نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۳۶۰-۳۴۶

Journal of Plant Protection
Vol. 28, No. 3, Fall 2014, P. 346-360

فنولوژی، مورفولوژی و عملکرد دو گونه سوروف

المیرا محمدوند[1*]- علیرضا کوچکی[2]- مهدی نصیری محلاتی[3]- عباس شهدی‌کومله[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

به منظور بررسی فنولوژی و مقایسهٔ خصوصیات مورفولوژیکی و تعیین تفاوت‌های احتمالی در صفات مرتبط با عملکرد دو گونه‌ی هرز مزارع برنج شامل گونهٔ شایع سوروف (*Echinochloa crus-galli*) و گونهٔ تازه وارد سوروف آبی (*E. oryzoides*)، این آزمایش طی دو سال در گلدان و در شرایط هوای آزاد در مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت انجام شد. نتایج نشان داد که در سوروف آبی زمان رسیدن به ارتفاع نهایی، ظهور آخرین برگ ساقهٔ اصلی، شروع پنجه‌دهی، ظهور پانیکول، شروع پرشدن و رسیدگی دانه و برداشت، زودتر و عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن صد دانه بیش‌تر از سوروف بود. در مقابل دورهٔ پرشدن دانه طولانی‌تر و تعداد نهایی برگ و پنجه، عملکرد بیولوژیک و ریزش دانه کم‌تر از سوروف بود. زمان اتمام دورهٔ پنجه‌دهی، ارتفاع، طول برگ پرچم و پانیکولِ ساقهٔ اصلی تفاوت معنی‌داری بین دو گونه نداشت. بنابراین ویژگی‌هایی نظیر طول دورهٔ رشد کوتاه‌تر، عملکرد و وزن دانه بیشتر به برتری گونهٔ تازه‌وارد کمک خواهند کرد.

واژه‌های کلیدی: سوروف، سوروف‌آبی، توانایی رقابت، علف‌هرز مهاجم

مقدمه

مطالعه در زمینهٔ زیست‌شناسی علف‌های‌هرز طی سال‌های اخیر مورد توجهٔ زیادی قرار گرفته است. چنین مطالعاتی اولین گام در جهت مقابله با علف‌های‌هرز مهاجم تازه‌وارد محسوب می‌شوند (۶ و ۱۴). آگاهی از نمو فنولوژیکی گیاه جهت درک رشد، پیش‌بینی فنولوژی و در مورد علف‌های‌هرز جهت توسعهٔ مدل‌های پیش‌بینی‌کننده ضروری است (۳۴). چنین اطلاعات زیست‌شناختی پایه‌ای در توسعهٔ راهبردهای مؤثرتر مدیریت علف‌های‌هرز حائز اهمیت است (۳۳).

فنولوژی فاکتور مهمی در تعیین نتیجهٔ رقابت گیاه‌زراعی و علف‌هرز است. ویژگی‌های رشدی گونه‌ها نیز ممکن است شاخصی از توانایی رقابتی آن‌ها فراهم نماید (۱۸ و ۱۹). گونه‌هایی که رشد سریع‌تری دارند، سطح‌برگ بیش‌تری تولید می‌کنند و انتظار می‌رود که در تسخیر منابع رشد در مقایسه با گونه‌هایی که رشد کندتری دارند، رقابت‌کننده‌تر باشند. پارامترهای رشد گونه‌ها هم‌چنین ممکن است در مدل‌های رقابت و رشد علف‌هرز مفید واقع شوند (۲۲ و ۲۳). اثبات تفاوت دو گونه در رشد یا ساختار و توصیف چگونگی تغییر گیاهان طی فصل رشد، می‌تواند تا حدودی به تعیین قابلیت سمج بودن یک علف‌هرز در اکوسیستم‌های کشاورزی کمک نماید (۷). از آنجا که نیازمندی‌های رشد، ویژگی‌ها و توانایی رقابتی گیاه بر توانایی گسترش، بقا و ازدیاد یک گونه اثر می‌گذارد؛ ممکن است به توضیح موفقیت گونه‌ها نیزکمک کند (۱۹).

شاخص‌های متعددی را می‌توان جهت مقایسهٔ رشد گونه‌ها به‌کار برد. مقایسات سطح برگ، ارتفاع، تعداد انشعابات، حجم و وزن‌خشک، شاخصی از اندازهٔ نسبی، باروری و ظرفیت فتوسنتزی گونه‌ها فراهم می‌کند که ممکن است توانایی رقابتی را تحت تأثیر قرار دهند (۱۹ و ۳۰). درک سرعت رشد گیاهچه علف‌های‌هرز نیز هنگام بررسی راهبرد مدیریت علف‌های‌هرز مهم است (۱۹).

جنس *Echinochloa* مشتمل بر حدود ۵۰ گونه از مهم‌ترین علف‌های‌هرز در گیاهان زراعی جهان و بخصوص در مزارع برنج است. این گیاهان بواسطهٔ تحمل دامنهٔ وسیعی از شرایط اکولوژیکی و قابلیت تقلید از گیاه زراعی، رقبای بسیار موفقی می‌باشند (۳۶). یکی از گونه‌های هرز مهم این جنس، سوروف (*E. crus-galli* L.) می‌باشد. گیاهان جوان سوروف مورفولوژی مشابهی با گیاه برنج دارند و به میزان زیادی از این گیاه زراعی تقلید می‌کنند؛ چنان‌که تمایز آن‌ها مشکل است (۱۵، ۲۸، ۳۶). بارت (۴) نشان داد که هزاران سال وجین دستی سوروف در آسیا ممکن است سبب انتخاب این ویژگی تقلیدی شده باشد. این گونه در مرحلهٔ گیاهچه‌ای شبیه برنج است، اما

۱- استادیار دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*-نویسنده مسئول: Email: mohammadvand@guilan.ac.ir)
۲ و ۳- استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت

به مرور زمان به‌راحتی قابل تشخیص شده و کشاورزان می‌توانند آن‌ها را وجین کنند؛ اگرچه در این هنگام خسارت عملکرد گیاه زراعی ممکن است اجتناب ناپذیر باشد (۱۷). این گونه در حال حاضر مهم‌ترین علف‌هرز مزارع برنج استان گیلان می‌باشد؛ اما اخیراً گونهٔ دیگری از این جنس، به نام سوروف آبی (یا سوروف‌برنج) [*E. oryzoides* (Ard) Fritsch Vasing] در مزارع برنج استان شناسایی و روند افزایشی تغییرات جمعیت آن گزارش شده است (۳). تقلید مورفولوژیکی و فنولوژیکی این گونه از برنج به مراتب بیشتر است. در کالیفرنیا، در نتیجهٔ کاربرد مداوم غرقاب برای کنترل علف‌هرز سوروف در مزارع برنج، سوروف آبی تبدیل به مشکل‌سازترین علف‌هرز شده است (۱۳). بنابراین گسترش بیشتر این گونه و حتی جایگزینی گونهٔ شایع کنونی در منطقه دور از انتظار نیست. اگرچه تاکنون در کشور برخی تحقیقات از جمله بررسی خصوصیات جوانه‌زنی (۲) و واکنش این گونه به مدیریت غرقاب (۱) ارائه شده است؛ اما هنوز تحقیقاتی برروی زیست‌شناسی این گونه‌ها و مقایسهٔ آن‌ها با یکدیگر انجام نشده است و عمدهٔ تحقیقات انجام شده در مقالات بین‌المللی نیز بر روی گونهٔ *E. crus-galli* بوده است، لذا این تحقیق به منظور مطالعهٔ تفاوت‌های احتمالی موجود در ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی و نیز بررسی خصوصیات رشد و صفات مرتبط با عملکرد دو گونه تحت شرایط رشد مشابه و در جهت کسب اطلاعات پایه در زمینهٔ توانایی رقابتی دو گونه به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی دو سال در شرایط هوای آزاد در مؤسسه تحقیقات برنج کشور–رشت انجام شد. گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۳۵ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر با ۳۰ سانتی‌متر خاک پر شده و به فواصل ۸۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفت. خاک مورد استفاده در این آزمایش از خاک زیرسطحی به عمق بیش از یک متر که آلودگی به بذر علف‌های‌هرز وجود نداشت، جمع‌آوری شد. بافت خاک مذکور مطابق آنالیز انجام شده در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور–رشت، سیلتی رسی (۵۳ درصد رس، ۳۵ درصد سیلت و ۱۲ درصد شن) با pH ۷/۲، هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع ۰/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر، درصد اشباع ۶۳ درصد، کربن آلی و نیتروژن کل به‌ترتیب ۰/۶ و ۰/۰۵ درصد و مقدار فسفر و پتاسیم قابل‌جذب به‌ترتیب ۱۲/۳ و ۲۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. کوددهی بر اساس توصیهٔ کودی بخش تحقیقات خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور–رشت و براساس مقادیر توصیه شده برای محصول برنج انجام شد و شامل کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶ درصد نیتروژن) و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، هر دو طی دو مرحله تقسیط مساوی در پایان مرحلهٔ آماده‌سازی خاک گلدان‌ها و یک ماه پس از کاشت بود. هم‌چنین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (۴۶ درصد فسفر) در پایان مرحلهٔ آماده سازی خاک به گلدان‌ها افزوده شد.

کاشت تعدادی از بذرهای هر گونه پس از ۸ دقیقه خراش‌دهی با اسیدسولفوریک ۹۷ درصد (۳۱) و چندین بار شستشو با آب، در تاریخ ۱۳۸۷/۳/۲۴ و ۱۳۸۸/۴/۱۴ در عمق ۰/۵ سانتی‌متری خاک اشباع در هریک از گلدان‌ها صورت گرفت. ارتفاع آب گلدان‌ها همراه با رشد گیاهچه‌ها افزایش داده شد و در مقدار حداکثر ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر حفظ گردید. بذرهای هر گونه در ۱۰ گلدان کاشته شد که بعد از سبز شدن در مرحلهٔ ۳ برگی، یک گیاهچه در هر گلدان باقی مانده و سایر گیاهچه‌ها و نیز گیاهچه‌هایی که بعداً ظاهر شدند، حذف شد. اندازه‌گیری خصوصیات مورد نظر طی ساعات معین هر روز انجام شد. سبزشدن به عنوان خروج کلئوپتیل از خاک تعریف شده و اولین سبز شدن ۲ روز پس از کاشت (۸۷/۳/۲۶ و ۸۷/۴/۱۶) مشاهده شد. ارتفاع ساقه از سطح خاک تا نوک جوان‌ترین و بلندترین برگ یا نوک گل‌آذین هر دو روز یک‌بار (یک روز در میان) تا ثابت شدن ارتفاع در کلیهٔ بوته‌های هر گونه، اندازه‌گیری شد. هم‌چنین تعداد برگ بر روی ساقهٔ اصلی (سبز یا خشک‌شده) تا زمان ظهور پانیکول به‌صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت. برگی شمارش شد که یقهٔ برگ تولید شده باشد. بدین‌ترتیب فاصلهٔ زمانی بین ظهور برگ‌های متوالی (فیلوکرون[1]) محاسبه شد. فیلوکرون فاصلهٔ زمانی بین یک مرحلهٔ تکاملی مشابه در برگ‌های متوالی است. دورهٔ بین تشکیل یقهٔ برگ بر روی برگ‌های متوالی یکی از مقیاس‌های یک فیلوکرون است که به‌راحتی و بدون نیاز به بزرگ‌نمایی تعیین می‌شود (۱۱). تعداد پنجه در بوته به‌صورت روزانه تا زمان رسیدگی بذرها در گل‌آذین ساقهٔ اصلی شمارش شد و به این ترتیب زمان ظهور اولین پنجه، زمان اتمام پنجه‌دهی، دورهٔ پنجه‌دهی (تفاضل زمان شروع و اتمام پنجه‌دهی) تعیین شد. هم‌چنین زمان ظهور گل‌آذین ساقهٔ اصلی، آغاز تشکیل بذرها (بذرهای سبز در مرحلهٔ اوایل شیری شدن تا خمیری نرم) و زمان رسیدگی کامل (بذرها رسیده و کاملاً سخت شده باشند) و دورهٔ پرشدن بذر (تفاضل زمان شروع پرشدن و رسیدگی بذر) از صفات دیگری بودند که بر روی گل‌آذین ساقهٔ اصلی و براساس روز پس از سبزشدن ثبت یا محاسبه شدند. در هنگام ظهور کامل گل‌آذین برای جلوگیری از ریزش دانه، کلیهٔ گل‌آذین‌ها با پوشش توری پوشانده شدند. در مرحلهٔ رسیدگی، گیاهان از انتهای ساقه برداشت شدند و تعداد پنجه‌ها شمارش گردید. هر پنجه به عنوان ساقه‌ای که در نتیجهٔ کف‌بر شدن از بقیه جدا می‌شود و یا محل اتصال آن کم‌تر از ۵ سانتی‌متر از سطح خاک فاصله دارد، درنظر گرفته شد. بدین ترتیب

1- Phyllochron

تعداد پنجه‌های بارور و نابارور تعیین شد. طول برگ پرچم، طول پانیکول ساقهٔ اصلی (از گره پانیکول تا انتهای آن بدون درنظر گرفتن ریشک) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان ریزش دانه، پانیکول اصلی و سه پانیکول انتهایی در هر بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، به طور جداگانه درون دو پاکت کاغذی قرار گرفتند و ۲۰ روز در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از طی این مدت، پاکت‌ها ۱۰ مرتبه با ملایمت به کنارهٔ میز آزمایشگاه زده شدند (۲۷). بذرهایی که هنوز بر روی پانیکول قرار داشتند، به‌طور دستی از پانیکول‌جدا شده و وزن شدند. بذرهای جداشده از پانیکول که درون پاکت قرار داشتند نیز توزین شده و نسبت وزن بذرهای جدا شده به وزن کل بذرها برای تخمین میزان ریزش مورد استفاده قرارگرفت. سپس کلیهٔ بذرها (شامل چهار پانیکول) با یکدیگر مخلوط شدند و سه نمونهٔ صدتایی از بذرهای سالم و غیر پوک جهت تعیین وزن صد دانه جدا شد. میانگین سه نمونه به‌عنوان وزن صد دانه در بوته در نظر گرفته شد. برای محاسبهٔ عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، پانیکول و کاه به طور جداگانه در آون و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شده و وزن شدند.

