دانشکده ی کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

بررسی اثرات مدت وقوع تنش خشکی بر رشد و عملکرد کمی و کیفی سویا در گرگان

دانشجو: سید محمد رضا میرکتولی

اساتید راهنما:

آقای دکتر قلی پور آقای دکترکامکار

اساتید مشاور:

آقای دکتر عامریان آقای مهندس رحیمی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار: اسفند ۱۳۸۷

فهرست

موضوعات

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱-اهمیت مطالعه ی سویا..... ۲

۱-۲- اهمیت مطالعه ی خشکی..... ۲

۱-۳-اهمیت تعیین مراحل فنولوژیک سویا..... ۳

۱-۴-هدف از مطالعه..... ۳

فصل دوم:کلیات

۲-۱-سازگاری های سویا..... ۶
۲-۲-عوامل محیطی موثر در رشد و نمو سویا..... ۶
۲-۲-۱-نور..... ۷
۲-۲-۲-طول روز..... ۷
۲-۲-۳-دما..... ۷
۲-۲-۴-آب..... ۸
۲-۲-۵-شرایط خاکی..... ۸
۲-۲-۶-عناصر غذایی..... ۸
۲-۳-سویا..... ۹
۲-۴-گیاه شناسی..... ۱۰
۲-۴-۱-گره زایی..... ۱۰

عنوان

صفحه

۲-۴-۲-ساقه و برگ..... ۱۲
۲-۴-۳-گل..... ۱۴
۲-۴-۴-دانه ونمو..... ۱۵
۲-۵-ترکیب دانه..... ۱۷
۲-۶-میزان و کیفیت روغن..... ۱۸
۲-۷-کنجاله و پروتئین سویا..... ۱۹
۲-۸-مراحل رشد سویا بر اساس تقسیم بندی فهرFehr..... ۲۱
۲-۹-مراحل رشد زایشی..... ۲۱
۲-۱۰-ترکیب شیمیایی دانه سویا..... ۲۲
۲-۱۰-۱-مقدار و توزیع نیتروژن..... ۲۲
۲-۱۰-۲-ترکیبات غیر پروتئینی در پروتئین های سویا..... ۲۲
۲-۱۰-۳-ازت غیر پروتئینی دانه سویا..... ۲۲
۲-۱۰-۴-کربو هیدرات های دانه سویا..... ۲۳
۲-۱۱-گره بندی و تثبیت ازت..... ۲۳

فصل سوم:بررسی منابع

۳-۱-تغییرات حساسیت به خشکی در طول فصل رشد..... ۲۶

۳-۱-۱-تنش رطوبتی خاک در مراحل قبل از گلدهی.....۲۷
۳-۱-۲- تنش رطوبتی خاک در مرحله ی گلدهی.....۲۸

عنوان صفحه

۳-۱-۳- تنش رطوبتی خاک در مرحله ی غلاف دهی.....۲۸
۳-۱-۴- تنش رطوبتی خاک در مرحله ی دانه بندی.....۲۹
۳-۱-۵- تنش رطوبتی خاک در مرحله ی رسیدگی.....۲۹
۳-۲-تاثیر خشکی بر سرعت نمو گیاه.....۳۰
۳-۳-اثر خشکی بر فتوسنتز و هدایت روزنه ای.....۳۰
۳-۴-تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی.....۳۴
۳-۵-اثرات تنش خشکی بر عملکرد گیاه.....۳۶
۳-۶-اثرات عمومی خشکی بر رشد.....۴۱
۳-۶-۱-اثرات تنش خشکی بر ارتفاع بوته.....۴۳
۳-۶-۲-اثر کمبود آب بر تعداد گره و طول میان گره.....۴۴
۳-۶-۳-اثر تنش خشکی بر تعداد و سطح برگ.....۴۵
۳-۷-اثر تنش آب بر رشد رویشی سویا.....۴۷
۳-۸-اثرات خشکی بر تثبیت ازت و تجمع آن در گیاه.....۵۰
۳-۹-اثرات خشکی بر جذب و تجمع فسفر در برگ.....۵۱
۳-۱۰-اثرات تنش خشکی بر درصد روغن و پروتئین دانه سویا.....۵۳

فصل چهارم:مواد و روش ها

۴-۱-
کلیات.....۵۶

عنوان صفحه

۴-۲-تیمار های آزمایشی.....۵۶
۴-۳-نحوه اجرای آزمایش.....۵۷
۴-۴-اندازه گیری شاخص های رشد.....۵۸
۴-۵-اندازه گیری اجزای عملکرد.....۵۸
۴-۶-آنالیز داده ها ۵۸

فصل پنجم:نتیجه گیری و بحث

۵-۱-تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا.....۶۰
۵-۱-۱-وزن هزار دانه.....۶۰

۵-۱-۲-تعداد دانه در غلاف.....۶۳
۵-۱-۳-تعداد غلاف در ساقه ی اصلی.....۶۵
۵-۱-۴-عملکرد دانه.....۶۷
۵-۲-تاثیر تنش خشکی بر ارتفاع ساقه.....۷۰
۵-۳-طول دوره ی رشد گیاه.....۷۴
۵-۴-تعداد شاخه های جانبی.....۷۸
۵-۵-تعداد گل در گیاه.....۷۹
۵-۶-تعداد غلاف در گیاه.....۸۰
۵-۷-درصد پروتئین و روغن دانه.....۸۱

عنوان صفحه

۵-۸- درصد فسفر برگ و دانه.....۸۵
۵-۹-توزیع ماده خشک گیاه.....۸۶
۵-۱۰- تاثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ LAI.....۹۰
۵-۱۱-تاثیر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی RGR.....۹۱
۵-۱۲- تاثیر تنش خشکی بر سرعت رشد محصول CGR.....۹۷
۵-۱۳-نتیجه گیری.....۹۸

فهرست

اشکال و نمودارها

عنوان صفحه

شکل ۵-۱- رابطه ی وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته در تیمارهای مختلف..... ۶۱
شکل ۵-۲- وزن هزار دانه در تیمارهای آبیاری مختلف..... ۶۲
شکل ۵-۳- رابطه ی وزن دانه در تک غلاف به طول دوره ی رشد زایشی..... ۶۳
شکل ۵-۴- تعداد دانه در غلاف در تیمار ها..... ۶۳
شکل ۵-۵- رابطه ی عملکرد دانه با تعداد دانه در تک بوته..... ۶۵
شکل ۵-۶- رابطه ی عملکرد دانه در تک بوته با تعداد غلاف در تک بوته..... ۶۷
شکل۵-۷- رابطه ی وزن هزار دانه با تعداد غلاف در ساقه ی اصلی..... ۶۹
شکل ۵-۸- رابطه ی تعداد دانه در غلاف با تعداد دانه در ساقه ی اصلی..... ۷۰
شکل ۵-۹- روند افزایش ارتفاع ساقه در طول فاز زایشی..... ۷۱
شکل ۵-۱۰- روند تغییرات وزن خشک ساقه..... ۷۲
شکل ۵-۱۱- روند تغییرات سطح برگ در طول فاز زایشی..... ۷۳
شکل ۵-۱۲- مقایسه ی طول دوره ی رشد زایشی در تیمارهای مختلف..... ۷۵
شکل ۵-۱۳- مقایسه ی طول دوره ی رشد رویشی در تیمارهای مختلف..... ۷۵
شکل ۵-۱۴- رابطه ی تعداد دانه در غلاف با رشد زایشی..... ۷۶
شکل ۵-۱۵- رابطه ی وزن دانه در غلاف با طول دوره ی رشد زایشی..... ۷۷
شکل ۵-۱۶- رابطه ی سطح برگ ماکزیمم با طول دوره ی رشد زایشی..... ۷۸
شکل ۵-۱۷- رابطه ی درصد روغن دانه وسطح برگ ماکزیمم در بوته..... ۸۲
شکل ۵-۱۸- درصد نیتروژن دانه در تیمارهای مختلف..... ۸۳

عنوان صفحه

شکل۵-۱۹- درصد روغن دانه در تیمارهای مختلف..... ۸۳
شکل ۵-۲۰- رابطه ی بین درصد روغن و نیتروژن دانه..... ۸۴
شکل ۵-۲۱- نمودار درصد نیتروژن بافت گیاه..... ۸۴
شکل ۵-۲۲- نمودار درصد فسفر بافت گیاه..... ۸۵
شکل ۵-۲۳- نمودار درصد فسفر دانه ی سویا..... ۸۶
شکل ۵-۲۴- رابطه ی وزن خشک کل با عملکرد دانه در واحد سطح..... ۸۷
شکل ۵-۲۵- روند افزایش وزن خشک کل تک بوته در تیمارها..... ۸۷
شکل ۵-۲۶- رابطه ی وزن خشک کل با وزن خشک برگ..... ۸۹
شکل ۵-۲۷- رابطه ی وزن خشک کل تک بوته با وزن خشک ساقه..... ۸۹

شکل ۵-۲۸- رابطه ی وزن خشک کل در واحد سطح با وزن خشک غلاف در تک بوته..... ۹۰
شکل۵-۲۹- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فاز زایشی..... ۹۱
شکل ۵-۳۰- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_1..... ۹۳
شکل ۵-۳۱- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_2..... ۹۳
شکل ۵-۳۲- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_3..... ۹۴
شکل ۵-۳۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_4..... ۹۴
شکل ۵-۳۴- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_5..... ۹۵
شکل ۵-۳۵- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_6..... ۹۵

عنوان صفحه

شکل ۵-۳۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_7..... ۹۶
شکل ۵-۳۷- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_8..... ۹۶
شکل۵-۳۸- مقادیر سرعت رشد محصول برای تیمار های مختلف..... ۹۷

فهرست

جداول

عنوان صفحه

جدول(۲-۱) ترکیب تقریبی دانه ی سویا.....۱۸
جدول(۲-۲) ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا.....۱۹
جدول (۲-۳) اسیدهای آمینه ضروری موجود در پروتئین سویا.....۲۰
جدول(۵-۱)-آنالیز و منابع تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارها.....۱۰۱
جدول(۵-۲)-مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در عملکرد تیمارها.....۱۰۲
جدول (۵-۳)-ضرایب همبستگی بین اجزاء عملکرد.....۱۰۳
جدول (۵-۴)-مقایسه میانگین ارتفاع ساقه در تیمارهای مختلف از شروع فاز زایشی تا مرحله ی رسیدگی.....۱۰۴
جدول(۵-۵)-آنالیز داده های طول دوره ی فاز زایشی و رویشی در تیمارها.....۱۰۵
جدول(۵-۶)-مقایسات میانگین طول دوره ی فاز زایشی و رویشی در تیمارها.....۱۰۵
جدول(۵-۷)-آنالیز وتجزیه واریانس شاخص سطح برگ تیمارها.....۱۰۶
جدول(۵-۸)-مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تیمارها.....۱۰۷
جدول (۵-۹)-آنالیز و تجزیه واریانس ارتفاع ساقه ی تیمارها در طول فصل رشد.....۱۰۸
جدول(۵-۱۰)-آنالیز و تجزیه واریانس تعداد غلاف در ساقه اصلی.....۱۰۹
جدول (۵-۱۱)-آنالیز وتجزیه واریانس تعداد گل در گیاه در تیمارها.....۱۱۰
جدول(۵-۱۲)-مقایسه میانگین تعداد گل در گیاه در تیمارها.....۱۱۱
جدول(۵-۱۳)-مقایسه میانگین تعداد غلاف در ساقه ی اصلی در تیمارها.....۱۱۱
جدول (۵-۱۴)-آنالیز وتجزیه واریانس درصد نیتروژن و فسفر بافت در گیاه و درصد فسفر دانه در تیمارها.....۱۱۲
جدول (۵-۱۵)-مقایسات میانگین درصد نیتروژن و فسفر بافت در گیاه و درصد فسفر دانه در تیمارها..۱۱۲

چکیده

به منظور بررسی تاثیر میزان کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سویای رشد نامحدود رقم DPXو همچنین تاثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک سویا در هر یک از دوره های فنولوژیک رشد این گیاه،آزمایشی در تابستان سال ۱۳۸۶ در مزارع شهر علی آباد،استان گلستان و در قالب طرحهای بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در هر تکرار،کرت ها به ۸ رژیم آبیاری مختلف (تیمارهای مطالعاتی) اختصاص داده شد.

کاشت بذور در ردیف هایی به فاصله ی 50 cm با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع،به روش هیرم کاری و با ردیف کار انجام شد.

کمبود آب سبب تسریع مراحل نمو زایشی گردید.به این ترتیب تیمارهای تحت تنش آبیاری برای طی مراحل زایشی خود به تعداد روز کمتری نیاز داشتند. صفات مرفولوژیکی گیاه نظیر ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، تعداد گل و تعداد غلاف در گیاه، تحت تاثیر تنش کم آبی قرار گرفتند.مقدار تاثیر تنش خشکی بر هر یک از این صفات به درجه ی اعمال تنش و زمان اعمال تنش (مراحل فنولوژیکی)بستگی داشت. مقدار عملکرد دانه و اجزاء عملکرد سویا نظیر تعداد دانه در غلاف،تعداد غلاف در گیاه و وزن هزار دانه نیز تحت تاثیر تنش کم آبیاری قرار گرفتند.تاثیر کاهش وزن هزار دانه در کاهش عملکرد از دیگر اجزای عملکرد مشهودتر بود.

وزن خشک کل گیاه نیز با اعمال تنش خشکی در تیمارهای مختلف کاهش یافت.تنش به ترتیب در مراحلR_6،R_4 و R_7 بیشترین خسارت و کاهش عملکرد را به دنبال داشت.

کلید واژگان:خشکی، عملکرد سویا، شاخص های رشد، مراحل فنولوژی، محتوی روغن و پروتئین دانه

فصل اول

مقدمه

۱-۱-اهمیت مطالعه سویا

گیاه سویا با داشتن سابقه ۲۸۰۰ سال پیش از میلاد مسیح از کشور چین دارای قدمت زیادی می باشد. این گیاه در اغلب کشورها به منظور تولید روغن، پروتئین گیاهی و علوفه کشت می گردد. از نظر تولید، کشور ایالات متحده درمقام اول و کشورهای جمهوری خلق چین و برزیل به ترتیب در مقام دوم و سوم قرار دارند. پروتئین دانه سویا بر پروتئین حبوبات برتری داشته و اسیدهای آمینه آن نیز در سطح بالایی قرار دارند.

با توجه به مطالب فوق و این مطلب که سویا در بین نباتات روغنی در مقام اول قرار دارد، توجه به این گیاه و کشت و مطالعه بر روی آن ضروری می نماید.

۱-۲-اهمیت مطالعه خشکی

نظربه اینکه اراضی مطلوب برای کشت و کار و زراعت در دنیا محدود بوده و همگی به زیر کشت رفته اند، توجه کارشناسان کشاورزی به سمت استفاده از زمین های نواحی خشک و نیمه خشک و مراتع معطوف گشته است.مشکل عمده این نواحی عدم وجود آب کافی ، مناسب و بارندگی های مطلوب است. باتوجه به افزایش روزافزون جمعیت و تقاضا برای مواد غذایی، محققان به مطالعه بر روی امورخشکی، کم آبی و موارد مربوط به آن ونحوه کشت نباتات مختلف و استراتژیک دراین مناطق پرداخته اند.

لذا مطالعه برروی این موارد و پیامدهای آن درکشورما که وسعت زیادی از آن را بیابان ها و مراتع تشکیل داده است، ضروری است.

۱-۳-اهمیت تعیین مراحل فنولوژیک سویا

درهریک از مراحل فنولوژیک رشد گیاه، حساسیت ها، مقاومت ها، نیازهای گیاه و همچنین توان جبران تنش از سمت گیاه متفاوت است. همان طور که می دانیم تهیه آب مطلوب آبیاری در مناطق بیابانی، خشک و نیمه خشک به سختی و با هزینه ی بالایی صورت می گیرد. باتوجه به این مطالب می توان به اهمیت تعیین مراحل فنولوژیک رشد گیاه سویا، پی برد.

۱-۴-هدف از مطالعه

هدف دنبال شده در این مطالعه تعیین دوره های حساس فنولوژیک گیاه سویا نسبت به تنش خشکی و یا کم آبی است. با تعیین این مراحل می توان با توصیه های کاربردی مناسب به زارعین جهت آبیاری درمراحل حساس به تنش، از افت شدید محصول جلوگیری کرد .در نتیجه با آبیاری کم و صرف هزینه ی کمتر، می توان اقدام به کشت این گیاه در مناطق نیمه خشک کشور کرده ومحصول مطلوبی نیز برداشت نمود.

برخی محققین با بررسی وقوع تنش خشکی کوتاه مدت در گیاه سویا گزارش کردند که تنش درمرحله ی R_6 با کم شدن تبادل CO_2، کاهش ۳۹درصدی محصول وکاهش اندازه ی دانه ها (۳۳-۲۵درصد) همراه بود[۲۳،۲۵]. این گیاهان زودتر رسیدند، محصول کمتر (۲۳-۱۰ درصد) و دانه های کوچکتری(۱۷-۹ درصد) نیز تولید نمودند. پیری ایجاد شده در برگ ها که با تنش تسریع می یابد با حذف تنش متوقف نمی شود[۳۴]. طول دوره ی پر شدن دانه مرحله ی بسیار مهمی در گیاهان دانه ای به خصوص سویا در تعیین عملکرد می باشد. طول دوره ی پر شدن دانه تحت کنترل عوامل ژنتیکی بوده و به گرما و استرس حساس است[3] .استرس نیتروژن و آب درحین پر شدن دانه باعث کاهش طول دوره و عملکرد می گردد.استرس خشکی (آب) همچنین باعث تسریع پیری برگ ها می گردد، همان گونه که درنخود ، ذرت، سویا و آفتابگردان نیز نشان داده شد[9]. گیاهانی که در مرحله ی R_6 با تنش خشکی

مواجه شدند ، نیتروژن و کلروفیل برگ های خود را سریع تر از گیاهان شاهد از دست دادند [14].استرس، طول دوره ی پر شدن دانه را کاهش می دهد. سویاهای استرس دیده در مرحله ی R_7، ۷روز زودتر رسیدند و ۳۲ درصد دانه های کوچکتر و ۴۲ درصد کاهش محصول داشتند[22] .استرس آبی رخ داده در مراحل رویشی رشد سویا و یا اوایل فاز زایشی معمولاً با کاهش تعداد دانه ها در واحد سطح، عملکرد را کاهش می دهد[۳۸]. استرس درحین فاز پرشدن دانه، اندازه ی بذور را تحت تاثیر قرار می دهد[38]. تعداد دانه در واحد سطح و عملکرد می تواند با استرس های کوتاه مدت درحین گلدهی و یا تشکیل غلاف کاهش یابد. مواجه با تنش منجر به کاهش سریع نسبت تبادلی کربن در سویا می گردد (درمرحله ی R_6) [38].گیاهان استرس دیده، زودتر به رسیدگی رسیدند و بطور معنی داری دانه های کوچک تری تولید نمودند. تأثیر معنی داری از استرس بر روی غلاف های هرگیاه مشاهده نشد. کاهش اندک درتعداد دانه در گیاه نشان می دهد که استرس بعد از دوره حساس تشکیل غلاف رخ داده است[38] . استرس خشکی مداوم، باعث تسریع پیری برگ، کاهش نیتروژن ، کلروفیل، نسبت تبادلی کربن(CER) و سطح برگ می گردد. آبیاری مجدد نیز پس از دوره ی کوتاه تنش به خوبی اثرات تنش را خنثی نمی کند. باوجود بازیابی سریع(CER) سهم عملکرد از انتقال مجدد افزایش می یابد[۳۸]. استرس خشکی درانتهای مرحله ی پرشدن غلاف ها تأثیری برمحتوای نشاسته برگ ها ندارد [46].

کلیات

۲-۱-سازگاری‌های سویا

سویا گیاهی است روز کوتاه و بیش از هر گیاه زراعی دیگری به طول روز حساس است. این مسأله مشکل‌بزرگی در انتخاب رقم به حساب می‌رود[۷]. هرچه رقم دیررس‌تر باشد، عکس‌العمل‌های آن به طول روز بیشتر می‌شود، یعنی ارقام زودرس در طول روزهای بلند هم به گل می‌روند[۳]. گیاه سویا مخصوص اقلیم‌های گرمسیری است ولی مقاومتش به سرما بیش از ذرت است[۲۶]. سویا سرمای خفیف را در مرحله‌ی گیاهچه ای و رسیدگی دانه، کمی بهتر از ذرت تحمل می‌کند. سویا به نور زیادی احتیاج دارد و به سایه‌اندازی علف‌های هرز حساس است. حرارت‌های بیشتر از ۳۵ درجه بر رشد ، عملکرد و کیفیت دانه اثر نامطلوب دارد[۳۰]. نسبت به خشکی و اشباع خاک حساس است[۴]. در مرحله‌ی سبز شدن به رطوبت زیاد حساسیت نشان می‌دهد، اما در مراحل گلدهی تا رسیدگی به رطوبت خاک نیاز دارد[۳]. سویا را در مناطقی که ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر بارندگی دارند می‌توان بصورت دیم کاشت[۳]. این گیاه در زمین‌های رسی – شنی که دارای بافت متوسط هستند به خوبی رشد می کند[۳،۷].سویا به شوری خاک حساس می‌باشد[۷]. pH خاک خنثی تا کمی اسیدی برای آن مناسب است زیرا در این pH باکتری‌های ریزوبیوم فعال تر عمل خواهند کرد.

۲-۲-عوامل محیطی موثر در رشد و نمو سویا

به طور کلی میزان عملکرد و سایر صفات زراعی می‌توانند تحت تأثیر عوامل محیطی مانند نور، طول روز، دما و رطوبت قرار گیرند[۳،۳۰،۲۶،۷].

۲-۲-۱ - نور

بحث عکس‌العمل سویا در مقابل نور بیشتر در رابطه با طول روز یعنی مدت زمان تأثیر نور مطرح می‌شود. در رابطه با نور مساله کیفیت آن نیز باید مورد توجه قرار گیرد. برگ سویا در حدود ۳۰ درصد شدت نور کامل خورشید اشباع می‌شود [۷]. مشخص شده است که شدت نور حدود ۵ کیلو لوکس سبب ریزش شدید غلاف می‌گردد [۲۶]. کیفیت نور در شرایط عادی محیط مزرعه تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص زراعی سویا نخواهد داشت [۳۰].

۲-۲-۲- طول روز

سویا به عنوان یک گیاه روز کوتاه شناخته می‌شود. روزهای کوتاه در زمان گلدهی سبب تسریع در رسیدگی گیاه می‌شود[۲۸].

۲-۲-۳- دما

دما بر بسیاری از مراحل رشد سویا اثر دارد. حداقل و حداکثر دما برای جوانه زنی دانه ی سویا به ترتیب ۱۰ و ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. دانه‌های سویا در ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد به راحتی و به سرعت جوانه خواهند زد . معمولاً در این دما تعداد غلاف در بوته درحد مطلوبی خواهد بود [۷۶]. تثبیت ازت هوا و تشکیل گره در ریشه ی سویا شدیداً تحت تأثیر دمای خاک است.

بعد از طول دوره ی تاریکی، دما دومین عامل مهم در گلدهی است . میزان مطلوب دما برای بیشتر ارقام در جهت گلدهی در محدوده‌ی ۳۳-۳۰ درجه ی سانتی‌گراد قرار دارد[۷۶]. دما به طور عمده روی ارقام برخوردار از حساسیت کمتر به طول روز اثر می‌گذارد. ارقام زودرس به تغییرات دما بیش از تغییرات طول روز واکنش نشان می‌دهند[۱۶].

۲-۲-۴- آب

مراحل جوانه زنی بذر با جذب آب آغاز می‌شود. بذر سویا به منظور سبز شدن باید بـه انـدازه ۵۰ درصد وزن خود آب جذب کند[۷]. این رطوبت در مدت ۵ روز در خاک مرطوب با ۶/۶ بار فشار و یا بیشتر تأمین می‌شود[۳]. سویا در شکستن سله و خروج از خاک در صـورت وجـود آب مشـکلی نخواهـد داشـت [۲۶]. کمبود رطوبت موجب کاهش رشد و نمو سویا می‌گردد [۵۹]. این کاهش به درجه ی اعمال تـنش و زمان وقوع آن بستگی دارد[۵۹]. تنش رطوبت در زمان شروع گلدهی موجب کوتاه شـدن دوره ی گلـدهی می‌شود [۱۷۱]. وقوع تنش رطوبت بعد از گلدهی ، تسریع در پیری و کاهش دوره ی پر شدن دانه را در بر دارد[۱۷۱]. محققان نشان دادند که تنش خشکی در طی دوره ی رشد، مـی توانـد موجـب کـاهش نهـایی تعداد گره‌ها در ساقه ی اصلی سویا شود[۱۲].

۲-۲-۵- شرایط خاکی

سویا در برابر طیف وسیعی از شرایط خاک سازگاری دارد [۴]. در خاک هـای لـومی برخـوردار از زهکشی و حاصلخیزی مطلوب، بیشترین محصول را به بار می‌آورد[۷]. بوته‌های سویا در خاک‌هـای بسـیار متراکم، کوتاه و خشبی می‌شوند. به علت رشد محدود ریشه در این گونه خاک ها، تعداد گره‌ها نیز کـاهش می‌یابد. به طور کلی سویا در اراضی ذرت‌خیز محصول مناسبی را تولید می‌کند[۲۶].

۲-۲-۶- عناصر غذایی

سویا بیشتر از حبوبات به مواد غذایی نیاز دارد. ۷۰ تا ۸۰ درصد از نیتروژن ، فسفر و ۶۰ درصد از پتاسیم کل گیاه در دانه ذخیره می‌گردد[۱۴]. بدیهی است که میزان ذخیره ی عناصـر غـذایی در دانـه ی

رسیده و نیز انباشتگی هر یک از آن ها ثابت نیست. هنگامی‌که سویا در تناوب با سایر گیاهان زراعی پر نیاز که به آنها کود داده شده کاشته شود به مواد غذایی کمتری نیاز پیدا می‌کند[۲۴].

۲-۳-سویا

سوژا یا سویا وابسته به راسته‌ی روزالس و تیره ی فاباسه یا (لگومینوز *Leguminosae*) و زیر تیره ی پاپی لینوئید، جنس گلایسین و گونه‌ی ماکس است. این نبات از گونه ی وحشی دیپلوئید (۲n=۲x=۴۰) گلیسین اوسورینسیس حاصل گردیده است. در سال‌های اخیر سویاهای تتراپلوئید نیز تولید شده‌اند که به علت پا کوتاهی عملکرد کمتری داشته و طول دوره ی رشد آن‌ها بیشتر بوده است. از لحاظ پیشینه، سویا یکی از گیاهان بسیار قدیمی بوده که حدود ۲۸۰۰ سال پیش از میلاد در چین شناخته شده بود. زراعت سویا در اغلب کشورهای دنیا به منظور تولید روغن، پروتئین گیاهی و علوفه صورت می‌پذیرد. از لحاظ تولید کشور ایالات متحده امریکا در مقام اول و کشورهای جمهوری خلق چین و برزیل به ترتیب در مقام های دوم و سوم قرار دارند[۷].

پروتئین دانه ی سویا از لحاظ کمی و کیفی بر پروتئین حبوبات برتری دارد[۷]. به ویژه درصد اسیدهای آمینه ی لایسین، والین، فنیل آلانین و آرژنین در پروتئین سویا بالا می باشد[۲۶]. کنجاله ی سویا حاوی ویتامین‌های A، B و B_2 بوده و از آرد آن در تولید شیرینی‌جات، ماکارونی، نان و فرآورده‌های لبنی استفاده می‌شود. کنجاله مزبور به دلیل لیستین بالا، در رشد حیوانات جوان و جوجه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. جوانه‌های سویا به عنوان سبزی خوردنی و دانه‌های تازه سویا در پخت و تهیه کنسرو مورد استفاده قرار می‌گیرند. کنجاله‌ی سویا بیش از ۷۰ درصد پروتئین دارد که در صنایع تولید پروتئین، مواد زاید آن حذف شده و سرانجام پروتئین ایزوله شده سویا با بیش از ۹۵ درصد پروتئین حاصل می‌گردد[۷].

بوته ی سویا به عنوان علوفه‌ی‌تر و خشک استفاده‌ی تعلیفی دارد. علوفه‌ی سویا همراه با علوفه‌تر ذرت بهترین علوفه‌ی سیلویی برای احشام است. ارزش غذایی علوفه‌ی خشک سویا برابر ارزش غذایی علوفه خشک شبدر و یونجه است[۳۰].

۲-۴-گیاه شناسی

سویا گیاهی است یکساله که در بهار به عنوان کشت اول و در تابستان به عنوان کشت دوم کاشته می‌شود. سویا دارای ریشه اصلی عمیقی بوده که می‌تواند تا عمق ۱۵۰ سانتی‌متری در خاک نفوذ نماید. عملکرد بالا در سویا تا حدودی وابسته به وجود سیستم حجمی ریشه، همراه باگره‌های تثبیت کننده نیتروژن است. ایجاد چنین شبکه‌ای وابسته به وجود رطوبت مناسب، بافت خوب خاک، مواد غذایی لازم و شرایط مطلوب آب و هوایی است. سیستم ریشه‌ی حجیم به نوع رقم سویا نیز بستگی دارد[۷]. از ریشه ی اصلی، ریشه‌های فرعی حاصل می‌گردند که دارای پراکنش افقی (موازی سطح خاک) هستند.این ریشه ها پس از ۴۰ تا۵۰ سانتی‌متر رشد به علت رقابت ریشه‌های ردیف‌های همسایه، به سمت عمق گرایش پیدا کرده و تا ژرفای نفوذ ریشه اصلی در خاک فرو می‌روند. رشد ریشه در سویا در مرحله‌ی رویشی سریع تر از رشد قسمت‌های هوایی اتفاق می افتد. عمق ریشه در مرحله‌ی گلدهی اغلب دو برابر ارتفاع ساقه است، ولی وزن خشک ریشه کمتر از وزن خشک اندام هوایی می‌باشد. رشد ریشه تا زمان تشکیل دانه ادامه یافته و سپس قبل از ورود دانه به مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک متوقف می‌گردد[۴].

۲-۴-۱-گره‌زایی

در صورت وجود باکتری‌های همزیست سویا، گره‌های ریشه‌ای پس از تشکیل ریشه‌های موئین در خاک شکل می‌گیرند. ساز و کار عمل فوق به این شرح می‌باشد که از ریشه سویا اسید آمینه‌ای بنام

تریپتوفان بـه خـاک ترشـح مـی‌شـود. ایـن مـاده بلافاصـله توسـط بـاکتری ویـژه سـویا یعنـی ریزوبیـوم ژاپنیکوم(Rhizobium Japonicum) تبدیل به اسیداندول استیک (IAA) می‌گردد.به این ترتیب خمیـدگی ای در ریشه‌ی موئین رخ می‌دهد. باکتری از طریق این خمیدگی وارد ریشه شـده و فعالیـت خـود را آغـاز می‌نماید. از سوی دیگری شواهدی وجود دارد که گیاه میزبان ماده ویژه‌ای به نام لگتین ترشح می‌کند کـه باعث شناسایی باکتری می‌گردد. هر نوع لگتین نوع بخصوصی از باکتری ها را به اطراف خود جلـب خواهـد نمود. باکتری هنگام ورود به ریشه فعالیت زیادی ندارد، زیرا از اطراف گیاه میزبان ماده‌ی سلولزی مترشحه دور باکتری را فراخواهد گرفت[۷،۳۰].

محل ورود باکتری به ریشه به محل آلودگی معروف می‌باشد. بـاکتری بعـد از توقـف کوتـاهی بـه سلول‌های پوست ریشه راه یافته و شروع به تکثیر می‌کند [۲۶]. حاصل این تکثیر بوجود آمدن گـره‌هـا در ریشه خواهد بود[۳۰]. فعالیت این باکتری‌ها در خاک‌های اسیدی به مراتـب بیشـتر از خـاک‌هـای قلیـایی است[۲۶]. شرایط محیطی مناسب در فعالیت باکتری‌ها مؤثر می‌باشد. بدین ترتیـب کـه هرچـه مـواد آلـی خاک بیشتر و ساختمان آن مطلوب‌تر باشد تکثیر و فعالیت باکتری‌ها بیشتر خواهد بود[۷]. عـلاوه بـر ایـن رطوبت، تهویه و زهکشی مناسب نیز به بقای بیشتر باکتری‌ها کمک می‌کند[۲۶،۳۰]. عـواملی نظیـر آتـش زدن مزرعه، غرقاب نمودن کشتزار به صورت طولانی، سله ممتد و خشکی می‌توانند موجب کاهش جمعیت و فعالیت باکتری‌ها گردند. برای عمل تثبیت، وجود رطوبت کافی در خاک الزامی‌است[۹]. نیتـروژن سـنتز شده، توسط باکتری‌های ریشه پس از ۳ تا ۴ هفته از مرحله‌ی سبز ردیف‌هـا در اختیـار گیـاه قـرار گرفتـه می‌شود. ولی اوج فعالیت باکتری‌ها در مرحله گلدهی است. پس از آغاز مرحله ی تشکیل گل و غلاف (R_3 و R_4) از کارایی باکتری‌ها کاسته می‌شود.این کاهش کار آیی به دلیل انتقال نیتروژن همراه بـا دیگـر عناصـر غذایی به طرف اندام‌های زایشی به ویژه دانه‌ها می باشد[۳،۷،۹].

بررسی‌های متعدد نشان داده است که میزان نیتروژن تثبیت شـده توسـط بـاکتری سـویا در هـر هکتار برابر ۹۰ تا ۱۳۰ کیلوگرم بوده است. تا مرحله ی تثبیت نیتروژن در ریشه‌ی سـویا بوتـه‌هـای جـوان

احتیاج به نیتروژن خواهند داشت . در این فاصله باید مقدار ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در اختیار گیاه قرار گیرد. نیتروژن مزبور به نیتروژن استارت یا آغاز موسوم می‌باشد. این فاصله (۳ الی۴ هفته) مرحله‌ی گرسنگی نامیده می‌شود[۲۶،۳۰].

اگر چنانچه خاک فاقد باکتری مزبور باشد، در موقع کشت بذر سویا را به باکتری آغشته کرده و یا خاک مزرعه توسط باکتری تلقیح می گردد. به منظور آغشته نمودن سویا به باکتری از محلول یک کیسه باکتری ریزوبیوم ژاپنیکوم (۲۵۰ گرم)، یک لیتر آب و ۱۰۰ گرم شکر (محلول ۱۰ درصد شکر) استفاده می شود.این محلول به منظور آغشته نمودن بذر مورد نیاز برای یک هکتار سویا به کار می رود.

این نکته ضروری است که آغشته نمودن بذور به باکتری بایستی در محوطه ی سایه‌دار صورت پذیرد. زیرا باکتری به نور حساس بوده، همچنین به منظور جلوگیری از اتلاف باکتری‌ها بایستی کاشت در کوتاه ترین زمان به صورت هیرم کاری(نم کاری) انجام پذیرد[۳۰،۷].

۲-۴-۲-ساقه و برگ

رشد ساقه با خروج محور لپه‌ها از خاک شروع شده و با تکامل دانه‌ها در داخل نیام پایان می‌پذیرد. در شرایط محیطی مناسب رشد اتوتروف بوته‌ی سویا،حدود ۴ تا ۷ روز بعد از کاشت بذر آغاز می‌گردد. بوته‌ی کامل سویا دارای ۲۴-۱۹ گره بوده که این گره‌ها حدود ۲۰ الی ۳۵ روز پس از کاشت به طور کامل مشخص می‌شوند. پایین‌ترین گره نزدیک سطح خاک، محل لپه‌ها و دومین بند محل اتصال برگ‌های ساده متقابل تک برگچه‌ای است. سایر بندها به ترتیب، محل اتصال برگ‌های سه برگچه‌ای اصلی متناوب می‌باشند. سلول‌های تشکیل دهنده گل حدود ۲۰ روز پس از مرحله‌ی سبزشدن ردیف‌ها پایه‌ریزی می شوند. گلدهی ۴۰ الی ۵۵ روز بعد از سبز شدن ردیف‌ها اتفاق می‌افتد. ساقه سویا مخروطی شکل بوده که در ارقام زراعی مختلف ارتفاع ساقه به ۶۰ الی ۱۲۰ سانتی‌متر خواهد رسید. با انشعاب ساقه، از قطر ساقه اصلی کاسته شده و با کاهش تراکم تعداد شاخه‌های انشعابی بیشتر می‌شود[۷].

پلاستو کرون (فاصله زمانی بین تشکیل برگ‌ها) در سویا حدود ۲ روز است[۷۶]. سویا دارای برگ‌های هترومورف یا غیر همگن است.در سویا چهار نوع برگ به شرح زیر قابل تمایز می‌باشد.

برگ های لپه‌ای

اولین برگ‌هایی هستند که در بوته جوان ظاهر می‌گردند. این برگ‌ها بدون دمبرگ بوده و به شکل متقابل می‌باشند. مواد غذایی در درون این دو برگچه قراردارد. این برگچه‌ها به صورت اپی جیل یا برون خاکی به سطح خاک راه می‌یابند. برگچه های مزبور در اوایل دوره ی رشد هنگامی که به عللی ظهور برگ‌های اصلی به تعویق افتد دارای اهمیت ویژه‌ای خواهند بود. فعال بودن این برگ ها به مدت ۱۰ الی ۱۲ روز پس از جوانه زنی که سیستم ریشه‌ای گیاه هنوز فعال نیست در عملکرد نهایی دخالت دارد. حذف این برگ‌ها و یا خسارت دیدن آن‌ها توسط آفات و یا بیماری‌ها، عملکرد نهایی را کاهش می‌دهد[۷].

برگ‌های اولیه‌ی یک برگچه‌ای

دارای دمبرگ بوده و به صورت متقابل و ساده هستند . این برگ‌ها کمی بزرگتر از برگچه‌های لپه‌ای می باشند[۷].

برگ‌های ضمیمه

این برگ‌ها ساده و خیلی کوچکتر از دیگر برگ ها هستند و در قاعده ی شاخه‌ها و یا قاعده ی پایه ی گل‌ها قرار دارند[۷].

برگ های اصلی سه برگچه‌ای

برگ اصلی سویا، برگی است مرکب که از ۳ برگچه و یا به ندرت ۴ برگچه تشکیل شده است[۷].تغییرات فشار اسمزی در نقاط مختلف برگچه های سویا در جریان شب و روز سبب تغییر جهت یا گردش برگچه ها می شود. شدت رشد به طور خطی تابعی از انرژی خورشیدی دریافت شده است[۳۰].

رشد در سویا به اشکال رشد محدود و رشد نامحدود دیده می شود. در ارقام رشد نامحدود بزرگترین برگ ها در قسمت وسط بوته قرار دارند.در بخش‌بالایی و پایینی بوته از سطح برگ ها و طول دمبرگ ها کاسته می شود. در ارقام رشد محدود برگ های قسمت انتهایی بوته دارای سطح برگ و یا دمبرگ کوتاه تر می‌باشند. با نزدیک شدن به طرف پایین بوته سطح برگ ها و طول دمبرگ ها افزایش می یابد[۱۲].

درسویای رشد محدود، رشد رویشی با شروع گلدهی و یا همزمان با این مرحله متوقف شده و به شدت کاهش می یابد. آرایش برگ ها در بوته می تواند عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد[۲۶].

بر اساس آزمایشات گوناگون مشخص گردیده است که وجود کرک در اندام های مختلف سویا تعرق را به میزان ۲۵ درصد کاهش می‌دهد[۱۲].

