

بررسی نیازهای حرارتی مراحل مختلف نمو آفتابگردان در کبوتر آباد اصفهان

جواد خوشحال دستجردی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان^۱
طلعت یساری، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان
حمید نوری، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان

چکیده

برای مطالعه نیازهای حرارتی مراحل نمو آفتابگردان بر اساس تعداد روز و درجه روز- رشدهای تجمعی و ارتباط این مراحل با رشد رویشی و عملکرد دانه و روغن، ۱۴ هیبرید و یک رقم آزاد گرده‌افشان آفتابگردان، در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان در سال ۱۳۸۴ مقایسه شدند. اثر ژنوتیپ بر تعداد روز و درجه روز - رشد تجمعی از کاشت تا مراحل ستاره‌ای، غنچه‌دهی، شروع گلدهی، ۷۵ درصد گلدهی، گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک بسیار معنی‌دار بود. خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بر اساس چهارده صفت مراحل نمو، آنها را در سه گروه دیررس، متوسط رس و زودرس قرار داد. رقم آزاد گرده افشان مورد مطالعه در گروه متوسط رس قرار گرفت. ضرایب همبستگی بین تعداد روز و درجه روز - رشدهای تجمعی با صفات رشد رویشی و زایشی عمدتاً مثبت و معنی‌دار بودند. براساس معادله رگرسیون چند متغیره خطی مرحله‌ای بین عملکرد و مراحل نمو، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک و درجه روز - رشدهای تجمعی مربوطه، مهمترین توجیه کننده عملکرد دانه بودند. درصد روغن با هیچ یک از مراحل نمو و درجه روز- رشدهای تجمعی مربوطه همبستگی معنی‌داری نداشت.

واژه های کلیدی: آفتابگردان، مراحل نمو، درجه روز - رشد، عملکرد دانه و روغن، تحلیل خوشه‌ای

مقدمه

ارتفاع صفر تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا کاشته می‌شود، اما معمولاً بالاترین عملکرد روغن در هکتار در ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر حاصل می‌گردد. در نواحی سرد عرض‌های جغرافیایی بالا کشت ارقام پا کوتاه زودرس متداول است (بنگ^۱ و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۳۱). دمای پایه برای رشد آفتابگردان، حدود ۶ درجه سانتیگراد است و در میانگین دمای شبانه روزی، ۱۰ تا بیش از ۳۲ درجه رشد می‌کند. رشد مطلوب آفتابگردان در میانگین دمای شبانه روزی ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتیگراد حاصل می‌شود. گیاه در ابتدای سبز شدن تا دمای ۵- درجه سانتیگراد را بخوبی تحمل می‌نماید، بعد از آن به سرما حساس می‌شود و در مرحله ۶ برگی در دمای ۲- درجه سانتیگراد یا کمتر یخ می‌زند. دانه‌های نارس از یخبندان آسیب می‌بینند، اما دانه‌های رسیده کمتر آسیب‌پذیر هستند. آفتابگردان ریشه توسعه یافته ای دارد که گیاه را به خشکی مقاوم می‌سازد. گیاه در مرحله رشد رویشی و اواخر رسیدگی دانه به خشکی مقاوم است، اما از مرحله رویت طبق تا رنگ گیری کامل دانه‌ها به خشکی حساس است. تولید آفتابگردان در شرایط دیم به حداقل ۳۰۰ تا ۳۵۰ میلی متر بارندگی طی فصل رشد نیاز داد (خواجه پور، ۱۳۸۳: ۲۰).

ژنوتیپ‌های آفتابگردان در دو گروه ارقام هیبرید^۲ و آزاد کرده افشان قرار می‌گیرند. ارقام هیبرید نسبت به ارقام آزاد کرده افشان برای اینکه حداکثر تولید خود را داشته باشند،

آفتابگردان، گیاهی متعلق به خانواده کاهوست. مرکز پیدایش این گیاه، احتمالاً جنوب غربی آمریکا و مکزیک است. آفتابگردان از مکزیک به اسپانیا و اروپای غربی و سپس از طریق هلند به روسیه و از آنجا به دیگر نقاط دنیا راه یافته است. در ابتدا از دانه‌های آفتابگردان، به عنوان غذا استفاده می‌شده و از گل‌های آن رنگ‌های طبیعی زرد و ارغوانی استخراج می‌گردیده است. برای اولین بار، در بین سال‌های ۴۰-۱۸۳۰ روغن گیری از دانه‌های این گیاه به صورت تجاری صورت گرفته است. کشورهای آرژانتین، روسیه، اتحادیه اروپا و چین بزرگ‌ترین تولید کنندگان آفتابگردان در دنیا هستند (ویس، ۲۰۰۰: ۲۰۵). از زمان ورود آفتابگردان به ایران اطلاع دقیقی در دست نیست. با تشکیل شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی و وارد کردن ارقام خارجی پر روغن در سال ۱۳۴۷، کشت آفتابگردان در سطوح بزرگ، جهت روغن گیری از دانه آن انجام شد. استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی، غربی و فارس مهمترین تولید کنندگان آفتابگردان آبی و استان‌های مازندران و گیلان مهمترین تولیدکنندگان آفتابگردان دیم هستند (خواجه پور، ۱۳۸۳: ۸).

آفتابگردان سازگار با شرایط مختلف آب و هوایی است؛ اما تولید تجاری آن بیشتر در نواحی نیمه گرمسیری صورت می‌گیرد. این گیاه، از ۴۰ درجه جنوبی تا ۵۵ درجه شمالی کشت می‌گردد، اما بیشترین تولید آن بین ۲۰ تا ۵۰ درجه شمالی و ۲۰ تا ۴۰ درجه جنوبی به دست می‌آید. این گیاه از

1- Bange
2- Hybrid

و میلر، ۱۹۸۱: ۹۰۲) اشاره نمود که بر اساس آن مراحل نمو آفتابگردان شامل سبز شدن، غنچه‌دهی، شروع گلدهی، ۷۵ درصد گلدهی، گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک است.

ارقام مختلف آفتابگردان از لحاظ طول دوران نمو با یکدیگر متفاوتند (گوین^۹ و همکاران، ۱۹۹۰: ۵۰۱)، ولی طول کل دوره نمو و نیز طول هر یک از مراحل مختلف نمو ارقام، از عوامل محیطی، بویژه طول روز و دما، تأثیر متفاوتی می‌پذیرند (خواجه پور وسیدی، ۱۳۸۰: ۹۲). بسیاری از ارقام آفتابگردان کاشته شده در ایران به طول روز حساس نیستند و در این ارقام، دما (در شرایط کفایت رطوبت) نقش مهمی را در تعیین طول دوران سبز شدن تا رویت طبق دارد. از آنجایی که افزایش طول روز با افزایش دما همراه است. (شکل ۱)، حساسیت به طول روز در رقم باید بسیار زیاد باشد تا بتواند عکس‌العمل به دما را تحت‌الشعاع قرار دهد. بنابراین، ساده‌تر خواهد بود که اثر طول روز بر طول این دوره در رابطه با اکثر ارقام مورد کشت در ایران که به طول روز بی‌تفاوتند نادیده گرفته شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۳: ۱۸).