داده‌های مربوط به ارتفاع ساقه؛ تعداد برگ و پنجه برای هر گونه در برابر زمان حرارتی تجمعی (درجه روز رشد[1]) و هم‌چنین زمان تقویمی (روز) رسم شد و تابع لجستیک سه پارامتری (معادلهٔ ۱) به داده‌ها برازش یافت (۸).

$$Y = a / (1 + (x/x_0)^{b}) \qquad (۱)$$

که در آن Y سرعت طویل‌شدن ساقه، ظهور برگ یا پنجه است. a مجانب بالایی (مقدار حداکثر)، x زمان حرارتی تجمعی (درجه روز رشد) یا زمان تقویمی (روز)، x_0 مقدار متغیر مستقل وقتی Y در ۵۰ درصد مقدار حداکثر (میانه) می‌باشد و b شیب در x_0 است. این تابع برازش مناسبی (r^2>۰/۹۷) به داده‌ها نشان داد. سرعت طویل‌شدن ساقه و سرعت ظهور برگ و پنجه با استفاده از شیب تابع محاسبه شد.

براساس نتایج آزمایش سوانتون و همکاران (۳۴)، دمای پایه برای توسعهٔ ساقه، ظهور برگ و تولید پنجه در سوروف به ترتیب ۸/۵، ۶/۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد است که این مقادیر برای محاسبهٔ زمان حرارتی تجمعی و توصیف توسعهٔ فنولوژیکی با استفاده از درجه روز رشد مورد استفاده قرار گرفت. مقدار درجه روز رشد برای هر گونه با استفاده از فرمول زیر (از زمان سبز شدن) تعیین شد:

درجه روز رشد = [(حداکثر دمای روزانه + حداقل دمای روزانه) ÷ ۲] – دمای پایه

برای بررسی اثر سال بر خصوصیات اندازه‌گیری شده، آنالیز مرکب با استفاده از دو عامل سال و گونه هریک در دو سطح و تعیین اثر سال و اثرمتقابل سال × گونه به‌عنوان عامل تصادفی، انجام شد. با معنی‌دار شدن اثرمتقابل سال × گونه در مورد بعضی صفات (زمان ثابت شدن ارتفاع براساس درجه روز رشد، زمان ظهور پانیکول در ساقهٔ اصلی براساس درجه روز رشد، زمان رسیدگی کامل دانه بر اساس درجه روز رشد، تعداد کل پنجه و پنجهٔ بارور، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه) (جدول۱) مقایسهٔ مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده در دو گونه با استفاده از آزمون t–استیودنت به طور جداگانه برای هر سال انجام شد. با توجه به رد نشدن فرض یکنواختی واریانس‌ها در آزمون t–استیودنت، برای مقایسهٔ دو میانگین از آمارهٔ t مربوط به حالت مساوی بودن واریانس‌ها استفاده شد. برازش توابع با استفاده از نرم افزار Sigma Plot, ver. 11 و آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS, ver. 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

در کلیهٔ گلدان‌ها سبزشدن به عنوان خارج شدن کلئوپتیل از خاک تعریف شده و طی هر دو سال و در هر دو گونه، اولین گیاهچه‌ها ۲ روز پس از کاشت، سبز شدند. تغییرات میانگین دمای روزانه به‌عنوان تابعی از روز پس از سبزشدن در طی ماه‌های دو سال آزمایش در شکل۱ نشان داده شده است.

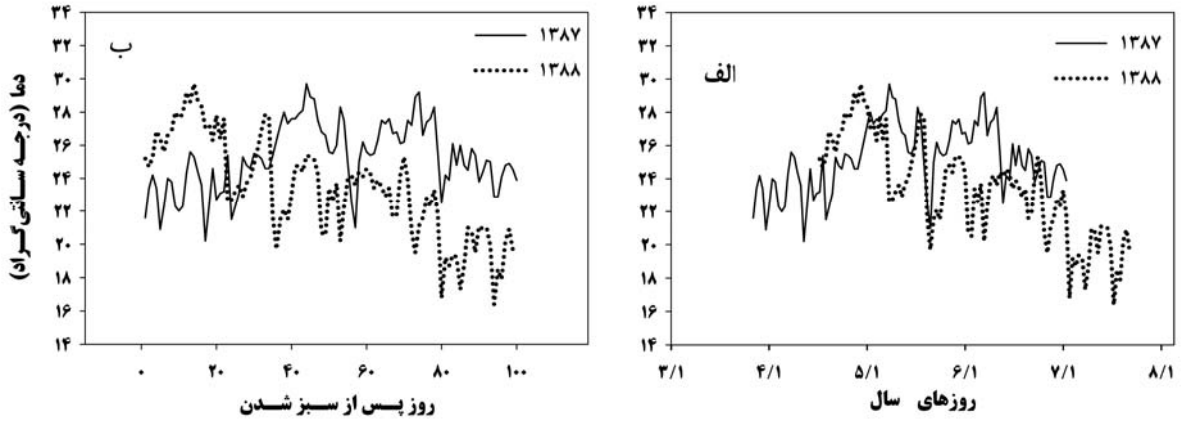
اندازه‌گیری ارتفاع از روز ششم پس از سبزشدن انجام شد. در هر دو گونه، ارتفاع تا زمان شروع خشک‌شدن دانه‌ها افزایش یافته و پس از آن ثابت شد (شکل ۲). زمان ثابت‌شدن ارتفاع بوته طی هر دو سال به‌طور معنی‌داری بین دو گونه متفاوت بود. به‌طوری‌که به‌طور متوسط در سوروف ۸۹ (۱۴۴۴) و در سوروف آبی ۷۶ (۱۲۵۱) روز (درجه روز رشد) بعد از سبزشدن ارتفاع در بوته‌ها ثابت شد. در سال دوم آزمایش تعداد روزهای لازم برای ثابت‌شدن ارتفاع بیش‌تر از سال اول بود؛ درحالی‌که با درنظرگرفتن درجه روز دریافتی، در سوروف آبی تفاوتی میان دو سال وجود نداشت و با دریافت ۱۲۶۴ و ۱۲۳۸ درجه روز رشد به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش ارتفاع به مقدار نهایی خود رسید. در سوروف با توجه به سه هفته تأخیر در زمان کاشت در سال دوم آزمایش، علی‌رغم افزایش تعداد روز، میزان دمای مؤثر دریافتی توسط این گونه کاهش یافت (جدول۲).

