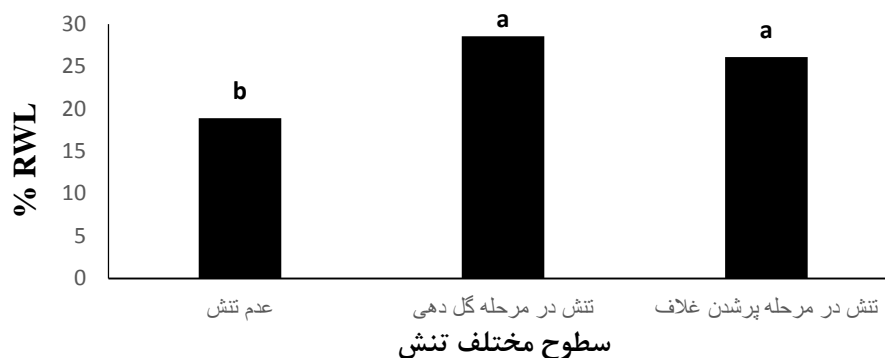
اثر کودهای بیولوژیک مایع و همچنین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر میزان محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نشد. می‌توان گفت که پایین آمدن محتوای نسبی آب برگ و کاهش تورژسانس در سلول‌های گیاهی از اولین اثرات تنش خشکی است که رشد و اندازه سلول‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین میزان محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

۴-۸- میزان آب نسبی از دست رفته برگ (RWL)

اثر تنش بر میزان آب نسبی از دست رفته برگ، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۸). بیشترین درصد میزان آب نسبی از دست رفته برگ مربوط به زمان گلدهی و زمان پر شدن غلاف است و کمترین مقدار آن هم (۱۸/۸۹ درصدی) مربوط به زمان عدم تنش بود (شکل ۴-۲۷). اثر کودهای بیولوژیک مایع و همچنین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر میزان آب نسبی از دست رفته برگ معنی‌دار نشد. بر طبق نتایج گزارشات منصوری فر و همکاران (۱۳۹۱)، میزان آب نسبی از دست رفته برگ با قرار گرفتن در شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرد.



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین میزان آب نسبی از دست رفته برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش

۴-۵ صفات کیفی

۴-۵-۱ درصد پروتئین دانه

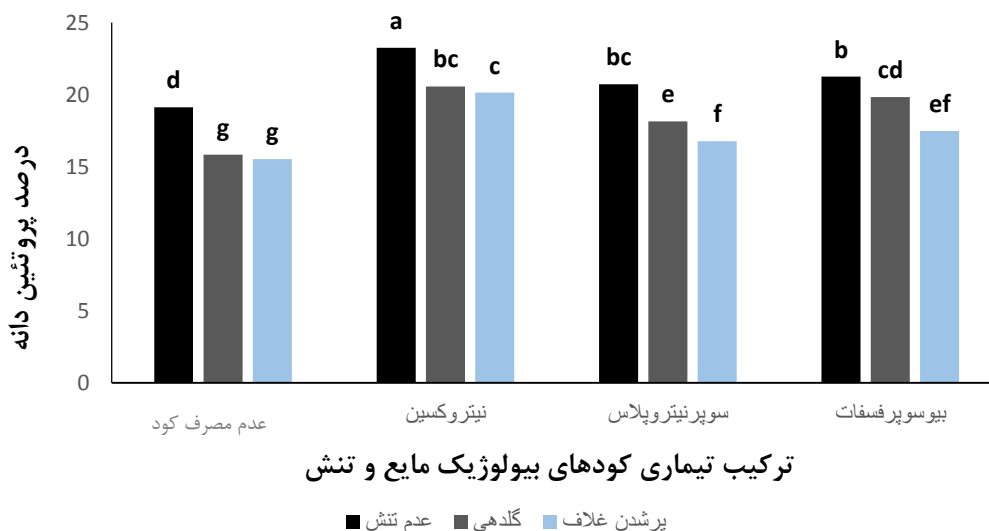
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی عوامل در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۸). با توجه به شکل ۴-۲۸، کود بیولوژیکی نیتروکسین مایع توانست در شرایط عدم تنش با میانگین ۲۳/۲۵ درصد، نسبت به تیمار عدم تنش × عدم مصرف کود که دارای میانگین ۱۹/۱۳ درصد بود، به میزان ۲۱/۵۳ درصد افزایش در پروتئین دانه ایجاد کند. همچنین این کود در همین شرایط تنشی (عدم تنش)، نسبت به کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات به ترتیب ۱۲/۲۱ و ۹/۴۱ درصد افزایش نشان داد. در شرایط تنش در مرحله گلدهی هر سه سطح کود بیولوژیک مایع در یک گروه آماری قرار گرفتند. درصد پروتئین در تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین مایع در تنش پرشدن غلاف با تیمار کود بیولوژیک بیوسوپرفسفات مایع در تنش گلدهی در یک گروه آماری قرار گرفتند، این در حالی است که کود

بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در تنش گلدهی با تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس در شرایط تنش گلدهی با کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات در تنش پرشدن غلاف، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین در تنش پرشدن غلاف، کودهای بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس، اختلاف آماری نشان ندادند. کمترین درصد پروتئین دانه در هر دو مرحله تنش گلدهی و تنش پرشدن غلاف و در صورت عدم مصرف کود مشاهده شد.

نیتروژن ماده اولیه تشکیل پروتئین است. ازتوباکتر، حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن است به همین دلیل می‌توان گفت احتمالاً یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین در بوته‌هایی که با کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تیمار شده‌اند، تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌ها باشد (عموآقایی و همکاران، ۱۳۸۲).

کاهش درصد پروتئین در شرایط تنش می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین در گیاه باشد (سبک دست و خیال پرست، ۱۳۸۲). نتایج آزمایش‌های طاهرخوانی (۱۳۸۷) نشان داد که با مصرف کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس درصد پروتئین دانه در لوبیا، افزایش یافت. در شرایط تنش به دلیل محدودیت رطوبتی، فعالیت باکتری‌های همزیست کاهش و انحلال ترکیبات نیتروژن‌دار در خاک کم می‌گردد و در نتیجه امکان جذب و انتقال آن به دانه کاهش می‌یابد بنابراین پروتئین‌های گیاه در این شرایط تجزیه می‌شود تا انتقال مجدد اسید آمینه صورت گیرد. احتمالاً کاهش سنتز پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و یا تجزیه پروتئین‌ها به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز باشد (سی و سه مرده، ۱۳۹۲). درصد پروتئین دانه گندم با مصرف کود زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریوم افزایش یافت (عموآقایی و همکاران، ۱۳۸۲). همچنین رخصادی و همکاران (۱۳۸۷)، نشان دادند باکتری‌های محرک رشد، از جمله ازتوباکترها، آزوسپیریوم و سودوموناس، باعث افزایش عملکرد پروتئین در نخود نسبت به

شاهد شدند. تنش خشکی باعث کاهش پروتئین در گیاه نخود شد (دادخواه و همکاران، ۱۳۹۴).

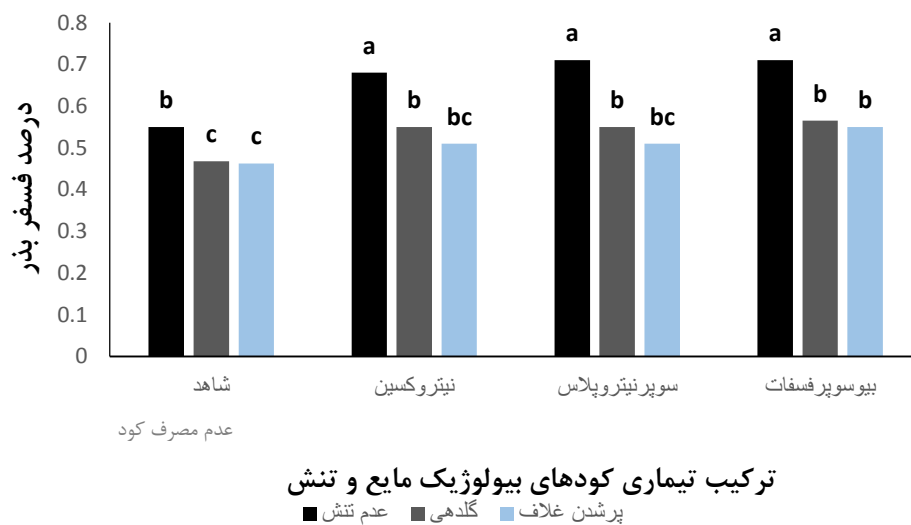


شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پروتئین

۴-۵-۲ درصد فسفر بذر

مقدار درصد فسفر بذر در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی و کود بیولوژیک مایع و در سطح احتمال ۵ درصد تحت اثر متقابل تنش و کود قرار گرفت (جدول پیوست ۹). مقایسات میانگین-نشان داد که ترکیبات تیماری مصرف هر سه کود بیولوژیک مایع در مرحله عدم تنش، اختلاف معنی داری با هم نداشتند اما نسبت به تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود در سطح بالاتری قرار گرفتند و همچنین در شرایط تنش گلدهی و تنش پرشدن غلاف هر سه کود بیولوژیکی مایع با هم اختلاف معنی-داری نشان ندادند. مصرف کودهای بیولوژیک مایع در شرایط تنش گلدهی، نسبت به تیمار تنش گلدهی × عدم مصرف کود، اختلاف معنی داری را نشان دادند اما هر سه کود با تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود، در یک گروه آماری قرار گرفتند. کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات به در هر دو شرایط تنش گلدهی و تنش پرشدن غلاف در یک سطح قرار گرفت. همین نتیجه در ترکیبات تیماری کودهای بیولوژیک مایع

نیتروکسن و سوپرنیتروپلاس در شرایط تنش گلدهی و تنش پر شدن غلاف حاصل شد. در کل کمترین درصد فسفر بذر، در تیمار عدم مصرف کود و در هر دو شرایط تنش گلدهی و تنش پر شدن غلاف مشاهده گردید (شکل ۴-۲۹). می‌توان نتیجه گرفت که چون کودهای بیولوژیک حاوی میکروارگانیسم-هایی حل‌کننده عناصر هستند، با فراهم نمودن سطح اضافی در ناحیه ریزوسفری ریشه، سبب افزایش جذب عناصر غذایی می‌گردند (احمدی فرد و همکاران، ۱۳۹۲). میانگین فسفر جذب شده در هر کیلوگرم ماده خشک بذر سه رقم لوبیا، نسبت به شاهد با مصرف چند مایه تلقیح حاوی باکتری، افزایش پیدا کرد (مهرپویان و همکاران، ۱۳۸۹). سودوموناس و باسیلوس با انحلال فسفات نامحلول و افزایش فسفر قابل دسترس برای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، جذب مواد غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهند (حبیبی، ۱۳۹۰). وجود باکتری‌های PGPR، در کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس باعث افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر در مقایسه با شاهد، در گیاه لوبیا شد (طاهرخوانی، ۱۳۸۷). در زمان تنش یونی که بیشتر در طی خشکی برای گیاه غیر قابل دسترس می‌شود، فسفات است. این یون محکم به ذرات رس می‌چسبد و بخش کمی از آن در خاک محلول می‌ماند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد فسفر بذر