۲-۴-۳-گل

ازمهمترین عوامل تحریک گلدهی و تشکیل گل در سویا می توان به طول روز یا شب، درجه حرارت و ویژگی‌های ژنتیکی گیاه اشاره کرد. آرایش گل سویا به صورت خوشه‌ای می‌باشد و تعداد گل‌ها در یک آرایش خوشه‌ای بین ۲ تا ۲۰ عدد متغیر است. تعداد گل‌های خوشه‌ای در یک بوته نیز در حدود ۱۵ تا ۲۰ عدد می‌باشد. البته باید توجه نمود که همه ی این گل ها به غلاف تبدیل نمی شوند و اکثر آنها ریزش می یابند. جهت تولید گل در یک بوته از پایین به بالا و از مرکز به طرفین است[۷،۳۰،۲۶].

عملکرد دانه در سویا به تعداد گل وابسته است و با درصد ریزش گل و غلاف همبستگی دارد. به طور کلی در هر بوته‌ی سویا اغلب ۲۵ تا ۳۰ درصد گل‌ها تبدیل به غلاف شده و بقیه گل‌ها ریزش می‌کنند[۱۲].

۲-۴-۴-دانه و نمو

نمو دانه پس از تلقیح به سرعت صورت می‌پذیرد، لپه‌ها نیز در مدت یک هفته بعد از باروری پایه‌ریزی می گردند. به طور کلی سلول‌های محور لپه‌ها ، لپه‌ها ، برگ‌های ساده اولیه و برگ‌های اصلی ۳ برگچه‌ای هر یک به ترتیب در مدت ۱۲،۲۶ ، ۳۰ و ۳۰ روز به حداکثر رشد خود می‌رسند. تعداد دانه در هر نیام ۵-۲ عدد می باشد[۱۲،۳۰].

دانه‌های موجود در غلاف اغلب، ۶۵ تا ۷۵ روز پس از تلقیح به مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک راه می یابند. میزان ذخیره ی ماده خشک در مرحله‌ی پر شدن دانه‌ها بسته به شرایط محیطی بسیار متفاوت است. در مرحله‌ی بلوغ کامل، سهم بیوماس اندام‌های مختلف بوته ی سویا به شرح زیر می‌باشد.

برگ ها ۲۸ ٪

دمبرگ‌ها ۱۵٪

ساقه – شاخه‌ها ۱۷٪

دیواره غلاف ۱۱٪

دانه‌ها ۱۹٪

مدت زمان رسیدن دانه‌ها در سویا از ۷۵ تا ۲۰۰ روز متغیر است که البته بستگی به ارقام سویا و شرایط آب و هوایی دارد. با استفاده از روش‌های به زراعی واستفاده از ارقام پر محصول،می توان به متوسط عملکردی حدود ۴ تن در هکتار دست یافت[۱۲].

دانه ی سویا کلیوی و یا گرد بوده که ناف آن در فرورفتگی وسط دانـه قـرار گرفتـه اسـت. سـفت سوراخ کوچکی است که در یکی از دو سر ناف قرار دارد. پوسته ی خارجی دانه شامل ۸ تا ۱۰ لایه سـلولی است. خارجی‌ترین لایه متشکل از سلول های نردبانی واپیدرم مـی باشـد. در زیـر ایـن بافـت، یاختـه‌هـای هیپودرم قرار دارند. به علت پوشش مومی پوسته ی خارجی دانه، تبادلات گـازی رویـان و محـیط خـارجی تنها از طریق سفت صورت می‌پذیرد . آب از کل سطح پوسته ی خارجی دانه جذب می شـود. زیـاد از حـد بودن رطوبت خاک در فرایند جوانه‌زنی مضر است. در چنین شرایطی به علت کم بودن مقدار اکسیژن خاک رشد ریشه چه ضعیف خواهد شد. نتیجه ی این امر آسیب پذیری بیش از پیش گیاهچه توسط پاتوژن‌هـای خاکی می‌باشد[۳۰]. عمل تبدیل گل به غلاف در بوته به تدریج صورت می‌پـذیرد . بنـابراین در بوتـه‌هـای سویا به طور همزمان اندام‌هایی نظیر غنچه، گل و همچنین غلاف‌هایی در سنین مختلف دیده می‌شود. باید توجه نمود که صفت مذکور برای رقم صنعتی، منفی به شمار مـی‌آیـد، زیـرا موجـب عـدم هـم زمـانی در رسیدگی دانه و در نتیجه ایجاد دشواری در عملیات برداشت خواهد شد. رشد دانه‌ها در غلاف بطئـی بـوده ولی پس از متوقف شدن دوره گلدهی، این رشد شدت یافته و مواد غذایی در مدت ۳۰ تـا ۴۰ روز پـس از تلقیح در دانه‌ها ذخیره می گردد. این مرحله یکی از بحرانی‌ترین دوره های رشد نبات از نظر رطوبت و مواد غذایی موجود در خاک می باشد. اگر آب در این مرحله جهت آبیاری در دسترس نباشـد و بارنـدگی اتفـاق نیفتد ، عملکرد دانه می تواند تا ۸۰ درصد نیز افت کند. در این دوره ۳۰ تا ۴۰ درصد فسفر و پتاس جذب بوته می‌شود. رنگ‌دانه‌های سویا سفید، استخوانی، کرم،زرد، زرد نخودی، نخودی قهوه‌ای، قهوه‌ای مایـل بـه سبز، قرمز و یا سیاه می‌باشد[۷]. ارقامی که در روغن کشی استفاده می‌شوند اغلب به رنگ زرد نخودی و یا متمایل به رنگ سبز هستند. مقطع دانه‌های رسیده بایستی به رنگ کرم باشد ، مقطع سبز یا پسته‌ای رنگ، دلیل نارسی بذر است. ارقامی که بذور آن‌ها به رنگ قرمز، قهوه‌ای تیره و یا سیاه باشند دارای روغن انـدک (کمتر از ۱۲ درصد) و پروتئین بیشتر می‌باشند. این ارقام بیشتر جهت تولید علوفه کشت می‌شـوند. مقـدار

روغن دانه‌هایی که در روغن کشی استفاده می‌شوند در حدود ۱۶ تا ۲۴ درصد (با توجه بـه نـوع ژنوتیـپ و محیط) بوده و پروتئین چنین دانه‌هایی نیز بین ۳۵ الی ۴۵ درصد متغیر است[۲۶].

صفت غلاف‌بندی سویا در روی بوته در ارتفاعی از سطح خاک که مطلوب برای برداشت مکـانیکی (کمباین گندم) است، مهم تلقی می شود. هرچه فاصله غلاف‌بندی از سطح خـاک بیشـتر باشـد بـه همـان اندازه برداشت راحت‌تر صورت پذیرفته و غلاف‌های به جا مانده بر روی بوته در حداقل خواهند بود. فاصـله اولین غلاف‌های بوته از سطح خاک اغلب تابع ژنوتیپ و تراکم بوته در واحد سطح می‌باشد[۶].

وزن هزاردانه در سویا داری طیف گسترده ای است .این طیف بین ۸۰ تا ۴۵۰ گرم نوسان می‌کند. ارقامی برای کشت مناسب هستند که وزن هزار دانه‌ی آن‌ها ۱۲۰ تا ۲۳۰ گرم باشد. ارقامی کـه وزن هـزار دانه ی کمتری دارند به دلیل اندوخته ی اندک غـذایی درصـد سـبز مطلـوبی در مزرعـه نخواهنـد داشـت. ژنوتیپ‌هایی که وزن هزار دانه ی بیشتری دارند (با توجه به سبز نمـودن اپـی‌جیـل سـویا) در خـاک‌هـای سنگین، نیمه سنگین و سله‌دار، درصد سبز کمتری را نشان می‌دهند[۱۶،۲۶،۶].

۲-۵- ترکیب دانه

دانه ی سویا از دو قسمت اصلی پوسته بذر و کوتیلدون‌ها تشکیل می شود. وزن صد دانـه از ۱۴تـا ۱۸ گرم متغیر است. دانه ی سویا شامل ۸ درصد پوست، ۹۰ درصد کوتیلدون و ۲ درصد هیپوکوتیل است. ۶۰ درصد دانه از روغن و پروتئین و ۳۰ درصد آن از کربوهیدرات تشکیل شده است. مواد کانی موجـود در دانه ی سویا حدود ۵ درصد است. دامنه ی میزان روغن دانه ی سویا بین ۱۴ تا ۳۲ درصد و دامنه‌ی میزان پروتئین آن بین ۳۲ تا۵۰ درصد متغیرمی باشد. این خصوصیات به اثرات محیطی و ژنوتیپ گیاه وابسته اند. اهمیت اقتصادی پروتئین سویا بیشتر از روغن آن است، زیرا بخش عمده ی دانه ی سویا را پروتئین تشکیل می‌دهد. ترکیب تقریبی دانه ی سویا در جدول (۲-۱) ارائه گردیده است[۲۶،۳۰].

جدول(۲-۱) ترکیب تقریبی دانه ی سویا

ترکیب (درصد)	دانه کامل	کوتیلدون	پوست
پروتئین خام	۴۲-۳۹	۴۳-۴۲	۹/۰
روغن خام	۲۲-۱۸	۲۴-۲۰	۱/۰
هیدرات‌های کربن	۳۷-۳۱	۲۳-۲۷	۸۶/۰
خاکستر	۵-۴/۹	۴/۵-۴/۲	۴/۵

۲-۶-میزان و کیفیت روغن

میانگین میزان روغن سویا به طور طبیعی زیر ۲۰ درصد است. میزان روغن متأثر از دماست.افزایش دما موجب افزایش میزان روغن از ۱۹به ۲۳ درصد در دمای ۲۱به ۲۹ درجه سانتی‌گراد می‌شود. روغن سویا در حدود ۸۸ درصد چربی خنثی، ۱۰ درصد فسفولیپد و ۲ درصد گلیکولیپید دارد. روغن خام سویا با استفاده ازدستگاه پرس یا استخراج توسط حلال‌ها به دست می آید. روغن خام مرغوب، کهربایی رنگ است و تحت شرایط قلیایی در هنگام تصفیه به رنگ زرد روشن در می آید. این روغن عمدتاً در ساخت مایونز استفاده می شود. روغن سویا همچنین تا حدی در تولید فراورده‌های روغن خشک کننده کاربرد دارد.

یکی از فرآورده‌های فرعی حاصل از فرآورده‌های روغن سویا، لیستین است که در بسیاری از تولیدات به عنوان عامل امولسیون کننده کاربرد دارد. ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا در جدول (۲-۲) ارائه شده است[۲۶،۷].

جدول(۲-۲) ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا

اسید چرب	ترکیب درصد
پالمتیک	۷-۱۲
استئاریک	۲-۵/۵
اولئیک	۱۹-۳۰
لینولئیک	۴۸-۵۸
لینولنیک	۵-۸/۸

میزان اسیدهای چرب اشباع بین۱۱ تا ۲۶ درصد متغیر است. روغن تجاری دارای ۵تا۹درصد اسید لینولینیک و ۴۳تا۵۶ درصد اسیدلینولئیک است. روغن طبیعی سویا به خاطر دارابودن مقادیر زیاد اسیدهای چرب غیر اشباع تا حدودی ناپایدار می باشد. تغییر طعم و مزه و فسادپذیری روغن سویا مساله ی مهمی است. این تغییرات بیشتر به دلیل سطح بالای اسیدهای چرب و غیر اشباع روی می‌دهد[۲۶]. فرآیندهای صنعتی به منظور هیدروژنه کردن جزئی روغن سویا توسعه و بهبود یافته است. اما این فرآیندها منجر به تولید اسیدهای چرب نامطلوب می‌گردد. از این رو برای غلبه بر مشکلات فوق تحقیقات ژنتیکی لازم جهت تولید ارقام با اسید لینولنیک پایین (کمتر از ۴ درصد) آغاز گردیده است. با این وجود نباید از نظر دور داشت که اسید لینولنیک یک اسید چرب ضروری و مهم است که در متابولیسم بدن انسان اهمیت زیادی دارد[۱۴،۳۰،۱۱].

۲-۷-کنجاله و پروتئین سویا

کنجاله سویا عمده‌ترین کنجاله‌ای است که از دانه‌های روغنی به دست می‌آید. کنجاله ی سویا به عنوان یک مکمل پروتئینی در تغذیه ی کلیه ی دام‌ها به کار می‌رود. کنجاله ی سویا ۴۴-۵۰ درصد

پروتئین خام دارد. چون سویا اغلب با استفاده از حلال‌های شـیمیایی روغـن کشـی مـی شـود، در نتیجـه کنجاله آن معمولاً روغن بسیار اندکی دارد. ترکیب تقریبی پروتئین در کنجالـه ی سـویا در جـدول (۲-۳) ذکر گردیده است.

جدول (۲-۳) اسیدهای آمینه ضروری موجود در پروتئین سویا

اسید آمینه	مقدار به درصد
لیزین	۶/۴
متیونین	۱/۱
سیستئین	۱/۴
تریپتوفان	۱/۴
ترئونین	۳/۹
ایزولویسین	۴/۶
لویسین	۷/۸
فنیل آلانین	۵
والین	۴/۶
آرژنین	۷/۳
هیستیدین	۲/۶
تیروزین	۳/۸
سرین	۵/۵
اسید گلوتامیک	۱۱/۸
گلیسین	۳/۴
پرولین	۵/۵

دانه ی سویا مقدار نسبتاً زیادی پروتئین دارد. می‌توان از آن به عنوان مکمل غذاهـای مبتنـی بـر غلات استفاده کرد. مقدار اسیدهای آمینه ی متیونین و سیستئین در سویا ناچیز است[۳۰،۱۴].

۲-۸-مراحل رشد سویا بر اساس تقسیم‌بندی Fehr

تمام مراحلی را که گیاه در رشد رویشی به سر می‌برد با حروف V نمایش می دهند.

۱. V_e مرحله‌ی جوانه‌زنی سویا بوده و هنگامی است که لپه‌ها از خاک بیرون می آیند.

۲. V_c مرحله‌ای است که برگ های اولیه ظاهر شده اند، اما هنوز باز نشده‌اند.

۳. V_1 مرحله‌ی ظهور اولین برگ سه برگچه‌ای می‌باشد.

۴. V_2 مرحله‌ای است که اولین برگ سه برگچه‌ای کامل شده و دومین برگ سه برگچه‌ای ظاهر شـده است. این مراحل با ظهور برگ‌های متوالی ادامه می‌یابد. اگر برگ‌های سویا افتاده باشند می‌توان از روی گره‌های ساقه اصلی مرحله‌ی رشد را به صورت زیر حدس زد.

تعداد گره = مرحله ی رشد

۲-۹-مراحل رشد زایشی

تمام مراحلی را که گیاه در رشد زایشی قرار دارد با حرف R نمایش می‌دهند.

۱. $R_۱$ مرحله ی شروع گلدهی

۲. $R_۲$ مرحله ی پایان گلدهی

۳. $R_۳$ مرحله ی شروع تشکیل غلاف‌ها

۴. $R_۴$ مرحله ی پایان تشکیل غلاف‌ها

۵. $R_۵$ مرحله ی شروع رشد دانه

۶. $R_۶$ مرحله ی پایان رشد دانه

۷. R_7 مرحله ی شروع رسیدگی فیزیولوژیک

۸. R_8 مرحله ی پایان رسیدگی(رسیدگی کامل)

۲-۱۰-ترکیبات شیمیایی دانه ی سویا

۲-۱۰-۱- مقدار و توزیع نیتروژن

محتوای نیتروژن پروتئین ها می تواند تحت تأثیر ترکیبات غیر پروتئینی مانند فیتات ها و یا ترکیبات الکلی قابل استخراج قرار گیرد. برای مثال استخراج گلوبولین‌های رسوب شده ی اسیدی با محلول اتانول مقدار نیتروژن را از۱۶/۲۴ درصد به۱۷/۰۴ درصد افزایش می دهد[۱۱،۱۴].

۲-۱۰-۲- ترکیبات غیر پروتئینی در پروتئین‌های سویا

کربوهیدرات‌ها به مقادیر متنوعی در بسیاری از پروتئین‌ها وجود دارند. اما از بین گلیکوپروتئین‌های سویا فقط هموآگلوتنین و گلوبولین 7s مشخص شده اند. هموآگلوتنین شامل ۵-۳ درصد گلوکزآمین و ۳۹ درصد مانوز در هر مول است. این دو پروتئین از جمله پروتئین‌هایی هستند که کمترین مقادیر نیتروژن را دارند[۹۰].

۲-۱۰-۳- ازت غیر پروتئینی دانه ی سویا

دانه ی سویا دارای مقادیر کمی پپتید و اسید آزاد با اندازه‌های مولکولی متفاوت است. این ترکیبات شامل آدنین، آرژنین، کولین، گلایسین، بتائین، تری‌گلونین، تریپتوفان و احتمالاً کاناوانین است. این ترکیبات کوچک نیتروژن دار، ازت غیر پروتئینی (NPN) نامیده می‌شوند. مقادیر NPN از بالاترین مقدار ۷/۸ درصد تا کمترین مقدار ۲/۸۸ درصد بر اساس وزن بلغور بدون روغن متغیر است . ارتباطی بین مقدار کل نیتروژن و NPN در سویا وجود ندارد. هوای گرم و خشک یا سردو مرطوب باعث افزایش ازت غیر

پروتئینی در دانه می شود. این شرایط ممکن است در رسیدن دانه نیز تأثیر بگذارد. دانه ی خسارت دیده در اثر آب و هوا دارای NPN بیشتری نسبت به دانه ی سالم می باشد.

اتصال ازت غیر پروتئینی به پروتئین‌های سویا باعث پایین آمدن کیفیت فرآورده‌های سویا می‌شود[۹۰،۱۱].

۲-۱۰-۴- کربوهیدرات‌های دانه ی سویا

کربوهیدات‌های سویا به عنوان یک منبع غذایی،کمتر مورد توجه قرار گرفته و عمده‌ی مصرف آن ها در تغذیه ی حیوانات مخصوصاً پستانداران است. کربوهیدرات‌ها نیز مثل دیگر ترکیبات به طور وسیعی در سویا تغییر می‌کنند. بخشی از این تغییرات ناشی از مشکلات جدا کردن، خالص‌سازی و تجزیه است . بخشی دیگر هم به دلیل تأثیر تنوع و فاکتورهای محیطی در کشت سویاست. به طور مثال معمولاً یک رابطه معکوس بین روغن و کربوهیدرات‌ها با پروتئین وجود دارد. در حالیکه مقدار کربوهیدرات‌ها با مقدار روغن دانه ی سویا نسبت مستقیم دارد[۹۰،۱۰].

۲-۱۱-رابطه گره‌بندی و تثبیت ازت

تعداد و وزن گره در هر گیاه به موازات مراحل رویشی و افزایش درجه حرارت(تا حد معینی) افزایش می‌یابد. روابط معنی‌داری بین وزن گره و کل ازت گیاهی وجود دارد که در تحقیقات گذشته به آن تأکید شده است [۹۷،۷۹،۷۵].همچنین همبستگی خطی معنی‌داری بین وزن خشک ساقه، کل ازت ساقه و کل ازت تجمعی در گیاه به دست آمده است [۷۱] .پس از تشکیل گره های اولیه، گره بندی و تثبیت ازت تازمان گلدهی کامل روند افزایشی دارد[۹]. عمل تثبیت ادامه یافته و در خلال غلاف دهی به حداکثر می‌رسد، سپس گره‌ها شروع به پیری کرده و فعالیت نیتروژناز کاهش می یابد[۷۹،۷۴].

نقش مطلوب و مفید روی و فسفر بر روی میزان رشد و بیوماس گیاهی و غلاف دهی در گیاه سویا به اثبات رسیده است[۳۰،۲۶]. در ضمن می توان به اثر کود آهن بر گره دهی مطلوب و میزان ریشه دهی و تجمع ازت بیشتر در کل اندام گیاهی اشاره نمود[۳۰،۷].

کل ازت تثبیت شده در سویا با کل مواد تولیدی ارتباط مستقیمی را نشان داده ولی ارتباط آن با pH خاک و میزان ازت خاک منفی بوده است. میزان فسفر خاک نیز با کل ازت تثبیت شده رابطه ی مستقیمی را نشان می دهد[۲۲،۹].

گزارشات محققین ، موید همبستگی میزان فسفر و ازت تثبیت شده است[۷۴،۷۵]. تفاوت های موجود در رشد گیاهان و تثبیت ازت می تواند به طول دوره ی رشد گیاهی و نیز بارندگی سالیانه خصوصاً در لگوم‌های تابستانه نسبت داده شود[۹،۷۴،۹۷].

فصل سوم

بررسی منابع

۳-۱- تغییرات حساسیت به خشکی درطول فصل رشد

سویا در مرحله ی سبز شدن به رطوبت، حساسیت زیادی نشان نمی دهد ولی از مرحله ی گلدهی تا رسیدگی به رطوبت خاک نیازمند است[2] .کمبود رطوبت موجب کاهش رشد و تسریع نمو سویا می گردد[۲،۳]. مرحله ی رشد دانه ها درغلاف یکی از حساسترین مراحل نسبت به رطوبت است .اگر آب و مواد غذایی کافی دراختیار گیاه نباشد، به علت ریزش اندام زایشی، عملکرد دانه می تواند تا ۸۰ درصد نیز افت کند[۲۲،۱].درسویا تعداد غلاف ها در اوایل فاز زایشی مشخص می شود [1] . از خصوصیات این مراحل می توان به تقسیم فعال سلول های تخمک وگسترش سریع غلاف ها اشاره کرد[۳۰،۳۵] .هردوی این فرآیندها بسیار حساس به خشکی می باشند.محققین با آزمایش اثر تنش خشکی درحین مراحل زایشی سویا کاهش عملکرد در مراحل زایشی غلاف کامل و شروع دانه بندی را گزارش نمودند[۴۱،۵۹،۱۲۰].

کاهش عملکرد درمرحله ی دانه بندی کامل در اثر تنش خشکی بیش از سایر مراحل بوده است. تنش آب در مرحله ی دانه بندی کامل منجر به تولید بیوماس کمتر شده است. وقوع تنش درمراحل دیگر تفاوت معنی داری با تیمار شاهد را از نظر بیوماس نشان نداد[۵۹،۱۲۰،۲۲].نتایج نشان می دهد که سویا به ترتیب درمراحل دانه بندی کامل (R_6)، شروع غلاف بندی(R_3) و شروع دانه بندی(R_5) نسبت به وقوع تنش خشکی بسیارحساس است[۱۱۷،۳۸،۱۰۶].کاهش آبیاری درمرحله ی R_7 مناسب تر و سودمندتر از هر مرحله فنولوژیک دیگراست.کاهش آبیاری در این مرحله، کاهش تعداد و وزن هزار دانه را منجر نمی شود. از مرحله R_1 بهR_5 توانایی گیاه برای جبران تنش، کاهش و پتانسیل خسارت از تنش، افزایش می یابد[۱۱۷،۳۸،۷]. سویا می تواند خسارت ناشی از کم آبی را در فاز رویشی با آبیاری مجدد جبران نماید[7] .آبیاری مجدد می تواند حتی باعث جبران کم آبی و اجزاء عملکرد در مرحله ی R_2 شود[7].حساسترین مراحل درگیاه سویا نسبت به تنش کم آبی به ترتیب R_3،R_6 وR_5 هستند. به تدریج با پیشرفت گیاه به سمت فاز رسیدگی(R_8وR_7)ازحساسیت آن به خشکی کاسته می شود[۱۱۷،۳۸].سویا درطول دوره ی اصلی رشد رویشی خود حساسیت کمتری در مقایسه بادوره گلدهی و میوه دهی نسبت به خشکی دارد .سویا در

دوره ی تمایز سلولی گل و گلدهی بسیار حساس به خشکی است[3] .خشکی درطول دوره ی پرشدن غلاف ها باعث کاهش عملکرد می شود. حداکثر عملکرد سویا زمانی به دست می آید که رطوبت خاک طی تمامی فصل رشد از۵۰ درصد ظرفیت مزرعه پایین تر نرود [3] . سویا طی دوران جوانه زنی و سبز شدن به کمبود و یا فراوانی رطوبت خاک حساس است. حساسیت سویا به تنش رطوبتی از شروع گلدهی تا تکمیل دانه بندی زیاد است[۳،۲۲،۲۳]. از طرفی فراوانی رطوبت خاک طی دوران رشد رویشی تا تکمیل نیام سبب تحریک رشد رویشی، افزایش ارتفاع بوته، حساسیت گیاه به خوابیدگی ساقه و درنهایت کاهش عملکرد می گردد[۳،۲۲،۲۳]. سرعت مصرف آب معمولاً درطی مراحل جوانه زنی و گیاهچه ای به دلیل پوشش جزئی سایه انداز، کم است . سهم بالایی از آب از طریق تبخیر از سطح خاک به هدر می رود. هنگامی که گیاه وارد مراحل رشد سریع ازV_3 تاV_6 می شود، افزایش سریعی در مصرف آب رخ می دهد.حداکثر مصرف آب در طی مراحل R_1 تا R_6 یعنی وقتی که سایه انداز کامل است، به وقوع می پیوندد[۱۰۷،۲،۳۰].

۳-۱-۱-تنش رطوبتی خاک در مراحل قبل از گلدهی

محققان زیادی نشان داده اند که حساسیت سویا به کمبود آب در مراحل قبل از گلدهی نسبت به سایر مراحل نمو کمتر است[۷۱،۶۳،۶۵،۸۴،۱۲۹،۱۸۰]. در تحقیقات بین عملکرد پلات های آبیاری شده در تمام فصل رشد و عملکرد پلات های آبیاری شده از مرحله ی گلدهی به بعد تفاوت معنی داری دیده نشده است[۱۴۹]. همچنین از آبیاری سویا در مرحله ی قبل از گلدهی سود کمی حاصل شده و یا اصولا نتیجه ای بدست نیامده است[۱۸۰]. استفاده از همان مقدار آب در مرحله ی گلدهی و یا مراحل بعد از آن بر اجزاء عملکرد تأثیر گذاشته و عملکرد دانه را افزایش می دهد[۱۸۰].

۳-۱-۲-تنش رطوبتی خاک در مرحله ی گلدهی

تنش کمبود آب در اوایل مرحله ی گلدهی سبب ریزش بعضی از گل ها می شود . در ارقام گل غیر انتهایی رشد مجدد بعد از بر طرف شدن تنش سبب تولید گل های بیشتری در قسمت های فوقانی گیاه می گردد[116]. نتایج یک بررسی سه ساله حاکی از آن است که با آبیاری بعد از گلدهی کامل، نسبت به آبیاری در مرحله ی قبل از گلدهی عملکرد بیشتری حاصل شده است[63،۶۱]. تنش کمبود آب در اوایل مرحله ی گلدهی بر اجزاء عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه ی سویا اثر معنی داری ندارد[۱۱۶]. تنش در مرحله ی گلدهی (رسیدن پتانسیل آب در برگ های گیاه به ۲۳- بار در ظهر) سبب کاهش تعداد اندام زایشی در طول دوره ی گلدهی، تعداد گل، تعداد غلاف، تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه در هر بوته ی سویا می شود[۱۲،۱۷۱]. همچنین تنش رطوبتی در مرحله ی گلدهی، تعداد غلاف های تشکیل شده در هر بوته را نسبت به تیماری که تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار نگرفته، کاهش داده است که علت این کاهش ریزش بعضی از گل ها می باشد[۱۸۲،۱۱۶]. به طور کلی تنش کمبود آب در مرحله ی گلدهی نسبت به تنش در سایر مراحل نمو زایشی کمترین تأثیر را بر اجزاء عملکرد و عملکرد دانه ی سویا دارد[۱۱۶،۶۱].

۳-۱-۳-تنش رطوبتی خاک در مرحله ی غلاف دهی

تنش رطوبتی خاک در مرحله ی غلاف دهی، بیش از تنش در هر مرحله ی دیگری عملکرد دانه را کاهش می دهد[116]. اثرات کمبود آب تا حدی که پتانسیل آب در برگ های گیاه به ۲۳- بار برسد در مراحل مختلف نمو سویا گزارش شده است[۱۲]. بیشترین کاهش در عملکرد دانه ی سویا در اثر کم آبی در مرحله ی غلاف دهی ایجاد می شود[۱۲]. یک بار آبیاری در مرحله ی غلاف دهی (تا حدی که رطوبت خاک تا عمق ۱۵۰ سانتیمتری به حد ظرفیت زراعی برسد) عملکرد دانه را در سویا افزایش می دهد. گرچه تنش کمبود آب در بیشتر مراحل نمو سبب کاهش تعداد غلاف در بوته شده، ولی بیشترین کاهش

در تعداد غلاف بخاطر تنش در مرحله ی غلاف دهی بوده است[۱۱۶،۱۷۱]. یک بار آبیاری در مرحله ی غلاف دهی ، عملکرد دانه را به میزان قابل توجهی نسبت به گیاهان آبیاری نشده و تا حدودی نسبت به گیاهان آبیاری شده در سایر مراحل نمو افزایش می دهد[۱۷۱]. افزایش عملکرد در نتیجه ی آبیاری در مرحله ی غلاف دهی بخاطر افزایش تعداد دانه ی قابل برداشت در بوته بوده است[۱۱۶،۱۷۱].

۳-۱-۴-تنش رطوبتی خاک در مرحله ی دانه بندی

نتایج یک بررسی سه ساله حاکی از آن است که مرحله ی دانه بندی بحرانی ترین مرحله نسبت به رطوبت جهت حصول حداکثر عملکرد دانه می باشد[63]. تنش رطوبتی در اواخر مرحله ی دانه بندی بر تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته اثری نداشته است. در اثر تنش کمبود آب در اواخر مرحله ی دانه بندی، عملکرد دانه کاهش یافته است[۱۷۱،۸۰]. گزارشات دیگری حاکی از آن است که کمبود آب در مرحله ی دانه بندی ارقام رشد نا محدود سبب حذف تخمک در بعضی از غلاف ها و ریزش آنها شده است. این امر تعداد دانه را در بوته کاهش داده که منجر به کاهش عملکرد دانه شده است[۱۴۷]. در شرایط اقلیمی مزرعه ی آزمایشی دانشگاه نبراسکا با میزان بارندگی حدود ۴۵۰ میلیمتر در طول فصل رشد و نمو سویا ،یک بار آبیاری در مرحله ی دانه بندی وزن صد دانه را بطور معنی داری نسبت به شاهد، افزایش داد[۷۴]. بین تعداد دانه ی این تیمار با شاهد اختلاف معنی داری دیده نشد[۷۴،۱۴۷].

۳-۱-۵-تنش رطوبتی خاک در مرحله ی رسیدگی

کمبود آب خاک در مرحله ی رسیدگی سویا سبب مرگ زودرس برگ ها ، توقف عمل پرشدن دانه، کاهش وزن صد دانه و در نتیجه کاهش عملکرد نهایی دانه می شود[۵۶،49]. مطالعه ی اثرات تنش کمبود آب در مراحل مختلف نمو سویا نشان داده است که کمبود آب در مرحله ی رسیدگی بر تعداد دانه در بوته اثری ندارد[۱۱،۱۷۱].

۳-۲- تأثیر خشکی بر سرعت نمو گیاه

کمبود رطوبت موجب کاهش رشد و نمو سویا می گردد و این کاهش به درجه ی اعمال تنش و زمان وقوع آن بستگی دارد[59]. تنش خشکی موجب کاهش طول دوره ی گلدهی در سویا می شود. کمبود آب ،سرعت رویش گیاه را از طریق کاهش سطح برگ و فتوسنتز کاهش می دهد[38].با اعمال تنش خشکی فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده وغلظتABA(اسید آبسزیک) افزایش می یابد. افزایش سیتوکینین و اتیلن در گیاهان تنش دیده به منظور کنترل اثرABA ،منجر به سریع تر رسیدن میوه ها دراین گیاهان می شود[18] . تنش خشکی باعث افزایش نمو سویا و کاهش طول دوره ی رویشی آن نسبت به گیاهان آبیاری شده می گردد. گیاهان سویایی که درحین مرحله ی تشکیل گل با تنش خشکی مواجه می شوند، دوره ی گلدهی کوتاه تری خواهند داشت[12].طبق گزارشات، استرس خشکی در مراحل رو به پایانی فاز زایشی سویا ،باعث تسریع پیری گیاه وکاهش دوره ی پرشدن دانه می گردد[۵۹].

استرس خشکی درهنگام رشد گره های سویا باعث تأخیر درظهور آنها و تسریع درشکل گیری اندام زایشی سویا می گردد[۱۶۵،۱۱۳،۱۱۸].نتایج برخی تحقیقات نشان می دهد که محدودیت آب، رسیدگی گل ها را بین ۳تا ۷ روز باتوجه به طول دوره ی تنش تسریع می کند[۷۷،۵۹].

۳-۳-اثر خشکی برفتوسنتز و هدایت روزنه ای

خشکی، سرعت فتوسنتز را در سویا کاهش داده و متابولیسم کربوهیدرات ها در برگ را مختل می سازد[118]. ABA در جریان تنش خشکی در ریشه ساخته شده و سپس از راه آوند چوبی به سمت برگ صعود کرده و هدایت روزنه ای را کاهش می دهد[167].

A_{MAX} (سرعت فتوسنتز در نور اشباع) و g_s (هدایت روزنه ای) سویاهای تنش دیده پس از ۸ تا ۹ روز،نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. رابطه بین g_s و A_{MAX} با یک تابع نمایی قابل تشخیص است.

A_{MAX} و g_s درسویای تحت تنش خشکی و کم آبی نشان می دهد که g_s درسویا به خشکی حساس تر است[123].

g_s در شرایط استرس شدید توسط ψpL(فشار تورگر برگ) و در استرس خشکی ملایم توسط ABA ترشح شده از نوک ریشه کنترل می شود [۱۲۵،۱۲۳،۱۷]. اسید آبسزیک درگیاهان تنش دیده به شکل مستمر و درمقادیر کم درکلروپلاست تجمع می یابد. وقتی مزوفیل دچار پسابیدگی ملایم می شود، مقداری از ABA ذخیره شده درسلول های مزوفیل به آپوپلاست آزاد می شود. امکان دارد جریان تعرق مقداری از ABA را به سلول های محافظ روزنه منتقل کند و سپس سرعت ساخت خالصABA افزایش یابد[۲۲،۲۱،۱۷].

بسته شدن روزنه باتوزیع مجدد ABA ذخیره شده در کلروپلاست به داخل آپوپلاست شروع می شود[23].روزنه ها می توانند به پیام های ریشه ای عکس العمل نشان دهند[123]. در آزمایشی روی گیاه کاملینا (*Commelina communis*) مشخص شد که کمبود آب باعث افزایش قابل توجهی در غلظت ریشه ها می گردد[۹،۱۸].

بررسی اثرات نسبی تنش آب بر فتوسنتز و انتقال مواد در سورگوم، نشان داد که فتوسنتز تحت تأثیر تنش واقع شده ولی انتقال مواد تا زمان تنش خیلی شدید تحت تأثیر قرار نگرفت [18]. هنگامی که احتمال می رود که هوای خشک موجب تحمیل تنش آب شود (یک واکنش پیش خور) یا زمانی که گیاه مرحله ی ابتدایی تنش آب را تجربه کند (یک واکنش پس خور) اتلاف آب محدود می شود[۱۸].در محیط های خشک این دو سازو کار اغلب سبب بسته شدن روزنه ها در اواسط روز شده و بنابراین باعث کاهش فتوسنتز می شوند[22]. درطی رشد رویشی سویا، کل فتوسنتز بوته های درمعرض تنش آب کاهش می یابد. این کاهش به علت کاهش سرعت تثبیت کربن در واحد سطح است. همچنین کاهش فتوسنتز می تواند به علت کاهش مساحت سطح فتوسنتز کننده (کم شدن سرعت توسعه برگ) وتسریع پیری برگ باشد[۳،۷۸].

اثرات تنش آب بر سرعت فتوسنتز برگ های سویا در پتانسیل های آب برگ حدود ۱- تا ۱/۲- مگاپاسکال به سهولت قابل تشخیص است[۳].باکاهش بیشتر پتانسیل آب برگ به حدود ۱/۸- مگاپاسکال، سرعت فتوسنتز به سرعت کاهش می یابد. با کاهش بیشتر پتانسیل آب برگ، کاهش تدریجی سرعت فتوسنتز ادامه می یابد[۳۷،۲۲،۳]. اثرات تنش آب بر سرعت فتوسنتز تا پتانسیل آب برگ حدود ۱/۶- مگاپاسکال یا کمتر برگشت پذیر است[3].هنگامی که آب برای گیاه محدود می شود غلظت ABA خاک افزایش می یابد و چنین القا می کند که احتمالاً ریشه ها خشکی را از طریق ABA احساس می کنند[۱۴۰،۱۶۷،۱۰۹]. به دلیل آنکه وجود NaCl از تجزیه ی میکروبی ABA خاک جلوگیری می کند، غلظت ABA نیز در خاک های قلیایی روبه فزونی می گذارد. این حالت ممکن است مکانیزمی برای درک پتانسیل اسمزی پایین در خاک باشد[۱۲۳،۲۲]. کاهش هدایت روزنه ای متأثر ازABA، هم نوعی واکنش ممانعت از باز شدن روزنه وهم واکنش تحریک بسته ماندن را سبب می شود[123]. این موضوع نتیجه ممانعت ABA ازمسیری است که اجازه ورود K^+ را می دهد.همچنین ABA باعث فعال سازی مسیر خروجی K^+می شود[۱۲۳،۲۲،۹].کلسیم به عنوان پیام آور ثانویه دربسته شدن مسیر ورودیK^+ نقش دارد. ABA غلظت کلسیم در سایتوسل را افزایش می دهد که خود سبب بسته شدن مسیر ورودیK^+ می شود[۲۲،۹].

مسیر خروجی تحت تأثیرCa^{2+} قرار نمی گیرد[22]. تأثیر مستقیم پتانسیل پایین آب بر فتوسنتز درکلروپلاست های جدا شده از برگ گیاه آفتابگردان که در معرض پسابیدگی بوده اند مورد بررسی های دقیقی قرار گرفت. در کلروپلاست های جدا شده از آفتابگردان که پتانسیل آب آنها به زیر۱- مگاپاسکال کاهش یافته باشد، فعالیت انتقال الکترون و همچنین فسفوریلاسیون نوری کاهش می یابد. چنین تأثیراتی نشان دهنده ی آسیب به غشاهای تیلاکوئیدی کلروپلاست وپروتئین سازندهATP (کمپلکس CF_0-CF_1) است. بعلاوه دربرگ های آب ازدست داده، احتمال افزایش غلظت منیزیم (Mg) نیز وجود دارد. این افزایش سبب تشدید اثرات بازدارندگی پتانسیل پایین آب برفتوسنتز می شود [۱۶۷،۱۲۳،۲۲،۹].

براساس مدلی که درحال حاضر برای تبیین نقش ABA دربسته شدن روزنه ها وجود دارد،تشخیص اولیه ی تنش آب در برگ ها از راه تأثیر آن بر فتوسنتز است. توقف انتقال الکترون وفسفوریلاسیون نوری درکلروپلاست ها سبب اختلال درتجمع پروتون ها درلیومن تیلاکوئید شده و موجب کاهش pH استروما می گردد[۱۱۹،۱۶۷،۱۱۸]. شیب pH حاصل سبب شروع آزادسازی آبسزیک اسید (ABA) از سلول های مزوفیلی به داخل آپوپلاست می گردد. ABA تولیدی به همراه حرکت آب در آوندها (دراثر تعرق) به سلول های محافظ روزنه می رسد[۹،۲۲،۱]. دربرخی موارد به نظر می رسد در پاسخ به کم شدن آب خاک و قبل از هرگونه کاهش در تورم سلول های مزوفیلی، روزنه ها بسته می شوند [22].مطالعات متعددی نشان داده است که نوعی سیستم کنترل ریشه ای وجود دارد که اطلاعات را به روزنه ها می فرستد[۱۲،۱۰].

کاهش فتوسنتز گیاهان درمعرض تنش خشکی می تواند به علت کاهش جذب نور در اثر کاهش سطح برگ ویا پیری تسریع شده ی برگ ها باشد. همچنین کاهش درتثبیت CO_2 می تواند ناشی از بسته بودن روزنه ها و یا تخریب مکانیسم های فتوسنتزی به علت تنفس نوری باشد[۱۲۳،۷۷،۱۱۹].

