

## پیش‌بینی زمان گلدهی در سوسن هیبرید رقم "منورکا" در پاسخ به جیبرلین

سیده سمیه شفیعی ماسوله<sup>۱\*</sup>، عبدالله حاتم‌زاده<sup>۲</sup>، حبیب‌الله سمیع‌زاده<sup>۳</sup>، هاشم صابری نجفی<sup>۴</sup> و بیژن سعادتیان<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: 87/10/4 تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۳۰

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد باغبانی، گرایش گیاهان زینتی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۴- گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

E-mail: [shafyii@gmail.com](mailto:shafyii@gmail.com)

\* مسئول مکاتبه

### چکیده

با استفاده از داده‌های حاصل از پرورش گل‌های سوسن تیمار شده با جیبرلین در سه زمان هورمون‌پاشی، مدل‌هایی برای پیش‌بینی توزیع تاریخ‌های برداشت گل سوسن رقم "منورکا" ایجاد گردید. گیاهان سوسن در مرحله ظهور جوانه گل و نیز 10 و 20 روز بعد از ظهور جوانه گل با هورمون جیبرلین GA<sub>4+7</sub> در سه غلظت (2000، 200 و 20 میکرو گرم در هر گیاه) هورمون‌پاشی شدند و در هر مرحله یک دسته 10 تایی از گیاهان به عنوان شاهد (بدون اعمال تیمار) در نظر گرفته شد. به طور کلی در سه مدل جزئی برازش یافته در محدوده غلظت جیبرلین از مقدار صفر تا 2005 میکرو گرم در هر گیاه پیش‌بینی شد که با افزایش غلظت جیبرلین تا حدود  $167/10 \pm 780$  (میکرو گرم در هر گیاه) فاصله زمانی از ظهور جوانه گل تا شکوفایی نسبت به گیاهان شاهد کاهش می‌یابد و پس از آن با افزایش غلظت جیبرلین تعداد روز تا گلدهی نسبت به شاهد کاهش کمتری را نشان می‌دهد. در عین حال نسبت به غلظت‌های پائین‌تر از نقطه "کمینه" منحنی برازش یافته ( $\pm SD$  غلظت جیبرلین و روز:  $167/10 \pm 780$  و  $30/57 \pm 1/461$ ) افزایش در مدت زمان تا شکوفایی دیده شد. با برآورد ضریب تبیین  $R^2$ ، دقت تمامی مدل‌های بهینه ارزیابی شد. برای پیش‌بینی توزیع شکوفایی در جمعیت کامل گیاهان، در محدوده غلظت‌های مورد آزمون جیبرلین، مدل‌های جزئی از هر یک از مراحل هورمون‌پاشی در یک مدل نهایی تعریف شد. مدل نهایی از برآیند مدل‌های جزئی زمان گلدهی به صورت یک تابع نمایی با  $R^2$  برابر 0/81 برازش یافت و نشان داده شد که در پیش‌بینی توزیع شکوفایی جمعیت کل، مدل مناسبی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** توزیع تاریخ برداشت، زمان هورمون‌پاشی، شکوفایی، ظهور جوانه گل

## Predicting of Flowering Date in Hybrid Lily “Menorca” in Response to Gibberellin

SS Shafiei Masoleh<sup>1\*</sup>, A Hatamzadeh<sup>2</sup>, H Samiezadeh<sup>3</sup>, H Saberi Najafi<sup>4</sup> and B Saadatian<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Former MSc Student of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

<sup>2</sup>Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

<sup>3</sup>Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

<sup>4</sup>Department of Mathematical Science, Faculty of Basic Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

<sup>5</sup>MSc Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

\*Corresponding author: E-mail: [shafyii@gmail.com](mailto:shafyii@gmail.com)

### Abstract

Models to predict the distribution of harvest dates in hybrid lily “Menorca” was developed using data from lilies treated with gibberellin in three stages of plant growth. Hormone was sprayed on plants in three stages as: VB (Visible bud) and 10 and 20 days later with three levels of gibberellin<sub>4+7</sub> (20, 200 and 2000 µg/plant). In each stage, a sample of 10 plants were selected as control plants (without treatment). In general, in three developed models, with the range of gibberellin concentrations from 0 to 2005 µg/plant, it was predicted that the increasing of gibberellin concentrations to the limits of 780±167.10 (µg GA<sub>4+7</sub>/plant) decreased the interval from visible bud to flowering as compared with the control plants and then in the higher concentration of gibberellin, number of days to flowering showed smaller decrease as compared with the control plants. However, in relation to concentrations lower than “minimum” point of fitted curve (30.57±1.461, 780±167.10: days, concentration of gibberellin±SD) an increase in days to flowering was observed. The incidental models for each stage of hormone spray defined were pooled in a final model to predict the distribution of flowering in the total population of plants. An exponential function as the final model fit the incidental models of flowering date with an R<sup>2</sup> of 0.81 which is appropriate to predict the distribution of flowering for to whole population.

**Keywords:** Distribution of harvest time, Hormone spray, Time of flowering, Visible bud

## مقدمه

مکان پیش‌بینی زمانی که یک گیاه به مرحله خاصی از نمو می‌رسد از نظر برنامه‌ریزی زمان فروش تولیدات ارزشمند است. طبق نیاز بازار، گلدهی در بعضی از گیاهان زینتی مثل سوسن (*Lilium longiflorum* Thunb.) و یا بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) لازم است در یک محدوده زمانی معین رخ دهد مثلاً در مورد بنت القنسول زمان هدف چند روز قبل از کریسمس می‌باشد. بنابراین طرح‌ریزی مدل‌های پیش‌بینی زمان گلدهی این گیاهان که از نظر تجاری مورد توجه‌اند بسیار حائز اهمیت است (اسنپین و همکاران 1999).