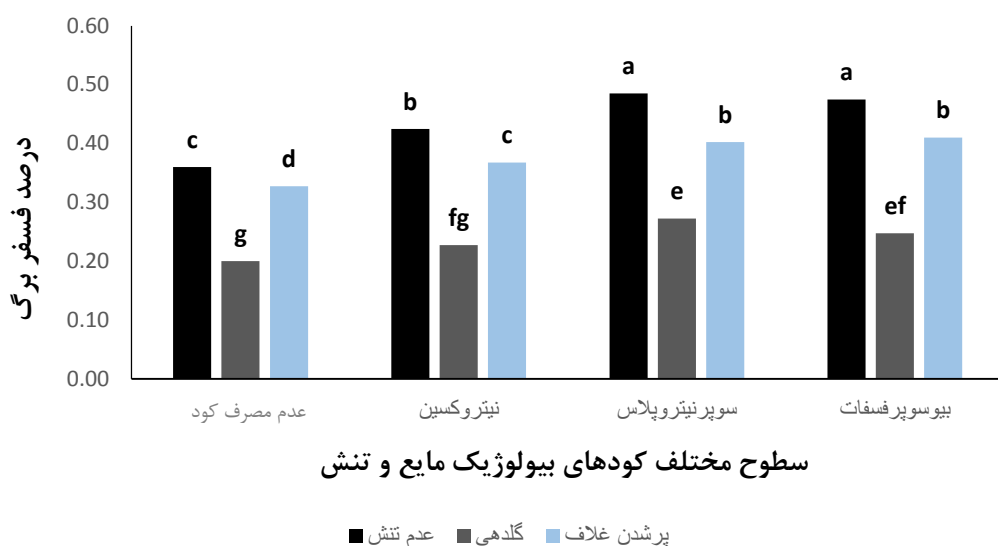
۴-۵-۳ درصد فسفر برگ

با توجه به جدول پیوست ۹، اثر ساده عوامل و اثر متقابل تنش و کود بیولوژیک مایع در سطح احتمال یک درصد بر میزان درصد فسفر برگ معنی دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سطوح کودی سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات در مرحله عدم تنش در بالاترین سطح بوده و تنش با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. همچنین کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در مرحله عدم تنش، با کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات در مرحله تنش پر شدن غلاف در یک گروه آماری قرار گرفتند. تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود با تیمار تنش پر شدن غلاف × کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در یک سطح آماری قرار گرفتند. کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس در مرحله گلدهی با کود بیولوژیک بیوسوپرفسفات در همین مرحله در یک گروه آماری قرار گرفتند. این در حالی است که در شرایط تنش گلدهی، کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات نیز با کود بیولوژیک مایع نیتروکسین اختلاف معنی داری نداشت.

در مرحله تنش گلدهی کود بیولوژیک مایع نیتروکسین با تیمار تنش گلدهی و عدم مصرف کود در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۳۰). مصرف کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات، باعث افزایش درصد فسفر موجود در اندام‌های مختلف در گیاه کلزا شد (مدنی و همکاران، ۱۳۸۹). درصد فسفر در اندام‌های هوایی سه رقم لوبیا، تحت تأثیر چند نوع باکتری محرک رشد، در طی دو سال نسبت به شاهد افزایش نشان داد (مهرپویان و همکاران، ۱۳۸۹).

همچنین تنش خشکی تأثیر معنی داری بر میزان عنصر فسفر در گیاه شوید داشت و میزان آن را نسبت به شاهد کاهش داد (ستایش مهر و همکاران، ۱۳۹۳). ضریب انتشار فسفات در خاک در زمان تنش 10^4 و 10^7 بار کمتر از پتاسیم، نیترات و آمونیوم است. در نتیجه میزان این عنصر در زمان تنش برای

گیاه محدود می‌شود. تولید سیدروفروها توسط باکتری‌های کودهای بیولوژیک میزان عنصر آهن را که ۷۵-۹۰٪ از فسفر خاک را همراه عناصر آلومینیوم و کلسیم تثبیت می‌کنند را کاهش می‌دهد در نتیجه دسترسی گیاه به این عنصر را افزایش می‌دهد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). فسفر برگ در گیاه دارویی سرخارگل تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور افزایش یافت (آفاعلیخانی و همکاران، ۱۳۸۶).



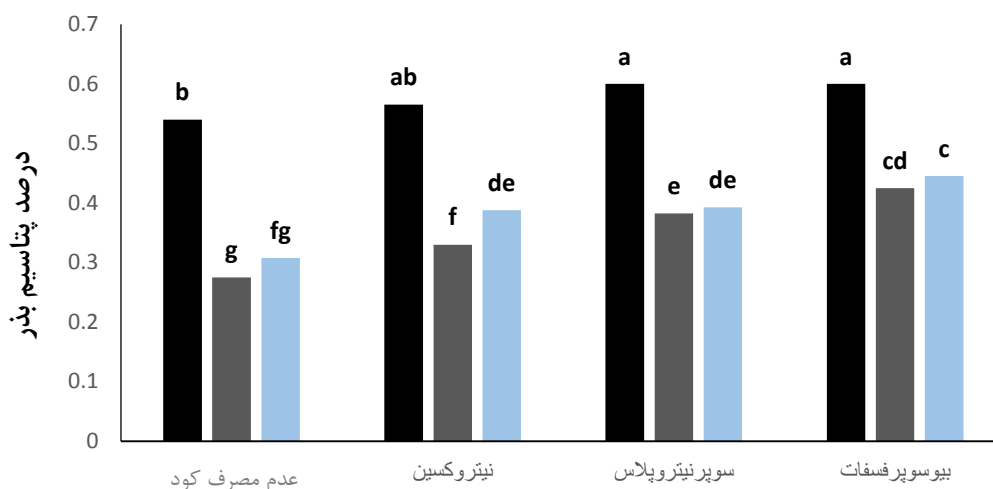
شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد فسفر برگ

۴-۵-۴ درصد پتاسیم بذر

درصد پتاسیم بذر تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی قرار گرفت و به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۹). با توجه به شکل ۴-۳۱ هر سه کود بیولوژیک مایع در مرحله عدم تنش، از نظر آماری در یک سطح قرار گرفتند. همچنین ترکیب تیماری عدم تنش × عدم مصرف کود بیولوژیک مایع با ترکیب تیماری عدم تنش × مصرف کود بیولوژیک مایع نیتروکسین اختلاف معنی‌داری نداشتند. کود بیولوژیک بیوسوپر فسفات در هر دو سطح تنش گلدهی و تنش پرشدن غلاف، در

یک گروه آماری قرار گرفتند. این نتیجه در کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس نیز مشاهده شد. همچنین با کاربرد کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس در هر دو سطح تنش گلدهی و پرشدن غلاف، اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش پر شدن غلاف و مصرف کود بیولوژیک مایع نیتروکسین مشاهده نشد. تنش پرشدن غلاف، استفاده از کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در شرایط عدم مصرف کود بیولوژیک مایع، در هر دو سطح تنش گلدهی و تنش پرشدن غلاف، و همچنین در تیمار تنش گلدهی و کود بیولوژیک مایع نیتروکسین، شاهد کمترین درصد پتاسیم بذر نسبت به کل تیمارها بودیم (شکل ۴-۳۱). شاید یکی از علل بهتر عمل کردن کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس، وجود سیدروفورها (ترکیب‌های آلی با وزن مولکولی کم و لیگاندهای شیمیایی با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای پیوند شدن با آهن III) باشد. از مهمترین تولیدکنندگان سیدروفورها، باکتری جنس *Pseudomonas* می‌باشد که در این دو کود ذکر شده موجود است.

سیدروفورها علاوه بر تأمین آهن مورد نیاز گیاه، اثر غیر مستقیم بر رشد گیاهان دارند. این تأثیر از طریق کاهش رشد عوامل بیماریزای گیاهی و کاهش دسترسی پاتوژن‌ها به آهن می‌شود (مهرپویان و همکاران، ۱۳۸۹ و آرام و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج آزمایشگاهی نشان داد که درصد پتاسیم بذر در سه رقم لوبیا، با مصرف کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس افزایش یافت (طاهرخوانی، ۱۳۸۷ و مهرپویان و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش خشکی در لایه‌های سطح خاک، ممکن است گیاه را مجبور کند تا رطوبت مورد نیاز خود را از لایه‌های عمیق‌تر خاک استخراج کند. این لایه‌ها دارای عناصر غذایی ضروری کمتری هستند. بدین ترتیب، گیاه با تنش عناصر غذایی روبرو می‌شود (انجم شعاع و همکاران، ۱۳۹۰).



ترکیب تیماری کودهای بیولوژیک مایع و تنش

■ عدم تنش ■ گلدهی ■ پرشدن غلاف

شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پتاسیم بذر

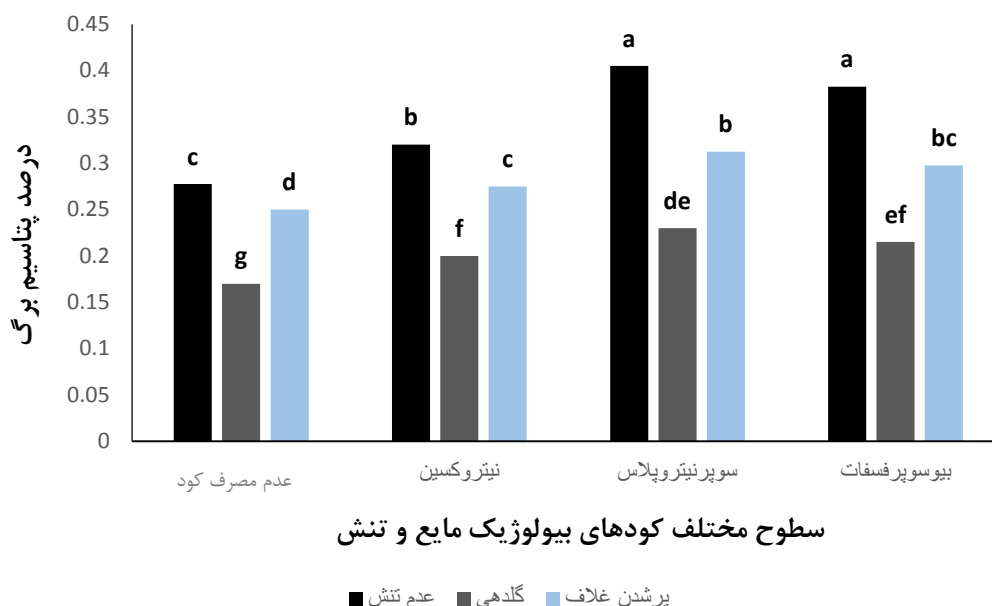
۴-۵-۵ درصد پتاسیم برگ

درصد پتاسیم برگ تحت اثرات اصلی و متقابل تنش و کود بیولوژیک مایع در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱۰). مقایسات میانگین نشان داد که کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات در شرایط عدم تنش بالاترین سطح پتاسیم برگ را نشان دادند. کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در مرحله عدم تنش با کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات در شرایط پر شدن غلاف در یک سطح آماری قرار گرفتند. همچنین در شرایط تنش مرحله پر شدن غلاف، در دو کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات و نیتروکسین و تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود، اختلاف آماری مشاهده نشد. درصد پتاسیم برگ در شرایط تنش مرحله پر شدن غلاف و عدم مصرف کود با ترکیب تیماری تنش مرحله گلدهی و کود بیولوژیکی مایع سوپرنیتروپلاس در یک گروه آماری قرار گرفتند. در شرایط تنش مرحله گلدهی دو کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات اختلاف معنی داری با هم نداشتند. همچنین در همین مرحله تنشی (گلدهی)، اختلاف بین تیمارهای کودی بیوسوپرفسفات و نیتروکسین نیز

مشاهده نشد. کمترین درصد پتاسیم برگ در شرایط تنش گلدهی و عدم مصرف کود مشاهده شد (شکل ۴-۳۲).

