دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و پنجم، ۱۳۹۷

بررسی سبز شدن گیاهچه‌های لوبیا سبز و ذرت تحت تاثیر عمق کاشت با استفاده از مدل پروبیت

بهنام بهتری[۱]، عادل دباغ محمدی نسب[۲]، کاظم قاسمی گلعذانی[۲]، محمدرضا شکیبا[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۳

چکیده

سبز شدن گیاهچه یکی از مهمترین رویدادهای فنولوژیکی است که موفقیت گیاهان زراعی یکساله را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هدف اصلی از انجام این تحقیق، ارائه مدل سبز گیاهچه‌های لوبیا سبز و ذرت و تعیین بهترین مدل در ارتباط با عمق کاشت بود. برای این منظور، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹٤در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. آزمایش با چهار عمق کاشت ۲، ٤، ٦ و ۸ سانتی متر در ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که درصد سبز شدن در هر دو گیاه زراعی در عمق کاشت چهار سانتی متری دارای بیشترین مقدار بود ولی در سطوح پایین‌تر، سبز شدن هر دو گیاه دچار افت شدیدی شد. شاخص‌های سبز گیاهچه، ۵۰٪ سبز شدن نهایی گیاهچه‌ها، میانگین زمان سبز و ضریب سرعت سبز نشان داد که سبز شدن گیاهچه‌های گیاه لوبیا سبز در مقایسه با گیاه ذرت بیشتر بود. برای هر دو گیاه افزایش در مرگ و میر قبل از سبز شدن با افزایش عمق کاشت در آزمایش مشاهده شد. به طوری که بالاترین مرگ و میر جوانه‌ها در عمق ۸ سانتی‌متری اتفاق افتاد. هرچند، در منحنی‌های پروبیت برازش شده برای هر شکل، مقدار افزایش بین گیاهان مختلف متغیر بود. سرعت سبز شدن در بین گیاهان نیز متفاوت بود و بر اساس مقادیر معیار آماری، مدل پروبیت خطی به علت تعداد پارامتر کمتر مناسبترین مدل برای برازش را نشان دادند. بنابراین این مدل‌ها می‌تواند پایه مناسبی برای کاربرد عملی در مدیریت گیاهان زراعی باشد.

واژه های کلیدی: شاخص‌های سبز گیاهچه، مدل‌سازی، مرگ و میر گیاهچه، منحنی‌های پروبیت

بهتری ب.، ع. دباغ محمدی نسب، ک. قاسمی گلعذانی و م.ر. شکیبا. ۱۳۹۷. بررسی سبز شدن گیاهچه‌های لوبیا سبز و ذرت تحت تاثیر عمق کاشت با استفاده از مدل پروبیت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۵: ۱۴۹-۱۴۰.

۱- دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: behtari@live.com
۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

سبز شدن گیاهچه یکی از مهمترین رویدادهای فنولوژیکی است که موفقیت گیاهان زراعی یکساله را تحت تاثیر قرار می-دهد (فورسلا و همکاران، ۲۰۰۰). مدت زمان لازم برای سبز شدن نیز نقش مهمی در بقاء و ایجاد شرایط مناسب جهت رقابت با گیاهان دیگر دارد (بوش و ون‌آئوکین، ۱۹۹۱؛ دیانتی و همکاران، ۲۰۰۹). تاخیر در سبز شدن گیاهچه می‌تواند اثرات بسیار زیادی در مقدار ماده خشک کل و تولید، بخصوص تحت شرایط رقابت داشته باشد (روز و هارپر، ۱۹۷۲). با افزایش سرعت سبز شدن، بذرها به طور موثرتری می‌توانند از باران‌های بهاری استفاده کنند و علاوه بر آن توان رقابت بیشتری را با علف‌های هرز سریع‌الرشد به دست می‌آورند و به این دلیل استفاده از علف‌کش‌ها نیز کاهش می‌یابد (بهتری، ۱۳۹۰).

روند جوانه زنی بذر بصورت یک منحنی سیگموئیدی است که به صورت یک مرحله کند[1] شروع می‌شود که در آن، هیچ سبز شدن گیاهچه‌ی صورت نمی‌گیرد. بدنبال این مرحله، یک مرحله رشد نمایی[2] از سبز شدن اتفاق می‌افتد و در نهایت، زمانی که سبز شدن کامل شد این روند بصورت یکنواخت ادامه می‌یابد (اسکات و همکاران، ۱۹۸٤).

تحقیقات اخیر نشان داده است که مدل‌های ریاضی می-توانند برای پیش بینی سبز شدن گیاهچه‌های گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گیرند (بهتری و همکاران، ۱۳۸۹؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦). دما، آب خاک و عمق کاشت عوامل اصلی موثر بر زمان کاشت تا سبز شدن گیاهچه‌ها هستند. در ایران دما مهمترین عامل غالب محدود کننده است، زیرا رطوبت خاک به علت وجود بارندگی‌های پاییز، زمستان و اوایل بهار عامل محدود کننده‌ای نیست (سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦).

تغییرات عمودی در میکروکلیمای خاک، از جمله قابلیت دسترسی به آب، دما و نور، در زمان بذر کاری در مزرعه اتفاق می افتد (فنر، ۱۹۸۵)، بطوری که عمق کاشت به یکی از مهمترین فاکتورهای موثر در جوانه‌زنی و سبز گیاهچه‌های گیاهان در افق خاک تبدیل می‌شود (گروندی و همکاران، ۱۹۹۹). گزارش شده است که با افزایش عمق کاشت حضور مواد سمی و گازهای بازدارنده جوانه‌زنی افزایش می‌یابند، بنابراین جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (بنونوتی و ماچیا، ۱۹۹۵).

