

## واکنش چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به طول روز قبل و بعد از

### ایجاد ساقه و گل‌دهی

## Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to photoperiod before and after bolting and flowering

محمدعلی چگینی<sup>۱</sup>

### چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۷۸ در دانشگاه ردینگ انگلستان انجام شد و هدف آن بررسی واکنش ارقام مقاوم (Saxon) و حساس (IC1) به ساقه دهی (Bolting) به طول روز قبل و بعد از شروع تولید ساقه و گل‌دهی بوده، هم چنین تعیین تأثیر تعداد روزی که گیاه قبل و بعد از شروع تولید ساقه در روز بلند یا روز مؤثر (۱۸ ساعت LD) و روز کوتاه یا روز غیرمؤثر (۱۲ ساعت، SD) سپری می‌نماید، روی زمان ظهور ساقه، پدیدار شدن اولین غنچه شکفته شده و پایان گل‌دهی هدف دیگر این تحقیق بود. در این بررسی تعدادی از گیاهان برای مدت متفاوتی در شرایط نوری روز کوتاه و تعدادی دیگر به همان مدت در شرایط نوری روز بلند قرار داده شد و پس از گذشت زمان معین با یکدیگر جابجا (شرایط نوری متضاد) گردیدند. برای این منظور گلخانه‌ای که دارای دو اتاقک رشد کاملاً مجزا بود انتخاب شد، که طول روشنایی در یکی از اتاقک‌ها ۱۲ و در دیگری ۱۸ ساعت بود. برای رسیدن به اهداف فوق دو آزمایش جداگانه انجام شد. در آزمایش اول پس از بهاره‌سازی ریشه‌ها و کشت آن‌ها در گلدان و تأمین هم‌زمان و یکسان آب و مواد غذایی، هشت گلدان ۸، ۲۱، ۳۳، ۴۰ و ۴۷ روز بعد از کشت از شرایط LD به شرایط SD و متقابلاً هشت گیاه از شرایط SD به شرایط LD منتقل شدند. در طول آزمایش تعداد هشت گلدان در شرایط SD و هشت گلدان در شرایط LD قرار داده شدند. آزمایش دوم ابتدا اجازه داده شد گیاهان در شرایط روز بلند تولید ساقه گل‌دهنده بنمایند و پس از آشکار شدن ساقه گل‌دهنده نیمی از گلدان‌ها به شرایط SD منتقل و نیم دیگر از گلدان‌ها در همان شرایط LD باقی گذاشته شدند. تیمار زمان انتقال از SD به LD و بالعکس ۸، ۱۶، ۲۴ و ۳۰ روز بعد از شروع تولید ساقه اعمال گردید. ضمناً "تعداد هشت گیاه بعد از تولید ساقه گل‌دهنده به عنوان شاهد روز کوتاه در شرایط SD و تعداد هشت گیاه به عنوان شاهد روز بلند در شرایط LD نگهداری شدند. در این تحقیق پدیدار شدن ساقه، پدیدار شدن اولین غنچه شکفته شده و پایان گل‌دهی مورد توجه قرار گرفت. نتایج نشان داد که گیاه چغندر قند بلافاصله پس از بهاره شدن به طول روز واکنش (حساسیت) نشان می‌دهد. در واقع مرحله غیرحساسی که در اغلب گیاهان یکساله وجود دارد، در این گیاه مشاهده نشد. این توانایی واکنش به طول روز تا مرحله تولید بذر ادامه یافت. در ضمن رقم حساس به ساقه دهی در مقایسه با رقم مقاوم در مدت زمان کوتاه‌تری ساقه و گل تولید کرد. این تفاوت، وقتی گیاهان دو رقم در طول روز کوتاه قرار گرفتند به طور چشم‌گیری آشکار شد. به طوری که گیاهان رقم مقاوم پس از ۱۵۴ روز در شرایط روز کوتاه ساقه گل‌دهنده تولید نکردند. گیاهان رقم مقاومی که ۲۱ روز بعد از ساقه دهی از شرایط روز بلند به شرایط روز کوتاه منتقل شدند، هرگز تولید گل نکردند. این نتایج نشان داد که نیاز رقم مقاوم به طول روز بلند می‌باشد. بدین معنی که گیاهان رقم مقاوم جهت ایجاد ساقه گل‌دهنده و گل‌دهی به ترتیب هشت و ۲۱ روز بنابه ضرورت به طول روز بلند نیاز دارند.

واژه‌های کلیدی: بهاره شدن، چغندر قند، ایجاد ساقه، فتوپریود، گل‌دهی

## مقدمه

ریشه چغندر قند پس از بهاره شدن (ورنالیزاسیون) در حضور طول روز بلند (LD) قادر به ایجاد ساقه گل دهنده و تولید گل می‌گردد. با توجه به این که تاکنون گزارشی در این مورد که گیاه چغندر قند چه مدت زمانی پس از شروع بهاره شدن قادر به واکنش به طول روز می‌گردد و این دوره چه مدتی ادامه می‌یابد وجود نداشت، این تحقیق انجام گردید.

شروع مرحله زایشی (طویل شدن ساقه و گل‌دهی) چغندر قند توسط عوامل محیطی و درونی کنترل می‌شود (Jolliffe 1990). از بین عوامل محیطی درجه حرارت (سرما) و طول روز این مرحله را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند (Smit 1982). بحث در مورد عوامل درونی از عهده این مقاله خارج می‌باشد، لیکن به طور اختصار می‌توان به تحقیقات بوللووا و همکاران (Bolelova et al. 1984) اشاره کرد. ایشان نشان داده‌اند که دو ساله بودن چغندر قند توسط چند سیستم ژنتیکی چند ژنی کنترل می‌شود. کوین (Coyne 1978) بیان می‌نماید عوامل درونی که موجب واکنش گیاه به طول روز می‌گردد، با بیشتر از یک ژن کنترل می‌شود. آبه و همکاران (Abe et al. 1997) گزارش کرده‌اند که شروع طویل شدن توسط دو ژن که یکی مسئول واکنش گیاه به سرما (مرحله بهاره شدن) و دیگری مسئول واکنش گیاه به طول روز (مرحله بعد از بهاره شدن) می‌باشند کنترل می‌گردد. گیاهان یک ساله چغندر قند دارای این توانایی

می‌باشند که بدون نیاز به بهاره شدن و یا در شرایط روز کوتاه ساقه گل دهنده تولید نمایند. گیاهان دو ساله چغندر قند برای تولید ساقه گل دهنده و گل، هم به بهاره شدن و هم به روز بلند نیاز دارند.