در سال دوم ارتفاع نهایی بوته‌های هر دو گونه کاهش نشان داد (جدول۳). شرستا و سوانتون (۳۳) گزارش کردند که چهار هفته تأخیر در تاریخ کاشت سوروف، ارتفاع نهایی را در سالی که دما پایین‌تر بود، کاهش داد؛ اما در سال گرم‌تر بی‌تأثیر بود و تأخیر در تاریخ کاشت، سبب افزایش سرعت طویل‌شدن ساقه گردید. هم‌چنین میانگین ارتفاع در سال گرم‌تر بیش‌تر بود. ایشان دماهای بالاتر را علت این امر دانستند. ونگریس و همکاران (۳۵) اظهار داشتند که افزایش ارتفاع سوروف دارای ارتباط مستقیم با افزایش دما است. آن‌ها مشاهده

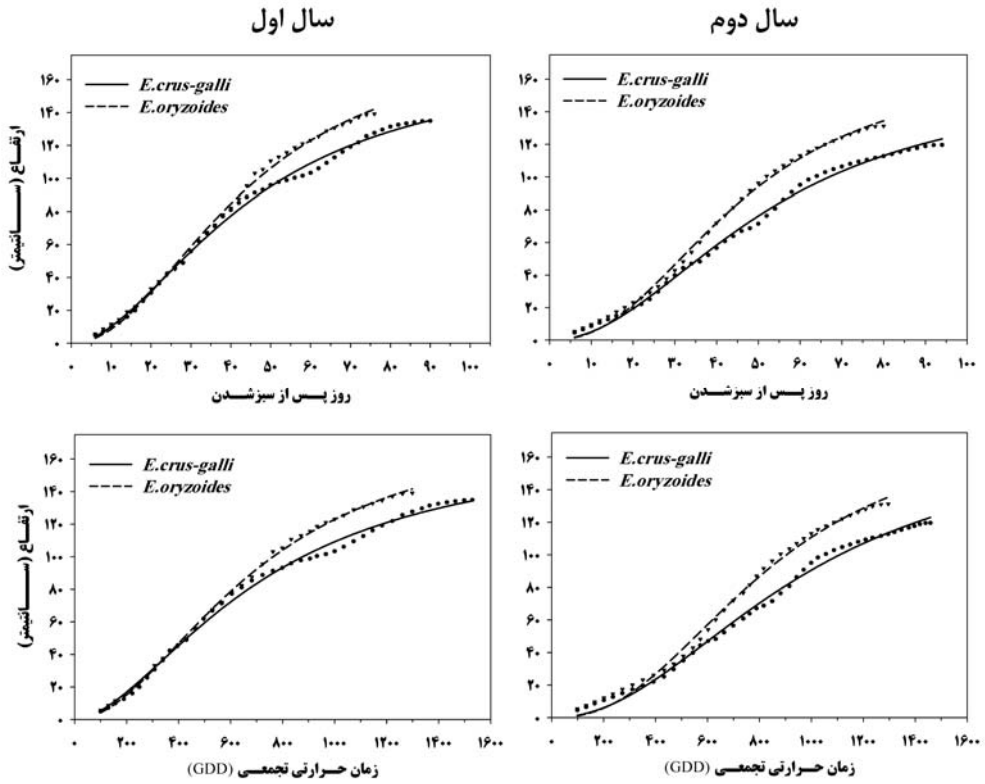
1- Growth degree days (GDD)

کردند که سرعت رشد گیاه وقتی دما کم بود، پایین ولی در تابستان خیلی سریع بود. سوانتون و همکاران (۳۴) نیز گزارش کردند که سرعت طویل شدن شاخسارهٔ سوروف با افزایش درجه‌حرارت تا دمای روز/شب ۲۵/۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان داد و در دماهای بالاتر کاهش یافت. ایشان دمای پایه، بهینه و بیشینه برای طویل‌شدن ساقه را به‌ترتیب ۸/۵، ۳۹/۵ و ۵۲ درجه سانتی‌گراد محاسبه کردند.

میانگین ارتفاع نهایی بوته در دو گونه که در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب در سوروف ۱۳۵ و ۱۲۰ سانتی‌متر و در سوروف آبی ۱۳۹ و ۱۳۱ سانتی‌متر بود، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت (جدول۳). در آزمایشی که توسط دامالاس و همکاران (۱۲) در شرایط مزرعه‌ای انجام شد، دامنهٔ ارتفاع بوته در جمعیت‌های سوروف ۱۳۶ تا ۱۴۵ سانتی‌متر و بیش‌تر از جمعیت‌های سوروف آبی زودرس با ارتفاع ۱۱۶ تا ۱۲۳ سانتی‌متر بود. شرستا و سوانتون (۳۳) حداکثر ارتفاع سوروف را در شرایط مزرعه‌ای تقریباً ۱۱۰ سانتی‌متر گزارش کردند.



شکل ۱- تغییرات میانگین دمای روزانه تابعی از روزهای سال (الف) و روز پس از سبزشدن (ب) در دو سال آزمایش



شکل ۲- تغییرات ارتفاع در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) طی زمان (روز پس از سبزشدن) و زمان حرارتی (درجه روز رشد)؛ نقاط مقادیر ارتفاع اندازه‌گیری‌شده با فاصلهٔ دو روز یک‌بار و تابع برازش یافته لجستیک سه پارامتری می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب (مقادیر F) خصوصیات اندازه‌گیری‌شده در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) طی سال اول و دوم آزمایش.

منابع تغییر	ثابت شدن ارتفاع بوته		ثابت شدن تعداد برگ		شروع پنجه‌دهی		اتمام پنجه‌دهی		دورهٔ پنجه‌دهی		ظهور پانیکول ساقهٔ اصلی		شروع پر شدن دانه		رسیدگی کامل دانه	
	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد	روز	درجه‌روز رشد
سال	۱۴/۴۶**	۴۴/۷۸**	۰/۳۸^{ns}	۳/۵۸^{ns}	۴۳/۰۳**	۸/۷۵**	۶/۹۰*	۲/۲۸^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۶/۶۹*	۰/۱۴^{ns}	۳/۰۳^{ns}	۵/۹۹*	۱/۹۹^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۳۴/۸۴**
گونه	۴۳۴/۲۴**	۳۷۱/۶۴**	۱۶۵/۸۸**	۱۷۳/۰۲**	۱۰/۰۷**	۹/۵۷**	۰/۷۷^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۴۰^{ns}	۱۹۲/۲۲**	۲۰۲/۴۲**	۱۸۱/۱۵**	۱۸۰/۵۶**	۱۹۶/۱۹**	۱۷۷/۲۰**
سال×گونه	۰/۰۲^{ns}	۱۶/۳۴**	۰/۰۳^{ns}	۲/۰۵^{ns}	۰/۴۰^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۱/۰۵^{ns}	۵/۷۹*	۰/۳۷^{ns}	۳/۰۲^{ns}	۰/۴۶^{ns}	۸/۲۸**