برای مقایسه مراحل مختلف نمو محصولات مختلف در مکان‌های متفاوت (به دلیل اختلاف در شرایط محیطی)، استفاده از واحد تعداد روز از دقت کافی برخوردار نیست، در حالی که استفاده از واحد گرمایی نسبت به تعداد روز

احتیاج به شرایط محیطی مساعدتری دارند. بذر ارقام هیبرید نسبت به ارقام آزاد گرده افشان گرانتر است، ولی به واسطه عملکرد دانه و روغن بالا، یکنواختی رسیدگی و ارتفاع، ارتفاع کم بوته و قطر زیاد ساقه نسبت به ارقام آزاد گرده افشان ترجیح داده می‌شوند. ارقام رکورد^۱، زاریا^۲ و مستر^۳ از جمله ارقام آزاد گرده افشان و ارقام آذرگل، آلستار^۴ و هایسان^۵ رقم هیبریدی هستند که در ایران کشت می‌شوند.

یک رشته تغییرات کلی در رشد را که به سهولت قابل مشاهده باشند، می‌توان به‌عنوان مبنا برای تعیین مراحل نمو یک محصول در مزرعه، در نظر گرفت. بررسی و مطالعه این تغییرات را نسبت به زمان فنولوژی^۶ می‌نامند. با اطلاع از زمان وقوع مراحل نمو گیاه می‌توان تاریخ کاشت، انجام آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، تنظیم زمان برداشت، پیش‌بینی تعداد کارگر مورد نیاز و در نهایت تأمین شرایط مطلوب برای افزایش عملکرد را برنامه‌ریزی کرد (مظفری، ۱۳۸۲: ۱۴۰). دوران رشد آفتابگردان- از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک- را می‌توان بر اساس پیدایش اندام یا فرآیندهای خاص تقسیم‌بندی نمود. از جمله این تقسیم‌بندی‌ها می‌توان به روش اشنايدر^۷ و میلر^۸ (شنايدر

-
- 1 -record
 - 2 - Zaria
 - 3 - Master
 - 4 - Alstar
 - 5 - Hysun
 - 6 - Phenology
 - 7 - Schniter
 - 8 - Miller

به ترتیب مربوط به ارقام سور^۶ و فوریت^۷ با میانگین‌های ۷۷۰/۵ و ۸۳۰/۵ بود. همچنین، کمترین و بیشترین درجه روز - رشدهای از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب مربوط به ارقام سور و هایسان ۳۳ با میانگین‌های ۱۷۲۰/۵ و ۱۸۹۵/۷ درجه روز مشاهده شد.

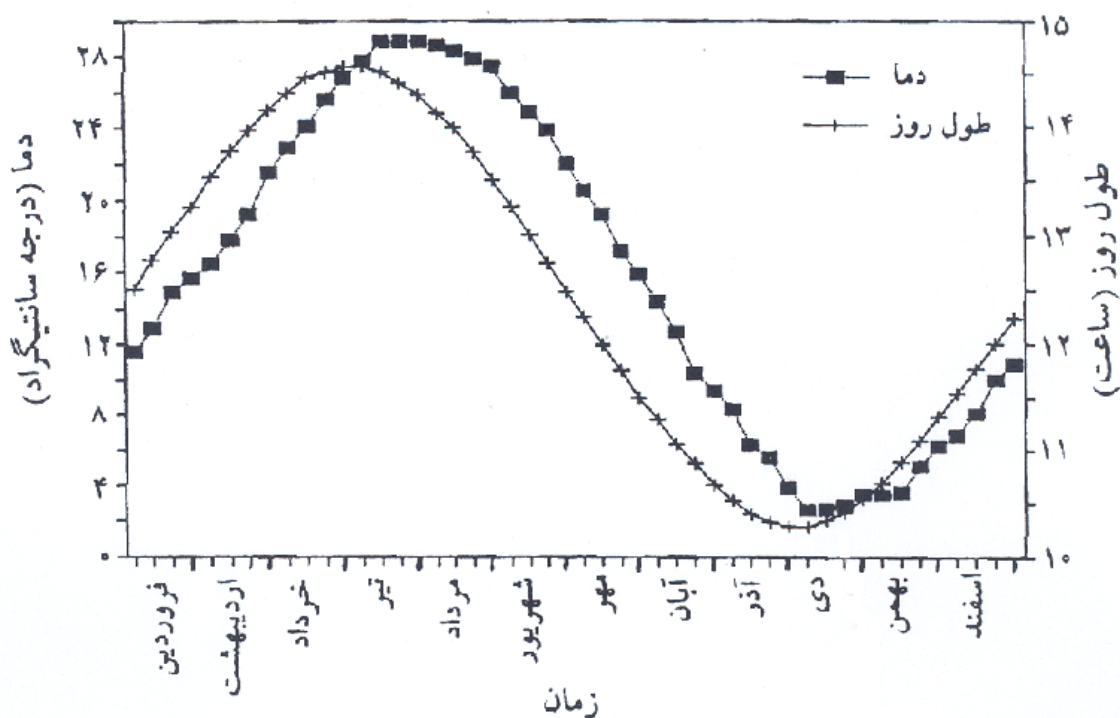
در مطالعه‌ای که توسط لئون^۸ و همکاران (۲۰۰۰). روی تعدادی از ژنوتیپ‌های آفتابگردان انجام شد، مشخص گردید که تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی عامل مهمی در تعیین پتانسیل عملکرد آفتابگردان است و این ویژگی پیچیده‌ای است که با ژنوتیپ، شرایط محیطی و تأثیرات متقابل آنها در ارتباط است.

هدف از این پژوهش، بررسی نیاز حرارتی مراحل نمو ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان براساس تعداد روز و درجه روز - رشد تجمعی، گروه‌بندی این ژنوتیپ‌ها بر این اساس، ارتباط این مراحل با خصوصیات رشد رویشی و زایشی، پیش‌بینی میزان عملکرد دانه و روغن با استفاده از طول این دوران و درجه روز - رشدهای تجمعی و معرفی مناسبترین ژنوتیپ‌های سازگار با اقلیم منطقه اصفهان، به عنوان کشت دوم بوده است.