با وجود آن که تحقیقات زیادی در رابطه با نیاز سرما در گیاه چغندر قند انجام شده است (Lexander 1987) ولی در زمینه نیاز نوری این گیاه گزارش‌های بسیار محدودی وجود دارد. برنیر (Bernier 1971) گزارش کرده است که سرما بر سلول‌های مریستم رویشی ساقه و طول روز بر برگ‌ها تأثیر گذاشته و منجر به تولید هورمون‌های القاء کننده ساقه و گل می‌گردد. مک دانیل (Mac-Daniel 1985) نشان داده است که هورمون‌ها موجب تسریع تقسیم سلول‌های مریستم رویشی ساقه می‌گردند.

کراست وی و جنکینز (and Jenkins 1993) نشان داده‌اند که هم برگ‌های پیر و هم برگ‌های جوان قادرند به طول روز واکنش نشان دهند. آن‌ها نتیجه گرفتند که درجه حرارت‌های پایین (سرما) باعث تغییرات بنیادین در سلول‌های مریستم رویشی ساقه شده و علائمی تولید می‌گردد که این علائم به برگ‌ها انتقال یافته و تحت تأثیر طول روز قرار می‌گیرد و تبدیل به هورمون‌های مؤثر در طویل شدن ساقه و یا گل‌دهی می‌شود. این هورمون‌ها از برگ‌ها به ناحیه سلول‌های مریستم رویشی ساقه انتقال می‌یابند و موجب ظهور ساقه گل دهنده می‌گردد.

یکی دیگر از اهداف مورد نظر بررسی بیشتر در این زمینه بود که آیا با انتقال گیاه از LD به SD رشد رویشی ساقه و یا گل دهی متوقف می‌شود یا نه؟ تاکنون تصور بر این بود که شروع طویل شدن ساقه و گل دهی یک مقوله فیزیولوژیکی واحد است و گیاه به ساقه رفته تولید گل می‌نماید، ضمناً تأثیر تعداد روزهایی که گیاه قبل از شروع گل دهی و یا بعد از آن در SD و یا LD قرار می‌گیرد بر روی وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، کمیت و کیفیت بذر تولیدی مورد توجه قرار گرفته است.

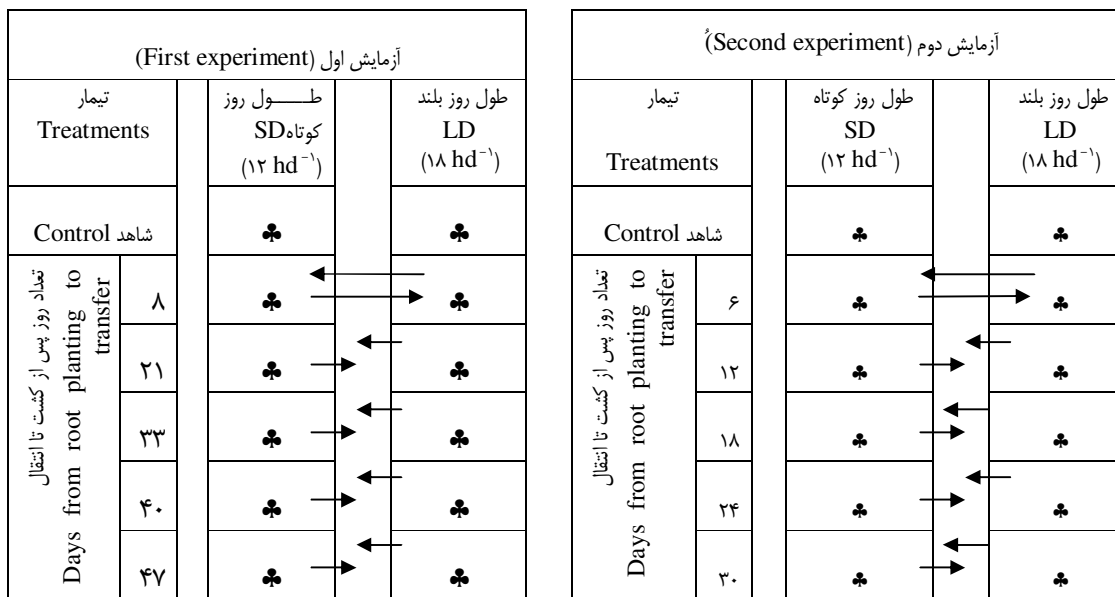
#### مواد و روش‌ها

این بررسی شامل دو آزمایش جداگانه بود. در آزمایش اول نحوه واکنش گیاهان مقاوم و حساس به ایجاد ساقه (Bolting) به طول روز قبل از شروع طویل شدن ساقه و در آزمایش دوم نحوه واکنش گیاهان مقاوم و حساس به ساقه‌روی به طول روز بعد از شروع طویل شدن ساقه مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق بیان روز بلند (۱۸ ساعت LD) اشاره به طول روز مؤثر Inductive و بیان روز کوتاه (۱۲ ساعت، SD) یا اشاره به طول روز غیر مؤثر Non-inductive می‌نماید. در هر دو آزمایش بذر رقم مقاوم (Saxon) و رقم حساس (ICI) به ساقه‌روی در اوایل تابستان در مزرعه کشت گردید و در اواخر پاییز از هر دو رقم ریشه‌هایی به وزن تقریبی  $50 \pm 500$  gr انتخاب و پس از حذف برگ‌ها از ناحیه اتصال دم‌برگ به ریشه در پاکت‌های

دوره رشد گیاهان دو ساله از لحاظ توانایی به واکنش در مقابل طول روز به سه مرحله تقسیم می‌شود. در مرحله اول که قبل از بهاره شدن است، گیاه به طول روز بلند هیچ واکنش زایشی از خود نشان نمی‌دهد. در مرحله دوم گیاه بعد از بهاره شدن توانایی واکنش به طول روز را کسب می‌نماید و به طول روز بلند واکنش زایشی از خود نشان می‌دهد. در مرحله سوم نیز به علت پیر شدن برگ‌ها و یا حذف آن‌ها توانایی واکنش به طول روز را از دست می‌دهد و یا نسبت به آن بی‌تفاوت می‌گردد. طول مرحله اول و سوم در شرایط روز بلند و روز کوتاه یکسان می‌باشد ولی طول مرحله دوم بسته به نوع گیاه و طول روز و تعداد روزی که گیاه در شرایط طول روز مؤثر قرار گرفته است، متفاوت خواهد بود. از آن جایی که چغندر قند یک گیاه روز بلند می‌باشد قرار گرفتن قسمتی و یا کل دوره در شرایط روز کوتاه مسلماً باعث طولانی شدن مدت زمان مرحله دوم می‌شود. یکی از اهداف مورد نظر در این تحقیق تعیین تأثیر تعداد روزی است که گیاه در شرایط روز بلند و یا شرایط روز کوتاه سپری نموده و سپس به شرایط فتوپریودی مخالف انتقال داده می‌شود، بر روی طول مرحله غیر حساس (مرحله‌ای که ریشه چغندر قند پس از بهاره شدن باید سپری نماید تا قادر به واکنش به طول روز بلند گردد)، طول مرحله حساس قبل از شروع طویل شدن ساقه، طول مرحله حساس بعد از شروع طویل شدن ساقه و طول مرحله غیر حساس بعد از شروع طویل شدن ساقه می‌باشد.

