



## به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴  
صفحه‌های ۲۱۷-۲۲۸

# کمی‌سازی و تعیین پارامترها و دامنه‌های پاسخ به دمای بذر و گیاهچه گیاه آزی‌وش (*Corchorus olitorius* L.) با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی

بهنام کامکار\*<sup>۱</sup>، ام‌البنین گرزین<sup>۲</sup>، نفیسه خلیلی<sup>۳</sup> و محمدحسین قربانی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار گروه زراعت دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴. مربی گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۰۳

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۱۸

### چکیده

آزی‌وش (*Corchorus olitorius* L.) یک گیاه دارویی با ارزش به‌شمار می‌رود که اولین بار در ایران در سال ۱۳۹۲ کشت و تولید شد. در این مطالعه، واکنش جوانه‌زنی این گیاه نسبت به دما (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد) در آزمایشگاه بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۰ بررسی شد. اثر دما بر حداکثر درصد جوانه‌زنی (MGP)، سرعت جوانه‌زنی ( $R_{50}$ )، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا رسیدن به ۱۰ ( $D_{10}$ )، ۵۰ ( $D_{50}$ ) و ۹۰ ( $D_{90}$ ) درصد حداکثر جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال (NS) و طول گیاهچه (LS) در سطح ۱ درصد معنادار بود. همچنین واکنش جوانه‌زنی به دما تا رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی با استفاده از سه مدل رگرسیون غیرخطی (مدل‌های دوتکه‌ای، دندان‌مانند و بتا) ارزیابی شد و مدل بتا، مدل برتر تعیین شد. دماهای کاردینال در ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی شامل دمای پایه ۱۰/۱۸ درجه سانتی‌گراد، دمای بهینه ۳۷/۳۱ درجه سانتی‌گراد، دمای سقف ۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان بیولوژیک ۱۳/۵۶ ساعت بود. نتایج مدل بتا در برآزش طول گیاهچه و درصد گیاهچه نرمال نشان داد ظهور گیاهچه در دامنه دمایی ۱۱ تا ۴۴ درجه سانتی‌گراد، بیشترین طول گیاهچه در دمای ۳۵/۳۴ درجه سانتی‌گراد و بیشترین درصد گیاهچه‌های نرمال در دمای ۳۱ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است.

**کلیدواژه‌ها:** آزی‌وش، دماهای کاردینال، زمان بیولوژیک، گیاهچه نرمال، مدل بتا.

## ۱. مقدمه

آزی‌وش<sup>۱</sup> متعلق به خانواده Tiliacea است و در کشورهای مختلف با نام‌های متفاوتی شناخته می‌شود [۷]. اسم اولیه آن در مصر الملوکیه بود (گیاهی که فقط خانواده‌های پادشاهی و حاکمان قدیم در مصر حق استفاده از آن را داشتند) که بعدها (زمانی که سایر مردم توانستند آن را کشت و مصرف کنند) به الملوکیه تغییر یافت و امروزه در بسیاری از کشورهای عربی به همین نام شناخته می‌شود. این گیاه در بخش‌های وسیعی از دنیا به‌عنوان نوعی گیاه خوراکی مفید و نیز گیاهی دارویی، باارزش و مهم شمرده می‌شود [۷]. به‌عنوان مثال، این گیاه دارای مقدار زیادی آهن و اسید فولیک است که در پیشگیری از کم‌خونی مفید است [۲۹، ۱۴] و دانه‌های آن خواص ضدباکتریایی دارند [۲۷]. در حال حاضر، آزی‌وش به‌طور گسترده در سراسر مناطق استوایی انتشار دارد و در بیشتر کشورهای آفریقا سبز می‌شود [۱۲]. این گیاه پس از سه سال تحقیق و اجرای دو طرح پژوهشی اولین بار در ایران در سال ۱۳۹۲ در سطح زراعی در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تولید شد [۷].

بذر عامل تکثیر و بروز ویژگی‌های زراعی یک ژنوتیپ و مهم‌ترین نهاده تولید محصولات زراعی و دستیابی به پتانسیل واقعی عملکرد است [۲۲]. جوانه‌زنی فرایند فیزیولوژیک پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد [۲۱، ۱۱]. شرایط محیطی به‌طور مستقیم تعیین‌کننده جوانه‌زنی مطلوب بذر و در گام بعد سبز شدن است [۱۳]. دما نیروی محرک مهمی است که در سرعت نمو محصول تأثیر بسزایی دارد [۱۸]. تأثیرات دما بر رشدونمو گیاه مبنای مدل‌هایی است که برای پیش‌بینی زمان‌بندی جوانه‌زنی استفاده می‌شود [۱۰]. جوانه‌زنی بذر هر گیاه در گستره دمایی خاصی صورت می‌گیرد که به آن

دماهای کاردینال گویند [۹]. در این گستره، دماهای کمینه، بهینه و بیشینه قرار دارند که برای ارائه مدل‌های پیش‌بینی جوانه‌زنی بذر لازم‌اند [۲۶]. سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما تا دمای مطلوب جوانه‌زنی افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد یا ثابت است و سپس کاهش می‌یابد [۲۰]. به‌طور کلی، در گیاهان، سرعت نمو در دمای پایه صفر است و با افزایش دما تا دمای بهینه افزایش می‌یابد؛ ولی در دماهای بالاتر از آن افت شدیدی نشان می‌دهد [۲۶].