می‌توان احتمال داد که تنظیم فشار اسمزی در زمان وقوع تنش خشکی، سبب افزایش درصد جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود. نتایجی که بوتیو و همکاران در سال ۲۰۰۱ به دست آوردند نشان داد که در شرایط تنش خشکی، ورود یون‌های پتاسیم به داخل تارهای کشنده در گیاه باقلا، سبب حفظ فشار تورژسانس و گسترش و رشد سلول شد. کودهای بیولوژیک مایع مورد استفاده در این آزمایش باعث شده‌اند که درصد پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه افزایش پیدا کند که این افزایش پتاسیم باعث تنظیم اسمزی، حفظ فشار تورژسانس در اندام‌های هوایی و کنترل روزه‌ای می‌گردد (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۹۱). تنش در گیاه کنجد (آئین، ۱۳۹۱)، گیاه یونجه (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵) و گیاه مریم‌گلی (ترحمی و همکاران، ۱۳۹۰) باعث افزایش جذب یون پتاسیم در برگ گردید. کاربرد باکتری‌های سودوموناس در آلوئه‌ورا سبب بهبود جذب عناصر آهن و پتاسیم شد (خوشبخت و همکاران، ۱۳۸۹ و ریحانی‌تبار و همکاران، ۱۳۸۱).

در بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شوید، مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش عنصر پتاسیم در اندام‌های هوایی این گیاه شد (ستایش مهر و همکاران، ۱۳۹۳). عنصر پتاسیم در زمان تنش و اواخر دوره رشدی حدود ۳۰-۵۰ درصد از تنظیم اسمزی را برعهده دارد. به همین منظور افزایش میزان پتاسیم در برگ می‌تواند به این علت باشد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

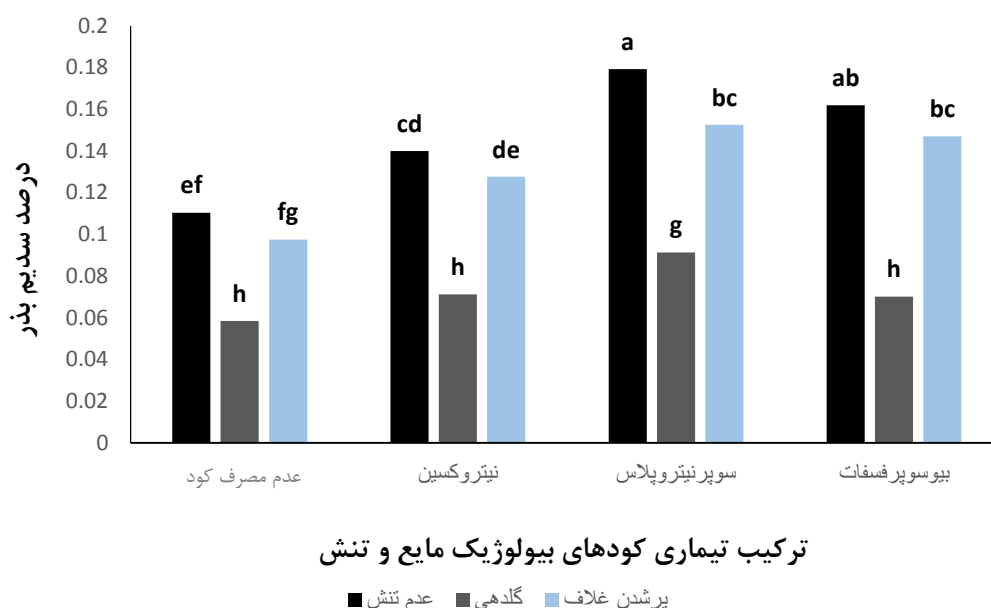


شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پتاسیم برگ

۴-۵-۶ درصد سدیم بذر

سدیم موجود در بذر در اثر تنش و کودهای بیولوژیک مایع و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱۰). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سطوح کودی سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات مایع در مرحله عدم تنش با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. همچنین این دو کود، در شرایط تنش پرشدن غلاف نیز در یک گروه آماری قرار گرفتند و با کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در مرحله عدم تنش اختلاف معنی داری نداشتند. کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در هر دو سطح عدم تنش و تنش پرشدن غلاف اختلاف معنی داری را نشان نداد. این نتیجه در تیمار عدم مصرف کود و در هر دو سطح تنش گلدهی و پرشدن غلاف نیز تکرار شد. همچنین تیمار تنش پرشدن غلاف × کود بیولوژیک مایع نیتروکسین با تیمار عدم تنش و عدم مصرف کود در یک گروه آماری قرار گرفتند. در مرحله گلدهی کود بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس نسبت به سایر سطوح کودی در همین شرایط تنشی، درصد سدیم بذر بیشتری را نشان داد. این در حالی است که هر سه سطح کودی در

این سطح تنش (گلدهی)، در یک گروه آماری قرار گرفتند و هر سه کمترین میزان درصد سدیم بذر را نشان دادند (شکل ۴-۳۳). برخلاف پتاسیم، سدیم یک عنصر ماکرو، حتی برای گیاهانی که فوق العاده هالوفیت هستند، نیست. در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم افزایش می‌یابد. گیاه برای جلوگیری از سمیت ناشی از آن، سعی در خروج سدیم اضافی و یا به واکوئل فرستادن آن می‌نماید (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۹۱).



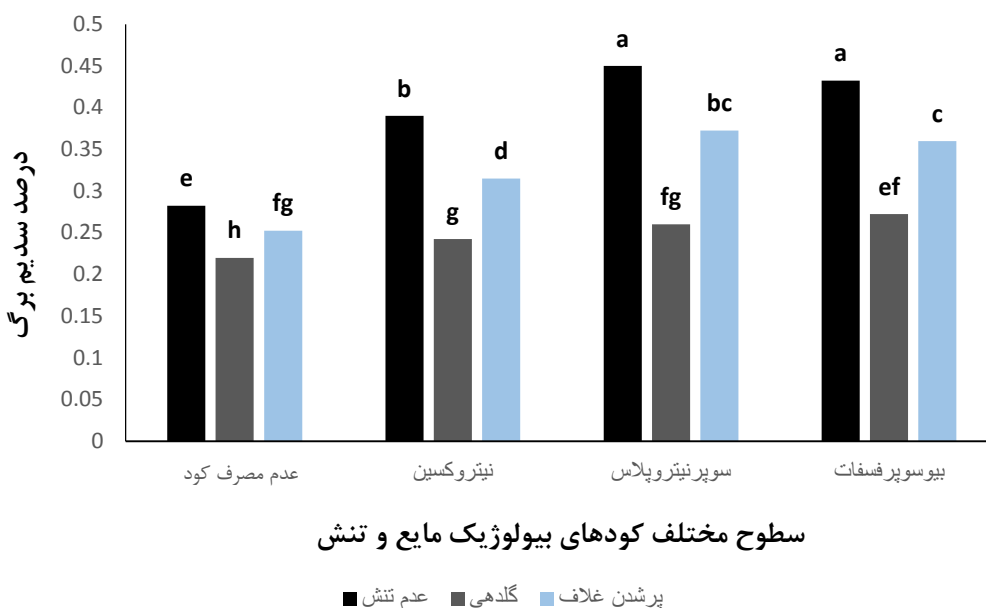
شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد سدیم بذر

۴-۵-۷ درصد سدیم برگ

اثرات اصلی و متقابل تنش و کودهای بیولوژیک مایع در سطح احتمال یک درصد بر سدیم برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۰). با توجه به شکل ۴-۳۴، کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات در شرایط عدم تنش بالاترین درصد سدیم بذر را نشان دادند. کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در شرایط عدم تنش با شرایط تنش پر شدن غلاف و کاربرد کود بیولوژیک مایع

سوپرنیتروپلاس در یک سطح آماری قرار گرفتند. همچنین در تنش در مرحله پر شدن غلاف، کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات یک سطح آماری را نشان دادند و کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در همین شرایط تنشی (پر شدن غلاف)، در رده پایین تر از این دو کود قرار گرفت. درصد سدیم برگ در تیمار عدم تنش × عدم مصرف کود و تیمار تنش گلدهی × کود بیولوژیک مایع بیوسوپرفسفات اختلاف معنی داری نداشتند. تیمار تنش پر شدن غلاف و عدم مصرف کود با ترکیبات تیماری تنش گلدهی و کاربرد کودهای بیولوژیک مایع سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین در یک سطح آماری قرار گرفتند. همچنین در مرحله تنش گلدهی و عدم مصرف کود کمترین درصد سدیم در برگ گیاه نخود مشاهده شد.

تنش خشکی موجب افزایش معنی دار غلظت عنصر سدیم در اندامهای گیاه یونجه شد (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵) این نتیجه توسط ترحمی و همکاران در سال ۱۳۹۰ در بخش های هوایی گیاه مریم گلی گزارش شد. سدیم از کاتیون های قابل حل در بسیاری از خاک های مناطق خشک و نیمه خشک است. غلظت بالای سدیم پایداری یون های داخل سلول را برهم میزند و منجر به عملکرد بد غشاء و تضعیف واکنش های متابولیکی می شود. همچنین باعث بازدارندگی رشد و سرانجام مرگ سلول می گردد. از طرفی دیگر در بسیاری از گیاهان خشکی پسند، سدیم با ورود به داخل واکوئل ها نقش عمده ای در تنظیم تعادل اسمزی بر عهده دارد. بطوریکه بیشتر گیاهان مقاوم به خشکی، افزایش موقتی سدیم را در آپوپلاست از طریق افزایش مقدار آب سلول های مزوفیل (مثل مقدار آب واکوئل) تحمل می کنند، بنابراین نمک ها رقیق تر شده و ظرفیت خود را برای جذب نمک از محلول آپوپلاست بالاتر می برند. سدیم اضافی در بیشتر هالوفیت ها در واکوئل ها تجمع و بدین وسیله ضمن ممانعت از سمیت اندامک های سیتوپلاسمی موجب تنظیم اسمزی نیز می گردد (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد سدییم برگ

۴-۶ نتیجه گیری

این تحقیق نتایج نشان داد که:

تنش باعث کاهش صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک برگ و غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و همچنین کاهش صفات فیزیولوژیکی مانند کلروفیل‌های a و b، کاروتنوئید، میزان محتوای نسبی آب برگ و افزایش میزان آب نسبی از دست رفته برگ گردید.

کودهای بیولوژیک مایع نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات باعث افزایش برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک برگ و غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و همچنین افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شدند.

مقایسات میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک ساقه،

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، پایداری غشاء، میزان پرولین، درصد پروتئین و درصد عناصر فسفر، پتاسیم و سدیم در بذر و برگ‌ها معنی‌دار شد.