به قطر ۲۵ و به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. سپس گلدان‌ها به طور تصادفی به تیمارهای مختلف اختصاص یافتند و تیمارها براساس شکل یک روی میز متحرک قرار داده شدند.

کاغذی قرار داده شدند و به مدت سه ماه در اتاقک سرد و تاریک (پنج درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردیدند تا ریشه‌ها بهاره شوند. پس از بهاره شدن، ریشه‌های هم وزن، هم شکل و سالم مجدداً انتخاب و در گلدان‌هایی



شکل ۱ - نحوه قرار گرفتن تیمارها روی میزهای متحرک (هر تیمار شامل ۸ گلدان)

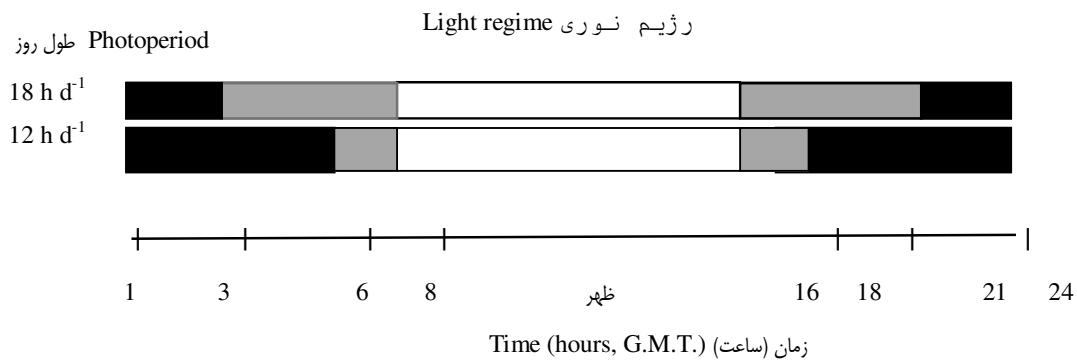
**Fig.1** Schematic diagram of managing treatments on trolleys (each treatments include 8 plants)

طور کامل در شرایط SD (شاهد روز کوتاه) و یا LD (شاهد روز بلند) باقی ماندند (شکل ۱). در این آزمایش زمان ظهور ساقه، پدیدار شدن اولین غنچه شکفته شده و پایان گل‌دهی یادداشت‌برداری گردیدند. در آزمایش دوم ابتدا اجازه داده شد کلیه گیاهان در شرایط روز بلند شروع به تولید ساقه گل‌دهنده نمایند و پس از آشکار شدن ساقه گل‌دهنده (۳ سانتی‌متر)

در آزمایش اول ۲۴ تیمار (دو رقم \* دو شرایط طول روز \* شش زمان انتقال) وجود داشت که در هر تیمار تعداد هشت گیاه از هر یک از دو رقم شرکت داشتند. تیمارهای زمان انتقال شامل انتقال گیاهان ۸، ۲۱، ۳۳، ۴۰ و ۴۷ روز بعد از کشت از شرایط LD به شرایط SD و متقابلاً هشت گیاه از شرایط SD به شرایط LD بود. تعداد هشت گیاه در طول آزمایش به

رشد (به ابعاد  $3^*2^*2$  متر) کاملاً مجزا انتخاب شد. مدت زمان روشنایی یکی از اتاقک‌ها ۱۲ ساعت و دیگری ۱۸ ساعت در شبانه روز تنظیم گردید. اتاقک‌ها مجهز به دستگاه تنظیم درجه حرارت و طول مدت روشنایی بودند. در طول دوره رشد کلیه تیمارها ۱۰ ساعت در شرایط گلخانه و تحت نور طبیعی و درجه حرارت ۲۰ سانتی‌گراد و در بقیه ساعات در داخل اتاقک‌های رشد تحت نور مصنوعی حاصله از لامپ‌های تنگستن‌دار 150w قرار گرفتند. به این صورت که در تیمار SD، گلدان‌ها ۱۰ ساعت در شرایط گلخانه و تحت نور طبیعی و دو ساعت در داخل اتاقک رشد و تحت نور مصنوعی قرار گرفتند و در تیمار LD، گلدان‌ها ۱۰ ساعت در شرایط گلخانه و تحت نور طبیعی و هشت ساعت در داخل اتاقک رشد و تحت نور مصنوعی قرار گرفتند (شکل ۲).

نیمی از گلدان‌ها به شرایط SD منتقل شدند و نیم دیگری از گلدان‌ها در همان شرایط LD نگهداری گردیدند. تیمار زمان انتقال از شرایط SD به شرایط LD و بالعکس ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۰ روز بعد از شروع تولید ساقه اعمال گردید. ضمناً تعداد هشت گیاه بعد از تولید ساقه گل‌دهنده در شرایط LD، به طور دائم در همان شرایط نگهداری شدند (شاهد روزبند) و هشت گیاه پس از تولید ساقه گل‌دهنده در شرایط LD، به شرایط SD منتقل شده و تا پایان آزمایش در SD نگهداری گردیدند (شاهد روزکوتاه) (شکل ۱). در این تحقیق الگوی رشد طولی ساقه، پدیدارشدن اولین غنچه شکفته شده، پایان گل‌دهی، وزن خشک برگ، ساقه و بذر، درصد بذر استاندارد و قوه نامیه بذر تشکیل شده یادداشت‌برداری و اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمایش‌های ذکر شده گلخانه‌ای به وسعت ۸۰ متر مربع ( $8^*10$ ) که دارای دو اتاقک



شکل ۲ - روش اعمال تیمار طول روز ۱۲ و ۱۸ ساعت روشنایی. قسمت پررنگ، خاکستری و سفید به ترتیب نشان دهنده مدت زمانی است که گیاه در شرایط تاریکی، نور مصنوعی و یا نور طبیعی قرار گرفته است

**Fig. 2** Method of composing 12 and 18 hours photoperiod regimes. Solid, grey and open bands representing dark, tungsten light and natural daylight conditions, respectively

پایان دوره گل‌دهی منظور شده است. تعیین زمان رسیدگی (بلوغ) نیز مشکل بود و در این آزمایش وقتی که ۹۰ درصد میوه‌های چغندر قند به رنگ زرد کاهی درآمدند به عنوان زمان رسیدگی محسوب شد. این زمان تقریباً ۱۴-۱۵ روز بعد از شکوفا شدن آخرین غنچه روی انتهایی‌ترین شاخه جانبی بود. در زمان برداشت، وزن تر و خشک ریشه، ساقه، برگ و وزن بذر تولیدی تک‌تک بوته‌ها اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه این گونه آزمایش‌ها، الیس و همکاران (Ellis et al. 1992) برنامه کامپیوتری برای برآزش غیرخطی (Fit Nonlinear) در محیط Genstat ارائه نمودند که بر اساس آن مراحل غیرحساس و حساس به طول روز از روی تخمین پارامترهایی مانند  $a_1$ ,  $I_L$ ,  $I_s$  و  $a_3$  تعیین می‌گردد. محاسبات آماری این آزمایش‌ها نیز توسط برنامه کامپیوتری فوق‌الذکر انجام شده است. مثلاً " برای تخمین طول دوره گل‌دهی وقتی گیاه پس از مدتی قرار گرفتن در شرایط روز کوتاه به شرایط روز بلند منتقل می‌شود از مدل زیر استفاده می‌گردد.

