بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

تأثیر زئولیت و کود دامی بر عملکرد نخود در شرایط کم‌آبیاری

نگارنده: عصمت نوروزی

استاد راهنما

دکتر حمیدرضا اصغری

اساتید مشاور

دکتر محمدرضا عامریان

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

شهریور ۱۳۹۸

شماره: ۱۴۴۱
تاریخ: ۱۳۹۸/۷/۱۰

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای .عصمت نوروزی با شماره دانشجویی ۹۶۱۵۴۳۴ رشته زراعت وباغبانی گرایش اکولوژی تحت عنوان تأثیر زئولیت و کود دامی بر عملکرد نخود در شرایط کم آبیاری که در تاریخ ۱۳۹۸/۰۶/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: .....) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر حیدرضا اصغری	دانشیار	
۲- استادمشاور اول	دکتر محمدرضا عامریان	دانشیار	
۳- استاد مشاوردوم	دکتر مهدی برادران فیروز آبادی	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر احمد غلامی	دانشیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکترحسن مکاریان	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکترحمیدرضا عباس دخت	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:دکتر محمدرضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

بی‌بدیل‌ترین گنجینه‌های هستی

پدر گرانقدر و مادر صبورم و

همسر عزیزم

که همواره مشوق و پشتیبانم بوده‌اند

و همه آنانی که هستی علم مدیون وجود آنهاست.

تشکر و قدردانی

سپاس می گویم خداوند منان را که به من نعمت خواندن و نوشتن عطا نمود. در پایان این مرحله از تحصیل بر خود لازم می دانم که از بزرگوارانی که در طی مراحل زندگی و تحصیل یاریم نمودند قدردانی نمایم.

نخست از پدر و مادر گرامی ام تشکر و قدرانی می نمایم. آنان که دعای خیرشان حامی و پشتیبان اینجانب نه تنها در دوران تحصیل بلکه در تمام زندگی ام بود. از همسرم که با قبول مسئولیت هایم در خانواده فرصت تحصیل را برایم فراهم آوردند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

این پایان نامه تحت راهنمائیهای ارزنده و علمی استاد گرامی ام آقای دکتر حمیدرضا اصغری انجام شد که در طی انجام این پایان نامه حضوری فعال داشته و بی شک بدون مساعدت و یاری ایشان انجام این تحقیق محال بوده است لذا از محبت های بی دریغ ایشان صمیمانه سپاسگزارم. از اساتید مشاور پایان نامه آقای دکتر محمدرضا عامریان و آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی به سبب راهنمائیهای علمی شان و از اساتید محترم داور این پایان نامه آقای دکتر حمید عباس دخت و آقای دکتر حسن مکاریان. که زحمت بازخوانی این پایان نامه را به عهده داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از دوست و همراه گرامی ام، سرکار خانم دکتر سرور خرمدل که با راهنمایی های علمی شان کمک های بسیاری به من داشتند تشکر و قدردانی می نمایم.

از ریاست محترم دانشکده کشاورزی و کارکنان آموزش دانشکده، از کارشناس های آزمایشگاه های گیاهشناسی، خاکشناسی و زراعت آقای مهندس حسین پور، آقای مهندس شاکری و آقای مهندس مطهری نژاد از همکلاسی های خوبم خانم مهندس کرامتی و مهندس معصومه طباطبایی و سایر دوستان و سرورانی که به نحوی از الطاف بی ریایشان بهره مند گشتم تشکر و قدردانی می نمایم.

برای همه بهترین آرزوها را دارم.

عصمت نوروزی

تعهد نامه

اینجانب **عصمت نوروزی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده **پایان‌نامه تأثیر زئولیت و کود دامی بر عملکرد نخود در شرایط کم آبیاری** تحت راهنمایی آقای دکتر اصغری متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .

- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .

در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در دنیا است. پلیمرهای سوپرجاذب (SAP) مواد پلیمری جدیدی هستند که دارای گروههای آبدوست قوی بوده و قادرند مقادیر زیادی از آب را بر اساس وزن جذب و حفظ کنند. گیاه نخود (*Cicer arietinum*) به‌عنوان یک گیاه مقاوم به شوری و خشکی و دارا بودن پروتئین، از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور مطالعه اثر کاربرد زئولیت و مواد آلی به‌عنوان اصلاح کننده خاک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. سه سطح آبیاری (آبیاری کامل (FI)، قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی (CS) و قطع آبیاری در مرحله ۵۰٪ گلدهی (CF)) و چهار سطح اصلاح کننده خاک (شامل زئولیت، کود دامی، ۳۰٪ زئولیت+ ۷۰٪ کود دامی و ۷۰٪ زئولیت+ ۳۰٪ کود دامی) به ترتیب به عنوان فاکتور اصلی و فرعی مدنظر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اصلاح کننده خاک تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع و تجمع ماده خشک، وزن خشک برگ، ساقه، عملکرد و اجزاء عملکرد، کلروفیل، هدایت الکتریکی، شاخص برداشت، درصد و عملکرد پروتئین دانه داشت. اثر آبیاری نیز بر تعداد نیام در بوته، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد و عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار شد. کاربرد توأم تنش و اصلاح کننده خاک مقدار پرولین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در این بین آنزیم اوره‌آز و اسیدیته خاک تحت تأثیر هیچ‌یک از فاکتورهای آزمایش قرار نگرفتند. در کل می‌توان نتیجه گرفت، اصلاح کننده خاک در شرایط کم‌آبی موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه نخود شد.

کلمات کلیدی: پرولین، عملکرد دانه، آنزیم اوره‌آز، پروتئین، نخود

فصل اول:مقدمه
فصل دوم:کلیات و بررسی منابع
۲-۱- اهمیت بقولات ۱۰
۲-۲- گیاهشناسی نخود ۱۱
۲-۲-۱- اهمیت نخود ۱۳
۲-۳- تنش کم آبیاری ۱۳
۲-۳-۱- اثرات تنش کم آبیاری ۱۵
۲-۳-۲- کارایی مصرف آب ۱۹
۲-۴- مکانیسم های مقاومت به خشکی ۲۰
۲-۴-۱- فرار از خشکی ۲۲
۲-۴-۲ اجتناب از پسابیدگی ۲۲
۲-۴-۳- تحمل پسابیدگی ۲۳
۲-۴-۳-۱- آب کشیدگی ۲۵
۲-۵- اثر تنش خشکی بر برخی از جنبههای مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان ۲۶
۲-۶- کاربرد زئولیت در کشاورزی ۳۰
۲-۷- کودهای آلی به عنوان راهکاری برای حاصلخیزی پایدار ۳۲
۲-۷-۱- کود های دامی ۳۳
۲-۷-۲- اثرات کودهای دامی بر خصوصیات گیاهان زراعی ۳۶
فصل سوم:مواد و روشها
۳-۱- موقعیت محل و زمان اجرای آزمایش ۴۰
۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۴۰
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۴۱
۳-۴- عملیات اجرایی ۴۲

۳-۴-۱- تهیه و آمادهسازی زمین ۴۲
۳-۴-۲- کاشت ۴۲
۳-۴-۳- داشت ۴۲
۳-۴-۴- اعمال تیمارها ۴۳
۳-۴-۴-۱- سطوح مختلف دور آبیاری ۴۳
۳-۴-۴-۲- سطوح مختلف مصرف اصلاح کننده خاک ۴۳
۳-۴-۵- برداشت نهایی ۴۳
۳-۵- نمونه برداری ۴۳
۳-۶- نمونهبرداری و اندازه گیری صفات زراعی و مورفولوژیک ۴۴
۳-۶-۱- ارتفاع و شاخه جانبی ۴۴
۳-۶-۲- وزن خشک برگ، ساقه و نیام ۴۴
۳-۶-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ۴۴
۳-۷- اسیدیته خاک ۴۴
۳- ۸- ظرفیت زراعی مزرعه ۴۵
۳-۹- اندازه گیری صفات فیزیولوژیک ۴۵
۳-۹-۱- قرائت کلروفیل تر ۴۵
۳-۹-۲- آنزیم اوره آز ۴۵
۳-۹-۳- هدایت الکتریکی ۴۶
۳-۹-۴- اندازه گیری پرولین اندام هوایی ۴۶
۳-۱۰- اندازه گیری صفت کیفی ۴۶
۳-۱۰-۱- اندازه گیری پروتئین دانه ۴۶
۳-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری داده ها ۴۸

فصل چهارم:نتایج و بحث

۴-۱- وزن خشک اندام های هوایی ۵۰
۴-۱-۱-وزن خشک برگ ۵۰
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه ۵۱
۴-۱- ۳-وزن خشک نیام ۵۲
۴-۲-صفات مورفولوژیک ۵۴
۴-۲-۱ارتفاع بوته ۵۴
۴-۲-۲-تعداد شاخه جانبی ۵۵
۴-۳-صفات فیزیولوژیک ۵۷
۴-۳-۱- کلروفیل ۵۷
۴-۳-۲- آنزیم اوره آز ۵۹
۴ -۳-۳- پرولین ۵۹
۴-۴-صفات کیفی ۶۱
۴-۴-۱-درصد پروتئین دانه ۶۱
۴-۴-۲- عملکرد پروتئین دانه ۶۲
۴-۵- عملکرد و اجزای عملکرد ۶۳
۴-۵-۱-تعداد نیام ۶۳
۴-۵-۲-تعداد دانه در نیام ۶۵
۴-۵-۳- وزن صد دانه ۶۶
۴-۵-۴- عملکرد دانه ۶۷
۴-۵-۵- عملکرد بیولوژیک ۷۰
۴-۶- شاخص برداشت ۷۱
۴-۷- اسیدیته خاک ۷۳
۴-۸- ظرفیت زراعی ۷۳

۴-۹-هدایت الکتریکی خاک ۷۵
منابع ۷۹
پیوست

فهرست اشکال

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر اصلاح کننده خاک ۵۵
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی تعداد شاخه جانبی ۵۷
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی وزن خشک برگ ۵۱
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی وزن خشک ساقه ۵۲
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی وزن خشک نیام ۵۳
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی تعداد نیام.....۶۴
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی تعداد دانه ۶۵
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر اصلاح کننده خاک ۶۶
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر آبیاری ۶۷
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی عملکرد دانه ۷۰
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی عملکرد بیولوژیک ۷۱
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی شاخص برداشت ۷۲
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین ظرفیت زراعی تحت تأثیر اصلاح کننده خاک ۷۴
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین ظرفیت زراعی تحت تأثیر آبیاری.....۷۵
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی تحت تأثیر اصلاح کننده خاک ۷۶
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی کلروفیل ۵۹
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی میزان پرولین برگ نخود ۶۱
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی درصد پروتئین دانه ۶۲
شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر روی عملکرد پروتئین دانه.....۶۳
شکل ۱ آماده سازی بستر کاشت ۱۰۲
شکل ۲ اولین آبیاری ۱۰۲
شکل ۳ سبز شدن اولیه گیاه ۷ روز پس از کاشت ۱۰۳
شکل ۴ تاثیر زئولیت بر رشد اندام هوایی نخود(سمت راست عدم زئولیت سمت چپ تیمار زئولیت) ۱۰۳
شکل ۵ مرحله برداشت ۱۰۴
شکل ۶ تصویر غلافهای دو دانه مشاهده شده در اثر تیمار زئولیت.....۱۰۴

شکل ۷ اندازه و شکل بذور نخود ۱۰۵
شکل ۸ اندازه گیری وزن خشک ۱۰۵
شکل ۹ تهیه گل اشباع و عصاره گیری ۱۰۶
شکل ۱۰ سنجش pH , Ec ۱۰۶
شکل ۱۱ عصاره گیری و سنجش آنزیم اوره آز ۱۰۷
شکل ۱۲ نمونه های گرفته شده جهت سنجش پروتئین دانه در پایان عمل هضم ۱۰۷

فهرست جداول

جدول ۳-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش ٤٠

جدول ۳-۲- مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کود مرغی مورد استفاده در آزمایش..... ٤١

جدول ۳-۳- ترکیبات تیماری مورد آزمایش ٤١

جدول پیوست۱- آنالیز واریانس(میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١٠

جدول پیوست۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١٠

جدول پیوست۳- آنالیز واریانس(میانگین مربعات) تجمع ماده خشک اندام هاب هوایی نخود و ظرفیت زراعی تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری..... ١١١

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک نخود تحت تأثیراصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١١

جدول پیوست۵- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری..... ١١٢

جدول پیوست۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری..... ١١٢

جدول پیوست۷- میانگین مربعات برخی صفات نخود و خاک تحت تأثیراصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١٣

جدول پیوست۸- مقایسه میانگین برخی صفات نخود و خاک تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١٤

جدول پیوست۹- میانگین مربعات برخی صفات نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١٥

جدول پیوست۱۰- مقایسه میانگین برخی صفات نخود تحت تأثیراصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری ١١٥

فصل اول

مقدمه

مقدمه

جمعیت جهان با یک روند تقریباً نمایی در حال رشد است. با افزایش جمعیت جهان، فشار بیشتری بر زمین های زراعی موجود، محیط و منابع طبیعی به ویژه غیر قابل تجدید وارد می‌آید. از جمله راهبردهایی که برای تأمین یک منبع غذایی مطمئن جهت جمعیت رو به رشد آتی مطرح هستند، محدودسازی رشد جمعیت، بهبود توزیع غذا، افزایش عملکرد گیاهان زراعی، کاهش ضایعات محصول و افزایش زمین‌های زراعی برای تولید غذای انسانی از طریق کوتاه کردن زنجیره‌های غذایی قابل ذکر می‌باشند. با توجه به مشکلات ناشی از محدودیت منابع آب و خاک در ایران امکان توسعه سطح زیرکشت برای افزایش تولیدات کشاورزی میسر نبوده و تنها راه عملی برای خودکفایی در محصولات کشاورزی و تهیه غذای کافی برای جمعیت در حال رشد کشور، افزایش تولید در واحد سطح می باشد (ملکوتی، ۱۳۷۵). برای افزایش تولید از روش‌های گوناگون استفاده شده است، اما به کارگیری مستمر و زیاد این روش‌ها موجب تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده است و در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲). امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی در سطح جهانی شناخته شده و بدیهی است که باید جایگزین مناسبی برای این نوع کودها در نظر گرفته شود (ابوت و مورفی، ۲۰۰۷).

هدف اصلی کشاورزی پایدار که به وجود آمدن آن برای حیات انسانی یک ضرورت است، کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاک‌ورزی و استفاده از کودهای زیستی به‌جای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر است (لیگرید و همکاران، ۱۹۹۹؛ کوچکی و همکاران، ۲۰۰۸).

پس از غلات، دومین منابع غذایی بشر حبوبات است. حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان، خصوصاً مردم کم درآمد جهان که بخش عظیمی از جمعیت را تشکیل می دهند، به شمار می روند. در کشورهای فقیر و پرجمعیت جهان نظیر هندوستان با مصرف سرانه ۱۱/۷ کیلوگرم حبوبات، سهم آن در رژیم غذایی مردم نسبت به سایر کشورها بیشتر است. در کشور ما نیز حبوبات با مصرف سرانه ۴/۸ کیلوگرم اگرچه مصرف آن از متوسط جهانی(۶/۱ کیلوگرم) پایین‌تر است ولی در عین حال نقش مهمی در تغذیه مردم کم درآمد ایفا می نماید (فائو، ۲۰۰۴). حبوبات با تثبیت زیستی نیتروژن نقش مهمی در حاصلخیزی خاک دارند و در حقیقت هر بوته‌ای از حبوبات را می‌توان به‌تنهایی به‌عنوان یک کارخانه کوچکی از کود نیتروژن در نظر گرفت که علاوه بر تأمین نیاز خود به نیتروژن، برای محصول بعد از آن نیز مفید است. همچنین حبوبات منبع عالی برای تغذیه احشام و حیوانات محسوب می‌شوند. گذشته از ارزش غذایی و توانایی تثبیت نیتروژن، حبوبات به دلیل بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا نموده و برای تنوع بخشیدن به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات که تأمین غذای جهان بر آن استوار است، به‌عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می شوند (باقری و وصال، ۱۳۸۷).

نخود در میان حبوبات با سطح زیر کشت حدود ۱۱ میلیون هکتار و تولید ۶۵۰ کیلوگرم در هکتار از نظر سطح زیر کشت و تولید بذر در مقام سوم دنیا پس از نخود فرنگی و لوبیا است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶). در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مردم اساساً از محصولات پرنشاسته مانند برنج، گندم، ذرت، سورگوم، سیب زمینی و کاساوا تغذیه می‌کنند. این محصولات از نظر پروتئین غنی نیستند، حال آن‌که یکی از مشکلات نابهنجار فعلی میلیون‌ها نفر از مردم خصوصاً آن‌هایی که در مناطق گرم زندگی می‌کنند، کمبود پروتئین است. کمبود پروتئین یا عدم توازن بین مصرف پروتئین و هیدرات کربن از مشخصات رژیم غذایی انسان‌ها در اقلیم‌های گرمسیری است، لذا افزایش گوشت و حبوبات این تغذیه را متعادل و کامل می کند. پروتئین موجود در در اندام های رویشی و دانه های حبوبات ۲ تا ۳ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از گیاهان غده‌ای است. اگر گیاه نخود به طور

متوسط دارای ۲۴ درصد پروتئین باشد، نزدیک به ۱/۶ میلیون تن از پروتئین تولید شده در دنیا را به خود اختصاص داده است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶). سطح زیر کشت نخود در کشور ما ۷۵۰ هزار هکتار و تولید سالیانه آن در حدود ۳۰۰ هزار تن با عملکرد متوسطی معادل ۴۰۷ کیلوگرم در هکتار می باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). علاوه بر پروتئین، نخود منبع خوبی از کربوهیدرات‌ها، مواد معدنی و عناصر کم‌مصرف می باشد. آرد نخود که در پاکستان بسان[1] نامیده می شود به روش‌های مختلفی برای پختن استفاده می‌گردد، (به عنوان مثال مخلوط با آرد گندم برای درست کردن روتی[2] و چاپاتی[3]. گیاه و نیام سبز و تازه، مانند اسفناج خورده می‌شود. به مقدار کم در ترکیه و آمریکای لاتین به صورت کنسرو شده استفاده می شود (داک، ۱۹۸۱).

استفاده از انواع کودها در کشاورزی و برخی نتایج سوء ناشی از بکارگیری آن‌ها زنگ خطر را برای مسئولان بخش سلامت درجهان به صدا درآورده و زمینه را برای توجه به کودهای هوشمند و موادآلی فراهم کرده است. ترکیباتی که با بهبود حاصلخیزی خاک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بتواند موجب دسترسی بهتر گیاه به آب و نیازهای غذایی خود شوند، نه تنها در کوتاه‌مدت تولیدات گیاهی را افزایش خواهند داد، بلکه به‌طور غیرمستقیم نیز اثرات مفید در پایداری تولید خواهند داشت. هم‌چنین در زمین‌های رسی باعث نفوذ بیشتر آب و در زمین‌های شنی باعث ماندگاری آب می‌شود.

در سال‌های اخیر، زئولیت‌ها به‌عنوان گروهی از مواد معدنی که در فرایند حاصلخیزی خاک و زراعت کاربرد دارند، مورد توجه واقع شده است. خصوصیات ویژه زئولیت‌ها در تبادل یونی، هیدراسیون و دی هیدراسیون برگشت پذیر و هم‌چنین خاصیت جذبی آن‌ها کاربردهای متعددی را در کشاورزی ایجاد نموده است (مومپتون، ۱۹۹۹). زئولیت‌ها ترکیبات معدنی هستند که خانواده بزرگی از آلومینوسیلیکات‌ها را تشکیل می‌دهند. تاکنون بیش از ۸۰ گونه طبیعی زئولیت کشف شده و بیش از

[1] Besan
[2] Roti
[3] Chapatti

۱۵۰ نوع مصنوعی آن‌ها نیز در آزمایشگاه ساخته شده است. ساختمان متخلخل و مشبک زئولیت‌ها در برگیرنده کانال‌هایی می‌باشد که می‌تواند با محیط اطراف در تماس و تبادل باشد. سهولت تبادل کاتیون‌های غیرشبکه‌ای موجود در ساختمان زئولیت‌ها سبب ایجاد خصوصیت بسیار مهم تبادل یونی شده است. ویژگی تبادل یونی از بنیادی‌ترین خواص زئولیت‌ها می‌باشد، به طوری‌که ویژگی‌های دیگر زئولیت‌ها را نیز تحت تأثیر قرار داده است. هم‌زمان با تغییر نوع و میزان کاتیون قابل تعویض در شبکه زئولیت، تغییرات قابل توجهی در ساختار کریستالی آن‌ها به‌وجود نمی‌آید که نشانگر پایداری نسبی زئولیت‌ها می‌باشد (کاظمیان، ۱۳۸۵). با توجه به ظرفیت تبادل یونی و نگه‌داری آب بالای زئولیت‌ها، آن‌ها می‌توانند به طور گسترده‌ای در اصلاح خاک و آزادسازی عناصر غذایی مورد استفاده واقع شوند. زئولیت‌ها نگه‌داری رطوبت خاک را بهبود داده و به دلیل تخلخل مناسب، به تهویه خاک کمک می‌کنند (ویرتا، ۲۰۰۲). از لحاظ ساختاری زئولیت‌ها چارچوب‌های آلومینیوسیلیکاتی هستند که بر مبنای یک شبکه سه بعدی بی‌نهایت وسیع از چهار ضلعی‌های Alo_4 و Sio_4 که به‌وسیله اشتراک تمام اکسیژن‌هایشان بهم متصل هستند، ساخته شده‌اند (حسینی ابری و همکاران، ۱۳۸۶). زئولیت از ترکیبات مفیدی است که جنبه‌های کاربردی گوناگونی در کشاورزی دارد. کاربرد این ماده در تولیدات دامی به اثبات رسیده است اما در زراعت گیاهان زراعی و به‌ویژه در مناطق خشک کاربرد آن‌ها در حال گسترش و رو به فزونی است. هم‌چنین مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد، شاخص مناسبی برای باروری، سلامت و کیفیت خاک به‌شمار می‌آید. میزان مواد آلی در بیش از ۶۰٪ خاک‌های زیر کشت ایران کمتر از ۱٪ و در بخش قابل توجهی از آن کمتر از نیم درصد می‌باشد. این مواد ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش می‌دهد، که این امر در مواقع کم‌آبی کمک شایانی خواهد نمود ضمن این‌که کود حیوانی آب درون خاک را به‌نحوی با ذرات خاک متصل نموده و از تبخیر و نفوذ آن جلوگیری کرده و آماده برای جذب گیاه می‌سازد و همین امر سبب جلوگیری از فرسایش نیز می‌گردد. که این امر توجه بیشتر به کودهای آلی را اجتناب ناپذیر می‌کند. از جمله راهکارهای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدر روی رطوبت

بکارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های زئولیت و موادآلی می‌باشد. بکارگیری کودهای دامی می‌تواند علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک درتأمین عناصرغذایی مورد نیاز گیاه هم نقش داشته باشد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۴). استفاده از زئولیت‌های طبیعی به عنوان اصلاح کننده خاک در جهت نگهداری نیتروژن به فرم آمونیوم و جلوگیری از هدر رفتن آن بر اثر آبیاری و باران، نگهداری آب و صرفه‌جویی در مصرف آن و جلوگیری از هدر رفتن عناصر مفید خاک به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی بالا مفید می‌باشد (حسینی ابری و همکاران، ۱۳۸۶).

راه‌کار جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است، به‌کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد. (پولات و همکاران، ۲۰۰۱). استفاده از زئولیت در اراضی کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آن برای جذب و نگه‌داری آمونیوم، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش شستشوی عناصر غذایی خاک به‌ویژه نیتروژن داشته باشد و هم‌چنین سبب افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه شود. زئولیت‌ها ترکیبات حفره‌دار با چارچوب‌های آلومینوسیلیکاتی دارای یک شبکه تتراهیدرال اتم‌های اکسیژن هستند که در اطراف سیلیسیوم و آلومینیوم قرار گرفته‌اند و هیدراته هستند (مدنی و همکاران، ۱۳۸۸). این مینرال در سنگ‌های آتشفشانی و سنگ‌های رسوبی در رژیم-های خشک و در کف دریاها یافت می‌شود. ویژگی‌های غیرمعمول، آن را قادر ساخته است که مانند فیلتر عمل کند. دیگر یون‌ها در این مینرال‌ها سدیم و کلسیم است. زئولیت مشابه فلدسپات است (هیکام و همکاران، ۲۰۰۱) و با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل می‌کند و قابلیت تبادل کاتیونی مناسب دارد و از طرفی دارای جذب انتخابی یون آمونیوم است که در حفرات و کانال-های زئولیت قرار می‌گیرد ولی اندازه این حفرات و کانال‌ها به گونه‌ای است که مانع از ورود باکتری-های نیتیرفیکاسیون کننده به داخل ساختمان زئولیت می‌شود، بنابراین در حضور زئولیت در خاک سرعت تبدیل آمونیوم به نیترات کاهش پیدا می‌کند و این موجب کاهش شستشوی نیتروژن می‌گردد (مدنی و همکاران، ۱۳۸۸). هم‌چنین این مواد به دلیل داشتن خواصی بی‌نظیر در علوم مختلف مورد

استفاده قرار گرفته‌اند. زئولیت‌ها قادر به جذب ۳۰ درصدی گازهایی مانند نیتروژن و آمونیاک نسبت به وزن خشک خود بوده و هم‌چنین تا ۷۰ درصد آب را نیز جذب می‌نمایند (رنجبر چوبه، ۱۳۸۲). با توجه به این‌که زئولیت جزو کانی‌های طبیعی کشور ما بوده و تاکنون در ۶ منطقه وجود معادن آن گزارش شده است و از طرفی به سهولت و با قیمتی ارزان در دسترس قرار دارند (آرمندپیشه و همکاران، ۲۰۰۹)، لذا مصرف آن به‌عنوان مکمل کود، نگه‌دارنده مواد غذایی، جلوگیری از شستشوی مواد غذایی به‌خصوص اوره به محیط خارج از دسترس گیاه، افزایش حاصلخیزی خاک، جلوگیری از آلودگی زیست محیطی و هم‌چنین عاملی در جهت حفظ رطوبت خاک برای مقابله با تنش خشکی می‌باشد. زئولیت‌ها با توان زیاد جذب و نگه‌داری آب می‌توانند رطوبت هوا و خاک را جذب و در خود نگه‌داشته و در زمان خشکی آن را به تدریج در اختیار ریشه گیاه که مانند یک پمپ مکنده قوی عمل می‌نماید قرار دهند (خاشعی سیوکی و همکاران، ۱۳۸۷).

کود دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. مصرف کود دامی در کشاورزی سنتی جایگاه خاصی داشته و در حال حاضر نیز می-تواند نقش مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا کند. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند، لذا جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی به شمار می‌روند، کود دامی علاوه بر داشتن عناصر پرمصرف، به مقدار کمتری دارای ریزمغذی‌ها بوده و خاک را در درازمدت در جهت تعادل پیش خواهد برد (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). مصدقی و همکاران (۲۰۰۰) اعلام کردند که مصرف ۵ تا ۱۰ تن کود دامی در هکتار می تواند اثرات منفی ناشی از رفت و آمد ماشین آلات بر روی خاک را خنثی کند. گزارش شده است خاک هایی که کود حیوانی دریافت کردند، نسبت به خاک هایی که با کودهای غیرآلی تغذیه شدند میکروارگانیسم های خاکزی، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات بیشتری داشتند. کاربرد بیش از اندازه این کودها می‌تواند منجر به تجمع املاح اضافی در خاک شود (عزیز و همکاران، ۲۰۱۰). تاکنون اثرات مثبت کود دامی بر رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان از جمله عدس (حیدری و همکاران، ۱۳۸۹)، سویا (علیزاده و همکاران، ۲۰۰۵)، ذرت (مائو و همکاران، ۲۰۰۸)، کدو

(عزیز و همکاران ۲۰۱۰) گزارش شده است. با توجه به رویکردهای جدید به مقوله تولید در کشاورزی و مطرح شدن مباحث مربوط به پایداری و استفاده از نهاده‌هایی که باعث افزایش کارایی سیستم می-شوند، و هم‌چنین با توجه به اهمیت و جایگاه نخود به عنوان یک منبع تأمین پروتئین و تثبیت نیتروژن و با توجه به ضرورت تحقیق و پژوهش جهت افزایش راندمان و بهره وری تولید نخود، این آزمایش با هدف ارزیابی واکنش گیاه نخود نسبت به زئولیت و کود دامی در شرایط تنش کم آبیاری انجام شد.

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۲-۱- اهمیت بقولات

بقولات یک منبع اصلی پروتئین در تغذیه انسان و حیوان هستند و دارای نقش کلیدی در تناوب گیاهی اغلب مناطق دنیا می‌باشند. بقولات زمانی که در تناوب با سایر گیاهان به کار برده می‌شوند، می‌توانند حاصلخیزی خاک را افزایش داده و باعث کاهش شیوع علف‌های هرز، بیماری ها و آفات شوند (رومدهانه و همکاران، ۲۰۰۹). دانه حبوبات با دارا بودن ۳۲-۱۸ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم به ویژه افراد کم درآمد از نقطه نظر تغذیه‌ای اهمیت بسیار دارند و تحت عنوان " گوشت مردم فقیر " نامیده می شوند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). گیاهان خانواده بقولات ویژگی‌های دیگری نیز دارند و در اکوسیستم‌های کشاورزی جهان در تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی با باکتری‌ها بخش عمده‌ای از نیتروژن مورد نیاز گیاهان زراعی بعد از خود را فراهم می‌سازد. هر ساله بعد از برداشت این محصولات با پوسیدن ریشه آن‌ها مقادیر زیادی نیتروژن به خاک افزوده شده و موجبات غنی‌سازی خام به ویژه در مناطق کم‌بازده کشاورزی فراهم می‌شود.

مقدار نیتروژن زیستی تثبیت شده توسط بقولات در هر سال از صفر تا چند صد کیلوگرم ازت در هکتار تغییر می‌کند. بسیاری از بقولات دانه‌ای در تثبیت نیتروژن نقش موثری ایفا می‌کنند. عواملی که در تثبیت ازت تأثیر می‌گذارند تنها گونه و رقم لگوم نمی‌باشد بلکه عواملی چون نوع خاک و بافت آن، pH ، سطح نیترات خاک، دما و مقدار آب، وجود سایر مواد و بویژه مدیریت گیاه (مخصوصاً برداشت) نیز موثر می‌باشند. به عنوان مثال، یونجه *(Medicago sativa)* می‌تواند تا چند صد کیلوگرم ازت در هکتار به خاک اضافه کند در صورتی‌که آخرین برداشت علوفه از زمین برداشت نشود، در حالی که اگر فقط ریشه ها و کاه و کلش آن در زمین باقی بماند کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت به خاک اضافه می کند (هیچل، ۱۹۸۷). حبوبات با داشتن ریشه عمیق خود به شخم بیولوژیکی خاک کمک کرده و قابلیت دستیابی به منابع با ارزش رطوبت خاک را نسبت به سایر گیاهان زراعی دارا می-باشند. این محصولات مواد معدنی را به کمک نظام ریشه‌ای عمیق خود از لایه عمیق خاک جذب

نموده و به شکل بقایای گیاهی آن‌ها را در اختیار قرار می‌دهند. بسیاری از حبوبات به دلیل حالت پهن شوندگی خود، پوشش مناسبی بر روی خاک ایجاد کرده و موجب کاهش فرسایش می شوند. همچنین حبوبات زودرس با رشد سریع خود موجبات خفه کردن علف های هرز را فراهم می‌کنند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات به‌عنوان کود سبز برای تقویت و بهبود وضع فیزیکی زمین نیز می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. تاریخ استفاده از لگوم ها به‌عنوان گیاهان مرتعی جهت اصلاح خاک به عصر رومی‌ها (۳۷ سال قبل از میلاد) بر می‌گردد (فرد و همکاران، ۱۹۳۲).