کودهای بیولوژیک مایع استفاده شده در این تحقیق بر عملکرد، اجزای عملکرد، صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه نخود تأثیر داشتند و در اکثر موارد توانستند از اثرات مضر و کاهنده تنش خشکی تا حدی بکاهند، اما اکثراً از این لحاظ بین کودها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

مشخص شد که مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه نخود به تنش خشکی است. زمانی که گیاه نخود در مرحله گلدهی تحت تنش خشکی قرار گرفت. همچنین تنش در این مرحله باعث ریزش گل‌ها و در نتیجه کاهش تعداد غلاف‌ها و عملکرد گیاه، کاهش ارتفاع و قطر ساقه و همچنین زرد شدن و ریزش برگ‌ها و در مجموع باعث کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی شد. مجموع این رخدادها باعث کاهش فتوسنتز و رشد مطلوب گیاه گردید و جذب عناصر غذایی را هم در بذر کاهش داد.

در این تحقیق، مرحله پر شدن غلاف هم نسبت به تنش تحت تأثیر قرار گرفت اما حساسیت کمتری نسبت به مرحله گلدهی داشت، زیرا در این مرحله تقریباً دوره زندگی گیاه رو به پایان است و تنش با افزایش سرعت پیری در برگ‌ها، سرعت رسیدگی بوته‌ها را افزایش می‌دهد و اختلال کمتری در تولید بافت‌های گیاهی دارد.

به طور کلی استفاده از رقم بیونیچ نخود که یک رقم مقاوم به خشکی است و همچنین کاربرد کود-های بیولوژیک مایع نیتروکسین، بیوسوپرفسفات و سوپرنیتروپلاس، توانست از اثرات مضر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تا حد قابل توجهی جلوگیری بکاهد. در کل کود بیولوژیک مایع نیتروکسین در اکثر موارد نسبت به سایر کودهای بیولوژیک مایع بهتر عمل کرد.

۷-۴ پیشنهادات

توصیه می‌شود در مناطق مختلف با شرایط اقلیمی متفاوت این آزمایش تکرار شود.

انجام مقایسه اثر کودهای بیولوژیک مایع بر روی رشد ژنوتیپ‌های مختلف نخود و سایر حبوبات.

مقایسه انواع کود بیولوژیک مایع با کودهای بیولوژیک جامد و کودهای شیمیایی بر روی رشد نخود.

انجام این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به منظور اندازه‌گیری سطح ریشه‌ها و تعداد گره‌های فعال در ناحیه ریشه گیاه نخود.

استفاده از کودهای بیولوژیک مایع در کنار سایر فاکتورها مانند محلول پاشی.

پوست

جدول پیوست ۱- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر ساقه تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| میانگین مربعات | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|----------------|-------------|------------|-------------|
| قطر ساقه | ارتفاع بوته | | |
| ۵/۱۰۸ | ۲۶/۸۴۴ | ۳ | تکرار |
| ۱۴/۹۲۶* | ۱۶۴۸/۰۸۹** | ۲ | تنش |
| ۱/۵۰۸ | ۱۰/۱۰۸ | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۱۲/۱۲۹** | ۴۵۵/۸۵۶** | ۳ | کود |
| ۰/۳۰۳ | ۶/۱۴۳ | ۶ | تنش×کود |
| ۰/۳۶۸ | ۱۱/۵۶۳ | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱-۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر ارتفاع بوته و قطر ساقه

| قطر ساقه | ارتفاع بوته | تیمار |
|----------|-------------|--------------------------|
| ۵/۱۲۹a | ۴۴/۹۲a | عدم تنش |
| ۳/۳۶۶b | ۲۶/۶۳b | تنش در مرحله گلدهی |
| ۴/۹۳۱a | ۴۳/۴۰a | تنش در مرحله پر شدن غلاف |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۱-۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر ارتفاع و قطر ساقه

| قطر ساقه | ارتفاع | تیمار |
|----------|--------|---------------|
| ۳/۰۳۳c | ۳۰/۵۸c | عدم مصرف کود |
| ۵/۲۸۴a | ۴۵/۴۳a | نیتروکسین |
| ۵/۰۱۱ab | ۳۹/۹۱b | سوپرنیتروپلاس |
| ۴/۵۷۲b | ۳۷/۳۳b | بیوسوپر فسفات |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۲- نتایج تجزیه واریانس درصد پوچی و طول غلاف تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| میانگین مربعات | | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|----------------|----------------|----------|------------|-------------|
| طول غلاف | درصد پوچی غلاف | طول غلاف | | |
| ۷/۱۷۹ | ۲۸/۷۱۵ | | ۳ | تکرار |
| ۱۵/۳۰۴ | ۶۱/۲۵۹ | | ۲ | تنش |
| ۳/۴۹۵ | ۱۳/۹۸۲ | | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۱۳/۴۵۹ | ۵۳/۷۷۵ | | ۳ | کود |
| ۳/۱۲۵ | ۱۲/۴۹۲ | | ۶ | تنش×کود |
| ۴/۹۳۱ | ۱۹/۷۴۸ | | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف تحت تأثیر تنش و کودهای

بیولوژیک مایع

| میانگین مربعات | | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|----------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| وزن خشک غلاف | وزن خشک برگ | وزن خشک ساقه | | |
| ۱۱۱۳/۹۶۵ | ۹۶۰/۷۹۹ | ۱۰۰۲/۱۸۸ | ۳ | تکرار |
| ۷۵۳۹۳/۱۸۸* | ۵۵۷۴۴/۰۲۱** | ۲۵۳۲۶۲/۱۴۶** | ۲ | تنش |
| ۴۹۳۴/۸۸۲ | ۱۹۹۵/۳۸۲ | ۱۵۱۷/۰۶۳ | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۱۵۶۲۹/۲۴۳** | ۱۹۶۶۸/۱۸۸** | ۲۶۲۰۶/۵۷۶** | ۳ | کود |
| ۱۱۴۷/۴۹۳ | ۹۳۳/۱۰۴ | ۲۷۷۳/۴۵۱** | ۶ | تنش×کود |
| ۶۱۳/۴۱۰ | ۷۷۰/۵۰۲ | ۳۱۳/۵۶۷ | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳-۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف

| تیمار | وزن خشک برگ | وزن خشک غلاف |
|--------------------------|-------------|--------------|
| عدم تنش | ۲۵۸/۸a | ۲۱۲/۳a |
| تنش در مرحله گلدهی | ۱۸۲/۳b | ۷۵/۸۸c |
| تنش در مرحله پر شدن غلاف | ۲۱۹/۸ab | ۱۲۹/۹b |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۳-۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف

| تیمار | وزن خشک برگ | وزن خشک غلاف |
|----------------|-------------|--------------|
| عدم مصرف کود | ۱۶۳/۸c | ۸۶b |
| نیتروکسین | ۲۵۹a | ۱۶۵/۸a |
| سوپر نیتروپلاس | ۲۲۳/۵b | ۱۵۴/۳a |
| بیوسوپر فسفات | ۲۳۴/۸ab | ۱۵۱/۲a |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۴- تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش و کودهای

بیولوژیک مایع

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|-------------|------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | | تعداد غلاف در بوته | تعداد دانه در غلاف | وزن صد دانه |
| تکرار | ۳ | ۴/۸۷۲ | ۰/۰۰۱ | ۵/۷۸۵ |
| تنش | ۲ | ۱۰۲/۷۰۲** | ۰/۰۰۱ | ۵۳۲/۶۰۹** |
| اشتباه اصلی | ۶ | ۷/۱۲۶ | ۰/۰۰۰ | ۵/۸۰۱ |
| کود | ۳ | ۹۰۹/۵۰۲** | ۰/۰۰۲ | ۴۰۲/۳۷۱** |
| تنش×کود | ۶ | ۱۹/۱۸۲ | ۰/۰۰۰ | ۸/۵۱۰ |
| اشتباه فرعی | ۲۷ | ۱۴/۲۸۶ | ۰/۰۰۲ | ۹/۶۰۹ |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۴-۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه

| تیمار | تعداد غلاف در بوته | وزن صد دانه |
|--------------------------|--------------------|-------------|
| عدم تنش | ۶۲/۲۹a | ۵۴/۹۱a |
| تنش در مرحله گلدهی | ۵۷/۳۸c | ۴۳/۴۵c |
| تنش در مرحله پر شدن غلاف | ۵۸/۷۴b | ۴۸/۰۳b |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۴-۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه

| تیمار | تعداد غلاف در بوته | وزن صد دانه |
|----------------|--------------------|-------------|
| عدم مصرف کود | ۴۶/۴۸b | ۴۰/۵۶c |
| نیتروکسین | ۶۴/۸۸a | ۵۴a |
| سوپر نیتروپلاس | ۶۲/۷۵a | ۴۹/۶۰b |
| بیوسوپر فسفات | ۶۳/۷۸a | ۵۱/۰۳ab |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۵- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | |
|-------------|------------|----------------|-----------------|
| | | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
| تکرار | ۳ | ۴۳۵۷/۸۲۸ | ۳۵۰۵۲۲/۲۵۰ |
| تنش | ۲ | ۲۴۷۹۴۸۸/۸۱۶** | ۹۲۱۷۱۸۰۰/۱۴۶** |
| اشتباه اصلی | ۶ | ۱۸۳۳۲/۸۹۰ | ۳۵۵۹۹۹/۶۴۶ |
| کود | ۳ | ۱۰۱۹۶۳۲/۲۵۹** | ۱۰۳۱۴۴۳۴/۹۷۲** |
| تنش×کود | ۶ | ۹۸۸۹۵/۰۹۹** | ۱۰۲۰۹۷۴/۲۰۱** |
| اشتباه فرعی | ۲۷ | ۱۷۶۴۸/۶۲۴ | ۱۰۴۵۶۱/۳۶۶ |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۵-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر وزن خشک ساقه و

عملکرد دانه

| عملکرد دانه | وزن خشک ساقه | تیمار | |
|-------------|--------------|---------------|----------------------------|
| ۱۵۷۰d | ۳۸۹/۵e | شاهد | عدم تنش |
| ۲۴۱۹a | ۵۶۲/۵a | نیتروکسین | |
| ۲۲۸۴fab | ۴۴۸/۳c | سوپرنیتروپلاس | |
| ۲۲۵۷ab | ۵۱۹/۸b | بیوسوپر فسفات | |
| ۱۱۸۰f | ۱۹۹/۰i | شاهد | تنش در مرحله گلدهی |
| ۱۴۶۲de | ۲۶۵/۳g | نیتروکسین | |
| ۱۴۵۳de | ۲۲۴/۳hi | سوپرنیتروپلاس | |
| ۱۳۲۸ef | ۲۴۱/۸gh | بیوسوپر فسفات | |
| ۱۲۹۸ef | ۳۵۲/۳f | شاهد | تنش در مرحله پرشدن غلاف |
| ۲۰۸۶bc | ۴۳۷/۳cd | نیتروکسین | |
| ۱۹۶۱c | ۳۸۵/۵ef | سوپرنیتروپلاس | |
| ۲۰۷۵bc | ۴۰۸/۵de | بیوسوپر فسفات | |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۶- تجزیه واریانس میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| میانگین مربعات | | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| کلروفیل کل | کلروفیل b | کلروفیل a | | |
| ۶/۶۵۶ | ۰/۷۶۳ | ۲/۹۷۳ | ۳ | تکرار |
| ۱۰۶/۲۹۴** | ۶/۳۴۷* | ۶۰/۷۱۸** | ۲ | تنش |
| ۸/۰۱۷ | ۰/۹۱۲ | ۳/۶۰۶ | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۹۸/۵۰۰** | ۸/۳۰۸** | ۴۹/۶۲۴** | ۳ | کود |
| ۱/۰۱۰ | ۰/۳۱۳ | ۰/۲۸۳ | ۶ | تنش×کود |
| ۱/۷۲۳ | ۰/۱۷۲ | ۰/۹۳۲ | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۶-۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b