منابع تغییر	دورهٔ پرشدن دانه		ارتفاع بوته	تعداد برگ	طول برگ‌پرچم	تعدادپنجه	پنجه‌بارور	طول‌پانیکول‌اصلی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص‌برداشت	وزن‌صددانه	ریزش‌دانه
	روز	درجه‌روزرشد	(سانتی‌متر)	(عدد)	(سانتی‌متر)	(عدد)	(عدد)	(سانتی‌متر)	(گرم در بوته)	(گرم در بوته)		(گرم)	(درصد)
سال	۲۱/۴۴**	۱۳۱/۷۴**	۸/۵۹**	۴/۴۱*	۵/۰۸*	۰/۶۷^{ns}	۰/۵۶^{ns}	۰/۸۴^{ns}	۴۵/۹۴**	۸/۰۷**	۱۱/۵۹**	۱/۵۴^{ns}	۲/۶۹^{ns}
گونه	۰/۲۷^{ns}	۱۰/۵۴**	۳/۰۹^{ns}	۱۵۰/۰۰**	۱/۵۳^{ns}	۱۲/۲۹**	۱۱/۱۸**	۰/۰۰^{ns}	۸/۷۵**	۲۳/۱۷**	۱۷۴/۱۸**	۴۹۷/۴۵**	۶۵۵/۲۰**
سال×گونه	۰/۰۴^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۰/۸۸^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۱/۹۷^{ns}	۳/۸۶*	۴/۷۰*	۰/۰۲^{ns}	۲۴/۷۶**	۴/۴۱*	۱/۵۱^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۰/۰۱^{ns}

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

جدول ۲- زمان لازم بر اساس روز و (درجه روز رشد) برای وقوع مراحل مختلف فنولوژیکی در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*).

	ثابت شدن ارتفاع بوته		ثابت شدن تعداد برگ		شروع پنجه‌دهی		اتمام پنجه‌دهی		دورهٔ پنجه‌دهی		ظهور پانیکول ساقهٔ اصلی	
	سوروف	سوروف‌آبی	سوروف	سوروف‌آبی	سوروف	سوروف‌آبی	سوروف	سوروف‌آبی	سوروف	سوروف‌آبی	سوروف	سوروف‌آبی
سال اول												
حداقل	۸۴ (۱۴۳۳)	۷۰ (۱۱۸۳)	۶۸ (۱۲۸۴)	۵۳ (۹۹۷)	۱۸ (۲۵۱)	۱۶ (۲۲۴)	۴۶ (۶۹۲)	۴۵ (۶۷۵)	۲۶ (۴۱۶)	۲۸ (۴۳۹)	۶۹ (۱۳۰۴)	۵۳ (۹۹۷)
حداکثر	۹۰ (۱۵۳۰)	۷۶ (۱۲۹۹)	۷۹ (۱۵۱۰)	۶۴ (۱۲۰۳)	۲۰ (۲۷۶)	۲۰ (۲۷۶)	۵۷ (۸۶۲)	۵۷ (۸۶۲)	۳۹ (۶۱۱)	۴۰ (۶۲۶)	۷۹ (۱۵۱۰)	۶۳ (۱۱۸۲)
متوسط	۸۸/۰ (۱۴۹۸)	۷۴/۲ (۱۲۶۴)	۷۳/۰ (۱۳۸۹)	۵۸/۲ (۱۰۹۲)	۱۸/۷ (۲۵۹)	۱۷/۵ (۲۴۳)	۵۳/۳ (۸۰۷)	۵۲/۶ (۷۹۶)	۳۴/۶ (۵۴۸)	۳۵/۱ (۵۵۳)	۷۳/۶ (۱۴۰۱)	۵۷/۶ (۱۰۸۰)
خطای استاندارد	۰/۶۷ (۱۰/۸۸)	۰/۶۳ (۱۲/۱۲)	۱/۰۱ (۲۱/۰۰)	۱/۳۴ (۲۴/۵۳)	۰/۲۶ (۳/۳۵)	۰/۳۷ (۵/۰۰)	۱/۲۹ (۲۰/۱۰)	۱/۴۵ (۲۲/۶۴)	۱/۴۸ (۲۲/۴۴)	۱/۵۱ (۲۳/۲۴)	۱/۰۲ (۲۱/۴۳)	۱/۱۸ (۲۱/۳۱)
ضریب تغییرات	۲/۴۰ (۲/۳۰)	۲/۶۸ (۳/۰۳)	۴/۳۸ (۴/۷۸)	۷/۲۸ (۷/۱۰)	۴/۴۰ (۴/۰۸)	۶/۷۳ (۶/۵۱)	۷/۲۶ (۷/۸۷)	۸/۷۰ (۹/۰۰)	۱۳/۵۰ (۱۲/۹۶)	۱۳/۵۹ (۱۳/۲۹)	۴/۴۰ (۴/۸۳)	۶/۴۵ (۶/۲۴)
سطح احتمال	<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		۰/۰۲ (۰/۰۱)		۰/۷۲ (۰/۷۱)		۰/۸۲ (۰/۸۸)		<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)	
سال دوم												
حداقل	۸۶ (۱۳۳۸)	۷۴ (۱۲۰۰)	۶۶ (۱۲۲۳)	۵۴ (۱۰۱۷)	۱۴ (۲۵۷)	۱۲ (۲۱۹)	۴۹ (۷۶۲)	۴۸ (۷۴۹)	۳۰ (۴۱۸)	۳۳ (۴۷۰)	۶۶ (۱۲۲۳)	۵۵ (۱۰۳۵)
حداکثر	۹۴ (۱۴۲۸)	۸۰ (۱۲۷۵)	۷۸ (۱۴۱۴)	۶۳ (۱۱۷۵)	۱۹ (۳۴۴)	۱۶ (۲۹۳)	۵۳ (۸۱۱)	۵۲ (۷۹۹)	۳۸ (۵۴۲)	۳۸ (۵۴۲)	۷۸ (۱۴۱۴)	۶۳ (۱۱۷۵)
متوسط	۹۰/۴ (۱۳۹۰)	۷۶/۸ (۱۲۳۸)	۷۲/۱ (۱۳۲۱)	۵۷/۷ (۱۰۸۳)	۱۵/۹ (۲۹۱)	۱۴/۱ (۲۵۸)	۵۰/۸ (۷۸۵)	۴۹/۷ (۷۷۱)	۳۴/۹ (۴۹۴)	۳۵/۶ (۵۱۲)	۷۲/۱ (۱۳۲۱)	۵۸/۳ (۱۰۹۳)
خطای استاندارد	۰/۷۲ (۸/۳۴)	۰/۶۱ (۸/۰۹)	۱/۲۷ (۱۹/۹۷)	۰/۸۴ (۱۴/۸۱)	۰/۶۹ (۱۱/۹۴)	۰/۴۶ (۸/۳۶)	۰/۴۲ (۵/۱۱)	۰/۵۴ (۶/۸۴)	۰/۹۲ (۱۴/۵۲)	۰/۵۴ (۸/۲۹)	۱/۲۷ (۱۹/۹۷)	۰/۷۶ (۱۳/۳۹)
ضریب تغییرات	۲/۵۱ (۱/۹۰)	۲/۵۲ (۲/۰۷)	۵/۵۷ (۴/۷۸)	۴/۶۳ (۴/۳۳)	۱۳/۷۳ (۱۲/۹۹)	۱۰/۲۸ (۱۰/۲۳)	۲/۵۹ (۲/۰۶)	۳/۴۳ (۲/۸۱)	۸/۳۸ (۹/۲۹)	۴/۸۱ (۵/۱۲)	۵/۵۷ (۴/۷۸)	۴/۱۳ (۳/۸۷)
سطح احتمال	<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		۰/۰۴ (۰/۰۴)		۰/۱۲ (۰/۱۲)		۰/۵۲ (۰/۲۹)		<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)	

جدول ۳- حداقل، حداکثر و متوسط خصوصیات اندازه‌گیری شده در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف‌انی (*E. oryzoides*).