حبوبات را می‌توان در نظام‌های زراعی مختلف کشت نمود. در برخی مناطق دنیا، بسیاری از حبوبات به طور درهم و درهم ردیفی[4]کشت می‌شوند. با گسترش واریته های زودرس این امکان ایجاد شده است تا در مناطق گرمسیر ماش سبز و ماش سیاه به عنوان محصول بعد از برداشت محصولات بهاره و قبل از کاشت محصولات پاییزه و نخود با هدف مصرف سبزیجات بعد از برداشت برنج و قبل از کشت دیر هنگام گندم کشت شوند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲- گیاه‌شناسی نخود

نخود (*Cicer arietinum*) گیاهی است یکساله، روز بلند، از خانواده Fabaceae و با ۱۴، ۱۶ و ۲۴ کروموزوم. گیاهی به ارتفاع ۳۰ تا ۷۰ سانتی‌متر بوده و سطح کلیه اندام‌های هوایی با کرک‌های ظریف پوشیده شده است، که مایع چسبناک و اسیدی محتوی ۹۴ درصد اسید مالیک و ۶ درصد اسید اگزالیک از آن‌ها تراوش می‌شود. ریشه اصلی نخود قطور و عمودی بوده و ممکن است تا عمق ۲-۱ متر در خاک نفوذ نماید و ریشه‌های فرعی باریک‌تر و اکثراً به صورت افقی در خاک گسترش می‌یابند. در روی ریشه‌ها گرهک‌های قلوه‌ای شکل بر اثر فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم لگومینوزارم به وجود می‌آید. ریشه‌های نخود در جذب فسفر خاک کارآمد هستند.

[4] Intercropping

ساقه مستقیم یا زیگزاگ‌دار است که شاخه‌های فرعی از قاعده یا وسط آن انشعاب می‌یابند و تعداد شاخه‌های اصلی از ۱ تا ۸ شاخه نوسان دارد و معمولاً از گره‌های پنجم تا هفتم ساقه‌های فرعی به وجود می‌آیند.

برگ‌های حقیقی نخود مرکب شانه‌ای فرد بوده، دارای ۳ تا ۱۵ برگچه بیضی شکل، نوک‌دار با حاشیه مضرس است. معمولاً برگچه‌ها دو به دو مقابل یکدیگر قرار دارند و به شرایط محیطی حساس و قابل تغییر هستند. رنگ برگچه‌ها سبز تیره و سبز زیتونی می‌باشد و در تمامی سطح بالایی و زیر برگچه‌ها کرک‌ها و روزنه‌ها منتشر هستند.

گلدهی در نخود تقریباً ۵۰ روز بعد از سبز شدن گیاهچه‌ها رخ می‌دهد. گل‌های منفرد نخود بر روی دمگل کوتاه (۱۳-۶ میلی‌متر) در محور جانبی برگ‌ها تشکیل می‌شوند. رنگ گل سفید، صورتی تا ارغوانی است. گل‌های نخود دارای کاسه گل بلند و باریک (لوله‌ای) و پنج کاسبرگ به هم پیوسته می‌باشد. گرده‌افشانی در نخود معمولاً قبل از باز شدن گل‌ها صورت می‌گیرد و در واقع گیاهی کاملاً خودگشن است. میزان دگرگشنی در نخود کمتر از یک درصد گزارش شده که توسط حشرات صورت می‌گیرد. میوه نخود به شکل غلاف (نیام) به طول ۳-۱/۵ سانتی‌متر، در وسط پهن و در طرفین باریک، پوشیده از کرک‌های بسیار ریز می‌باشد. هر بوته نخود ممکن است به طور متوسط بین ۵۰ تا ۱۵۰ عدد غلاف تولید نماید، غلاف رسیده معمولاً دارای یک تا دو دانه است.

وزن هزار دانه بین ۷۵۰-۸۰ گرم متغیر بوده و هر چه رنگ بذر روشن‌تر باشد وزن آنها بیشتر است. این گیاه در مدت ۱۱۰ تا ۱۳۰ روز به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌رسد که در این مرحله رنگ برگ‌ها به زرد یا قهوه‌ای تغییر یافته و برگ‌های پایینی بوته شروع به ریزش می‌کنند. توسعه رشد رویشی در زمان گلدهی و تشکیل غلاف‌ها ادامه می‌یابد (رشد نامعین)، لذا بین قسمت‌های رویشی گیاه و بخش‌های زایشی آن رقابت وجود دارد. به طور کلی دو فرم نخود (گروه دانه سفید و دانه رنگی) در دنیا وجود دارد. نخودهای سفید یا تیپ کابلی دانه‌های درشت، سطح دانه صاف و رنگ بذر روشن

دارند ولی نخودهای رنگی یا تیپ دسی دانه‌های ریز و تیره دارند و سطح دانه چروکیده می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۲-۱- اهمیت نخود

نخود از لگوم‌هایی است که در مزارع به عنوان تأمین کننده پروتئین برای غذای دام و مصرف انسان کشت می‌شود. دانه کامل نخود در صد گرم ماده خشک حدود ۲۳ درصد پروتئین، ۶۳/۵ درصد کربوهیدرات، ۵/۸ درصد قندهای محلول، ۵/۳ درصد چربی، ۳/۲ مواد معدنی (خاکستر) دارد و غنی از کلسیم (۱۸۶/۶ میلی‌گرم)، فسفر (۳۴۲/۹ میلی‌گرم) و منگنز (۱۴۱ میلی‌گرم) می‌باشد. ۷۰ درصد کلسیم دانه نخود در پوسته آن قرار دارد. نخود دارای مقادیر زیادی اسیدهای آمینه لیسین و تریپتوفان می‌باشد که مقدار آن‌ها در دانه‌های غلات پایین‌تر است (چپمن، ۲۰۰۱). بازدارنده‌های تریپسین در نخود ۵ تا ۲۰ درصد کمتر از سویا است که به دام‌ها اجازه تغذیه مستقیم از آنها را بدون پروسه‌های فرآوری و آماده‌سازی می‌دهد (اشنایدر، ۲۰۰۲). استفاده از نخود به عنوان گیاه پوششی خاک را از فرسایش حفاظت نموده و کیفیت خاک را بهبود بخشیده و از تلفات آبی به وسیله تبخیر و یا شستشو جلوگیری می‌کند (رایس و همکاران، ۱۹۹۳).

۲-۳- تنش کم آبیاری

حدود ۴۰ درصد اراضی زراعی جهان در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. کشور ما نیز در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و خشکی، تغییرات شدید مقدار، شدت و پراکنش بارندگی و نوسانات دمای هوا از ویژگی‌های این مناطق است. معمولا خشکی برنامه‌ریزی توسعه ای کشور را دچار رکود می‌نماید و بحران‌های گسترده سیاسی، اجتماعی و اقتصادی را در سطح منطقه، قاره و حتی دنیا به وجود می‌آورد. خشکی در سالهای اخیر بر منابع آب، کشاورزی، تولیدات دامی، مراتع، مهاجرت دام‌ها، طغیان علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی، مهاجرت، بهداشت و درمان

جوامع تأثیر سوء زیادی داشته است. برنامه اصلاحی حبوبات در شرایط دیم باید در جهت افزایش عملکرد، پایداری آن، اصلاح فیزیکی، شیمیایی خاک و فاکتور های بیولوژیکی آن باشد. تنش کم آبیاری رایج ترین عامل محدودیت تولیدات گیاهی در جهان می باشد (صباغ پور، ۱۳۸۵). تنش کم آبیاری بعد از بیماری‌ها در نخود دومین عامل محدودیت تولید عملکرد مناسب به شمار می رود (سینگ و همکاران، ۱۹۸۸). این تنش در بین سایر عوامل تقریباً تا ۵۰ درصد از عملکرد نخود را کاهش می‌دهد (ساکسنا، ۱۹۸۷). تنش کم آبیاری زمانی که آب موجود در خاک کاهش می‌یابد و شرایط جوی به دفع آب از طریق تبخیر و تعرق کمک می‌کند اتفاق می افتد (چارلیز، ۱۹۹۷). تنش کم آبیاری کمبود آب در گیاه است که بر اثر بیشتر شدن مقدار تعرق از میزان جذب آب صورت می گیرد (بری، ۱۹۹۷). گیاهان در معرض سه نوع خشکی قرار دارند:

- خشکی فصلی[5] برای تولید اقتصادی گیاه زراعی بارندگی ناکافی است و به صورت دوره ای در حاشیه مناطق خشک و نیمه خشک اتفاق می‌افتد.
- خشکی موقتی[6] دوره‌های تنش موقتی در مراحل نمو گیاه در مناطق نیمه خشک حادث می شود.
- خشکی انتهایی[7] بیشتر در مناطق مدیترانه ای اتفاق می‌افتد و از رسیدگی معمول بذر جلوگیری می‌کند (کاظمی، ۱۳۸۷). این نوع تنش از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود است (صدیق و همکاران، ۲۰۰۰؛ صباغ پور، ۲۰۰۴).

تعاریف مختلفی از خشکی، در منابع علمی ارائه شده است. خشکی زمانی اتفاق می افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در گیاه و کاهش تولید به دلیل تاخیر یا عدم استقرار گیاه تضعیف یا تخریب استقرار یافته، تضعیف گیاه در برابر حمله آفات و امراض، تغییرات فیزیولوژیکی و بیو شیمیایی در متابولیسم گیاه می شود (لارسون و استاین، ۱۹۷۱). خشکی یک اصطلاح هواشناسی است که در مدت زمانی مشخص، مقدار بارندگی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه می

[5] Seasonal Drought
[6] Transient Drought
[7] Terminal Drought

شود. خشکی بر اثر یک یا چند عامل آب و هوایی کاهنده میزان آب در گیاه، به وجود می آید و شرایط خاک و هوا و یا هر کدام را، جهت عدم دسترسی گیاه به آب کافی تغییر می دهد؛ ادامه این وضع باعث از بین رفتن آب بافت های گیاه و خشکی می شود (لویت، ۱۹۸۰). بعضی وقت ها فیزیولوژیست ها آن را به اثر تنش آبی روی سلول بکار می برند که تنش آبی می‌تواند در کوتاه مدت هم روی دهد (حکمت شعار، ۱۳۷۲). به عبارت دیگر زمانی که تلفات آب از گیاه بر اثر تعرق، بیشتر از جذب آن شود، در گیاه کمبود آب حادث شده و گیاه دچار تنش خشکی می شود. وقوع خشکی ممکن است بصورت پیوسته که شدت آن دائما زیاد می شود یا در اوایل فصل و یا در اواخر فصل رویش و هم زمان با پرشدن دانه ها باشد (اهدایی، ۱۳۷۲). بر اساس گزارش بیکر (۱۹۹۴) زمانی که نسبت تبخیر و تعرق در گیاه کمتر از یک شود تنش کمبود آب حادث می شود.

از نظر علم کشاورزی خشکی زمانی که نزولات آسمانی، آب آبیاری و آب ذخیره در خاک طی فصل رشد با شرایط آب و هوایی معین، پاسخگوی نیاز گیاه برای حصول عملکرد مناسب نیست اتفاق می افتد. عدم توازن ذخیره آب داخل خاک و نیاز گیاه را خشکی می نامند (توماس، ۱۹۹۷). خشکی عدم وجود آب قابل دسترس از نظر کمیت و توزیع رطوبت در خاک طی دوره رشد و نمو گیاه است که باعث محدودیت بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاه می شود (صباغ پور، ۱۳۸۵). زمانی که آب قابل دسترس خاک، آب مورد نیاز گیاه را تامین نکند گیاه با تنش خشکی مواجه می شود و با توجه به شدت و طول دوره کمبود آب می تواند باعث آسیب به گیاه شود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶).

۲-۳-۱- اثرات تنش کم آبیاری

نیلسن (۲۰۰۱) عقیده دارد واکنش‌های سازگاری در برابر کم آبی به شدت و مدت دوره کم آبی، مرحله تکاملی و پارامترهای مرفولوژیکی/ آناتومیکی گیاه بستگی دارد. سلول‌های تمام جانداران دارای گیرنده‌ها، فرستنده ها و تنظیم کننده هایی برای محرک ها می‌باشند. دستگاه های پاسخ سلولی

شامل: مواد انتقال دهنده[8]، محلول هایی مثل اکواپورین ها[9]، فعال کننده‌های رونویسی[10] یا رونوشت برداری ، آنزیم‌های سنتز کننده محلول‌های سازگار، تخریب کننده‌های اکسیژن فعال و پروتئین‌های محافظ می‌باشد.

دو مکانیسم موثر جهت زندگی و تجمع در آشیانه های اکولوژیک کم آبی سنتز مولکول های محافظ در مرحله آب کشیدگی برای جلوگیری از صدمه و فعال شدن مکانیسم جبرانی در طی جذب مجدد آب جهت خنثی سازی و جبران صدمات است (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲). پیام دهنده های ویژه کلسیمی (پیام دهنده های ثانویه)، میزان کلسیم، سیگنال های فسفوریلاسیون، کانال های یونی ویژه و ترانسپورترها و نیز تشخیص زمان بسته شدن روزنه ها را تحت تاثیر القایی اسید آبسزیک (که خود به واسطه کاهش فشار تورگر سلولهای محافظ صورت می گیرد) تنظیم می نمایند (شرودر و همکاران، ۲۰۰۱). واکنش گیاهان به تنش ها، با مدت و شدت تنش، ژنوتیپ، سن، مرحله نموی، اندام و نوع سلول گیاه در معرض تنش رابطه دارد. اثرات متقابل گیرنده – لیگاند[11] و پروتئین – DNA و تغییر پروتئین‌ها از مکانیسم های کنترل تنش است. فسفوریلاسیون مکانیسم موثر و سریع برای تغییرات پس از ترجمه می باشد. سیگنال دهی کلسیم با افزایش موقتی غلظت یون های کلسیم در واکنش به یک سری از محرک های زنده و غیرزنده در گیاه می شود (اوانز و همکاران، ۲۰۰۱). تغییر در سیالیت غشای سلولی باعث تغییرفعالیت کانال های یونی کلسیم و تغییر غلظت یون های کلسیم در سیتوزول (نفوذ از منابع خارجی یا ترشح واکوئلی) می شود. افزایش غلظت یون کلسیم در سیتوزول یکی از واکنش های اولیه به تنش خشکی است (ساندرز و همکاران، ۱۹۹۹). تجمع ساکارز در نتیجه آب کشیدگی با تحمل به خشکی ارتباط دارد. پاسخ گیاهان عالی به تنش خشکی پیچیده است که به اثرات تنش و پاسخ های گیاه در شرایط محیط بر می‌گردد. پاسخ های گیاهان به خشکی بصورت غیر

[8] Transporters
[9] Aquapurins
[10] Transcriptional activators
[11] لیگاندها اثرات بیولوژیکی را توسط ترکیب با گیرنده های خاص اعمال می کنند.

مستقیم توسط فرآیند های پاسخ به کمبود آب و فشارهای وابسته به آن (مثل گرمای برگ) در گیاه اتفاق می افتد (بلوم، ۱۹۹۶).

واکنش های گیاه به تنش آب در سطح سلول بصورت کاهش پتانسیل آب یا فعالیت سلولی، افت فشاز تورژسانس سلول، تراکم مولکول های کوچک و درشت (حجم سلول در اثر افت تورژسانس کاهش می یابد)، به هم خوردن روابط فضای پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانلی بر اثر تغییرات حجمی و تغییر در ساختمان و شکل ماکرومولکول ها (بر اثر حذف آب هیدراسیون یا از تغییر ساختمان آب پیوندی) مشاهده می گردد.

تنش خشکی سیستم اسید های نوکلئیک را که ارتباط نزدیکی با ساخت پروتئین دارند مختل می کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). واکوئل ها به سرعت در برخورد با خشکی آب خود را از دست می دهند. آب سیتوپلاسم با ثبات تر از آب واکوئل است و کلروپلاست حداکثر قدرت حفظ آب را دارد (حیدری شریف آباد، ۲۰۰۸). در شرایط تنش کمبود آب، سلول و بافت گیاه آماس کامل ندارد (علیزاده، ۱۳۸۳). کاهش رشد بر اثر کاهش آماس سلولی از عمده ترین آسیب های وارده به گیاه بر اثر کمبود آب است که تا حدودی قابل برگشت می باشد. تقسیم و اندازه سلول به تنش خشکی حساس است. ولی تعداد سلول برگ در گیاهان تحت تنش و غیر تنش مشابه بوده است (سرمد نیا و کوچکی، b ۱۳۸۶). انتقال فسفر از برگ های مسن به ساقه و بافت های مریستمی از اولین علائم تنش خشکی است. جذب فسفر به علت از بین رفتن ریشه ها در شرایط تنش خشکی کاهش می یابد (فورد، ۱۹۷۲). تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب برگ و وزن خشک دانه در ژنوتیپ های لوبیای معمولی می شود (سانتوز و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش فتوسنتز بر اثر افت پتانسیل آب ناشی از کاهش هدایت روزنه ای برگ ها و افت میزان کلروفیل صورت می گیرد. تنش خشکی با ارسال پیام های ویژه ای باعث تبدیل فرم رویشی به زایشی در گیاه می شود که مراحل رشدی گیاه تسریع می گردد (دسکلاکس و همکاران، ۲۰۰۰). طول دوره رشد و

تغییر مراحل رشد باعث تغییر اجزاء عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی گیاه می شود (رزالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۴). معمولا در اثر تنش آب مقدار کل ریشه کاهش می یابد ولی نسبت ریشه به شاخه و برگ (در مورد باقلا) افزایش می یابد (سینگ، ۱۹۹۱). تأثیر مهم تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و سبز شدن، کاهش تعداد بوته در واحد سطح است. با افزایش مقدار رطوبت خاک، درصد سبز شدن افزایش یافته و زمان لازم تا رسیدن به حداقل ۵۰ درصد سبز شدن، کاهش می یابد. اهمیت کمبود آب، زمانی بیشتر است که آب کافی برای جوانه زنی وجود داشته باشد ولی رشد جوانه ها و گیاهچه های تازه استقرار یافته با کمبود آب مواجه گردد (فرجی، ۱۳۸۸). تنش رطوبت و کمبود مولیبدن باعث کاهش مقدار تثبیت نیتروژن می شوند (اسواراج، ۱۹۸۷).

خشکی با سه روش عملکرد گیاه را کاهش می دهد: ۱- با کاهش سطح برگ که ناشی از پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری زودرس برگ های گیاه می باشد جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی کاهش می یابد (ایرل و دیویس، ۲۰۰۳). ۲- کارایی مصرف نور به ازای واحد نور جذب شده کاهش می یابد. این کاهش توسط سنجش میزان ماده خشک تجمع یافته به ازای واحد نور جذبی در یک دوره زمانی خاص به دست می‌آید (استون و همکاران، ۲۰۰۲). ۳- کاهش سریع گاز کربنیک تبادلی به ازای واحد نور جذب شده (کرامر، ۱۹۸۳). تنش خشکی در دوره پرشدن دانه کلزا باعث تسریع در پیر شدن برگ ها، کاهش سطح برگ ، تولید ماده خشک و وزن دانه و عملکرد شد (بی نام، ۲۰۰۹). عملکرد دانه در نخود ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بر اثر خشکی کاهش می یابد (توکر و کانسی، ۲۰۰۶). در تحقیق سه ساله ای که روی ارقام لوبیا صورت گرفت تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، میزان تجمع بیوماس، سرعت تجمع ماده خشک و شاخص برداشت شد (پادیلا-رامیرز و همکاران، ۲۰۰۵). فرجی (۱۳۸۸) گزارش نمود کمبود آب در دوره گلدهی کلزا، از طریق کاهش سطح برگ، دوام سطح برگ، تعرق، فتوسنتز و تولید ماده خشک، طول دوره گلدهی، تعداد شاخه های فرعی ،

تعداد غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش عملکرد محصول می شود. تنش کمبود آب در طی مرحله رویشی ممکن است سبب تحریک و سرعت بخشیدن به رشد زایشی شود (فرجی، ۱۳۸۸). خشکی اغلب با درجه حرارت بالا و کمبود مواد غذایی، باعث افت شدید عملکرد گیاه می شود (علیزاده، ۱۳۸۳). تنش خشکی از شرایط محیطی موثر بر تغییر مقدار تثبیت انرژی خورشید در نباتات است (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۳-۲- کارایی مصرف آب

عملکرد اقتصادی گیاه به ازای هر واحد آب مصرفی را کارایی مصرف آب می گویند (علیزاده و کوچکی، ۱۳۷۰) که به صورت زیر محاسبه می شود:

$$WUE = Y/ET \qquad (۱-۲)$$

که در آن WUE کارایی مصرف آب، Yعملکرد اقتصادی، ET تبخیر و تعرق می باشد. کارایی مصرف آب از عوامل مهم در برنامه ریزی آبیاری مزرعه می باشد. این واژه و مقاومت به خشکی در برخی موارد بصورت مترادف بکار می روند در حالیکه در اغلب مواقع با هم ارتباطی ندارند. عملکرد و کارایی مصرف آب می توانند با یکدیگر رابطه مستقیم داشته باشند. به صورتیکه اگر میزان آب مصرف شده برای تبخیر و تعرق نوسان زیادی نداشته باشد، افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب به صورت توام حادث می شود. ولی اگر افزایش عملکرد با افزایش مصرف بیش از حد آب همراه باشد رابطه بین کارایی مصرف آب و عملکرد دانه تغییر کرده و حتی معکوس می شود (نادوراوژن و همکاران، ۱۳۸۴). شیب رابطه خطی بین تولید ماده خشک و تبخیر و تعرق، میزان آب مورد استفاده را نشان می دهد (بویر ، ۱۹۹۶). عملکرد بیشتر تحت تاثیر عوامل زراعی، و تبخیر و تعرق تابع عوامل اقلیمی است. کاربرد کودهای شیمیایی با افزایش عملکرد، باعث افزایش کارایی مصرف آب می شوند (اوتگول، ۱۹۹۷). کارایی

مصرف آب، تعرق و آب هدر رفته بر اثر تبخیر از سطح خاک را شامل می شود(ایوانس و واریانس، ۱۹۹۳). تبخیر ۷۵-۴۰ درصد از کل آب از دست رفته را شامل می شود (ریچارد، ۱۹۹۱). در صورت پوشش سطح خاک و وجود رطوبت کافی تبخیر و تعرق به پوشش گیاهی وابسته نیست که عملا این شرایط در مناطق خشک به ندرت اتفاق می افتد (علیزاده و کوچکی، ۱۳۷۰). در بررسی تنش کم آبی روی لوبیا، کاهش کارایی مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش مشاهده شده است (مانوز- پریا و همکاران، ۲۰۰۵).

در بعضی مواقع نیاز بالای اتمسفری و مکش زیاد اتمسفر و همچنین عدم توانایی گیاه در جذب آب سبب بروز پدیده "حفره سانی" یا ایجاد حباب های هوا در آوند های چوبی گیاه شده که با بستن آوند ها عمل آنها در انتقال آب و مواد غذایی مختل می شود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶). در این ارتباط وجود آوند های باریک می تواند نقش زیادی در افزایش تحمل آوند ها نسبت به پدیده حفره سانی داشته باشد و در نتیجه انتخاب ارقام با قطر آوند چوبی کم می تواند در افزایش تحمل آنها به تنش خشکی مفید باشد. ذکر این نکته ضروری است که کمتر بودن قطر آوند ها با کاهش قابلیت هدایت هیدرولیکی آنها همراه است و این مساله می تواند تحت شرایط مناسب رطوبتی، از طریق کاهش توانایی انتقال آب و مواد غذایی، باعث کاهش عملکرد شود.

۲-۴- مکانیسم های مقاومت به خشکی

جهت اصلاح گیاه در مقابل خشکی نیاز به اطلاعات کاملی از مجموعه عوامل محیطی کاهنده بارندگی می باشد که این عوامل در هر منطقه، خاص آن منطقه می باشند (گوتر و همکاران، ۱۹۷۹). برخی محققین تنش گرما را برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی بعلت کنترل آسانتر آن نسبت به

خشکی، بکار می برند. دو روش مقاومت به خشکی، اجتناب از خشکی[12] و تحمل خشکی[13] توسط لویت (۱۹۸۰) بیان شده است. تحمل خشکی از نظر متخصصین مختلف موارد زیر را در بر می گیرد:

- بیولوژی سلولی : زنده ماندن سلول به تنهایی یا در موجود تک سلولی به کمک سازگاری تنظیم اسمزی
- بیوشیمی : تحمل بازدارندگی ساخت پروتئین و بقای m RNA در شرایط کمبود آب در موجود زنده.
- فیزیولوژی : ادامه رشد تحت شرایط تنش آب.
- زراعت : پایداری عملکرد گیاه در شرایط تنش رطوبت.

همبستگی بین صفات و مرفولوژی نشان می دهد که گیاه بیشتر مکانیسم فرار از خشکی را از طریق سرعت رشد، گلدهی زودتر و زودرسی ترجیح می دهد. در شرایط تنش خشکی شدید این حالت برعکس است. زیرا ممکن است بوته ها زنده باشند ولی به دلیل شدت خشکی نتوانند به مرحله زایشی بروند و عملکردی تولید نمایند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). در این شرایط به عقیده ترنر (۱۹۷۹) اجتناب از خشکی اهمیت پیدا می کند. بدین صورت که گیاه با نگهداری حالت آماس توسط تغییر در سیستم ریشه یا تنظیم سطح برگ می تواند دوره خشکی را تحمل کند. در هر صورت ترکیبی از اجتناب و تحمل نیاز است (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

اصلاح برای خشکی در سویا (بویر،۱۹۹۲)، گندم (هورد، ۱۹۷۶) از طریق اجتناب و در گندم (بویر، ۱۹۸۲) از طریق تحمل انجام شده است. اصلاح برای خشکی از طریق فرار برای گندم، جو، نخود و عدس که در شرایط رطوبت ذخیره شده رشد می کنند و ارقام زودرس قبل از مواجه شدن با تنش خشکی تولید بذر می کننده ساده است. گیاهان از سه طریق فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل به پسابیدگی به تنش خشکی سازگاری نشان می‌دهند (صباغ پور، ۱۳۸۵).

[12] Drought Avoidance
[13] Drought Tolerance

۲-۴-۱- فرار از خشکی

فرار از خشکی[14]، روشی مناسب جهت اصلاح فنولوژی گیاه در مناطق با فصل رشد کوتاه و تنش خشکی آخر فصل زراعی می باشد (ترنز،۱۹۸۶). انتخاب واریته های زودرس برای این مناطق مطلوب است. فرار از تنش خشکی با کوتاه کردن یا تنظیم دوره زندگی گیاه یکی از موثرترین روش‌های سازگاری گیاه است (ایوانس و واریانس، ۱۹۹۳). واکنش شامل حفظ تعادل بین فعالیت های ریشه و ساقه می‌باشد که با ارسال پیام هایی، سرعت گسترش برگ و بسته شدن نسبی روزنه ها کنترل می-شود. فرار از خشکی به کمک شناخت ارقام زودرس قابل اجرا است. زودرسی در مناطق مدیترانه به دلیل برخورد با درجه حرارت پایین و یخبندان در هنگام زودگلدهی دارای محدودیت است. زودرسی باعث می‌شود گیاه قبل از کاهش رطوبت خاک بتواند حداکثر ماده خشک ممکن را تولید کند. ژنوتیپ‌های زودرس با قابلیت جوانه زنی سریع در بستر بذر نسبتا کم رطوبت، قدرت رشد اولیه زیاد، تیپ بوته گسترده جهت پوشش سریع سطح خاک برای کاهش تبخیر، باعث کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی می شوند. در مناطق سردسیر(فصل رشد کوتاه) و وجود تنش خشکی آخر فصل، استراتژی فرار جهت اصلاح فنولوژی گیاه با اهمیت است (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۲-۴-۲ اجتناب از پسابیدگی

گیاه به کمک ریشه عمیق و توسعه یافته، سطح سایه انداز، تغییر زاویه برگ و حرکت آن، ضخامت کوتیکول، تنظیم سطح برگ، بستن روزنه در ساعات گرم و خشک روز و تنظیم فشار اسمزی از اثرات تنش خشکی تا حد زیادی می تواند در امان باشد. اجتناب از پسابیدگی[15]، حاصل توانایی گیاه در حفظ آماس بالا در زمان تنش خشکی است که از طریق افزایش پتانسیل آب یا کاهش پتانسیل اسمزی، همراه با تنظیم اسمزی صورت می گیرد (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). اجتناب از پسابیدگی، به قابلیت گیاه در نگهداری بیلان مناسب آب و آماس خود، حتی در شرایط بروز تنش می گویند که

[14] Drought Escape
[15] Dehydration Avoidance

معمولا توسط خصوصیات مرفولوژیکی و آناتومیکی گیاه شناخته می شود. این نیز نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی حاصل از تنش خشکی است (لویت، ۱۹۷۲). بیلان مناسب آب در شرایط خشکی از طریق ذخیره آب با کاهش تبخیر و تعرق در قبل یا آغاز بروز تنش و تسریع در جذب آب برای تامین مجدد آب از دست رفته صورت می گیرد (سرمدنیا و کوچکی، a ۱۳۸۶).

۲-۴-۳- تحمل پسابیدگی

تحمل پسابیدگی[۱۶] عبارت از توانایی سلول به ادامه سوخت و ساز در شرایط پتانسیل آب کم می باشد. گیاه واجد این مکانیسم با تامین رطوبت قادر است دوباره رشد کند. این مکانیسم روش اساسی حیات گیاهان پست و عالی در حال رکود می باشد. ضخیم شدن دیواره سلولی از سازگاری برگ به شرایط خشک است (کرامر، ۱۹۵۹). افزایش تحمل پسابیدگی در طی دوره خشکی متوسط و ملایم باعث ادامه رشد برگ ها و کاهش پیری شده و می تواند اثرات مثبتی در تولید کشاورزی داشته باشد. ۲۸ تا ۳۰ درصد آب سلول گیاهی برای حفظ فعالیت ساختمان غشاء بکار می رود (بلوم، ۱۹۸۸). املاح سازگار از جمله قندها، اسیدهای آمینه (پرولین)، ترکیبات آمونیوم(گلایسین بتائین) باعث حفظ غشاء و آنزیم ها از خسارت پسابیدگی می شوند (هسیائو و همکاران، ۱۹۸۴). تحمل پسابیدگی به توانایی سلول جهت نگهداری غشاء خود در شرایط غیر نرمال و جلوگیری از تغییر ماهیت پروتئین آن بستگی دارد. تخریب غیر قابل برگشت دیواره سلولی را سیتورهیز[۱۷] گویند که بر اثر آن مقدار بحرانی فشار منفی آماس، ایجاد می گردد. مواد محلول مثل قندها، اسیدهای آمینه، ترکیبات آمونیوم و پرئتئین های خانواده دهیدرین ها[۱۸] می تواند باعث حفظ غشاء و آنزیم ها از خسارت پسابیدگی شوند.