بطور کلی گونه‌های برخوردار از بذور بزرگتر در مقایسه با گونه‌هایی با بذور کوچکتر توانایی بیشتری در سبز شدن از عمق زیاد خاک را دارند (گروندی و مید، ۱۹۹۸). بنابراین هدف اصلی از انجام این تحقیق مدل‌سازی سبز شدن گیاهچه‌های گیاهان زراعی لوبیا سبز و ذرت تحت تاثیر عمق کاشت و انتخاب بهترین مدل پروبیت برای مدیریت بهینه در این گیاهان زراعی بود.

مواد و روش ها

به منظور مدل‌سازی سبز شدن گیاهچه‌ها در دو گیاه زراعی یعنی لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* var. Sunray) و ذرت (*Zea mays* L. var. Amyla) تحت تاثیر عمق کاشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹٤ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. خاک مورد استفاده از نوع لومی سیلتی، میزان مواد آلی به طور متوسط ۰/٦۸ درصد بود. جرم مخصوص ظاهری خاک حدود ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب تعیین شد.

خاک مورد نیاز از ۱۰ سانتی‌متری بالای سطح مزرعه جمع-آوری گردید. برای جدا کردن ذرات درشت، خاک با الک ۲ میلیمتری الک گردید. گلدان‌های با قطر ۲۵cm و ارتفاع ۱۲cm در ابتدا به اندازه ٤، ٦، ۸ و ۱۰سانتی متر به ترتیب برای تیمارهای عمق کاشت ۸، ٦، ٤ و ۲ سانتی متر از خاک مزرعه پر شده و سپس ۲۵ بذر در هر گلدان با دست در روی خاک گلدان چیده شد. سپس تمامی گلدان ها تا ارتفاع ۱۲ سانتی متری پر گردید که بدین ترتیب تیمارهای عمق کاشت ۲ تا ۸ سانتی‌متر اعمال شدند. سپس گلدانها در طرح مورد نظر در خاک مزرعه با عمق ۱۲ سانتی متری قرار گرفت تا تاثیر احتمالی از اطراف گلدانها حذف شود. چند روز قبل از کاشت مقدار آب مورد نیاز با روش توزین گلدان‌ها در ظرفیت زراعی و اندازه گیری مقدار آب مورد نیاز تا رسیدن به ظرفیت زراعی تعیین شد. گلدان‌ها بصورت مرتب با مقدار آب تعیین شده، آبیاری گردید، بصورتی که خاک همیشه در حالت ظرفیت زراعی قرار داشت. هر روز تعداد گیاهچه‌های سبز شده مورد شمارش قرار می گرفت تا وقتی که سبزشدن جدیدی مشاهده نشد. در پایان آزمایش خاک گلدانها مورد بازرسی قرار گرفت تا تعداد مرگ و میر بذور بدست آید.

تعداد سبز شدن گیاهچه‌ها بصورت روزانه شمارش و درصد سبز شدن از تقسیم تعداد گیاهچه‌ها بر تعداد بذور کاشته شده ضرب در ۱۰۰ بدست آمد. تخمین زمان رسیدن تعداد گیاهچه‌ها به ۵۰٪ سبز شدن نهایی گیاهچه‌ها (*D50%*) از درون

1 - Lag Phase
2 - Exponential Phase

یابی منحنی‌های رگرسیون خطی درصد سبز شدن در مقابل زمان (روز) برای داده‌های اصلی محاسبه شد. دو روش برای آنالیز سبز گیاهچه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در روش اول، سرعت سبز شدن گیاهچه (SOE)[1](تسیر، ۱۹۸۸)، میانگین زمان سبز (MED)[2]، ضریب سرعت سبز (ERI)[3] (بیلبرو و وینجورا، ۱۹۸۲) از طریق زیر محاسبه شد:

$$SOE = \frac{N_1 + N_2 + ... + N_n}{t_1 + t_2 + ... + t_n}$$

$$MED = \frac{N_1 t_1 + N_2 t_2 + ... + N_n t_n}{t_1 + t_2 + ... + t_n}$$

$$ERI = \frac{N_1 + N_2 + ... + N_n}{MED}$$

که در آن $N1, N2, ...Nn$ تعداد گیاهچه‌های سبز شده در زمان $t1, t2, ...tn$، از شروع سبز شدن بود.

در روش دوم، سرعت سبز شدن ($R50$) در روز از رابطه زیر بدست آمد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲).

$$R_{50} = \frac{1}{D_{50}}$$

چهار مدل برای برازش داده‌ها و انتخاب بهترین مدل استفاده گردید. سه مدل توسط گروندی و مید (۱۹۹۸) برای نسبت گیاهچه‌های سبز شده یا احتمال سبز شدن پیشنهاد شده‌اند. این سه مدل بر پایه تابع پروبیت با فرض توزیع دو جمله‌ای و لگاریتم عمق کاشت بصورت متغیر مستقل[4] در نظر گرفته شد که برای اولین بار توسط فینی (۱۹۷۱) برای سنجش اثرات آفتکش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. مدل‌ها بصورت زیر بودند:

مدل پروبیت خطی[5]:

$$p = 1 - \varphi(a + b \times \ln(depth))$$

$$p = \varphi(A + B \times \ln(depth))$$

مدل پروبیت مرگ و میر شاهد[6]:

$$p = \theta \times (1 - \varphi(a + b \times \ln(depth))$$

$$p = \theta \times (\varphi(A + B \times \ln(depth))$$

مدل پروبیت درجه دوم[7]:

$$p = 1 - \varphi(a + b \times \ln(depth) + c \times \ln(depth^2))$$

$$p = \varphi(a + b \times \ln(depth) + c \times \ln(depth^2))$$

که در آن p نسبت گیاهچه‌های سبز شده، θ پارامتر برازش شده‌ی نشان دهنده حداکثر ممکن نسبت سبز، φ تابع توزیع نرمال تجمعی و a، b و c پارامترهای مدل بودند.

داده‌های پیش بینی شده با داده‌های مشاهده شده سبز گیاهچه مورد مقایسه قرار گرفت. معیار آماری استفاده شده برای مقایسه داده‌های پیش بینی شده (Pi) و داده‌های مشاهده شده (Oi) از روابط زیر محاسبه گردید که توسط اسمیت و همکاران (۱۹۹۶) پیشنهاد شده است:

کارآیی مدل‌سازی (EF)[8]:

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(Pi - Oi)^2}{\sum_{i=1}^{i=n}(Oi - \overline{O})^2}$$

ریشه میانگین مربعات اشتباه ($RMSE$)[9]:

$$RMSE = \frac{100}{\overline{O}} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n}(Pi - Oi)^2}}{n}$$

ضریب مجموع باقیمانده (CRM)[10]:

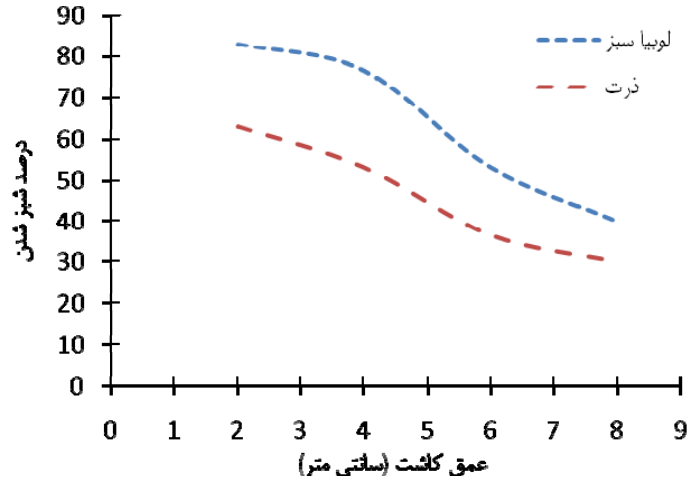
$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Oi - \sum_{i=1}^{i=n} Pi}{\sum_{i=1}^{i=n} Oi}$$

در روابط بالا، n تعداد زمان مشاهده شده و $\bar{O}$ میانگین داده‌های مشاهده شده بود. در این تحقیق از الگوریتم مارکواردت- لِونبرگ[11] برای برازش منحنی‌ها استفاده شد.

به منظور درک رفتار مدل انتخابی، تجزیه حساسیت[12] انجام گرفت. ٤٠± درصد دامنه تنوع در پارامترها با فرض همین مقدار تنوع در عوامل تاثیرگذار در سبز شدن انتخاب شد. در هر مورد مدل انتخابی تنها با تغییر ۱۰٪ از یکی از پارامترها مورد اجرا قرار گرفته و مقدار خروجی آن محاسبه شد (گائو و همکاران، ۲۰۱۳). تجزیه حساسیت به کاربر کمک می‌کند تا پارامترهایی را که دارای نقش زیادی در مدل هستند را شناسایی نمایید. برای برازش منحنی‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۳ و برای انجام محاسبات ریاضی از نرم افزار Excel استفاده شد.

1 - Speed Of Emergence
2 - Mean Emergence Date
3 - Emergence Rate Index
4 - Explanatory Variable
5 - Linear Probit
6 - Control Mortality Probit
7 - Quadratic Probit

8 - Modeling Efficiency
9 - Root Mean Square Error
10 - Coefficient of Residual Mass
11 - Marquadrdt-Levenberg
12 - Sensitivity analysis