برای تعیین زمان و دوام مراحل نمو در مکان‌ها و سال‌های مختلف از دقت بالاتری برخوردار است، زیرا شرایط از سالی به سال دیگر و از محلی به محل دیگر تغییر می‌کند (آیکن^۱، ۲۰۰۵: ۷۴۶). بر این اساس، هر گیاه زمانی به مرحله معینی از نمو می‌رسد که مقدار مشخصی حرارت از محیط گرفته باشد که به صورت واحد گرمایی^۲ یا درجه-روز- رشد^۳ بیان می‌شود که این مسأله صرفاً تابع ژنوتیپ است. (گیلمور^۴ و روجرز^۵، ۱۹۸۵: ۶۱۱). تأثیر اقلیم بر نمو گیاه، از طریق تسریع یا کند نمودن مراحل نمو اعمال می‌گردد. بدین ترتیب، با در اختیار داشتن مقدار درجه حرارت لازم برای هر مرحله نمو گیاهان زراعی و با توجه به آمار درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه، می‌توان مراحل نمو گیاهان را پیش‌بینی نمود. در مطالعه‌ای در ژاپن بر روی ارقام آفتابگردان روسی و استرالیایی، درجه روز رشدهای لازم تا رسیدگی فیزیولوژیک (با دمای آستانه ۵ درجه سانتیگراد) به ترتیب ۱۳۰۰ و ۱۳۶۷ درجه روز گزارش شد (ویس، ۲۰۰۰: ۲۱۸). بررسی دیگری (عسگری پور، ۱۳۸۳: ۶۵) نشان داد که اثر ارقام آفتابگردان بر مراحل مختلف نمو و درجه روز- رشدهای مربوطه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. در این آزمایش، کمترین و بیشترین درجه روز - رشدها از کاشت تا ستاره‌ای شدن

-
- 1 - Aiken
 - 2 - Heat unit
 - 3 - Growing Degree Days (GDD)
 - 4 - Gilmour
 - 5 - Rogers

-
- 2- Sur
 - 7 - Favorite
 - 8 - Leon



شکل شماره ۱ روند تغییرات میانگین دما و طول روز در محدوده شدت نور ۰/۰۰۱ کالری بر سانتی‌متر مربع بر دقیقه طی سال در اصفهان (خواجeh پور، ۱۳۷۷، ۳۷)

مواد و روش‌ها

۱۶/۱ درجه سانتیگراد است (کریمی، ۱۳۶۷:۵۰). بافت خاک، محل آزمایش لومی و PH آن حدود ۷/۸ است. در این آزمایش، ۱۴ هیبرید و یک رقم آزاد گرده‌افشان آفتابگردان (جدول ۱) در تاریخ ۲۰ تیر ماه در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مقایسه گردیدند. عملیات کاشت، داشت و برداشت بر اساس آزمایش‌های معمول آفتابگردان انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل: چهار ردیف، کاشت به طول ۶ متر و فاصله دو بوته در یک ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

این تحقیق، در سال ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان انجام شد. محل مورد نظر در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۵۴۱ متر از سطح دریا واقع است. این منطقه بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن، دارای اقلیم خشک و سرد است که تابستان‌های خشک دارد. میانگین دراز مدت بارش و درجه حرارت سالیانه به ترتیب حدود ۱۲۲ میلی‌متر و

جدول شماره ۱ اسامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی

ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ	شماره
CMS122/1×R14	۱۱	CMS1249×R864	۶	Hysun33	۱
CMS48×R864	۱۲	CMS51×R864	۷	Master	۲
CMS350/1×R256	۱۳	CMS27×R217	۸	CMS27×R864	۳
CMS973/1×R864	۱۴	CMS14×R864	۹	Azargol	۴
CMS1052/1×R864	۱۵	CMS1054×R14	۱۰	Alstar	۵

دمای ۳۲ درجه سانتیگراد و بالاتر از آن سرعت نمو ثابت است، لذا حد پایینی دمای میانگین ۶ و حد بالای آن ۳۲ درجه سانتیگراد منظور می‌شود تا از بروز خطا در محاسبه درجه روز- رشد جلوگیری شود (خواجه پور، ۲۰۱۳:۲۰). روند تغییرات دمای حداکثر و حداقل شبانه روزی منطقه در فصل رشد در شکل ۲ ارایه شده است.

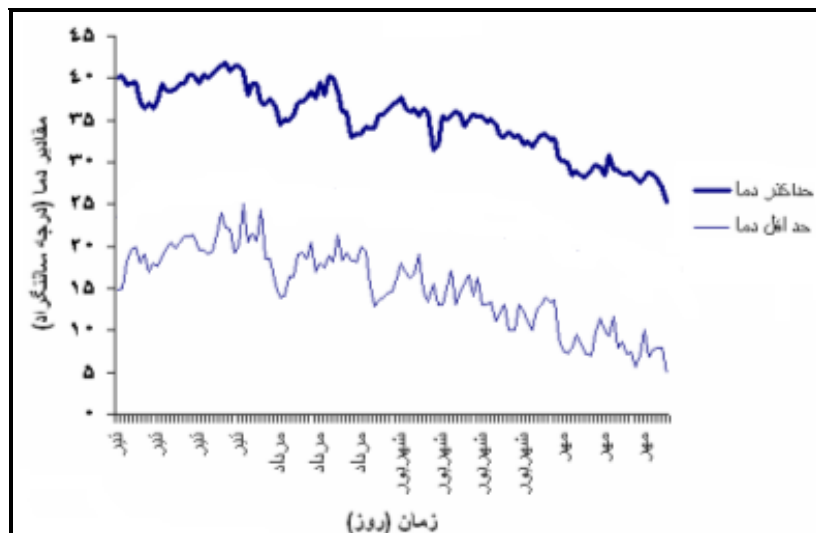
طول مراحل کاشت و شاخص حرارتی تا مراحل سبز شدن، ستاره‌ای، غنچه‌دهی، شروع گلدهی، ۷۵ درصد گلدهی، گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک، براساس مشاهده ظهور علائم مربوط به کمک روش شنايدر و ميلر تعیین و محاسبه گردید. در مرحله گلدهی کامل، پس از حذف نیم متر حاشیه از طرفین دو ردیف میانی هر کرت، پنج بوته به‌طور متوالی انتخاب شدند و خصوصیات مشروحه زیر برای هر ژنوتیپ در هرکرت اندازه‌گیری و برای یک بوته میانگین‌گیری شد.

برای بررسی روند تغییرات درجه حرارت در طول فصل رشد و همچنین محاسبه شاخص حرارتی، از آمار ایستگاه هواشناسی کبوترآباد واقع در محل آزمایش استفاده گردید. بدین منظور، با استفاده از رابطه (۱)، شاخص حرارتی روزانه بر حسب درجه روز- رشد تعیین و سپس تجمع آن تا هر مرحله از رشد و نمو و طول دوره رشد محاسبه گردید.

(۱)

$$Hi = \sum((Tmin + Tmax)/2) - Tb = \sum(Tmean - Tb)$$

در این رابطه Hi درجه روز- رشد، Tmin کمینه درجه حرارت روزانه هوا، Tmax بیشینه درجه حرارت هوا و Tmean دمای میانگین هوا است. همچنین، Tb درجه حرارت پایه آفتابگردان، معادل ۶ درجه سانتیگراد منظور می‌گردد. از آنجایی که در این گیاه در دمای کمتر از ۶ درجه سانتیگراد نمو صورت نمی‌گیرد و همچنین، در



شکل شماره ۲ روند تغییرات حداکثر و حداقل درجه حرارت ایستگاه کبوتر آباد اصفهان از اول تیر تا ۳۰ مهر ماه سال

۱۳۸۴

از آنجایی که مساحت برگ‌های پایینی، وسطی و انتهایی در آفتابگردان متفاوت است، باید روی سه برگ پایینی، وسطی و انتهایی هر بوته، طول و عرض پهنک برگ اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه فوق مساحت واقعی هر برگ محاسبه شود و برای تعیین مساحت برگ در یک بوته، متوسط مساحت سه برگ مذکور در تعداد برگ شمارش شده در هر بوته، ضرب می‌شود.