توابع دمایی مختلفی برای توصیف واکنش جوانه‌زنی به دما وجود دارد که از میان آنها سه تابع دوتکه‌ای، بتا و دندان‌مانند برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما بیشتر از بقیه به‌کار گرفته شده‌اند [۳۰، ۶، ۲]. انتخاب مدل مناسب برای کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما، در تعیین دقیق دماهای کاردینال بسیار مهم است. محققان در مطالعات خود با ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی، مدل‌های مختلف را در کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی انتخاب و از آنها در تعیین دماهای کاردینال استفاده کردند. از جمله می‌توان در گیاه خشخاش مدل دوتکه‌ای [۱۹]، در گاوزبان، کدو تخم‌کاغذی، سیاهدانه و سه رقم رازیانه مدل دندان‌مانند [۳، ۲] و در سه رقم ماریتغال، جو و گندم مدل بتا را نام برد [۵، ۴].

از آنجا که اطلاعات زیادی درباره جوانه‌زنی، دماهای کاردینال و دیگر پارامترهای جوانه‌زنی گیاه دارویی آزی‌وش وجود ندارد، هدف پژوهش حاضر، تعیین پارامترها و دامنه‌های پاسخ به دمای بذر و گیاهچه آزی‌وش با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی

1. *Corchorus olitorius* L.

۵۰ درصد ( $D_{50}$ ) جوانه زنی از طریق درون یابی برآورد شد. همچنین سرعت جوانه زنی (در ساعت) با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد [۳۰]:

$$R_{50} = 1/D_{50} \quad (1)$$

در این رابطه،  $R_{50}$  سرعت جوانه زنی را نشان می دهد و  $D_{50}$  زمان لازم برای رسیدن تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه زنی است. برای تعیین دماهای کاردینال و زمان بیولوژیک جوانه زنی نیز از رابطه زیر استفاده شد [۳۰]:

$$1/e = f(T)/F_0 \quad (2)$$

در این رابطه،  $1/e$  سرعت جوانه زنی؛ و  $F_0$  زمان بیولوژیک مورد نیاز برای جوانه زنی است. زمان بیولوژیک جوانه زنی عبارت است از زمان لازم برای جوانه زنی در شرایط دمای مطلوب و  $f(T)$  تابع دما است که بین صفر (در دمای پایه) و یک (در دمای مطلوب) تغییر می کند و از روابط زیر به دست می آید:

۱. تابع بتا<sup>۱</sup> با علامت اختصاری (B) که معادله آن به صورت زیر است [۳۲]:

$$f(t) = \left[ \left[ \frac{(T - T_b)}{(T_0 - T_b)} \times \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_b)} \right] \right]^a \left( \frac{(T_c - T_b)}{(T_0 - T_b)} \right)^\alpha \quad (3)$$

در این رابطه،  $T_b$  دمای پایه؛  $T_0$  دمای مطلوب؛  $T_c$  دمای سقف؛  $a$  ضریب ثابت؛ و  $T$  دمای متوسط روزانه (دمای مورد آزمایش) هستند.

۲. تابع دندان مانند<sup>۲</sup> با علامت اختصاری (D) که معادله آن به صورت زیر است: [۲۸]:

$$T_b < T < T_{0v} \Rightarrow f(t) = \frac{(T - T_b)}{(T_{0v} - T_b)} \quad (4)$$

$$T_{0v} < T < T_c \Rightarrow f(t) = \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_{0v})}$$

$$T_{0v} \leq T \leq T_{0v} \Rightarrow f(t) = 1$$

$$T \leq T_b \text{ (OR) } T \geq T_c \Rightarrow f(t) = 0$$

شامل دما در هفت سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی گراد) بود که توسط انکوباتور، با دقت ۰/۵ درجه سانتی گراد تأمین شد. بذور از محل کشت تحقیقاتی محدود در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد. هر واحد آزمایشی شامل یک پتری دیش به قطر ۱۰ سانتی متر بود که در آن ۵۰ عدد بذر آزیوش بر روی یک حوله کاغذی قرار داده شد و داخل انکوباتور در شرایط تاریکی قرار گرفت. بذور جوانه زده بسته به دمای مورد استفاده، چند بار در روز شمرده شد و هر بار بذره های جوانه زده از محیط جوانه زنی خارج شدند. بدیهی است که در دماهای نزدیک تر به دمای بهینه، بازه زمانی شمارش، کوچک تر است. معیار جوانه زنی خروج ریشه چه به اندازه ۲ میلی متر یا بیشتر بود. خاتمه شمارش، زمانی در نظر گرفته شد که در طی ۴۸ ساعت متوالی هیچ بذری جوانه نزنند. در طول آزمایش و در صورت نیاز، به پتری دیش ها آب مقطر اضافه شد. پتری دیش ها در طول آزمایش داخل انکوباتور در محیط تاریک قرار داشتند و برای شمارش به مدت کمتر از یک دقیقه از دستگاه خارج می شدند. برای اندازه گیری تعداد گیاهچه های نرمال و طول گیاهچه ها نیز تیمارهای مشابه طراحی و اجرا شد و پس از هفت روز از شروع آزمایش، طول گیاهچه با استفاده از خط کش اندازه گیری و تعداد گیاهچه های نرمال شمارش شد. گیاهچه نرمال گیاهچه ای است که تمام اجزای یک گیاهچه را داشته باشد و از نظر شکل ظاهری نرمال باشد، به گونه ای که امکان رشد و بقا داشته باشد.