شکل ۱- درصد سبز شدن گیاهچه‌های دو گونه زراعی در عمق‌های مختلف کاشت

نتایج و بحث

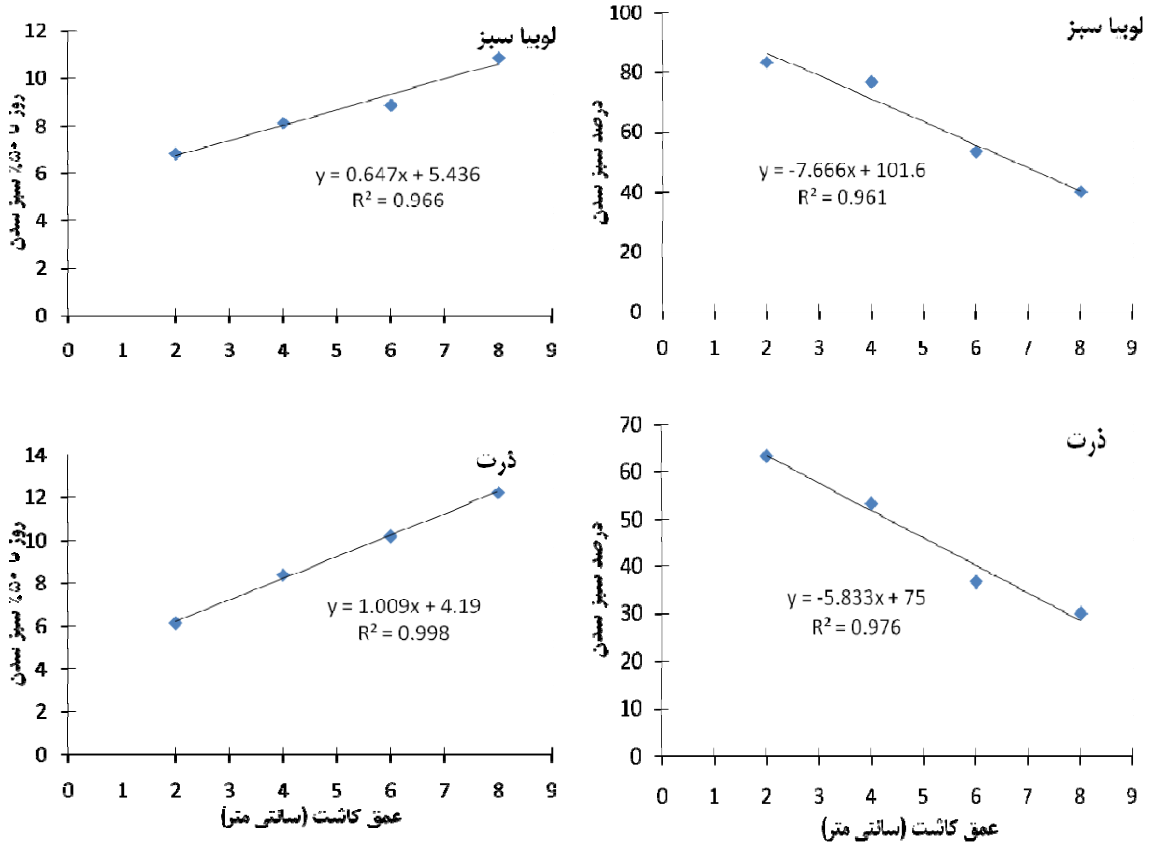
درصد سبز شدن دو گونه زراعی در شکل ۱ نشان داده شده است. هر دو گونه در دو سطح اول عمق کاشت دارای درصد سبز شدن بالایی بودند ولی در سطوح پایین تر، سبز شدن دچار افت شدید شد. در لوبیا سبز به علت اپی‌ژیل[1] بودن نوع جوانه-زنی، این افت محسوس بود. برای گیاهچه‌های لوبیا سبز، سبز شدن بطور سریعی در عمق‌های بیشتر از ٤ سانتی متر به شدت کاهش یافت ولی در ذرت این کاهش بطئی بود.

میزان کاهش سبز شدن به ازای هر سانتی‌متر افزایش عمق با توجه به مدل‌های رگرسیون خطی شکل ۲ برای گونه های لوبیا سبز و ذرت به ترتیب ۷/٦٦ و ۵/۸۳ درصد و افزایش سرعت سبز شدن به ترتیب ۰/٦۵ و۱/۰ روز بود. از آنجایی که رابطه عمق کاشت با تعداد سبز گیاهچه و روز تا ۵۰٪ سبز دارای برازش مناسبی نبودند لزوم استفاده از مدل‌های دیگر لازم به نظر می‌رسید. کربی (۱۹۹۳) با مطالعه اثر عمق کاشت بر روی گندم و جو، نشان داد که با افزایش عمق کاشت زمان سبز شدن گیاهچه-ها افزایش می‌یابد و در مدل‌های رگرسیون خطی، دما ۹۹٪ تغییرات سرعت سبز را توجیه می‌کند. با توجه به نتایج بدست آمده، در گیاهان زراعی مورد آزمایش دما به تنهایی نمی‌تواند تغییرات حاصل را توجیه نماید و بیشتر تغییرات مربوط به اثرات افزایش عمق کاشت می‌باشد که از طریق عوامل دیگر بر سبز شدن گیاهچه‌ها تاثیر می‌گذارند. سلطانی و همکاران (۲۰۰٦) این عوامل را مجموع دما، آب خاک و عمق کاشت گزارش کردند.

ارزیابی شاخص‌های سبز گیاهچه (*SOE, MED, ERI, D50%*) نشان داد که سبز شدن گیاهچه‌های گیاه لوبیا سبز در مقایسه با گیاه ذرت بالاتر بود (جدول ۱). سرعت رشد بالا، یکنواختی و سبز کامل گیاهچه‌هایی با بنیه قوی، در اثر کاهش فاصله زمانی بین کاشت تا پوشش کامل زمین، زراعت را به تولید بالا هدایت می‌کند و اجازه استقرار بهینه ساختار تاج پوشش برای کاهش رقابت بین گونه‌ای، حداکثر عملکرد و گیاهانی با توزیع زمانی و فضایی مناسب برای رقابت با علف-های هرز را می‌دهد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۱). از این رو با توجه به شاخص‌های سبز شدن، گیاه لوبیا سبز به واسطه‌ی داشتن سرعت سبز بالا، قدرت بیشتری در تولید عملکرد و رقابت با علف‌های هرز در مقایسه با ذرت را دارد. در مطالعات قبلی بر روی این گیاهان زراعی، اختلاف بین سرعت سبز شدن را در شرایط مزرعه در عمق ۵ سانتی‌متری نیز مشاهده کردند که با یافته‌های حاضر مطابقت دارد (بهتری و همکاران، ۱۳۸۹).