| کلروفیل b | کلروفیل a | تیمار |
|-----------|-----------|--------------------------|
| ۰/۴۶۳۷a | ۱/۱۱۹a | عدم تنش |
| ۰/۳۳۸۲b | ۰/۷۲۹۳b | تنش در مرحله گلدهی |
| ۰/۴۰۹۷ab | ۰/۹۳۷۱a | تنش در مرحله پر شدن غلاف |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۶-۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b

| کلروفیل b | کلروفیل a | تیمار |
|-----------|-----------|----------------|
| ۰/۲۹۵۸c | ۰/۶۵۷۹c | عدم مصرف کود |
| ۰/۴۹۶۲a | ۱/۱۴۶a | نیتروکسین |
| ۰/۴۲۶۸b | ۰/۹۸۶۲b | سوپر نیتروپلاس |
| ۰/۳۹۶۷b | ۰/۹۲۲۹b | بیوسوپر فسفات |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۷- تجزیه واریانس میزان کاروتنوئید، پایداری غشاء و پرولین تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| میانگین مربعات | | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|----------------|--------------|------------|------------|-------------|
| پرولین | پایداری غشاء | کاروتنوئید | | |
| ۱۷/۶۰۸ | ۱۴۷۳/۶۳۱** | ۰/۱۲۷ | ۳ | تکرار |
| ۳۵۳۱/۴۹۷** | ۱۵۵۷/۲۶۰** | ۰/۹۶۶** | ۲ | تنش |
| ۵/۰۵۷ | ۴/۹۰۱ | ۰/۱۳۳ | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۱۵۲/۷۶۹** | ۱۹۴/۴۴۶** | ۰/۶۳۰** | ۳ | کود |
| ۱۱/۵۷۱* | ۱۳/۹۱۶** | ۰/۰۷۷ | ۶ | تنش × کود |
| ۳/۳۷۲ | ۳/۴۹۷ | ۰/۰۹۹ | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱-۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید

| کاروتنوئید | کلروفیل کل | تیمار |
|------------|------------|--------------------------|
| ۰/۱۹۸۵a | ۱/۵۸۲a | عدم تنش |
| ۰/۱۲۲۰c | ۱/۰۶۸b | تنش در مرحله گلدهی |
| ۰/۱۷۲۵b | ۱/۳۴۷b | تنش در مرحله پر شدن غلاف |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۲-۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کودهای بیولوژیک مایع بر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید

| کاروتنوئید | کلروفیل کل | تیمار |
|------------|------------|---------------|
| ۰/۱۶۱۷c | ۰/۹۵۳۸b | عدم مصرف کود |
| ۰/۲۱۶۷a | ۱/۶۴۳a | نیتروکسین |
| ۰/۱۸۹۶b | ۱/۴۱۳b | سوپرنیتروپلاس |
| ۰/۱۷۸۰c | ۱/۳۲۰c | بیوسوپر فسفات |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۳-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر عملکرد بیولوژیک و پایداری

غشاء

| پایداری غشاء | عملکرد بیولوژیک | تیمار |
|--------------|-----------------|---------------|
| ۶۰/۹۴c | ۷۳۲۳e | شاهد |
| ۷۳/۷۲a | ۱۰۷۵۰a | نیتروکسین |
| ۶۹/۴۳b | ۸۶۰۷c | سوپرنیتروپلاس |
| ۶۷/۴۴b | ۹۸۸۷b | بیوسوپر فسفات |
| ۴۹/۵۹e | ۳۶۹۵i | شاهد |
| ۵۴/۳۱d | ۵۰۶۱g | نیتروکسین |
| ۵۲/۹۱de | ۴۳۰۹hi | سوپرنیتروپلاس |
| ۵۱/۴۲de | ۴۵۹۵gh | بیوسوپر فسفات |
| ۴۲/۹۶f | ۶۵۹۰f | شاهد |
| ۵۴/۰۱d | ۸۲۸۲cd | نیتروکسین |
| ۵۲/۰۵de | ۷۳۵۵ef | سوپرنیتروپلاس |
| ۵۰/۰۴e | ۷۷۷۸de | بیوسوپر فسفات |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۸- تجزیه واریانس RWL، RWC و درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| درصد پروتئین دانه | میانگین مربعات | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|-------------------|----------------|-----------|------------|-------------|
| | RWL | RWC | | |
| ۰/۸۹۹ | ۴/۷۹۷ | ۴۶۷/۳۶۶ | ۳ | تکرار |
| ۵۴/۶۲۳** | ۴۰۳/۱۹۴* | ۳۰۷۵/۱۴۷* | ۲ | تنش |
| ۰/۶۴۲ | ۷۹/۶۴۴ | ۳۰۱/۰۴۷ | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۴۲/۲۷۶** | ۱۱/۸۵۵ | ۲/۶۶۲ | ۳ | کود |
| ۱/۱۱۳* | ۷/۲۳۴ | ۲۶/۵۲۶ | ۶ | تنش×کود |
| ۰/۳۷۹ | ۹/۵۴۹ | ۱۴/۲۹۹ | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۸-۱ - مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر پرولین و درصد پروتئین دانه

| درصد پروتئین | پرولین | تیمار | |
|--------------|---------|---------------|-------------------------|
| ۱۹/۱۳d | ۱۶/۰۷i | شاهد | عدم تنش |
| ۲۳/۲۵a | ۲۴/۰۱g | نیتروکسین | |
| ۲۰/۷۲bc | ۲۲/۱۴gh | سوپرنیتروپلاس | |
| ۲۱/۲۵b | ۲۰/۲۲h | بیوسوپر فسفات | |
| ۱۵/۸۴g | ۴۲/۹۹c | شاهد | تنش در مرحله گلدهی |
| ۲۰/۵۷bc | ۵۵/۷۵a | نیتروکسین | |
| ۱۸/۱۵e | ۵۱/۶۴b | سوپرنیتروپلاس | |
| ۱۹/۸۴cd | ۴۹/۵۵b | بیوسوپر فسفات | |
| ۱۵/۵۲g | ۳۶/۸۱f | شاهد | تنش در مرحله پرشدن غلاف |
| ۲۰/۱۴c | ۴۱/۴۹cd | نیتروکسین | |
| ۱۶/۷۶f | ۴۰/۰۳de | سوپرنیتروپلاس | |
| ۱۷/۴۸ef | ۳۸/۴۹ef | بیوسوپر فسفات | |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۸-۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش بر RWC و RWL

| RWL | RWC | تیمار |
|--------|--------|--------------------------|
| ۱۸/۸۹b | ۷۳/۴۷a | عدم تنش |
| ۲۸/۵۴a | ۴۹/۶۳b | تنش در مرحله گلدهی |
| ۲۶/۱۲a | ۴۹/۲۸b | تنش در مرحله پر شدن غلاف |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۹- نتایج تجزیه واریانس درصد فسفر بذر و برگ و پتاسیم بذر تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک مایع

| میانگین مربعات | | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|-----------------|---------------|---------------|------------|-------------|
| درصد پتاسیم بذر | درصد فسفر برگ | درصد فسفر بذر | | |
| ۱۱/۳۸۹ | ۱۰/۵۰۰ | ۱۱/۵۸۳ | ۳ | تکرار |
| ۲۳۴۶/۱۸۸** | ۱۶۷۶/۶۸۸** | ۱۱۱۲/۷۷۱** | ۲ | تنش |
| ۴۶/۲۴۳ | ۳/۶۸۸ | ۳۱/۰۲۱ | ۶ | اشتباه اصلی |
| ۲۹۲/۰۵۶** | ۲۰۵/۳۸۹** | ۳۲۴/۴۷۲** | ۳ | کود |
| ۱۹/۹۱۰* | ۱۰/۱۶۰** | ۲۵/۴۱۰* | ۶ | تنش×کود |
| ۷/۷۵۵ | ۲/۴۴۰ | ۹/۰۲۳ | ۲۷ | اشتباه فرعی |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۹-۱ - مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد فسفر بذر و برگ

| تیمار | درصد فسفر بذر | درصد فسفر برگ |
|-------------------------|---------------|---------------|
| شاهد | ۰/۵۵b | ۰/۳۶c |
| عدم تنش | نیتروکسین | ۰/۴۲۵b |
| | سوپرنیتروپلاس | ۰/۴۸۵ a |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۴۷۵a |
| تنش در مرحله گلدهی | شاهد | ۰/۲۰g |
| | نیتروکسین | ۰/۲۲۷۵fg |
| | سوپرنیتروپلاس | ۰/۲۷۲۵e |
| تنش در مرحله پرشدن غلاف | بیوسوپر فسفات | ۰/۲۴۷۵ef |
| | شاهد | ۰/۳۲۷۵d |
| | نیتروکسین | ۰/۳۶۷۵c |
| بیوسوپر فسفات | سوپرنیتروپلاس | ۰/۴۰۲۵b |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۴۱b |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۰ - نتایج تجزیه واریانس درصد پتاسیم برگ، درصد سدیم بذر و برگ تحت تأثیر تنش و کودهای بیولوژیک

مایع

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|-------------|------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | درصد پتاسیم برگ | درصد سدیم بذر | درصد سدیم برگ |
| تکرار | ۳ | ۵/۲۵۰ | ۱/۱۱۷ | ۸/۵۰۰ |
| تنش | ۲ | ۸۱۶/۳۳۳** | ۲۴۸/۳۳۳** | ۷۸۶/۰۸۳** |
| اشتباه اصلی | ۶ | ۶/۸۳۳ | ۰/۳۱۹ | ۱/۴۱۷ |
| کود | ۳ | ۱۶۳/۳۶۱** | ۵۹/۰۳۴** | ۳۰۳/۰۵۶** |
| تنش×کود | ۶ | ۱۴/۱۹۴** | ۴/۱۸۷** | ۳۰/۸۰۶** |
| اشتباه فرعی | ۲۷ | ۱/۴۵۴ | ۰/۹۳۸ | ۱/۳۱۵ |

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱۰-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد پتاسیم بذر و برگ

| تیمار | درصد پتاسیم بذر | درصد پتاسیم برگ |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| عدم تنش | شاهد | ۰/۲۷۷۵c |
| | نیتروکسین | ۰/۳۲b |
| | سوپر نیتروپلاس | ۰/۴۰۵۰a |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۳۸۲۵a |
| تنش در مرحله گلدهی | شاهد | ۰/۱۷g |
| | نیتروکسین | ۰/۲۰f |
| | سوپر نیتروپلاس | ۰/۲۳de |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۲۱۵۰ef |
| تنش در مرحله پرشدن غلاف | شاهد | ۰/۲۵d |
| | نیتروکسین | ۰/۲۷۵۰c |
| | سوپر نیتروپلاس | ۰/۳۱۲۵b |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۲۹۷۵bc |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۰-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش و کودهای بیولوژیک مایع بر درصد سدیم بذر و برگ

| تیمار | درصد سدیم بذر | درصد سدیم برگ |
|-------------------------|----------------|---------------|
| عدم تنش | شاهد | ۰/۲۸۲۵e |
| | نیتروکسین | ۰/۳۹b |
| | سوپر نیتروپلاس | ۰/۴۵a |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۴۳۲۵a |
| تنش در مرحله گلدهی | شاهد | ۰/۲۲h |
| | نیتروکسین | ۰/۲۴۲۵g |
| | سوپر نیتروپلاس | ۰/۲۶fg |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۲۷۲۵ef |
| تنش در مرحله پرشدن غلاف | شاهد | ۰/۲۵۲۵fg |
| | نیتروکسین | ۰/۳۱۵۰d |
| | سوپر نیتروپلاس | ۰/۳۷۲۵bc |
| | بیوسوپر فسفات | ۰/۳۶c |

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد

منابع

آرام، ه.، حسن‌زاده، ص.، شفيعی، س. و جنایي حق‌پرست، ر. ۱۳۹۰. کودهای زیستی PGPR و اثرات آنها در خاک و گیاه. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۵ صفحه.