برای محاسبه درصد، سرعت و زمان جوانه زنی از نرم افزار GS-2011 استفاده شد [۱۷]. این نرم افزار تابع لجستیک را به داده های جوانه زنی در برابر دما برآزش داده و از طریق درون یابی محاسبات لازم را انجام می دهد [۱۹]. در همه تیمارهای دمایی، برای هر تکرار منحنی پیشرفت جوانه زنی در مقابل زمان (ساعت) ترسیم و زمان لازم برای

1. Beta Original  
2. Dent-like

ضرایب  $a$  و  $b$  به ترتیب نشان‌دهنده میزان انحراف خط رگرسیون از مبدأ مختصات و میزان اریب خط رگرسیون از خط یک به یک است. مقدار عددی ضرایب  $a$  و  $b$  توسط نرم‌افزار SAS تعیین شد. معناداری ضرایب  $a$  با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و معناداری ضرایب  $b$  با تعیین حدود اطمینان بررسی شد. معناداری ضرایب  $a$  به این معناست که عرض از مبدأ خط رگرسیون از عرض از مبدأ خط یک به یک اریبی دارد. معناداری ضرایب  $b$  به این معناست که شیب خط رگرسیون از شیب خط یک به یک  $^3$  فاصله دارد و خط رگرسیون نسبت به خط یک به یک دارای اریب است [۸]. پراکنش کمتر نقاط در اطراف خط یک به یک، نشانه کارایی بیشتر مدل است و این امر بدین معناست که پراکنش کمتر نقاط در اطراف خط یک به یک نشان‌دهنده این است که نقاط پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها مطابقت بیشتری با نقاط مشاهده شده دارند و در واقع خط رگرسیون به خط یک به یک نزدیک‌تر است (شیب خط یک به یک نزدیک‌تر است). با توجه به این معیارها مدل برتر، به منظور توصیف سرعت جوانه‌زنی گیاه آزی‌وش نسبت به دما، در تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی استفاده شد.

### ۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حداکثر درصد جوانه‌زنی ( $MGP^4$ )، سرعت در ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی ( $R_{50}$ )، یکنواختی جوانه‌زنی ( $GU^5$ )، زمان رسیدن به ۱۰ ( $D_{10}$ )، ۵۰ ( $D_{50}$ ) و ۹۰ ( $D_{90}$ ) درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال ( $NS$ ) (درصد) و طول گیاهچه ( $LS^6$ ) نشان داد که تأثیر دما بر پارامترهای ذکر شده در سطح ۱ درصد معنادار بود (جدول‌های ۱ و ۲).

در این رابطه،  $T_b$  دمای پایه؛  $T_{o1}$  دمای مطلوب تحتانی؛  $T_{o2}$  دمای مطلوب فوقانی؛  $T_c$  دمای سقف؛ و  $T$  دمای متوسط روزانه (دمای مورد آزمایش) هستند.

۳. تابع دو تکه‌ای<sup>۱</sup> با علامت اختصاری ( $S$ ) که معادله آن به صورت زیر است [۳۱]:

(۵)

$$T_b < T < T_o \Rightarrow f(t) = \frac{(T - T_b)}{(T_o - T_b)}$$

$$T_o < T < T_c \Rightarrow f(t) = 1 - \frac{(T - T_o)}{(T_c - T_o)}$$

$$T \leq T_b \text{ (OR) } T \geq T_c \Rightarrow f(t) = 0$$

در این رابطه،  $T_b$  دمای پایه؛  $T_o$  دمای مطلوب؛  $T_c$  دمای سقف؛ و  $T$  دمای متوسط روزانه (دمای مورد آزمایش) هستند.

تخمین پارامترهای هر مدل با روش مطلوب‌سازی تکراری به کمک رویه برخط<sup>۲</sup> در نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت. در روش مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام می‌گیرد که بهترین برآورد از پارامترها به دست آید. بهترین برآورد پارامترهای مدل براساس خطای معیار ( $SE$ ) کمتر پارامترها و جذر میانگین مربعات انحراف ( $RMSE$ ) کمتر رگرسیون مشخص می‌شود [۲]. برای انتخاب مدل برتر از میان مدل‌های مورد استفاده، از جذر میانگین مربعات انحرافات ( $RMSE$ )، ضریب تبیین ( $R^2$ )، ضریب همبستگی ( $r$ )، ضرایب رگرسیون ساده خطی ( $a$  و  $b$ ) در رابطه زمان (ساعت) تا جوانه‌زنی مشاهده شده و پیش‌بینی شده استفاده شد. هر چه ضریب تبیین ( $R^2$ ) مدل استفاده شده بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که مدل درصد تغییرات سرعت جوانه‌زنی را بیشتر توجیه می‌کند.

3. 1:1 line

4. Maximum Germination Percentage

5. Germination Uniformity

6. Length of seedling

1. Segmented

2. Procnlin

کمی سازی و تعیین پارامترها و دامنه های پاسخ به دمای بذر و گیاهچه *Corchorus olitorius* L.) با استفاده از ...

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس حداکثر درصد جوانه زنی (MGP)، سرعت در ۵۰ درصد حداکثر جوانه زنی (R<sub>50</sub>)، درصد گیاهچه نرمال (/NS) و طول گیاهچه (LS) در گیاه آزیوش تحت تأثیر دماهای مختلف

منابع تغییرات	DF	MGP	R <sub>50</sub>	NS	LS
دما	۸	۴۸۴۳/۰۰**	۰/۰۰۲۷**	۴۴۶۰/۷۳**	۳۶/۱۱**
خطا	۱۸	۱۰/۸۱	۰/۰۰۰۰۱	۱۹/۸۳	۰/۰۴
CV	-	۴/۶۸	۱۰/۳۸	۷/۲۷	۴/۰۸

\*\* معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس زمان رسیدن به ۱۰ (D<sub>10</sub>)، ۵۰ (D<sub>50</sub>) و ۹۰ (D<sub>90</sub>) درصد جوانه زنی و یکنواختی جوانه زنی (GU) در گیاه آزیوش تحت تأثیر دماهای مختلف

منابع تغییرات	DF	D <sub>10</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>90</sub>	GU
دما	۶	۹۳۳/۳۱**	۱۹۳۸/۹۰**	۳۷۸۸/۴۱**	۱۰۴۶/۴۵**
خطا	۱۴	۱/۱۷	۱/۷۸	۲۴/۰۳	۲۵/۸۷
CV	-	۵/۹۸	۴/۶۰	۱۱/۷۶	۲۱/۶۱

\*\* معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

تیبین ۹۹ درصد و بیشتر از دو مدل دیگر و جذر میانگین مربعات اشتباه و ضریب تغییرات به ترتیب ۲/۹۷ و ۱۰/۱۷ و کمتر از دو مدل دیگر است. با توجه به نتایج به دست آمده، مدل بتا، مدل برتر در کمی سازی واکنش سرعت جوانه زنی گیاه آزیوش تعیین شد (جدول ۳ و شکل ۱).

