"مجله علوم زراعی ایران"
جلد ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۳

# ارزیابی فازهای پیش از گلدهی حساس به فتوپریود و درجه حرارت در دو واریته محلی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

# An appraisal of photoperiod and temperature sensitive pre-flowering phases for two cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces

سیدمحمدسرمد نبوی[۱] و حمید رحیمیان مشهدی[۲]

## چکیده

**به منظور ارزیابی چگونگی فازهای مختلف حساسیت به فتوپریود و درجه حرارت تا پیش از ظهور اولین آغازین چتر در زیره سبز، یک آزمایش انتقال متقابل از فتوپریود ۸ به ۱۶ ساعت و بالعکس تحت دو درجه حرارت روز به شب ۲۰/۱۰ و ۳۰/۲۰ درجه سانتیگراد با دو توده محلی مشهد و آذرشهر انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل داده ها و براورد طول فازهای مختلف از دو مدل الیس و آدامز استفاده شد. نتایج حاصل از هردومدل نشان داد احتمال این که بین توده های زیره سبز ایران به لحاظ واکنش به محیط فتوترمال تنوع وجود داشته باشد زیاداست. به عنوان نمونه مشخص شد که حساسیت به فتوپریود در توده آذرشهر بیشتر از توده مشهد می باشد. هم چنین معلوم شد که زمانبندی فازهای مختلف تحت تاثیر درجه حرارات قرار داردکه از جمله عمده ترین منابع خطا در خروجی های مدل های فنولوژی می باشد. رفتار متفاوت فازهای حساس و فازهای غیر حساس به فتوپریود در هردو مدل درقبال درجه حرارت تاییدی است برفرضیات موجود درخصوص نقش گروه های ژنی مختلف بادرجه حرارت های کاردینال متفاوت در کل فرایند نمو. مشخص شد که حساسیت به درجه حرارت ژن های فتوپریودی در توده آذرشهر بیشتر از توده مشهد می باشد. نتایج این تحقیق امکان آزمون فرضیات مربوط به رفتار موجبیتی سیستم نموی را در زیره سبز فراهم می آورد. علاوه بر این با درک بهتر زمانبندی تغییرات حساسیت به فتوپریود و درجه حرارت می توان صحت تخمین های مدل های فنولوژی را بهبود بخشید.**

**واژه های کلیدی:** زیره سبز، فتوپریود، حساسیت به فتوپریود، القاء گلدهی.

## مقدمه

تحقیق پیرامون گلدهی گیاهان زراعی عمدتا به دو منظور انجام می شود. ۱- فهم فرایندهای فیزیولوژیک دخیل در گلدهی ۲- تجزیه و تحلیل کمی اثرات محیط فتوترمال بر زمانبندی فازهای مختلف گلدهی.در بسیاری از گیاهان به لحاظ حساسیت به محیط فتوترمال فازهای کاملا متمایزی قابل تشخیص می باشند (Roberts et al.,1986). درک این که گیاهان چه هنگام نسبت به فتوپریود حساس می شوند و چه هنگام این حساسیت رفع می شود و این که تحت تأثیر محیط به ویژه درجه حرارت و تنش های محیطی این زمانبندی چگونه تغییر می کند حائز اهمیت فراوان است چرا که از

تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۲/۲۴

۱- پژوهشیار سازمان پژوهش های علمی و صنعتی - مرکز اصفهان ۲- استاد دانشگاه تهران



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

یک سو واکنش به محیط فتوترمال مبنای سازگاری و عملکرد گیاهان زراعی می باشد و می تواند به عنوان یک شاخص مهم در برنامه های اصلاحی مد نظر قرار گیرد و از سوی دیگر چنین فهمی به صحت هرچه بیشتر خروجی های مدل های فنولوژی و به تبع آن مدل های نمو و رشد و عملکرد منجر می گردد. ارزیابی فازهای مختلف حساسیت به فتوپریود با انجام آزمایش های انتقال متقابل از طول روزهای القائی به غیرالقائی و بالعکس در فاصله زمان های ثابت ویا متغییر قابل انجام است. فرایند گلدهی را می توان به یک سری فازهای متوالی تقسیم بندی نمود. گیاهچه ها عمدتا به واسطه عدم حساسیت به فتوپریود قادر به گلدهی نمی باشند. ازاین فاز نمو مقدماتی به فاز جوانی (Thomas and Vince-Prue, 1997) یا فاز پیش از القاء غیرحساس به فتوپریود (Roberts et al., 1986)یاد شده است. برای این که یک گیاه نسبت به محرک های القاءکننده گلدهی واکنش نشان دهد لازم است که اندام های فیزویولوژیک فعال نظیر برگ ها، مستعد تولید پیام های انگیزشی گلدهی بوده و مریستم های هدف نیز استعداد پاسخ گویی به این پیام ها را داشته باشند. مبنای فیزیولوژیک فاز جوانی در گیاهان مختلف متفاوت است. به عنوان مثال در توتون ( *Nicotiana tabacum* ) فاصله بین مریستم انتهایی و سیستم ریشه ای عامل عمده تعیین کننده شروع فاز حساسیت به فتوپریود در شرایط القائی شناخته شده است (McDaniel, 1980). در مورد برخی گیاهان دیگر سن مریستم ها به عنوان عامل اصلی حاکم بر اتمام فاز جوانی معرفی شده است (Evans et al.,1992). در بسیاری از گونه های علفی پدیده جوانی بیش از هر چیز دیگر به عدم کفایت اندام های پیام ده از جمله برگ ها مربوط می باشد (Lang,1965). بازگشت از فاز حساسیت به فاز جوانی در اکثر گونه ها نادراست (Thomas and Vince-Prue, 1984). به محض این که امکان پاسخ گویی به محرک های خارجی در گیاه پدید آید فرایند القاء آغاز می شود، بدین ترتیب که از اندام های مبداء به ویژه برگ ها پیام هایی به هدف مریستم ها صادر می شود (McDaniel et al., 1992; O'Niel, 1992). به منظور تمیز بین تغییرات در مریستم ها و فرایندهایی که منجر به صدور پیام از برگ ها می شوند از تعریفی تحت عنوان فراخوان گلدهی (Floral Evocation) جهت توصیف رخدادهای مریستم ها استفاده می شود (Evans,1969). در بسیاری از گونه ها زمانی قابل تصور است که سرنوشت مریستم در پاسخ به پیام های صادر شده از آن زمان به بعد غیر قابل بازگشت می شود. از چنین حالتی به الزام به گلدهی(Floral Commitment) تعبیر می شود(Bernier,1988). گرچه برخی از گونه ها هرگز به صورت غیر قابل بازگشت به حالت الزام به گلدهی نمی رسند. در گونه های مختلف تعداد چرخه های القائی مورد لزوم جهت رسیدن به حالت الزام به گلدهی فرق می کند به عنوان مثال در برنج واریته زولو تنها یک چرخه القائی و در داوودی زمستانه حدود هفت الی هشت چرخه القائی روز کوتاه لازم است تا در همان تعداد برگی که گیاهان تحت طول روزهای کوتاه ممتد به گل می رسند، گلدهی انجام شود (Cockshull,1972; Vince-Prue,1975).

فتوپریود علاوه بر القاء گلدهی در مراحل اولیه نمو اندامهای زایشی نیز حائز اهمیت می باشد. پس از این مرحله گیاهان نسبت به فتوپریود کاملا غیر حساس می شوند. در گیاهان با الگوی گلدهی نامحدود نظیر زیره سبز وقتی نمو بخشی از گل های موجود نسبت به فتوپریود مستقل می شود الزاما به این معنی نخواهد بود که گل های بعدی نیز چه به لحاظ القاء و چه به لحاظ نمو مستقل از فتوپریود ایجاد می شوند. با این همه اکثر پژوهشگران بر این عقیده اند که القاء گلدهی در یک گیاه حتی با الگوی گل دهی نامحدود و به تبع آن ورود به مرحله الزام به گلدهی برای گل های مختلف به صورت منفرد انجام نمی شود بلکه در یک



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

مرحله و برای کل گل ها صورت می پذیرد (Asumadu et al., 1998). البته دیگر فرایندهای نمو ممکن است حتی پس از استقلال نمو گل از فتوپریود باز هم نسبت به آن حساس باشند. به عنوان مثال در بادام زمینی گرچه زمان تا اولین ظهور گل تحت تأثیر طول روز قرار نمی گیرد (Bagnal and King, 1991a) اما تعداد گل و پگ (peg) در روزهای کوتاه افزایش می یابد (Bagnal and King, 1991b). در مورد سویا نیز نشان داده شده است که نه تنها القاء گلدهی بلکه تمایز گل ها، طویل شدن غلاف ها، پر شدن دانه ها و نیز افراز و تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام های در حال رشد نیز تحت تأثیر طول روز قرار دارد(Morandi et al., 1988).