افزایش معنی داری در قابلیت نفوذ مواد قطبی و چگالی پروتوپلاسم گیاهان تحت تنش گزارش شده است (راسل، ۱۹۹۶). گیاه در این شرایط با پیچیدن برگ، زرد شدن و ریزش برگ خودرا سازگار می نماید (بیلو و همکاران، ۱۹۸۱). مقاومت در برابر آبکشیدگی با تجمع محلول های سازگار که وزن

[16] Dehydration Tolerance
[17] Cytorrhysis
[18] LEA-D-I I

مولکولی پایینی داشته و غیر سمی می باشند صورت می گیرد. موادی مثل بتائین ها(گلایسین بتائین)، اسیدهای آمینه(بویژه پرولین)، پلی ال ها، قندها (مانیتول، سوربیتول، ساکارز یا تری هالوز) با افزایش تعداد ذرات در محلول، به نگهداری فشار تورگر در طی آب کشیدگی کمک می کنند و میزان سیالیت غشاء را کنترل می نمایند. پروتئین ها را به حالت هیدراته نگه داشته و باعث پایداری ساختمان آنها می شوند (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). در نهایت قندها جایگزین مولکول آب شده و سیتوزول را اصطلاحا به حالت "شیشه ای" در می آورند. پروتئین های نوع LEA و قند غیر احیاء، باعث شیشه ای شدن محیط و حفاظت سلول می شوند.

مواد محلول ممکن است به عنوان مولکول های پیام دهنده عمل کنند و سبب فعال شدن مسیرهای حفاظتی شوند یا به عنوان تخریب کننده انواع اکسیژن فعال[۱۹] عمل نمایند. تحمل آب کشیدگی و خشکی با مقدار بالای الیگوساکارید ها و دی ساکارید های غیر احیاء در ارتباط است (فلیپس و همکاران، ۲۰۰۲).

از اهداف مهم اصلاح نخود، افزایش مقاومت به تنش های محیطی می باشد. برای تعیین تحمل به خشکی در نخود برخی محققین، اقدام به اجرای آزمایش های جوانه زنی در رطوبت محدود یا شرایط پتانسیل اسمزی پایین می نمایند (امام جمعه، ۱۳۷۸). در آزمایشی، گوپتا و همکاران (۱۹۹۱) اثرات پلی اتیلن گلایکول (PEG) را در غلظت های مختلف روی جوانه زنی نخود بررسی کرده و روشی موثر برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی معرفی نمودند. دوره‌هایی که آب خاک در شرایط ایده آل قرار داشته باشد معمولا کوتاه و نامنظم است و این امر در نهایت منجر به کاهش تراکم گیاه می شود. صفات ریشه، درجه حرارت سایه انداز، وجود حالت مومی و تنظیم اسمزی تکنیک های مناسبی برای دستیابی به ژنوتیپ های متحمل به خشکی است (ترنر، ۱۹۸۱).

[19] Reactive oxygene species

۲-۴-۳-۱- آب کشیدگی

آب کشیدگی[20] واکنش حفاظتی جهت جلوگیری یا جبران خسارات وارده به سلول های گیاهی بر اثر تنش خشکی است و هورمون اسید آبسزیک نقش اساسی را ایفا می کند. آب کشیدگی در گیاه باعث افزایش اسید آبسزیک می شود که این امر سبب القای بیان ژن های چندگانه مسئول محافظت گیاه در برابر اثرات سوء کم آبی می شود. افزایش مقدار اسیدآبسزیک نسبتا به کندی صورت می گیرد که نشان می دهد ژن های القا شونده توسط اسید آبسزیک ممکن است با مکانیسم های عامل سازگاری در ارتباط باشد. مسیر بیوسنتزی اسید آبسزیک یک شاخه فرعی از مسیر کارتنوئیدی[21] بوده و فعالیت بسیاری از آنزیم های مسیر بیوسنتزی اسید آبسزیک، تحت تاثیر وقوع آب کشیدگی قرار می گیرد (سئو و کوشیبا، ۲۰۰۲). اسید آبسزیک باعث بسته شدن روزنه ها و کاهش تلفات آب در جریان تنفس می شود. سنتز سریع اسید آبسزیک در آرابیدوپسیس در اثر آب کشیدگی بعد از ۲ ساعت قابل تشخیص بوده و پس از ۱۰ ساعت به حداکثر خود می رسد (کیوسو و همکاران، ۱۹۹۴). احساس تشنگی آبی حتی قبل از بروز علائمی مثل پژمردگی یا کاهش معنی دار مقدار نسبی آب، یک ساعت پس از شروع آب کشیدگی در گیاه بیابانی کارتروستیگما و آرابیدوپسیس قابل تشخیص است (ناکاشیما و همکاران، ۱۹۹۷). از اسید آبسزیک به عنوان هورمون تنش یاد می شود که هماهنگی فعالیت های متابولیکی و نمو گیاه را در رابط محدودیت های محیطی اعمال شده به عهده دارد. بسته شدن روزنه ها (شرودر و همکاران، ۲۰۰۱)، تغییر میزان بیان ژن (سکی و همکاران، ۲۰۰۲)ف کنترل جوانه زنی بذر (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲) و رشد رویشی (هیمل باخ و همکاران، ۱۹۹۸) از واکنش های گیاه به مقادیر فراتر از سطح آستانه اسید آبسزیک در مواجهه با تنش‌ها می باشد. هیستیدین کینازها در پاسخ اولیه به تنش اسمزی دخالت دارند و سبب اتوفسفوریلاسیون یک زنجیره هیستیدین و انتقال فسفات به زنجیره آسپارتیک موجود

[20] Dehydration
[21] Carotenoid pathway

در مولکول گیرنده می شوند. هیستیدین کیناز در گیاهان، گیرنده[۲۲] هورمون های اتیلن و سیتوکنین می باشد (اینوئه و همکاران، ۲۰۰۱). از پیامدهای تنش آب کشیدگی، افزایش غلظت واسطه های اکسیژن فعال (ROI)[۲۳] است (میتلر، ۲۰۰۲) که باعث خسارت غیر قابل جبران به غشاها، پروتئین ها، DNA و RNA می شوند. ROI توسط سیستم‌های آنتی اکسیدانت ویژه ای کنترل می شود که شامل عوامل تخریب کننده آنزیمی، نظیر سوپراکسیددسموتاز، پراکسیدازها و کاتالازها است. وجود رابطه منفی بین تنظیم اسمزی و عملکرد اقتصادی گیاه در شرایط تنش توسط سابارائو و همکاران (۱۹۹۵) بیان شد در حالیکه مونز و کینگ (۱۹۸۸) عدم وجود رابط بین تنظیم اسمزی و عملکرد اقتصادی را بیان کردند.

۲-۵- اثر تنش خشکی بر برخی از جنبه‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان

شرایط محیطی، به خصوص تنش خشکی، از عوامل مهم در بیان فنوتیپی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه است (غلامی‌زالی و همکاران، ۱۳۹۴). تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گیاه ماش شد (جعفردخت و همکاران، ۱۳۹۴). کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ باعث کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ و کاهش عملکرد می‌شود (کافی و رستمی، ۱۳۸۶). ارزیابی عملکرد دانه سه رقم گلرنگ بهاره تحت تأثیر تنش خشکی ایجاد شده در اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی نشان داد که تنش باعث کاهش رشد گیاه و عملکرد بیولوژیک و در نتیجه کاهش عملکرد دانه شد (امیدی، ۱۳۸۸). در برخی از گیاهان به هنگام مواجهه با تشعشع زیاد و کمبود آب، حرکت برگ ها به موازات حرکت خورشید مشاهده می شودکه به آن پاراهلیوتروپیسم[۲۴] گویند. ژنوتیپ های با قدرت رشد اولیه بالا زودرس بوده و توانایی تقلیل خسارت خشکی آخر فصل را دارند (صباغ پور و همکاران، ۲۰۰۳b).

[22] Receptor
[23] Reactive Oxygen Intermediates
[24] Paraheliotropism

کاهش دریافت نور خورشید در مدت های کوتاه و کاهش تلفات آب، دلیل کاهش اثر تنش خشکی است. ساده ترین روش کاهش تشعشع دریافتی، کاهش سطح برگ و لوله ای شدن آن است. این موضوع باعث کاهش بار حرارتی گیاه و کاهش تلفات آب می شود. این صفت برای ارقامی که در شرایط وقوع خشکی موقت، ولی شدید، رشد می کنند صفت مفیدی به شمار می رود. کاهش سطح برگ باعث کاهش خروج رطوبت(تعرق) می گردد. تحت شرایط خشکی شدید ریزش برگ ها پای بوته، وجود برگ‌هایی با رنگ روشن تر، وجود کرک روی برگ جهت انعکاس بیشتر نور نیز می‌تواند مفید باشد. این مکانیسم ها مربوط به تحمل گیاه برای ادامه حیات است و تنها در شرایط گذر از دوره های تنش شدید و کوتاه مدت مفید است.

تحت شرایط رطوبتی مناسب این مکانیسم ها سبب کاهش تولید ماده خشک و درنتیجه کاهش عملکرد دانه می شوند. در شرایط رطوبتی مناسب، هدف اصلی زراعت گسترش سریع سطح برگ، افزایش دریافت تشعشع، تعرق، فتوسنتز، تولید ماده خشک و عملکرد دانه است (فرجی، ۱۳۸۸). در تنش خشکی قبل از گلدهی، میزان نفوذ نور در سایه انداز و مقدار تولید ماده خشک ، کمتر از تنش بعد از گلدهی است (سینگ، ۱۹۹۱). گیاه به دلیل تنش خشکی سرعت رشد، مقدار برگ و شاخه در بوته را کاهش داده و گلدهی را زودتر شروع می کند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). تنظیم سطح برگ در گیاه از طریق کاهش اندازه برگ و تعداد برگ صورت می گیرد (تورک و هال، ۱۹۸۰). در شرایط دیم تعداد برگچه در برگ افزایش ولی سطح برگ کاهش می یابد (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

تجزیه و تحلیل رشد گیاه وسیله ای برای شناخت فیزیولوژی، اکولوژی و اصلاح نبات است (پورتر و گارنیر، ۱۹۹۶). رشد و نمو رویشی و زایشی گیاه تحت تأثیر محیط می‌باشد که فرآیندهای مقدار زیست توده، توزیع و تجمع مواد در اندام‌های اقتصادی گیاه را متاثر می‌سازد (کوچکی وبنایان اول، ۱۳۷۳). به کمک تجزیه رشد و معادلات ریاضی، اجزای رشد گیاه را می‌توان به صورت کمی تعیین نمود. پارامترهای مورد استفاده برای تعیین اجزای رشد به عنوان شاخص‌های رشد شناخته می‌شوند

(واری، ۱۹۹۰). هدف اصلی از کاربرد معادلات رشد توضیح عکس العمل گیاه به شرایط محیط می باشد (بالوک و همکاران، ۱۹۹۸). رشد گیاه در مزرعه غالباً براساس میزان تجمع ماده خشک و سطح برگ تعیین می شود. کوچکی و بنایان اول (۱۳۷۳) رابطه اجزای عملکرد حبوبات را به شرح رابطه زیر بیان کردند:

$$Y= D*P*S*T/100000 \qquad (۲-۲)$$

Yعملکرد دانه (تن در هکتار)،D متوسط تعداد بوته در واحد سطح (مترمربع)،P متوسط تعداد غلاف در بوته ،S متوسط تعداد بذر در غلاف، Tوزن هزار دانه (گرم)

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه اجزای عملکرد نخود می باشند (خاناچوپرا و سین ها، ۱۹۹۸).

تنش خشکی باعث کاهش برخی از ویژگی‌ها در گیاه ماش از جمله ارتفاع و عملکرد بیولوژیک شد (جعفردخت و همکاران، ۱۳۹۴). وزن خشک ساقه و ریشه و وزن خشک کل در سه رقم نخود تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (نصر اصفهانی، ۱۳۹۲). تنش خشکی در مرحله گلدهی، موجب از دست دادن آب در دانه گرده شده و درصد تلقیح را کاهش می‌دهد (فرخی‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸). محاسبه وزن خشک گیاه یکی از مطمئن‌ترین روش‌های ارزیابی میزان رشد در گیاهان است. زمانی که وزن خشک گیاه کم باشد نشان می‌دهد که گیاه توانایی کمتری برای استفاده از شرایط محیطی و یا تحمل شرایط نامساعد محیط را داشته است و در نتیجه فرایندهای فیزیولوژیکی آن کاهش یافته است (حبیبی، ۱۳۹۰). کاهش تولید ماده خشک در اثر قطع آبیاری و بروز تنش خشکی توسط هاشمی دزفولی (۱۳۷۳) و کومارسینگ (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است.

میزان کلروفیل برگ از جمله صفات فیزیولوژیک مهم است که تحت تنش، تغییر می‌یابد. در صورتی که شدت تنش آب زیاد باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌گردد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۳).

زارکو تجادا و همکاران (۲۰۰۰)، کلروفیل برگ را یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان دهنده فشارهای محیطی وارد بر گیاه دانستند و معتقدند مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود. تنش خشکی، رشد رویشی و عملکرد دانه را از طریق افت سطح برگ و فتوسنتز کاهش می‌دهد که میزان این کاهش به شدت تنش و مرحله‌ای از نمو بستگی دارد که در آن تنش رخ می‌دهد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۵).

تنش خشکی گیاه را در سطح سلولی، بافت و اندام تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (بیک و همکاران، ۲۰۰۷). گیاهان در هنگام مواجه با تنش خشکی با ایجاد یکسری تغییرات فیزیولوژیکی به تنش‌های مختلف پاسخ می‌دهند. تجمع مواد محلول در پاسخ به خشکی (تنظیم اسمزی) راهی برای حفظ آماس است. (سانچز و همکاران، ۲۰۰۳). میزان مواد محلول سازگار به خشکی مانند قندها، قندهای الکلی، آمینواسیدهای ویژه نظیر پرولین، گلایسین و بتائین در زمان تنش افزایش می‌یابد (دورینگ، ۱۹۹۲ و گارگ، ۲۰۰۳).

پرولین به عنوان یک اسمولیت در تنظیم اسمزی سلول شرکت می‌نماید و حفاظت از غشاء، پروتئین ها و هضم رادیکال های آزاد را انجام می دهد. سنتز پرولین در شرایط تنش، با تولید آخرین ترکیب پذیرنده الکترون در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی همراه است و از گیاه در برابر بازدارندگی نوری[۲۵] محافظت می نماید. تجزیه سریع پرولین پس از تنش، شرایط فسفوریلاسیون اکسیداتیو میتوکندری و تولید ATP مورد نیاز برای جبران خسارت تنش و بازیافت ساختارهای آسیب دیده را فراهم می کند (هر و کرس، ۱۹۹۷). پیش ماده بیوسنتز پرولین در گیاه، L- گلوتامیک اسید است. دو آنزیم پیرولین -۵- کربوکسیلات سینتتاز (P5CS) و پیرولین -۵- کربوکسیلات ردوکتاز(P5CR) در بیوسنتز پرولین نقش اصلی را به عهده دارند. در رقمی از تنباکو با دستکاری P5CS ، پرولین بیشتری تولید شد و مقاومت به شوری و خشکی در گیاه افزایش یافت (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). تجمع پرولین از دو مسیر وابسته به اسید آبسزیک و مسیر غیر وابسته به آن در گیاه صورت می‌گیرد (زو،۲۰۰۲). اسید

[25] Photo Inhibition

آبسزیک به صورت یک سیگنال واسط در سلولهای گیاهی تحت تنش با تشدید بیان ژن های مرتبط با تنش، متابولیت های سازگار مثل پرولین را افزایش می دهد (کاوی کیشور و همکاران، ۲۰۰۵). بین بیان ژن P5CS به عنوان مهم‌ترین عامل بیوسنتز پرولین و تجمع پرولین همبستگی وجود دارد. افزایش غلظت پرولین فقط به تجزیه پروتئین ها بستگی ندارد (یوشیبا و همکاران، ۱۹۹۷). افت فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز در شرایط تنش از عوامل مطرح شده موثر بر تجمع پرولین در بافت های تحت تنش می باشد (ساندراسن و همکاران، ۱۹۹۵).

۲-۶- کاربرد زئولیت در کشاورزی

زئولیت‌ها گروهی از آلومینوسیلیکاتهای (AlO_4 , SiO_4) هیدراته متبلور با خلل و فرج ریز هستند که حاوی کاتیون‌های قابل تبادلی از گروه فلزات قلیایی و قلیائی خاکی یعنی Ca^{2+} و Mg^{2+}، K^+، Na^+ بوده و به طور برگشت‌پذیر آب را به خود جذب و مجدداً آزاد کرده و بعضی از کاتیون‌های ساختمانی خودشان را مبادله می‌کنند (کلیفتون، ۱۹۸۵). معروف‌ترین و فراوان-ترین زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت است که در سال ۱۸۹۰ کشف شد. برای دستیابی به عملکرد بالا، حفظ حاصلخیزی خاک که از طریق کودهای شیمیایی حاصل مشود، ضروری است. استفاده از زئولیت کلینوپتیلولیت در اراضی کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آن برای جذب و نگه داری آمونیوم، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش شستشوی عناصر غذایی خاک به ویژه نیتروژن داشته باشد (مامپتون و همکاران، ۱۹۹۹). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کنند (پولات و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به ویژگی های منحصر به فرد زئولیت ها از قبیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا (۲۰۰ تا ۳۰۰ اکی والان در۱۰۰ گرم) (مامپتون،۱۹۹۹)، جذب انتخابی

کاتیون های مفید مانند آمونیوم و آزادسازی کنترل شده آنها (مامپتون، ۱۹۹۹) ثبات چارچوب ساختمانی در دراز مدت (برخلاف کانی های معمول رسی) (شو آندرئوس، ۲۰۰۱)، وفور قابل توجه زئولیت های طبیعی در کشور(کاظمیان، ۲۰۰۱؛ مامپتون، ۱۹۹۹) استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، بکارگیری این ترکیبات همراه با کودهای شیمیایی می تواند تاثیر کودهای شیمیایی را بیشتر کرده باعث مصرف بهینه این دسته از نهاده ها شوند.

غلامحسینی و همکاران (۲۰۰۷)، در طی بررسی‌های خود نشان دادند که در آزمایشی اثر سطوح مختلف زئولیت و کود نیتروژن بر روی کلزا (*Brassica napus*) بر روی صفات کمی علوفه شامل عملکرد مادۀ خشک، وزن خشک برگ و ساقه و شاخص سطح برگ معنی دار بوده است. قلی زاده و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی(*Dracocephalum moldavica*) در شرایط گلخانه ای اظهار داشتند که مصرف زئولیت اثر معنی داری بر صفات وزن تَر گیاه، وزن خشک گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل و درصد اسانس در گیاه داشت. مدنی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی به ارزیابی کاربرد سطوح نیتروژن و سطوح زئولیت بر خصوصیات کمی و کیفی سیب زمینی(*Solanum tubersum*) رقم آگریا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر مقادیر مختلف زئولیت و نیتروژن بر تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بلندترین ساقه اصلی، وزن خشک اندام هوایی، وزن کل غده در هکتار معنی دار شد. آتومی و همکاران (۱۹۹۹)، با اجرای آزمایشی بر روی استویا به بررسی تأثیر کمبود عنصر غذایی نیتروژن در جذب عناصر پرمصرف به وسیله این گیاه پرداختند، آن ها اظهار داشتند که کمبود این عنصر غذایی منجر به کاهش جذب عناصر غذایی پرمصرف در این گیاه می‌گردد. سلمانزاده کرانی (۲۰۱۲)، در نتایج حاصل از تحقیقات خود بر روی اثر کاربرد زئولیت در ریشه زایی قلمه های گل کاغذی(*Bougain villea*) بیان نمودند که مصرف ۲۰ درصد ترکیب حجمی زئولیت با ماسه به عنوان بستر ریشه زایی قلمه‌های این گیاه دارد.

لوین (۱۹۹۹) برای رشد گیاه در پروژه‌های فضایی از بستر زئولیت برای گیاه گندم استفاده کردند، به طوری‌که زئولیت با عناصر ضروری برای رشد گیاه غنی شده بود و در طی رشد فقط آب دیونیزه شده به گیاه داده می‌شد. نتایج نشان داد که گندم‌هایی که در بستر زئولیت رشد کرده بودند نسبت به بستر پیت و ورمی کولایت دوره رشد رویشی طولانی‌تری داشتند که منجر به تولید مداوم پنجه‌های جدید شد. بزرگی و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی با مصرف سطوح مختلف زئولیت (شاهد، چهار و هشت تن در هکتار) برروی رشد و عملکرد گیاه خیار بیان کردند که صفات عملکرد میوه، تعداد میوه در بوته، طول میوه و ارتفاع گیاه تحت تأثیر مصرف زئولیت افزایش معنی داری را نشان داد.

۲-۷- کودهای آلی به عنوان راهکاری برای حاصلخیزی پایدار

از اهداف کشاورزی پایدار حفظ حاصلخیزی خاک، متوقف ساختن روند بهره برداری بی رویه از منابع خاک و تخریب منابع موجود و حفظ تولید غذا در سطح تامین نیازهای رشد جمعیت می باشد (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵). از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه تنها به عنوان یک بستر فیزیکی و شیمیایی است بلکه همچون یک پیکره زنده است، که با مدیریت موجودات زنده آن می توان تنوع زیستی آن را حفظ کرده و افزایش داد (تهامی، ۱۳۸۹). لذا برای داشتن یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده هایی که علاوه بر تامین نیازهای گیاه، جنبه های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات محیطی را کاهش دهند ضروری به نظر می رسد (کیزیل کایا، ۲۰۰۸).

کودهای آلی در بهبود خاصیت نگهداری آب و هوا در خاک موثر می‌باشند لذا بر جمعیت میکروبی و فعالیت آنها اثر مثبت دارند (کاتز و همکاران، ۲۰۰۴). هنگامی که جمعیت باکتری های خاک افزایش می‌یابد، میزان و درصد ماده آلی خاک کاهش خواهد یافت. زیرا اکثر میکروارگانیسم‌های خاک از ماده آلی به عنوان منبع کربن برای مصارف ساختمانی در رشد خود استفاده می‌کنند و قسمتی نیز در این میان به صورت CO_2 آزاد می‌شود (هو و همکاران، ۲۰۰۵). با توجه به این مورد، نقش کودهای

آلی در خاک که به عنوان منبع کربنی برای میکروارگانیسم ها عمل می‌کنند، روشن‌تر خواهد شد. برای مثال منبع کربن موجود در کودحیوانی برای استفاده باکتری‌های هتروتروف مفید گزارش شده است (تهامی، ۱۳۸۹).

بدون تردید، کاربرد کودهای آلی و دامی به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک و حفظ کیفیت خاک و افزایش مواد آلی نسبت به کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌توانند جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در بلند مدت باشند (لی، ۲۰۱۰؛ مائو و همکاران، ۲۰۰۸؛ آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵).

۲-۷-۱- کود های دامی

مصرف کود دامی در کشاورزی سنتی جایگاه خاصی داشته و در حال حاضر نیز می‌تواند نقش مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا کند. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند و علاوه بر داشتن عناصر پرمصرف به مقدار کمتری دارای ریز مغذی‌ها بوده و خاک را در دراز مدت در جهت تعادل پیش خواهند برد (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). مصرف ۵ تا ۱۰ تن در هکتار کود دامی می-تواند اثرات منفی ناشی از رفت و آمد ماشین آلات بر روی خاک را تعدیل کند (مصدقی و همکاران، ۲۰۰۰). بهبود مواد آلی و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک در اثر مصرف کود دامی، طی گزارشات متعددی مورد تاکید قرار گرفته است به عنوان مثال، به اثرات مثبت کودهای حیوانی بر باروری خاک (کاپکیای و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش ماده آلی خاک (کائور و همکاران، ۲۰۰۸)، رشد و نمو گیاه (ملونتلو و همکاران، ۲۰۰۷) و غنی‌سازی خاک (مائریر و همکاران، ۲۰۰۱) به دفعات در منابع اشاره شده است. کاربرد کود دامی در خاک باعث متخلخل شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و دانه‌بندی خاک شده و ویژگی‌های فیزیکی آن را بهبود می‌بخشد، ضمن اینکه با افزایش قدرت

حاصلخیزی خاک، رشد محصول را زیاد کرده و در نتیجه کارایی مصرف آب را ارتقاء می‌دهد (پرویزی و نباتی، ۱۳۸۳).

کود دامی می‌تواند تمام و یا بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی را نیز تامین نماید و علاوه بر تامین نیاز تغذیه‌ای گیاه منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شود (پرات، ۱۹۸۲). گزارش شده است که کاربرد کود گاوی برای لوبیا چشم بلبلی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. هم‌چنین برخی از آزمایشات نشان داده است که خاک‌هایی که کود حیوانی دریافت کرده اند میکروارگانیسم های خاکزی، فسفر، پتاسیم، منیزیم و نیترات بیشتری نسبت به خاک‌هایی که با کودهایی که با کودهای غیر آلی تغذیه شده اند دارند. گزارشاتی نیز وجود دارد مبنی بر اینکه کاربرد بیش از اندازه این کودها می تواند منجر به تجمع املاح اضافی در خاک شود (عزیز و همکاران، ۲۰۱۰).

کود دامی یکی از منابع ارزشمند در مزارع زیستی به شمار می‌آید. دام ها قادر به جذب تمام مواد غذایی علوفه نیستند و معمولا ۷۵ تا ۹۰ درصد عناصر غذایی که در علوفه و غذای دام وجود دارد از طریق فضولات دفع می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۴). کود دامی علاوه بر افزایش عناصر غذایی خاک، مواد آلی آن را نیز افزایش داده و سلامت خاک را بهبود می بخشد.

در کشورهای حوضه مدیترانه، کودهای گوسفند به طور سنتی به عنوان منبع کود آلی استفاده می شوند. بازچرخش این نوع کودهای آلی به خاک‌های با ماده آلی کم که در این منطقه سطح وسیعی را اشغال کرده اند، می تواند ضمن بهبود ساختار خاک موجب باروری درازمدت خاک و نیز جایگزینی برای کود های غیرآلی در تولیدروزافزون سبزیجات ارگانیک باشد (پاولو و همکاران، ۲۰۰۷).

بخش اعظم اثرات مطلوب ناشی از کودهای دامی، به دلیل تأمین نیتروژن در اوایل و در سرتاسر فصل رشد است که به صورت نیترات در اثر تجزیه اوره، ترکیبات آمونیومی و پروتئین‌های حیوانی و گیاهی آزاد می شود (فتح اله طالقانی و همکاران، ۱۳۸۵). مصرف مداوم کودهای حیوانی باعث کاهش pH خاک می شود و در اثر آن، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های زراعی،

حلالیت مقداری از عناصر غذایی به ویژه فسفر، آهن، روی، منگنز، بر و مس افزایش می یابد (بوتلا و همکاران، ۱۹۹۴). آگاروال و همکاران(۱۹۹۷) گزارش کردند که کاربرد کود دامی و کود سبز باعث افزایش معنی دار فعالیت آنزیمی خاک شد. پیکوک و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که با افزایش کربن آلی خاک، زیست توده میکروبی خاک هم تقریبا به همان شدت افزایش می یابد.

اکثر خاک های زراعی کشور از نظر ماده آلی فقیر می‌باشند. استفاده از مواد آلی راهکاری موثر در جهت افزایش عملکرد محصول می باشد (توحیدلو، ۱۳۸۰). کودهای آلی حیوانی به دلایل مختلفی مفید هستند. میزان تاثیر کود دامی بر عملکرد محصول و غلظت فسفر در گیاه، در حضور فسفر باقیمانده از سال قبل بسیار بیشتر گزارش شده است. کاربرد کود دامی تاثیر فسفر باقیمانده از سال قبل بر عملکرد محصول را تشدید کرده و منجر به افزایش غلظت فسفر در گیاه می‌گردد (شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶).

از آنجا که طیور با دانه های غنی از پروتئین و چربی تغذیه می‌شوند و نشخوارکنندگان با علوفه، و نیز وجود بسترهای متفاوت نگهداری آنها و وجود میکروب های موجود در شکمبه و معده نشخوارکنندگان، که به غنی تر شدن کود حاصل از آنها می انجامد، بروز پاسخ های متفاوتی در نتیجه مصرف انواع کود های دامی در گیاهان انتظار می رود (عزیز و همکاران، ۲۰۱۰). مقایسه خصوصیات شیمیایی کود گاوی و گوسفندی حاکی از این است که کود گوسفندی دارای نیتروژن، فسفر و عناصر معدنی بیشتری نسبت به کود گاوی می باشد، در حالی که مقدار سلولز، همی سلولزو نسبت کربن به نیتروژن در کودهای گاوی بیشتر است. به طور متوسط ۸۰ درصد نیتروژن، ۸۰ درصد فسفر، ۹۰ درصد پتاسیم و ۵۰ درصد ماده آلی موجود در غذای مصرف شده توسط دام، به صورت کود دفع می شود. قسمت اعظم ترکیبات کود ها به فرم آلی است و سرعت و نحوه تجزیه آنها نیز متفاوت می باشد (سینگ و همکاران، ۱۹۸۷).

۲-۷-۲- اثرات کودهای دامی بر خصوصیات گیاهان زراعی

هوشیارفرد و قرنچیکی (۱۳۸۸)، اثر سه نوع کود دامی شامل گاوی، گوسفندی و مرغی و چهار مقدار آنها شامل صفر، ۱۰ ، ۲۰ ، و ۳۰ تن در هکتار را بر روی گیاه پنبه ارزیابی و مشاهده کردند که کود مرغی به مقدار ۲۰ تن و کود گاوی به مقدار ۱۰ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه داشتند، همچنین در بین تیمارهای کودی، بیشترین درصد سبز و کمترین مرگ گیاهچه در تیمار کود مرغی به مقدار ۲۰ تن در هکتار بود. کاربرد مداوم کود گاوی به مدت ۵ سال در یک زمین کشاورزی با حاصلخیزی پایین در مقایسه با یکی دیگر از زمین های تیمار شده با همان مقدار از کود معدنی نیتروژنه باعث بهبود نیتروژن خاک و افزایش عرضه فسفر و عملکرد ذرت شد (مائو و همکاران، ۲۰۰۸).