با انتخاب مدل بتا به عنوان مدل برتر در آزیوش دماهای پایه، بهینه و سقف در ۵۰ درصد جوانه زنی به ترتیب ۱۰/۱۸، ۳۷/۳۱ و ۵۰ درجه سانتی گراد برآورد شد (جدول ۴ و شکل ۲). محققان در مطالعات خود درباره جوانه زنی دو رقم گیاه آزیوش در محدوده دمایی ۱۰ تا ۴۵ درجه سانتی گراد همراه با تنش شوری صفر تا ۲۰۰ میلی مولار و با اعمال تیمار پیش جوانه زنی دمای ۳۰ درجه سانتی گراد را بهترین دما برای بیشترین درصد جوانه زنی معرفی کردند [۲۳]. همچنین در بررسی جوانه زنی آزیوش

با افزایش دما تا دمای مطلوب، درصد و سرعت جوانه زنی افزایش و بعد از آن کاهش یافت. دلیل کاهش درصد و سرعت جوانه زنی در دماهای نامطلوب را می توان کاهش یا ممانعت از فعالیت آنزیم ها و در نتیجه کاهش سرعت فرایندهای بیوسنتزی لازم برای جوانه زنی در این دماها دانست [۱۶].

برآورد پارامترهای مدل های بتا، دندان مانند و دو تکه ای برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه زنی به دما نشان داد که در ۵۰ درصد حداکثر جوانه زنی ضریب a (میزان انحراف خط رگرسیون از مبدأ مختصات) در دو مدل دو تکه ای و دندان مانند در سطح ۵ درصد و ضریب b (میزان اریب خط رگرسیون از خط یک به یک) در سطح ۱ درصد معنادار بود، اما در مدل بتا این ضرایب غیر معنادار بوده و نسبت به دو مدل دیگر ضریب a به صفر و ضریب b به یک نزدیک تر است. همچنین، در مدل بتا، ضریب

## بهنام کامکار و همکاران

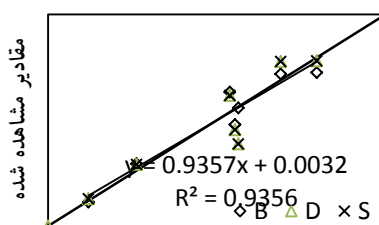
دماهای کاردینال این گیاه تعیین شد (مرحله افزایش خطی درصد جوانه‌زنی تجمعی در منحنی سیگموئیدی پیشرفت درصد تجمعی جوانه‌زنی در برابر زمان) و از دماهای به‌دست آمده در ۱۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی به‌عنوان دماهای کاردینال در شروع و پایان جوانه‌زنی (مرحله افزایش کند درصد جوانه‌زنی تجمعی در ابتدا و انتهای منحنی سیگموئیدی پیشرفت درصد تجمعی جوانه‌زنی در برابر زمان) می‌توان استفاده کرد.

در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد با اعمال تیمارهای سرمایشی پیش‌جوانه‌زنی بر روی بذرها، درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه بیشتر بود [۲۵]. با توجه به استفاده از تیمارهای پیش‌رویشی در مطالعات ذکرشده، به‌نظر می‌رسد نتایج این مطالعه مغایرتی با نتایج ذکرشده ندارد. اختلاف بین دماهای کاردینال برآوردشده در ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی در دماهای بهینه و سقف غیرمعنادار، اما در دمای پایه در سطح ۵ درصد معنادار بود (شکل ۳)، بنابراین دماهای کاردینال برآوردشده در ۵۰ درصد جوانه‌زنی،

جدول ۳. جذر میانگین مربعات اشتباه (RMSE)، ضریب تغییرات (CV)، ضریب تبیین ( $R^2$ ) و ضرایب رگرسیون **a** و **b** برای مدل‌های مختلف رگرسیون غیرخطی در آزی‌وش

۱۰ درصد	RMSE	CV	$R^2$	a ± SE	b ± SE
مدل بتا	۱/۱۰	۵/۵۴	۰/۹۹	۰/۴۶ ± ۰/۴۰	۰/۹۶ ± ۰/۰۱
دوتکه‌ای	۱/۸۷	۸/۵۰	۰/۹۹	-۱/۴۰ ± ۰/۶۹**	۱/۱۶ ± ۰/۰۲**
دندان‌مانند	۱/۱۵	۵/۶۰	۰/۹۹	-۰/۸۲ ± ۰/۴۲**	۱/۰۶ ± ۰/۰۱**
۵۰ درصد					
مدل بتا	۲/۹۷	۱۰/۱۷	۰/۹۹	-۱/۳۴ ± ۱/۰۲	۱/۰۵ ± ۰/۰۲
دوتکه‌ای	۳/۸۳	۱۳/۲۹	۰/۹۷	۳/۰۳ ± ۱/۳۲*	۰/۸۸ ± ۰/۰۳**
دندان‌مانند	۳/۸۳	۱۳/۲۹	۰/۹۷	۳/۰۳ ± ۱/۳۲*	۰/۸۸ ± ۰/۰۳**
۹۰ درصد					
مدل بتا	۴/۰۶	۱۰/۶۳	۰/۹۸	۵/۱۰ ± ۱/۴۲**	۰/۷۹ ± ۰/۰۲**
دوتکه‌ای	۷/۳۲	۱۷/۴۶	۰/۹۴	۸/۰۶ ± ۲/۵۶**	۰/۸۱ ± ۰/۰۴**
دندان‌مانند	۵/۴۸	۱۳/۴۷	۰/۹۶	۵/۸۵ ± ۱/۹۲**	۰/۸۳ ± ۰/۰۳**

\* و \*\* در a نشان‌دهنده اختلاف معنادار با صفر و در b نشان‌دهنده اختلاف معنادار با یک است.