غالب کاهش تثبیتCO_2 درگیاهان تحت تنش خشکی به علت بسته شدن روزنه ها می باشد[۳۳،۱۲۳]. نتایج برخی تحقیقات نشان می دهد که کاهش فتوسنتز گیاهان مواجه شده با تنش خشکی می تواند به علت کاهش درانتشار CO_2 باشد.این درحالی است که فشار CO_2 داخل گیاه نسبتاً ثابت باقی می ماند[۱۷،۳،۱].بنابراین تصور نمی شود کاهش هدایت روزنه ای عامل اصلی کاهش فتوسنتز در این گیاهان تحت تنش خشکی باشد. تأثیر استرس خشکی شدید بر روی فتوسنتز به عوامل غیر روزنه ای ربط داده می شود[۱۱۸]. شدت استرس برای تصمیم گیری دراین مورد که آیا عوامل روزنه ای برفتوسنتز اثر می گذارند یا خیر، مهم است؛ به عنوان مثال می توان به بازدارندگی فعالیت مزوفیل علاوه بر بسته بودن روزنه ها در شرایط تنش شدید ویا طولانی اشاره کرد[۲۲،۱۱۸].

۳-۴- تنظیم اسمزی درشرایط تنش خشکی

با خشک شدن خاک پتانسیل آب آن منفی می شود.گیاهان تا زمانی می توانند آب جذب کنند که پتانسیل آب آنها پایین تر از منبع آب باشد[23]. تنظیم اسمزی با ذخیره ی املاح محلول توسط سلول ها، فرآیندی است که می تواند بدون اینکه پتانسیل فشار را کاهش دهد، پتانسیل آب سلول را کاهش دهد[21]. معمولاً قسمت عمده ی تنظیم اسمزی می تواند از طریق افزایش غلظت مواد محلول رایج از جمله قندها، اسیدهای آلی و یون ها (بخصوص K^+) تداوم یابد[۶۰،۱۸،۲۱]. نشان داده شده است که در غلظت های بالای یون ها فعالیت آنزیم های جدا شده از سیتوسول سلول های گیاهی ، شدیداً مختل می شود[۱۸]. به نظر می رسد تجمع یون ها درطی تنظیم اسمزی عمدتاً درون واکوئل ها صورت می گیرد. در واکوئل یون ها با آنزیم های سیتوسل یا اندامک های بین سلولی درتماس نیستند. به خاطر این نحوه تخصیص، یون های دیگر مواد محلول باید برای حفظ تعادل پتانسیل آب داخل سلول در سیتوپلاسم تجمع یابند. این املاح محلول که محلول های سازگار (یا اسمولیت های سازگار) نامیده می شوند، ترکیبات آلی هستند که با اعمال آنزیم ها تداخل ندارند[29]. به عنوان مثال پرولین به طور طبیعی یک اسید آمینه سازگار می باشد[۲۲،۹،۲۹،۷۳]. تنظیم اسمزی در واکنش به از دست دادن آب بافت به آرامی اتفاق می افتد. هنوز مشخص نیست که تنظیم اسمزی یک واکنش مستقل وبدون واسطه درمقابل کمبود آب است یا درنتیجه عوامل دیگر نظیر کاهش سرعت رشد اتفاق می افتد[17]. برگ هایی که توانایی تنظیم اسمزی را دارند می توانند نسبت به برگ های فاقد چنین توانایی، درپتانسیل های آب پایین تر، پتانسیل فشاری مناسب تری داشته باشند. حفظ پتانسیل فشار،می تواند تداوم طویل شدن سلول و هدایت روزنه ای بالاتر را در پتانسیل های کمتر آب فراهم می کند[123]. تنظیم اسمزی تحمل واقعی به از دست دادن آب را افزایش می دهد ولی اثر عمده ای در تولید محصول ندارد[۲۴،۲۵].

با خشک شدن خاک،پتانسیل آب خاک کاهش یافته و سلول های زنده برای تنظیم وضعیت آب خود با انباشتگی ترکیبات فعال اسمزی، پتانسیل اسمزی را کاهش می دهند[۱۳۵،۹،۲۹،۱۲۳].درنتیجه ی

افزایش غلظت مواد اسمزی، سلول ها با آبگیری بیشتر تورم بیشتری خواهند داشت[119]. مواد اسمزی محلول یا مواد محلول سازگار، شامل گلایسین بتائین، سوربیتول و پرولین می باشند[140]. این ترکیبات هزینه ی بالایی برای تجمع نداشته، قطبی و بسیار محلول بوده و پوسته ی هیدراسیون (لایه ای از مولکول های آب احاطه کننده ی هر مولکول) بزرگتری دارند. این مواد درغلظتی ازNaCl که شدیداً محدود کننده ی فعالیت آنزیم هاست، هیچ تأثیری برفعالیت آنزیم ها ندارند[۲۲].

برخی ازاین مواد محلول سازگار (مثل سوربیتول و مانیتول و پرولین) می توانند به عنوان هیدروکسیل خنثی کننده ی مواد مضر عمل کنند. برخی از گیاهان زمانی که باخشکی مواجه می شوند فروکتانت ها(یعنی مولکول گلوکز متصل به دو یا تعداد بیشتری از مولکول های فروکتوز) را در خود انباشته می کنند.تجمع فروکتانت ها مقاومت بیشتر به خشکی را در پی دارد .این ترکیبات نه تنها تاحدی نقش تنظیم اسمزی را برعهده دارند بلکه احتمالاً در محافظت از غشاها نیز موثرند[۲۲،۱۴۰،۲۹،۱۳۶].گیاهان تغییر شکل یافته ژنتیکی توتون (*Nicotina tabacum*) که دارای اطلاعات ژنتیکی برای تجمع فروکتانت ها هستند نسبت به گونه های وحشی مقاومت بیشتری در مقابل خشکی نشان می دهند[۲۲]. تنظیم اسمزی به دلیل افزایش غلظت مواد محلول دراثر فرآیند های متابولیکی است که از تنش نشأت می گیرند[۳۳،۱۶۷].

در تعداد زیادی از گیاهان، پرولین از گلوتامین موجود در برگ ها ساخته می شود[119].محققان درآزمایش بر روی سلول های گوجه فرنگی که درمعرض تنش قرار گرفته بودند، نشان دادند که پس از پلاسمولیز اولیه، سلول ها به سرعت شروع به تجمع پرولین نمودند.این فرآیند باعث شد تا تورم از دست رفته، مجدداً ایجاد گردد[22,140]. همه ی گیاهان قادر به تنظیم اسمزی نیستند. مثلاً چغندر بعنوان یک گیاه تنظیم کننده ی اسمزی شناخته شده است ولی ماش این توانایی را ندارد. درعوض ماش با داشتن روزنه های بسیار حساس اقدام به بستن روزنه ها درمعرض تنش کرده و از پسابیدگی جلوگیری می نماید[۳۷،۹]. باید تأکید کرد که حداقل درارتباط با جذب خالص دی اکسید کربن، تنظیم اسمزی در دراز

مدت نسبت به بسته شدن روزنه ها مزیتی ندارد. اگرچه چغندر قادر است با وجود پتانسیل آب پایین تر برگ به فتوسنتز ادامه دهد، ولی این مزیت درمقایسه با ماش چندان دوامی نخواهد داشت. پس از گذشت یک یا دو روز، اتلاف آب، تنظیم اسمزی را تحت تأثیر قرار خواهد داد ودر دراز مدت جذب کربن درگیاه چغندرقند کاهش می یابد[۱۳۴،۹،۳۷].

تحقیقات بر روی بزرگ شدن برگ های ذرت و ذرت خوشه ای تاثیر تنظیم فشار اسمزی را روشن ساخت[۲۲]. درشرایطی که تنش، متوسط یا شدید باشد غلظت اسید آمینه ی پرولین نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش می یابد. پرولین به عنوان مخزن ذخیره ازت و یا ماده محلولی که پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می دهد عمل کرده و گیاه را درتحمل تنش یاری می نماید[۲۵،۲۸]. درشرایط کمبود آب فعالیت اغلب آنزیم ها (مثلاً آنزیم احیا کننده ی نیترات) کاهش می یابد. لیکن فعالیت برخی آنزیم های هیدرولیز کننده، مثلاً آمیلاز افزایش می یابد[۲۳،۱۸].

۳-۵- اثرات تنش خشکی بر عملکرد گیاه

عملکرد نهایی گیاه ماحصل نتایج اثرات محیطی بر رشد ، فتوسنتز ، تنفس ، فرآیندهای متابولیکی و غیره می باشد . حداکثر عملکرد معمولا وقتی بدست می آید که رطوبت خاک بین ظرفیت زراعی و یک دامنه ی بحرانی رطوبتی، بالاتر از نقطه ی پژمردگی دائمی ، نگه داشته شود. این دامنه ی بحرانی ، به نوع گیاه ، مرحله نمو ، نوع محصول ، خصوصیات خاک و شرایط محیطی محل رویش گیاه ، بستگی دارد[10]. فرآیند ها و اندام های زایشی که در تعیین عملکرد نقش دارند عبارتند از: نمو گل ها و غلاف ها، تعداد تخمک ها در غلاف و پر شدن دانه که همگی ممکن است تحت تاثیر تنش رطوبتی قرار گیرند[32،۱۴۶]. عملکرد نهایی توسط عکس العمل متقابل ژنوتیپ گیاه با محیط رشد تعیین می گردد. عملیات زراعی از طریق تغییر محیط رشد گیاه بر عملکرد تاثیر می گذارد . اجزای عملکرد دانه در سویا شامل تعداد غلاف در بوته ، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه می باشند.این اجزا تحت تاثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط قرار

می گیرند و غالبا ما را در توجیه علت کاهش عملکرد یاری می نمایند[9].تنش رطوبتی خاک یکی از عواملی است که می تواند به طور معنی داری عملکرد و اجزای عملکرد سویا را تحت تاثیر قرار دهد[47]. در صورت مواجه شدن گیاه با شرایط کمبود رطوبت اندازه ی قسمت هوایی گیاه در زمان گلدهی، ارتفاع ساقه و کل سطح برگ تاثیر زیادی بر روی عملکرد نهایی گیاه دارد. خسارت وارده به هر یک از آنها کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت[144،۱۴۸]. تنش آب عمدتا از طریق تاثیر بر فتوسنتز، عملکرد را به مقدار زیادی کاهش می دهد[181]. میزان کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب به ژنوتیپ ، مرحله ی نمو گیاه ، شدت کمبود و طول مدت کمبود بستگی دارد. وقتی عملکرد دانه مورد نظر است زمان بروز تنش با شدت تنش اهمیت یکسانی می یابد[9]. اثر خشکی بر عملکرد بستگی به میزان در دسترس بودن آب در خاک دارد.

عملکرد سویا در اثر آبیاری حدود ۲۲ درصد نسبت به شاهد آبیاری نشده افزایش دارد[۹۹]. عملکرد دانه ی سویا به صورت خطی تحت تاثیر مصرف آب قرار می گیرد[۱۴۲]. با کاهش میزان مصرف آب عملکرد دانه به طور قابل توجهی کاهش پیدا می کند. محققان زیادی کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه را در نتیجه ی تنش رطوبت گزارش کرده اند[۶۴،۴۷،۱۲۸،۱۳۸].

اختلاف بین ارقام رشد محدود و رشد نامحدود زمانی ایجاد می شود که رشد ساقه ی اصلی در رقم رشد محدود پایان می یابد. در واقع رشد رویشی ساقه ی اصلی ارقام رشد محدود در ابتدای گلدهی[40] و یا مدتی بعد از آن متوقف می شود[69]. همین طور در ارقام رشد نامحدود رشد ساقه، تولید گره و برگ تا چند هفته بعد از گلدهی نیز ادامه دارد[40]. در ارقام رشد نامحدود همزمانی رشد رویشی و زایشی سبب ایجاد رقابت در گیاه می شود و مواد فتوسنتزی قابل دسترس در گیاه کاهش می یابد[۳۰]. همین امر سبب ریزش و کاهش تعداد غلاف ها شده و کاهش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت. البته به خاطر طولانی تر بودن طول دوره ی گلدهی تا اندازه ای اثرات رقابت ایجاد شده جبران می شود ولی در ارقام رشد محدود رقابت کمتری وجود دارد، بنابراین حدس زده می شود که در شرایط مناسب این ارقام توان تولید عملکرد

بیشتری را دارا باشند. مهمترین عوامل موثر بر اجزای تشکیل دهنده ی عملکرد تعداد گره ی دارای غلاف و تعداد دانه ی تشکیل شده در هر گره است. به استثنای شرایط نامطلوب، توان عملکرد به طور عمده توسط حوادث قبل از پر شدن دانه تعیین می شود. در روش هایی که برای کسب حداکثر عملکرد اتخاذ می شود بهتر است در وهله ی اول افزایش تشکیل دانه یا کاهش ریزش تخمک یا دانه مورد توجه قرار گیرد[28]. شواهد زیادی وجود دارد که عملکرد دانه، به طور عمده تابع تعداد دانه ی تولید شده است[82]. ریزش گل ها و غلاف ها در مراحل معینی از دوره ی رشد بیشتر از مراحل دیگر است. مراحل عمده ی ریزش با مراحل رشد سریع جنین مصادف است در نتیجه می توان بیان داشت که دلیل عمده ی ریزش دانه یا تخمک نبودن مقدار آب کافی است[۲۸].

ریزش گل ها و غلاف ها در مراحل معینی از دوره ی رشد بیشتر از مراحل دیگر است. فتوپریود طولانی، دمای زیاد، کمبود عناصر غذایی و تنش آب از جمله عواملی هستند که ریزش گل و غلاف را شدت می بخشند[126،۱۵۶]. بنابراین وقتی که فصلی خشک در پیش رو داریم بهتر است در مرحله ی رشد زایشی آبیاری را کمی زودتر انجام دهیم[34]. در طی رشد رویشی ممکن است ذخایر آب خاک تخلیه گشته و مقدار آب موجود برای طی دوره ی زایشی کافی نباشد[164]. از این رو انجام آبیاری در اوایل این دوره، ضروری به نظر می رسد[129]. با برداشت ۵۰تا۷۰ درصد از گل های بوته ی سویا می توان مشاهده نمود که تعداد غلاف ها در هر گره از گره های گلدار افزایش می یابد. اگر چه عملکرد در اثر کمبود آب کاهش می یابد، ولی سویا قادر است از طریق تنظیم ریزش گل ها،بدون آنکه تاثیر زیادی در عملکرد داشته باشد ،دوره ی خشکی کوتاه مدت را تحمل کند. به همین دلیل احتمال دارد ریزش گل و غلاف که در شرایط کمبود آب ایجاد می گردند علل چندان مهمی برای کاهش عملکرد دانه به شمار نیایند[46].در حالی که برخی محققین [187] معتقدند، تنش رطوبتی طولانی در مرحله ی گلدهی منجر به کاهش معنی داری در عملکرد دانه می شود. برخی دیگر از محققین [129] زمان تشکیل جوانه ی گل و گلدهی را حساسترین مرحله به تنش رطوبتی می دانند. تنش در مرحله ی گلدهی علاوه بر کاهش وزن خشک

گیاه، کاهش بار تولید مثلی و تعداد بذر را هم در پی خواهد داشت[۱۷۶]. ریزش مقدار کمی گل و غلاف یک امر طبیعی است ولی تنش خشکی در طی اوایل رشد زایشی ممکن است ریزش گل ها و غلاف ها را افزایش دهد[۱۱۳]. بنابراین عدم دسترسی به رطوبت مهمترین عامل موثر بر ریزش گل و غلاف می باشد. تامین رطوبت کافی مانع ایجاد تغییرات تخریبی در منطقه ی ریزش دمگل ها می شود[130]. قابلیت ترمیم و جبران پذیری اجزای عملکرد دانه در مواجه با تنش، به گیاه سویا از نظر عملکرد مقداری ثبات می بخشد[۲۸]. کمبود آب در اوایل دوره ی گلدهی منجر به کاهش کمتر از ۱۰ درصد عملکرد می شود. ریزش گل و غلاف در قسمت های پایین تر بوته روی می دهد، ولی با تشکیل غلاف بیشتر در گره های بالاتر ، این تلفات تقریبا خنثی می شود. طی اواسط دوره ی گلدهی تا اوایل تشکیل غلاف، تلفات قابل ملاحظه ی گره های پایین تر بوته ، تا حدودی با افزایش دانه در گره های بالاتر و افزایش اندازه ی دانه در گره های پایین تر جبران می شود. در واقع اثرهای عمده ی کاهش تعداد غلاف در بوته، به تعداد دانه در هر غلاف و اندازه ی دانه بستگی دارد.

بعضی از محققان براین عقیده اند که مراحل تشکیل و پر شدن غلاف نسبت به کمبود آب از حساسیت زیادی برخوردار است. محققان دیگر [۱۲،۱۰۲،۶۴] تاثیر سوء تنش کمبود آب بر عملکرد دانه را در مرحله ی گلدهی کمتر از سایر مراحل نمو زایشی می دانند. نتایج یک بررسی نشان می دهد که مراحل گلدهی و پر شدن غلاف ها از حساسترین مراحل به تنش رطوبتی می باشند در حالی که برخی محققان [178] حساسیت مرحله ی گلدهی را بیش از مراحل تشکیل و پر شدن غلاف می دانند. برخی تحقیقات نشان می دهند که با وجود کاهش عملکرد در نتیجه ی تنش در مرحله ی گلدهی ، کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب در مرحله تشکیل غلاف یا رشد دانه بیشتر است[۱۲،۳۴]. زمان های مختلف تنش تاثیر متفاوتی بر اجزای عملکرد ایجاد می کند[۱۳۸]. چون تعداد غلاف به طور عمده در اوایل دوره ی زایشی مشخص می شود وقوع تنش در اوایل این دوره، تعداد غلاف در گیاه را به شدت کاهش می دهد [۱۳۸،۱۰۲،۳۴،۳۲]. با کاهش تعداد غلاف، عملکرد که همبستگی بالایی با تعداد غلاف دارد کاهش می

یابد[171]. کمبود آب در تمام فصل رشد سویا باعث کاهش عملکرد دانه می شود[64]. در آزمایشی حداکثر کاهش میزان محصول به هنگام وقوع کمبود آب در زمان تشکیل دانه بدست می آید. وقوع تنش رطوبتی طی مدت ۱۵ روز قبل از گلدهی از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته و طی ۲۲ روز بعد از شروع گلدهی از طریق کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف بر عملکرد تاثیر می گذارد[153،۱۸۴].

در بررسی ها نشان داده شد که میزان عملکرد در تمام گیاهانی که دچار کمبود رطوبت بودند کمتر از گیاهانی بود که رطوبت کافی دریافت نمودند[۲۶]. در این بررسی ها بیشترین کاهش عملکرد در اثر کمبود آب در زمان تشکیل دانه مشاهده شد. کمبود آب در مرحله ی گلدهی سبب کاهش تعداد غلاف گردید. وقتی که کمبود آب در زمان قبل از گلدهی و یا در مرحله ی پر شدن غلاف اتفاق افتاد از وزن دانه کاسته شد. این کاهش وزن ممکن است در اثر ریزش برگ و یا کوتاه شدن دوره ی تشکیل دانه باشد. در ارقام رشد محدود و رشد نامحدود میزان روزانه ی تجمع وزن قسمت های زایشی به ترتیب ۱۳۳/۳ و ۹۱/۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. در واقع سرعت پر شدن دانه در ارقام رشد محدود بیشتر است[70]. تفاوت عمده در عملکرد دانه به طول دوره ی رشد دانه بستگی دارد تا میزان رشد روزانه[26].طول دوره ی پر شدن دانه که یک ارتباط مثبت با عملکرد دانه دارد[58]، تحت تاثیر دوره ی غلاف دهی است.این دوره نیز تابعی از شرایط محیطی در دوره ی گلدهی می باشد. بدین طریق عوامل محیطی می توانند بر طول دوره ی پر شدن دانه تاثیر بگذارند[70]. بررسی اثرات نه رژیم آبیاری بر روی ۱۶ رقم سویا پس از سه سال آزمایش نشان داد که آبیاری در هر یک از مراحل R_1 ،R_2،R_3 ،تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف را به طور معنی داری نسبت به گیاهان آبیاری نشده افزایش می دهد[102،۱۸۶]. همچنین آبیاری در مراحل R_5 و R_6 اختلاف معنی داری را در تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد (بدون آبیاری) باعث نمی شود. بیشترین وزن صد دانه در این شرایط به علت تعداد دانه ی کمتر به دست می آید. انجام آبیاری قبل از مرحله ی غلاف دهی کامل تعداد دانه را افزایش داده که ناشی از افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه

در غلاف می باشد. با زیاد شدن تعداد دانه وزن هر دانه، کاهش یافت که این منجر به کاهش ویگور بذرها گردید[176].

۳-۶- اثرات عمومی خشکی بر رشد

به نظر می رسد اولین واکنش های انجام شده در برابر تنش، بیش از آنکه تحت تاثیر واکنش های شیمیایی مربوط به پسابیدگی قرار گیرند، تحت تاثیر وقایع بیوفیزیک است[59]. با کاهش میزان آب گیاه، سلول ها چروکیده شده و دیواره ی سلولی سست می شود[23].کاهش حجم سلول باعث پتانسیل فشاری کمتر و غشای پلاسمایی ضخیم تر و فشرده تر می شود. کاهش پتانسیل فشاری اولین اثر حجم بیوفیزیکی تنش آب است. به نظر می رسد فعالیت های وابسته به پتانسیل فشاری، حساسترین واکنش ها نسبت به کمبود آب هستند[21]. توسعه ی سلول فرایندی وابسته به پتانسیل فشاری بوده و شدیداً به کمبود آب حساس است. توسعه ی سلول توسط رابطه ی زیر بیان می شود[9].

$$GR = m(P - y)$$

GR = سرعت رشد، P= پتانسیل فشاری و y = آستانه ی عملکرد (فشاری که پایین تر از آن دیواره ی سلولی به تغییر شکل غیرقابل برگشت یا پلاستیک مقاومت نشان می دهد) و(m) قابلیت توسعه ی دیواره ی سلول (عکس العمل دیواره به فشار) است. زمانی که تنش مقدارP راکاهش می دهد، نه تنها رشد کم می شود بلکه P باید فقط تا مقدار y کاهش یابد، (نه اینکه به صفر برسد) تا توسعه ی سلول کاملاً متوقف نگردد[۱۷،۱۸].

درآزمایشی بوته های آفتابگردان درمعرض دوتیمار آبیاری مختلف قرار گرفتند و وابستگی گسترش سطح برگ با فشار آب در برگ آنها مورد بررسی قرار گرفت. کاهش قابلیت توسعه (m) و هم افزایش آستانه ی آماس برای رشد (y) سبب محدودیت رشد برگ بعد از مواجه شدن با تنش می شود[1].

در شروع تنش آب، ممانعت از رشد سلولی منجر به کاهش توسعه ی برگ ها می شود [2]. سطح برگ کمتر، موجب جذب آب کمتر از خاک و کاهش تعرق می شود[105]. مقداری آب به شکلی موثر برای استفاده ی یک دوره ی طولانی تر در خاک نگهداری می شود. محدودیت سطح برگ می تواند اولین خط دفاعی برای مقابله با خشکی باشد[۱۰۵،۱۱۷،۸۳]. در برگ های سالم تنش آب نه تنها پتانسیل فشاری را پایین می آورد بلکه ضمن کاهشm، y را نیز افزایش می دهد. بطور طبیعی گیاهان در شرایط بدون تنش زمانی بیشترینm را دارند که محلول دیواره ی سلولی، کمی اسیدی باشد[1].تنش، مقدار m را به علت ممانعت از انتقال یون های H^+ از سلول به داخل فضای دیواره ی سلولی و کاهشpH به حد مورد نیاز کاهش می دهد[38]. گیاهان دچار کمبود آب تمایل به آبگیری در شب داشته و درنتیجه رشد برگ درشب انجام می شود[۱،۳۸،۸۸]. تنش آب نه تنها اندازه ی برگ های منفرد را محدود می کند بلکه در گیاهان رشد نامحدود تعداد برگ ها نیز به علت کاهش تعداد و سرعت رشد شاخه ها، محدود می شود[18].

اگر گیاهان بعد از کامل شدن سطح برگ با تنش آب مواجه شوند، برگ ها پیر شده و درنهایت ریزش می کنند[108].این تنظیم سطح برگ، تغییر طولانی مدتی است که موجب بهبود در سازگاری گیاه در محیط های کم آب می شود[117]. فرایند ریزش برگ درطول تنش آب تا حدود زیادی حاصل افزایش سنتز و حساسیت به هورمون اتیلن در درون گیاه است[۱۷]. در سه نوع تیمار آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید بر روی گیاه پنبه، درگیاهانی که بطور شدید دچار تنش شده اند، فقط تعداد کمی از برگ های ساقه باقی ماند[18].

زمانی که جذب آب از خاک محدود شود، فرایند توسعه ی برگ سریع تر و به میزان بیشتری نسبت به فتوسنتز تحت تأثیر قرار می گیرد[22].جلوگیری از توسعه ی برگ، میزان مصرف کربن و انرژی را کاهش داده وسهم بیشتری از مواد اسیمیله شده ی گیاه می تواند در سیستم توزیع شود. درنتیجه ریشه ها می توانند رشد بیشتر گیاه را باعث شوند[109]. با کاهش پتانسیل آب انتهای ریشه تا ۰/۸۵-

مگاپاسکال، ریشه به رشد طبیعی خود ادامه می دهد. با کاهش پتانسیل آب بافت به ۱/۴- مگاپاسکال رشد ریشه متوقف می شود[۱]. اثرات تنش آب بر رشد عمدتاً به فرایندهای فیزیولوژیکی بر می گردد تا این که مربوط به فتوسنتز باشد[122]. بسیاری از فرایندها در گیاهان نسبت به هدایت روزنه ای و فتوسنتز در مقابل کاهش پتانسیل آب بسیار حساس تر می باشند. کاهش رشد در پتانسیل پایین آب خاک به احتمال زیاد به دلیل ممانعت از فرایندهای خیلی حساس مثل طویل شدن سلول و سنتز پروتئین خواهد بود[22]. قسمتی از فرایندهای کاهش رشد سلول و گیاه در مواجه با تنش توسط ABA کنترل می شود[۹۶].

۳-۶-۱- اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته

معمولا افزایش ارتفاع بارزترین تغییر ناشی از رشد در اغلب گیاهان است[25]. تغییرات در ارتفاع گیاه مشابه تغییرات تعداد گره روی ساقه ی اصلی است[69]. ارتفاع ساقه اصلی می تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله عوامل ژنتیکی[72]، تاریخ کاشت[31]،طول روز، وضعیت تغذیه ی گیاه[192]، تراکم [104]، فاصله ی ردیف[131،۱۱۴] و رطوبت قابل دسترس[64] واقع شود. بررسی اثر عوامل مختلف بر ارتفاع گیاه به لحاظ اینکه افزایش ارتفاع سبب افزایش خطر ورس می شود حائز اهمیت است[52]. اهمیت این مساله در ارقام رشد نامحدود به خاطر ارتفاع زیاد بوته ها بیشتر از ارقام رشد محدود است. بنابراین لازم است تصمیم گیری در مورد عملیات زراعی موثر بر ارتفاع گیاه، مانند آبیاری و کود دهی در این ارقام با دقت بیشتری صورت گیرد[34].

بعضی از محققان گزارش کرده اند که در پایان فصل رشد ارتفاع نهایی در گیاهان آبیاری شده و بدون آبیاری یکسان بوده است[161،95]. دلیل این امر شرایط آب و هوایی خاص منطقه است. در واقع هرچند گیاه در مدت تنش خشکی آرام تر رشد می کند، ولی به محض تامین رطوبت، رشد آن سریع تر شده و همین امر سبب می شود که در نهایت با گیاهان آبیاری شده ارتفاع تقریبا یکسانی پیدا کنند[95].

ارتفاع بوته بیش از هر عامل دیگر تحت تاثیر رقم می باشد[101،112] و از ۶۰ سانتیمتر[50] تا بیش از ۱۰۰ سانتیمتر[101] متغیر است. در ارقام رشد نامحدود سرعت طویل شدن ساقه ی اصلی بعد از شروع گلدهی کاهش می یابد. در طی دوره ی رشد غلاف ها و تشکیل شدن بذر،رشد ساقه تقریبا متوقف می شود [۹۵،۶۹،۱۵۰]. درارقام رشد محدود ارتفاع تا مرحله ی گلدهی به حداکثر خود خواهد رسید و آبیاری در طی دوره ی زایشی تاثیری بر ارتفاع گیاه نخواهد داشت[112].

تاثیر تنش بر ارتفاع گیاه به مرحله ی نمو گیاه در هنگام وقوع تنش و نیز شدت و دوام تنش بستگی دارد. این تاثیر در مراحل اولیه ی نمو به وضوح نمایان است[57]. محققین[101] بعد از بررسی اثرات تنش اظهار داشتند که کمبود آب در دوره ی رشد رویشی می تواند سبب کاهش ارتفاع گیاه شود. در این آزمایش انجام یک بار آبیاری در مراحل مختلف زایشی در ارقام رشد نامحدود سبب افزایش ارتفاع گردید. لازم به یادآوری است که تاثیر این آبیاری با نزدیک شدن رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه کاهش یافت یعنی در مراحل اولیه ی زایشی، انجام آبیاری اثر بیشتری در افزایش ارتفاع داشت. ارقام رشد محدود چنین عکس العملی را نشان ندادند. همان طور که انتظار می رفت در این ارقام آبیاری در هر یک از مراحل رشد زایشی هیچ گونه تاثیری بر ارتفاع گیاه نداشت.

۳-۶-۲- اثر کمبود آب بر تعداد گره و طول میان گره

گره در واقع محل تشکیل برگ روی ساقه و یا شاخه است[76] که تحت تاثیر طول روز[28]، رقم[101]، آبیاری[۱۵۰،۱۱۲،۱۰۱،۶۴] و عوامل دیگر قرار می گیرد. گره هایی که همزمان روی ساقه ی اصلی و شاخه ها به وجود می آیند رفتار مشابهی دارند. آنها همزمان گل می دهند و تعداد گل ، غلاف و درصد ریزش مشابهی دارند[28].

اختلاف در تعداد گره می تواند از طریق اختلاف در سرعت تولید گره و یا اختلاف در طول دوره ی تولید گره ایجاد گردد. سرعت تولید گره به رشد گیاه بستگی دارد و با نزدیک شدن به رسیدگی

فیزیولوژیکی گیاه از مقدار آن کاسته می شود[69]. در واقع تنش رطوبتی در مراحل آخر نمو بر تعداد گره در ساقه ی اصلی اثر معنی داری ندارد[138]. اثر کمبود آب بر تعداد گره در ساقه ی اصلی ناشی از تاثیر آن بر ارتفاع گیاه است، به طوریکه با کاهش ارتفاع گیاه، تعداد گره در ساقه ی اصلی کاهش می یابد [112]. علاوه بر این تعداد گره در ساقه ی اصلی با توجه به رقم تغییر می کند. تعداد گره در ساقه ی اصلی ارقام رشد محدود نسبت به ارقام رشد نامحدود کمتر است[۱۰۱،۳۶]. این ارقام مقدار کاهش تعداد گره در ساقه ی اصلی را می توانند از طریق تولید تعداد شاخه های فرعی بیشتر به خوبی جبران کنند[69].

اگرچه متوسط طول میان گره بستگی به درجه حرارت دارد ولی سرعت طویل شدن ساقه و طول میان گره با هم ارتباط نزدیکی دارند. طول ساقه هم به تعداد گره و هم به طول میان گره بستگی دارد. گاهی ممکن است سرعت تشکیل گره تحت تاثیر تنش قرار نگیرد ولی طول میان گره تحت تاثیر تنش واقع شود. سطح برگ در افزایش طول میان گره نقش دارد. در شرایط تنش ، گیاه برگ های کوچکتری تولید می کند. بنابراین تنش آب از طریق کاهش سطح برگ می تواند بر طول میان گره تاثیر بگذارد[95].

۳-۶-۳- اثر تنش آب بر تعداد و سطح برگ

بزرگ شدن اندازه ی برگ اولین فرآیندی است که به کمبود آب واکنش نشان می دهد و بعد از آن به ترتیب تنفس و فتوسنتز تحت تاثیر قرار می گیرند[43،۹۶]. طی دوره ی رشد سریع دانه، غلاف ها، ساقه ها و پهنک برگ به ترتیب حدود ۴، ۳ و ۸۲ درصد گاز کربنیک جذب شده را تثبیت می نمایند[28]. مکان فتوسنتز ، برگ های سویا است و غلاف های سبز سویا در این امر نقش خیلی کمی را به عهده دارند[26]. در سویای رشد نامحدود بزرگترین برگ ها با بلندترین دمبرگ ها در وسط ساقه به وجود می آیند که به تدریج به طرف دو انتهای ساقه، کوچک می شوند. در ارقام رشد محدود سویا اندازه ی برگچه و طول دمبرگ در بخش فوقانی گیاه، کوچک تر نیست. چون برگ های فوقانی این ارقام بزرگ است لذا

توزیع نور در اشکوب گیاهی آنها ضعیف تر از ارقام رشد نامحدود است[28]. سطح برگ در تعیین مقدار نور دریافتی به وسیله گیاه از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. رشد سریع سطح برگ به علت این که مهمترین اندام فتوسنتز کننده ی گیاه به شمار می رود جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص می دهد[128].در واقع رشد بوته ی سویا رابطه ی مستقیمی با سطح برگ دارد[169]. علاوه بر آن، سطح برگ عملکرد نهایی سویا را تحت تاثیر قرار می دهد[128]. بررسی ها [67] حاکی از عکس العمل مثبت عملکرد به افزایش شاخص سطح برگ می باشد. البته حداکثر شاخص سطح برگ همیشه سبب کسب حداکثر عملکرد نمی شود. گزارش شده است که حداکثر عملکرد در شاخصی کمتر از شاخص ضروری برای حداکثر تولید ماده ی خشک صورت می گیرد[192]. احتمالا کاهش سطح برگ مکانیسمی برای اجتناب از تنش رطوبتی در گیاه است، ولی در نهایت منجر به کاهش عملکرد می گردد[187]. محققان [141] رابطه ی بین عملکرد دانه، پتانسیل آب برگ و درجه حرارت جامعه گیاهی را در ماش ، نخود ، سویا و بادام زمینی بررسی کرده و مشاهده نموده اند که اثر کمبود آب بر میزان عملکرد دانه و سطح برگ متفاوت است. در تمام این گیاهان سطوح بالای تنش رطوبتی باعث افت سریع در سطح برگ و عملکرد دانه می گردد.

سرعت نمو برگ تحت تاثیر درجه حرارت قرار می گیرد. با تغییر درجه حرارت از ۱۸ به ۳۰ درجه ی سانتی گراد، سطح برگ افزایش می یابد[48]. علاوه بر آن، برگ برای رشد و توسعه نیاز به آب دارد زیرا تقسیم و بزرگ شدن سلول به تنش خشکی بسیار حساس است[10]. تامین رطوبت برگ جهت حفظ فشار غشایی بخصوص در سلول های جدید که یک عامل مهم در تعیین میزان رشد برگ می باشد، ضروری است[26]. در اثر کمبود آب، بزرگ شدن سلول ها بیشتر از تقسیم سلولی تحت تاثیر قرار می گیرد. این امر باعث عدم رشد سلول ها و در نهایت موجب کم شدن سطح برگ می شود[43]. بنابراین کمبود آب در اوایل فصل، رشد سویا را با جلوگیری از افزایش سطح برگ، کاهش می دهد[26]. محققان زیادی کاهش سطح برگ را در نتیجه ی کمبود آب گزارش کرده اند. در تحقیقات[43]، کمبود آب، تعداد برگ در گیاه

را به شدت کاهش داده است؛ این نتیجه با یافته های دیگر محققان [190] نیز مطابقت دارد. برگ های جوان بالای بوته شدت فتوسنتزی بیشتری نسبت به تمام برگ های پیشین دارند[81]. بوته های سویا قادر هستند که ظرفیت فتوسنتزی خود را با حداکثر شدت نور موجود در محیط تطبیق دهند. یعنی با افزایش شدت نور، مقدار شاخص سطح برگ هم افزایش می یابد[42]. تنش آب موجب افزایش غلظت اسید آبسزیک در برگ ها می گردد[137] و این امر موجب افزایش تراوایی بافت گیاه می شود[10]. تنش رطوبتی موجب کاهش فتوسنتز ، تسریع در پیری و ریزش برگ های پائینی گیاه می گردد[۴۵]. ریزش برگ ها در قسمت پائین کانوپی، علاوه بر تغییر دادن کیفیت بذر[176]، سبب می شود که گیاه در زمان نمو سریع دانه، بیشترین سطح برگ را در قسمت میانی ساقه دارا باشد[111].

معمولا بین پتانسیل آب برگ و پتانسیل آب خاک ارتباط خطی وجود دارد[172]. پتانسیل آب در حد ۴- بار، رشد برگ را به میزان ۲۵ درصد حداکثر رشد، کاهش می دهد[۲۹]. همبستگی مثبتی بین سرعت توسعه ی برگ و پتانسیل آب خاک وجود دارد. توسعه برگ در پتانسیل ۱۲- بار به طور کامل قطع می شود[43،172]. با کم شدن پتانسیل آب خاک از میزان سطح برگ گیاه کاسته شده و در نتیجه رشد گیاه کاهش می یابد[55]. علاوه بر آن با کاهش پتانسیل آب خاک سرعت تشکیل برگ نیز کاهش می یابد. در شرایط خشکی سرعت پلاستو کرون برگ (فاصله زمانی بین ظهور متوالی آغازی های برگ) تحت تاثیر قرار می گیرد. برگ های متوالی عکس العمل متفاوتی در شرایط تنش خشکی دارند[95].

با آبیاری سویا نسبت تبخیر و تعرق به تبخیر از تشت تبخیر در مقایسه با سویای آبیاری نشده افزایش می یابد که این به خاطر کاهش سرعت توسعه ی برگ در سویای آبیاری نشده است[164]. توسعه ی برگ حتی به تنش های خفیف هم حساسیت دارد. گاهی ممکن است که کل سطح برگ شاخه ها برای گیاه آبیاری شده و تنش دیده مشابه باشد[95]. دلیل این امر ممکن است به خاطر سیستم ریشه باشد.چون در گیاه تنش دیده ریشه گستردگی بیشتری پیدا می کند[94]. به همین دلیل ظرفیت بیشتری

را برای گرفتن آب دارد، بنابراین نقش بسزایی در رشد شاخه ها و دوام برگ های روی شاخه خواهد داشت[95].

۳-۷- اثر تنش آب بر رشد رویشی سویا

فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان عمدتا تابع وضع آب در گیاه بوده و بطور غیر مستقیم تحت تاثیر تنش آب در خاک و هوا قرار می گیرند. بنابراین، مقدار معینی تنش آب در خاک، الزاما همان مقدار تنش در گیاه ایجاد نخواهد کرد[10]. با کاهش آماس نسبی سلول به کمتر از ۹۰ درصد، رشد کاهش می یابد. هنگامی که آماس نسبی به ۸۳ تا ۸۵ درصد برسد میزان رشد تقریبا به نصف تقلیل می یابد[10]. مطالعه ی گرهک های سویا نشان داد که اثر منفی کمبود آب بر تثبیت ازت مربوط به کاهش میزان فتوسنتز برگ های بوته، متاثر از کمبود آب است[97]. تنش در مرحله ی رشد رویشی از تشکیل گره جلوگیری کرده و مانع تثبیت ازت اتمسفری می شود[160،۱۰۳]. علاوه بر آن سبب کاهش تعداد و وزن گره های ریشه می شود، اما این کاهش موقت بوده و با انجام آبیاری در دوره ی رویشی قابل جبران است[145]. افزایش میزان رطوبت خاک از حد نقطه ی پژمردگی به ظرفیت زراعی، باعث افزایش جذب ازت، فسفر، پتاس و کلسیم توسط پنبه و سویا گردید[۱۰]. همچنین کمبود رطوبت خاک سبب محدودیت در جذب فسفر گردید[127]. بنابراین منطقی به نظر می رسد که تصور گردد، رطوبت بر جذب سایر عناصر نیز اثر گذارد و در رشد گیاه اختلال ایجاد کند.

