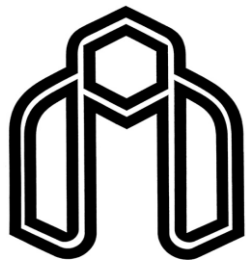


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد

شبیه سازی جذب تشعشع و تجمع ماده خشک در لوبیا چشم بلبلی

ناصر اسمعیلی

استاد راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور

دکتر مهدی برادران

دکتر شاهین شاهسونی

بهمن ۱۳۹۱



دانشگاه شیراز

بیرت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۴۳۹
تاریخ: ۱۳۹۱/۱۲/۸
ویرایش:

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای ناصر اسمعیلی رشته کشاورزی گرایش زراعت تحت عنوان: " شبیه سازی جذب تشعشع و تجمع ماده خشک در لوبیا چشم بلبلی " که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

<input type="checkbox"/> مردود	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input checked="" type="checkbox"/> قبول (با درجه : <u>خوب - امتیاز ۱۷/۹۹</u>)
--------------------------------	------------------------------------	--

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار	منوچهر قلی پور	۱- اساتید راهنما
	استادیار استادیار	مهدی برادران شاهین شاهشونی	۲- اساتید مشاور
	استادیار	شاهرخ قرنجیک	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	دانشیار	حمید عباس دخت	۴- استاد ممتحن
	دانشیار	احمد غلامی	۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده:

تقديم به

پدر و مادر عزیز و

مهربانم"

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، در شمردن نعمت های او ندانند و حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وام دار وجودشان است. بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی که به دستش سپرده اند تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عز و جل:"

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوار که همواره بر کوتاهی و درشتی من قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یآوری بی چشم داشت برابیم بوده اند؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودن و زحمت راهنمایی این رساله بر عهده گرفتند؛

از اساتید صبور و با تقوا ، جناب آقای دکتر مهدی برادران و جناب آقای دکتر شاهین شاهسونی، که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند؛

و از اساتید فرزانه و دلسوز ؛ جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر حمید عباس دخت که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

ناصر اسمعیلی

بهمن ماه سال ۱۳۹۱

تعهد نامه

- اینجانب *نام و نام خانوادگی* ... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته *رشته* ...
- دانشکده *نام دانشکده* و *نام دانشگاه صنعتی شاهرود* نویسنده پایان نامه *عنوان پایان نامه* ...
- عنوان پایان نامه *عنوان پایان نامه* ... تحت راهنمایی *نام استاد راهنما* ... در *نام مرکز* ... متعهد می شوم.
- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
 - در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
 - مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
 - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
 - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
 - در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است
 - در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۷، ۲۵

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی کارایی مصرف نور و ضریب خاموشی نور در گیاه لوبیا چشم بلبلی (رقم بسطامی) در ۴ تاریخ کاشت ۲۰ خرداد، ۶ تیر، ۲۳ تیر و ۹ مرداد و فاصله کاشت روی ردیف ۷، ۱۰، ۱۳ و ۱۶ سانتی متر طی سال زراعی ۹۰-۹۱ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهرستان بسطام اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در نظر گرفته شد. تاریخ‌های کشت و فواصل روی ردیف کاشت صرفاً جهت ایجاد شرایط متنوع جذب تشعشع و کمی‌سازی کارایی استفاده از تشعشع و ضریب خاموشی استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش تاخیر در تاریخ کاشت مقادیر درجه روزهای رشد به طور خطی کاهش پیدا نمود. به طوری که طولانی‌ترین دوره رشد و نمو برای شرایط تاریخ کاشت ۲۰ خرداد به دست آمد. مقدار درجه روزهای رشد به دست آمده برای این تاریخ کاشت برابر با ۱۵۶۳ بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلیه صفات به غیر از ضریب خاموشی در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر معنی‌دار تاریخ‌های کاشت و فواصل کاشت قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین مقادیر صفات شاخص سطح برگ حداکثر، تولید ماده خشک کل، کارایی مصرف نور، عملکرد دانه، تشعشع خورشید دریافت شده در زمان گل‌دهی و نسبت نور دریافت شده در زمان گل‌دهی در فاصله کاشت ۷ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۰ خرداد بدست آمد. ضریب خاموشی تحت تاثیر تراکم کاشت و تاریخ کاشت قرار نگرفت و مقدار میانگین آن ۰/۶۲۲ بود. دامنه نوسانات کارایی مصرف نور از ۰/۷۸۵ تا ۰/۸۴۴ مگاژول بر متر بر مربع بالغ گردید. یکی از عوامل مهم در کارایی مصرف نور، دما می‌باشد که در این بررسی میانگین دما در دوره رشد از ۱۸/۹ تا ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود.

کلمات کلیدی: لوبیا چشم بلبلی، تجمع ماده خشک، فتوپریود، کارایی مصرف نور و ضریب خاموشی.

تجزیه و تحلیل

عنوان	صفحه
۱- فصل اول.....	۱۴
۱-۱- مقدمه.....	۱۵
۱-۲- ضرورت مدل سازی و استفاده از مدل.....	۱۸
۲- فصل دوم.....	۸
بررسی منابع.....	۲۲
۲-۱- تاثیر عوامل محیطی بر نمو.....	۲۲
۲-۲- واکنش گیاهان به تشعشع.....	۲۳
۲-۳- واکنش گیاهان به دما.....	۲۶
۲-۴- واکنش گیاهان به طول روز.....	۲۷
۲-۵- واکنش گیاهان به تراکم.....	۲۸
۲-۶- جوانه زنی و سبز شدن.....	۳۰
۲-۷- کمی سازی واکنش گیاهان به تشعشع و فتو پریود.....	۳۱
۲-۸- کمی سازی واکنش سرعت نمو به دما.....	۳۲
۲-۹- کمی سازی تغییرات سطح برگ.....	۳۶
۲-۱۰- کمی سازی واکنش به پتانسیل آب.....	۳۸

- ۳۹-۱۱-۲- کمی سازی واکنش به دما و پتانسیل آب.....
- ۴۱-۱۲-۲- تولید و انتقال مجدد ماده خشک
- ۴۳-۳- فصل سوم.....
- ۴۳- مواد و روش‌ها.....
- ۴۴-۱-۳- مشخصات محل آزمایش
- ۴۴-۲-۳- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش
- ۴۵-۱-۲-۳- نزولات آسمانی.....
- ۴۶-۳-۳- مشخصات خاک مزرعه
- ۴۸-۴-۳- مشخصات طرح آزمایش
- ۴۷-۵-۳- آماده سازی زمین و کود دهی
- ۴۸-۶-۳- کاشت بذر لوبیا چشم بلبلی
- ۴۸-۷-۳- عملیات داشت
- ۴۸-۱-۷-۳- مبارزه با علف های هرز و دفع آفات
- ۴۹-۲-۷-۳- آبیاری.....
- ۴۹-۸-۳- اندازه گیری صفات زراعی.....
- ۵۰-۱-۸-۳- نمونه برداری و برآورد صفات زراعی
- ۵۰-۲-۸-۳- اندازه گیری نورد در بالا و پایین کنوپی
- ۵۰-۳-۸-۳- محاسبه طول روز در طول دوره رشد

- ۳-۹- محاسبه درجه روز رشد (GDD)..... ۵۰
- ۳-۱۰- محاسبه پارامترهای مربوط به جذب تشعشع..... ۵۱
- ۴- فصل چهارم..... ۵۳
- نتایج بحث..... ۵۳
- ۴-۱- دوره رشد گیاه..... ۵۴
- ۴-۲- ماده خشک کل..... ۶۰
- ۴-۳- شاخص سطح برگ حداکثر..... ۶۲
- ۴-۴- عملکرد دانه..... ۶۴
- ۴-۵- تشعشع خورشیدی دریافت شده در زمان گل دهی..... ۶۷
- ۴-۶- کارایی مصرف نور در زمان گل دهی..... ۶۹
- ۴-۷- نسبت نور دریافت شده در زمان گل دهی..... ۷۱
- ۴-۸- ضریب خاموشی..... ۷۲
- ۴-۹- نتیجه گیری..... ۷۴
- ۴-۱۱- پیشنهادات..... ۷۴

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۴۷.....	شکل ۱-۳ نقشه کاشت مزرعه.....
۵۶.....	شکل ۱-۴ مقادیر درجه روز رشد (GDD) بدست آمده برای رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی.....
۵۶.....	شکل ۲-۴ طول دوره رشد لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.....
۵۷.....	شکل ۳-۴ مقادیر میانگین دمای شبانه روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.....
۵۷.....	شکل ۴-۴ روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کشت شده در تاریخ کاشت اول.....
۵۸.....	شکل ۵-۴ روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کشت شده در تاریخ کاشت دوم.....
۵۸.....	شکل ۶-۴ روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کشت شده تاریخ کاشت سوم.....
۵۹.....	شکل ۷-۴ روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کشت شده در تاریخ کاشت چهارم.....
۵۹.....	شکل ۸-۴ مقادیر میانگین طول روز در دوره رشد نمو لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.....

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهرستان شاهرود.....	۳۱
جدول ۲-۳ آمار هواشناس شهرستان شاهرود.....	۴۵
جدول ۳-۳ خصوصیات خاک مزرعه.....	۴۶
جدول ۴-۳ برنامه کیوبیسیک برای محاسبه طول روز در طول دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی.....	۵۲
جدول ۱-۴ میانگین مربعات وزن خشک کل.....	۶۱
جدول ۲-۴ مقایسه میانگین ماده خشک کل برای تاریخ ها و تراکم های کاشت مورد آزمایش.....	۶۲
جدول ۳-۴ میانگین مربعات شاخص سطح برگ حداکثر.....	۶۳
جدول ۴-۴ مقایسه میانگین شاخص سطح برگ حداکثر برای تاریخ ها و تراکم های کاشت مورد آزمایش.....	۶۴
جدول ۵-۴ میانگین مربعات عملکرد دانه.....	۶۶
جدول ۶-۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه برای تاریخ ها و تراکم های کاشت مورد آزمایش.....	۶۶
جدول ۷-۴ میانگین مربعات تشعشع خورشید دریافت شده در زمان گل دهی.....	۶۶
جدول ۸-۴ مقایسه میانگین مجموع تشعشع خورشید دریافت شده توسط لوبیا چشم بلبلی برای تاریخ ها و تراکم های کشت مورد آزمایش.....	۶۸
جدول ۹-۴ میانگین مربعات کارایی استفاده از نور در زمان گل دهی.....	۷۰
جدول ۱۰-۴ مقایسه میانگین کارایی استفاده از نور توسط لوبیا چشم بلبلی در زمان گل دهی برای تاریخ ها و تراکم های کاشت مورد آزمایش.....	۷۰

جدول ۴-۱۱ میانگین مربعات نسبت نور دریافت شده در زمان گل دهی ۷۱

جدول ۴-۱۲ مقایسه میانگین نسبت نور دریافت شده در زمان گل دهی توسط لوبیا چشم بلبلی در زمان گل

دهی برای تاریخ ها و تراکم های کشت مورد آزمایش ۷۲

جدول ۴-۱۳ میانگین مربعات ضریب خاموشی ۷۲

جدول ۴-۱۴ مقایسه میانگین ضریب خاموشی در زمان گلدهی توسط لوبیا چشم بلبلی در زمان گل دهی برای

تاریخ ها و تراکم های کاشت مورد آزمایش ۷۲

فصل اول

حبوبات، پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر محسوب می شود. لوبیا یکی از مهم ترین حبوبات در جهان است که از نظر سطح زیر کشت در سطح جهانی مقام اول را دارا است. لوبیا یکی از حبوبات عمده در دنیا محسوب می شود که دارای ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۵۶ درصد کربوهیدرات است که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی مورد استفاده قرار می گیرد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

مطالعات بیان گر آن است که ترکیب مناسبی از پروتئین های گیاهی می تواند سو تغذیه و کمبود پروتئین را در دنیا جبران نماید. در این راستا، حبوبات دارای پروتئین معادل ۲-۳ برابر غلات و ۱۰-۲۰ برابر بیشتر از گیاهان غده ای می باشند. پروتئین از منبع گیاهی و جانوری قابل تامین است. به طور معمول، تولید پروتئین حیوانی مشکل تر و گران تر از پروتئین گیاهی است. در کشورهایی که به دلایل اقتصادی و مذهبی قادر به استفاده از پروتئین گوشتی نیستند، حبوبات می توانند نقش مهمی را در تامین پروتئین ایفا نمایند. به طور معمول در سبد تغذیه ای خانوار، بین مقدار حبوبات و غذاهای دارای منشا دامی یک رابطه معکوس وجود دارد. مصرف سرانه حبوبات در هندوستان ۷۱ و در مکزیک ۵۱ گرم در روز می باشد. این در حالی است که در کشورهای توسعه یافته، این مقدار به حدود ۷-۳ گرم در روز می رسد. طبق آمار موجود، سطح زیر کشت حبوبات در ایران ۱۱۸۵۰۰۰ هکتار و میزان تولید آن ۶۹۵۰۰۰ تن می باشد.

تمامی گونه های لوبیا متعلق به دو جنس عمده است، جنس *Phaseolus* که شامل گونه های بذر درشت آمریکایی است و جنس *Vigna* که شامل گونه های بذر آسیایی است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis*) در رده بقولات گرمسیری قرار گرفته است. که با نام های دیگری مانند لوبیا چشم سیاه، نخود جنوبی، نخود چیتی و نخود تيله ای (مرمری) نیز شناخته می شود. این گیاه در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می کند و در حقیقت یکی از قدیمی ترین گیاهان مناطق گرمسیر و نیمه

گرمسیر آفریقا است. منشا این گیاه آفریقا بوده و از آنجا به هندوستان، چین و قسمت های مرکزی و شمالی آمریکا منتقل شده است. لوبیا چشم بلبلی گیاهی است یک ساله علفی که دوره رشد آن ۹۰-۱۲۰ روز گزارش شده است و این گیاه دارای ۱۱ جفت کروموزوم $2n=22$ با رشد کم، بوته‌ای و تا حدی رونده، دارای یک ریشه‌ی اصلی به طول ۶۰ الی ۸۰ سانتی‌متر است. عرض آن از ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر متغیر است. رنگ ساقه لوبیا چشم بلبلی بسته به نوع واریته متفاوت است. برگ‌های آن دم برگ بلندی داشته و سه برگچه‌ای است. بر روی هر محور گل‌آذین آن بیشتر از ۱۲ گل وجود دارد. غلاف‌های آن پهن یا استوانه‌ای بوده، نسبتا بلند (۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) و به سادگی باز می‌شوند. بر روی هر بوته تقریبا ۵۰ غلاف دیده می‌شود و هر غلاف دارای بیش از ۱۶ بذر است. بذرها بیضوی، گرد یا لوله‌ای شکل هستند. سطح بذر صاف و به ندرت چروکیده است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

با توجه به اقلیم حاره‌ای بسیار گرم منشا لوبیا چشم بلبلی، این گیاه برای رشد طبیعی خود نیاز به حرارت دارد و این حرارت هرگز نبایستی کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد. بیشترین نیاز حرارتی آن در دوره‌ی حد فاصل گل دهی تا رسیدگی است. در مقایسه با دیگر حبوبات گرمسیری، لوبیا چشم بلبلی مقاومت بیشتری به هوای خشک دارد، اما در صورت خشکی خاک محصول آن شدیداً کاهش می‌یابد. در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری خشک، کاشت لوبیا چشم بلبلی فقط در شرایط فاریاب موفقیت آمیز است اما قادر به تحمل آب اضافی خصوصا در طی جوانه‌زنی و رسیدن بذرها نمی‌باشد. با توجه به این که دوره رشد لوبیا کوتاه می‌باشد جهت عملکرد مطلوب باید آب کافی در اختیار گیاه قرار بگیرد (ایلام پور، ۱۳۷۱).

گیاه لوبیا به شرایط آب خاک و کیفیت آن‌ها خیلی حساس بوده و عملکرد آن حتی از دوره های کوتاه کمبود آب صدمه می بیند و صدمه حاصل از خشکی و مصرف آب با سن گیاه افزایش می یابد (مارور، ۱۹۶۹). این گیاه از بقولات با ارزشی است که به صورت دانه، سبزیجات، علوفه سبز و گیاهان پوششی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در حال حاضر با سطح زیر کشت بیش از ۴/۵ میلیون هکتار با تولید سالانه معادل ۲-۱/۵ تن بذر

خشک در سطح جهان کشت می شود. لوبیا چشم بلبلی گیاهی است با رشد سریع که متوسط دوره رشد آن ۹۰-۱۲۰ روز گزارش شده است. واریته‌های زودرس لوبیا چشم بلبلی ظرف ۶۰ تا ۸۰ روز، انواع متوسط رس ۸۰ تا ۱۲۰ روز و انواع دیررس ۱۲۰ الی ۱۵۰ روز در مناطق گرمسیر رشد خود را کامل می‌کنند. مراحل رشد فیزیولوژیکی عبارت است از ۶-۱۰ روز پس از سبز شدن که توسعه اولین برگ‌های سه برگچه ای حدود ۱۵ پس از سبز شدن و شروع گل دهی حدود ۳۴ روز پس از سبز شدن می باشد. در دمای مطلوب، یعنی ۲۵ درجه سانتی گراد، حدود ۴ الی ۶ روز بعد از کاشت، ساقه‌ها پدیدار می شوند. تمامی واریته‌های لوبیا چشم بلبلی بعد از مدت یک ماه شروع به انشعاب می کنند. سرعت رشد زایشی و عملکرد بذر لوبیا چشم بلبلی به تغییرات آب و هوا حساس هستند. دوره‌ی نوری و درجه حرارت مهم ترین فاکتورهای تنظیم کننده بوده و ژنوتیپ‌های مختلف از این لحاظ متفاوت می‌باشند. هر چه طول دوره‌ی زایشی در گیاه طولانی‌تر شود، تعداد میوه بیشتر شده و عملکرد نیز افزایش می یابد. شرایط محیطی که سبب کاهش طول این دوره می شوند شامل حرارت بالای روز، اختلاف زیاد حرارت روز و شب و تنش خشکی در طی پر شدن دانه‌ها در غلاف می باشند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

اکثر واریته‌های لوبیا چشم بلبلی از نظر گیاه شناسی دارای رشد نامحدود هستند و به این ترتیب مقدار رشد رویشی گیاه بر میزان محصول اقتصادی اثر کمتری دارد. زیرا این گیاهان حتی با شروع رشد زایشی، قادر به ادامه رشد رویشی خود می‌باشند. اختلاف زیادی در عملکرد لوبیا چشم بلبلی به چشم می‌خورد. متوسط عملکرد آن در اراضی غرب آفریقا ۸۸ کیلوگرم در هکتار است. علت این کاهش محصول، کشت درهم آن با غلات بوده بدون آن که کود مصرف شده باشد و یا آن را از حشرات متعدد محافظت کرده باشند. اما هنگامی که به صورت منفرد کشت شود و مدیریت خوبی اعمال گردد، حدود ۱ تا ۴ تن در هکتار عملکرد خواهد داد. اجزای اصلی محیط اتمسفری گیاه که نمو را تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارتند از: درجه حرارت و فتوپریود. کسب اطلاعات لازم در مورد منحنی های پاسخ نمو گیاه به تغییرات میانگین فاکتورهای اقلیمی، نیاز به تعیین یکسری از

پارامترها نظیر دمای کاردینال، حساسیت به فتوپریود، نیازهای حرارتی و غیره دارد که حصول آن‌ها تنها در صورتی امکان پذیر است که پاسخ‌های گیاه در دامنه‌ای از شرایط متفاوت دما و طول روز بررسی شود و سپس با ارایه مدل‌های مناسب، محدوده پاسخ و نوع پاسخ به عوامل اقلیمی تاثیرگذار و اثر متقابل آن‌ها تفکیک شود. علاوه بر این، تاثیر پذیری رشد رویشی و سپس انتقال فتواسیمیلات‌ها به دانه‌های در حال رشد از عوامل اقلیمی می‌تواند حایز اهمیت باشد (امام و نیک نژاد، ۱۳۷۳).

۱-۲- ضرورت مدل‌سازی و استفاده از مدل

تهیه مدل از یک سیستم مستلزم طی شدن چندین مرحله است که پس از آنها از یک سیستم، یک مدل بدست می‌آید. به مجموعه این مراحل و مسیر مدل‌سازی گویند (هافنر، ۱۹۹۶؛ سینکلر و سلیگمان، ۲۰۰۰). فرایند مدل‌سازی شامل چند مرحله به شرح زیر می‌باشد.