در آزمایشی بر روی کدو تنبل (*Cucurbita maxima* L.) کاربرد کودهای حاصل از گاو، بز و مرغ باعث افزایش زیست توده محصول نسبت به تیمارهای شاهد و کاربرد سطح کم کود شیمیایی شد، ضمن اینکه با افزایش سطوح کودهای دامی، عملکرد ماده خشک نیز به صورت خطی افزایش پیدا کرد. همچنین کاربرد کودهای مذکور در نوعی تاجریزی (*Solanum retroflexum. Dun*) که یک نوع سبزی مهم در آفریقای جنوبی محسوب می شود، باعث افزایش زیست توده محصول نسبت به کاربرد مواد شیمیایی شد (عزیز و همکاران، ۲۰۱۰). بررسی تاثیر سطوح مختلف کود دامی بر روی گیاهان دارویی زنیان و شنبلیله، نشان داد که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در گیاه زنیان در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد، همچنین بیشترین شاخص سطح برگ وسرعت رشد محصول در تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (میر هاشمی و همکاران، ۱۳۸۸).

در یک آزمایش مزرعه ای ۶ ساله با تناوب سویا و گندم، کاربرد مداوم کودهای دامی به صورت همراه با کود فسفر و بدون افزودن کود فسفر بررسی شد، نتایج حاصله نشان داد که عملکرد گندم و سویا و جذب فسفر در اثر افزودن کود دامی و کود شیمیایی فسفر به شکل معنی داری افزایش یافت، و در شرایط مشابه از نظر درصد فسفر در هر کدام از کودها، عملکرد گیاهان مذکور در شرایط کاربرد

فسفر آلی حاصل از کود دامی، نسبت به کاربرد فسفر شیمیایی بیشتر بود (دامودار و همکاران، ۲۰۰۰). مجیدیان و همکاران (۱۳۸۷)، افزایش عملکرد دانه ذرت را در اثر کاربرد ۱۵ تن کود دامی در هکتار در یک سیستم ارگانیک گزارش کردند. پور موسوی و همکاران (۱۳۸۸)، گزارش کردند که با افزایش مقدار کود دامی در سویا عملکرد دانه نیز افزایش می یابد به طوری که حداکثر عملکرد دانه با مصرف ۴۵ تن کود دامی در هکتار به میزان ۲۲۴۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. به نظر میرسد، کود دامی با افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک (گلیسمن، ۲۰۰۶)، ظرفیت منبع را برای تولید آسیمیلاتها افزایش داده و باعث افزایش وزن دانه ها شده است. وزن هزار دانه نیز با افزایش میزان کوددامی افزایش یافت و از ۱۳۵/۴۲ گرم در تیمار شاهد کود دامی به ۱۵۵/۷۲ گرم در تیمار ۴۵ تن کود دامی در هکتار رسید (پور موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). در بین منابع مختلف کود آلی(کود حیوانی، کود سبز و کاه و کلش گندم) مورد استفاده؛ کاربرد کود دامی بیشترین عملکرد سویا را در مقایسه با سایر منابع کود آلی داشت (علیزاده و همکاران، ۲۰۰۵). حسن زاده قورت تپه و قلاوند (۱۳۸۴)، اعلام کردند که در سیستم تغذیه تلفیقی کود های ارگانیک و شیمیایی، افزایش کود دامی از ۶ به ۳۰ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شد. نتایج آزمایش فلاحی (۱۳۸۸) نشان داد که در بین انواع کودهای آلی و بیولوژیک، کود گاوی باعث تولید بیشترین عملکرد گل و بذر گیاه دارویی بابونه شد. محمدیان روشن و همکاران (۱۳۸۹) با کاربرد همزمان کودهای دامی و نیتروژنه تاثیر مثبت کودهای دامی را در افزایش قابل توجه عملکرد و رشد باقلا گزارش کردند. طبق نتایج آنها کودهای دامی نیز می‌توانند به عنوان جایگزین بخشی از نیاز نیتروژنی گیاه مورد استفاده قرار بگیرند.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- موقعیت محل و زمان اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) اجرا شد. این شهرستان در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمال و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، با ۱۳۶۶ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. بر اساس تقسیم بندی‌های اقلیمی منطقه بسطام دارای اقلیمی سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتا در فصل بهار و پاییز رخ می‌دهد. براساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۰ میلی‌متر گزارش شده است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه آزمایش به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی به خصوص N-P-K از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در ۸ نقطه از خاک محل کشت نمونه‌گیری شد. بدین منظور محل مورد نظر به ۸ قسمت فرضی تقسیم و از هر نقطه حدود یک کیلوگرم خاک برداشته شد. سپس خاک‌ها با هم مخلوط شده و نهایتاً یک نمونه یک کیلوگرمی که گویای تمام سطح مزرعه بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۳- ۱ آمده است.

جدول ۳-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

بافت خاک	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته (pH)	شن (٪)	رس (٪)	لای (٪)	مواد آلی (٪)	پتاسیم (ppm)	فسفر قابل دسترس (ppm)	نیتروژن (٪)
لومی رسی	۲/۱۰	۷/۶	۲۵	۲۱	۵۴	۰/۲۱	۲۳۵	۱۹	۰/۱۱

جدول ۳-۲- مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کود مرغی مورد استفاده در آزمایش

	نیتروژن (٪)	اسیدیته (pH)	پتاسیم (%)	فسفر (%)
کود مرغی	۰/۵	۷/۶	۲/۳۳	۱/۵

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی (b) شامل آبیاری در سه سطح ۱- آبیاری معمول منطقه، ۲- قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی و ۳- قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد دانه‌بندی. و فاکتور فرعی (a) شامل اصلاح کننده خاک در چهار سطح ۱- زئولیت خالص ۲- کود دامی خالص (از نوع کود مرغی) ۳- ترکیب ۷۰ ٪ زئولیت و ۳۰ ٪ کود دامی ۴- ترکیب ۳۰ ٪ زئولیت و ۷۰ ٪ کود دامی بود. در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۶ کرت بود (جدول ۳-۳).

جدول ۳-۳- ترکیبات تیماری مورد آزمایش

زئولیت خالص × آبیاری معمول	a_1b_1
کود دامی خالص × آبیاری معمول	a_2b_1
۷۰٪ زئولیت و ۳۰٪ کود دامی × آبیاری معمول	a_3b_1
۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی × آبیاری معمول	a_4b_1
زئولیت خالص × قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی	a_1b_2
کود دامی خالص × قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی	a_2b_2
۷۰٪ زئولیت و ۳۰٪ کود دامی × قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی	a_3b_2
۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی × قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی	a_4b_2
زئولیت خالص × قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی	a_1b_3
کود دامی خالص × قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی	a_2b_3
۷۰٪ زئولیت و ۳۰٪ کود دامی × قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی	a_3b_3
۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی × قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی	a_4b_3

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- تهیه و آماده‌سازی زمین

آماده‌سازی زمین در ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۷، در زمینی که در سال گذشته به صورت آیش بود با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، صورت گرفت. هر کرت آزمایشی به ابعاد ۴/۵ × ۲/۲۵ متر شامل ۴ خط کاشت ۴ متری با فاصله ردیف ۵۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۳ متر در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲- کاشت

در زمان کاشت برای اعمال تیمارهای آزمایش در هر ردیف شیاری در سراسر پشته به عمق ۱۰ سانتی‌متر ایجاد و پس از قرار دادن اصلاح کننده‌ها داخل شیار روی آن با خاک پوشانیده شد. بعد از آن ۲ بذر نخود رقم هاشم در عمق ۵ سانتی‌متری با فاصله ردیف ۵۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر کاشته و روی بذرها با خاک پوشانده شد. هم‌چنین برای جلوگیری از عمل تداخل یک خط نکاشت به عنوان محافظ بین کرت‌های اصلی قرار گرفت. جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر کرت توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود.

اصلاح کننده زئولیت از مرکز تحقیقات کشاورزی تهیه گردید. اصلاح کننده زئولیت و کود مرغی پوسیده پس از عبود دادن از الک و یکدست شدن به خاک اضافه گردید. کاشت در تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۴ انجام شد.

۳-۴-۳- داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت در تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۵و بعد از آن هر ۷ روز یکبار به صورت جداگانه برای هر کرت به روش نشتی انجام گرفت. تعداد ۶ آبیاری در طول دوره رشد گیاه انجام شد.

سبز شدن اولیه گیاه ۷ روز پس از کاشت بود و تا ۱۵ روز پس از کاشت ادامه داشت. به منظور حصول تراکم مناسب، مزرعه در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی در ۳ نوبت انجام گرفت.

۳-۴-۴- اعمال تیمارها

۳-۴-۴-۱- سطوح مختلف دور آبیاری

تیمار خشکی شامل دور آبیاری، به عنوان عامل اصلی در سه سطح b_1: آبیاری معمول منطقه، b_2: قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی و b_3 قطع آبیاری در ۵۰٪ جوانه‌زنی اعمال گردید.

۳-۴-۴-۲- سطوح مختلف مصرف اصلاح کننده خاک

اصلاح کننده خاک در چهار سطح a_1: کود دامی خالص، a_2: زئولیت خالص، a_3: ۷۰٪ زئولیت و ۳۰٪ کود دامی و a_4: ۳۰٪ کود دامی و ۷۰٪ زئولیت به عنوان فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۴-۵- برداشت نهایی

برداشت نهایی در آخر فصل رشد و زمانی که ۸۰ درصد بوته‌ها و غلاف‌ها خشک شده بودند، در تاریخ ۹۷/۴/۲۰ انجام شد. قبل از برداشت، تعداد ۵ بوته به طور تصادفی پس از حذف نیم متر از بالا و پایین، از دو ردیف وسط برداشت شد و در پلاستیک‌های جداگانه قرار گرفت. سپس نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

۳-۵- نمونه‌برداری

به منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل، هدایت الکتریکی، آنزیم اوره آز و اسیدیته خاک در طول دوره رشد نمونه‌برداری‌هایی صورت گرفت. هم‌چنین نمونه برداری نهایی در پایان دوره انجام گرفت. از بوته‌های برداشت شده صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، شاخه جانبی، وزن خشک (برگ، ساقه و نیام)،

عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۶- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۶-۱- ارتفاع و شاخه جانبی

ارتفاع بوته‌های برداشت شده به وسیله خط‌کش (بر حسب سانتی‌متر) اندازه‌گیری و تعداد انشعابات جانبی شمارش و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید.

۳-۶-۲- وزن خشک برگ، ساقه و نیام

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک برگ، ساقه و نیام نمونه‌های برداشت شده (۵ بوته از هر کرت) پس از انتقال به آزمایشگاه به چند بخش برگ، ساقه و نیام و طبق تفکیک و به طور مجزا در پاکت-های کاغذی قرار داده شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد درون آون گذاشته تا کامل خشک شوند. سپس با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

۳-۶-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

برای محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد از ۵ بوته برداشت شده استفاده گردید. به این صورت که پس از جداسازی نیام از ساقه‌ها، دانه ها از نیام خارج و با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. سپس عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

۳-۷- اسیدیته خاک

اندازه‌گیری pH به روش الکتریکی، در این روش غلظت یون هیدروژن محلول را توسط اختلاف بین یون‌های محلول خاک و الکترود تعیین می‌شود. در ابتدا الکترود دستگاه pH متر را با آب مقطر شسته و توسط کاغذ صافی خشک و درجه حرارت عصاره خاک مورد آزمایش اندازه‌گیری گردید. دستگاه را

هر بار تنظیم با آب مقطر شستشو داده و با کاغذ صافی خشک و محلول مورد آزمایش را زیر الکترود pH متر قرار داده و pH آن قرائت گردید.

۳- ۸- ظرفیت زراعی مزرعه

ظرفیت زراعی مزرعه به روش صحرایی اندازه‌گیری گردید. برای بدست آوردن ظرفیت زراعی زمینی به ابعاد ۱×۱ متر مشخص شد و آن را به شکل حوضچه در آورده شد سپس این حوضچه را به‌طور سنگین آبیاری کرده و روی آن برای جلوگیری از تبخیر پوشانده شد. پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، از عمق توسعه ریشه به اندازه ۲ الی ۳ قاشق نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن را به روش وزنی اندازه‌گیری می‌کنیم (وزن تر). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه قرار داده، و بعد از ۲۴ ساعت نمونه را از آون خارج کرده و اندازه‌گیری می‌گردد (وزن خشک) و از طریق رابطه (۳-۱) درصد رطوبت در ظرفیت زراعی بدست می‌آید.

رابطه (۳-۱) **درصد رطوبت زراعی = وزن خاک تر – وزن خاک خشک / وزن خاک خشک × ۱۰۰**

۳-۹- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۹-۱- قرائت کلروفیل تر

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD) در ابتدا پس از روشن کردن دستگاه یک‌بار آن را بدون قرار دادن برگ در محفظه برگ قرائت گردید تا دستگاه کالیبره شود و سپس قرائت را از ۳ نقطه از هر بوته انجام و بعد میانگین سه نقطه ثبت گردید (حسیبی، ۱۳۸۶).

۳-۹-۲- آنزیم اوره آز

فعالیت آنزیم اوره‌آز با استفاده از روش هافمن و تیچر (۱۹۶۱) اندازه‌گیری شد. روش این آزمایش بدین ترتیب بود که ۲۰ گرم نمونه خاک را درون ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری همراه با تولوئن به مدت ۱۵ دقیقه شیک می‌شود. ۲۰ میلی‌لیتر بافر (پتاسیم نیترات – سیتریک اسید) و ۱۰ میلی‌لیتر محلول اوره ۱۰٪ به حجم ۱۰۰ رسانیده و به مدت ۳ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباتور شد. برای شاهد ۱۰

میلی‌لیتر آب مقطر جای اوره همزمان واقع شدند. برای هر نمونه خاک، بعد از انکوباسیون فلاسک آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید و فرم حل نشده تولوئن روی سطح قرار می‌گیرد. فلاسک شیک می‌شود و محتوای آن با کاغذ صافی صاف می‌شود. برای عصاره‌گیری نیز از روش ایندوفنول بلو استفاده می‌شود (pH =6.7).

۳-۹-۳- هدایت الکتریکی

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی به طور مستقیم میزان املاح محلول خاک را مشخص می‌کند و به روش آزمایشگاهی تعیین گردید. EC را با طریقه عصاره‌گیری از گل اشباع خاک به دست آورده که آن را از طریق قرار دادن پروب EC متر در عصاره اشباع به دست آمد و EC محلول قرائت گردید.

۳-۹-۴- اندازه‌گیری پرولین اندام هوایی

به منظور اندازه‌گیری پرولین از روش بیتز و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ۰/۲ گرم از نمونه برگ تر به همراه ۱۰ سی‌سی اسید ۵-سولفوسالسیلیک ۳ درصد در هاون کوبیده و از کاغذی صافی واتمن شماره ۲ عبور داده شدند. به ۲ سی‌سی از این محلول، ۲ سی‌سی اسیدگلایسال استیک و ۲ سی‌سی اسید نین هیدرین اضافه و به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شدند. ۴ سی‌سی تولوئن به این نمونه اضافه و در نهایت میزان نور جذبی در ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکترفتومتر قرائت گردید. میزان پرولین استخراج شده براساس میکرومول بر گرم وزن تر برگ بدست آمد.

۳-۱۰- اندازه‌گیری صفت کیفی

۳-۱۰-۱- اندازه‌گیری پروتئین دانه

مقدار نیتروژن موجود در دانه از روش (پاپاکوستا و گاگیاناس ۱۹۹۱) و با استفاده از دستگاه کجلدال نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhand کشور آلمان انجام شد. دستگاه دارای دو بخش هضم و تقطیر می‌باشد.

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱-مخلوط کاتالیست سولفات پتاسیم:۲۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۲۰ گرم سولفات مس و ۲ گرم سلنیوم

۲-اسید سولفوریک غلیظ

۳-سود۱۰ نرمال: مقدار ۴۰۰ گرم سود در بشر ۱ لیتری ریخته شد. سپس بشر زیر هود قرار گرفت و به آن ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و بعد از سرد شدن به بشر ۱ لیتری منتقل و به حجم رسانده شد.

۴-مخلوط معرف۰/۱۲ گرم متیل رد و ۰/۲ گرم بروموکروزول در ۲۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد

۵- اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال

برای انجام عمل هضم نمونه ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده را درون لوله های دستگاه ریخته (دستگاه شامل ۹ لوله می‌باشد) و سپس ۷ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶٪) و ۱/۱ گرم کاتالیزور (مخلوطی از ۱۰۰گرم سولفات پتاسیم و۱۰گرم سولفات مس و ۱ گرم سلنیوم (برای ۱۰۰نمونه)) در لوله‌ها ریخته و در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار داده شد. برای تعیین نیتروژن دانه دستگاه روی برنامه‌ی ۴ قرار گرفته و سپس شروع به کار کرد. درجه دستگاه در ابتدا روی ۱۸۰ و سپس به ۳۰۰ درجه رسید و عمل هضم حدود سه ساعت به طول انجامید. در پایان عمل هضم، نمونه‌ها به رنگ سبز شفاف در می‌آیند. پس از سرد شدن کامل نمونه‌ها حجم عصاره‌ی بدست آمده یادداشت و عمل تقطیر انجام شد. بخش تقطیر دارای دو جایگاه می‌باشد که در یکی، لوله مربوط به بخش هضم و در دیگری ارلنی حاوی ترکیبی از ۵۰ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد که برای هر نمونه ۲۴ سی‌سی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بعد از اتمام کار دستگاه (حدود ۴ دقیقه)، رنگ محلول داخل ارلن سبز می‌شود که هر چه این رنگ تیره‌تر باشد نشان دهنده غلظت نیتروژن بیشتر در نمونه خاک

یا گیاه است. برای عمل تیتراسیون، چند قطره معرف متیل رد (حاوی ۶۶ میلی‌گرم متیل رد و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول گرین در ۱۰۰ سی‌سی اتانول، با رنگ قرمز) و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام گرفت، که با عمل تیتراسیون رنگ محلول از سبز به قرمز (آلبالویی) تغییر پیدا می‌کند. پس از یادداشت نمودن حجم اسید مصرفی مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه از فرمول زیر قابل محاسبه است.

$$\%N=0.56*t*(a-b)*v/w*100/DM \qquad (۳-۲)$$

T= غلظت اسید a= میزان اسید مصرفی جهت تیتر نمونه

B = میزان اسید مصرفی جهت تیتر شاهد v= حجم عصاره حاصل از عمل هضم

w =وزن نمونه گیاه جهت انجام عمل هضم DM= در صد ماده خشک گیاه

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

میزان پروتئین دانه = N% × فاکتور پروتئینی

۳-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری داده ها

تجزیه و تحلیل آماری داده های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. و مقایسه میانگین ها با آزمون حداقل اختلاف معنی دار(LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده گردید.

فصل چهارم

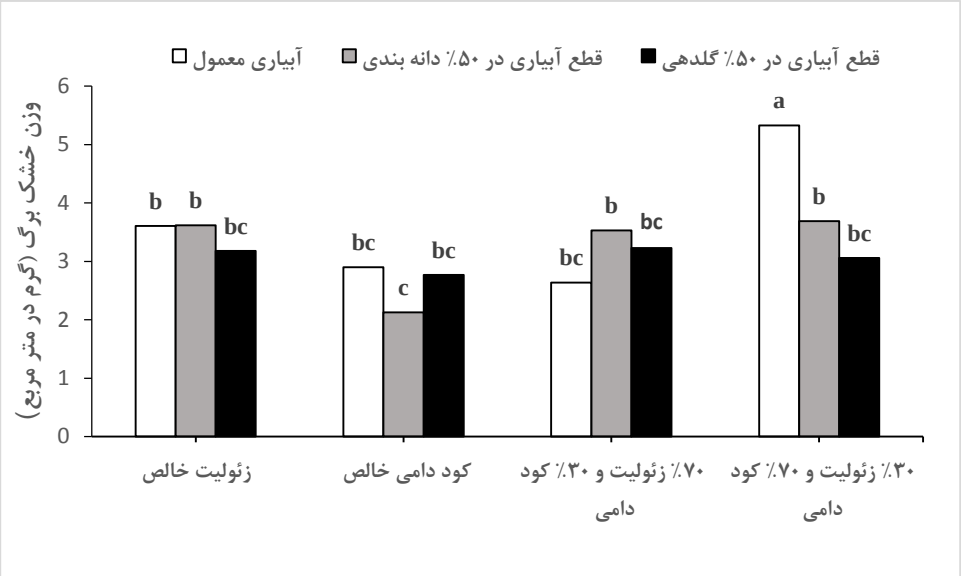
نتایج و بحث

۴-۱- وزن خشک اندام‌های هوایی

۴-۱-۱- وزن خشک برگ

براساس جدول تجزیه واریانس وزن خشک برگ (جدول پیوست ۳)، اثر اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردیدند. مقایسات میانگین وزن خشک برگ نشان داد که، بالاترین وزن خشک برگ با میانگین (۵/۳۳ گرم در مترمربع)، در ترکیب تیماری ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی در شرایط آبیاری معمول قرار دارد و سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری باهم نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۳).

تسادیلاس و همکاران (۱۹۹۳)، گزارش کردند که استفاده از زئولیت وزن تر و خشک گندم را افزایش داد. در رابطه با برهمکنش زئولیت و تنش خشکی می‌توان گفت که مصرف زئولیت در شرایط تنش خشکی احتمالاً از طریق بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ذخیره رطوبت و جلوگیری از هدرروی عناصر غذایی (ازجمله نیتروژن)، سبب افزایش کارایی کودها شده و در نتیجه رشد گیاه نیز بهبود یافته است (کریمی و همکاران، ۲۰۱۳). هم‌چنین نتایج قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) نشان از معنی‌داری اثر مستقل زئولیت و تنش خشکی و هم اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی گیاه بادرشبی در سطح یک درصد بود، به‌طوری که بالاترین وزن خشک اندام هوایی در ۲۵ گرم زئولیت و ۵۰٪ تخلیه رطوبت خاک مشاهده شد.



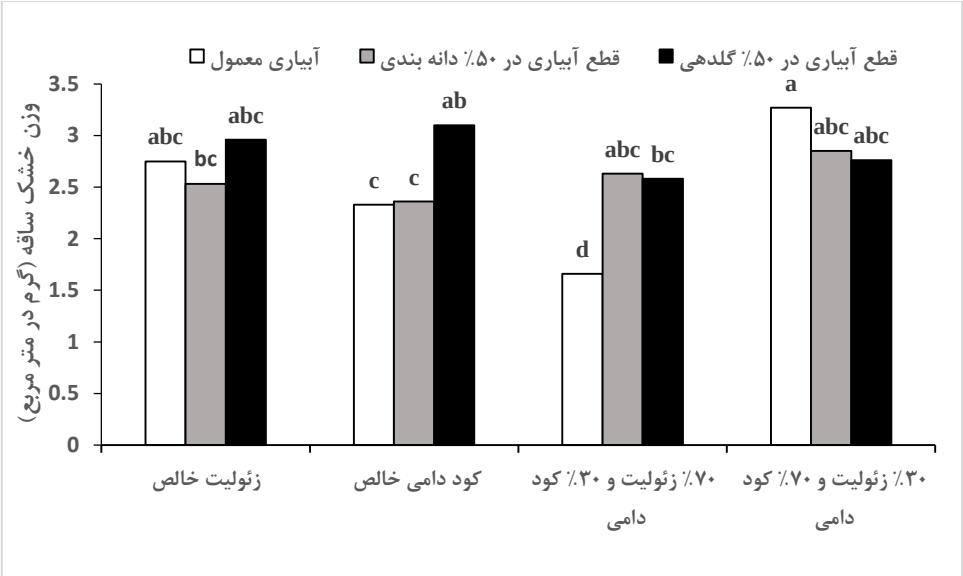
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر وزن خشک برگ

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

براساس جدول تجزیه واریانس وزن خشک ساقه (جدول پیوست ۳)، اثرات اصلی اصلاح کننده خاک و آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. با توجه به مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل بر وزن خشک ساقه، ترکیب تیماری ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی در شرایط معمول آبیاری سبب افزایش دو برابری وزن خشک ساقه نخود نسبت به ترکیب تیماری ۷۰٪ زئولیت و ۳۰٪ کود دامی همراه با آبیاری معمول که کمترین مقدار را با میانگین (۱/۶۶ گرم در مترمربع) به خود اختصاص داد. سایر ترکیبات تیماری از لحاظ تأثیر گذاری بر این صفت اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۴).

زئولیت از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و سطح ویژه‌ی خاک، مانع هدرروی نیتروژن از طریق تصعید در کود دامی و آبشویی در خاک شده و در اثر فراهمی طولانی مدت نیتروژن اثرگذاری آن را بیشتر می‌کند. احتمالاً فراهمی بیشتر نیتروژن ناشی از به کارگیری کود دامی و زئولیت، باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش پوشش گیاهی گردیده که منجر به افزایش دریافت تشعشع،

افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن و در نهایت افزایش ماده خشک می‌گردد (هی و همکاران، ۲۰۰۲). اثر سیستم‌های کود مرغی نیز با توجه به‌آزادسازی سریع عناصر، افزایش میزان جذب آب، افزایش دمای مناسب در اثر فعالیت‌های میکروارگانیسمی، از طریق افزایش میزان برگ، ساقه و میزان کلروفیل، تجمع مواد فتوسنتزی در اندام‌های هوایی گیاه را افزایش داده و سبب افزایش رشد رویشی و توسعه شاخه‌ها و برگ‌ها در گیاه می‌گردند (اوگبونا و اوبی، ۲۰۰۷). نتایج به‌دست آمده از تحقیقی روی گیاه جو نشان داد که مصرف زئولیت پنج درصد، تحت آبیاری با آب شور با غلظت‌های مختلف باعث افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه می‌شود. در پژوهشی روی علوفه‌ی کلزای پاییزه نتایج نشان داد که اثر زئولیت و نیتروژن بر صفات کمی علوفه شامل عملکرد ماده‌ی خشک، وزن خشک برگ و ساقه و شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۸۷).

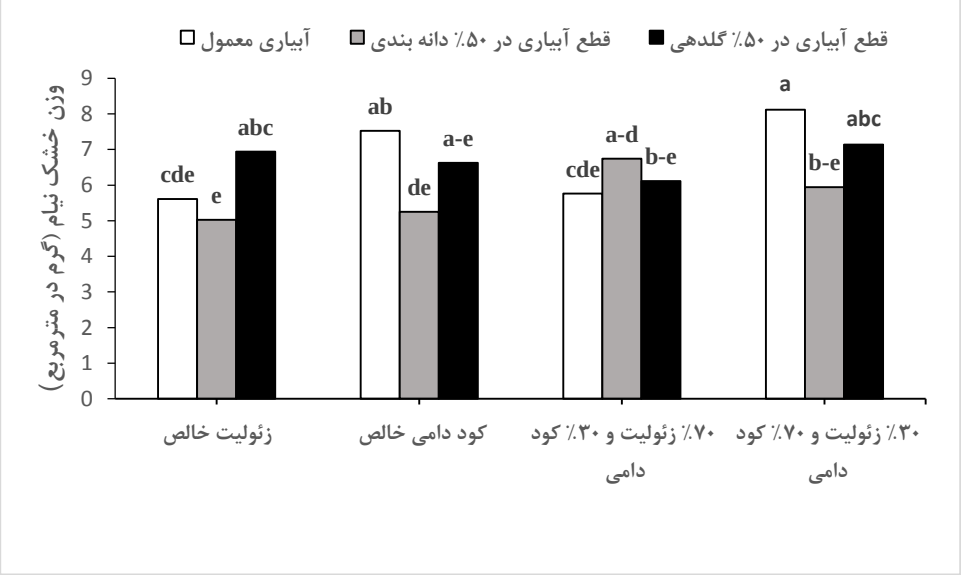


شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر وزن خشک ساقه

۴-۱-۳- وزن خشک نیام

طبق نتایج تجزیه واریانس وزن خشک نیام (جدول پیوست ۳)، اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد ۳۰٪ زئولیت به همراه ۷۰٪ کود دامی در شرایط معمول آبیاری وزن خشک نیام را بهبود بخشید. شکل ۴-

۵ نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری معمول نسبت به قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی و دانه‌بندی، وزن خشک نیام در سطوح اصلاح کننده کود دامی خالص و ۳۰٪ زئولیت به همراه ۷۰٪ کود دامی افزایش یافت. تنش خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر می‌گذارد و موجب کاهش رشد اندام هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌شود (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). در این بین کودهای دامی با ایجاد تغییرات مثبت بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین به موقع عناصر مورد نیاز گیاه در طی فصل رشد، می‌توانند شرایط بهینه‌ای را برای افزایش وزن گیاه فراهم آورند (تهامی زرندی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر وزن خشک نیام

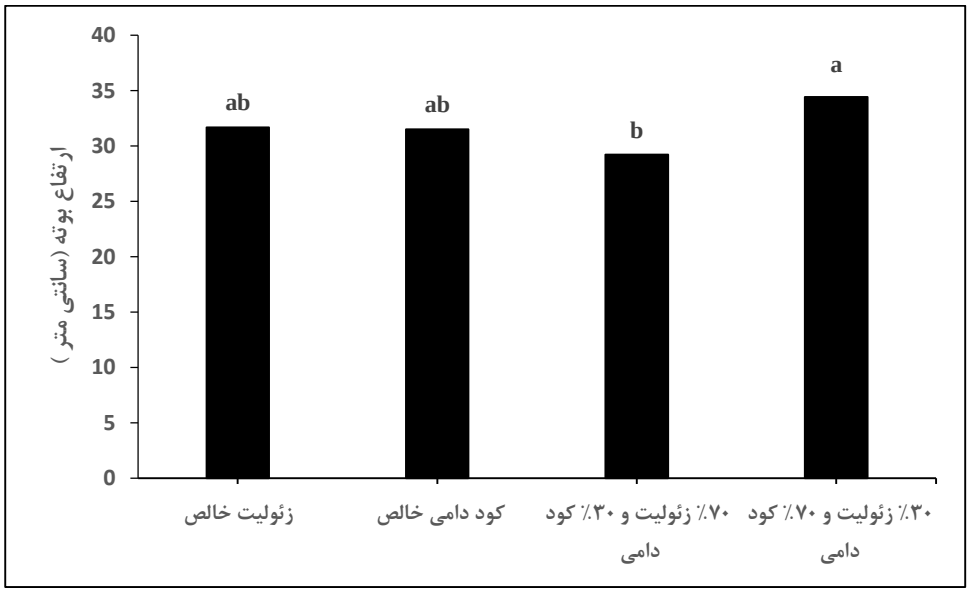
۴-۲- صفات مورفولوژیک

۴-۲-۱- ارتفاع بوته

ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد. ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارتفاع بوته جزء مهمی در تعیین عملکرد دانه نمی‌باشد، ولی احتمالاً بوته‌های با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند. نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) معنی‌دار بودن اثر اصلاح کننده خاک بر ارتفاع بوته در سطح ۵ درصد را نشان داد. مقایسه میانگین (شکل ۴-۱) نشان می‌دهد که گیاهانی که ۳۰٪ زئولیت به همراه ۷۰٪ کود دامی دریافت کرده بودند، ارتفاع بوته نخود را بهبود بخشیدند که با تیمار زئولیت خالص و کود دامی خالص تفاوت معنی داری نداشتند. طبق نتایج تحقیق پورموسوی و همکاران (۱۳۸۸)، با افزایش مقدار کود دامی در سویا ارتفاع بوته، تعداد گره و طول میان‌گره افزایش می‌یابد. در آزمایش تأثیر زئولیت، ورمی کمپوست و کود حیوانی بر رشد و جذب عناصر کم‌مصرف در ذرت توسط تقدیسی حیدریان و همکاران (۱۳۹۷)، گزارش کردند که اثر ساده زئولیت بر ارتفاع گیاه ذرت و فاصله میان‌گره معنی‌دار بود. هم‌چنین رنجبر چوبه و همکاران (۱۳۸۳) اثر مثبت اصلاح کننده زئولیت بر ارتفاع گیاه توتون را گزارش کردند. در برخی مطالعات اثر مثبت زئولیت بر افزایش رشد ذرت (خاشعی سیوکی، ۲۰۰۸) و کاهو (گل و همکاران، ۲۰۰۵) گزارش شده است. در مطالعات دیگر نیز گزارش شده که کاربرد زئولیت در افزایش ارتفاع ساقه موثر بوده است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۴). در توجیه این مسأله می‌توان گفت که زئولیت‌ها به عنوان سوپرجاذب‌های قوی با حفظ و جلوگیری از هدر رفتن آب و یون‌های مغذی و بهبود جذب ریشه موجب افزایش و بهبود رشد گیاه می‌گردد (امیدبیگی، ۲۰۱۰). کود دامی می‌تواند به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای مناسب برای کشت به کار رود. کود دامی با افزایش مواد آلی و هوموس خاک و در نتیجه افزایش تخلخل و تهویه که به نوبه خود موجب رشد و گسترش ریشه گیاه و بهبود جذب آب و مواد غذایی می‌شود و بر رشد و نمو گیاهان موثر است (بلایز و همکاران، ۲۰۰۵). بهبود

رشد و افزایش ارتفاع ساقه در گیاه کتان روغنی در کاربرد کود دامی نسبت به شیمیایی مشاهده شده است (خورنگ، ۱۳۸۷).