کمبود رطوبت در مرحله ی رشد رویشی سویا باعث کاهش رشد و نمو گیاه می شود[149].تنش آب به طور مستقیم می تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذارد که در واقع اثر بر منفذ روزنه می باشد[43]. با کوچک و بسته شدن روزنه مقاومت آن در مقابل عبور گاز کربنیک افزایش می یابد[44]. هرچند شواهد قانع کننده ای از بررسی های مختلف تجربی به دست آمده است که نشان می دهد افزایش فتوسنتز، عملکرد را افزایش می دهد[98]، ولی باید توجه کرد که فتوسنتز در مرحله ی رویشی تاثیر کمی بر عملکرد نهایی گیاه دارد. عملکرد نهایی گیاه عمدتا ناشی از فتوسنتز در مرحله ی

زایشی می باشد[85،63]. اثرات غیر مستقیم کمبود آب مربوط به اثر بر تورژسانس سلول است[26]. بنابراین هم تقسیم سلول و هم رشد سلول تحت تاثیر تنش کمبود آب قرار می گیرند[32،34،171]. این تاثیر در بافت هایی که در حال رشد سریع هستند مشخص تر است[15]. محتوی نسبی آب در گیاه خیلی بیشتر از خاک بوده و تغییرات بسیار کم و جزئی آب در گیاه می تواند در سوخت و ساز فعال گیاه مداخله نماید[10]. به محض تجاوز تنش خاک از یک حد معینی مدت ها قبل از آنکه رطوبت خاک به حد نقطه ی پژمردگی دائم برسد رشد گیاه شدیدا صدمه می بیند[10]. عوارض کمبود آب در زمان رشد رویشی بصورت کاهش تعداد و اندازه ی برگ[190]، ارتفاع بوته[101]، تعداد گره[113]، فاصله میان گره ها[101] و وزن خشک بوته[151] ظاهر می شود. برخی محققین معتقدند که کاربرد آبیاری در طی رشد رویشی سبب تولید وزن خشک بیشتر در طی این دوره شده اما تاثیر کمی روی افزایش عملکرد دارد[۳۴]. علاوه بر این، اختلاف معنی داری بین عملکرد گیاهانی که در مرحله ی رشد رویشی تنش دیدند و گیاهانی که در تمام طول فصل رشد آبیاری شده اند، مشاهده نشده است[۱۴۹]. در یک بررسی نشان داده شدکه ۲۰ درصد از کاهش عملکرد دانه به خاطر کاهش تعداد غلاف در نتیجه تنش در مرحله رشد رویشی می باشد[۱۵۳].

تقاضای برای آب به منظور رشد و نمو مطلوب بستگی به گیاه، خاک و شرایط آب و هوایی در طی فصل رشد دارد. نیازهای آبی گیاه پدیده ای دینامیک بوده و در طی روز و فصل تغییر می کند. در مناطقی که مقدار بارندگی فصلی در طی سال های متوالی از تغییرات زیادی برخوردار است، برای تامین نیاز آبی گیاه در حد مطلوب، انجام آبیاری ضروری می باشد[164]. اگر تنش رطوبتی در اوایل فصل رشد شدید باشد، تامین آب کافی در مرحله ی زایشی ممکن است نتواند کاهش عملکرد ناشی از تنش در دوره ی رویشی را جبران کند[149]. رشد رویشی سویا نسبت به رشد و نمو بذر حساسیت بیشتری به تنش آب دارد[132]. بعضی از محققان تاثیر کاهنده تنش کمبود آب در دوره ی رویشی بر عملکرد دانه را کمتر از تنش در دوره ی گلدهی و بعد از آن می دانند. بنابراین بهتر است همان مقدار آب، در دوره ی گلدهی و

بعد از آن بکار گرفته شود. البته این نتایج متناقض می تواند زمانی به وجود آید که به خاطر نزولات جوی، آب به میزان کافی وجود داشته باشد و یا شرایط محیطی برای تبخیر و تعرق زیاد، مساعد نباشد. در چنین شرایطی احتمال اینکه گیاه نسبت به آبیاری عکس العمل نشان دهد، خیلی ضعیف است[163] و ممکن است عدم آبیاری اثر سویی بر رشد گیاه نداشته باشد[6،4].

۳-۸- اثرات خشکی بر تثبیت ازت و تجمع آن در گیاه

سویا به وسیله ی همزیستی با باکتری *B.Japonicum* می تواند سالانه ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار N_2 اتمسفری را تثبیت کند[۳۰،۲۷].

خانواده *Rhizobiaceae* ازگروه نامتجانسی ازباکتری های گرم منفی، هوازی و بدون اسپور تشکیل شده است که به ریشه ها و در بعضی موارد به ساقه ی گیاهان تیره ی لگومینوز وارد شده و گره تشکیل می دهند[26]. درحال حاضر *Brady rhizobium* فقط یک جنس شناخته شده به نام *B.Japoincum* دارد[۷۵،۱۳،۲۶]. بعضی ریشه های سویا نیز می توانند با یک گونه ی سریع الرشد به نام *Rhizobium fredii* گره تشکیل دهند[8]. در سویا گلوتامین، گلایسین و آسپارتات برای سنتز پورین در پلاستید های سلول تلقیح یافته مورد استفاده قرار می گیرد. نوکلئوتید های پورین به گزانتین و اوریک اسید تبدیل می شوند. این ترکیبات بوسیله پراکسی زوم ها در سلول های تلقیح نشده ی مجاور به آلانتوئین تغییر شکل می یابند. آلانتوئین بعداً درشبکه ی اندوپلاسمی سلول های آلوده نشده به آلانتوئیک اسید، تغییر شکل پیدا می کند[۲۶،۸].

ظرفیت تثبیت N_2 درسویا بوسیله ی عوامل اکولوژیکی عمومی مانند دما، عناصر غذایی پر مصرف، عناصر کم مصرف و رژیم آبی تحت تأثیر قرار می گیرد[۱۶۸،۱۱۰].دسترسی به آب اثر عمده ای بر تشکیل گره و تثبیت نیتروژن دارد[158]. گره زایی با افزایش محتوی آب خاک تا زمانی که غرقابی شدن روی

دهد افزایش می یابد[157]. گزارش شده است که آبیاری سرعت تثبیت N_2، فتوسنتز و معدنی شدن نیتروژن خاک را افزایش می دهد[8]. تنش آبی به طور قابل توجهی تعداد رشته های سرایت تشکیل شده را کاهش داده واز گره زایی جلوگیری می کند[9]. این اثر تنش آبی در صورت آبیاری مجدد گیاه قابل برگشت است، ریشه های موئین نابالغ می توانند رشد طبیعی را از سرگرفته و تلقیح یابند. پس از تلقیح موفق، کاهش آب در دسترس می تواند نمو گره را به تأخیر اندازد[۱۳،۹،۱۲۴]. همراه با کاهش پتانسیل آب تنفس گره و انتقال نیتروژن تثبیت شده به بیرون از گره کاهش یافته و باعث اختلال در تأمین مواد فتوسنتزی حاصل از سیستم اندام هوایی در معرض تنش می شود[66]. فعالیت تثبیت نیتروژن گره ها با کاهش پتانسیل آب، کاهش می یابد و درگره های جدا شده وقتی که وزن تر به کمتر از حدود ۸۰ درصد وزن تورژسانس کامل کاهش یابد، این فعالیت به صورت غیرقابل برگشت متوقف می شود. حد مطلوب رطوبت خاک برای همزیستی سویا و یونجه درحدود ۲۵ تا۷۵درصد ظرفیت زراعی است[۱۵۲،۶۶،۱۵۸]. محتوی رطوبت غده ها برای ادامه ی بقای آنها بایستی بالاتر از ۸۰٪ باشد[۷۹،۷،۶۶]. در سویا کمبود رطوبت موجب کاهش فعالیت نیتروژناز می گردد [۱۶۸،۲۲،۱۷۷].

۳-۹- اثرات تنش خشکی بر جذب و تجمع فسفر در برگ

فسفر پس از نیتروژن پر مصرف ترین عنصر غذایی گیاه است و حدود ۰/۲ درصد وزن خشک کل گیاه را تشکیل می دهد. فسفر نقش موثری در رشد و توسعه ی رویش و نمو زایشی دارد. رشد ریشه در حضور فسفر افزایش می یابد. تشکیل گل و توسعه ی غلاف در گیاه به فسفر کافی در خاک نیاز دارد. اگر چه ممکن است مقدار کل فسفر خاک زیاد باشد، ولی غالبا به صورت غیر قابل دسترس برای ریشه می باشد.

بیش از ۸۰٪ فسفر در خاک تثبیت شده و غیر قابل جذب برای گیاه می باشد[۵،۶]. از جمله عواملی که بر جذب فسفر اثر می گذارد میزان رطوبت خاک است. بطوریکه جذب فسفر به طور معکوس با

مکش رطوبتی خاک همبستگی دارد. با توجه به اینکه فسفر در خاک اساسا بوسیله ی انتشار و از طریق منافذ ی که با آب پر شده اند حرکت می کند، می توان گفت که به موازات کاهش آب، حرکت فسفر نیز کاهش می یابد[۵]. عناصر غذایی در صورتی جذب گیاه خواهند شد که به صورت محلول در آیند. کاهش آب خاک در مرحله ی جذب فعال عناصر غذایی سبب کاهش جذب عناصر خواهد شد. بدین جهت ارزیابی بر هم کنش نقش کم آبی با فسفر، بر خصوصیات فنولوژی، ریخت شناسی و زراعی سویا نقش مهمی در تعیین عملکرد گیاه دارد. در مطالعه ای که به مدت سه سال در جنگل های همیشه سبز مدیترانه ای بر روی خشکی انجام شد گزارش گردید که ترکیب $po\text{-}NaHCO_3$ (شکل آلی ناپایدار ماده) همراه با افزایش ریزش برگ ها ۲۵ درصد افزایش می یابد، در حالی که شکل معدنی فسفر به نسبت ترکیب آلی آن ۴۸ درصد کاهش داشته است.این مسأله نشان دهنده ی کاهش فعالیت میکروبی خاک است. تنها پس از ۳ سال خشکی ملایم، روند مشخصی به سمت تجمع فسفر در خاک و کاهش آن در بیوماس ایستا مشاهده شد. تجمع فسفر در خاک پلات های خشکی دیده، به طور عمده در شکلی بود که برای گیاهان به طور مستقیم قابل دسترسی نبوده است. فعالیت میکروبی با رطوبت خاک همبستگی مستقیمی دارد. شرایط اقلیم های خشک، فعالیت آنزیم های میکروبی را کاهش می دهد که اغلب حالت مناسب آن بین رطوبت متوسط تا بالای خاک قرار دارد[۱۵۸،۱۷۴]. افزایش فسفر ارگانیک خاک در اراضی نیمه خشک اساسا به علت وقوع آهسته ی معدنی شدن توسط میکروب ها است. این امر احتمالا به علت کاهش آب قابل دسترس می باشد. فعالیت موجودات زنده ی خاک و به طور ویژه فعالیت فسفاتاز در پاسخ به تنش خشکی کاهش می یابد. کاهش در فرم قابل دسترس فسفر و افزایش فسفر تثبیت شده ی خاک، جذب فسفر را کاهش می دهد.این کاهش، باعث کم شدن درصد محتوی فسفر برگ می گردد[۱۵۹،۱۸۸]. در مطالعه ی شش ساله ی دیگری بر روی خشکی و جذب فسفر در جنگل های مدیترانه ای نتایجی به شرح زیر گزارش گردید:

خشکی ملایم (کاهش ۱۵ درصدی محتوای آب خاک) منجر به انتقال محتوای فسفر ساقه ها به سمت برگ ها گردید که محتوی فسفر برگ ها را ۱۸/۲٪ و فسفر ساقه و ریشه را به ترتیب ۳۰/۹ و ۳۹/۸

درصد کاهش داد. کاهش فسفر ساقه ها و متعاقبا کاهش فسفر جنگل، منجر به یک کاهش کلی (حدود ۱/۳) در محتوی فسفر بیوماس روی سطح زمین گشت. خشکی، کاهشی در LB (بیوماس برگ) ایجاد می کند. بدین معنی که افزایش در محتوای فسفر برگ ها وجود ندارد. در حقیقت پس از ۶ سال کاهش در محتوای فسفر بیوماس روی سطح خاک گیاه دیده می شود. خشکی باعث کاهش آزادسازی ارتوفسفات های محلول خاک از فرم ارگانیک به معدنی و در نتیجه منجر به تجمع فسفر آلی محلول در خاک می گردد که برای گیاه قابل دسترس نمی باشد[۱۵۹،۶].

۳-۱۰- اثرات تنش خشکی بر درصد روغن و پروتئین دانه ی سویا

استرس های محیطی در طی مرحله ی پر شدن دانه می توانند موجب جایگزینی و یا تبدیل ترکیبات دانه، کاهش عملکرد دانه در سویا، کاهش مدت جوانه زنی و سلامت بذر سویا گردند. در مطالعه ای که با اعمال سه سطح خشکی بر روی گیاه سویا در مرحله ی پر شدن دانه انجام شد، این نتایج به دست آمد:

تنش کوتاه مدت، موجب افزایش محتوای پروتئین دانه به میزان ۴/۴ درصد شد در حالی که روغن دانه ۲/۹ درصد کاهش پیدا کرد. با افزایش شدت تنش محتوای پروتئین به صورت خطی افزایش و محتوای روغن دانه به صورت خطی کاهش یافت. خشکی تاثیر کمی بر ترکیبات اسید های چرب روغن دانه دارد[۱۰۰،۶۲].

در آزمایش دیگری با هدف بررسی اثرات شدت و زمان وقوع تنش بر روغن و پروتئین سویا، نشان داده شد که پروتئین به طور عمده توسط سطوح خشکی تحت تاثیر قرار می گیرد[115]. رابطه ی غیر خطی پروتئین با رطوبت بیانگر آن است که پروتئین دانه ی بالاتر به شرایط آبیاری مناسب وابسته است که با آبیاری فراوان انجام می پذیرد[۱۵۵،۱۵۷]. در مقابل، روغن دانه توسط زمان وقوع تنش تحت تاثیر قرار گرفت. عملکرد دانه ی بالاتر به همراه پروتئین بیشتر را می توان با آبیاری مناسب به دست آورد[6].

درشرایط تنش شدید، محتوای پروتئین متوسط به دست می آید و عملکرد نیز کاهش پیدا می کند. آبیاری در اوایل مرحله ی تشکیل غلاف و پرشدن دانه میزان پروتئین دانه را افزایش و میزان روغن را کاهش می دهد[۲۶]. رابطهٔ منفی بین عملکرد و پروتئین دانه در سویا مشخص گردیده است[۱۳۹،۱۲،6]. محتوای پروتئین دانه به طور عمده توسط استرس خشکی در مرحله ی تشکیل دانه و پر شدن غلاف، کاهش می یابد. استرس آبی تأثیری بر میزان نهایی محتوی پروتئین دانه ی سویا در هر دانه ندارد. ۳۰ درصد نیتروژن دانه های نابالغ سویا نیتروژن غیر پروتئینی از جنس ان تری کلرواستیک اسید می باشد[۶۶]. کاهش نیتروژن غیر پروتئینی با افزایش در پروتئین خالص دانه های توسعه یافته همراه است. این مطلب نشان می دهد که دانه های نارس سویا، سنتز پروتئین های خود را در مواجه با تنش آبی با تبدیل ذخیره نیتروژن غیر پروتئینی به پروتئین در حد نرمال حفظ می کنند[۶۶].

وقوع تنش خشکی در ابتدا و انتهای دوره ی پر شدن دانه موجب کاهش درصد روغن دانه به میزان تقریبی۱۷ درصد می گردد. وقوع تنش های خشکی منقطع در اراضی دیم منجر به کاهش روغن دانه ی کلزا و افزایش پروتئین آن می گردد[98].

فصل چهارم

مواد و روش ها

۴-۱-کلیات

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۸۶ در مزارع کشاورزی شهر علی آباد، استان گلستان با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هشت تیماردر سه تکرار انجام شد. رطوبت نسبی منطقه در طی فصل رشد به طور میانگین ۴۷ درصد بود. رقم انتخابی جهت مطالعه رقم DPX بود که از ارقام رشد نامحدود و مرسوم برای کشت در منطقه می باشد. ثبت مراحل فنولوژیک در هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن ۵ گیاه ثابت بعنوان شاخص تغییرات در تمام طول آزمایش صورت گرفت. گیاهان شاخص جهت مطالعه ی روند تغییر مراحل فنولوژیک و نحوه تاثیر تیمارهای آزمایش بر سرعت طی شدن مراحل رشدی گیاه، در ابتدای فصل رشد، علامت گذاری شدند. ثبت مراحل فنولوژیک سویا با شروع فاز زایشی هر روز صورت پذیرفت. به منظور ثبت مراحل فنولوژیک سویا از مقیاس فهر Fehr استفاده گردید[۷۶]. تیمارها شامل دوره های مختلف آبیاری با توجه به دوره ی فنولوژیک گیاهان در هر کرت آزمایشی بود.

۴-۲-تیمار های آزمایشی

در این آزمایش تیمار های مختلف آبیاری با شروع فاز زایشی در هر کرت اعمال شد. گیاهان کرت های مختلف در مرحله ی رویشی از آب و مواد معدنی یکسانی بهره مند گشتند. تیمار های اعمال شده با شروع فاز زایشی به شرح زیر می باشند.

T_1 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی شروع گلدهی

T_2 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی گلدهی کامل

T_3 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی شروع نیام بندی

T_4 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی نیام بندی کامل

T_5 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی شروع پر شدن دانه

T_6 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی دانه بندی کامل

T_7 = قطع آبیاری در ابتدای مرحله ی رسیدگی فیزیولوژیک

T_8= آبیاری کامل ازابتدا تا مرحله ی رسیدگی کامل (تیمار شاهد)

۴-۳-نحوه ی اجرا

پس از انتخاب محدوده مورد نظر، توسط گاوآهن سوک دار قطعه ی مورد نظر شخم و سپس با دیسک، خاک مزرعه نرم و آماده ی آبیاری گشت. بعد از آبیاری رطوبت مزرعه با گذشت ۴۸ ساعت به حد ظرفیت زراعی رسید و برای عملیات دیسک مجدد آماده شد. پس از دیسک زدن زمین، کاشت بذر سویا توسط ردیفکار سویا با فاصله ی ردیف ۵۰ سانتیمتر و فاصله روی ردیف ۵ سانتیمتر انجام شد. با گذشت تقریباً یک هفته بذور مورد نظر جوانه زده و گیاهچه های جوان ظاهر شدند. در این مرحله با توجه به نقشه طرح آزمایشی اقدام به کرت بندی گردید. این کار با رعایت فواصل مجاز ۱/۵ متری بین کرت های روی یک تکرار و همچنین فاصله ی دو متری بین

تکرارها صورت گرفت. با توجه به دو لپه بودن سویا و رشد جوانه به صورت اپی جیل، کشت آن باید به صورت هیرم کاری (نم کاری) انجام پذیرد. بذور این گیاه برای جوانه زنی به سله بسیار حساسند. قبل از کاشت، بذور به علت جلوگیری از پوسیدگی با محلول سم قارچ کش سوین به نسبت یک در هزار میلی لیتر آب مخلوط شدند. در این مرحله بذر سویا جهت کاشت با باکتری (*Rhizobium Japonicum*) تلقیح گشت. دو هفته پس از سبز شدن گیاهچه ها کود نیترات به عنوان استارتر به تمامی کرت ها داده شد.

۴-۴-اندازه گیری شاخص های رشد

جهت تعیین شاخص های رشد شامل شاخص سطح برگ(LAI)، سرعت رشد نسبی(RGR) و سرعت رشد محصول (CGR) نمونه برداری از هر ۳ تکرار آزمایشی چند بار صورت پذیرفت. در هر بار نمونه گیری ۳ گیاه از هر تکرار مربوط به واحد آزمایشی برداشت می شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه ها در دستگاه آون و درجه حرارت ۷۰ درجه ی سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار می گرفتند. تعیین سطح برگ توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ صورت گرفت. اندازه گیری فسفر و نیتروژن نمونه های ۵ و ۶ از طریق هضم یک گرم نمونه خشک، به ترتیب با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر و دستگاه کجلدال انجام شد.

۴-۵-اندازه گیری اجزای عملکرد

در انتهای فصل رشد از هر تکرار و هر تیمار، گیاهان موجود در سطح یک مترمربع از کرت آزمایشی برداشت گردید. صفاتی نظیر وزن خشک نهایی، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف

در گیاه، وزن هزار دانه، وزن خشک غلاف، درصد پروتئین و روغن دانه، تعداد غلاف در بوته ی اصلی و فرعی و تعداد شاخه ی فرعی نمونه های برداشت شده مورد بررسی قرار گرفت.

۴-۶-آنالیز داده ها

تجزیه واریانس داده ها، روابط رگرسیونی و همبستگی بین صفات برای تیمارهای مختلف از طریق برنامه SAS محاسبه شدند. مقایسه ی میانگین ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد انجام پذیرفت.

فصل پنجم

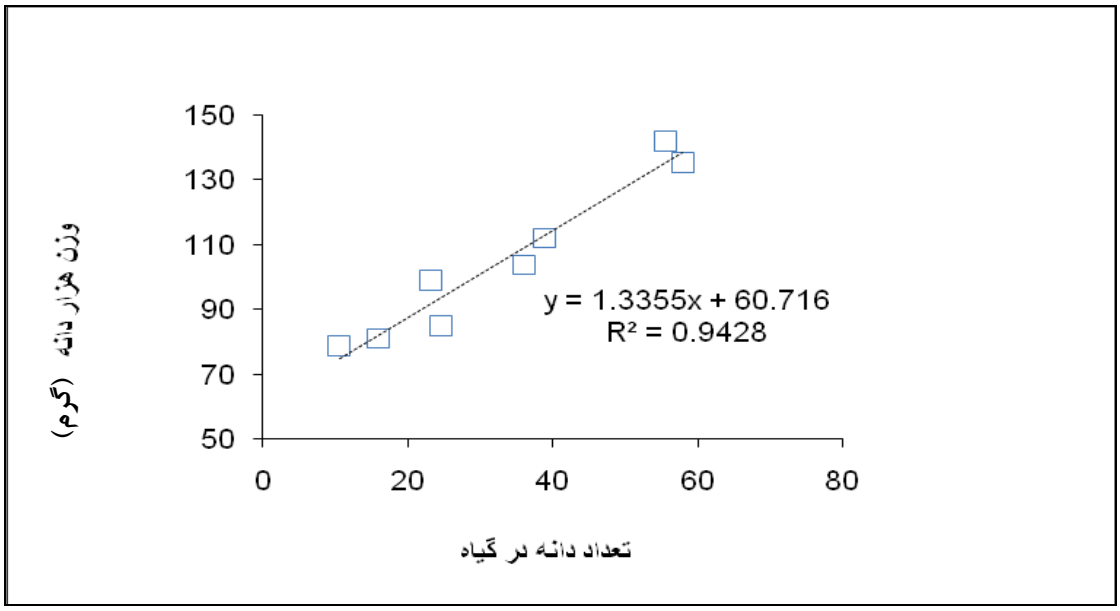
نتیجه گیری و بحث

۵-۱-تاثیر خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا

۵-۱-۱-وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس و مقایسات میانگین وزن هزار دانه در تیمارهای مورد مطالعه نشان می دهد که اختلاف بین وزن هزار دانه ی تیمار ها از نظر آماری معنی دار می باشد(جداول۵-۱و5-۲). بیشترین وزن هزار دانه (گرم ۱۴۲) مربوط به تیمار T_8 و کمترین مقدار وزن هزار دانه مربوط به تیمار T_1 (گرم۷۸/۶۶) می باشد. با توجه به نتایج مقایسات میانگین تفاوت آماری معنی داری بین تیمارهای T_1وT_2 مشاهده نمی شود. وزن هزار دانه ی این تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد(T_8) و دیگر تیمار ها تفاوت معنی داری دارد. وزن هزار دانه در اواخر دوره ی رشد زایشی گیاه (بیشتر در مرحله ی R_6 و تا حدودی در R_7) که جریان مواد فتوسنتزی و اسیمیلات ها از منبع به مخزن برقرار است، تعیین می شود[۵۱،۴۷،۱۰۸]. هر یک از تیمارها با توجه به این مطلب و طول دوره ی تنش خشکی مواجه شده با آن، در مقایسه با تیمار شاهد وزن هزار دانه ی کمتری داشتند.طول دوره ی تنش خشکی بر تجمع مواد فتوسنتزی و قدرت منبع برای فراهم سازی مواد فتوسنتزی تاثیر می گذارد. تیمار های T_1 تاT_7 در مقایسه با شاهد هر یک به ترتیب

کاهش وزنی معادل ۴۵ ،۴۲،۴۰،۳۰،۲۱،۲۷ و ۴/۹درصد داشته اند. اعمال تنش خشکی قبل از دوره ی گلدهی و در مرحله ی پرشدن منجر به کاهش وزن دانه می گردد[49]. این کاهش وزن ممکن است در اثر ریزش برگ و یا کوتاه شدن طول دوره ی تشکیل دانه باشد. تفاوت عمده در وزن دانه به طول دوره ی رشد دانه بستگی دارد تا میزان رشد روزانه[26]. طول دوره ی پر شدن دانه رابطه ای مثبت با عملکرد دانه دارد. کاهش وزن هزار دانه در $T_۶$ را می توان به علت کاهش جریان مواد فتوسنتزی در این مرحله به سمت غلاف ها دانست. کاهش در $T_۳$ علاوه بر این مورد، می تواند به علت کاهش سطح فتوسنتز کننده و همچنین کاهش تعداد غلاف ها و نیز تاثیر کاهش تقاضای مخزن بر تولید منبع باشد[۱۰۵،۱۲۱]. شکل (۵-۱) رابطه ی خطی بین وزن هزار دانه و تعداد بذر در بوته را نشان می دهد. مشاهده می شود که بین وزن تک دانه و تعداد آن رابطه ی خطی و همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد.

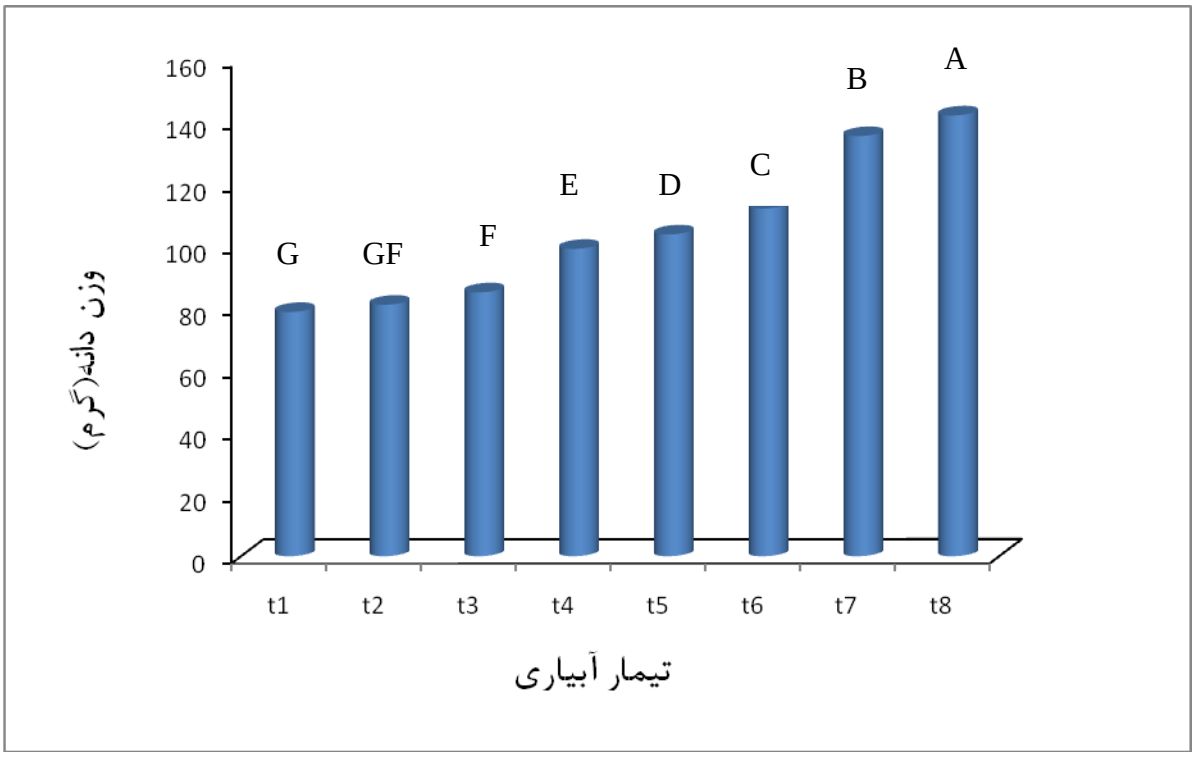


شکل ۵-۱- رابطه ی وزن هزار دانه (گرم) و تعداد دانه در بوته در تیمارهای مختلف

محققان عنوان کرده اند که تنش خشکی در مرحله ی گلدهی موجب کاهش تعداد دانه و افزایش وزن هزار دانه می گردد[105]. کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای T_3وT_2،T_1 را می توان به ادامه یافتن تنش در مراحل R_2 وR_3، کاهش سطح فتوسنتز کننده و عدم انتقال مناسب مواد فتوسنتزی به دانه نسبت

داد[38]. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش تعداد دانه در تیمارهای با آبیاری مناسب (T_8وT_7) موجب کاهش نسبت منبع به مخزن نگشته است. این تیمار ها با تولید دانه و غلاف بیشتر از لحاظ تولید مواد فتوسنتزی برای دانه ها با مشکل روبرو نشده اند.

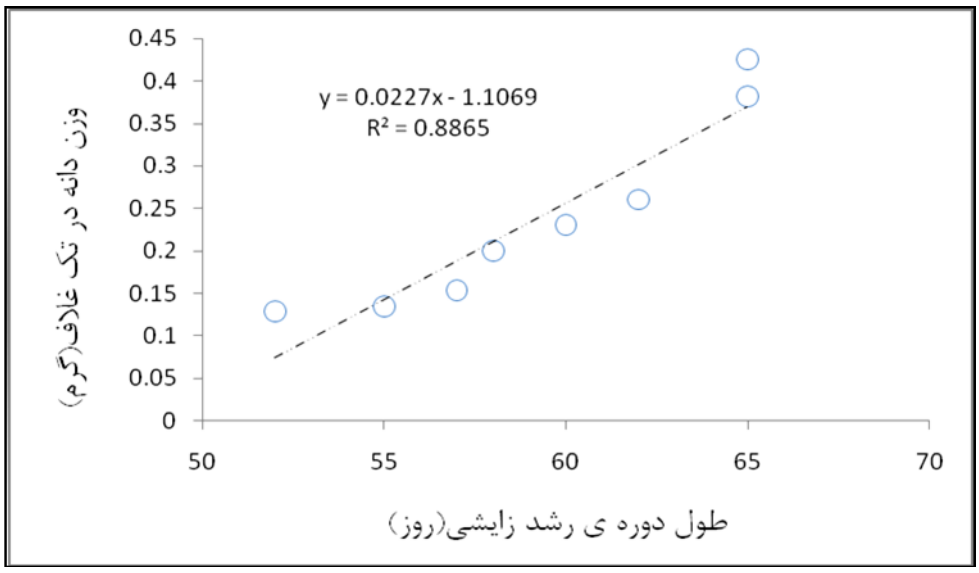
همچنین علیرغم وارد آمدن تنش اثر جبرانی تعداد دانه و وزن دانه بروز نیافته است که این مساله نیز شاید بتواند مؤید عدم مواجه ی گیاه با محدودیت منبع یا مخزن باشد.



شکل ۵-۲- وزن هزار دانه در تیمارهای آبیاری مختلف(گرم)

با افزایش تعداد دانه از تیمار T_1 تا T_8 وزن هزار دانه نیز به ترتیب افزایش یافته است. شکل (۵-۳) رابطه بین وزن دانه و طول دوره ی رشد زایشی را عنوان می کند. این شکل نشان دهنده ی همبستگی مثبت و بالای بین این دو پارامتر است. در این شکل تیمارهایT_6،T_7وT_8 با طول فصل رشد زایشی بیشتر، وزن هزار دانه ی بیشتری تولید نموده اند. بیشترین طول دوره ی رشد (۶۵روز) مربوط به تیمار های T_7وT_8بوده است. این امر را می توان به نسبت مناسب منبع به مخزن، انتقال مناسب مواد

پرورده به سمت دانه ها و به تعویق افتادن پیری گیاه، نسبت داد. این روند با مشاهدات محققان پیشین نیز مطابقت دارد [185].



شکل ۵-۳- رابطه ی وزن دانه (گرم) در تک غلاف به طول دوره ی رشد زایشی

۵-۱-۲-تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف جزء مهمی از عملکرد است. در این تحقیق تعداد دانه با برداشت یک متر مربع از هر کرت آزمایشی و محاسبه ی میانگین تعداد دانه در غلاف به دست آمده است.

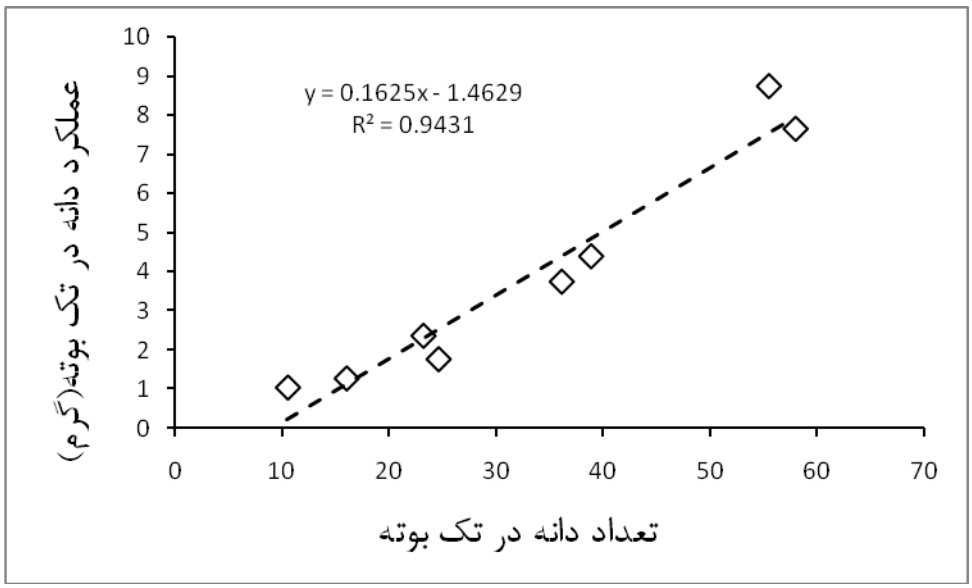
جداول تجزیه ی واریانس و مقایسات میانگین(۵-۱ و5-۲) و همچنین شکل (۵-۴) بیان می دارند که تفاوت معنی داری از نظر آماری بین میانگین تعداد دانه در غلاف در تیمارها وجود دارد.

شکل ۵-۴- تعداد دانه در غلاف در تیمار ها

نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری از نظر تعداد دانه در غلاف بینT_1تاT_3 وجود ندارد. T_7 و T_8 وتیمارهایT_4، T_5و T_6 به ترتیب در رده ی اول و دوم قرار گرفتند. بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به T_8 با ۳ دانه در غلاف می باشد.تیمارهای T_1تاT_7 نیز هر یک به ترتیب، دارای تعداد۱/۶۳، ۱/۶۶، ۱/۸، ۲/۱، ۲/۲۶، ۲/۳۳و ۲/۸۳ دانه در غلاف می باشند. هر یک از تیمارهای T_1تا T_7در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۶/۶، ۲۲/۳۳، ۲۴/۶۶، ۳۰، ۴۰، ۴۴/۶۶ و ۴۵/۶۶ درصد کاهش در تعداد دانه ی موجود در غلاف را نشان می دهند. کمبود آب در اوایل مرحله ی دانه بندی موجب کاهش تعداد دانه در غلاف می گردد [171]. از طرفی وقوع تنش آبی در مراحل گلدهی و غلاف دهی ، سبب کاهش میانگین تعداد دانه در هر غلاف نسبت به شاهد شده است [۱۸۲،۱۱۶].

به نظر می رسد که تنش کمبود آب در مراحل گلدهی و غلاف دهی باعث ریزش تعدادی از گل ها و غلاف های مستقر بر گره های میانی گیاه می گردد. میانگین تعداد دانه در غلاف های گره های میانی بیشتر از تعداد دانه در غلاف های مستقر در گره های بالایی و پایینی است .از این رو حذف تعدادی از گل ها و غلاف های میانی باعث کاهش میانگین تعداد دانه در هر غلاف می گردد[116]. به نظر تنش رطوبت در

مرحله ی دانه بندی سبب حذف تخمک در تعدادی از غلاف ها و ریزش آنها و در نتیجه تعداد دانه ی کمتر در بوته شده است[74]. با توجه به شکل (۵-۵) همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در گیاه به دست آمده است که نشان می دهد با افزایش تعداد دانه عملکرد نیز افزایش می یابد.



شکل ۵-۵- رابطه ی عملکرد دانه با تعداد دانه در تک بوته

دوره ی زایشی مربوط به تشکیل دانه (R_5) از لحاظ نیاز آبی بسیار حساس است. در این مرحله عمل تشکیل تخمک و تقسیم سلولی که مراحل بسیار حساسی به تنش آب می باشند، انجام می گیرد. تامین آب مورد نیاز در این مرحله منتهی به تولید دانه، جلوگیری از سقط غلاف ها و افزایش عملکرد می شود[12].