مقادیر *D50%* پیش بینی شده با مدل‌های رگرسیون خطی با زمان لازم برای رسیدن به ۵۰٪ سبز شدن که بطور مستقیم از درون‌یابی داده‌های سبز ردیف‌ها بدست آمد مطابقت داشت (جدول ۱).

1 - Epigeal



شکل ۲- روابط رگرسیون خطی درصد سبز شدن و روز تا ۵۰ درصد سبز شدن با عمق کاشت در دو گونه لوبیا سبز و ذرت.

جدول ۱- شاخص‌های سبز شدن گیاهچه (تسییر، ۱۹۸۸؛ بیلبرو ووانجورا، ۱۹۸۲) در گونه‌های زراعی لوبیا سبز و ذرت

تیمارها	شاخص های سبز شدن					
گونه زراعی	*D50%*	*R50%*	*E%*	*SOE*	*MED*	*ERI*
لوبیا سبز	۸/٦۷	۰/۱۱۹	٦۳/۳۳	۰/۲۷	۲/۱۷	۲۸/۸۳
ذرت	۹/۲٤	۰/۱۱۷	٤۱/٦۷	۰/۱۸	۱/۵۱	۲۷/۳۵
LSD($P\leq0.05$)	۰/٦۸	NS	۱۱/٤۵	۰/۰٤۹	۰/٤٤	۱/۷٤
عمق کاشت (cm)	*D50%*	*R50%*	*E%*	*SOE*	*MED*	*ERI*
cm ۲	٦/٤٦	۰/۱۵۸	۷۳/۳۳	۰/۳۱۷	۲/۱۳۸	۳٤/۵۳
cm٤	۸/۲٦	۰/۱۲۲	۵٦/٦۷	۰/۲٤۲	۱/۹۱۸	۲۹/۸۳
cm٦	۹/۵٤	۰/۱۰۵	٤۵	۰/۱۹۳	۱/۷۰۳	۲٦/٤۸
cm۸	۱۱/۵٦	۰/۰۸۸	۳۵	۰/۱۵۲	۱/٦۱۲	۲۱/۵۱
LSD($P\leq0.05$)	۰/۹٦	۰/۰۱۸	۱٦/۱۹	۰/۰٦۹	NS	۲/٤۷

SOE: سرعت سبز شدن (گیاه در روز)؛ *MED*: میانگین روز سبز شدن (روز)؛ *ERI*: شاخص میزان سبز شدن (در روز)؛ *D50%*: میانه زمان سبز شدن (روز)؛ *R50%*: سرعت ۵۰٪ سبز شدن و *E%*: درصد سبز شدن. NS غیر معنی دار

در این مطالعه سه رابطه پروبیت و رابطه چهار پارامتری ویبول برای انتخاب بهترین مدل مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۲). این مدل‌ها برای پیش بینی سبز شدن گیاهچه بسیار مناسب بوده و در مقالات بسیاری بکار رفته است. نتایج عبارت

بودند از: برازش منحنی‌ها، کارآیی بالای ۰/۸۵ را در تمامی مدل-ها نشان داد. هر سه مدل پروبیت خطی، مدل پروبیت شاهد مرگ و میر و پروبیت درجه دوم نتایج رضایت بخشی را نشان داد بطوری که مقادیر پیش بینی شده از مدل و مقادیر مشاهده شده از آزمایش در ذرت بر همدیگر منطبق بودند (EF برابر ۰/۹۵ و $RMSE$ کمتر از ۰/۱۸). در گونه لوبیا سبز تغییرات مقادیر پیش بینی شده سبز گیاهچه‌ها با عمق کاشت، بیشتر از مقادیر مشاهده شده بود (CRM با مقادیر منفی در تمام موارد). هرچند، هر سه مدل با شکل داده‌های آزمایشی برای دو گونه برازش شدند. از بین سه مدلی که مورد مقایسه قرار گرفت بهترین مدل برای برازش داده‌های حاصل از سبز گیاهچه‌های سه گونه زراعی مدل پروبیت خطی تعیین شد. چون تعداد پارامترهای مورد استفاده از مدل‌های پروبیت مرگ و میر شاهد و پروبیت درجه دوم کمتر و اختلافی بین معیار آماری آنها مشاهده نشد.

جدول ۲- مقادیر معیار آماری برای مدل‌های سبز گونه‌های مختلف زراعی

مدل‌های پروبیت	کارآیی مدل‌سازی (EF)	ریشه میانگین مربعات اشتباه ($RMSE$)	ضریب مجموع باقیمانده (CRM)
پروبیت خطی			
لوبیا	۰/۸۷	۰/۵۹	-۲/۶×۱۰-۵
ذرت	۰/۹۵	۰/۱۸	۱/۸×۱۰-۵
پروبیت شاهد مرگ و میر			
لوبیا	۰/۸۷	۰/۵۹	-۲/۶×۱۰-۵
ذرت	۰/۹۵	۰/۱۸	۱/۸×۱۰-۵
پروبیت درجه دو			
لوبیا	۰/۸۷	۰/۵۹	-۲/۶×۱۰-۵
ذرت	۰/۹۵	۰/۱۸	۱/۸×۱۰-۵