۱- تعیین و مشخص کردن اهداف

۲- تهیه فرضیات

۳- فرمول بندی و برنامه نویسی

۴- برآورد پارامترها

۵- ارزیابی مدل

همر و همکاران (۲۰۰۳) در جمع بندی نتایج یک سمپوزیوم بین المللی درباره مدل‌سازی سیستم‌های زراعی این موضوع را مورد بحث قرار داده‌اند. ایشان یاد آوری می‌کنند که با پیشرفت در فیزیولوژی و اکولوژی گیاهان زراعی و روشهای محاسباتی، مدل‌سازی گیاهان زراعی نیز در طول ۳۰ الی ۴۰ سال گذشته تکامل یافته است. نامبردگان با ذکر این نکته که مدل‌ها در حال حاضر به درجه قابل قبولی از پذیرش رسیده‌اند، دو جنبه مهم از فعالیت مدل‌سازی گیاهان زراعی در آینده را معرفی نموده‌اند. یکی از این جنبه‌ها به کارگیری مدل‌ها به عنوان ابزار کارگشا جهت پشتیبانی تحقیقات علمی، تسهیل تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت زراعی و کمک به

آموزش می باشد. ایشان اظهار داشته اند که فعالیت مدل سازی در این جنبه به سطوح بالاتر سازمانی یعنی سیستم های زراعی مسایل زیست محیطی و جنبه های اکولوژیک تولید گیاهان زراعی گسترش خواهد یافت (رینالدی، ۲۰۰۴؛ هونگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ بیندر و همکاران، ۲۰۰۸).

جنبه دوم، نقش موثر مدل های گیاهان زراعی در درک و پیشرفت تنظیم ژنتیکی کارکرد گیاهان و اصلاح آن ها می باشد. تحلیل فیزیولوژیک و مدل سازی صفات راهی ایجاد می کند که توسط آن مدل های گیاهان زراعی می تواند در ارتقای تلفیق روشهای ژنتیک مولکولی در اصلاح گیاهان زراعی مشارکت کند (کاپمن و همکاران، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳؛ سینکلر و ماچو، ۲۰۰۱؛ هانت و همکاران، ۲۰۰۳؛ بین و همکاران، ۲۰۰۳).

مدل های گیاهان زراعی از بخش های مهم مدل های اکولوژیک می باشند. این مدل ها امکان پیش بینی سیستم های گیاهی و افزایش فهم درباره چگونگی عملکرد آن ها را فراهم می آورند (سینکلر و سلیگمان، ۲۰۰۰؛ وان ایترسام و دوناتلی، ۲۰۰۳). مدل ها محدودیت های جغرافیایی و محیطی را کاهش داده و در مورد گیاهان زراعی برای ارقام مختلف قابل تعمیم می باشند. هدف اصلی بیشتر مدل های گیاهی پیش بینی عملکرد است اگر چه از آن ها برای برآورد فرآیندهای دیگر مانند نمو، رشد و مصرف آب نیز استفاده می شود. مدل ها قادرند بخوبی نشان دهند که آیا یک مدیریت خاص موجب افزایش عملکرد می شود یا خیر (خودریان و همکاران، ۱۳۸۱). بسیاری از مدل های پیش بینی عملکرد دانه، تعداد دانه در واحد سطح، سرعت و طول دوره پر شدن دانه را نیز برآورد می کنند (ریتچی و همکاران، ۱۹۹۸). بعضی دیگر از مدل ها از ضریب تخصیص ماده خشک برای برآورد عملکرد دانه استفاده می کنند (گودریان و وان لار، ۱۹۹۴). همچنین از مدل های شبیه سازی گیاهان زراعی برای انجام مطالعات مختلف از جمله انتخاب گیاه و رقم مناسب، تعیین خصوصیات مطلوب گیاهی، تعیین بهترین مدیریت زراعی، پیش بینی اثر تنوع و تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصول و تخمین عملکرد بالقوه استفاده شده است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۴).

گاهی اوقات می‌توان شبیه سازی را جایگزین آزمایشات مزرعه‌ای کرد و بدین ترتیب دورنمای نتایج آزمایشی مزرعه‌ای را وسیع‌تر و عمیق‌تر ساخت (کوچکی و بنایان، ۱۳۷۵). از مدل‌ها می‌توان در بهبود مدیریت تولید گیاهان زراعی، برای پیش‌بینی تاریخ‌های احتمالی برداشت یا پیش‌بینی عملکرد نهایی، یا به صورت فعال‌تر، برای پیش‌بینی مطمئن زمان وقوع مراحل فنولوژیکی استفاده نمود. در نتیجه کود، تنظیم‌کننده‌های رشد، نیتروژن، علف‌کش‌ها و کنترل بیماری‌ها در مناسب‌ترین زمان به کار گرفته می‌شوند. تعیین پتانسیل عملکرد منطقه‌ای، کمک به مدیریت آبیاری و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم از کاربردهای دیگر مدل‌سازی می‌باشد (پری و همکاران، ۱۹۸۷؛ امام و نیک‌نژاد، ۱۳۷۳؛ کوچکی و بنایان، ۱۳۷۵). تولید و تخصیص ماده خشک در مدل‌های شبیه‌سازی تا حد زیادی به وسیله زمان بندی مراحل فنولوژیکی تعیین می‌شود. به طور کلی پیش‌بینی نمو فنولوژیکی گیاهان، تعیین‌کننده کاربرد مفید مدل‌سازی در مطالعه سازگاری گیاهان است. همچنین با استفاده از این مدل‌ها، هزینه‌ها و زمان مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها کاهش می‌یابد و علاوه بر آن می‌توان با این مدل‌ها به جای چند سال آزمایش در مزرعه، با کمک آمار هواشناسی بلند مدت گیاه مورد نظر را چندین سال با استفاده از مدل کاشت کرد و نتایج آن را مورد ارزیابی قرار داد (سلطانی و هوگنبوم، ۲۰۰۷).

۲-۹- اهداف تحقیق

- ۱- بررسی اثرات تشعشع و طول روزهای مختلف و دما بر واکنش‌های فنولوژیک گیاه لوبیا چشم‌بلبلی به عنوان یک گیاه حساس به طول روز.
- ۲- کمی‌سازی واکنش تجمع ماده خشک به نور در شرایط مزرعه.
- ۳- پاسخ تجمع ماده خشک در زمان‌های مختلف به دما و طول روز.
- ۴- کمی‌سازی مقدار ماده خشک تولیدی و بررسی ارتباط آن با سایر متغیرهای بالقوه در تراکم‌ها و تاریخ‌های کشت متفاوت.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- تاثیر عوامل محیطی بر نمو

مراحل نمو یک گیاه نشان دهنده سن فیزیولوژیکی آن می باشد که از طریق شکل گیری و ظهور اندامهای مختلف مشخص می شوند. تغییرات در عوامل محیطی می تواند به شدت طول مراحل نمو را تغییر دهد. اجزای اصلی محیط که نمو را تحت تاثیر قرار می دهند عبارتند از فتوپریود، دما، تشعشع، تراکم و عوامل دیگری همچون میزان عناصر غذایی و قابلیت دسترسی آب می باشد. دما مهم ترین عامل محیطی موثر بر نمو گیاهان است. و پس از آن طول روز نیز واجد اهمیت می باشد (چایوهان و همکاران، ۲۰۰۲).

درجه حرارت های بالا و پایین هر دو سبب کاهش سرعت تولید ماده خشک و نیز کاهش پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی می شوند. به طور کلی، وقوع دما های نزدیک به دمای بهینه، معادل با سرعت نمو بیشتر است و در نتیجه زمان کوتاه تری برای تکمیل یک مرحله نمو خاص لازم می شود. معمولا خصوصیات ژنتیکی و شرایط محیطی تعیین کننده طول دوره قبل از گل دهی به شمار می روند. برای دستیابی به عملکردهای بالا، لازم است طول فصل رشد گیاه با منابع محیطی موجود تطبیق داشته باشد و سایر صفات گیاهی برای استفاده از منابع محیطی در حد مطلوب باشند. وضعیت آب و هوا به ویژه تغییرات دما، بارندگی و توزیع آنها اغلب به مقدار قابل توجهی بین سالهای مختلف، متفاوت است. این تغییرات در داخل یک اقلیم، عامل اصلی تفاوت در عملکرد کمی و کیفی محصولات زراعی بین سال های مختلف می باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۴).

فرآیند نمو عبارت است از عبور از مراحل فنولوژی مختلف بدون توجه به کم یا زیاد بودن میزان رشد. بنابراین نمو مستلزم انجام تمایز در بافت ها می باشد. تغییرات متوالی از یک مرحله ی فنولوژیکی به مرحله بعد، به وسیله ی پدیده هایی نظیر جوانه زنی، رشد رویشی، تشکیل جوانه ی گل، گل دهی، تشکیل دانه و غیره مشخص می گردد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۵).

مراحل نمو را می توان صرفاً به عنوان تابعی از دما و فتوپریود در نظر گرفت (اولیور و آناندل، ۱۹۹۸). کمی کردن اثرات این عوامل بر روی گیاهان، اساس مدل‌های شبیه‌سازی تولید محصولات می باشد (آتکینسون و پرتز، ۱۹۹۸). کمی‌سازی تولید با هدف جهت دار کردن مدیریت‌ها و مطالعه اثر عوامل محدود کننده و کاهنده عملکرد و بهینه‌سازی سامانه‌های کشاورزی از ضروریات و اصول بنیادین رهیافت‌های سیستمی است. مدل‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی به عنوان یکی از این رهیافت‌ها ابزاری مفید در تحقیقات علمی و مدیریت زراعی به شمار می‌رود و قدرت یک مدل بستگی به دقت پیش‌بینی آن مدل از عملکرد گیاه دارد (باربر و همکاران، ۲۰۰۲).

نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارایی آن می‌توان سطح تولید محصولات را افزایش داد (اول، ۲۰۰۶). در شرایط مطلوب زراعی که هیچ عامل محدود کننده دیگری وجود ندارد بین وزن خشک تولیدی با میزان نور جذب شده، به ویژه تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)^۱ جذب شده یک رابطه خطی وجود دارد (گالاگر و بیسکو، ۱۹۷۸). اگر یک گونه بتواند ضمن کسب کسر بیشتری از نور، آن را با ضریب تبدیل بالاتری به بیوماس تبدیل کند، در تولید بیوماس موفق‌تر خواهد بود. از این مفهوم و رابطه بین جذب تشعشع و تولید بیوماس در بسیاری از تحقیقات و بسیاری از گیاهان زراعی استفاده شده است (چارلز - ادواردز، ۱۹۸۶؛ کاپتا و همکاران، ۱۹۹۰؛ ماچو و همکاران، ۱۹۸۹).

۲-۲- واکنش گیاهان به تشعشع

شیب رگرسیون خطی بین جذب تشعشع تجمعی و بیوماس تولیدی گیاه، کارایی مصرف نور را تعیین می‌کند (سیتو و کاستلی، ۲۰۰۰). همچنین با توسعه این رابطه ساده در گیاهان، از آن به عنوان مدل استفاده می‌شود. به عنوان مثال توسوبو و والکر (۲۰۰۲) بیان کرده‌اند که تولید ماده خشک در شرایط بدون تنش تابعی از زمان و تلفیقی از میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده، کسری از تشعشع که توسط گیاه جذب می‌

¹ - Photosynthetic active radiation

شود و کارایی استفاده از تشعشع جذب شده در تبدیل به ماده خشک می باشد و همچنین در گیاهان زراعی که عملکرد اقتصادی اهمیت ویژه ای پیدا می کند، شاخص برداشت نیز به عوامل فوق اضافه می شود. بسیاری از مدل های استفاده شده برای ارزیابی کارایی نور در گیاهان بر اساس قانون لامبرت-بیر می باشند. این قانون به طور کامل در لایه های مختلف در کانوپی کشت مخلوط قابل استفاده می باشد (مک مورتری و وولف، ۱۹۸۳)، (ریمینگتون، ۱۹۸۴؛ ریمینگتون، ۱۹۸۵). در کل بهبود بهره وری استفاده از نور هم می تواند در اثر بیشتر شدن جذب نور باشد و هم بالاتر رفتن کارایی مصرف نور شود (ویلی، ۱۹۹۰). کسری از تشعشع فعال فتوسنتزی که توسط کانوپی گیاهان مختلف در کشت مخلوط جذب می گردد بیشترین وابستگی را به شاخص سطح برگ و ساختار کانوپی دارد (باستین و همکاران، ۲۰۰۰). دریسر و همکاران (۲۰۰۰) اعلام کردند که تنوع در تولید ماده خشک در دو گیاه گندم و کلزا، مربوط به تفاوت تشعشع دریافتی، کارایی مصرف تشعشع و توزیع ماده خشک و نیتروژن به اندام های مختلف گیاه می باشد. اوکانل و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که دریافت تشعشع به وسیله کانوپی، مهمترین علت تفاوت فیزیولوژیک بین گندم، نخود فرنگی و خردل است. تامسون و سیدیک (۱۹۹۷) گزارش می کنند که مقادیر کارایی مصرف نور و ضریب خاموشی متفاوت می توانند به خوبی نشان دهنده تفاوت های فیزیولوژیک بین این گیاهان و در نتیجه تفاوت در تولید ماده خشک در آن ها باشد. پنگلی و همکاران (۱۹۹۹) درمقایسه سه لگوم علوفه ای یکساله با سویا، نتیجه گرفتند که اصلی ترین علت تفاوت بین این گیاهان مربوط به تفاوت در جذب تشعشع یعنی تفاوت در شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی است. سینکلر و هوری (۱۹۸۹) اظهار داشتند که چگونگی رابطه بین نیتروژن برگ و میزان فتوسنتز و در نهایت وابستگی آن با مقدار کارایی مصرف تشعشع می تواند یکی از دلایل تفاوت های فیزیولوژی بین سویا، برنج و ذرت باشد.

کارایی مصرف نور یک راهکار موثر و کارا برای کمی کردن تجمع ماده خشک است و به صورت افزایش ماده خشک به ازای جذب هر واحد تابش فعال فتوسنتزی تعریف می شود (کینیری و همکاران، ۱۹۹۹). استفاده

از کارایی مصرف نور در محاسبه بیوماس اولین بار توسط پوکیرچ و راتکوفسکی (۱۹۷۱) ارایه شد و اغلب به صورت شیب رگرسیون خطی زیست توده در مقابل تابش جذب شده تجمعی محاسبه می شود (اکمل و جانسن، ۲۰۰۴). این یکی از اولین پارامترهای به کار رفته در بسیاری از مدل های شبیه سازی رشد گیاهان است که برای تجزیه و تحلیل تولید گیاه در مناطق مختلف و بهبود برنامه ریزی و فنون مدیریتی، خصوصا در محیط های ناهمگن مانند مناطق خشک می باشد (ایدی نوبا و همکاران، ۲۰۰۲). در غیاب تنش، کارایی مصرف نور برای گونه های C_3 مناطق معتدله بین ۱ تا ۱/۵ گرم بر مگاژول و برای گونه های C_3 مناطق گرمسیری بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر مگاژول تغییر می کند (بلک و اونگ، ۲۰۰۰). اونگ و مونتیت (۱۹۸۵) و اسکوایر و همکاران (۱۹۸۴) مقدار این ضریب در ارزن بین ۲ تا ۲/۵ گرم بر مگاژول گزارش کردند. در مورد گیاهان لوبیا چشم بلبلی مقادیر ۲/۹۵-۱/۰۵ (ایدی نوبا و همکاران، ۲۰۰۲؛ مارسلیس و همکاران، ۱۹۹۸)، ماش ۰/۹۴ (مارسلیس و همکاران، ۱۹۹۸) و لوبیای معمولی ۱/۶ گرم بر مگاژول (کلسون، ۱۹۸۵) گزارش شده است. مقادیر کارایی مصرف نور با توجه به گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی، مدیریت زراعی، مرحله رشدی گیاه، نحوه اندازه گیری و ترکیبات گیاهی تغییر می کند و بنابر این مدل های توسعه یافته باید برای همان گونه و همان شرایط محیطی بکار روند (اوکانل و همکاران، ۲۰۰۴). ساختار تاج پوششی پخش انرژی نوری در آن و شاخص سطح برگ نیز، کارایی مصرف نور گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند. اختلاف در ساختار تاج پوششی که به وسیله ضریب استهلاک نوری (K) در قانون لامبرت -بیر شرح داده می شود به همراه شاخص سطح برگ می توانند دلایل اختلاف گونه ها در کارایی مصرف نور را روشن تر کنند (کینیری و همکاران، ۱۹۹۹).

استفاده از نور می تواند بر پایه این اصل مدل سازی شود که جذب تابش، با افزایش سطح برگ بر روی یکدیگر، قابلیت استفاده از نور را کاهش می دهد. این عامل باعث کاهش تصاعدی نور می شود (مارسلیس و همکاران، ۱۹۹۸). ضریب استهلاک نوری یکی از اجزا اصلی در قانون بیر بوده که میزان ممانعت گیاه از عبور نور را نشان می دهد. ضریب استهلاک نوری تحت تاثیر شاخص سطح برگ، شیب برگ، زاویه خورشید در بالاترین

¹ - Extinction coefficient

نقطه خود و زاویه برگ قرار دارد (کیتینگ و کربری، ۱۹۹۳؛ گراف و همکاران، ۱۹۹۰). با این حال در بسیاری از مدل‌ها ضریب استهلاک نوری را چندان تاثیر گذار ندانسته و آن را وارد نمی‌کنند.

۲-۳- واکنش گیاهان به دما

دما مهم‌ترین عامل موثر بر رشد و نمو گیاه بوده و فقط به مقدار جزئی توسط بشر قابل کنترل است. رشد و نمو گیاه زراعی به حدی به دما بستگی دارد، که هر رقم فقط در محدوده‌ی معینی از دما می‌تواند رشد کند. دمای حداقل، مطلوب و حداکثر برای هر فعالیت معروف به دماهای کاردینال هستند. دمای حداقل دمایی است که در پایین‌تر از آن رشد گیاه متوقف می‌شود. این دما را اصطلاحاً، دمای پایه گیاه نیز می‌گویند که برای هر گونه گیاهی مقدار مشخصی می‌باشد. دمای مطلوب دمایی است که به شرط فراهم بودن سایر عوامل، سرعت نمو گیاه در حداکثر خود می‌باشد. و دمای حداکثر دمایی است که بالاتر از آن رشد گیاه متوقف می‌شود (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۵). کلیه فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان اعم از جوانه‌زنی، گل‌دهی، رشد، فتوسنتز و تنفس دارای یک آستانه حداکثر و حداقل درجه حرارت می‌باشند که در این محدوده قادر به فعالیت هستند. بنابر این پتانسیل عملکرد هر گیاه در نهایت در ارتباط با رژیم‌های حرارتی است که گیاه در آن زندگی می‌کند. به عنوان مثال ممکن است شرایط درجه حرارت باعث شود یک گیاه استقرار یافته و رشد کند ولی یک تغییر ناگهانی در هوا (مثل سرما) می‌تواند از گل‌دهی و تولید بذر آن جلوگیری کند (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۵).

دما یکی از عواملی است که بر درصد و سرعت جوانه زنی تاثیر گذار است (کیو و همکاران ۲۰۰۶؛ کبراب و موردوچ، ۲۰۰۰). حداکثر درصد جوانه زنی در گیاهان در دامنه خاصی از دماها رخ می‌دهد و در پایین‌تر و بالاتر از این دامنه دمایی درصد جوانه زنی به طور ناگهانی کاهش می‌یابد. همچنین، سرعت جوانه زنی با افزایش دما تا دمای مطلوب جوانه زنی افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد (کبراب و موردوچ، ۲۰۰۰).

با افزایش دما بین دمای پایه و دمای مطلوب که تحت عنوان دماهای زیر مطلوب نامیده می شوند، گل دهی گیاهان تسریع می شود. واکنش به دما در این محدوده ی دمایی می تواند توسط طول روز تحت تاثیر قرار گیرد (سامرفیلد و همکاران، ۱۹۹۱؛ آتکینسون و پرتز، ۱۹۹۶). دماهای بین دمای مطلوب و دمای سقف دماهای فوق مطلوب نامیده می شوند. با افزایش دما در این بازه دمایی، سرعت نمو کاهش پیدا می کند. در واقع گیاهان زراعی در محدوده مشخصی از دما می توانند رشد و نمو کنند و رشد و نمو آنها تحت دماهای مطلوب به بیشترین مقدار خود می رسد. با افزایش دما به سمت دمای سقف سرعت نمو در گیاهان کاهش می یابد و ممکن است خسارات غیر قابل برگشتی را در گیاهان ایجاد نماید و یا حتی ممکن است منجر به از بین رفتن گیاه شود (سامرفیلد و همکاران، ۱۹۹۱؛ آتکینسون و پرتز، ۱۹۹۶).

۲-۴ - واکنش گیاهان به طول روز

در پاسخ به طول روز گیاهان به سه گروه اصلی تقسیم می شوند: ۱- گیاهان روز بلند، ۲- گیاهان روز کوتاه، ۳- گیاهان بی تفاوت. در دو گروه حساس به طول روز یعنی گیاهان روز کوتاه و روز بلند، به گونه ها و ژنوتیپ هایی با واکنش های اجباری یا کیفی، و اختیاری یا کمی تقسیم بندی می شوند. در گیاهان روز بلند کیفی با کاهش طول روز از یک مقدار معین (طول روز بحرانی) سرعت گلدهی کاهش می یابد. به طوری که با کاهش بیشتر طول روز به نقطه ای می رسیم (طول روز سقف) که در آن سرعت گلدهی به صفر می رسد. در واکنش از نوع روز بلند کیفی گیاهان در طول روز سقف و یا پایین تر از آن هیچ گاه به گل نمی روند. در گیاهان روز بلند کمی نیز همانند گیاهان روز بلند کیفی با کاهش طول روز از یک مقدار معین (طول روز بحرانی) سرعت گل دهی کاهش می یابد ولی در این گیاهان در طول روز سقف و یا پایین تر از آن گیاهان با حداقل سرعت به سوی مرحله گلدهی پیش می روند و هیچ گاه سرعت گلدهی به صفر نمی رسد. در این نوع واکنش به طول روز اگر گیاهان در معرض طول روز سقف یا پایین تر از آن قرار گیرند طولانی ترین زمان ممکن برای رسیدن به مرحله گل دهی را طی می کنند (کریمی، ۱۳۸۸).