پژوهشگران مختلفی حسب آزمایش های انجام شده چنین اظهار نظر کرده اند که زیره سبز گیاهی روز بلند است و نسبت به طول روز حساس می باشد (بالندری، ۱۳۷۳؛ رحیمیان، ۱۳۷۰؛ کافی، ۱۳۶۹ و ملافیلابی، ۱۳۸۱). با این همه هیچ گونه آزمایش اختصاصی دراین مورد انجام نشده است. به واسطه ماهیت نامحدود پدیده گلدهی در زیره سبز و مشابهت آن با گلدهی سویای نامحدود می توان با استناد به تحقیقاتی که در مورد سویا انجام شده به بررسی و تحلیل چگونگی واکنش زیره سبز در قبال اثرات متقابل درجه حرارت و طول روز پرداخت. میجر و همکاران (Major et al., 1975) دوره کاشت تا شروع گلدهی سویا را به دو دوره کاشت تا سبز کردن و دوره سبز کردن تا گلدهی تقسیم و چنین فرض کرده اند که طی دوره اول تنها درجه حرارت و طی دوره دوم درجه حرارت و طول روز توامان بر فرایند نمو مؤثر می باشند. جونز و لیانگ (Jones and Liang, 1978) همین فاصله را به سه مرحله تقسیم کرده اند :۱) کاشت تا اولین برگ غیر لپه ای ۲) اولین برگ غیر لپه ای (حقیقی) تا ایجاد گل (گل زایی) ۳) ایجاد گل تا گلدهی. مراحل ۱، ۲ و ۳ به ترتیب نسبت به درجه حرارت، درجه حرارت و طول روز و نهایتا درجه حرارت و طول روز حساس می باشند.

هاجز و فرنچ (Hodges and French, 1985) در حد فاصل کاشت تا اولین گل چهار فاز را پیشنهاد کرده اند ۱) کاشت تا سبز کردن که وابسته به درجه حرارت است ۲)سبز کردن تا پایان فاز جوانی که وابسته به درجه حرارت است ۳) پایان فاز جوانی تا پایان فاز القاء گلدهی که وابسته به طول روز و درجه حرارت است و ۴) فاز نمو گل که وابسته به درجه حرارت می باشد. ژنوتیپ های مختلف سویا از نظر زمان شروع حساسیت به طول روز تنوع زیادی را نشان می دهند. چنین تنوعی در مورد توده های بومی زیره سبز ایران نیز قابل تصور است. این گمان از آنجائی تقویت می شود که بدانیم طیف مناطق کشت زیره سبز به لحاظ طول روز، اقلیم به ویژه رژیم حرارتی و نیز تاریخ کاشت بسیار وسیع و متنوع است (بالندری، ۱۳۷۳؛ ملافیلابی، ۱۳۸۱).

**تجزیه و تحلیل داده های آزمایش های انتقال متقابل**

طول فازهای مختلف نمو را می توان با استفاده از آزمایش های انتقال متقابل مشخص نمود. در این نوع آزمایش ها گیاهان درفواصل زمانی منظم یا غیرمنظم از محیط با شرایط القائی به محیط با شرایط غیرالقائی و بالعکس منتقل می شوند و زمان تا گلدهی به عنوان متغیر پاسخ درهر انتقال ثبت می شود(Wang et al., 1997a). معمولا به محض جوانه زدن و سبز کردن انتقال های متقابل شروع می شوند و تا هنگام اولین گل زایی و یا ظهور اولین گل ادامه می یابند. در مورد یک گیاه روز بلند اگر اعمال طول روزهای کوتاه محدود به فاز جوانی گیاه و یا فاز غیرحساس به فتوپریود باشد هیچ تأخیری در زمان گلدهی به وجود نمی آید. بالعکس اگر روزهای کوتاه مقارن فاز حساسیت به فتوپریود شروع شده باشند تعداد روزهای تا گلدهی شدیدا افزایش می یابد (شکل ۱). بر همین روال روزهای بلند در مورد یک گیاه روز بلند تنها ا گر مقارن مراحل حساس به فتوپریود اعمال شده باشند موجب تسریع گلدهی می شوند.



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

در آزمایشی که در مورد عدس (*Lens culinaris* L.) انجام شده سه مرحله نمو متمایز شناسایی شده است، مرحله پیش از القاء غیر حساس به فتوپریود (فاز جوانی)، مرحله القاء حساس به فتوپریود و مرحله پس از القاء غیرحساس به فتوپریود (Roberts et al., 1986). ورگارا و چانگ (Vergara and Chang, 1985) در آزمایشی بر روی برنج از فاز اولیه غیر حساس به فتوپریود تحت عنوان فاز رویشی پایه (Base vegetative phase) نام برده اند. این فاز به انضمام فاز حساسیت به فتوپریود (Photoperiod sensitive phase) که به هنگام شروع تشکیل پانیکل خاتمه می یابد به عنوان فاز رویشی شناخته شده اند. فاز رویشی پایه درست برخلاف تعبیر یاد شده در آزمایش میجر و کینیری (Major and Kiniry, 1991) به صورت دوره سبز کردن تا گل زایی تعریف شده است. براین اساس نوعی عدم توافق در منابع در خصوص واژگان، تعبیرها و تعریف ها مربوط به فازهای مختلف نمو از نقطه نظر چگونگی حساسیت به فتوپریود و نیز زمانبندی آن وجود دارد.

در گیاهانی که به یک گل آذین انتهایی ختم می شوند و الگوی گلدهی مونوپودیال دارند تعداد برگ می تواند به عنوان شاخص جایگزین تعداد روزهای تا گلدهی یا گل زایی شود. در یک چنین حالتی زمانی که گیاه از شرایط القائی به غیر القائی وارد می شود، اولین زمانی که انتقال پس از آن زمان به کاهش فاحشی در تعداد برگ منجر می شود، مقارن زمانی خواهد بود که مریستم انتهایی وارد مرحله الزام به گلدهی می شود (Adams et al., 1998; Bradley et al., 1997). طول فاز جوانی را می توان با انتقال از شرایط غیر القائی به القائی تعیین کرد. گیاهان انتقال یافته در فاز جوانی همان تعداد برگی را خواهند داشت که گیاهان انتقال یافته در ابتداء فاز جوانی یعنی شروع مرحله سبز کردن دارند، در حالی که گیاهان انتقال یافته پس از اتمام فاز جوانی به نسبت تأخیر در ورود به شرایط القائی مناسب تعداد برگ بیشتری خواهند داشت که این نتیجه تأخیر در شروع گلدهی و فرصت بیشتر مریستم انتهایی برای تولید پریموردیای برگ می باشد (Adams et al., 1998; Cockshull, 1985). استفاده از تعداد برگ به عنوان متغییر تابع یا پاسخ در مورد زیره سبز با الگوی گلدهی نامحدود غیرممکن است.