مهمترین عامل تعیین‌کننده ارزش فروش سوسن، درستی و یکنواختی زمان گلدهی گیاه قبل از فروش آن است. گیاهانی که سریعاً پیش از موعد گل نمی‌دهند، ارزش تجاری ندارند. در مقابل گیاهانی که خیلی زودتر گل می‌دهند باید تا زمان فروش در مکان خنک نگهداری شوند که هزینه تولید بالا می‌رود و کیفیت نیز کاهش می‌یابد (فیشتر و لیث 2000). در تولید تجاری گل سوسن، تنوع در میزان نمو برای سودبخشی بسیار مهم می‌باشد. اتخاذ تصمیماتی در رابطه با تنوع محصول مشکل است و پرورش‌دهندگان معمولاً تلفاتی را تجربه می‌کنند که به علت گلدهی خیلی زود یا دیر است. برآورد تنوع محصول، برای اطمینان از اینکه اکثریت گیاهان در زمان اوج فروش به مرحله شکوفایی می‌رسند و نیز جهت تصمیم‌گیری در تأمین منابع بهینه از نظر بسته‌بندی، حمل و نقل و فضای خنک مهم است. مدل‌ها ابزار بهینه‌ای برای جمع‌بندی این اطلاعات به گونه‌ای کامل می‌باشند (فیشتر و لیث 2000). برای دستیابی به اهداف فوق عوامل زیادی باید ارزیابی شوند تا بتوان یک مدل سیستماتیک را انتخاب نمود (اسنپین و همکاران 1999). به عنوان مثال همین نویسندگان نشان دادند که چهار عامل مدل‌سازی شامل

دما، تراکم گیاه، نور مصنوعی و تعداد روزهای بلند در بنت‌قنسول کاربردی‌ترین مجموعه برای پیش‌بینی زمان گلدهی است. فیشتر و لیث (2000) نشان دادند که با اطلاعات مدل‌سازی در سوسن می‌توان جهت برنامه‌ریزی برای گلدهی زود هنگام یا دیر هنگام، میانگین دمای گلخانه را تغییر داد. فیشتر و هینس (1996) یک نمودار کنترل نگاره‌ای را برای نمایش تعداد برگ سوسن عید پاک ایجاد کردند و توصیه‌های دمایی را بر پایه پیش‌بینی‌های مدل سرعت ظهور برگ<sup>1</sup> فراهم نمودند. میزان ظهور برگ بهینه و میانگین دمای روزانه مورد نیاز برای دسترسی به تاریخ ظهور جوانه گل هدف می‌تواند مستقیماً از نمودار خوانده شود. این شیوه یک روش بصری را برای انتقال مدل‌های کمی به پرورش‌دهنده فراهم می‌کند. فیشتر و لیث (2000) مدلی را برای پیش‌بینی توزیع تاریخ‌های برداشت در سوسن عید پاک با استفاده از داده‌های چند ناحیه ارزیابی نمودند. ایشان یک سیستم پشتیبانی تصمیم کامپیوتری به نام LilyDate ایجاد کردند که سبب شد مدل برای بهینه‌سازی آهنگ دمایی گلخانه برای اطمینان از اینکه اکثریت گیاهان در تاریخ هدف آماده برداشت هستند استفاده شود. فیشتر و همکاران (1997b) با ترکیب مدل ظهور جوانه تا شکوفایی و تابع طول جوانه (فیشتر و همکاران 1996)، پیش‌بینی توزیع تاریخ‌های شکوفایی را امکان‌پذیر ساختند.

اکثر پرورش‌دهندگان سوسن برای کنترل تاریخ گلدهی از مدل طویل شدن جوانه گل برای دستکاری دما در گلخانه استفاده می‌کنند (فیشتر و همکاران 1996). تصمیم برای طول جوانه گل قابل برداشت به تعداد روز قبل از تاریخ هدف بستگی دارد که بر اساس آن تعیین می‌شود که گیاهان چه زمانی از گلخانه برداشت و به خرده‌فروشی حمل شوند. به عنوان مثال مرحله برداشت

<sup>1</sup>Leaf Unfolding Rate

ویلیکنز (1984) از لگاریتم طبیعی طول جوانه گل در پاسخ به دمای گلخانه تعداد روز تا گلدهی را محاسبه نمودند.

برای زمان بندی گلدهی در بسیاری از گیاهان تجاری به غیر از تنظیم دمای گلخانه و قرار دادن گروه-هایی از یک گیاه در نقاط دمایی مختلف در گلخانه برای دسترسی به توزیع بازار یکنواخت، استفاده از جیبرلین در غلظت های مختلف نیز معمول است. بطوریکه جیبرلین ها برای تسریع گلدهی در تعداد زیادی از گیاهان به کار می روند. در گل های اطلسی با حذف بساک ها که در هنگام نمو گل محل سنتز جیبرلین هستند، از رشد گلبرگ ها و انباشتگی رنگدانه ها ممانعت می شود. تیمار گل های عقیم با GA برای اصلاح نمو گلبرگ مناسب است (سلیم خان و چودری 2006). ایوانز و همکاران (1994) نشان دادند که با افشاندن GA<sub>5</sub> یا ترکیب C-16 و 17- دی هیدرو جیبرلین 5، که مشابه GA<sub>5</sub> عمل می کند، در لولیوم هایی که تحت روزکوتاهی پرورش یافتند می توان باعث افزایش گلدهی شد. کاربرد جیبرلین های ارتقادهنده رشد، مانند GA<sub>4</sub>، 2 و 2- دی متیل GA<sub>4</sub> و C-16 و 17- دی هیدرو جیبرلین 5 در چمن روز بلند (*Lolium temulentum*) سبب ارتقای گلدهی شد در حالیکه باعث بازدارندگی رشد ساقه گردید (کلمنس و همکاران 1995). اسید جیبرلیک برای تحریک نمو گل در شیپوری استفاده شد (بروکنینگ و کوهن 2002).