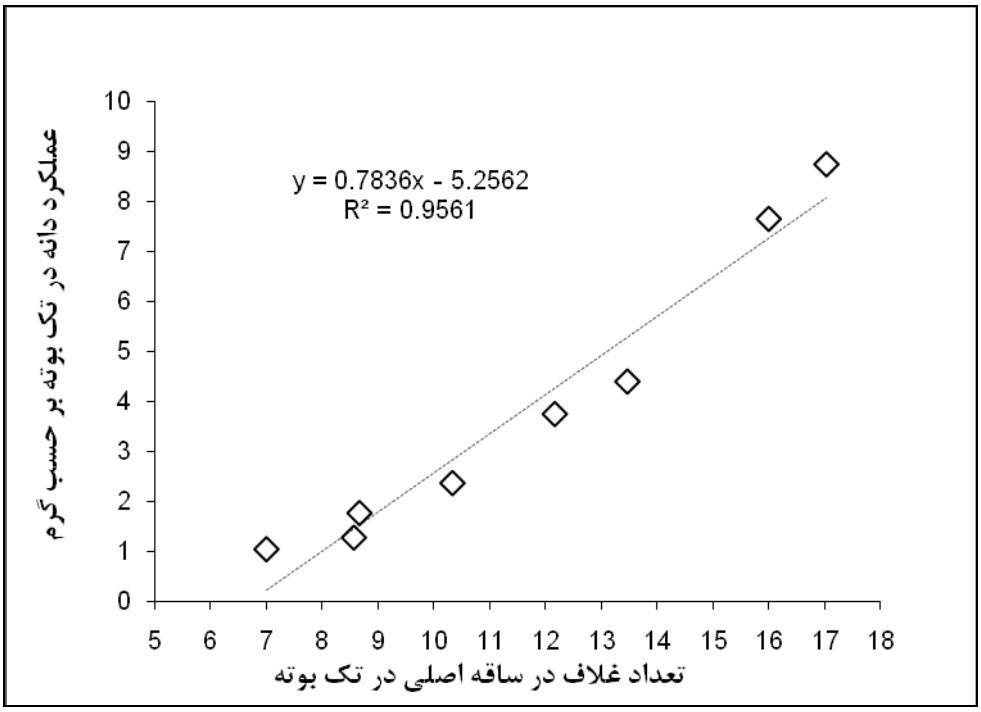
۵-۱-۳-تعداد غلاف در ساقه ی اصلی

تعداد غلاف در تک بوته نیز از اجزاء مهم عملکرد دانه محسوب می شود. در این مطالعه این صفت از طریق محاسبه ی میانگین تعداد غلاف در بوته های برداشت شده از یک متر مربع سطح محاسبه شده است. با توجه به نتایج جداول (۵-۱و۵-۲) مشاهده می شود که اختلاف تیمارها از نظر تعداد غلاف در ساقه

ی اصلی از نظر آماری معنی دار است. تیمارهایT_1 تا T_7به ترتیب دارای میانگین تعداد غلاف ۷، ۸/۵، ۸/۶، ۱۰/۳۳، ۱۲/۱۶، ۱۳/۴۶ و ۱۶ می باشند. میانگین تیمارهای T_1تاT_3 در مقایسه با تیمار T_8 ،هر یک به ترتیب میزان ۵۸٪ ، ۴۹٪ و ۴۹٪ کاهش را نشان دادند. کاهش میزان آب در دسترس گیاه در مراحل اولیه ی فاز زایشی (گلدهی و شروع غلاف دهی) باعث کاهش میزان غلاف های موجود بر روی ساقه ی اصلی گیاه می گردد. تشکیل تعداد کمتر گل و غلاف و ریزش آنها در شرایط تنش از دلایل احتمالی کاهش تعداد غلاف در گیاه می باشد. این نتایج با یافته های محققین مطابقت دارد[۱۱۳]. نتایج بررسی ها نشان می دهد که عدم دسترسی به رطوبت می تواند مهمترین عامل موثر بر ریزش گل و غلاف باشد. تامین رطوبت کافی مانع ایجاد تغییرات تخریبی درمنطقه ی ریزش دمگل ها می شود. تنش رطوبتی می تواند بر مکانیسم های زایشی تعیین کننده ی عملکرد تاثیر بگذارد[۳۲]. اما اندازه ی این تاثیر به مرحله ی نمو گیاه در زمان وقوع تنش، شدت و دوام تنش بستگی دارد. کاهش تعداد غلاف در اثر تنش رطوبتی در مرحله ی گلدهی و اوایل فاز زایشی با نتایج دیگر تحقیقات[176] مبنی بر کاهش بار تولید مثلی گیاه در اثر تنش رطوبتی، مطابقت دارد[26].

کاهش تعداد غلاف در T_4 که با کاهش ۳۹ درصدی همراه بوده است را می توان با کاهش میزان آب در مراحل تشکیل غلاف توجیه کرد. کاهش ۲۹ و۲۱ درصدی تعداد غلاف در T_5و T_6 در مراحل تشکیل دانه و پر شدن غلاف (دانه بندی) به علت سقط جنین در بعضی از غلاف ها است.این مسأله در نهایت منجر به ریزش آنها می شود. محققان نشان دادند که کمبود آب در مراحل دانه بندی سبب حذف تخمک در بعضی غلاف ها و ریزش آنها شده است[۱۴۳،۱۴۷]. کاهش ۶ درصدی تعداد غلاف در تیمار T_7 نسبت به شاهد را می توان با کمبود آب در این مرحله و ریزش زود هنگام برگ ها توجیه نمود. این کاهش از نظر آماری معنی دار نمی باشد. شکل (۵-۶) نشان دهنده ی روند افزایش عملکرد نسبت به تغییرات تعداد غلاف در ساقه ی اصلی می باشد. با توجه به این شکل می توان این گونه نتیجه گیری کرد که تعداد

غلاف در بوته ی گیاه با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری دارد. این موضوع نشان دهنده ی اهمیت مراحل تشکیل غلاف در گیاه سویا می باشد.



شکل ۵-۶- رابطه ی عملکرد دانه در تک بوته(گرم) با تعداد غلاف در تک بوته

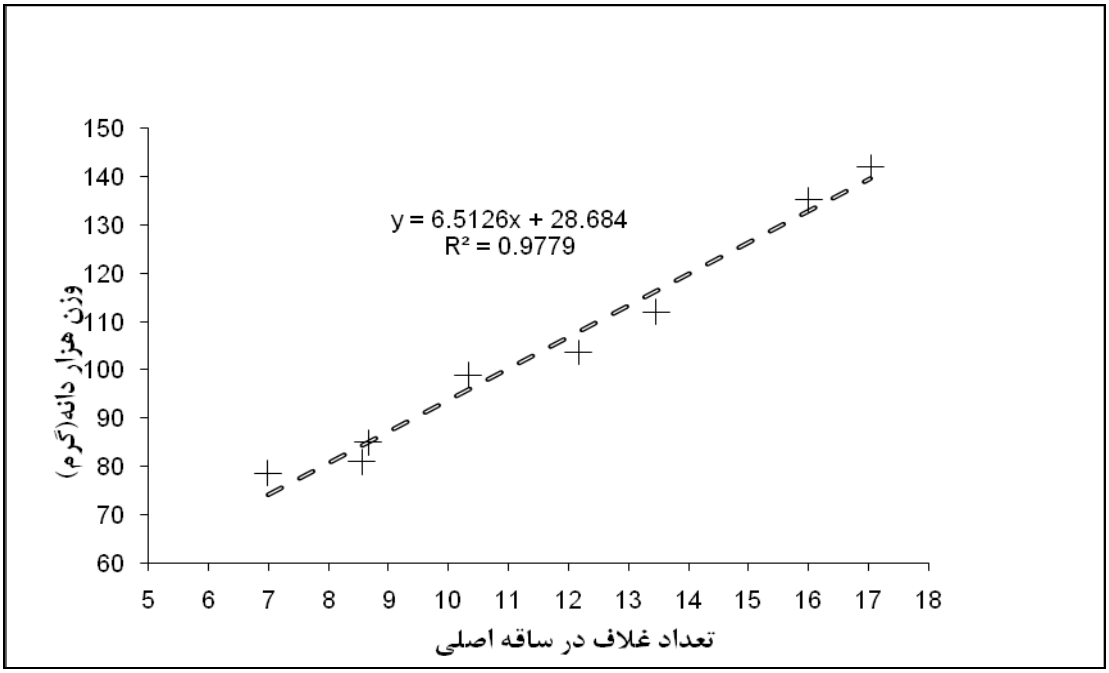
با افزایش تعداد غلاف، عملکرد دانه نیز افزایش می یابد. گیاهانی که در مراحل اولیه ی تشکیل غلاف و غلاف دهی کامل دچار تنش شده اند دارای درصد غلاف کمتری نسبت به تیمار شاهد (T_8) و دیگر تیمارها از قبیل T_6و T_7 می باشند.

۵-۱-۴-عملکرد دانه

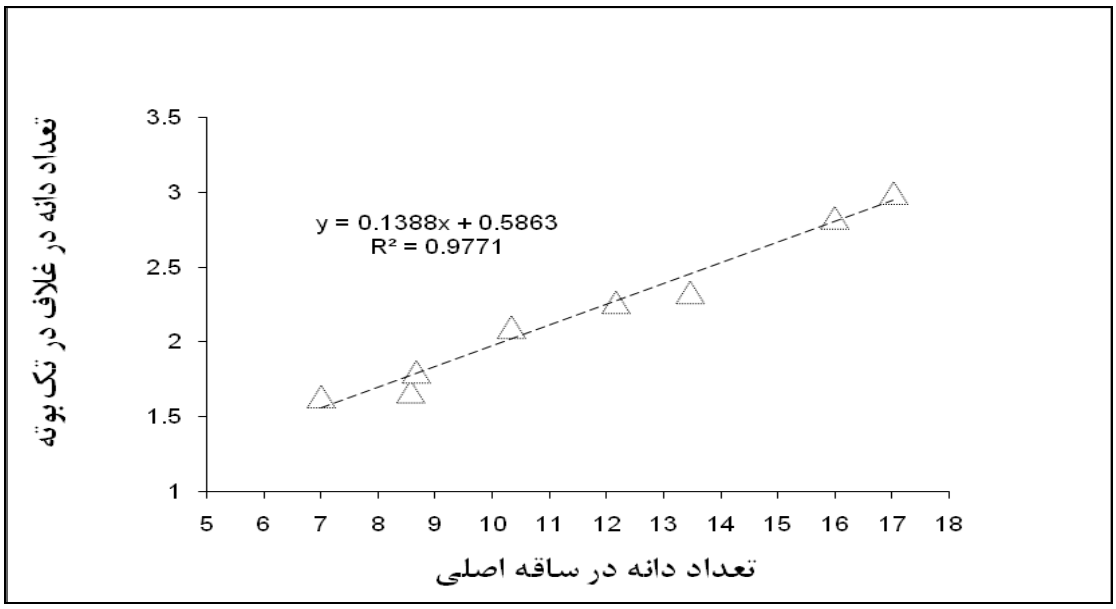
نتایج تجزیه ی واریانس حاکی از اثر معنی دار رژیم های آبیاری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد می باشد(جدول۵-۱).میانگین عملکرد دانه در تیمارهای T_1تا T_8به ترتیب 41/67، 51، 70/67، 94/67، ۱۵۰، ۱۷۶، 306/33 و ۳۵۰ گرم بر متر مربع بوده که کاهش آن نسبت به شاهد از لحاظ آماری معنی دار بوده است(جدول۵-۲). عملکرد در تیمارهای T_1تا T_7 نسبت به T_8 (شاهد) به ترتیب

کاهشی معادل ۸۸٪، ۸۵٪، ۷۹/۸٪، ۷۲/۹٪، ۵۷/۸٪، ۴۹/۷٪ و ۱۲٪ داشته است. کاهش عملکرد دانه بر اثر افزایش طول دوره ی تنش و تقلیل میزان مصرف آب با نتایج بسیاری از محققین مطابقت دارد[47، 64، 128]. میانگین عملکرد تیمارهای T_1تا T_3 از نظر آماری مشابه بودند. در این ۳ تیمار شروع تنش با مراحل آغاز گلدهی و اواسط گلدهی و پایان گلدهی همراه بود. محققین مشاهده نمودند که علیرغم آبیاری در زمان تشکیل دانه کمبود رطوبت در طول دوره ی گلدهی میزان عملکرد را در اثر کاهش تعداد غلاف در هر بوته کاهش داد[۱۶۲، ۸۶، 26]. با اعمال تنش در مرحله ی گلدهی کامل با کاهش عملکرد ناشی از کاهش تعداد دانه روبرو خواهیم شد[۴۶]. کاهش عملکرد در این دو مرحله ی زایشی را می توان به ریزش گل ها و کاهش تولید غلاف نسبت داد. به عقیده ی برخی محققان، تنش کمبود آب در اوایل فاز گلدهی اثر معنی داری بر اجزا عملکرد و در نتیجه عملکرد سویا ندارد[۱۱۶].سایر گزارشات[171،12] حاکی از این است که تنش در مرحله ی گلدهی تا رسیدن پتانسیل آب به ۲۳- بار در ظهر سبب کاهش طول دوره ی گلدهی، تعداد گل، تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه در هر بوته ی سویا گردیده است. همچنین کاهش تعداد غلاف در گیاهانی که در مرحله ی گلدهی تحت تاثیر تنش قرار گرفته اند، به علت ریزش گل ها بوده که توسط دیگر محققان نیز بیان شده است[182،116]. به طور کلی با توجه به اکثر گزارشات[۱۸۲،۱۷۱،۱۲،۲۶] می توان اظهار داشت که تنش کمبود آب در مرحله ی گلدهی نسبت به تنش در سایر مراحل نمو زایشی کمترین تاثیر را بر اجزای عملکرد و درنتیجه بر عملکرد دانه ی سویا دارد. مقایسه ی میانگین عملکرد دو تیمار T_3وT_4 از نظر آماری اختلاف معنی داری را نشان نمی دهد. مقایسات میانگین نشان می دهد که عملکرد دانه در تیمارهای(T_5 و T_6) از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند. با توجه به میزان عملکرد و درصد کاهش محصول در این دو تیمار (T_5 و T_6) می توان به اهمیت مرحله ی دانه بندی و پر شدن دانه (از ابتدای R_5 تا انتهای R_6) پی برد. تنش در مرحله ی R_5 موجب عدم تشکیل دانه و کاهش تعداد دانه در غلاف می گردد. همچنین تنش آبی در این مرحله موجب سقط تخمک، حذف آن و ریزش غلاف ها می گردد. این نتایج با نتایج گزارش شده ی دیگر محققان نیز

مطابقت دارد[۱۴۷، ۱۴۳]. اهمیت این مرحله از نظر تولید تعداد دانه ی کافی در عملکرد سویا کاملا مشهود است. بنا به نظر بسیاری از محققین مرحله ی R_6 (پر شدن دانه) در سویا مرحله ای حساس به تنش آبی می باشد[182،171،63]. کاهش میزان عملکرد تیمار T_6 (که در مرحله ی R_6 آبیاری نشده)، نسبت به تیمار T_7 که در مرحله ی R_6 آبیاری شده است ،تاکیدی بر اهمیت این مرحله در عملکرد سویا است.به طور معمول، تنش رطوبتی در اواخر مرحله ی دانه بندی (R_6) بر تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته اثری نمی گذارد.کاهش عملکرد دانه در اثر تنش کمبود آب در این مرحله(R_6) نیز توسط دیگران گزارش شده است[۳۹]. کاهش عملکرد در مرحله ی R_6 را می توان به کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه ها و کاهش وزن هزار دانه نسبت داد. این مطلب مورد تایید محققان دیگر نیز می باشد[30،23]. کاهش ۱۲ درصدی عملکرد تیمار T_7 نسبت به تیمار شاهد(T_8) از نظر آماری معنی دار می باشد. کاهش عملکرد در این تیمار را تحت اثر خشکی می توان به مرگ زودرس برگ ها، توقف پر شدن دانه و کاهش وزن صد دانه نسبت داد. این مطلب توسط محققین دیگر نیز به اثبات رسیده است[۹]. مطالعات اثرات تنش آبی در مراحل مختلف نمو سویا نشان داده است که کمبود آب در مرحله ی رسیدگی بر تعداد دانه اثری نداشته، ولی وزن هزار دانه را کاهش داده است. این امر به کاهش عملکرد در سویا منجر گشته است[۲۳،۲]. کاهش آبیاری در این مرحله، کاهش معنی داری را در تعداد دانه سبب نمی شود[۱۵۰].



شکل۵-۷- رابطه ی وزن هزار دانه(گرم) با تعداد غلاف در ساقه ی اصلی



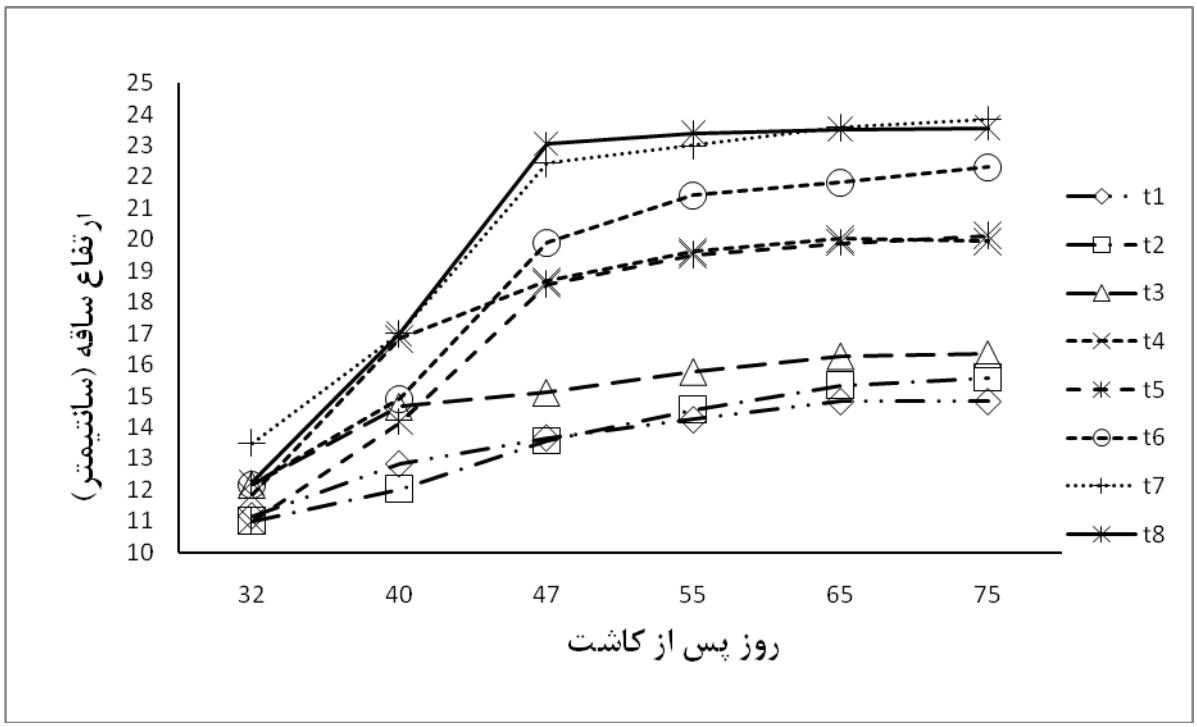
شکل ۵-۸- رابطه ی تعداد دانه در غلاف با تعداد دانه در ساقه ی اصلی

با توجه به نمودار (۵-۷ و۵-۸)و جدول (۵-۳) می توان دریافت که عملکرد با اجزای عملکرد، رابطه ی خطی و همبستگی مثبتی دارد. نتایج به دست آمده نشان داد که رابطه ی همبستگی بین عملکرد در سویا با وزن هزار دانه بیشتر از دیگر اجزاء عملکرد بیشتر بوده است. این مسأله نشان دهنده ی اهمیت

بیشتر وزن هزار دانه در تعیین عملکرد نهایی می باشد(جدول ۵-۳). از آنجا که وزن نهایی دانه در مرحله ای همچون R_6 تعیین می شود، می توان به اهمیت این مرحله در تعیین عملکرد پی برد. این مطلب با یافته های محققان پیشین نیز مطابقت دارد[۱۵۰،۱۸۲،۱۷۱]. این نتایج نیز بیش از پیش اهمیت مرحله ی R_6 و حساسیت آن به تنش آبی در تعیین عملکرد و پس از آن حساسیت مرحلهR_5(تشکیل دانه) را مشخص می کند. اهمیت مراحل تشکیل دانه (R_5) و پر شدن دانه (R_6) توسط محققان بسیاری بیان شده است[185، 38، 105].

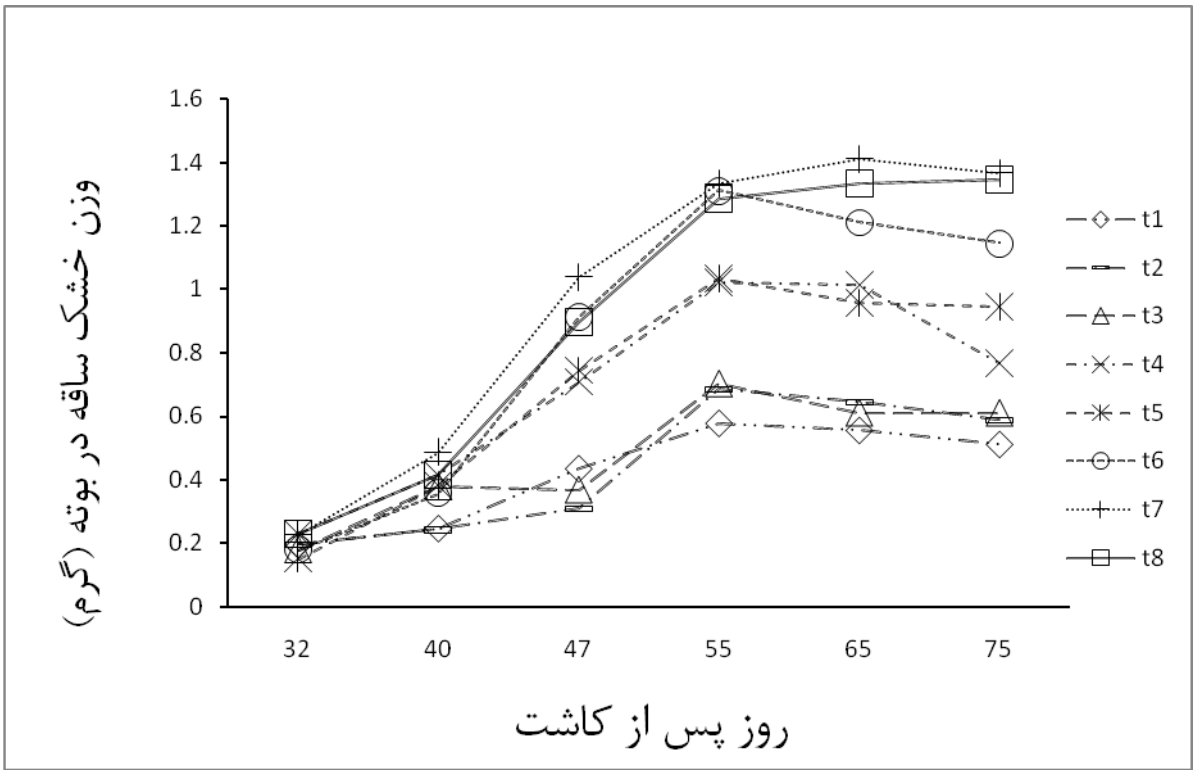
۵-۲-تاثیر تنش خشکی بر ارتفاع ساقه

در نمونه برداری اول میانگین ارتفاع بوته برای کلیه ی تیمارها مشابه به دست آمد(جدول۵-۵ و۵-۱۰). تفاوت در ارتفاع بوته تیمارهای مختلف از هفته ششم پس از سبز شدن مشهود است(شکل ۵-۹). عکس العمل سویا به تیمارهای مختلف آبیاری از نظر ارتفاع با میزان آب دریافتی نسبت مستقیم داشته است. ارتفاع نهایی بوته در تیمارهای T_6، T_7 و T_8 که آب بیشتری دریافت نموده اند زیادتر و در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 که آب کمتری دریافت نموده اند از همه ی تیمارها کمتر است. منابع دیگر نیز گزارش داده اند که ارتفاع بوته در اثر کاهش آب قابل دسترس گیاه کاهش می یابد[42،36،21،6].

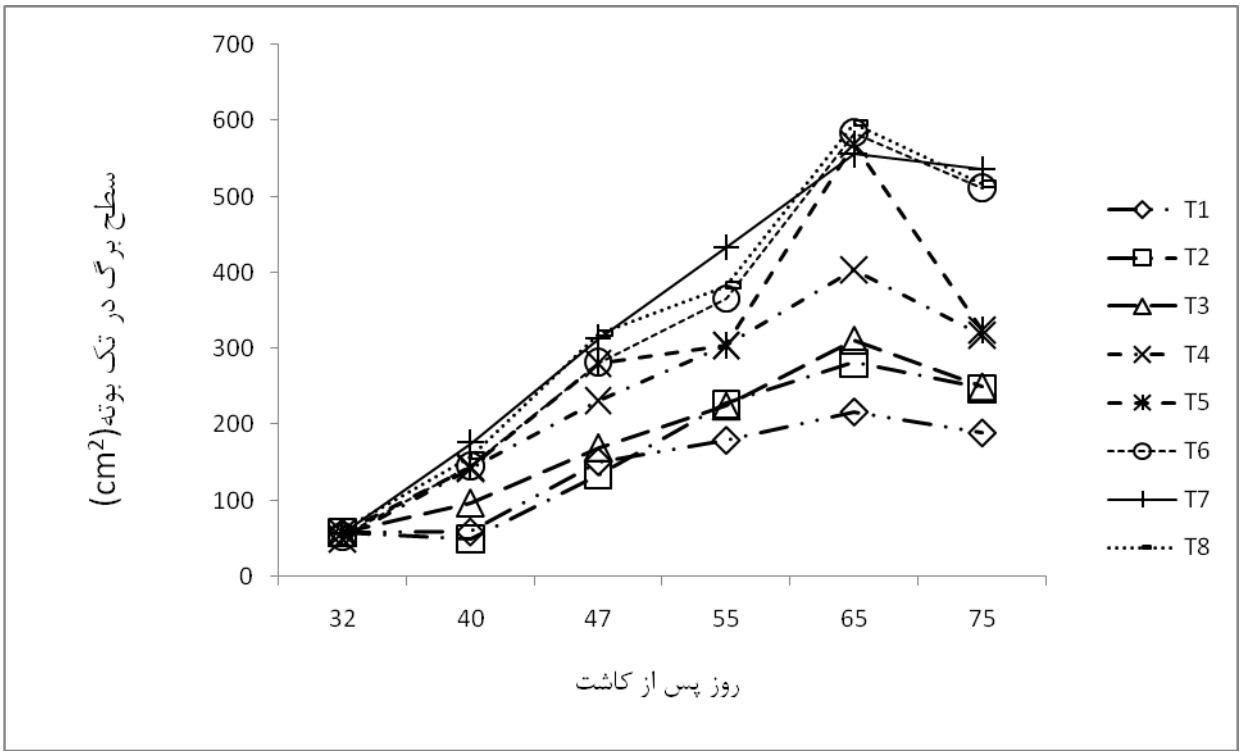


شکل ۵-۹- روند افزایش ارتفاع ساقه در طول فاز زایشی

عدم تورژسانس مناسب سلول ها، تخصیص بیشتر مواد تولید شده برای مقابله با تنش و کوتاه شدن طول دوره ی رشد همگی می توانند جزو عوامل موثر بر کاهش ارتفاع ساقه باشند[۵۷،۱۰۱]. نتایج نشان داد که اختلاف چندانی بین میانگین ارتفاع ساقه ی تیمارها در هفته های اول شروع گلدهی مشاهده نمی شود(جداول۵-4 و۵-9). با گذشت زمان و با بررسی روند افزایش ارتفاع ساقه می توان به افزایش قابل توجه ارتفاع ساقه پی برد، که این افزایش با مراحل R_3 و R_4 همزمان شده است. شکل (۵-۱۰) نشان می دهد که شروع افزایش در ارتفاع ساقه با افزایش وزن خشک ساقه و شروع افزایش شدید سطح برگ (شکل ۵-۱۱) همزمان می باشد.در اصل این امر بر افزایش رشد رویشی ساقه و سطح فتوسنتز کننده ی گیاه به منظور تولید مواد فتوسنتزی بیشتر دلالت دارد.



شکل ۵-۱۰- روند تغییرات وزن خشک ساقه



شکل ۵-۱۱- روند تغییرات سطح برگ در طول فاز زایشی

انجام آبیاری در مراحل اولیه ی زایشی تاثیر بیشتری بر ارتفاع و رشد ساقه گیاه دارد. با نزدیک شدن به رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه، این تاثیر کاهش می یابد[۴۲،۱۰۱،۵۷].

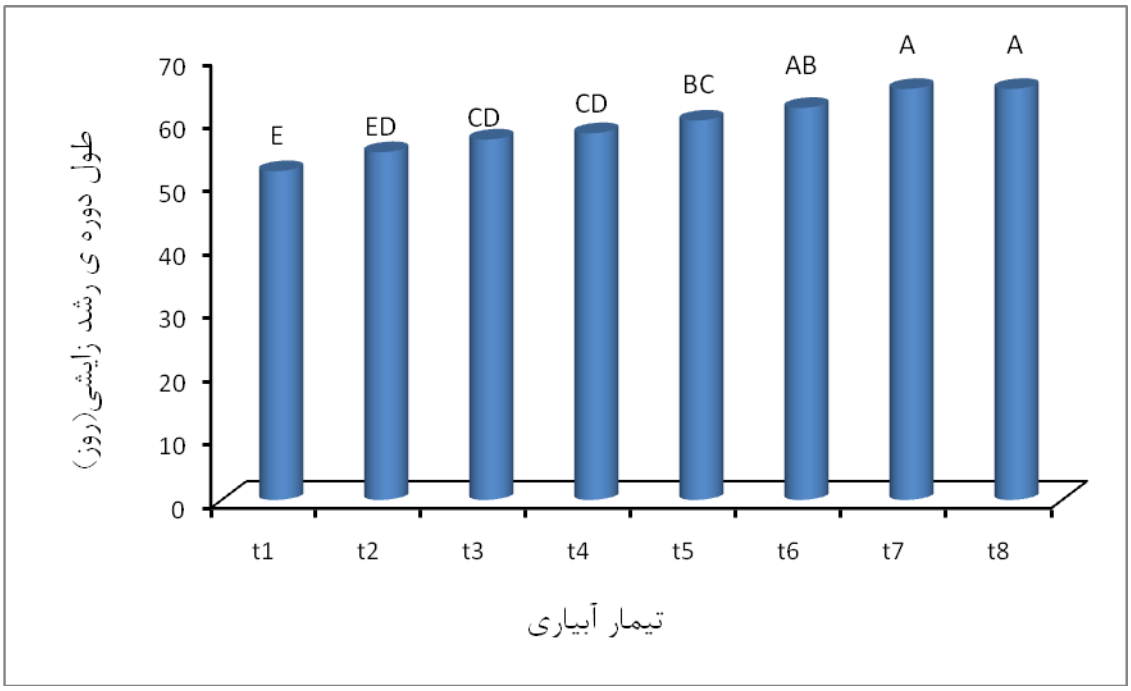
نتایج مقایسات میانگین جدول (۵-4) نشان می دهد که در نمونه برداری ششم اختلاف معنی داری بین تیمارهای T_6، T_7 و T_8 مشاهده نمی شود. تیمارهای T_4 و T_5 نیز در یک سطح و سه تیمار T_1، T_2 و T_3 در پایین ترین سطح ارتفاع قرار دارند. کاهش وزن خشک ساقه در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 را می توان با کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش تعداد گره و مصرف مواد فتوسنتزی به منظور مقابله با تنش، توجیه کرد. کاهش وزن خشک ساقه در تیمار T_4 و T_5 با توجه به رشد نامحدود بودن رقم کشت شده و نیاز گیاه به مواد فتوسنتزی و مصرف مواد ذخیره ای برای رشد دانه ها توجیه پذیر است. افزایش کند رشد ساقه در مراحل R_4 و R_5 در این تیمارها که با عدم آبیاری مواجه گشته اند می تواند علت کاهش ارتفاع نسبت به سه تیمار T_6 ، T_7 و T_8 باشد.

۵-۳-طول دوره ی رشد گیاه

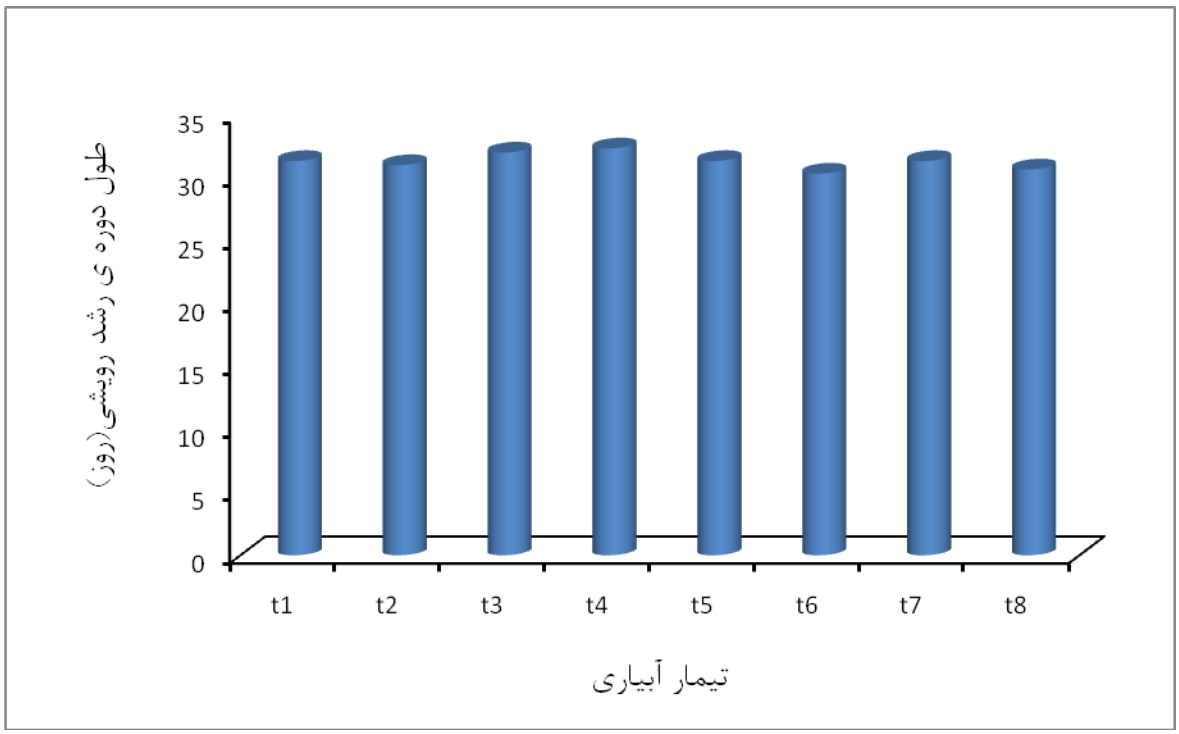
نتایج تجزیه ی واریانس نشان دهنده ی عدم وجود اختلاف معنی دار بین طول دوره ی رشد رویشی تیمارهای T_1 تا T_8 می باشد(جدول۵-5). میانگین روزهای رشد رویشی از سبز شدن تا مرحله ی R_1 در تیمارهای T_1 تا T_8 به ترتیب 31/33، 31، 32، 32/33، 31/33، 30/33، 31/33 و 30/66 روز بود که اختلاف معنی داری را نشان ندادند. میانگین طول دوره ی رشد زایشی برای تیمارهای T_1 تا T_8 به ترتیب، ۵۲، ۵۵، ۵۷، ۵۸، ۶۰، ۶۲، ۶۵ و ۶۵ روز به دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی داری را نشان می دهند(جدول۵-5). بین طول دوره ی رشد به دست آمده برای تیمارهای T_6، T_7 و T_8 اختلاف معنی داری دیده نمی شود.

تنش در مرحله رشد رویشی ممکن است تاخیر در رسیدگی [۱۴۵] و یا تحریک رشد

زایشی را به همراه داشته باشد [102،۱۹۱]. در بررسی محققان[132] نشان داده بوته هایی که تحت شرایط تنش رطوبت رشد می کنند فاصله R_5 تا R_7 را در مدت ۲۷ روز طی کردند. در بوته های تحت شرایط رطوبت کافی این مدت به ۴۳ روز افزایش یافت. آنها اعلام کردند که سرعت پرشدن دانه چندان تحت تاثیر تنش رطوبتی قرار نمی گیرد و تغییر اندازه نهایی دانه در شرایط تنش رطوبتی، عمدتاً تحت تاثیر طول دوره ی پرشدن دانه می باشد. این مسأله می تواند دلیلی بر کاهش عملکرد تیمارهای با طول دوره ی رشد زایشی کمتر باشد. همچنین یافته های دیگر محققان[۱۷۱] نشانگر کاهش طول دوره ی گلدهی در اثر تنش در مرحله گلدهی است.

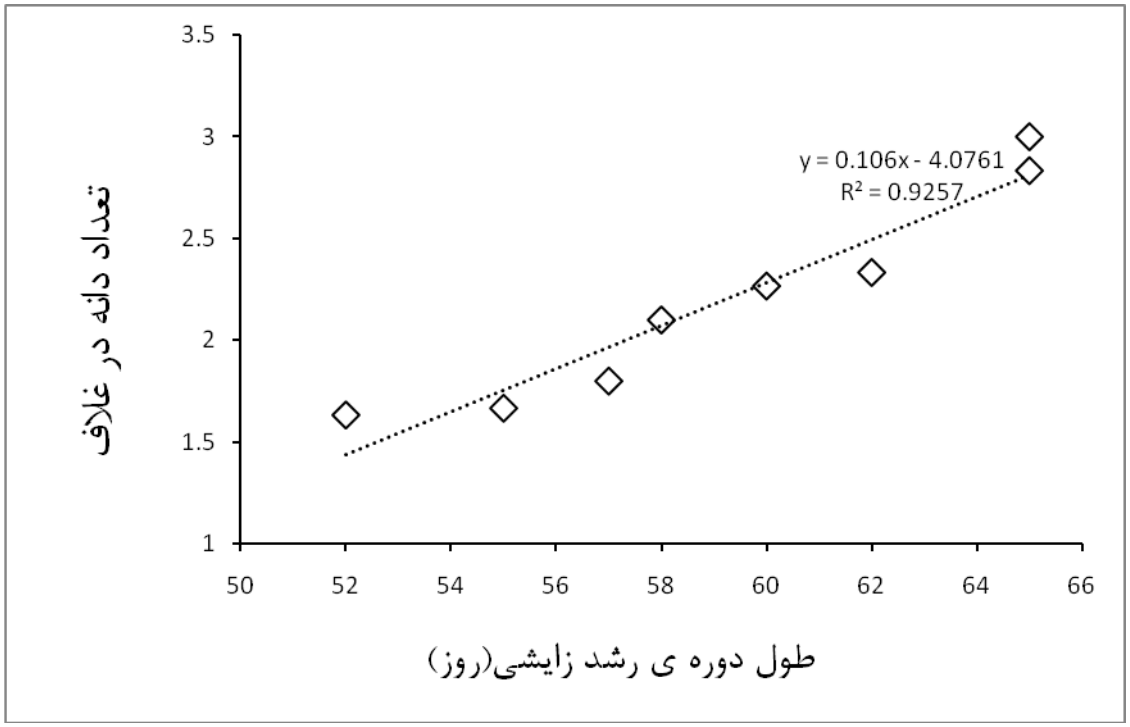


شکل ۵-۱۲- مقایسه ی طول دوره ی رشد زایشی در تیمارهای مختلف

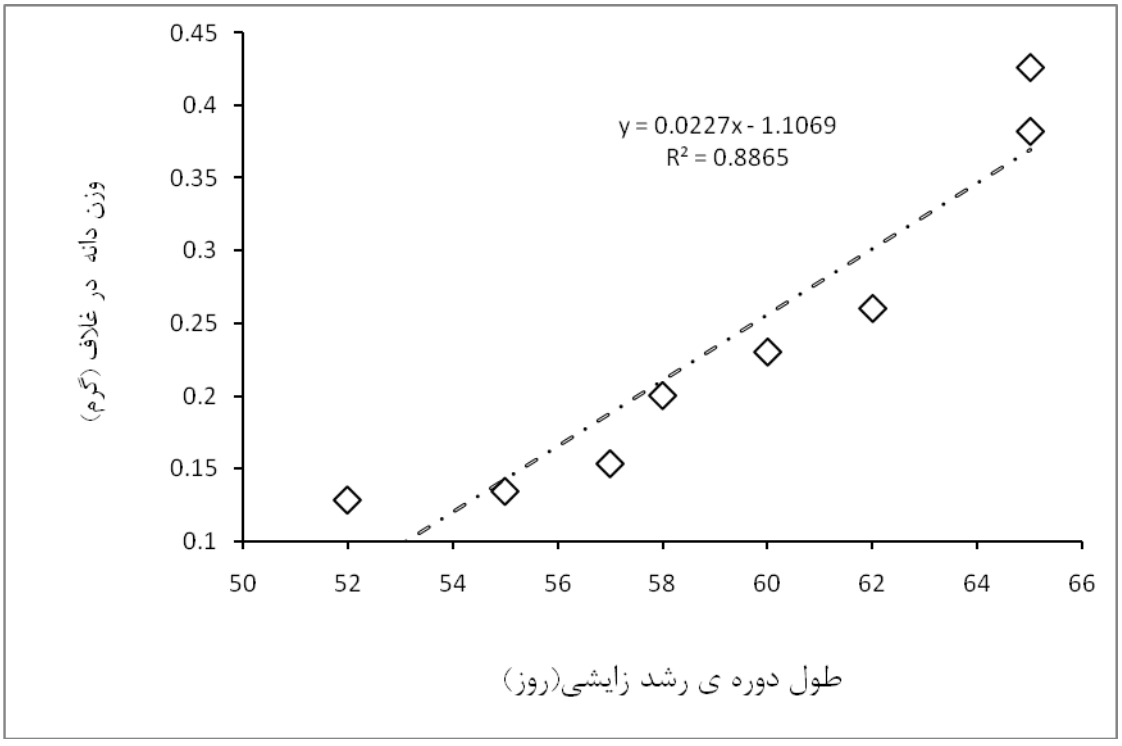


شکل ۵-۱۳- مقایسه ی طول دوره ی رشد رویشی در تیمارهای مختلف

همچنین یافته های بسیاری از محققان نشان می دهد که تنش در مراحل رشد زایشی سبب کاهش دوره ی پر شدن دانه می شود.این کاهش به علت تسریع پیری در گیاه است که در نتیجه، کوتاهی فصل رشد را به دنبال خواهد داشت[171،112،102،32]. تنش خشکی در هنگام رشد گره های سویا باعث تاخیر در ظهور آنها و تسریع در شکل گیری اندام زایشی سویا می گردد. همچنین محدودیت آب، رسیدگی گل ها را با توجه به طول دوره ی تنش بین ۳ تا ۷ روز تسریع می کند[116،32،171]. نتایج تجزیه واریانس طول دوره ی رشد زایشی که گیاه با تنش رطوبتی مواجه گشته است، همگی با نتایج محققان قبلی مطابقت دارد[۱۷۱،۱۱۶،۳۲،۱۰۲].