طول فازهای مختلف نمو، به لحاظ حساسیت به فتوپریود، براساس طرحی مشابه شکل ۱ به طور تقریبی قابل برآورد می باشد (Boyle and Stimart, 1983; Patterson, 1995; Roberts et al., 1986).در مواردی نیز تجزیه و تحلیل رگرسیونی جهت برآورد مراحل مختلف حساسیت به فتوپریود مورد استفاده قرار گرفته است(Wang et al.,1997 a & b; Wilkerson et al.,1989). روش دیگر تجزیه و تحلیل این نوع داده ها روش الیس و همکاران است (Ellis et al., 1992). در مدل الیس و همکاران که مفهوم پارامترهای آن به صورت بصری در شکل ۱ نشان داده شده است، پارامترها که در واقع طول مراحل مختلف حساسیت به فتوپریودمی باشند از تجزیه و تحلیل هم زمان داده های دو دسته تیمارهای انتقال از شرایط القائی به غیر القائی و بالعکس به دست می آیند. از این مدل دیگر پژوهشگران نیز در مورد گیاهان زراعی مختلف استفاده کرده اند (Bertero et al., 1999; Collinson et al., 1992 & 1993; Ellis et al., 1997; Yin et al., 1997). مدل الیس و همکاران برای یک گیاه روز بلند به قرار زیراست.

در انتقال از روز کوتاه به روز بلند

(۱)

$$DTF = \begin{cases} a1 + II + a3 & \text{if} \quad DOT \le a1 \\ DOT + II - (DOT - a1)\, II / IS + a3 & \text{if} \\ a1 < Dot < a1 + Is & \\ a1 + Is + a3 & \text{if} \quad DOT \le a1 + Is \end{cases}$$

در انتقال از روز بلند به روز کوتاه



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

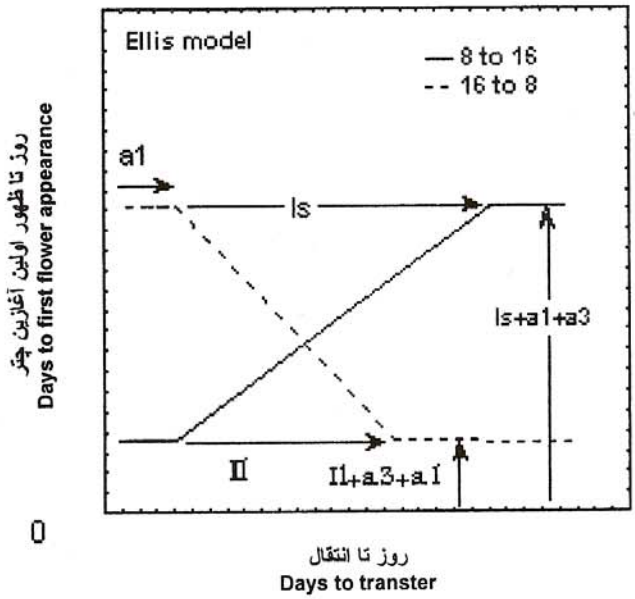
[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

(۲)

$$DTF = \begin{cases} a1 + Is + a3 & \text{if } DOT \le a1 \\ DOT + Is - (DOT - a1)\, Is/Il + a3 & \text{if } a1 < DOT < a1+Il \\ a1 + Il + a3 & \text{if } DOT \ge a1 + Il \end{cases}$$

در دو عبارت ۱ و ۲، DTF (Days to Flowering) روزهای تا گلدهی و DOT (Day of Transfer) روز انتقال به ترتیب متغیرهای تابع و مستقل مدل و a1 فاز پیش از القاء غیرحساس به فتوپریود (فاز جوانی)، Is فاز القاء حساس به فتوپریود تحت شرایط روز کوتاه و Il فاز القاء حساس به فتوپریود تحت شرایط روز بلند و a3 فاز پس از القاء غیرحساس به فتوپریود، پارامترهای مدل الیس می باشند.

در روش تحلیلی الیس فرض بر اینست که در پایان فاز پیش از القاء غیر حساس به فتوپریود PISPIP (Photoperiod insensitive preinductive phase) یا همان فاز جوانی (BVP) هر دو تیمار انتقال از شرایط القائی به شرایط غیرالقائی و بالعکس یک تغییر بلافاصله در زمان گلدهی قابل مشاهده خواهد بود (Ellis et al., 1992). نشان داده شده است که در گیاهان انتقال یافته از شرایط القائی به غیر القائی یک فاز تأخیر از زمان آغاز حساسیت به




شکل ۱- طرح بصری پارامترهای مدل الیس و همکاران

Fig. 1 .Schematic representation of Ellis et al., model parameters

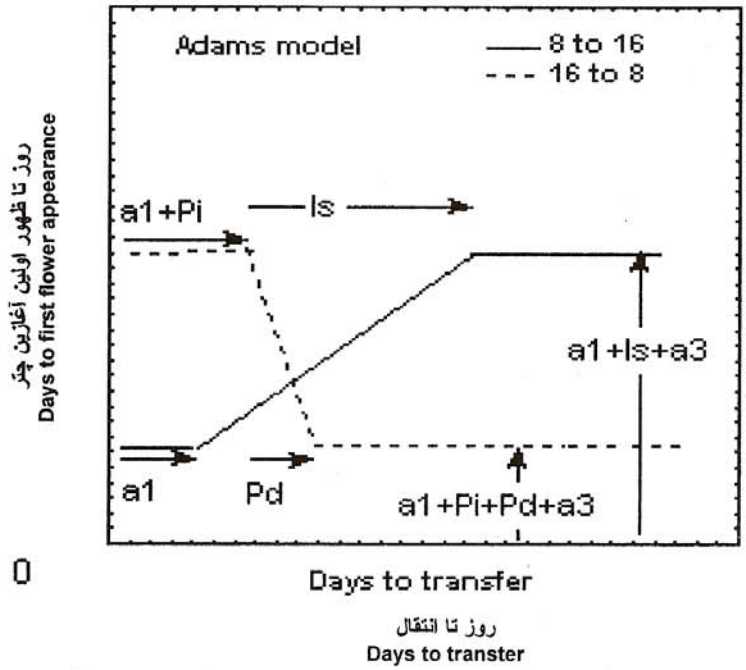
فتوپریود تا پیش از قابل مشاهده بودن تغییر در زمان گلدهی وجود دارد که در مدل الیس تعریف نشده است و طول این فاز با تعداد چرخه های القائی مورد نیاز جهت ورود به مرحله الزام به گلدهی متناسب است( Adams et al., 1998). در خشخاش که یک گیاه روز بلند است می توان حداقل چرخه های القائی مورد نیاز ورود به مرحله الزام به گلدهی را از فاز جوانی تفکیک کرد (Wang et al., 1997a). بر این اساس واضح است که در مدل الیس فاز جوانی با چرخه های القائی مورد نیاز ورود به مرحله الزام به گلدهی تداخل دارد و برآورد صحیحی از آن به دست نمی آید. این اشکال از آن جائی ناشی می شود که در مدل الیس فرض بر آن گذاشته می شود که زمان آغاز صعود منحنی صعودی با زمان آغاز نزول منحنی نزولی یکسان می باشد. به منظور رفع این مشکل آدامز فاز حساس به فتوپریود را به دو بخش فاز القاء Pi و فاز Pd حساس به فتوپریود تقسیم



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

کرده است (Adams et al., 1999). بر این اساس در مدل آدامز چهار فاز مختلف فرض شده است ۱) فاز جوانی غیرحساس به فتوپریود a1 ۲) فاز القاء حساس به فتوپریود Pi که با ورود به مرحله الزام به گلدهی خاتمه می یابد ۳) فاز نمو گل حساس به فتوپریود، Pd ۴) فاز نمو گل غیرحساس به فتوپریود a3 (شکل ۲).




شکل۲- طرح بصری پارامترهای مدل آدامز و همکاران

Fig. 2 .Schematic representation of Adams et al., model parameters

پارامترهای مدل آدامز عبارتند از a1، Pi ,Pd و Il و a3. Is و Il به ترتیب عبارتند از طول فاز حساسیت به فتوپریود در شرایط غیر القائی و القائی. Il به دو فاز القاء حساس به فتوپریود Pi و فاز نمو گل حساس به فتوپریود Pd تقسیم می شود. همان گونه که از شکل ۲ بر می آید در مورد یک گیاه روز بلند در شرایط انتقالی تعداد روز تا گلدهی ((Days to Flowering ( DTF)) براساس مدل آدامز به صورت زیر تعریف می شود.