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		تعداد برگ		طول برگ‌پرچم (سانتی‌متر)		تعداد کل پنجه		تعداد پنجه‌بارور		طول‌پانیکول‌اصلی (سانتی‌متر)		عملکرد دیبولوژیک (گرم در بوته)		عملکرد دانه (گرم در بوته)		شاخص‌برداشت		ریزش‌دانه (درصد)		وزن صددانه (گرم)	
	سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی		سوروف سوروف‌انی	
سال اول																						
حداقل	۱۱۹/۵	۱۲۰	۲۰	۱۷	۱۴/۷	۱۷/۴	۴۵	۳۶	۱۵/۲	۳۵	۱۶/۸	۱۳/۰	۲۴۵/۰	۱۶۰/۰	۴۴/۲	۶۱/۷	۱۵/۹	۳۰/۷	۱۴/۴	۶۴/۵	۰/۲۷۱	۰/۴۹۳
حداکثر	۱۶۱	۱۵۷	۲۲	۲۰	۲۸/۱	۲۳/۶	۸۴	۶۰	۲۰/۰	۵۹	۱۸/۹	۱۷/۱	۴۰۵/۰	۲۶۵/۰	۷۸/۸	۹۵/۸	۲۵/۲	۳۴/۷	۹۷/۵	۹۷/۹	۰/۳۱۶	۰/۵۰۹
متوسط	۱۳۴/۹	۱۳۹/۲	۲۱/۸	۱۸/۳	۲۰/۰	۲۰/۴	۶۸/۴	۴۶/۴	۶۵/۶	۴۵/۰	۱۷/۶۵	۱۷/۷۱	۳۰۲/۵	۲۰۲/۷	۶۲/۸	۷۵/۰	۱۸/۴	۳۲/۶	۸۴/۱	۲۰/۴	۰/۲۹۴	۰/۵۰۱
خطای‌استاندارد	۳/۹۲	۳/۷۸	۰/۲۰	۰/۴۰	۱/۶۹	۰/۶۸	۴/۵۸	۲/۷۸	۴/۳۳	۲/۷۷	۰/۴۳	۰/۲۳	۱۶/۴۵	۱۰/۳۱	۳/۷۹	۳/۵۵	۰/۹۰	۰/۴۲	۳/۰۰	۲/۲۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳
ضریب‌تغییرات	۹/۱۹	۸/۵۹	۲/۹۰	۶/۸۴	۲۵/۳۶	۱۰/۶۰	۲۱/۱۵	۱۸/۹۳	۲۰/۸۷	۱۹/۴۶	۷/۶۳	۴/۱۴	۱۷/۲۰	۱۶/۰۸	۱۹/۰۸	۱۴/۹۷	۱۵/۴۹	۴/۱۱	۱۱/۲۹	۳۴/۴۴	۵/۵۸	۱/۳۹
سطح احتمال	۰/۴۴		<۰/۰۰۰۱		۰/۸۲		۰/۰۰۰۷		۰/۰۰۰۸		۰/۹		<۰/۰۰۰۱		۰/۰۳		<۰/۰۰۰۱		<۰/۰۰۰۱		<۰/۰۰۰۱	
سال دوم																						
حداقل	۱۰۶/۵	۱۱۲	۲۰	۱۷	۱۵/۳	۱۴/۳	۴۰	۳۸	۳۸	۳۷	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۰۵/۷	۱۳۹/۵	۲۰/۸	۵۲/۲	۱۶/۹	۳۰/۸	۱۵/۲	۷۸/۰	۰/۲۶	۰/۴۷
حداکثر	۱۴۴	۱۵۲	۲۲	۱۹	۴۶/۴	۳۰/۰	۸۱	۶۲	۷۷	۶۰	۲۱/۱	۱۹/۵	۲۱۰/۴	۲۵۲/۲	۵۹/۲	۱۰۱/۲	۲۹/۷	۴۰/۸	۹۷/۰	۹۷/۹	۰/۳۵	۰/۵۶
متوسط	۱۱۹/۶	۱۳۱/۳	۲۱/۲	۱۷/۷	۲۹/۰	۲۲/۵	۵۷/۲	۵۱/۰	۵۴/۷	۵۰/۳	۱۷/۱۴	۱۷/۰۳	۱۵۴/۶	۱۸۰/۰	۴۰/۷	۷۱/۶	۲۲/۹	۳۴/۸	۸۸/۴	۲۴/۳	۰/۳۰	۰/۵۲
خطای‌استاندارد	۳/۹۴	۴/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۶	۳/۸۸	۲/۱۳	۵/۴۰	۲/۶۳	۴/۸۱	۲/۵۲	۰/۹۷	۰/۸۴	۱۰/۱۴	۱۲/۳۸	۴/۰۸	۶/۰۳	۱/۴۳	۰/۹۳	۲/۰۰	۲/۳۰	۰/۰۱	۰/۰۱
ضریب‌تغییرات	۱۰/۴۲	۱۰/۰۹	۳/۷۲	۴/۶۵	۴۲/۳۱	۲۸/۳۴	۲۹/۸۵	۱۶/۳۰	۲۷/۸۱	۱۵/۸۵	۱۶/۹۵	۱۳/۹۸	۲۰/۷۳	۲۱/۷۴	۳۱/۶۸	۲۶/۶۳	۱۹/۷۲	۸/۴۷	۶/۳۹	۲۶/۷۸	۹/۷۹	۶/۲۰
سطح احتمال	۰/۰۶		<۰/۰۰۰۱		۰/۱۸		۰/۳۲		۰/۴۳		۰/۹۳		۰/۱۳		۰/۰۰۰۵		<۰/۰۰۰۱		<۰/۰۰۰۱		<۰/۰۰۰۱	

سوانتون و همکاران (۳۴) حداکثر ارتفاع ۱۱۷ سانتی‌متر را در سوروف وقتی در دمای روز/شب ۲۵/۳۵ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد قرار داشت، ۵۰ روز پس از سبزشدن مشاهده کردند. تحت شرایط کالیفرنیا، نوریس (۲۶) ارتفاع ساقهٔ ۱۵۰ سانتی‌متر را در سوروف گزارش کرد. کلی و همکاران (۹) نیز در شرایط عدم کاشت گیاه‌زراعی، ارتفاع ۱۸۶ سانتی‌متر را برای سوروف گزارش کردند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که این گونه در دماهای بالاتر یا شاید تحت شرایط طول روز بلندتر، ارتفاع بیش‌تری نیز تولید می‌کند.