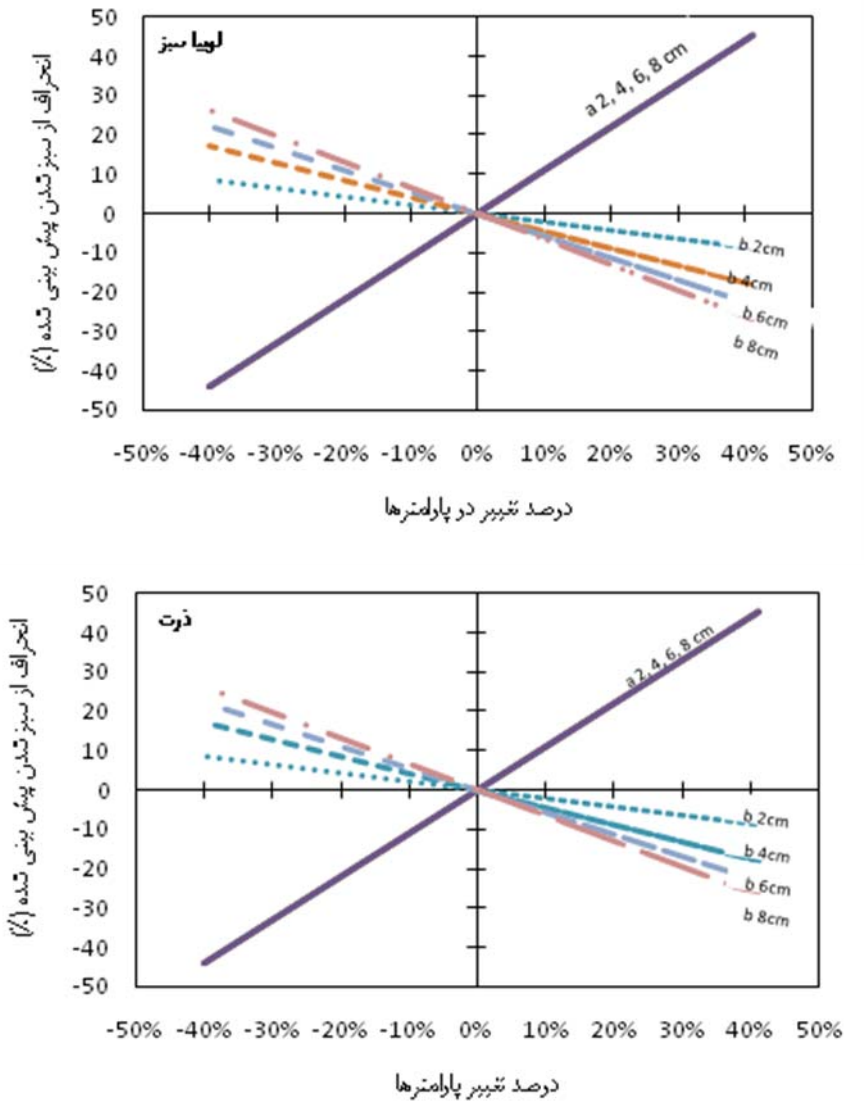
برای هر دو گونه زراعی مورد تحقیق بهترین عمق کاشت در نزدیکی سطح خاک یعنی عمق‌های کاشت ۲ تا ٤ سانتی‌متری تعیین شد (شکل ۲). مدل‌های بکار رفته هیچ تفاوتی با هم دیگر نداشتند و معیار آماری آنها کاملاً با یکدیگر مساوی بودند. ولی پارامترهای مدل به خاطر اینکه مدل مرگ و میر شاهد و پروبیت درجه دوم دارای یک پارامتر بیشتر بود مساوی نبودند. علت این مورد را در مقادیر پارامتر θ و C می توان جستجو کرد بطوری که مقدار عددی حداکثر ممکن نسبت سبز (θ) و C که تحت تاثیر اقلیم بود در این مدل‌ها بسیار پایین بودند (جدول ۳).

جدول ۳- ثابت‌های تجربی؛ پارامتر برازش شده‌ی نشان دهنده حداکثر نسبت سبز ممکن (θ) و پارامترهای مدل (a، b و c) برای گیاهچه های دوگونه زراعی بر اساس مدل‌های پروبیت (خطی، مرگ و میر شاهد، درجه دوم)

مدل‌های پروبیت	$a \pm SE$	$b \pm SE$	$\theta \pm SE$	$C \pm SE$
پروبیت خطی				
لوبیا سبز	۱۱۰/۱۱±۱۳/۲۲	-۳۱/٤٤±۸/۳۲	-	-
ذرت	۸۲/٦٤±٦/۲۱	-۲٤/۷٤±۳/۹٤	-	-
پروبیت مرگ و میر شاهد				
لوبیا سبز	۲/۳۷۷±۰/۵×۱۰۸	٤٦/۳۲±۰/۹×۱۰۹	-۱۳/۲۳±۰/۳×۱۰۹	-
ذرت	۳/۳۸٤±۰/۳×۱۰۸	۲٤/٤۲±۰/۲×۱۰۹	-۷/۳۱±۰/۷×۱۰۸	-
پروبیت درجه دوم				
لوبیا سبز	۱۱۰/۱۱±۲۱/٤۳	۵۳/۳۸±۰/٤×۱۰۹	-	-٤۲/٤۱۲±۰/۲×۱۰۹
ذرت	۸۲/٦۳±۸/۸۷	۱۳/٦٦±۰/۱×۱۰۱۱	-	-۱۹/۲۰±۰/۵×۱۰۱۰