با اینکه تا کنون در زمینه پیش رسی گلخانه ای گل های شاخه بریده و گلدانی به خصوص سوسن ها تحت تیمارهای هورمونی کارهای زیادی انجام شده است اما یک تئوری کلی که بتواند به صورت ریاضی بیان شود و سبب کاربرد وسیع تر از داده های مشاهده شده گردد در این زمینه وجود ندارد و مدل سازی بر این اساس انجام نشده است. بنابراین هدف از این

در سوسن عید پاک (*Lilium longiflorum*) ممکن است در طول 16 سانتی متر و یا کمتر باشد که به فاصله زمانی از برداشت تا حمل به خرده فروشی بستگی دارد (فیشر و لیث 2000). اغلب فرآیندهای رشد در سیستم های زیست شناسی و نیز در گیاهان از توابع لگاریتمی و نمایی پیروی می کند. لیث و کارپنتر (1990) از تابع ریچاردز برای پیش بینی طول ساقه سوسن عید پاک در هر روز از پیش رسی گلخانه ای در پاسخ به دما استفاده کردند. اریکسون (1948) بیان نمود، زمانیکه طول جوانه گل در سوسن در یک محور خطی در مقابل زمان (به واحد روز) قرار می گیرد، منحنی بدست آمده از زمان اولین اندازه گیری تا یک روز قبل از شکوفایی به صورت نمایی می باشد.

$$L'_t = L_0 e^{rt} \quad [1]$$

که:

$L_0$ : طول اولیه جوانه گل

$L_t$ : طول مورد انتظار بعد از زمان t

r: ضریب ثابت که بیان کننده سرعت رشد می باشد.

شکل لگاریتمی این معادله بصورت خطی است.

$$\ln L'_t = \ln L_0 + rt \quad [2]$$

که می تواند به لگاریتم طبیعی طول های جوانه به روش حداقل مربعات برازش یابد.

فیشر و همکاران (1997a) نشان دادند که تعداد روز تا تاریخ گلدهی هدف به طور خطی وابسته به زمان دمایی و لگاریتم طبیعی طول جوانه گل می باشد. فیشر و همکاران (1996) پیشنهاد کردند، تعداد روز از هر طول جوانه گل تا یک روز قبل از شکوفایی در پاسخ به دمای گلخانه به صورت یک تابع نمایی محاسبه شود. فیشر و لیث (2000) نشان دادند، زمان دمایی از هر طول جوانه گل تا یک روز قبل از شکوفایی می تواند بوسیله لگاریتم طبیعی نسبت طول جوانه نهایی (یک روز قبل از شکوفایی) به طول جوانه اولیه محاسبه شود. هیلی و

ثانیه) پرورش یافتند. گیاهان بعد از اینکه به مرحله ظهور جوانه گل ( $VB^3$ ) رسیدند (جوانه‌های گل بدون کنار کشیدن برگ‌ها قابل مشاهده بودند) به سه دسته 40 تایی برای هورمون‌پاشی در 3 مرحله زمانی VB، 10 روز بعد ( $V_{10}$ ) و 20 روز بعد از ظهور جوانه گل ( $V_{20}$ ) تقسیم شدند. در هر مرحله هورمون‌پاشی با  $GA_{4+7}$  به غلظت‌های صفر، 20، 200 و 2000 میکرو گرم در هر گیاه (100 میلی‌لیتر از محلول به ترتیب 0/0002، 0/002 و 0/02 قسمت در میلیون) انجام شد. جهت بررسی اثر تیمارها از یک آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی مشتمل بر 12 تیمار و 5 تکرار استفاده شد. تاریخ شکوفا شدن اولین جوانه گل در هر گیاه به طور مجزا ثبت گردید. تعداد روز از ظهور جوانه گل تا گلدهی (به عنوان داده خروجی مدل (متغیر وابسته)) شمارش گردید (جدول 1).

#### تئوری مدل

یک تابع نمائی (اریکسون 1984 و فیشر و همکاران 1996) برای پیش‌بینی تاریخ گلدهی در غلظت-های جیبرلین،  $C$ ، در هر یک از مراحل هورمون‌پاشی،  $S$ ، استفاده شد.  $D'$  به عنوان خروجی مدل (متغیر وابسته) در هر مرحله هورمون‌پاشی بیانگر تاریخ گلدهی (به واحد روز) و  $C$ ، غلظت جیبرلین (به میکرو گرم در گیاه)، به عنوان ورودی مدل (متغیر مستقل) در هر مرحله هورمون‌پاشی می‌باشد:

$$D' = e^{(a b \sqrt{C} + gC)} \quad [3]$$

که :

$\alpha$  و  $\beta$  ضرایب ثابت در تابع هستند.

پژوهش کمی نمودن توزیع تاریخ‌های گلدهی گل سوسن در غلظت‌های مختلف جیبرلین، بوسیله پیش‌بینی فاصله زمانی از ظهور جوانه گل تا شکوفایی می‌باشد. پیش‌بینی، کنترل و توزیع تاریخ‌های شکوفایی در دوره پیش‌رسی با استفاده از فرآیند هورمونی می‌تواند پتانسیل دسترسی به توزیع برداشت بهینه برای منابع موجود شامل فضای خنک، نیروی کارگری و حمل و نقل را فراهم نماید.

#### مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی و نحوه گردآوری داده‌های آزمایشی

پیازهای سوسن رقم "منورکا"<sup>1</sup> با اندازه محیط 16-18 سانتیمتر در گلدان‌هایی به قطر 20 سانتیمتر در خاکی استریل (شامل نسبت حجمی مساوی از ماسه، خاک باغچه و خاک برگ پوسیده) کشت شدند. گیاهان از زمان جوانه‌زنی همراه با آب آبیاری با سه نوع کود کامل<sup>2</sup> (با نام تجاری میکرو) به میزان 0/5 گرم در لیتر به ترتیب با N-P-K برابر 10-52-10 در هنگام جوانه‌زنی، 6-6-30 در هنگام ظهور و تولید برگ و 36-12-12 در هنگام ظهور جوانه گل تا گلدهی به همراه نیترات کلسیم در تمام مراحل به میزان 0/2 گرم در لیتر تغذیه شدند. اسیدیته محلول آبیاری برابر 6 و هدایت الکتریکی آن برابر 3/29 میلی زیمنس بود. گیاهان در گلخانه دانشگاه گیلان (رشت) با میانگین دمای کل  $21 \pm 3^\circ C$ ، میانگین دمای روز  $24 \pm 3/5^\circ C$  و میانگین دمای شب  $18 \pm 3^\circ C$  تحت طول روز و شدت نور طبیعی شهرستان رشت (عرض جغرافیایی  $37^\circ$  و  $27'$ ) و با تعبیه پنج لامپ بخار سدیم در زوایای مختلف گلخانه در طول روز (12 ساعت، 292 میکرو مول بر متر مربع بر

<sup>1</sup>Menorca

<sup>2</sup>MICRO

<sup>3</sup>Visible bud

جدول ۱- متغیرها و پارامترهای استفاده شده در این مطالعه

| پارامتر یا متغیر | توضیحات                                           | واحدها                           |
|------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| $D$              | تاریخ گلدهی (تعداد روز از ظهور جوانه گل تا گلدهی) | روز                              |
| $C$              | غلظت جیبرلین ( $GA_{4+7}$ )                       | میکرو گرم در هر گیاه             |
| $\alpha$         | ضریب ثابت تابع نمایی                              | -                                |
| $\beta$          | ضریب ثابت تابع نمایی                              | $^{-1/2}$ (میکرو گرم در هر گیاه) |
| $\gamma$         | ضریب ثابت تابع نمایی                              | $^{-1}$ (میکرو گرم در هر گیاه)   |
| $\omega$         | ضریب ثابت تابع نمایی                              | -                                |
| $\delta$         | ضریب ثابت تابع نمایی                              | $^{-1/2}$ (میکرو گرم در هر گیاه) |
| $\theta$         | ضریب ثابت تابع نمایی                              | $^{-1}$ (میکرو گرم در هر گیاه)   |
| VB               | هورمون پاشی در مرحله ظهور جوانه گل                | -                                |
| $V_{10}$         | هورمون پاشی ۱۰ روز بعد از ظهور جوانه گل           | -                                |
| $V_{20}$         | هورمون پاشی ۲۰ روز بعد از ظهور جوانه گل           | -                                |

با توجه به اینکه از نظر زمان هورمون پاشی تفاوتی بین تیمارها از نظر تاریخ گلدهی وجود نداشت (جدول 2)، یک مدل نهایی با در نظر گرفتن به دامنه غلظت جیبرلین برازش گردید تا توزیع شکوفایی را برای جمعیت کل پیش بینی نماید. برازش مدل نهایی تاریخ گلدهی با استفاده از برآیند تابع 3 که برای هر مرحله هورمون پاشی با ضرایب خاص ایجاد گردیده بود با گزینه رگرسیون غیر خطی<sup>1</sup> در نرم افزار SAS انجام گرفت. ورودی مدل، مقادیر غلظت جیبرلین،  $C$ ، بود. از رابطه  $D$  برای نمایش خروجی مدل که بیان کننده تاریخ گلدهی می باشد استفاده شد:

$$D = e^{(wd \sqrt{C} + qC)} \quad [4]$$

که  $\omega$ ،  $\delta$  و  $\theta$  ضرایب ثابت در تابع هستند.

ارزیابی این مدل ها با به کارگیری آماره  $R^2$  ( $P \leq 0/05$ ) انجام شد.

هدف از برازش مدل نهایی پیش بینی تاریخ گلدهی از بین دامنه مقادیر غلظت جیبرلین ( $0 \leq C \leq 2005$ ) بود تا بتوان به طور گسترده تری از مدل در غلظت هایی

غیر از غلظت های آزمایش شده جیبرلین (در محدوده 0 تا 2005 میکروگرم در هر گیاه) برای دستیابی به هدف مذکور استفاده نمود.