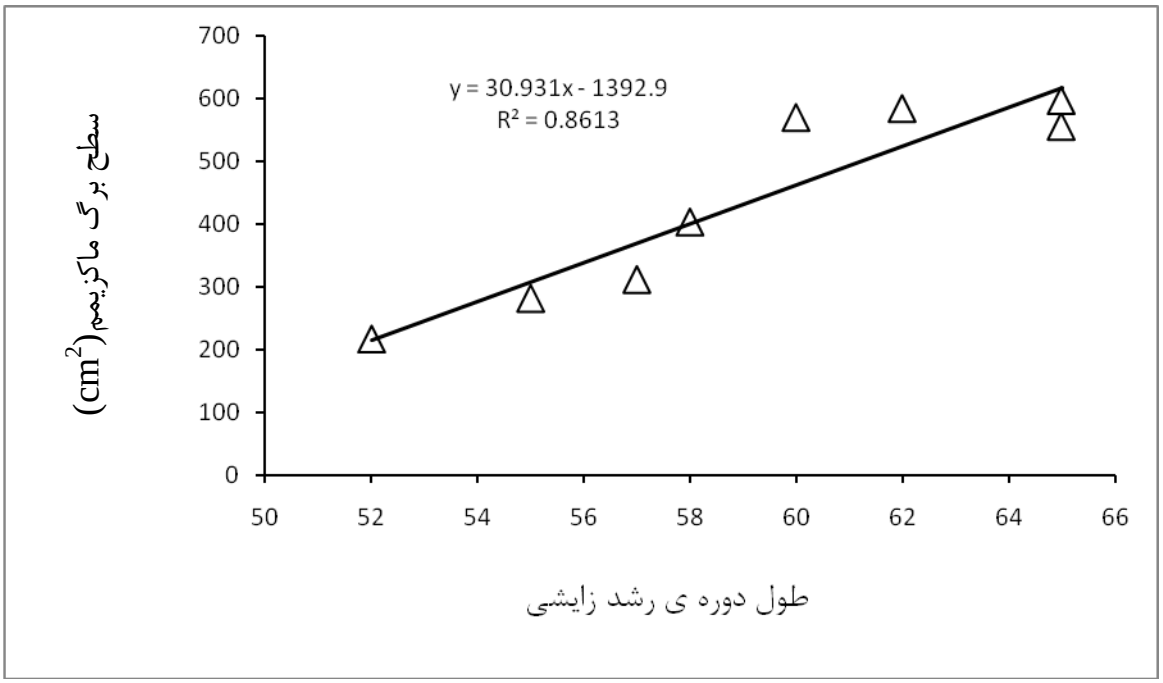
شکل ۵-۱۴- رابطه ی تعداد دانه در غلاف با رشد زایشی



شکل ۵-۱۵- رابطه ی وزن دانه در غلاف با طول دوره ی رشد زایشی

همچنین با توجه به شکل (۵-۱۴ و ۵-۱۵) می توان دریافت که بین تعداد دانه در غلاف با طول دوره ی رشد زایشی و همچنین بین وزن دانه در غلاف با طول دوره ی مزبور رابطه ی خطی مستقیم و همبستگی بالایی وجود دارد. افزایش طول دوره ی رشد زایشی از طریق ایجاد فرصت کافی در تمام مراحل زایشی، گلدهی کامل، تشکیل کامل اکثر غلاف ها، رسیدن به سطح برگ ماکزیمم، ایجاد فرصت کافی برای تولید و انتقال اسیمیلات ها به سمت دانه های تازه تشکیل یافته موجب افزایش عملکرد نسبت به گیاهان تنش دیده با طول دوره ی رشد زایشی کمتر می شود.

در این بررسی، به ازای هر یک روز افزایش در طول دوره ی رشد زایشی،حدود ۳۱ سانتی متر مربع بر سطح برگ ماکزیمم افزوده شد(شکل ۵-۱۶).



شکل ۵-۱۶- رابطه ی سطح برگ ماکزیمم با طول دوره ی رشد زایشی

۵-۴-تعداد شاخه ی فرعی

تجزیه داده های مربوط به شاخه های فرعی وجود اختلاف معنی داری را بین تیمارهای مختلف نشان نمی دهد. برای تیمارهای T_1 تا T_8 به ترتیب میانگین ۱/۸، ۱/۸۳، ۲، ۱/۸۶، ۲/۱، ۲/۰۶۶، ۱/۹ و ۲ تعداد شاخه در بوته بدست آمد. با توجه به رژیم های آبیاری متفاوت و دسته بندی تیمارها از نظر تعداد شاخه های فرعی با توجه به جداول (۵-۱و۵-۲) می توان دریافت که نتایج به دست آمده و دسته بندی های صورت گرفته با نتایج محققان مطابقت نداشته است. این عدم تطابق را می توان به خصوصیات ژنتیکی رقم و عدم تمایل گیاه به سمت تولید شاخه های جانبی نسبت داد[۸۵،۱۱۳،۶۳،۱۹۳].

۵-۵-تعداد گل در گیاه

در مرحله ی گلدهی در گیاه سویا درصد زیادی از گل های تشکیل یافته در گیاه (۵۰٪) ریزش می نمایند. عوامل محیطی از قبیل تنش رطوبتی نیز می تواند باعث شدت یافتن این مسأله گردد[7]. مدت زمان از شروع تا انتهای گلدهی بسته به نوع گیاه از ۲ تا ۴ هفته به طول می انجامد [7]. نتایج تجزیه ی واریانس نشان داد که در شروع فاز گلدهی (نمونه برداری دوم پس از گلدهی) که تقریباً در تمامی تیمارها بطور همزمان شروع شد، اختلاف معنی داری از نظر آماری بین رژیم های آبیاری (تیمارها) مشاهده نمی شود(جدول ۵-۱1). در نمونه برداری سوم تیمارها از نظر این صفت در دو گروه قرار گرفتند(جدول ۵-۱۲). گروه اول شامل تیمارهای T_3، T_4، T_5، T_6، T_7 و T_8 و گروه دوم که دارای تعداد گل کمتری می باشند شامل تیمارهای T_1 و

T_2 می باشد. در پایان مراحل گلدهی(نمونه برداری چهارم) نیز اختلاف معنی داری از نظر آماری بین تیمار T_1 و T_2 با دیگر تیمارها مشاهده می شود. البته شدت این اختلاف نسبت به نمونه ی سوم بیشتر است.

به علت اینکه واریته ی کشت شده جزء ارقام رشد نامحدود می باشد، تداخل مرحله ی گلدهی در این گیاه با شروع مرحله ی R_3 (تشکیل غلاف) مشاهده می شود. تنش کمبود آب در اوایل مرحله ی گلدهی سبب ریزش بعضی از گل ها می شود. در ارقام گل غیرانتهایی رشد مجدد بعد از برطرف شدن تنش سبب تولید گل های بیشتری در قسمت فوقانی گیاه می گردد[۱۱۶،۱۸۹]. عدم دسترسی به رطوبت مهمترین عامل موثر بر ریزش گل می باشد. تامین رطوبت کافی مانع ایجاد تغییرات تخریبی در منطقه ی ریزش دمگل ها می گردد[130].

۵-۶-تعداد غلاف در گیاه

نتایج تجزیه ی واریانس جدول۵-۱۰ نشان داد که در هفته ی هشتم پس از سبز شدن(نمونه برداری چهارم) اختلاف معنی داری بین تیمارها از نظر تعداد غلاف در گیاه مشاهده نمی شود. بنا به نظر محققان مرحله ی آغاز تشکیل غلاف در سویا از حساسترین مراحل نسبت به تنش آبی می باشد [130،28،۱۳۳]. میانگین بالاتر(قابل اغماض از نظر آماری) تعداد غلاف در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 نسبت به دیگر تیمارها را می توان به شروع زودتر مرحله ی R_3 در این تیمارها نسبت داد(جدول۵-۱۳). نتایج مقایسات میانگین مرحله ی پنجم نمونه‌برداری نشان داد که اثرات تنش بر تعداد غلاف در ساقه ی اصلی کاملاً مشهود گشته است به طوریکه تیمار T_8، T_7 و T_6به ترتیب با ۱۵/۳۳، ۱۴/۲ و ۱۴ غلاف بیشترین و T_1و T_2 به ترتیب با ۴/۳۳و ۵/۶ تعداد غلاف در گیاه، کمترین تعداد غلاف را دارا می باشند. کاهش آب قابل دسترس در مرحله ی

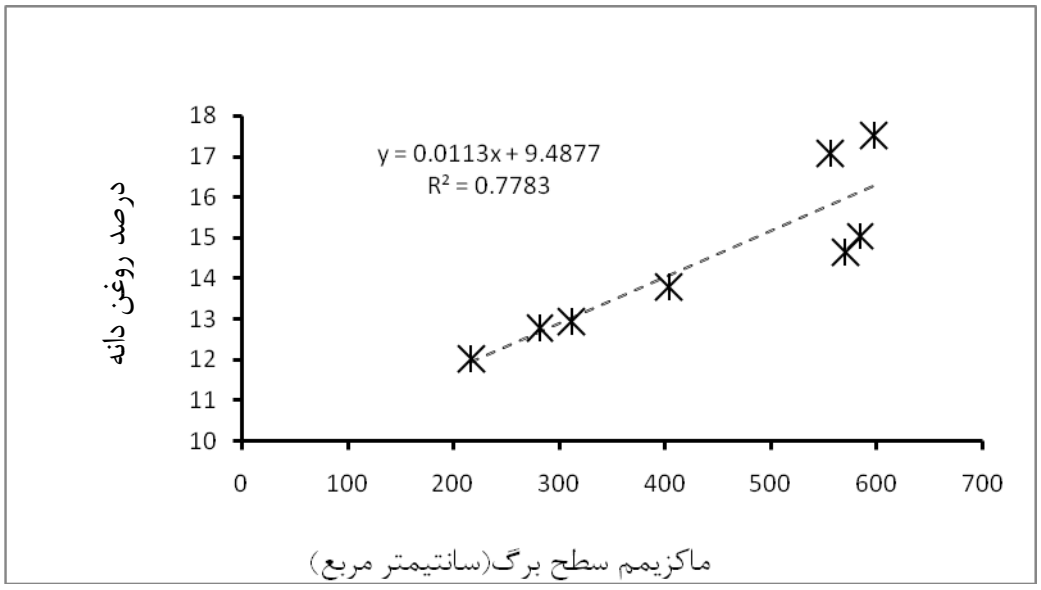
گلدهی R_1 و R_2 موجب ریزش گل ها و کاهش تشکیل غلاف در تیمار T_1 و T_2 گشته است[۹۳،۴۶]. تیمار T3 به علت وقوع تنش آبی در مرحله ی تشکیل غلاف که یکی از مهمترین مراحل زایشی سویا است دچار ریزش و کاهش غلاف گشته است[۱۷۱،۱۳۸].مرحله ی R_3 (گسترش سریع غلاف ها) نیز از مراحل حساس نسبت به تنش آبی است. اگر چه در تیمار T_4 نیز نسبت به شاهد اثر تنش بر روی غلاف ها مشهود است ولی این اثر به دلیل عبور از مرحله ی R_3 خفیف تر از T_3 می باشد. کاهش تعداد غلاف در T_5 را می توان همان طور که محققین دیگر نیز بیان کرده اند[102،104،32] به عدم تشکیل دانه و سقط تخمک نسبت داد. در مرحله ی ششم نمونه برداری مشاهده شد که تیمار T_6 نیز که وارد مرحله ی R_6 شده است به دلیل تنش رطوبتی با ریزش غلاف مواجه گشته است.

۵-۷-درصد نیتروژن بافت ، پروتئین و روغن دانه:

نتایج تجزیه ی واریانس جدول ۵-۱ نشان دهنده ی معنی دار بودن اثر تیمارها بر این صفت و در نتیجه وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها می باشد. تیمارهای T_8 تا T_1 هر یک به ترتیب دارای ۷/۳۴، ۷/۱۵، ۵/۷۱، ۵/۳۶،5/1 ، ۴/۶۲، ۴/۴۶ و ۴/۳۴ درصد نیتروژن در دانه می باشند(جدول ۵-۲). تیمارهای T_7 و T_8 و تیمارهای T_4، T_5 و T_6 به ترتیب رتبه ی اول و دوم را از نظر درصد نیتروژن دانه به خود اختصاص دادند. محققان بیان داشته اند که مواجه شدن با تنش موجب افزایش پروتئین گیاه به صورت خطی می شود [6].از دلایل کاهش درصد پروتئین دانه سویا می توان به تنش، کاهش گره زایی،کاهش تثبیت ازت در گیاهان تنش دیده،کاهش سطح برگ در R_4 و R_5 و همچنین کاهش انتقال مواد در R_6 اشاره کرد[۶۲،۱۱۵].کاهش درصد

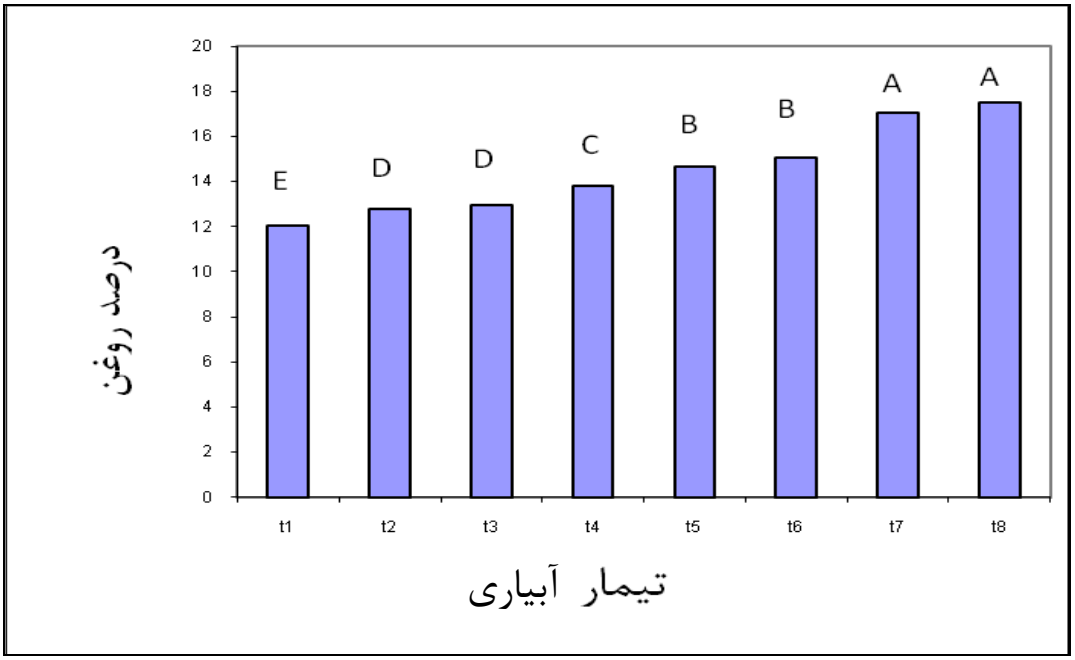
پروتئین در T_5 و T_6 را می توان به عدم انتقال مناسب مواد فتوسنتزی تولیدی نسبت داد [155]. کم شدن این صفت در T_3 و T_4 نیز می تواند به علت عدم حصول سطح برگ مناسب، کاهش فعالیت گره ها و تثبیت نیتروژن باشد[۱۵۷].گیاهان روئیده در شرایط T_1 و T_2 با دارا بودن تمامی اثرات تنش (سطح برگ محدود، کاهش انتقال مواد، صرف هزینه زیاد برای مقابله با اثرات تنش و همچنین عدم تشکیل گره های تثبیت کننده ازت و یا استقرار نامناسب آنها) دارای کمترین سطح درصد نیتروژن دانه می باشند. تجزیه ی داده های درصد روغن برای تیمارهای مختلف نیز نشان دهنده ی معنی دار بودن تنش(جدول ۵-۱) و وجود اختلاف معنی دار از نظر آماری بین میانگین تیمارهای مختلف است(جدول ۵-۲). در تحقیقی روی تاثیر تنش خشکی بر روغن دانه ی سویا، نشان داده شده است که وقوع تنش خشکی در ابتدا و انتهای دوره ی پر شدن دانه موجب کاهش درصد روغن دانه به میزان ۱۷٪ می گردد. وقوع تنش خشکی منقطع در اراضی دیم منجر به کاهش روغن دانه ی کلزا و افزایش پروتئین آن شد[98]. کاهش درصد روغن در T_5 و T_6 (شکل ۵-۱۹)با نتایج محققین همخوانی دارد[۹۸،۱۵۵،۱۵۷]. شکل (۵-۱۷) نشان دهنده ی رابطه ی بین درصد روغن با سطح برگ ماکزیمم است.با توجه به شکل،کاهش درصد روغن را می توان به سطح برگ کمتر و تولید کربو هیدرات کمتر نسبت داد.در این بررسی،بین درصد روغن و نیتروژن دانه رابطه ای مثبت به دست آمد(شکل ۵-۲۰).نتایج جدول ۵-۱۴ نشان دهنده ی معنی دار بودن اختلاف بین میانگین درصد نیتروژن بافت در تیمار های مختلف است.این اختلافات با توجه به اثرات تنش بر روند تثبیت ازت در سویا و گره زایی در این گیاه قابل توجیه می باشد.شکل ۵-۲۱ نشان دهنده ی درصد نیتروژن بافت می باشد.با توجه به شکل می توان دریافت که با افزایش اثرات تنش از T_8به سمت T_1 محتوی نیتروژن

بافت گیاه کاهش یافته است.

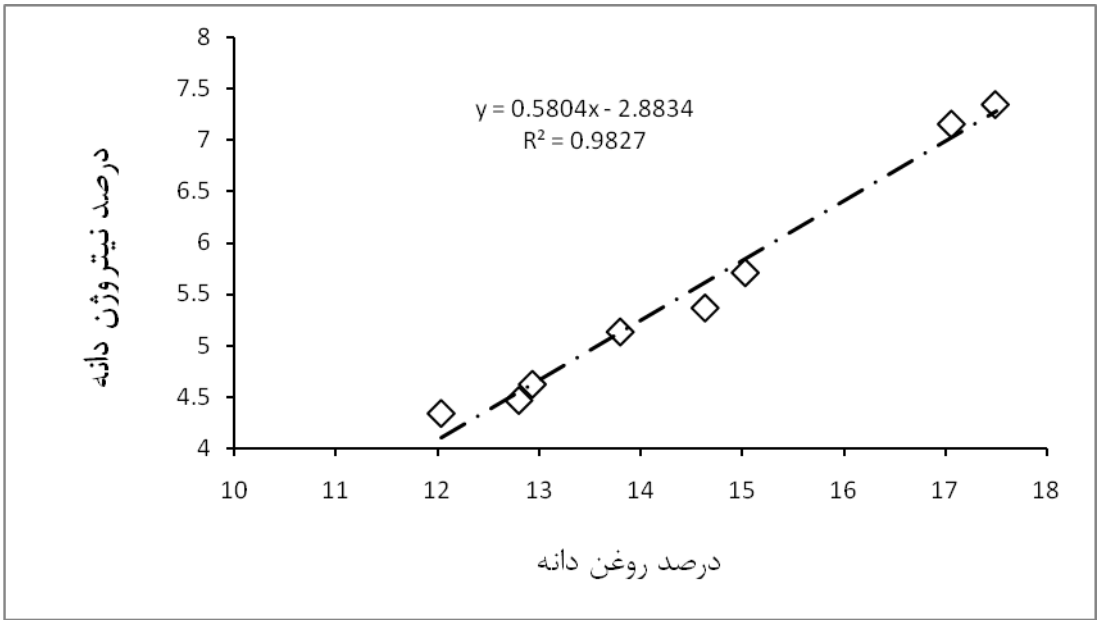


شکل ۵-۱۷- رابطه ی درصد روغن دانه وسطح برگ ماکزیمم در بوته

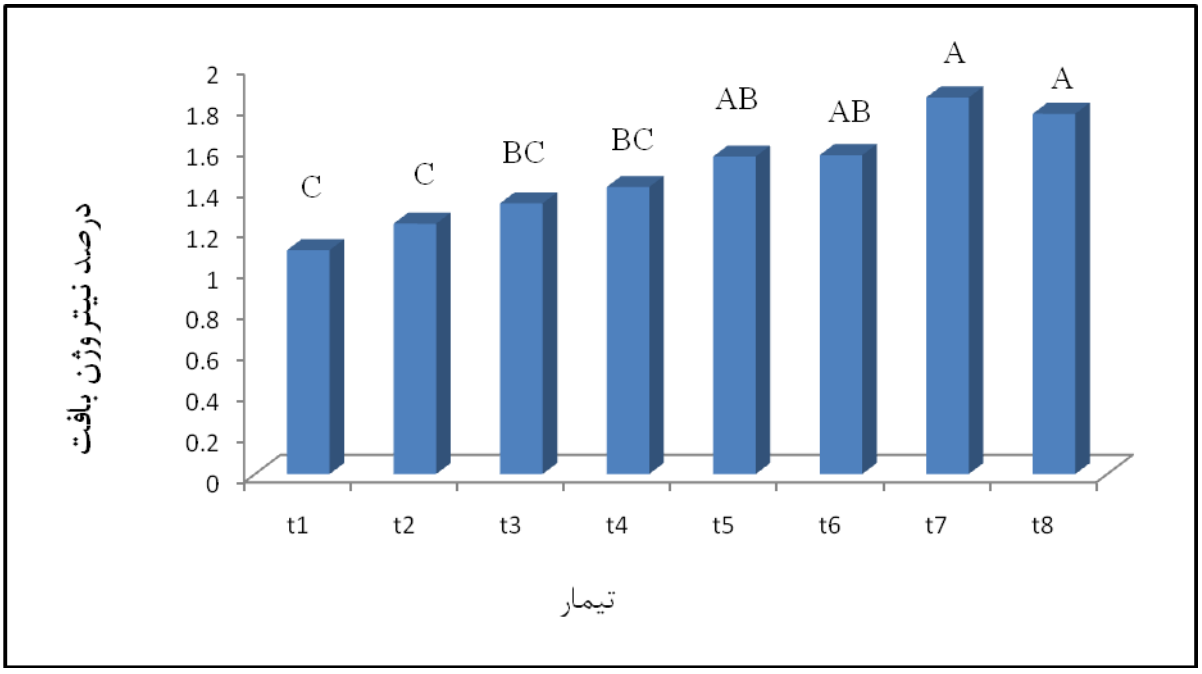
شکل ۵-۱۸- درصد نیتروژن دانه در تیمارهای مختلف



شکل۵-۱۹- درصد روغن دانه در تیمارهای مختلف



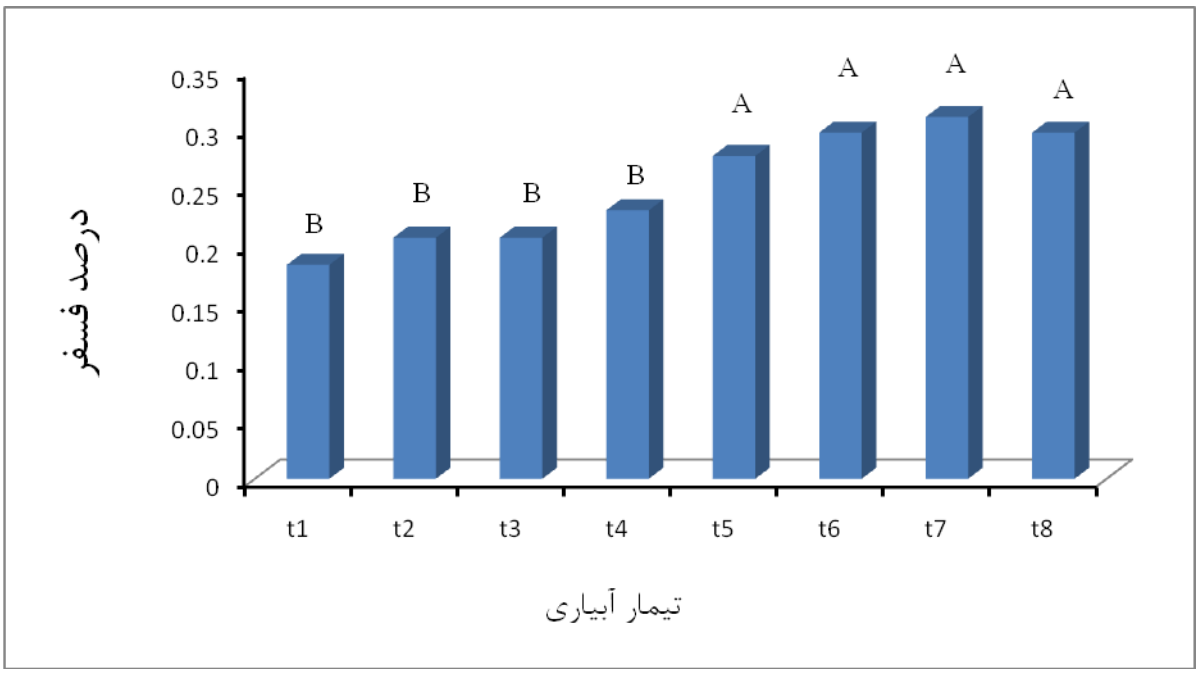
شکل ۵-۲۰- رابطه ی بین درصد روغن و نیتروژن دانه



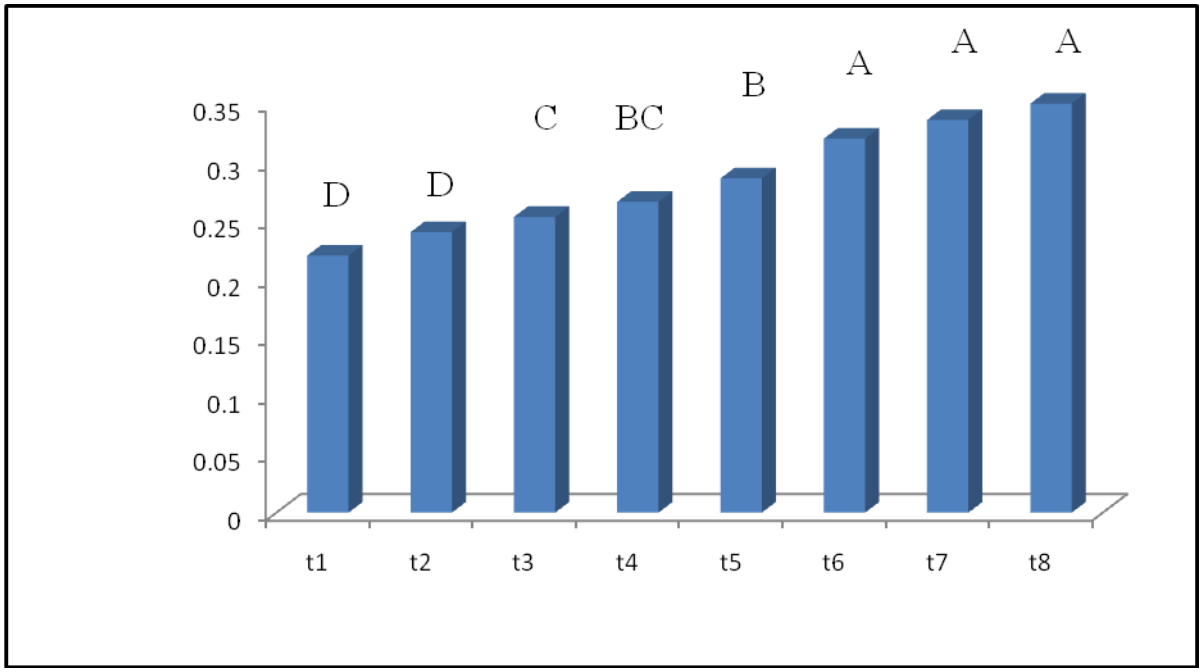
شکل ۵-۲۱- نمودار درصد نیتروژن بافت گیاه

۵-۸-درصد فسفر برگ و دانه

نتایج تجزیه ی واریانس و مقایسات میانگین درصد فسفر برگ و دانه به ترتیب در جداول ۵-۱۴ و ۵-۱۵ نشان داده شده است. به طوری که انتظار می رود اثر تنش بر درصد فسفر برگ و دانه در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی دار بوده است.به موازات افزایش تنش از تیمارهای T_8به سمت تیمارهای T_1 میزان فسفر موجود در برگ و دانه به ترتیب کاهش می یابد. با توجه به اینکه فسفر در خاک اساسا بوسیله ی انتشار و از طریق منافذی که با آب پر شده‌اند حرکت می کند، می توان گفت که به موازات کاهش آب، حرکت فسفر نیز کاهش می یابد. جذب فسفر به طور معکوس با مکش رطوبتی خاک همبستگی دارد.



شکل ۵-۲۲- نمودار درصد فسفر بافت گیاه

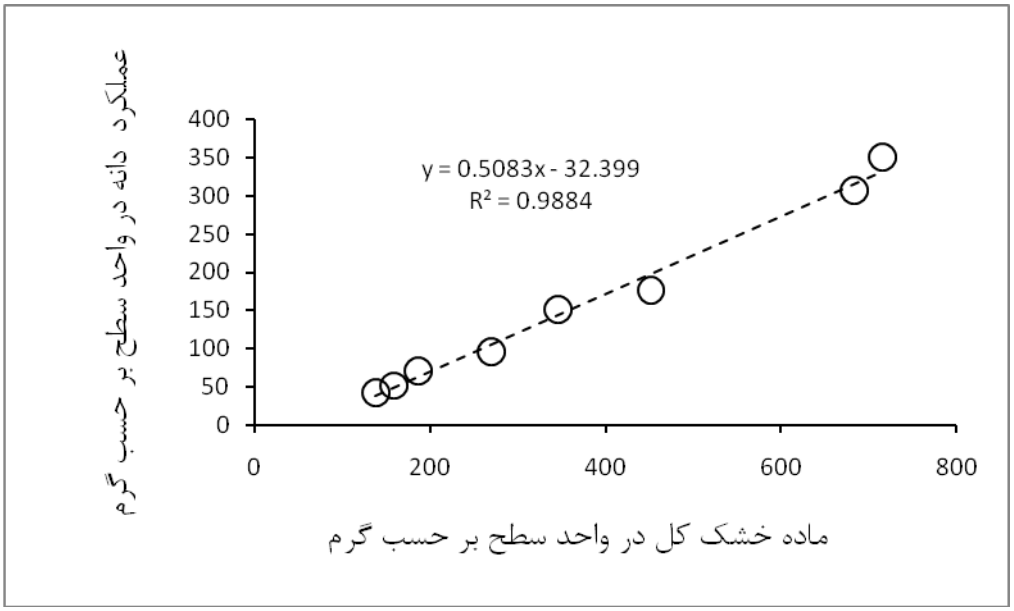


شکل ۵-۲۳- نمودار درصد فسفر دانه ی سویا

۵-۹-توزیع ماده ی خشک گیاه

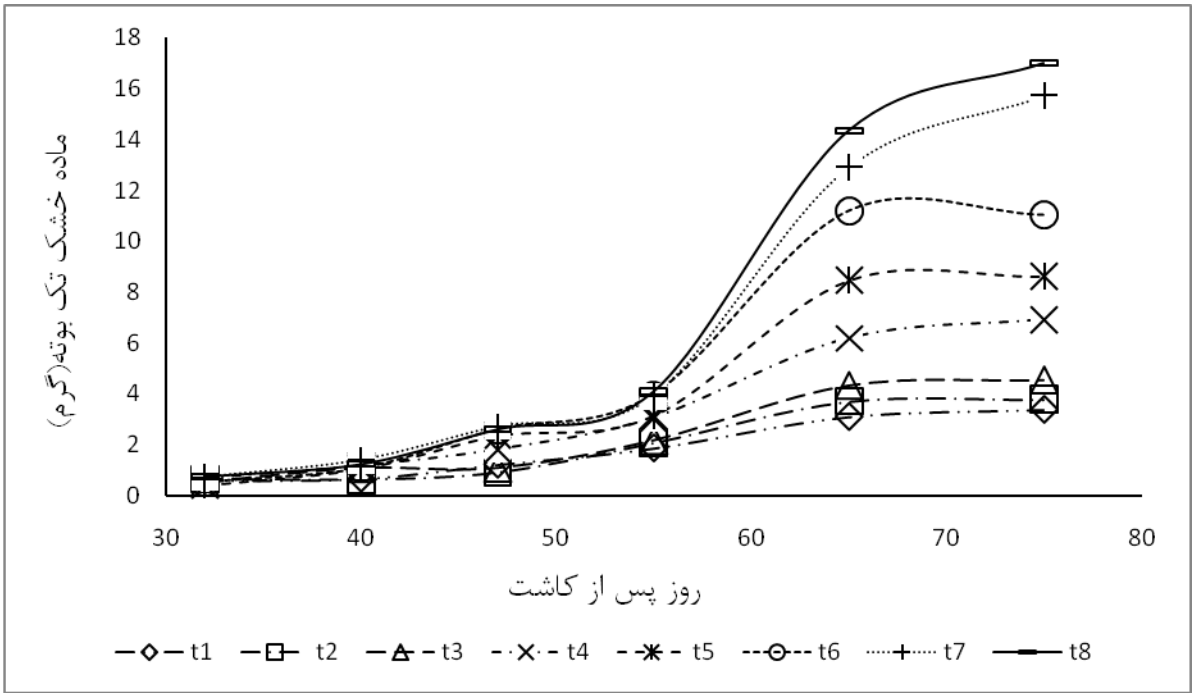
به وزن خشک کل گیاه، شامل اندام های رویشی و زایشی، عملکرد بیولوژیکی می گویند. محققان زیادی کاهش تجمع ماده ی خشک را در اثر کمبود آب گزارش کرده اند[178،۸۹]. وزن خشک اندام هوایی به صورت خطی با مصرف آب ارتباط دارد[۹۰،142]. نتایج تجزیه ی واریانس و مقایسات میانگین وزن خشک کل به ترتیب در جداول ۵-۱ و ۵-۲ نشان داده شده است. به طوری که انتظار می رود اثر تنش بر ماده ی خشک در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی دار بوده است. تیمارهای T_8 تا T_1 به ترتیب دارای میانگین کل ماده ی خشک تولیدی ۷۱۵/۳۳، ۶۸۳/۳۳، ۴۵۱، ۳۴۵، ۲۷۰، ۱۸۶/۶۷، ۱۵۹ و ۱۳۸/۳۳ gr/m^2 می باشند. تاثیر کاهشی ماده ی خشک تولیدی با یافته های دیگر محققین نیز مطابقت دارد[۳۸،۷۷،۹۲،۱۴۲]. باتوجه به شکل ۵-۲۴ می توان دریافت که کل ماده ی خشک تجمع یافته در گیاه با عملکرد دانه رابطه ی مثبت و معنی داری دارد(شیب خط معنی دار می باشد). بنابراین در صورت مساعد بودن شرایط می توان چنین اظهار داشت که در یک محصول دانه ای کل وزن خشک برداشت شده مهمترین

عامل تعیین کننده عملکرد است[68].



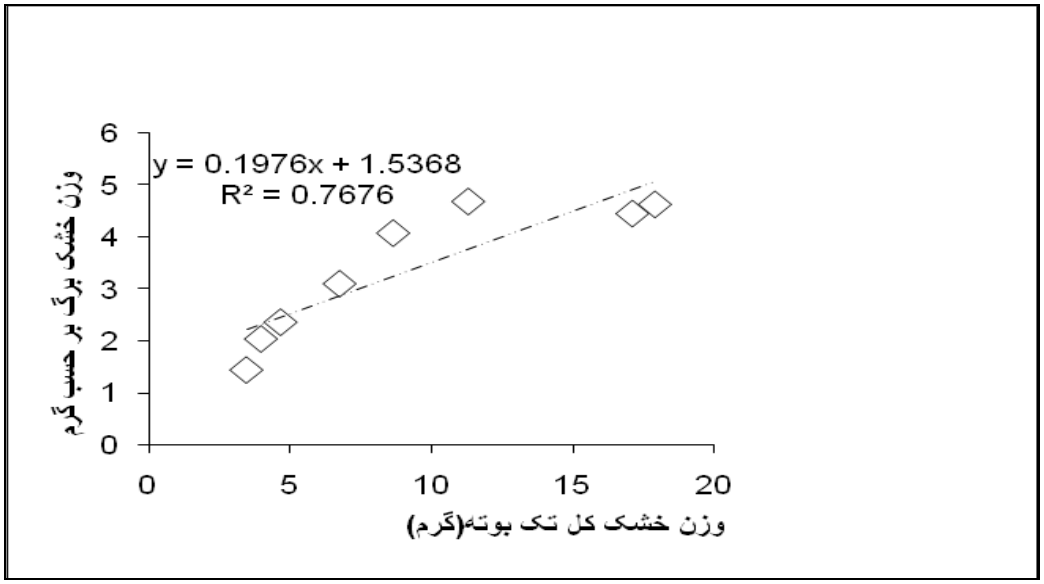
شکل ۵-۲۴- رابطه ی وزن خشک کل با عملکرد دانه در واحد سطح

شکل (۵-۲۵) نشان دهنده ی روند افزایش وزن خشک تک بوته در تیمارهای مختلف می باشد.