۳- وزن خشک بوته برحسب گرم که بدین منظور، برای تعیین وزن خشک قسمت‌های هوایی بوته‌ها، نمونه‌ها در یک خشک کن تهویه‌دار در حرارت ۷۰ درجه و به مدت ۷۲ ساعت خشک گردید و بلافاصله پس از خروج از آن با دقت یک صدم گرم توزین شدند.

عملکرد هر کرت از روی نمونه برداشت شده، از دو خط میانی هر کرت با مساحت ۳/۲ متر مربع برحسب کیلوگرم

۱- ارتفاع بوته از سطح خاک تا زیر میانگره برگ اول برحسب سانتی‌متر.

۲- تعداد و سطح برگ، برای محاسبه سطح برگ از روش راوسون^۱ و ترنر^۲ (راوسون و ترنر، ۱۹۸۲) استفاده شد. آنها با اندازه‌گیری طول و عرض تعداد زیادی برگ و همچنین اندازه‌گیری مساحت واقعی برگ‌ها با پلانیمتر معادله خطی (۲) را برای تعیین مساحت برگ گیاه آفتابگردان به دست آوردند که در آن $k=0/۷۷$ بهترین ضریب همبستگی خطی محاسبه شده است.

(۲)

$$k \times \text{عرض برگ} \times \text{طول برگ} = \text{مساحت برگ}$$

1 - Rowson

2 - Turner

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این که کار تحقیقاتی بر روی ژنوتیپ‌های برگزیده در این مطالعه، بتازگی آغاز گردیده است، به منظور درک مناسب‌تر ویژگی‌های این تحقیق، در بحث و مقایسه نتایج گرفته‌شده، عمده مقایسه‌ها با نتایج مطالعات قبلی بر روی ژنوتیپ‌های دیگر این گیاه انجام شده است. اثر ژنوتیپ بر تعداد روز و درجه روز - رشد‌های تجمعی از کاشت تا سبز شدن معنی‌دار نیست و در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از ۱۰۱/۷ تا ۱۲۲/۸ درجه روز متغیر است. همچنین، میانگین نیاز حرارتی لازم در مرحله کاشت تا سبز شدن ۱۰۸/۴ درجه روز رشد است که ۵ تا ۶ روز پس از زمان کاشت حاصل می‌شود (جدول ۲).

در مطالعه‌ای برای مرحله کاشت تا سبز شدن تجمع حدود ۸۰ تا ۱۰۰ واحد حرارتی با دمای پایه ۷ درجه سانتیگراد و حداکثر ۳۰ درجه سانتیگراد گزارش گردید (خواجه‌پور، ۱۳۸۳: ۱۷). با توجه به اینکه بذر در خاک جوانه می‌زند، طول این دوران تابعی از حرارت اطراف بذر است. با اینکه حرارت خاک را ممکن است تابعی از حرارت هوا دانست، ولی رابطه این دو تحت تأثیر عواملی مانند بافت، رنگ، شیب، رطوبت خاک، فواصل آبیاری، عمق کاشت بذر و خصوصیات بستر بذر تغییر می‌یابد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۶: ۵۲). بنابراین، تخمین دقیق این دوران مستلزم اندازه‌گیری مستقیم حرارت خاک است (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷: ۲۴).

متوسط تعداد روز از کاشت تا مراحل ستاره‌ای، غنچه‌دهی، شروع، ۷۵ درصد و گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب ۳۶، ۳۹، ۴۹، ۵۲، ۵۵ و ۹۳ روز بود و

در هکتار و بر اساس ۱۳ درصد رطوبت تعیین شد. درصد روغن به روش سوکسله^۱ بر مبنای یک نمونه ۸۰ گرمی از دانه‌های هر کرت تعیین شد. عملکرد روغن هر کرت از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه آن کرت به‌دست آمد.

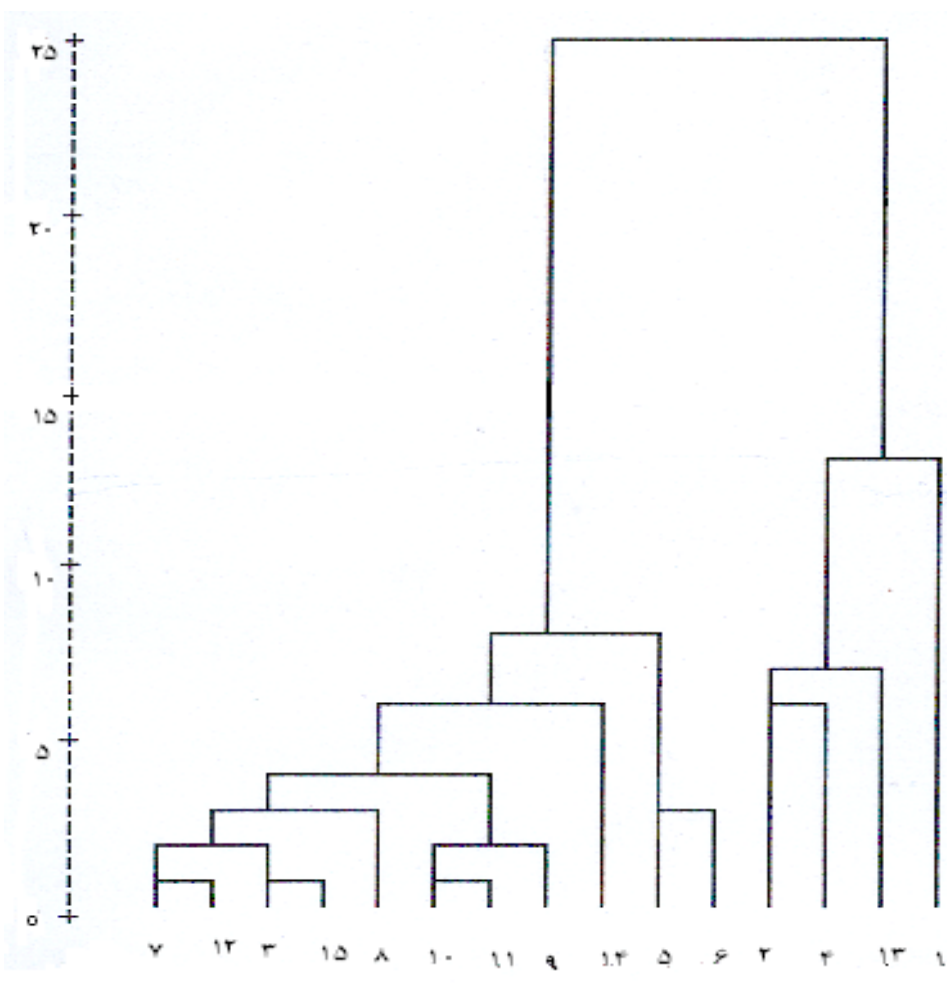
اعداد خام حاصل از این مطالعه، مورد تحلیل واریانس^۲ قرار گرفتند. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن^۳ در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. میانگین صفات ارقام مختلف، استاندارد شدند و توسط نرم افزار SPSS به روش متوسط فاصله^۴ تجزیه خوشه‌ای شدند. ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه شد. ضرایب معادله رگرسیون چند متغیره خطی مرحله‌ای بین میانگین عملکرد کرت به عنوان متغیر تابع و کلیه صفات مربوط به مراحل نمو، به عنوان متغیرهای مستقل با استفاده از برنامه رایانه‌ای SAS محاسبه گردید.