#### تجزیه و تحلیل ریاضی

برای کالیبره کردن مدل، ضرایب ثابت در تابع 3 به طور مستقل برای هر ترکیب تیماری مرحله - غلظت بوسیله برازش تابع 3 به داخل مجموعه داده های کالیبراسیون با استفاده از گزینه رگرسیون خطی<sup>2</sup> در نرم افزار SAS (SAS Institute, 2003) بر اساس انتخاب بهترین مدل برازش یافته با توجه به ضریب تبیین ( $R^2$ )، برآورد شد. یک تابع نمایی،  $D'$ ، بر پایه تاریخ گلدهی تحت غلظت های جیبرلین در هر مرحله هورمون پاشی فرمول بندی شد. تعداد روز از ظهور جوانه گل تا گلدهی از میانگین 10 گیاه به دست آمد. همانگونه که پیش از این ذکر شد، با توجه به اینکه از نظر زمان هورمون پاشی تفاوتی بین تیمارها بر روی تاریخ گلدهی وجود نداشت (جدول 2)، یک مدل نهایی در دامنه آزمون شده غلظت جیبرلین برازش گردید. برازش مدل

<sup>2</sup>PROC REG

<sup>1</sup>PROC NLIN

نشان داده شده است. با توجه به روند تغییرات مدل، پیش‌بینی شد که با افزایش غلظت جیبرلین تا 965 میکروگرم در هر گیاه تعداد روز تا گلدهی از 38 روز به حدود 32 روز کاهش یافته و پس از آن با افزایش غلظت تا 2005 میکروگرم در هر گیاه تعداد روز تا گلدهی نسبت به کمترین روز افزایش یافته و به حدود 33 روز می‌رسد.

بین مراحل هورمون‌پاشی از نظر تاریخ گلدهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 2). مقادیر  $D'$  محاسبه شده با تابع 3 اختلاف معنی‌داری از میانگین‌های مشاهده شده نداشت. جیانو و همکاران (1991) دریافتند زمانیکه  $GA_{4+7}$ ، یک، دو و چهار هفته بعد از کاربرد هورمون کند کننده رشد یونیکونازول به کار می‌رود اختلاف معنی‌داری در تعداد روز تا گلدهی ایجاد می‌گردد.

بطور کلی منحنی‌های حاصل از تابع نمایی در پژوهش حاضر از روندی سهمی شکل پیروی کردند (شکل 1). بطوریکه با افزایش غلظت جیبرلین در خارج از محدوده آزمون شده بر طبق پیش‌بینی مدل سرعت نمو جوانه گل کاهش می‌یابد و گلدهی دیرتر اتفاق می‌افتد. شاید بتوان این تأثیر جیبرلین را از روی مکانیزم متابولیسمی اثرات آن بر روی رشد توجیه نمود، بنابراین با توجه به "فرضیه رشد اسیدی"، افزایش غلظت جیبرلین تا یک غلظت بهینه سبب آزادسازی پروتون  $H^+$  می‌شود که در نتیجه آن دیواره سلولی سست شده و فرآیند توسعه سلولی و افزایش رشد صورت می‌گیرد، که موجب طویل شدن سریع اجزای جوانه گل می‌شود و در نتیجه شکوفایی سریعتر اتفاق می‌افتد (جونز و مک میلان 1985). به نظر می‌رسد افزایش غلظت جیبرلین بیش از غلظت بهینه در این فرآیند متابولیسمی تأثیر معکوس داشته باشد و یا بی‌تأثیر باشد.

جیانفاگنا و مریت (1998) در گل تاج الملوک گزارش کردند که تیمار گیاهان با جیبرلین  $GA_{4+7}$  سبب تسریع القای گلدهی می‌شود، همچنین ارتفاع گیاه و تعداد

نهایی تاریخ گلدهی و برآورد ضرایب ثابت، از برآیند تابع 3 که برای هر مرحله هورمون‌پاشی با ضرایب خاص ایجاد گردیده بود با استفاده از گزینه رگرسیون غیر خطی در نرم افزار SAS انجام گرفت.

## نتایج و بحث

از برازش تابع 3 برای مجموعه داده‌های واقعی در هر یک از مراحل هورمون‌پاشی ( $VB$ ،  $V_{10}$  و  $V_{20}$ ) اثر غلظت جیبرلین (ورودی مدل) بر تاریخ گلدهی (خروجی مدل)، که تعداد روز از  $VB$  تا شکوفایی اولین غنچه گل می‌باشد، مشخص گردید که پاسخ گیاه سوسن به جیبرلین در نمو سریعتر جوانه‌های گل برای رسیدن به مرحله گلدهی از یک تابع نمایی پیروی می‌کند.

با توجه به شکل 1 در مرحله هورمون‌پاشی  $VB$  پیش‌بینی شد که با افزایش غلظت جیبرلین از غلظت صفر (در گیاهان شاهد) تا غلظت 735 میکروگرم در هر گیاه، تعداد روز تا گلدهی از 38 روز به حدود 30 روز کاهش می‌یابد و پس از آن با افزایش غلظت از 735 تا 2005 میکروگرم در هر گیاه (برون یابی<sup>1</sup> اثر غلظت بر تاریخ گلدهی) تعداد روز تا گلدهی افزایش یافته و به حدود 33 روز می‌رسد.

براساس شکل 1 تاریخ گلدهی پیش‌بینی شده در دامنه غلظت جیبرلین ( $0 \leq C \leq 2005$ ) در محدوده غلظت - های درون یابی<sup>2</sup> شده و یک غلظت برون‌یابی شده در مرحله هورمون‌پاشی  $V_{10}$ ، که با افزایش غلظت جیبرلین از صفر تا 640 میکروگرم در هر گیاه یک کاهش تدریجی در تعداد روز تا گلدهی از 38 روز به حدود 29 روز پیش‌بینی شد. پس از آن با افزایش غلظت جیبرلین تا میزان 2005 میکروگرم در هر گیاه تعداد روز تا گلدهی افزایش تدریجی نشان داد و به حدود 34 روز رسید.