آئین، ا. ۱۳۹۱. تغییرات میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و جذب عناصر پتاسیم، روی و کلسیم در ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum L.*) تحت تنش خشکی. فصلنامه تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. ۴(۳): ۳۹-۴۸.

آخوندی، م.، صفرنژاد، ع. و لاهوتی، م. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات در عناصر در گونه‌های یزدی، نیک‌شهری و رنجر یونجه (*Medicago sativa L.*). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۱): ۱۶۵-۱۷۴.

احمدی، آ. و سی و سه مرده، ع. ۱۳۸۳. اثر تنش آب بر قندهای محلول، کلروفیل و محتوای پرولین چهار رقم گندم ایران در سطوح رطوبتی متفاوت. مجله علوم کشاورزی. ۳۵ (۳): ۷۵۳-۷۶۳.

احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.ا.، عبادزاده، ح.ر.، حسین‌پور، ر.، حاتمی، ف.، فضلی، ب.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲. چاپ اول. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۵۸ صفحه.

احمدی‌فرد، م.، عزیزی، ک.، حیدری، س. و دارائی‌مفرد، آ.ر. ۱۳۹۲. اثر تلقیح‌های مختلف در پروتئین، فسفر و عملکرد دانه (*Lens culinaris Medic.*) در شرایط آب و هوایی خرم‌آباد. مجله علوم کشاورزی. ۶ (۴): ۱-۱۳.

اسدی رحمانی، ه.، خسروی، ه.، علی‌پور، ز. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۳. نقش باکتری‌های محرک رشد در رشد و سلامت گیاه، قسمت اول: افزایش عملکرد گیاه. انتشارات سنا. نشریه شماره ۳۰۹. تهران.

اسحق‌سردرود، س.ن.، نصراله‌زاده، ص. و باقری‌پیروز، ا. ۱۳۹۳. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴(۱): ۴۶-۵۶.

آقاعلیخانی، م.، ایرانپور، آ. و نقدیادی، ح.ع. ۱۳۸۶. تغییرات عملکرد زراعی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea (L.) Moench*) تحت تأثیر اوره و کود زیستی. فصل نامه گیاهان دارویی. سال دوازدهم. ۲(۴۶): ۱۲۱-۱۳۶.

امام، ی. ۱۳۸۶. فرهنگ تولید غلات. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ صفحه.

امیری ده احمدی، س.ر.، پارسا، م.، نظامی، ا. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص های رشد نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش های حبوبات در ایران. ۱(۲): ۸۴-۶۹.

انجم شعاع، س.، معینراد، ح. و ابراهیمی، ح. ۱۳۹۰. اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه پژوهش های حبوبات ایران. ۲(۲): ۶۹-۸۲.

باقری، ع.، نظامی، ا. و پارسا، ح. ۱۳۸۵. تحلیلی بر راهبردهای تحقیقات حبوبات در ایران: رهیافت هایی از اولین همایش ملی حبوبات. مجله پژوهش های زراعی ایران. ۴(۱): ۱-۱۳.

بهینه، م.، باقرزاده، ع. و بخش کلارستاقی، ک. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تلقیح بذر ارقام لوبیا قرمز با باکتری های ریزوبیوم و سوپر نیتروپلاس بر عملکرد و اجزای آن. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۶ صفحه.

پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. ۵۲۲ صفحه.

پزشکپور، پ.، نوری، م.، خورگامی، ع.، نظری، س. و دانشور، م. ۱۳۸۴. تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ و میزان نفوذ نور در کف سایه انداز گیاهی ارقام نخود کابلی. مقالات اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۰۵-۲۰۷.

پوستینی، ک. و نجفی نژاد، ح. ۱۳۷۶. اثر کود دامی بر کیفیت و عملکرد ریشه چغندر قند. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۸(۳): ۴۵-۵۶.

پیردشتی، ح.، طهماسبی سروستانی، ز. و بهمن یار، م.آ. ۱۳۸۸. مقایسه چهار رقم برنج در مقابل پاسخ های فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش خشکی. آکادمی جهانی علم، مهندسی و تکنولوژی. ۴۹: ۵۲-۵۳.

ترحمی، ج.، لاهوتی، م. و عباسی، ف. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تنش خشکی بر تغییرات قندهای محلول، کلروفیل و پتاسیم در مریم گلی. فصلنامه علوم زیستی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان. (۳)۹: ۷-۱.

ساریخانی، ح. ر. و انصاری، س. ۱۳۹۳. بررسی برخی از ویژگی‌های کیفی کودهای زیستی رایج کشور. ویژه‌نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. زمستان ۹۳.

سبک دست، م. و خیال‌پرست، ف. ۱۳۸۲. اثر تنش آبی بر پروتئین محلول و پرولین در سه رقم نخود ایران. مجله علوم کشاورزی. ۲(۵): ۳۷-۲۹.

ستایش‌مهر، ز. و گنجعلی، ع. ۱۳۹۳. بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شوید (*Anethum graveolens L.*). دانشگاه فردوسی مشهد. مجله علوم باغبانی. ۲۷(۱): ۳۵-۲۷.

سرمدنیا، غ.ح. ۱۳۷۲. اهمیت تنش‌های محیطی در زراعت. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه کشاورزی کرج. دانشگاه تهران. ۱۶۹-۱۵۷.

سرمدنیا، غ.ح. و کوچکی، ع. ۱۳۸۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

سجادی نیک، ر. و یدوی، ع.ر. ۱۳۹۱. بررسی اثر کود نیتروژن، ورمی کمپوست و نیتروکسین بر شاخص‌های رشد مراحل فنولوژیک و عملکرد دانه کنگد. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. تابستان ۹۲. ۲(۶): ۸۹-۷۸.

سعید نژاد، ا.ح. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی زیره سبز. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۱): ۴۴-۳۸.

سلیمانی فرد، ا. و سیادت، ا. س. ۱۳۹۰. اثر تلقیح با کود در سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و بازده اجزای گلرنگ تحت شرایط خشکی زمین. آمریکا اوراسیا (مراوه). محیط علمی. ۱۱: ۴۷۳-۴۷۷.

سی و سه مرده، ع.، غلامی، س.، بهرام نژاد، ب.، کانونی، ه. و صادقی، ف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر محتوای اسمولیت‌های سازگار، فعالیت آنزیمی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum L.*). مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۲): ۱۰۹-۱۲۴.

شاه‌حسینی، غ.ر.، صفرائی، ح.ر.، سوری، م.ک. و پیراسته انوشه، ح. ۱۳۸۹. عملکرد نخود پابلند تحت تأثیر کود زیستی گوگرد، ازتوباکتر و سوپرچادب. استفاده از کودهای بیولوژیک در باغبانی و کشاورزی پایدار. شیراز. ۲۹-۳۴.

شریفی، ز. و حق نیا، غ. ۱۳۸۶. تأثیر کود بیولوژیک نیتروکسین بر عملکرد و اجزاء عملکرد رقم گندم سبلان دومین همایش ملی کشاورزی. بوم‌شناختی ایران. گرگان. ۱۲۳-۱۳۲.

شعبان، م.، منصورفر، س.، قبادی، م. و اشرفی پارچین، ر. ۱۳۹۰. تأثیر کود آغازگر نیتروژن بر عملکرد ریشه چهار ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت اثر تنش خشکی. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲-۲۷ (۴): ۴۵۱-۴۷۰.

شعبان‌زاده، ص. حبیبی، د.، اصغرزاده، آ. و مهاجرانی، س.س. ۱۳۸۹. اثر باکتری ازتوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس بر عملکرد آفتابگردان. کنفرانس ملی پنجمین ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه اسلامی خراسان (اصفهان). ۱۶-۱۷.

دادخواه، ن.، عبادی، ع.، پرمون، ق.، قلی‌پوری، ع. و جهانبخش، س. ۱۳۹۴. اثر تغذیه روی بر برخی صفات فیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum L.*) در تنش کم آبی. نشریه پژوهش‌های حیوانات در ایران. ۶(۲): ۵۹-۷۲.

داودی‌فر، م.، حبیبی، د. و داودی‌فر، ف. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش شوری بر پایداری غشاء سیتوپلاسمی، میزان کلوفیل و اجزای عملکرد در گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸ (۲): ۷۱-۸۶.

رامک، پ.، ر. خاوری‌نژاد، ح. حیدری. و رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثر تنش آبی در ریشه و ساقه محتوای پرولین در گیاهان گونه اسپرس *Onobrychis raduata* و *Onobrychis viciifolia*. خلاصه مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲۳۹ صفحه.

ربیعان، ز.، رحیم‌زاده خوبی، ف.، یارنیا، م.، ربیعان، م. و فخاریان کاشانی، ز. ۱۳۸۹. اثر کودهای زیستی نیتروژنه و فسفوری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم پیروز تحت سطوح مختلف آبیاری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. ۵ صفحه.

رضائیانزاده، ا.، پارسا، م.، گنجعلی، ع. و نظامی، ا. ۱۳۹۰. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum L.*) به آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف فنولوژی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۵): ۱۰۸۰-۱۰۹۵.

رخزادی، ا.، اصغرزاده، ا.، درویش، ف. و نورمحمدی قندمجیدی. ۱۳۸۷. تأثیر *Rhizobacteria* بر تجمع ماده خشک و رشد و عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت شرایط مزرعه. دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۳(۲): ۲۵۳-۲۵۷.

ریحانی تبار، ع.، صالح راستین، ن.، علیخانی، ح. و محمدی، م. ۱۳۸۱. اثرات کاربرد سویه های بومی پ سودوموناس فلورسنس بر مقدار جذب عناصر غذایی در گندم، مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳(۴): ۷۷۱-۷۸۰.

جاشنکار، س. و وهاب، ک. ۱۳۸۴. اثر مدیریت یکپارچه مواد مغذی بر رشد، اجزای عملکرد و عملکرد کنجد. خبرنامه کنجد و گلرنگ. ۲۰: ۶۰۲-۶۰۸.

جعفرزاده، ل.، امیدی، ح. و بستانی، ع.ا. ۱۳۹۳. بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis L.*). دانشگاه شاهد. مجله پژوهش های گیاهی (زیست شناسی ایران). ۲۷(۲): ۱۸۰-۱۹۳.

حبیبی، د. ۱۳۹۰. بررسی باکتری های محرک رشد، اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش های به زراعی. ۳(۱): ۷۱-۸۷.

حبیبی، د.، شافعی، س.، محمودی، ع.، مشهدی اکبر بوجار، م.، اردکانی، م.، فتح اله طالقانی، د.، رفیعی، ح. و شکوری، م. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تنش کم آبی و کاربرد سلنیوم بر برخی از خصوصیات زراعی دو رقم سویا. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲(۱): ۶۴-۵۱.