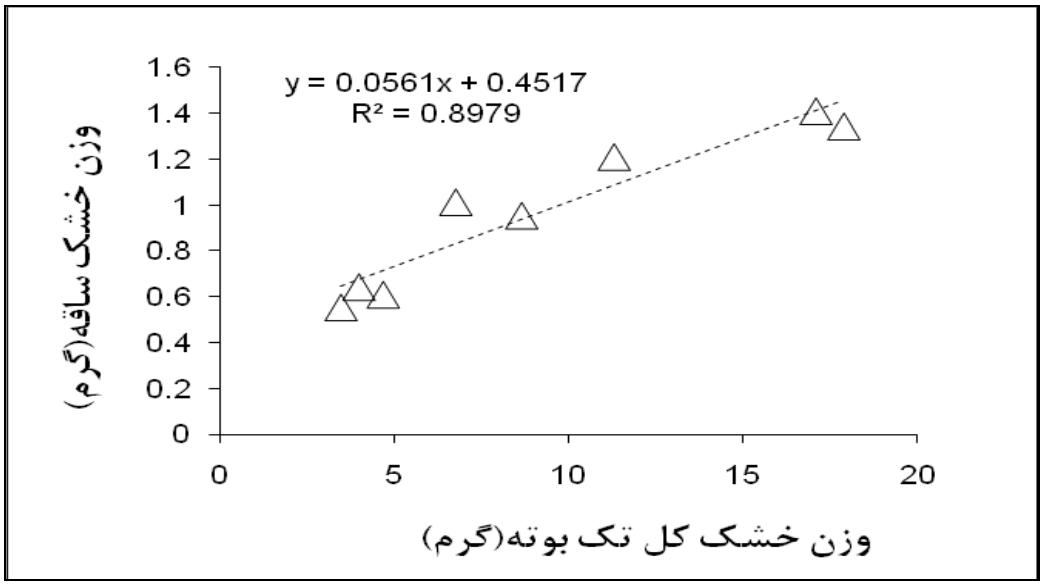


شکل ۵-۲۵- روند افزایش وزن خشک کل تک بوته در تیمارها

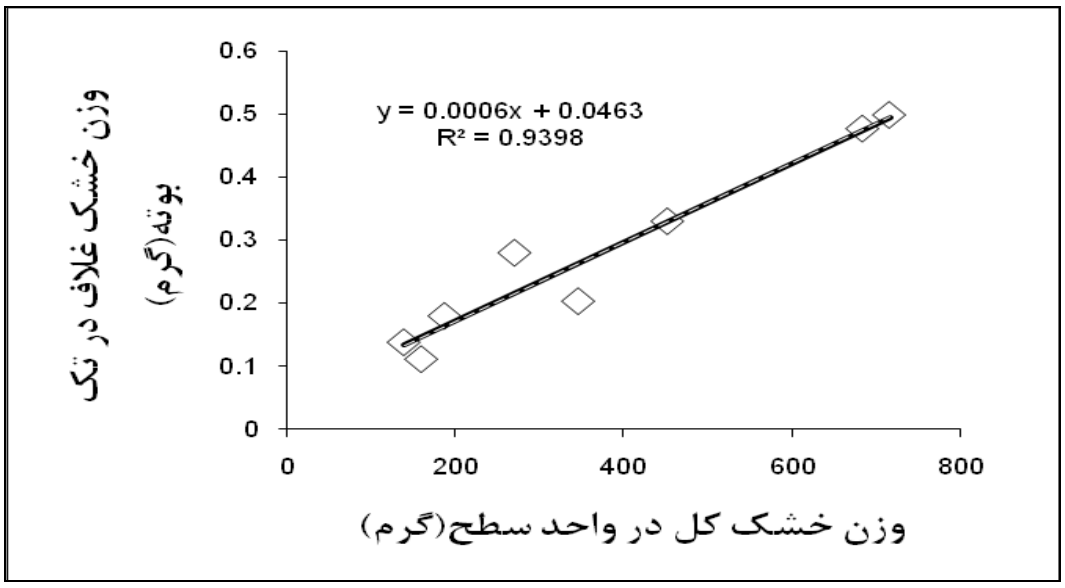
باتوجه به این شکل می توان دریافت که پس از سپری شدن دوره ی کند ابتدای فاز زایشی، تجمع ماده ی خشک وارد مرحله ای با شیب تند می شود. در اواخر دوره ی رشد،تجمع ماده خشک به مرحله ای ثابت رسیده وحتی ممکن است کمی افت کند.در شرایط تنش شدید تجمع مواد خشک در دوره ی اواسط گلدهی تا اواخر مرحله ی پر شدن دانه ها یک روند خطی می باشد. حداکثر ماده ی خشک شاخ و برگ، حدوداً در اواسط مرحله ی پر شدن دانه ها حاصل می شود. با نزدیک شدن گیاه به مرحله ی رسیدگی، ماده خشک کل کاهش می یابد. کاهش وزن خشک قسمت های رویشی در اواخر پر شدن دانه ها به خاطر تنفس و ریزش برگ ها می باشد[170]. دو بررسی سه ساله روی سویا نشان داد که بر اثر تنش کمبود آب در طول فصل رشد، وزن خشک اندام های هوایی گیاه در شروع مرحله ی پر شدن دانه ها شدیداً کاهش نشان داده است [۱۶۶،71]. نتایج مطالعه ی رشد و عملکرد سویا و آفتابگردان نشان داد که در شرایط یکسان تنش خشکی،کاهش ماده خشک در آفتابگردان، ۳۳ تا ۵۰ درصد و در سویا ۱۸ تا ۷۰٪ می باشد[53].به طوریکه در شکل های ۵-۲۶ و ۵-۲۷ دیده می شود ،رابطه ی وزن خشک ساقه با وزن خشک تک بوته قوی تر از ارتباط وزن خشک برگ با وزن خشک کل می باشد. به ازای یک واحد افزایش در وزن خشک کل،وزن خشک غلاف در تک بوته به میزان ۰/۰۰۰۶ گرم افزایش می یابد(شکل ۵-۲۸).



شکل ۵-۲۶- رابطه ی وزن خشک کل با وزن خشک برگ



شکل ۵-۲۷- رابطه ی وزن خشک کل تک بوته با وزن خشک ساقه(گرم)

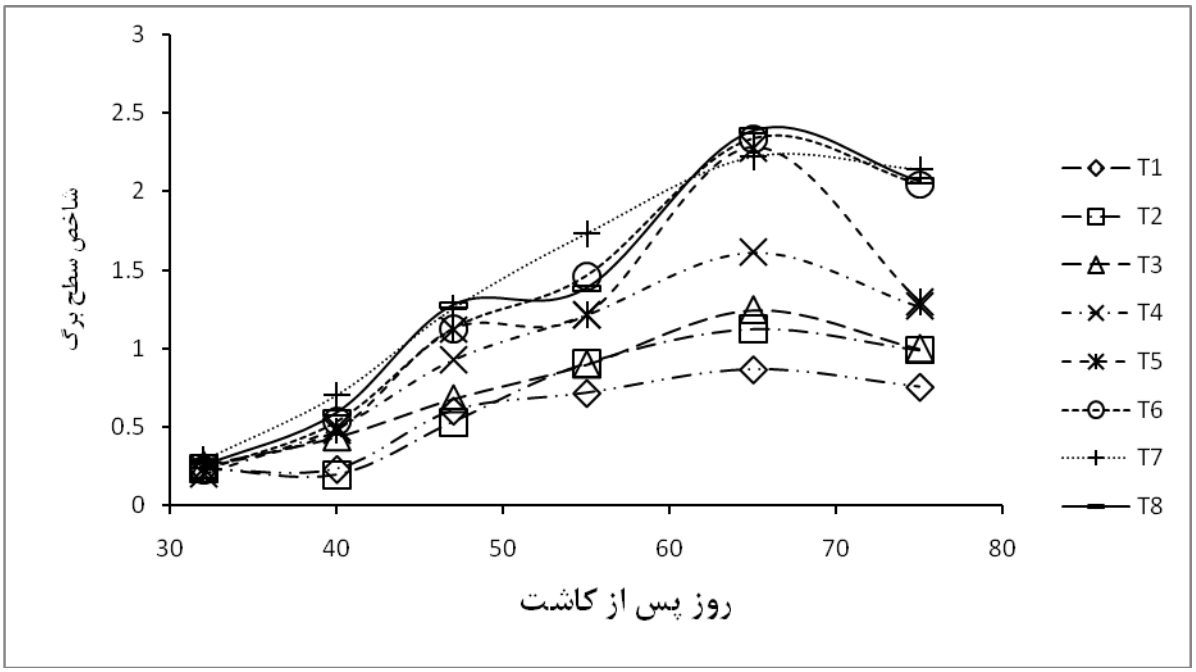


شکل ۵-۲۸- رابطه ی وزن خشک کل در واحد سطح با وزن خشک غلاف در تک بوته(گرم)

۵-۱۰- تاثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ LAI

نتایج تجزیه ی واریانس و مقایسات میانگین مربوط به ۶ مرحله نمونه برداری سطح برگ از ۸ تیمار مورد نظر در جداول ۵-۷ و ۵-۸ نشان داده شده است.یکی از نتایج مهم حساسیت رشد سلول به کمبود آب، کاهش مشخص در تعداد و سطح برگ است[۱۷۳،190].تحت شرایط یکنواخت از نظر رطوبت خاک در طول فصل رشد سطح برگ های سویا با یک کندی اولیه و تقریباً به صورت خطی تا آخر مرحله ی گلدهی افزایش می یابد. در واریته های رشد نامحدود این افزایش تا آخر مرحله ی R_4 مشاهده می گردد. سطح برگ به طور مستقیم می تواند رشد گیاه را تحت تاثیر قرار دهد[190]. در مرحله ی اول نمونه برداری تیمارها از نظر سطح برگ تفاوت معنی داری را نشان ندادند که می تواند به علت عدم تاثیر گذاری تنش باشد. در نمونه برداری دوم تقریباً همزمان با مراحل زایشی R_3 و R_4 ،بین میانگین سطح برگ تیمارها اختلاف معنی داری از نظر آماری مشاهده می شود. تیمارهای T_1 و T_2 به ترتیب با میانگین ۰/۲۳۲ و ۰/۲۳۶

کمترین شاخص سطح برگ را دارا می باشند. بالاترین شاخص سطح برگ در این مرحله از رشد و نمو به T_7 اختصاص داشت.در نمونه برداری سوم تفاوتی بین T_1وT_2 به دست نیامد. محققان زیادی کاهش سطح برگ را در اثر کمبود آب گزارش کرده اند[۱۹۰،۱۵۰،۹۵،۳۹] .در نمونه برداری چهارم و در R_5،بر اثر تنش، بین سطح برگ تیمار شاهد(T_8) با دیگر تیمارها اختلاف معنی داری دیده می شود.در مرحله ی نمونه برداری ششم، کلیه ی تیمارها در دو گروه قرار گرفتند.گروه اول از لحاظ رتبه به تیمارهای T_6،T_7وT_8 اختصاص داشت.در تمام گیاهان رشد برگ اولین فرایندی است که به کمبود آب واکنش نشان می دهد[150،39].



شکل۵-۲۹- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فاز زایشی

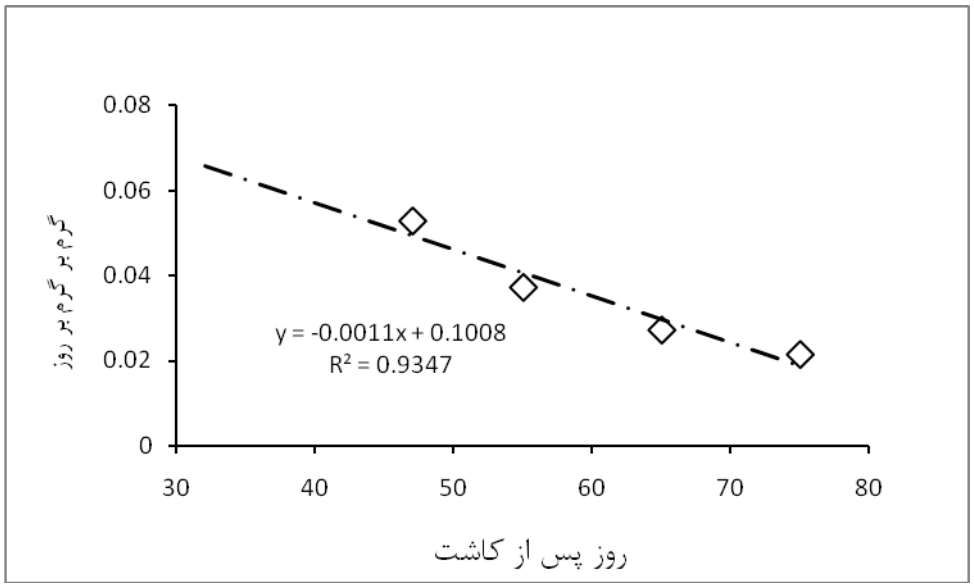
۵-۱۱-سرعت رشد نسبی (RGR)

به تجمع ماده خشک در واحد وزن خشک اولیه ی گیاه در واحد زمان، میزان رشد نسبی گویند. در این مطالعه سرعت رشد نسبی براساس روز پس از کاشت بررسی شده است. به منظور محاسبه ی روند تغییرات میزان رشد نسبی از معادله ی زیر استفاده گردید[۶].

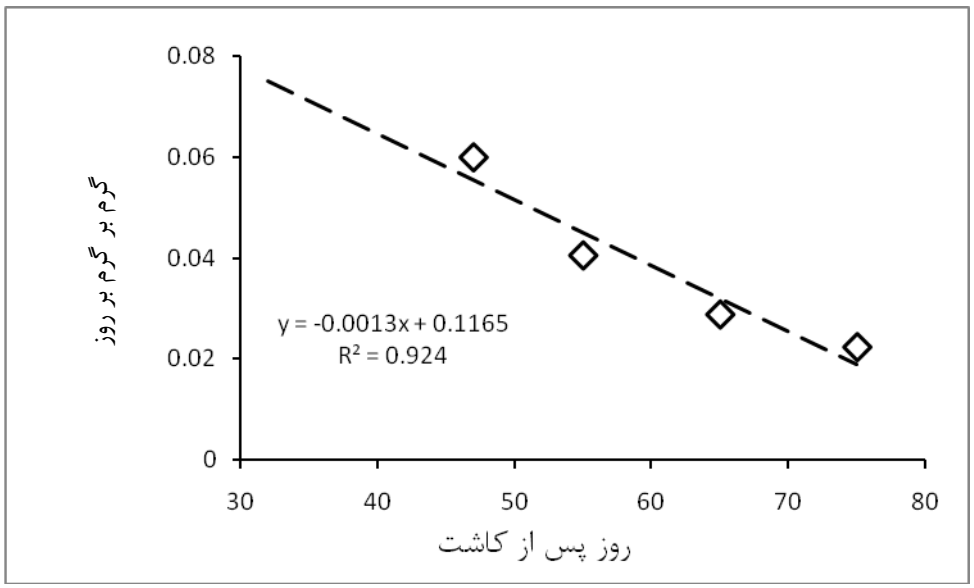
$$RGR = \frac{\Delta(DM)}{\Delta H} \cdot \frac{1}{(DM)}$$

روند سرعت رشد نسبی در هر یک از تیمارهای مورد بررسی در شکل های (۵-۳۰تا ۵-۳۷) نشان داده شده است. بطور کلی میزان رشد نسبی با گذشت زمان و افزایش سن گیاه کاهش می یابد. چنین حالتی در آزمایش های محققان دیگر نیز نشان داده شده است[۱۴،۲۵،۱۳]. کاهش درسرعت رشد نسبی در طول فصل رشد را به این دلیل دانسته اند که بافت های افزوده شده به گیاه بیشتر از نوع ساختاری بوده و بنابراین جزء بافت های فعال در فتوسنتز به شمار نمی آیند و سهمی در رشد ندارند. علاوه بر آن در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ های پایینی نیز در کاهش RGR در طی فصل رشد موثر می باشند[۱۴،۲۵]. نتایج نشان داد که طی فصل رشد بالاترین سرعت رشد نسبی در اوایل فصل مربوط به تیمارهایی است که از آبیاری مناسب تری برخوردار بوده اند (شکل های ۵-۳۳ تا ۵-۳۷). البته شیب کاهش RGR در این تیمارها به علت رشد سریع نسبت به تیمارهای تحت تنش، بالا است. در دسترس بودن رطوبت بیشتر در تیمارهایی نظیر T_5، T_6، T_7 و T_8 منجر به رشد رویشی زیاد شده است. به این ترتیب به سرعت، فضای کانوپی پوشانده شده و همین امر سبب شده است تا رقابت های درون و برون گیاهی به سرعت به اجرا گذاشته شوند. از طرفی سایه اندازی شدید برگ ها این امر را تشدید کرده است. تیمارهای تحت تنش شدید تر (T_1، T_2، T_3 و T_4) که به دلیل کمبود آب از سرعت رشد نسبی کمتری برخوردار بوده اند در اواخر فصل رشد سرعت رشد نسبی بهتری را از خود نشان دادند. در واقع روند کاهش آنها با شیب کمتری صورت گرفت. در شرایط کمبود آب ارتفاع گیاه و حجم بوته ها کاهش پیدا کرده و سرعت پرکردن فواصل بین ردیف ها به کندی انجام می‌گیرد. همین امر موجب کاهش رقابت برون بوته ای شده و در نهایت افزایش سرعت رشد نسبی را در اواخر فصل رشد در پی خواهد داشت. به طور کلی درشرایط وجود رطوبت فراوان، رقابت برون بوته ای و در شرایط تنش، رقابت درون بوته ای از عواملی هستند که بیشترین نقش را در کاهش سرعت

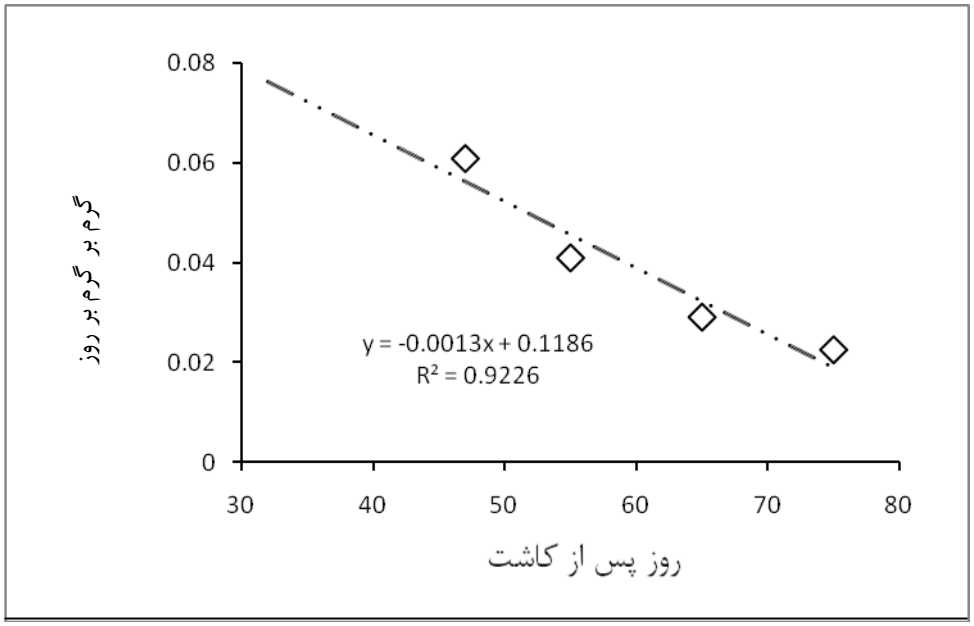
رشد نسبی گیاه در اواخر فصل رشد دارند[43،۶۴،۴۶].



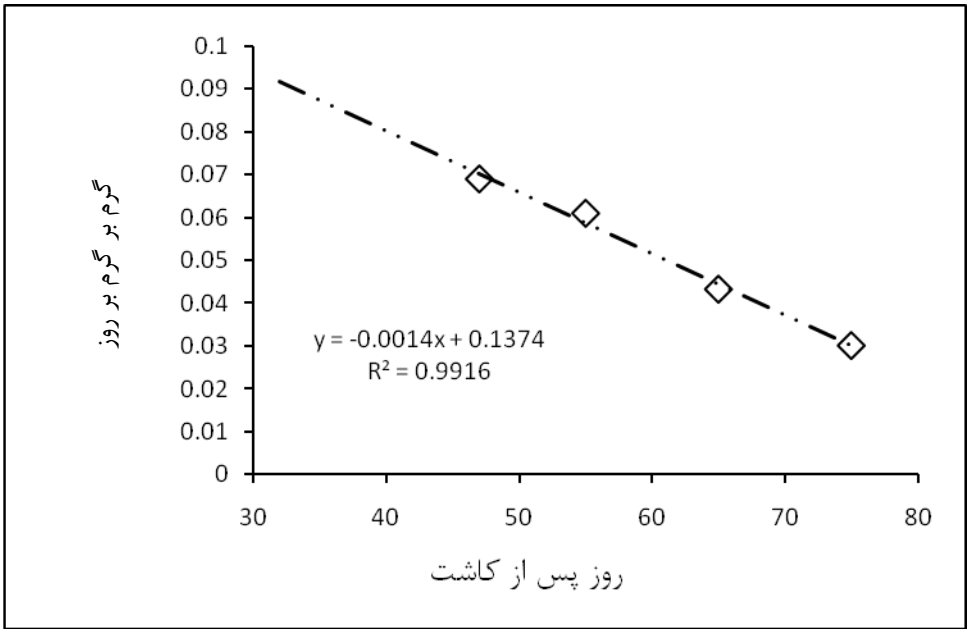
شکل ۵-۳۰- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_1



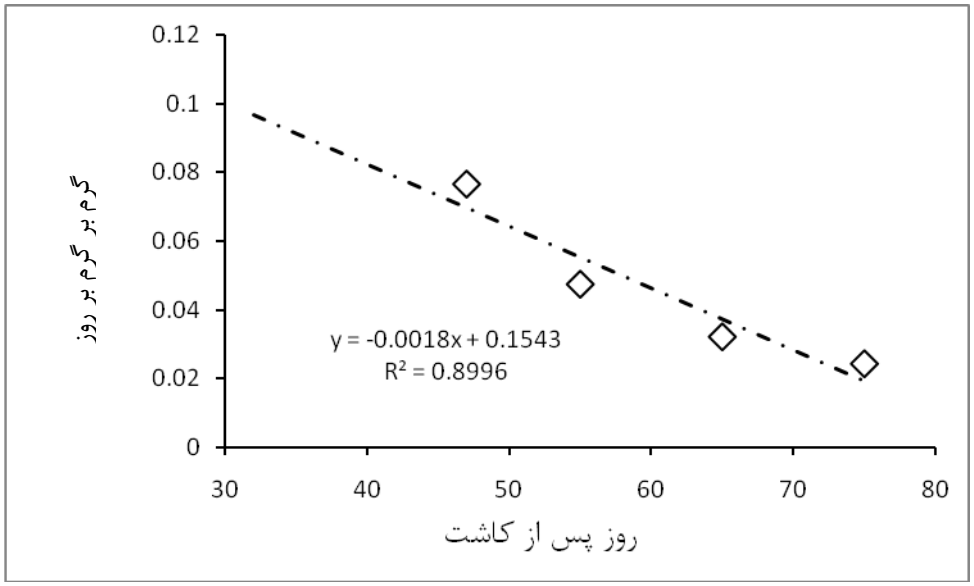
شکل ۵-۳۱- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_2



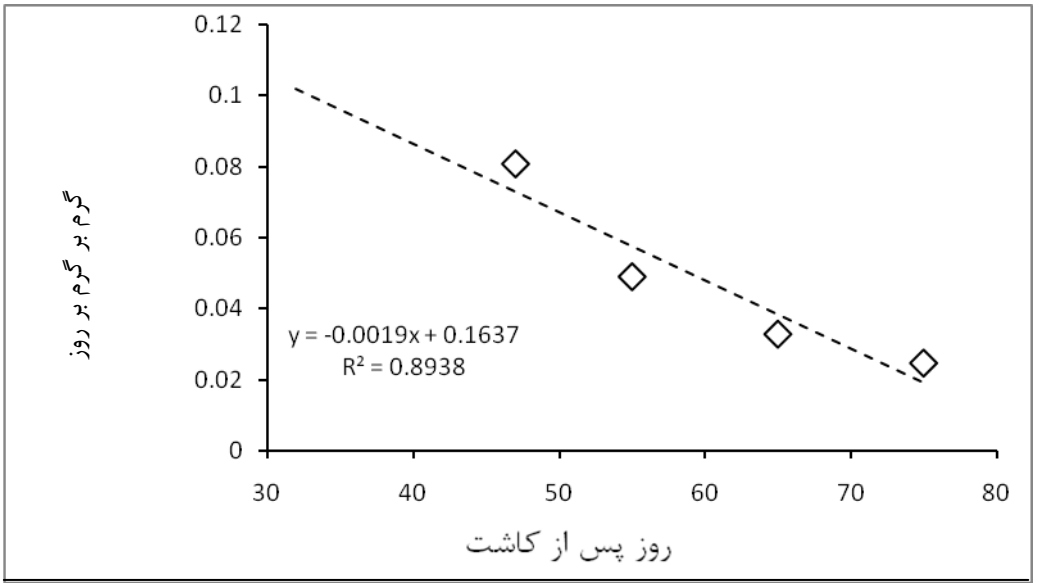
شکل ۵-۳۲- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_3



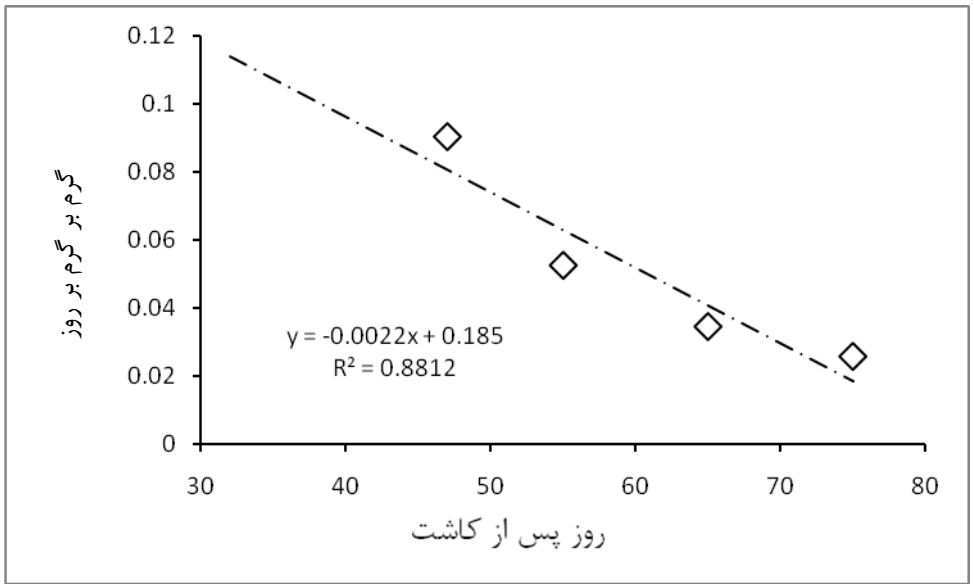
شکل ۵-۳۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_4



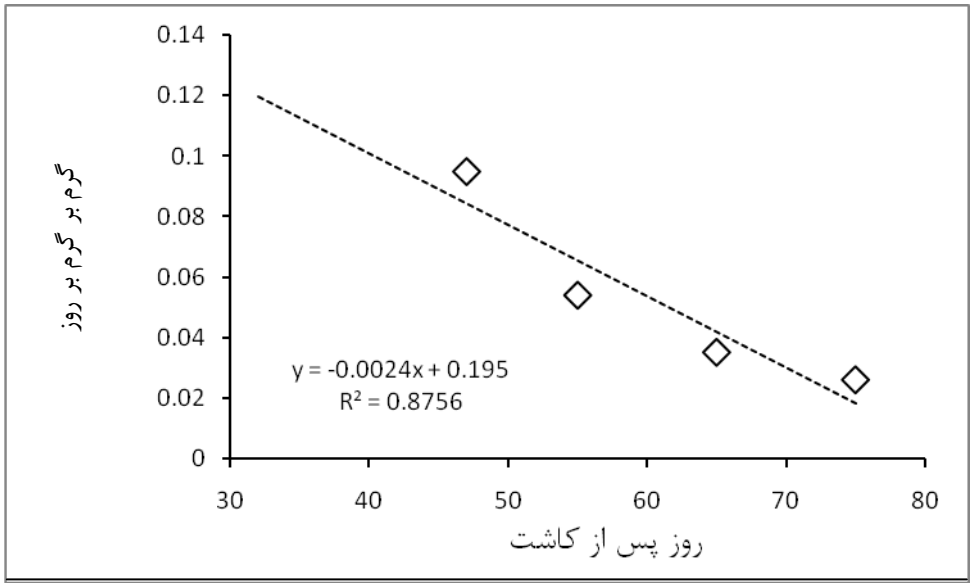
شکل ۵-۳۴- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_5



شکل ۵-۳۵- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_6



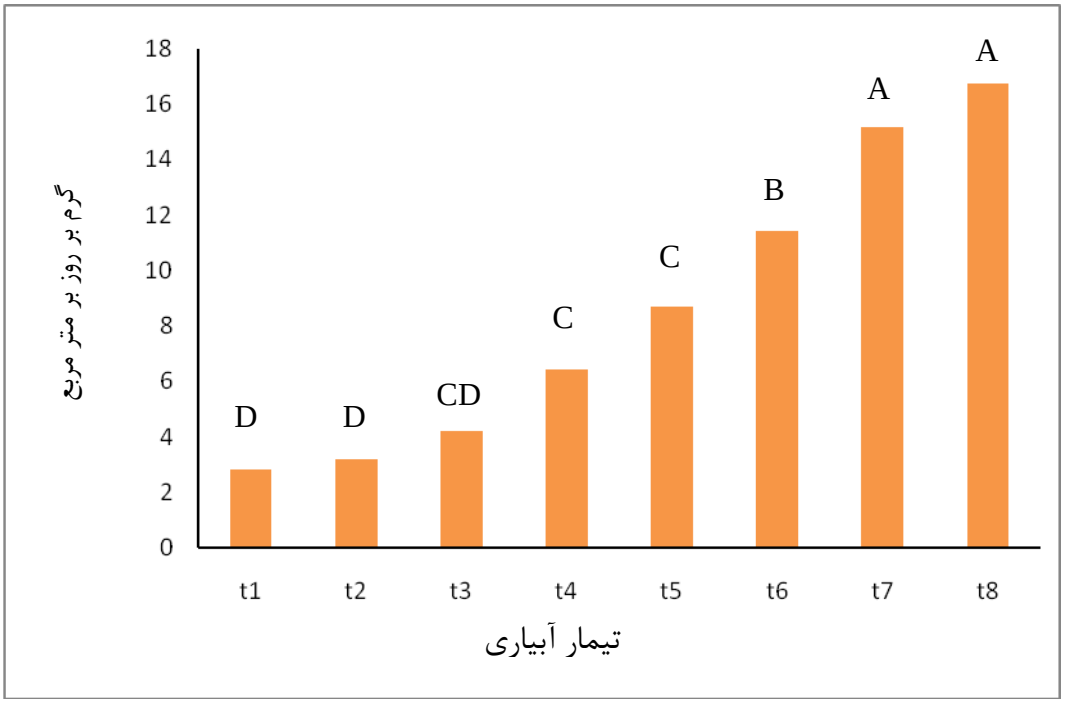
شکل ۵-۳۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_7



شکل ۵-۳۷- روند تغییرات سرعت رشد نسبی برای تیمار T_8

۵-۱۲-سرعت رشد محصول(CGR)

تجمع ماده ی خشک در واحد زمان و در واحد سطح مزرعه را سرعت رشد محصول می-گویند. میانگین کل تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) طی فصل رشد در ۸ رژیم آبیاری در شکل ۵-۳۸ ارائه شده است.



شکل۵-۳۸- مقادیر سرعت رشد محصولبرای تیمار های مختلف

میانگین کل CGR در تیمارهای T_8 به ترتیب به سمت T_1 کاهش می یابد. به صورتی که کمترین CGR مربوط به T_1 و بیشترین مربوط به T_8 می باشداعمال تنش در اوایل فصل رشد می تواند سرعت رشد محصول را در کل طول فصل رشد تحت تاثیر قرار دهد. رطوبت مناسب دوره ی گلدهی نیز نمی تواند اثر چندانی روی این امر داشته باشد[۱۹،۲۰]. تیمار های T_8 و T_7 از لحاظ CGRتفاوت معنی داری را نشان ندادند.این مساله در مورد تیمار های T_1وT_2 نیز صادق است. ارتفاع و سطح برگ بیشتر در گیاهان بدون تنش و یا کمتر مواجه شده با تنش موجب فشرده تر شدن کانوپی آنها نسبت به تیمارهای تنش دیده می گردد. بنابراین نفوذ بهتر نور در

کانوپی گیاهان تحت تنش سبب می شود که برگ ها کمتر حالت انگلی به خود بگیرند[۱۵۴،۲۰].

با توجه به منحنی سطح برگ می توان دریافت که میزان سرعت رشد محصول در تیمارهایی که دارای حد بیشینه سطح برگ در مرحله R_5بوده اند نسبت به دیگر تیمارها بیشتر می باشد(شکل ۵-۲۶).

در تیمارهای تحت تنش شدید، عدم گسترش و تقسیم سلول، به علت کاهش فشار تورژسانسی سلول های برگ، کاهش فتوسنتز را به دنبال دارد. این کاهش به علت بسته بودن روزنه ها، مقاومت های مزوفیلی، افزایش سن برگ ها و در نتیجه کاهش راندمان دستگاه فتوسنتزی است. کاهش فتوسنتز می تواند از جمله عوامل کاهش CGR در این تیمارها باشد[۱۵۴،۱۹،۱۰۶].

۵-۱۲-نتیجه گیری

نتایج حاصل از آزمایشات نشان می دهد که کلیه پارامترهای رشد مانند ارتفاع بوته،وزن خشک ساقه،تعداد گل و اجزاء عملکرد تحت تاثیر تیمارهای مختلف کم آبیاری قرار گرفته اند.عکس العمل پارامترهایی چون ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و برگ و سطح برگ نسبت به رطوبت خاک با میزان آب دریافتی تیمارها نسبت مستقیم داشته و با افزایش میزان آب دریافتی در تیمارهای مختلف،افزایش یافته است. این پارامترها در نتیجه ی تنش کمبود آب در مراحل گلدهی وغلاف دهی،تحت تاثیر قرار گرفته اند و نسبت به شاهد(T_8) کاهش یافته اند.

تنش کمبود آب در مراحل دانه بندی و رسیدگی اثر معنی داری بر ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه نداشته است. در این آزمایش نحوه ی اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف نمو بر اجزاء متفاوت بوده است. به طوریکه کمبود آب در مراحل گلدهی و غلاف دهی سبب کمتر شدن تعداد غلاف در گره های مختلف ساقه ی اصلی گردیده است. تنش کمبود آب در مراحل دانه

بندی و پر شدن دانه تا حد کمی سبب کاهش تعداد غلاف در گیاه و به طور عمده سبب کمتر شدن تعداد دانه و کاهش وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد(T_8)شده است.

تنش خشکی در مرحله ی رسیدگی،سبب کاهش جزئی وزن هزار دانه می شود. کم آبی سبب کاهش عملکرد دانه در تیمارها نسبت به شاهد گشته است.

به طور کلی می توان بیان داشت که با آبیاری سویا درتمامی فصل رشد می توان محصول مناسبی برداشت نمود. به علت دشوار بودن امکان آبیاری در مناطق نیمه خشک و کم آب،این امر میسر نمی باشد.بنا بر این می توان در مراحل حساس به تنش خشکی که از اهمیت خاصی برخوردارند (R_6،R_4وR_7)،با کاهش اثرات کم آبی و صرف هزینه ی کمتر،محصول مناسب تری برداشت نمود.