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) حاکی از عدم معنی‌دار بودن اثر تنش آبیاری بر ارتفاع بوته است.



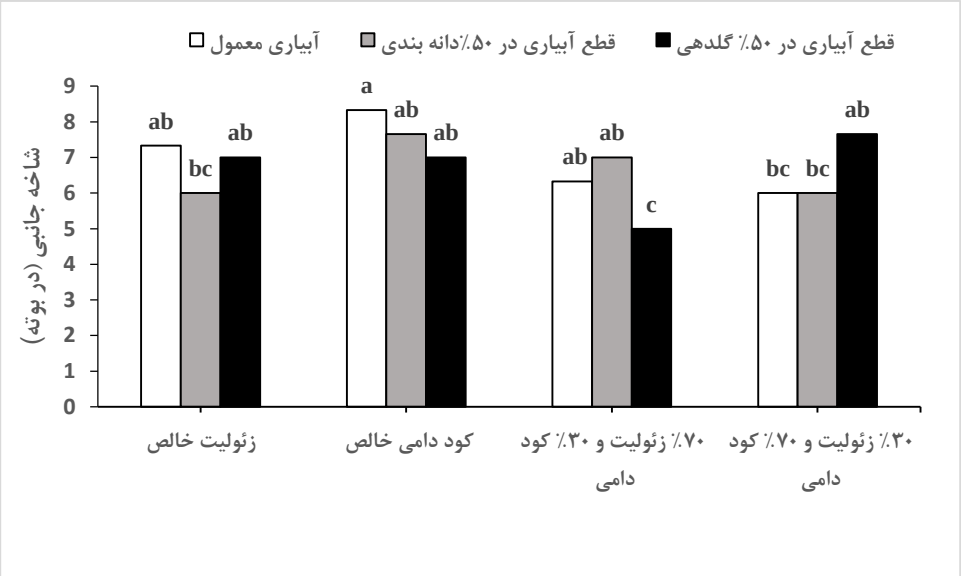
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر اصلاح کننده خاک

۴-۲-۲- تعداد شاخه جانبی

تعداد شاخه‌های فرعی در گیاهان مختلف، متفاوت است و به‌عنوان یک معیار مهم برای عملکرد دانه محسوب می‌شود. تعداد شاخه‌های جانبی یک خصوصیت وابسته به واریته بوده و به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی، خصوصیات فیزیکی خاک، شرایط تنش رطوبتی و تغذیه می‌باشد. از آن‌جایی که غلاف‌ها بر روی شاخه‌های جانبی رشد می‌کنند بنابراین تعداد شاخه‌های جانبی نقش بسیار مهمی در عملکرد نهایی دارا می‌باشند. اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر تعداد شاخه‌های فرعی در

سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱). مقایسات میانگین تعداد شاخه جانبی (شکل ۴-۲)، نشان داد که کاربرد کود دامی خالص در شرایط آبیاری معمول سبب بهبود تعداد شاخه جانبی گردید. هم-چنین کاربرد ۳۰٪ زئولیت به همراه ۷۰٪ کود دامی در شرایط قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی توانست کاهش تعداد شاخه جانبی را جبران کند. به طور کلی کاهش میزان آبیاری باعث روند کاهشی تعداد شاخه جانبی در گیاه نخود شد.

شاخه‌دهی در نخود می‌تواند متأثر از تغذیه گیاه باشد و اگر تأمین مواد غذایی خاک کم شود به علت اولویت ساقه اصلی به منظور تغذیه، شاخه‌دهی کاهش می‌یابد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷) بنابراین کود دامی با افزایش عناصر غذایی قابل دسترس، اصلاح خواص فیزیکی خاک و بهبود جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و افزایش شاخه‌های فرعی در گیاه نخود می‌شود. تهامی زرندی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی که با استفاده از کاربردهای کودهای آلی و شیمیایی بر روی گیاه دارویی ریحان انجام دادند، مشاهده نمودند که کود دامی سبب تولید بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته شد و بیان کردند که در شرایط یکسان محیطی، فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند موجب افزایش رشد گیاه و متعاقباً تعداد شاخه فرعی گیاه شود. در تحقیق دیگری مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی سبب افزایش شاخه‌های فرعی بابونه شد (جهان و کوچکی، ۱۳۸۲).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر تعداد شاخه جانبی

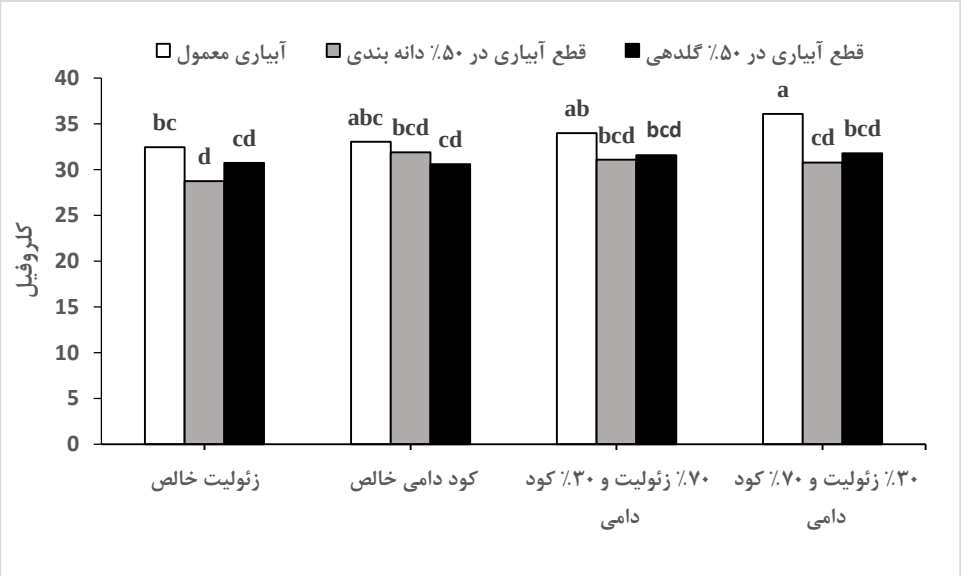
۴-۳- صفات فیزیولوژیک

۴-۳-۱- کلروفیل

براساس جدول تجزیه واریانس کلروفیل (جدول پیوست ۷)، اثرات اصلی اصلاح کننده خاک و آبیاری معنی‌دار نشدند ولی اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ترکیب تیماری ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی در شرایط معمول آبیاری در رتبه اول میزان کلروفیل قرار گرفت. در این بررسی، شرایط معمول آبیاری سبب افزایش کلروفیل نخود گردید و تنش موجب کاهش این رنگدانه شد (شکل ۴-۱۶). کاهش فتوسنتز طی وقوع خشکی یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاهان است (چگاه و همکاران، ۲۰۱۳). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است. مکانیزم فتوسنتزی در کلروپلاست‌ها عمدتاً پیچیده است و در طی مراحل اولیه خشکی محدودیت عمده در فتوسنتز ناشی از بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد. به‌طور کلی فرض بر این است که تنش خشکی به علت تأثیر در بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش دسترسی به co_2 در مزوفیل (به جای اثر مستقیم روی میزان فتوسنتز ظاهری) باعث کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود. به‌طور واضح بسته شدن روزنه‌ها یکی از پاسخ-های اولیه به خشکی خاک است و کاهش موازی در فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی به

دفعات گزارش شده است (چاوز، ۲۰۰۲). یکی از دیگر از دلایل کاهش میزان کلروفیل این است که تنش خشکی تولید گونه‌های فعال اکسیژن را افزایش داده که این امر منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت تخریب کلروفیل می‌شود (تاترایی و همکاران، ۲۰۱۶).

نتایج یک تحقیق نشان داده است که مصرف زئولیت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل گیاه دارد (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۸۷). افزایش میزان کلروفیل نسبی گل اطلسی در اثر کاربرد زئولیت توسط حمید پور و همکاران (۱۳۹۲) گزارش گردید. به نظر می‌رسد که با استفاده از زئولیت شرایط مناسبی برای حفظ رطوبت محیط اطراف ریشه ایجاد می‌شود و ضمن بهبود و توسعه ریشه، شرایط لازم برای جذب آب و مواد غذایی بیشتری فراهم خواهد شد (یارمحمدی و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج محققان نشان داد مصرف چهار تن زئولیت و ۱۵ تن کود دامی در هکتار هم در شرایط آبی نرمال و هم تنش آبی، اثر مثبتی در افزایش میزان کلروفیل داشت (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۷). در اثر تنش خشکی، فعالیت‌های فتوشیمیایی گیاه بازداشته می‌شود، محتوای کلروفیلی برگ تغییر و فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین در فرایند فتوسنتز کاهش می‌یابد (موناخوا و چرنیادید، ۲۰۰۲). با افزایش تنش خشکی در انتهای فصل رشد، میزان فتوسنتز و پتانسیل آبی برگ در گیاه جو (امیدی تبریزی و همکاران، ۱۳۷۹) و لوبیا و نیشکر (سامرا و همکاران، ۲۰۰۹) کاهش یافت.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر کلروفیل

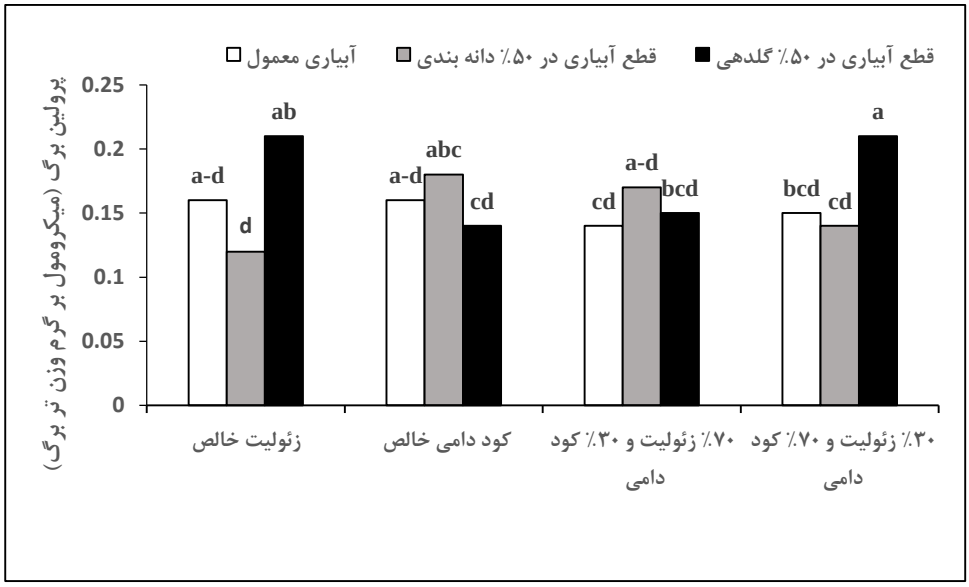
۴-۳-۲ آنزیم اوره آز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۷)، هیچ‌یک از فاکتورها و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان آنزیم اوره آز معنی‌دار نشد.

۴-۳-۳- پرولین

از بین منابع تغییر تنها اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک بر میزان پرولین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، سایر منابع تغییر بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل در جدول پیوست ۷ آورده شده است. مقایسه میانگین نشان داد، در شرایط مصرف ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی به همراه قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی، بالاترین میزان پرولین مشاهده شد. تنش در ۵۰٪ دانه‌بندی در شرایط مصرف ۷۰٪ زئولیت و ۳۰٪ کود دامی و کود دامی خالص سبب افزایش میزان پرولین گردید (شکل ۴-۱۷).

مولکول‌های پرولین شامل قسمت آبدوست و آب گریز است و پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و جلوی غیر طبیعی شدن آلبومین را بگیرد. این ویژگی پرولین به این جهت است که رابطه متقابل پرولین و سطح پروتئین‌های آب‌گریز برقرار شود و به علت افزایش سطح کل مولکول‌های پروتئین آبدوست، پایداری آن‌ها افزایش و از تغییر ماهیت آن‌ها جلوگیری کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار پرولین قرار می-گیرند و محافظت می‌شوند که به احتمال زیاد گیاهان به دلایل فوق پرولین خود را افزایش می‌دهند (حیدری و شریف اباد، ۱۳۸۰). افزایش میزان پرولین براثر تنش خشکی در گیاهانی مانند نخود گزارش و لازم به ذکر است که تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند تا در دوره کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و بتواند بعد از رفع تنش رشد خود را بازیابی کند، بنابراین اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت. ولی، تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت، زیرا منابع فنوسنتزی گیاه را به سمت فرآیندهایی غیر از پر شدن دانه منحرف می‌کند (ساداسیوام و همکارن، ۱۹۹۸). در مورد پرولین نیز پژوهش‌های بسیاری در گیاهان مختلف مبنی بر افزایش این اسیدآمینه در شرایط تنش خشکی وجود دارد. از جمله در گلرنگ (موحدی دهنوی و همکاران،۱۳۸۳) و گندم (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۳) که افزایش میزان پرولین گیاهان تحت تنش خشکی مشاهده شد. هم‌چنین تنش خشکی باعث تغییرات قابل توجهی بر میزان پرولین در سه رقم نخود شد (نصر اصفهانی، ۱۳۹۲). قربانلی و نیاکان (۱۳۸۴) بیان کردند که با تشدید میزان تنش در سویا، مقدار کل پروتئین-های محلول، هم در بخش هوایی ساقه و برگ و هم در ریشه، کاهش یافت که این روند با افزایش غلظت پرولین همراه بود. آنان افزایش پرولین را به کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نیز نسبت دادند، چرا که آنزیم نیترات ردوکتاز حساس به تغییرات وضعیت رطوبت برگ بوده و فعالیت آن با کاهش شدید پتانسیل آبی در برگ، مهار می‌شود (تجو و سانتوس دیاز، ۱۹۸۷).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر میزان پرولین برگ نخود

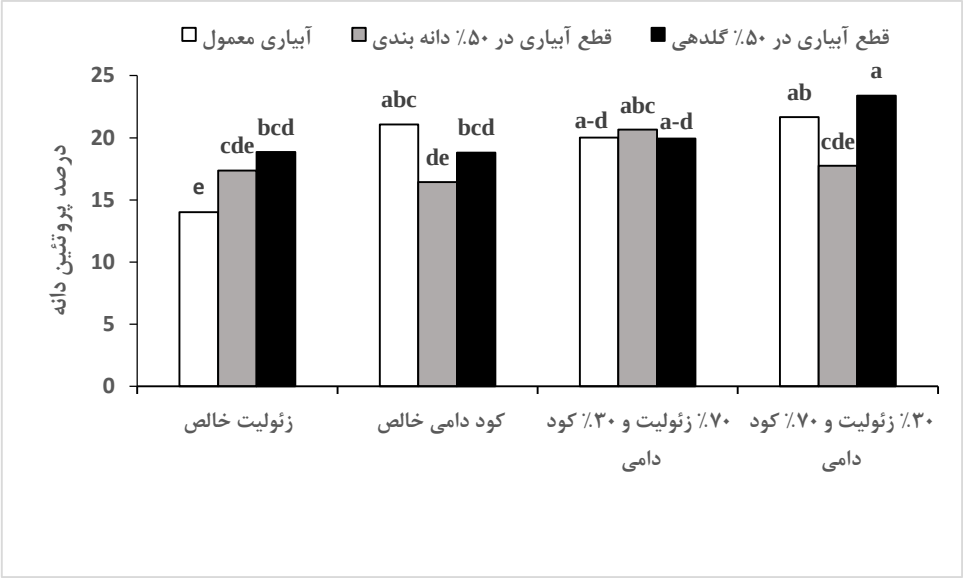
۴-۴- صفات کیفی

۴-۴-۱- درصد پروتئین دانه

اثر اصلی آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی اصلاح کننده خاک و اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه داشت (جدول پیوست ۹). مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که استفاده ۳۰٪ زئولیت به همراه ۷۰٪ کود دامی در شرایط قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی سبب بهبود درصد پروتئین در دانه نخود به میزان ۲۳/۴۰ درصد شد که با سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد. قطع آبیاری در مراحل گلدهی و دانه-بندی در سطح زئولیت خالص درصد پروتئین دانه را افزایش داد، در حالی که در سطح کود دامی خالص، شرایط معمول آبیاری موجب افزایش این صفت گردید (شکل ۴-۱۸).

بهادر (۱۳۹۱) با مصرف زئولیت در ماش به‌صورت خاک کاربرد و به‌صورت پوشش با بذر گزارش کرد که غلظت کلروفیل و درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقی نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش پروتئین ژنوتیپ‌های گندم شد (امیری فار و همکاران، ۲۰۱۱). درصد پروتئین دانه به عنوان یک صفت مهم به منظور استفاده از کنجاله دانه آفتابگردان در تغذیه دام به شکل

محسوسی با افزایش میزان کاربرد زئولیت افزایش یافت. احتمالاً به کار بردن زئولیت از طریق جلوگیری از هدرروی نیتروژن چه در توده کودی و یا در خاک توانسته است نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و لذا درصد پروتئین با بکارگیری زئولیت افزایش یافت (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۶).

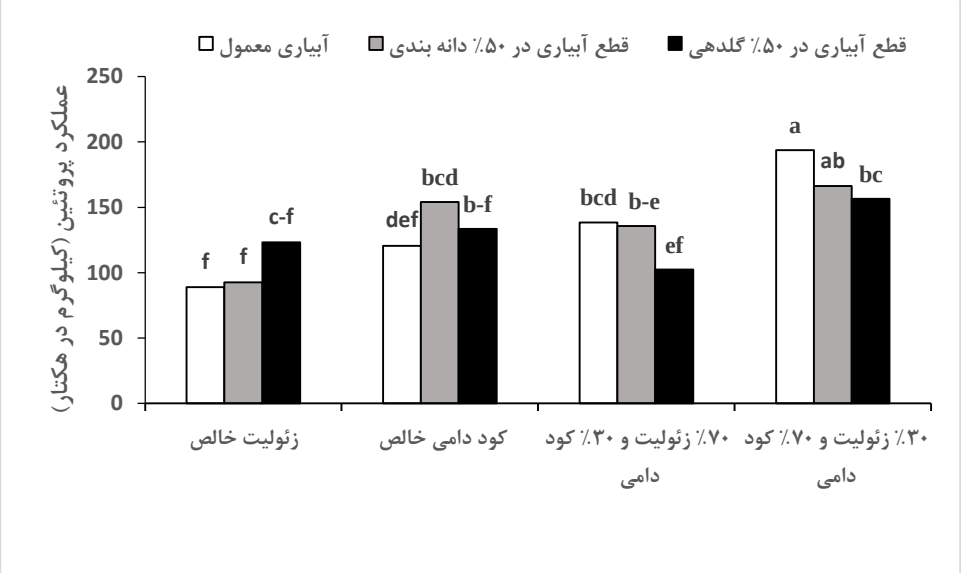


شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر درصد پروتئین دانه

۴-۴-۲- عملکرد پروتئین دانه

از بین منابع تغییر اثر آبیاری و اثر اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۹). طبق مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل در شکل ۴-۱۹ قطع آبیاری در ۵۰ ٪ دانه‌بندی در سطح زئولیت خالص سبب کاهش عملکرد پروتئین دانه شد در حالی که قطع آبیاری در ۵۰ ٪ گلدهی در سایر سطوح موجب افزایش این صفت گردید. در شرایط آبیاری معمول منطقه، ۳۰ ٪ زئولیت به همراه ۷۰ ٪ کود

دامی عمکرد پروتئین را به میزان ۱۹۹/۷۷ کیلوگرم در هکتار ارتقاء داد و موجب افزایش یک برابری نسبت به زئولیت خالص در شرایط آبیاری معمول گردید. نتایج نشان داد تنش آبی سبب ایجاد روند کاهشی در عملکرد پروتئین دانه می شود.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر عملکرد پروتئین دانه

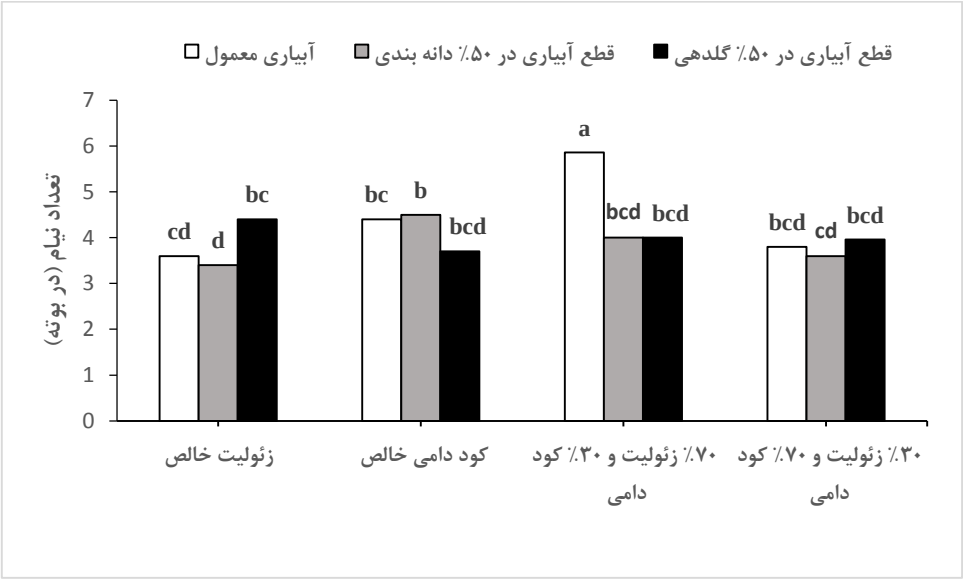
۴-۵- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۵-۱- تعداد نیام

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس تعداد نیام (جدول پیوست ۵)، نشان داد که اثرات اصلی آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین نتایج اثر متقابل آبیاری *اصلاح کننده خاک بر صفت تعداد نیام نشان داد که، استفاده زئولیت ۷۰٪ به همراه ۳۰٪ کود دامی در شرایط معمول آبیاری موجب افزایش معنی‌دار و قابل توجه تعداد نیام در بوته گردید. به‌طوری که تعداد نیام به دست آمده در این ترکیب تیماری (۵/۸۶) بود. (شکل ۴-۶). تنش خشکی شدید در اوایل گسترش نیام‌ها، رشد نیام‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش قابل ملاحظه در تعداد غلاف‌ها می‌شود. هر چه مقدار

آب آبیاری بیشتر شود، رشد اندام های رویشی و به تبع آن سایه انداز گیاه افزایش می‌یابد که قادر است مخزن زایشی بزرگتری را نیز تغذیه نماید و به میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد، در نتیجه تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (لیو و همکاران، ۲۰۰۴؛ جالوتا و همکاران، ۲۰۰۶).

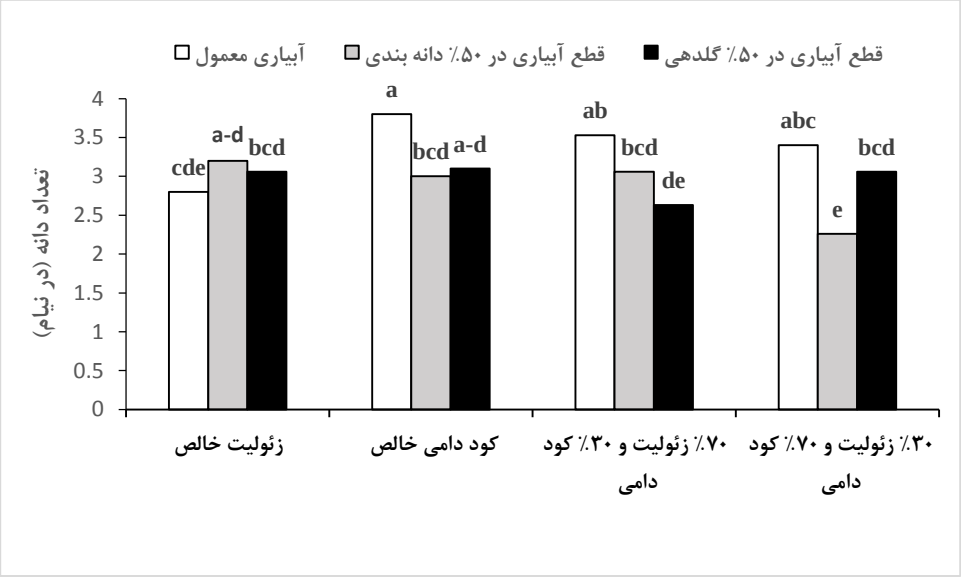
سایر محققان گزارش نمودند که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در بین سطوح تیمارهای مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار (۴ تن زئولیت + ۲ تن بنتونیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۴۱۸/۶ و کمترین تعداد آن در تیمار مصرف (۲ تن بنتونیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۳۵۴/۴ عدد بود (فارماهینی، ۲۰۱۱). نتایج نشان داد که مصرف دو تن در هکتار زئولیت شرایط بهتری را از نظر تأمین آب مورد نیاز گیاه فراهم نموده و گیاه هم از طریق افزایش تعداد پنجه در هر بوته، تعداد خوشه بیشتری را در مترمربع تولید کرده است (فرمهینی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۶). پژوهشگران گزارش نمودند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد سنبله در مترمربع داشت (بهداد و همکاران، ۱۳۸۶).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر تعداد نیام

۴-۵-۲- تعداد دانه در نیام

تعداد دانه در غلاف یکی از اجزای مهم برای رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در نخود است. پتانسیل تولید دانه در غلاف در زمان گلدهی تعیین می‌شود و به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۵) حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر اصلی اصلاح کننده خاک و اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح ۵ درصد بود. همان‌طور که در شکل ۴-۷ مشاهده می‌شود، کاربرد کود دامی خالص به تنهایی در شرایط معمول آبیاری تأثیر مثبت در افزایش تعداد دانه در گیاه نخود نشان داده است. در شرایط معمول آبیاری در تمامی سطوح اصلاح کننده خاک (به جز سطح زئولیت خالص) سبب افزایش تعداد دانه در نیام نخود گردید.

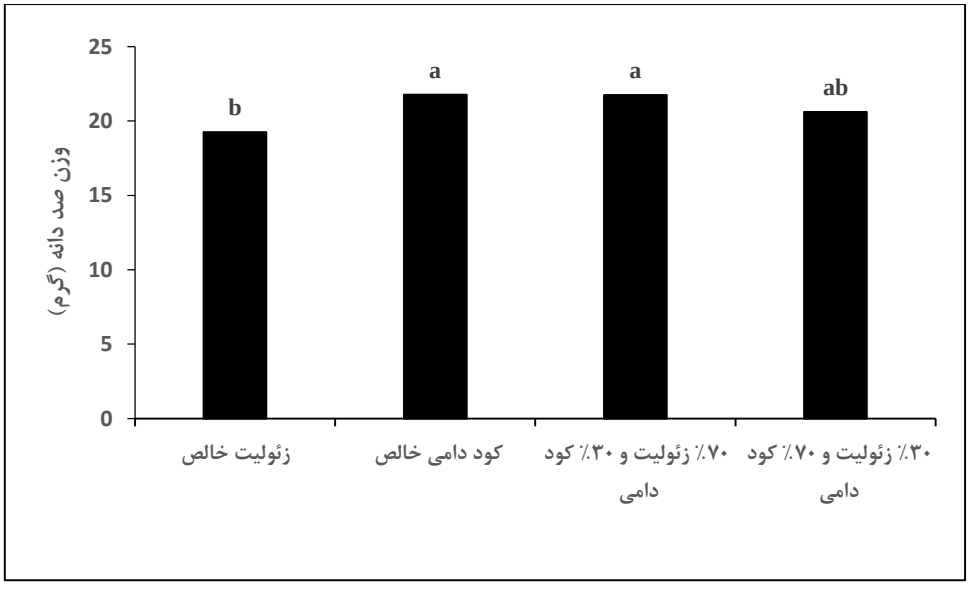


شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر تعداد دانه

به نظر می‌رسد در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره زایشی و میزان فتوسنتز جاری در نخود افزایش می‌یابد که منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در هر گل‌آذین می‌شود (عباسلو و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج پژوهشی بر گیاه گلرنگ نشان داد در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین تعداد دانه با میانگین ۱۰/۶۵ دانه مربوط به مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت و کمترین تعداد دانه با میانگین ۸/۴۹ دانه مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰).