$$f = tc + I_L - (tc - a_1) I_L / I_s + a_3 \quad \text{مدل ۱}$$

و برای حالتی که گیاه از شرایط روز بلند به روز کوتاه منتقل می‌شود

$$f = tc + I_s - (tc - a_1) I_s / I_L + a_3 \quad \text{مدل ۲}$$

در این مدل‌ها :

$$(f) = \text{طول زندگی گیاه}$$

پس از شماره‌گذاری گلدان‌ها، لوله‌های تأمین کننده آب و مواد غذایی برای هریک از گلدان‌ها نصب گردید. کلیه تیمارها هم‌زمان و یکسان آب و مواد غذایی دریافت نمودند. در طول دوره آزمایش گیاهان دو بار در روز با آب حاوی 100 ppm ترکیب غذایی آبیاری گردیدند (Summerfield et al. 1974). زمان اولین آبیاری به عنوان شروع اعمال تیمار ملحوظ گردید. محیط کشت ریشه‌ها مخلوطی از دو قسمت حجمی ورمیکولیت، یک قسمت حجمی ماسه شسته شده و دو قسمت حجمی سنگ دانه (6 mm) و ۱/۲ قسمت حجمی کمپوست بود. قبل از اضافه نمودن کمپوست و به منظور جلوگیری از رشد عوامل بیماریزای موجود در خاک مخلوط حاصله به مدت ۲۰ دقیقه در درجه حرارت ۹۶ درجه سانتی‌گراد تحت فشار سه کیلوگرم بر مترمکعب بخار قرار داده شد.

کلیه گیاهان هر روز در ساعت چهار بعد از ظهر به منظور مشاهده ظهور ساقه گل‌دهنده (ساقه‌ای به طول ۳ سانتی‌متر) مورد بازدید قرار گرفتند. ضمناً ارتفاع ساقه گل‌دهنده تک‌تک بوته‌ها هر سه روز یک بار از زمان ظهور ساقه گل‌دهنده تا زمان برداشت اندازه‌گیری شد. همچنین هر روز کلیه گیاهان از نظر شکوفا شدن اولین غنچه مورد بازدید قرار گرفتند. چغندر قند گیاهی با رشد نامحدود (Indeterminate) می‌باشد و تعیین پایان گل‌دهی تقریباً غیرممکن است ولی در این آزمایش شکوفا شدن غنچه‌هایی که در انتهایی‌ترین ساقه جانبی روی ساقه اصلی قرار داشتند به عنوان

رقم IC1 که در طول آزمایش در LD و SD نگهداری شدند (تیمارهای شاهد LD و SD) به ترتیب بعد از ۲۳ و ۴۴ روز ساقه گل‌دهنده تولید نمودند. در حالی که گیاهان تیمارهای مشابه رقم Saxon که در LD بودند بعد از ۳۰ روز تولید ساقه گل‌دهنده نمودند و در هیچ یک از گیاهان رقم Saxon که در طول آزمایش در SD نگهداری شدند حتی بعد از ۱۵۴ روز ساقه گل‌دهنده تولید نشد. گیاهان ارقام IC1 و Saxon که به ترتیب ۲۱ و ۳۲ روز در طول روز بلند نگهداری و سپس به روز کوتاه انتقال داده شدند نیز هم‌زمان با گیاهان تیمار شاهد LD شروع به تولید ساقه گل‌دهنده نمودند. این مطلب نشان می‌دهد که نیاز نوری در رقم IC1 و Saxon به ترتیب بعد از ۲۱ و ۳۲ روز نگهداری در LD کامل می‌شود.

طول مراحل مختلف ( $a_1$ ,  $I_s$ ,  $I_L$ ,  $a_3$ ) از کاشت تا قبل از تولید ساقه گل‌دهنده و از کاشت تا شروع گل‌دهی در دو رقم چغندر قند IC1 و Saxon با استفاده از مدل‌های ۱ و ۲ و استفاده از برنامه کامپیوتری Genstat نیز برآورد شده است. تخمین ریاضی مراحل فوق‌الذکر براساس شکل ۳ انجام شده و نتایج در جدول (۱ و ۲) نشان داده شده است.

( $I_L$ ) = تعداد روز از زمان کاشت تا گل‌دهی در شرایط روز بلند

( $I_s$ ) = تعداد روز از زمان کاشت تا گل‌دهی در شرایط روز کوتاه

( $t_c$ ) = زمان انتقال

( $a_1$ ) = طول مرحله قبل از شروع تولید ساقه که گیاه حساس به طول روز نمی‌باشد

( $a_3$ ) = طول مرحله بعد از شروع تولید ساقه، که گیاه به علت پیرشدن برگ‌ها و یا حذف آن‌ها به طول روز حساس نمی‌باشد و یا نسبت به آن بی‌تفاوت می‌گردد.

براساس این فرمول میزان اثر مدت زمانی که گیاه در شرایط LD و یا شرایط SD قرار گرفته و سپس به شرایط فتوپریودی متضاد منتقل شده است ( $t_c$ ) در سرعت شروع تولید ساقه و یا گل‌دهی مختلف محاسبه می‌گردد.

## نتایج

تأثیر طول روز و زمان انتقال گیاهان از LD به SD و بالعکس در زمان شروع تولید ساقه‌روی بعد از کشت ریشه در ارقام IC1 و Saxon در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که گیاهان

جدول ۱ - تخمین طول (تعداد روز) مراحل  $a_1$  و  $I_3$ ,  $I_L$ ,  $a_3$  از کاشت تا قبل از تولید ساقه گل دهنده در دو رقم چغندر قند IC1 و Saxon

**Table 1** Estimates of the durations (days) of the  $a_1$ ,  $I_S$ ,  $I_L$  and  $a_3$  phases of progress from root planting to bolting in two contrasting genotypes of sugar beet (IC1 and Saxon)