فصل ششم

پیوست جداول

جدول(۵-۱)-آنالیز و منابع تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارها

منابع تغییرات	DF	MS								
		TDM	GY	SNP	SOP	SNPP	PNPMS	PNPLS	SW	LBN
تیمار	۷	157064/3**	41059/47**	4/08**	11/9164**	0/788**	39/95**	0/2	1733/11**	0/037
بلوک	۲	2284/625	1632/291	0/16	0/8861	0/0904	8/33	0/41	24/66	0/061
اشتباه آزمایشی	14	1265/339	297/006	0/07	0/099	0/0208	0/86	0/49	3/33	0/039
کل	23									

تعداد غلاف در شاخه فرعی در تک بوته = PNPLS وزن هزار دانه(گرم)= SW تعداد شاخه های فرعی در تک بوته = LBN

تعداد دانه در غلاف در تک بوته = SNPP تعداد غلاف در ساقه اصلی در تک بوته =PNPMS

ماده خشک کل تولیدی در =TDM عملکرد دانه در واحد سطح(گرم)=GY درصد نیتروژن دانه = SNP درصد روغن دانه = SOP

واحد سطح(گرم)

جدول(۵-۲)-مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در عملکرد تیمارها

صفت									سطوح تیمار
LBN	SW	PNPLS	PNPMS	SNPP	SOP	SNP	GY	TDM	
1/8	78/66 G	3/26	7 E	1/63 D	12/03 E	4/34 D	41/67 E	138/33 E	T1
1/83	81 GF	3/33	8/5 ED	1/66 D	12/8 D	4/46 D	51 E	159 E	T2
2	85 F	2/96	8/6 ED	1/8 CD	12/93 D	4/62 CD	70/67 ED	186/67 ED	T3
1/86	99 E	3/03	10/33 CD	2/1 BC	13/8 C	5/1 BC	94/67 D	270 CD	T4
2/1	103/66 D	3/1	12/16 CB	2/26 B	14/63 B	5/36 B	150 C	345 C	T5
2/066	112 C	3/63	13/46 B	2/33 B	15/03 B	5/71 B	176 C	451 B	T6
1/9	135/33 B	3/66	16 A	2/83 A	17/06 A	7/15 A	306/33 B	683/33 A	T7
2	142 A	3/33	17/03 A	3 A	17/5 A	7/34 A	350 A	715/33 A	T8

ماده خشک کل تولیدی در =TDM عملکرد دانه در واحد سطح(گرم)=GY درصد نیتروژن دانه = SNP درصد روغن دانه = SOP

واحد سطح(گرم)

تعداد =PNPMS تعداد غلاف در شاخه فرعی در تک بوته = PNPLS وزن هزار دانه(گرم)= SW تعداد شاخه های فرعی در تک بوته = LBN

تعداد دانه در غلاف در تک بوته= SNPP غلاف در ساقه اصلی در تک بوته

جدول (۵-۳)-ضرایب همبستگی بین اجزاء عملکرد

	وزن هزار دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در ساقه اصلی	تعداد غلاف در شاخه های فرعی	عملکرد
وزن هزار دانه	۱	۰/۹۶۴۲۱*	۰/۹۴۸۰۷*	0/21208$^{n.s}$	0/98159*
تعداد دانه در غلاف	۰/۹۶۴۲۱*	۱	۰/۹۲۸۹۹*	0/20038$^{n.s}$	0/96177*
تعداد غلاف در ساقه اصلی	۰/۹۴۸۰۷*	۰/۹۲۸۹۹*	۱	0/11182$^{n.s}$	0/94196*
تعداد غلاف در شاخه های فرعی	۰/21208$^{n.s}$	۰/20038$^{n.s}$	۰/1182$^{n.s}$	۱	0/2575 $^{n.s}$
عملکرد	0/98159*	0/96177*	0/94196*	0/2575 $^{n.s}$	1

جدول (۵-۴)-مقایسه میانگین ارتفاع ساقه در تیمارهای مختلف از شروع فاز زایشی تا مرحله ی رسیدگی

تیمار	نمونه ۱	نمونه۲	نمونه۳	نمونه٤	نمونه٥	نمونه٦
T_1	11/16	12/83 b	13/66 c	14/24 c	14/83 d	14/83 d
T_2	11/66	13/03 b	13/88 c	14/55 c	15/32 d	15/59 d
T_3	12/16	13/66 b	15/11 c	15/77 c	16/27 d	16/34 d
T_4	11/83	14b	18/66 b	19/62 b	19/03 c	19/93 c
T_5	12/33	14/83 ab	18/55 b	19/5 b	19/88 c	20/11 bc
T_6	12/16	14/91 ab	19/88 b	21/42 ab	21/83 b	22/32 ab
T_7	13/5	17a	22/44 a	23 a	23/6 a	23/55 a
T_8	12/25	17 a	23/04 a	23/38 a	23/52 a	23/83 a

جدول(۵-۵)-آنالیز داده های طول دوره ی فاز زایشی و رویشی در تیمارها

	df		SS		MS		F	
	فاز زایشی	فاز رویشی	فاز زایشی	فاز رویشی	فاز زایشی	فاز رویشی	فاز زایشی	فاز رویشی
تیمار	۷	۷	454/5	8/95	64/92	1/27	26/54**	2/59n.s
تکرار	۲	۲	7/75	1/08	3/87	0/54	1/58	1/1
خطا	۱۴	۱۴	34/25	6/91	2/44	0/49		
کل	۲۳	۲۳	۴۹۶	16/95				

جدول(۵-۶)-مقایسات میانگین طول دوره ی فاز زایشی و رویشی در تیمارها

	تیمار							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
فاز زایشی	52 E	55 ED	57 CD	58 CD	60 BC	62 AB	65 A	65 A
فاز رویشی	31/33 AB	31 AB	32 AB	32/33 A	31/33 AB	30/33B	31/33AB	30/66AB

جدول(۵-۷)-آنالیز وتجزیه واریانس شاخص سطح برگ تیمارها

		DF	MS					
			نمونه ۱	نمونه۲	نمونه۳	نمونه۴	نمونه۵	نمونه۶
منابع تغییرات	تیمار	7	0/0022	0/08**	0/289**	0/359**	1/15**	0/92**
	تکرار	2	0/0007	0/029	0/281	0/11	0/22	0/3
	خطا	14	0/0013	0/0075	0/027	0/05	0/117	0/097
	کل	23						

جدول(۵-۸)-مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تیمارها

		نمونه برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
تیمار	T1	0/228	0/232D	0/503D	0/716D	0/866C	0/75B
	T2	0/24	0/236D	0/6D	0/841DC	1/12BC	0/99B
	T3	0/258	0/437C	0/68 DC	0/898DC	1/24BC	1B
	T4	0/198	0/493BC	0/92BC	1/214BC	1/61B	1.26B
	T5	0/237	0/478BC	1/123 AB	1/215BC	2/27A	1/29B
	T6	0/222	0/53BC	1/126AB	1/46AB	2/33A	2/04A
	T7	0/29	0/704A	1/255A	1/732A	2/22A	2/14A
	T8	0/257	0/59AB	1/27A	1/385AB	2/386A	2/06A

جدول (۵-۹)-آنالیز و تجزیه واریانس ارتفاع ساقه ی تیمارها در طول فصل رشد

		DF	MS					
			نمونه ۱	نمونه۲	نمونه۳	نمونه۴	نمونه۵	نمونه۶
منابع تغییرات	تیمار	7	1/35	7/91**	40/004**	40/47**	37/73**	38/92**
	تکرار	2	0/56	10/65	9/601	16/89	15/85	15/22
	خطا	14	0/46	1/25	1/03	0/761	0/434	0/828
	کل	23						

جدول(۵-۱۰)-آنالیز و تجزیه واریانس تعداد غلاف در ساقه اصلی

منابع تغییرات		DF	MS		
			نمونه		
			نمونه۴	نمونه۵	نمونه۶
	تیمار	7	0/3	53/09**	53/26**
	تکرار	2	0/01	5/95	0/79
	خطا	14	0/65	1/22	1/43
	کل	23			

جدول (۵-۱۱)-آنالیز وتجزیه واریانس تعداد گل در گیاه در تیمارها

منابع تغییرات		DF	MS		
			نمونه۲	نمونه۳	نمونه۴
	تیمار	7	0/89	14/81**	24/74**
	تکرار	2	0/77	2/36	1/35
	خطا	14	0/73	2/41	2/02
	کل	23			

جدول(۵-۱۲)-مقایسه میانگین تعداد گل در گیاه در تیمارها

		۲	۳	۴
تیمار	T_1	2/8	6 b	7/33 d
	T_2	3	6/2 b	6/68 d
	T_3	4/16	9/33 a	11/86 bc
	T_4	4/033	10/5 a	11/7 c
	T_5	3/6	9/76 a	11/3 c
	T_6	3/83	10/26 a	12/5 abc
	T_7	4/33	11/33 a	14/33ab
	T_8	3/46	12/03 a	14/4 a

جدول(۵-۱۳)-مقایسه میانگین تعداد غلاف در ساقه ی اصلی در تیمارها

		نمونه		
		۴	۵	۶
تیمار	T_1	2/84	4/33d	6/66 d
	T_2	2/45	5/6 cd	7 d
	T_3	3/15	7 c	8 d
	T_4	3/13	10/4 b	11/33c
	T_5	2/76	11/33 b	12/4 bc
	T_6	2/6	14 a	14 b
	T_7	2/36	14/2a	17/1 a
	T_8	2/36	15/33a	17 a

جدول (۵-14)-آنالیز وتجزیه واریانس درصد نیتروژن و فسفر بافت در گیاه و درصد فسفر دانه در تیمارها

	MS			DF		
	فسفر بافت	فسفر دانه	نیتروژن بافت	فسفر بافت	فسفر دانه	نیتروژن بافت
تیمار	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۶۲	۰/۱۹۹	2	2	2
تکرار	۰/۰۰۰۰۲۹	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۲۱	7	7	7
خطای آزمایشی	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۱۷	14	14	14
کل				23	23	23

جدول (۵-15)- مقایسات میانگین درصد نیتروژن و فسفر بافت در گیاه و درصد فسفر دانه در تیمارها

تیمار	فسفر بافت	فسفر دانه	نیتروژن بافت
T_1	۰/۲ B	۰/۲۲ D	۱/۱ C
T_2	۰/۲۰۶B	۰/۲۴CD	۱/۲۳C
T_3	۰/۲۲B	۰/۲۵۲C	۱/۳۳BC
T_4	۰/۲۳B	۰/۲۶۶CB	۱/۴۱BC
T_5	۰/۲۷A	۰/۲۸۶ B	۱/۵۶AB
T_6	۰/۲۹A	۰/۳۲ A	AB ۱/۵۶۶۷
T_7	۰/۳۱A	۰/۳۳۶ A	۱/۸۵A
T_8	۰/۲۹ A	۰/۳۳۹ A	۱/۷۷ A

منابع

۱- احمدی،ع.احسان زاده، پ.جباری،ف.مقدمه ای بر فیزیولوژی گیاهی(جلد اول).۱۳۸۶.انتشارات دانشگاه تهران.(ترجمه)چاپ دوم.

۲- احمدی،ع.احسان زاده، پ.جباری،ف.مقدمه ای بر فیزیولوژی گیاهی(جلد دوم).۱۳۸۵.انتشارات دانشگاه تهران.(ترجمه)چاپ اول.

۳- پوستینی،ک.۱۳۸۴.عملکرد گیاهان زراعی فیزیولوژی و فرآیندها.انتشارات دانشگاه تهران.(ترجمه)۶۱۴ صفحه

۴- حسینی ابریشمی،س.م. ۱۳۷۱.اصول و عملیات آبیاری(ترجمه)انتشارات آستان قدس رضوی

۵-جنوبی پ ودانشیان ج.تاثیر(۱۳۸۳) "کاربرد فسفر بر خصوصیات رویشی و زراعی سویا در شرایط تنش خشکی".

۶- خواجوی نژاد،غ.۱۳۷۰.اثر رژیمهای مختلف آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزاءعملکرد لوبیا سفید(لاین آزمایشی ۱۱۸۰۵).پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکدهء کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۷- خواجه پور،م.ر.۱۳۸۵.گیاهان صنعتی.انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان

۸- راشد محصل،م.ح.کوچکی،ع.۱۳۷۹.اصول و عملیات دیمکاری.انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.(ترجمه)چاپ ششم

۹- سرمدنیا،غ.وع.کوچکی.۱۳۷۲.فیزیولوژی گیاهان زراعی(ترجمه).انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

۱۰- سرمدنیا،غ.وع.کوچکی. ۱۳۶۸.جنبه های فیزیولوژیک زراعت دیم .انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.چاپ دوم

۱۱- سعادتی، کیانوش و بهمن یزدی صمدی، ۱۳۵۶ . اثر مقادیر مختلف آب و کود شیمیائی در میزان محصول و سایر صفات زارعی سویا ، مجله علوم کشاورزی ایران شماره ۳ و ۴ : ۲۴-۳۸

۱۲- سیونیت،ن.۱۳۶۵.حساسیت گیاه سوژا به کم آبی در مراحل مختلف رشد.گزارش فعالیت های مرکزتحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز،شماره ی۴،۹۸-۱۰۷.

۱۳-شجاعی نو فرست،ک.۱۳۷۴.بررسی اثرات تراکم بوته بر خصوصیات فیزیولوژیکی،راندمان مصرف آب ،عملکرد و اجزاء عملکرددانه دو رقم رشد محدود و رشد نامحدود سویا.پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت.دانشکده کشاورزی.دانگاه صنعتی اصفهان.

۱۴-عزیزی،م.۱۳۷۲.اثرات کودهای ازته بر شاخصهای رشد،عملکرد و اجزاء عملکرد دانه سویا.پایان نامه کارشناسی ارشدزراعت.دانشکده کشاورزی .دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۵- علیزاده،ا.۱۳۶۹.رابطه آب،خاک و گیاه(ترجمه)۷۳۵صفحه

۱۶-علیزاده،ا.وع.کوچکی.۱۳۶۵.اصول زراعت در مناطق خشک.جلد دوم.انتشارات آستان قدس رضوی.۲۷۰صفحه

۱۷- کافی،م..زند،ب.کامکار،ا.شریفی،ح.ر.گلدانی،م.۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهی.جلد دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.(ترجمه) چاپ پنجم.

۱۸- کافی،م.لاهوتی،م.زند،ا.شریفی،ح.ر.گلدانی،م.۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهی.جلد اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.(ترجمه) چاپ ششم.

۱۹- کریمی،م.۱۳۷۲.آنالیز شاخصهای رشد بر اساس واحد گرمایی.مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۲۰-- کریمی،م.وم.ر.خواجه پور.۱۳۶۶.کاربرد آماری درجه حرارت هوا در تصمیم گیری های زراعی.مجموعهء مقالات دربارهء آب و خاک،کشاورزی منابع طبیعی،کتاب یکم

۲۱-کوچکی،ع.،م.حسینی.وم.نصیری محلاتی.۱۳۷۲.رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی.انتشارات آستان قدس رضوی.

۲۲- کوچکی،ع.زند،ا.۱۳۸۴.اکوفیزیولوژی گیاهی.جلد اول.انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.(ترجمه)

۲۳-کوچکی،ع.۱۳۸۵.زراعت در مناطق خشک.انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.(ترجمه).چاپ نهم

۲۴-کوچکی،ع.غلامی،ا.مهدوی امغانی،ع.م.تبریزی،ل.اصول کشاورزی زیستی(ارگانیک).۱۳۸۴.انتشارات دانشگاه فردوسی.(ترجمه)چاپ سیزدهم

۲۵- کوچکی ،ع.م.ح. راشد محصل، نصیری و.ر صدر آبادی. ۱۳۶۷ مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی « ترجمه ». انتشارات آستان قدس رضوی ۴۰۴ صفحه .

۲۶- لطیفی، ن. ۱۳۷۲. زراعت سویا «ترجمه». انتشارات جهاد دانشگاه مشهد، ۲۸۲ صفحه۰

۲۷ - ملکوتی، م. ج. و. س. ع. ریاضی همدانی، ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک، مرکز نشر دانشگاهی ، تهران ۸۰۱ صفحه .

۲۸- مؤدب شبستری، م. و م. مجتهدی. ۱۳۶۹. گیاهان زراعی «ترجمه». مرکز نشر دانشگاهی، ۴۳۱ صفحه .

۲۹- موسوی، ف.، م. کریمی و م. خدا مباشی. ۱۳۶۷. اثر رژیم های آبیاری بر راندمان مصرف آب دو رقم سویا. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲، صفحات۲۲-۱۳.

۳۰- ناصری، ف. دانه های روغنی «ترجمه». انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی. ۸۲۳ صفحه.

۳۱- نکوئی، ۱۳۷۱. برسی شاخصهای رشد ارقام گندم در اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۰۹ صفحه.

۳۲- Acosta- Gallegos, J. A. and M. W. Adams 1991. plant traits and yield stability of dry bean (phaseolus vulgris).

3۳- Anyia.a.o., Herzog.h. ,2003,Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchangeof cowpeas under mid-season drought Europ. J. Agronomy 20 (2004) 327–339

3۴- Ashley . D. A. and W. J. Ethridge. 1978. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean caltivars. Agron. J. 70: 467471.

3۵-Ball .r.a., Purcell.l.c., and Vories.e.d.,2000,Short-Season Soybean Yield Compensation in Response to Population and Water Regime ,CROP CIENCE, VOL. 40,

36- BEAVER. J . S. R. L. cooper and R. J. Martin. 1985. Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate and soybean. Agron. J. 77 : 675-679.

37- Benjamin .j.g., Nielsen.d.c ,2006, Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea ,Field Crops Research 97 (2006) 248–253

38-Brevedan.r.e., Egli.d.b,2003,Short Periods of Water Stress during Seed Filling, Leaf Senescence,and Yield of Soybean ,Published in Crop Sci. 43:2083–2088 (2003).

۳۹- begg J. E. and N. C. Turner. 1976. crop water deficits. Adv. Agron. J. 28 : 161-217.

4۰- Bernard. R. L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybean crop sci 12 : 235 2390

4۱- Board J. E. B. G. Harvill, and A. M. saxton. 1990. Barnch dry wight in relation to yield increases in narrow- row soybean. Agron. J. 82 : 540-544.

4۲- Bowes. G. W. L. Ogrn, and R. H. Hageman. 1972. light saturatin, photosynthesis rate. RuDP carboxylase activity , and specific leaf weight in soybean growth under different light intensites. Crop sci. 12: 77-79.

4۳- Boyer, J. S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. Plant physiol. 46 :233-235.

4۴- Boyer, J. S. 1970. differing sensitivity of photosynthesis to low leafwaterpotentials in corn and soybean. Plant physiol. 46 : 236-239.

4۵- Boyer, J. S,and. H . G. Mcpherson. 1975. physiology of water deficit in cereal crops.Adv.Agron.27:1-23.

4۶-Brown, E. A. C. E. Caviness, and D. A. Brown. 1985. Responese of soybean cultivars to soil moisture deficit. Agron. J. 77 : 274-2780

4۷- Carlson, R. E. E. M. Karimi-Abadchi, and R. H. shaw. 1982. comparison of the nodal distribution of yield components of indeterminate soybean under irrigated and rain- fed conditions. Agron. J.74 : 531-535.

4۸- ciha, A. J., and W. A. Brun. 1975. stomatal size and frequency in soybean. Crop sci. 15: 309- 313.

۴۹- constable, G. A. and A. B. Hearn. 1978. Agronomic and physiological response of soybean and sorghum crops to water deficits. I. Growth, development, and yield. Aust. J. plant physiol. 5 : 159-167.

۵۰- cooper. R. L. J. Martin, A. K. walker, and A. F. Schmithenner. 1991.Registration of, Hobbit, soybean. Crop sci. 31 : 231.

۵۱- Costa Franc¸.m.g., Anh Thu Pham Thi b, Pimentel.c., Pereyra Rossiello .p.r., Zuily-Fodil .y., Laffray .d.,1999,Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress

5۲- costa, J. A., E. S. Oplinger, and J. W. pendelton. 1980. response of soybean cultivars to planting pattern Agron. J. 72 : 153-156.

5۳- cox, w. J. and. G. D. Julliff. 1986. Growth and yield Of sunflower and soybean under soil water deficits. Agron. J. 78 :226-230.

5۴- cregan. P. B. and E. E. Hartwig. 1984. characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. Crop sci.24 : 65-662.

5۵- crothers. S. E. and D. T. Westermann. 1976. plant population effects on the seed yield of phaseolus vulgris L. Agron. J. 68 : 958-960.

5۶- Daniels. M. B. and H. D. Scott. 1991. water use efficincy of double cropped wheat and soybean Agron. J. 83 : 564-570.

5۷- dasberg. S., and J. W. Bakker. 1970. characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for bean growth. Agron. J. 62 : 648-692.

5۸- Daynard, T. B. W. Tanner, and W. G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, (zea mays L.). crop sci. 11 : 45-48.

۵۹-Desclaux .d., Roumet.p. ,1996,Impact of drought stress on the phenology of two soybean *(Glycine max* L. Merr) cultivars Field Crops Research 46 (1996) 61-70

6۰- Dogan.e. , Kirnak .h., Copur .o.,2007, Deficit irrigations during soybean reproductive stages andCROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions

6۱- Domingaez, C. and D. J. Hume. 1978. flowering, abortion, and yield of eariy- maturing soybeans at three densities. Agron. J. 70 : 801-805.

6۲- Dornbos, D. L. R. E. Mullen, and R. M. shibles. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. Crop sci: 29 : 476-480.

6۳- dornhoff. G. M. and R. M. shibles. 1970. varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. Crop sci. 100 : 42-45.

6۴- Doss, B. D. R. W. pearson, and H. T. Rogers. 1974. effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agron. J.66 : 297-299.

6٥- Doss, B. D. and D. L. Thurlow. 1974. Irrigation, row width, and plant population in relation to growth chacteristics of two soybean varieties. Agron. J. 66 : 620-623.

66-dove,l.1982.protein formation in developing soybean seeds and
It's resistance to water stress. The new phytologist,91:177-182

6٧- Duncan, W. G. 1986.planting patterns and soybean yield. Crop sci. 26 : 584-588.

68- Edje, O. T. L. K. Mughogho, and U. W. U. Ayonoadu. 1975. Responses of dry beans to varying nitrogen levels. Agron. J. 67 : 251-255.

69-Egli, D. B. R. D. Guffy, and J. E. legget. 1985. partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. Agron. J. 77 : 917-922.

70-Egli, D. B. and J. E. Leggett. 1973. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybean. Crop sci. 13 : 220-222.

71- Egli, D. B., L. meckel, R. E. Phillips, D. Radeliffe, and J. E. Legett. 1983. moistur stress and N redistribution in soybean . Agron. J. 75 : 1027-1031.

72- Elmore, W. E. 1991. soybean cultivar response to planting rate and tillage. Agron. J. 82 : 829-832.

73- Elmor. R. W. 1990 soybean cultivar response to tillage Systems and planting date. Agron. J. 82 : 69-73.

74-Fabre.f., Planchon.c. ,2000,Nitrogen nutrition, yield and protein content in soybean ,Plant Science 152 (2000) 51–58

75-Fasoula .v.a Boerma .h.r. ,2004,Divergent selection at ultra-low plant density for seed protein and oil content within soybean cultivars ,Field Crops Research 91 (2005) 217–229

76- fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1980. stages of soybean development. Iowa crop Ext. serr. Agric, hom Econ. Econ. Exp. Stn. Spc. Rep. 80.

77-Frederick.j.r., Camp.c.r., Bauer.p.j.,2001, Drought-Stress Effects on Branch and Mainstem Seed Yield andYield Components of Determinate Soybean ,CROP SCIENCE, VOL. 41

78- Gates, c. T. 1968. water deficits and growth of herbaceous plants . p. 135-190-In T. T. kozlowski (ed.) water deficits and plant growth . vol.II.Academic press new york.

79- Gan.y., Stulen.i., Keulen.h.v., Kuiper.p.j.c ,2003,Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N2 fixation and yield of three soybean(Glycine max (L.) Merr.) genotypes ,Field Crops Research 80 (2003) 147–155

80- Garside. A. L. R. J. Lawn, and D. E. Byth. 1992. Irrigation management of soybean in a semi – arid tropical environment. I. Effect. Of irrigation. Frequency on growth, development and yied. Aust. J. Agric. Res. 43 : 1003- 1017.

81- Ghorashy. S. R. J. W. Pendleton. D. B. peters, J. S. Boyer, and J. E. Beuerlein. 1971. Internal water stress and apparent photosynthesis with soybean differing in pubescence. Agron. J. 63 : 674- 676.

82- Greer. H. A. L. and I. C. Anderson. 1965. Response of soybeans to triiodobenzoic acid field conditions. Crop sci. 5: 229-232.

83- Grimm, S. F., J. W. Jones, K. J. Boote, and D. C. Herzog. Modeling the occurrence of reproductive stages after flowering for four soybean cultivars. Agron. J. 86 : 31-38.

84- Grisson, p, w, A. Raney, and p. Hogg. 1955. Grop response to irrigation in the yazoo-mississippi delta. Miss. State univ. Agron. Expt. Sta. Bull. 531.

85-Hardman. L. L., and W. A. Brun. 1971. Effect of atmospheric carbon dioxide enrichment at different developmental stages on growth and yield components of soybeans.crop sci. 11: 886-888.

86- Harvey. D. M. 1980. seed production in leafless and conventional phenotypes of pisum sativum L. in relation to water availability with a controlled environment. Ann. Bot. 45 : 673-680.

87- Hasen, w. R. and Richard shibles. 1978. seasonal log of the flowering and podding activity of field grown soybeans. Agron. J.70 : 47-50.

88- Haskett .j.d., Pachepsky.y. , Basil .a.,2000,Effect of climate and atmospheric change on soybean waterstress: a study of Iowa

89- Hattendorf, M. J. M. S. Redelfs, B. Amos. L. R. Stone, and R. E.Gwin, J r.1988. comparative water use characterstics of six row crops. Agron. J.80 : 80-85.

90- Herbert, S. J., and G. V. Litchfield. 1982. partitioning soybean seed yield components crop sci. 22: 1074-1079.

91- Hicks, D. R. and J. W. Pendleton . 1969. Effect of floral bud removal on performance of soybean crop sci. 9: 435-4370

92- Hiebsch, C. K. T. kanemasu and C. D. Niekell. 1976. Effects of soybean leaflet type on net carbon exchange, water use, and water use efficiency. Can. J. 56 : 455-458.

93- Hiler, E. A. C. H. M. Van Barel, M. M. Hossain, and W. R. Jordan. 1972. sensivitiy of southern peas to plant water deficits at three growth stages, Agron. J. 64: 60-64.

94- Hoogenboom, G. M. G. Huck, and C. M. Peterson. 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79 : 607-614.

95- Hoogenboom, G., C.M. Peterson, and M. G. Huck. 1987. shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79 : 598-607.

96- Hsiao, T. C. E. Acevedo, and D. W. Henderson. 1970. maize leaf elongation : continuous measurements and close dependence on plant water status. Science 168 : 590-591.

97- Huang. C. Y. S. Boyer, and L. N. Vanderhoef. 1975. Acetylene reduction (nitrogen fixation) and metabolic activities of soybean having various leaf and nodule water potentials. Plant physiol. 51 : 22-0227.

98-Jensen,c.r.Mogensen,v.o.Mortensen,g.Fieldsend,j.k.Milford, g.f.j.Andersen,m.n.Thge,j.h.1996 .seed clucosinolate,oil and protein contents of field-grown rape(*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand.field crop research.47:93-105

99- Johnston, T. J., J. W. Pendleton. D. B. peters, and D. R. Hicks. 1969. Influence of supplemental light on apparent. Crop sci. 9: 577-581.

100- Jones, G. D. and J. A. Lutz , Jr . 1975. Effect of irrigation , lime , and fertility treatments on the yield and chemical composition of soybean. Argon . J. 67 : 523- 526.

101- kadhem, F. A. J. E. Specht, and J. H. Williams. 1985. soybean irrigation serially timed during stages R 1 to R 6 Agronomic responses. Agron. J. 77 : 291-298.

102- kadhem. F. A. J. E. Specht, and J. H. Williams. 1985. soybean irrigation serially timed during stages R 1 to R 6. II. Yield component responses. Agron. J. 77 : 299-304.

103- kane. M. V. and L. Y. Grabav. 1992. Early planted, early maturing soybean cropping system : growth, development and yield. Agron. J. 84 : 769-773.

104- kapustka. L. A. and L. C. Wilson. 1990. The in fluence of soybean planting density on dinitrogen fixation and yield. Plant and soil. 129 : 145-156.

105- Karam .f., Masaad .r., Mounzer .o., Rouphael .y. ,2005, Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions ,Agricultural Water Management 75 (2005) 226–244

106-karimi. M. M. S. F. Mousavi, and M. HeIdarzadeh. 1990. Rapid measurement of soil water by gravimetric method. Iran Agric. Res. 9 : 65-73.

107- karimi. M. M. and K. H. M. Siddique. 1991. crop growth and relative rate of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 42 : 13-20.

108- karimi- abadchi, M. M. 1979. Soil moisture stress effects on reproductive and vegetative components of soybeans . unpulished ph. D. thesis. Library, Iowa state university, Ames, Iowa.

109- Kashiwagi. J., Krishnamurthy.l., Crouch.j.h, Serraj.r ,2006,Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (Cicer arietinum L.) under terminal drought stressField Crops Research 95 (2006) 171–181

110- King.c.a., Purcell .l.c. ,2001,Soybean Nodule Size and Relationship to Nitrogen Fixation Responseto Water Deficit,crop science, vol. 41,

111- koller. H. R. 1971. Analysis of growth within distinct strata of the soybean community. Crop sci. 11: 400-402.

112- korte. L. L. J. H. Williams. J. E. Specht, and R. C. Sorensen. 1983. Irrigation soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses.Crop sci. 23 : 521-527.

113- korte. L. L. J. H. Williams. J. E. Specht, and R. C. Sorensen. 1983. Irrigation soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. yield component responses. Crop sci. 23 : 528-533.

114- Kramer, P. Y . 1963. Water stress and plant growth. Agron. J. 55 : 31-55.

115- Krishnan .h.b., Jiang.g., Krishnan .a.h., Wiebold .w.j.,2000, Seed storage protein composition of non-nodulating soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) and its influence on protein quality Plant Science 157 (2000) 191–199

116- Laing, D. R. 1966. The water environment of soybeans. Unpulished ph. D. thesis,

library, Iow state university of science and technology, Ames, Iowa.

117-Lan-Fang,y. and Zu-Cong,c.,2006,- Soil Respiration During a Soybean-Growing Season , Pedosphere 16(2): 192-200, 2006

118- Lei.w., Tong.z., Shengyan .d. 2006, Effect of drought and rewatering on photosynthetic physioecological characteristics of soybean Acta Ecologica Sinica,26(7), 2073-2078

119-Leport .l., Turner .n.c., French .r.j., Barr .m.d., Duda.r.,Davies .s.l., Tennant .d., Siddique .k.h.m.,1999,Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment- European Journal of Agronomy 11 (1999) 279–291

120- Leport.l., Turner .n.c.,., S.L. Davies a,c, K.H.M. Siddique a ,2005,Variation in pod production and abortion among chickpeacultivars under terminal drought

121- Liu .f., Jensen.q.r., Andersen.m.n,2003, Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybeanleaves and pods during early reproductive development its implication in altering pod set

122- Liu.f., Andersen.m.n, Jensen.c.r. ,2004,Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development ,Field Crops Research 85 (2004) 159–166

123- Liu a.f., Andersen.m.n., Jacobsen.s.e., Jensenc.r. ,2004, Stomatal control and water use efficiency of soybean
(*Glycine max* L. Merr.) during progressive soil drying ,Environmental and Experimental Botany 54 (2005) 33–40

124- Lodeiro.a.r., Gonzalez.p., Herna´ndez.a.,. Balague´.l.j., Favelukes.g. ,2000, Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grown common beans, Plant Science 154 (2000) 31–41

125-LUTHRA.y.p,SHEORAN.i.s, SINGH.r.,1985,INFLUENCE OF SOURCE--SINK ALTERATIONS ON PHOTOSYNTHESIS AND NITROGEN FIXATION IN PIGEON PEA *Field Crops Research,* 12 (1985) 331--338 331

126- mann, J. D. and E. C. Jaworski. 1970. comparison of stresses which may limit soybean yield. Crop sci. 10 : 620-624.

127- marais. J. N., and D. wiersma. 1975. phosphorus uptake by sogbeans as influenced by moisture stress in the fertilized zone. Agron. J. 67 : 77-782.

128- martin. C. K., D. K.cassel, and E. J. kamprath. 19790 Irrigation and tillage effects on soybean yield in a coastal plain soil. Agron. J. 71 : 592-594.

129- matson. A. L. 1964. some factores affecting the yield responses of soybean to Irrigation. Agron. J. 56 : 552-5550

130- mauk C. S. P. J. Breen. And H. J. mack. 1987. flower and pad abscission in shap bean as influenced by inflorescenece position, raceme node, irrigation and plant density. 1987. can J. plant sci. 67 : 1193-1202.

131- mayers. J. D. R. J. Lawn, and D. E. Byth. 1991. Agronomic studies on soybean (Glycine max L.) in the dry season of the tropics. II. Interaction of sowing density. Aust. J. Agric. Res. 42: 1093-1107.

132- meckel. L., D. B. Egli, R. E. Phillips, D. Radcliffe, and J. E. Leggett. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. Agron. J. 76 : 647-650.

133- mederski, H. J. and D. L. Jeffers. 1973. yield responses of soybean varieties grown at two soil-moisture stress levels. Argon J.65:410-412.

134-meyer, G. E., R. B. curry. J. G. streeter, and j. H. mederski. 1979. SOYMOD\ OARDS-A dynamic simulation of soybean development, and seed yield: I. Theory, structure, and validation, ohio Agric. Res. Dev. Ctr. Res. Bull. 1113.

135- Miller. D. E. and D. W. Burke. Response of dry beans to daily deficit sprinkler irrigation Agron. J. 75 : 775-778.

136- mingeau, M. 1975. study of sensitivity of soybean to drought. Informations technigues. CETIOM 47: 1-14.

137- mizrahi. Y. A. Blumenfeld. And A. E. Richmond. 1970. Abscisic acid and transpiration in leaves in relation to osmotic root stress. Plant physiol 46 : 169- 171.

138- momen. N. N. R. E. Carlson. R. H. shaw, and O. Arjmand. 1979. mohsture stress effects on the yield components of two soybean cultivars. Agron. J. 71 : 86- 90.

139- Mwale. S.S,S.N. Azam – Ali. J.A.Clark , R.G. Bradley, and M. R. Chatha. 1994.Effect of temperature on the germination of sunflower (Helianthus annus L.). Seed Sci.g Technol.22:565-571.

140- Nunes.c., Sousa.s.d. c, Silva.g.m., Salema Fevereiro.m.p., Silva .ab. ,2007, Physiological responses of the legume model *Medicago truncatula* cv.Jemalong to water deficit , Environmental and Experimental Botany 63 (2008) 289–296

141- Pandey. R.K., W. A. T.Herrera, and J. W. Pendleton. 1983. Droght response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. Agron. J.76:549-553.

142- Pandey. R.K., W.A. T. Herrera, A. N. Villegas, and J. W. Pendleton. 1984.Drought response of grain legumes under irrigation gradient : III. Plant growth. Agron. J. 76 :557-560.

143- Parvez. A. Q., F. P. Gardner., and K. J. Boote. 1989. Determinate – and indeterminate – type soybean cultivar response to Pattern, density and planting date. Crop Sci. 29 : 150-157.

144- Patterson, D.T., M.M. Peet, and J. A. Bunce. 1977. Effect of photoperiod and size at flowering on vegetative growth and seed yield of soybean.Agrn, J. 69: 631-635.

145- Pena – cabriales, J. J., and J. Z. castellanos. 1993. Effects of water stress on N2 fixaion and grain yield of phaseolus vulgaris L. plant and soil. 152 : 151- 155.

146- peters.D. B. and L. C. Johnson. 1960. soil moisture use by soybean.Agrn, J. 52: 687-689.

147- polson. D.E. 1972. Day- neutrality in soybean. Crop sci. 12: 773-776.

148- Rachie. K. O., and L. M. Robert. 1974. Grain legumes of the lowland tropics. Adv. Agron. 26: 83-84.

149- Ramseur. E. L., V. L. Quisenberry.S. U. Wallace, and j. H. palmer. 1984. yield and yield components of "Braxton" soybeans as influenced by irrigation and intrarow spacing. Agrn, J. 76: 442-446.

150- Ramseur. E. L.,S. U. Wallace, and V. L. Quisenberry 1985. Growth of "Braxton" soybeans as influenced by irrigation and intra row spacing. Agron J.77: 163-168.

151- Ramseur. E. L.,S. U. Wallace, and V. L. Quisenberry 1984.Distribution rattern of yield components of "Braxton" soybeans. Agron J. 76: 493-497.

152- Ray.j.d., . Fritschi.f.b., Heatherly.l.g. ,2006, Large applications of fertilizer N at planting affects seed protein and oil concentration and yield in the Early Soybean Production System ,Field Crops Research 99 (2006) 67–74

153- Robins. J.s. and C. E. Domingo.1956. moisture deficits in relation to th growth and development of dry beans. Agron J.48: 67-70.

154- Russell. M. P., W. W. Wilhelm. R. A. Olson, and J. F. power. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop sci. 24: 28-32.

155- Sinclair.t.r, Purcell.l.c., King .c.k., Sneller .c.h., Chen .p., Vadez .v.,2006,Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N2 fixation - Europ. J. Agronomy 24 (2006) 236–246

156- saenko, N. P. 1977. irrigation regime of soybeans in the sarpinskaialwo-land (Rus) kruzhilin. Lp ; zernove khoz 11: 43-44. nov. 1975. bibliography of Agriculture vol. 41, no. 2. February- 1977.

157- Samarah. N. H., Mullen .R. E., Cianzio .S. R., and Scott .P., 2006 Dehydrin-Like Proteins in Soybean Seeds in Response to Drought Stress during Seed Filling

158-Sardans.s., Penuelas.j.,2004,Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest ,Field Crops Research 47 (1996) 93-105

159- SARDANS . J. ,. PENUELAS .J,2007,Drought changes phosphorus and potassium accumulation patterns in an evergreen Mediterranean forest, *Functional Ecology* 2007 21 , 191–201

160- satio, S. M. M. Nazareth, S. Montanherro, R.C. Victoria, and K. Reichardt.1984.The effects of N fertilizer and growth of phaseolus vulgaris. J. Agric. Sci. camb. 103: 87-93..

161- savoy. B. R.,J. T. cothern, and C. R. shumway. 1992. soybean biomass. accumulation and leaf area index in early season production environment. . Agron J. 84: 956-959.

162- schapaugh, W. J.,Jr. and J. R. Wilcox. 1980. Relationship between harvest indices and other plant characteristics in soybean crop sci. 20: 529-533.

163- scott. H. D.,and J. T. Batchelor. 1979.Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybean Agron J. 71: 776-782.

164- scott. H. D.,J. A. ferguseon. And L. S.wood. 1987. water use, yield and dry matter accumulation by determinate soybean grown in a humid region. Agron J. 76: 870-875.

165- seddigh. M.G.D. Jolliff, and J.H. Orf. 1989. Night temperature effects on soybean phenology. Crop sci. 29: 400-406.

166- Serna.r.r., .Shibata..j.k.,Gallegos.j.a.a., Lopez .c.t., .Cereceres.j.o., Kelly.j.d.,2003,Biomass distribution, maturity acceleration and yield in
drought-stressed common bean cultivars ,Field Crops Research 85 (2004) 203–211

167- Serraj.r., Krishnamurthy.l., Kashiwagi.j., Kumar.j., Chandra.s., Crouch .j.h,2004, Variation in root traits of chickpea (Cicer arietinum L.)grown under terminal drought, Field Crops Research 88 (2004) 115–127

168- SERRAJ.r. and R. SINCLAIR .t.,1998, N2 Fixation Response to Drought in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Annals of Botany* 82: 229±234, 1998

169- shibles. R.M. and C. R. weber. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybean. Crop sci. 5: 575-577.
170- shibles, R. I. C. Anderson, and A. H. Gibson. 1975. soybean. P. 151-190. In L. T. Evans (ed.) crop physiology. Cambridge university press, Cambridge.

171- sionit, N., and P. J. kramar. 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. Agron J. 69: 274-278.
172- sivakumar, M.V.K.,and R. H.shaw. 1978.Relative evaluation of water stress indicators for soybean. Agron J.70: 619-623.
173- sivakumar, M. V. K. and R. H. shaw. 1978. leaf response to water deficits in soybeans. Physiol. Plant. 42:134-138.

174- sivakumar, M. V. K .1977. soil-plant-water relations, growth and nutrient uptake patterns of field-grown soybeans under moisure stress. Ph. D. thesis. Library, Iowa state university of science and technology, Ames, Iow.

175- Slatyer. R. o. 1967. plant-water relationship. Academic press, London.
176-smiciklas, K.D.R.E.mullen, R.E. Carlson, and A.D. knapp. 1992. soybean seed quality response to drought stress and pod position. Agron J.84: 166-170.
177- snyder, R. L. 1978. . yield and yield Components of CORN soybeans as influenced by late season foliar fertilization and soilmoisture. Unpublished m. s. thesis . library, Iowa state university of science and technology, Ames, Iow.

178-spaeth,S.C.H.C.Randall,T.R.inclair,and J.S. Vendeland.1984. stability of soybean harvest index. Agron J. 76: 482-486.
179- Sorensen, R.C. and E.J.penas. 1978 Nitrogen fertilization of soybean Agron J. 70: 213-216.

180- spooner, A. G. 1961. Effects of irrigation timing and length of flooding periods on soybean yield. Ark. Agr. Exp. Sta. bull.644.

181- stanhill. G. 1986.water use efficiency. Adv. In Agron. 39: 53-85.

182- Sullivan, T. P. and W. A. Brun. 1975. Effects of root genotype on shoot water relation in sovbeans. Crop sci. 15: 319-322.

183- Teare. I. D. and M. M. peet(eds). 1983. crop- water relations wily. Newyork. 547p.

184- Timmons, D.R.R.F. Holt, and R. L. Thompson.1967. Effect of plant populion and row spacing on evapotranspiration and water use efficiency by soybean Agron J. 59:262-265.

185- Thomas, Robertson.m.g., Fukai.s., Peoples.m.b ,2004,The effect of timing and severity of water deficit on growth,development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean ,Field Crops Research 86 (2004) 67–80

186- Thompson, J. A. 1977. Effects of irrigation termination on yield of soybeans in southern new south walls. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal husbandry 17 : 156-160.

187- Turk, K. J., and A. E. Hall. 1980. Drought adaptation of cowpea. III.Influence of drought on plant growth and relations with seed yield. Agron J. 72:428-433.

188- ustimenko- bakumovski, G. V. 1983. plant growing in the tropics and subtropics.

Translated from the 1980Russian edition, mir publishers Moscow.

189- van schaik, P. H. and A. H. probst. 1958.Effect of some environmental factors on flower productive efficiency in soybean Agron J.50: 192-197.

190- Watson, D. J. 1952.The physiological basis of variation in yield. Adv. Agron J. 4: 101-145.

191- weaver, D.B.,R.L. Akridge, and C.A.Thomas. 1991. Growth habit planting date and row spacing effects on late-planted soybean crop sci.31: 805-810.

192- weber, C. R. 1966.Nodulating, and nonnodulating soybean isolines: I. Agronomic and chemical attributes. Agron J. 58: 43-46.

193- weibold, w. J., D. A. Ashley, and H. R. Boerma. 1981. Reproductive abscission levels and patterns for eleven determinate soybean

ABSTRACT

A field experiment was conducted to investigate the effect of limited irrigation on soybean growth, yield and yield components.The experimant was as complete block design with three replication and carried out during summer of 2007 in aliabad, golestan province.The treatment was eight different time of imposing to drought.

The results revealed that water limitation significantly reduced plant height,number of flowers, pods and seeds.The length of reproductive stages appeared to be shortened with increasing the intensity of the stress.The decline was also true for leaf area index, shoot dry weight, yield and yield components.

Seed weight was the most important yield components as compared to the other components and had more participation for increasing the yield.Drought stress had most effect on yield in stages R_6,R_4 and R_7 respectivly.

Also,Protein an oil content of soybean seeds nagatively was influenced by water stress.

Keywords: Drought; soybean yield; growth characters; phenological stages; protein and oil content of seeds