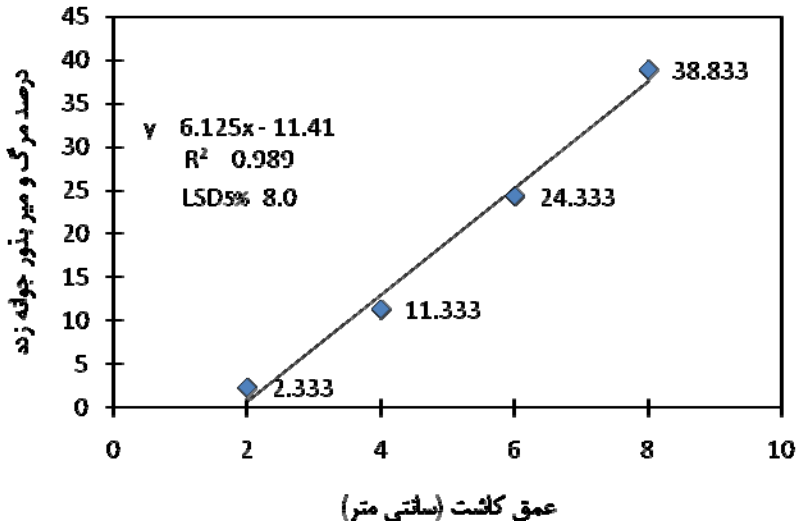
تجزیه حساسیت برای مدل پروبیت خطی نشان داد که پارامتر a در هر دو گونه دارای حساسیت بیشتری نسبت به پارامتر

b یا شیب مدل است (شکل ۳). این موضوع نشان دهنده ثبات بیشتر مدل برای تغییرات پیش بینی نشده است. این حالت برای ذرت محسوس‌تر از لوبیا سبز است.



شکل ۳- تجزیه حساسیت برای مدل پروبیت خطی برای دو گونه لوبیا سبز و ذرت

برای هر دو گیاه افزایش در مرگ و میر قبل از سبز شدن با افزایش عمق کاشت در آزمایش مشاهده شد (شکل ٤). هرچند، در منحنی‌های پروبیت برازش شده برای هر شکل، مقادیر افزایش بین دو گیاه مختلف متغیر بود.



شکل ٤- درصد مرگ و میر بذور جوانه زده تحت تاثیر عمق کاشت

نتایج شکل ٤ با نتایج حاصل از آزمایش گروندی و مید (۱۹۹۸) که با بذور مختلف انجام شده بود، مطابقت نداشت. با وجود اینکه بذرهای مختلف ممکن است پاسخ به عمق کاشت را تغییر دهند ولی شکل عمومی منحنی درجه دوم ثابت باقی می-ماند. علاوه بر مرگ و میر بذور جوانه زده، در شرایط مزرعه‌ای، خاک بیشتر در معرض فشار شکارگران و آبشویی قرار دارد (کراولی، ۲۰۰۰). این حالت باعث می‌شود که بذور نزدیک سطح خاک بطور کوتاهی در معرض دمای پایین بعد از کاشت قرار گیرند که می‌توان تغییرات مشاهد شده در عمق‌های سطحی خاک در مقایسه با سطوح نزدیک را به آن نسبت داد. این متغیرها پیش بینی و مشارکت در مدل‌های تجربی ساده را مشکل می‌کند.

عاملی که به نظر می‌رسید پاسخ مدل‌ها به عمق کاشت را تغییر دهد اثرات اختلاف ساختمان خاک بود که در این مطالعه به علت یکنواخت بودن ساختمان خاک مورد استفاده مد نظر قرار نگرفت. برای مثال، کوسانس و همکاران، (۱۹۹٦) نشان دادند که اندازه کوچک خاکدانه‌های خاک، سبز شدن نهایی را کاهش و زمان رسیدن به ۵۰٪ سبز شدن را کندتر می‌کند. در صورتی که بذور بزرگتر به طور نسبی به اندازه خاکدانه‌ها در پاسخ سبز آنها به عمق کاشت حساس نبودند.

بطور کلی نشان داده شد که برای بعضی گونه‌ها، مرحله پیش از سبز شدن در تعیین میزان جوانه‌زنی و سبز شدن بذور و اکولوژی آنها نقش مهمی بازی می‌کند. بنابراین، درک عامل‌هایی که استقرار گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهند ممکن است برای توسعه راهکارهای تعیین تاریخ کاشت و مبارزه با علف‌های هرز مزارع در این مرحله حساس نمو گیاه کمک نماید. مدل‌ها می-تواند با تشخیص حداکثر عمق جوانه زنی بذور و سبز فیزیکی، در تعیین نوع خاکورزی مورد نظر یا در تجویز عمق کاشت بهینه مورد استفاده قرار گیرند.

علاوه بر این اطلاعات حاصل از مدل‌ها می‌توانند به استقرار حداکثر موفق گونه‌ها کمک نمایند ولی نتایج حاصل قطعی نخواهد بود. برای مثال، بذوری که بطور سطحی در مزارع آزمایشی کشت شدند، سبز ضعیفی را نشان دادند، در صورتی که در آزمایشگاه آنها قادر به استقرار بهتری بودند. در شرایط مزرعه‌ای، خشک شدن سطح خاک و خسارت آفات از سبز شدن ممانعت می‌کنند. به طور کلی، تلفیق اجزای فرآیندها (که در این مطالعه عمق کاشت به عنوان یکی از اجزا توجیه گردید) یک چارچوب کاری قدرتمندی را برای شبیه‌سازی سبز شدن گونه-های زراعی تهیه می‌کند.