۴ -۵-۳- وزن صد دانه

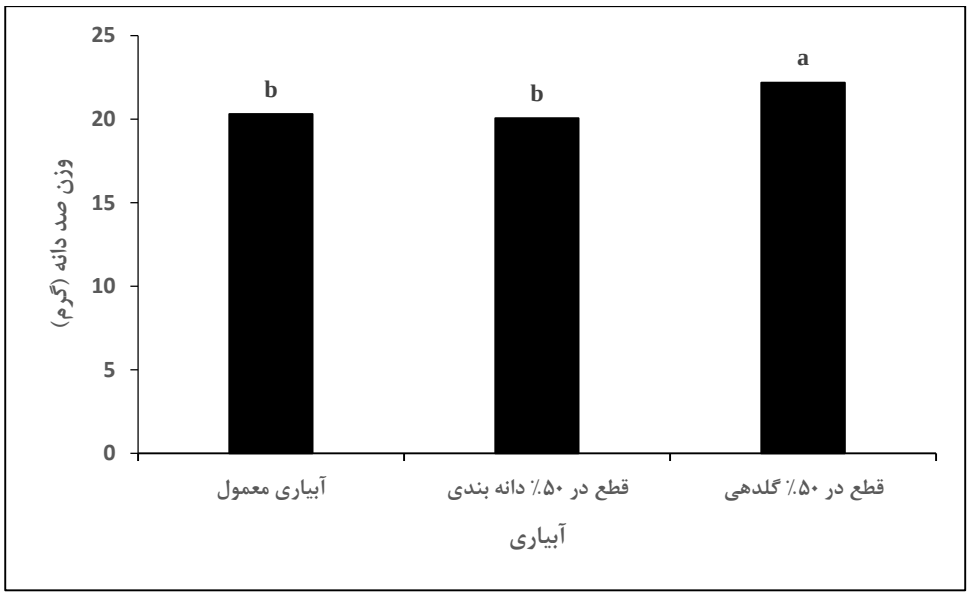
وزن صد دانه در مرحله گلدهی و اوایل مرحله شیری شدن دانه در نخود تعیین می‌گردد. عملکرد دانه تابعی از وزن دانه‌ها می‌باشد. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۵) نشان می‌دهد که اثر اصلی اصلاح کننده خاک و اثر آبیاری بر وزن صد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. و اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نشدند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد ۷۰٪ زئولیت به همراه ۳۰٪ کود دامی و کود دامی خالص سبب بهبود وزن صد دانه گردید. این در حالی است که اختلاف معنی داری با استفاده ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی و زئولیت خالص به تنهایی نداشتند (شکل ۴-۸). استفاده از زئولیت با توجه به قابلیت تبادل کاتیونی بالای آن سبب شده است عناصر غذایی بیشتری در طول دوره رشد گیاه فراهم آید و متعاقباً باعث افزایش وزن هزار دانه در این تیمار می‌شود (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۰۷). هم‌چنین مصرف زئولیت باعث افزایش جذب ازت و پتاسیم، بالا بردن راندمان مصرف ازت و افزایش وزن هزار دانه برنج شد (فرمهینی و همکاران، ۱۳۹۰). مرادی و طالشی (۱۳۹۷) در نتایج خود افزایش وزن هزار دانه ماش را در طی کاربرد کود دامی گزارش کردند.



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر اصلاح کننده خاک

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، تنش خشکی در ۵۰٪ گلدهی بیشترین تأثیر را در وزن صد دانه داشت به‌طوری که با میانگین ۲۲/۱۹ گرم سبب افزایش این صفت گردید. ولی تنش آبیاری

در۵۰٪ دانه‌بندی و آبیاری معمول منطقه تفاوتی باهم نداشتند و در سطح پایین‌تری قرار گرفتند (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر آبیاری

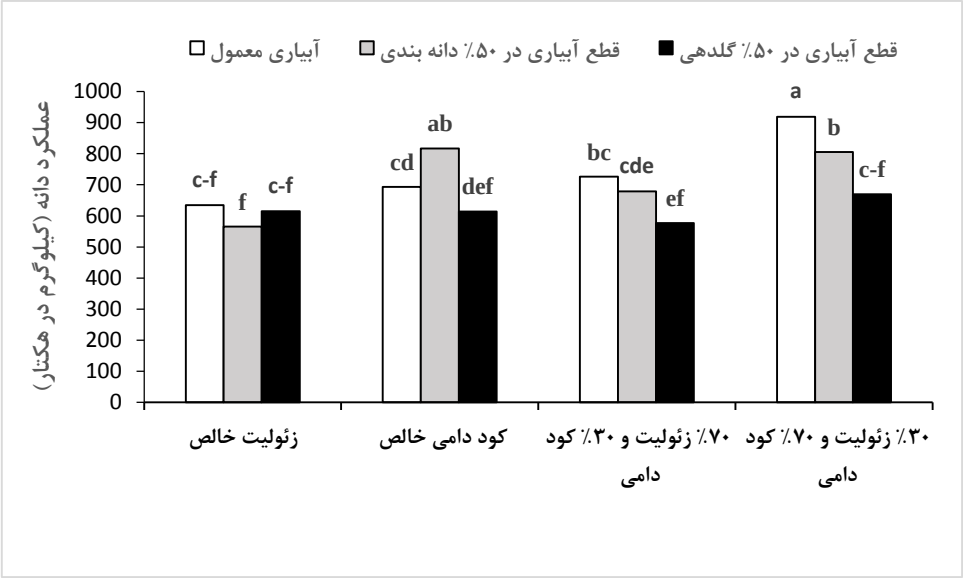
۴-۵-۴- عملکرد دانه

براساس جدول تجزیه واریانس عملکرد دانه (جدول پیوست ۵)، اثر اصلی آبیاری و اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. ترکیب تیماری ۳۰٪ زئولیت به همراه ۷۰٪ ، کود دامی در شرایط معمول آبیاری موجب افزایش عملکرد دانه با میانگین ۹۱۸/۶۰ کیلوگرم در هکتار شد. قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی و دانه‌بندی در سطوح مختلف اصلاح کننده خاک (به جز سطح کود دامی خالص) موجب بهبود عملکرد دانه نخود گردید. عملکرد دانه نخود تحت شرایط تنش نسبت به آبیاری معمول کاهش یافت (شکل ۴-۱۰). کاهش فتوسنتز و هم‌چنین کاهش انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف اجزای گیاه سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌شود که در نهایت عملکرد دانه را کاهش خواهد داد (سیانی و آسپینال، ۱۹۸۱)

عملکرد دانه یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی در گیاهان دانه‌ای محسوب می‌گردد. استفاده از کودهای دامی و بیولوژیک به‌جای منابع شیمیایی می‌تواند باعث افزایش عملکرد نخود گردد (پارسا،

۲۰۰۳). بوتراک و همکاران (۲۰۰۲) طی مطالعه‌ای بیان داشتند استفاده از زئولیت‌های طبیعی منجر به افزایش عملکرد گیاهانی از جمله جو، ذرت و سویا شده است. نتایج محققین نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفاتی مانند وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله گندم دارد (پاک‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج پژوهشی نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۶۵۹۰ و ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به ترکیب تیماری (آبیاری شاهد + مصرف ۱۵ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت در هکتار) و ترکیب تیماری (آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۱۵ تن کود دامی) بود (فارماهینی، ۲۰۰۷). بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۴ تن زئولیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۵/۱۴ تن در هکتار بود (فارماهینی، ۲۰۱۱). کاربرد زئولیت عملکرد محصول گندم را نزدیک به ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد همراه کود افزایش داد (یروتادز و همکاران، ۲۰۰۲). سایر محققان گزارش نمودند که در بین سطوح مختلف مصرف پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۲/۴۹ تن در هکتار متعلق به تیمار (مصرف ۳۵ درصد پلیمر جاذب رطوبت + مصرف ۶۵ درصد کود دامی) بود (خادم و همکاران، ۲۰۱۰). اظهار شد که اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود و در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۸۲۳/۵۸ کیلوگرم مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار بود (سیبی و همکاران، ۲۰۱۱). در آزمایش مشابهی نیز بیان شد که بین سطوح مصرف زئولیت، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۸۷۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود (میرزاخانی و سیبی ۲۰۱۱). سایر پژوهشگران گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد دانه گلرنگ با میانگین ۲۳۴۷ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری براساس نیاز آبی گیاه + مصرف شش تن در هکتار زئولیت بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه با تأثیرات مثبتی که کاربرد زئولیت بر عملکرد دارد، عملکرد دانه گندم از ۴۰۷۸ کیلوگرم در تیمار عدم مصرف زئولیت به ۴۹۰۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت افزایش در حدود ۲۰/۱۸ درصد

نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت می‌باشد (میرزاخانی، ۱۳۹۶). غلامحسینی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند کاربرد تلفیقی کود دامی همراه با زئولیت و کود شیمیایی عملکرد دانه آفتابگردان را افزایش داد. پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد مقادیر صفر تا ۳۰ تن در هکتار زئولیت، بیشترین عملکرد دانه را در همیشه بهار گزارش کردند. هم‌چنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۸۷۹ و ۱۶۴۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۹۰). نتایج تحقیقی نشان داد که در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه آفتابگردان با میانگین ۲۵۸۱/۲۹ و ۲۲۰۷/۵ کیلوگرم به‌ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۰). سایر نتایج نشان داد که اثر تنش محدودیت رطوبتی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۹۵۴/۷۵ و ۴۵۵/۲۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار آبی نرمال (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش محدودیت شدید رطوبتی (آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. هم‌چنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۸۲۳/۵۸ و ۵۸۹/۳۳ کیلوگرم به-ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰).

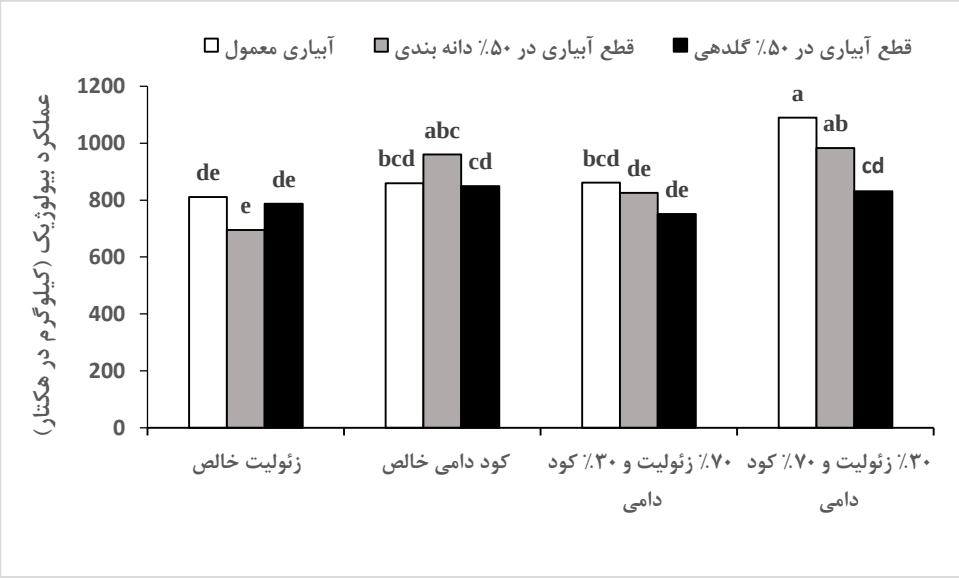


شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر عملکرد دانه

۴-۵-۵ عملکرد بیولوژیک

طبق نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک (جدول پیوست ۹)، اثرات اصلی آبیاری و اصلاح کننده خاک تحت تأثیر هیچ‌کدام از منابع تغییر قرار نگرفتند ولی اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل نشان داد، کاربرد توأم ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی در شرایط معمول آبیاری سبب افزایش عملکرد بیولوژیک به میزان ۱۰۹۰/۰۸ کیلوگرم در هکتار گردید. در شکل ۴-۱۱، به‌طور کلی در شرایط معمول آبیاری روند رو به افزایش عملکرد بیولوژیک مشاهده می‌شود. شرایط تنش در ۵۰٪ گلدهی باعث کاهش بیشتر عملکرد بیولوژیک نسبت به همین شرایط در ۵۰٪ دانه‌بندی گردید. عملکرد بیولوژیک شامل کل بیوماس اندام هوایی گیاه است. به نظر می‌رسد که با استفاده از کود دامی و زئولیت شرایط مناسبی برای حفظ رطوبت محیط اطراف ریشه بوجود می‌اید و ضمن بهبود و توسعه ریشه، شرایط لازم برای جذب آب و مواد غذایی بیشتری فراهم می‌شود (زمانیان، ۱۳۸۷). نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت می‌تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد، بنابراین کاربرد زئولیت می‌تواند اثرات سوء تنش خشکی در گیاه زراعی را تعدیل بخشد (یارمحمدی و همکاران، ۱۳۹۰). طبق نتایج میرزاخانی و

همکاران (۱۳۹۴) در بین سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی سنبله گندم با میانگین ۳۶/۵۱ و ۲۲/۸۲ گرم در بوته به‌ترتیب متعلق به تیمار شاهد (آبیاری کامل) و تیمار آبیاری براساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود. در بین سطوح مختلف زئولیت نیز، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی سنبله با میانگین ۳۶/۰۲ و ۲۵/۳۹ گرم در ۱۰ بوته به ترتیب متعلق به تیمار مصرف ۹ تن در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر عملکرد بیولوژیک

۴-۶- شاخص برداشت

آن نسبت از عملکرد بیولوژیکی که عملکرد دانه را تشکیل می‌دهد به نام شاخص (ضریب) برداشت، ضریب کارایی یا ضریب جابجایی نامیده می‌شود. عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد دانه (شاخص برداشت) و یا هر دو بالا برد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴). نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۹) نشان داد که اثر اصلی اصلاح کننده خاک و اثر متقابل آبیاری و اصلاح کننده خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همان-

طور که در شکل ۱۲-۴ مشاهده می‌شود شاخص برداشت در تیمارهای مورد مطالعه بین ۸۵ تا ۷۲ درصد متغیر بود. بالاترین مقدار شاخص برداشت با میانگین ۸۵/۱۳ درصد از ترکیب تیماری کود دامی خالص در شرایط قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی بود.

در پژوهشی میرزاخانی و سیبی (۱۳۸۹) اظهار داشتند که مصرف نه تن زئولیت در هکتار توانست شاخص برداشت دانه را معادل ۵/۰۷ نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت است. نتایج محققان نشان داد که شاخص برداشت به نسبت زیادی از طریق تنش خشکی بر عملکرد دانه تأثیر پذیرفته است. بنابراین شاخص برداشت معیار مناسبی جهت انتخاب ارقام با عملکرد بالاتر در شرایط تنش رطوبتی خواهد بود (گل‌ابادی و زمانی، ۲۰۰۸). فرمهینی فراهانی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که بیش-ترین و کم‌ترین شاخص برداشت دانه گندم به‌ترتیب با میانگین ۴۵ و ۲۷ درصد مربوط به ترکیب تیماری (آبیاری شاهد و مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار) و ترکیب تیماری (آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف کود دامی+ زئولیت +بنتونیت) بود.

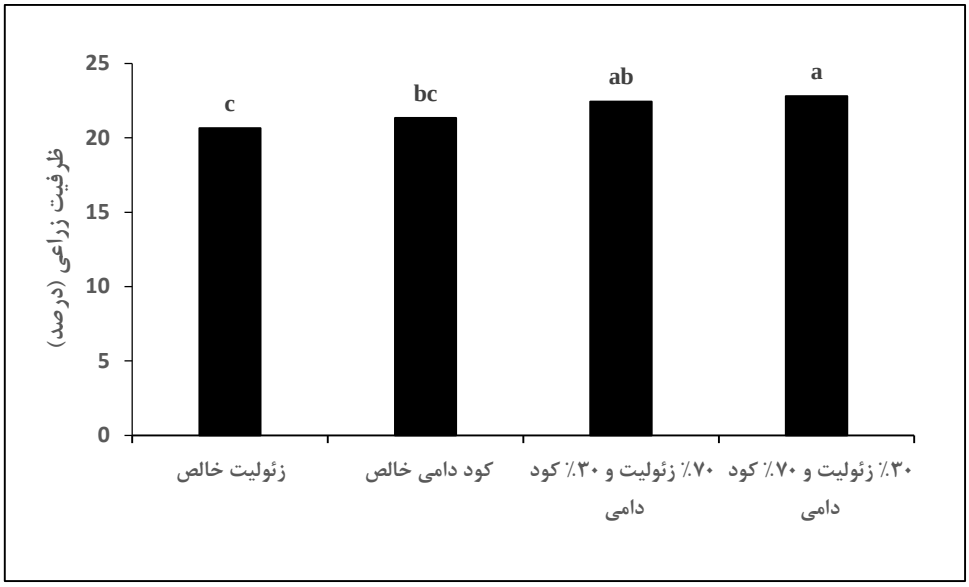
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح کننده خاک و آبیاری بر شاخص برداشت

۴-۷- اسیدیته خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱)، نشان داد که اسیدیته خاک تحت تأثیر هیچ‌یک از فاکتورهای آزمایش قرار نگرفته است. نتایج مشابه توسط ابریشم و همکاران (۱۳۹۴) بدست آمد. این در حالی بود که اکاترینا و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که زئولیت کلینوپتیلولایت و کمپوست روی خصوصیات خاک مؤثر است آن‌ها این آزمایش را با سه تیمار خاک (شاهد)، خاک با زئولیت و خاک با کمپوست انجام دادند. نتایج نشان داد که زئولیت باعث افزایش pH می‌شود که می‌تواند تأثیر منفی بر جذب عناصر غذایی داشته باشد. کولار و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند با افزایش مقادیر زئولیت در بستر کشت شمعدانی میزان pH افزایش یافت.

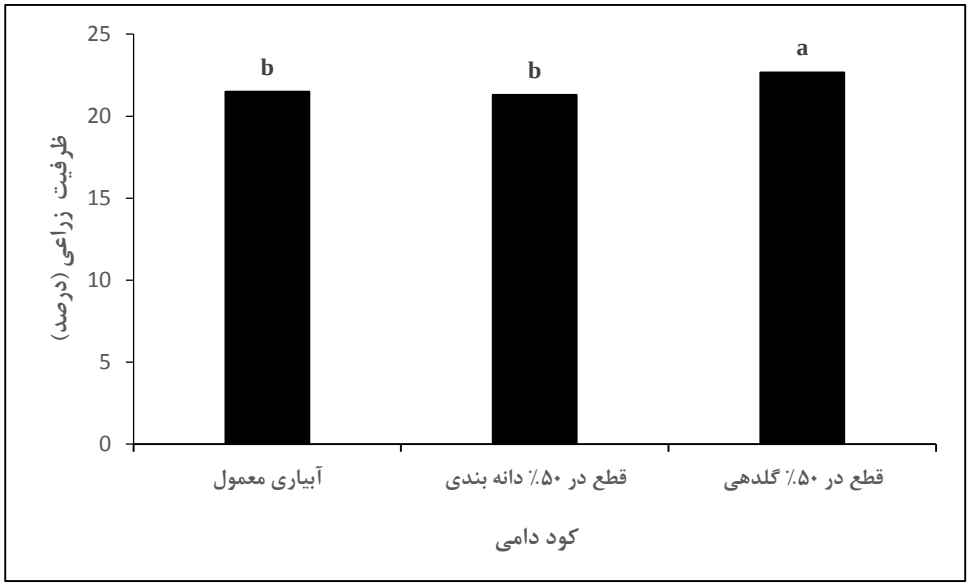
۴-۸- ظرفیت زراعی

برای زمان‌بندی مناسب آبیاری، اطلاع از میزان ذخیره رطوبت خاک بسیار ضروری است. آب قابل استفاده مقدار رطوبتی است که بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم قرار می‌گیرد. ظرفیت زراعی (Field Capasity) حد بالای آب قابل استفاده بوده، و مقدار آبی است که پس از خروج آب ثقلی در خاک نگه‌داری می‌شود (کلوت، ۱۹۸۶). براساس جدول تجزیه واریانس ظرفیت زراعی (جدول پیوست۳)، اثر اصلاح کننده خاک، در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ظرفیت زراعی مزرعه در ۳۰٪ زئولیت و ۷۰٪ کود دامی نسبت به سایر سطوح اصلاح کننده خاک در سطح بالاتری قرار گرفتند، که با تیمار۷۰٪ زئولیت و۳۰ ٪ کود مرغی در یک سطح قرار داشتند. (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین ظرفیت زراعی تحت تأثیر اصلاح کننده خاک

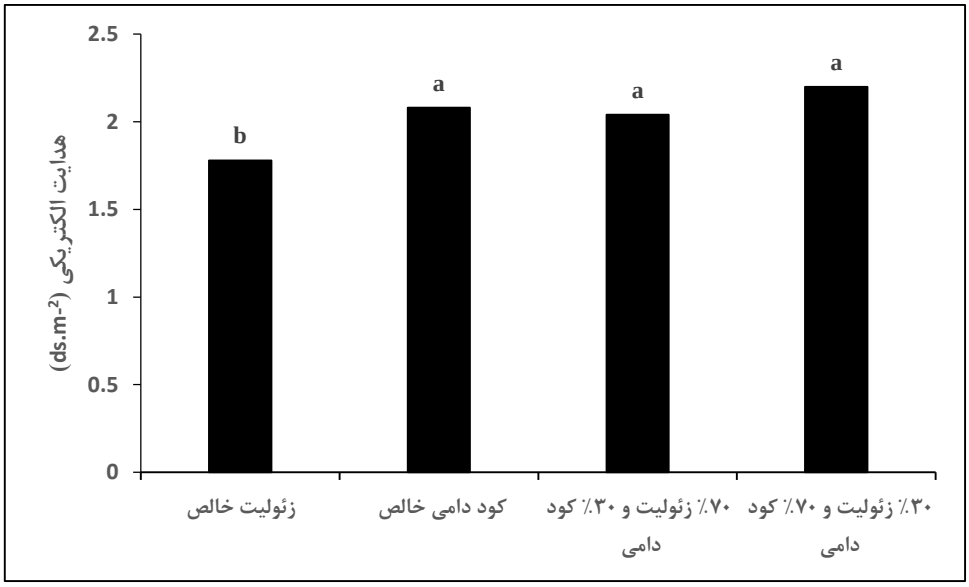
در مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری، مشاهده شد که در شرایط قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی، بالاترین مقدار ظرفیت زراعی (۲۲/۶۶ درصد) به دست آمد. قطع آبیاری در ۵۰٪ دانه‌بندی و آبیاری معمول در یک سطح قرار گرفتند (شکل ۴-۱۴). در آزمایش جامی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که استفاده از کود دامی با افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک و زئولیت نیز با جلوگیری از هدروی نیتروژن، باعث فراهمی طولانی مدت این عنصر برای گیاه و بهبود رشد آن و افزایش عملکرد دانه و در نهایت افزایش بهره‌وری آب شد. افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک در اثر افزایش کود دامی و زئولیت در شرایط تنش خشکی در آفتابگردان، توسط چاکرالحسینی و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین ظرفیت زراعی تحت تأثیر آبیاری

۴-۹- هدایت الکتریکی خاک

هدایت الکتریکی در محیط های آبی ،مثل آب آبیاری یا آب خاک بیانگر مقدار املاح معدنی محلول می باشد و معیار دقیقی از میزان املاح وشوری در خاک و آب است به طوری که کیفیت و طبقه بندی آب وخاک از نظر شوری از روی EC مشخص می شود. اندازه گیری هدایت الکتریکی(Electrical Conductivity) به طور غیر مستقیم میزان املاح محلول خاک را مشخص میکند و به روش های صحرایی و آزمایشگاهی تعیین می شود و واحد آن dS/m یا mmoh/cm است. در این بررسی، تنها اثر مصرف اصلاح کننده خاک، بر صفت هدایت الکتریکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف کود دامی خالص به‌تنهایی و توأم با زئولیت سبب افزایش هدایت الکتریکی گردید. در این بین، کاربرد ۳۰٪ زئولیت همراه با ۷۰٪ کود دامی در رتبه اول قرار گرفت هر چند با ترکیب تیماری کود خالص و ۷۰ ٪ زئولیت و ۳۰ ٪ کود مرغی در یک سطح آماری قرار گرفت. (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی تحت تأثیر اصلاح کننده خاک

نتیجه‌گیری

بررسی‌های اکولوژیک نشان داده است که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی بالاخص کودهای فسفاته سبب تخریب اکوسیستم‌های زراعی می‌گردد و استفاده از جایگزین‌های مناسب از جمله اهداف کشاورزی اکولوژیک می‌باشد.

در یک نتیجه‌گیری کلی، نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از اصلاح کننده خاک به‌ویژه ترکیب زئولیت و کود دامی، تحت شرایط کم‌آبی، توانست به افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش خشکی و افزایش نگه‌داری آب در داخل خاک کمک کند و باعث کاهش خسارت‌های ناشی از تنش گردید. به‌طوری که کاربرد اصلاح کننده خاک توانست عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، پرولین و بسیاری از صفات دیگر نخود را بهبود بخشد. نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی کاربرد کود دامی و زئولیت بر تنش خشکی را می‌توان به تأثیر مثبت اصلاح‌کننده‌های خاک در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه نخود در زمان وقوع تنش، نسبت داد.

می‌توان با بکارگیری زئولیت در ترکیب با خاک ، از هدررفت آب جلوگیری کرده و آن را در دسترس گیاه قرار داد. کاربرد سطوح مختلف زئولیت در هر سه شرایط رطوبتی خاک سبب مطلوبیت معنی‌دار در بسیاری از صفات مورد بررسی گردید. نتایج نشان داد که مقدار زئولیت مصرفی برای هر یک از محصولات با توجه به هر منطقه و بر اساس میزان قابلیت دسترسی آب باید مورد بررسی قرار گیرد.

پیشنهادات

با توجه به نتایج حاصله از این پژوهش جهت انجام بهتر و دقیق‌تر این چنین آزمایشاتی پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد.

۱. مقایسه تأثیر اصلاح کننده های خاک، در شرایط آب و هوایی متفاوت بر روی سایر گیاهان.
۲. بررسی اثر اصلاح کننده زئولیت و کود مرغی در سطح‌های مختلف بر سایر ارقام نخود.
۳. مقایسه زئولیت و کود دامی با انواع دیگر اصلاح‌کننده‌های خاک، از جمله کودهای آلی، بیوچار و بررسی اثر آن‌ها بر روی رشد گیاهان.

منابع

ابراهیمی، م. ۱۳۸۰. مطالعه عکس العمل تعدادی از ژنوتیپ های لوبیا قرمز و سفید نسبت به آبیاری محدود. پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

احمدی، ا. و سی‌وسه‌مرده، ع. ۱۳۸۳. تأثیر تنش خشکی بر کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل و پرولین در چهار رقم گندم در شرایط اقلیمی متفاوت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵: ۷۶۳- ۷۵۳.

احمدی، ج.، زینالی خانقاه ح.، رستمی، م. ع. و چوگان، ر. ۱۳۷۹. بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات هیبریدهای ذرت دانه ای. علوم کشاورزی ایران. ۳۱:۵۲۳- ۵۱۳.

امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

امیدی تبریزی، ا.ه.، احمدی، م.ر.، و کریمی، س. ۱۳۷۹. بررسی پایداری عملکرد دانه و روغن در برخی از ارقام گلرنگ. نهال و بذر. ۱۶: ۱۳۰- ۱۴۵.

اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. انتشارات دانشکده کشاورزی تهران. کرج، ص ۳۶.

آستارایی، ع. ر.، و کوچکی، ع. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه مشهد. ۱۶۸ ص.

آقائی سربرزه، م.، رجبی، ر.، حقپرست، ر. و محمدی، ر. ۱۳۸۷ . بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله نهال و بذر. ۲۹: ۸۲۲- ۸۰۲.

باقری، ع. و وصال، س. ۱۳۸۷. وضعیت و نقش حبوبات در کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

باقری، ع.، نظامی، ا.، گنجعلی، ع. و پارسا، م. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. ترجمه. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۴۴ صفحه.

بایزید، ب، ۱۳۷۴. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام نخود زراعی تحت دو سطح رطوبت و تجزیه همبستگی صفات زراعی. پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

بهادر، م. ۱۳۹۱. بررسی روش‌های کاربرد زئولیت و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ماش (*Vigna radiate* L.) در منطقه اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین. ملاثانی، ایران.

پارسا، م. و ، باقری، ع. ر. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص. ۵۲۲.

پاک‌نژاد، ف.، جامی الاحمدی، م.، پازوکی، ع. و نصری، م. ۱۳۸۹. تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. (۱) ۱: ۱- ۱۵.

پرویزی، ی. و نباتی، ع. ۱۳۸۳. تاثیر دور آبیاری و کود دامی بر کارایی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه ای. پژوهش و سازندگی. ۶۳: ۲۹-۲۱.

پورموسوی، س. م.، گلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا. و بصیرانی، ن. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش خشکی و کود دامی بر محتوای رطوبت، میزان پایداری غشاء سلول و محتوای کلروفیل برگ سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۴. شماره ۵.

پورموسوی، س.م. ۱۳۸۸. ثر استفاده از کود دامی در شرایط تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی سویا. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۰، شماره ۱.

پیرزاد، ع.، یوسفی، م.، درویش‌زاده، ر. و راعی، ی. ۱۳۹۲. تأثیر مقادیر مختلف زئولیت و کود نیتروژنه بر عملکرد و شاخص برداشت گل، دانه، اسانس و روغن همیشه بهار *Calendula offcinalis*. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار . ۲۳ (۲): ۶۱- ۷۵.

تقدیسی حیدریان، س. ز.، خراسانی، ر. و امامی ، ح. ۱۳۹۷. تأثر زئولیت، ورمی‌کمپوست و کود حیوانی بر رشد و جذب عناصر کم مصرف در ذرت. نشریه آب و خاک (علوم صنایع کشاورزی). جلد ۳۲. شماره ۴، ۷۶۴- ۷۷۸.

توحیدلو، ق. ۱۳۸۰. گزارش پژوهشی سالانه بخش تحقیقات به زراعی موسسه تحقیقات چغندرقند". ۱۱۴ صفحه.

تهامی زرندی، س. م. ک. ۱۳۸۹. ارزیابی تاثیر کود های آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) . پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

تهامی زرندی، م . ک.، رضوانی مقدم، پ. و جهان، م. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۲ (۱): ۸۲- ۷۰.

جامی الاحمدی، م.، کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع. م. ۱۳۸۵. کشاورزی، کود و محیط زیست(ترجمه) ، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

جامی، ن.، موسوی نیک، س. م. و نقی‌زاده، م. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی. مجله به‌زراعی کشاورزی. دوره ۱۷. شماره ۳. ۸۲۷- ۸۴۰.

جهان، م. و کوچکی، آ. ۱۳۸۲. تأثیر کشت ارگانیک بابونه بر خصوصیات کمی و کیفی آن. فصل‌نامه پژوهش و سازندگی، ۶۱: ۹۵- ۸۷.

حسن زاده قورت تپه، ع. و قلاوند، ا. ۱۳۸۴. بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در برخی از ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی . ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات، ۱۲(۵):۲۷-۲۰.

حسینی ابری، ع.، کاوه. م. و صالح پرهیزکار، م. ۱۳۸۶ . بررسی ساختار شیمیایی زئولیت‌های طبیعی و مزایای استفاده از آن‌ها به عنوان اصلاح کنندهٔ خاکهای کشاورزی. مجلهٔ علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی.

حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار (ترجمه). انتشارات نیکنام. تبریز. ص ۳۷۸.

حمیدپور، م.، فتحی، س. و روستا، ح.ر. ۱۳۹۲. اثر زئولیت و ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های رشدی و غلظت برخی عناصر گل اطلسی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال چهارم، شماره سیزدهم. ۱۰۲- ۹۵.

حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. روش‌های مقابله با خشکی و خشکسالی. جلد اول. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۱۷۱ صفحه.

حیدری، ف. و رمرودی خسته دل، م. ۱۳۸۹. تأثیر کود دامی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس بومی زابل. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۲ الی ۴ مرداد.

خاشعی سیوکی، ع. ۲۰۰۸. تأثیر زئولیت طبیعی بر برنامه ریزی آبیاری و عملکرد گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

خالویی،م.، وکیلی شهربابکی، س. م. و کدوریریال م. ر. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر کودهای آلی (مرغی، گاوی، گوسفندی) بر عملکرد گل و اجزا آم در اکشن برتر گل محمدی (*Rosa damascene mill*) در شهرستان کرمان. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۵ صفحه.

خورنگ، م. ۱۳۸۷. تأثیر تغذیه با کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر باروری گیاه دارویی کتان روغنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد باغبانی. دانشگاه تربیت مدرس.

رستمی، م.، میرزایی، ر. و کافی. ۱۳۸۲. ارزیابی مقاومت به خشکی در چهار رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) *در مرحله جوانه‌زنی. هفتمین کنفرانس بین‌المللی در زمینه توسعه دیم. تهران.*

رنجبر چوبه، م.، اصفهانی، م.، کاووسی، م. و یزدانی، م. ر. ۱۳۸۳. تأثیر آبیاری و مصرف زئولیت طبیعی بر عملکرد کمی و کیفی توتون کوکر ۳۴۷. پژوهش‌نامه علوم کشاورزی ۱: ۶۳-۷۶.

زمانیان، م. ۱۳۸۷. اثرات کاربرد سطوح مختلف زئولیت در نگهداری آب خاک. اولین همایش زئولیت ایران، دانشگاه امیر کبیر، ۲۴۷- ۲۴۸.

سرمدنیا، غ. ح، و کوچکی، ع. a ۱۳۸۶ جنبه‌های فیزیولوژی زراعت دیم (ترجمه)، چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۲۴ صفحه.

سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. b۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

سلطانی ا، و فرجی ا، ۱۳۸۶ . رابطه آب خاک و گیاه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۴۶ صفحه.

سیبی، م.، میرزاخانی، م.، گماریان، م .و بابکر ، ع ۱۳۹۰ . بررسی محتوای آب اولیه ی گلرنگ تحت تنش آبیاری، مصارف زئولیت و سالیسیلیک اسید .مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار دانشگاه پیام نور استان خوزستان. اهواز.

صباغ پور، س. ح. ۱۳۸۵. شاخص‌ها و مکانیزم‌های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان. چاپ اول، کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی. ۱۵۲ صفحه.

عباسلو، ل.، کاظمینی، س. ع. ا. و عدالت، م. ۱۳۹۳. تأثیر تنش خشکی و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، جلد ۵، شماره ۱، ۹۰-۷۹.

علیزاده، ا. ۱۳۸۳. رابطه آب، خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا (ع). ۴۷۰ صفحه.

علیزاده، ا. و کوچکی، ع. ۱۳۷۰. اصول زراعت در مناطق خشک (ترجمه). جلد اول، انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۶۰ صفحه.

غلام حسینی، م.، قلاوند، ا. و جمشیدی، ا. ۱۳۸۷. تأثیر رژیم آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد دانه و غلظت عناصر در برگ و دانه آفتابگردان. پژوهش و سازندگی. زراعت و باغبانی. شماره ۷۹. .

غلامحسینی، م. ا، قلاوند. ع، م، مدرس ثانوی. ا، جمشیدی. ۱۳۸۶. تاثیر کاربرد کمپوست‌های زئولیتی در اراضی شنی، بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان. مجله علوم محیطی، سال پنجم، شماره اول. صفحات ۲۴-۳۶.

غلامحسینی، م.، خدائی جوقان، آ. و قلاوند، ا. ۱۳۹۶. تأثیر مصرف زئولیت در تلفیق با کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هفتم، شماره اول، ۱۲- ۱.

فتح اله طالقانی، د.، صادق زاده، س.، نوشاد، ح.، دهقان‌شعار، م.، توحیدلو، ق. و حمدی، ف. ۱۳۸۵. تاثیر مقادیر مختلف کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند در تناوب گندم و چغندرقند. چغندرقند، ۲۲ (۲): ۷۸-۶۷.

فرجی، ا ۱۳۸۸، مبانی کاربردی تاثیر تنش خشکی در کلزا. نشر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، ص ۲۶.

فرشادفر، ع.، زمانی، م .ر.، مطلبی، م. و امام جمعه، ع. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود، علوم کشاورزی ایزان، ۳۲(۱):۶۵-۷۷.

فرمهینی فراهانی، م.، میرزاخانی، م. و ساجدی، ن. ع. ۱۳۹۶. اثر مواد جاذب رطوبت روی برخی صفات زراعی و پروتئین دانه گندم در شرایط تنش کمبود آب. فناوری تولیدات گیاهی، شماره دوم، ۲۷- ۳۷.

فرمهینی، م.، میرزاخانی، م. و ساجدی، ن ع. ۱۳۹۰. اثر تنش کمبود آب و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر صفات فیزیولوژیک گندم الوند. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.

فلاح، س.، قلاوند، ا. و خواجه پور، م. ۱۳۸۶. تأثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد ذرت دانه‌ای در خرم‌آباد لرستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۰(الف): ۲۴۲-۲۳۳.

فلاحی، ج. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی. پایان نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

قرابانلی، م. نیاکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. علوم دانشگاه تربیت معلم. ۵: ۵۳۷- ۵۴۹.

قلی‌زاده، الف.، اصفهانی، م. و عزیزی، م. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳. ۹۵- ۱۰۲.

کاظمی، ح. ا. ۱۳۸۷، اصول دیمکاری. چاپ دوم. دانشگاه تبریز. ۵۰۷ صفحه.

کاظمیان، ح. ۱۳۷۸. آزمایش پسماندهای مایع رادیواکتیو حاصل از محصولات شکافت اورانیوم طبیعی پرتو دیده عاری از I-131 و MO-99 به وسیله زئولیت‌های طبیعی ایران. رساله دکتری شیمی. دانشکده علوم دانشگاه صنعتی اصفهان.

کاظمیان، ح. ۱۳۸۵. زئولیت‌ها، کانی‌های سحرآمیز. نشر بهشت، تهران.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ یازدهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کوچکی، ع، و بنایان اول م ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.

گل آبادی، م.، ارزانی، ا. و میرمحمدی میبدی، س. ع. م. ۱۳۸۷. اثر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیک در خانواده گندم دوروم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. (۲)۶: ۴۱۸ -۴۰۵.

مجنون حسینی، ن .۱۳۸۷ . زراعت و تولید حبوبات چاپ چهارم، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران، ۲۸۳ صفحه.

مجیدیان، م.، قلاوند، ا.، کامکار حقیقی، ع.ا و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. استفاده از کود دامی و تأثیر آن در کاهش تنش خشکی، کمیت و کیفیت گیاه ذرت. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی. اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، دانشکده کشاورزی، ۲۴ الی ۲۶ اردیبهشت ماه.

محمدیان روشن، ن.، مرادی، م.، آذرپور، ا. و بزرگی، ح.م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر مقادیر مختلف کودهای آلی و شیمیایی و تلفیقی بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا. چکیده مقالات اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، ۲۰-۱۹ آبان، اصفهان.

مقدم، ع، و هادی زاده و ۱۳۸۱. عکس العمل هیبریدهای ذرت و لایت های والدی آن‌ها به خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش. مجله نهال و بذر. ۱۸(۳):۲۷۲-۲۵۵.

مرادی، م. و طالشی، ک. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کود دامی و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش رقم گوهر در منطقه خرم‌آباد. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی. جلد ۱۲، شماره ۳، ۵۶-۳۵.

ملکوتی م. ج، ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی کود در ایران انتشارات مرکز آموزش کشاورزی.

منصوری‌فر،س.، شعبان، م.، قبادی، م. و صباغ‌پور، س.ح. ۱۳۹۱. بررسی روند پر شدن دانه در ارقام نخود (*Cicer arietinum*) در شرایط تنش خشکی و استفاده از کود نیترژن به‌عنوان استارتر. مجله پژوهش کشاورزی. ۱۰ (۳): ۵۹۱- ۶۰۲.

موحدی دهنوی، م. ۱۳۸۳. اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف (روی و منگنز) بر عملکرد کمی و کیفی ارقام مختلف گلرنگ پاییز تحت تنش خشکی در اصفهان. پایان‌نامه دکتری در زمینه زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. ۲۱۱.

میرزاخانی، م. ۱۳۹۶. ارزیابی هدایت الکتریکی، کلروفیل و عملکرد گندم تحت تنش کم‌آبی با کاربرد زئولیت. نشریه علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۱ (۱) ۱۱۱- ۱۲۶.

میرزاخانی، م.، همتی، ز. و ساجدی، ن.ع. ۱۳۹۲. پاسخ زراعی و فیزیولوژیکی گندم پاییزه به تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۳، شماره ۱، ۱۷۳- ۱۸۳.

میرهاشمی، م.، کوچکی، ع.، پارسا، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۸. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زنیان و شنبلیله در کشت های خالص و مخلوط مبتنی بر اصول کشاورزی زیستی(ارگانیک). پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۲): ۶۹۳-۶۸۵.

نادر واوژن، ر.، اردکانی، م. ر.، نورمحمدی، ق. و نجفی، ا. ۱۳۸۴. بررسی اثر چهار سطح مختلف آبیاری قطره ای، نواری بر کارایی مصرف آب و صفات مورفولوژیک ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۰). زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱(۱):۶۳-۷۳.

نادری، ا.، مجیدی هروان، ا.، هاشمی دزفولی، ا.، رضایی، ع. و نورمحمدی، ق، ۱۳۷۸. تحلیل کارایی شاخص های ارزیابی کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. نهال و بذر، ۱۵: ۳۹۰-۴۰۲.

نبوی کلات، س.م.، صیادی، م. و سازواری، غ.ر. ۱۳۸۸. اثر پرایمینگ بذر بر خصوصیات جوانه زنی سورگوم علوفه ای رقم *speed feed* . اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

نصراصفهانی، م. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر رشد و سیستم آنتی‌اکسیدان در سه رقم نخود. زیست‌شناسی گیاهی. ۵ (۱۵): ۱۲۴- ۱۱۵.

نعیمی، م.۱۳۹۲. بررسی اکوفیزیولوژیک تاثیر کاربرد زئولیت و سلنیم بر تحمل به تنش کم آبی در گیاه دارویی کدو پوست پایان نامه دکتری .گروه *(Cucurbita pepo* L.*)*. کاغذی علوم زراعی و اصلاح نباتات.، دانشگاه تهران.

وفابخش، ج.، نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام کلزا. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۱):۲۰۴-۱۹۳.

هوشیارفرد، م. و قرنچیکی، ع. ۱۳۸۸. اثر نوع و مقدار کود دامی بر میزان وقوع و شدت بیماری های مهم، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه *(Gossypium hirsutum* L*)*. علوم زراعی ایران، ۱۱(۳): ۲۴۷-۲۳۸.

یارمحمدی، و.، ساجدی، ن. ع.، میرزاخانی، م. و سیبی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و کود دامی بر سیب زمینی. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. دانشگاه پیام نور خوزستان.

یوسفوند، پ.، ساجدی، ن. ع. و میرزاخانی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرات زئولیت و سلنیوم تحت تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. اولین همایش ملی راهبردهای دستابی به کشاورزی پایدار. خرداد ماه ۱۳۹۰. دانشگاه پیام نور استان خوزستان.

Abbott, L. K. and Murphy D. V. 2007 .Soil biology fertility: A key to sustainable land use in agriculture. springer, pp 268.

Aggarwal, R.K., Praveen, K. and Pawer, J. F. 1997. Use of crop residue and manure to can serve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. Soil Tillage Res, 41:43-57.

Ahmadee M., Khashei Siuki A., Hashemi, S.R. 2014. The effect of magnetic water and calcic and potasic zeolite on the yield of *Lepidium sativum L*. International journal of advanced biological and biomedical research, 6: 2051- 2060.

Al-Busaidi, A., T. Yamamoto, and M. Irshad. 2007. The ameliorative effect of artificial zeolite on barley under saline conditions. journal of applied sciences. 7(16): 2272-2276.

Alizadeh, G. G., Asadi-Kangharshahi, S. and Tavakoli, A. 2005. "Study of effects of different ammounts of organic fertilizer on yield and quality of soybean". In: Proceeding of the 9th Iran Soil Science Congress. PP. 7-9.

Amirifar, A., M. Aghaeisarbarze, R. Haghparast, and M. Khosroshali. 2011. Sustainable yield, baking quality and drought tolerance of wheat genotypes. Seed and Plant Journal. 27(1): 223-255. (In Persian).

Arif, L., Samiuliah., M.M.R.K, Afridi., S, Umar. 1996. Potassium nutrition under different irrigation levels in selected crops". Journal of potassium Research 12(2): 186-193.

Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Roles of glycine betaine and praline in improving plant abiotic stress resistance . Environ. Exp. Bot. 59:206-216.

Azeez, J. O., Van Averbeke, W., and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumkin (*Cucurbita maxima L.*) and nightshade (*Solanum retroflexum Dun.*) to the application of three animal manures. bioresource technol. 101:2499-2505.

Baghalian, K., Sh. Abdoshah, F. Khalighi-Sigaroudi and F. Paknejad. 2011. Physiological and

Baker, R. J. 1994. Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic in cool season food legumes. Euphytica, 73:67-72.

Bates, l. s., Walderen, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for eater stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Bazazi, N., M. Khodambashi and Sh. Mohammadi. 2013. Effect of drought stress on morphological characteristics and yield components of fenugreek. journal of crop production and processing. 3(8): 11-22. (In Persian with English abstract).

Beg, J. E. 1980. Morphological adaptation of leaves to water stress. In: adaptations of plants to water and high temperature stress". Pp. 33-42, turner, N. C. and P. J. Kramer, Eds., Wiley, New Yourk.

Behdad, M., F. Paknejad, S. Vazan, M.R. Ardakani, and M. Nasri. 2009. Effect of drought stress on yield and component yield in different stages of wheat growth. nvironment stress in agricultural sciences. 1(2): 143-157. (In Persian).

Blaise, D., Singh, J. V., Bonde, A. N., Tekale, K. U and Mayee, C.D. 2005. Effects farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed otton (*Gossypium hirsutum*). Bioresour. Technol. 96: 345-349. .

Below, F. E., Christensen, L. E., Reed, A. J and Hagmane, R. H. 1981. Availability of reduced N and carbohydrate for ear development of maize'. Plant Physiol. 68:1186-1190.

Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments". CRC press, Boca raton, FL.pp:38-78.

Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation". Plant growth regulation. 20:135-148.

Bouslama, M., and Schapaught, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evalution of three screening techniques for heat and droght tolerance. Crop Science. 24:933-937.

Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and environments. Science 218:443-447.

Boyer, J. S. 1992. Mechanisms for obtaining water use efficiency and drought resistance. In: plant breeding in the 1990s.pp.181-200, Stalker, H. T. and J. P. Murphy, Eds., CAB International, U. K.

Boyer, J. S. 1996. Advances in drought tolerance in plant. Adv. Agron. 56:187-217.

Bozorgi, H. R., Bidargh, S., Azarpour, E., Khosravi Danesh, R., and moraditochaee, M. 2012. Effects of natural.

Bray. A. E. 1997. Plant responses to water deficit. Trends in Plant Sc. 2:45-54.

Bullock, D. G., Niesen, R. L., and Nyquist, W. E. 1988. A Growth analysis comparision of corn growth conventional and equidistiant plant spaciny. crop Sci.24:1187-1191.

Butella, M. A., Cerda, A. Martinez, V. and Lips, S.H. 1994. Nitrate and ammonium uptake by wheat seedings as affected by salinity and light. jurnal of plant nutrition, 17:839-850.

Butorac A., Filipan T., Basic F., Butorac J., Mesic M., Kisic I. 2002. Crop respons to the application of special natural amendments based on zeolite tuff. rostlinna vyroba, 48(3): 118-124.

Chapman M. M. J. 2001. Benefits of pulses in human diet, pp 109-113, In: proceedings of the 4th european conference on grain legumes, carcow, poland.

Charhies, S. 1997. Localization of hydrogen proxide accumulation during the hypersensitive syrinage PV phaseolicale the plant cell .american society of plant physiologists. 9:209-221.

Chaves, M . 2002. water stress in the regulation of photosynthesis in the field. annals of botany, 89: 907- 916.

Clifon, R. A. 1985. "Natural and synthetic zeolites. international circular 9140. Washington, D, C. 1.

Constable, G. A., and Hearn. A. B. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorgume crop to water deficits. l. growth. development and yield". Aust, J. Plant Physiol. 5:159-167.

Desclaux, D., Huynh, T. T., and Roumet, P. 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. Crop Sci. 40:716-722.

Dhanda, S. S., G. S. Sethi, and K. K. Behl. 2002. Inheritance of seedling traits under drought stress conditions in bread wheat. cereal res. commun. 30(34): 293-300.

Duke. J. A. 1981. handbook of legumes of world economic importance. New York: Plenum Press, No. 32.

Earl, H. J., and Davis, R. F. 2003. Effect of drought stress on Leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. agron. J. 95:688-696.

Ehleringer, J. 1980. Leaf morphology and reflectance in relation to water and temperature stress. In: adaptation of plants to water and high temperature stress. Pp .295-308, Turner, N. C. and P. J. Kramer, Eds., Wiley, New York.

Ekaterina G. F., and Christos D.T. 2002. Influence of clinoptilolite and compost on soil properties. Taylor and Francis Publishing, 33(3): 595-607.

Evans, B., and Waians, J. G. 1993. Variation in water use efficiency and its component in wheat. Crop Sci. 33:294-299.

Evans, N. H., McAinsh. M. R., Hetherington. A. M. 2001. Calcium oscillation in higher plants. Plant Biol. 4:415-420.

F.A.O.2004. Agricultural production year book. rome. italy.

Farmahini, M. 2011. Effect of water deficit stress and application of material humidity absorbent on physiological and agronomy traits of alvand wheat. thesis of M.Sc. in agronomy. faculty of agriculture & natural resources, islamic azad university, arak branch. 172 pp. (In Persian).

Fernandez, G,C.J. 1992. Effective selection criterica for assessing plant stress tolerance. in: C. G . Kuo.(eds). adaptation of food crops to temperature and water-stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp.257-270.

Fisher, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought tolerance in spring wheat cultivars. I. geain yield response: Aus. J. Agri. Res. 29:897-912.

Ford, S. C. M. 1972. Effect of dry season on uptake of radioactive phosphorus by surface root of the sugar beet". Agron. J. 64:622-623.

Fred, E.B., Baldwin, I.L. and McCoy, E. 1932. Root nodule bacteria and leguminous plants. University of wasconsin press. madison.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1998. Evalution of field and laboratory of droght and heat stress in winter cereals". Canadian Journal of Plant Science. 77:523-531.

Gholizadeh, A., Esfahani, M., and Azizi, M. 2007. Effects of water stress and natural zeolite on qualitative andquantitative function in badrshby plant. Journal of research and reconstruction of natural resources (37): 96-102.

Gliessman, R. S. 2006. Agroecology: The ecology of sustainable food systems, second edition. CRC press: boca raton, FL. USA.

Golestani, S. A., and Assad, M. T. 1998. Evalution of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica. 103:293-299.

Gotoh, K., Chang, T. T., OToole, J. C., Riley, R., and Murty, B. R. 1979. Crop adaptation. In: Plant breeding perspectives. Eds. J. Sneep and A. J. T. Hendriksen, centre for agricultural publication and documentation, wageningen, pp.234-261.

Gul, A. Erogŏl, D and Ongun, A.R. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Scientia Horticulturae 106: 464-471.

Gulman, S. L., and Turner, N. C. 1978. Difference in root and shoot development of tomato (*Lycopersicon esculentum L.)* varieties across contrasting soil environments. Plant Soil. 49:127-136.

Gupta, A, K., Singh, J., Kaur, N., and Singh, R. 1993. Effect of polyethylene glycol-induce water stress on germination and reserve carbohydrate metabolism in chickpea cultvars differing in tolerance to water deficit. Plant physiology and Biochemistry. 31(3)369-378.

Gupta, A. K., Singh, J., Kaur, N., and Singh, R. 1991. Effect of polyethylene-glycol inducted water deficit on germination of chickpea cultivars differing in drought tolerance". Inter. Chick. News. 24:38-39.

Gupta, S. E, Munyankusi. J, Monerief. F, Zvomuya. and M. Hanewall . 2004. Tillage and manure application effects mineral nitrogen leaching from seasonally frozen soils. Journal of Environment Quality. 33: 1239-1246.

Gupta, S. N., Dahiya, B. S., Malik, B. P. S., and Bishnoi, N. R. 1995. "Response of chickpea to water deficits and drought stress". Haryana Agriculture university journal of Research. 25(1/2): 11-19.

Hare, P. D. and Cress, W. A. 1997. "Metabolic implications of stress induced praline accumulation in plants". Juurnal of Plant Growth Regulation. 21:79-102.

He, Z. L., Calvert, D. V., Alva, A. K., Li, Y. C. and Banks, D. J. 2002. Clinoptilolite Zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. Journal of Plant and Soil. 247: 253-260.

Heichel, G.H. 1987. Legums as a sours of nitrogen in conservation tillage. In J.F. Power (ed) Role of legums in conservation tillage. Soil conservation sosity of america., ankey lowa.

Heidari ShRIFABAD, h. 2008. "Drought mitigation strategies for the agriculture sector". The 10th Iranian Congress of Crop Sci, 18-20 Aug. 2008, SPII, Karaj, Iran.

Himmelbach, A., Iten. M., Grill. E. 1998. " Signaling of abscisic acid to regulate plant growth". Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 353:1439-1444.

Hoekstra, F. A., Golovina. E. A., Buitink. J. 2001. "Mechanisms of plant desiccation tolerance". Trends Plant Sci. 6:431-438.

Hsiao, T. C., OToole, J. C., Yambao, E. B., and Turner, N. C. 1984. "Influence of osmatic adjustment on leaf relling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L)".Plant Physiol. 75:338-341.

Hurd, E. A. 1976. "Plant Breeding for drought resistance". Pages 317-353 in Water deficits and plant growth. Volume 4 (Kozlowski, T. T., ed.). New York, USA:Academic Press.

ICRISAT. 1978. Annual Report. 1977-78. patancheru. india: international crops research institute for the semi-arid tropics, 295 pp.

Inoue, T., Higuchi, M., Hashimoto, Y., Seki, M., Kobayashi, M., Kato, T., Tabata, S., Shinozaki, K., and Kakimoto, T. (2001). " Identification of CREI as a cytokinin receptor from arabidopsis". Nature. 409:1060-1063.

Jalota, S.K., Sood, A., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer aeritinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. agricultural water management 79: 312-320.

Karimi, S., M. Nasri and F. Ghoshchi. 2013. Investigation of drought stress on agro-physiological indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.) with zeolite application tested in the region of Varamin. Int. J. Agric. Sci. 3(12): 894-903.

Katiyar, R. P. 1980. Development changes in leaf area index and other growth parameters in chickpea. Indian J Agr Sci, 50, 684-91.

Kaur, T., Brar, B. S. and Dhillon, N.S. 2008. Soil organic matter dynamics as affected by long term use of organic and inorganic fertilizers under maize – wheat cropping system. Nutr. Cycl. Agroecosyst, 81:59-69.

Kautz, T., Wirth, S. and Ellmer, F. 2004. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime." European. J Soil Biol. 40:87-94.

Kavikishor, P. B., Sangam, S,R,N., Amrutha, P. S., Laxmi, K. R., Naidu, K. R. S. S., Rao, S., Rao Reddy, K. J., Theriappan, P., and N. Sreenvasulu. 2005. Regulation of praline biosynthesis , degradation, uptake and transport in higher plants: its implication in plant growth and abiotic stress tolerance". Curr SCI. 88:424-438.

Khadem, S.A., M. Galavi, M. Ramrodi, S.R. Mousavi, M.J. Rousta, and P. Rezvanmoghadam. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell memberane stability leaf chlorophyll content under dry condition. Australian Journal of Crop Science. 4(8): 642-647.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A, and Binghan, I. J. 2003. The intraction between environmental stress and seed vigour during germination of soybeen seeds. Seed Sci and Technol. 31: 715-725.

Khanna-Chopra, R., and Sinha, S. K. 1988. " What limits the yield of pulses? plant process or plant type". P: 68-278.

Khanna-Chopra, R., Moinuddin., Vasudev, S., Maheswari, M., Srivastava, A., and Bahukhandi, D. 1995. K+, osmoregulation and drought-an overview". proceeding of the indian national science academy. Part. B, Biologycal Science 61(1):51-56.

Khashei siouki A. M., Kochak zadeh v., Shahabi far M. 2008. The effect of application of clinoptilolite natural zeolite and soil moisture on corn yield components. soil research (Soil and Water Science), 22(2): 235-241. (In Persian)

Kiyosue, T., Yamaguchi-Shinozaki. K., and Shinozaki. K. 1994. Cloning of cDNAs for genes that are early-responsive to dehydration stress (ERDs) in (*Arabidopsis thaliana L*), identification of three ERDs as HSP cognate ". Plant Mol Biol. 25:791-798.

KiZilkaya, R. 2008. "Yield response and nitrogen concentration of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated whit Azotobacter chroococcum strains. Ecol eng, 33:150-156.

Koocheki A., Jahan M. and Nassiri Mahallti M. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems" 2nd conference of the international society of organic agriculture research (ISOFAR). Modona. Italia.

Kolar M., Dubsky M., Sramek F., and Pintar M. 2010. The effect of natural zeolite in peat base growing media on pelargonium zonale plants. Europ. Horticultural Science, 75(5): 226-230

Kramer, P. J. 1959. Transpiration and the water economy of plants", pp.607-726. In:PI.Physiol.Vol. II. Streward, F. G. (ed), Academic Press, New York.

Kramer, P. J. 1983. Water relation of plants". Academic Press. P. 342-415.

Kristin, A. S., Serna, R. R., Perez, F.L., Enriquez, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallejo, P. R., Wassimi, N., and Kelley, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci.37:43-50.

Kulte, A., 1986. Water retention: laboratory methods. In: Black, C.A. (ed), methods of soil analysis. I. physical and mineralogical methods. madison, ASA, SSSA, PP. 635-662.

Laegreid M., Bockman O. C. and Kaarstad E. O. 1999. Agriculture, Fertilizer and Environment" CABI publishing, pp 294.

Larson, K. K., and Eastin, J, D. Eds. 1971. Drought injury and resistance in crops. CSSA special publication No. 2 crop science society of america, madison, wisconsin.

Lee, J. 2010. "Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical prpperties and microbial densities in organic bulb onion prpduction. Scientia Hort, 124: 299-305.

Leport, L., Turner, N. C., French. R. J., Tennant, D., Thomson, B. D., Siddique, K. H. M. 1998 a. "Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a mediterranean-type environment". European journal of agronomy .9(4):295-303.

Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. acadamic oress, new york.

Levitt, J. 1980. "Response of plants to environmental stresses. II. water, radiation, salt and other stresses". Academic Press. New York. pp .187-211.

Liu, F., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research 86: 1-13.

Lockhart, J. A. 1965. An analysis of irreversible plant cell elongation. Journal of Theoretical Biology. 8:264-275.

Madani, H., Farhadi, A., Pazuki, A. S. R., and Changizi, M. 2010. The effect of different levels of nitrogen and zeolite on quantitative and qualitative characteristics agria potatoes in arak. The findings of modern agriculture3(4): 379- 391. (In Persian).

Maerere, A. P., Kimbi, G.G. and Nonga, D. L.M. 2001. Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of amaranthus (*Amaranthus cruetus* L)". Afr . J . Sci . Technol 1(4): 14-21.

Maerere, A. P., Kimbi, G.G. and Nonga, D. L.M. 2001. Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of amaranthus (*Amaranthus cruetus* L). Afr. J. Sci. Technol 1(4): 14-21.

Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z. and Schmidt-Rohr, K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMRand FT-IR spectroscopy. Geoderma, 146: 353-362.

Mhlontlo, S., Muchaonyerwa, P. and Mnkeni, P. N. S. 2007. Effect of sheep kraal manure on growth, dry matter yield and leaf nutrient composition of a local amaranthus accession in the central region of the eastern cape province, south africa. water SA. 33(3): 363-368.

Mhlontlo, S., Muchaonyerwa, P. and Mnkeni, P. N. S. 2007. Effect of sheep kraal manure on growth, dry matter yield and leaf nutrient composition of a local Amaranthus accession in the central region of the eastern cape province, south africa. water SA. 33(3): 363-368.

Mirzakhani, M. M. and Sibi, M. 2010. Response to water stress and crop physiological traits zeolite Proceedings of the second national conference on sustainable

agriculture and development, opportunities andchallenges ahead, Islamic Azad University of Shiraz, Shiraz. P 21.

Mitchell, R. L. 1970. Crop growth and culture. the lowa state university press, ames, iowa.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci.7:405-

Monakhava, O.F. and Chernyadev, I.I. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. applid environmental microbiology. 38:373-380.

Morgan, J. M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants". Annul Rev. Plant Physiol. 35:299-319.

Morgan, J. M. 1992. Osmatic components and proportion associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 19:67-76.

Morgan, J. M., and Candon, A. G. 1986. Water use, grain yield and osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 13:523-532.

Mosaddeghi, M. R., Hajabbasi, M. A., Hemmat, A. and Afyni, M. 2000. Soil compactibility as affect by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil Till Res. 55:87-97.

Mottaghi L, Allahdadi I, Sirani Rad A.H, Akbari GH.A, and Hasanloo T. 2014. The effect of zeolite on yield and yield components of rapeseed under drought conditions. Quarterly journal of crops improvement, 16 (2): 381-397.

Muchow, R. C. 1985. Stomatal behavior in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment. Field Crops Res. 11:291-307.

Mullet, J. E., and Whitsitt, M, S. 1996. Plant cellular responses to water deficit. Journal of Plant Growth Regulation. 20:119-124.

Mumpton, F. A. and Fishman P. H. 1977. The application of natural zeolite in animal science and aquaculture. J. Anim. Sci. Vol. 45p 1188.

Mumpton, F. A., 1978. In L. B. Sands and F. A. Mumpton (eds). Natural zeolites, occurrence, properties and use. Pergamon press. Oxford. 1978, pp. 3.