برای تعیین میزان خطر تنش حرارتی کشت دوم آفتابگردان در این منطقه، از آمار طولانی مدت ایستگاه کبوتر آباد و توزیع احتمال نرمال استفاده شد. برای آستانه کمینه و بیشینه دما، درصد احتمال برای تاریخی از سال که به ترتیب برای اولین بار دمای حداقل روزانه به ۶ درجه سانتیگراد و دمای حداکثر روزانه به ۳۲ درجه سانتیگراد رسیده، تعیین گردید.

1 - Soxelh
1- ANOVA
2- Duncan
3- Average Linkage

آزاد گرده افشان مستر از هیبریدهای مورد آزمایش درخور توجه است. به عنوان مثال، ژنوتیپ شماره ۹ که کمترین تعداد روز و به دنبال آن پایین ترین درجه روز - رشدهای تجمعی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک را داشت، برای مراحل ستاره‌ای، غنچه‌دهی و گلدهی دارای کمترین مقدار نبود. این مسأله می‌تواند در ارتباط با مستقل بودن هر یک از مراحل نمو در واکنش به عناصر اقلیمی در بعضی از ژنوتیپ‌ها باشد.

میانگین درجه روز - رشد تجمعی برای همین مراحل ۷۱۶، ۷۶۶/۱، ۹۶۱/۴، ۱۰۵۱/۳، ۱۰۵۵/۹ و ۱۶۸۴/۴ درجه روز محاسبه شد (جدول ۲). گزارش‌های مختلفی برای متوسط تعداد روز و میانگین درجه روز - رشد تجمعی در مراحل مختلف نمو، بسته به نوع گیاه، ژنوتیپ، تاریخ کاشت و غیره، وجود دارد. در رابطه با مراحل نمو، ژنوتیپ‌ها در این آزمایش صرف‌نظر از مرحله کاشت تا سبز شدن، عدم حفظ ترتیب این مراحل در اکثر ژنوتیپ‌ها و تفکیک شدن رقم



شکل شماره ۳ نمودار خوشه‌ای ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان مورد مطالعه

تولید اجزای عملکرد بیشتر ضرورت دارد و در این گیاهان، افزایش رشد رویشی و ایجاد پتانسیل رشد زایشی بیشتر از طریق انتخاب تاریخ کاشت (به منظور انطباق دوران رشد رویشی و شروع گلدهی با دماهای پایین) اهمیت دارد (خواجه پور، ۱۳۷۷: ۴۰).

اثر ژنوتیپ بر صفات رشد رویشی سطح برگ، ارتفاع بوته و وزن خشک بوته بسیار معنی‌دار ($p < 0/01$) است (جدول ۲). ضرایب همبستگی این صفات با کلیه مراحل نمو و درجه روز- رندهای مربوطه بجز مرحله کاشت تا سبز شدن مثبت و عمدتاً در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار است.

اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه و روغن نیز همانند مراحل نمو و صفات مربوط به رشد رویشی، بسیار معنی‌دار ($p < 0/01$) است؛ به طوری که همبستگی بین طول مراحل مختلف نمو و درجه روز - رندهای مربوطه بجز مرحله سبز شدن، با عملکرد دانه و روغن، عمدتاً مثبت و معنی‌دار بود، اما درصد روغن با هیچ یک از مراحل نمو و درجه روز- رندهای تجمعی مربوطه همبستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). معنی‌دار نشدن ضریب همبستگی درصد روغن با مراحل مختلف نمو و درجه روز- رندهای تجمعی مربوطه نشان دهنده سهم قابل توجه عوامل وراثتی مستقل در تشکیل این صفت نسبت به سایر صفات مورد مطالعه در این آزمایش است. در این ارتباط شیر اسماعیلی (شیر اسماعیلی، ۱۳۸۶: ۳۵) نیز نشان داد که درصد روغن ارقام آفتابگردان در تاریخ کاشت‌های مختلف در اصفهان، با طول مراحل نمو آنها هیچ ارتباطی ندارد. یادآور می‌گردد که عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد

اثر ژنوتیپ بر تعداد روز و درجه روز - رندهای تجمعی از کاشت تا وقوع مراحل ستاره‌ای، غنچه‌دهی، شروع، هفتاد و پنج درصد گلدهی و گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک بسیار معنی‌دار ($p < 0/01$) است (جدول ۲). این مسأله قابل انتظار است، چون طول مراحل مختلف نمو و در پی آن درجه روز- رندهای تجمعی مربوطه در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان متفاوت است.

نمودار خوشه‌بندی ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان مورد مطالعه با ترکیب ۱۴ صفت مراحل نمو، نشان داد که در مقیاس ۲۵، ژنوتیپ‌های ۱، ۱۳، ۴ و ۲ از سایر ژنوتیپ‌ها جدا می‌شوند. همچنین، در مقیاس حدود ۱۲، ژنوتیپ شماره ۱ نیز از ژنوتیپ‌های ۱، ۱۳، ۴ و ۲ جدا می‌گردد. همچنین، در حدود همین مقیاس می‌توان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش را به سه گروه دیررس (ژنوتیپ شماره ۱ با متوسط طول دوره فیزیولوژیک ۱۰۲ روز، معادل ۱۷۹۲/۷ درجه روز- رشد)، متوسط رس (شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۱۳ و ۲ با متوسط طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک ۹۷/۲ روز، معادل ۱۷۴۱/۲ درجه روز - رشد) و زود رس (شامل ژنوتیپ‌های ۶، ۵، ۱۴، ۹، ۱۱، ۱۰، ۸، ۱۵، ۳، ۱۲ و ۷ با متوسط طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک ۹۱/۶ روز معادل ۱۶۵۹/۱ درجه روز - رشد) گروه‌بندی نمود. شایان ذکر است که رقم آزاد گرده افشان مستر در بین ژنوتیپ‌های گروه متوسط رس قرار می‌گیرد.