به علت وجود فتوپریودیسم در گیاهان زراعی، طول روز یکی از عامل محیطی مهم محسوب می شود. علاوه بر آن طول روز، مدت دریافت نور به وسیله گیاهان را نیز مشخص می کند. طول روز در واقع زمان بین طلوع تا غروب آفتاب است و برحسب عرض جغرافیایی و فصل سال تغییر می یابد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۵). در واقع نمو گیاهان حساس به فتوپریود، در طول روز بر نمو گیاه موثر بوده و باعث تسریع (گیاهان روز بلند مانند گندم) یا تاخیر آن (گیاهان روز کوتاه مانند سویا) می شود (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۲-۵- واکنش گیاهان به تراکم

تراکم بوته یکی از فاکتورهای زراعی بسیار موثر در تعیین عملکرد گیاهان زراعی می باشد و در شرایط آب و هوایی مختلف برای یک رقم ثابت نمی باشد. تراکم مطلوب، تراکمی است که در نتیجه آن رقابت های بین و درون بوته ای حداقل گشته و ترکیب متناسبی از عوامل محیطی، برای به دست آوردن حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب، تامین گردد و در عین حال فضای کافی برای انجام عملیات داشت وجود داشته باشد (خواجه پور، ۱۹۹۶). از عوامل مهم تعیین کننده عملکرد لوبیا چشم بلبلی، رعایت تراکم مطلوب می باشد. هدف از فاصله گذاری مناسب بین بوته ها آن است که ترکیبی مناسب از عوامل محیطی مثل آب، هوا، نور، عناصر غذایی و غیره برای حصول حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب تامین شود. برای انجام عملیات داشت فضای حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب تامین شود. از طرف دیگر، برای انجام عملیات داشت فضای کافی فراهم شده تا کیفیت محصول مطلوب تر گردد. تراکم کشت به عوامل مختلفی هم چون خصوصیات گیاه زراعی و طول دوره رشد آن، زمان و روش کاشت، وضعیت حاصل خیزی خاک، هدف کاشت، عملیات مدیریتی در مزرعه و روش برداشت محصول بستگی دارد (مشطی و موسوی، ۱۳۸۹). مظاهری و مجنون حسینی (۲۰۰۵) با بررسی اثر تراکم بر عملکرد لوبیا معمولی نشان دادند افزایش تراکم بوته، با وجود کاهش وزن دانه و وزن بوته، به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد دانه افزایش یافت. تراکم بوته اثرات متعددی روی عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین پارامترهای مربوط به پر شدن دانه داشته و پژوهش های بسیار زیادی در این زمینه

صورت پذیرفته است. از جمله در آزمایشی معلوم شد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تراکم گیاهی پایین تر (۲۸ غلاف در بوته) به دست می آید بر عکس، تراکم بالا باعث تعداد کمتر غلاف در بوته می گردد (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۲). به طوری که محمودی و همکاران (۲۰۰۵) در لوبیا ملاحظه کردند که بیشترین وزن صد دانه (۴۱/۱۳ گرم) در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع و کمترین آن (۳۷/۵۹ گرم) متعلق به تراکم ۵۰ بوته در متر مربع می باشد. مجنون حسینی و همکاران (۲۰۰۳) در آزمایشی از افزایش معنی دار شاخص برداشت در تراکم های پایین بوته نسبت به تراکم های بالا خبر دادند. علت کاهش شاخص برداشت با افزایش تراکم می تواند افزایش عملکرد بیولوژیک باشد. محمودی و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که با افزایش تراکم گیاه لوبیا از ۳۰ به ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع، عملکرد دانه از ۲۳۲۸ به ۲۷۸۵ و ۳۰۸۸ کیلو گرم در هکتار افزایش می یابد. در آزمایشی که توسط لیبو و همکاران، (۲۰۰۳) ویژگی های مورفولوژیکی خود در چهار تراکم گیاهی مورد مطالعه قرار گرفت، افزایش تراکم گیاهی از ۲۰ بوته در متر مربع باعث افزایش عملکرد در هر سه رقم نخود به مقادیر متفاوت گردید. تراکم کاشت از طریق تاثیر بر شدت نور و نفوذ آن در جامعه گیاهی بر اغلب شاخص های رشد موثر است. ترابی جفرودی و همکاران (۱۳۸۱) به منظور بررسی اثرات تراکم کاشت بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، همچنین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ارقام لوبیا قرمز گزارش نمودند که شاخص های رشد آنها با کاهش فاصله بین دو بوته در ردیف و یا افزایش تراکم کاشت بر میزان سرعت رشد محصول افزوده می شود (ترابی جفرودی و همکاران، ۱۳۸۱).

بهشتی و همکاران (۲۰۰۲) اثر آرایش کاشت و رقم را بر کارایی مصرف نور در گیاه ذرت بررسی کردند، آنها گزارش نمودند که افزایش تجمع ماده خشک نتیجه جذب بیشتر تابش فعال فتوسنتزی است بطوری که آرایش کاشت مربع نسبت به کاشت مستطیل از کارایی مصرف نور بیشتر برخوردار بوده اند. نینه‌پیس و سینگ (۱۹۸۵) در بررسی تأثیر ۴ تراکم کاشت ۵، ۱۳، ۲۲ و ۳۰ گیاه در متر مربع بر خصوصیات ۴ رقم لوبیای معمولی دریافتند منحنی های رشد و عملکرد تیپ های رشد محدود بدون شکل خاص بوده و در تیپ های رشد نامحدود

بصورت سهمی است. ترابی جفرودی و همکاران (۱۳۸۱) به منظور بررسی اثرات تراکم کاشت بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیک همچون عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ارقام لوبیای قرمز گزارش نمودند که شاخص های رشد آن ها با کاهش فاصله بین دو بوته در ردیف و یا افزایش تراکم کاشت بر میزان سرعت رشد محصول افزوده می شود. محققین دیگر تاثیر تراکم بوته بر سرعت رشد گیاهان زراعی دیگر مانند لوبیا و سویا را بررسی نموده و افزایش سرعت رشد محصول در تراکم های بیشتر را به افزایش سطح برگ و جذب نور نسبت دادند. با این حال، افزایش بیش از حد در سطح برگ در کانوپی ناشی از افزایش تراکم بوته از طریق تشدید سایه اندازی بوته ها سبب کاهش عملکرد در گیاهان می گردد (ارل و دیویس، ۲۰۰۳). بنابر این، باید توجه داشت که مدیریت زراعی بویژه تراکم بوته در جهتی باشد که ضمن افزایش جذب نور به وسیله برگ ها، منجر به افزایش عملکرد اقتصادی گیاه نیز گردد.

۲-۶- جوانه زنی و سبز شدن

جوانه زنی و استقرار گیاهچه از مراحل بحرانی و مهم در چرخه زندگی گیاهان است (وینداور و همکاران، ۲۰۰۷). جوانه زنی اولین و مهمترین مرحله نموی در گیاه است که تحت تاثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می گیرد (فولی و فنیمور، ۱۹۹۸؛ میر و پندلتون، ۲۰۰۰). سبز شدن یکی از مهم ترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین کننده موفقیت یا شکست نسبی زراعت می باشد (فورسلا و همکاران، ۲۰۰۰). سبز شدن به ظهور گیاهچه در سطح خاک گفته می شود (فورسلا و همکاران، ۲۰۰۰) و شامل دو مرحله جوانه زنی و رشد گیاهچه برای خروج از خاک می باشد (هامن و همکاران، ۲۰۰۲). جوانه زنی یک فرآیند فیزیولوژیک پیچیده است که تحت تاثیر عوامل ژنتیکی و عوامل محیطی قرار می گیرد (میر و پندلتون، ۲۰۰۰). عوامل محیطی تنظیم کننده جوانه زنی برای بذرهای بدون کمون شامل دما، آب و اکسیژن می شود و برای بذرهای دارای کمون علاوه بر این عوامل، به نور و محیط های شیمیایی نیاز می باشد (بیولی و بلاک، ۱۹۹۴؛ باسکین و باسکین، ۲۰۰۱) و در بین این عوامل محیطی برای بذرهای بدون کمون، دما و رطوبت زمانی که تهویه مناسب باشد، دارای اهمیت بیشتری

هستند (برادفورد، ۲۰۰۲). حداکثر درصد جوانه‌زنی در گیاهان در بازه خاصی از دماها رخ می‌دهد و در پایین‌تر و بالاتر از این دامنه دمایی درصد جوانه‌زنی به طور ناگهانی کاهش می‌یابد (کبراب و ماردوچ، ۲۰۰۰). در تولید گیاهان، جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه از عوامل تعیین کننده عملکرد و زمان رسیدگی در گیاهان می‌باشند (بریگز و ایتینفیسو، ۱۹۷۹). تاخیر در کاشت و استقرار نامناسب گیاهچه از مشکلات مدیریتی مهم در مناطقی می‌باشد که گیاهان با تنش های خشکی، شوری و دمای پایین مواجه می‌شوند (لیوینگستون و دیجونگ، ۱۹۹۰). از این رو هر یک از عواملی که از طریق کاهش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی منجر به استقرار نامناسب و تراکم پایین گیاهچه شود، منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. اثرات شرایط نامطلوب در طول دوره جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد گیاه نسبت به سایر مراحل رشد مهمتر است. بنابراین جوانه زنی خوب و مناسب تحت محدوده وسیعی از شرایط محیطی برای استقرار گیاهچه ضروری است (برار و همکاران، ۱۹۹۱؛ جاکوپسن و باج، ۱۹۹۸).

۲-۷- کمی سازی واکنش گیاهان به تشعشع و فتوپریود

در بسیاری از مدل‌های شبیه سازی گیاهان زراعی تخمین تولید روزانه بیوماس (ماده خشک) به صورت حاصل ضرب تشعشع خورشیدی (مگاژول بر متر مربع بر روز)، مقدار تشعشع دریافت شده توسط محصول و کارایی تبدیل تشعشع دریافت شده به بیوماس (گرم بر مگاژول) یا کارایی استفاده از تشعشع محاسبه می‌شود. مقدار تشعشع دریافت شده از شاخص سطح برگ^۱ (LAI) سایه انداز گیاهی و ضریب خاموشی تعیین می‌شود (سینکلر، ۱۹۸۶؛ همر و همکاران، ۱۹۹۵؛ روبرتسون و همکاران، ۲۰۰۲). برای تعیین ضریب خاموشی از معادله زیر استفاده می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ رابرتسون و همکاران، ۲۰۰۱).

$$Y=1-\exp(-K_{PAR}\times LAI) \quad (1-2)$$

در این معادله Y نسبت پوشش گیاهی، K_{PAR} ضریب خاموشی بر پایه تشعشع فعال فتوسنتزی و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد.

¹ - Leaf area index

برخی از توابع قابل استفاده برای کمی کردن واکنش سرعت نمو گیاهان زراعی نسبت به فتوپریود (ترابی، ۱۳۸۳) به شرح زیر می باشند:

تابع طول روز دو تکه ای:

$$f(PP) = [1 - (PP - CPP)PPSen] \quad (2-2)$$

تابع طول روز درجه دوم:

$$f(PP) = [1 - PPSen \times (CPP - PP)^2] \quad (3-2)$$

تابع طول روز نمای منفی:

$$f(PP) = [\exp(-PPSen \times (CPP - PP))] \quad (4-2)$$

که در آن $f(PP)$ تابع فتوپریود یا سرعت نمو نسبی، PP فتوپریود برحسب ساعت در روز، CPP فتوپریود بحرانی برحسب ساعت و $PPSen$ ضریب حساسیت به فتوپریود هستند.

۲-۸- کمی سازی واکنش سرعت نمو به دما

نوعی از مدل‌های ریاضی برای شرح رابطه بین سرعت جوانه زنی و دما استفاده شده است (شفیعی و پرایس، ۲۰۰۱؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). امتیاز این توابع این است که پارامترهای این مدل‌ها دارای مفهوم بیولوژیکی هستند، مانند دماهای کاردینال و سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن. بنابراین برخی از محققین از این مدل‌ها برای به دست آوردن دماهای کاردینال یعنی دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف استفاده کرده‌اند (جام و کاتفورس، ۲۰۰۴؛ هاردیگری و ویناسترال، ۲۰۰۶؛ جامی الاحمدی و کافی، ۲۰۰۷). سلطانی و همکاران

(۲۰۰۸) و اکرم قادری و همکاران (۱۳۸۷) از مدل زیر برای کمی سازی واکنش جوانه زنی به دما استفاده کردند:

$$R50 = f(T) / R_{max} \quad (۵-۲)$$

در این رابطه $f(T)$ تابع دما است که از صفر در دمای پایه و سقف تا ۱ در دمای مطلوب تغییر می کند، R_{max} حداکثر سرعت جوانه زنی در دمای مطلوب است. بنابراین $1/R_{max}$ حداقل تا حصول جوانه زنی را در دمای مطلوب نشان می دهد. توابع دمایی مختلفی برای واکنش جوانه زنی به دما وجود دارند. برای کمی سازی نمو در واکنش به دما لازم است که تابع آن مرحله یا بازه نمودی معین به دما مشخص باشد و نیز حداکثر سرعت نمو یا حداقل تعداد روز برای طی شدن آن مرحله (روز بیولوژیک لازم) معلوم باشند. واکنش سرعت نمو اکثر گونه های زراعی به دما را می توان با استفاده از تابع دندان مانند زیر توصیف نمود (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶).

$$f(T) = R / R_{max} = (TMP - TBD) / (TP1D - TBD) \quad \text{if } TBD < TMP < TP1D \quad (۶-۲)$$

$$= (TCD - TMP) / (TCD - TP2D) \quad \text{if } TP2D < TMP < TCD \quad (۷-۲)$$

$$= 1 \quad \text{if } TP1D \leq TMP \leq TP2D \quad (۸-۲)$$

$$= 0 \quad \text{if } TMP \geq TCD \text{ OR } TMP \leq TBD \quad (۹-۲)$$

که در آن TMP متوسط دمای روزانه، TBD دمای پایه، $TP1D$ دمای مطلوب تحتانی، TCD دمای سقف، $TP2D$ دمای مطلوب فوقانی هستند و همگی بر حسب درجه سانتی گراد می باشند. چنانچه دمای مطلوب تحتانی و فوقانی به هم خیلی نزدیک باشند یا با هم برابر باشند تابع دندان مانند به صورت دو تکه ای در می آید. برخی توابع قابل استفاده که برای کمی کردن واکنش سرعت نمو به تغییرات دمایی استفاده شده است در زیر قابل مشاهده می باشد (ترابی، ۱۳۸۳؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۸؛ اکرم قادری و همکاران، ۲۰۰۸).

(۱۰-۲) تابع دمای مسطح:

$$f(T) = \frac{(T - T_b)}{(T_0 - T_b)}$$

$$= 1$$

$$\text{if } T <_b T < T_0$$

$$\text{if } T \geq T_0$$

$$f(T) = [1 / (1 + \exp(-a * (t - T_0)))]$$

(۱۱-۲) تابع لجستیک:

(۱۲-۲) تابع دو تکه ای:

$$f(T) = \frac{(T - T_b)}{T_0 - T_b}$$

$$\text{if } T_b < T \leq T_0$$

$$= \left[1 - \left(\frac{T - T_0}{T_c - T_0} \right) \right]$$

$$\text{if } T_0 \leq T < T_c$$

$$= 0$$

$$\text{if } T \geq T_c \text{ Or } T \leq T_b$$

$$f(T) = \left[\left(\frac{T - T_b}{T_0 - T_b} \times \frac{T_c - T}{T_c - T_b} \right)^{\left(\frac{T_c - T_0}{T_0 - T_b} \right)} \right]$$

(۱۳-۲) تابع بتا:

(۱۴-۲) تابع منحنی:

$$f(T) = \left[\left(1 / \left((T_0 - T_b) \times (T_c - T_0) \left(\frac{T_c - T_0}{T_0 - T_b} \right) \right) \right) \times (T - T_b) \times (T_c - T) \left(\frac{T_c - T_0}{T_0 - T_b} \right) \right]$$

(۱۵-۲) تابع درجه دوم:

$$f(T) = \left[(T - T_b) \times (T_c - T) \times \left(\frac{T_c - T_b}{2} \right)^{-2} \right]$$

(۱۶-۲) تابع درجه سوم:

$$f(T) = a + bT + ct^2 + dT^3$$

در این روابط T دما، T_b دمای پایه، T_o دمای مطلوب، T_{o1} دمای مطلوب پایینی، T_{o2} دمای مطلوب بالایی، T_c دمای سقف و a پارامتر شکل برای تابع بتا است که انحنای تابع را تعیین می‌کند. سلطانی و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی اثرات زوال بذر بر واکنش جوانه‌زنی به دما در گندم پرداختند. ایشان از معادله ۲-۱۷ برای توصیف واکنش بذرهای زوال یافته به دما استفاده کردند و هم چنین سه تابع دمایی دندان مانند، دوتکه‌ای و بتا (معادلات ۲-۱۱ تا ۲-۱۳) را به کار بردند و در مطالعه خود نشان دادند که بهترین تابع برای توصیف رابطه سرعت جوانه زنی و دما تابع دندان مانند بود. همچنین گزارش کردند که هیچ یک از دماهای کاردینال تحت تاثیر زوال بذر قرار نمی‌گیرند ولی سرعت جوانه‌زنی با زوال بذر کاهش یافت.

اکرم قادری و همکاران (۱۳۸۷) اثر پرایمینگ بر واکنش جوانه زنی به دما در پنبه را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که پرایمینگ سبب تغییر شکل منحنی واکنش دما به سرعت جوانه‌زنی بذرهای پنبه گردید. به طوری که واکنش سرعت جوانه‌زنی بذرهای شاهد به دما از تابع دوتکه‌ای و واکنش بذرهای پرایمینگ شده از تابع دندان مانند پیروی کرد. آن‌ها نشان دادند که پرایمینگ سبب تغییر دماهای کاردینال بذرهای پنبه گردید. به طوری که توانست دمای پایه جوانه زنی را حدود ۱ درجه سانتی‌گراد کاهش دهد. همچنین محدوده تحمل به دماهای بالا را نیز افزایش داد.

محققین دیگری نیز از مدل ترمال تایم برای توصیف واکنش جوانه‌زنی به دما استفاده کرده‌اند (لارسن و همکاران، ۲۰۰۴). براساس این مدل برای جوانه زنی $\theta_T(g)$ (برحسب درجه روز) برای یک درصد جوانه‌زنی خاص (g) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta_T(g) = (T - T_b) \text{tg} \quad (17-2)$$

tg زمان برای جوانه‌زنی درصدی خاص از بذرها، T دمای واقعی و T_b دمای پایه برای جوانه زنی می باشد.

۲-۹- کمی سازی تغییرات سطح برگ

شاخص سطح برگ از طریق تاثیر در جذب تابش خورشیدی، مقدار جذب تابش گیاهی اثر تعیین کننده ای دارد، به طوری که در بسیاری از گیاهان با به حداکثر رسیدن سطح برگ در کانوپی، جذب تابش و به دنبال آن تولید ماده خشک به حداکثر خواهد رسید (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸؛ تتیو-کاگو و گاردنر، ۱۹۸۸). نتایج پژوهش گاردنر و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد معمولا شاخص سطح برگ ۳ تا ۵ برای تولید حداکثر ماده خشک در بیشتر محصولات زراعی مناسب است. قابلیت پیش بینی تغییرات سطح برگ در مدل های شبیه سازی گیاهان زراعی دارای اهمیت می باشد. پیش بینی شاخص سطح برگ برای تخمین میزان تشعشع دریافت شده و تولید ماده خشک مورد نیاز است. همچنین پیش بینی آن در تعیین توزیع تبخیر و تعرق به تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه مهم می باشد. سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) فرمول ها و روش های مختلفی برای پیش بینی رشد و گسترش سطح برگ مورد استفاده قرار می گیرند که این ها را می توان به سه دسته طبقه بندی کرد:

۱- روش های منبع محدود

۲- روش های مقصد محدود

۳- روش های ترکیبی

۱- روش های منبع محدود: در این روش فرض بر آن می گیرند که میزان ماده خشک موجود برای رشد برگ ها مهم ترین عامل موثر بر نمو سطح برگ می باشد. در این روش ها ابتدا تولید روزانه محاسبه شده و سپس کسری از آن را که برای رشد برگ ها در اختیار آن ها قرار بگیرد محاسبه می شود و سپس بر مبنای وزن مخصوص برگ یا سطح ویژه برگ، ماده خشک موجود برای رشد برگ ها به سطح برگ تبدیل می شود (لی و هوولینک، ۲۰۰۳).

۲- روش های مقصد محدود: در این روش ها فرض بر این است که برگ ها به لحاظ منبع مواد فتوسنتزی برای رشد خود دچار محدودیت نیستند و گسترش آن ها کاملاً به دما که مهم ترین عامل محیطی موثر بر گسترش سطح برگ است بستگی دارد (امیر و سینکلر، ۱۹۹۱؛ چاپمن و همکاران، ۱۹۹۳؛ سلطانی و همکاران، ۱۹۹۹).