در انتقال از روز کوتاه به بلند

۱)

$$DTF = \begin{cases} a1+ Pi + Pd + a3 & \text{if} \quad DOT < a1 \\ DOT + pd\,[(DOT - a1)\,(Pd+Pi) / Is] + & \\ a3 + Pi & \text{if } a1 < DOT < a1+Is \\ a1+ Is + a3 & \text{if} \quad DOT < a1 + Is \end{cases}$$

در انتقال از روز بلند به کوتاه

۲)

$$DTF = \begin{cases} a1+ Is + a3 & \text{if} \quad DOT < a1 + Pi \\ DOT + Is- [(DOT-a1-Pi)(Is-Pi)/ Pd] + & \\ a3 - Pi & \text{if} \quad a1 +Pi<DOT<a1+Pi+Pd \\ a1+ Pi + Pd + a3 & \text{if} \quad DOT < a1 + Is \end{cases}$$

هدف کلی این تحقیق بررسی مراحل مختلف حساسیت به فتوپریود در کل فرایند نمو زیره سبز می باشد. اهداف دیگر نیز عبارتند از بررسی چگونگی اثر درجه حرارت بر مراحل مختلف حساسیت به فتوپریود و نیز شناسایی چگونگی تفاوت های احتمالی بین توده های محلی زیره سبز از نقطه نظر واکنش به فتوپریود در مراحل مختلف نمو.

## مواد و روش ها

یک آزمایش انتقال متقابل از فتوپریود ۸ به ۱۶ ساعت و بالعکس در طی پاییز و زمستان سال ۸۲-۱۳۸۱



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

طراحی و اجرا شد. محل انجام آزمایش گلخانه تحقیقاتی تمام خودکار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بود. در این آزمایش دو توده محلی زیره سبز مشهد و آذرشهر انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور اعمال طول روزهای انتخابی از دو محفظه آلومینیومی استفاده شد که هر یک از این محفظه ها از دو بخش دو وجهی تشکیل شده بودند و در طی دوره های روشنایی به منظور استفاده کامل از نور طبیعی از یکدیگر جدا شده و مجددا به هنگام آغاز دوره تاریکی جفت شده و با یک پلاستیک سیاه سه لایه به نحوی پوشانیده شدند که نسبت به تاریکی مطلق داخل محفظه اطمینان حاصل شد. از یک چنین سیستمی به منظور اعمال دستی طول روز در آزمایش های گلخانه ای دیگری نیز استفاده شده است (Asumadu et al., 1998). انتقال ها به ترتیب در ۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۲، ۴۰، ۴۸ و ۵۶ روز از زمان سبز کردن انجام می شدند.

در اکثر آزمایش هائی که تیمارها طول روز می باشند تداخل تیمارهای طول روز و میزان انرژی تابشی تجمعی روزانه از منابع خطا به شمار می رود. در این آزمایش دوره روشنایی متشکل از تقریبا هشت ساعت نور طبیعی (وفق تاریخ انجام آزمایش) و هشت ساعت نور مصنوعی حاصل از شش لامپ بخار سدیم فشار زیاد ۴۰۰ وات بود. از آن جائی که میزان شدت تابش حاصل از ۶ لامپ بخار سدیم در نیم متری کف زمین حدود ۲۶ میکرومول فوتون PAR در مترمربع در ثانیه بود که به مراتب کمتر از میزان شدت تابش طبیعی به میزان تقریبا ۶۵۰ میکرومول فوتون PAR در مترمربع در ثانیه در ساعت ۱۲ ظهر می باشد، بنابراین می توان امکان تداخل اثر تیمارهای طول روز و اثرات فتوسنتزی انرژی تابشی تجمعی روزانه را منتفی دانست. طول روزهای ۸ و ۱۶ ساعت آن چنان انتخاب شدند که در برگیرنده طول روز بحرانی گلدهی زیره سبز بوده و با انتقال گیاه از یک طول روز به طول روز دیگر بتوان واکنش های قابل توجهی را در رفتار فنولوژیک گیاه مشاهده نمود. در محاسبه طول روز در منطقه مشهد در طول دوره آزمایش که به منظور تنظیم مدت نوردهی تکمیلی انجام می شد، مدت زمان شفق Twillight صبحگاهی و شام گاهی نیز منظور شده است چرا که شدت تابش در این اوقات از حدود هفت درجه زیر خط افق تا خط افق چه به هنگام طلوع و چه به هنگام غروب در عرض های جغرافیایی مختلف از حداقل ۲۰ فوت کندل که شدت آستانه تأثیر بر فرایندهای فتومورفوژنیک می باشد، فراتر می رود (Hanan, 1978). در این آزمایش زمان آغاز دوره روشنایی هر دو تیمار فتوپریودی ابتدا صبح انتخاب شد و پس از هشت ساعت نور طبیعی در تیمار فتوپریود ۱۶ ساعت از ۸ ساعت نور طبیعی تکمیلی با استفاده از لامپ های بخار سدیم استفاده شد.

درجه حرارت های روز به شب در هر یک از دو واحد گلخانه حسب فرمان داده شده به نرم افزار کنترل کننده سخت افزار گلخانه تحقیقاتی ۳۰/۲۰ و ۲۰/۱۰ درجه سانتیگراد بود. بررسی تغییرات ۲۴ ساعته درجه حرارت واحدهای مختلف گلخانه تحقیقاتی نشان دادکه با وجود انحرافاتی که به صورت معمول در چگونگی تغییرات ۲۴ساعته درجه حرارت به ویژه به لحاظ مقادیر کمینه و بیشینه روزانه مشاهده می شود، سطح زیر منحنی تغییرات روزانه درجه حرارت کمترین مقدار انحراف ممکن را از سطح زیر منحنی تیمارهای مورد نظر (میانگین وزن درجه حرارت های روز به شب مقرر × ۲۴ ساعت) نشان می دهد. کشت به طور مستقیم در گلدان هایی به ظرفیت دو کیلوگرم با خاکی متشکل از ۳۰ درصد ماسه بادی و ۷۰ درصد خاک زراعی با بافت لومی انجام شد. تراکم در هر گلدان حسب نتایج کافی (۱۳۶۹) چهار بوته در هر گلدان معادل ۱/۲۰۰/۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. بر این اساس پس از ظهور دومین برگ غیر لپه ای



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

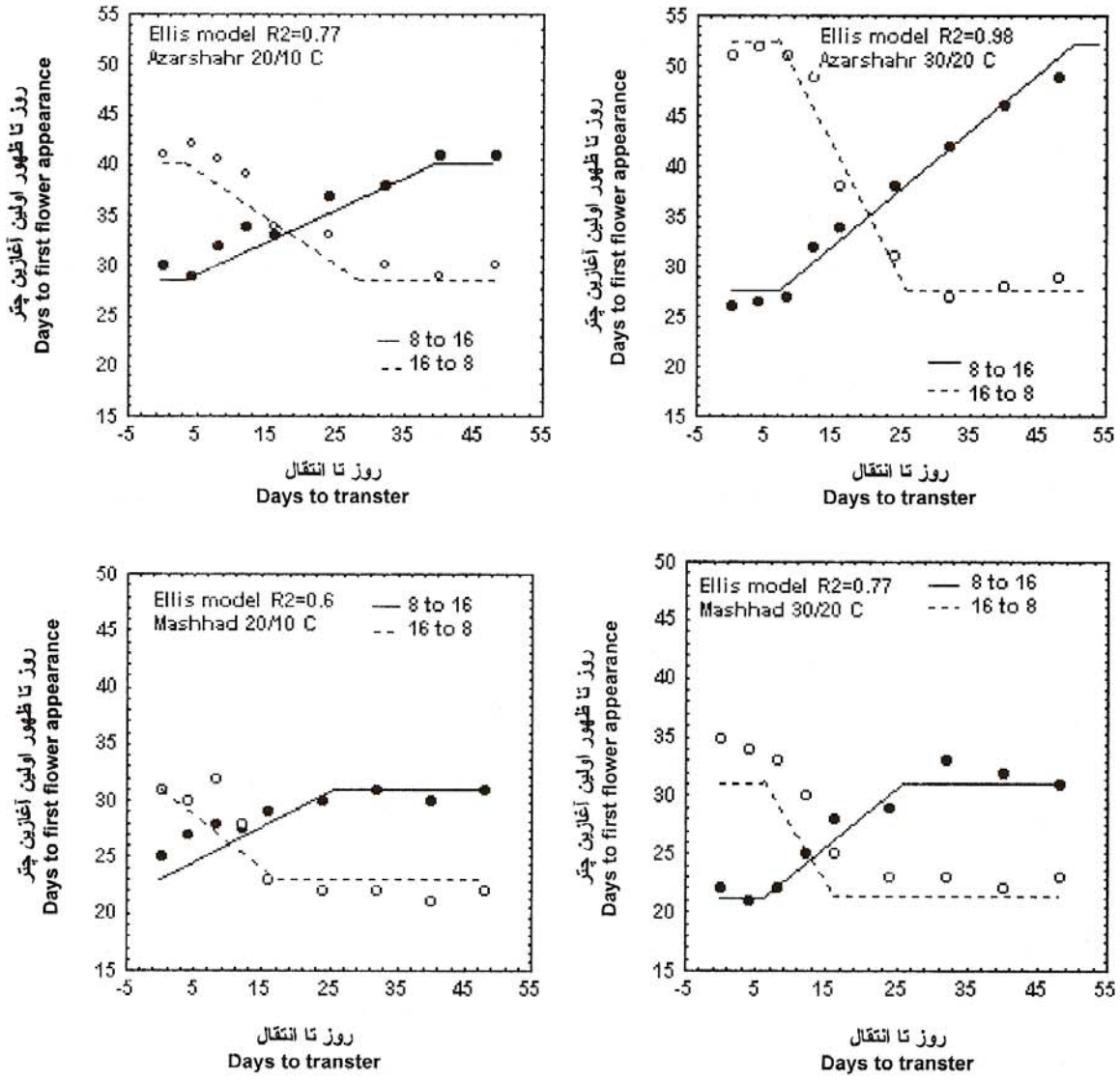
[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