سوانتون و همکاران (۳۴) نشان دادند که نمو رویشی سوروف تحت تأثیر دورهٔ نوری قرار گرفت و افزایش دورهٔ نوری سبب افزایش ارتفاع و وزن خشک شاخساره شد. ارتفاع شاخساره (۱۳۳ سانتی‌متر) و وزن خشک (۸/۴ گرم در بوته) در گیاهانی که تحت دورهٔ نوری ۱۶ ساعت رشد کرده بودند، بیش‌ترین مقدار بود.

روند ظهور برگ

روند ظهور برگ‌های متوالی بر روی ساقهٔ اصلی در شکل ۳ نشان داده شده است. زمان ظهور آخرین برگ بر روی ساقهٔ اصلی تفاوت معنی‌داری در دو سال نداشت؛ اما به‌طور معنی‌داری بین دو گونه متفاوت (جدول۱) و به‌طور متوسط در سوروف ۷۳ (۱۳۵۵) و در سوروف آبی ۵۸ (۱۰۸۸) روز (درجه روز رشد) بعد از سبزشدن بود (جدول۲).

تعداد نهایی برگ بر روی ساقهٔ اصلی در سال اول بیشتر از سال دوم آزمایش (جدول۱) و به‌ترتیب ۲۱/۸ و ۲۱/۲ در سوروف و ۱۸/۳ و ۱۷/۷ در سوروف آبی بود (جدول ۳). کاسپرسکا-پالاز و همکاران (۲۰) و ماون و بارت (۲۴) دریافتند که مرحلهٔ رویشی در سوروف مشتمل بر حداکثر ۸ برگ است. درحالی‌که شرستا و سوانتون (۳۳) تعداد ۱۲ عدد و سوانتون و همکاران (۳۴) تعداد حداکثر ۱۶ عدد را گزارش کردند. تعداد برگ‌ها تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. سوانتون وهمکاران (۳۴) اظهار داشتند که تحت دورهٔ نوری ۸ تا ۱۴ ساعت، سوروف تعداد تقریباً ثابت ۵ تا ۷ برگ را بر روی ساقهٔ اصلی تولید کرد؛ درحالی‌که تحت دورهٔ نوری ۱۶ ساعت، میانگین تعداد برگ به ۱۳ برگ بر روی ساقهٔ اصلی افزایش یافت. ایشان اظهار داشتند که سرعت ظهور برگ با افزایش درجه‌حرارت تا دمای روز/شب ۲۵/۳۵ درجه‌سانتی‌گراد افزایش و در دماهای بالاتر کاهش یافت. هم‌چنین در این آزمایش دمای پایه برای ظهور برگ ۶/۵، دمای بهینه ۳۰/۰ و دمای بیشینه ۵۱ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. شرستا و سوانتون (۳۳) گزارش کردند که تعداد نهایی برگ‌های سوروف در دو سال متفاوت و در سال گرم و خشک‌تر بیش‌تر بود. تفاوت بین سال‌ها از نظر دمای روزانه، الگوی بارش و سطح تشعشع فعال فتوسنتزی ممکن است تعداد نهایی برگ را تحت تأثیر قرار دهد. تعداد برگ‌های تولید شده هم‌چنین تحت‌تأثیر زمان رویش قرار می‌گیرد. کاسپرسکا-پالاز و همکاران (۲۰) اظهار داشتند که بوته‌های سوروف که در اوایل تابستان و تحت شرایط رشد مطلوب کاشته شده باشند، عموماً درمجموع ۸ برگ فتوسنتز کننده انگیزش می‌کنند؛ اگرچه ۴۰ روز طول می‌کشد تا پهنک‌ها توسعه یافته و بالغ شوند. گیاهچه‌هایی که بعداً طی فصل رشد ظاهر می‌شوند، در مجموع ۶-۵ برگ روی ساقهٔ اصلی تشکیل می‌دهند. به‌طور مشابه، پنجه‌هایی که دیر بالغ می‌شوند، کم‌تر از ۸ برگ و معمولاً فقط ۴ برگ تولید می‌کنند و پنجه‌هایی که خیلی دیر تشکیل شده‌اند به‌طور کلی فاقد برگ فتوسنتزکننده هستند.

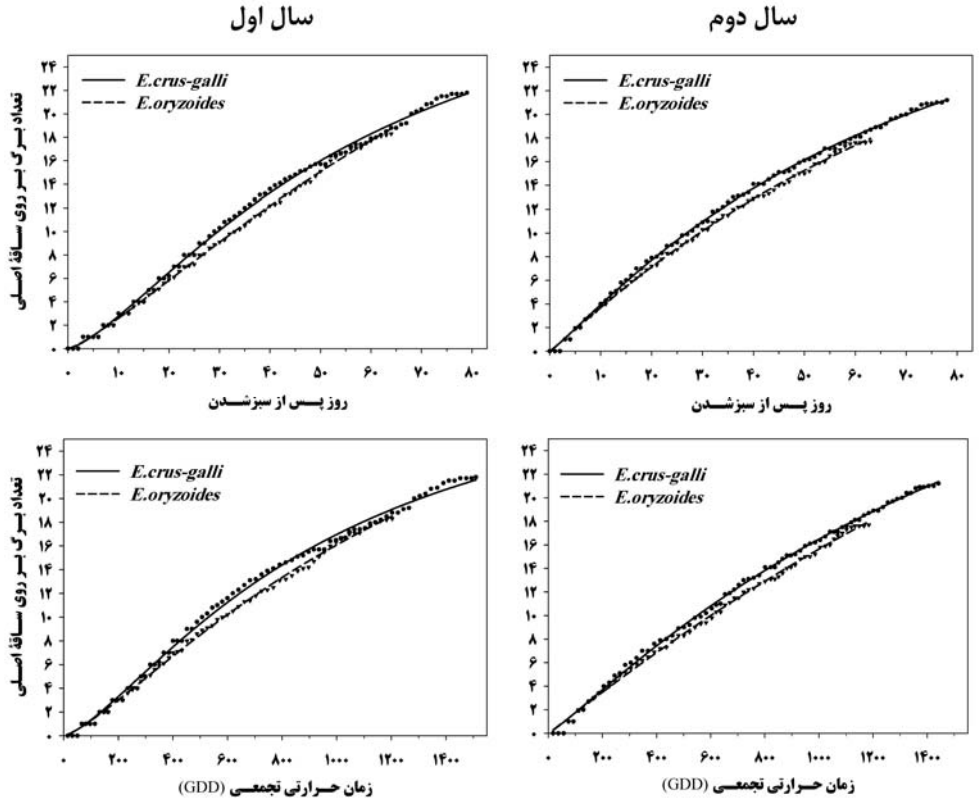
تغییرات طول برگ پرچم بین بوته‌های سوروف بیش‌تر و ۱۵ تا ۲۸ سانتی‌متر در سال اول و ۱۵ تا ۴۶ سانتی‌متر در سال دوم بود؛ درحالی‌که در سوروف آبی طول برگ پرچم در بوته‌های مختلف نوسان کم‌تری نشان داد و مقادیر حداکثر-حداقل آن ۲۴-۱۷ سانتی‌متر در سال اول و ۳۰-۱۴ سانتی‌متر در سال دوم بود. میانگین مقادیر مذکور تفاوت معنی‌داری بین دو گونه نشان نداد. طول برگ پرچم در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود. با توجه به کم‌تر بودن تعداد برگ بر روی ساقهٔ اصلی در سال دوم و کاهش طول برگ‌ها با افزایش تعداد آن‌ها (داده‌ها نشان داده نشده است)، افزایش طول برگ‌هایی که پانیکول از آن‌ها خارج می‌شود، قابل‌انتظار بود (جدول۳).