مقادیر پیش‌بینی شده

شکل ۱. مقادیر پیش‌بینی‌شده سرعت جوانه‌زنی ( $R_{50}$ ) با استفاده از توابع دوتکه‌ای (S)، دندان‌مانند (D) و بتا (B) در برابر مقادیر مشاهده‌شده (ضریب تبیین مربوط به مدل بتا است).

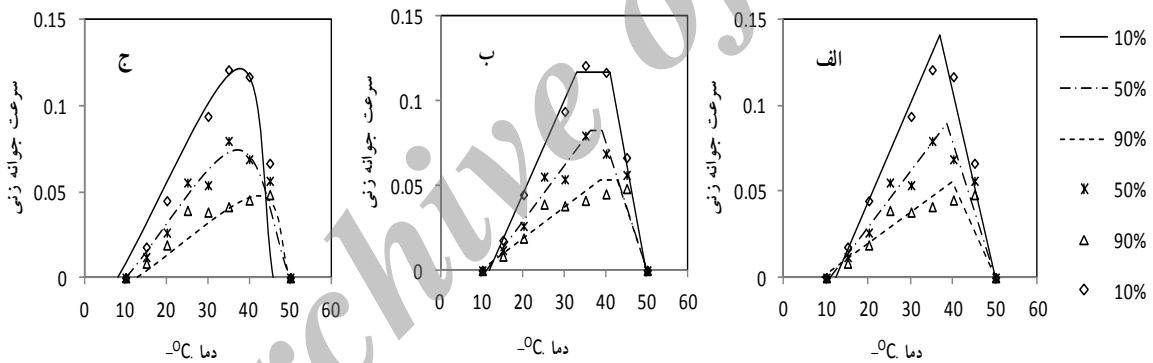
## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴

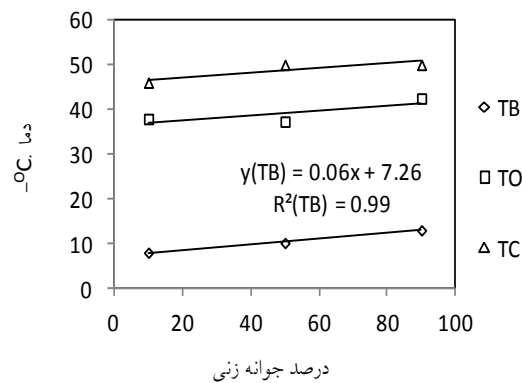
کمی سازی و تعیین پارامترها و دامنه های پاسخ به دمای بذر و گیاهچه آبیوش (*Corchorus olitorius* L.) با استفاده از ...

جدول ۴. برآورد ضریب ثابت  $a$ ، دمای پایه ( $T_b$ )، دمای مطلوب ( $T_o$ )، دمای مطلوب تحتانی ( $T_{o1}$ )، دمای مطلوب فوقانی ( $T_{o2}$ )، دمای سقف ( $T_c$ ) و زمان بیولوژیک جوانه زنی ( $F_o$ ) برای ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه زنی با استفاده از مدل های رگرسیونی مختلف در آبیوش

مدل بتا	a	$T_b$	$T_o$	$T_c$	$F_o$
۱۰ درصد	$1/73 \pm 0/20$	$8/00 \pm 0/00$	$37/92 \pm 0/85$	$46/03 \pm 0/73$	$8/25 \pm 0/20$
۵۰ درصد	$1/49 \pm 0/61$	$10/18 \pm 4/47$	$37/31 \pm 0/77$	$50/00 \pm 0/00$	$13/56 \pm 0/56$
۹۰ درصد	$0/68 \pm 0/13$	$13/00 \pm 0/00$	$42/48 \pm 2/71$	$50/00 \pm 0/00$	$21/03 \pm 0/90$
دوتکه ای					
۱۰ درصد	-	$12/25 \pm 1/03$	$37/00 \pm 0/00$	$50/00 \pm 0/00$	$7/11 \pm 0/21$
۵۰ درصد	-	$11/05 \pm 1/83$	$38/49 \pm 0/77$	$50/00 \pm 0/00$	$11/18 \pm 0/56$
۹۰ درصد	-	$10/00 \pm 0/00$	$39/78 \pm 1/12$	$50/00 \pm 0/00$	$17/61 \pm 1/49$
دندان مانند					
۱۰ درصد	$11/96 \pm 0/70$	$33/00 \pm 0/00$	$41/00 \pm 0/00$	$50/00 \pm 0/00$	$8/55 \pm 0/16$
۵۰ درصد	$11/05 \pm 1/83$	$36/35 \pm 1/56$	$39/39 \pm 0/73$	$50/00 \pm 0/00$	$12/13 \pm 0/00$
۹۰ درصد	$10/00 \pm 0/00$	$38/73 \pm 0/00$	$43/00 \pm 0/00$	$50/00 \pm 0/00$	$18/91 \pm 1/33$