گیاهان مازاد بر تراکم مطلوب در هر گلدان حذف گردیدند.

به منظور تخمین پارامترهای مدل های مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش برنامه ای در محیط نرم افزار ریاضی کاربردی Mathcad Professienal 2000 برای انجام بهینه سازی های لازم با توجه به پارامترها نوشته و اجرا شد.

## نتایج و بحث

برازش هر دو مدل الیس و آدامز برای هر چهار




شکل ۳- طرح بصری برازش مدل الیس و همکاران به داده های حاصل از آزمایش های انتقال متقابل برای دو توده محلی زیره سبز آذرشهر و مشهد تحت دو درجه حرارت روز به شب

Fig. 3. Schematic representation of fitted Ellis et al., model to data of reciprocal transfer experiments for two cumin land races under two day/ night temperature regimes

مجموعه داده حاصل از آزمایش های انتقال متقابل به خوبی انجام شد. ضرایب همبستگی ساده مشاهدات و تخمین های دو مدل الیس و آدامز همگی برای هر دو توده محلی و هر دو تیمار درجه حرارت روز به شب ۲۰/۱۰ و ۳۰/۲۰ درجه سانتیگراد در سطح ۵ درصد معنی دار بودند (شکل های ۳ و ۴).

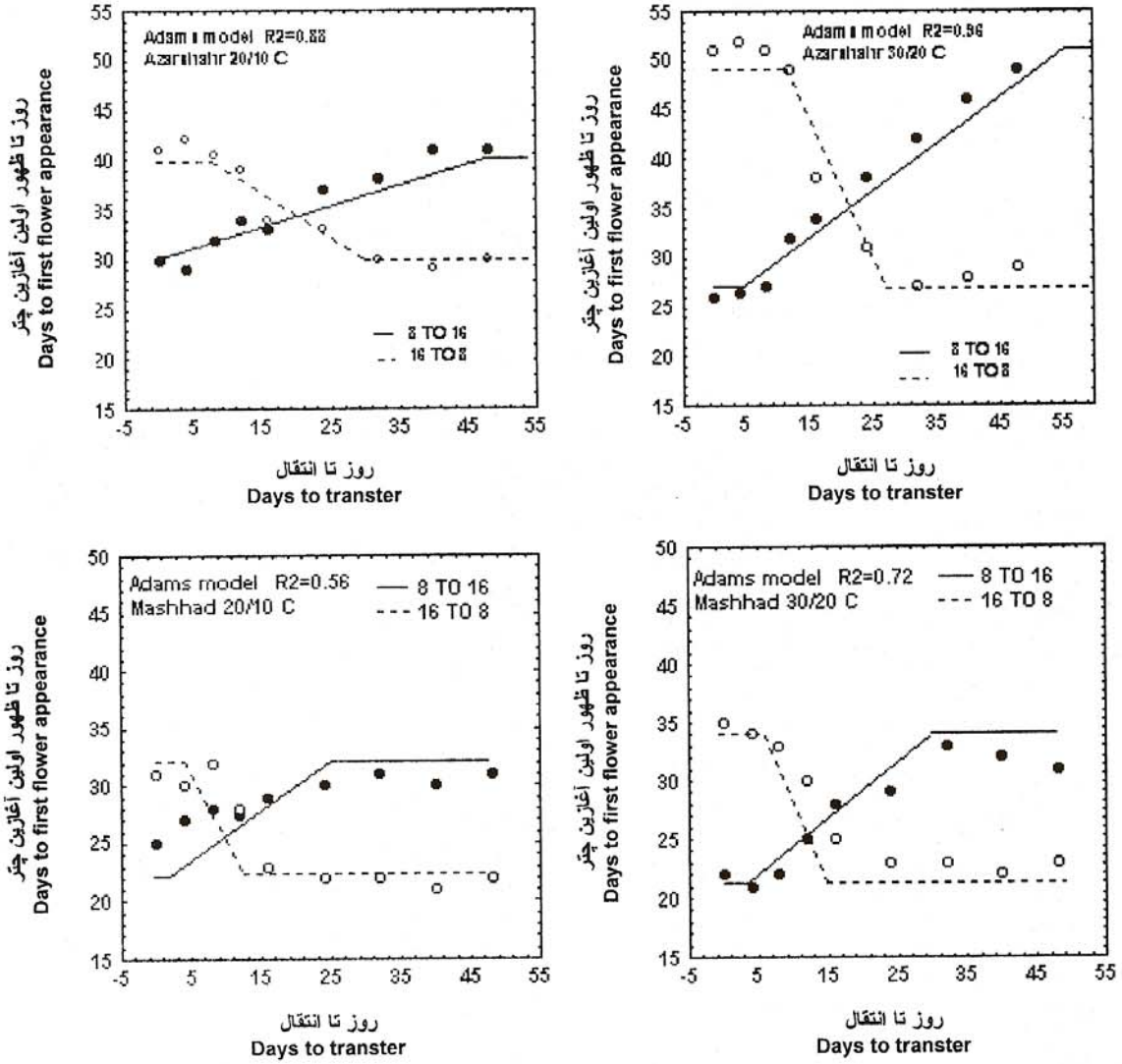
در مدل الیس فاز القاء حساس به فتوپریود تحت طول روزهای کوتاه Is ، برای توده آذرشهر به نحو



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

معنی داری با افزایش درجه حرارت طولانی تر می شود در حالی که در توده مشهد با افزایش در جه حرارت Is کاهش می یابد (جدول ۱). یک چنین وضعیتی می تواند تنها دو توجیه داشته باشد یا مدل الیس




شکل ٤- طرح بصری برازش مدل آدامز و همکاران به داده های حاصل از آزمایش های انتقال متقابل برای دو توده محلی زیره سبز آذرشهر و مشهد تحت دو درجه حرارت روز به شب

Fig. 4. Schematic representation of fitted Adams et al., model to data of reciprocal transfer experimenst for two cumin land races under two day/ night temperature regimes

ضعیف عمل می کند و یا تفاوت درجه حرارت مطلوب برای فاز القاء حساس به فتوپریود بین دو توده مورد آزمایش آن چنان زیاد است که به چنین رفتاری منجر شده است. مورد دوم بعید به نظر می رسد خصوصا این که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل چهار مجموعه داده با استفاده از مدل آدامز نشان می دهد که در هر دو توده محلی آذرشهر و مشهد Is بنا افزایش دما به نحو معنی داری با احتمال خطایی کمتر از ۵ درصد افزایش پیدا می کند هرچند این اختلاف درسطح ۱ درصد معنی دار نیست و شاید نتوان آن را ذاتی دانست و به کل مجموعه توده های محلی زیره سبز ایران تعمیم داد (جدول ۲).