۳- روش های ترکیبی: این روش ها بر پایه این واقعیت استوار شده اند که شاید در شرایطی که کمبود مواد غذایی وجود ندارد و آفات، بیماری ها و علف های هرز محدود کننده رشد گیاه نیستند، شدت تشعشع میزان فتوسنتز روزانه و از این رو عرضه مواد پرورده به برگ ها را تحت کنترل دارد، در حالی که دما بر سرعت تقسیم سلول ها و بزرگ شدن آن ها موثر است (کراف و ون لار، ۱۹۹۳؛ گوادریان و ون لار، ۱۹۹۴؛ ون دلدن و همکاران، ۲۰۰۱).

کراف و ون لار (۱۹۹۳) گزارش کردند که در مراحل اولیه نمو که تعداد نقاط رشد گیاه کم است و شاخص سطح برگ پایین است و برگ ها بر روی هم سایه اندازی ندارند دما اغلب تعیین کننده گسترش سطح برگ می باشد زیرا کلیه برگ ها برای رفع نیازهای خود به مواد فتوسنتزی به منظور گسترش سطح برگ تشعشع کافی دریافت می کنند. وقتی که سایه اندازی برگ ها روی هم افزایش می یابد و یا مقدار مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به برگ ها برای رشدشان کافی نیست این مرحله پایان می پذیرد. این حالت زمانی در شرایط مزرعه ای اتفاق می افتد که شاخص سطح برگ به بیش از ۰/۷۵ تا ۱ افزایش یافته باشد (ون دلدن و همکاران، ۲۰۰۱). در این مرحله، به علت افزایش تعداد نقاط رشد، رشد ساقه ها و سایه اندازی برگ ها بر روی

یکدیگر، گسترش سطح برگ توسط عرضه مواد پرورده محدود می شود. بنابراین گسترش روزانه سطح برگ به مقدار ماده خشک اختصاص یافته به برگ ها بستگی خواهد داشت. بطور خلاصه می توان نتیجه گرفت که گسترش سطح برگ در مراحل اولیه رشد، عموماً مقصد محدود و در مراحل بعدی عموماً منبع محدود می باشد. بر این اساس، روش های ترکیبی را هم می توان به دو دسته تقسیم نمود در دسته اول در مراحل اولیه رشد، گسترش سطح برگ ارتباط با دما محاسبه می شود و در مراحل بعدی به میزان ماده خشک اختصاص یافته جهت رشد برگ ها ارتباط داده می شود (کراف و ون لار، ۱۹۹۳). در دسته دوم در هر روز میزان گسترش سطح برگ بر اساس دما و میزان ماده خشک اختصاص یافته به برگ ها محاسبه می شود و رشد واقعی برگ برابر با مقدار کمتر قرار داده می شود (بوت و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۱۰- کمی سازی واکنش به پتانسیل آب

مدل هیدروتایم مدلی است که الگوی جوانه زنی در واکنش به پتانسیل آب در محیط بذر را شرح می دهد. گومرسون (۱۹۸۶) نشان داد که مدت زمان مورد نیاز برای جوانه زنی به میزان اختلاف بین پتانسیل آب بذر با محیط و آستانه پتانسیل فیزیولوژیکی برای خروج ریشه چه (ψ_b) بستگی دارد. لارسن و همکاران (۲۰۰۴) و برادفورد و استیل (۲۰۰۴) نشان دادند که می توان رابطه جوانه زنی با پتانسیل آب را توسط مدل هیدروتایم (معادله ۲-۱۷) شرح داد:

$$\theta_H = [\psi - \psi_b(g)] t_g \quad (2-17)$$

که در این رابطه θ_H ثابت هیدروتایم، ψ پتانسیل واقعی بذر، $\psi_b(g)$ پتانسیل آستانه برای جوانه زنی تعداد مشخصی از بذرها (g) و t_g زمان برای خروج ریشه چه تعداد خاصی از بذر هستند. اگر θ ثابت باشد t_g متناسب با ψ کاهش می یابد و به $\psi_b(g)$ نزدیکتر می شود.

با فرض این که واریانس پتانسیل آستانه در یک توده بذری از توزیع نرمال پیروی می کند، می توان روش پروبیت را برای تخمین پارامترها در مدل هیدروتایم به صورت زیر به کار برد (لارسن و همکاران، ۲۰۰۴).

$$\text{probit}(g) = [\psi - (\theta_H / t_g) - \psi_b(50)] / \sigma\psi_b \quad (18-2)$$

در این روش می توان درصد های جوانه زنی در مقیاس پروبیت را در مقابل $(\theta_H / t_g) - \psi$ رگرسیون نمود و با تغییر θ_H بهترین برازش را بدست آورد. وینداوئر و همکاران (۲۰۰۷) آنالیز هیدروتایم نشان دادند که در دماهای مختلف بذره های پرایمینگ شده در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد بهتر از بذور پرایمینگ شده در دمای ۵ درجه سانتی گراد و شاهد بودند همچنین نشان دادند که میانگین پتانسیل پایه $\psi_b(50)$ در دماهای مختلف برای بذره های شاهد بیشترین و برای بذور پرایمینگ شده در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد کمترین بود و پرایمینگ موجب شد که بذرها در پتانسیل پایین تری جوانه بزنند. همچنین هیدروتایم (θ_H) مورد نیاز برای جوانه زنی با پرایمینگ کاهش یافت.

برادفورد و استیل (۲۰۰۴) در مطالعه ای، از آنالیز هیدروتایم بر روی بذره های پلیت شده کاهو در دو تیمار شاهد و پرایمینگ استفاده کرده و مشاهده نمودند که بذره های پرایمینگ شده نسبت به بذره های شاهد سریع تر جوانه می زنند که این جوانه زنی سریع تر به علت مقدار $\psi_b(50)$ کمتر برای بذره های پرایمینگ شده است که سبب جوانه زنی بهتر آنها در پتانسیل های پایین تر شد (برادفورد و استیل، ۲۰۰۴).

۲-۱۱- کمی سازی واکنش به دما و پتانسیل آب (مدل های هیدرو ترمال تایم)

برای توصیف ترکیب اثر دما و رطوبت بر جوانه زنی مدل ترمال تایم و هیدروتایم با یکدیگر ترکیب شده اند و از مدل هیدروترمال تایم استفاده می شود (آلن و همکاران، ۲۰۰۰). فرض اصلی مدل هیدروترمال تایم این است که دمای پایه برای جوانه زنی بذرهایی که در کمون نیستند مستقل از پتانسیل آب است، و پتانسیل آب پایه برای درصد جوانه زنی مستقل از دما می باشد (برادفورد، ۱۹۹۵). این فرض در برخی دیگر از مطالعات

نقض می شود (چنگ و برادفورد، ۱۹۹۹؛ گرندی و همکاران، ۲۰۰۰). به صورتی که در برخی موارد پتانسیل آب پایه با تغییر دما دچار تغییر می شود (آلواراد و برادفورد، ۲۰۰۲) و نیز دمای پایه با کاهش پتانسیل آب می تواند افزایش پیدا کند (کبراب و ماردوچ، ۱۹۹۹). آلن و همکاران، (۲۰۰۰) با استفاده از مدل هیدرو ترمال تایم برای مقایسه واکنش جوانه زنی گونه های مختلف به رطوبت و دما گزارش کردند که در برخی گونه ها برازش مدل مناسب نبوده است و اگر آنالیز هیدرو ترمال تایم برای هر دما به طور جداگانه برازش یابد، این برازش می تواند بهبود یابد. براساس مطالعات، پارامترهای هیدروتایم ممکن است با دما تغییر پیدا کنند (داهل و برادفورد، ۱۹۹۴؛ آلواراد و برادفورد، ۲۰۰۲).

بر طبق گزارشات وقتی که پتانسیل آب و درجه حرارت هر دو دچار تغییر شوند، می توان سرعت جوانه زنی را با مدل هیدرو ترمال تایم شرح داد (گومرسون، ۱۹۸۶؛ برادفورد، ۱۹۹۵):

$$\theta_{TH} = (\psi - \psi_b(g)) (T - T_b) \text{tg} \quad (19-2)$$

θ_{TH} ثابت هیدرو ترمال تایم می باشد مدل هیدرو ترمال تایم فرض می کند که ثابت هیدرو ترمال تایم و T_b برای همه بذور در یک توده ثابت می باشد. این تابع جوانه زنی در پتانسیل های مختلف آب و در دماهای پایین تر از حد مطلوب را به روشی بیان می کند. آلوارادو و برادفورد (۲۰۰۲) بیان داشتند که برای دماهای بالاتر از مطلوب، بین دما و پتانسیل آب اثرات متقابل وجود دارد. بنابراین این تابع در دماهای بالاتر از مطلوب برازش مناسبی ندارد و برای حل این مشکل، تابع زیر را ارائه کردند:

$$\theta_{HT} = \{\psi - \psi_b(g) - [kT(T - T_0)]\} (T - T_b) \text{tg} \quad (20-2)$$

که $[kT(T - T_0)]$ تنها زمانی استفاده می شود که دما بیشتر از دمای مطلوب ($T > T_0$) باشد و در این دامنه دمایی، مقدار $\psi_b(g)$ برابر با $\psi_b(g)$ T_0 است و $T - T_b$ معادل $T_0 - T_b$ می باشد. البته لازم به ذکر است که این تابع زمانی استفاده می شود که نقطه مطلوب یک نقطه باشد و زمانی که دمای مطلوب دارای دامنه باشد این تابع

برازش مناسبی ندارد. با استفاده از دمای پایه تخمین زده شده در پتانسیل صفر مگاپاسکال بر طبق معادله ۲-۱۸ می‌توان پارامترهای θ_{HT} ، $\psi_b(50)$ و $\sigma_{\psi b}$ را توسط آنالیز پروبیت تخمین زد:

$$\text{Probit}(g) = \{ [\psi - \theta_{HT} / (T - T_b) \text{tg}] - \psi_b(50) \} / \sigma_{\psi b} \quad (21-2)$$

وانگ و تانینو (۲۰۰۵) در یک بررسی از مدل هیدروترمال تایم استفاده کرد و نشان داد که با افزایش پتانسیل آب، دمای پایه برای جوانه زنی توده‌های مورد بررسی ایشان به صورت خطی کاهش یافت. این نشان می‌دهد که دمای پایه در این بذور به پتانسیل آب وابسته است و قابلیت دسترسی آب بیشتر موجب کاهش دمای پایه می‌شود.

۲-۱۲- تولید و انتقال مجدد^۱ ماده خشک

فتوسنتز اولین منبع هیدرات کربن برای نگهداری و رشد است. توزیع مجدد یا انتقال داخلی دومین منبع به شمار می‌رود. در واقع گلوکز تشکیل شده قبل از گل دهی که به صورت پلی ساکاریدهایی چون نشاسته ذخیره شده، در مرحله تشکیل دانه که فتوسنتز جاری قادر به تامین احتیاجات مقصد های گیاه نیست، این ترکیبات ذخیره ای می‌تواند دوباره منتقل شوند و به مراکز فعال، مانند دانه‌ها حرکت نمایند. در بیشتر مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی، مقدار رشد (ماده خشک) به صورت حاصل ضرب تشعشع رسیده، کسر دریافت تشعشع و کارایی استفاده از تشعشع تخمین زده می‌شود (مونتیث، ۱۹۷۷). گام بعدی در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان این است که ماده خشک تولید شده به اندام‌های مختلف اختصاص داده شود. این اختصاص با استفاده از ضرایب توزیع صورت می‌گیرد. استفاده از ضرایب توزیع ماده خشک از دیر باز در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی به کار گرفته شده است. در اغلب مدل‌های گیاهان زراعی مربوط به دانشگاه واگنینگن از همین روش استفاده شده است (گوادریان و ونلار، ۱۹۹۴).

1 - Remobilization

در عموم مدل های شبیه سازی رشد و نمو گندم انتقال مجدد به طور ساده به صورت درصدی از ماده خشک کل (یا اندام های جداگانه) در گرده افشانی که قابل انتقال مجدد می باشد، لحاظ شده است. همچنین این امر به صورت بخشی از ماده خشک گرد آمده در طی یک دوره ویژه قبل از گرده افشانی تا شروع پرشدن دانه (مثلا ظهور برگ پرچم تا شروع پر شدن دانه) مدل سازی شده است. در نخود، سلطانی و همکاران (۱۳۸۴) مقدار ماده خشک قابل انتقال مجدد را به کل ماده خشک گرد آمده در شروع پر شدن دانه ارتباط دادند زیرا نتایج نشان داده بود که در شرایط مناسب برای رشد رویشی زیاد، وابستگی عملکرد به انتقال مجدد کاهش می یابد. بازدهی انتقال ذخیره ساقه یا درصد ذخیره ساقه در تشکیل وزن کل دانه، توسط مخزن دانه، شرایط محیطی و رقم گندم تعیین می شود هر چه تعداد دانه بیشتر و اندازه دانه بزرگتر باشد مخزن دانه قوی تر بوده و از این رو مخزن دانه به عنوان یک عامل مهم بازدهی انتقال محسوب خواهد شد (شکیبا و همکاران، ۱۹۹۶؛ ریگان، ۱۹۹۳).

نتانوس و کوتروباس (۲۰۰۲) در مورد برنج بیان داشتند که توزیع آسیمیلات های ذخیره ای به سمت دانه تحت تاثیر خصوصیات آگرونومی ارقام قرار می گیرد و انتقال مجدد در ارقام پا کوتاه (۳۶٪) بیشتر از ارقام پابلند (۱۷٪) است. ارقام دیررس نسبت به ارقام زودرس درصد بیشتری از مواد ذخیره ای به سمت دانه می فرستند. بعضی ارقام تعداد پنجه بیشتری تولید می کنند.

فصل سوم

مواد و روشها

۳-۱- مشخصات محل آزمایش

این آزمایش در ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهرستان بسطام با عرض جغرافیای ۳۶/۳۵ درجه و طول جغرافیایی ۵۴/۵۸ درجه و ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. برخی از مشخصات دیگر این منطقه در جدول ۳-۱ آورده شده است.

جدول ۳-۱. مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهرستان شاهرود.

مشخصات اقلیمی		مشخصات جغرافیایی	
۱۵۳/۹	میانگین بارندگی (میلی متر)	گرم خشک	نوع اقلیم
۲۰۶۸/۱	تبخیر (میلی متر)	۱۳۴۵	ارتفاع از سطح دریا (میلی متر)
۱۴/۶	میانگین دما (درجه سانتی گراد)	۵۴/۵۷	طول جغرافیایی (درجه)
۳۹/۸	حداکثر دمای مطلق	۳۶/۲۵	عرض جغرافیایی (درجه)
-۹/۴	حداقل دمای مطلق	سندی لوم	نوع خاک
۳۱۲۲/۹	تعداد ساعات آفتابی	۷/۹۷	pH

۳-۲- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش

مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در ۷ کیلومتری این شهر و در نزدیکی شهر بسطام واقع است و از نظر اقلیمی جزء مناطق گرم خشک و دارای زمستانی سرد می‌باشد. در زمستان برودت هوا به ۱۴- درجه سانتی گراد زیر صفر و گرمای هوا نیز در تابستان تا ۴۲ درجه بالای صفر می‌رسد.

۳-۲-۱- نزولات آسمانی

نزولات آسمانی در فصل پاییز، زمستان و بهار بیشتر به صورت باران می باشد. بارندگی از فصل پاییز شروع شده و در فصل زمستان به حداکثر خود می رسد و غالباً تا اواسط فصل بهار از نزولات جوی برخوردار است. در سال زراعی ۹۰-۸۹ بارندگی در طی ماه های بهار و تابستان ناچیز بوده و در بهمن ماه به حداکثر مقدار خود رسید که مقدار آن ۲۳ میلی متر بود. متوسط بارندگی دراز مدت ۱۵۳/۹ میلی متر بوده است. آمار تکمیلی هواشناسی شاهرود در جدول ۳-۲ آورده شده است.

جدول ۳-۲- آمار هواشناسی شهرستان شاهرود.

سال زراعی ۹۰-۹۱	دما (سانتیگراد)			رطوبت نسبی (درصد)			میزان بارندگی (میلی متر)	حداکثر بارندگی در یک روز (میلی متر)	میزان تبخیر (میلی متر)	ساعات آفتابی
	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر				
مهر	۱۸/۵	۷/۲	۲۹/۶	۳۹	۱۰	۸۹	۱/۲	۱/۲	۱۸۵/۸	۲۸۸
آبان	۹/۷	-۲/۶	۲۰/۴	۶۲	۲۲	۹۷	۴۷/۳	۱۷/۶	۴۷/۳	۱۶۵/۸
آذر	۲/۲	-۴/۸	۱۰/۴	۶۲	۲۷	۹۷	۷/۶	۶/۸	۰	۱۹۶/۲
دی	۱/۲	-۸/۸	۱۰/۲	۶۲	۲۸	۱۰۰	۲/۳	۱/۵	۰	۲۲۸/۳
بهمن	۰/۶	-۹/۴	۱۰/۸	۵۸	۲۴	۹۷	۴۲/۲	۲۳	۰	۱۸۶/۳
اسفند	۳/۵	-۸/۲	۲۰/۴	۴۹	۱۱	۹۶	۳/۸	۳/۳	۰	۲۲۹/۷
فروردین	۱۴/۴	۱/۲	۲۷/۸	۳۴	۴	۹۱	۱۰	۶/۲	۲۱۲/۲	۲۷۷/۲
اردیبهشت	۲۱/۵۴	۷/۲	۳۲/۴	۳۹	۹	۸۶	۱۳/۴	۴/۸	۲۸۲/۶	۲۵۸/۵
خرداد	۲۵/۳	۱۲/۸	۳۶/۴	۳۳	۳	۹۱	۶/۸	۳/۶	۳۷۹/۷	۳۳۶/۶
تیر	۲۸/۲	۱۵/۲	۳۹/۸	۳۸	۹	۸۸	۱/۷	۰/۸	۴۳۱/۷	۳۲۸/۱
مرداد	۲۸/۵	۱۹/۲	۳۷/۸	۳۵	۹	۷۵	۰/۵	۰/۵	۴۲۸/۴	۳۳۱/۲
شهریور	۲۲/۵	۱۱	۳۴/۲	۴۳	۷	۹۱	۱۷/۱	۶/۵	۲۷۲	۲۹۷
جمع یا میانگین	۱۴/۶	-	-	۴۶	-	-	۱۵۳/۹	-	۲۲۳۸/۲	۳۱۲۲/۹

۳-۳- مشخصات خاک مزرعه

به منظور تشخیص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از عملیات اجرایی طرح از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه برداری شد و مورد تجزیه قرار گرفت. مطابق اطلاعات به دست آمده بافت خاک شنی لومی تعیین شد. مابقی نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۳-۳ نشان داده شده است.

جدول ۳-۳- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه.

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
درصد شن	۵۵
درصد رس	۱۱
درصد سیلت	۳۴
پتاسیم قابل جذب (پی پی ام)	۱۷۷
فسفر قابل جذب (پی پی ام)	۴/۸۹
نیتروژن قابل جذب (پی پی ام)	۰/۰۲۴
کلسیم قابل جذب (میلی اکی والان بر متر)	۳۳
درصد کربن آلی	۰/۳۵
اسیدیته خاک (pH)	۷/۷۹
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۷/۵۶

۳-۴- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در نظر گرفته شد. فاکتورها شامل تاریخ کشت { بیست خرداد (D₁)، ۶ تیر (D₂)، ۲۳ تیر (D₃) و ۹ مرداد (D₄) } و فاصله روی ردیف کشت { ۷ سانتی متر (P₁)، ۱۰ سانتی متر (P₂)، ۱۳ سانتی متر (P₃) و ۱۶ سانتی متر (P₄) } بود. در شکل ۳-۱ قابل مشاهده است.

شکل ۳-۱- نقشه کاشت مزرعه.

I	D1	D4	D3	D2	D4	D1	D1	D3	D2	D1	D2	D3	D4	D4	D2	D3
	P3	P4	P2	P1	P1	P2	P1	P4	P3	P4	P4	P3	P2	P3	P2	P1
II	D3	D2	D4	D1	D3	D3	D2	D1	D1	D2	D4	D1	D4	D4	D3	D2
	P2	P4	P3	P4	P3	P1	P3	P3	P1	P1	P2	P2	P4	P1	P4	P2
III	D2	D2	D3	D3	D3	D1	D4	D4	D1	D1	D1	D3	D4	D2	D2	D4
	P2	P4	P4	P3	P1	P4	P2	P1	P3	P1	P2	P2	P4	P3	P1	P3

۳-۵- آماده سازی زمین و کود دهی

زمین مورد آزمایش در سال قبل به صورت آیش بوده و پاییز همان سال شخم خورده بود. بنابراین عملیات آماده سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاورو شدن زمین در اواسط خرداد ماه ۱۳۹۰ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگرداندار شخم زده شد. سپس در پایان به وسیله فارور، جوی و پشته هایی به فاصله ۵۲ سانتی متر در جهت شمال به جنوب ایجاد گردید و سپس جوی های آبیاری

تعبیه شدند و کودهی مزرعه به صورت یکسان برای کلیه تاریخ های کاشت یک بار در طول دوره رشد و در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی با کود اوره انجام شد.