رقم Variety	مدل Model	$a_1$	$I_L$	$I_S$	$a_3$	$R^2$
IC1	برآورد طول مراحل براساس شکل ۳	0	21	40	1.5-3	0.88
	با در نظر گرفتن مرحله $a_1$ (Considering $a_1$ phase)	0.8	20.5	42.4	0.7	
	(s.e)	2.3	3.1	4.0	1.6	
	بدون در نظر گرفتن $a_1$ (Non considering $a_1$ phase)	-	21.5	43.6	0.4	0.89
	(s.e)	-	1.2	2	1.4	
Saxon	برآورد طول مراحل براساس شکل ۳	0	21-30	>180	-	0.88
	با در نظر گرفتن مرحله $a_1$ (Considering $a_1$ phase)	3.8	21.6	71.0	5.1	
	(s.e)	2.1	3.1	7.6	1.8	
	بدون در نظر گرفتن $a_1$ (Non considering $a_1$ phase)	-	25.6	78.4	4.3	0.88
	(s.e)	-	1.4	3.7	1.5	

جدول ۲ - تخمین طول (تعداد روز) مراحل حساس و غیر حساس به طول روز ( $a_1$  و  $I_3$ ,  $I_L$ ,  $a_3$ ) از کاشت تا شروع گل دهی در دو رقم چغندر قند IC1 و Saxon

**Table 2** Estimates of the durations (days) of the  $a_1$ ,  $I_S$ ,  $I_L$  and  $a_3$  phases of progress from root planting to flowering in two contrasting genotypes of sugar beet (IC1 and Saxon)

رقم Variety	مدل Model	$a_1$	$I_L$	$I_S$	$a_3$	$R^2$
IC1	برآورد طول مراحل از طریق شکل ۴	0	33	79	21	-
	Estimates of the durations phases of progress based on fig 4					
	بدون در نظر گرفتن $a_1$ (Non considering $a_1$ phase)	-	26.2	70.4	28.2	0.88
	(s.e)		1.5	4.3	1.7	
Saxon	برآورد طول مراحل از طریق شکل ۴	8	32	>180	*	-
	Estimates of the durations phases of progress based on fig 4					
	بدون در نظر گرفتن $a_1$ (Non considering $a_1$ phase)	-	35.3	144.1	30.3	0.81
	(s.e)		1.7	10.3	2.6	

\* - امکان برآورد میسر نبود



روز نگهداری در LD و سپس انتقال آن به SD تولید گل نمودند.

نتایج آزمایش دوم نشان می‌دهد (شکل ۵) که گیاهان حساسی که پس از شروع تولید ساقه گل‌دهنده به طور دائم در طول روز بلند و یا کوتاه نگهداری شدند به ترتیب بعد از ۳۲ و ۴۵ روز شروع به گل‌دهی نمودند و گیاهان مقاومی که پس از شروع تولید ساقه گل‌دهنده به طور دائم در طول روز بلند و یا کوتاه نگهداری شدند به ترتیب بعد از ۳۴ و ۴۹ روز شروع به گل‌دهی نمودند. همان طور که پیدا است اختلاف بین گیاهان حساس و مقاوم به ایجاد ساقه از لحاظ مدت زمان لازم بعد از تولید ساقه گل‌دهنده تا شروع گل‌دهی در طول روز کوتاه و یا روز بلند تقریباً یکسان می‌باشد. انتقال گیاهان حساس و مقاومی که در طول روز بلند تولید ساقه گل‌دهنده نموده‌اند به شرایط طول روز کوتاه، فقط موجب طولانی شدن شروع گل‌دهی می‌شود (جدول ۳).

تأثیر انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس در زمان ظهور گل در رقم IC1 و Saxon در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود کلیه بوته‌های تیمار شاهد SD رقم IC1 از ۱۰۰ روز پس بعد از کشت ریشه شروع به تولید گل نمودند. در حالی که هیچیک از بوته‌های تیمار شاهد SD در رقم Saxon، حتی ۱۵۴ روز بعد از کشت، ساقه گل‌دهنده تولید نکردند. هم چنین کلیه گیاهان تیمار شاهد LD رقم IC1 و Saxon به ترتیب بعد از ۵۷ و ۶۸ روز تولید گل نمودند. نیاز نوری ارقام IC1 و Saxon به LD به ترتیب بعد از ۳۲ و ۳۹ روز به نقطه اشباع رسیده است. از طرف دیگر در رقم Saxon گرچه بعضی از بوته‌های تیمار هشت روز نگهداری در LD به SD منتقل شده بودند، تولید ساقه گل‌دهنده نمودند ولی هیچ یک از بوته‌های مذکور وارد فاز گل‌دهی نشدند. و تنها بعضی از بوته‌های به ساقه رفته تیمار ۲۱

جدول ۳ - تخمین طول (تعداد روز) مراحل  $I_s$ ,  $I_L$ ,  $a_3$  بعد از تولید ساقه گل‌دهنده و شروع گل‌دهی در دو رقم چغندر قند Saxon و IC1

**Table 3** Estimates of the durations (days) of the  $I_s$ ,  $I_L$  and  $a_3$  phases of progress from bolting to flowering in two contrasting genotypes of sugar beet (IC1 and Saxon)

روش های برآورد طول Stimates methods of stages length	برآورد طول مراحل از طریق شکل ۵ Estimates of the durations phases of progress based on figures 5				برآورد طول مراحل از طریق مدل ۱ و ۲ Estimates of the durations phases of progress based on model 1 and 2				
مراحل زایشی Generative stages	$a_1$	$I_L$	$I_s$	$a_3$	$a_1$	$I_L$	$I_s$	$a_3$	$R^2$
BSG (IC1)	0	12	18	20	0	13.5	25.3	18.3	69.0
BRG (Saxon)	0	18	30	15	0	18.8	32.7	15.3	71.5

## بحث

سؤال این بود که آیا ریشه چغندر قند ورنالیزه شده بلافاصله بعد از کشت به طول روز واکنش نشان می‌دهد یا نه؟ مدل‌های خطی برازش داده شده با  $a_1$  و بدون  $a_1$  هیچ اختلافی را نشان نمی‌دهند. ضمناً  $a_1$  برآورد شده برای رقم IC1 کمتر از یک روز است (0.8). لذا می‌توان نتیجه گرفت که رقم حساس چغندر قند به محض کاشت ریشه ورنالیزه شده نسبت به طول روز واکنش نشان می‌دهد. مراحل  $I_s$  و  $I_L$  تخمین زده شده توسط مدل فقط مقدار کمی با آنچه از نمودار بدست می‌آید تفاوت دارد. مقادیر تخمین زده شده  $a_3$  برای رقم IC1 کمتر از آنچه از نمودار به دست می‌آید می‌باشد. از نظر فیزیولوژیکی این مطلب قابل درک است که دوره‌ای که گیاه جهت تولید ساقه گل‌دهنده به طول روز واکنش نشان می‌دهد، قبل از شروع طویل شدن ساقه پایان می‌پذیرد. لذا مقدار 0.4 روز تخمین زده شده توسط فرمول کم‌تر از حد واقعی به نظر می‌رسد. از نظر تئوری مدت زمان از کاشت تا شروع طویل شدن ساقه تیمار شاهد روز کوتاه (SD) برابر با طول دوره حساس به طول روز در روز کوتاه و طول دوره غیر حساس بعد از دوره حساس می‌باشد ( $I_s + a_3$ ) که برای رقم IC1 حدود ۴۵ روز بدست آمده است که خیلی نزدیک به مقدار بدست آمده از طریق نمودار می‌باشد. در مورد رقم Saxon این تخمین برابر ۸۳ روز بود، در صورتی که هیچ یک از گیاهان این تیمار حتی بعد از ۱۵۴ روز ساقه گل‌دهنده تولید نکردند. بنابراین