تأثیر نمایی افزایش غلظت جیبرلین بر تاریخ گلدهی در مرحله هورمون‌پاشی  $V_{20}$  نیز در شکل 1

<sup>1</sup>Extrapolation

<sup>2</sup>Intrapolation

گل در هر گیاه افزایش می‌یابد بطوریکه  $GA_{4+7}$  موثرتر از  $GA_3$  شناخته شد. جیانفاگنا و مریت (2000) نشان دادند که کاربرد  $GA_{4+7}$  بر روی گل تاج الملوک در غلظت 50 پی پی ام نسبت به غلظت‌های پائین و در مرحله 8 برگگی نسبت به مراحل 4 برگگی و 12 برگگی موثرتر بود و سبب گلدهی زودتر شد و تعداد گل بیشتری در هر گیاه تولید شد. گل آذین به میزان کافی طولی گردید و موقعیت گل در بالای برگ‌ها بود. جیانو و همکاران (1991) نشان دادند که در سوسن عید پاک وقتی  $GA_{4+7}$  بصورت مخلوط با یونیکونازول بر روی گیاهان افشاندن می‌شد، تعداد روز تا گلدهی 2 تا 3 روز نسبت به گیاهان شاهد کاهش می‌یافت، اما هنگامی که  $GA_{4+7}$  بطور غیر همزمان با یونیکونازول و بعد از کاربرد یونیکونازول پاشیده می‌شدند تعداد روز تا گلدهی از 1 تا 8 روز نسبت به گیاهان شاهد افزایش پیدا می‌کند. بطوریکه هر چه فاصله زمانی از افشاندن

یونیکونازول تا پاشیدن  $GA_{4+7}$  بیشتر شد تعداد روز تا گلدهی افزایش یافت. دیکس و همکاران (1974) عنوان کردند که در سوسن هیبرید مید سنتوری تیمار گیاهان بصورت پاشیدن محلول هورمونی  $GA_3$  سبب کاهش تعداد روز تا گلدهی نسبت به گیاهان شاهد شد و در غلظت‌های بالاتر نسبت به غلظت‌های پائین‌تر تعداد روز تا گلدهی به میزان بیشتری کاهش یافت. کرنی کونینگ و همکاران (2005) نشان دادند که وقتی  $GA_4$  بر روی گل‌های اطلسی که در زیر فیلم‌های مادون قرمز پرورش یافته بودند افشاندن شد،  $GA_4$  اثر حذف مادون قرمز توسط این فیلم‌ها را که سبب کوتاه شدن ساقه و تأخیر در گلدهی می‌شد خنثی کرد و باعث تسریع در گلدهی شد.  $GA_4$  باعث تسریع در شکوفایی در هر دو نوع فیلم نور قرمز و مادون قرمز گردید اما این اثر تحت فیلم مادون قرمز بیشتر بود.

جدول 2- تاریخ گلدهی مشاهده شده در سوسن،  $D'$ ، در هر تیمار و مقادیر برآورد شده با استفاده از توابع 3 و 4

| تیمار                  | مشاهده شده |              | برآورد شده |
|------------------------|------------|--------------|------------|
|                        | میانگین    | انحراف معیار |            |
| VB                     | ۳۴/۷۵      | ۲/۸۳         | ۳۱/۰۷      |
| $V_{10}$               | ۳۴/۷۵      | ۲/۷۳         | ۳۰/۸۶      |
| $V_{20}$               | ۳۴/۹۱      | ۱/۲۹         | ۳۲/۸۲      |
| ۰<br>۲۰<br>۲۰۰<br>۲۰۰۰ | ۳۷/۶۶ a+   | ۱/۲۹         | ۳۷/۱۱      |
|                        | ۳۴/۵۶ b    | ۲/۲۸         | ۳۵/۰۱      |
|                        | ۳۳/۰۷ b    | ۲/۰۱         | ۳۱/۹۸      |
|                        | ۳۳/۶۱ b    | ۱/۸۰         | ۳۳/۱۷      |
| منابع تغییر            |            |              |            |
| مرحله هورمون‌پاشی (A)  |            |              |            |
| غلظت جیبرلین (B)       |            |              |            |
| A×B                    |            |              |            |
| ns                     |            |              |            |
| **                     |            |              |            |
| ns                     |            |              |            |

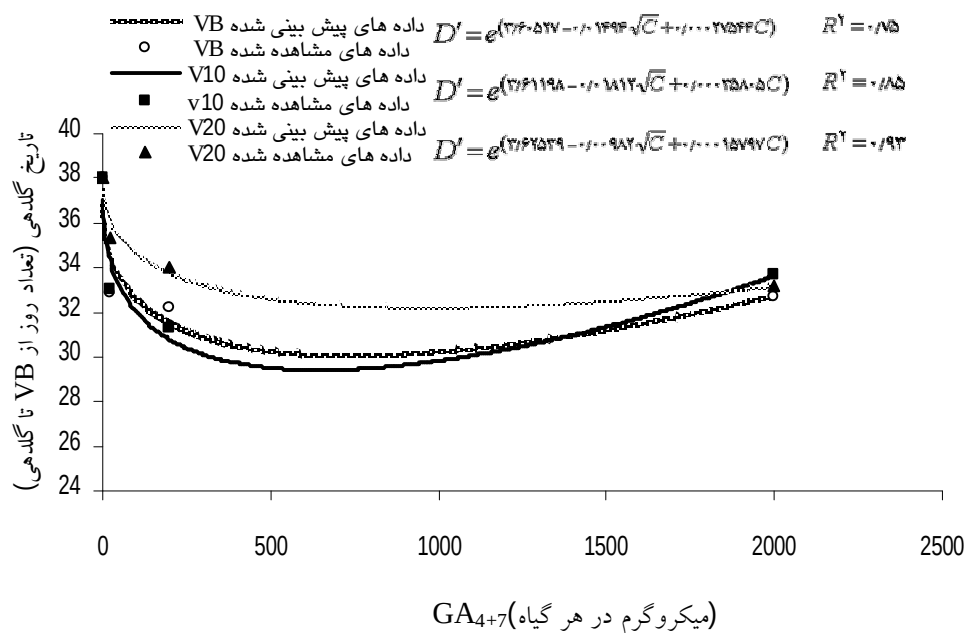
ns، \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱%