در مدل الیس و همکاران فاز القاء حساس به فتوپریود تحت طول روزهای بلند ، II، درست بر خلاف



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

جدول ۱- مقادیر پارامترهای حاصل از بهینه سازی مدل الیس و همکاران برای چهار مجموعه داده موجود و ضرایب تعیین هر بهینه سازی. مقادیر داخل پرانتز خطای معیارپارامترمربوطه را نشان می دهد.PSمعرف حساسیت به فتوپریود می باشد

Table 1. Parameter values from optimization of Ellis et al., model for four data sets and the related coefficients of variation. The values in parenthesis are standard error of each parameter. PS represents photoperiod sensitivity

| Land race | | Temperature (° C) | PS(d/h) | Is(day) | Il(day) | a3(day) | a1(day) | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Azarshar | آذرشهر | 20/10 | 1.42 | 35.99(0.49) | 24.55(0.46) | 0.62(-) | 3.49(0.56) | 0.96 |
| | | 30/20 | 3.07 | 43.20(0.58) | 18.63(0.41) | 2(-) | 7.13(.026) | 0.98 |
| Mean | میانگین | | | 39.59 | 21.59 | 1.31 | 5.31 | |
| Mashhad | مشهد | 20/10 | 1 | 25.20(0.49) | 17.20(0.43) | 5.59(-) | 0.19(0.63) | 0.6 |
| | | 30/20 | 1.22 | 19.69(5.45) | 9.931(0.38) | 5.01(-) | 6.28(0.37) | 0.77 |
| Mean | میانگین | | | 22.45 | 13.56 | 5.30 | 3.24 | |
| LSD | | 5% | | 2.19 | 1.82 | | 2.607 | |
| | | 1% | | 5.051 | 4.197 | | 6.013 | |

خط تیره (-) نشانگر عدم امکان محاسبه خطای معیار به واسطه استقلال ابررویه Hypersurface تغییرات متغیر کی دو متناظر مشاهدات در فضای پارامترهای مدل الیس و همکاران نسبت به پارامتر مربوطه می باشد.

The dashed lines indicate that it was impossible to predict standard error .

Is در هر دو توده محلی با افزایش درجه حرارت به نحو معنی داری کاهش می یابد. در مدل آدامز و همکاران نیز مجموع دو فاز Pi وPd با افزایش درجه حرارت در توده آذرشهر کاهش می یابدگرچه در توده مشهد تفاوت معنی داری نمی کند. این در حالیست که فاز a1 یا همان فاز جوانی در هر دو مدل ودر هر دو توده به نحو معنی داری با افزایش درجه حرارت افزایش می یابد و تقریبا رفتاری مشابه رفتار Is دارد. این که در کل در هر دو مدل رفتار پارامترهای حساس به فتوپریود Il، Pi وPd در قبال درجه حرارت متفاوت از پارامترهای غیر حساس به فتوپریودIs ، a1 و a3 می باشد، می تواند مؤید فرضیاتی باشد که یان و والاس (Yan and Wallace,1998) در خصوص چگونگی گروه بندی ژن های گیاهان به لحاظ نحوه تأثیر در گلدهی در قالب مدلی بنام مدل GPT (Genetic, Photoperiod,Temperture) ارائه کرده اند. در این مدل فرض بر این گذاشته می شود که کل ژن های گیاه را می توان به سه دسته تقسیم کرد. ۱- ژن های ورنالیزاسیون ۲- ژن های فتوپریودی ۳- ژن های باقی مانده. دو پدیده ورنالیزاسیون و فتوپریودیسم تنها به عنوان عوامل بازدارنده بروز سرعت نمو ذاتی گیاه عمل می کنند و هر یک از سه گروه ژنی یاد شده درجه حرارت های کاردینال مخصوص به خود را دارا می باشند. در این جا نیز این که دو پارامتر Is و a1 رفتاری معکوس Pi و Pd بروز می دهند مبین این است که در فازهای مختلف گروه های ژنی با حساسیت های مختلف نسبت به درجه حرارت در چگونگی فرایند نمو دخالت دارند. در منابع راجع به چگونگی حساسیت پارامترها به درجه حرارت نتایج متفاوتی ارائه شده است. در مورد a1 یا فاز جوانی تقریبا در اکثر موارد درجه حرارت های بالا موجب طولانی شدن این فاز می شود هرچند در مواردی نیز برای این فاز درجه حرارت مطلوب مشخص شده است (Bertero et al., 1994; Lawn, 1989; Tomkins and Ships, 1997).

در مدل آدامز Is صرف نظر از درجه حرارت در توده آذرشهر به نحو قابل توجهی بزرگ تر از توده مشهد است که این می تواند ناشی از حساسیت به



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

فتوپریود بیشتر توده آذرشهر نسبت به توده مشهد باشد. گزارش های مختلف حاکی از آن است که حساسیت به فتوپریود که به صورت تعداد روزهای تأخیر در گلدهی به ازاء هر ساعت افزایش یا کاهش طول روز تعریف می شود، برخلاف مفاهیمی نظیر مطلوب ترین فتوپریود (Most Optimum Photoperiod) می تواند در میان ارقام یک گونه گیاهی تغییرات بسیار زیادی داشته باشد. به عنوان مثال این تغییرات در برنج از ۰ تا حدود ۲۰۰ در ذرت از ۰ تا ۲ (معادل ۰ تا ۲ برگ به ازاء هر ساعت)، در سویا از ۲/۵ تا ۱۴۷، در سورگوم از ۰ تا ۴۱ و در گندم (مدل سرز- درجه حرارت C °۲۵) از ۴ تا ۲۰ روز به ازاء هر ساعت تغییر فتوپریود تفاوت می کند (Major and Kinniry, 1991). حساسیت های محاسبه شده در مورد دو توده آذرشهر و مشهد مبتنی بر پارامترهای مدل های الیس و همکاران و آدامز و همکاران می باشند (جدول های ۱ و ۲). با این همه این تخمین ها چندان مورد اطمینان نیستند چرا که تغییرPS با فتوپریود ذاتا غیرخطی است و نمی توان در خلال یک فاصله فتوپریود هشت ساعته به طور دقیق PS را تخمین زد و ممکن است در هر بخشی از دامنه فتوپریودی لحاظ شده PS مقدار متفاوتی را اختیار کند. با این همه حسب حساسیت های محاسبه شده می توان چنین اظهار نظر کرد که اولا حساسیت به فتوپریود تحت تأثیردرجه حرارت می باشد و ثانیا حساسیت به فتوپریود توده آذرشهر نسبت به توده مشهد بیشتر است. تنوع بسیار زیادی که در حساسیت به فتوپریود گیاهان زراعی مشاهده می شود هم می تواند ناشی از تنوع ژنوتیپ ها و هم ناشی از شرایط آزمایشی بسیار متفاوت به ویژه به لحاظ درجه حرارت باشد و اگر چنین شرایطی فراهم آید احتمالا تنوع در

جدول ۲- مقادیر پارامترهای حاصل از بهینه سازی مدل آدامز و همکاران برای چهار مجموعه داده موجود و ضرایب تعیین هر بهینه سازی.مقادیر داخل پرانتز خطای معیار پارامتر مربوطه را نشان میدهد.PS معرف حساسیت به فتوپریود می باشد