مدل برازش داده شده به مشاهدات چندان مناسب نیست (جدول ۲). واریته حساس به بولت IC1 حتی در شرایط روز کوتاه تولید ساقه گل‌دهنده و گل نمود و در شرایط روز بلند این مدت زمان بسیار کوتاه‌تر بود. این نتایج نشان می‌دهد که عکس‌العمل این رقم نسبت به طول روز حالت کمی (Quantitative) دارد. در رقم مقاوم به بولت Saxon برای شروع ایجاد ساقه و گل‌دهی به ترتیب حداقل هشت و ۲۱ روز، طول روز ۱۸ ساعت لازم است تا گیاه به طول روز واکنش نشان دهد. پس می‌توان نتیجه گرفت که این رقم در ابتدا حالت نیاز اجباری (Obligatory) به طول روز نشان می‌دهد. بنابراین رقم مقاوم به بولت برای تولید ساقه گل‌دهنده و یا گل به یک حد آستانه طول روز نیاز دارد و وقتی نیاز برآورده شد، گیاه این توانایی را پیدا می‌کند که در مقابل طول روز عکس‌العمل کمی نشان بدهد. نتایج هم چنان نشان می‌دهد که آستانه نیاز اولیه نوری برای گل‌دهی در رقم حساس به بولت IC1 در هنگام شروع طویل شدن ساقه تأمین گردیده است و ادامه طول روز القاء کننده می‌تواند مدت زمان گل‌دهی را جلو بیاورد. در حالی که رقم مقاوم به بولت بعد از شروع طویل شدن ساقه برای تولید گل به مقادیر معتدله‌ی طول روز القاء کننده نیاز دارد. در واقع می‌توان گفت طویل شدن ساقه و گل‌دهی دو پدیده مستقل از یکدیگر می‌باشند و پیشنهاد می‌شود در مطالعات ژنتیکی شروع طویل شدن ساقه به منظور شناسایی بهتر نتایج حساس و مقاوم و پس از القاء طولانی مدت بهاره

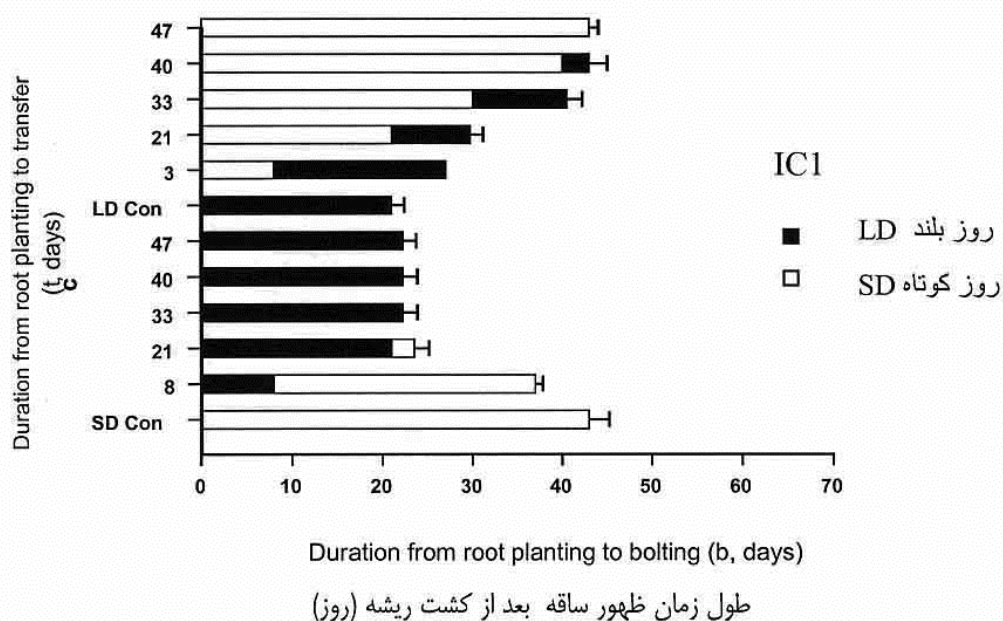
که بعد از ایجاد ساقه از شرایط روز بلند به روز کوتاه منتقل شده بودند مریستم انتهایی ساقه دوباره شروع به تولید برگ‌های رزتی نموده و ادامه رشد طولی ساقه بعد از مدتی متوقف گردید. این مطلب نشان می‌دهد که نه تنها میزان طول روز القاء‌کننده در تولید بذر اهمیت دارد بلکه زمان القاء نیز می‌تواند در تولید بذر مهم باشد. گیاهانی که قبل از ۳۰ روز بعد از ایجاد ساقه به شرایط روز کوتاه منتقل شده بودند بذری تولید نمودند.

نتایج این بررسی ما را به این نکته نیز رهنمون می‌سازد که در اصلاح رقم مقاوم به بولت به افزایش نیاز طول دوره بهاره شدن (Vernalization) و افزایش دوره نیاز به طول روز باید به طور هم زمان توجه کرد. اصلاح ارقامی که فقط در صورت مهیا شدن طول روز ۱۵ ساعت یا بیشتر قادر به تولید ساقه گل‌دهنده باشند ما را قادر می‌سازد توسعه کشت زمستانه را که از لحاظ صرفه‌جویی در مصرف آب برکشت بهاره برتری دارد در سایر مناطق کشور توصیه نمائیم.