Mumpton, F. A. 1999. Mineralogy and geology of natural zeolite.Department of earth science. Newyork. USA.

Munns, R., and King, R. W .1988. Abscisic acid in not only inhibitor in the transpiration stream of wheat plant". Plant Physiol. 88:703-708.

Munoz, F. J., E. Labrador., and B. Dopico. 1993. Effect of osmatic stress on the growth of epicotyls of cicer artinum in relation to changes in the autolytic process and glycanhyrolytic cell wall enzymes". Physiologia plantarum 87(4):544-551.

.

Munoz-Perea. C. G., Wright, R. A. J., Westermann, D., Teran, H., Dennis, M., Hayes, R., and Singh, S. P. 2005. Drought resistance, water use efficiency and nutrientuptake by old and new dry bean cultivars. Bean Improvement Cooperative, New York, 48:144-145.

Nageswara Rao, R, C., and Wright, G.C. 1994. Stability of the relationship between specific leaf area and carbon isotope discrimination across environment in peanut. Crop Sci. 34(1):98-103.

Nakashima, K., Kiyosue. T., Yamaguchi-Shinozaki. K., and Shinozaki. K. 1997. A nuclear gene, erll encoding a chloroplast-targeted clp protease regulatory subunit homolog is not only induced by water stress but also developmentally upregulated during senescence in arabidopsis thaliana. Plant J. 12:851-861.

Nandwal, A. S., Bharti, S., Kuhad, M. S., and Singh, J. 1991. Nitrogen status of Pigeonpea (*Canjanus cajan*) under water deficit". Indian journal of experimental biology 29(9):879-880.

Nielsen, D. C. 2001. Production function for chickpea, field pea, and lentil in the centeral great plains. Agronomy journal. 93:563-569.

Ogbonna, P.E. and Obi, I.U. 2007. Effect of time of planting and poultry manure application on growth and yield of egusi melon in a derived savannah agroecology. Journal of Agriculture Food Environment and Extension 6:33-39.

Omidbaigi R. 2010. Production and processing of medicinal plants (vol. 1). Astan Ghods Razavi Publisher, Mashhad, Iran.

Otegul, M. E. 1997. Kernel set and flowers synchrony within the ear of maize. Ll. Plant population effects". Crop Sci. 37:44.

Padilla-Ramirez, K. S., Acocta-Gallegos, K. A., Acosta-Diaz, E., Mayek-Perez, N., and Kelly, J. D. 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought stressed and non stressed dry bean genotypes. Bean Improvement Cooperative, New York, 48: 153-153.

Parsa, M., 2003. Study the biodiversity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) symbiotic bacteria in terms of nitrogen fixation ability in khorasan province. Ph.D. Thesis, faculty of agriculture, ferdowsi university of mashhad. mashhad, iran. [In Persian with English Summary].

Passioura, J. B. 1972. The effect of root geometry on the wheat growing on stored water. Aust. J. Agric. Res. 23:745-752.

Pavlou, G. C., Ehaliotis, C. D. and Kavvadias, V. A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. Scientia Hort, 111: 319-325.

Peacock, A.D., Mullen, M.D., Ringellberg, D.B., Tyler, D.D., Hedruicl, D.B., Gale, P.M. and Whithe, D.C. 2001. Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate application. Soil Biochem, 33:1011-1019.

Phillips, J. R., Oliver. M. J., and Bartels. D. 2002. Molecular genetics of desiccation and tolerant systems. In: Black. M. Pritchard. H. W. (Eds). Desiccation and survival in plants: Drying without dying CAB Innternational.

phytochemical response to drought stress of german chamomile (*Matricaria recutita* L.). Plant Physiol. Biochem. 49: 201-207.

Polat, E. Karaca, M. Demi r, H. and O n u s, A. N. 2004. Use of natural Zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. J. fruit ornam. plant res. special ed. Vol. 12, 2004:183-189.

Poorter, H., and Garnier, E. 1996. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. J. Exp. Bot.47:1343-1351.

Pratt, P. F. 1982. Fertilizer value of manure. paper presented at the agricultural waste confrence. march, mexico city, mexico.

Rahangdale. S. L., Dhopte , A.M., Wanjari, K. B. 1995. Alteration in osmsregulation, dew formation and salt deposits in leaves of chickpea genotypes under soil misture stress". Annals of Plant Physiology 9(1):17-23'

Rebetzke, G, J., Richards, R, A., Condonal, A. G., and Farquhar, G. D. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum L.*). Euphytica. 14:324-341.

Rice, W. A., Olsen P. E., Baily, L. D., Biederleck, V. O. and Spimkard, A. E. 1993. The use of annual legumes green-manure crops as a substitute for sammer fallow in the Peace River region. Pan. J. Soil Sci. 73, pp 243.

Richard, R. A. 1991. Crop improvement for temperate australia. future opportunities. Field Crop Res. 26:141-169.

Romdhane, S.B., Trabelsi, M., Elarbi Aouani, M., Lajudi, F and Mhamdi, M. 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum)* under water deficiency as a source of more efficient inoculant. Soil Biochem, 41: 2568_2572.

Rosales-Serna, Kohashi _ Shibata, R. J., Acosta _ Gallegos, J. A., Trejo _ Lopez, C., Ortiz _ Cereceres, J., and Kelly, J. D. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought _ stressed common bean cultivars. Field Crop Res. 85:203-211.

Rosenow. D. T., Quisenberry, J. E., Wendt, C. W., and Clark, L. E. 1983. Drought tolerant sorghum and cotton germplasm. Agric. Water Manage. 7:207-222.

Rosielle, A. A., and Hambilin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non stress envirnments. Crop Sci. 21:943-946.

Russel, M, B. 1996. Water and its relation to crop. Academic press inc, New York, London. 445P.

Sabaghpour, S, H., Safikhani, M., Sarker. A., Gaffri, A., and Katata, H. 2004. Present status and future prospects of lentil cultivation in Iran". In prpceeding of 5th european conference on grain legume. 7-11 June 2004. Parise. France.

Sabaghpour, S. H., Kumar, J. and Rao, T, N. 2003b. Inheritance of growth vigour and its association with other characters in chickpea". Plant Breeding Journal, 122:542-544.

Sadasivam, R.N., Natarajaratnam, R., Chandra, B., Muralidharan, V., Sree Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbe, L., Andres, E.F. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Res. 59: 225-235.iol. 69: 479- 482.

Salmanzadeh Karani, G., Honarvar, M., and Samani Babaie, R. 2011. The effect of zeolite and the cuttings in rooting cuttings rosette. Fifth National Conference New Ideas in Agriculture. Isfahan. 81-78. (in Persian).

Samarah. N.H., Alqudah, A.M., Amayreh, J.A., and Mc Andrews, G.M. 2009. The effect of late-terminal drought stress on yield components of four barley cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science. 195: 427-441.

Sanchez, F. J., Manzanares, M., Deandres, E. F., and et al. 2001. Residual transpiration rate, epicuticular wax load leaf colour of pea plants in drought conditions. Influence on harvest index and canopy temperature ". Eur J Agron 15:57-70.

Sanders, D., Brownlee. C., and Harper. J. F. 1999. Communication with calcium. Plant Cell. 11:691-706.

Santos, M. G., Ribeiro, R. V., Oliverira, R. F., Machado, E. C., and Pimetael, C. 2006. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. Plant Sci.170:659-664.

Saxena, M. C. and Yadav, D. S. 1976. Some agronomic considerations of pigeon peas and chickpea, pp 31-62, In: proceedings of the international workshop on grain legumes, hyderabad, india.

Saxena, N. P. 1984. Chickpea". The chickpea. pp 419-452 In: physiology of tropical field crops (P. R. Goldsworthy and N. M. Fisher Eds,). New York, USA: Wiley.

Saxena, N. P. 1987. Screening for adaptation to drought: case studies with chickpea and pigeonpea. pp 63-76 in adaptation of chickpea and pigeonpea to abiotic stresses. proceeding of the consultants workshop, 19-21 Dec, 1984. ICRISA asia center, india. patancheru 502-524, A. P., India: ICRISAT.

Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filing a review".New Phytol. 123:233-245.

Schroeder, J. I., Allen. G. J., Hugouvieux. V., Kwak. J. M., and Waner. D. 2001. Guard cell signal transduction. annal rrv plant physiol plant mol biol. 52:627-658.

Seki, M., Ishida. J., Narusaka. M., Fujita. M., Nanjo. T., Umezawa. T., Kamiya. A., Nakajima. M., Enju. A., Sakurai. T., Satou. M., Akiyama. K., Yamaguchi-shinozaki. K., Carninci. P., Kawai. J., Hayashizaki. Y., and Shinozaki. K. 2002. Monitoring the expression pattern of around 7000Arabidopsis genes under ABA treatments using a full-length Edna microarray. Funct Integr Genomics. 2:282-291.

Seo, M., and Koshiba. T. 2002. Complex regulation of ABA biosynthesis in plants. Trends Plant Sci. 7:41-48.

Sharma A. K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, pp 407.

Shaw, J.W. and Andrews, R. 2001. Cation exchange capacity affects greens truf growth. Golf Course Manag. 73-77.

Sheldrake, A. R., and Saxena, N. P. 1979. Growth and development of chickpeas under progressive moisture stress. pp 466-483. In Stress Physiology in Crop Plants (H. Mussell and R. Staples, Eds). New York, USA: Wily(2).

Sibi, M. Mirzakhani, M. M. Gomarian, M. and Babakr, A .2011. The initial water content of the crop water stress, and salicylic acid zeolite. Proceedings of the First National Conference on Strategies for achieving sustainable agriculture payam nor khozestan province. Ahvaz.

Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M., and Peacock, J. M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water_ Limited environments. Euphytica. 71:211-219.

Singh, K.B., Malhotra, R.S. Saxena, M.C and Bejiga, G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean-region. Agr .J .89: 112-118.

Singh, N. B., Dube, P. S., and Singh, A. K. 1988. Genetic variability in root characteristics in chickpea. International chickpea Newsletter. 18:35-37.

Singh, N., Chhokar, V., Sharma, K. D., and Kuhad, M. S. 1997. Effect of potassium on water relation, Co2 exchange and plant Physiol, Vol. 2 No. 3:202-206.

Singh, P. 1991. Influence of water deficits on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea (*Cicer arietinum*). Field Crops Res. 28:1-15.

Singh, R., and Kumar, A. P. 1992. Effect of water stress and hardening on metabolic changes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian Journal of plant PhYsiology 35(3):252-257.

Singh, V. K. and Dlxite, R. S. 1992. Effect of moisture regime and sowing date on chickpea. Indian J. Agron., 37, pp 739.

Singh, Y., Singh, B., Masking, M. S.and Meelu, O.P. 1987. Availability of nitrogen to wetland rice from cattle manure. IRRI. Newsletter, 12:35-36.

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, A., and Mohamadi. V. 2006. Evalution of drought resistance indices under various environmental conditions". Field Crops Res. 98:222-229.

Stone, L. R., Goodrum, D. E., Jaafar, M, N., and Khan, A, H. 2002. Rooting Front and water depletion deths in grain sorghum and sunflower. Agronomy Journal 93: 1105-1110.

Subarao, G. V., Johanson, C., Slinkard, A. E., Nageswara rao, R. C., Saxena, N. P., and Chauhan, Y. S. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. Critical Reviews in Plant SCI. 14:469-523.

Sundaresan, S., and Sudhakaran, P. R. 1995. Water stress induced alternations in the praline metabolism of drought susceptible and toleranct cassava cultivars". Plant Physiology. 94:635-642.

Swaraj, K. 1987. Environmental stress and symbiotic N2 fixation in legume. Plant L

Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008. Genetic approaches to crope improvement: responding to environmental and population cgange. Nature. 9:444-457.

Tatrai, Z.A, Sanoubar, S., Pluhár, Z., Mancarella, S., Orsini, F. and Gianquinto, G. 2016. Morphological and physiological plant responses to drought stress in thymus citriodorus. International journal of agronomy,2016: 1-8. http:// dx.doi.org/ 10.1155 /2016/4165750

Tego, P.A., and Santos-Diaz, M. 1987. Nodule and leaf nitrate reducctase and nitrogen fixation in Medicago sativa L. under water stress. Plant Physiol. 69:479- 482.

Tejo, P.A., and Santos-Diaz, M. 1987. Nodule and leaf nitrate reductase and nitrogen fixation in Medicago sativa L. under water stress. Plant Phys

Thomas, H. 1997. Drought resistance in plants. In: Basra, S. A and Basra, R, K. (Eds), Mechanisms of environmental stress resistance in plants. IPH Publishers, New Delhi, India. Pp 1-42.

Toker, C., and Canci, H. 2006. Selection for drought and heat resistance in chickpea under terminal drought conditions. 4th international food legumes research conference: food legumes for nutritinal security and sustanable agriculture. 18-22 October 2005. New Delhi. India. (in press).

Tsadilas C.D., Voulgarakis N., and Theophilous M. 1993. Natural agriculture research foundation. Institute of soil classification and maooing 41335 Larissa Greece

Turner, N. C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants". In: Stress physiology in crop plants. Pp. 343-372, mussel, H. and Staples, R. C. (Eds). Wiley Interscience, New York.

Turner, N. C. 1981. Designing crop for dryland australia. Can the desert help us. J. Aust. Inst. Agri. Sci. 47:29-34.

Turner, N. C. 1986. Crop water deficits: adecade of progress". Advances in agronomy 39:1-51.

Urotadze, S. L., T. A. Andronikashvili and G. V. Tsitishvili. 2002. Output of a winter wealth grown on enriched by aloumontite containing rock. book of zeolite abstracts.yordanov, I., **Velikova, V., and Tsonev, T. 2003.** Plant response to drought and stress tolerance. Bulg. J. plant physiol. special issue. P:187-206.

Utumi, M. M., Monnerat, P. H., Pereira, P. R. G., Fontes, P. C. R., and Godinho, V. D. P. C. 1999. Macronutrient deficiencies in stevia: Visual symptoms and effects on growth, chemical composition, and stevioside production. pesquisa agropecuária brasileira 34(6): 1038-1043.

Very, J. 1990. Adaptation to frost and drought stress in chickpea and implication in plant breeding. In saxena, M. C., Cubero, J, I. and Wery, J. (Eds) Present status and future prospect of chickpea crop production and improvement in the mediterranean countries. options mediterraneennes. Serie A: seminaires mediterraneens: No. 9.Zaragoza, Spain: CIHEAM.

Virta, Z. I. 2002. Zeolites, U. S. geological survey mineral yeabook, 84: 1-5.

Williams, J. H., Rao, R. C. N., Matthews, R., and Harris, D. 1986. Responses of groundnut genotypes to drought. In: agrometeorology of groundnut. Pp. 99-106, Sivakumar, M. V. K. and S. M. Virmani, Eds., ICRISAT, patancheru, India.

Wu, S.C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K.C. and Wong, M.H. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125:155-166.

Wu, S.C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K.C. and Wong, M.H. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125:155-166.

Yadav, V. K., Yadav, N., Singh, R. D. 1996. Metabolic change and their impact on yield in chickpea under water stress. Plant Physiology and Biochemistry .23(1):49-52.

Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Yamaguchi- Shinozaki, K. and et al. 1997. Regulation of levels of praline as an osmalyte in plants under water stress" .Plant Cell Physiology. 38:1095-1102.

Zhu, J. K. 2002. Salt and water stress signal transduction in plant. annual review of plant physiology and plant molecular biology. 53:247-273.

شکل ۱ آماده سازی بستر کاشت

شکل ۲ اولین آبیاری

شکل ۳ سبز شدن اولیه گیاه ۷ روز پس از کاشت

شکل ۴ تاثیر زئولیت بر رشد اندام هوایی نخود(سمت راست عدم زئولیت سمت چپ تیمار زئولیت)

شکل ۵ مرحله برداشت

شکل ۶ تصویر غلافهای دو دانه مشاهده شده در اثر تیمار زئولیت

شکل ۷ اندازه و شکل بذور نخود

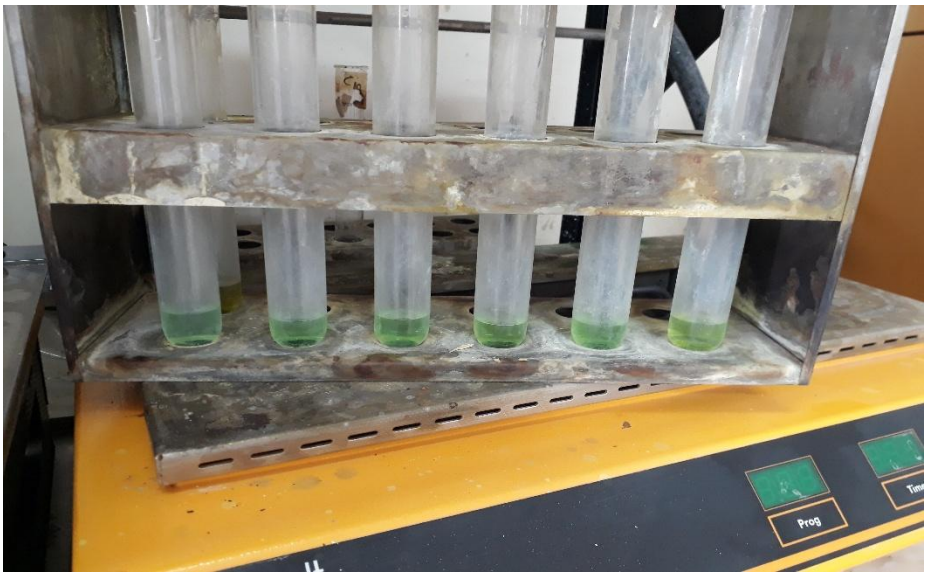
(سمت راست عدم زئولیت سمت چپ تیمار زئولیت)

شکل ۸ اندازه گیری وزن خشک

شکل ۹ تهیه گل اشباع و عصاره گیری

شکل ۱۰ سنجش *pH , Ec*

شکل ۱۱ عصاره گیری و سنجش آنزیم اوره آز



شکل ۱۲ نمونه های گرفته شده جهت سنجش پروتئین دانه در پایان عمل هضم

پیوست

جدول پیوست۱- آنالیز واریانس(میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم‌آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	شاخه جانبی
تکرار	۲	۱/۹۴	۲/۸۶
آبیاری	۲	۵/۰۳	۲/۱۱
خطای اصلی	۴	۵/۹۸	۰/۴۴
اصلاح کننده خاک	۳	۴۱/۱۳*	۱/۲۵
اصلاح کننده خاک × آبیاری	۶	۱۴/۴۱	۳/۴۸*
خطای فرعی	۱۸	۱۰/۹۹	۱/۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۴۵	۱۵/۴۸

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

جدول پیوست۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

تیمارها		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخه جانبی (تک بوته)
آبیاری	معمول منطقه	۳۲/۴۱	۶/۸۳
	قطع در ۵۰٪ دانه‌بندی	۳۱/۱۴	۶/۳۳
	قطع در ۵۰٪ گلدهی	۳۱/۵۸	۷/۱۶
	LSD5%	۲/۷۷	۰/۹۰
اصلاح کننده خاک	زئولیت خالص	۳۱/۶۸^{ab}	۷/۳۳
	کود دامی خالص	۳۱/۵۰^{ab}	۶/۵۵
	ترکیب ۷۰٪ زئولیت ۳۰٪ کود دامی	۲۹/۲۲^{b}	۶/۶۶
	ترکیب ۳۰٪ زئولیت ۷۰٪ کود دامی	۳۴/۴۴^{a}	۶/۵۵
	LSD5%	۳/۲۸	۱/۰۳

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست۳- آنالیز واریانس(میانگین مربعات) تجمع ماده خشک اندام هاب هوایی نخود و ظرفیت زراعی تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک نیام	ظرفیت زراعی
تکرار	۲	۰/۱۰	۰/۰۹	۱/۴۹	۰/۶۱
آبیاری	۲	۰/۹۸	۰/۷۹**	۱/۳۱	۶/۳۶*
خطای اصلی	۴	۰/۴۵	۰/۲۶	۰/۵۶	۰/۹۳
اصلاح کننده خاک	۳	۳/۲۳**	۰/۶۶**	۰/۴۵	۸/۸۳**
اصلاح کننده خاک× آبیاری	۶	۱/۴۷*	۰/۳۶*	۴/۱۹**	۲/۹۰
خطای فرعی	۱۸	۰/۴۹	۰/۱۴	۰/۸۹	۱/۹۰
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۲۵	۱۴/۲۵	۱۴/۷۵	۶/۳۲

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

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک نخود تحت تأثیراصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

تیمارها		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک نیام	ظرفیت زراعی
		(گرم در متر مربع)			(درصد)
آبیاری	معمول منطقه	۳/۶۲	۲/۹۴a	۶/۷۷	۲۱/۴۹b
	قطع در ۵۰٪ گلدهی	۳/۲۴	۲/۵۷ b	۶/۱۵	۲۱/۳۰b
	قطع در ۵۰٪ دانه‌بندی	۳/۰۶	۲/۴۴ b	۶/۲۷	۲۲/۶۶a
	LSD5%	۰/۷۶	۰/۳۲	۰/۸۴	۱/۰۹
اصلاح کننده خاک	زئولیت خالص	۳/۴۷ab	۲/۲۵b	۶/۳۰	۲۰/۶۵c
	کود دامی خالص	۲/۶۰c	۲/۷۲a	۶/۱۳	۲۱/۳۵bc
	ترکیب ۷۰٪ زئولیت ۳۰٪ کود دامی	۳/۱۳bc	۲/۸۱a	۶/۵۴	۲۲/۴۴ab
	ترکیب ۳۰٪ زئولیت ۷۰٪ کود دامی	۴/۹۰a	۲/۸۱a	۶/۶۲	۲۲/۸۰a
	LSD5%	۱/۰۷	۰/۳۷	۰/۹۳	۱/۳۶

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست۵- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد نیام	تعداد دانه در نیام	وزن صد دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۶	۰/۰۰۸	۱/۷۰	۱۰۸۸۰/۸۲
آبیاری	۲	۳/۰۵**	۰/۱۱	۱۶/۳۰*	۹۷۳۶/۰۲
خطای اصلی	۴	۰/۲۰	۰/۰۷	۲/۳۰	۱۷۱۶/۰۷
اصلاح کننده خاک	۳	۱/۱۰**	۰/۶۰*	۱۲/۸۵*	۳۲۷۹۹/۷۹**
آبیاری × اصلاح کننده خاک	۶	۰/۸۰*	۰/۵۵*	۴/۴۰	۴۳۵۵۰/۵۵**
خطای فرعی	۱۸	۰/۲۵	۰/۱۷	۳/۱۵	۴۲۰۸/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۳۸	۱۳/۵۶	۸/۵۱	۹/۳۶

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

جدول پیوست۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

تیمارها		تعداد نیام (بوته)	تعداد دانه (نیام)	وزن صد دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری	معمول منطقه	۳/۷۷^{b}	۳/۰۹	۲۰/۳۰^{b}	۷۱۱/۵۵
	قطع در ۵۰٪ گلدهی	۳/۸۵^{b}	۳/۹۷	۲۰/۰۶^{b}	۶۶۰/۱۱
	قطع در ۵۰٪ دانه‌بندی	۴/۶۸ ^{a}	۳/۱۶	۲۲/۱۹^{a}	۷۰۷/۰۳
	LSD5%	۰/۵۱	۰/۳۱	۱/۷۱	۴۶/۹۵
اصلاح کننده خاک	زئولیت خالص	۴/۶۲^{b}	۳/۳۷ ^{a}	۱۹/۲۵^{b}	۶۸۴/۷۳^{b}
	کود دامی خالص	۳/۹۰^{b}	۳/۲۰ ^{ab}	۲۱/۷۸^{a}	۷۶۷/۰۶^{a}
	ترکیب ۷۰٪ زئولیت ۳۰٪ کود دامی	۴/۰۰^{a}	۲/۸۰ ^{b}	۲۱/۷۵^{a}	۶۹۹/۸۴^{b}
	ترکیب ۳۰٪ زئولیت ۷۰٪ کود دامی	۳/۸۸^{b}	۲/۹۳^{b}	۱۹/۲۵^{ab}	۶۱۹/۹۷^{c}
	LSD5%	۰/۵۰	۰/۴۱	۱/۷۵	۶۴/۲۴

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست۷- میانگین مربعات برخی صفات نخود و خاک تحت تأثیراصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلروفیل	پرولین	آنزیم اوره آز
تکرار	۲	۰/۱۲	۰/۰۰۲	۲/۲۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۰۸۶
آبیاری	۲	۰/۰۲	۰/۰۴۹	۷/۲۶	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۳۱۶۰۳
خطای اصلی	۴	۰/۶۳	۰/۰۳۹	۹/۶۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱۱۹۸۶
اصلاح کننده خاک	۳	۰/۵۰	۰/۲۸۳**	۹/۳۵	۰/۰۰۰۳	۰۰۰۱۹۵۰۴
آبیاری × اصلاح کننده خاک	۶	۰/۲۷	۰/۰۴۴	۱۲/۰۷**	۰/۰۰۳۰*	۰/۰۰۰۲۴۶۷۳
خطا	۱۸	۲۲/۶۹	۰/۰۴	۳/۴۵	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۲۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۰۰	۱۰/۶۹	۵/۸۲	۲۰/۳۰	۲۰/۹۰

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

جدول پیوست۸- مقایسه میانگین برخی صفات نخود و خاک تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

تیمارها		اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{1}$)	کلروفیل	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	آنزیم اوره آز ($\mu g\ NH^{4+}g^{-1}2h^{-1}$)
آبیاری	معمول منطقه	۷/۳۶	۱/۹۶	۳۲/۵۸	۰/۱۵	۰/۰۷
	قطع در ۵۰٪ گلدهی	۷/۳۹	۲/۰۸	۳۱/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۸
	قطع در ۵۰٪ دانه‌بندی	۷/۴۵	۲/۰۳	۳۲/۱۱	۰/۱۸	۰/۰۷
	LSD5%	۰/۹۰	۰/۲۲	۳/۴۵	۰/۰۳	۰/۰۱۲
اصلاح کننده خاک	زئولیت خالص	۷/۵۳	۱/۷۸	۳۳/۱۷	۰/۱۶	۰/۰۷
	کود دامی خالص	۷/۱۰	۲/۰۸	۳۲/۲۵	۰/۱۶	۰/۰۷
	ترکیب ۷۰٪ زئولیت ۳۰٪ کود دامی	۷/۶۴	۲/۰۴	۳۰/۸۷	۰/۱۵	۰/۰۷
	ترکیب ۳۰٪ زئولیت ۷۰٪ کود دامی	۷/۳۳	۲/۲۰	۳۱/۳۳	۰/۱۷	۰/۰۸
	LSD5%	۰/۹۵	۰/۲۱	۱/۸۴	۰/۰۳	۰/۰۱

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست۹- میانگین مربعات برخی صفات نخود تحت تأثیر اصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۳/۹۴	۱۳۸۱۵/۹۵	۵/۷۷	۱۲۷۷/۳۵
آبیاری	۲	۲۲/۹۷	۱۵۶۱۲/۷۹	۱۴/۵۰*	۱۶۹۲/۶۸*
خطای اصلی	۴	۹/۸۱	۲۹۸۸/۸۴	۱/۴۴	۱۸۳/۱۵
اصلاح کننده خاک	۳	۷۷/۳۱**	۱۷۳۵۴/۶۵	۳۰/۷۰**	۱۶۸۵/۹۶*
آبیاری × اصلاح کننده خاک	۶	۲۷/۷۶**	۴۹۵۶۵/۵۲**	۱۵/۱۹*	۳۸۹۰/۷۴**
خطا	۱۸	۵/۱۵	۶۰۳۴/۴۹	۴/۹۲	۴۰۹/۸۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۸۲	۹/۰۴	۱۱/۵۸	۱۵/۱۳

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

جدول پیوست۱۰- مقایسه میانگین برخی صفات نخود تحت تأثیراصلاح کننده خاک در شرایط کم آبیاری

تیمارها		شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری	معمول منطقه	۷۹/۶۰	۸۹۳/۹۰	۱۹/۱۹ab	۱۳۶/۵۴a
	قطع در ۵۰٪ گلدهی	۷۶/۷۶	۸۵۹/۹۲	۱۸/۰۵a	۱۱۹/۱۵b
	قطع در ۵۰٪ دانه-بندی	۸۲/۰۰	۸۲۱/۸۰	۲۰/۲۵a	۱۴۳/۱۷a
	LSD5%	۳/۵۵	۶۱/۹۶	۱/۳۶	۱۵/۳۴
اصلاح کننده خاک	زئولیت خالص	۸۱/۰۴b	۸۴۳/۶۸	۱۶/۷۴b	۱۱۴/۶۲b
	کود دامی خالص	۸۳/۶۳a	۹۱۴/۹۹	۱۸/۷۷ab	۱۴۳/۹۸a
	ترکیب ۷۰٪ زئولیت ۳۰٪ کود دامی	۸۰/۷۶b	۸۶۵/۲۶	۲۰/۲۱a	۱۴۱/۴۴ a
	ترکیب ۳۰٪ زئولیت ۷۰٪ کود دامی	۷۶/۵۵c	۸۱۰/۲۴	۲۰/۹۳a	۱۲۹/۷۶ab
	LSD5%	۲/۲۴	۷۶/۹۳	۲/۱۹	۲۰/۰۵

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

. **Abstract**

Water deficit is one of the most important stress factors limiting the crop production in the world. Superabsorbent polymers (SAP) are new functional polymer materials containing strong hydrophilic groups that can absorb and retain extremely large amounts of a liquid relative to their own mass. Chickpea is a resistant plant to drought and salinity stresses and have protein. In order to study the effects of zeolite and organic matters as soil amendment on growth, yield and yield components of chickpea, a field experiment was conducted as split plot layout based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, University of Sahrood during growing season of 2017-2018. Three irrigation levels (such as full irrigation (FI), cutting off irrigation at 50% seed filling stage (CS) and cutting off irrigation at 50% flowering stage (CF)) and four levels of soil amendments (including zeolite (Z), manure (M), 30%Z+ 70%M and 70%Z+ 30%M) were considered as main and sub plots, respectively. The results showed that the effect of soil amendment was significant on plant height, dry matter accumulation, dry weight of leaf and stem, yield, yield components, chlorophyll, EC, harvest index, seed protein percentage and seed protein yield of chickpea. Also, irrigation had significant effect on number of pods per plant, biological yield, harvest index, seed protein percentage and seed protein yield of chickpea. Interaction effect of soil amendment and irrigation had significantly positive effect on proline content, seed yield, biological yield, harvest index and seed protein percentage of chickpea. The factors had not significant effect on urease enzyme activity and pH of soil. Totally, soil amendment improved growth and yield of chickpea under water deficit conditions.
Keywords: Proline, Seed yield, Urease enzyme, Protein, Chickpea

Shahrood University of Technology
Faculty of Agriculture
M.Se. Thesis in Agroecology

Effect of zeolite and manure on chickpea yield under reduced irrigation conditions

By**: Esmat Noruzi**

Supervisor:

Dr. Hamid Reza Asghari

Advisors:

Dr. M.R.Ameriyan

Dr. M.Baradaran Firouzabadi

August 2019