۳-۶- کاشت بذر لوبیا چشم بلبلی

قبل از انجام عملیات کاشت تست جوانه زنی بذور لوبیا چشم بلبلی (رقم بسطامی) در محیط آزمایشگاه انجام شد. سپس کاشت بذر در چهار تاریخ ۲۰ خرداد، ۶ تیر، ۲۳ تیر و ۹ مرداد با دست صورت گرفت. کاشت بذور در عمق ۳-۵ سانتی متری و با فاصله روی ردیف ۱۶، ۱۳، ۱۰ و ۷ سانتی متر و فاصله بین ردیف ۵۲ سانتی متر انجام گرفت. طول هر پلات ۴ متر و عرض ۲/۰۸ متر در نظر گرفته شده بود که مساحت آن به ۸/۳۲ متر مربع رسید. در هر پلات ۴ ردیف کشت قرار داشت

۳-۷- عملیات داشت

عملیات داشت در طی تمام مراحل رشد و در کلیه تاریخ های کشت گیاه به صورت یکسان و مداوم انجام پذیرفت و نمونه برداری نیز هم زمان با آن و به تناسب تاریخ های کاشت صورت می گرفت.

۳-۷-۱- مبارزه با علف های هرز و دفع آفات

وجین علف های هرز در کل دوره رشد به صورت دستی انجام شد و به دلیل اعمال تیمار تاریخ کاشت و عدم هم زمانی در کشت محصول برای جلوگیری از گسترش علف های هرز وجین علف های هرز در کرت های کشت نشده نیز هم زمان با کرت های کشت شده انجام شد. مهم ترین گونه های علف هرز مزرعه به ترتیب فراوانی آنها در سطح زمین شامل سوروف، تاج ریزی و خرفه بودند. به علت وجود آفت کرم ساقه بر (آگروتیس) در سطح مزرعه لوبیا چشم بلبلی از آفت کش غیر سیستمیک دیازینون به مقدار ۱ لیتر در هکتار برای همه

تاریخ کشت های و به صورت یکسان در مرحله ۴ تا ۶ برگی استفاده شد و در مورد بیماری های گیاهی به علت فراگیر نبودن بیماری خاصی از مبارزه شیمیایی استفاده نگردید.

۳-۷-۲- آبیاری

بلافاصله پس از کاشت بذر درون خاک آبیاری سنگینی به صورت نشتی انجام شد تا ردیف ها کاملا مرطوب شوند. آبیاری دوم ۷ روز بعد و آبیاری های بعدی در طول فصل رشد هر ۱۰ روز یک بار در همه تاریخ های کاشت انجام گرفت.

۳-۸- اندازه گیری صفات زراعی

۳-۸-۱- نمونه برداری و برآورد صفات زراعی

۷ مرتبه نمونه برداری برای کشت اول و دوم ، ۶ مرحله برای کشت سوم و ۵ مرحله برای کشت چهارم صورت گرفت. در هر ۱۵ روز یک بار اقدام به نمونه گیری می شد. برای نمونه برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۳ بوته به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. در هر نمونه برداری قطع بوته ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه صورت گرفت. و نمونه ها پس از تفکیک به به بخش های مختلف ساقه، برگ و دانه به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار داده شدند تا کاملا خشک شوند سپس با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ توزین شدند. و اندازه گیری سطح برگ قبل از قرار گرفتن برگها در آون انجام شد شایان ذکر است که اندازه گیری سطح برگ با توجه به ارتباط سطح و وزن برگ در هر نمونه برداری محاسبه گردید. واتسون در سال (۱۹۷۴) واژه شاخص سطح برگ را به صورت نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی که محصول روی آن سایه می اندازد تعریف نموده است. از آنجا که تشعشع خورشیدی به طور یک نواختی روی سطح زمین

پخش می شود لذا، LAI معیاری تقریبی از مساحت برگ ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آن ها قابل دسترس می باشد.

۳-۸-۲- اندازه گیری نور در بالا و پایین کانوپی

اندازه گیری مقدار نور در بالا و پایین کانوپی به وسیله دستگاه سنج (لوکس متر) مدل TES-1332 ساخت کمپانی TES کشور تایوان همراه با نمونه برداری از گیاه در کلیه تاریخ های کاشت در حد فاصل ساعات ۱۲-۱۴ ظهر با استفاده از دستگاه نور سنج انجام گرفت در هر نمونه گیری، سه بار نور در پایین سایه اندازه، اندازه گیری و میانگین حاصل به عنوان نور در پایین سایه اندازه منظور شد و نور ورودی در ارتفاع ۱/۵ متری بالای کرت نیز به عنوان نور بالای سایه اندازه، مد نظر قرار گرفت.

۳-۸-۳- محاسبه طول روز در طول دوره رشد

برای ارزیابی تاثیر پذیری مراحل مختلف نمو لوبیا چشم بلبلی از تغییرات طول روز در طول دوره رشد و نمو اقدام به محاسبه طول روز گردید. برنامه کیوبیسیک مورد استفاده در جدول ۳-۴ آورده شده است.

۳-۹- محاسبه درجه روز رشد (GDD)^۱

درجه روز رشد (GDD) برای فاصله سبز شدن تا برداشت در این تحقیق به صورت زیر محاسبه گردید:

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_b \right) \quad (1-3)$$

که در آن T_{\max} و T_{\min} به ترتیب دمای حداکثر و حداقل روزانه، T_b دمای پایه و n تعداد روز از سبز شدن تا مرحله رسیدگی برداشت برای هر رقم در نظر گرفته شد. دمای پایه برای لوبیا چشم بلبلی ۱۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. در این بررسی دمای حداکثر و دمای حداقل روزانه، ساعات آفتابی

^۱ - Growing degree day

و میزان بارندگی از مقادیر اندازه گیری شده آنها توسط ایستگاه هواشناسی شهرستان شاهرود و شهرستان بسطام مربوط سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در نزدیکی مزرعه تحقیقاتی به دست آمد.

۳-۱۰- محاسبه پارامترهای مربوط به جذب تشعشع

برای محاسبه کارایی مصرف نور لازم است مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده توسط گیاه محاسبه گردد. بر همین اساس، توسط دستگاه نور سنج مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی رسیده به بالا (PAR_0) و پایین کانوپی (PAR_1) اندازه گیری گردید. نسبت نور جذب شده توسط گیاه از رابطه زیر به دست آورده شد:

$$f = 1 - \left(\frac{PAR_1}{PAR_0} \right) \quad (2-3)$$

نسبت نور رسیده به پایین کانوپی بر اساس رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$I/I_0 = e^{-K \times L} \quad (3-3)$$

که در آن I مقدار نور در پایین کانوپی، I_0 مقدار نور در بالای کانوپی، K ضریب خاموشی و L سطح برگ می باشد. از این رو می توان F را از رابطه جایگزین زیر بدست آورد:

$$f = 1 - e^{-K \times L} \quad (5-3)$$

پس از محاسبه لگاریتم طبیعی این معادله، رابطه حاصله به صورت زیر خواهد بود:

$$\ln(1 - f) = -K \times L \quad (6-3)$$

جدول ۳-۴- برنامه کیوبیسیک برای محاسبه طول روز در طول دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی.

CLS

OPEN "C:\length4.out" FOR OUTPUT AS #2

lat = 36.25

PRINT #2, "day of year", "day length"

FOR doyear = 212 TO 212 + 85

SABH = 4: pi = 3.141592654#: RDN = pi / 180

ALPHA = 90 + SABH

SMA3 = .9856 * doyear - 3.251

LANDA = SMA3 + 1.916 * SIN(SMA3 * RDN) + .02 * SIN(2 * SMA3 * RDN) + 282.565

DEC = .39779 * SIN(LANDA * RDN)

DEC = ATN(DEC / SQR(1 - DEC ^ 2))

DEC = DEC / RDN

TALSOC = 1 / COS(lat * RDN)

CEDSOC = 1 / COS(DEC * RDN)

SOCRA = (COS(ALPHA * RDN) * TALSOC * CEDSOC) - (TAN(lat * RDN) * TAN(DEC * RDN))

DL = pi / 2 - (ATN(SOCRA / SQR(1 - SOCRA ^ 2)))

DL = DL / RDN

pp = 2 / 15 * DL

PRINT #2, doyear, pp

NEXT doyear

CLOSE #2

۳-۱۱- تجزیه و تحلیل داده ها

جهت تجزیه آماری صفات اندازه گیری شده از نرم افزار SAS استفاده شد. رسم شکل ها با استفاده از نرم افزار

Excel صورت پذیرفت. مقایسه میانگین ها به روش LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- دوره رشد گیاه

مقادیر درجه روزهای رشد (GDD) برای چهار تاریخ کشت در شکل ۴-۱ ارایه شده است. این صفت در اصل منعکس کننده طول دوره رشد می باشد (شکل ۴-۲). با تاخیر در تاریخ کشت مقادیر این صفت به طور خطی روند رو به کاهش را نشان داد. تعداد روزهای مورد نیاز هر رقم برای رسیدن به بلوغ فیزیولوژیک بستگی به مکان، تاریخ کاشت و درجه حرارت دارد (آنونیموس، ۲۰۰۶). به طوری که طولانی ترین دوره رشد و نمو برای شرایط تاریخ کشت ۲۰ خرداد به دست آمد. مقدار درجه روزهای رشد به دست آمده برای این تاریخ کشت برابر با ۱۵۶۳ بود. کیت (۲۰۰۱) و بریتلر و همکاران (۱۹۹۱) در بررسی های خود دریافتند که از بین عوامل اقلیمی، درجه حرارت قوی ترین اثر را روی نمو از جمله طول دوره رویش و مراحل فنولوژیکی گیاهان دارد. به طور کلی می توان گفت که دما و طول روز از عوامل بسیار تاثیر گذار بر طول دوره رشد و نمو گیاه می باشند. با توجه به روز کوتاه بودن لوبیا چشم بلبلی، روزهای کوتاه منجر به تسریع گل دهی می شوند.

در میان تمامی عوامل محیطی که گیاه نسبت به آن واکنش نشان می دهد، طول دوره روشنایی احتمالاً مهمترین عاملی است که به طور مستقیم بر گل دهی اثر دارد (فاریاس و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش دما در طی مرحله پر شدن دانه فرایندهای متابولیک را افزایش داده در نتیجه باعث افزایش سرعت پر شدن دانه ها می شود (موروا، ۲۰۰۲). از میان عوامل اقلیمی، رژیم حرارتی بیشترین تاثیر را روی مراحل مختلف نمو گیاه دارد و طبق اصل ثبات حرارتی، هر گیاه زمانی به مرحله خاصی از نمو خود می رسد (بدون توجه به مدت زمان مورد نیاز برای رسیدن به آن مرحله) که مقدار مشخصی حرارت از محیط دریافت نماید، بنابراین در هر مرحله متوالی نمو، مقدار معینی گرما لازم است که با توجه به متغیر بودن درجه حرارت و طول روز و عدم تخمین دقیق مراحل نمو گیاه امری ضروری است (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۹۹۴).

همان طور که در شکل های ۴-۴ تا ۴-۷ نیز دیده می شود، در کلیه تاریخ های کشت، این گیاه روزهای در حال کوتاه شدن را تجربه کرده است. بر طبق نتایج ارایه شده در شکل ۴-۸ میانگین طول روز در

دوره رشد برای تاریخ های کشت اول بیشتر از تاریخ های کشت بعدی بود. بر همین اساس انتظار بر آن بود که در تاریخ کشت اول نسبت به تاریخ های دیگر، گیاه زودتر به مرحله رسیدگی برسد. ولی تاریخ انتهایی دوره رشد گیاه در هر ۴ تاریخ کشت تقریباً یکسان بود (شکل های ۴-۴ تا ۷-۴). این امر به خاطر سرمای زودرس و حساسیت بسیار بالای لوبیا چشم بلبلی به دماهای پایین می باشد. سرعت نمو گیاهان زراعی تحت تاثیر عوامل ژنتیکی، اقلیمی، تغذیه ای و مدیریتی قرار دارد (تولنر و دیر، ۱۹۹۹). از بین این عوامل اقلیمی تاثیر گذار در رشد و نمو گیاهان، نقش دما چشم گیر است (قادیر و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین سرعت جوانه زدن و سبز شدن بذرها، توسعه اندام های رویشی، تشکیل و ظهور گل ها، رسیدگی محصول و بالاخره مرگ گیاه از تغییرات پارامترهای محیطی به ویژه درجه حرارت تبعیت می کند (کریمی و خواجه پور، ۱۳۶۶).

طبق گزارش مورا (۲۰۰۲) تاریخ کاشت با تاثیر بر درجه حرارت، روی تعداد نهایی برگ و توسعه پوشش گیاهی، که شاخص سطح برگ گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد. تاخیر در کاشت با کاهش طول دوره رویشی، نامناسب شدن شرایط دما طی دوران گل دهی، تلقیح و تشکیل غلاف موجب کاهش طول دوره رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، تعداد و وزن دانه و نهایتاً کاهش عملکرد می گردد (راهنما و بخشنده، ۱۳۸۴). بنا به گزارش دهقان (۲۰۰۷) تغییر در تاریخ کاشت ممکن است با تاثیر بر انطباق مراحل رشد گیاه با شرایط محیطی، در میزان رشد رویشی و زایشی و در نهایت عملکرد گیاه تاثیر بگذارد. تغییر در تاریخ کاشت عمدتاً با تغییر درجه حرارت محیط بر روند رشد گیاه اثر می گذارد. درجه حرارت، مدت زمان رشد گیاه و در نتیجه مدت زمانی که تابش ورودی توسط گیاه جذب شده و تبدیل به ماده خشک می شود را تحت تاثیر قرار می دهد. شایان ذکر است که در این بررسی، هدف از اجرای تاریخ های کشت متفاوت، یافتن بهترین تاریخ کاشت نبود، بلکه ایجاد شرایط متنوع جذب تشعشع و کمی سازی کارایی استفاده از تشعشع بود.



شکل ۴-۱- مقادیر درجه روزهای رشد (GDD) بدست آمده برای رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.



شکل ۴-۲- طول دوره رشد لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.

۴-۲- ماده خشک کل

فتوسنتز و تولید ماده خشک تابعی از نور جذب شده است که به خصوصیات ساختاری کانوپی و نیز خصوصیات فتوسنتزی (کارایی استفاده از نور جذب شده) توسط گونه های گیاهی بستگی دارد. بیوماس خشک کل یکی از فاکتورهای مهمی است که در محاسبات مربوط به شاخص های رشد گیاه مورد استفاده قرار می گیرد. و در طول فصل رشد به صورت تجمعی افزایش می یابد. عملکرد کل ماده خشک نتیجه کارایی یک جامعه گیاهی زراعی در استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رویشی می باشد (کوچکی، ۱۳۷۷).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۴-۱ اثر فاصله بوته روی ردیف و تاریخ های کاشت بر تولید ماده خشک کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. مقادیر ماده خشک کل در جدول ۴-۲ برای فاصله بوته روی ردیف و تاریخ کاشت های مختلف آورده شده است. فاصله بوته روی ردیف ۷ سانتی متر، با میانگین حداکثر ماده خشک کل ۳۶۹/۶ گرم در متر مربع بیشترین و فاصله بوته روی ردیف ۱۶ سانتی متر، با ۲۶۹/۷۴ گرم در مترمربع، کمترین میزان وزن خشک کل را در واحد سطح دارا بودند و تفاوت معنی داری بین فاصله بوته روی ردیف ۷ و ۱۰ سانتی متر مشاهده نشد. افزایش تجمع ماده خشک در شرایط تراکم بیشتر به دلیل افزایش سطح سبز برگ، افزایش جذب نور فعال فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول می باشد (روبرتسون، ۲۰۰۱).

محققین با بررسی این صفت در نخود مشاهده کردند حداکثر ماده خشک تولیدی در تراکم های بالاتر افزایش معنی داری یافت. افزایش تراکم به علت افزایش شاخص سطح برگ، تقلیل زمان رسیدن به پوشش کامل زمین و ۵۰ درصد تجمع ماده خشک را به دنبال داشته ماده خشک بیشتری حاصل می گردد (راحمی و سلطانی، ۱۳۸۳). مقدار بیوماس تجمع یافته در مراحل اولیه رشد گیاه به دلیل کم بودن سطح برگ در جامعه گیاهی به عنوان سطوح دریافت کننده تشعشع خورشیدی کندتر می باشد ولی با افزایش سطوح برگ، سرعت تجمع ماده خشک نیز افزایش یافته و به بیشترین مقدار خود می رسد. در اواخر فصل رشد به دلیل پیری برگها

و ریزش آن ها، سرعت تجمع ماده خشک کاهش یافته و به یک مقدار ثابت می رسد (آذری و خواجه پور، ۱۳۸۴؛ لویز و همکاران، ۲۰۰۰).

تاریخ کاشت ۲۰ خرداد، با میانگین حداکثر ماده خشک کل ۳۸۶/۶۸ گرم در متر مربع بیشترین و تاریخ کاشت ۹ مرداد با میانگین ۲۴۳/۹۵ گرم در متر مربع، کمترین میزان وزن خشک کل را در واحد سطح را دارا بودند. روند تغییرات تجمع ماده خشک نشان می دهد که با تاخیر در کاشت، طول دوره تجمع ماده خشک کاهش یافت و حداکثر تولید ماده خشک در تاریخ کاشت های زود هنگام تر به دست آمد، به نحوی که با کاهش طول دوره رشد میزان تجمع ماده خشک در تاریخ های کاشت دیرتر ۶ تیر، ۲۳ تیر و ۹ مرداد به ترتیب ۱۳، ۱۱ و ۲۰ درصد کاهش نشان داد. اسپوارد و همکاران (۲۰۰۵) در مورد تریتیکاله عنوان داشتند که با تاخیر در کاشت، ماده خشک تولید شده کاهش می یابد. بوآرد و همکاران (۱۹۹۹) نیز در سویا نتایج مشابهی را بدست آوردند. یزدان دوست همدانی و رضایی (۱۳۸۰) و سانگوی (۲۰۰۰) بیان کردند که تاخیر در کاشت ذرت، مدت زمان بین سبز شدن تا کاکل دهی را کاهش داده و منجر به کاهش تابش جمعی دریافت شده توسط کانوپی گیاه می شود.

جدول ۴-۱- میانگین مربعات وزن خشک کل.

میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱۴۶۲۶۷/۹۳۲ **	۲	تکرار
۴۳۶.۲/۵۳۶ **	۳	تاریخ کشت (D)
۲۵۲۵۵/۶۸۰ **	۳	فاصله بوته روی ردیف (PD)
۱۴۸۶/۱۳۲	۹	D*PD
۱۴۴۰/۱۸۸	۳۰	اشتباه آزمایش

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین ماده خشک کل برای تاریخ ها و تراکم های کشت مورد آزمایش.

ماده خشک کل (گرم بر متر مربع)	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	ماده خشک کل (گرم بر متر مربع)	تاریخ کشت
۳۶۹/۶۶ a	۷	۳۸۶/۶۸ a	۲۰ خردادماه
۳۴۲/۹۹ a	۱۰	۳۴۰/۰۷ b	۶ تیرماه
۲۹۱/۶۸ a	۱۳	۳۰۳/۳۸ c	۲۳ تیرماه
۲۶۹/۷۴ a	۱۶	۲۴۳/۹۵ d	۹ مردادماه

۴-۳- شاخص سطح برگ حداکثر

شاخص سطح برگ یک کمیت اساسی برای نشان دادن وضعیت رشدی گیاهان زراعی در کشاورزی می باشد (یا اوآ و همکاران، ۲۰۰۸). این شاخص بیان کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است و بر حسب متر مربع سطح برگ در مترمربع سطح زمین بیان می شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). برگ ها اندام های اصلی دریافت تشعشع و فتوسنتز در گیاهان زراعی هستند. نمو سطح برگ در گیاهان رشد محدود، همزمان با ورود گیاه به فاز زایشی متوقف می شود، ولی در گیاهان رشد نامحدود بعد از فاز زایشی نیز ادامه می یابد. با افزایش سطح برگ میزان تشعشع دریافتی نیز بیشتر می شود. شاخص سطح برگ یکی از پارامترهای مهم در اندازه گیری های رشد گیاه می باشد که در اوایل فصل رشد به تدریج افزایش یافته و به حداکثر رسیده و سپس با مرگ برگ های پیرتر دچار کاهش می شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۴-۳) که از نظر شاخص سطح برگ حداکثر تفاوت معنی داری بین تاریخ و فاصله بوته روی ردیف کاشت (سانتی متر) وجود دارد. در کاشت دیر هنگام به دلیل مواجه شدن گیاه با عوامل نامساعد، تاثیر فتوپریود و کوتاه تر شدن طول دوره ی رشد رویشی گیاه این صفت کاهش می یابد،

به طوری که کمیت آن در تاریخ کشت ۲۰ خرداد به ۴/۴۴ بالغ گردید. در تاریخ کشت ۹ مرداد این مقدار به ۲/۸۰ کاهش یافت. بررسی های انجام شده نشان داد که تاخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش شاخص سطح برگ در گیاهان مختلف می شود (لک و همکاران، ۱۳۸۸). با تاخیر در کشت گیاه لوبیا چشم بلبلی ماکزیمم شاخص سطح برگ به دلیل کوتاه تر شده طول دوره ی رشد کاهش می یابد (کریمی، ۱۳۸۸). طبق گزارش ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۰) در گیاه سویا در دو تاریخ کاشت، تاریخ کشت زودتر دارای بیشترین شاخص سطح برگ بود.