افزایش طول دوران نمو، باعث افزایش رشد رویشی و زایشی گردید و گیاه از آن برای بالا بردن عملکرد دانه و به دنبال آن عملکرد روغن استفاده نمود. در گیاهانی مانند گلرنگ، آفتابگردان، لوبیا و سویا، افزایش رشد رویشی برای

تجاوز می‌نماید (حداکثر مطلق دمای این ایستگاه ۴۲/۶ درجه سانتیگراد است) و با توجه به تحمل آفتابگردان به دماهای بالا (میانگین شبانه روزی بیشتر از ۳۲ درجه سانتیگراد) و گرایش گرما دوستی این گیاه، مانعی برای رشد و نمو آن در این منطقه از اصفهان وجود ندارد؛ هر چند افزایش دما به مقادیر بالاتر از حد مطلوب، موجب کاهش طول دوران رشد گیاه، میزان رشد و عملکرد محصول می‌گردد (خواجه پور، ۲۰۱۳:۸۳). همچنین، با توجه به دوره کشت این گیاه در فصل تابستان (به‌عنوان محصول دوم) و میانگین دمای بالاتر از آستانه شروع فعالیت آن (۶ درجه سانتیگراد)، احتمال وقوع تنش حرارتی الاستیک یا پر خطر در گیاه، بسیار کم است. بررسی مقادیر طولانی مدت دمای ایستگاه کیوتوآباد نشان می‌دهد که درصد احتمال تابع توزیع نرمال برای آستانه کمینه دما (۶ درجه سانتیگراد)، از ۲۲ اردیبهشت تا ۲۳ فروردین و از ۱۴ آبان تا ۲۶ مهر، بین ۱ تا بیش از ۹۵ درصد تغییر می‌کند. به عبارت دیگر، دمای هوا با احتمال ۵۰ درصد در ۵ اردیبهشت به ۶ درجه سانتیگراد می‌رسد و دمای هوا تا ۴ آبان با همین احتمال از آستانه پایین‌تر نمی‌رود، به عبارت دیگر، گیاه در این فاصله زمانی از نظر حرارتی مانعی برای رشد و نمو ندارد (جدول ۴).

به‌عنوان نتیجه نهایی، در این مطالعه می‌توان به تفکیک ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در سه گروه دیررس، متوسط رس و زودرس، عدم حفظ ترتیب مراحل نمو در اکثر ژنوتیپ‌ها، عدم تفکیک رقم آزاد کرده افشان مستر از هیبریدهای مورد آزمایش و قابلیت پیش‌بینی، مطابق با عملکرد واقعی محصول در اصفهان به کمک معادلاتی که

دانه حاصل می‌شود و ارتباط معنی‌دار عملکرد روغن با مراحل نمو نیز در ارتباط با عملکرد دانه است و همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه و روغن (۰/۹۳۶)^۱ نیز مؤید همین مطلب است.

درجه روز- رشدهای تجمعی تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، اولین متغیری بود که در مدل تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تخمین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد آزمایش شد و به تنهایی ۴۵ درصد تغییرات را توجیه نمود. تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، دومین متغیری بود که وارد این مدل شد و به تنهایی ۲۹/۸۴ درصد تغییرات مدل و همراه با متغیر قبلی دقت مدل را به ۷۴/۸۴ درصد رساند (جدول ۳). با توجه به دارا بودن بالاترین ضریب همبستگی بین عملکرد کرت و درجه- روز رشدهای تجمعی از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۶۷۱)، ورود این متغیر در مرحله اول به مدل مورد انتظار است.

با توجه به تاریخ کاشت این گیاه در مزرعه به صورت کشت دوم یا تابستانه و تعیین درصد احتمال در روزهای مختلف از طریق تابع توزیع نرمال، برای آستانه‌های کمینه و بیشینه، می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر پایین‌تر از آستانه حداقل دمای روزانه در دوره کشت این گیاه دیده نمی‌شود، لیکن مقادیر حداکثر دمای روزانه تقریباً از اواسط مرداد ماه هیچ گونه تنش حرارتی آسیب‌رسانی برای این محصول ایجاد نمی‌کند. از آنجایی که میانگین دمای روزانه ایستگاه مورد نظر در طی سال‌های آماری مطالعه شده به ۳۲ درجه سانتیگراد نرسیده است و تنها دماهای حداکثر مطلق این ایستگاه طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور از این آستانه

۱- به مفهوم معنی داری در سطح یک درصد است

در آنها از صفات مراحل نموی و درجه روز- رشد‌های مربوطه گیاه استفاده شده، اشاره نمود. همچنین، می‌توان کشت رقم هایسان ۳۳ با بالاترین عملکرد دانه و رقم مستر با بالاترین عملکرد روغن را با توجه به تطابق مناسب نیاز حرارتی و اقلیم منطقه اصفهان، پیشنهاد کرد.