حبیبی، غ.ر. و بی همتا، م.ر. ۱۳۸۶. مطالعه عملکرد دانه و برخی صفات مؤثر بر آن در لوبیا چیتی تحت شرایط آبیاری محدود. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۴: ۳۴-۴۶.

حسینزاده، س.ر.، سلیمی، ا.، گنجعلی، ع. و احمدپور، ر. ۱۳۹۲. تأثیر محلول پاشی متانول بر ویژگی های فتوسنتزی، فلئورسانس کلروفیل و محتوای کلروفیل نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت تنش خشکی. زیست شناسی گیاهی ایران. ۵(۱۸): ۱۱۵-۱۳۲.

حیدری، خ. و قادری، ج. ۱۳۸۹. نتایج حاصل از مصرف کود بیولوژیک در کرمانشاه در سال‌های اخیر. کنگره ۱. چالش‌های کود در ایران.

خاوازی، ک. ۱۳۸۸. استفاده از باکتری‌های سودوموناس تولیدکننده سیدروفور برای افزایش عملکرد گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. نشریه شماره ۱۴۴۵. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. خسروی، ه. ۱۳۹۲. کودهای زیستی محرک رشد گیاه در ایران: نقاط قوت و ضعف. نشریه مدیریت اراضی. ۱(۱): ۲۳-۳۱.

خسروی، ه. ۱۳۹۳. کاربرد کودهای زیستی حاوی ریز جانداران آزادی تثبیت کننده نیتروژن در کشاورزی. نشریه مدیریت اراضی. ۲(۲): ۱۴۹-۱۶۰.

خرمدل، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و قربانی، ر. ۱۳۸۷. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa L.*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۲(۲): ۲۸۵-۲۹۴.

خوشبخت، ت.، بهادری، ف.، خلیقی، ا. و معز اردلان، م. ۱۳۸۹. اثر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان بر میزان عناصر ماکرو و عملکرد گیاه آلوئه ورا در شرایط گلخانه. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد واحد اهواز. ۲(۸): ۴۵-۵۹.

طاهرخوانی، م. ۱۳۸۷. بررسی قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) با کاربرد سه نوع مایه تلقیح حاوی باکتری تثبیت کننده نیتروژن (*Rhizobium phaseoli*). مجله بوم‌شناسی گیاهان زراعی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه. ۲(۲): ۵ صفحه.

عیوضی، ع.ر.، تقی‌خوانی، ح.، شیر علی زاده، ش.، رضایی، م. و موشوی انزابی، س.ح. ۱۳۹۱. ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود به سطوح کم آبیاری در مراحل مختلف رشد با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۳(۱): ۸۱-۹۲.

عموآقایی، ر.، مستأجران، ا. و امتیازی، گ. ۱۳۸۲. تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر برخی شاخص‌های رشد و عملکرد سه رقم گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۲): ۱۳۹-۱۲۷.

غلامی‌زالی، ع.، احسان‌زاده، پ. و رزمجو، ج. ۱۳۹۴. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود در دو کشت پاییزه و بهاره در استان لرستان. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۶(۱): ۱۳۵-۱۲۳.

فلاح نصرت آباد، ع.ر.، مونی، س. و شریعتی، ش. ۱۳۹۳. تأثیر کود زیستی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در شرایط گلخانه‌ای. مهندسی زراعت. مجله علمی کشاورزی. ۳۷(۲): ۷۳-۸۶.

قاسمی گولازنی، ک.، موحدی، م.، رحیم‌زاده خویی، ف. و مقدم، م. ۱۳۷۷. اثر کمبود آب بر رشد و عملکرد دو رقم نخود در تراکم‌های مختلف. مجله علوم کشاورزی. ۷: ۱۷-۴۲.

قربانعلی، م. و نیاکان، م. ۱۳۸۴. اثر تنش خشکی بر قندهای محلول، پروتئین، پرولین، محتویات ترکیب فنولی و فعالیت آنزیم ردوکتاز در رقم گرگان ۳ سویا. مجله علوم دانشگاه تربیت معلم. ۵ (۱ و ۲): ۵۳۸-۵۵۰.

کافی، م.، زند، ا.، کامکار، ب.، مهدوی دامغانی، آ. و عباسی، ف. ۱۳۸۹. فیزیولوژی گیاهی ۲ (ترجمه). جهاد دانشگاهی مطبوعات مشهد. انتشارات. ۴۶۷ صفحه.

کانونی، ه. ۱۳۷۷. بررسی تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ارقام نخود تحت تأثیر شرایط دیم استان کردستان. چکیده مقالات پنجمین مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. مؤسسات تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۳۲۹ صفحه.

کریمی، ب. و فرنی، ا. ۱۳۸۸. بررسی صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم با آبیاری تکمیلی. مجله دانش نوین کشاورزی. ۵(۱۷): ۸۳-۹۰.

کریمی، ک.، بلندنظر، ص.ع. و آشوری، س. ۱۳۹۲. اثر کودهای زیستی و قارچ میکوریز آرباسکولار بر عملکرد، صفات رشد و کیفیت لوبیا سبز (*Phaseolous vulgaris L.*). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳(۳): ۱۵۷-۱۶۷.

کریمیان، ن. ۱۳۷۹. پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی فسفات. مؤسسه تحقیقات آب. نشریه شماره ۱۲ خاک ایران.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۸۱. زراعت حبوبات. چاپ نهم. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. ۲۳۶ صفحه.

کوچکی، ع. و خواجه حسینی، م. ۱۳۸۷. زراعت نوین. چاپ اول. جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۰۴ صفحه.

گنجعلی، ع.، پالتا، ه. وترنر، ن. ۱۳۸۶. الگوهای زمانی و مکانی رشد ریشه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط تنش غرقابی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۵(۲): ۳۴۳-۳۵۵.

گنجعلی، ع.، چوپنیور، س.، پُرسا، ح. و باقری، ع.ر. ۱۳۹۰. گزینش برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی در منطقه نیشابور. نشریه پژوهش‌های حبوبات در ایران. ۲(۱): ۲۷-۳۸.

لاهوئی، م.، زارع حسن آبادی، م. و احمدیان، ر. ۱۳۹۲. فیزبولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی مشهد. جلد اول. ۲۹۸ صفحه.

مسعودی صادقیانی، ف.، عبدالهی مندولکانی، ب.، زرتشتی، م.ر.، رسولی صادقیانی، م.ح. و توکلی، ا. ۱۳۹۰. پاسخ پرولین، قندهای محلول، رنگدانه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی اکسیدان در سیب زمینی (*Solanum tuberosum L.*) به رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط گلخانه. مجله علوم زراعت استرالیا. ۵(۱): ۵۵-۶۰.

مصلح آرانی، ا.، بخشی خانیکی، غ.ر. و حکیمی بافقی، ب.ع. ۱۳۹۱. بررسی توزیع سدیم، پتاسیم و پرولین در سه گونه خشکیزی رمس (*Hammada salicornia*)، اسکنبیل (*Calligonum polygonoides*) و سبط (*Stipagrostis pennata*) در استان یزد (شهرستان بافق). فصل نامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۹(۴): ۵۸۱-۵۸۹.

مدنی، ح.، نادری بروجردی، غ.ر.، آقاجانی، ح. و پاکزی، ع.ر. ۱۳۸۹. مقایسه اثرات مصرف کودهای شیمیایی فسفره و باکتری‌های حل کننده فسفات در عملکرد دانه، بیولوژیکی و محتوای نسبی فسفر بافت‌ها در کلزای پائیزه. مجله زراعت و اصلاح نبات. ۶(۴): ۹۳-۱۰۴.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۳. حبوبات در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران. ۲۴۰ صفحه.

مجنون حسینی، ن. و حمزه‌ئی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر زمان کشت زمستانه و بهاره بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود در شرایط دیم. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۱(۲): ۵۹-۶۸.

محمدی، خ.، قلاوند، ا.، آقاعلیخوانی، م.، نوری، ف. و مدرس ثانوی، س.ع.م. ۱۳۸۹. تأثیر روش‌های مختلف بهبود حاصل خیزی خاک بر رشد، عملکرد و تثبیت نیتروژن مولکولی در نخود (*Cicer arietinum L.*). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۰۱: ۶۷-۷۶.

محمد ورزی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کودهای میکروبی (نیتروکسین و بیوفسفر) و نیتروژن بر روی خصوصیات کیفی و کمی آفتابگردان، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

مفاخری، آ.، سی و سه مرده، ا.، بهرام نژاد، ب. و استریک، پ.س. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر عملکرد، پرولین و میزان کلروفیل در سه رقم نخود. مجله زراعت و اصلاح نبات. ۴(۸): ۵۸۰-۵۸۵.

منصوری فر، س.، شعبان، م.، قبادی، م. و صباغ پور، س.ح. ۱۳۹۱. بررسی روند پر شدن دانه در ارقام نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط تنش خشکی و استفاده از کود نیتروژن بعنوان استارتر. مجله پژوهش کشاورزی. ۱۰(۳): ۵۹۱-۶۰۲.

موسوی فر، ب.ب.ا.، بهدانی، م.ع.، جامی الاحمدی، م. و حسینی بجد، م.س. ۱۳۹۰. اثر آبیاری محدود بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد بیولوژیکی ارقام گلرنگ بهاره. دانشگاه بیرجند. دانشکده کشاورزی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۳(۲): ۱۰۵-۱۱۴.

مهرپویان، م.، اصانلو، پ. و علی محمدی، ر. ۱۳۹۰. بررسی واکنش دو هیبرید سینگل کراس ذرت بر مصرف دو نوع مایه تلقیح حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در منطقه میانه. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد واحد ساوه. ۵ صفحه.

مهرپویان، م.، نور محمدی، ق.، میر هادی، م.ج.، حیدری شریف آباد، ح. و شیرانی راد، ا.ح. ۱۳۸۹. تأثیر چند مایه تلقیح حاوی باکتری *Rhizobium leguminosarum; bv. Phaseoli* بر جذب عناصر غذایی در سه رقم لوبیا. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۱(۲): ۱-۱۰.

نصرافهانی، م. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر رشد و سیستم آنتی اکسیدان در سه رقم نخود. زیست شناسی گیاهی. ۵(۱۵): ۱۱۱-۱۲۴.

وقار، م.س.، محمدی، ق.ن.، شمس، ک.، پاکزی، ع.ر. و کبرایی، س. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد و اجزا عملکرد سه رقم نخود دیم (*Cicer arietinum L.*) در تاریخ‌های مختلف رشد در کرمانشاه. مجله زراعت و اصلاح نبات. ۵(۱): ۱-۱۸.

ونایی، س.، سی و سه مرده، ع. و حیدری، غ.ر. ۱۳۹۰. اثرات تنش سرما در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و برخی صفات فیزیولوژیکی در نخود (*Cicer arietinum L.*). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۳): ۵۱۴-۵۲۴.

وندکریمی، ع.، پوراسماعیل، م.، واعظی، ش. و ابراهیمی، آ. ۱۳۹۴. ارزیابی و مقایسه شاخص‌های تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۶(۲): ۱۶۹-۱۷۹.

Adesemoye, A.O. and Kloepper, J.W. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 85:1-12.

Amal G.A., Orabi, S. and Gomaa, A.M. 2010. Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. *Research Agriculture and Biological Sciences*. 6: 270-279.