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴-۴ با افزایش و فاصله بوته روی ردیف کاشت (سانتی متر) شاخص سطح برگ نیز در طول دوره رشد افزایش می یابد. به طوری که این مقدار و فاصله بوته روی ردیف کاشت ۷ سانتی متر برابر با ۴/۰۹ و فاصله بوته روی ردیف کاشت (۱۶ سانتی متر) معادل ۳/۲۱ بود. گونزالو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند تعداد برگ در گیاه ثابت بوده که این یک پدیده ژنتیکی است، بنابراین با افزایش تراکم تعداد برگ در واحد سطح افزایش می یابد و این به افزایش شاخص سطح برگ منجر می شود. نتایج مشابهی در این مورد توسط موسوی و همکاران (۱۳۷۹) در لوبیا گزارش شده است.

جدول ۴-۳- میانگین مربعات شاخص سطح برگ حداکثر.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۵/۲۷۲ **
تاریخ کشت (D)	۳	۵/۷۷۳ **
فاصله بوته روی ردیف (PD)	۳	۲/۳۹۵ **
D*PD	۹	۰/۱۲۰۲
اشتباه آزمایش	۳۰	۰/۱۷۹۴

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ حداکثر برای تاریخ ها و تراکم های کشت مورد آزمایش.

تاریخ کشت	شاخص سطح برگ	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	شاخص سطح برگ
۲۰ خردادماه	۴/۴۴۹۵ a	۷	۴/۰۹۲۱ a
۶ تیرماه	۳/۹۱۳۱ b	۱۰	۳/۹۷۵۲ a
۲۳ تیرماه	۳/۴۹۰۹ c	۱۳	۳/۳۸۳۱ b
۹ مردادماه	۲/۸۰۷۱ d	۱۶	۳/۲۱۰۳ b

۴-۳- عملکرد دانه

تاریخ کاشت عامل تعیین کننده و مهم در عملکرد گیاهان به حساب می آید. برای نواحی مختلف تاریخ کاشت مناسب جهت حصول بالاترین عملکرد ماده خشک و کیفیت، متفاوت است (هیترو و همکاران، ۲۰۰۲). روش های صحیح مدیریت زراعی برای استفاده حداکثر از ظرفیت محیط برای تولید گیاهان امری بسیار مهم بوده و تعیین مناسب ترین شرایط رشد می تواند در راستای افزایش عملکرد و به حداکثر رسانیدن بهره وری از محیط مدنظر باشد. یکی از عوامل مهم در تصمیم گیری های زراعی به منظور دست یابی به عملکردهای بالا همراه با کیفیت مناسب، تعیین مناسب ترین زمان کاشت و تراکم بوته است (خادم حمزه و کریمی، ۱۳۷۳).

یکی از پیش شرط های لازم جهت دست یابی به عملکرد بالا، تامین شرایط مطلوب جهت استفاده از تشعشع موجود برای تولید بهینه مواد فتوسنتزی است (راو و مندهام، ۱۹۹۱). افزایش نفوذ نور به لایه های پایین کانوپی از طریق تغییر ساختار آن، یک راه کار مدیریتی است که باعث افزایش عملکرد محصول می شود (رتا-سانچز و فولر، ۲۰۰۲).

نتایج آرایه شده در جدول ۴-۵ نشان داد که بین تاریخ کاشت و فواصل بوته روی ردیف کاشت مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی دار وجود دارد. دامنه تغییرات عملکرد نهایی دانه از ۶۱/۸۴ تا ۳۵/۶۲ گرم بر متر مربع بود که به ترتیب به اولین و دیرترین تاریخ کشت مورد بررسی تعلق داشت (جدول ۴-۶). این امر نشان دهنده اهمیت انتخاب تاریخ کاشت مناسب جهت حصول عملکرد مطلوب و قابل قبول می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان کاهش عملکرد در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول، ۱۷/۲ درصد، تاریخ کاشت ۲۳ تیر نسبت به تاریخ اول، ۳۵/۴۳ درصد و تاریخ کاشت ۹ مرداد نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ خرداد، ۷۳/۶۱ درصد می باشد. استقرار زود هنگام محصول در سطح مزرعه با افزایش سطح برگ و ایجاد امکان دریافت تشعشع در ماه خرداد و تیر که مصادف با حداکثر تابش خورشیدی است، شرایط دستیابی به عملکرد بالا را فراهم می سازد (فورتون و همکاران، ۱۹۹۹). پدرسن و لایر در سال (۲۰۰۴) گزارش کردند که عملکرد گیاهان در تاریخ کاشت زود نسبت به تاریخ دیرتر حدود ۱۰ درصد بیشتر است که علت آن را مزیت تاریخ کاشت در استفاده از شرایط رطوبتی مطلوب خاک نسبت به تاریخ کاشت دیر هنگام دانستند. هانت (۱۹۷۸) نشان داد که ازای هر هفته تاخیر در تاریخ کاشت، عملکرد کانولا به میزان ۵ درصد کاهش یافت. تاخیر در تاریخ کاشت، دوره زمانی بین کاشت تا گل دهی را کاهش می دهد که نتیجه این امر کاهش در پتانسیل عملکرد می باشد. همچنین بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴-۶ در این بررسی بیشترین عملکرد دانه مربوط به و فاصله بوته روی ردیف کاشت ۷ سانتی متر با ۵۶/۰۴ گرم بر متر مربع که تفاوت معنی داری با فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی متر نداشت و کمترین عملکرد به فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۶ سانتی متر با ۴۲/۰۰۱ گرم بر متر مربع بود. میزان کاهش عملکرد در فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی متر نسبت به فاصله بوته روی ردیف کاشت ۷ سانتی متر، ۴/۳۹ درصد، فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۳ سانتی متر نسبت به فاصله بوته روی ردیف کاشت ۷ سانتی متر، ۲۶/۸۴ درصد و فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۶ سانتی متر نسبت به فاصله بوته روی ردیف کاشت ۷ سانتی متر، ۳۳/۴۳ درصد مشاهده شد. علیرغم تفاوت ۵/۱۹ درصدی عملکرد بین فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۶ و ۱۳ سانتی متر از نظر آماری مشابه یکدیگر می باشند. به نظر

می رسد افزایش عملکرد با کاهش فاصله بوته روی ردیف کاشت را می توان به ازدیاد جذب تابش خورشیدی توسط جامعه گیاهی و به طبع آن افزایش بازده فتوسنتزی پوشش گیاهی نسبت داد. نتایج مشابهی در این مورد توسط ژو و پاییر (۱۹۹۸) و دانزال و همکاران (۲۰۰۱) در لوبیا گزارش شده است. پولسون (۲۰۰۰) نیز طی آزمایشی گزارش داد در لوبیا با کاهش فواصل بین ردیف، و افزایش تراکم میزان عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت.

جدول ۴-۵- میانگین مربعات عملکرد دانه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۴۸۸۲/۴۴۳۰۱۲۲۱ **
تاریخ کشت (D)	۳	۱۴۷۷/۲۷۹۰۹۵۴۹ **
فاصله بوته روی ردیف (PD)	۳	۵۷۴/۹۶۶۰۰۵۴۰ **
D*PD	۹	۴۷/۳۷۶۹۵۸۵۵
اشتباه آزمایش	۳۰	۵۴/۴۳۰۶۱۲۰۱

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه برای تاریخهای کشت و تراکم های کشت مورد آزمایش.

تاریخ کشت	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)
۲۰ خردادماه	۶۱/۸۴۹ a	۷	۵۶/۰۴۲ a
۶ تیرماه	۵۲/۷۶۸ a	۱۰	۵۳/۶۸۴ a
۲۳ تیرماه	۴۵/۶۶۷ c	۱۳	۴۴/۱۸۱ b
۹ مردادماه	۳۵/۶۲۴ d	۱۶	۴۲/۰۰۱ b

۴-۵- تشعشع خورشیدی دریافت شده در زمان گل دهی

رابطه خطی و تنگاتنگی میان پوشش سایه انداز و دریافت نور در برخی گیاهان مانند انواع لوبیا و جود دارد (استیون و همکاران، ۱۹۸۶). در مطالعه حاضر نیز افزایش سطح برگ در تاریخ و تراکم های کشت مختلف طبق جدول ۴-۴ موجب افزایش دریافت PAR شد. براساس نتایج اختلاف معنی داری بین تاریخ های کاشت و تراکم های مختلف در جذب تشعشع در زمان گل دهی در سطح یک درصد وجود داشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم کاشت از نظر آماری قابل چشم پوشی بود (جدول ۴-۷). اوکانل و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که دریافت تشعشع به وسیله کانوپی، مهم ترین علت تفاوت فیزیولوژیکی بین گندم، نخود فرنگی و خردل است. برطبق گزارش صادق زاده حمایتی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تاثیر عوامل زراعی بر میزان تشعشع دریافت شده (iPAR) نشان داد که کشت به هنگام تاثیر قطعی و معنی داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر نسبت تشعشع دریافت شده توسط سایه انداز چغندر قند دارد.

طبق گزارش وارکر و جاگارد (۱۹۹۸) همبستگی نزدیکی بین مقدار تشعشع دریافتی توسط گیاه و رشد آن وجود دارد. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴-۸ بیشترین مجموع تشعشع جذب شده مربوط تاریخ کشت اول ۲۰ خرداد با مقدار ۵۱۶/۳۳ مگاژول بر متر مربع می باشد در این بررسی تفاوت معنی داری بین تاریخ کاشت دوم و سوم وجود نداشت و کمترین مقدار تشعشع دریافت شده مربوط به تاریخ کاشت ۹ مرداد با ۳۹۱/۲۳ مگاژول بر متر مربع بود. بیشترین تشعشع دریافتی فاصله بوته روی ردیف ۷ سانتی متر بود که معادل با ۴۹۸/۳۳ مگاژول بر متر مربع است و که تفاوت معنی داری با فواصل روی ردیف کمتر (۱۳ و ۱۶ سانتی متر) دارد و علاوه بر کاهش ۲/۹ در تشعشع دریافتی در فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی تفاوت معنی داری با فاصله بوته روی ردیف ۷ سانتی مشاهده نشد. همچنین کمترین مقدار تشعشع دریافتی برابر با ۴۱۴/۳۶ مگاژول بر متر مربع است. این نتایج با گزارش روسنتال و همکاران (۱۹۹۳) که با افزایش تراکم گیاهی بر مقدار تشعشع جذب شده در واحد سطح افزوده می شود تطابق دارد. همچنین طبق گزارش لاری و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشی

روی سویا انجام دادن نشان دادن مقدار نور رسیده به لایه های پایین کانویی و مقدار نور جذب شده تحت تاثیر تراکم گیاهی قرار می گیرد.

جدول ۴-۷- میانگین مربعات تشعشع خورشید دریافت شده در زمان گلدهی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۳۳۱۲۴۱/۹۹ **
تاریخ کشت (D)	۳	۳۲۱۴۴/۹۸ **
فاصله بوته روی ردیف (PD)	۳	۲۱۸۳۲/۰۹ **
D*PD	۹	۱۹۷۱/۳۷
اشتباه آزمایش	۳۰	۲۳۰۸/۷۹

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۸- مقایسه میانگین مجموع تشعشع دریافت شده توسط لوبیا چشم بلبلی برای تاریخ ها و تراکم های کشت

مورد آزمایش.

تاریخ کشت	تشعشع دریافت شده (مگاژول بر مترمربع)	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	تشعشع دریافت شده (مگاژول بر مترمربع)
۲۰ خردادماه	۵۱۶/۳۳ a	۷	۴۹۸/۳۳ a
۶ تیرماه	۴۶۱/۵۳ b	۱۰	۴۸۴/۳۷ a
۲۳ تیرماه	۴۴۱/۲۹ b	۱۳	۴۱۷/۳۱ b
۹ مردادماه	۳۹۱/۲۳ c	۱۶	۴۱۴/۳۶ b

۴-۶- کارآیی استفاده از نور (RUE)

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۹) تفاوت معنی داری بین تاریخ ها و فواصل روی ردیف کاشت بر کارایی مصرف نور مشاهده شد. اگر چه کارایی مصرف نور بیشتر از طریق عوامل ژنتیکی تحت تاثیر قرار می گیرد، ولی عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نظیر تاریخ کاشت و تراکم به دلیل نقش مهم که در فعالیت فتوسنتزی دارند این عامل را تحت تاثیر قرار می دهند (مونیتیت، ۱۹۷۲). در یک بررسی با برازش مدل رگرسیون خطی ساده برای داده های هر تاریخ کشت در نخود تفاوت معنی دار بین تاریخ کاشت ها مشاهده شد که احتمالاً به میانگین دما از کاشت تا رسیدگی مربوط باشد (راحمی کاریزکی و سلطانی، ۱۳۸۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۱۰) بیشترین مقدار میانگین کارایی مصرف نور برای تاریخ کاشت ۲۰ خرداد با مقدار ۰/۸۴ گرم بر مگاژول و کمترین مقدار آن مربوط به تاریخ کاشت آخر با ۰/۷۸ گرم بر مگاژول بود. علت کاهش کارایی مصرف نور در کشت دیر هنگام، تاثیر منفی دماهای خنک بر این صفت است.

با توجه به نتایج به دست آمده کاهش فاصله بوته در روی ردیف باعث افزایش ماده خشک تجمعی در واحد سطح و موجب افزایش کارایی استفاده از نور گردید (جدول ۴-۱۰). شایان ذکر است که بین فاصله های روی ردیف ۱۶، ۱۳ و ۱۰ سانتی متر تفاوت معنی داری از لحاظ این صفت وجود نداشت. کاهش تراکم کاشت و کوتاه تر شدن فصل رشد با کاهش شاخص سطح برگ و تشعشع ورودی ضمن کاهش ماده خشک تولیدی کارایی مصرف نور کاهش می یابد (رینالدی و ونلا، ۲۰۰۶). گلدانی و رضوانی مقدم (۱۳۹۰) بیان کردند با افزایش تراکم، کارایی مصرف نور در هر سه رقم ذرت کشت شده افزایش یافت. در منابع، مقادیر کارایی مصرف نور گزارش شده برای لوبیا چشم بلبلی حدود ۱/۰۵-۰/۸ گرم بر مگاژول می باشد (ایدی نوبا و همکاران، ۲۰۰۲).

لکوئر و نی (۲۰۰۳) با انجام آزمایش روی چند ژنوتیپ نخود فرنگی (*Pisum sativum L.*) اظهار نمودند که کارایی مصرف نور طی فصل رشد گیاه ثابت نبوده و از یک الگوی سیگموئیدی پیروی می کند. طی رشد رویشی، از سبز شدن تا گل دهی، کارایی مصرف نور روندی افزایشی دارد، و در ابتدای دوره پر شدن دانه

ها به حداکثر می رسد، پس از آن کارایی مصرف نور کاهش یافته و تا هنگام رسیدگی کامل به حداقل مقدار خود می رسد.

جدول ۴-۹- میانگین مربعات کارایی استفاده از نور در زمان گل دهی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۹۰۴۱۸۲**
تاریخ کشت (D)	۳	۰/۰۰۸۰۹۲۹۰ **
فاصله بوته روی ردیف (PD)	۳	۰/۰۱۰۱۴۱۴۳**
D*PD	۹	۰/۰۰۱۹۴۰۵۵۵
اشتباه آزمایش	۳۰	۰/۰۰۱۵۵۶۵۱

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۱۰- مقایسه میانگین کارایی استفاده از نور در زمان گل دهی برای تاریخ ها و تراکم های کاشت مورد آزمایش.

تاریخ کاشت	کارایی استفاده از نور(گرم بر مگاژول بر متر مربع)	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	کارایی استفاده از نور(گرم بر مگاژول بر متر مربع)
۲۰ خردادماه	۰/۸۴۴۳۸ a	۷	۰/۸۶۰۸ a
۶ تیرماه	۰/۸۳۰۷۷ a	۱۰	۰/۸۰۵۵۱ b
۲۳ تیرماه	۰/۸۰۸۹ ab	۱۳	۰/۸۰۱۴۸ b
۹ مردادماه	۰/۷۸۵۰۸ b	۱۶	۰/۸۰۱۳۷ b

۷-۴- نسبت نور دریافت شده در زمان گل دهی

نسبت نور دریافت شده از نسبت نور اندازه گیری شده در پایین کنوپی به نور اندازه گیری شده در بالای کنوپی به دست می آید. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ و تراکم کاشت بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۴-۱۱). این در حالی است که تاثیر متقابل آن ها از نظر آماری قابل اغماض به دست آمد. بر اساس جدول ۴-۱۲ بیشترین مقدار نسبت نور دریافتی در زمان گل دهی مربوط به تاریخ کاشت ۲۰ خرداد با مقدار ۰/۹۲۳ بود که اختلاف معنی داری با تاریخ ۶ نداشت. کمترین مقدار این شاخص ۰/۸۰۸ از تاریخ کاشت ۹ مرداد بدست آمد. صادق زاده حمایتی و همکاران (۱۳۸۷) بیان داشتند که کاشت چغندر قند در اولین فرصت ممکن تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر نسبت تشعشع دریافتی داشت. همچنین طبق نتایج جدول (۴-۱۲) فاصله بوته روی ردیف کاشت ۷ سانتی متر با مقدار ۰/۹۱۷ بیشترین نسبت را به خود اختصاص داد و اختلاف معنی داری با فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی متر نداشت. همچنین کمترین نسبت نور دریافتی مربوط فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۳ سانتی متر با مقدار ۰/۸۳۰ می باشد که اختلاف غیر معنی داری با فاصله بوته روی ردیف کاشت ۱۶ سانتی متر مشاهده شد.

جدول ۴-۱۱- میانگین مربعات نسبت نور دریافت شده در زمان گلدهی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۵۶۳۷۳۵۷ **
تاریخ کشت (D)	۳	۰/۰۲۷۹۷۲۰۰ **
فاصله بوته روی ردیف (PD)	۳	۰/۰۱۶۸۸۳۶۳ **
D*PD	۹	۰/۰۰۱۲۴۵۴
اشتباه آزمایش	۳۰	۰/۰۰۲۱۱۸۲

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین نسبت نور دریافت شده در زمان گلدهی برای تاریخ ها و تراکم های کشت مورد

آزمایش.

تاریخ کاشت	نسبت نور دریافت شده	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	نسبت نو دریافت شده
۲۰ خردادماه	۰/۹۸۱۶۶ a	۷	۰/۹۱۷۳۱ a
۶ تیرماه	۰/۹۲۳۰۲ ab	۱۰	۰/۸۸۶۰۳ ab
۲۳ تیرماه	۰/۸۶۶۷۸ c	۱۳	۰/۸۵۶۷۸ bc
۹ مردادماه	۰/۸۰۸۹۳ d	۱۶	۰/۸۳۰۲۷ c

۴-۸- ضریب خاموشی

بر اساس تجزیه واریانس انجام شده (جدول ۴-۱۳) تفاوت معنی داری بین تیمارهای مختلف تاریخ کاشت، فاصله روی ردیف کاشت و اثر متقابل آنها مشاهده نشد. ضریب خاموشی قابلیت یک گونه در جذب نور رسیده به کانوپی را نشان می دهد. ضریب استهلاک نوری که به زاویه تابش، زاویه برگ و وضعیت قرار گرفتن آن بستگی دارد، نقش مهمی در استفاده بهینه از نور دارد. پنگلی و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که ضریب خاموشی تحت شرایط مختلف محیطی برای ماش، سویا و لوبیا چشم بلبلی از ۰/۴ تا ۰/۸ متغیر می باشد و گزارش دیگری ضریب خاموشی را برای لوبیا چشم بلبلی ۰/۸۵ و برای لوبیای معمولی ۰/۷ ذکر کرده است. توسبو و والکر (۲۰۰۱) این مقدار را در لوبیای معمولی ۰/۶۴ گزارش کردند. در کل ممکن است ضریب خاموشی بین ۰/۳ تا ۱/۵ متغیر باشد. مقدار ضریب خاموشی کمتر از ۱ بیانگر برگ های عمودی تر و پراکنش فشرده و بزرگتر از ۱ نشان دهنده برگ های افقی یا پخش منظم آنها می باشد.

محققین مختلفی از قبیل آندریو و همکاران (۱۹۹۷) و مادونی و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که تراکم گیاهی از طریق تاثیر بر زاویه و اندازه برگ بر ضریب خاموشی موثر واقع می شود. افزایش تراکم باعث کاهش زمان مورد نیاز برای دست یابی به دریافت بیش ترین تشعشع و افزایش مجموع کل PAR دریافت شده در طول فصل و تولید زیست توده بیش تر در زمان بلوغ گیاه می شود (پورسل و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۴-۱۳- میانگین مربعات ضریب خاموشی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۵۸۶۳۹۵۰
تاریخ کشت (D)	۳	۰/۰۰۰۶۰۲۰۵
فاصله بوته روی ردیف (PD)	۳	۰/۰۰۱۵۰۴۳۵۴
D*PD	۹	۰/۰۰۳۵۴۴۸
اشتباه آزمایش	۳۰	۰/۰۰۶۵۸۷۷۸

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۴-۱۴- میانگین ضریب خاموشی در زمان گلدهی برای تاریخ ها و تراکم های کشت مورد آزمایش.

تاریخ کشت	ضریب خاموشی	فاصله بوته روی ردیف (سانتی متر)	ضریب خاموشی
۲۰ خردادماه	۰/۶۳۰۰۳	۷	۰/۶۷۱۱۳
۶ تیرماه	۰/۶۲۶۲۶	۱۰	۰/۶۲۶۶۵
۲۳ تیرماه	۰/۶۲۰۰۵	۱۳	۰/۵۹۶۲۸
۹ مردادماه	۰/۶۱۳۹۲	۱۶	۰/۵۹۶۲۰

۴-۹- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که:

۱- تاریخ و فاصله بوته روی ردیف کاشت بر شاخص فیزیولوژیکی مورد مطالعه تاثیر معنی دار گذاشت. به طوری که با تاخیر در کاشت و افزایش فاصله بوته روی ردیف کاشت مقدار شاخص سطح برگ حداکثر به طور معنی داری کاهش پیدا کرد.

۲- با تاخیر در تاریخ کاشت و افزایش فاصله بوته روی ردیف کاشت عملکرد دانه به طور چشم گیری کاهش پیدا کرد.

۳- مقادیر درجه روزهای رشد برای چهار تاریخ کشت با تاخیر در تاریخ کشت به طور خطی روند رو به کاهش را نشان داد. به طوری که طولانی ترین دوره رشد و نمو برای شرایط تاریخ کاشت اول (۲۰ خرداد) به دست آمد.

۴- مقادیر کارایی مصرف نور با تاخیر در کاشت و همچنین با افزایش فاصله بوته روی ردیف کاشت کاهش معنی داری پیدا کرد.

۵- اختلاف معنی داری بین تاریخ های کاشت و فواصل بوته روی ردیف مختلف در جذب تشعشع در زمان گل دهی در سطح یک درصد بدست آمد.

۶- به عنوان جمع بندی نتایج می توان گفت ضریب خاموشی ۰/۶۲۲ می باشد و دامنه نوسانات کارایی استفاده از نور در شرایط متفاوت آزمایش از ۰/۷۸۵ تا ۰/۸۴۴ گرم بر مگاژول بر متر مربع بود.

۴-۱۱ پیشنهادات

در تکمیل این تحقیق و توسعه آن پیشنهادات زیر قابل ارائه است:

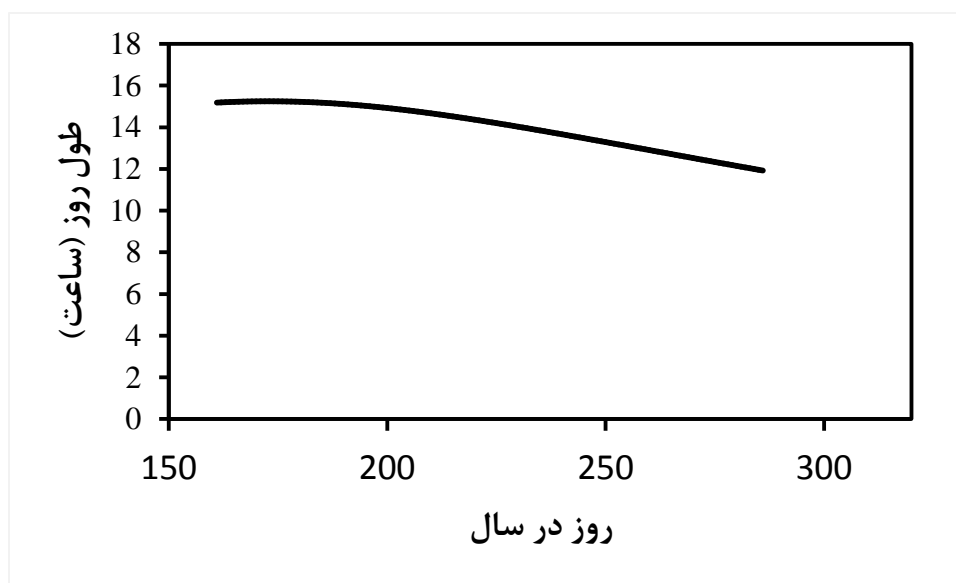
۱- با توجه به این که اولین تاریخ کاشت و کمترین فاصله بوته روی ردیف در این تحقیق، زمان کاشت و فاصله بوته روی ردیف مطلوب بدست آمد، توصیه می شود در بررسی های دیگر تاثیر یک یا دو تاریخ کاشت قبل از زمان کشت مطلوب و فواصل بوته روی ردیف بالاتر مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲- آزمایش های مشابهی در شرایط جغرافیایی متفاوت برای ارزیابی اثر طول روزهای دیگر و میزان تشعشع دریافتی بر مراحل نموی و تجمع ماده خشک ایجاد گردد.

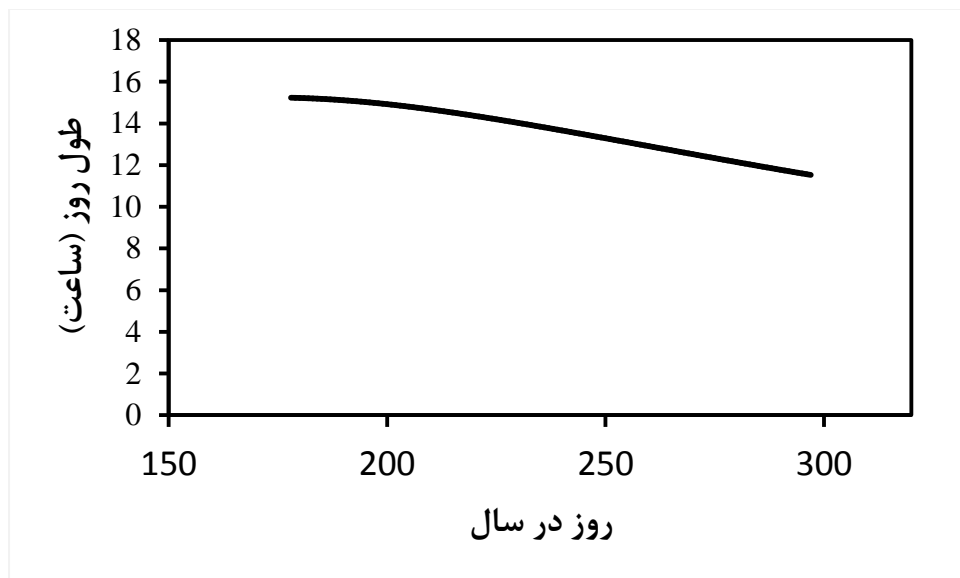
پیوست ها



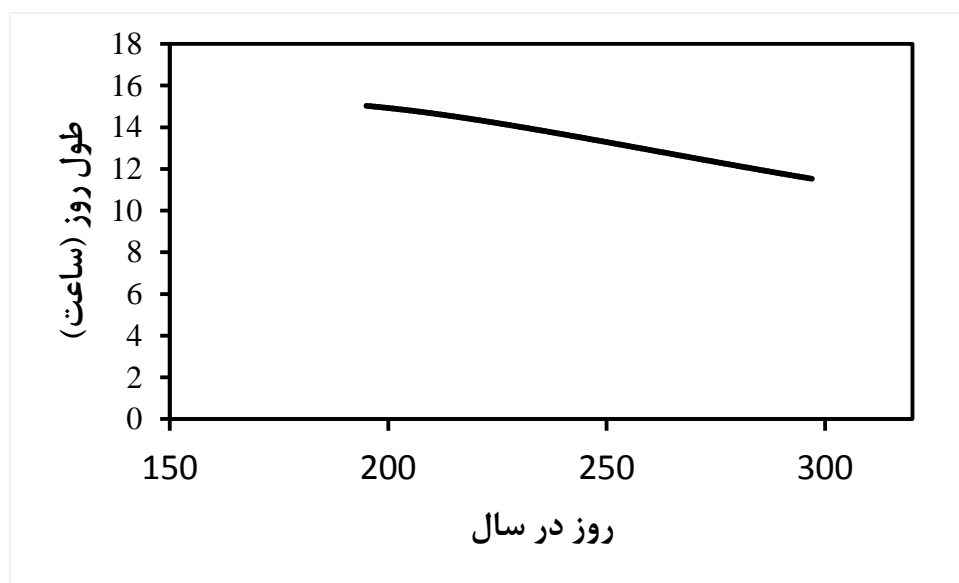
شکل ۴-۳- مقادیر میانگین دمای شبانه روز در دوره رشد نمو لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.



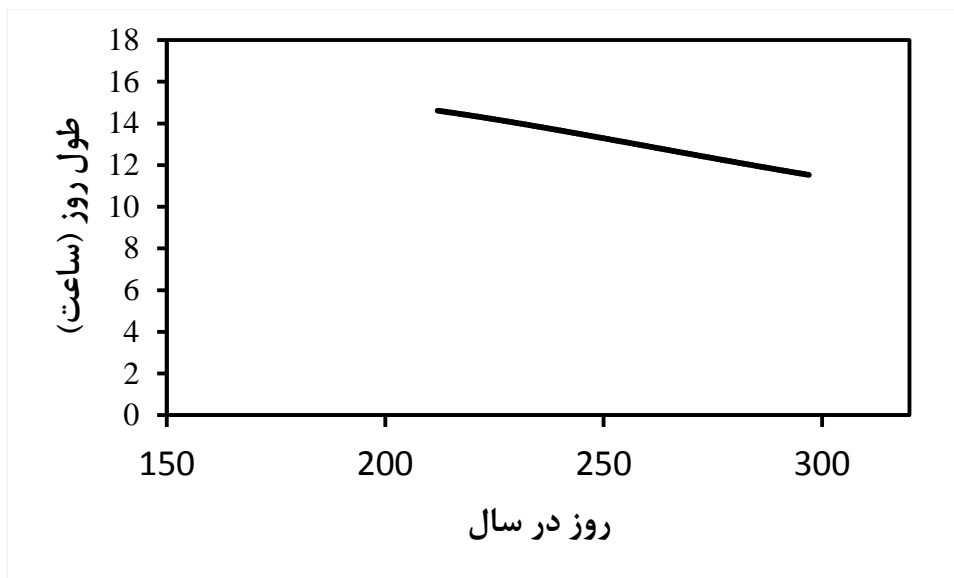
شکل ۴-۴- روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کاشت شده در تاریخ ۲۰ خرداد (تاریخ کاشت اول).



شکل ۴-۵- روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کاشت شده در تاریخ ۶ تیر (تاریخ کاشت دوم).



شکل ۴-۶- روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کاشت شده در تاریخ ۲۳ تیر (تاریخ کاشت سوم).



شکل ۴-۷- روند تغییرات طول روز در دوره رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی کاشت شده در تاریخ ۹ مرداد (تاریخ کاشت چهارم).



شکل ۴-۸- مقادیر میانگین طول روز در دوره رشد نمو لوبیا چشم بلبلی در ۴ تاریخ کاشت.

منابع مورد استفاده:

- ابراهیمی، م. و م. پوریوسف. ۱۳۹۰. تأثیر تاریخ کاشت، تراکم بوته و علفهای هرز بر شاخصهای رشدی سویا. (*Glycine max L.*) نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶(۲): ۱۹۰ - ۱۷۸.
- اکرم قادری، ف.، الف. سلطانی و ج. رضایی. ۱۳۸۲. برآورد سطح برگ در ارقام پنبه با استفاده از ویژگی‌های رویشی گیاه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱(۱): ۲۳-۱۵.
- امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.
- ایلامپور، س. ۱۳۷۱. برنامه ریزی آبیاری و تخمین تبخیر تعریق مزرعه لوبیاچشم بلبلی (*vigna sinensis L.*) با استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی. دانشگاه شیراز ایران. ۱۶۶ صفحه.
- آذری، آ. و م. ر. خواجه پور. ۱۳۸۴. اثر آرایش کاشت بر رشد، نمو، اجزای عملکرد و عملکرد دانه در کشت بهاره گلرنگ، توده محلی کوسه اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی: ۱۳۱(۳)-۱۴۲۹.
- ترابی جفرودی، آ.، ع. حسن زاده، ا. فیاض مقدم. ۱۳۸۱. اثرات تراکم کاشت بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیک در دو رقم لوبیا قرمز، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۴، بهار ۱۳۸۶.
- ترابی، ب. ۱۳۸۳. پیش بینی نمو فنولوژیک گیاه نخود. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

خادم حمزه، ح. و م. کریمی. ۱۳۷۳. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در منطقه اصفهان. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. شهریور ۱۳۷۹. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۱ صفحه.

خواجه پور، م. ۱۳۸۶. اصول و مبانی زراعت (ویرایش جدید). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

خودریان، ج.، ا. وان لار و م. بنایان. ۱۳۸۱، ساخت و کاربرد مدل‌های شبیه سازی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

راحی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۸۳. پیش بینی دریافت و استفاده از تشعشع خورشیدی در گیاه نخود. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهاردهم، شماره پنجم، ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات.

راهنما، ع. و ع. بخشنده. ۱۳۸۴. اثر تاریخ کاشت و شیوه کاشت مستقیم و نشایی بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه کلزا در شرایط اهواز، مجله علوم زراعی، جلد هفتم، شماره ۴. صفحه: ۲۷-۱۸.

سرمدنیا، غ. ح. و ع. کوچکی. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

سلطانی، ا.، ف. اکرم قادری و ا. فرجی. ۱۳۸۴. سیستم آنالیز صفات مؤثر در افزایش عملکرد نخود در شرایط گرگان و گنبد. گزارش طرح پژوهشی، معاونت پژوهشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

صادق زاده حمایتی، س. و ع. کاشانی. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم روی مؤلفه های دریافت تشعشع خورشیدی در چغندر قند. مجله چغندر قند. ۲۴(۱): ۴۲-۲۳.

کافی، م.، ا. جعفرنژاد و م. جامی الاحمدی. ۱۳۸۴. گندم (اکولوژی، فیزیولوژی و برآورد عملکرد). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۷۸ صفحه.

کریمی، م. ۱۳۸۸. شبیه سازی تاثیر دما و طول روز بر فنولوژی و انتقال مجدد ماده خشک به دانه در لوبیا چشم بلبلی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۶۶ صفحه.

کریمی، م. و م. خواجه پور. ۱۳۶۶. کاربرد آمار درجه حرارت هوا در تصمیم گیری های زراعی، مجموعه مقالات درباره آب و خاک کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲۸ صفحه.

کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول. ۲۳۶ صفحه.

کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۵. مدل سازی در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۸ صفحه.

کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۵. اکولوژی گیاهان زراعی (جلد اول). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. ۲۸۸ صفحه.

گلدانی، م.، پ.، رضوانی مقدم، م. نصیری محلاتی و م. کافی. ۱۳۹۰. کارایی مصرف نور در هیبریدهای ذرت با گروه های مختلف رسیدگی در پاسخ به تراکم. مجله پژوهشهای تولید گیاهی. ۲۷ صفحه.

لک، م.ر.، ع.ا.، قنبری، ح.ر. دری و ع. غدیری. ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و شدت بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه در لوبیا چیتی در خمین. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲۵(۳): ۲۷۵-۲۸۶.

مشطی، ع.، ه. موسوی. ۱۳۸۹. اثر تاریخ و تراکم کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی در اهواز. گزارش کوتاه علمی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲۷ صفحه.

موسوی، س. ه.، ق. فتحی. و م. ع. دادگر. ۱۳۷۹. اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر رشد، اجزاء عملکرد و عملکرد دانه لوبیا قرمز، اولین همایش ملی حبوبات، ۲۹ و ۳۰ آبان ۱۳۸۴ - مشهد مقدس - پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه ۳۱.

یزدان دوست همدانی، م. و ع. م. رضایی. ۱۳۸۰. بررسی منابع مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی عملکرد ذرت از طریق تجزیه علیت. مجله علوم کشاورزی ایران، ۱۶۱-۱۷۶.

Akmal, M. and Janssens, M. J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crop Research*, 88: 143-155.

Akramghaderi, F., Soltani, A. and H.R. Sadeghipour, 2008. Cardinal temperature of germination in medical pumpkin (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Asian J. Plant Sci.* (Accepted).

Allen, P.S., Meyer, S.E. and Khan, M.A. 2000. Hydrothermal time as a tool in comparative germination studies in Black, M., Bradford, K.J., Vázquez-Ramos, J. (Ed.s), *Seed biology: Advances and applications*. pp. 401-410 Wallingford, CAB International.

Alvarado, V. and Bradford, K.J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant Cell Environ.* 25: 1061-1069.

Amir, J. and Sinclair, T.R. 1991. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. *Field Crops Res.* 29:59-69.

Andrieu, B. Allirand, J.M. and Jaggard, K. 1997. Ground cover and leaf area index of maize and sugar beet crops. *Agronomie*, 17: 315-321.

Anonymous, 2006. Grain Sorghum Handbook. University of Arkansas, Cooperative Extension Service.

Atkinson, D. and Porter, J.R. 1996. Temperature, plant development and crops yield. *Trend In Plant Sci.* 119-124.

Awal, M.A., Koshi, H. and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 139: 74-83.

Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2001. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego, California, pp. 666.

Bastiaans, L., Kropff, M.J., Goudriaan, J. and Van Laar, H.H. 2000. Design of weed management systems with a reduced reliance on herbicides poses new challenges and prerequisites for modelling crop-weed interactions. *Field Crops Research* 67:161-179.

- Beheshti, A., Koocheki, A. and Nassiri Mahalati, M. 2002.** The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. *Seed and Plant*. 18: 417-431.
- Bertiller, M.B., Beeskow, A.M. and Coronato, F. 1991.** Seasonal environmental variation and plant phenology in arid Patagonia (Argentina). *Journal of arid environments*. 21: 1-11.
- Bewley, J.D., and Black, M. 1994.** *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York: Plenum Press, 445p.
- Binder, J., Greaff, S. Link, J. Claupein, W. Liu, M. Dai, M. Wang, P. 2008.** Model-based approach to quantify production potentials of summer maize and spring maize in the north China Plain. *Agron. J.* 100:862-873.
- Biswas, D.K., Haque, M.M. Hamid, A. Ahmad, J.U. and Rahman, M.A. 2002.** Influence of plant population density on growth and yield of two blackgram varieties. *Pakistan J. Agron.* 1: 2-3. 83-85.
- Black, C. and Ong, C. 2000.** Utilization of light and water in tropical agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104:25-47.
- Board, J. E., and Harville, B.G. 1999.** Path analysis of the yield formation process for late-planting soybean. *Agronomy Journal* 89: 739-741.
- Boote, K. J., J.W. Jones, Hoogenboom, G. and Pickering, N.B. 1998.** The CROPGRO model for grain legumes. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, P.K. Thornton, (Eds.), *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic publishers, Dordrecht, pp.99-128.
- Bradford, K.J. 1995.** Water relations in seed germination. In: Kigel, J.; Galili, G. (Ed.s) *Seed development and germination*. pp. 351–396 New York, Marcel Dekker.
- Bradford, K.J. 2002.** Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci.* 50: 248-260.
- Bradford, K.J. and Still, D.W. 2004.** Applications of Hydrotime Analysis in Seed Testing. *Seed Technology*. 26: 74-85.
- Brar, G.S., Gomez, J.F. McMichael, B.L. Matches, A.G. and Taylor, H.M. 1991.** Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. *Agron. J.* 83: 173-175.

- Brigz, K.G., and Aytenfisu, A. 1979.** The effects of seeding rate, seeding date and location on grain yield, maturity, protein percentage and protein yield of some spring wheats in central Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 59: 1129-1146.
- Capman, S. C., Cooper, M. Podlich, D. Hammer, G.L. 2003.** Evaluating plant breeding strategies by simulating gene action and dryland environment effects. *Agron. J.* 95: 99-113.
- Capman, S.C., Cooper, M. Hammer, G.L. and Butler, D.G. 2000.** Genotype by environment interactions affecting grain sorghum. II Frequencies of different seasonal patterns of drought stresses are related to location effects on hybrid yields *Ausat. J. Agric. Res.* 51: 209-221.
- Ceotto, E., and Castelli, F. 2002.** Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): response to nitrogen supply, climate variability and sink limitations. *Field Crops Research* 74: 117-130.
- Chapman, S.C., Hammer, G.L. and Palta, J.A. 1993.** Prediction leaf area development of sunflower. *Field Crops Res.* 34: 101-112.
- Charls-Edwards, D.A., Doley, D. and Rimmington, G.M. 1986.** Modeling Plant Growth and Development. Academic press. 235 pp.
- Cheng, Z. and Bradford, K.J. 1999.** Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. *Journal of Experimental Botany.* 50: 89–99.
- Chouhan, Y.S., Johansen, J.K. Moon, Y.H. Lee, and Lee, S.H. 2002.** Photoperiod responses of extra-short-duration pigeonpea lines developed at different latitudes. *Crop Sci.* 42: 1139-1149.
- Coulson, C.L., 1985.** Radiant energy conversion in three cultivars of *Phaseolus vulgaris*. *Agricultural and Forest Meteorology.* 35:21–29.
- Dahal, P. and Bradford, K.J. 1994.** Hydrothermal time analysis of tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water potential. *Seed Science Research.* 4: 71–80.
- Dehghan, A. 2007.** Effect of sowing date on yield and yield components of three grain sorghum Khozestan. *Sci. J. Agric.* 30 (4) 123-132.
- Dhanjal, R., Prakash, O.M. and Ahlawat, I. P. S. 2001.** Response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to plant density. *Ind. J. Plant Physiology.* 46: 277-281.
- Dreccer, M.F., Schapendonk, A.H.C.M. Slafer, G.A. and Rabbinge, R. 2000.** Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilisation efficiency of

radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. *Plant and Soil*. 220, 189-205.

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

Farias, J.R.B., Sans, M.A. and Zullo, J.R. 2007. Agrometeorology and sorghum production, Chapter 13G. 1-17.

Focella, F., Benech Arnold, R.L., Sanchez. and Ghera, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crop Res.* 67:123-139.

Foley, M.E. and S.A. Fennimore, 1998. Genetic basis for seed dormancy. *SeedSci. Res.* 8: 173-179.

Fortune RA, Burke, J.I. Kennedy, T. and O'Sullivan, E. 1999. Effect of early sowing on the growth. Academic press. 352 pp.

Gallagher, J.L., and Biscoe, P.V. 1978. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *Journal of Agricultural Science* 91: 47- 60.

Gardner, F.P., Vall, R. and McClud, D.E. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agron. J.* 82:864-868.

Gonzalo, M., Vyon, T. Holland, J. and McIntgre, M. 2006. Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interaction. *Agron. J.* 93: 1049-1053.

Goudriaan, J. and Van Laar, H.H. 1994. Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic press, Dordrecht, the Netherlands, 238P.

Graf, B., Gutierrez, A.P., Rakotobe, O. Zahner, P. and Delucchi, V. 1990. A simulation model for the dynamics of rice growth and development. Part II. The competition with weeds for nitrogen and light. *Agricultural Systems*. 32: 367-392.

Grundy, A.C., Phelps, K. Reader, R.J. and Burston, S. 2000. Modelling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. *NewPhytol.* 148: 433-444.

Gummerson, R.J. 1986. The effect of constant temperature and osmotic potential on the germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37: 729-714.

- Haefner, J.W. 1996.** Modeling biological systems: principles and application. Chapman & Hall, New York, USA, 544p.
- Hamman, B., Egli, D.B. and Koning, G. 2002.** Seed vigor, soilborne pathogens, preemergent growth and soybean seedling emergence. *Crop Sci.* 42:451-457.
- Hammer, G.L. And Broad, I.J. 2003.** Gnotype and environment effect on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. *Agron. J.* 95: 199-206.
- Hammer, G.L., Sinclair, T.R. Boote, K.J. Wright, G.C. Meinke, H. and , Bell, M.J. 1995.** A peanutsimulation model: I. Model development and testing. *Agron. J.* 87: 1085-1093.
- Hardegree, S.P. and Winstral, A.H. 2006.** Predicting Germination Response to Temperature. II. Threedimensional Regression, Statistical Gridding and Iterative-probit Optimization Using Measured and Interpolated-subpopulation Data. *Ann. Bot.* 98: 403–410.
- Heater, M.D. and Lauer, J.G. 2002.** Planting Data and Hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agron. J.*, 94:281-289.
- Heng, L.K, Asseng, S. Mejhed , K. and Rusan, M. 2007.** Optimizing wheat productivity in two rain-fed environments of the West Asia-North Africa region using a simulation model. *Eur. J. Agron.* 26: 121-129.
- Hunt, L.A., Reynolds, M.P. Sayre, K.D. Rajaram, S. White, J.W. and Yan, W. 2003.** Crop modeling and identification of stable coefficients that may reflect significant groups of genes. *Agron. J.* 95: 20-31.
- Hunt, R. 1978.** plant growth analysis. London. Edward Arnold.
- Idinoba, M.E., Idinoba P.A. and Gbadegesin, A.S. 2002.** Radiation interception and its efficiency for dry matter production in three crop species in the transitional humid zone of Nigeria. *Agronomie.* 22: 273-281.
- Inman-Bamber, N.G., Muchow, R.C. and Robertson, M.J. 2002.** Dry matter partitioning of sugarcane in Australia and South Africa. *Field Crops Res.* 76: 71-84.
- Jacobsen, S.E. and Bach, A.P. 1998.** The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). *Seed Sci and Technol.* 26: 515-523.
- Jame, Y.W. and Cutforth, H.W. 2004.** Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agric. For. Meteorol.* 124: 207-218.

- Jami Al-Ahmadi, M. and Kafi, M. 2007.** Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). J. Arid Environ. 68: 308–314.
- Keating, B.A. and Carberry, P.S. 1993.** Resource capture and use in intercropping: solar radiation. Field CropsRes. 34: 273–301.
- Kebreab, E. and Murdoch, A.J. 1999.** A model of effects of a wider range of constant and alternating temperatures on seed germination of four Orobanches species. Ann. Bot. 84: 549-557.
- Kebreab, E. and Murdoch, A.J. 2000.** The effect of water stress on the temperature range for germination of Orobanches aegyptiaca seeds. Seed Sci. Res. 10: 127-133.
- Keith T. Weber, 2001.** A method to incorporate phenology into land cover change analysis. J. Range Manage. 54: A1-A7.
- Khajepur, M. 1996. Production of industrial plants. Isfahan Industrial University Publication.
- Kiniry J.R., Tischler, C.R. and Van Esbroeck, G. A. 1999.** Radiation use efficiency and leaf CO₂ exchange for diverse C₄ grasses. Biomass and Bioenergy. 17: 95-112.
- Kocheki, A. and Nassiri, M. 1994.** Crop ecology. Mashhad Jahad-e-Daneshgahi press. PP 291.
- Kropff, M.J. and van Laar, H.H. 1993.** Modelling crop-weed interactions. CAB international, Wallingford and International Rice Research Institute, Manila.
- Kwapata, M.B., Hall, A.E. and Madore, M.A. 1990.** Response of contrasting vegetable cowpea cultivars to plant density and harvesting of young pods. II. Dry matter production and photosynthesis. Field CropsRes. 24: 11-21.
- Larry, C.P., Rosalind, A.B. Reaper, J.D. and Earl, D.V. 2002.** Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. Crop Sci. 42: 172-177.
- Larsen1, S.U., Bailly, C., Come, D. and Corbineau, F. 2004.** Use of the hydrothermal time model to analyse interacting effects of water and temperature on germination of three grass species. Seed Science Research. 14: 35–50.
- Lecoeur, J., and Ney, B. 2003.** Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. Eur. J. Agron. 19:91-105.
- Lee, J.R. and Heuvelink, E. 2003.** Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning specific leaf area for cut chrysanthemum. Ann. Bot.91:319-327.

- Liu, P.H., Gan, Y., Warkentin, T. and McDonald, C. 2003.** Morphological plasticity of chickpea in a semiarid environment. *Crop Sci.* 43: 426-429.
- Livingston, N.J., and De Jong, E. 1990.** Matric and osmotic potential effects on seedling emergence at different temperatures. *Agron. J.* 82: 995-998.
- Lopez-Bellido, L., Fuentes, M. and Castillo, J.E. 2000.** Growth and yield of white lupine under Mediterranean conditions: effect of plant density. *Agron. J.* 92: 200-205.
- Maddoni, G.A., Otegui, M.E. and Cirilo, A.G. 2001.** Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Res.* 71: 183-193.
- Mahmudi, M., Azizi, Kh. Ghalavand, A. Ghanbari, A.A., Dori, H.R., Mahmudi, A.A., Soltani, A. and Tashakori, M. 2005.** Effect of plant density and sowing arrangement on grain yield and its components, biological yield and harvest index of Akhtar cultivar in Kidney-bean. Abstracts Proceeding of First National Congress of Pulse, 19-20 Nov. Mashhad Ferdosi University.
- Majnun Hoseini, N., Mohamadi H. and Pustiniand Zeinali Khangah, K.H. 2003.** Effect of plant density on agricultural parameters, chlorophyll amount and percentage of stem retranspiration in white chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iran Agron Sci. J.* 34: 43. 1011-1019.
- Marcelis, L.F.M., Heuvelink E. and Goudriaan. J. 1998.** Modelling biomass production and yield of horticultural crops: A review. *Scientia Horticulturae.* 74: 83-111.
- Maurer, A.R., Ormrod, D.P. and Scott, N.J. 1969.** Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. *Can. J. Plant. Sci.* 49: 271-278.
- Mazaheri, D., and Majnoon Hosseini, N. 2005.** Fundamental of Farming. Tehran University Press. 320p.
- McMurtrie, R., and Wolf, L. 1983.** A model of competition between trees and grass for radiation, water and nutrients. *Annals of botany* 52: 449-458.
- Meyer, S.E. and Pendleton, R.L. 2000.** Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentata* (*Rosaceae*). *Ann. Bot.* 85: 521-529.
- Monteith, J.L. 1972.** Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *J. Appl. Ecol.* 9: 747-766.

- Monteith, J.L. 1977.** Climate and efficiency of crop production in Britain. *Philos. Trans. R. Soc. London, B.* 281:277-294.
- Muchow, R.C. 1989.** Comparative productivity of maize, sorghum and pearl millet in a semi-arid tropical environment. I. Yield potential. *Field Crops Res.* 20: 191-205.
- Murua, M. 2002.** Polymer seed coating effects on feasibility of early planting in corn, planting date and corn productivity. MSc. Thesis, Purdue university.
- Nienhuis, J. and Singh, S.P. 1985.** Effects of location and plant density on yield and architectural traits in dry bean. *Crop Sci.* 25: 579-584.
- Ntanos, D.A. and Koutroubas, S.D. 2002.** Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 74: 93-101.
- O'Connell, M.G., O'Leary, G.J., Whitfield, D.M. and Connor, D.J. 2004.** Interception of photosynthetically active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. *Field Crops Research.* 85: 111–124.
- Olivier, F.C. and Annandale, J.G. 1998.** Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Res.* 56: 301-307.
- Ong, C.K. and Monteith, J.L. 1985.** Response of pearl millet to light and temperature. *Field Crops. Res.* 11:141-160..
- Pedersen P. and Lauer, J.G. 2004.** Response of soybean yield components to management system and planting date. *Agron. J.* 96:1372-1381..
- Pengelly, B.C., Blamey F.P.C. and Muchow, R.C. 1999.** Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. Field nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. *Field Crops Research.* 63: 99-112.
- Perry, M.W., Siddique, K.H. M. and Wallace, J.F. 1987.** Predicting phenological development of Australian wheats. *AUST. J. Agric. Res.* 38: 809-819.
- Powelson, A.B., Peachy, L.C. and McGrath, D. 2000.** Row spacing effect on white mold and snap bean yield. *Horticulture Weed control.*
- Puckridge, D.W. and Ratkowsky, D.A. 1971.** Photosynthesis of wheat under field conditions. IV. The influence of density and leaf area index on the response to radiation. *Aust. J. Agric. Res.* 22: 11-20.

- Purcell, L.C., Ball, R.A., Reaper, J.D. and Vories, E.D. 2002.** Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. *Crop Sci.* 42:172-177.
- Qadir, G., Ul-Hassan F. and Azim Malik, M. 2006.** Growing Degree Days and Yield Relationship in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Int Jour of Agric & Biology.* 9(4): 564-568.
- Qiu, J., Bai, Y., Coulman, B. and Romo, J.T. 2006.** Using thermal time models to predict seedling emergence of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under alternating temperature regimes. *Seed Science Research.* 16: 261–271.
- Rao, M.S.S., Mendham N.J. and Buzza, G.C. 1991.** Effect of the apetalous flower character on radiation distribution in the crop canopy, yield and its components in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci. Camb.* 117: 189-196.
- Regan, K.L, Whan, B.R. and Turner, N.C. 1993.** Evaluation of chemical desiccation as a selection technique for drought resistance in dryland wheat breeding program. *Aust J Agric Res.* 44: 1683-1619.
- Reta-Sanches, G.D., and Fowler, J.L. 2002.** Canopy light environment and yield of narrow-row cotton as affected by architecture. *Agron. J.* 94: 1317-1323.
- Rimmington, G.M. 1985.** A test of a model for light interception by mixtures. *Aust. J. Plant Physiology* 12: 681–683.
- Rimmington, G.M., 1984.** A model of the effect of interspecies competition for light on dry-matter production. *Aust. J. Plant Physiology.* 11: 277–286.
- Rinaldi, M. 2004.** Water availability at sowing and nitrogen management of durum wheat: a seasonal analysis with the CERES –Wheat model. *Field Crops Res.* 89:27-37.
- Rinaldi, M., and A.V. Vonella, 2006.** The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. *Field Crops Res.* 95:103-114.
- Ritchie, J.T., Singh, U., Godwin, D.C., and Bowen, W.T. 1998.** Cereal growth, development and yield. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, Thornton, P.K. (Ed.s.), *Understanding Options for Agricultural Production.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 79–98.

- Robertson, M.J., Carberry, P. S., Chauhan, Y.S., Ranganathan, R. and O’Leary, G.J. 2001.** Predicting growth and development of pigeonpea: a simulation model. *Field Crops Res.* 1:195-210.
- Robertson, M.J., Carberry, P.S. Huth, N.I. Turpin, J.E. Probert, M.E Poulton, P.L. Bell, M. Wright, G.C., Yeates, S.J. and Brinsmead, R.B. 2002.** Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. *Aust. J. Agric. Res.* 53: 429-446.
- Robertson, M.J., Silim, S., Chauhan, Y.S. and Ranganathan, R. 2001.** Predicting growth and development of pigeonpea: biomass accumulation and partitioning. *Field Crop Res.* 70:89-100.
- Rosenthal, W.D., Gerik, T.J. and Wade, L.J. 1993.** Radiation use efficiency among grain sorghum cultivars and plant densities. *Agron. J.* 85:703-705.
- Sangoi, L. 2000.** Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural, Santa Maria,* 31: 159-168.
- Schwarte, A.J., Gibson, L.R. Karlen, D.L. Liebman, M. and Jannink, J.L. 2005.** Planting date effects on winter Triticale dry matter and nitrogen Accumulation. *Agron.J.* 97: 1333-1341.
- Shafii, B. and Price, W.J. 2001.** Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. *J. Agric., Bio. Environ. Statis.* 6: 356-366.
- Shakiba, M.R, Ehdaie, M.A. Madore and Waines, J.G. 1996.** contribution of internode reserves to grain yield in a tall and semidwarf spring wheat, *J Genet Breed.* 50: 91-100.
- Sinclair, T.R, and Seligman, N.G. 2000.** Criteria for publishing paper on crop modeling. *Field Crops Res.* 68: 165–172.
- Sinclair, T.R. 1986.** Water and nitrogen limitations in soybean grain production: A Review. *Crop Sci.* 29, 90-98.
- Sinclair, T.R. and Horie, T. 1989.** Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use *Crop Sci.* 29:90-98. efficiency: A Review.
- Sinclair, T.R., Muchow, R.C. 2001.** System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies . *Agron. J.* 93: 263-270.

- Soltani A., Robertson, M.J.H. Zarei, J. Poorreza, and Rahemi, A. 2005.** Modeling chickpea growth and development: Biomass accumulation and partitioning. *Field Crops Res.* (Submitted)
- Soltani, A. and Hoogenboom, G. 2007.** Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. *Field Crop Res.* 103: 198- 207.
- Soltani, A., Galeshi, S. and Attarbashi, M.R. 2004.** Comparison of two methods for estimating parameters of harvest index increase during seed growth. *Field Crops Res.* 89: 369-378.
- Soltani, A., Galeshi, S., Kamkar, B. and Akramghaderi, F. 2008.** Modeling Seed Aging Effects on the Response of Germination to Temperature in Wheat. *Seed Sci. biotech.* 2: 32-36.
- Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K. Khooe, F.R. and Moghdam, M. 1999.** A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Res.* 62: 213-224.
- Soltani, A., Hammer, G.L. Torabi, B. Robertson, M.J. and Zeinali, E. 2006.** Modeling chickpea growth and development: phenological development. *Field Crops Res.* 99: 1-13.
- Soltani, A., Robertson, M.J. Torabi, B. Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006.** Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agron.Crop Sci.*192: 379-389.
- Soltani, A., Robertson, M.J. Torabi, B. Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006.** Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agric. For. Meteorol.* 138: 156-167.
- Soltani, A., Robertson, M.J., mohammad-Nejad Y. and Rahemi-karizaki, A. 2006.** Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Res.* 99: 14-23.
- Squire, G.R., Gregory, P.J. Marshal, B., Terry, A.C. and Momnteith, J.L. 1984.** Response to temperature in a stand of pearl millet. VI. Light interception and dry matter production. *J. Exp. Bot.* 35: 599-610.
- Steven, M.D., Biscoe, P.V., Jaggard, K.W. and Paruntu, J. (1986) . Foliage cover and radiation interception. *Field Crops Res.* 13:75-87.

Stinson, H.D. and Moss, D.N. 1960. Some effects of Shade upon corn hybrids tolerant and intolerant of density planting. *Agron. J.* 52: 482-484.

Summerfield, R.J., Lawn, R.J., Roberts, E.H. and Ellis, R.H. 1991. Toward the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of time to flowering field environments. *Exp. Agric.* 27: 11-31.

Tetio-Kagho, F. and Gardner, F.P. 1988. Responses of maize to plant population density. 1. Canopy development, light relations, and vegetative growth. *Agron. J.* 80: 930-935.

Thomson, B.D. and Siddique, K.H. M. 1997. Grain legume species in low rainfall Mediterranean-type environments II. Canopy development radiation interception, and dry matter production. *Field Crop Res.* 54: 189-199.

Tollenaar, M. and Dwyer, L.M. 1999. Physiology of maize. *Crop physiology and processes.* Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. pp. 169-199.

Tsubo, M., and Walker, S. 2002, A model of radiation interception and use by a maize/bean intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 110: 203-215.

Tsubo, M., Walker S. and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crop Research*, 71: 17-29.

Van Delden, A., Kropff, M.J. and Haverkort, A.J. 2001. Modeling temperature and radiation-driven leaf area expansion in the contrasting crops potato and wheat. *Field Crops Res.* 72: 119-142.

Van Ittersum, M.K. and Donatelli, M. 2003. Modelling cropping systems highlights of the symposium and preface to the special issues. *Eur. J. Agron.* 18: 187-197.

Wang, R., Bai, Y. and Tanino, K. 2005. Germination of intercrop seeds at reduced water potential: testing assumptions of hydrothermal time model. *Environ. Exp. Bot.* 53: 49-63.

Watson, D.J., 1974. Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops: I. Variation in Net Assimilation Rate and Leaf Area between Species and Varieties, and within and between Years, *Ann. Bot.* 1947. 11:41-76. of field Crops.

R., Jaggard, K.W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and . **Werker, A** evapotranspiration. *Agric. Forest Meteor.* 89: 229-240.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management* 17: 215-231.

Windauer, L., Altuna, A. and Benez-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. *IndustCrops. Product.* 25: 70-74.

Xu, C., and Pierre, F.J. 1998. Dry bean and soil response to tillage and row spacing. *Agron. J.* 90: 393-399.

Yao, Y., Liua, Q., Liua, Q. and Li, X. 2008. LAI retrieval and uncertainty evaluations for typical row-planted crops at different growth stages. *RemoteSens. Environ.* 112: 1.94-106.

yield and quality of sugar beet. *Crops Res. Centre, Oak Park, No 20:* 25p.

Yin, X, Stam, P. Kropff M.J. and Schapendonk, H. C.M. 2003. Crop modeling, QTL mapping, and their complementary role in plant breeding. *Agron. J.* 95: 90-98.

Simulation of radiation interception and biomass accumulation in cowpea

(Vigna sinensis)

Abstract

This study was aimed to investigate the radiation use efficiency and light extinction coefficient for cowpea plants (cultivar Bastami) at 4 sowing dates 9 Jun, 26 Jun, 13 Jul and 9 August and planting space within row 7, 10.13 and 16 cm during the 2010-2011 year on farms of College of Agriculture, Shahrood University of Technology which is located in the Bastam city. The experimental design was factorial based on randomized complete block design with three replications. Planting dates and densities were chosen just for creating variety of conditions of solar radiation absorption and then, quantifying radiation use efficiency and extinction coefficient. The results showed that delaying in planting date decreased linearly the growing degree days. So that, the longest period of growth was found for 9 June. The growing degree days achieved during this planting date was 1563. Analysis of variance showed that all attributes except the extinction coefficient and radiation use efficiency were significantly different at the 1% probability for tested planting dates and planting densities. The mean comparison results showed that the highest value of leaf area index, total dry matter production, grain yield, the intercepted light and ratio of intercepted

radiation at the time of flowering was found for 7 cm row spacing and planting date of 9 June. Extinction coefficient was not affected by plant density sowing date, and the mean value was 0.622. Radiation use efficiency was ranged from 0.785 to 0.844 Mj.m^{-2} . Temperature is one of the most important factors in light use efficiency. In this study, the mean temperature in the growing period varied between 18.9 and 22.5 $^{\circ}\text{C}$.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agronomy Science

M.SC.Thesis

Simulation of radiation interception and biomass accumulation in cowpea

Naser Esmaeili

Supervisor:

Dr.M.Gholipoor

Advisor:

Dr.M.Baradaran

Dr.Sh.Shahsavani

February 2013