جدول شماره ۲ مقایسه * میانگین تعداد روز (D)، درجه روز - رشد تجمعی (GDD) از کاشت تا وقوع مراحل نمو، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و روغن و درصد روغن										
۷۵ درصد گلدهی		شروع گلدهی		غنچه دهی		ستاره ای		سبز شدن		ژنوتیپ
GDD	D	GDD	D	GDD	D	GDD	D	GDD	D	
۱۱۲۹ ^a	۵۹ ^a	۱۰۲۸ ^a	۵۳ ^a	۸۶۰ ^a	۴۴ ^a	۸۱۱ ^a	۴۱ ^a	۱۱۸ ^a	۵/۸ ^a	۱
۱۰۷۵ ^c	۵۶ ^c	۹۵۷ ^d	۴۹ ^d	۸۳۰ ^b	۴۲ ^{bc}	۷۶۲ ^{bc}	۳۹ ^b	۱۰۷ ^a	۵/۳ ^a	۲
۹۴۸ ^j	۴۹ ^j	۹۲۳ ^g	۴۷ ^g	۷۶۲ ^{de}	۳۹ ^{fg}	۶۹۴ ^{ef}	۳۵ ^{de}	۱۰۲ ^a	۵ ^a	۳
۱۰۴۷ ^d	۵۴ ^d	۱۰۱۰ ^b	۵۲ ^b	۷۹۱/۴ ^c	۴۰ ^{de}	۷۳۲ ^d	۳۷ ^c	۱۰۲ ^a	۵ ^a	۴
۱۰۲۹ ^e	۵۳ ^e	۹۸۳ ^c	۵۱ ^c	۷۵۲ ^{def}	۳۸ ^{fgh}	۷۰۷ ^e	۳۴ ^{de}	۱۱۷ ^a	۵/۸ ^a	۵
۱۰۰۱ ^{gh}	۵۱ ^g	۹۴۸ ^{de}	۴۸/۵ ^{de}	۷۷۱ ^d	۳۹ ^{ef}	۷۰۴ ^e	۳۶ ^d	۱۲۳ ^a	۶ ^a	۶
۹۶۶ ⁱ	۵۰ ^h	۹۳۲ ^{fg}	۴۷/۵ ^{fg}	۷۳۲ ^f	۳۷ ^h	۶۷۵ ^f	۳۴ ^e	۱۰۷ ^a	۵/۳ ^a	۷
۹۹۱ ^{gh}	۵۱ ^g	۹۴۰ ^{ef}	۴۸ ^{ef}	۷۵۲ ^{def}	۳۸ ^{fgh}	۶۸۵ ^{ef}	۳۴ ^{de}	۱۰۲ ^a	۵ ^a	۸
۹۸۳ ^h	۵۰/۵ ^{gh}	۹۴۰ ^{ef}	۴۸ ^{ef}	۷۶۲ ^{de}	۳۹ ^{fg}	۷۰۴ ^e	۳۶ ^d	۱۱۲ ^a	۵/۵ ^a	۹
۱۰۱۰ ^f	۵۲ ^f	۹۵۷ ^d	۴۹ ^d	۷۶۲ ^{de}	۳۹ ^{fg}	۶۹۴ ^{ef}	۳۵ ^{de}	۱۱۲ ^a	۵/۵ ^a	۱۰
۹۹۱ ^{gh}	۵۱ ^g	۹۴۸ ^{de}	۴۸/۵ ^{de}	۷۵۲ ^{def}	۳۸ ^{fgh}	۶۹۴ ^{ef}	۳۵ ^{de}	۱۱۲ ^a	۵/۵ ^a	۱۱
۹۸۳ ^h	۵۰/۵ ^{gh}	۹۳۲ ^{fg}	۴۷/۵ ^{fg}	۷۳۲ ^f	۳۷ ^h	۶۷۵ ^f	۳۴ ^e	۱۰۷ ^a	۵/۳ ^a	۱۲
۱۱۰۳ ^b	۵۷ ^b	۱۰۳۸ ^a	۵۳/۵ ^a	۸۴۰ ^b	۴۳ ^{ab}	۷۸۲ ^b	۳۹ ^b	۱۰۲ ^a	۵ ^a	۱۳
۱۰۱۰ ^f	۵۲ ^f	۹۵۷ ^d	۴۹ ^d	۸۰۱ ^c	۴۱ ^{cd}	۷۴۲ ^{cd}	۳۸ ^c	۱۰۲ ^a	۵ ^a	۱۴
۹۶۶ ⁱ	۴۹/۵ ⁱ	۹۳۰ ^{fg}	۴۷/۵ ^{fg}	۷۴۲ ^{ef}	۳۸ ^{gh}	۶۸۵ ^{ef}	۳۴ ^e	۱۰۲ ^a	۵ ^a	۱۵
۱۰۱۶	۵۲	۹۶۱	۴۹	۷۷۶	۳۹	۷۱۶	۳۶	۱۰۸	۵/۳	میانگین

ادامه جدول شماره ۲ مقایسه * میانگین تعداد روز (D)، درجه روز - رشد تجمعی (GDD) از کاشت تا وقوع مراحل										
نمو، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و روغن و درصد روغن										
درصد روغن	عملکرد روغن (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن خشک بوته (g)	ارتفاع بوته (cm)	شاخص سطح برگ (cm ²)	رسیدگی فیزیولوژیک		گلهی کامل		ژنوتیپ
						GDD	D	GDD	D	
۴۵/۱ ^{bcd}	۱۸۹۸ ^{ab}	۴۱۹۷ ^a	۴۴۶ ^{bcd}	۱۸۲ ^a	۲۳۲۰ ^a	۱۷۹۳ ^a	۱۰۲ ^a	۱۱۸۰ ^a	۶۱ ^a	۱
۴۸/۶ ^a	۲۰۳۳ ^a	۴۱۶۰ ^a	۵۲۵ ^{ab}	۱۵۸ ^b	۱۹۵۸ ^{bc}	۱۷۳۶ ^{bc}	۹۸/۵ ^{ab}	۱۱۴۶ ^b	۵۷/۵ ^c	۲
۴۷/۲ ^{abc}	۱۸۷۱ ^{ab}	۳۹۸۵ ^{ab}	۳۸۳ ^{cde}	۱۳۷ ^c	۱۵۴۷ ^{de}	۱۶۳۹ ^{gh}	۹۱/۵ ^{cdef}	۱۰۱۵ ^g	۵۲/۵ ^{ghi}	۳
۴۸/۱ ^a	۱۸۰۹/۹ ^{abc}	۳۷۶۱ ^{ab}	۵۴۱ ^a	۱۸۲ ^a	۲۳۳۰ ^a	۱۷۷۲ ^{ab}	۹۸/۵ ^{ab}	۱۰۷۴ ^d	۵۶ ^d	۴
۴۳/۱ ^{ef}	۱۵۹۰ ^{bc}	۳۷۰۰ ^{ab}	۴۱۰ ^{cde}	۱۴۶ ^{bcd}	۱۷۰۹ ^{bcd}	۱۷۰۰ ^{cdef}	۹۵ ^{bc}	۱۰۵۶ ^{de}	۵۴/۵ ^e	۵
۴۸/۴ ^a	۱۷۸۳ ^{abc}	۳۶۸۸ ^{ab}	۳۴۰ ^e	۱۵۶ ^{bcd}	۱۶۲۷ ^{cde}	۱۶۷۴ ^{defg}	۹۳ ^{cde}	۱۰۳۳ ^{efg}	۵۳/۵ ^{efg}	۶
۴۴/۶ ^{cdef}	۱۵۸۴ ^{bc}	۳۵۵۴ ^{ab}	۳۹۰ ^{cde}	۱۴۶ ^{bcd}	۱۶۵۸ ^{bcd}	۱۶۳۶ ^{gh}	۹۰ ^{ef}	۱۰۱۵ ^g	۵۲ ^{hi}	۷
۴۵/۹ ^{abcd}	۱۶۰۱ ^{abc}	۳۴۸۴ ^{ab}	۴۶۵ ^{abc}	۱۵۳ ^{bcd}	۱۸۳۰/۳ ^{bcd}	۱۷۰۹ ^{cde}	۹۴/۵ ^{bcd}	۱۰۲۹ ^{efg}	۵۳ ^{fgh}	۸
۴۳/۴ ^{def}	۱۵۰۷/۶ ^{bc}	۳۴۷۴ ^{ab}	۴۰۸ ^{cde}	۱۴۱ ^{cde}	۱۶۹۸ ^{bcd}	۱۶۱۶/۵ ^h	۸۸ ^f	۱۰۲۴/۱۳ ^{fg}	۵۳ ^{fgh}	۹
۴۴/۵ ^{cdef}	۱۵۴۸ ^{bc}	۳۴۷۱ ^{ab}	۳۹۷ ^{cde}	۱۵۷ ^{bc}	۱۸۹۸ ^{bcd}	۱۶۵۵ ^{fgh}	۹۰/۵ ^{def}	۱۰۴۳ ^{efg}	۵۴ ^{ef}	۱۰
۴۷/۷ ^{ab}	۱۶۵۰ ^{abc}	۳۴۵۹ ^{ab}	۳۶۹ ^{cde}	۱۴۸ ^{bcd}	۲۰۲۶ ^{ab}	۱۶۸۳ ^{defg}	۹۴ ^{cde}	۱۰۲۸ ^{efg}	۵۳/۵ ^{efg}	۱۱
۴۴/۴ ^{def}	۱۵۱۱/۶ ^{bc}	۳۳۹۷ ^{ab}	۴۳۰ ^{cde}	۱۴۹ ^{bcd}	۱۷۹۴ ^{bcd}	۱۶۳۶ ^{gh}	۹۰ ^{ef}	۱۰۱۹ ^{fg}	۵۲/۵ ^{ghi}	۱۲
۴۲/۱ ^f	۱۳۶۳ ^c	۳۲۴۰ ^b	۴۳۲ ^{cde}	۱۶۰/۲۵ ^b	۱۸۴۹ ^{bcd}	۱۷۱۶ ^{cd}	۹۴/۵ ^{bcd}	۱۱۱۵ ^c	۵۹/۵ ^b	۱۳
۴۷/۲ ^{abc}	۱۵۳۲ ^{bc}	۳۲۴۰ ^b	۳۵۳ ^{de}	۱۳۹ ^{de}	۱۴۷۷ ^e	۱۶۴۲ ^{gh}	۹۰ ^{ef}	۱۰۴۷ ^{def}	۵۴/۵ ^e	۱۴
۴۴/۳ ^{def}	۱۳۶۹ ^c	۳۰۹۲ ^b	۳۸۵ ^{cde}	۱۵۱ ^{bcd}	۱۴۷۱ ^e	۱۶۶۱ ^{efgh}	۹۱ ^{cdef}	۱۰۱۵ ^g	۵۱/۵ ⁱ	۱۵
۴۵/۶	۱۶۴۴	۳۵۹۲	۴۱۸	۱۵۴	۱۸۱۳	۱۶۸۴	۹۳	۱۰۵۶	۵۵	میانگین