نتیجه گیری

منابع

بهتری، ب. ۱۳۹۰. آللوپاتی در کشاورزی پایدار و جنگلداری (ترجمه). انتشارات موردی. ۳۸٦ صفحه.

بهتری، ب. ذ. نعمتی، ح. حسن پور و ج. رضاپور فرد. ۱۳۸۹. مدل‌سازی سبز و رشد نهالبذرهای لوبیا سبز، آفتابگردان و ذرت با استفاده از برخی مدل‌های غیر خطی. مجله دانش کشاورزی پایدار. دوره‌ی ۲۰، شماره ۲، ص۱۴۰-۱۲۹.

Bilbro, J.D. and D.F. Wanjura, 1982. Soil crust and cotton emergence relationship. Trans. ASAE, 25: 1485–1488.

Benvenuti, S. and M. Macchia. 1995. Effect of hypoxia on buried weed seed germination. Weed Res. 35: 343-351.

Bush, J.K. and O.W. Van Auken. 1991. Growth and survival of *Prosopis glandulosa* seedlings associated with shade and herbaceous competition. Bot. Gazette. 151: 234–239.

Crawley, M.J. 2000. Seed predators and plant population dynamics. pp. 167–182. In: Fenner M (eds) Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Cussans, G.W., S.Raudonius, P. Brain, and S. Cumberworth. 1996. Effects of depth of seed burial and soil aggregate size on seedling emergence of *Alopecuus myosuroides*, *Galium aparine*, *Stellaria media* and wheat. Weed Res. 36:133–141.

Dianati Tilaki, G.A., B. Behtari and B. Behtari. 2009. Effect of salt and water stress on the germination of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed. Povolzhskiy J. Eco. 2:158-164.

Fenner, M. 1985. The Ecology of Seed. Chapman and Hall, London, UK. 250pp.

Finney, D.J. 1971. Probit Analysis, 3rd edn. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Forcella, F. Benech-Arnold, R.L. Sanchez, R. and Ghersa, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Res. 67: 123–139.

Gao, Y., A. Duan, X. Qiu, X. Li, U. Pauline, J. Sun and H. Wang. 2013. Modeling evapotranspiration in maize/soybean strip intercropping system with the evaporation and radiation interception by neighboring species model. Agri. Water Manag. 128: 110-119.

Grundy, A.C. and A. Mead 1998. Modeling the effects of seed depth on weed seedling emergence. Asp.Applied Bio. 51: 75-82.

Grundy, A.C., A. Mead, S. Burston. 1999. Modeling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of weed seedling emergence. Applied Eco. 36: 663-678.

Kirby, E.J.M. 1993. Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. Field Crops Res. 35: 101-111.

Ross, M.A. J.L. Harper. 1972. Occupation of biological space during seeding establishment. J. Ecol. 60: 77-88.

Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24: 1192–1199.

Smith, J., P. Smith and T. Addiscott. 1996. Quantitative methods to evaluate and compare soil organic matter models. pp. 181–199. In: Powlson DS, Smith P and Smith J (Eds). Evaluation of Soil Organic Matter Models. Springer-Verlag, Berlin.

Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali and N. Latifi. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30: 51–60.

Soltani, A., M.J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi-Daz and R. Sarparast. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agri. Fores. Meteo. 138: 156–167.

Soltani, A., E. Zeinali, S. Galeshi and N. Latifi. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653–662.

Tessier, S. 1988. Zero till furrow opener geometry effect on wheat emergence and seed zone properties. Ph.D. Dissertation. Washington State University, Pullman.

Investigation of seedling emergence of bean and maize affected by sowing depth with using probit models

B. Behtari[1], A. Dabbag Mohammadi Nasab[2], K. Ghassemi Golezani[2], M.R. Shakiba[2]

Received: 2016-8-11 Accepted: 2017-4-23

Abstract

Seedling emergence probably is the single most important phenological event that influences the success of an annual plant. The main objective of this study was to develop a seedling emergence model for green bean and maize and select a best-fitted model associated with sowing depth. A factorial experiment based on completely randomized design was conducted in 2015 at Research Farm of Mohaghegh Ardabili University, to quantify the response of seedling emergence to sowing depth. Treatments were four sowing depths (2, 4, 6 and 8 cm) in three replications. The results indicated that the percentage emergences of both species in the first two levels of sowing depth (2 and 4 cm) were high, but at deeper levels, seedling emergence were suffering a severe loss. Emergence indicators (*MED, ERI, D50%*) showed that seedling emergence of bean was greater than maize. For two species, an increase in pre-emergence mortality with increasing depth was observed. So that the highest germinated seeds mortality occurred at 8 cm depth. However, in probit fitted curves for each dataset, the rates of increasing between plants varied. The rate of emergence varied between plants and based on values of statistical criteria, because of less parameters number in linear probit model, it was showed suitable to fit model. Therefore, these models may provide a better basis for broad practical application in crop management.

Keywords: Emergence indices, modeling, probit curves, seedling mortality

1- PhD student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Department of Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran