بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

بررسی تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش کم‌آبی

نگارنده: **الهه برادران نجار**

اساتید راهنما

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر محمد رضا عامریان

استاد مشاور

مهندس مهدی رحیمی

دی ۱۳۹۵

سه چیز را با احتیاط برداریم: قدم، قلم، قسم

سه چیز را پاک نگه داریم: جسم، پوشاک، خیال

سه چیز را به کار گیریم: خرد، همت، شکیبایی

از سه چیز خود را دور نگه داریم: افسوس، فریاد، نفرین

سه چیز را آلوده نکنیم: قلب، زبان، چشم

سه چیز را هیچ گاه فراموش نکنیم: خدا، دوست و مرگ

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

نام بعضی نفرات رزق روحم شده است، جرأتم می‌بخشد، روشنم می‌دارد...

تقدیم به آنان

تقدیم به آنان که آموختند تا مرا بیاموزند

اساتید گرامی جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری، جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان و جناب آقای مهندس مهدی رحیمی

تقدیم به آنان که وجودم جز هدیه وجودشان نیست

مادر عزیزم و روح پرفتوح پدر بزرگوارم

تقدیم به همسر مهربانم

که با قلبی آکنده از عشق و معرفت، محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است.

تقدیم به خواهر و برادر بهتر از جانم

و

تقدیم به تمامی جویندگان دانش و معرفت

تعهد نامه

اینجانب **الهه برادران نجار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی کشاورزی-کشاورزی اکولوژیک** دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی گیاه گلرنگ** (*Carthamus tinctorius* L.) **تحت تنش کم‌آبی** تحت راهنمائی جناب آقایان دکتر حمیدرضا اصغری و دکتر محمدرضا عامریان متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن) مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است (متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع

چکیده:

تنش خشکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده و عوامل محدود کننده تولید محصول است. استفاده از نهاده‌هایی که بتواند در شرایط خشکی بر عملکرد تأثیر مثبت داشته باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه گلرنگ به علت دارا بودن روغنی با کیفیت و خواص دارویی، مورد توجه قرار گرفته است. به منظور تأثیر کاربرد بیوچار واسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبی بر خصوصیات رشدی گیاه گلرنگ، آزمایشی به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۵-۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارها شامل دور آبیاری در سه سطح ۷، ۱۰و ۱۴ روز (فاکتور اصلی)، اسید سالیسیلیک در دو سطح مصرف و عدم مصرف و بیوچار در سه سطح عدم مصرف، بیوچار گردو و بیوچار بید، هر کدام به میزان ۱۰ تن در هکتار (فاکتورهای فرعی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری را بر میزان فسفر دانه و پرولین داشت. تأثیر معنی‌دار بیوچار نیز بر صفات وزن صد دانه ، ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و برگ، وزن خشک قوزه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، رنگیزه‌ها (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل)، پتاسیم دانه، پرولین، پروتئین و روغن دانه، محتوی نسبی آب در برگ و پایداری غشاء برگ، مشاهده شد. همچنین تأثیر معنی‌دار اسید سالیسیلیک بر صفات وزن قوزه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، پروتئین دانه و رنگیزه‌های فتوسنتزی(کلرفیل a، کارفیل b ،کلرفیل کل و کاروتنوئید)، پتاسیم دانه، میزان پایداری غشاء و محتوی نسبی آب در برگ نیز مشاهده شد. اثر افزاینده متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک بر صفات وزن خشک گلبرگ، تعداد دانه و میزان کاروتنوئید نشان داد استفاده توأم بیوچار و اسید سالیسیلیک توانست تأثیر معنی‌داری را بر این صفات داشته باشد. به طور کلی از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت بین سطوح فاکتور بیوچار، بیوچار بید و همچنین بین سطوح اسید سالیسیلیک، استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیرگذاری را بر خصوصیات رشدی گلرنگ در شرایط کم‌آبیاری، داشت. همچنین علی‌رغم بالا بودن تأثیر بیوچار نسبت به اسید سالیسیلیک، طبق نتایج بدست آمده، به نظر می‌رسد استفاده توأم بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک می‌تواند اثر مثبتی را در مقابله با کم‌آبیاری داشته باشد. همواره استفاده از نهاده‌هایی که جنبه‌ی اکولوژیکی سیستم را بهبود و خطر زیست محیطی را کاهش دهد، برای ایجاد کشاورزی پایدار توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: بیوچار بید، بیوچار گردو، دور آبیاری،گلرنگ، محلول‌پاشی

مقالات مستخرج از پایان نامه

برادران نجار، ا.، اصغری، ح.ر.، عامریان، م.ر و رحیمی، م. ۱۳۹۵. تاثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط کم‌آبی. سومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. مهر ماه ۱۳۹۵. پژوهشکده انرژی‌های نو و محیط زیست. پژوهشگاه دانشگاه تهران.

برادران نجار، ا.، اصغری، ح.ر.، عامریان، م.ر و رحیمی، م. ۱۳۹۵. تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک،بر میزان عناصر غذایی دانه در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط کم‌آبی. دومین کنگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۹-۱۱ شهریور ۱۳۹۵. دانشگاه گیلان.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول.....**۱**

۱-مقدمه و کلیات **۱**

۱-۱-گیاهشناسی گلرنگ.....۲

۱-۲- خصوصیات رشدی گلرنگ.....۲

۱-۳- مراحل نمو گلرنگ.....۴

۱-۴- سازگاری گلرنگ.....۵

۱-۵- کاشت گلرنگ.....۶

۱-۶- مزایای استفاده از کنجاله گلرنگ.....۷

۱-۷- موارد مصرف و خواص دارویی.....۷

۱-۷-۱- موارد مصرف انسان.....۷

۱-۷-۲- خواص دارویی گلرنگ.....۸

۱-۷-۳- موارد مصرف دام.....۹

۱-۸- کمیت و کیفیت روغن گلرنگ.....۱۰

۱-۹- مناطق مناسب کاشت گلرنگ.....۱۱

۱-۱۰- سطح زیر کشت گلرنگ در جهان و ایران.....۱۲

۱-۱۱- تعریف خشکی.....۱۲

۱-۱۲- تاریخچه و معرفی بیوچار.....۱۳

۱-۱۲-۱- بهبود دهنده خاک.....۱۴

۱-۱۲-۲- سینک کربن..... ۱۴
۱-۱۳- معرفی اسید سالیسیلیک..... ۱۵
۱-۱۳-۱- ساختار اسید سالیسیلیک..... ۱۶
۱-۱۳-۲- اثر اسید سالیسیلیک بر روی بیماری‌ها..... ۱۷
۱-۱۴- اهداف..... ۱۸
فصل دوم..... ۱۹
۲- بررسی منابع..... ۱۹
۲-۱- تنش‌های محیطی..... ۲۰
۲-۱-۱- تنش خشکی..... ۲۰
۲-۱-۱-۱- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد..... ۲۱
۲-۱-۱-۲- تأثیر تنش خشکی بر میزان محتوی نسبی آب و پتانسیل نسبی آب در برگ..... ۲۲
۲-۱-۱-۳- تأثیر تنش خشکی بر محتوی پروتئین دانه..... ۲۳
۲-۱-۱-۴- تأثیر تنش خشکی بر میزان پرولین..... ۲۳
۲-۱-۱-۵- مکانیسم‌های مقاومت به تنش خشکی..... ۲۴
۲-۲- بیوچار..... ۲۵
۲-۲-۱- مواد مورد استفاده در بیوچار..... ۲۵
۲-۲-۲- روش تهیه بیوچار..... ۲۵
۲-۲-۳- تأثیر بیوچار بر خصوصیات رشدی گیاهان..... ۲۶
۲-۲-۴- تأثیر بیوچار بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاهان..... ۲۶
۲-۲-۵- نقش بیوچار در حاصلخیزی خاک..... ۲۷

۲-۲-۶- نقش بیوچار در بهروری خاک..... ۲۸
۲-۲-۷- نقش بیوچار در ترسیب کربن..... ۲۹
۲-۳- اسید سالیسیلیک..... ۳۰
۲-۳-۱- اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی گیاهان..... ۳۱
۲-۳-۲- اثر اسید سالیسیلیک بر گلدهی در برخی گیاهان..... ۳۲
۲-۳-۳- اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان..... ۳۳
۲-۳-۴- محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک..... ۳۴
فصل سوم..... ۳۷
۳- مواد و روش‌ها..... ۳۷
۳-۱- زمان و مشخصات محل اجراء آزمایش..... ۳۸
۳-۲- خصوصیات خاک محل آزمایش..... ۳۸
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی..... ۳۹
۳-۴- نقشه طرح..... ۳۹
۳-۵- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش..... ۴۰
۳-۶- بذر مورد استفاده..... ۴۰
۳-۷- عملیات اجرایی..... ۴۱
۳-۷-۱- عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت..... ۴۱
۳-۷-۲- کاشت..... ۴۱
۳-۷-۳- داشت..... ۴۲
۳-۷-۴- اعمال تیمارها..... ۴۳

۳-۷-۴-۱- سطوح مختلف دور آبیاری..... ۴۳
۳-۷-۴-۲- سطوح بیوچار مورد استفاده..... ۴۳
۳-۷-۴-۳- سطوح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک..... ۴۴
۳-۷-۵- نمونه برداری جهت صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی..... ۴۴
۳-۷-۶- برداشت..... ۴۵
۳-۸- صفات زراعی و مرفولوژیک..... ۴۵
۳-۸-۱- وزن خشک ساقه، برگ، گلبرگ و قوزه..... ۴۵
۳-۸-۲- قطر و ارتفاع ساقه..... ۴۶
۳-۸-۳- عملکرد و وزن صد دانه..... ۴۶
۳-۹- صفات فیزیولوژیک..... ۴۷
۳-۹-۱- اندازه‌گیری میزان رطوبت نسبی برگ..... ۴۷
۳-۹-۲- اندازه‌گیری پایداری غشاء پلاسمایی..... ۴۷
۳-۹-۳- اندازه‌گیری میزان کلروفیل گیاهی..... ۴۸
۳-۱۰- صفات کیفی..... ۵۰
۳-۱۰-۱- اندازه گیری میزان پروتئین و نیتروژن دانه..... ۵۰
۳-۱۰-۱-۱- روش اندازه‌گیری..... ۵۰
۳-۱۰-۲- اندازه‌گیری فسفر دانه..... ۵۱
۳-۱۰-۳- اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم دانه..... ۵۳
۳-۱۰-۴- اندازه‌گیری میزان پرولین..... ۵۳
۳-۱۰-۵- اندازه گیری روغن دانه..... ۵۴

۳-۱۱- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری.....۵۵

فصل چهارم.....۵۷

۴- نتایج و بحث ۵۷

۴-۱- صفات مورفولوژیک.....۵۸

۴-۱-۱- وزن خشک گلبرگ.....۵۸

۴-۱-۲- وزن خشک قوزه.....۶۰

۴-۱-۳- وزن خشک برگ.....۶۱

۴-۱-۴- ارتفاع بوته.....۶۲

۴-۱-۵- وزن خشک ساقه.....۶۳

۴-۱-۶- قطر ساقه.....۶۴

۴-۲- عملکرد واجزاء عملکرد.....۶۵

۴-۲-۱- عملکرد دانه.....۶۵

۴-۲-۲- وزن صد دانه.....۶۶

۴-۲-۳- تعداد دانه.....۶۷

۴-۲-۴- عملکرد بیولوژیک.....۶۹

۴-۳- صفات فیزیولوژیک.....۷۰

۴-۳-۱- پایداری غشاء برگ.....۷۰

۴-۳-۲- میزان پرولین برگ.....۷۳

۴-۳-۳- میزان محتوی نسبی آب در برگ.....۷۵

۴-۳-۴- میزان کلروفیل a.....۷۸

۴-۳-۵- میزان کلروفیل b ۸۰
۴-۳-۶- میزان کلروفیل کل ۸۲
۴-۳-۷- میزان کاروتنوئید ۸۴
۴-۴- صفات کیفی ۸۷
۴-۴-۱- میزان پروتئین ۸۷
۴-۴-۲- میزان روغن دانه ۸۹
۴-۴-۳- محتوی فسفر دانه ۹۱
۴-۴-۴- محتوی پتاسیم دانه ۹۲
۴-۴-۵- محتوی سدیم دانه ۹۵
۴-۵- نتیجه‌گیری ۹۶
۴-۶- پیشنهادات ۹۷
۴-۷- پیوست ها ۹۹
۵- منابع ۱۰۷

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- نحوه تولید سالیسیلیک اسید..... ۱۶

شکل ۳-۲- نقشه طرح اجرا شده در زمین زراعی..... ۳۹

شکل ۳-۳- جوانه‌زنی اولیه بعد از اعمال فاکتور بیوچار به خاک و کشت بذور..... ۴۲

شکل ۳-۴- برداشت نهایی پس از رسیدگی کامل دانه..... ۴۵

شکل ۳-۵- اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ با دستگاه اسپکتروفوتومتر..... ۴۹

شکل ۳-۶- اندازه‌گیری درصد فسفر دانه ۵۲

شکل ۴-۱- مقایسات میانگین وزن گلبرگ تحت تاثیر بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک..... ۵۹

شکل ۴-۲ – مقایسات میانگین وزن برگ تحت تاثیر بیوچار..... ۶۲

شکل ۴-۳ - مقایسات میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر بیوچار..... ۶۳

شکل ۴-۴ - مقایسات میانگین وزن ساقه تحت تاثیر بیوچار و دور آبیاری..... ۶۴

شکل ۴-۵ - مقایسات میانگین وزن صد دانه تحت تاثیر بیوچار..... ۶۷

شکل ۴-۶ - مقایسات میانگین تعداد دانه تحت تاثیر بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک..... ۶۸

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین درصد پایداری غشاء برگ تحت تأثیر بیوچار..... ۷۲

شکل ۴-۸- مقایسات میانگین پایداری غشاء برگ تحت تاثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک..... ۷۲

شکل ۴-۹- مقایسات میانگین محتوی نسبی آب تحت تاثیر تنش خشکی و بیوچار..... ۷۴

شکل۴-۱۰- مقایسه میانگین پرولین برگ تحت تأثیر بیوچار..... ۷۵

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین درصد محتوی نسبی آب در برگ تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک..... ۷۶

شکل ۴-۱۲ - مقایسه میانگین درصد محتوی نسبی آب در برگ تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و بیوچار.....۷۸
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر بیوچار.....۷۹
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر اسید سالیسیلیک.....۷۹
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b تحت تأثیر بیوچار.....۸۱
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b تحت تأثیر اسید سالیسیلیک.....۸۱
شکل ۴-۱۷ - مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل تحت تأثیر بیوچار.....۸۳
شکل ۴-۱۸ - مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل تحت تأثیر اسید سالیسیلیک.....۸۳
شکل ۴-۱۹ - مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک.....۸۶
شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک.....۸۶
شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک.....۸۸
شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و بیوچار.....۸۹
شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین درصد روغن دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و بیوچار.....۹۱
شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین درصد فسفر دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف.....۹۲
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه تحت تأثیر بیوچار.....۹۴
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک.....۹۴
شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین درصد سدیم دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک.....۹۶

فهرست جداول

جدول۳-۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری.....۳۸

جدول۴-۱- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات وزن گلبرگ، قوزه و برگ، ارتفاع بوته، وزن ساقه و قطر ساقه.....۱۰۰

جدول۴-۲- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه و عملکرد بیولوژیک.....۱۰۱

جدول۴-۳- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات پتاسیم، سدیم، فسفر و نیتروژن دانه.....۱۰۲

جدول۴-۴- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات پرولین برگ، پروتئین و روغن دانه..۱۰۳

جدول۴-۵- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات رنگدانه فتوسنتزی.....۱۰۴

جدول۴-۶ - میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات پایداری و محتوی نسبی آب.....۱۰۵

جدول۴-۷- مقایسات میانگین مربوط به عملکرد دانه، وزن خشک قوزه و عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف تنش خشکی، بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک.....۱۰۶

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- گیاهشناسی گلرنگ

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. از خانواده Asteraceae (Compositae)، تنها گونه زراعی جنس Carthamus می‌باشد (ناصری، ۱۳۷۰). گلرنگ یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی جهان بوده و طبق مطالعات باستان شناسی، مصریان باستان در حدود ۴۰۰۰ سال قبل این گیاه را می-شناختند (کوچکی، ۱۳۶۹). ظاهرا گلرنگ در منطقه وسیعی از شمال هند تا خاورمیانه، اهلی گردیده است. سه گونه *C. Plaestiuns, C. lantatus, Carthamus oxyacantha* به عنوان والد احتمالی گلرنگ زراعی پیشنهاد شده است (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۱-۲- خصوصیات رشدی گلرنگ

گلرنگ دارای یک ریشه اصلی ضخیم است که می‌تواند تا عمق ۳-۲ متر در خاک نفوذ کند. این خصوصیت ریشه به گیاه این امکان را می‌دهد تا رطوبت و مواد غذایی را ار عمق نسبتا زیادی جذب نماید (خواجه پور، ۱۳۷۰؛ فروزان، ۱۳۷۸؛ کریمی، ۱۳۶۸ و محمدی نیک پور، ۱۳۷۴). ساقه گلرنگ سخت، استوانه‌ای و در قسمت پایین نسبتا ضخیم است که با افزایش شاخه‌ها باریک می‌شود، همچنین ساقه‌ها به رنگ خاکستری روشن یا سبز مایل به سفید بوده و دارای شیارهای طولی می‌باشند (ناصری، ۱۳۷۰). ارتفاع گیاه در ارقام مختلف از ۲۵ تا ۲۱۱ سانتی‌متری متغیر بوده و تابعی از مبدا اولیه رقم، خصوصیات اقلیمی منطقه و روش کاشت می‌باشد. ریشه‌ی عمیق، برگ‌های مومی و پوست ضخیم، عامل سازگاری گیاه با مناطق بیابانی می‌باشد (اسمیت، ۲۰۰۵). گلرنگ مانند بسیاری از گیاهان خانواده کاسنی، قبل از شروع به طویل شدن ، مرحله‌ای از رشد خود را به صورت روزت طی می‌کند که در این حالت گیاه به صورت پهن روی زمین قرار می‌گیرد (آرنون، ۱۹۷۲). ضخامت ساقه بین ۳ تا ۱۲ سانتی‌متر متغیر بوده و با عملکرد دانه همبستگی دارد (صادقی و بحرانی، ۱۳۸۰). ساقه مرکزی از ارتفاع ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متری شاخه می‌دهد

و ساقه‌های فرعی را بوجود می‌آورد که آن‌ها نیز به نوبه خود شاخه می‌دهند و هر شاخه به یک گل انتهایی ختم می‌شود. برگ‌های گلرنگ به رنگ سبز تیره براق، قلبی شکل و بدون دمبرگ و دندانه‌دار است. شکل برگ‌ها در قسمت‌های مختلف متفاوت است. بزرگترین برگ‌ها در وسط ساقه اصلی ظاهر می‌شوند. گرایش برگ‌ها روی ساقه به صورت مارپیچی است، ولی شکل و اندازه برگ‌ها در ارقام مختلف با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد. در بسیاری از ارقام، برگ‌های پایینی بزرگ‌تر، ساده و بدون خار هستند. بسته به رقم، برگ‌های بالایی گیاه ممکن است کوچک، کاملا بدون خار یا خاردار باشند. خارها در حاشیه برگ قرار دارند و در قسمت گل‌آذین برگ‌ها مانند براکته‌های گریبانی روی هم قرار می‌گیرند (چاپامن و کارتر، ۱۹۷۶). گلرنگ به دلیل ریشه عمیق و برگ‌های کوچک، ضخیم و کوتیکولی، در گروه گیاهان مقاوم به خشکی دسته‌بندی می‌شود (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹ و اوزتورک و همکاران، ۲۰۰۸). شروع گلدهی با خروج جام گل از خارجی‌ترین حلقه گل‌های طبق اصلی آغاز می‌شود و به سمت داخل تداوم می‌یابد. شروع تا خاتمه گلدهی هر طبق غالبا ۳ تا ۵ روز می‌باشد. طبق‌های فرعی نیز پس از گلدهی طبق اصلی و به ترتیب پیدایش وارد مرحله گلدهی می‌شوند.

گلرنگ از زیر تیره لوله‌گلی‌هاست و جام گل‌های آن که به نام گلچه مصطلح هستند، پیوسته و لوله مانند می‌باشند. گلدهی یک طبق ۳ تا ۵ روز تکمیل می‌شود. در هر گیاه دوره گل کردن ۱۰ تا ۴۰ روز طول می‌کشد. گل‌ها در صبح زود باز می‌شوند و رسیدن گل‌ها با طویل شدن گلچه‌ها و خارج شدن خامه از داخل لوله بساک‌های متصل به هم همراه است (زینلی، ۱۳۷۸؛ کریمی، ۱۳۶۸؛ یزدی صمدی و عبدمیشانی، ۱۳۷۰ و ماندل، ۱۹۹۲). بطور کلی گل‌های گلرنگ را می‌توان به رنگ‌های سفید، زرد، نارنجی، نارنجی مایل به قرمز و قرمز تیره مشاهده نمود (دنیس و روبیس، ۱۹۶۶).

میوه گلرنگ از نظر گیاهشناسی، آکن نامیده می‌شود و شبیه به دانه کوچک مستطیل شکل آفتابگردان می‌باشد، ولی پوسته آن فیبر بیشتری داشته و ضخیم‌تر است. پوسته بذر معمولا به رنگ کرم یا کرم مایل

به سفید است. رشد دانه‌ها بین ۲۰ تا ۳۵ روز، غالبا حدود ۴ هفته پس از گرده افشانی تکمیل می‌شود. گلرنگ طی حدود ۲ هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک به مرحله رسیدگی کامل می‌رسد و آماده برداشت است. در این مرحله حداقل ۷۵ درصد طبق کاملا قهوه‌ای و دانه‌ها به سهولت از طبق جدا می‌شوند (خواجه-پور، ۱۳۸۶).

وزن صد دانه بین ۳ تا ۴ گرم بوده و به ندرت به ۱۰ گرم می‌رسد. بذور ارقام سنتی گلرنگ ۵۰ درصد پوست، ۵۰ درصد مغز و ۳۲-۲۸ ٪ روغن دارد. تیپ‌های پوست نازک آن دارای ۷۰-۵۵ ٪ مغز و ۳۵ تا ۴۵ ٪ روغن است. میزان پروتئین دانه کامل از ۱۱ تا ۲۴ ٪ متغیر است. تیپ‌های پوست نازک پروتئین بیشتری نسبت به انواع پوست ضخیم دارند (احمدی، ۱۳۷۸؛ آرنون، ۱۹۷۲ و زنلی و هورجس، ۱۹۹۴).

۱-۳- مراحل نمو گلرنگ

طول دوره رشد آن از ۱۲۰تا ۱۸۰ روز متغیر است. گلرنگ یک ریشه عمودی توسعه یافته با ریشه‌های جانبی نازک متعددی تولید می‌کند. ریشه عمودی معمولا تا عمق ۲ تا ۳ متری در خاک نفوذ می‌کند و این ویژگی نفوذ عمیق ریشه به گیاه امکان می‌دهد رطوبت و مواد غذایی خاک را تا این عمق جذب کند. پس از خروج گیاهچه، جوانه انتهایی ساقه گلرنگ در پایان دوره روزت که مجتمعی از برگ‌ها را روی سطح زمین تولید می‌کند، به صورت یک ساقه اصلی تبدیل می‌شود. طول این دوره به درجه حرارت، ژنوتیپ و طول روز بستگی دارد و در هوای سرد و طول روزهای کوتاه، طولانی‌تر از هوای گرم و روزهای بلند است. با گرم شدن هوا فاصله میانگره‌ها زیاد و در نتیجه ساقه اصلی طویل می‌شود. برگ‌ها بدون دمبرگ، نیزه ای، بیضوی شکل، سبز تیره، براق و بدون کرک می‌باشند. برگ‌ها در قسمت پایین ساقه بزرگ و دارای دندانه‌های عمیق و در انتهای ساقه برگ‌های کوچک، سفت و در بسیاری از ارقام خاردار می‌باشند. (کشاورزان با کاشتن چند ردیف گلرنگ در اطراف مزارع خود از ورود دام به مزارع جلوگیری می‌کنند). گل‌آذین گلرنگ به صورت طبق

است، طبق‌ها در انتهای ساقه اصلی و فرعی پدیدار می‌شوند. گل‌ها توسط چند ردیف برگ‌چه احاطه گردیده است، دور طبق (نهنج) نیز چند لایه برگ‌چه قرار دارد. رنگ گل از زرد کم‌رنگ تا نارنجی مایل به قرمز متغیر است. گلرنگ اساسا خودگشن، اما برای باروری مطلوب و حداکثر بازدهی معمولا وجود زنبورها و سایر حشرات ضروری است. قبل از به گل نشستن گیاه، پنج بساک متصل که بوسیله میله‌های بسیار باریکی به نوک لوله جام گل متصلند، کلاله را در میان می‌گیرند. گل‌ها به دلیل اینکه پرچم‌ها زودتر می‌رسند خود عقیم هستند، اما از آنجا که دانه‌های گرده گل‌های مجاور واقع در یک طبق می‌توانند همدیگر را بارور سازند عملا خودگشنی (از نظر ژنتیکی) انجام می‌شود. گفته شد که درصد خود گشنی به فعالیت حشرات بستگی دارد که بر این اساس در کانادا بازدهی بذر بوته‌هایی که زنبورها در ضمن گلدهی به سراغ آنها نمی‌رفتند برابر با ۷۸۵ کیلو در هکتار و بازدهی بوته‌هایی که در تماس حشرات با آنها زیاد بوده به ۱۷۰۰ کیلو در هکتار رسیده است.

۱-۴- سازگاری گلرنگ

از آنجایی که گلرنگ روغنی ویژه مناطق گرمسیری است، گیاه روز بلند محسوب شده (بسیاری از ارقام اصلاح شده آن نسبت به طول روز بی‌تفاوت می‌باشند) و به دلیل این خصوصیت از عرض‌های جغرافیایی پایین به بالا کشت می‌شود، ولی گل‌دهی آن در هوای گرم به میزان قابل توجهی جلو می‌افتد.

گیاه گلرنگ به دلیل سیستم گسترش یافته ریشه‌اش می‌تواند رطوبت را از اعماق ۱/۵ تا ۲/۵ متری سطح وسیعی از خاک جذب نماید و مقاومت به خشکی آن از جو کمتر می‌باشد. گلرنگ به آب ایستادگی و کم بودن تهویه حساس است. پوسیدگی ریشه و مرگ گیاهچه در این شرایط توسعه می‌یابد (خواجه پور، ۱۳۷۰؛ وکیل و مادکور، ۱۹۹۲ و سینگ و همکاران، ۱۹۹۵).

گلرنگ سازگاری زیادی نسبت به انواع خاک‌ها دارد. به طور کلی گلرنگ در خاک‌های رسی قابل نفوذ، خاک‌های رسی شنی، لوم رسی و خاک‌های حاصلخیز و عمیق به خوبی رشد کرده و محصول قابل توجهی تولید می‌کند (هادجیکریستوپلو، ۱۹۸۵). مقاومت به شوری گلرنگ در زمان جوانه زنی تقریبا نصف سایر مراحل رشد آن است (درو و همکاران، ۱۹۹۱ و یلالی و بحرانی، ۱۹۹۸).

وجود مرحله نموی روزت گویای این است که گلرنگ گیاهی است پاییزه و از آن ارقام بهاره حاصل شده است. لذا از این لحاظ به سه گروه پاییزی حقیقی، بهاره – پاییزه (دو فصله) و بهاره تقسیم می‌شود. حداقل دما برای جوانه‌زنی بذر گلرنگ حدود ۵ درجه سانتی‌گراد است، ولی بهترین دما برای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. وجود یک فصل رشد بدون یخبندان ۱۳۰ تا ۱۶۰ روزه برای تولید گلرنگ نیاز است.

۱-۵- کاشت گلرنگ

به منظور کاشت گیاه گلرنگ، اواخر زمستان زمین را تسطیح و بستر خاک را برای کشت آماده می‌کنند (ناصری، ۱۳۷۰ و آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹).

زمان کاشت بستگی به شرایط اقلیمی محل رویش دارد. گلرنگ در مناطق گرمسیر به عنوان یک محصول پاییزه کشت می‌شود ولی در مناطق سرد آن را به صورت بهاره کشت می‌کنند. زمان مناسب برای کشت پاییزه گلرنگ مهر- آبان و برای کشت بهاره، اوایل اردیبهشت خواهد بود. فاصله ردیف‌های کاشت بین ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی ردیف کاشت ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر است. عمق بذر گلرنگ در موقع کاشت متفاوت است و بستگی به بافت خاک دارد. عمق بذر در خاک‌های سبک شنی ۴ تا ۶ سانتی‌متر و در خاک‌های سنگین ۳ تا ۴ سانتی‌متر باید باشد. در هر هکتار به ۱۸ تا ۲۰ کیلوگرم بذر با کیفیت مطلوب نیاز است (زینلی، ۱۳۷۸ و آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹).

۱-۶- مزایای استفاده از کنجاله گلرنگ

۱- افزایش سطح زیر کشت این محصول و تولید واریته‌های جدید و پر محصول می‌تواند علاوه بر کاهش واردات روغن نباتی، موجب کاربرد هر چه بیشتر این کنجاله در صنعت پرورش طیور شود.

۲- با توجه به نتایج محققان، می‌توان کنجاله گلرنگ را تا سطح ۱۰ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی مصرف کرد. وجود تنوع مواد خوراکی در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، علاوه بر تاثیر در کاهش هزینه‌های تولید، می‌تواند در افزایش بازده خوراک نیز تاثیر داشته باشد که این مسئله یکی از دلایل عمده استفاده از کنجاله گلرنگ در جیره ی طیور می‌باشد.

۳- با توجه با ارزش روغن و کنجاله گلرنگ و قابلیت کشت این دانه در ایران، جهت جلوگیری از خروج ارز به منظور خرید کنجاله سویا و ... انجام آزمایشاتی بر روی کنجاله گلرنگ و تاثیر آن بر عملکرد تولیدی طیور و هم چنین امکان جایگزینی آن با کنجاله سویا ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۷- موارد مصرف و خواص دارویی گلرنگ

۱-۷-۱- موارد مصرف انسان

گلرنگ یک گیاه چند منظوره به شمار می‌آید که از دیرباز به دلیل استفاده از رنگیزه‌های موجود در گل‌های آن مورد کشت قرار گرفته است. از گل‌های این گیاه یک ماده نارنجی رنگ که کارتامین نام دارد، استخراج و از آن در رنگرزی البسه و رنگ‌های غذایی استفاده می‌شده است (کوچکی، ۱۳۶۹ و هیتون و نولز، ۱۹۸۰).

عصاره گلرنگ حاوی رنگدانه‌های زرد زعفرانی شفاف، استخراج شده از گیاه گلرنگ قابل استفاده برای افزودن به انواع شکلات، ویفر، کیک، بستنی و سایر مصارف صنعتی و خانگی می‌باشد. از گل‌های خشک

گلرنگ به عنوان رنگ کننده مواد غذایی هم استفاده می‌شود. این گل‌ها گاهی به عنوان تقلب در زعفران به کار گرفته می‌شوند. پیشینه کاربرد گل‌های گلرنگ به عنوان دارو و چاشنی بسیار ببیشتر از بکارگیری میوه‌های آن به عنوان دانه روغنی است (مجنون حسینی و دوازده‌امامی، ۱۳۸۶). در اوایل قرن بیستم زراعت گلرنگ به منظور استفاده از روغن آن سابقه زیادی ندارد. به همین دلیل در اغلب نوشته‌ها از این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی جدید یاد می‌شود (هتون و همکاران، ۱۹۷۸). با توجه به سازگاری گلرنگ به شرایط اقلیمی ایران و کیفیت مناسب روغن آن، در صورت انجام تحقیقات کاربردی، این گیاه چشم‌انداز روشنی از افزایش تولید دانه‌های روغنی در کشور را نوید می‌دهد. افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ یکی از اولویت-های مهم بخش کشاورزی است (حقیقتی، ۲۰۱۰). در ۲۵ سال اخیر این محصول در مقیاس وسیع به عنوان دانه روغنی تجارتی کشت شده است (ناصری، ۱۳۷۰). روغن گلرنگ در طباخی، تهیه صابون، رنگ، ورنیسو مواد پوشاننده مشابه مصرف می‌شود. همچنین گلرنگ در مراحلی که ترد و نازک است به صورت جوشانده مصرف می‌گردد. پوست دانه گلرنگ برای تهیه تخته‌های محکم بکار می‌رود (احمدی، ۱۳۷۸ و پنتو و ونقیا، ۱۹۹۲).

۱-۷-۲- خواص دارویی گلرنگ

روغن آن مناسب برای بیمارانی که کلسترول بالا دارند، ضدعفونی کننده و التیام دهنده زخم‌هاست. این گیاه تقویت کننده اعصاب است و بلغم را خارج می‌کند (زینلی، ۱۳۷۸). گل‌های خشک گلرنگ در ترکیب انواع چای به کار می‌رود و دارای خواص دارویی، مسکن، محرک و ضد ورم معده است. روغن میوه یا بذر از روغن‌های گیاهی ارزشمند بوده و برای مداوای بیماری تصلب شرایینی به کار می‌رود (مجنون حسینی و دوازده امامی، ۱۳۸۶). در میوه گلرنگ حدود ۳۰ درصد روغن و به همین مقدار پروتئین وجود دارد.

اسیدهای چرب روغن گلرنگ کولیت التهاب ناشی از سیتروباکتر رودنتیوم را کاهش داده وبعد از روغن ماهی و قبل از روغن های کانولا و پیه قرار گرفت (حکمت‌دوست و همکاران، ۲۰۰۸). اسید چرب نقش مهمی در ترمیم بافتهای مجروح، سلامتی پوست، مکانیسم رشد و تکامل وتولید پروستاگلاندین دارد (ایزابل و همکاران، ۲۰۰۸ و سباستین و هلر، ۲۰۰۶). التهاب حنجره و حلق، عفونت گوش، خونریزی داخلی، یرقان و هپاتیت ویروسی، نزدیک بینی چشم، عفونت چشمی تراخم، پیری، سرطان خون،گواتر، سردردهای میگرنی و خونریزی قاعدگی از دیگر بیماری‌هایی است که ظاهراً گلرنگ در درمان آنها کمک می‌کند (لی و ماندل، ۱۹۹۶). این گیاه قادر است با ایجاد تغییر در محور هورمونی هیپوفیز-گناد در فعالیت‌های تولیدمثلی موثر واقع شود (مودایریس، ۲۰۰۵). همچنین ۱۰۰میکرولیتر/ میلی لیتر از عصاره این گیاه توانسته موجب مهار ۵۰ درصدی رشد سلول‌های مخمر و نیز سمیت آن شود (دارابی و همکاران، ۲۰۰۷).از گل‌های این گیاه به عنوان ماده رنگی در فرآورده‌های غذایی استفاده می‌شود و سمی کارتامی به دست آمده از آن مورد بررسی قرار گرفت و سلامت آن تأیید شد (نوبخت و همکاران، ۲۰۰۰).

۱-۷-۳- موارد مصرف دام

گلرنگ، امروزه بیشتر برای تولید دانه به منظور استخراج روغن خوراکی و نیز تغذیه پرندگان کشت می‌شود (لی و ماندل، ۱۹۹۶). علاوه بر استفاده مستقیم از دانه جهت تغذیه پرندگان، تعلیف مستقیم توسط دام و یا به عنوان علوفه خشک و سیلویی، تولید کنجاله به عنوان مکمل غذایی مناسب برای دام و استفاده از ارقام بدون خار به عنوان گل‌های زینتی از دیگر مصارف آن به شمار می‌رود (بهدانی و راشد محصل، ۱۳۷۷). علاوه بر استفاده از روغن گلرنگ برای مصارف خوراکی و یا صنعتی، کنجاله آن به عنوان خوراک دام مصرف می‌شود. کنجاله فیبر بالایی دارد و پروتئین آن از نظر اسید آمینه لیزین فقیر است. کنجاله در زنجیره غذایی نشخوار کنندگان استفاده می‌شود.

کنجاله‌ها با فیبر کم را می‌توان برای تغذیه حیوانات تک معده‌ای و کنجاله‌های با فیبر بالا را برای تغذیه نشخوارکنندگان استفاده نمود. کنجاله‌های کم فیبر، ۴۲ درصد پروتئین و ۱۶ درصد فیبر دارند (احمدی، ۱۳۷۸، هنسون و همکاران، ۱۹۹۹ و جوکر و همکاران، ۱۹۹۹). مصرف دانه خورد شده گلرنگ به صورت مخلوط با تفاله چغندرقند نیز گزارش شده است (نولز، ۱۹۸۵). تحقیقات در آلمان نشان داده شده است که علوفه تازه گلرنگ که قبل از گلدهی برداشت شده باشد، علی‌رغم وجود خار در آن، به راحتی توسط گوسفند خورده می‌شود. این علوفه از نظر ارزش غذایی با یک علوفه مرتعی خوب مشابه بوده و اگر مقایسه بر مبنای وزن خشک انجام گیرد، تفاوت چندانی با علوفه یونجه ندارد (نولز و میلر، ۱۹۶۰).

۱-۸- کمیت و کیفیت روغن

دانه ارقام مختلف گلرنگی که به مصرف روغن و گل می‌رسند بین ۴۴- ۲۷ ٪ روغن دارند. توارث‌پذیری در میزان روغن گلرنگ به طور نسبی بالاست، ولی پایداری آن به واسطه خصوصیات مختلف گیاه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (لانجر و هیل، ۱۹۹۱). بین پوسته بذر و درصد روغن آن همبستگی منفی شدیدی وجود دارد (یوری، ۱۹۸۶). روغن بعضی از ژنوتیپ‌ها دارای اسید لینولئیک بسیار زیاد است و به مصرف آشپزی و تهیه مارگارین یا مصرف صنعتی می‌رسد. روغن برخی دیگر دارای اسید لینولئیک بسیار زیاد و مشابه روغن زیتون است و از نظر کیفیت خوراکی بسیار مطلوب می‌باشد (ویس، ۲۰۰۰). روغن گلرنگ، ۸۱-۵۵ ٪ اسید لینولئیک، ۷/۴۲ ٪ اسید اولئیک، ۱/۱۰ ٪ اسید استئاریک و ۱/۱۰ ٪ اسید پالمتیک دارد. با توجه به اهمیت زیادی که اسیدهای چرب غیر اشباع در کیفیت تغذیه‌ای روغن دارند، روغن گلرنگ با بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع بسیار باارزش می‌باشد (ناصری، ۱۳۷۵).

به دلیل نقش اسیدهای چرب غیر اشباع در کاهش کلسترول خون، روغن گلرنگ یک روغن خوراکی ایده‌آل است (احمدی، ۱۳۷۸ و یوری، ۱۹۸۶). روغن گلرنگ به دلیل داشتن مقادیر بالای اسید لینولئیک و

اسید اولئیک، عدد یدی بالا، رنگ روغن زرد شفاف و طعم مطلوب برای مصرف آشپزی بسیارمناسب است این روغن حتی به صورت روغن سالاد، روغن هیدروژنه، مارگارین، مایونز و چندین نوع غذای آماده دیگر نیز قابل استفاده می‌باشد (لی و ماندل، ۱۹۹۶).

۱-۹- مناطق مناسب کشت

گلرنگ جزء دانه‌های روغنی است و موطن احتمالی آن منطقه‌ای بین نواحی مدیترانه‌ای شرقی و خلیج فارس می‌باشد (اشری و همکاران، ۱۹۷۴). در ایران نیز کشت گلرنگ به عنوان یک گیاه روغنی از سال ۱۳۴۶ همزمان با توسعه زراعت آفتابگردان و سویا در سطح وسیع آغاز شده است (قنواتی و نهاوندی، ۱۳۵۲). گلرنگ از زمان‌های قدیم در استان‌های آذربایجان، خراسان و اصفهان به صورت زراعت فرعی و با هدف برداشت گل کشت می‌شده است. امروزه این گیاه در ایران در مساحت‌های محدود و پراکنده در استان‌های همدان، یزد، آذربایجان شرقی، بوشهر، کردستان، مرکزی (شازند، دلیجان و سربند)، کرمان، ایلام و خراسان کشت می‌شود.

کشت گلرنگ اخیرا در سطوح وسیع‌تر در استان‌های اصفهان و در مناطق اسلام آباد، برخوار و اردستان این استان رونق یافته است (امیدی تبریزی و احمدی، ۱۳۷۹). وجود تیپ‌های مختلف وحشی که در سراسر کشور پراکنده‌اند، نشان از سازگاری بالای این گیاه روغنی با آب و هوای کشور ما دارد (امیدی تبریزی و احمدی، ۱۳۷۹). در چند سال اخیر ورود ارقام جدید و زودرس، پرمحصول و با محتوای روغن بالا، به عرصه تولید موجب رونق کشت گلرنگ و افزایش سطح زیر کشت آن شده است (هتون و نولز، ۱۹۸۰).

۱-۱۰- سطح زیر کشت گلرنگ در جهان و ایران

مهم‌ترین کشورهای تولید کننده آن در حال حاضر، هند، آمریکا و مکزیک می‌باشد و میزان تولید آن در جهان به حدود یک میلیون تن در سال می‌رسد (خواجه پور، ۱۳۸۶). گلرنگ در ۶۰ کشور جهان کشت می‌شود و سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۰۵ برابر با یا میلیون و سیزده هزار هکتار بوده است و در سال ۲۰۱۰ به یک میلیون و هفتصد هزار هکتار رسیده است (فائو، ۲۰۱۰). گلرنگ در گویش‌های ایران به نام‌های کاشفه و کاجیره نامیده شده است. کشت گلرنگ در ایران از سال ۱۳۳۶ آغاز شد. در سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۵ تولید آن ۷ هزار تن در سال بود و در سال ۱۳۵۸ به ۶ هزار تن کاهش یافت. از سال ۱۳۵۸ به بعد تولید گلرنگ در ایران سیر نزولی داشته است. از سطح زیر کشت گلرنگ در ایران اطلاعات دقیقی در دسترس نیست. ظاهرا سطح زیر کشت آن در طی سال‌های گذشته کمتر از ۱۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد دانه حداکثر ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. در سال‌های اخیر کشاورزان اطراف شهر اصفهان به کشت گلرنگ به عنوان یک محصول چند منظوره (تولید روغن، گل و دانه) توجه زیادی داشته‌اند (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۱-۱۱- تعریف تنش خشکی

از نظر کشاورزی، خشکی عبارت از ناکافی بودن قابل دسترس شامل بارش نزولات و ذخیره آب زیرزمینی است که باعث محدود شدن پتانسیل ژنتیک و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (وینوکور و آلتامان،۲۰۰۵). از میان تنش‌هایی که گیاهان با آن روبه رو می‌شوند، تنش خشکی در اکثر مناطق جهان از مهم‌ترین عوامل محدود کننده کسترش و زادآوری گیاهان در سیستم‌های طبیعی و کشاورزی به شمار می‌آید، به طوری که بر اساس مطالعات، تنش خشکی به کاهش ۴۵ درصدی عملکرد محصولات زراعی منجر شده است (امام و زواره، ۲۰۰۵). از لحاظ فیزیولوژی تنش آب یا کمبود آب به شرایطی اطلاق می شود که در آن سلول ها و بافت های گیاه در وضعیتی قرار گرفته اند که آماس آنها کامل نیست (دانشمندی و عزیزی،

۱۳۸۸). همچنین خشکی را می توان این‌گونه تعریف کرد که کمبود نسبتاً شدید آب موجب جلوگیری از رشد گیاهان و بر قرار شدن فشار تورگر کمتر از حداکثر فشار پتانسیل می شود (بی بی و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۱۲- تاریخچه و معرفی بیوچار

مدت‌ها قبل از کشف دنیای جدید (قاره آمریکا) توسط اروپایی‌ها، قبایل بومی مناطق آمازون از تکنیکی برای افزایش حاصلخیزی زمین‌هایشان استفاده می‌کردند. مسلم است که آنها از علوم شیمی و زیست‌شناسی اطلاعاتی نداشتند و این روش را با کمک آزمون و خطا یافته بودند. تکنیک آنها شامل سوزاندن ضایعات کشاورزی بود، درحالی‌که روی آنها را با خاک پوشانده بودند و در واقع بقایای گیاهی را در شرایط غیرهوازی می‌سوزاندند. آنچه در اثر این فرآیند (پیرولیز) ایجاد می‌شود، نوعی زغال یا کربن فعال است به نام بیوچار. این ماده به علت سرعت تجزیه پایین نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی اکسید کربن و متان که از ضایعات کشاورزی آزاد می‌شود، دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی در خاک ذخیره کند. از دیدگاه کشت و کار یکی از مزایای بیوچار، مدیریت ضایعات کشاورزی است. گسترش کشاورزی ارگانیک از یک سو و آلودگی‌های جوی از سوی دیگر باعث شده تا استفاده از این ترکیب در دنیا روزبه‌روز افزایش پیدا کند. خاک‌های حاصلخیز تراپرتا در برزیل نتیجه کاربرد بیوچار طی سالیان دراز، بیش از هزار سال است. در ژاپن هم از این تکنیک (استفاده از نیم سوخته ضایعات کشاورزی) استفاده می‌شده است و در سال‌های گذشته احیا شده است. کشورهای دیگر هم کم‌کم به کاربرد این روش سنتی و مؤثر علاقه‌مند می‌شوند و استفاده از بیوچار به روشی احیا شده از دوران قدیم برای کشاورزی در آینده تبدیل می‌شود.

۱-۱۲-۱- بهبود دهنده خاک

بیوچار به‌عنوان یک نوع بهبود دهنده خاک در نظر گرفته می‌شود. کاربرد این ترکیب با مکانیسم‌هایی می‌تواند سبب بهبود سلامتی خاک شود. بسیاری از ویژگی‌های مفید این زغال فعال به علت ساختار متخلخل آن است که می‌تواند رطوبت و همچنین عناصر غذایی حل شده در آب را نگه دارد. بیوچار می‌تواند سکونت‌گاه تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌های مفید خاک باشد و در نتیجه سبب بهبود وضعیت خاک و سلامتی گیاهان شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد بیوچار در گیاهانی که نیاز بیشتری به کودهای پتاسیم‌دار و پی اچ‌های بالاتر دارند می‌تواند عملکرد را افزایش دهد .کاربرد این نوع فعال کربن می‌تواند سبب بهبودی کیفیت آب، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، آب‌شویی عناصر غذایی، اسیدیته خاک، نیاز به آبیاری و نیاز کودی شود. در پاره‌ای از پژوهش‌ها گزارش شده که بیوچار می‌تواند سبب القای پاسخ سیستمیک گیاه به بیماری‌های قارچی برگی و بهبود پاسخ‌ها به عوامل بیماری‌زای خاک‌زی شود. اثرات متنوع بیوچار وابسته به میزان کاربرد و ویژگی‌های آن دارد و در حال حاضر در مورد جزییات دقیق مکانیسم‌های اثرگذاری این ترکیب اطلاعات دقیقی در دست نیست. این ترکیب می‌تواند بقایای سموم و علف‌کش‌های به کار رفته در مزرعه را به خود جذب کند و در نهایت سبب تولید محصولاتی سالم‌تر شود.

۱-۱۲-۲- سینک کربن

سوختن و تجزیه بقایای زیستی و ترکیبات آلی میزان زیادی گاز دی اکسیدکربن وارد جو زمین می‌کند. بیوچار کربن تثبیت شده و با ثباتی است که می‌تواند میزان زیادی گازهای گلخانه‌ای را برای مدت زیاد (قرن‌ها) درون خود انبار سازد و در نتیجه سطوح گازهای گلخانه‌ای را کنترل کند. نشان داده شده که کاربرد میزان متوسط بیوچار می‌تواند انتشار اکسیدنیتروژن (N_2O) را تا ۸۰ درصد و متان را تا ۱۰۰ درصد کاهش دهد. هر دو گاز از آلاینده‌های جوی و گازهای ایجادکننده پدیده گلخانه‌ای هستند. بیوچار می‌تواند

سبب ترسیب کربن (carbon sequestration) در خاک برای هزاران سال شود (ترسیب کربن به معنای رسوب دادن و تخلیه کربن موجود در اتمسفر است و به عبارت دیگر، به جذب دی‌اکسیدکربن اضافی جو توسط اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان، بقایای گیاهی و جلبک‌ها برای کاهش آثار سوء پدیده گرم شدن زمین اطلاق می‌شود).

بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ بیش از هزار مقاله علمی با کاربرد کلمه بیوچار در پایگاه ISI ثبت شده است. همچنین پژوهش‌ها روی این ترکیب ادامه دارد. در ایران استفاده از بیوچار تاکنون مورد بی‌توجهی قرار گرفته است. اما به نظر می‌رسد آینده کشاورزی در کشور نیازمند تغییرات ساختاری است که خود می‌تواند سبب توجه به روش‌های جدید شد. تولید و کاربرد بیوچار با توجه به ویژگی‌های مثبت آن می‌تواند به‌عنوان یک ایده جدید در برنامه دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی کشاورزی قرار بگیرد و استفاده از آن ترویج یابد.

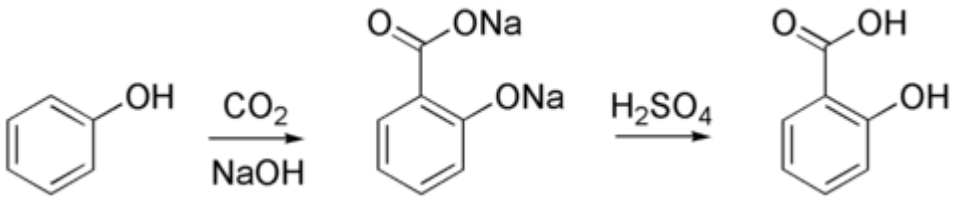
۱-۱۳- معرفی اسید سالیسیلیک

تنش خشکی یکی از عوامل محدود کننده رشد محصولات زراعی است و ترکیباتی مانند اسید سالیسیلیک قادرند تحمل به خشکی را در گیاهان تحت تاثیر قرار دهند. اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید از ترکیبات فنولی (راسکین، ۱۹۹۲) و یک آنتی اکسیدانت محلول در آب است که صدمات ناشی از تنش خشکی را در گیاه کاهش می‌دهد (نورن و اشرف، ۲۰۰۸). اسید سالیسیلیک از نظر شیمیایی، متعلق به گروه بسیار متنوع فنل‌های گیاهی می‌باشد که دارای یک حلقه آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته به آن می‌باشد (راسکین، ۱۹۹۲). اسید سالیسیلیک اثرات کلیدی در گیاهان از جمله تاثیر در روابط آبی و افزایش رشد دارد (راجاسکران و بلیک ، ۱۹۹۹). نقش اسید سالیسیلیک به عنوان یک سیگنال دفاعی در گیاهان ثابت شده است (گانسان وی، توماس جی، ۲۰۰۱).

اسید سالیسیلیک همچنین به دلیل نقش‌هایی که در گیاه ایفا می‌کند به عنوان یک هورمون گیاهی معرفی شده است (راسکین، ۱۹۹۲). در طی ۲۰ سال گذشته، محققان توجه خاصی به توانایی اسید سالیسیلیک در القای مقاومت سیستمیک اکتسابی (SAR)[۱] در گیاهان در برابر انواع تنش‌های زنده نظیر پاتوژن‌ها و تولید پروتئین‌های مرتبط با این پاتوژن‌ها مبذول داشته‌اند. اسید سالیسیلیک در طی این فرایند به عنوان یک مولکول سیگنالی برای القای بیان این ژن‌ها عمل می‌کند (مور و همکاران، ۱۹۹۶ و راسکین، ۱۹۹۲). اینک محققان به بررسی توانایی اسید سالیسیلیک برای ایجاد اثرات محافظتی روی گیاهان تحت تنش‌های محیطی توجه نموده‌اند (پال ام و همکاران، ۲۰۰۲؛ ساخابات دینوور ای آر و همکاران، ۲۰۰۳؛ شکیروا اف ام و بزدوکووا ام وی، ۱۹۹۷).

۱-۱۳-۱- ساختار اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک به وسیله آمینواسیدی به نام "فنیل‌آلانین" به صورت زیستی سنتز می‌شود. روش زیر که به روش "کولبه- شمت "معروف است نیز راه ساختن تجاری این ماده است.



شکل ۱-۱- نحوه تولید اسید سالیسیلیک از طریق اسیدی کردن سدیم سالیسیلات به وسیله اسید سولفوریک.

۱-Systemic acquired resistance

۱-۱۳-۲- اثر اسید سالیسیلیک بر روی بیماری‌ها

اسید سالیسیلیک [۱] (SA) یک هورمون گیاهی فتولیک است که در گیاهان یافت می‌شوند و در رشد و نمو گیاه، فتوسنتز، تعرق، جذب یون و انتقال مواد نقش بسزایی را ایفا می‌نماید . علاوه بر این SA منجر به بروز تغییراتی خاص در آناتومی برگ و ساختار کلروپلاست می‌گردد. SA سیگنال‌های درونی منحصر به فردی را دربر دارند و در برابر عوامل بیماری زا (پاتوژن‌ها) به حمایت از گیاه می‌پردازند. از این رو می‌توان گفت که با تولید پروتئین‌های خاص در برابر عوامل بیماری‌زا به مقاومت می‌پردازند. این اسید کاملا فراگیر بوده و با حمله به عوامل بیماری‌زا مقاومت سایر قسمت‌ها را تضمین می‌کند. سیگنال‌های موجود توسط اسید

سالیسیلیک منتقل می‌گردند و سپس به یک استر فرار یعنی متیل سالیسیلات تبدیل می‌شوند. اسید سالیسیلیک در سراسر سلسله گیاهی به طور وسیعی شناخته شده است زیرا از زمان‌های گذشته در بیشتر از ۳۴ گونه گیاهی یافت شده است.

اثر اسید سالیسیلیک در ایجاد مقاومت به بیماری‌ها و عوامل بیماری‌زا در گیاهان در برخی گیاهان مقاوم به بیماری‌ها، این گیاهان می‌توانند گسترش بیماری را به یک منطقه کوچک در اطراف نقطه آغازین نفوذ آن محدود کنند. این واکنش گیاه را واکنش فوق حساس می‌گویند. اسید سالیسیلیک با تحریک واکنش‌های فوق حساس (Hypersensitive response) باعث جلوگیری از گسترش بیماری‌ها می‌شود. واکنش‌های فوق حساس (HR) عبارتند از خودکشی سریع سلول‌های اطراف محلی که توسط یک عامل بیماری‌زا مورد صدمه واقع شده است. از آنجا که عوامل بیماری‌زا می‌توانند در سلول‌های زنده گسترش پیدا بکنند، لذا گیاه با در پیش گرفتن این سیاست سعی در کنترل گسترش بیماری می‌کند.

۱-Salicylic acid

۱-۱۴- اهداف:

۱- بررسی تاثیر بیوچارهای مختلف در شرایط کم‌آبی بر رشد و عملکرد و میزان جذب و نگهداری آب در گیاه گلرنگ.

۲- بررسی تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبی بر رشد و عملکرد گیاه گلرنگ.

۳- بررسی اثرات متقابل استفاده از بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تحت تنش خشکی در گیاه گلرنگ.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- تنش‌های محیطی

تنش‌های محیطی به دو دسته عمده زیستی و فیزیکوشیمیایی یا غیرزیستی تقسیم می‌شوند. از جنبه زیست شناختی به انحراف از حد مناسب عوامل محیطی موثر تنش گفته می‌شود. تنش‌های فیزیکوشیمیایی خود نیز به پنج دسته تقسیم می‌شوند که از بین آن‌ها خشکی، شوری و دما به علت برخورداری از گستردگی جهانی بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (سرمدنیا، ۱۳۷۲). اعمال این شرایط می‌توانند باعث فعال شدن پاسخ دفاعی گیاه شوند که توسط آن گیاهان عواقب مضر این شرایط را می‌توانند به حداقل برسانند که این برای بقا، رشد و تکثیر گیاهان از ضروریات است (گوتزات و اسشید، ۲۰۱۲). بر اساس برآورد محققان مختلف، فقط ۱۰ درصد از اراضی قابل کشت دنیا عاری از هرگونه تنش است. به طورکلی، تنش‌های محیطی عبارت هستند از عامل عمده در اختلاف موجود دربین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۱-۱- تنش خشکی

در محیط‌های طبیعی گیاهان دست‌خوش انواع تنش‌هایی می‌شوند که اثرات منفی بر رشد آنها به وجود می‌آورد. دما، نور، آب قابل دسترس و ... از جمله عوامل غیرزنده‌ایی می‌باشند که به طور موثری بر رشد گیاهان عالی اثر می‌گذارند. زمانی که از دست دادن آب به صورت تعریق بر میزان آب جذب شده از خاک پیشی می‌گیرد (بیمارائو سنکار و همکاران، ۲۰۰۷) یا وقتی جذب آب به وسیله ریشه مشکل می‌شود تنش آب رخ می‌دهد، که این دو شرایط اغلب در محیط‌های خشک و نیمه خشک رخ می‌دهند (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷). خشکی خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان است و موقعی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی موجب تنش در داخل گیاه شده و در نتیجه تولید را

کاهش می‌دهد (اهدایی، ۱۳۷۲). تنش خشکی، یکی از تنش‌های چند بعدی است و سبب اثرات فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (پالگ و آسپینال، ۱۹۸۱). تنش خشکی یکی از مهم ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در کشور ما با محدودیت روبرو می‌سازد (ابوالحسنی و سعیدی، ۱۳۸۵). گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه‌ها در گلرنگ سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در کاپیتول و وزن هزار دانه گردید (عفت دوست،۱۳۸۲). اگر تنش خشکی طولانی شود گیاه با خسارت اکسیداتیو مواجه می شود، که نتیجه آن تولید انواع اکسیژن فعال می باشد (هلنا کروز، ۲۰۰۸). وزن خشک گیاه بستگی به مجموع مقدار تشعشع جذب شده در طول دوره رشد دارد. توسعه برگ از جمله حساس‌ترین فرآیندهایی است که به وسیله کمبود آب تحت تاثیر قرار می‌گیرد. خشکی و کمبود آب سبب کوچک‌تر شدن سلول‌ها و کاهش تعداد سلول‌های تولیدی به وسیله مریستم‌ها می‌شود (تاردیو و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۱-۱-۱- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد

ابوالحسنی (۱۳۸۱) در بررسی ۱۵ لاین بومی گلرنگ در شرایط تنش خشکی و بدون تنش اظهار داشت، تنش خشکی روی وزن دانه تأثیر منفی و شدیدی داشته و صفت تعداد دانه در طبق در شرایط تنش ۷۱ درصد و در شرایط بدون تنش ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه می نماید. تنش خشکی در مرحله رشد رویشی از طریق کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می شود (رستمی و کافی، ۲۰۰۳). مرحله گلدهی و تشکیل خورجین‌ها در کلزا حساسترین مراحل به تنش خشکی محسوب می شود (صدراس، ۱۹۹۶). در پژوهشی مشخص گردید که تنش رطوبتی درمرحله زایشی اندام های زایشی کلزا ار جمله تعداد خورجین در گیاه ، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه

ها را کاهش داد (بلوم، ۱۹۸۶). اثر تنش رطوبت بر عملکرد عموماً بستگی به این دارد که چه میزان از ماده خشک تولیدی به عنوان ماده قابل استفاده و مورد مصرف برداشته می‌شود، در مواردی که اندام‌های هوایی عملکرد نهایی را تشکیل می‌دهد اثر تنش به عملکرد مشابه اثرات آن بر تولید کلی گیاه است. به طور کلی اثر تنش رطوبت بر عملکرد دانه به جز در مراحل بسیار بحران کمتر از آن بر رشد کلی گیاه می‌باشد (کوچکی، ۱۳۶۵).

۲-۱-۱-۲- تأثیر تنش خشکی بر میزان نسبی آب و پتانسیل آب برگ

کاربرد پتانسیل آب برگ به منظور نشان دادن کمبود آب در گیاهان پیشنهاد شده است (هسیائو، ۱۹۷۳). کومار و الستون (۱۹۹۳) مشاهده نمودند که در کلزای روییده در شرایط تنش، هدایت روزنه‌ای ارتباط نزدیکی با محتوی نسبی آب و فشار آماس (تورگر) داشت. بنابراین کاهش محتوی نسبی آب در شرایط کمبود آب منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و ورود دی اکسید کربن و در نهایت موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد. در بررسی اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی بر ارقام نخود، رابطه محتوی نسبی آب با سطح برگ، منفی بدست آمد. به علاوه مشخص گردید که مقادیر بالای محتوای نسبی آب تحت شرایط تنش خشکی با مقادیر زیاد مواد فتوسنتزی انتقال یافته مرتبط است (آنیا و هرزوگ، ۲۰۰۴). پاسبان اسلام (۱۳۸۹) در بررسی اثر تنش خشکی بر ۵ رقم گلرنگ پاییزه گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب برگ گردید. تنش کمبود آب طی مراحل فنولوژیک در گلرنگ اثر معنی‌داری بر محتوی نسبی آب برگ داشت (فرخی نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۱-۱-۳- تاثیر تنش خشکی بر محتوی پروتئین دانه

شرایط تنش خشکی موجب کاهش اندک سنتز پروتئین در برگ‌ها می‌گردد و پس از رفع تنش، سنتز آن تحریک می‌شود. کمبود آب اعمال شده در مرحله گلدهی یا مراحل ابتدایی رشد رویشی، به طور معنی-داری، درصد پروتئین دانه کلزا را افزایش داد (پالمو و همکاران، ۱۹۹۹). قبادی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی‌های خود تاثیر دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت تنش خشکی طی مراحل مختلف رشد کلزا به این نتیجه رسیدند که تنش شدید آبی بر محتوای پروتئین دانه تاثیر معنی‌داری داشت. وی اظهار داشت که دوره‌های طولانی مدت و کوتاه مدت تنش خشکی غلظت پروتئین دانه را افزایش داد. آلیاری و همکاران (۱۳۷۹) گزارش کردند تنش خشکی به ویژه در هنگام رسیدگی در گیاه گلرنگ، درصد روغن دانه را کاهش داد ولی درصد پروتئین را افزایش داد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد. در این حالت فرصت کافی برای ستنز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود ندارد و بنابراین درصد پروتئین افزایش خواهد یافت. در آزمایش باغخانی و فرحبخش (۱۳۸۷) گزارش شد که با افزایش شدت تنش در ۳ رقم گلرنگ، درصد پروتئین دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت. تنش شدید با میانگین ۲۰ درصد بیشترین میزان پروتئین و تیمار شاهد با میانگین ۱۸ درصد کمترین مقدار پروتئین را دارا بودند. موحدی دهنوی و همکاران (۱۳۸۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

۲-۱-۱-۴- تأثیر تنش خشکی بر میزان پرولین

پرولین یکی از آمینو اسیدهایی است که به طور معمول در پاسخ به تنش‌ها ظاهر می‌شود. گیاهان، پرولین را از گلوتامین در برگ هایشان سنتز می کنند که به عنوان یک اسید آمینه قندساز محسوب

می‌گردد. پرولین روی حلالیت پروتئین‌های مختلف و حفاظت از آلبومین اثر می‌گذارد و مانع تجزیه آنها می‌گردد. همچنین به عنوان یک منبع انرژی و یک اسید آمینه قابل استفاده خواهد بود. از طرف دیگر تنش رطوبتی سبب تجمع مواد سمی ازجمله یون آمونیم می‌گرد. پرولین مانع اثر تخریبی این ماده سمی روی ترکیب‌های لازم برای گیاه می‌شود (شیرانی راد، ۱۳۷۰).

۲-۱-۱-۵- مکانیسم مقاومت به تنش خشکی

تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی است که علاوه بر کاهش رشد رویشی و تغییر در ساختارهای بیرونی گیاه از طریق ایجاد تنش ثانویه نظیر تنش اکسیداتیو سبب تغییر در مسیرهای سنتز ترکیبات و متابولیت‌های ثانویه می‌شود (فویر و همکاران، ۱۹۹۴). گیاهان گروهی از سازش‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را در پاسخ به تنش آب نشان می‌دهند که از آن جمله می‌توان به تغییرات برخی آنزیم‌ها مانند پراکسیدازها اشاره نمود (جوز و هکاران، ۱۹۹۹). گیاهان در چنین شرایطی با عکس العمل‌های مختلف مانند کاهش اندازه و منافذ سلولی، کاهش سطح برگ، افزایش مقدار کیتین، کرک‌ها و لایه‌های پارانشیمی، تغییر مرحله رویشی به زایشی و ریزش زود هنگام برگ‌ها به این کمبود واکنش نشان می دهد. این فرایندها ناشی از سه مکانیسم اجتناب، تحمل و فرار است که گیاهان معمولا در شرایط تنش به آن متوسل می شوند (راهنما و همکاران، ۱۳۸۷).

مطالعات نشان داده که تنش خشکی می تواند روی رشد اندام‌های مختلف گیاه تأثیر بگذارد، که می تواند منجر به تغییر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه شود (لیو و استوتوزل، ۲۰۰۴). گیاهان متحمل به خشکی در کل گیاه، بافت، سطوح مولکولی و فیزیولوژیکی تغییرات ایجاد می‌کنند. ظهور یک یا ترکیبی از تغییرات اصلی توانایی گیاهان را به تحمل کاربرد محدود آب تعیین می‌کند.

۲-۲- بیوچار

۲-۲-۱- مواد مورد استفاده در بیوچار

مواد مختلف زیادی برای ساخت بیوچار پیشنهاد می‌شوند ازجمله: چوب، سبوس جو، پوست فندق، بقایای گیاهی و کشاورزی که همگی ظرفیت کربن بسیار بالایی دارند (ون زوئیتن و همکاران، ۲۰۰۷). بیوچار نوعی زغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آنها در حضور مقادیر کم اکسیژن و یا عدم حضور آن انجام می‌شود. ترکیبات زائد آلی مانند بقایای زراعی و جنگلی و فضولات دامی به منظور تهیه بیوچار استفاده می‌شود (نواک و همکاران، ۲۰۰۹ و آنتال و گرونلی، ۲۰۰۳).

۲-۲-۲- روش تهیه بیوچار

بیوچار محصول تجزیه‌ی حرارتی زیست توده در یک فضای بسته‌ی فاقد اکسیژن یا دارای اکسیژن محدود و تحت حرارت زیاد می‌باشد. بیوچار زغال تهیه شده بر اثر حرارت بیشتر از ۲۵۰ درجه سانتی گراد در عدم حضور اکسیژن می‌باشد و به عنوان پتانسیل بالقوه‌ای از ذغال چوب شناخته می‌شود و می‌تواند به طرز شایسته‌ای باعث بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها شود (لهمن وهمکاران، ۲۰۰۶). بیوچار محصولی از تجزیه‌ی گرمایی و شیمیایی مواد آلی در غیاب اکسیژن است (لهمن و جوزف، ۲۰۰۹). طی این فرآیند نوعی سوخت زیستی به صورت مایع یا گاز هم تولید می‌شود که برای مصارف مختلف قابل استفاده است. بیوچارها حاصل فرآیند گرماکافت ترکیبات آلی می‌باشند. گرماکافت ترکیبات زائد آلی در شرایط بدون اکسیژن و یا اکسیژن محدود و دمای بالا سبب تشکیل مقداری ترکیبات کربنی فرار و همچنین مقداری

ترکیبات کربن باقیمانده و خاکستر دارای مقدار قابل ملاحظه کلسیم و پتاسیم می‌شود (نواک و همکاران، ۲۰۰۹ و آنتال و گرونلی، ۲۰۰۳).

۲-۲-۳- تأثیر بیوچار بر خصوصیات رشدی گیاهان

در بررسی که تأثیر نیتروژن و بیوچار را بر صفات کمی و کیفی ذرت در شرایط کم‌آبیاری نشان داد، مصرف بیوچار بر طول بلال، وزن خشک گل‌آذین، وزن خشک برگ، تعداد برگ، وزن خشک ساقه، قطر ساقه، ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ در ذرت معنی‌دار شد (خدیجه خالصی، ۱۳۹۳). همچنین تأثیر بیوچار بر نسبت ساقه به ریشه در گیاه نعنا فلفلی معنی‌دار شد (آیدا رضائیان، ۱۳۹۳). زهرا احمدی (۱۳۹۳) در پژوهشی که در مورد تأثیر سطوح مختلف بیوچار و همزیستی قارچ‌های مایکوریز آرباسکولار با گیاه ذرت در کاهش آبشویی نیترات انجام داد، تأثیر بیوچار سبوس برنج را بر میزان وزن خشک اندام‌های هوایی گزارش داد. نتیجه پژوهش مهری یعقوبی (۱۳۹۳) نیز تأثیر بیوچار بر سطح برگ و وزن خشک ساقه، نشان داد کاربرد بیوچار توانسته تأثیر معنی‌داری را بر میزان این صفات داشته باشد. حسین کیخسروی (۱۳۹۴) اعلام کرد که مصرف بیوچار غنی شده با فسفر بر میزان وزن صد دانه، تعداد دانه و عملکرد دانه تأثیر مثبتی داشت.

۲-۲-۴- تأثیر بیوچار بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاهان

آیدا رضائیان (۱۳۹۳) در پژوهش خود که تأثیر بیوچار و مایکوریزا آرباسکولار بر جذب، انتقال و انباشت کادمیم در گیاه نعنا فلفلی را مورد بررسی قرار داد، گزارش کرد که افزودن بیوچار به خاک میزان فسفر گیاه را تحت تأثیر قرار داد. همچنین این نتیجه با بررسی که زهرا احمدی (۱۳۹۳) در مورد تأثیر

سطوح مختلف بیوچار و همزیستی قارچ‌های مایکوریز آرباسکولار با گیاه ذرت در کاهش آبشویی نیترات انجام داد، مطابقت دارد. در پژوهش حسین کیخسروی (۱۳۹۴) میزان فسفر ریشه و بذر تحت تأثیر بیوچار غنی شده با فسفر، قرار گرفت. در بررسی تأثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی افزودن بیوچار به میزان ۴۰ تن در هکتار توانست بر میزان کلرفیل a و کل، تأثیر افزاینده نسبت به شاهد ایجاد کند (مهری یعقوبی، ۱۳۹۳).

۲-۲-۵- نقش بیوچار در حاصلخیزی خاک

سطح ذرات خاک، پارامتر فیزیکی مهمی است که نگهداری آب در خاک، ظرفیت نگهداری عناصرغذایی، تهویه و فعالیت میکروبی خاک را کنترل می‌کند (وان زوویتن و همکاران، ۲۰۰۹؛ برانتلی و همکاران، ۲۰۱۵). تاثیر فوق‌العاده بیوچار بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدرروی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک را نشان دادند و بیان کردند که بیوچار دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی خاک دارند (موخرجه و زیمرمن، ۲۰۱۳). تخلخل و توزیع اندازه منافذ خاک، فضایی را برای حفظ مواد مغذی ایجاد می‌کند. سطح ویژه بالای بیوچار، فضای لازم برای تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و پیوند آنها با عناصر و فلزات خاک را فراهم کرده و ظرفیت حفظ مواد غذایی خاک را بهبود می‌بخشد (لی و همکاران، ۲۰۱۴). نولز و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که افزودن بیوچار باعث کاهش آبشویی نیترات و افزایش نیتروژن در محدودهی ریشه می‌شود.. اغلب مطالعات بیوچار بر روی خاک‌های اسیدی و در مناطق گرمسیر صورت گرفته است، که در اکثر آنها افزایش جذب عناصرغذایی و اثرات باقیمانده طولانی مدت بیوچار برای فصل‌های بعدی مشاهده شده است (لهمن و جوزف، ۲۰۰۹).

۲-۲-۶- نقش بیوچار در بهره‌وری خاک

بیوچار می‌تواند ساختمان و تهویه خاک را در خاک‌های ریز بافت بهبود دهد (کولب، ۲۰۰۷). لارید وهمکاران (۲۰۱۰) دریافتند که با افزودن بیوچار به میزان۲۰ گرم در کیلوگرم در یک خاک رسی، سطح ویژهی خاک از ۱۳۰ به ۱۵۰ مترمربع در یک گرم خاک افزایش یافته است (لارید و همکاران، ۲۰۱۰). بیوچار ناشی از نی خیزران نیز می‌تواند سبب کاهش آبشویی آمونیم به مقدار ۱۵ درصد طی ۷۰ روز شود (دینگ و همکاران، ۲۰۱۰). داوین و همکاران (۲۰۰۷)، بهبود بهره‌وری زراعی خاک اصلاح شده با بیوچار را به دلیل سطح ویژه بالای مخلوط خاک- بیوچار دانستند. منافذ بسیار ریز ($< 50\ nm$) با داشتن قابلیت جذب موادی شامل بیوچار گازها و مواد مغذی درون خاک و همچنین افزایش سطح ویژه کل، زیستگاه مناسبی را برای انواع گستردهای از ریز جانداران فراهم می‌کنند. بیوچار مقاومت بالایی در برابر تجزیه داشته و توانایی بسیار بالایی در جذب یون‌ها در مقایسه با سایر اشکال مواد آلی خاک دارا می‌باشد (لیانج و همکاران، ۲۰۰۶؛ لهمن، ۲۰۰۷). سطح ویژه بیوچار که عموماً از شن و رس بالاتر است منجربه افزایش سطح ویژه کل خاک در نتیجه‌ی افزودن آن به خاک می‌شود (موخرجی و همکاران، ۲۰۱۳). بیوچار به عنوان پتانسیل بالقوه‌ای از ذغال چوب شناخته می‌شود و می‌تواند به طرز شایسته‌ای باعث بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها شود (لهمن وهمکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر این گزارش شده که حضور آن در خاک باعث بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مانند pH، ظرفیت تبادل کاتیونی می‌شود (اوگانتند و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین ترکیب کردن بیوچار با خاک می‌تواند خواص فیزیکی خاک مانند ساختمان، جرم مخصوص، تهویه و ظرفیت نگه‌داری آب را اصلاح کند (دوین و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، بیوچار تولید شده از آنها نیز می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد (تانگ و همکاران، ۲۰۱۳). این ویژگی های متفاوت ممکن است تاثیرات متفاوتی را بر نیتروژن،

فسفر، شکل‌های مختلف پتاسیم خاک (شامل پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی) و (ریزمغذی ها آهن، منگنز، مس و روی) داشته باشد. شیرابه خروجی از خاک لومی تیمار شده با بیوچار ضایعات گردو دارای مقادیر بالاتر پتاسیم و سدیم و مقدار کمتر فسفر، کلسیم، منیزیم و روی نسبت به خاک شاهد می‌باشد (نواک و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۲-۷- نقش بیوچار در ترسیب کربن

این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسیدکربن و متان که از ضایعات آزاد می‌شود، دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند (لهمن و همکاران،۲۰۰۶). از آنجا که در دهه جاری تمرکز زیادی بر روی استفاده از بیوچار در سیستم‌های زراعی با هدف اولیه تثبیت کربن آلی در خاک و در نتیجه کاهش گازهای گلخانه‌ای شده است، اثر آن بر سایر کارکردها و فرآیندهای خاک نیز مورد توجه است. بیوچار به عنوان ماده‌ای که توانایی بهبود پدیده گرمایش زمین را دارد، توجهات زیادی را به خود جلب نموده است، زیرا این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسیدکربن و متان که از ضایعات آزاد می‌شود، دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی مدت در خاک ذخیره کند (لهمن و جوزف، ۲۰۰۶). امروزه افزودن بیوچار به خاک ها به عنوان روشی جهت ترسیب کربن درون خاک و کاهش غلظت دی‌اکسید کربن هوا توجه زیادی را به خود جلب کرده است (لهمن و جوزف، ۲۰۰۹؛ لارید، ۲۰۰۸). بیوچار غنی از کربن است و این یکی از دلایلی است که توجه زیادی به آن می‌شود (لهمن، ۲۰۰۷).

۲-۳- اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید از ترکیبات فنولی (راسکین، ۱۹۹۲) و یک آنتی اکسیدانت محلول در آب است که صدمات ناشی از تنش خشکی را در گیاه کاهش می‌دهد (نورن و اشرف، ۲۰۰۸). اسید سالیسیلیک از نظر شیمیایی، متعلق به گروه بسیار متنوع فنل‌های گیاهی می‌باشد که دارای یک حلقه آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته به آن می‌باشد (راسکین، ۱۹۹۲). اینک محققان به بررسی توانایی اسید سالیسیلیک برای ایجاد اثرات محافظتی روی گیاهان تحت تنش‌های محیطی توجه نموده‌اند (بوپیندر اس، یوشا کی، ۲۰۰۳؛ پال ام و همکاران، ۲۰۰۲؛ ساخابات دینوور ای آر و همکاران، ۲۰۰۳؛ شکیروا اف ام، بزدوکووا ام وی، ۱۹۹۷). سالیسیلات‌ها مانند اسید سالیسیلیک، متیل سالیسیلیک، سالیجنین (الکل سالیسیلیک اسید) و گلوکوزیدهایشان از گیاهان مختلف ازجمله بید جداسازی شدند. بعدها سالیسیلیک اسید و مشتقات آن به شیوه شیمیایی سنتز شد که منجر به جهانی شدنش گردید (کافی و همکاران، ۱۳۸۷). نخستین تولید تجاری اسید سالیسیلیک در سال ۱۸۷۴ در آلمان آغاز گردید (راسکین، ۱۹۹۲). مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد اسید سالیسیلیک اگزوژن (بیرونی)، باعث افزایش میزان محصول در ماش (جایوال و بامبی، ۱۹۸۹) و افزایش مقاومت به عوامل بیماری‌زا در گیاهانی مانند توتون و تنباکو (سالیسبوری و رز، ۱۹۹۲) می‌شود. در گزارشی نشان داده شد که اسید سالیسیلیک در شرایط نامساعد محیطی (شوری) در آرابیدوپسیس منجر به افزایش لیپیدها شده که به عنوان یک مکانیزم دفاعی در شرایط تنش است (بورسانی و همکاران، ۲۰۰۱).

همچنین نشان داده شد که تزریق اسید سالیسیلیک در محیط آبکشت بابونه آلمانی منجر به تغییراتی در ترکیب‌های کومارینی برگ‌های این گیاه می‌شود (پاستیروا و همکاران، ۲۰۰۴). البته باید متذکر شد که این آثار به وسیله سایر ترکیب‌های فنلی نیز ایجاد می‌گردد. به علاوه، برخی از اثرات اسید سالیسیلیک به

دلیل ساختار شیمیایی آن می‌باشد که برای مثال ایجاد کلات با آهن را می‌توان نام برد. در پژوهشی تیمار اسید سالیسیلیک در برگ‌های جو منجر به افزایش آنتی اکسیدانت‌ها شده است (آنانیوا و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۳-۱- اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی گیاهان

تحقیقات نشان داده که بسته به غلظت به کار رفته، نوع گونه گیاهی، دورهی رشدی و شرایط محیطی، اسید سالیسیلیک اثرات متفاوتی روی فرآیندهای رشدی گیاهان دارد (اراسلن و همکاران، ۲۰۰۷). اسپری سالیسیلیک اسید روی بخش‌های هوایی گیاهان ریحان و مرزنگوش باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخ و برگ، وزن تر و خشک، پلی آمین‌ها و کربوهیدرات‌ها و همچنین درصد و کیفیت اسانس شد (غریب، ۲۰۰۷). این ترکیب امروزه به عنوان ماده‌ای شبه هورمونی محسوب می گردد که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (کانگ، ۲۰۰۳). اثرات مفید اسیدسالیسیلیک روی عملکرد دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسیمیلات فتوسنتز به دانه ها در طول پر شدن دانه‌ها باشد که در نتیجه، باعث افزایش وزن دانه‌ها می‌شود (گانس و همکاران، ۲۰۰۵).

به هر حال، گزارشات حاکی از آن است که مصرف خارجی سالیسلیک اسید سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی و کاهش اثر مضر تنش‌های اکسیداتیو در مراحل مختلف رشد گیاه می‌شود (مجنون حسینی و دوازده امامی، ۱۳۸۶؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۹۰ و ال تیب، ۲۰۰۵). در تحقیقی دیگر در گیاه سیر مشخص شد که تحت تنش خشکی غلظت ۰/۵ میلی مولار سالیسلیک اسید سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد سیر گردید (بیدشکی و آروین، ۲۰۱۰). مرادی مرجانه و گلدانی (۱۳۹۱) با ارزیابی سطوح مختلف سالیسلیک اسید در گیاه همیشه بهار تحت شرایط آبیاری محدود دریافتند که سالیسلیک اسید اثر معنی-داری بر صفات مورفولوژیکی و زراعی این گیاه داشته و توانسته اثرات مخرب تنش خشکی را به میزان قابل

توجهی کاهش دهد. مشخص شده است که استعمال خارجی اسید سالیسیلیک غده‌زایی گیاهان سیب زمینی را در هر دو حالت کشت درون شیشه ای و محیط زنده تحریک می کند. توانایی اسید سالیسیلیک در جهت غده‌زایی در سیب زمینی، بیشتر زمانی صورت می‌گیرد که اسید جازمونیک وجود ندارد (مرادی و گلدانی، ۱۳۹۱). میارصادقی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که در گیاهان کلزا، سالسیلیک اسید وزن تر و خشک برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک کل را افزایش داد. آنها همچنین، اعلام کردند سطح برگ‌های لپه‌ای و حقیقی کلزا براثر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک در شرایط نرمال و تنش رطوبتی بطور معنی‌داری افزایش یافت. گزارش شده است کاربرد خارجی سالسیلیک اسید ممکن است در جوانه‌زنی بذور (کات و کلسیگ ۱۹۹۲) اثر داشته باشد. میارصادقی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کمبود آب باعث کاهش معنی‌داری در سطح برگ کلزا گردید ولی تیمار با سالسیسیلیک اسید موجب تخفیف این اثرات و افزایش سطح برگ شده بود. کاربرد اسید سالیسیلیک در گونه‌هایی از گیاهان زراعی اثرات مطلوبی را روی عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد. عملکرد، وزن و تعداد دانه در گیاه ذرت توسط کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک و تنش شوری افزایش یافت (گانس و همکاران، ۲۰۰۵). اثرات مفید اسیدسالیسیلیک روی عملکرد دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسیمیلات فتوسنتز به دانه ها در می‌شود (گانس و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۳-۲- اثر اسید سالیسیلیک بر روی گلدهی در برخی گیاهان

اسید سالیسیلیک در برخی گیاهان گلدهی را تحریک می‌کند، برای مثال در کشت بافت تنباکو، استفاده از اسید سالیسیلیک می‌تواند موجب گلدهی کالوس تنباکو شود SA در ترکیب با کینیتین و IAA[۱]

۱- Indole acetic acid

تشکیل جوانه را تحریک می‌کند، از آنجا که مواد دیگر سنتزی نیز می‌توانند این اثرات را تولید کنند، لذا محققین معتقدند که این اثر اسید سالیسیلیک یک اثر مستقیم نیست و اسید سالیسیلیک با تحریک برخی واکنش‌های دیگر موجب گل‌انگیزی می‌شود. در تحقیقات جدید اثر مثبت SA بر روی گلدهی بنفشه آفریقایی گزارش شده است.

۲-۳-۳- اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان

اسید سالیسیلیک با ایجاد شرایط استفاده بهینه از تشعشعات خورشیدی، باعث افزایش سرعت فتوسنتز خالص در گیاهان گردیده است (بالجانی، ۱۳۸۹). در گزارشی غلظت کلروفیل در کلزای تحت تنش خشکی و پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک توسط میارصادقی (۱۳۸۹) افزایش یافت. باندروسکا و استرویسنکی (۲۰۰۵) گزارش کردند تیمار گیاه جو با اسید سالیسیلیک قبل از تنش، تأثیر مخرب کمبود آب روی غشاء سلولی در برگ‌ها را کاهش داد. گزارش شده است کاربرد خارجی سالسیلیک اسید ممکن است در فرایندهای مختلف در گیاهان مانند فتوسنتز و سرعت رشد (خان و همکاران ۲۰۰۳) اثر داشته باشد. مطالعات بر روی کاربردهای متفاوت سالسیلیک اسید اثر مثبت آن را بر روی فتوسنتز و رشد گیاهان تحت تنش خشکی نشان می‌دهد (راجاسکاران و همکاران، ۲۰۰۲). اثرات سالیسیلیک اسید و نقش‌های اساسی آن درتنظیم فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه عبارتند از: رشدونمو، جذب یون‌ها توسط ریشه، افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و میزان کلروفیل، جلوگیری از بیوسنتز اتیلن، اختلال در دپلاریزاسیون غشاء، مهار پاسخ‌های زخم، نسخه برداری، جوانه‌زنی دانه، تولید میوه، گلیکولیز، گلدهی و تولید گرما (زائو و همکاران، ۱۹۹۵؛ هانگ و همکاران، ۱۹۹۳).

نتایج نشان داد که آبسزیک اسید و پرولین ممکن است، به توسعه واکنش‌های ضد تنشی القاء شده بوسیله سالسیلیک اسید کمک کنند. گزارش مشابهی در رابطه با افزایش میزان پرولین، غلظت کلروفیل و

پایداری غشاء سلولی در کلزای تحت تنش خشکی و پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک توسط میارصادقی (۱۳۸۹) نیز انجام شده بود. در گیاهانی که با این هورمون (اسید سالیسیلیک)، تیمار شده اند، باعث افزایش محتوی رطوبت نسبی آب، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو و افزایش میزان کلروفیل شده است (سینگ و آشا، ۲۰۰۳). بررسی‌ها مؤید آن است که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید علاوه بر تأثیر بر رشد گیاه، میزان تعرق، تنظیم روزنه‌ای، فتوسنتز و جذب و انتقال یون‌ها را نیز بهبود می‌بخشد. اعتقاد بر این است که SA به عنوان یک تنظیم کنندهٔ بالقوه برای بهبود رشد در شرایط کمبود آب مورد استفاده قرار گیرد (حیات و احمد، ۲۰۰۷).

۲-۳-۴- محلول پاشی اسید سالیسیلیک

این ماده در گیاهان در مقادیر کم وجود دارد و به طور ذاتی در گیاهان نقش آنتی اکسیدان‌ها را عمل کرده و باعث حذف رادیکال‌های آزاد شده در گیاهان می‌شود (خالد و همکاران، ۲۰۰۷). سالیسلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی از قبیل تنش خشکی قرار دارند، می‌تواند نقش حفاظتی و دفاعی داشته و مقاومت گیاه را در برابر آنها افزایش دهد (الیزابت ابرئو و همکاران، ۲۰۰۸). اسید سالیسیلیک (ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید) اسید آلی است که به واسطه بیوسنتز آمینو اسید فنیل آلاتین به وجود می‌آید . سالیسیلات سدیم به لحاظ تجاری از ترکیبات متعددی نظیر فنولات سدیم (نمک سدیم فنل) با دی‌اکسید کربن در فشار بالا (amt۱۰۰) و دمای بالا (k ۳۹۰) به دست می‌آید. این روش در واقع به واکنش kolble – Schmitt شهرت دارد . اسیدی کردن تولید با اسید سولفوریک خود به تولید اسید سالیسیلیک منتهی می‌شود. اسید سالیسیلک در گوجه فرنگی و لوبیا سبب افزایش مقاومت به درجه حرار ت‌های پایین و بالا شده است (سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۰). اسید سالیسیلک از ترکیبات فنلی است که در

تعداد زیادی در گیاهان وجود دارد. اسید سالیسیلیک نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (راسکین، ۱۹۹۲). سالیسییک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری و کمبود آب در گیاهچه-های گندم شد (شکیروا و بزراکوا، ۱۹۹۷و بزروکووا و همکاران، ۲۰۰۱). گزارش‌هایی از اثر اسید سالیسیلک بر افزایش عملکرد در برخی از گیاهان مانند سویا (کومار، ۱۹۹۹) لوبیا چشم بلبلی (ساین، ۱۹۸۰) و نخود فرنگی (کومار، ۱۹۹۷).

گیاهان به تنش‌های محیطی و زنده با سنتز مولکول‌های علامت ده (سیگنالی) پاسخ می‌دهند. این مولکول‌های سیگنالی راه‌های انتقال سیگنال (پیام) را فعال می‌کنند. چندین مولکول سیگنالی یا علامت ده در گیاهان شناسایی شده اند؛ ازجمله کلسیم، ژاسمونیک اسید، اتیلن، سالیسیلیک اسید و پراکسید هیدروژن .اینک نقش سالیسیلیک اسید به عنوان یک سیگنال دفاعی در گیاهان ثابت شده است (کلسیگ و مالامی، ۱۹۹۴؛ گانسان توماس، ۲۰۰۱). در طی ۲۰ سال گذشته، محققان توجه خاصی به توانایی سالیسیلیک اسید در القای مقاومت در گیاهان در برابر انواع سیستمیک اکتسابی (SAR) تنش‌های زنده نظیر پاتوژن‌ها و تولید پروتئین‌های مرتبط با این پاتوژن ها مبذول داشته‌اند.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرا آزمایش

این مطالعه در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در منطقه بسطام اجرا شد. این شهر با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۵ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۹/۶- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک به شمار می‌رود.

۳-۲- خصوصیات خاک محل آزمایش

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایش قبل از کاشت از پنج نقطه در عمق ۳۰-۰ نمونه برداری به عمل آمد. نمونه‌ها با هم ترکیب و یک نمونه مرکب تهیه شد. نمونه مرکب به‌دست آمده به آزمایشگاه منتقل و نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول نشان داده شده است.

بافت خاک	هدایت الکتریکی	شن	رس	لای	مواد آلی	اسیدیته	پتاسیم	نیتروژن	فسفر
Texture	EC (dS.m-1)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	OM (%)	(pH)	K (ppm)	N (%)	P (ppm)
لومی رسی	۱/۸۲	۳۲	۲۲	۴۰	۰/۳۱	۷/۶۵	۲۰۵	۰/۱۱	۱۹

جدول۳-۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه دانشکده کشاورزی واقع در شهر بسطام، روی گیاه گلرنگ به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل دور آبیاری در سه سطح: آبیاری کامل به عنوان شاهد (هر ۷ روز یک‌بار تا پایان دوره رشد) و دو سطح کم‌آبیاری (۱۰ و ۱۴ روزه) به عنوان فاکتور اصلی (A) و اسید سالیسیلیک (C) در دو سطح (عدم مصرف و مصرف میزان ۰/۵ میلی مولار) و بیوچار (B) در سه سطح: بدون بیوچار به عنوان شاهد و دو نوع بیوچار (گردو و بید) هر کدام به میزان ۱۰ تن در هکتار به عنوان فاکتورهای فرعی می‌باشد. بدین ترتیب در این آزمایش دور آبیاری در کرت اصلی و سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و بیوچار در کرت‌های فرعی قرار گرفت (شکل ۱). اسید سالیسیلیک را به صورت محلول‌پاشی و در مرحله نهایی رشد ساقه و ابتدای گلدهی، به کرت‌های مربوطه اضافه شد. تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۵۴ کرت بود.

۳-۴- نقشه طرح:

Rep1	a3						a1						a2					
	b1	b2	b3	b2	b3	b1	b1	b3	b2	b3	b2	b1	b1	b2	b1	b3	b3	b2
	c2	c1	c2	c2	c1	c1	c2	c1	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c1	c2
Rep2	a1						a2						a3					
	b3	b1	b3	b1	b2	b2	b3	b1	b1	b3	b2	b2	b3	b1	b2	b3	b1	b2
	c2	c2	c1	c1	c2	c1	c1	c1	c2	c2	c1	c2	c1	c1	c1	c2	c2	c2
Rep3	a2						a3						a1					
	b2	b2	b3	b1	b3	b1	b3	b2	b1	b2	b1	b3	b2	b3	b1	b2	b3	b1
	c2	c1	c2	c1	c1	c2	c2	c1	c1	c2	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1

شکل ۳-۱- نقشه طرح اجرا شده در زمین زراعی

۳-۵- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

فاقد بیوچار بدون محلول پاشی دور آبیاری ۷ روز	$a_1b_1c_1$
فاقد بیوچار با محلول پاشی دور آبیاری ۷ روز	$a_1b_1c_2$
بیوچار بید بدون محلول پاشی دور آبیاری ۷ روز	$a_1b_2c_1$
بیوچار بید با محلول پاشی دور آبیاری ۷ روز	$a_1b_2c_2$
بیوچار گردو بدون محلول پاشی دور آبیاری ۷ روز	$a_1b_3c_1$
بیوچار گردو با محلول پاشی دور آبیاری ۷ روز	$a_1b_3c_2$
فاقد بیوچار بدون محلول پاشی دور آبیاری ۱۰ روز	$a_2b_1c_1$
فاقد بیوچار با محلول پاشی دور آبیاری ۱۰ روز	$a_2b_1c_2$
بیوچار بید بدون محلول پاشی دور آبیاری ۱۰ روز	$a_2b_2c_1$
بیوچار بید با محلول پاشی دور آبیاری ۱۰ روز	$a_2b_2c_2$
بیوچار گردو بدون محلول پاشی دور آبیاری ۱۰ روز	$a_2b_3c_1$
بیوچار گردو با محلول پاشی دور آبیاری ۱۰ روز	$a_2b_3c_2$
فاقد بیوچار بدون محلول پاشی دور آبیاری ۱۴ روز	$a_3b_1c_1$
فاقد بیوچار با محلول پاشی دور آبیاری ۱۴ روز	$a_3b_1c_2$
بیوچار بید بدون محلول پاشی دور آبیاری ۱۴ روز	$a_3b_2c_1$
بیوچار بید با محلول پاشی دور آبیاری ۱۴ روز	$a_3b_2c_2$
بیوچار گردو بدون محلول پاشی دور آبیاری ۱۴ روز	$a_3b_3c_1$
بیوچار گردو با محلول پاشی دور آبیاری ۱۴ روز	$a_3b_3c_2$

۳-۶- بذر مورد استفاده:

رقم بذر مورد استفاده گلدشت بود که از خصوصیات مهم این رقم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تحمل بالا برای شوری و خشکی

زودرس بودن و برداشت ۲۰ تا ۲۵ روز زودتر محصول نسبت به سایر رقم‌ها.

مصرف ۲ هزار مترمکعب آب کمتر در هر هکتار نسبت به ارقام مرسوم.

بالا بودن رنگ قرمز و بازار پسندی گلبرگ این رقم.

بی خار بودن و در نتیجه برداشت راحت تر محصول و قوزه بزرگتر از جمله خصوصیات رقم جدید گلرنگ است.

۳-۷- عملیات اجرایی

۳-۷-۱- عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت

زمان مناسب کاشت گلرنگ با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه شاهرود تعیین شده و با مساعد شدن شرایط جوی در اوایل اردیبهشت ماه، عملیات آماده سازی مزرعه آزمایشی انجام شد. مزرعه توسط گاوآهن برگرداندار شخم و سپس برای نرم کردن خاک و کلوخه‌ها دیسک زده و اقدامات لازمه شامل کرت‌بندی، بلوک‌بندی و همچنین ایجاد نهرهای آبیاری و زه‌کشی انجام شد همچنین به وسیله فاروئر، پشته‌هایی به اندازه ۷۵ سانتی متری ایجاد شد. عمق کاشت بذر با توجه به عواملی نظیر بافت خاک، شرایط جوی و غیره ، ۴ سانتی متر بود. زمین به ۵۴ کرت ۳ در ۷ متر تقسیم شده و بیوچارهایی که قبلا آماده و وزن شده بودند، در تاریخ ۱۳۹۴/۲/۱۵ به صورت خطی به خاک افزوده گردید.

۳-۷-۲- کاشت

عملیات کاشت براساس مقدار بذر مصرفی ۳ کیلوگرم در هکتار، طول هر کرت ۷ متر و شامل ۴ خط کشت با فواصل ۳۰ سانتی متر بین ردیف‌ها و فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف به صورت دستی و در محل داغ آب در تاریخ ۱۳۹۴/۲/۱۹ صورت گرفت.

۳-۷-۳- داشت

در طی فصل رشد برای تامین شرایط مناسب برای رشد گیاه در مزرعه، عملیات داشت شامل آبیاری، تنک کردن (در مرحله ۶-۴ برگی) و کنترل علف های هرز انجام شد. آبیاری به صورت جوی و پشته (نشتی) اعمال شد. کود اوره ۱ مرتبه به صورت سرک در تاریخ ۱۳۹۴/۳/۲۰ استفاده شد.

همچنین اعمال کم‌آبیاری بعد از ۱۰ درصد گلدهی، در کرت‌های مشخص شده در دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز در تاریخ ۱۳۹۴/۴/۱۳ انجام شد.

شکل ۳-۲- جوانه‌زنی اولیه بعد از اعمال فاکتور بیوچار به خاک و کشت بذور

۳-۷-۴- اعمال تیمارها

۳-۷-۴-۱- سطوح مختلف دور آبیاری

در این آزمایش سه سطح فاکتور خشکی که با استفاده از دور آبیاری اعمال گردید شامل a_1= شاهد (دور آبیاری ۷ روز) ، a_2 = دور آبیاری ۱۰ روز و a_3= دور آبیاری ۱۴ روز به عنوان عامل اصلی بود.

اعمال تنش خشکی از مرحله ۸ برگی بر گیاهان اعمال و تا انتهای دوره رشد ادامه یافت.

۳-۷-۴-۲- سطوح بیوچار مورد استفاده

بیوچار به صورت خاک مصرف و در دو نوع بیوچار بید و گردو هر کدام به میزان ۱۰ تن در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. بیوچار را قبل از استفاده به قطعه‌های تقریبی ۵ – ۲ سانت تبدیل کرده و قبل از کاشت به خطوط کشت اضافه شد.

به منظور افزایش میزان تاثیرگذاری، بیوچار، زیر بذور قرار داده شد به گونه‌ای که ابتدا بیوچار را در خطوط ریخته و روی آن را خاک نرم اضافه شد و بعد بذور را روی خاک نرم قرار داده شد. بعد از این اقدام هم دوباره خاک نرم شده را روی بذور اضافه شده تا بذر به هنگام سبز شدن با مشکل جوانه‌زنی و رشد مواجه نشود.

در این آزمایش b_1= شاهد (عدم استفاده از بیوچار)، b_2 = بیوچار بید و b_3= بیوچار گردو می‌باشد.

۳-۷-۴-۳- سطوح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک

اعمال محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در ساعات اولیه صبح ۱۳۹۴/۴/۱۲ در ۱ مرحله قبل از اعمال تنش، به میزان ۰/۵ میلی‌مولار بر روی گیاهان، صورت گرفت. در این آزمایش c_1= شاهد (عدم محلول پاشی) و c_2 = محلول پاشی اسید سالیسیلیک می‌باشد.

۳-۷-۵- نمونه برداری جهت صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی

پس از اعمال کلیه تیمارها، نمونه برداری‌ها به صورت تصادفی و تخریبی در طول فصل رشد انجام شد. در کل ۴ نمونه برداری در زمان‌های ۵۲ ، ۶۶ ، ۸۰ و ۹۴ روز پس از کاشت صورت گرفت.

در هر نمونه برداری پس از حذف یک ردیف از گیاهانی که در رقابت شرکت نداشتند (به عنوان حاشیه)، ۲ بوته به عنوان معیار آن کرت برداشت گردید.

اولین نمونه برداری بوته ها حدود ۱۰ روز پس از محلول‌پاشی صورت گرفت. نمونه برداری نهایی، ۱۲۵ روز پس از کاشت انجام شد که در این نمونه برداری پس از حذف حاشیه، تعداد ۱۴ بوته از هر کرت از مساحت یک متر مربع، به عنوان نمونه برداشت گردید.

در زمان نمونه‌برداری از ابتدا و انتهای هر کرت ۰/۵ متر به عنوان حاشیه حذف گردید. نمونه‌ها پس از برداشت در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند و جهت تعیین برخی صفات به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

۳-۷-۶- برداشت

در تاریخ ۲۰ شهریور ۱۳۹۴ (۱۲۵ روز پس از کاشت) تعداد ۱۴ بوته از مساحت یک متر مربع جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد برداشت شد. بدین منظور، قسمت هوایی هر بوته که کاملا زرد شده بودند از نزدیک خاک قطع گردیده و جهت اندازه گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه انتقال یافت.

شکل ۳-۳- برداشت نهایی پس از رسیدگی کامل دانه

۳-۸- صفات زراعی و مرفولوژیک

۳-۸-۱- وزن خشک ساقه، برگ، گلبرگ و قوزه

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به چند بخش ساقه، برگ، گلبرگ، قوزه تفکیک شده و به طور مجزا در پاکت قرار داده شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر آن‌ها بوسیله ترازو، در داخل دستگاه آون، در حرارت

۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شده تا کاملاً خشک شوند. پس از خروج از آون، جهت به دست آوردن وزن خشک و پس از گذشت مدت زمان ۲۰ دقیقه‌ای در محیط آزمایشگاه جهت رسیدن به تعادل دمایی با محیط، با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

۳-۸-۲- قطر و ارتفاع ساقه

قطر و ارتفاع ساقه اصلی در هر ۲ بوته با استفاده از خط‌کش معمولی اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید و مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۸-۳- عملکرد و وزن صد دانه

مهم‌ترین عامل در تولید گیاهان زراعی میزان عملکرد دانه محسوب می‌شود. عملکرد توسط ۱۴ بوته برداست شده از هر کرت تعیین گردید. به این صورت که طبق‌های هر بوته جدا شده و سپس دانه‌های موجود در هر طبق جداسازی شده و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین شد و در نهایت بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

در اندازه‌گیری وزن صد دانه نیز ابتدا تمام بذور موجود در قوزه‌های ۱۴ بوته جدا شد. سپس با هم مخلوط شده و تعداد ۱۰۰ دانه از آن جدا و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین شد.

۳-۹- صفات فیزیولوژیک

۳-۹-۱- اندازه‌گیری میزان رطوبت نسبی برگ

به این منظور از هر کرت چند بوته که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند و همچنین از برگ‌های یک سوم بالایی بوته و برگ‌های هم‌سن استفاده شد. برگ‌های مربوط به هر کرت در پوشش پلاستیکی مجزا در داخل یخدان به آزمایشگاه انتقال داده شد. بعد از اینکه با ترازو با دقت یک هزارم وزن شدند(وزن تر) به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از این مدت برگ‌ها را از آب مقطر خارج کرده و بعد از آنکه آب روی آنها با کاغذ صافی گرفته شد مجددا توزین شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفته و سپس دوباره وزن شدند (وزن خشک). سپس میزا ن رطوبت نسبی برگ از طریق فرمول زیر محاسبه شود.

$$RWC= [(FW-DW)/(SW-DW)\times 100]$$

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

۳-۹-۲- اندازه‌گیری پایداری غشاء پلاسمایی

در ۸۴ روز پس از کاشت به طور تصادفی چند گیاه از هر کرت انتخاب شد و از قسمت یک سوم بالایی بوته کانوپی برگ‌های هم‌سن برداشت گردیدند و به طور مجزا درون پاکت‌های پلاستیکی قرار داده شد و به وسیله یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. از نمونه‌ها دیسک برگی تهیه شد و مقدار ۰/۱ گرم از آن

درون فالکون تیوپ قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی آن‌ها ریخته شد. فالکون تیوپ‌ها به مدت ۱۵ دقیقه درون اتوکلاو در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شدند. به طور مشابه یکسری دیگر نمونه در فالکون تیوپ قرار گرفتند و به مدت نیم ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها از آون و اتوکلاو خارج شدند و در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند تا دمای آن به ۲۵ درجه‌سانتی گراد برسد. بعد با استفاده از دستگاه EC متر، هدایت الکتریکی مربوط به هر فالکون تیوپ اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از فرمول ۲-۳ شاخص پایداری غشاء محاسبه گردید (سایروم و همکاران، ۱۹۹۷).

شاخص پایداری غشاء پلاسمایی = $(1- C_1 / C_2)*100$

در این فرمول c_1 و c_2 به ترتیب مقدار Ec در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

۳-۹-۳- اندازه‌گیری میزان کلروفیل گیاهی

اندازه‌گیری میزان کلروفیل با روش آزمایشگاهی اسپکتروفتومتری انجام شد.

در این روش از مرحله رشد نهایی گیاه استفاده می‌کنیم محاسبه غلظت کلروفیل وکاروتنوئید برگ با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۷) انجام شد. در این شیوه ابتدا به میزان ۰/۲ گرم از قسمت سبز و جوان گیاه که عمدتا از یک سوم بالایی بود را جدا کرده و بعد از قرار دادن در هاون، محلول استن ۸۰ درصد را به اندازه ی ۱۰ سی‌سی برای هر نمونه ریخته و کاملا سائیده شد. بدین ترتیب بافت سبز گیاه کاملا خارج شد و عصاره سبزینه گیاه باقی ماند. بعد از این اقدام، مواد را داخل فالکون ریخته و آن را در سانتریفیوژ در دمای ۴ درجه با دور آخر به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. بعد از خارج کردن مواد از سانتریفیوژ آن را با

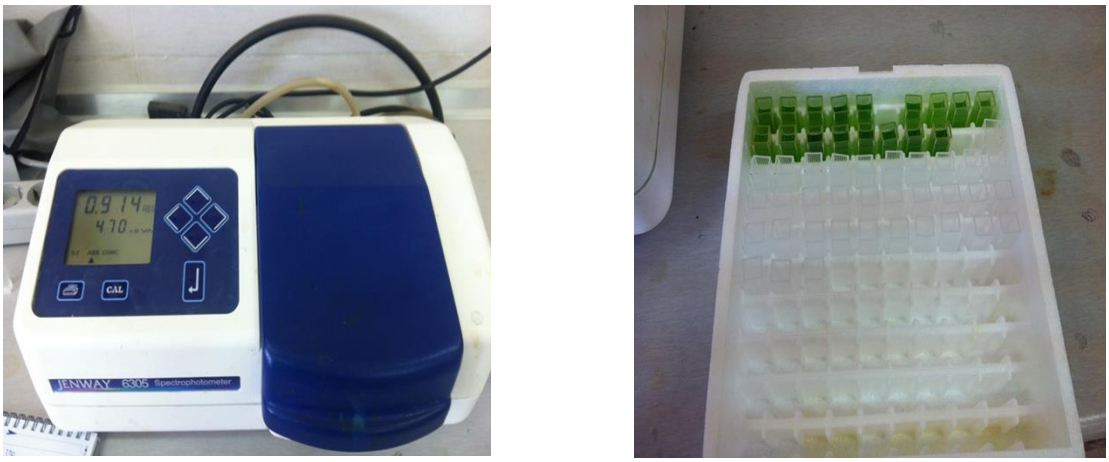
دستگاه اسپکتروفوتومتر در ۳ طول موج مختلف اندازه گرفته شد. با استفاده از اعداد بدست آمده هر نمونه و فرمول‌های ارائه شده مقدار کلروفیل بر حسب میکرو گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

$$C_a = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{647})V/100W$$

$$C_b = (19.3 \times A_{647} - 3.6 \times A_{663})V/100W$$

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

C_a مقدار کلروفیل a، C_b کلروفیل b، C_{x+c} مقدار کل کاروتنوئید، V حجم محلول فوقانی سانتریفیوژ، W وزن تر نمونه بر حسب گرم در تک بوته و A جذب نور در طول موج های مربوطه می باشد.



شکل۳-۵- اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ با دستگاه اسپکتروفوتومتر

۳-۱۰- صفات کیفی

۳-۱۰-۱- اندازه گیری میزان پروتئین و نیتروژن دانه

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول مورد نظر، پروتئین دانه محاسبه شد. بدین منظور مقدار نیتروژن موجود در نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه کجلدال نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhand کشور آلمان انجام شد. در این مدل تنها آخرین مرحله، یعنی تیتراسیون به صورت دستی انجام گرفت.

۳-۱۰-۱-۱- روش اندازه‌گیری

در ابتدا به میزان ۰/۳ گرم از نمونه بذر پودر شده از هر کرت را برداشته و داخل لوله هضم ریخته شد و روی آن به میزان ۱/۱ از کاتالیزوری که آماده شده بود و همچنین میزان ۷ سی‌سی از اسید سولفوریک را به هر نمونه اضافه شد. بعد از آن لوله‌ها را در دستگاه هضم در ۳ مقطع زمانی ۱ ساعته قرار داده شد. درجه دستگاه را ابتدا روی ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و سپس دما را به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و در نهایت دما را به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده بعد از بدست آمدن رنگ سبز از ماده‌ی مورد نظر در مرحله بعد نمونه‌ها را برای انجام عمل تقطیر، کاملا سرد شد. بخش تقطیر، دارای دستگاهی با دو جایگاه می‌باشد که در یکی، لوله مربوط به بخش هضم و در دیگری ارلنی حاوی ترکیبی از ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد بود که برای هر نمونه ۲۴ سی سی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با شروع کار دستگاه تقطیر، در درون لوله حاوی نمونه هضم شده با اضافه شدن اسید، رنگ سبز لجنی ظاهر شده که این صحت انجام آزمایش را رساند و بعد از اتمام کار دستگاه (حدود ۴ دقیقه)، رنگ محلول داخل ارلن سبز شد که هر چه

این رنگ تیره‌تر باشد نشان دهنده غلظت نیتروژن بیشتر در نمونه خاک یا گیاه است و برای عمل تیتراسیون، چند قطره معرف متیل رد (حاوی ۶۶ میلی گرم متیل رد و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول گرین در ۱۰۰ سیسی اتانول، بارنگ قرمز) و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی اضافه شد، که اضافه کردن اسید سولفوریک را تا زمانی که رنگ نمونه آلبالویی شود، ادامه داده شد. حجم اسید مصرفی را یادداشت نموده و از فرمول زیر مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئینی در گیاه گرنگ که ۶/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین بدست آمد.

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

دررابطه فوق :

N= غلظت نیتروژن برحسب درصد

۰/۱= نرمالیته اسیدکلریدریک تیتر کننده

VS= مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه برحسب میلی‌لیتر

VB= مقداراسید مصرفی برای تیتراسیون شاهد برحسب میلی‌لیتر

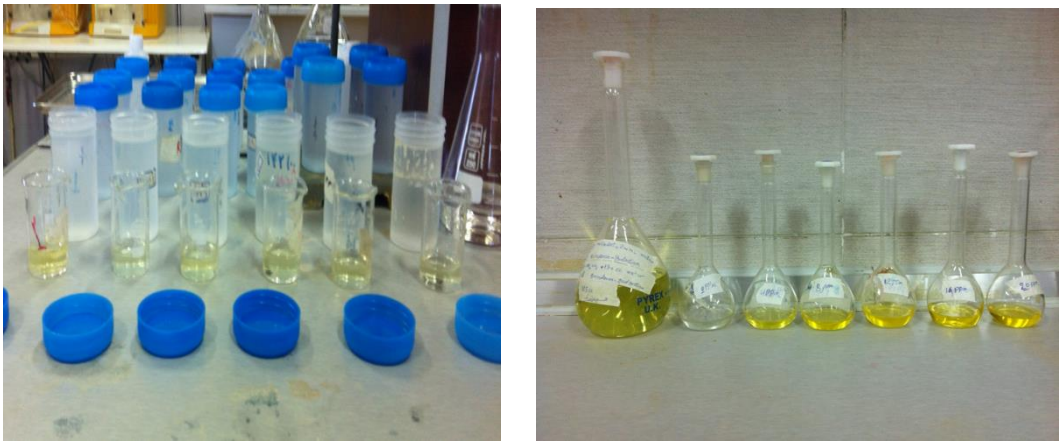
M= وزن نمونه برحسب گرم می‌باشد

۳-۱۰-۲- اندازه‌گیری فسفر دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر دانه، ابتدا یک گرم نمونه پودر شده از بذر دانه را در کوره در دمای ۵۵۰ درجه به مدت ۴ ساعت قرار دادیم تا کاملا بسوزد. سپس خاکستر حاصل در ۵ میلی لیتر

اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد به منظور تهیه محلول فسفر برای ۲۰۰ نمونه، میزان ۱/۲۵ گرم ماده آمونیوم وانادات را با ۲۲/۵ گرم ماده آمونیوم مولیبدات مخلوط کرده سپس ۲۵۰ سی‌سی اسید نیتریک ۶۰٪ را به آن اضافه کرده و با آب مقطر به حجم ۱ لیتر رساندیم. بعد از این مرحله میزان ۵ سی‌سی از محلول آماده شده را با ۵ سی‌سی از ماده و ۱۰ سی‌سی آب مقطر مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه آن را به حالت سکون رها کرده تا واکنش‌های مورد نیاز انجام شود.

پس از آن مخلوط آماده شده را درون سل ریخته و در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و عدد قرائت شده با استفاده از منحنی استاندارد فسفر به میلی‌گرم برکیلوگرم تبدیل و در نهایت مقدار فسفر دانه محاسبه شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱).



شکل۳-۶- اندازه‌گیری میزان درصد فسفر دانه

۳-۱۰-۳- اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم به روش چاپمن و پرات (۱۹۶۱)، نمونه‌های خشک شده، 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 ۴ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر 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 میلی لیتر رسانده شدند. سپس نمونه‌ها با دستگاه فلیم فتومتر (نورسنج شعله) قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد به غلظت تبدیل شدند.

۳-۱۰-۴- اندازه‌گیری میزان پرولین

جهت اندازه‌گیری میزان پرولین ابتدا ۰/۵ گرم از بافت خشک برگ را انتخاب و بعد از پودر کردن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ ٪ به آن اضافه و به لوله آزمایش منتقل گردید و سپس به شدت تکان داده شد. قسمت روئی مخلوط جدا و به لوله دیگری منتقل و سپس دو مرتبه و هر بار ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ ٪ به بخش باقی مانده اضافه شد. محلول بدست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و فاز رویی برداشته شده و عصاره الکلی بدست آمده تا زمان اندازه‌گیری پرولین در یخچال در دمای ۲۰- درجه سانتی-گراد نگهداری شد. برای تعیین غلظت پرولین از روش مسعودی و همکاران (۱۳۹۰) استفاده شد. بدین ترتیب که ۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی تهیه شده را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق نموده و ۵ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین به آن اضافه شد (روش تهیه معرف نین هیدرین به ازای هر نمونه : ۰/۱۲۵ گرم نین هیدرین + ۲ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار + ۳ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال). پس از افزودن معرف

نین هیدرین، ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده شده و مخلوط حاصله پس از به‌هم زدن، به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب جوش و خنک شدن آنها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هر کدام از نمونه‌ها افزوده و به شدت تکان داده شده تا پرولین وارد فاز بنزن گردد. 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 ۵۱۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. میزان پرولین آزاد نمونه‌ها بر اساس میکرومول بر گرم وزن خشک برگ محاسبه گردید.

۳-۱۰-۵- اندازه گیری روغن دانه

روغن موجود در بذر گلرنگ با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور نمونه‌ها از قبل به مدت ۷۲ ساعت در آون در دای ۷۸ درجه سانتی گراد قرار گرفته و سپس پودر شدند. مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده و داخل اکسترکتور دستگاه قرار د اده شد. بالون‌ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد داخل آون خشک شدند، سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم دما شدن با محیط توزین شدند و روی صفحه گرم کننده دستگاه قرار گرفتند، داخل بالون‌ها با مقدار مشخص پترولیوم اتر به عنوان حلال آلی پر شد. اکسترکتور روی دهانه بالون قرار گرفت و سپس مبرد بر روی اکسترکتور قرار داده شد. دستگاه با کلید اصلی روشن و دما برای همه نمونه‌ها روی ۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید فرآیند استخراج ۸ ساعت به طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکسترکتور از طریق شیر مخصوص خارج گردید. بالون‌ها به زیر هود منتقل شدند تا باقی مانده اتر ازبین برود، آن‌ها را به مدت ۱/۵ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. بالون‌ها به دسیکاتور

منتقل و بعد از سرد شدن محیط توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن وجود در نمونه‌ها از فرمول زیر استفاده گردید.

۱۰۰× (وزن ثانویه بالون - وزن اولیه بالون) = درصد روغن موجود در نمونه

۳-۱۱- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، نتایج 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 برنامه EXCEL استفاده گردید.

فصل چهارم

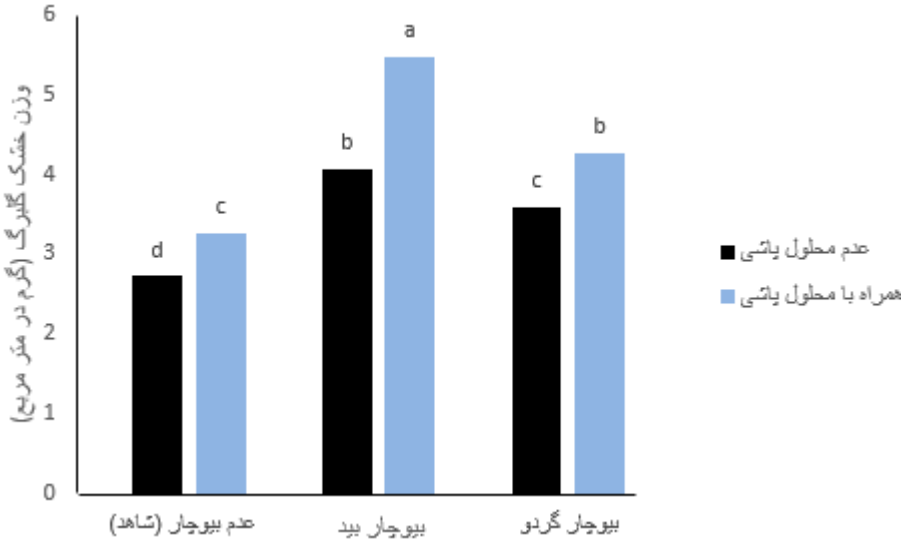
نتایج و بحث

۴-۱- صفات مورفولوژیک

۴-۱-۱- وزن خشک گلبرگ

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت وزن خشک گلبرگ (جدول پیوست ۴-۱)، اثر اصلی بیوچار، اثر اصلی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۱) نشان داد که کاربرد بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانست بیشترین تأثیر را بر میزان وزن خشک گلبرگ گلرنگ داشته باشد. کاربرد انواع بیوچار به همراه محلول‌پاشی باعث افزایش وزن خشک گلبرگ در مقایسه با شاهد شد. به این ترتیب که بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نسبت به عدم محلول پاشی، ۳۴ درصد افزایش کارایی داشت. در تیمار بیوچار گردو با محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۱۹ درصد، وزن خشک گلبرگ نسبت به شرایط عدم محلول پاشی افزایش یافت. در شرایط عدم استفاده از بیوچار نیز افزایش کارایی ۱۹ درصدی در نتیجه محلول‌پاشی نسبت به شرایط عدم محلول-پاشی بوجود آمد. همچنین وزن خشک گلبرگ بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نسبت به محلول پاشی و عدم استفاده از بیوچار، ۶۸ درصد افزایش را نشان داد. عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کاربرد بیوچار بید نسبت به عدم بیوچار (شاهد) و بیوچار گردو، به ترتیب افزایش کارایی ۴۹ و ۱۳ درصدی را ایجاد کرد. در این آزمایش در شرایط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک افزایش وزن خشک گلبرگ در بیوچار بید ۲۸ درصد بیشتر از بیوچار گردو بود. این درحالی است که تیمار بیوچار گردو به همراه محلول‌پاشی با تیمار بیوچار بید و عدم محلول‌پاشی در رتبه آماری b و تیمار بیوچار گردو و عدم محلول‌پاشی با تیمار عدم کاربرد بیوچار به همراه محلول‌پاشی نیز در گروه آماری c قرار گرفتند. به نظر می‌رسد این نتایج می‌تواند به دلیل تأثیر غیر مستقیم بیوچار و اسید سالیسیلیک بر میزان وزن دانه و گلبرگ باشد.

احتمالا بهبود شرایط آبی گیاه در اثر استفاده از بیوچار می‌تواند دلیل افزایش وزن گلبرگ باشد، همچنین محلول پاشی اسید سالیسیلیک هم با ایجاد ممانعت از تبخیر برگی آب کمک شایانی به بهبود روند رشدی گیاه داشته است. سالیسلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی از قبیل تنش خشکی قرار دارند، می‌تواند نقش حفاظتی و دفاعی داشته و مقاومت گیاه را در برابر آنها افزایش دهد (الیزابت ابرئو و همکاران، ۲۰۰۸). مرادی مرجانه و گلدانی (۱۳۹۱) با ارزیابی سطوح مختلف سالیسلیک اسید در گیاه همیشه بهار تحت شرایط آبیاری محدود دریافتند که سالیسلیک اسید اثر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی و زراعی این گیاه داشته است.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک گلبرگ (در متر مربع)، تحت تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک

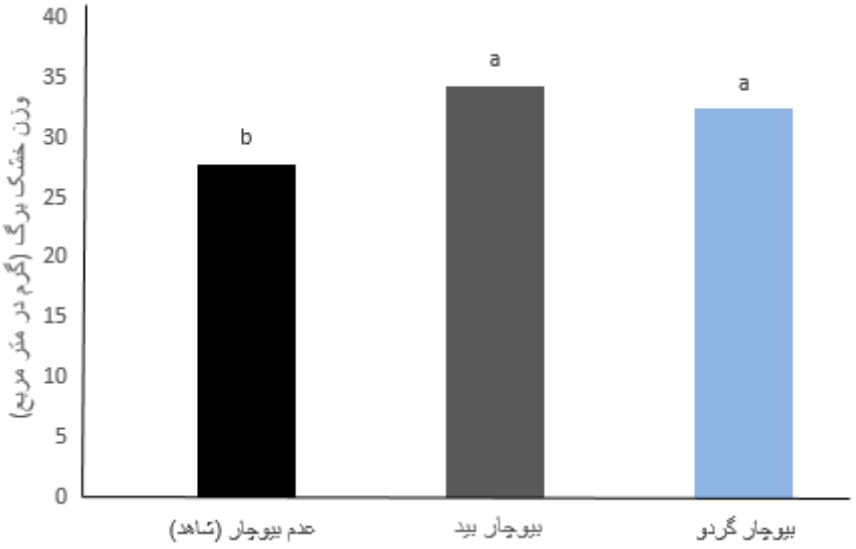
۴-۱-۲- وزن خشک قوزه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت وزن خشک قوزه نشان داد (جدول ۴-۱) که اثر اصلی بیوچار در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی دور آبیاری ، اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار و همچنین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد بر میزان وزن خشک قوزه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک (جدول ۴-۷) نشان داد بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دور آبیاری ۱۰ روز، از نظر آماری با عدم بیوچار چه در حالت محلول‌پاشی و چه عدم محلول‌پاشی، در یک سطح قرار گرفته و با هم دارای اختلاف معنی‌داری نیستند. در این گروه آماری بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی در دور آبیاری ۱۰ روز در جایگاه بالاتری قرار گرفته است و تأثیر بیشتری را بر میزان وزن خشک قوزه داشت. در دور آبیاری ۱۰ روزه تمام تیمارهای اعمال شده با تیمار بیوچار بید و محلول‌پاشی، داری اختلاف بودند. تمام تیمارهای اعمال شده در دور آبیاری ۷ روزه نیز از نظر آماری با هم در یک سطح قرار گرفتند منتهی با تیمار بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی در دور آبیاری ۱۰ روز دارای اختلاف معنی‌داری بودند. همچنین در تنش ۱۴ روز نیز تیمار بیوچار بید چه به صورت محلول‌پاشی و چه عدم محلول‌پاشی با تیمار بیوچار گردو و عدم محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری در میزان عملکرد وزن قوزه داشتند. بدین ترتیب تیمار بیوچار گردو و عدم محلول‌پاشی عملکرد بالاتری را در میزان وزن قوزه از خود نشان داد. در این دور آبیاری تیمار بیوچار گردو به همراه محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری را با تیمار بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی، ایجاد نکرد. در دور آبیاری ۱۴ روز تیمار عدم بیوچار چه به صورت محلول‌پاشی و چه به صورت عدم محلول‌پاشی، اختلاف عملکرد معنی-داری را با سایر تیمارها ایجاد کرد و بالاترین تاثیر را بر میزان وزن خشک قوزه در این دور آبیاری داشت. در این آزمایش تأثیر بیوچار بر وزن خشک قوزه کاملا مشهود می‌باشد. تأثیر بیوچار بید نسبت به بیوچار

گردو بیشتر بود. احتمالا شرایط آزمایش و گیاه مورد استفاده، باعث شده کارایی بیوچار بید نسبت به گردو افزایش بیشتری داشته باشد. همچنین در این آزمایش نباید از نقش اسید سالیسیلیک چشم‌پوشی کرد. چرا که این ماده توانسته شرایط تحمل به تنش را از طریق برگ برای گیاه فراهم سازد و با توجه به جدول مقایسه میانگین عملکرد دانه و قوزه (جدول پیوست ۴-۷)، کاربرد توام بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث کاهش تأثیر مضر تنش بر روی وزن دانه و وزن قوزه شد. سالیسلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی از قبیل تنش خشکی قرار دارند، می‌تواند نقش حفاظتی و دفاعی داشته و مقاومت گیاه را در برابر آنها افزایش دهد (الیزابت ابرئو و همکاران،۲۰۰۸). بدین ترتیب گیاه به منظور بالابردن کارایی خود، از بیوچار کمک گرفته و تولیدات خود را در شرایط تنش، حفظ و یا حتی افزایش داده است. در تحقیقی که توسط فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد اعلام گردید که تنش در مرحله گلدهی در گلرنگ موجب کاهش معنی‌دار طبق در بوته شده است.

۴-۱-۳ وزن خشک برگ

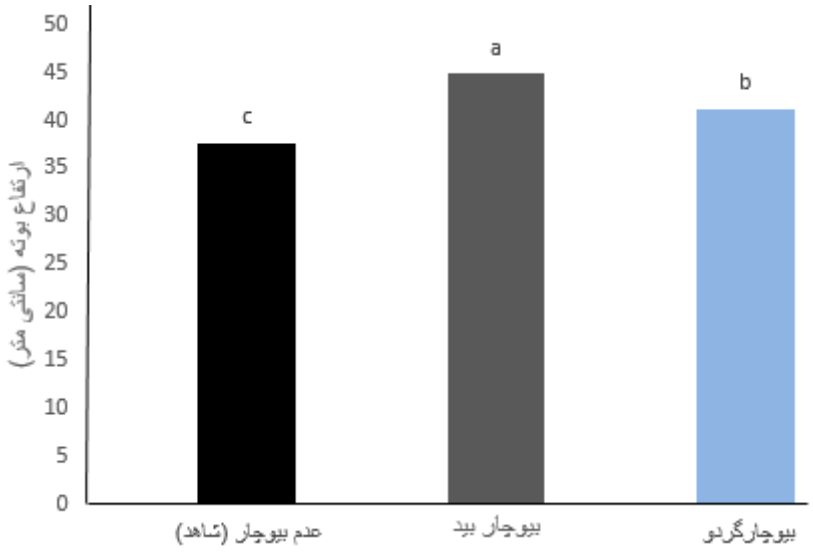
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت وزن خشک برگ (جدول پیوست ۴-۱) اثر اصلی بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار (شکل ۴-۲) نشان داد که کاربرد انواع بیوچار باعث افزایش وزن خشک برگ در مقایسه با عدم کاربرد بیوچار (شاهد) شد. بیوچار بید و گردو از نظر آماری در یک رتبه (رتبه آماری a) قرار گرفتند. احتمال می‌رود بیوچار با بهبود شرایط آبی در گیاه باعث افزایش وزن خشک برگ شده است. در این صورت از تنش کاسته شده و گیاه در شرایط مساعدتری به روند رشدی خود ادامه می‌دهد.



شکل۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (در متر مربع) تحت تأثیر بیوچار

۴-۱-۴-ارتفاع بوته

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت ارتفاع بوته (جدول پیوست ۴-۱)، اثر اصلی بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (شکل ۴-۳) که استفاده از بیوچار به تنهایی تأثیر معنی‌داری را در بالا بردن میزان ارتفاع بوته داشت و در این بین سهم بیوچار بید در میزان افزایش، بیشتر از بیوچار گردو بود. بدین ترتیب بیوچار بید افزایش ۱۹ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد کرد. همچنین بیوچار گردو نیز با ایجاد اختلاف ۹ درصدی با شاهد، در رتبه دوم تاثیرگذاری قرار گرفت. اختلاف بین بیوچار بید و گردو به میزان ۸ درصد بود.

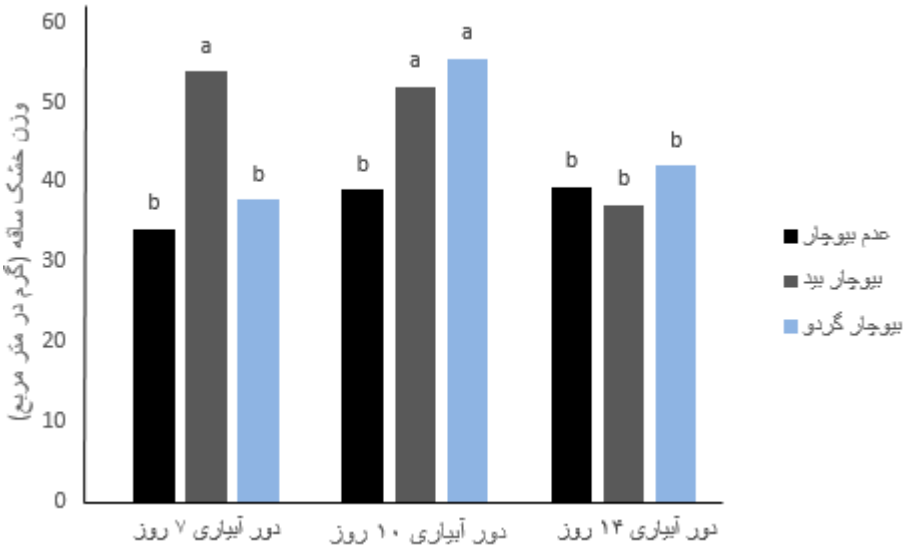


شکل ۴-۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر بیوچار

۴-۱-۵- وزن خشک ساقه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت وزن خشک ساقه (جدول ۴-۱)، اثر متقابل بیوچار × دور آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و بیوچار (شکل ۴-۴) نشان داد، در دور آبیاری ۱۰ و ۷ روز کاربرد بیوچار بید و همچنین در دور آبیاری ۱۰ روز کاربرد بیوچار گردو بالاترین میزان وزن خشک ساقه را به خود اختصاص دادند. در بین این گروه آماری (گروه آماری a)، بیوچار گردو در دور آبیاری ۱۰ روز، افزایش بیشتری داشت. بدین ترتیب بقیه تیمارها که شامل بیوچار گردو و عدم بیوچار در دور آبیاری ۷ روز، عدم بیوچار در دور آبیاری ۱۰ روز و تمام سطوح بیوچار در دور آبیاری ۱۴ روز می‌باشد، از نظر آماری در رتبه b قرار گرفتند و میزان وزن خشک ساقه در این تیمارها با هم برابر بودند. احتمال می‌رود که دلیل این افزایش‌ها توسط بیوچار، به علت توانایی این ماده

در جذب آب و رطوبت خاک و پس دادن آن در زمان خشک شدن خاک با توجه به شیب غلظت باشد، که در نتیجه هم در زمان پر آبی و هم در زمان تنش، گیاه می‌تواند شرایط بهتری را دارا باشد.



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر بیوچار و دور آبیاری

۴-۱-۶-قطر ساقه

همانطور که در جدول تجزیه واریانش مشاهده می‌گردد (جدول پیوست ۴-۱)، هیچ یک از فاکتورها و اثرات متقابل آنها بر میزان قطر ساقه گیاه گلرنگ معنی‌دار نشد.

۴-۲- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۲-۱- عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد دانه نشان داد (جدول پیوست ۴-۲) اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک (جدول ۴-۷) نشان داد که کاربرد بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دور آبیاری ۱۰ روز بیشترین تأثیر را در میزان عملکرد دانه داشت. عملکرد دانه در گیاهانی که دانه هدف تولید است، مهمترین‌ترین بخش محسوب می‌شود. بدین ترتیب در سطح آبیاری ۱۰ روز، بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی، افزایش ۴۰ درصدی را نسبت به عدم محلول‌پاشی، ایجاد کرد. در همین سطح آبیاری، افزایش اثر بیوچار گردو در حالت عدم محلول‌پاشی به میزان ۵ درصد بیشتر از اعمال محلول-پاشی شد و محلول‌پاشی در زمان عدم استفاده از بیوچار تأثیر بیشتری را نشان داد به گونه‌ای که افزایش ۴۳ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد کرد.

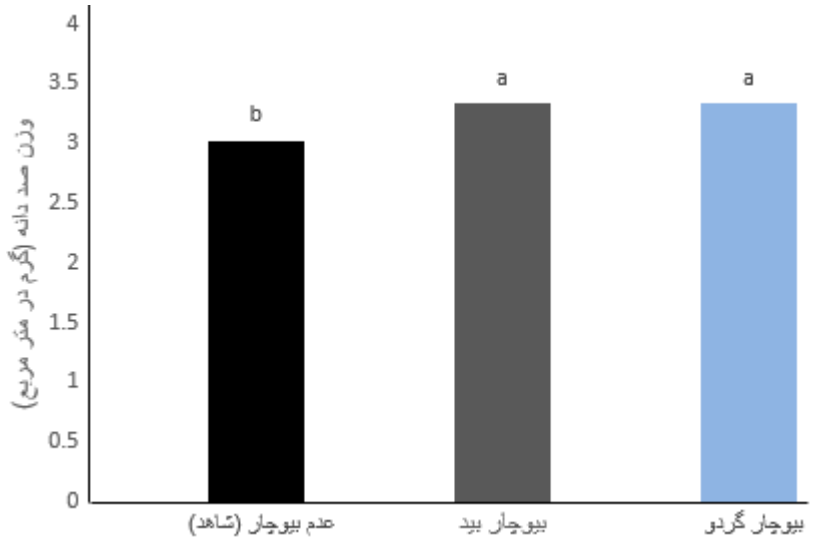
در شرایط دور آبیاری ۷ روزه، هیچ تفاوتی بین تیمارهای اعمال شده دیده نشد. منتهی بیوچار گردو به همراه اعمال محلول‌پاشی توانست بالاترین رتبه را در این گروه به خود اختصاص دهد.

در دور آبیاری ۱۴ روز نیز هیچ کدام از تیمارهای مورد آزمایش بر میزان عملکرد دانه افزایش معنی-داری نسبت به دیگری نداشت. در این آزمایش تأثیر بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی در دور آبیاری ۱۰ روز بیشتر از شرایط دور آبیاری ۷ روز بود. بدین ترتیب که افزایش عملکرد ۸۵ درصدی را نشان داد. احتمال می‌رود با بالا رفتن میزان تنش کارایی بیوچار نیز بالا رفته و گیاه به میزان بیشتری از آن استفاده کرده است. تنش خشکی روی عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه گیاه کلزا تأثیر منفی داشت

(وفا بخش و همکاران، ۱۳۸۷). حیدری و آساد (۱۹۹۸) با بررسی ارقام گلرنگ بهاره گزارش کردند که وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. گزارش‌هایی از نقش اسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبی بر افزایش عملکرد دانه سویا اعلام شده است (خالد و همکاران، ۲۰۰۷). مظاهری لقب و همکاران (۱۳۸۰) اظهار داشتند که آبیاری در مرحله گلدهی بر باروری گلچه‌ها و افزایش تعداد دانه‌ها در آفتابگردان تأثیر دارد، درحالی که در مرحله دانه‌بندی آبیاری بر افزایش اندوخته‌های غذایی و پر شدن دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن آن‌ها در طبق تأثیر می‌گذارد.

۴-۲-۲- وزن صد دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن صد دانه (جدول پیوست ۴-۲) اثر اصلی بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین وزن صد دانه نشان داد (شکل۴-۵) که هر کدام از بیوچار بید و گردو به میزان یکسان در بالا بردن میزان وزن صد دانه مؤثر بودند و از نظر آماری در یک سطح قرار گرفتند. بیوچار بید و گردو هر کدام به میزان ۱۰ درصد در میزان وزن صد دانه، نسبت به شاهد افزایش ایجاد کردند. احتمال می‌رود بیوچار با قرار دادن رطوبت مورد نیاز برای گیاه به بالا بردن اثر گیاه و توان تولیدی آن کمک کرده و باعث بالا رفتن وزن صد دانه گردید. وزن دانه از اجزاء مهم عملکرد بوده و تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه از نظر پتانسیل تولید دانه، رقابت دانه ها، طول دوره پر شدن دانه‌ها و شرایط محیطی قرار دارد (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین ترکیب کردن بیوچار با خاک می‌تواند خواص فیزیکی خاک مانند ساختمان، جرم مخصوص، تهویه و ظرفیت نگه‌داری آب را اصلاح کند (دوین و همکاران، ۲۰۰۹). که این خود باعث بالا رفتن اثر گیاه می‌شود.



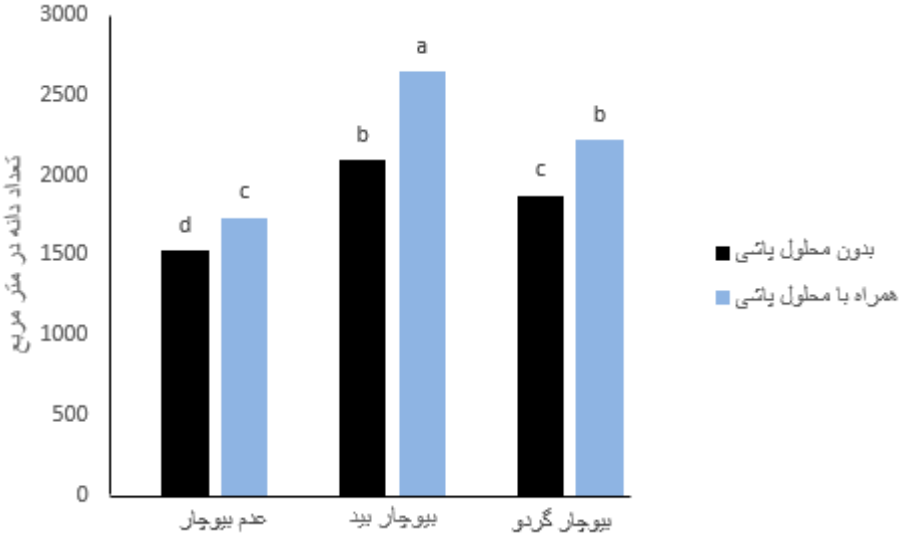
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر بیوچار

۴-۲-۳- تعداد دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به صفت تعداد دانه (جدول پیوست ۴-۲) اثر اصلی بیوچار و اثر اصلی اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۶) نشان داد که کاربرد بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را در میزان تعداد دانه داشته است. به گونه‌ای که بیوچار بید به همراه محلول پاشی به میزان ۲۶ درصد نسبت به عدم محلول پاشی افزایش را در میزان تعداد دانه ایجاد کرد. همچنین بیوچار گردو نیز به همراه محلول‌پاشی ۱۸ درصد افزایش نسبت به عدم محلول‌پاشی را بوجود آورد. در این میان محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط عدم استفاده از بیوچار نیز باعث افزایش ۱۳ درصد گردید. تفاوت بین اعمال محلول‌پاشی بیوچار بید با محلول‌پاشی عدم بیوچار اختلاف ۵۲ درصدی را ایجاد کرد. محلول‌پاشی بیوچار بید با محلول‌پاشی بیوچار

گردو نیز دارای اختلاف ۱۹ درصدی بود. در شرایط عدم محلول‌پاشی نیز تأثیرگذاری بیوچار بید نسبت به بیوچار گردو و عدم مصرف بیوچار، به ترتیب ۱۱ و ۳۷ درصد بیشتر بود. تعداد دانه نیز از جمله صفاتی است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانسته بر آن تأثیرگذار باشد. احتمالا مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک به گونه ای است که می‌تواند از شدت تأثیر دور آبیاری بر قوزه و برگ‌های مجاور بکاهد و در نتیجه باعث کاهش خسارت بر تعداد دانه در واحد سطح شود.

تعداد دانه در شرایط استفاده از بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانسته است از کاهش تعداد دانه در قوزه بکاهد. به نظر می‌رسد کاهش جریان فراورده‌های فتوسنتزی به تخمک‌های لقاح یافته در اواخر مرحله گل‌دهی که از نظر نیاز آبی بحرانی می‌باشد، باعث از بین رفتن و یا کاهش دانه‌ها و افت تعداد دانه در کاپیتول گردد (کوتروباس و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج مشابه این نظریه نیز توسط شکری و همکاران (۱۳۸۶)، بر روی گیاه گلرنگ گزارش داده شد. بنابراین به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با القای مقاومت و بیوچار با بهبود روابط آبی، از میزان شدت سطوح مختلف تنش‌های اعمال شده در این تحقیق، کاسته اند.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در متر مربع تحت تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک

۴-۲-۴ عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد بیولوژیک (جدول پیوست ۴-۲) نشان داد اثر اصلی دور آبیاری و اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک (جدول ۴-۷) نشان داد که کاربرد بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دور آبیاری ۱۰ روز بیشترین تأثیر را در بالا بردن عملکرد بیولوژیک داشته است. بدین ترتیب در دور آبیاری ۱۰ روز و استفاده از بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نسبت به عدم محلول‌پاشی، افزایش ۲۰ درصدی در عملکرد بیولوژیک را نشان داد. منتهی در دور آبیاری ۱۰ روز، بیوچار بید به همراه محلول-پاشی، محلول‌پاشی بدون کاربرد بیوچار و بیوچار گردو به همراه محلول‌پاشی، از نظر آماری با هم درای اختلاف معنی‌داری نبودند. در این گروه آماری، کاربرد بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی در بالاترین سطح تاثیرگذاری در میزان عملکرد بیولوژیک قرار گرفت. در دور آبیاری ۱۴ روز، هیچ کدام از تیمارهای اعمال شده از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نداشتند ولی هر کدام از این تیمارها با تیمار بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی در دور آبیاری ۱۰ روز، دارای اختلاف معنی‌داری بودند. در دور آبیاری ۷ روز نیز هیچ کدام از تیمارهای اعمال شده با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌داری نبودند ولی هر کدام از این تیمارهای اعمال شده با تیمار کاربرد بیوچار به همراه محلول‌پاشی در دور آبیاری ۱۰ روز دارای اختلاف معنی‌داری بودند. در دور آبیاری ۱۰ روز نیز کاربرد بیوچار گردو و بید، هر کدام بدون محلول‌پاشی و عدم کاربرد بیوچار و محلول‌پاشی، با بیوچار بید به همراه محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری را ایجاد کردند. احتمال می‌رود افزودن بیوچار به خاک و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با باعث بالا رفتن کارایی گیاه شد و بدین ترتیب تولیدات اجزای عملکرد نیز افزایش یافت. این افزایش متقابلا در بالا رفتن میزان عملکرد بیولوژیک تأثیر گذاشته و

آن را نیز افزایش داد. اعمال تنش خشکی و پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر گیاه کلزا، که توسط میارصادقی (۱۳۸۹) انجام شده بود، نشان داد که مقدار عملکرد دانه و وزن خشک گیاهان تحت تأثیر محلول پاشی افزایش یافت. خان و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند کاربرد اسید سالیسیلیک، استیل اسید سالیسیلیک ، جنتسییک اسید و یا دیگر آنالوگ‌های اسید سالیسیلیک در برگ‌های ذرت و سویا موجب افزایش بیوماس خشک این گیاهان شد. مصرف اسید سالیسیلیک موجب افزایش رشد شاخساره سویا و آفتابگردان گردید (متوالی و همکاران، ۲۰۰۳). بنابر اظهار اگریگ و همکاران (۲۰۰۷)، انتخاب براساس سطح برگ و بیوماس در ذرت تحت شرایط تنش خشکی پتانسیل عملکرد را افزایش داد نخستین پاسخ گیاه به تنش خشکی متعاقب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد برگ‌ها و در نهایت باعث کاهش وزن خشک کل گیاه می‌شود (نیومن، ۱۹۹۵). 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).

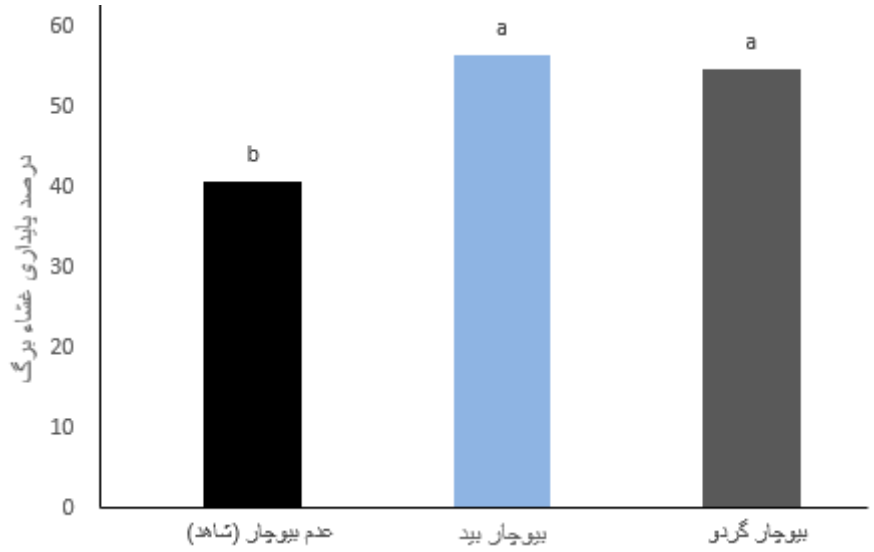
۴-۳- صفات فیزیولوژیک

۴-۳-۱- پایداری غشاء برگ

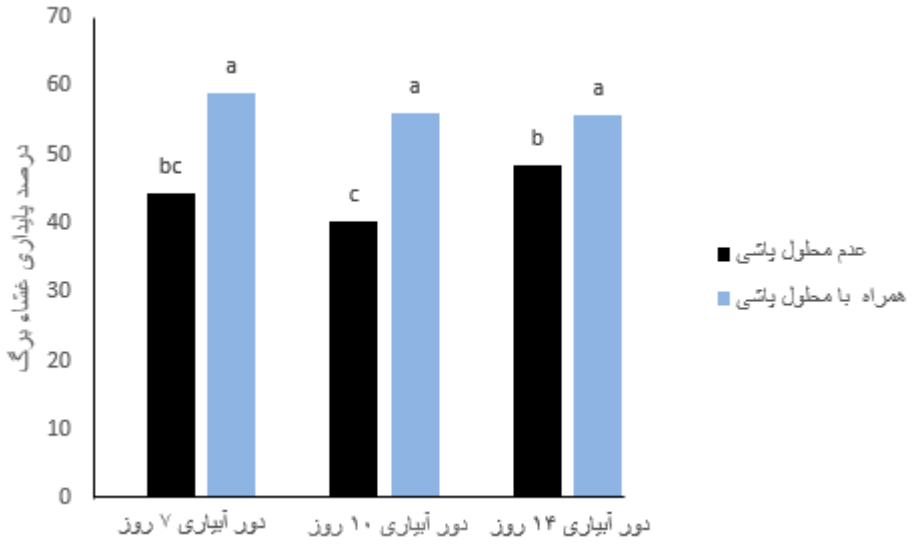
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت پایداری غشاء (جدول پیوست ۴-۶) اثر اصلی بیوچار و اثر اصلی اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار (شکل ۴-۷) نشان داد بیوچارهای بید و گردو از نظر آماری در یک سطح قرار گرفتند و با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌داری

نیستند. همچنین بیوچارهای بید و گردو به یک میزان نسبت به شاهد اختلاف اثر معنی‌داری را ایجاد کردند. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۸) نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی چه در حالت عدم تنش و چه در حالت دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز باعث افزایش پایداری غشاء گردید. در شرایط عدم تنش میزان افزایش کارایی محلول‌پاشی نسبت به عدم محلول‌پاشی، ۳۲ درصد بود. در دور آبیاری ۱۰ روز این اختلاف به ۳۸ درصد و در دور آبیاری ۱۴ روز به ۱۴ درصد رسید. در این آزمایش محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث شد که میزان پایداری برگی افزایش یابد. تنش، گیاه را زودتر به بلوغ و رسیدگی نزدیک می‌کند بنابراین میزان پایداری با افزایش میزان تنش، افزایش می‌یابد.

طبق نتایج منصوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱)، 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. باندروسکا و استرویسنکی (۲۰۰۵) گزارش کردند تیمار گیاه جو با اسید سالیسیلیک قبل از تنش، تأثیر مخرب کمبود آب روی غشاء سلولی در برگ‌ها را کاهش داد. در این آزمایش، جلوگیری از تأثیر مخرب تنش تا مرحله تنش ۱۰ روز ایجاد شد و با افزایش شدت تنش از ۱۰ روز به ۱۴ روز، از میزان پایداری غشاء کاسته شد. در گزارش شیباریو و همکاران (۱۹۹۸)، به علت تکامل نیافتن دیواره سلولی با افزایش تنش خشکی، نشت الکترولیت‌ها از دیواره سلولی گیاه افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه پایداری غشاء پلاسمایی کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین درصد پایداری غشاء برگ تحت تأثیر بیوچار

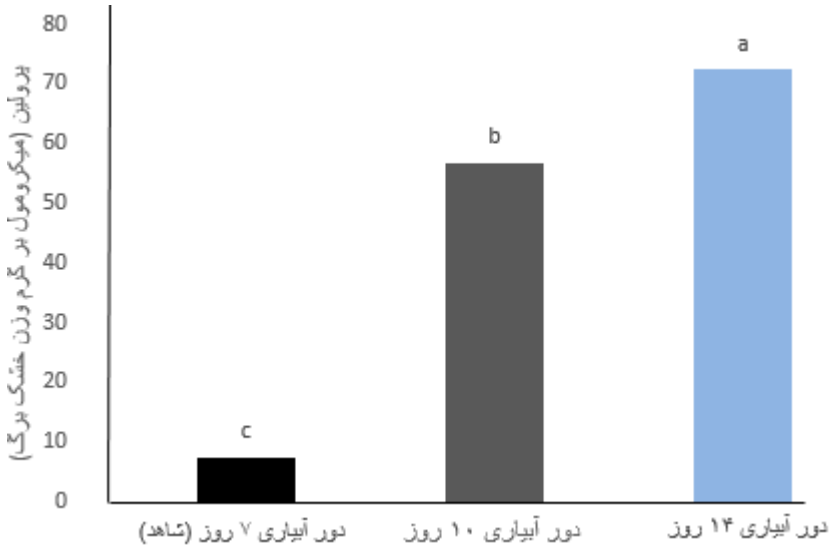


شکل ۴-۸- مقایسه میانگین درصد پایداری غشاء برگ تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک

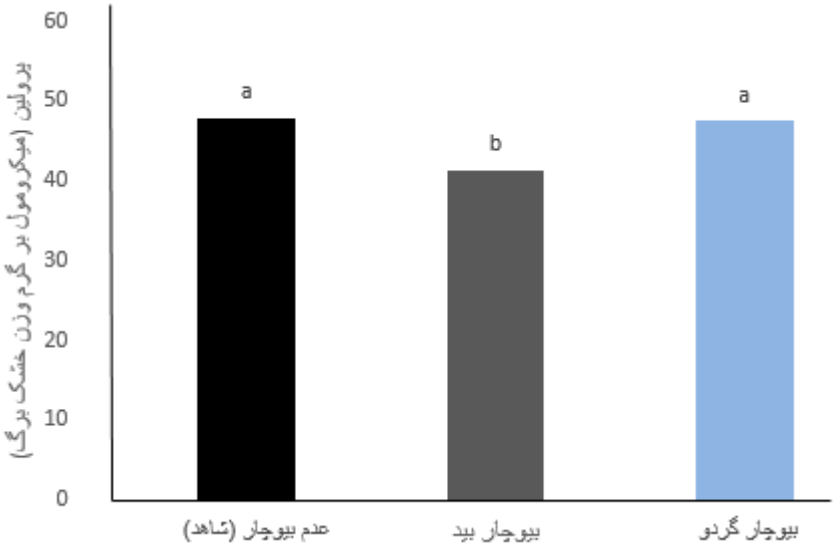
۴-۳-۲- میزان پرولین

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت پرولین نشان داد (جدول پیوست ۴-۴) که اثر اصلی دور آبیاری و اثر اصلی بیوچار در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی دور آبیاری (شکل ۴-۹) نشان داد، دور آبیاری ۱۴ روز بیشترین میزان پرولین را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش اختلاف زیادی بین دور آبیاری ۱۴ و ۱۰ روز با دور آبیاری ۷ روز دیده شد به گونه‌ای که در شرایط دور آبیاری ۱۴ روز نسبت به دور آبیاری ۷ روز افزایش ۷ برابری را نشان می‌دهد. همچنین میزان پرولین در شرایط دور آبیاری ۱۰ روز نیز افزایش ۵ برابری را نسبت به شاهد ایجاد کرد. اختلاف در میزان پرولین در دور آبیاری ۱۴روز نسبت به دور آبیاری ۱۰ روز ۲۷ درصد بود. همچنین مقایسه میانگین بیوچار (شکل ۴-۱۰) نشان داد شاهد و بیوچار گردو هر دو به یک میزان در افزایش میزان پرولین تأثیر داشته‌اند. بدین ترتیب که میزان پرولین در هنگام استفاده از بیوچار در حالت عدم استفاده از بیوچار و بیوچار گردو از نظر آماری در یک رتبه قرار گرفتند. در این میان بیوچار بید با ۱۵ درصد اختلاف نسبت به عدم بیوچار (شاهد) در پایین‌ترین میزان پرولین قرار می‌گیرد. اختلاف در میزان پرولین در شرایط استفاده از بیوچار گردو نسبت به بیوچار بید ۱۴ درصد بود. پرولین در شرایط کاهش رطوبت در بیشترین میزان خود قرار می‌گیرد. 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). بنابراین بیوچار بید توانسته از میزان تنش خشکی بکاهد و باعث کاهش میزان پرولین برگی شود. در این آزمایش، در رابطه پرولین با محتوی نسبی آب این جمله صدق می‌کند که: ژنوتیپ‌هایی که میزان پرولین آنها تحت تنش افزایش یافت، مقدار نسبی آب برگ کاهش کمتری داشت (استوارت و لی، ۱۹۷۴). پرولین به خاطر ایفای نقش اسمزی، اثرات مفیدی را در گیاهان تحت تنش ایفا می‌کند. حتی افزایش ۳۰۰-۳ برابری در میزان پرولین در

گونه‌های مختلف و درتیمارهای مختلف تنش اسمزی گزارش شده است (دلونی و ورما، ۱۹۹۳). افزایش و تجمع پرولین در برگ‌های تحت تنش به علت افزایش سنتز و کاهش اکسیداسیون است. پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی به عنوان محافظ در برابر تنش نیز عمل می‌کند بدین ترتیب که به طور مستقیم ویا غیرمستقیم با ماکرومولکول‌ها اثر متقابل داشته و از این طریق به حفظ شکل و ساختار طبیعی آنها در شرایط تنش کمک می‌کند (کوک و همکاران، ۲۰۱۰). 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). همچنین با افزایش سطح تنش خشکی در گیاه همیشه بهار، محتوی پرولین گیاه ۴۷٪ افزایش پیدا کرد (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین پرولین برگ تحت تأثیر دور آبیاری مختلف

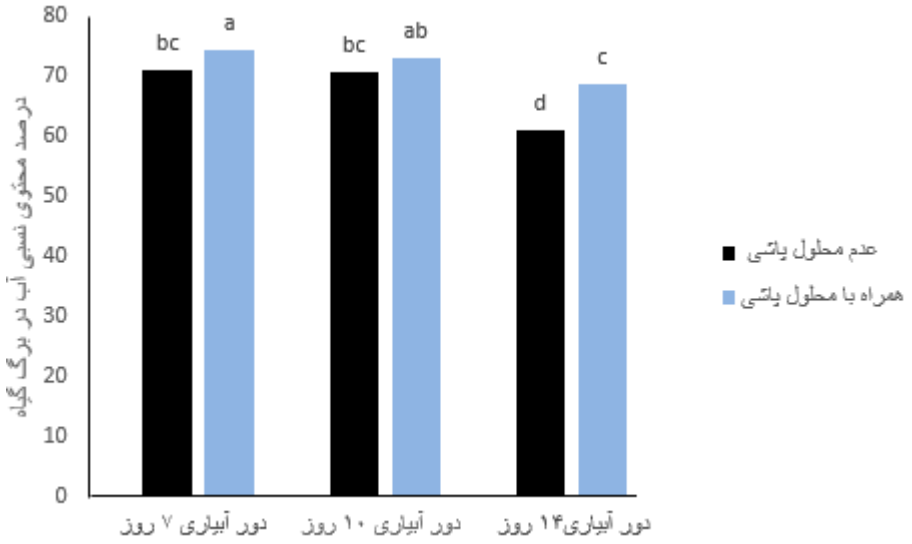


شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین پرولین برگ تحت تأثیر بیوچار

۴-۳-۳- میزان محتوی نسبی آب در برگ

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت محتوی نسبی آب در برگ (جدول پیوست ۴-۶) اثر اصلی بیوچار و اثر اصلی اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد، اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار و همچنین اثر مقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۱۱) نشان داد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانست در شرایط دور آبیاری ۷، ۱۰ و ۱۴ روز، باعث افزایش محتوی نسبی آب در برگ گیاه شود. اثر متقابل عدم تنش و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نسبت به عدم محلول‌پاشی ۴ درصد افزایش پایداری را باعث شد. در دور آبیاری ۱۴ روز محلول‌پاشی افزایش ۱۲ درصدی نسبت به عدم محلول‌پاشی را ایجاد کرد. کارایی محلول‌پاشی در شرایط دور آبیاری ۷ روز نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز، ۸ درصد و در شرایط عدم محلول‌پاشی به ۲۱ درصد رسید. کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به تنهایی توانست در

دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز، محتوی نسبی آب را با روند افزایشی مواجه کند. احتمالا اسید سالیسیلیک با ایجاد مقاومت برگی از تاثیرات تنش خشکی کاسته و میزان محتوی نسبی آب را افزایش داده است. تنش خشکی ضمن کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان، باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد (فرنچ و تورنر، ۱۹۹۱).

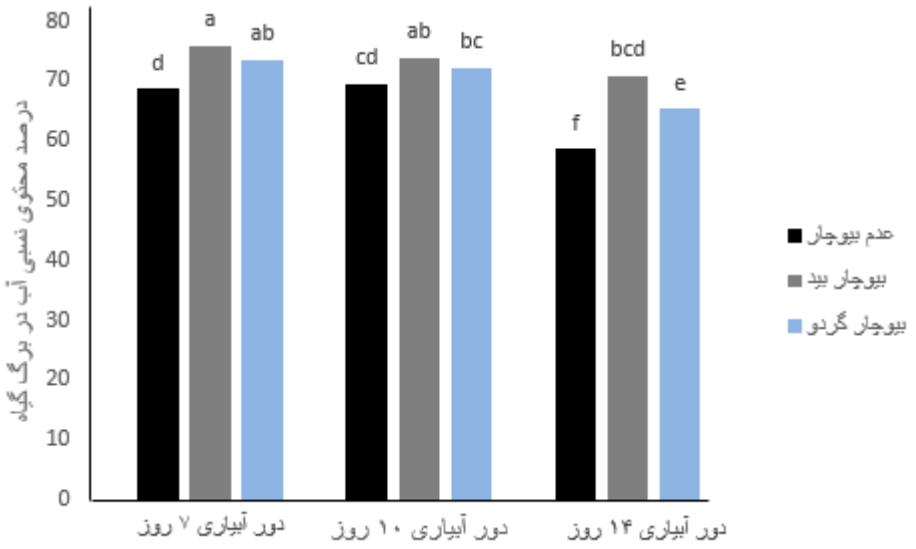


شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین درصد محتوی نسبی آب در برگ تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک

همچنین در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی × بیوچار (شکل ۴-۱۲)، کاربرد بیوچار بید و گردو در دور آبیاری ۷ روز و بیوچار بید در دور آبیاری ۱۰ روز، از نظر آماری اختلاف اثر معنی‌داری را نسبت به یکدیگر ایجاد نکردند. در این گروه، تیمار بیوچار بید و دور آبیاری ۷ روز توانست افزایش اثر بیشتری را در میزان محتوی نسبی آب در برگ ایجاد کند. تیمار بیوچار گردو در دور آبیاری ۷ روز، بیوچار بید و گردو در دور آبیاری ۱۰ روز و بیوچار بید در دور آبیاری ۱۴ روز، از نظر آماری اختلاف اثر معنی‌داری را ایجاد

نکردند. در این گروه همچنین بیوچار بید در دور آبیاری ۱۰ روز، توانست افزایش اثر بیشتری را ایجاد کند. در این آزمایش همچنین عدم کاربرد بیوچار در دور آبیاری ۷ و۱۰ روز و بیوچار بید در دور آبیاری ۱۴ روز نیز از نظر آماری با یکدیگر اختلاف اثر معنی‌داری را ایجاد نکردند ولی افزایش کارایی بیوچار بید در دور آبیاری ۱۴ روز از بقیه بالاتر بود. در دور آبیاری ۷ روز اختلاف اثر معنی‌داری را بین بیوچار بید و گردو و عدم کاربرد بیوچار، شاهد بودیم. در دور آبیاری ۱۰ روز اختلاف اثر معنی‌داری بین بیوچار بید و عدم کاربرد بیوچار به وجود آمد. در دور آبیاری ۱۴ روز، اختلاف اثر بسیار معنی‌داری بین کاربرد بیوچار بید و عدم کاربرد بیوچار و همچنین بین بیوچار بید و بیوچار گردو شاهد بودیم. همچنین اختلاف اثر معنی‌داری بین بیوچار بید در دور آبیاری ۷ روز و تمام سطوح بیوچار در دور آبیاری ۱۴ روز و بیوچار گردو و عدم کاربرد بیوچار در دور آبیاری ۷ روز به وجود آمد که در آن کاربرد بیوچار بید در دور آبیاری ۷ روز توانست در بالاترین میزان تأثیرگذاری بر محتوی نسبی آب در برگ قرار گیرد.

کاهش محتوای نسبی آب برگ، تحت شرایط خشکی موجب محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌گردد (جهانبین و همکاران، ۱۳۸۲). با بررسی گیاهان مختلف مشخص شد که محتوای نسبی آب برگ به این دلیل که با حجم سلول مرتبط است، می‌تواند به عنوان شاخص سنجش میزان تنش مورد استفاده قرار گیرد و معیار بهتری برای بیان وضعیت آب گیاه در مقایسه با پتانسیل آب باشد (خزاعی، ۱۳۸۱). همانطور که گفته شد بیوچار در تمام سطوح تنش خشکی افزایش کارایی را ایجاد کرد ولی با توجه به نمودار بیشترین اختلاف در تنش ۱۴ روز بود.

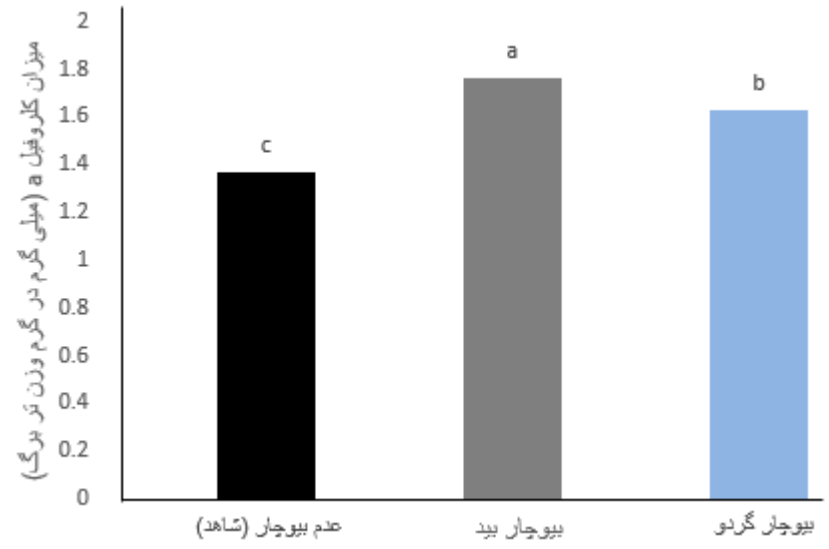


شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین درصد محتوی نسبی آب در برگ تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و بیوچار

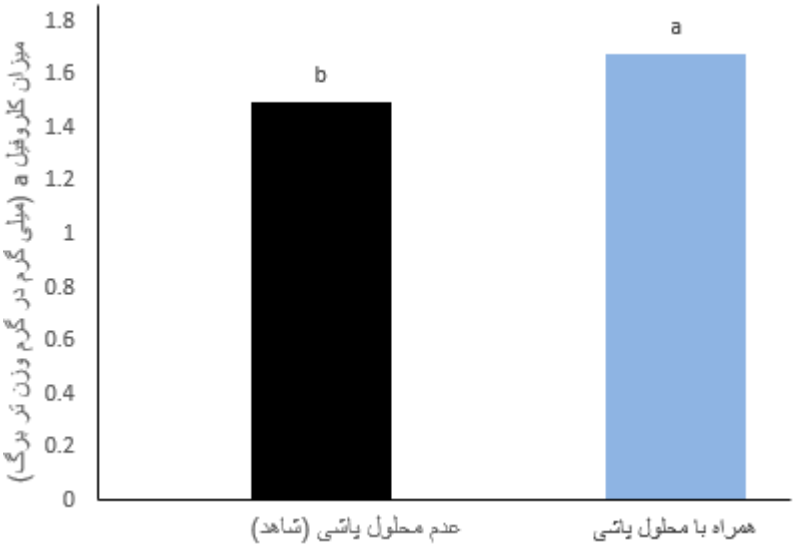
۴-۳-۴- میزان کلروفیل a

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به صفت کلروفیل a، (جدول پیوست ۴-۵) اثر اصلی بیوچار و اثر اصلی اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار نشان داد (شکل ۴-۱۳) که بیوچار بید بیشترین تأثیر را در افزایش میزان کلروفیل a داشت. همچنین در مقایسه میانگین اثر اصلی اسید سالیسیلیک نیز (شکل ۴-۱۴) محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در بالا بردن میزان کلروفیل a بیشترین تأثیر را ایجاد کرد. بیوچار بید با ۲۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بالاترین سطح را به خود اختصاص داد. بیوچار گردو هم ۱۹ درصد اختلاف را با شاهد به وجود آورد. همچنین بیوچار بید نسبت به بیوچار گردو با ۸ درصد اختلاف، اثر بیشتری را نشان داد. در این آزمایش استفاده از محلول پاشی اسید سالیسیلیک بهبود ۱۲ درصد را نسبت به عدم محلول پاشی ایجاد کرد. اسید سالیسیلیک با

ایجاد شرایط استفاده بهینه از تشعشعات خورشیدی، باعث افزایش سرعت فتوسنتز خالص در گیاهان گردیده است (بالجانی، ۱۳۸۹).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر بیوچار

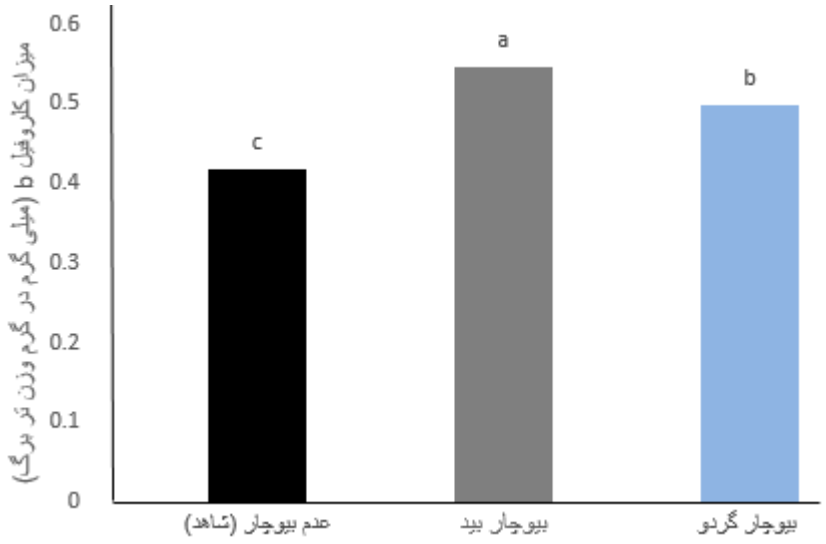


شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر اسید سالیسیلیک

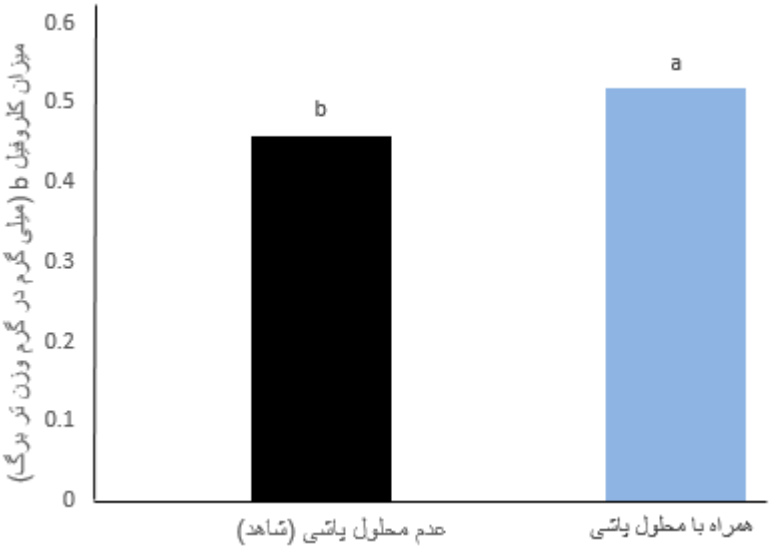
۴-۳-۵- میزان کلروفیل b

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت کلروفیل b (جدول پیوست ۴-۵) اثر اصلی بیوچار و همچنین اثر اصلی محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار نشان داد (شکل ۴-۱۵) که بیوچار بید بیشترین تأثیر را در افزایش میزان کلروفیل b داشته است. همچنین در مقایسه میانگین اثر اصلی اسید سالیسیلیک نیز (شکل ۴-۱۶) محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در بالا بردن میزان کلروفیل b بیشترین تأثیر را نشان داد. میزان کلروفیل در هنگام استفاده از بیوچار بید و بیوچار گردو نسبت به عدم کاربرد بیوچار (شاهد) به ترتیب به میزان ۳۰ و ۱۹ درصد افزایش کارایی را شامل شد. همچنین بین دو بیوچار استفاده شده بیوچار بید توانسته با ۹ درصد اختلاف نسبت به بیوچار گردو، بالاترین میزان را به خود اختصاص دهد. اسید سالیسیلیک هم توانسته در این افزایش کارایی سهیم باشد، چنانکه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک افزایش اثر ۱۳ درصدی را نسبت به عدم محلول‌پاشی داشت. محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی درتعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (گوش و همکاران، ۲۰۰۴). در گزارشی غلظت کلروفیل در کلزای تحت تنش خشکی و پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک توسط میارصادقی (۱۳۸۹) افزایش یافت.



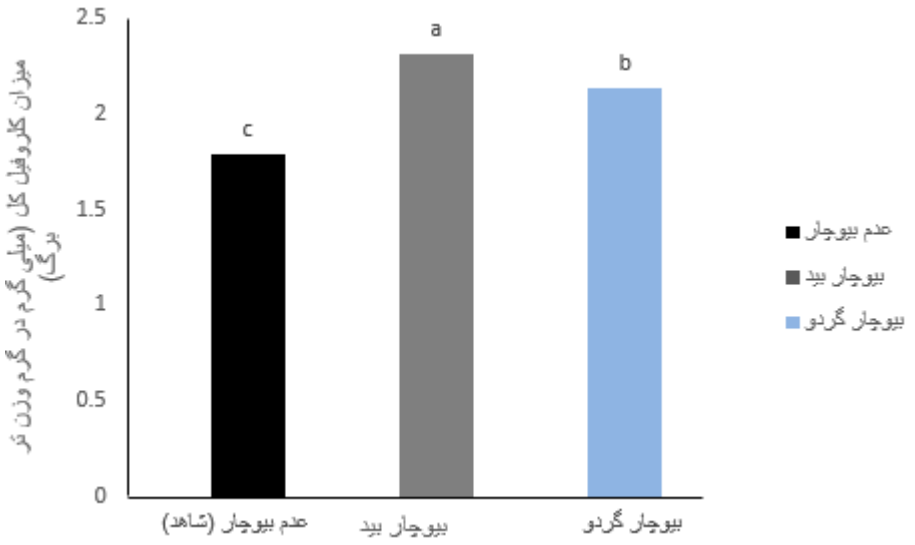
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b تحت تأثیر بیوچار



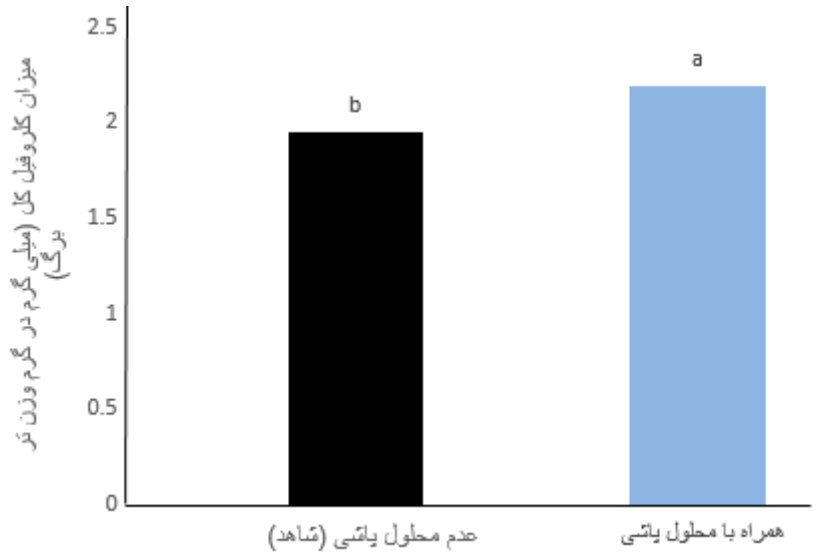
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b تحت تأثیر اسید سالیسیلیک

۴-۳-۶- میزان کلروفیل کل

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به صفت کلروفیل کل (جدول پیوست ۴-۵) اثر اصلی بیوچار و همچنین اثر اصلی محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار نشان داد (شکل ۴-۱۷) که بیوچار بید بیشترین تاثیر را در افزایش میزان کلروفیل کل داشته است. اعمال بیوچار بید و گردو توانست به ترتیب افزایش کارایی ۲۹ و ۱۹ درصدی را نسبت به عدم استفاده از بیوچار (شاهد) ایجاد کند. در این آزمایش همچنین تفاوت بین بیوچارها هم مشاهده شد، به گونه‌ای که بیوچار بید نسبت به گردو ۸ درصد افزایش را ایجاد کرد. همچنین در مقایسه میانگین اثر اصلی اسید سالیسیلیک نیز نشان داد (شکل ۴-۱۸) محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در بالا بردن میزان کلروفیل کل بیشترین تاثیر را داشته است. محلول پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۱۲ درصد افزایش کارایی را نسبت به عدم محلول‌پاشی، برای کلروفیل کل ایجاد کرد. به نظر می‌رسد تاثیرگذاری بیوچار و اسید سالیسیلیک به صورت غیر مستقیم بوده است. بیوچار دارای ظرفیت تبادلی آنیونی قابل ملاحظه‌ای است در نتیجه باعث جذب مواد آنیونی و در نتیجه موجب افزایش کلروفیل کل شده است (یعقوبی، ۱۳۹۳). کلروفیل شاخصی است که میزان آن وابستگی زیادی به میزان برگ سبز گیاه دارد. در این آزمایش احتمال می‌رود افزودن بیوچار به خاک و همچنین اعمال محلول‌پاشی از میزان تنش خشکی کاسته و گیاه را با شرایط مساعدتری روبرو می‌سازد که این امر خود باعث بالا رفتن میزان کلروفیل برگی حتی در زمان تنش می‌شود. گوش و همکاران (۲۰۰۴)، کلروفیل برگ را یکی از مهمترین شاخص‌های نشان‌دهنده فشارهای محیطی وارد بر گیاه دانستند و معتقدند مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شوند. به همین دلیل است که استفاده از بیوچار و اسید سالیسیلیک باعث کاهش این فشارها شده و میزان کلروفیل را در حد مطلوبی نگه‌داشته است.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل تحت تأثیر بیوچار

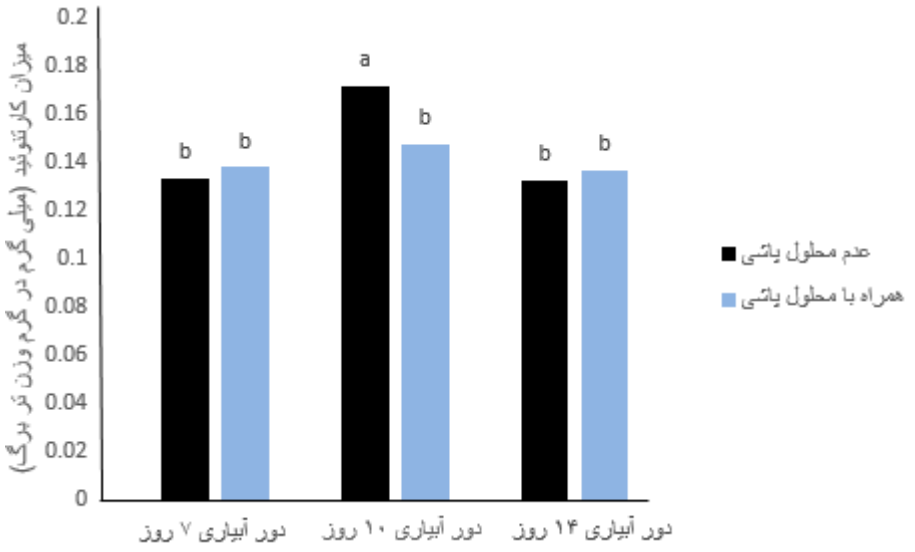


شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل تحت تأثیر اسید سالیسیلیک

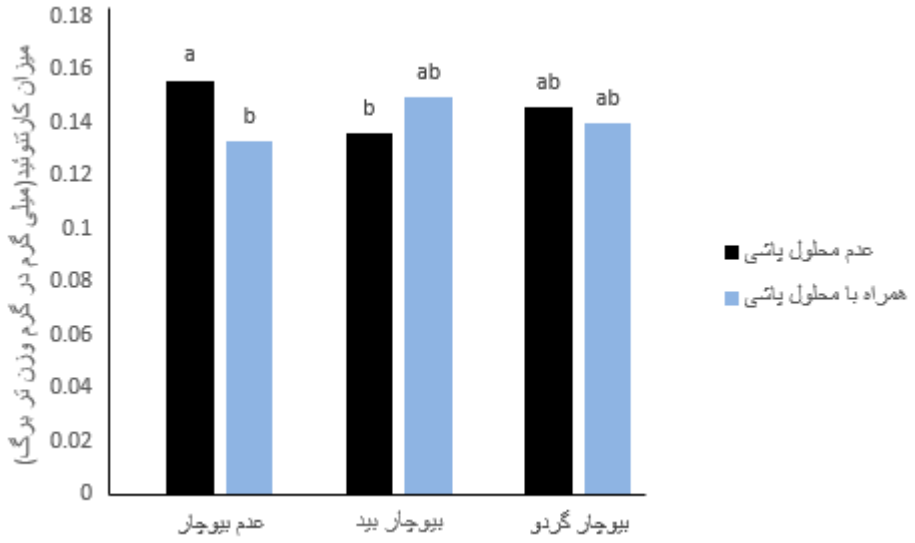
۴-۳-۷- میزان کاروتنوئید

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کاروتنوئید نشان داد (جدول پیوست ۴-۵) که اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک و همچنین اثر متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۱۹) نشان داد عدم کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دور آبیاری ۱۰ روز بیشترین تأثیر را بر میزان کاروتنوئید برگی داشته است. بقیه تیمارهای اعمال شده از نظر آماری در یک سطح (سطح آماری b)، قرار گرفتند و از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نبودند. میزان کاروتنوئید در تنش ۱۰ روز و عدم محلول‌پاشی افزایش ۱۶ درصدی را نسبت به محلول‌پاشی ایجاد کرد. همچنین نسبت به شاهد دارای افزایش ۲۸ درصدی بود. افزایش دور آبیاری از ۱۰ به ۱۴ روز تأثیرات منفی در میزان کاروتنوئید برگی ایجاد کرد. بدین ترتیب که میزان کاروتنوئید در دور آبیاری ۱۴ روز و عدم محلول‌پاشی ۱۴ درصد کاهش را نسبت به دور آبیاری ۱۰ روز بوجود آورد. این در حالتی است که در دور آبیاری ۱۴ روز به دلیل بالا بودن تنش خشکی گیاه، گیاه رو به زوال رفته و از میزان مواد موجود در آن کاسته شده و میزان این رنگیزه در گیاه کاهش می‌یابد. همچنین در مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۲۰) تیمار عدم کاربرد بیوچار و عدم استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با تیمار بیوچار بید و عدم محلول‌پاشی و بیوچار گردو در دو حالت محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نیستند. در این گروه عدم کاربرد بیوچار و عدم محلول‌پاشی در بالاترین سطح تأثیرگذاری بر میزان کاروتنوئید برگی قرار گرفت. در گروه دیگر آماری نیز کاربرد بیوچار بید و گردو هر کدام در دو سطح محلول‌پاشی و عدم محلول-پاشی و عدم کاربرد بیوچار و محلول‌پاشی، قرار دارند که دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نیستند. در این گروه کاربرد بیوچار بید و عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی بدون کاربرد بیوچار، در پایین‌ترین سطح قرار

گرفتند. شاهد توانست اختلاف ۱۴ درصدی را با شرایط استفاده از بیوچار بید و عدم محلول‌پاشی ایجاد کند. همچنین در شرایط عدم کاربرد بیوچار، عدم محلول‌پاشی اختلاف ۱۷ درصدی را نسبت به محلول‌پاشی ایجاد کرد به نظر می‌رسد این روند به دلیل استفاده از بیوچار باشد چنانکه در صورت استفاده از بیوچار آب مورد نیاز گیاه تأمین و گیاه از حالت تنش خارج شده بنابراین گیاه با افزایش میزان رنگیزه سبز روبرو است و از میزان کاروتنوئید کاسته می‌شود. همچنین اعمال محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث می‌شود که برگ گیاه به تنش مقاوم و از میزان کاروتنوئید برگی کاسته شود. القای سنتز کاروتنوئیدها در شرایط تنش می‌تواند به دلیل نقش حفاظتی آنها در تشکیلات فتوسنتزی باشد. زیرا این رنگیزه‌ها مسئول خاموش کردن اکسیژن یکتایی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و نهایت تنش اکسیداتیو می‌باشند (کویرو، ۲۰۰۶). کاروتنوییدها علاوه بر خاموش کردن اکسیژن یکتایی، به طور مستقیم می‌توانند توسط این رادیکال آزاد اکسید شوند. به علاوه قادرند حالت برانگیخته سه تایی کلروفیل را خاموش نمایند. بنابراین به طور غیرمستقیم نیز تولید گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهند. همچنین کاروتنوئیدها از طریق سازوکاری که چرخه گزانتوفیل نامیده می‌شود باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون می‌شوند (لوگینی و همکاران، ۱۹۹۹).



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک



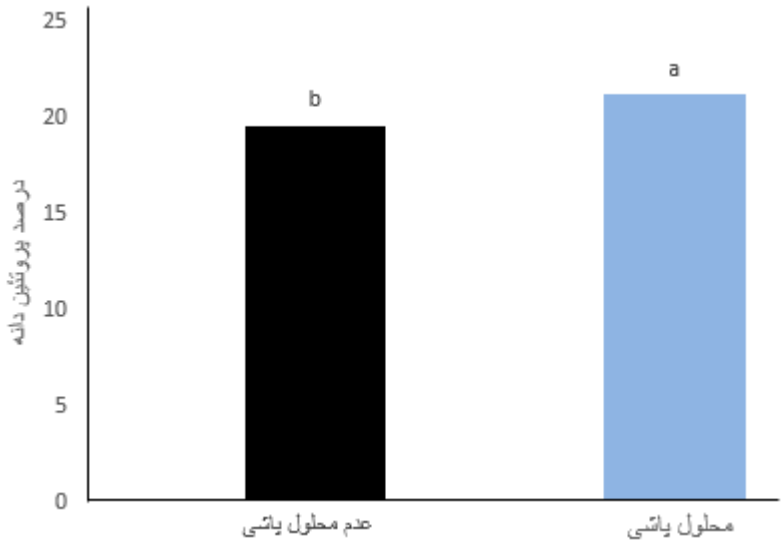
شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر بیوچار و اسید سالیسیلیک

۴-۴- صفات کیفی

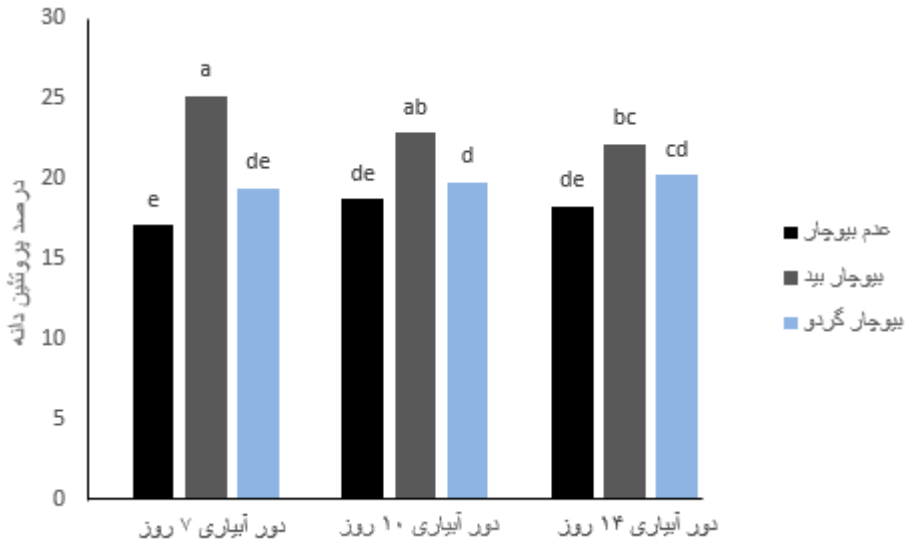
۴-۴-۱- میزان پروتئین دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان پروتئین دانه (جدول پیوست ۴-۴) اثر اصلی بیوچار، اثر اصلی اسید سالیسیلیک و اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در مقایسه میانگین اثر اصلی محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۲۱)، محلول‌پاشی اختلاف عملکرد معنی‌داری را با عدم محلول‌پاشی به وجود آورد بدین گونه که محلول‌پاشی توانست افزایش اثر ۸ درصدی را نسبت به عدم محلول‌پاشی ایجاد کند و در جایگاه اول تاثیرگذاری بر میزان افزایش پروتئین دانه، قرار گیرد. در مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار (شکل ۴-۲۲) تیمار بیوچار بید در شرایط عدم تنش با تیمار کاربرد بیوچار بید در دور آبیاری ۱۰ روز از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری نبودند. در این گروه آماری بیوچار بید در دور آبیاری ۷ روز توانست تأثیر بیشتری را بر میزان پروتئین دانه داشته باشد. فاکتور عدم تنش به همراه استفاده از بیوچار بید نسبت به عدم بیوچار (شاهد) افزایش عملکرد ۴۷ درصد و نسبت به بیوچار گردو افزایش ۲۹ درصدی را نشان داد. در دور آبیاری ۱۰ روز نیز بیوچار بید نسبت به عدم بیوچار ۲۱ درصد و با بیوچار گردو ۱۵ درصد افزایش را در میزان پروتئین دانه ایجاد کرد. همچنین در دور آبیاری ۱۴ روز بیوچار بید توانست ۹ درصد افزیش در میزان پروتئین نسبت به عدم بیوچار ایجاد کند. میزان افزایش کارایی بیوچار بید در شرایط دور آبیاری ۷ روز نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز، ۱۳ درصد بود. بیوچار ترکیبی دارای یک ساختمان منحصر به فرد فیزیکوشیمیایی است که منجر به افزایش باروری خاک و عملکرد محصولات به ویژه در خاک‌های تخریب یافته می شود که سبب بهبود کیفیت و سلامت خاک، افزایش عملکرد محصول، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، کاهش اسیدیته خاک، کاهش جذب مواد سمی خاک و بهبود ساختمان خاک می‌گردد و با توجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، بیوچار

تولید شده از آنها نیز می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد (تانگ و همکاران، ۲۰۱۳). این ویژگی‌های متفاوت ممکن است تاثیرات متفاوتی را بر نیتروژن، پروتئین، فسفر، شکل‌های مختلف پتاسیم خاک، شامل پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی و ریزمغذی‌ها (آهن، منگنز، مس و روی) داشته باشد. شرایط تنش موجب تجمع گونه‌های اکسیژن فعال در گیاهان می‌شود که باعث صدمات اکسیداتیو به چربی‌ها پروتئین‌ها شده و در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌گردد (مولاسیوتیس و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش درصد پروتئین در شرایط تنش می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین در گیاه باشد (سبک دست و خیال پرست، ۱۳۸۲). احتمالاً کاهش سنتز پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و یا تجزیه پروتئین‌ها به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز باشد (سی وسه مرده، ۱۳۹۳).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک

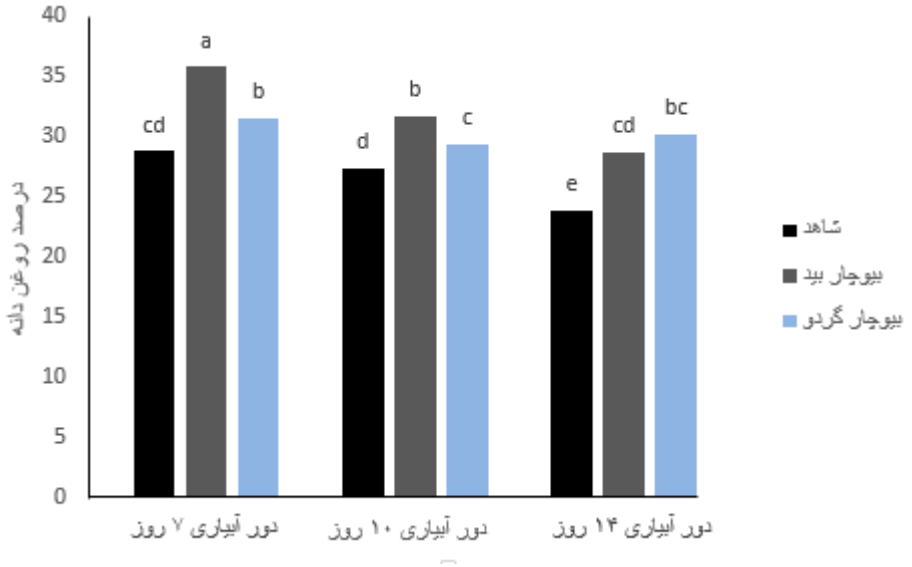


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و بیوچار

۴-۴-۲- میزان روغن دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به روغن دانه (جدول پیوست ۴-۴) اثر اصلی دور آبیاری، اثر اصلی بیوچار و اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار (شکل ۴-۲۳) نشان داد در دور آبیاری ۷ روز، کاربرد بیوچار بید توانست بیشترین تأثیر را بر میزان روغن دانه داشته باشد. در رتبه‌بندی صورت گرفته، در دور آبیاری ۷ روز و همچنین استفاده از بیوچار بید افزایش ۲۴ درصدی را نسبت به عدم کاربرد بیوچار به وجود آورده است. همچنین بیوچار گردو نیز در میزان روغن دانه افزایش ۹ درصدی را نسبت به شاهد شامل شد. تفاوت استفاده از بیوچار بید و گردو نیز ۱۳ درصد بود. این تأثیرات نیز در دور آبیاری ۱۰ روز نیز مشاهده شد با این تفاوت که به دلیل وجود تنش میزانی از این تأثیرات کاسته شد. در دور آبیاری ۱۰ روز بیوچار بید نسبت به عدم کاربرد بیوچار، ۱۵ درصد اختلاف را بوجود آورده است. بیوچار گردو نیز افزایش ۷ درصدی را ایجاد

کرد. تفاوت استفاده از بیوچار بید و گردو نیز ۷ درصد بود. در دور آبیاری ۱۴ روز تأثیر بیوچار گردو از بیوچار بید بیشتر مشهود است. بدین ترتیب که بیوچار گردو نسبت به عدم بیوچار، ۲۶ درصد افزایش و بیوچار بید نسبت به عدم بیوچار، ۵ درصد افزایش را بوجود آورد. این تأثیر در دور آبیاری ۱۰ روز نیز مشاهده شد. ولی در دور آبیاری ۱۴ روز تأثیر بیوچار گردو نسبت به بیوچار بید بیشتر بود. این امر احتمالا به دلیل مناسب بودن شرایط بیوچار گردو نسبت به بیوچار بید در تنش‌های بالا باشد. در این آزمایش بیوچار بید در دور آبیاری ۱۰ روز و بیوچار گردو در دور آبیاری ۱۴ روز، بالاترین اثر را از خود نشان دادند. در استفاده از بیوچار بید، عدم تنش نسبت به دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز به ترتیب ۱۲ و ۲۴ درصد اختلاف را ایجاد کرد. در استفاده از بیوچار بید دور آبیاری ۱۰ روز نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز نیز اختلاف ۱۰ درصدی را بوجود آورد. آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌بندی موجب می‌شود که عملکرد دانه گلرنگ افزایش چشم‌گیری داشته باشد. ارزش و اهمیت غذایی دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (حاجی زاده، ۱۳۸۱). این موضوع تأکید بیشتر را در مورد اهمیت دانه روغنی گلرنگ نشان می‌دهد. در این آزمایش تأثیر مثبت بیوچار در بالا بردن میزان کمی روغن گلرنگ حتی در شرایط تنش را نشان داد. کاهش درصد روغن به موازات اعمال تنش آبیاری را می‌توان به کاهش سطح برگ، اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به مقصد یا دانه‌ها، یا افزایش میزان تنفس جهت جلوگیری از صدمات تنش نسبت داد. پتال و پتال (۱۹۹۶) گزارش نمودند که درصد روغن گلرنگ در شرایط آبیاری منظم، افزایش می‌یابد.

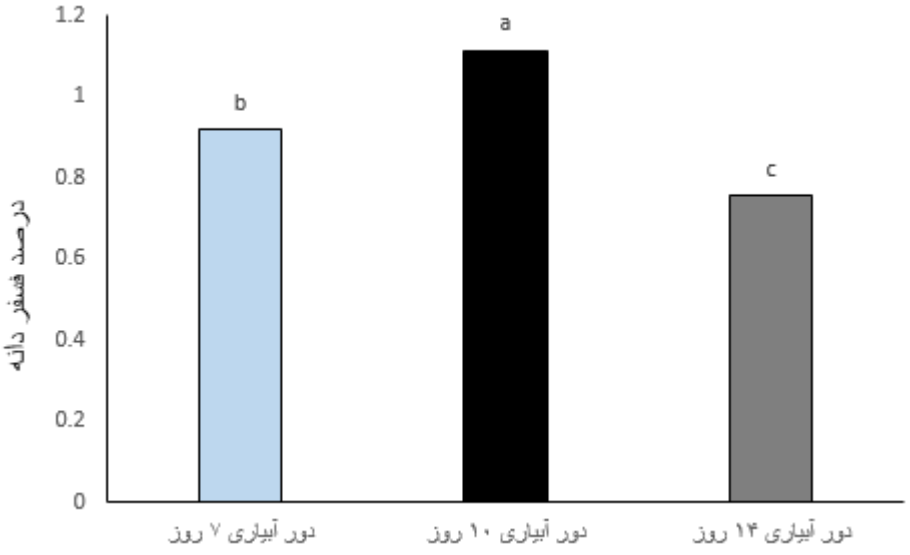


شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین درصد روغن دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و بیوچار

۴-۴-۳- محتوی فسفر دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت فسفر دانه (جدول پیوست ۴-۳) اثر اصلی دور آبیاری در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی دور آبیاری (شکل ۴-۲۴) نشان داد اعمال دور آبیاری ۱۰ روز توانست بیشترین تأثیر را بر میزان فسفر دانه داشته باشد و میزان فسفر دانه را افزایش دهد. در دور آبیاری ۱۰روز افزایش عملکرد به میزان ۴۷ درصد نسبت به تنش شدیدتر، یعنی دور آبیاری ۱۴ روز بود. در این آزمایش میزان تجمع فسفر در تنش۱۰ روز نسبت به شرایط عدم تنش افزایش۲۰ درصدی را به دنبال داشت و دور آبیاری ۱۴ روز نسبت به عدم تنش کاهش ۲۲ درصدی را باعث شد. همان‌گونه که گفته شد افزایش تجمع فسفر در بذر در دور آبیاری ۱۰ روز مشاهده گردید. اما با بالا رفتن میزان تنش، از میزان فسفر ذخیره‌ای در دانه کاسته شد. این بدان معنی است که احتمالا میزان عناصر غذایی تحت تأثیر تنش، در درون گیاه متغیر می‌شوند. همچنین گیاه در حالتی که با تنش مختصری مواجه

شود، به گونه‌ای که میزان مختصری کاهش عملکرد مورفولوژیک داشته باشد، باعث افزایش میزان فسفر ذخیره‌ای شود. البته این در شرایطی است که گیاه در تنش‌های بیش از حد دچار کمبود میزان فسفر نشود. غلظت منیزیم، کلسیم، فسفر و روی در یونجه در شرایط کم‌آبی افزایش می‌یابد (کیدامبی و همکاران، ۱۹۹۰). خشکی انتقال فسفر به شاخه‌ها را شدیدا محدود می‌کند (راسنیک، ۱۹۷۰).



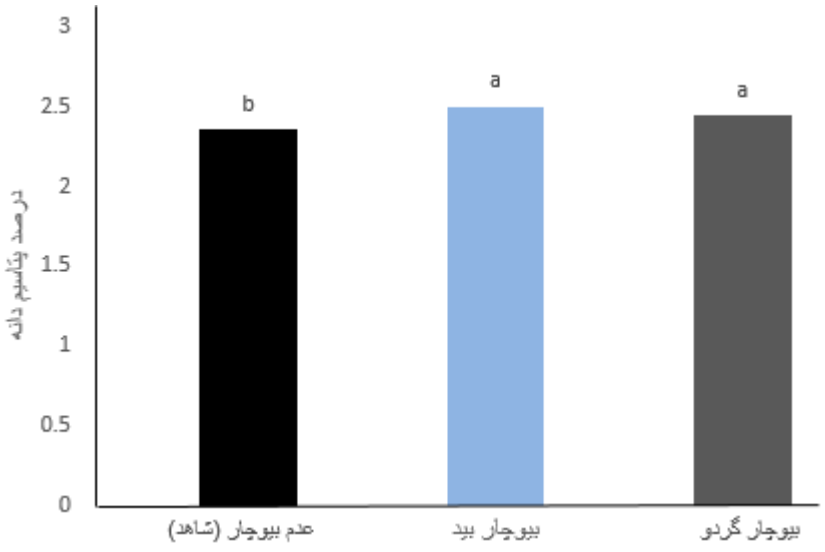
شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین درصد فسفر دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف

۴-۴-۴- محتوی پتاسیم دانه

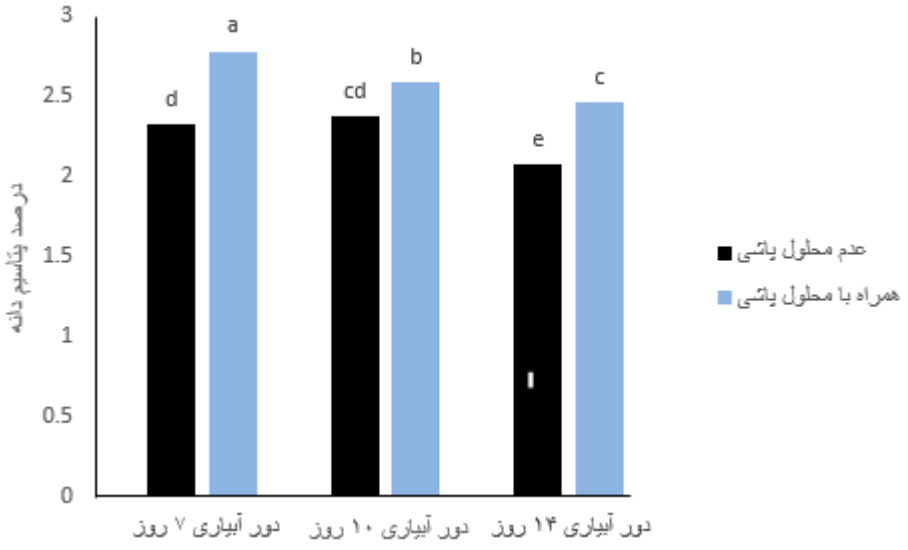
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت پتاسیم (جدول پیوست ۴-۳) اثر اصلی دور آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی بیوچار، اثر اصلی اسید سالیسیلیک و همچنین اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار

(شکل ۴-۲۵)، نشان داد که بین بیوچارهای مصرفی اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد و هر دو در یک سطح (سطح آماری a) قرار گرفتند. همچنین بیوچارهای مورد استفاده در این آزمایش، با شاهد اختلاف اثر معنی‌داری را ایجاد کردند. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک (شکل۴-۲۶) نشان داد که در شرایط عدم تنش کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین تاثیر را بر میزان محتوی پتاسیم دانه داشت و باعث افزایش میزان پتاسیم دانه شد. میزان پتاسیم دانه در شرایط عدم تنش، محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۱۹ درصد افزایش را نسبت عدم محلول پاشی نشان داد. این نتیجه در شرایطی است که در دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز، محلول پاشی به ترتیب افزایش ۷ و ۱۳ درصد را نسبت به عدم محلول‌پاشی بوجود آورد. محلول‌پاشی در شرایط عدم تنش توانست نسبت به دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز به ترتیب افزایش کارایی ۷ و ۱۳ درصدی را در میزان پتاسیم دانه ایجاد کند. عدم محلول‌پاشی نیز در دور آبیاری ۱۰ روز توانست اختلاف ۱۴ درصدی را نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز ایجاد کند. پتاسیم بر روی فعالیت فتوسنتزی و باز و بسته شدن روزنه‌ها و همچنین در تنظیم اسمزی گیاه در شرایط خشکی نیز تاثیرگذار است. محققان به بررسی توانایی اسید سالیسیلیک برای ایجاد اثرات محافظتی روی گیاهان تحت تنش‌های محیطی توجه نموده‌اند (پال ام و همکاران، ۲۰۰۲؛ ساخابات دینوور ای آر و همکاران، ۲۰۰۳؛ شکیروا اف ام، بزدوکووا ام وی، ۱۹۹۷). سطوح پایین رطوبت خاک، سرعت انتقال پتاسیم از خاک به سطح ریشه و سرعت جریان آن را در واحد طول ریشه گیاه پیاز، کاهش داد (کوچنبوچ و همکاران، ۱۹۸۶). تثبیت فسفر و پتاسیم در خاک، در شرایط کم‌آبی، از دیگر دلایل کمبود آن در گیاه ذکر شده است (حیدری شریف آباد ۱۳۷۹). خشکی خاک همچنین سرعت انتشار مواد غذایی را از محیط خاک به سطح جذب کنندهٔ ریشه همراه با کاهش رطوبت خاک کاهش می‌دهد (الم، ۱۹۹۹). این عنصر، در فعالیت آنزیم و کوآنزیم‌ها، خنثی سازی یون‌های باردار شده غیرقابل انتشار و پلاریزاسیون غشاء نقش مهمی ایفا می‌کند (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش خشکی در لایه های سطح خاک، ممکن است گیاه را مجبور کند تا رطوبت مورد نیاز خود را از لایه

های عمیق‌تر خاک استخراج کند. این لایه‌ها دارای عناصر غذایی ضروری کمتری هستند. بدین ترتیب، گیاه با تنش عناصر غذایی روبه رو می‌شود (انجم شعاع و همکاران، ۱۳۹۰).



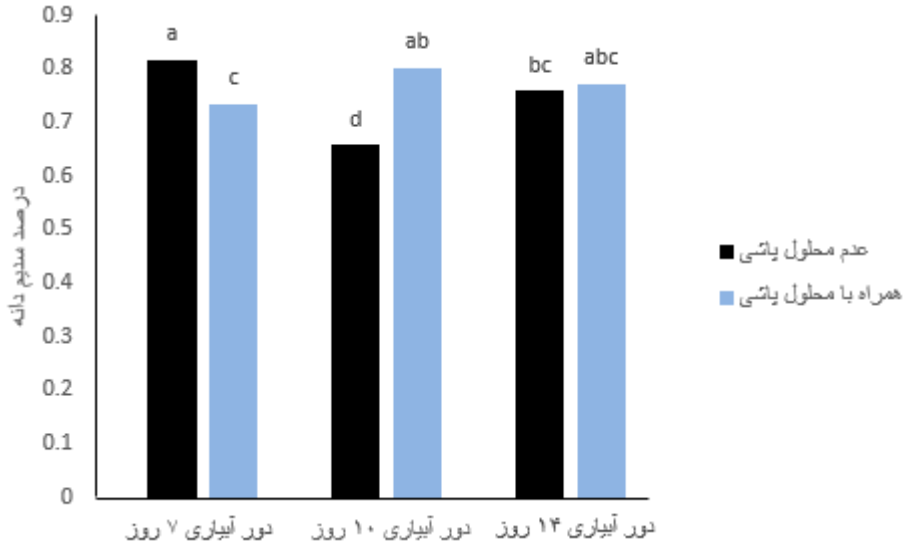
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه تحت تأثیر بیوچار



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک

۴-۴-۵- محتوی سدیم دانه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفت سدیم دانه (جدول پیوست ۴-۳) اثر اصلی دور آبیاری و اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۲۷) نشان داد کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط ایجاد تنش توانست بیشترین تأثیر را بر میزان بر میزان سدیم دانه داشته باشد و باعث افزایش سدیم دانه شود. در شرایط عدم تنش این افزایش روند عکس داشت بدین ترتیب که در عدم محلول‌پاشی میزان افزایش سدیم دانه نسبت به محلول‌پاشی، ۱۱ درصد می‌باشد. در دور آبیاری ۱۰ روز، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانسته افزایش ۲۱ درصدی را نسبت به عدم محلول‌پاشی ایجاد کند. عدم محلول‌پاشی در شرایط عدم تنش نسبت به دور آبیاری ۱۰ روز ۲۴ درصد و نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز ۷ درصد اختلاف را ایجاد کرد. همچنین محلول‌پاشی در دور آبیاری ۱۰ روز نسبت به دور آبیاری ۷ روز، ۹ درصد افزایش را شامل شد. محدودیت آب عموما مقدار فسفر، سدیم منیزیم و آهن را در گیاه کاهش می‌دهد (عبدالرحمان و همکاران، ۱۹۷۱). کاهش جذب مواد و عناصر غذایی در شرایط کم‌آبی در گیاه ریحان (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱) و بابونه آلمانی (پیرزاد و همکاران، ۲۰۱۲)، گزارش شده است. 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 ۴-۲۷- مقایسه میانگین درصد سدیم دانه تحت تأثیر دور آبیاری مختلف و اسید سالیسیلیک

۴-۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر میزان فسفر دانه و پرولین داشت. تأثیر معنی‌دار بیوچار نیز بر صفات وزن صد دانه، رنگیزه‌ها، پتاسیم دانه، پرولین، ارتفاع بوته، وزن خشک و پایداری غشاء برگ مشاهده شد. همچنین تأثیر معنی‌دار اسید سالیسیلیک بر صفات پروتئین دانه و رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز مشاهده شد. در نتایج حاصل از اثرات متقابل، اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار بر صفات وزن خشک ساقه، عملکرد بیولوژیک، پروتئین و روغن دانه و محتوی نسبی آب در برگ و اثر متقابل دور آبیاری × اسید سالیسیلیک بر صفات کاروتنوئید برگ، پتاسیم دانه، میزان پایداری غشاء و محتوی نسبی آب در برگ و همچنین اثر متقابل دور آبیاری × بیوچار × اسید سالیسیلیک بر صفات وزن قوزه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارای اثر معنی‌داری بود. اثر افزاینده متقابل بیوچار × اسید سالیسیلیک بر صفات وزن خشک گلبرگ، تعداد دانه و میزان کاروتنوئید نشان داد استفاده توأم بیوچار و اسید سالیسیلیک توانست تأثیر

معنی‌داری را بر این صفات داشته باشد. در این پژوهش علی‌رغم تأثیر کم‌آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی گیاه، وجود بیوچار در خاک و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانست از صدمات تنش کم‌آبی بکاهد. در این پژوهش بیوچار اثر مثبتی را بر برخی از خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان داشت. احتمال می‌رود بیوچار به صورت غیر مستقیم از طریق جذب آب و مواد معدنی و در اختیار گذاشتن آن در هنگام وقوع کم‌آبی، اثر مثبتی بر رشد شاخساره و عناصر غذایی گیاه داشته باشد. بیشترین تأثیر اسید سالیسیلیک نیز در صفات رنگدانه‌های فتوسنتزی و تنظیم کننده‌های اسمزی مشاهده شد که می‌تواند علت آن نحوه اعمال محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک که به صورت برگی است، باشد. همراهی بیوچار با اسید سالیسیلیک به گیاه این توانایی را داد که بتواند هم از طریق ریشه و هم از طریق برگی با شرایط کم‌آبیاری مقابله کند. بنابراین در یک نتیجه‌گیری کلی بهتر است برای مقابله بیشتر گیاه با شرایط کم‌آبیاری در زمین زراعی، از مکمل بیوچار – اسید سالیسیلیک، استفاده شود.

۴-۶- پیشنهادات

۱- مقایسه انواع بیوچار با یکدیگر، از نظر جذب آب و مواد غذایی و انتقال آن به گیاه

۲- بررسی تأثیر مقادیر بالاتر بیوچار به همراه مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک بر گیاهان

۳- بررسی تأثیر سایز مخلتف قطعات استفاده شده در بیوچار از نظر جذب آب و مواد غذایی و انتقال آن به گیاه.

۴- ایجاد کلاتی از بیوچار و عناصر غذایی که بتوان تأثیر عناصر غذایی موجود در بیوچار را در گیاهان افزایش داد.

۵- استفاده از اسید سالیسیلیک به صورت پیش‌تیمار، یا به صورت بذرمال همراه با کاربرد بیوچار.

۶- مقایسه فاکتورهای بیوچار و اسید سالیسیلیک در کنار هم در سایر گیاهان

پیوست‌ها

جدول۴-۱- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات وزن گلبرگ، قوزه و برگ، ارتفاع بوته، وزن ساقه و قطر ساقه.

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن گلبرگ	وزن قوزه	وزن برگ	ارتفاع بوته	وزن ساقه	قطر ساقه
تکرار	۲	۱/٤٦۲	٦۰/۷۷٥**	۹۰۹/٤۷۸*	۱٤۷/۹٦۸	۱۰۹۳/٥۱۲	۰/۰۱٤۱
دور آبیاری (A)	۲	۰/۳۳٦	۲۹۱/۷٤۲**	۱۸۸/۰٥۲	۲۳٦/۲۷۸	۹٥/٦۲۸	۰/۰۰۲۱
خطا	٤	۰/٥٥٤	۲/۷۱۱	٥۸/٥٦۹	٦۷/۸۱۸	٦۹۸/۷۳۲	۰/۰۱٤۱
بیوچار (B)	۲	۱٤/۳۷۰**	۱۳۱/۳۸٤*	۲۰۲/۰۱۷**	۸۸/۱۱۲**	۱۰۱/۱٦٤	۰/۰۰۰۱
AB	٤	۰/۰٤٤	۲۹٦/۱۱۱**	۱۰/۷۲۷	۸/۳۲۷	۲۰۲/۳٦۱*	۰/۰۰۲۱
اسید سالیسیلیک (C)	۱	۱۰/٤۷۲**	۱٤۰/٦۸۳	۰/۱۸٦	٥۰/٤۲۱	۰/۳۲۲	۰/۰۰۱۱
AC	۲	۰/۱٦۰	۸/٦٦٤	۱۹/٥٥۸	۱۰/۱۹۱	۱٥/۳۷۱۰	۰/۰۰۱۱
BC	۲	۰/۹۸۳**	۱۰۰/۹۷۰	۱۳/۳٦٦	۲/۰٦٥	۸٤/۷۲۰	۰/۰۰۱۱
ABC	٤	۰/۱٥۲	۱٦۸/۱۹۸**	٦۰/٤۱۸	۲۸/۹٥۹	٦٤/۹۳۳	۰/۰۰۱۱
خطا	۳۰	۰/۱۲۳	۱٦۸/۸۲۹	۳٥/۷۱٦	۱٤/۷۸۱	٦۳/۲۹۰	۰/۰۰۲۱
ضریب تغییرات	-	۸/۹۷	۱۲/۸۹	۱۸/۹٥	۹/۳۳	۱۸/۱۹	۸/۲۳

*و** بترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۲- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه و عملکرد بیولوژیک.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن صد دانه	تعداد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۱۹۷٤/۵۹۸	۰/۳۰۱	۱٦۱۱٦۹۳/۳۵۲	۹۱۲۱/۲۰۲*
دور آبیاری (A)	۲	۱٤۰٦/۵٤٤	۰/۰۱۳	۹۷۰۰۲٦/۷٤۱	٦۸٤۸/۲۳۸*
خطا	٤	۱۱٤۵/۰۹۹	۰/۱۹۵	٦٤۲۲٦۰/۵۱۹	۱۰٤۸/٦۸۸
بیوچار (B)	۲	٦۹/۳۷۹	۰/۵۸۱**	۲٤۷۸۳۰۵/۵۷٤**	۳۱۳/۳۰۰
AB	٤	۳٦٦/۵۷۱	۰/۰۷٦	۷۰۰۱٤/٦۵۷	۱۷۳۷/۹۳۳*
اسید سالیسیلیک (C)	۱	۱۵/٤۷۸	۰/۰۱۷	۱۸۲٦۷۵۲/۲۹٦**	۳۵/٤۱۳
AC	۲	۱/۰۰۳	۰/۰۰۱	۲٦۲۹٦/۹٦۳	۹۷/۱۳۹
BC	۲	۷۰/۵۷۹	۰/۱۰٦	۱۳۸۳٦۹/۹۰۷*	۵۹۱/٦۷٦
ABC	٤	٦۲٦/۰٤۸*	۰/۰۵٦	۳۱۷۰۲/۸۲٤	۲۳۱۱/۳۱۰**
خطا	۳۰	۱۷۱/٦٦۸	۰/۰۸٤	٤٤۵۸۰/۰۸۵	۵۵۷/۳٤۵
ضریب تغییرات	-	۲۰/۹۷	۸/۹۵	۱۰/٤۸	۱۲/٤۱

*و** بترتیب نشان دهنده ی معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۳- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات پتاسیم، سدیم، فسفر و نیتروژن دانه.

منابع تغییر	درجه آزادی	پتاسیم دانه	سدیم دانه	فسفر دانه
تکرار	۲	۰/۰۲٤	۰/۰۰۱۱*	۰/۰۰٤
دور آبیاری (A)	۲	۰/۳۹۲*	۰/۰۰۲۱**	۰/۵۸۱**
خطا	٤	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲
بیوچار (B)	۲	۰/۰۹۳**	۰/۰۰۱۱	۰/۰۳۲
AB	٤	۰/۰۰٦	۰/۰۰۱۱	۰/۰۲۱
اسید سالیسیلیک (C)	۱	۱/٦۸۳**	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲
AC	۲	۰/۰۷۲**	۰/۰۳۳۱**	۰/۰۳۵
BC	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۷
ABC	٤	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲
خطا	۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۰
ضریب تغییرات	-	٤/۵۷	۱/۹۲	۱۵/۳۵

* و ** بترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۴- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات پرولین برگ، پروتئین و روغن دانه.

منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	پروتئین دانه	روغن بذر
تکرار	۲	۲٦/۸۳۲	۱٦/۸۷٥	۰/۲۰۸
دور آبیاری (A)	۲	۲۰۷۰٤/٤۸۱**	۰/٤۳۲	۹۰/٦۲۹**
خطا	٤	۲٦/۱۰۹	۱۹/۳٤۰	۰/٤۲٦
بیوچار (B)	۲	۲٤۱/۷٥۲**	۱۳۳/۲٦۲**	۱۳٥/۸۸٤**
AB	٤	۸/۷٦٤	۹/۷۹۰**	۱٦/۰۹۷**
اسید سالیسیلیک (C)	۱	٤۸/۰۱٦	۳٤/۱۹۳**	۲/٦٦۲
AC	۲	۱٦/۱۷٥	۱/۱٥۳	۰/۸۱۳
BC	۲	۲۳/۳۳۰	۳/۳۲۰	۰/٤۱۸
ABC	٤	۷/۱۳۱	۲/٥۳٥	۰/۱۸۰
خطا	۳۰	۲۸/۳۱۳	۲/۲٦٥	۲/۲٥۹
ضریب تغییرات	-	۱۱/٦۸	۷/۳۷	٥/۰٦

*و** بترتیب نشان دهنده ی معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول۴-۵- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات کلروفیل b,a, کل و کاروتنوئید برگ.

منابع تغییر	درجه آزادی	کلرفیل a	کلرفیل b	کلرفیل کل	کارتنوئید
تکرار	۲	٤۹/۰۷۰	٦/٥۸۹	۹۱/۱٤۰	٥٤/٤۱٦
دور آبیاری (A)	۲	۳٤/۸٥۲	٤/۱٤۸	٦۲/۸۲٤	۳٦/۱۹٥
خطا	٤	٤٥/٤۹۹	٦/۰۱٦	۸٤/٤٦٤	٥۲/٦۱۳
بیوچار (B)	۲	۷۳/۰۷۷**	۷/٥۳۳**	۱۲۷/٥۰۷**	۰/۲۰۱
AB	٤	۱/۱٦٥	۰/۱٥۱	۲/۰۱٤	٥/۱۰۷
اسید سالیسیلیک (C)	۱	٤۳/۷۰۲**	٤/۷۹۸**	۷۷/٤٦۳**	۳/٦۷۳
AC	۲	۰/۲۹۰	۰/۰۱۱	۰/۱۹۷	۱۲/۰۲۰*
BC	۲	۰/٦٦۸	۰/۱٦۱	۱/٤٦۹	۱٥/۱۲٥*
ABC	٤	۰/۷٦۹	۰/۰٥۷	۱/۲۰۲	٤/۰۷۸
خطا	۳۰	۰/۷۰٤	۰/۰۷۷	۱/۱٤۰	۳/۳٦۳
ضریب تغییرات	-	٥/۲۸	٥/٦۹	٥/۱٤	۱۲/۸۲

*و** بترتیب نشان دهنده ی معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۶- میانگین مربعات اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات پایداری و محتوی نسبی آب.

منابع تغییر	درجه آزادی	پایداری غشاء	محتوی نسبی آب برگ
تکرار	۲	۱۲۸/۰۷٤	٦/۱۹۹
دور آبیاری (A)	۲	۸۰/۸۳۸	۳۳٥/٦٤٤
خطا	٤	۷۲/٥۱۹	۹۲/۲٦۹
بیوچار (B)	۲	۱۳٥۲/٥۱۹**	۲۹۰/۳۱۰**
AB	٤	٤۱/٥۸۸	۲٤/۳۱۷*
اسید سالیسیلیک (C)	۱	۲۱۰۳/۱۳۰**	۲٦٤/٤٤۹**
AC	۲	۹٥/۰۳۲*	۳٥/۹۲۱*
BC	۲	٤۳/٥۷٤	۱۳/۸۳۸
ABC	٤	٦/۰۱۹	۱/۱۲۳
خطا	۳۰	۱۸/۰٤۸	۷/۰۷۹
ضریب تغییرات	-	۸/۳۸	۳/۸۱

*و** بترتیب نشان دهنده ی معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۷- مقایسات میانگین مربوط به عملکرد دانه، وزن خشک قوزه و عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف تنش خشکی، بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک.

تنش	تیمار		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک قوزه (گرم در متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
	بیوچار	اسیدسالسلیک			
دور آبیاری ۷ روز	عدم بیوچار	عدم محلول پاشی	۵۷۹/۹ cdef	۵۰/۰۹ bcdef	۱/۶۶۱ efg
		محلول پاشی	۴۴۵/۴ f	۴۱/۰۱ fgh	۱/۵۲۴ g
	بیوچار بید	عدم محلول پاشی	۴۷۴/۸ ef	۴۸/۳۰ cdefg	۱/۸۸۲bcdefg
		محلول پاشی	۴۸۶/۱ def	۳۹/۰۲ gh	۱/۷۸۲ cdefg
	بیوچار گردو	عدم محلول پاشی	۵۳۷/۰ cdef	۴۴/۴۷ efgh	۱/۶۴۶ fg
		محلول پاشی	۶۴۳/۶ bcdef	۴۹/۴۲ bcdefg	۱/۸۷۳ bcdefg
دور آبیاری ۱۰ روز	عدم بیوچار	عدم محلول پاشی	۵۸۱/۱ cdef	۴۴/۹۷defgh	۱/۶۷۵defg
		محلول پاشی	۸۳۳/۲ab	۵۵/۰۸ bcd	۲/۲۴۴ ab
	بیوچار بید	عدم محلول پاشی	۶۴۰/۳۹ bcdef	۴۷/۱۱ cdefgh	۲/۰۴۹ bcde
		محلول پاشی	۹۰۰/۲ a	۶۶/۱۸ a	۲/۴۹۳ a
	بیوچار گردو	عدم محلول پاشی	۶۳۹/۳ bcdef	۵۴/۱۶bcde	۲/۰۶۸ bcd
		محلول پاشی	۶۰۸/۰ cdef	۵۲/۲۶ bcde	۲/۱۵۱ abc
دور آبیاری ۱۴ روز	عدم بیوچار	عدم محلول پاشی	۷۴۱/۵abc	۵۹/۴۴ ab	۲/۰۵ bcde
		محلول پاشی	۷۰۲/۶ abcd	۵۷/۴۳ abc	۱/۹۸۶ bcdef
	بیوچار بید	عدم محلول پاشی	۵۴۸/۰cdef	۳۷/۰۳ h	۱/۵۹۵ fg
		محلول پاشی	۶۳۵/۴ bcdef	۳۹/۰۱ gh	۱/۸۲۴ cdefg
	بیوچار گردو	عدم محلول پاشی	۶۶۸/۵ bcde	۵۰/۲۹ bcdef	۱/۹۸۲ bcdef
		محلول پاشی	۵۷۵/۷ cdef	۴۵/۷۱ defgh	۱/۷۶۷ cdefg

درهرستون و هر تیمار حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری یا هم دارند.

منابع

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. سال چهارم. شماره۳.

ابوالحسنی، خ. ۱۳۸۱. ارزیابی لاین‌های حاصل از توده‌های بومی گلرنگ در دو رژیم رطوبتی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات.

ابوالحسنی، خ و سعیدی، ق. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال۱۰. شماره ۳.

احمدی، ز. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف بیوچار و همزیستی قارچ‌های مایکوریز آرباسکولار با گیاه ذرت در کاهش آبشویی نیترات. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود. پایان نامه ارشد.

احمدی، م. ر. ۱۳۷۸. کیفیت و کاربرد دانه‌های روغنی. نشر آموزش کشاورزی. ۱۱۳ صفحه.

آلیاری، ه.، شکاری ف و شکاری ف. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی تبریز ص ۱۸۲.

امیدی تبریزی، ا.ح. و احمدی، م.ر. ۱۳۷۹. مروری بر تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی گلرنگ در جهان و ایران. مجله زیتون. شماره ۱۴۲. صفحات: ۲۱-۲۸.

انجم شعاع، س.، معین‌راد، ح.، 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 پژوهش‌های حبوبات ایران. ۲ (۲): ۶۹-۸۲.

اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی کرج. ۱۵-۱۸ شهریور. ۴۳-۶۲.

باغخانی، ف. و فرحبخش، ح. ۱۳۸۷. اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۸(۲): ۴۵-۵۷.

بالجانی، ر. ۱۳۸۹. تاثیر پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بر نمود و خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ تحت تنش کم آبی. دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت.

بهدانی، م. ع.، راشد محصل، م. ح. ۱۳۷۷. بررسی اثر تراکم بر عملکرد سه رقم کنجد. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ج.۱۲.ص. ۶۳-۵۷.

پاسبان اسلام، ب. ۱۳۸۹. تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۲): ۲۷۵-۲۸۳.

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 پژوهش‌های گیاهی (زیست شناسی ایران). دوره ۲۷. شماره ۲. ۱۸۰-۱۹۳.

جهانبین، ش.، ز. طهماسبی سروستانی، ع. م. مدرس ثانوی و ق .کریم‌زاده.۱۳۸۲. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، برخی از اجزای عملکرد و شاخصهای مقاومت در ژنوتیپهای جو لخت .مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی .۴:۳۴-۲۵.

حاجی زاده، ع . ۱۳۸۱. ارزیابی جایگاه دا نه‌های روغنی در اقتصاد ملی. صنعت روغن گیاهی . ص ۴۵.

حسنی، ع. و امیدبیگی، ر. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان، مجلهٔ دانش کشاورزی ، جلد ۱۲، شمارهٔ ۳، صفحات ۴۷-۵۹.

حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۷۹. گیاه، خشکی و خشکسالی. انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران ، ۲۰۰ صفحه.

خالصی، خ. ۱۳۹۳. تأثیر نیتروژن و بیوچار بر صفات کمی و کیفی ذرت در شرایط کم‌آبیاری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود. پایان نامه ارشد.

خزاعی، ح .ر. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی. رساله دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۵صفحه.

خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۵۱ صفحه.

خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

دانشمندی، م.ش.، عزیزی، م.، ۱۳۸۸. تأثیر پلیمر سوپرجاذب آب (Super absorbent polymer) درشرایط تنش خشکی بر خصوصیات فیزیکو مورفولوژیکی، عملکرد محصول و انباشت متابولیت‌های سازگار در گیاه دارویی ریحان اصلاح شده (*Ocimum basilicum* L. Var. keshkeny levelu). ششمین کنگره باغبانی ایران. ص ۱۲۷۶- ۱۲۷۹.

راهنما، ع.، آبسالان ش. و مکوندی، م.ا. ۱۳۸۷. اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم علوفه‌ای. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۱(۲): ۱۱ - ۲۳.

رضائیان، آ. ۱۳۹۳. تأثیر بیوچار و مایکوریز آرباسکولار بر جذب، انتقال و انباشت کادمیم در گیاه نعنا فلفلی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود. پایان نامه ارشد.

زینلی، ا. ۱۳۷۸. گلرنگ (شناخت، تولید و مصرف). انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴۴ صفحه.

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

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

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

شکری، ف.، علی زاده، خ . و رشیدی، و. ۱۳۸۶. ارزیابی برخی از صفات و شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌ها و ارقام گلرنگ. مجله علوم کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی تبری ۱(۳): ۱-۱۱.

شیرانی راد، ا. ۱۳۷۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی: مطالب درسی، پرسش‌های چهارگزینه‌ای و پاسخ‌نامه تشریحی. موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، تهران، ۳۶۰ صفحه.

صادقی، ح. و بحرانی، م. ج. ۱۳۸۰. تاثیر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۳. شماره ۲. ۷۵ صفحه.

عفت دوست، ن. ۱۳۸۲. ارزیابی اثر تنش خشکی بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل. ۱۲۰ صفحه.

فرخی نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان اسلام، ب. و ساسان دوست، ر. ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۳): ۵۴۵-۵۵۳.

قنواتی، ن. ع. و نهاوندی، ا. ۱۳۵۲. گلرنگ روزت طولانی یا زمستانه. هشتمین سمینار تحقیقات علمی دانه‌های روغنی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

کافی، م.، زند، ا.، کامکار، ب.، شریفی، ح.ر. و گلدانی، ک. ۱۳۷۸. فیزیولوژی گیاهی (جلد دوم) (ترجمه). انتشارات جهاد کشاورزی مشهد، مشهد، ۳۷۹ صفحه.

کریمی، ه. ۱۳۶۸. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۷ صفحه.

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

کوچکی، ع. ۱۳۶۹. زراعت در منطقه خشک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۲ صفحه.

کوچکی،ع. و علیزاده، ا. ۱۳۶۵. اصول زراعت در مناطق خشک. (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی.

کوچکی، ع.، و. مختاری، ش. ب. طاهرآبادی، و س. کلانتری. ۱۳۹۰ . ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد ویژگی‌های کیفی اسفرزه و پسیلیوم در شرایط تنش رطوبتی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ،۲۵ (۳) : ۶۶۵- ۶۵۶.

کیخسروی، ح. ۱۳۹۴. تأثیر بیوچار غنی شده با فسفر بر خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد گیاه ذرت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود. پایان نامه ارشد.

مجنون حسینی، ن. و داوزده امامی، س. ۱۳۸۶. زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۰ صفحه.

مرادی مرجانه، ا. و گلدانی، م.۱۳۹۱. ارزیابی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر تعدادی شاخص‌های رشد گیاه همیشه بهار تحت شرایط کم آبیاری . مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی،۴ (۱): ۳۳-۴۵.

مسعودی صادقیانی، ف.، عبدالهی مندولکانی، ب.، زرتشتی، م ر.، رسولی صادقیانی، م ح. و توکلی، ا. ۱۳۹۰. پاسخ پرولین، قندهای محلول، رنگدانه های فتوسنتزی و آنزیم های 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.

مظاهری لقب، ح.، نوری، ف .، زارع ابیانه، ح. و وفایی، ح. ۱۳۸۰. اثر آبیاری تکمیلی بر صفات مهم زراعی سه رقم آفتابگردان در زراعت دیم، مجله پژوهش کشاورزی، ۳ (۱):۴۴-۳۱.

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.

موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و جلالی، م. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ پاییزه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۵:۱-۱۱.

میارصادقی س، ۱۳۸۹ . تاثیر پرایمینگ اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک کلزا تحت تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

میارصادقی، س.، شکاری، ف.، فتوت، ر. و زنگانی، ا. ۱۳۸۹. تاثیر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر بنیه و رشد گیاهچه کلزا در شرایط کمبود آب. مجله زیست شناسی گیاهی. سال دوم. شماره ۶. صفحات ۷۰-۵۵.

ناصری، ف. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ دوم. ۸۲۳ صفحه.

وفابخش، ج.، نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام کلزا. مجله پژوهش های زراعی ایران .جلد ۶شماره -۱ ص ۲۰۴-۱۹۳.

یزدی صمدی، ب. و عبدمیشانی، ز. ۱۳۷۰. اصلاح نباتات زراعی. مرکز نشر دانشگاهی. ۲۸۴ صفحه.

یعقوبی، م. ۱۳۹۳. تأثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود. پایان نامه ارشد.

Abdel Rahman, A. A., A.F. Shalaby and M.O.E.I. Monayeri. 1971. Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation, Plant Soil, 34: 65.

Agric, J., Saleem, R., Saleem, U. and Sobhani, G.H. 2007. Correlation and path analysis in maize. J Agric Res 45(3): 177-183.

Alam, S. M. 1999. Nutrient uptake by plants under stress condition, In: M. Pessarakli (ed.), Handbook of plant and crop stress, Marcel Dekker Inc., pp. 285-315.

Ananieva, E.A., Christov, K.N. and Popova, L.p. 2004. Exogenous treatment with salicylic asid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. Journal of Plant Physiology, 161(3): 319-328.

Antal, M. J. and Gronli, M. 2003. The art, science, and technology of charcoal production. Industrial & Engineering Chemistry Research. 24(8): 16-40.

Anyia, A.O. and Herzog, H. 2004. Water Use Efficiency, leaf area and leaf gas exchange of Cow pea under mild season drought. Eur. J. Agro. 20(4): 327-339.

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

Arnon, I. 1972. Crop Production in Dry Regions. Vol 2. Leonard Hil, Londan. Pp: 683.

Ashri, Zimmer, D.E.M., Urie, A.L., Cahaner, A.M. and Marani, A. 1974. Evaluation of the world collection of safflower (*carthamus tinctorius* L) VI. Yield and components and their relationship. Crops Sci. 41: 802-997.

Bandurska, H. and Stroinski, A. 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiol Plant 27: 379-386.

Beemarao Senkar, C.A., Paramasivam Manivannan, J., Kishore Kumar, A., Samasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. Droght induced biochemical modification and proline metabolism in (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. Acta Bot. Croat. 66: 43-56.

Bezrukova, M. V., Sakhabutdinova, R., Fatkhutdinova, R., A. Kyldiarova. I. Shakirova, and F. A. R. Sakhabutdinova. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ), 2, 51–54.

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.

Bibi, A., Sadaqat, H. A., Akram, H. M., Khan T. M. and Usman, B. F. 2010. Physiological and agronomic responses of Sudangrass to water stress. J. Agric. Res., 48(3): 369 – 380.

Bideshki, A. and M. J. Arvin. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. Plant Ecophysiology, 2: 73-79.

Blum, A. and C.Y. Sullivan. 1986. The Comparative drought resistance of sorgum and millet from humid and dry regions.Ann.Bor.87:835-846.

Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedling. Plant Physiology, 126(3): 1024-1030.

Brantley, K.E., R.B. Kristofor, M.C. Savin, D.E. Longer. 2015. Biochar source and application rate effects on soil water retention determined using wetting curves. Earth & Environmental Sciences, DOI 10.4236/ojss. 2015.51001.

Chapman, S.R. and Carter, L.P. 1976. Crop production; Princples and practices. W. H. freeman and company. Sanfrancisco. pp: 442-461.

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.

Cutt, J.R. and Klessig, D.F. 1992. Salicylic acid in plants: A changing perspective. Pharmaceu Technol 16: 25–34.

Darabi, N., Falahati, M. and Mahmudian, M. 2007. Evaluation of toxicity chemical substances (extract dihyndropyridine derivatives, safflower and

Peganum harmala) by Saccharomyces cervisiae. J. of Army University of Medical Sciences of the I. R. Iran 2007; 5 (1): 1111 - 4.

Delauney, A. J. and Verma, D. P. S. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.* **4**: 215-223.

Dennis, R. E. and Rubis, D. D. 1966. Safflower production in Arizona. Agricultural 178ertilizer station. The University of Arizona.pp: 1-23.

Ding, Y., Y. X. Liu, W. X. Wu, D. Z. Shi, M. Yang, Z. K. Zhong. 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. Water, Air, & Soil Pollution. 213(1-4):47-55.

Downie, A., Crosky, A., Munroe, P. 2009. Physical properties of biochar. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds. Lehmann, J. & Joseph, S.), Earthscan.

Downie, A., L. Van Zwieten, W. Doughty, F. Joseph. 2007. Nutrient retention characteristics of chars and the agronomic implication, Preceedings, International Agrichar Conference, 30th April – 2nd May 2007, Terrigal, Australia.

Drew, J. Y., David, D., Baltensperger, R. and Kerr, E. 1991. Growing safflower in Nebraska. File NF 36 under Field crops. F-1 miscellaneous crops.

Elizabeth Abreu, M. and S. Munné-Bosch. 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of droughtinduced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. Environmental and Experimental Botany, 64:105–112.

El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.

Emam, Y. & Zavarehi., M. 2005. *Drought tolerance in higher (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis)*. Academic Publishing Center of Tehran. (In Persian).

Eraslan, F., A. Inal, A. Gunes, and M. Alpaslan. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae, 113: 120–128.

FAO. 2010. Food and Agriculture Organization of the unitednations. Available from: http://faostate3.org/hom.index.html/SEARCH-DATA.

Foyer, C.H., Leandais, M. and Kunert, K.J. 1994. Photoxidative stress in plants. Physiologia Plantarum. 92, 696-717.

French, R. J. and N. C. Turner. 1991. Water deficit change dry matter partitioning and seed yield in narrow leafed lupines. Australian Journal of Agricultural Research, 42, 471- 484.

Ganesan, V., Thomas, G. 2001. Salicylic acid response in rice: influence of salicylic acid on H2O2 accumulation and oxidative stress. Plant Sci 160:1095–106.

Gharib, F.A.E. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International Journal of Agriculture and Biology, 9(2): 294-301.

Ghobadi, M., Bakhshande, M., Fathi, G., Gharineh, M.H., Alami said, K., Naderi, A. and Ghobadi, M.E. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of Canola. Effect on yield components, Seed oil and protein contents. J. Agron. 5(2): 336-341.

Ghosh, P.K., K.K Ajay, M.C. Bandyopadhyay, K.G. Manna, A.K. Mandal and K.M. Hati. 2004. Comprative effe ctivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics.Π. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology, 95: 85-93.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. and Guzelordu, T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). Archives of Agronomy and Soil Science 51: 687-695.

Gutzat, R. and Scheid, O.M. 2012. Epigenetic responses to stress: triple defense? Current Opinion in Plant Biology. 15: 568 – 573.

Hadjichristopoulou, A. 1985. Variety, sowing data and seeding rate rials of safflower in Cyprus. Agric. Res. Inst. Ministry of Agricultural and Natural Resources. Nicosia, Cyprus.

Haghighati, A. 2010. Study on the Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers on the Yield and Oil Content of Safflower Lines in Drylands. Res. J. Agron. 4: 57-62.

Haydari, H. M. and M. T. Assad. 1998. Effects of irrigation regimes, nitrogen fertilizer and plant density on seed yield of safflower cultivar Zarghan 279 in Arsanjan region. Abstracts of the 5th Iranian congress of crop Sci. Karaj. Iran. PP. 41-45.

Heaton, T. C. and Knowles, P. F. 1980. Registration of us-18 and uc-149 malesteril safflower germplasm. Crop Sci. 20: 554.

Heaton, T. C., Knowles, P.F., Mikkelsen, D, S. and Ruckman, J. E. 1978. Production of free fatty asids in safflower seeds by fungi. J. A. O. chem. Soc 55(5): 465-468.

Hekmatdoost, A., Mirshafi, A., Djazayery, A., Eshraghian, M.R., Feizabadi, M., Sedaghat, R. and Jakobsen, K. 2008. The effect of dietary oils on microflora in experimental in mice. Iranian J. of Nutr. Sci. & Food Technol. 2008; 3 (3): 53 – 63.

Helena cruzde carvalho, M. 2008. Drought stress and reactive oxygen species. Plant signaling Pakistan Journal Botany 40(4): 1657-1663 and behavior, 3:156-165.

Hnson, R. C., Bergman, J. W. and Flynn, C. R. 1999. Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions frome the USDA collection. Genetic Resources and crop Evolution. 46: 611-618.

Hsiao, T.C. 1973. Plant respond to water stress. Ann. Rev. plant Physoil. 24: 519-570.

Huang, Y.F., Chen, C.T. and Kao, C.H. 1993. Salicylic acid inhibits the biosynthesis of ethylene in detached rice leaves. Plant Growth Regulation, 12(1-2): 79-82.

Isabelle, M. Berquin, I.J., Edwards, Y. and Chen, Q. 2008. Multi-targeted therapy of cancer by omega-3 fatty acids. Cancer Letters2008; 269: 363 - 77.

Jaiwal, P.K.K. and Bhambie, S. 1989. Effect of growth regulating substances on pudding and yield of *Vigna radiate* (L.) Wilszek (mung bean). Acta Botanica Indica, 17: 54-58.

Jose, M., Mates eristinaperez, Gomez. 1999. Antioxidant Enzymes and Human Disease chemical Biochemistry. Vol: 32. No. 8: 595 – 603.

Jucker, B. M., Cline, G. W., Barucci, N. and Shulman, G. 1999. Diffrrential effects of safflower oil versus fish oil feeding on in suline stimulated glycogen synthesis. Glycolysis and pyruvate dehydrogenase flux in skeletal musele. Diabetes. New York. 48: 134-140.

Kang, G. 2003. Salicylic acid changes activities of H_2O_2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environmental and Experimental Botany.50:9-15.

Khaled, T., Q. A. Feras, Gh. Mohammad, M. Mohammad, and Tamam, El-E. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. Food Chemistry, 104:1372–1378.

Khan W, Prithiviraj B and Smith D, 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J Plant Physiol 160: 485–492.

Khaled Tawaha, Feras Q. Alali, Mohammad Gharaibeh. and Mohammad Mohammad, Tamam El-Elimat. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. Food Chemistry 104:1372–1378.

Kidambi, S.P., A.G. Matches. and T.P. Bolger. 1990. Mineral concentrations in alfalfa and sainfoin as influenced by soil moisture level, Agron. J., 82: 229.

Klessig, D.F. and Malamy, J. 1994. The salicylic acid signal in plants. Plant Mol Biol 26:1439–58.

Knowles, P. F. 1985. Safflower. Advances in Agronomy. Volx: pp: 289-323.

Knowles, O.A., B.H. Robinson, A. Contangelo, L. Clucas. 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. Science of the Total Enviornment. 409: 3206-3210.

Koc E., İ slek, C. and Üstun, A.S. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Gazi University Journal of Science, 23: 1-6.

Kolb, S. 2007. Understanding the mechanisms by which a manure-based charcoal product affects microbial biomass and activity, PhD thesis, University of Wisconsin, Green Bay, US.

Koyro, H.W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). Environ Exp Bot 56: 136-149.

Koutroubas S. D, Papakosta, D. K. and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of preanthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research 90: 263-274.

Kuchenbuch, R., N. Claassen. and A. Jungk. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, 1. Effect of soil moisture on K diffusion, root growth and K uptake of onion plants, Plant Soil, 95: 221.

Kumar, P. 1997. Effect of Salicylic acid on flowering, pod formation and yield of pea (*Pisum sativum* L.). In Abst National Seminar on Plant Physiology for sustainable Agriculture. March 19-21 1997, IARI, New Dehli, PP. 69.

Kumar, P. 1999. Effect of Salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Indian J. Plant physiol. 4: 327 330.

Kumar, A. and Elston, J. 1993. Leaf expansion of Brassica Species in response to water stress. Indi. J. Plant Physoil. 36(4): 220-222.

Laird, D.A. 2008. The charcoal vision: a win–win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. Agronomy Journal. 100(1):178-81.

Laird, D.A., P. Fleming, D.D. Davis, R.Horton, B.Wang, D.L. Karlen. 2010. Impact ofbiochar amandment on the quality of a tipical midwestern agricultural soil. Geoderma.158: 443-449.

Langer, R.M. and Hill, G.D. 1991. Agricultural plants. 2 nd edition Cambridge [England], New York: Cambridge University Press. pp: 378.

Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. Nature 447, 143-144.

Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. Front. Ecol. Environ. 5: 381–387.

Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. Biochar for Environmental Management: an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds).Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, pp. 1e12.

Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems a review. Mitigation and Adaption Strategies for Global Change 11: 403-427.

Lehmann, J., S. Joseph. 2009. Biochar for environmental management: science and technology: Earthscan.

Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyang, J. Grossman., B. O'Neill, J.O. Skjemstard, J. Thies, F.J. Luiza, J. Peterson, E.G. Neves. 2006. Black carbon increases CEC in soils. Soil Science Society of America Journal. 70: 1719-1730.

Li, D. and Mundel, H. H. 1996. Safflower. Carthamus tinctorius L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Lie, J.H., G.H. Lv, W.B. Bai, Q. Liu, Y.C. Zhang, J. Q. Song. 2014. Modification and use of biochar from wheat straw (*Triticum aestivum* L.) for nitrate and phosphate removal from water. Desalination and Water Treatment; DOI 10.1080/19443994.2014.994104.

Liu, F., Stutzel, H. 2004. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus spp*.) in response to drought stress. Scientia Horticulturae. 102: 15 – 27.

Loggini, B., Scartazza, A., Brugonli, E., Navari-Izzo, F. 1999. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiol 119: 1091-1099.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity inbarley seedlings. Physiology and Biochemistry of Plant, 132: 272- 281.

Modaresi, M. 2005. The effect of alcohol extract of safflower (Carthamus tinctorius) on pituitary-testis axis in mice. J. of Zanjan University of Medical Sci. and Health Services 2005; 53: 1 - 7.

Molassiotis, A., T. Sotiropoulos, G. Tanou, G. Diamantidis and I. Therios. 2006. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic

responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (Malus domestica Borkh). Environ. Exp. Bot. 56: 54–62.

Monivannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankal, B., Kishore Kumar, A., Sornasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, K. 2007. Growth, biochemical modification and proline metabolism in (*Helianthus annus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces. 59: 141-149.

Mukherjee, A., A.R. Zimmerman. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures. Geoderma.193–194(0):122-30.

Mundel, H. H. 1992. Safflower production on the 187ertiliz parairies. Research station Agriculture Canada. 29: 4.

Mur, L.A.J., Naylor, G., Warner, S.A.J., Sugars, J.M., Draper, J. 1996. Salicylic acid potentiates defence gene expression in leaf tissues exhibiting acquired resistance to pathogen attack. Plant J 9:559–71.

Neumann, P.M. 1995. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. Crop Science. 35: 1258-1266.

Nobakht, M., Fattahi, M., Hoormand, M., Milanian, I., Rahbar, N. and Mahmoudian, M. 2000. A study on the teratogenic and cytotoxic effects of safflower extract. J. of Ethnopharmacol. 2000; 73 (3): 453 - 9.

Noreen, S. and Ashraf, M. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. Pakistan Journal Botany 40(4): 1657-1663.

Novak, J.M., I. Lima, B. Xing, J.W. Gaskin, C. Steiner, K. Das, et al. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Annals of Environmental Science 3(1):2.

Oguntunde, P.G., Fosu, M., Ajavi, A.E., Van De Gisen, N.D. 2004. Effect of Charcoal Production on Maize Yield, Chemical Properties and Texture of soil. Biology and Fertility of Soil 39, 295-299.

Ozturk, E. Ozer, H. and Polat, T. 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in highland environments. Plant Soil Environ 54 (10): 453-460.

Pinto, F. and Vanghia, G. 1992. Safflower utilization in animal feeding. Informatore Grario (Italy). 48: 33-36.

Pal, M., Szalai, G., Horvath, E., Janda, T., Paldi, E. 2002. Effect of salicylic acid during heavy metal stress. Proceedings of seventh Hungarian congress on plant physiology. Acta Biol Szegediensis 46:119–20.

Paleg, I.G. and Aspinal, D. 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Acad. Press. New York.

Palmo, I.R., Baioni, S.S., Fioretti, M.N. and Brevedon, R.E. 1999. Canola under water deficiency in southern Agrentina. Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress. Conberra. Australia.PP.7.

Pastirova, A., Repcak, M. and Eliasova, A. 2004. Salicylic acid induces changes of coumarin metabolites in Matricaria chamomillaL. Plant Science, 167(4): 819-824.

Patel, P. G. and Patel, Z .G. 1996. Effect of irrigation methods and levels on seed yield and quality of safflower. Journal of Oil seed Research 13:53 -55.

Pirzad, A., R. Darvishzadeh, I. Bernousi, A. Hassani, N. Sivritepe. 2012. Influence of water deficit on iron and zinc uptake by *Matricaria chamomilla* L., Chil. J. Agric. Res., 72(2): 232-236.

Rajasekaran, L.R. and Blake, T.J. 1999. New plant growth regulators protect Photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. Journal Plant Growth Regulations, 18:175–181.

Rajasekaran, L.R., Stiles, A., Surette, M.A., Sturz, A.V., Blake, T.J., Caldwell, C. and Nowak, J. 2002. Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Can J Plant Sci 82: 443-450.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annul Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-463.

Rasnick, M. E. 1970. Effect of mannitol and polyethylene glycol on phosphorus uptake by maize plants, Ann. Bot., 34: 497.

Rostami, M., R, Mirzaei. M, Kafi. 2003. Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th

International Conference on the Development of Drylands, 14-17 September 2003, Tehran, Iran.

Sadras,V.O. and S.P.Milro.1996. Soil- water thresholds for the responses of leaf expantion and gas exchange: A review.Field Crops Res.47:253-266.

Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V., Shakirova, F.M. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. Bulg J Plant Physiol 214–9 [special issue].

Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant Physiology. Carey, J.C. (Ed.). Hormones and Growth Regulators, 400p.

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.

Sebastian, N., Stehr, A. and Heller, R. 2006. Omega-3 fatty acid effects on biochemical indices following cancer surgery. Clinica Chimica Acta. 2006; 373: 1 - 8.

Senaratna, T, D. Touchell, E. Bunn. and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regul, 30, 157 161.

Shakirova, F.M. and Bezrukova, M.V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biol Bull 24:109–112.

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., Loss, S.P., Thomson, B.D. 2003. Cool season grain legumes in dryland Mediterranean environments of Western Australia: Significance of early flowering, in: Saxena N.P. (Ed.), Management of Agricultural Drought. Science Publishers, Enfield (NH), USA, pp. 151–161.

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137-141.

Singh, G. 1980. Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) Wilczek Indian.J. Plant physiol. 23:366-370.

Sing, V., Ram, D., Sharma, S. K., Verma, B. L., Slingh, V. and Deo, E. 1995. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to irrigation and phosphorus. Indian Journal of Agronomy. 40(3): 459-464.

Smith, J. 2005. Safflower oil. In: Shahidi F. Editor.Baileys Industrial Oil and Fat Products. (6thed). John Wiley. New York. 2005, pp: 491 - 536.

Stewart, C.R. and J.A. Lee. 1974. The role of proline accumulation in halophytes. Planta, 120: 279-289.

Tang, J., W. Zhu, R. Kookana, A. Katayama. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. Journal of Bioscience and Bioengineering. 116(6):653-9.

Tardieu, F., Reymond, M., Hamard, P., Granier, C. and Muller, B. 2000. Spatial distributions of expansion rate, cell division rate and cell size in maize leaves: A synthesis of the effects of soil water status, evaporative demand and temperature. J. Exp Bot 51: 1505-1514.

Urie, A. L. 1986. Inheritance of partial hull in safflower. Crop Sci. 26: 493-498.

Van Zwieten, L., Kimber, S., Downie, A., Joseph, F., Chan, K. Y., Cowie, A., Wainberg, R. and Morris, S. 2007. Paper mill char: benefits for soil health and plant production. Proceedings, International Agrichar Initiative Conference, 30th April - 2nd May 2007, Terrigal, Australia.

Van Zwieten, V.L., B. Singh, S. Joseph, S. Kimber, A. Cowie, Y. K. Chan. 2009. Biochar and emissions of non-CO2 greenhouse gases from soil. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management Science and Technology. Earthscan Press, UK, PP. 227-249.

Vinocur, B. and Altman, A. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. Elsevier Science. 16: 123- 132.

Wakil, E. L. and Madkour, M. A. 1992. Effect of Irrigation regim on safflower. Egyption Journal of Agronomy. 12: 95-110.

Weiss, E.A. 2000. Oil seed crop. Blackwell Sci. Ltd. Oxford, London.

Yelali, A. H. and Bahrani, M. 1998. Planting Pattern of Three Safflower cultivars in southern Iran. Shiraz univ.

Zeleny, V. and Horejs, P. 1994. Fruit anatomy of safflower (*carthamus tinctorius* L.). Agronomicka rada Rostlinna vyroba. 56: 17-23.

Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z. and Chang, S.M., 1995. The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. Acta Agronomica Sinica, 21: 351-355.

Abstract:

Drought of the most important abiotic stresses and limiting factors of production. The use of inputs that can have a positive impact on performance under drought conditions is very important. Today, safflower oil, due to quality and medicinal properties, is taken into consideration. Use input's that can have a positive impact on yield under drought conditions is very important. The effect of the application of salicylic acid and Biochar in drought conditions on growth characteristics of safflower, in 1394 split plot factorial experiment in a randomized complete block design with three replications it was Performance at University of Technology of Shahrood. Irrigation treatments included three levels of 7, 10 and 14 days (primary factor), salicylic acid levels in both taking and Biochar in three levels of consumption, Biochar walnut and willow Biochar, each at a rate of 10 tons per hectare (sub-factors) was studied. The results showed that irrigation had significant effect on the amount of phosphorous and proline. Significant effect of biochar on seed weight, plant height, stem and leaf dry weight, dry weight of boll, seed yield, biological yield, pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll), potassium, proline, protein and oil, leaf relative water content in leaves and membrane stability was observed. Significant effect Salicylic acid also on boll weight, seed yield, biological yield, grain protein and photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids), potassium, the membrane stability and relative water content in leaves, view was. The effect of cross-enhancing Biochar × salicylic acid on the dry weight petals, grains and carotenoid showed that combined use Biochar and salicylic acid could have a significant effect on these traits. In general it can be concluded from this study between levels of Biochar, willow Biochar as well as between salicylic acid, was most effective foliar application of salicylic acid on growth characteristics of safflower in irrigation conditions. Despite Biochar effects than salicylic acid, according to our results, it seems that concurrent use of Biochar and foliar application of salicylic acid can have a positive impact on deal with deficit irrigation. Always using inputs that improve aspects of ecological systems and reduce environmental risk, it is recommended to create sustainable agriculture.

Keywords: foliar, irrigation, safflower, walnut Biochar, willow Biochar.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

The effect of biochar and salicylic acid on growth characteristics of safflower plant under drought conditions.

By: Elahe baradaran najar

Supervisor:

Dr. H. R. Asghari

Dr. M. R. Amerian

Advisors:

Eng: Mehdi rahimi

January 2017