Table 2. Parameter values from optimization of Adams et al., model for four data sets and the related coefficients of variation. The values in parenthesis are standard error of each parameter.PS represents photoperiod sensitivity

| Land race | | Temperature °C | PS (d/h) | Is (day) | Pi (day) | Pd (day) | a3 (day) | a1 (day) | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Azarshahr | آذرشهر | 20/10 | 1.25 | 39.81(0.57) | 7.54(-) | 22.27(0.47) | 0(-) | 0.18(NC) | 0.96 |
| | | 30/20 | 2.75 | 43.82(0.56) | 6.55(-) | 15.27(0.38) | 0(-) | 5.17(0.22) | 0.96 |
| Mean | میانگین | | | 41.81 | 7.04 | 18.77 | 0 | 2.68 | |
| Mashhad | مشهد | 20/10 | | 21(0.456) | 2.76(-) | 8.24(0.33) | 9.35(-) | 1.65(0.31) | 0.5 |
| | | 30/20 | | 24(0.46) | 2.14(-) | 8.85(0.35) | 6.35(-) | 3.69(0.29) | 0.72 |
| Mean | میانگین | | | 22.5 | 2.45 | 8.54 | 7.82 | 2.67 | |
| LSD | | 5% | | 1.859 | -- | 1.685 | - | 1.041 | |
| | | 1% | - | 4.289 | - | 3.88 | - | 2.4 | |

خط تیره (-) نشانگر عدم امکان محاسبه خطای معیار به واسطه استقلال ابررویه Hypersurface تغییرات متغیر کی دو متناظر مشاهدات در فضای پارامترهای مدل آدامز نسبت به پارامتر مربوطه می باشد.NC به منزله عدم تقارب در طی محاسبه مشتق جزیی مرتبه دوم متغیر کی دو متناظر مشاهدات نسبت به پارامتر مربوطه میباشد.

The dashed lines indicate that standard error was impossible to predict.NC means no convergence in computation of second partial derivative of CHI**2 corresponding to observations with respect to related parameters.

توده های بومی زیره سبز ایران نیز مشاهده می شود. بهترین و موثق ترین روش به منظور ارزیابی حساسیت به فتوپریود تحت درجه حرارت های مختلف انجام یک آنالیز حساسیت روی یک مدل فنولوژی تنفیذ شده در یک دامنه نسبتا وسیع درجه حرارت می باشد که این تحلیل حساسیت در



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

مقاله دیگری از سری مقالات مرتبط با این تحقیق ارائه می شود.

تعداد چرخه های القائی لازم جهت ورود به مرحله الزام به گلدهی یا همان فاز القاء حساس به فتوپریود Pi در توده آذرشهر در هر دو درجه حرارت به مراتب بیشتر از توده مشهد می باشد. گرچه به واسطه عدم امکان محاسبه خطای معیار این پارامتر امکان مقایسه آماری فراهم نشد اما در مقایسه با دیگر پارامترها تفاوت بین دو توده محلی خیلی چشمگیرتر از تفاوت بین دو درجه حرارت است و این می رساند که احتمالا درجه حرارت مطلوب این فازمی باید خیلی کمتر از درجه حرارت روز به شب ۲۰/۱۰ درجه سانتیگراد باشد. دیگر این که به نظر می رسد حساسیت به درجه حرارت ژن های فتوپریودی در توده آذر شهر بیشتر از توده مشهد باشد چرا که در مدل آدامز تفاوت Is و (Pi+Pd) در توده آذر شهر در درجه حرارت ۲۰/۱۰ و ۳۰/۲۰ به ترتیب حدود ۱۰ و۲۲ روز و در توده مشهد به ترتیب ۱۰و۱۲ روز است.

گرچه تفاوت های بین دو توده محلی به لحاظ پارامترهای هر دو مدل الیس و آدامز معنی دار می باشد اما لازم است آزمایش های دیگری با تنوع بیشتر در تیمارهای درجه حرارت و فتوپریود و نیز توده های محلی بیشتر انجام شود تا بتوان در خصوص ذاتی بودن این تفاوت ها حکم کرد. در این رابطه مهم ترین گزینه بحث استقلال یا عدم استقلال فازهای مختلف از یکدیگر است چرا که اگر این فازها از یکدیگر مستقل نباشند، آن گاه آن چنان که فرضیاتی در خصوص رفتار موجبیتی ( Deterministic ) سیستم نموی گیاهان وجود دارد نمی توان سرعت نمو را با استفاده از مدل های فنولوژی برای هر روز مستقل از کل آنچه که تا آن زمان بر سیستم نموی گذشته است تخمین زد و لازم است جهت صحت هرچه بیشتر تخمین های مدل های فنولوژی طرحی را جهت استلزام تخمین سرعت نمو در هر روز به مجموعه اثرات محیط فتوترمال و دیگر متغیرهای رانشی محیط نظیر تنش های احتمالی در کل روزهای متقدم بر آن روز پیاده کرد. البته با توجه به این که پارامترهای a3 و a1 در هر دو مدل به صورت ساختاری حکم یک عامل تنخواه گردان را در کل تعداد روزهای تا ظهور اولین آغازین چتر (متغیر وابسته مدل) دارند و بنابراین احتمال می رود که همبستگی چندگانه متغیر وابسته مدل و ترکیب خطی پارامترها (با واحد روز) معنی دار باشد این احتمال نیز وجود دارد که همبستگی های ساده بین خود پارامترها نیز معنی دار باشد.

ارائه مدل های فنولوژی حقیقتا سازوکاری مستلزم اطلاعات مکفی درباره فرایندهای فیزیولوژیک دخیل در کل فرایند نمو از جمله گلدهی می باشد. با این همه اگر اثرات فتوترمال محیط در طی فرآیند نمو گیاه متناسب با تغییرات حساسیت سیستم در حال نمو به صورت روزانه تخمین زده شود، امکان بهبود تخمین های مدل های فنولوژی موجود نیز وجود دارد. یک چنین طرحی تنها زمانی قابل اجراست که زمانبندی نسبتا صحیحی از فازهای مختلف وجود داشته باشد. در این راستا مدل های تحلیلی آدامز و الیس بهترین راهکار موجود برای پیاده کردن چنین طرحی می باشند. این که آیا چنین طرحی می تواند به صحت هرچه بیشتر خروجی های مدل های فنولوژی منجر شود یا خیر، تنها با تنفیذ مدل های فنولوژی با استفاده از داده های آزمایش های متقابل امکان پذیر می باشد که در مقاله دیگری از این سری مقالات مورد آزمون قرار می گیرد.

## منابع مورد استفاده

## References

بالندری، الف. ۱۳۷۳. گردآوری و بررسی خصوصیات بوتانیکی توده های محلی زیره سبز ایران. انتشارات سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران. پژوهشکده خراسان.



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

رحیمیان مشهدی، ح. ۱۳۷۰. اثر تاریخ کاشت و رژیم آبیاری بر رشد و عملکرد زیره سبز. انتشارات سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران. پژوهشکده خراسان.

کافی ، م. ۱۳۸۱. اکوفیزیولوژی زیره سبز .ص.۷۳-۷۴. زیر نظر:م. کافی (ویراستار). زیره سبز، فناوری تولید و فرآوری. قطب علمی زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

ملافیلابی ، ع. ۱۳۷۱. اثر تاریخ کاشت و فواصل ردیف و عملکرد زیره سبز تحت شرایط دیم و آبی. انتشارات سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران. پژوهشکده خراسان.

ملافیلابی ، ع. ۱۳۸۱. تکنولوژی تولید زیره سبز.ص. ۱۰۱-۷۵.زیر نظر:م. کافی (ویراستار). زیره سبز. تفاوت های تولید و فراوری. قطب علمی زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

Adams, S. R., S. Pearson, and P. Hadley. 1998. An appraisal of the use of reciprocal transfer experiments: assessing the stages of photoperiod sensitivity in chrysanthemum cv. Snowdon (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Journal of Experimental Botany. **49:** 1405-1411.

Adams, S. R., S. Pearson, P. Hadley, and W. M. Patefiled. 1999. The effect of temevatave and light integral an the phases of photoperiod seusitivity in *petunia hybida*. Annals of Botany. **83:** 263-269.

Asumado, H., R. J. Summerfield, R. H. Ellis, and A. Qi. 1998. Variation in the duration of the photoperiod-sensitive and photoperiod-insensitive phases of post-first flowering development in maturity isolines of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] 'Clark'. Annals of Botany. **82:** 773-778.