شکل ۲. رابطه سرعت جوانه زنی با دما (درجه سانتی گراد) با استفاده از مدل های دوتکه ای (الف)، دندان مانند (ب) و بتا (ج) در گیاه آبیوش



شکل ۳. دماهای پایه ( $T_b$ )، بهینه ( $T_o$ ) و سقف ( $T_c$ ) در ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه زنی در گیاه آبیوش با استفاده از مدل بتا

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴

جذر میانگین مربعات انحراف و ضریب تغییرات در مدل بتا (به ترتیب ۰/۰۰۰۶ و ۵/۳۵) کمتر از مدل دندان مانند است. اگرچه ضریب تبیین در مدل دندان مانند (۸۱ درصد) بیشتر از مدل بتا (۷۸ درصد) است، اما برازش مدل بتا از درصد گیاهچه نرمال مناسب تر به نظر می رسد (جدول ۵). شایان ذکر است با توجه به معنادار شدن ضریب a در مدل بتا این مدل نیز برازش خیلی دقیقی از داده ها نمی دهد. پراکنش نقاط مربوط به درصد گیاهچه نرمال به گونه ای بود که امکان برازش مناسب مدل دوتکه ای وجود نداشت، به همین دلیل این مدل برای داده های مربوط به درصد گیاهچه نرمال استفاده نشد. نتایج مدل بتا در برازش طول گیاهچه نشان می دهد ظهور گیاهچه در دمای ۱۱ درجه سانتی گراد شروع شد و تا دمای ۴۴ درجه سانتی گراد ادامه یافت و در دمای ۳۵/۳۴ درجه سانتی گراد بیشترین طول گیاهچه دیده شد (جدول ۶ و شکل ۴ - ب).

نتایج حاصل از برازش مدل های بتا، دندان مانند و دوتکه ای به داده های مربوط به طول گیاهچه نسبت به دما نشان می دهد که ضریب b در هر سه مدل غیر معنادار است، اما ضریب a در مدل های دوتکه ای و دندان مانند به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنادار است. همچنین ضرایب a و b در مدل بتا نسبت به مدل های دیگر به ترتیب به صفر و یک نزدیک تر، جذر میانگین مربعات انحراف و ضریب تغییرات این مدل کمتر (به ترتیب ۰/۰۳ و ۱۸/۶۳) از مدل های دیگر و ضریب تبیین آن بیشتر (۷۸ درصد) از مدل های دیگر است (جدول ۵). از طرف دیگر، پراکنش نقاط در اطراف خط یک به یک در مدل بتا کمتر از دو مدل دیگر است. بنابراین می توان نتیجه گرفت مدل بتا برازش دقیق تری از طول گیاهچه نسبت به دما ارائه می دهد (شکل ۴). نتایج برازش مدل های بتا و دندان مانند به داده های درصد گیاهچه نرمال در برابر دما نشان داد که در هر دو مدل ضریب a در سطح ۵ درصد معنادار و ضریب b غیر معنادار و مقدار عددی آن در مدل بتا به یک نزدیک تر است.

جدول ۵. جذر میانگین مربعات اشتباه (RMSE)، ضریب تغییرات (CV)، ضریب تبیین ( $R^2$ ) و ضرایب رگرسیون a و b برای مدل های مختلف رگرسیون غیر خطی در آزیوش

متغیر	مدل	RMSE	CV	$R^2$	a ± SE	b ± SE
بتا	دندان مانند	۰/۰۵	۳۰/۷۰	۰/۷۵	-۰/۱۳* ± ۰/۰۴	۱/۱۴ ± ۰/۱۵
طول گیاهچه	دوتکه ای	۰/۰۶	۳۱/۴۵	۰/۷۳	-۰/۱۴** ± ۰/۰۵	۲/۱۳ ± ۰/۳۲
دندان مانند	بتا	۰/۰۰۰۶	۵/۳۵	۰/۷۸	۰/۰۰۳* ± ۰/۰۰۱	۰/۷۳ ± ۰/۰۹
درصد گیاهچه نرمال	دندان مانند	۰/۰۰۱	۹/۰۰	۰/۸۱	-۰/۰۰۴* ± ۰/۰۰۲	۱/۳۹ ± ۰/۱۶

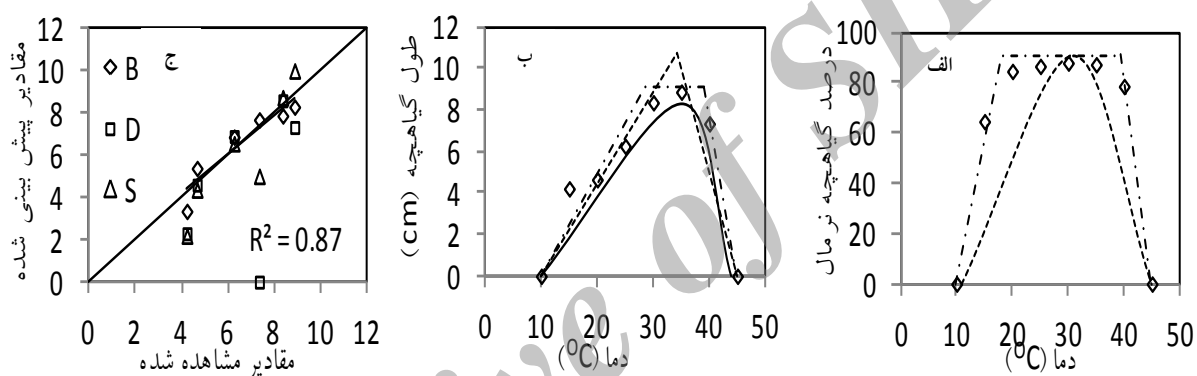
\* و \*\*: در a نشان دهنده اختلاف معنادار با صفر و در b نشان دهنده اختلاف معنادار با یک است.



کمی سازی و تعیین پارامترها و دامنه های پاسخ به دمای بذر و گیاهچه *Corchorus olitorius* L.) با استفاده از ...

جدول ۶. برآورد ضریب ثابت  $a$  (برای مدل بتا)، دمای پایه ( $T_b$ )، دمای مطلوب ( $T_0$ )، دمای مطلوب تحتانی ( $T_{O1}$ )، دمای مطلوب فوقانی ( $T_{O2}$ ) و دمای سقف ( $T_C$ ) برای طول گیاهچه و درصد گیاهچه نرمال با استفاده از مدل های رگرسیونی مختلف در آزیوش

متغیرها	مدل	$a$	$T_b$	$T_0$	$T_C$
طول گیاهچه	بتا	$0.65 \pm 0.11$	$11/00 \pm 0/00$	$35/34 \pm 1/40$	$44/00 \pm 0/00$
درصد گیاهچه نرمال	دوتکه ای	-	$10/00 \pm 0/00$	$34/36 \pm 0/66$	$45/00 \pm 0/00$
	بتا	$0.27 \pm 0.02$	$11/00 \pm 0/00$	$31/00 \pm 0/00$	$45/00 \pm 0/00$
متغیرها	مدل	$T_b$	$T_{O1}$	$T_{O2}$	$T_C$
طول گیاهچه	دندان مانند	$10/00 \pm 0/00$	$28/68 \pm 1/24$	$39/13 \pm 0/44$	$45/00 \pm 0/32$
درصد گیاهچه نرمال	دندان مانند	$10/00 \pm 0/00$	$18/00 \pm 0/00$	$39/39 \pm 0/24$	$45/00 \pm 0/20$



شکل ۴. الف) رابطه درصد گیاهچه نرمال با دما (درجه سانتی گراد) با استفاده از توابع دندان مانند (---) و بتا (—) در گیاه آزیوش، ب) رابطه طول گیاهچه با دما (درجه سانتی گراد) با استفاده از توابع دوتکه ای (...), دندان مانند (---) و بتا (—) و ج) مقادیر پیش بینی شده طول گیاهچه با استفاده از توابع دوتکه ای ( $\Delta$ ), دندان مانند ( $\square$ ) و بتا ( $\diamond$ ) در برابر مقادیر مشاهده شده (ضریب تبیین مربوط به مدل بتا است)

#### ۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

نتایج نهایی این تحقیق نشان داد که گیاه آزیوش، محدوده پاسخ به دمای گسترده ای دارد (از  $10/18$  تا  $50$  درجه سانتی گراد)، ولی با توجه به دمای پایه  $10/18$  درجه سانتی گراد آن، در مورد تاریخ کاشت آن به ویژه در مناطق خنک تر باید دقت کافی به عمل آورد. تاریخ کشت مطلوب این گیاه از نیمه اردیبهشت تا نیمه خرداد تعیین شده است [۷]. همچنین دمای سقف بالای این گیاه نوید می دهد که در مناطقی که دمای پایه آن دیرتر تأمین می شود، نگرانی آسیب ناشی از برخورد آن با دماهای زیاد به شرط تأمین

همچنین نتایج مدل بتا در برآزش درصد گیاهچه نرمال نشان داد که در بازه دمایی  $11$  تا  $45$  درجه سانتی گراد گیاهچه های نرمال مشاهده شد و بیشترین درصد آن در دمای  $31$  درجه سانتی گراد رخ داد (جدول ۶ و شکل ۴-ج). نبود گیاهچه در دماهای بیشتر از  $44$  درجه سانتی گراد احتمالاً به دلیل اختلال در فعالیت آنزیم ها و فرایندهای متابولیکی در اثر دماهای زیاد است. اختلاف یک درجه ای بین دمای سقف در برآزش طول گیاهچه نسبت به درصد گیاهچه نرمال را می توان به دلیل دقت کمتر مدل بتا در برآزش داده های مربوط به درصد گیاهچه نرمال دانست.

۳. حیدری ز (۱۳۹۲) تعیین دماهای کاردینال و زمان حرارتی لازم برای جوانه‌زنی بذور ماریتیغال با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۴. حیدری ز (۱۳۹۲) تعیین دماهای کاردینال و زمان حرارتی لازم برای جوانه‌زنی بذور رازیانه با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۵. خلیلی ن (۱۳۹۱) پیش‌بینی سبز شدن گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) در واکنش به دما، رطوبت و عمق کاشت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۶. سلطانی ا (۱۳۹۰) اکولوژی بانک بذر کلزای خودرو و خردل وحشی: تولید بذر، توزیع عمودی، تغییرات فصلی کمون، جوانه‌زنی و سبز شدن. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. رساله دکتری.

۷. قربانی م، زینلی ا و راه‌کان ر (۱۳۹۱) بررسی امکان کاشت گیاه آزی‌وش (*Corchorus olitorius* L.) در شرایط آب‌وهوایی گرگان. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گزارش طرح پژوهشی.