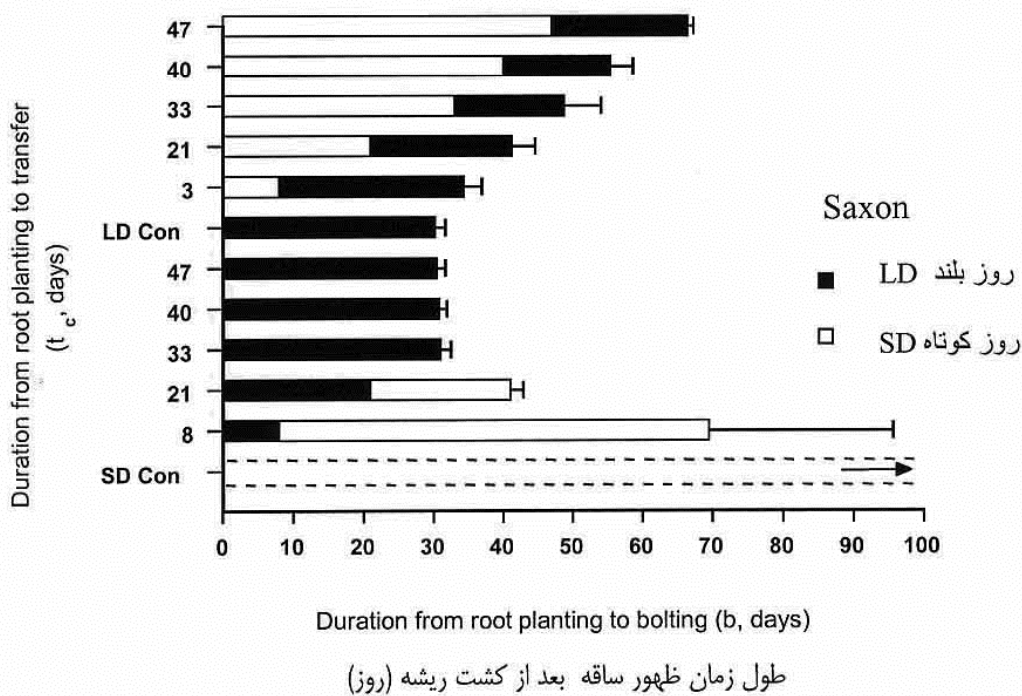
شدن، سلکسیون در شرایط روز کوتاه صورت پذیرد. اما در حال حاضر متخصصین اصلاح نباتات ترجیح می‌دهند برای کاهش هزینه و ایجاد سرعت عمل این نوع سلکسیون‌ها را در طول روز بلند انجام دهند. تحقیقات زیادی لازم است تا مناسب بودن سلکسیون در شرایط روز کوتاه و روز بلند را با بررسی و مقایسه نتایج مشخص سازد. این پیشنهاد مبتنی بر این نتایج می‌باشد که وقتی دو وارسته حساس و مقاوم به بولت در شرایط روز بلند (۱۸ ساعت) قرار گرفتند همگی تولید ساقه گل‌دهنده نمودند و تفاوت بین دو رقم خیلی جزئی است (حدود ۸-۷ روز) در حالی که در روز کوتاه (۱۲ ساعت) تفاوت بین دو وارسته قابل توجه می‌باشد. لذا می‌توان گفت SD اختلاف دو رقم را بهتر آشکار می‌نماید.

مقادیر کم طول روز القاء‌کننده بعد از ساقه‌روی ممکن است گیاه مقاوم به بولت را از رشد زایشی دوباره به رشد رویشی باز گرداند، به طوری که با انتقال مجدد گیاه به شرایط روز بلند (LD) گیاه نتواند تولید گل نماید. به همین خاطر وقتی در گیاهان مقاوم به بولت

زمان انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از کشت ریشه (روز)



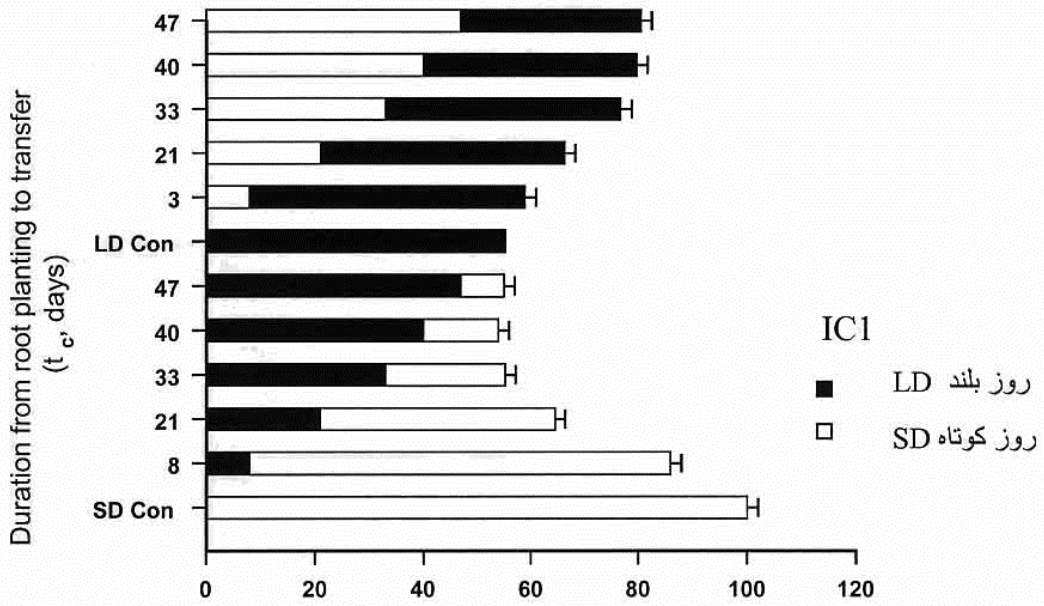
زمان انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از کشت ریشه (روز)



شکل ۳. تأثیر انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از کشت ریشه در طول زمان ظهور ساقه گل دهنده

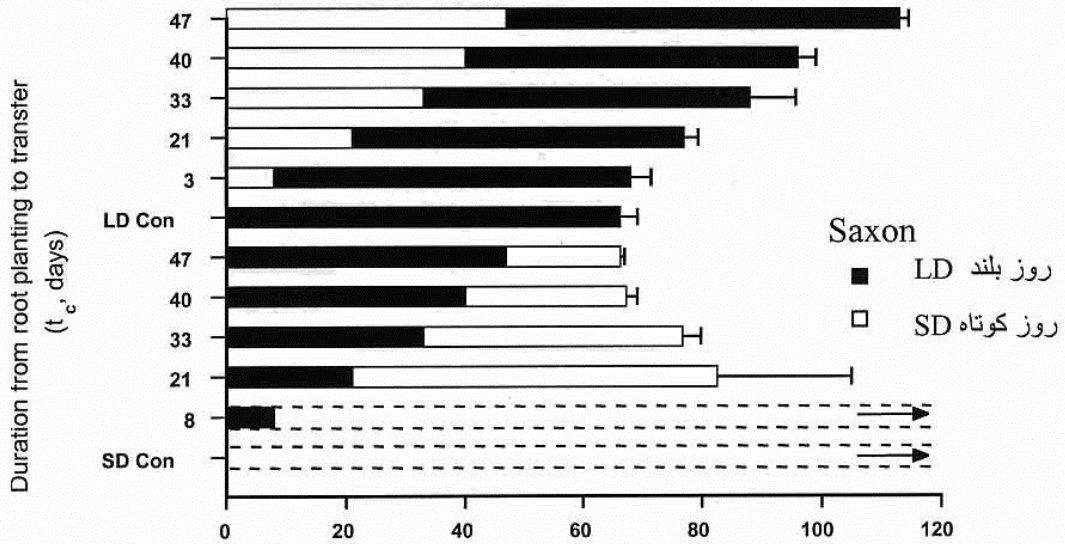
Fig. 3 Effects of reciprocal transfer from SD to LD and *vice versa* at different times after root planting on time to bolting.