+ میانگین‌های برخوردار از حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون توکی)



براساس نتایج حاصل جهت رسیدن به تاریخ گلدهی زود هنگام در گل سوسن در تمام مراحل هورمون‌پاشی، غلظت‌های کمتر از 1000 میکروگرم جیبرلین در هر گیاه غلظت بهینه می‌باشد زیرا بدلیل مکانیزم متابولیسمی جیبرلین بر دیواره سلول که پیش از این توضیح داده شد غلظت‌های پائین جیبرلین نسبت به غلظت‌های بالا در نمو جوانه گل سوسن از طریق اثر بر سست شدن دیواره سلولی و توسعه سلول و در نتیجه تقسیم و طولی شدن سریع سلولی و جوانه گل، غلظت بهینه می‌باشند.

پیش‌بینی‌های مدل برازش داده شده در این پژوهش با نتایج پژوهش‌های انجام شده مبتنی بر تأثیر هورمون جیبرلین بر سرعت نمو جوانه گل و تعداد روز تا گلدهی در پژوهش‌های جیانفاگنا و مریت (2000) در گل تاج الملوک، جیانو و همکاران (1991) در سوسن عید پاک و دیکس و همکاران (1974) در سوسن هیبرید مید مطابقت داشت. به نظر می‌رسد با برازش تابع 2 به کمک داده‌های حاصل از پژوهش‌های هر یک از افراد فوق مدل حاصل مشابه مدل حاضر در این پژوهش شود لذا در این خصوص نیاز به بررسی‌های بیشتری داشت.



شکل 1- تاریخ گلدهی پیش‌بینی شده در سوسن در سه مرحله هورمون‌پاشی VB، V10 و V20 از طریق تیمار با جیبرلین

رفتار منحنی تحت تأثیر غلظت‌های جیبرلین در دامنه غلظت‌های پیش‌بینی شده مدل قرار گرفت (شکل 2). بطوریکه با توجه به روند مدل در شکل 2 با افزایش غلظت جیبرلین از صفر تا 200 میکروگرم در هر گیاه، تعداد روز تا گلدهی از حدود 38 روز به حدود 32 روز کاهش یافت و پس از آن با افزایش بیشتر غلظت جیبرلین

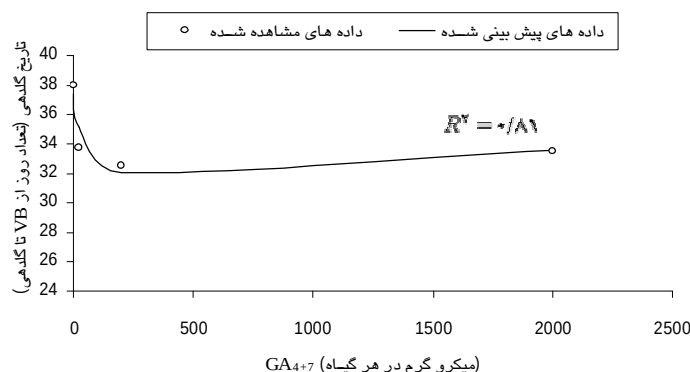
مدل نهایی تاریخ گلدهی با توجه به عدم تأثیر معنی‌دار مراحل هورمون‌پاشی بر تعداد روز تا گلدهی، از برآیند مدل‌های ارائه شده در شکل 1 در نرم افزار SAS در یک مدل معنی‌دار ( $P \leq 0/05$ ) برازش گردید (جدول 3). این مدل نیز از یک تابع نمایی پیروی کرد. منحنی حاصل از این مدل نیز از روندی سهمی شکل پیروی نمود و

تا میزان 2005 میکروگرم در هر گیاه (برونیایی غلظت جیبرلین) تعداد روز تا گلدهی افزایش تدریجی نشان داد و به حدود 34 روز رسید. آماره  $R^2$  در این مدل برابر 0/81 برآورد شد، که در حد بهینه بوده و بیان‌کننده قدرت پیش‌بینی مدل می‌باشد. گزارش شده است که کاربرد جیبرلین در غلظت‌های بهینه، شکوفایی گل را در چند گیاه شامل

*Gaillardia grandiflora* و *Apomoea nill* "static" تسریع می‌کند (دورن و میترن 2003). در تعداد زیادی از گونه‌ها، گلدهی از طریق کاربرد جیبرلین‌ها تحریک می‌شود و بنابراین میزان زمان مورد نیاز برای تولید محصول کاهش می‌یابد. به عنوان نمونه در *Azalea* گزارش شده است که  $GA_3$  شکوفایی جوانه گل را ارتقا می‌دهد (وایت 2003).