Amoaghaei, R., Mostajeran, A. and Emtiazi, G. 2003. Effect of strain and concentration of *Azospirillum* Journal of on the root growth wheat varieties. *Agricultural Science*. VOL. 33(2): 222-213.

Anonymous. 2006. Bio-fertilizer Manual, FNCA Bio-fertilizer Project Group. Japan Atomic Industrial Forum.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agron. J.* 23: 112-121.

Aslam, M.H.K., Ahmad, H., Ullah, M., Ayaz, E., Ahmad, A.G., Sagoo, I., Ullah, A., Hussain and Manzoor, M. 2010. Nodulation grain yield and grain protein contents as affected by rhizobium inoculation and fertilizer placement in chickpea cultivar bittle-98. *Sarhad J. Agric.* 26(4): 467-474.

Baodong Chen., Hong Shen. Xiaolin Li, GU Feng & Peter Christie. Effects of EDTA application and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and zinc uptake by maize (*Zea mays L.*) in soil experimentally contaminated with zinc. 1985-1993.

Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Bio-technol. Adv.* 16(4): 729-770.

Bates, L. S., R. P. Walderen and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 39: 205-207.

Benjamin, J.G. & Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Research*. 97: 248-253.

Bian, S. and Jiang, Y. 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulture*. 120: 264-270.

Bouteau, F., Dauphin, H., Maarouf, E. and Rona, J.P. 2001. Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: Implication tip growth. *Physiol. Plant.* 113: 79-84.

Broughton, W.J. and Fuller, S. Nitrogen fixation, Molecular biology. Clarendon press. Oxford. 1986. Volume 4. Cardoso I.M., Kuiper T.W: 2006 *Agric. Ecosystem and Environ.* 116: 72–84.

Brockwell, J., Bottom Ely, p. J. and, je. 1995. Manipulation of rhizobia of Manipulation of rhizobia of micro flora for improving erop productivity and soil fret: A critical assessment, *plant soil.* 174: 143-180.

Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1982. Method of plant analysis. I. method of analysis for soils, plants and water. Chapman publishers, riverside, CA.

Cohen, E., Okon. Y., Kigel, J., Nur, I. and Henis, Y. 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Seraria italica* associated with nitrogen-fixing azospirillum. *Plant Physiol.* 66: 746-749.

Dakoral, F.D., Matirul, V., Kingal, M. and Philips, D.A. 2002. Plant Growth Promotion in Legumes and Cereals by Lumichrome a Rhizobia Single Metabolite. Canadian Association of Business Incubation Publishing. 321 pp.

Faisal Ansari, M., Devayani, R.T. and Shailesh, R.D. 2014. Efficiency evaluation of commercial liquid biofertilizers for growth of *Cicer arietinum* (*chickpea*) in pot and field study. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 4(1): 1-8.

Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomade, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L. and Seham Salem, H., 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil (*Majorana hortensis L*) plants grown in sandy and calcareous. *Agric. Microbiology Dept., Faculty of Agric., Zagazig University and Soil Fertility and Microbiology Dept., Desert Research Center, Cairo. Egypt.*

Gaur, P.M., Krishnamurthy, L. and Kashiwagi, J. 2008. Improving drought avoidance root traits in chickpea (*Cicer arietinum L.*) current status of research at ICRISAT. *Plant Production Science.* 11(1): 3-11.

Griffe, P., Metha, S. and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.

Goedert, W.J. and Sousa D.M.G. 1986. Avaliação preliminary de phosphate com acidulacao parcel. *Revisita Brasileira de Cuenca do Solo.* 10: 75-80.

Gunes, A., Inal, A., Adak, M.S., Bagci, E.G., Cicek, N. and Eraslan, F. 2008. Effect of drought stress implemented at pre-or post-and thesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. *Russian Journal of Plant Physiology*. 55(1): 59-67.

Hafeez, F.Y., Safdar, M.E., Chaudry, A.U. and Malik, K.A. 2004. Rhizobia inoculation improves seeding emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Aus. J. Exp. Agric.* 44: 617-622.

Hasanudin, H. 2003. Increasing of the nutrient and uptake availability of N and P and through corn yield of inoculation of Mycorrhiza and Azotobacter on ultisol organic matter. *Journal of Agriculture Sciences of Indonesia*. 5(1): 83-89.

Herridge, D.F., Marcellos, H., Felton, W.L. and Turner, G.L. 1995. Chickpea increases soil-N fertility in cereal systems through nitrate sparing and N₂ fixation. *Soil Biology and Biochemistry*. 27: 545-51.

Hinds, A. and Lowe, L.E. 1980. Application of the Berthelot reaction to the determination of ammonium-N in soil extracts and soil digests. *Commune. Soil Sci. Plant Anal.* 11: 469-475.

Jaleel, C.A., Gopi, R. and Panneerselvam, R. 2008. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Compotes Rendus Biologies*. 331: 272-277.

Jarak, M., Protio, R., Jankovio, S. and Colo, J. 2006. Response of wheat to Azotobacter-Actinomycet inoculation and nitrogen fertilizers. *Romanian Agriculture Research*. 23: 37-41.

Karthika, C. and Vanangamudi, K. 2013. Bio priming of maize hybrid COH (M) 5 seed with liquid bio fertilizers for enhanced germination and vigor. *Afr. J. Agric. Res.* 8(25): 3310-3317.

Keck, T.J., Wagent, P., Campbell, W.F. and Knight on, R.E. 1984. Effect of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. *Soil Science*. 48: 1310-1315.

Kimbal, B.A., Kobayashi, K. and Bindi, M. 2002. Responses of agricultural crops to free air CO₂ enrichment. *Advance Agronomy*. 77: 293-368.

Lewis, D. C. and Mcfarlane, J.D. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth on sunflower (*Helianthus annuus L.*) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. *Australian Journal of Agricultural Research*. 37: 567-572.

Malhotra, R.S., Singh, K.B. and Saxena, M.C. 1997. Effect of irrigation on winter-sown chickpea in a Mediterranean environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 178: 237-243.

- Martinez, C.A., Guerrero, C. and Moreno, U. 1995. Diurnal fluctuations of carbon exchange rate, proline content and osmotic potential in two water - stressed potato hybrids. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 7: 27- 33.
- Mustafa, Y. and Canbolat, S.B. 2006. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere micro flora. *Biology and Fertility of Soils*. 42(4): 350-357.
- Papastylianon, I. 1995. Yield components in relation to grain yield losses of barley fertilized with nitrogen. *European Journal of Agronomy*. 4: 55-63.
- Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak, M.S and Aurangabadkar, L.P. 2008. Differential response of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. *Acta Physiologiae Plantarum*. 30: 619-627.
- Peyrasteh Anoosheh, H., Emam, Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparison of the effects of bio-fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus L.*) at different levels of drought stress. *Journal of Agricultural Ecology*. 2(3): 492-501.
- Probanza, A., Lucas Garcia, J.A., Ruiz Palomino, M., Ramos, B. and Gutierrez Maneroo, F.J. 2002. Pinus pineal. Seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR Bacillus. *Applied Soil Ecology*. 20: 75-84.
- Rodr guez, H. and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*. 17: 319-339.
- Sairam R.K., Siiukla D.S. and Saxsena D.C. 1997. Stressed induced injury and antioxidant enzymes in relation to drought tolerance in wheat genotypes. *Biol. Plant arum*. 40(3): 357-364.
- Sanhewe, A.J. and Ellis, R.H. 1996. Seed development and maturation in (*Phaseolus vulgaris L.*) ability to germinate and to tolerate desiccation. *Journal of Experimental Botany*. 47: 949-9583.
- Shibario, S.I., Opadhyaya, M.K. and Toivonen, P.M.A. 1998. Influence of pre harvest water stress on post-harvest moisture loss of carrots (*Daucus carota L.*). *J. Hort. Sci. & Biotech*. 73: 347-352.
- Siddique, K.H.M., Sedegly, R.H. and Marshal, C. 2000. Effects of plant density on growth and harvest index of branches in chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Field Crop Research*. 31: 193-203.

Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J. and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. *Field Crops Research*. 99(1): 1-13.

Stamford, N.P., Santos, P.R., Moura, A.M. 2003. Bio fertilizers with rock phosphate, sulfur and acidic Thiobacillus in a soil with low available-p. *Sci. Agric*. 60(4): 767-773.

Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 320-330.

Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 320-330.

Thomas, M.J., Fukai, S. and Peoples, M.B. 2003. The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. *Field Crops Research*. 86: 67-80.

Tilak, K.V.B.R., Singh, C.S., Roy, N.K. and Subba Rao, N.S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter* inoculums effect on maize and sorghum. *Soil Biology and Biochemistry*. 14: 417-418.

Toker M. and Cagiran, I. 1998. Assessment of response to drought stress of chickpea stress of chickpea lines under rain fed conditions. *Turkish Journal of Agriculture and forestry*. 22: 615-621.

Turan, M., Ataoglu, N. and Sahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Sustainable Agricultural*. 28: 99-108.

Verbruggen, N. and Hermons, C. 2008. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids*. 35(4): 753-759.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as bio fertilizer. *Plant and Soil*. 255: 571-586.

Yong, K., Bae, B. and Choung, Y. 2005. Optimization of biological phosphorus removal from contaminated sediments with phosphate-solubilizing microorganisms. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 99: 23-29.

Comparison effects of different commercial liquid bio-fertilizers on chickpea (*Cicer arietinum L.*) under drought stress

Abstract

Biofertilizer is commonly referred to as the fertilizer that contains living microorganisms and it is expected that their activities will influence the soil ecosystem and produce supplementary substance for the plants. Also drought is one of the most important abiotic stress that limiting crop growth and production. Chickpea is a good source of energy, protein, nutrients, vitamins and fiber. In order to comparison effect of liquid biological fertilizers on some morphological and physiological characteristics of chickpea under drought stress, an experiment was conducted as split-plot factorial based on randomized complete block design with four replicates in the farm of Shahrood University of Technology at 2015. Treatments included three levels of drought stress (no stress, stress at flowering and stress in pod filling step) and four level of liquid biofertilizers (non inoculated, Nitroxin, Bio Superphosphate and Super Nitro Plus). Results showed that, drought stress decreased plant height, stem diameter, leaf dry weight, pod dry weight, number of pod per plant, 100 grain weight, biologic yield, grain yield, photosynthetic pigments, Relative Water Content and significantly increase Relative Water Loss. The mean of comparison of interaction effect of stress and liquid biofertilizer on stem dry weight, biologic yield, grain yield, proline content, cell membrane stability, protein, phosphorous, potassium and sodium content in leaf and seed were significant ($P < 0.05$). Generally, liquid biofertilizer can be effective on yield, but there is no significant difference between fertilizers. In Non-stress condition, the liquid Nitroxin biofertilizer increased 21.5 percent content of seed protein. In stress condition, improve the amount of protein and seed nutrients using liquid Nitroxin biological fertilizer, Super Nitro Plus and Bio Superphosphate. It can be concluded that the most sensitive stage of drought was at flowering stage by using liquid biological fertilizer. Generally, the results showed that using of Nitroxin biofertilizer in drought stress conditions was better than other liquid biofertilizer.

Keywords: Drought strss, Biosuper phosphate, Liquid biofertilizers, Chickpea, Super Nitro Plus, Nitroxin.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

**Comparison effects of different commercial liquid biofertilizers
on chickpea (*Cicer arietinum L.*) under drought stress**

By: Shaida lotfi

Supervisor:

Dr. M. R. Ameriyan

Advisor:

Eng: Mehdi rahimi

January 2017