زمان انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از کشت ریشه (روز)



Duration from root planting to flowering (f, days)  
طول زمان ظهور گل بعد از کشت ریشه (روز)

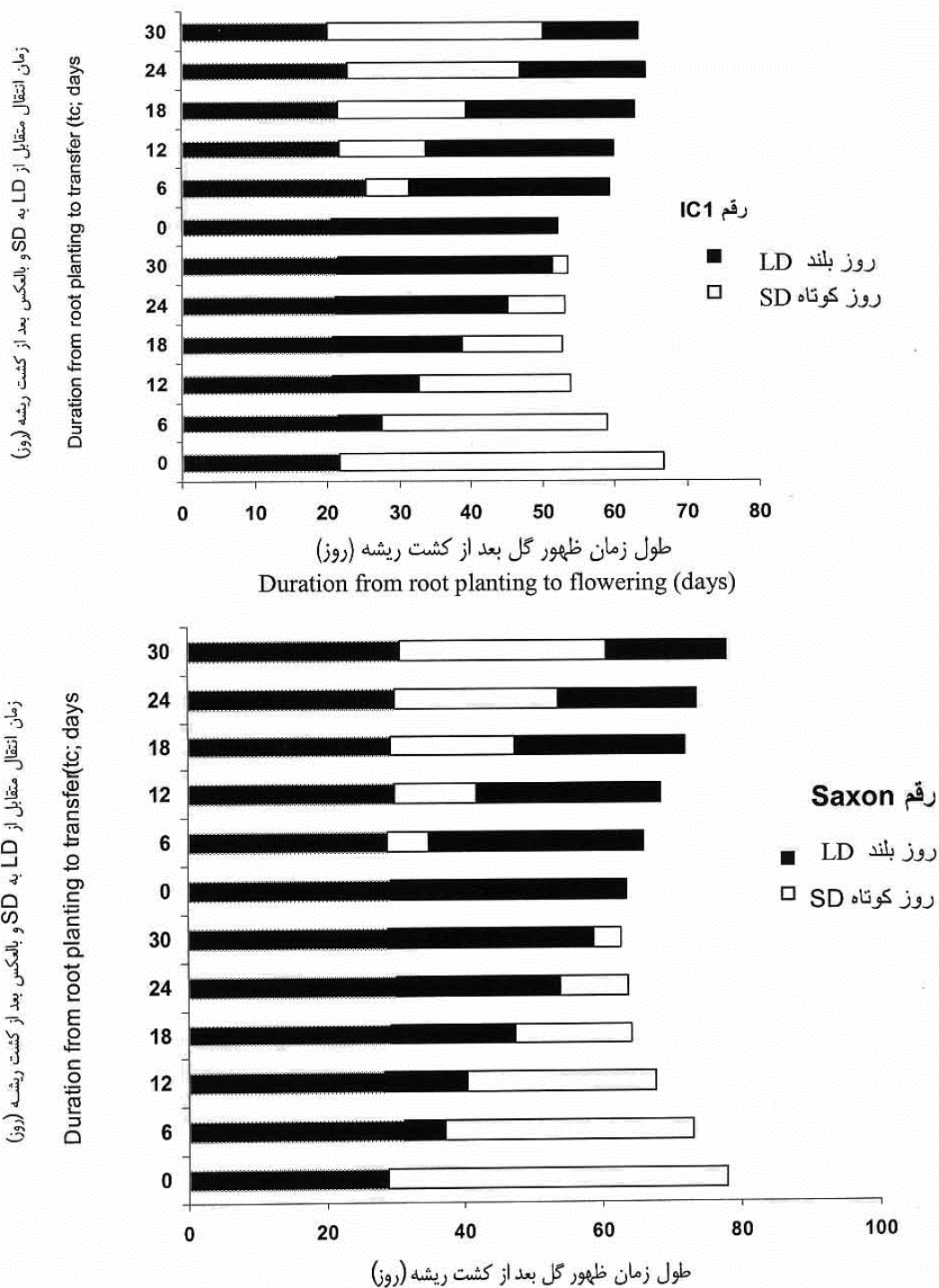
زمان انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از کشت ریشه (روز)



Duration from root planting to flowering (f, days)

طول زمان ظهور گل بعد از کشت ریشه (روز)

شکل ۴. تأثیر انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از کشت ریشه در طول زمان تا ظهور گل  
Fig. 4 Effects of reciprocal transfer from SD to LD and vice versa at different times after root planting on time to flowering.



شکل ۵. تأثیر انتقال متقابل از LD به SD و بالعکس بعد از شروع طویل شدن ساقه در طول زمان ظهور گل

**Fig. 5** Effects of reciprocal transfer from SD to LD and *vice versa* at different times after bolting on time to first sign of flowering

**References****منابع مورد استفاده**

- Abe J, Guan GP, Shimamoto Y (1997) A gene complex for annual habit in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Euphytica* 94: 129-135
- Bernier G (1971) Structural and metabolic changes in the shoot apex in transition to flowering. *Canadian Journal of Botany* 49: 803-819
- Bolelova ZA, Tikhnova VG, Leshchenko E (1984) Genetical and physiological aspects of bolting in sugar beet plants. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologia* 8: 86-89
- Coyne DP (1978) Genetic of flowering in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of American Horticultural Science* 108: 606-608
- Crosthwaite SK, Jenkins GI (1993) The role of leaves in the perception of vernalizing temperatures in sugar beet. *Journal of Experimental Botany* 44: 801-806
- Ellis RH, Collinson ST, Hudson D, Patefield, WM (1992) The analysis of reciprocal transfer experiments to estimate the durations of the photoperiod-sensitive and photoperiod-insensitive phases of plant development: an example in soyabean. *Annals of Botany* 70: 87-92
- Jolliffe TH (1990) Genetic studies in relation to breeding in sugar beet. *Ph.D. thesis*, University of East Anglia, Norwich, England
- Lexander K (1987) Characters related to the vernalization requirement of sugar beet. In: *Manipulation of Flowering*, pp.147-158. (Ed. J.G. Atherton) London, Butterworths
- McDaniel CN (1985) Competence, determination, and induction in plant development. In: *Pattern Formation*, pp. 393-412. (Ed. G.M. Malakinski) Macmillan, New York
- Smit AL (1982) Influence of temperature and daylength on bolting in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). In: *Proceeding of the 45 Winter Congress, International Institute for Sugar Beet Research*, pp.. Betterva, Bruxelles
- Summerfield RJ, Cockshull KE, Dickinson D, Richardson AC (1974) Versatile irrigation systems for controlled environment growth chambers. *Journal of HortScience* 49: 161-166