۸. احمدی م، کامکار ب، سلطانی ا و زینلی ا (۱۳۸۸) ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیر خطی برای پیش‌بینی سرعت به ساقه‌رفتن گندم (رقم تجن) در پاسخ به دما و طول‌روز. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ج ۲ شماره ۴: ۳۹-۵۴

9. Bewley JD (1997) Seed germination and dormancy. *Plant Cell*. 9: 1055-1066.

10. Bewley J and Black M (1994) *Seeds Physiology of Development and Germination*. New York.

11. Foley ME and Fennimore SA (1998) Genetic basis for seed dormancy. *Seed Science Research*. 8: 173-179.

آب وجود ندارد. نتایج تحقیق درباره تاریخ کاشت این گیاه در گرگان نشان داد که حتی کشت این گیاه تا اواسط تیر نیز نتایج مطلوبی به همراه دارد که به نحوی مؤید یافته‌های این تحقیق است [۷]. توجه به این نکته الزامی است که تصحیح این ضرایب با توجه به اختلاف دمای هوا و خاک ضرورت دارد، بدین منظور پیشنهاد می‌شود ارتباط دمای هوا و خاک برآورد شود و این ضرایب برای دمای خاک (و احتمالاً رطوبت خاک) تصحیح و همچنین این محدوده‌های دمایی برای دیگر مراحل فنولوژیک این گیاه مشخص شوند. در این تحقیق، مدل بتا، مدل برتر در کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی به دما و برازش طول گیاهچه و درصد گیاهچه نرمال معرفی شد. همچنین نتایج مدل بتا مؤید تفاوت پاسخ گیاهچه به دما در مقایسه با جوانه‌زنی آن بود. مدل‌های معرفی شده و ضرایب برآورد شده در مدل‌سازی واکنش جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه بسیار ارزشمندند و امکان کمی‌سازی این مراحل را فراهم می‌آورند. از سوی دیگر، توصیه می‌شود برای تعیین دقیق‌تر دمای سقف بین ۴۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز دماهای با اختلاف کم آزمون شوند.

## منابع

۱. اشراقی‌نژاد م، کامکار ب و سلطانی ا (۱۳۸۹) برآورد دماهای کاردینال برای مدل‌سازی روز تا سبز شدن در ارزن دم‌روباهی. اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا: ۱۱۲-۱۰۱.

۲. اکرم قادری ف (۱۳۸۷) مطالعه نمو کیفیت بذر، جوانه‌زنی، طول عمر و زوال بذر در برخی گیاهان دارویی: کدو تخم‌کاغذی (*Cucurbita pepo. convar.*) (var. *styriaca*، سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) و گاو زبان (*Borago officinalis* L.). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. رساله دکتری.

12. Grubben G and Denton O (2004) Plant Resources of Tropical Africans, Volume 2: Vegetables. 667 p.
13. Harper J (1977) Population Biology of Plants. Academic Press New York. 222 p.
14. Innami S, Ishida H, Nakamura K, Kondo M, Tabata K, Koguchi T, Shimizu J and Furusho T (2005) Jew's mellow leaves *Corchorus olitorius* suppress elevation of postprandial blood glucose levels in rats and humans. International Journal for Vitamin and Nutrition Research. 75(1): 39-46.
15. Jame YW and Cutforth HW (2004) Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agriculture and Forest Meteorology. 124: 207-218.
16. Kamaha C and Magure Y (1992) Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. Seed Science and Technology. 20: 181-185.
17. Kamkar B (2011) GS\_2011. A pocket software to calculate germination and emergence indices. GUASNR.
18. Kamkar B, Ahmadi M, Soltani A and Zeinali E (2008) Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. Seed Science and Biotechnology. 2: 53-57.
19. Kamkar B, Jami Al-Ahmadi M, Mahdavi-Damghani A and Villalobos F (2012) Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy *Papaver somniferum* L. seeds germinate using non-linear regression models. Industrial Crops and Products. 35: 192-198.
20. Kebreab E and Murdoch AJ (2000) The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanches aegyptiaca* seeds. Seed Science Research. 10: 127-133.
21. Meyer SE and Pendleton RL (2000) Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentata* Rosaceae. Annals of Botany. 85: 521-529.
22. Mc Donald M and Copeland L (1997) Seed Production Principles and Practices. Chapman and Hall U.S.A. 79p.
23. Mguis K, Albouchi A and Ben Brahim N (2014) Germination responses of *Corchorus olitorius* L. to salinity and temperature. African Journal of Agricultural Resarch. 9: 65-73.
24. Mwale SS, Azam-Ali SN, Clark JA, Bradley RG and Chatha MR (1994) Effect of temperature on the germination of sunflower *Helianthus annus* L. Seed Science and Technology. 22: 565-571.
25. Nkomo M and Kambizi L (2008) Effects of pre-chilling and temperature on seed germination of *Corchorus olitorius* L. (Tiliaceae) (Jew's Mallow), a wild leafy vegetable. African Journal of Biotechnology. 8(6): 1078-1081.
26. Oyedele D, Asonugho C and Awotoye O (2006) Heavy metals in soil and accumulation by edible vegetables after phosphate fertilizer application. Agriculture Food Chemistry. 5: 1446-1453.
27. Palada M and Chang L (2003) Suggested Cultural Practices for Jute Mallow. Inter Coope Guide. 2: 1-4.
28. Piper EL, Boote KJ, Jones JW and Grimm SS (1996) Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. Crop Science. 36: 1606-1614.
29. Ramin A (1997) The influence of temperature on germination taree irani. Seed Science and Technology. 25: 419-426.
30. Soltani A, Robertson M, Torabi B, Yousefi-Daz M and Sarparast R (2006) Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by

- temperature and sowing depth. *Agriculture and Forest meteorology*. 138: 156-167.
31. Tan DKY, Wearing AH, Rickert KG and Birch CJ (1997) A systems approach to developing model that predicts crop ontogeny and maturity in broccoli in south-east Queensland. In: Wollin AS, Rickert K.G (Eds.), *Third Australia and New Zealand Systems Conference Proceedings Linking People, Nature, Business and Technology*. The University of Queensland Gatton. Pp. 179-187.
32. Yin X, Kropff MJ, McLaren G and Visperas RM (1995) A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agriculture and Forest Meteorology*. 77: 1-16.

Archive of SID