جدول شماره ۳ خلاصه نتایج تجزیه رگرسیون مرحله ای برای تخمین عملکرد ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان

متغیر	ضریب تشخیص R^2	ضریب تشخیص جز $P.R^2$	سطح احتمال معنی دار بودن ضریب تشخیص جزء	ضریب رگرسیون	اشتباه معیار ضریب رگرسیون	سطح احتمال معنی دار بودن ضریب رگرسیون
عرض از مبدأ	-----	-----	-----	۵۴۲۱/۵۲۰۵۰۵۸۹	۲۱۸۷/۲۷۶۸۸۵۵۷	/۰۲۹۰
GDD تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۰/۴۵۰۰	۰/۴۵۰۰	۰/۰۰۶۲	-۱۵/۴۸۴۱۶۴۸۸	۴/۱۰۴۶۷۸۵۸	۰/۰۰۲۷
تعداد روز تارسیدگی فیزیولوژیک	۰/۷۴۸۴	۰/۲۹۸۴	۰/۰۰۲۷	۲۵۹/۶۶۷۹۹۲۲۵	۵۵/۳۱۷۶۸۹۴۲	۰/۰۰۰۵

جدول ۴- درصد احتمال تابع توزیع نرمال دمای آستانه در ایستگاه کبوتر آباد

درصد احتمال	۱	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	>۹۵
دوره بازگشت(سال)	۱۰۰	۲۰	۱۰	۵	۳/۳	۲/۵	۲	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱/۱	۱/۰۵
شروع آستانه کمینه دما(۶) درجه)	۱۳۲ اردیبهشت	۱۱۷ اردیبهشت	۱۰۴ اردیبهشت	۹۱ اردیبهشت	۷۹ اردیبهشت	۶۳ اردیبهشت	۵۱ اردیبهشت	۳۳ اردیبهشت	۱۳۱ فروردین	۲۹ فروردین	۲۶ فروردین	۲۳ فروردین
پایان آستانه کمینه دما(۶) درجه)	۴ آبان	۱ آبان	۹ آبان	۱۷ آبان	۲۶ آبان	۳۵ آبان	۴۴ آبان	۵۲ آبان	۶۱ آبان	۳۰ مهر	۲۸ مهر	۲۶ مهر

منابع

- ۱- خواجه‌پور، محمد رضا. (۱۳۷۷). نقش طول روز و دما در انتخاب تاریخ کاشت محصولات زراعی، پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، صص ۳۵ تا ۵۵.
- ۲- خواجه‌پور، محمد رضا. (۱۳۸۳). گیاهان صنعتی، اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی.
- ۳- خواجه‌پور، محمد رضا و فرامرز سیدی. (۱۳۸۰). اثر دما و طول روز بر مراحل نمو ارقام آفتابگردان در شرایط مزرعه، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم (شماره دوم): ۹۱-۱۰۷.
- ۴- سرمندیا، غلامحسین و عوض کوچکی. (۱۳۶۶). جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه)، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی.
- ۵- شیر اسماعیلی، غلامحسین. (۱۳۸۶). گزارش نهایی «تعیین تاریخ کاشت مناسب هیبریدهای آفتابگردان در کشت دوم، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۵۲ صفحه.
- ۶- عسکری‌پور، محمد. (۱۳۸۳). مطالعه سازگاری ارقام جدید آفتابگردان روغنی جهت کشت دوم در منطقه اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.
- ۷- کریمی، مهدی. (۱۳۶۷). آب و هوای منطقه مرکزی ایران، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۸- کوچکی، عوض، محمد حسن راشد محصل، مهدی نصیری و رضا صدرآبادی. (۱۳۶۷). مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۹- مظفری، غلامعلی. (۱۳۸۲). هواشناسی کشاورزی (ترجمه)، انتشارات نیک پندار.
- 10 -Aiken, R.M., 2005, Applying thermal time scale to sunflower development. Agron. J. 97:746-754.
- 11-Bange, M.P., G.L. Hammer and K.G. Rickert, 1997, Environmental control of potential yield of sunflower in the subtropics, Australian Journal of Agricultural Research, 48(2), 231-40.
- 12 -Gilmour, E.C. and J.S. Rogers, 1985, Heat unit as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50:611-615.
- 13 -Goyne, P.J., A.A. Schneiter and K.C. Cleary, 1990, Prediction of time to anthesis of a selection of time to onthesis of a selection of sunflower genotypes. Agron. J. 82:501-505.
- 14 -Leon, A.J., F.H. Andrade, and M. Lee, 2000, Genetic mapping of factors affecting quantitative variation for flowering in sunflower. Crop Sci. 40:404-407.

- 15 -Rowson. H. M. and N.C. Turner, 1982, Recovery from water stress in five sunflower cultivars, Aust. J. Plant Physiol. 9:437- 448.
- 16 -Schneiter, A.A. and J.F. Hiller, 1981, Description of sunflower growth stage, Crop Sci. 21: 901-903.
- 17- Weiss,E.A., 2000, Oilseed crops, victoria, Australia, second edition ,364pp.