جدول 3- نتایج رگرسیون غیر خطی از طریق برازش تابع 4 به 120 داده مشاهده شده از غلظت‌های مختلف جیبرلین  $GA_{4+7}$  در سوسن

| پارامتر  | خطای معیار $\pm$ (SE) برآورد شده | حد پائین | حد بالا  |
|----------|----------------------------------|----------|----------|
| $\omega$ | $3/62 \pm 0/047$                 | 3/53     | 3/71     |
| $\delta$ | $-0/014 \pm 0/00761$             | -0/029   | 0/00091  |
| $\theta$ | $0/00027 \pm 0/00015$            | -0/00024 | 0/000564 |



$$D = e^{(3/62125 - 0/01492\sqrt{C} + 0/00027945C)}$$

شکل ۲- مدل نهایی تاریخ گلدهی در گل سوسن در تیمار با جیبرلین (۰، میانگین ۳۰ گیاه از سه مرحله هورمون‌پاشی در هر غلظت جیبرلین)

توزیع برداشت با توجه به زمان هدف استفاده نمود. البته با توجه به ضریب تبیین که یک معیار آماری ارزشمند در ارزیابی قدرت رابطه می‌باشد، پیشنهاد می‌شود غلظت‌های دیگری از جیبرلین در دامنه

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با استفاده از یک مدل نمایی از زمان گلدهی، رفتار گیاه در پاسخ به دامنه غلظت‌های جیبرلین به خوبی مشاهده می‌شود و لذا از آن می‌توان به عنوان ابزاری مناسب برای

غلظت‌های آزمون شده مورد آزمایش قرار گیرد تا دقت مدل با اطمینان بیشتری ارزیابی گردد.

رسول قربان فلاح از بابت تامین دستگاه ترموگراف بطور امانت که برای بیان شرایط دمایی دقیق پرورش گیاه در گلخانه لازم بود تشکر نمایم.

#### سپاسگزاری

بدینوسیله مایلیم از مرکز آموزش و تحقیقات هواشناسی استان گیلان بخصوص جناب آقای مهندس

#### منابع مورد استفاده

- Brooking, IR and Cohen D, 2002. Gibberellin-induced flowering in small tubers of *Zantedeschia* 'Black Magic'. *Scientia Horticulturae* 95: 63-73.
- Clemens, J, Jameson PE, Bannister P and Pharis RP, 1995. Gibberellins and bud break, vegetative shoot growth and flowering in *Metrosideros collina* cv. Tahiti. *Plant Growth Regulation* 16 (2): 161-171.
- Creny-Koenig TA, Faust JE and Rajapaks NC, 2005. Role of gibberellin A (4) and gibberellin biosynthesis inhibitors on flowering and stem elongation in petunia under modified light environments. *HortScience* 40 (1): 134-137.
- Dicks JW, Gilford JMcD and Rees AR, 1974. The influence of timing of application and gibberellic acid on the effects of ancymidol on growth and flowering on Mid- Century hybrid lily cv. Enchantment. *Scientia Horticulturae* 2: 153-163.
- Doorn WGV and Meeteren UV, 2003. Flower opening and closure: A review. *Journal of Experimental Botany* 55 (389): 1801-1812.
- Erickson RD, 1984. Cytological and growth correlations in the flower bud and anther of *Lilium longiflorum*. *Journal of Botany* 35: 729-739.
- Evans LT, King RW, Mander LN, Pharis RP and Duncan KA, 1994. The differential effects of C-16,17- dihydro gibberellins and related compounds on stem elongation and flowering in *Lolium tumelentum*. *Plant* 193(1): 107-114.
- Fisher PR and Heins RD, 1996. A graphical control for monitoring leaf count of Easter Lily to support crop timing decisions. *Hort Technology* 6 (1): 61-70.
- Fisher, PR, Heins RD, Ehler N and Lieth JH. 1997a. A decision-support system for real-time management of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) scheduling and height -1. System description. *Agricultural Systems* 54(1): 23-37.
- Fisher PR and Lieth JH, 2000. Variability in flower development of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.): Model and decision support system. *Computers and Electronics in Agriculture* 26: 53-64.
- Fisher PR, Lieth JH and Heins RD, 1996. Modeling flower bud elongation in Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) in response to temperature. *HortScience* 31 (3): 349-352.

- Fisher PR, Lieth JH and Heins RD, 1997b. Predicting variability in anthesis of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) populations in response to temperature. Acta Hort 456: 117-124.
- Gianfagna, TJ and Merritt RH, 1998. GA<sub>4/7</sub> promotes stem growth and flowering in a genetic line of Aquilegia x hybrida Sims. Plant Growth Regul 22: 1-5.
- Gianfagna, TJ and Merritt RH, 2000. Rate and time of GA<sub>4/7</sub> treatment affect vegetative growth and flowering in a genetic line of Aquilegia x hybrida Sims. Scientia Horticulturae 83: 275-281.
- Healy, WE and Wilkins HF, 1984. Temperature effects on "Nellie White" flower bud development. HortScience 19 (6): 843-844.
- Jiano J, Wan X and Tsujita MJ, 1991. Antagonistic effects of uniconazole and GA<sub>4+7</sub> on shoot elongation and flower development in "Nellie White" Easter lily. Scientia Horticulturae 46: 323-331.
- Jones RL and MacMillan J, 1985. Gibberellins. Pp. 21-52. In: Wilkins MB (Ed.). Advanced Plant Physiology. Pitman Press
- Lieth JH and Carpenter P, 1990. Modeling stem elongation and leaf unfolding of Easter lily during greenhouse forcing. Scientia Horticulturae 44: 149-162.
- Saleem Khan, A and Chaudhry NY, 2006. GA3 improves flower yield in some cucurbits treated with lead and mercury. African Journal of Biotechnology 5 (2): 149-153.
- SAS Institute, 2003. SAS/STAT user's guide. SAS Institute Inc., Cary, USA.
- Snipen, LG, Moe R and Sørensen J, 1999. Influence of potential growth factors in predicting time to flowering in poinsetia (*Euphorbia pulcherrima*). Scientia Horticulturae 81: 345-359.
- White SA, 2003. Nutrition and plant growth regulator rates for high quality growth of containerized spiderwort (*Tradescantia virginiana* L.). Master of Science thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.