Bagnal, D. J., and R. W. King. 1991a. Response of peanut (*Arachis hypogea*) to temperature, photoperiod and irradiantce. 1. Effect on flowering. Field crop research. **26:** 263-277.

Bagnal, D. J. and R. W. King. 1991b. Response of peanut (*Arachis hypogea*) to temperature, photoperiod and irradiance. 2. Effect on peg and pod development. Field Crop Research. **26:** 279-293.

Bernier, G. 1988. The control of floral evocation and morphogeuesis.Annual Review of plant physiology and plant molecular Biology. **39:** 175-219.

Bertero, H. D., R. W. King, and A. J. Hall. 1999. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.).Field Crop Research. **63:** 19-34.

Boyle, T. H., and D. P. Stimart. 1983. Developmental responses of Zinnia to photoperiod. Journal of the American Society of Horticultural Science. **108:** 1053-1054.

Bradley, D., O. Ratcliffe, C. Vincent, R. Carpenter, and E. Coen. 1997. Infloresence commitment and architecture in *Arabidopsis*. Science. **275:** 80-83.

Cockshull, K. E. 1972. Photoperiodic control of flowering in the chrysanthemum. pp.250-253. in:A.R.Rees ,K.E. Cocksull ,D.W. Hand(eds.).Crop processes in controlled environments.London:Academic Press.

Cockshull, K. E. 1985. *Antirhhinum majus*. pp.476-481. in: A. H. Halvey(ed.). CRC handbook of flowering, Vol. I. Florida:CRC Press.

[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

Collinson, S. T., R. H. Ellis, R. J. Summerfiled, and E. H. Roberts. 1992. Durations of the photoperiod-sensitive and photoperiod insensitive phases of development to flowering in four cultivars of rice *Oryza sativa*. L. Annals of Bontany. **70:** 339-346.

Collinson, S. T., R. J. Summerfield, R H. Ellis, and E. H. Roberts. 1993. Durations of the photoperiod-Sensitive and photoperiod insensitive phases of development to flowering in four cultivars of soybean (*Glycine max* [L]Merrill). Annals of Botany. **71:** 389-394.

Ellis, R. H., S. T. Collinson, D. Hudson, and W. M. Patefiled. 1992. The analysis of reciprocal transfer experiments to estimate the durations of the photoperiod-sensitive phases of development: an example in soybean.Annals of Botany. **70:** 87-92.

Ellis, R. H., A. Qi, P. Q. Craufurd, R. J. Summerhield, and E. H. Roberts. 1997. Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. Annals of botany. **79:** 169-178.

Evans, L. T. 1969. The induction of flowering. Melbourne. MacMillan. pp 480.

Evans, M. R., H. F. Wilkins, and W. P. Hackett. 1992. Meristem ontogenetic age as to controlling factor in long-day floral initiation in poinsettia. Jounral of the American Society of Horticultural Seience. **117:** 961-965.

Hanan, J. J., W. D. Holley, and K. L. Goldsberry. 1978. Greenhouse Management. Springer verlage. New York. PP.342.

Hodges, T., and V. French. 1985. Soyphen:Soybean growth stages modeled from temperature, daylength, and water availability. Agron. J. **77:** 500-505.

Jones, P. G., and D. R. Liang. 1978. Simulation of the phenology of soybeans. Agriculture systems. **3:** 295-311.

Lang, A. 1965. Physiology of flower initiation. pp.1379-1536. in:W. Ruhland. (ed.). Encyclopedia of plant physiology; vol. XV/I. Berlin:Springer-Verlag.

Lawn, R. J. 1989. Agronomic and physiological constraints to the productivity of tropical grain legumes and prospects for improvement. Experimental Agriculture. **25:** 509-528.

Major, D. J., D. R. Johnson, J. W. Tanner, and I. C. Anderson. 1975. Effects of Daylength and temperature on soybean development. **15:** 174-179.

Major, D. J. and J. R. Kiniry. 1991. Predicting daylength effects on phonological processes.pp.15-28.in: T.Hodges.(ed.).Predicting crop phenology.Florida:CRC Press.

McDaniel, C. N. 1980. Influence of leaves and roots on meristem development in *Nicotiana tabacum* L. CV. Wisconsin 39. Planta. **148:** 462-467.

McDaniel, C. N., S. R. Singer, and S. M. E. Smith. 1992. Developmental states associatd with floral transition. Development Biology. **153:** 59-69.

Morandi, E. N., L. M. Casano, and L. M. Reggiardo. 1988. Pos-flowering photoperiod effect on reproductive efficiency and seed growth in soybean. Field crop Research. **18:** 227-241.



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

O'Neill, S. D. 1992. The photoperiodic control of flowering : Progress toward the understanding of the mechanism of induction. Phytochemistry and photobiology. **56:** 789-801.

Patterson, D. T. 1995. Effects of photoperiod on reproductive development in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science. **43:** 627-633.

Roberts, E. H., R. J. Summerfiled, F. J. Muehlbauer, and R. W. Short. 1986. Floweriug in lentil (*Lens culinaris* Medic.): the duration of the photoperied inductive phase as a function of accumulated dayleugth above the critical photoperiod. Annals of Botany. **58:** 235-248.

Thomas, B., and D. Vince-Prue. 1984. Juvenility, photoperiodism and vernalization. pp.408-439. in:M.B. Wikins (ed.). Advanced plant physiology. London:Pitman.

Thomas, B., and D. Vince-Prue. 1997. Photoperiodism in plants, 2nd edn. London. Academic Press.

Tomkins, J. P., and E. R. Shipe. 1997. Environmental adaptation of long-juvenile soybean cultivars and elite Strains. Agron. J. **89:** 226257.

Vergara, B. S., and T. T. Chang. 1985. The flowering response of the rice plant to photoperiod. 4th edn. Los Banon, Philippines: IRRI.

Vince-Prue, D. 1975. Photoperiodism in plants. London:McGrow Hill. pp.386.

Wang, Z., M. C. Acock, and B. Acock. 1997a. Photoperiod sensitivity during flower development of opium poppy (*Papaver sominferum* L.). Annals of Botany. **79:** 129-132.

Wang, Z. M. C. Acock, and B. Acock. 1997b. Phases of development to flowering in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) under various temperatures. Annals of Botany. **80:** 547-552.

Wilkerson, C. G., J. W. Jones, K. J. Boote, K. T. Ingram, and J. W. Mishoe, 1983. Modeling soybean growth for crop management. Trans. ASAI. **26:** 63-73.

Yan, W. and D. Wallace. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for fire Crops Based on photoperiod × temperature Interaction. Annals of Botany. **81:** 705-716.

Yin, X., M. J. Korpff, and W. A. Ynalvez. 1997. Photoperioidically sensitive and insensitive phases of preflowering development in rice. Crop Science. **37:** 182-190.

[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

# An appraisal of photoperiod and temperature sensitive pre-flowering phase for two cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces

**M. Sarmad Nabavi[1] and H. Rahimian Mashhadi[2]**

## ABSTRACT

In order to evaluate the different photoperiod and temperature sensitive pre-flowering phases in two cumin landraces a raciprocal transfer experiment from photoperiod 8 h to 16 h and vice versa under two different day/ night temperatures 20/10 and 30/20 °C was conducted. Two model including Ellis and Adams were used to analyse the data and to quantify the duration of different developmental phases. The results indicated a high probability for variation in phototermal responses among the cumin landraces of Iran. It was found that photoperiod sensitivity in Azarshahr is greater than Mashhad landrace. In addition it was found that temperature affects on the timing of different developmental phases. This is one of the main causes of errors in phonological models. Different behavior of temperature sensitive and insensitive phases provides the possibility of testing the hypothesis about the role of different gene groups in general developmental procsess. It was clear that the temperature sensitivity for photoperiod genes of Azarshahr landrace is higher than Mashhad landrace. These results would contribute to better understanding of variation in photoperiod and temperature sensivity in cumin as well as optimization of phonological models.

**Key words:** Cumin, Photoperiod, Photoperiod sensitivity, Floral induction.

[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1383.6.1.5.0 ]

1- Ph.D. student in Agronomy, Ferdowsi University of Mashad. 2- Prof., of Tehran University.
3- M. S. of Tehran University.