تعداد پنجه

زمان شروع پنجه‌دهی به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در سوروف، ۱۹ (۲۵۹) و ۱۶ (۲۹۱) روز (درجه روز رشد) پس از سبزشدن بود که به‌طور معنی‌داری دیرتر از زمان شروع پنجه‌دهی در سوروف آبی با مقادیر ۱۸ (۲۴۳) و ۱۴ (۲۵۸) روز (درجه روز رشد) پس از سبزشدن به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود (جدول ۲).

کاسپرسکا-پالاز و همکاران (۲۰) اولین پنجه‌دهی سوروف را در روز دوازدهم مشاهده کردند؛ در آزمایشی دیگر ظهور پنجه بین ۱۲۵ تا ۲۱۶ درجه‌روز رشد بسته به سال و تاریخ کاشت مشاهده شد (۳۳).

زمان ثابت شدن تعداد پنجه (اتمام پنجه‌دهی) در دو گونه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در سوروف، ۵۳ (۸۰۷) و ۵۱ (۷۸۵) روز (درجه روز رشد) پس از سبزشدن و در سوروف آبی، ۵۳ (۷۹۶) و ۵۰ (۷۷۱) روز (درجه روز رشد) پس از سبزشدن به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش، تعداد پنجه در بوته ثابت شد. دورهٔ پنجه‌زنی نیز بین دو گونه تفاوت معنی‌داری نشان نداد و در دو گونه بین ۳۶-۳۵ روز و ۵۵۳-۴۹۴ درجه روز رشد به‌طول انجامید (جدول۲).



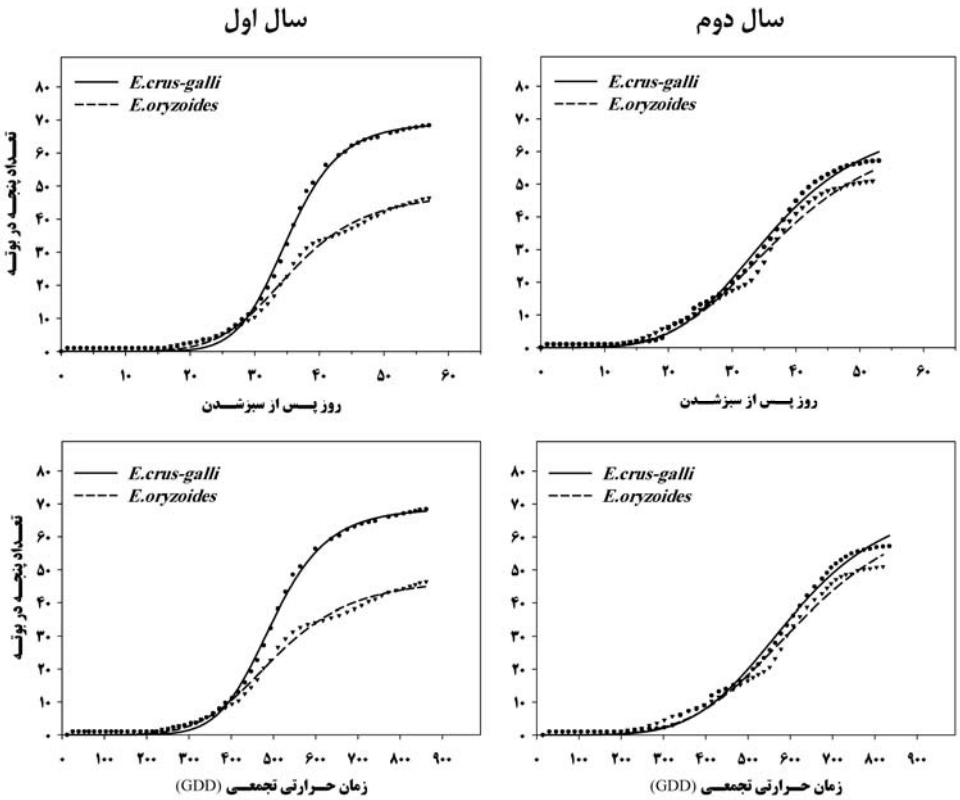
شکل۳- روند ظهور برگ در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) طی زمان (روز پس از سبزشدن) و زمان حرارتی (درجه روز رشد)؛ نقاط بیانگر تعداد برگ به صورت روزانه و تابع برازش یافته لجستیک سه پارامتری می‌باشد.

با درنظر گرفتن تعداد روز پس از سبزشدن تا شروع پنجه‌دهی، در سال دوم آزمایش پنجه‌دهی زودتر از سال اول آغاز شده است؛ اما بررسی درجه روز رشد، نشان می‌دهد که تجمع دما تا این زمان بیش‌تر از زمان مشابه در سال اول بوده است (جدول ۲). این مسئله ممکن است به‌علت دماهای پایین‌تر اوایل فصل رشد در سال اول باشد (شکل ۱). زمان ثابت شدن تعداد پنجه براساس تعداد روز پس از سبزشدن در سال اول بیش‌تر از سال دوم بود؛ اما براساس درجه روز تجمعی تفاوت معنی‌داری بین دو سال مشاهده نشد و در هر دو گونه در درجه روز معینی تعداد پنجه‌ها ثابت شد. در مورد دورهٔ پنجه‌زنی براساس تعداد روز پس از سبزشدن تفاوت معنی‌داری بین دو سال مشاهده نشد؛ اما درجه روز تجمعی در سال اول بیش‌تر از سال دوم بود. باتوجه به این‌که در سال دوم شروع پنجه‌زنی از نظر زمان حرارتی دیرتر آغاز شده بود، دمای دریافتی طی دورهٔ پنجه‌زنی نیز کم‌تر از سال اول بود (جدول ۲).

وجود اثر متقابل بین سال و گونه در داده‌های تعداد کل پنجه و تعداد پنجه‌های بارور، احتمالاً حاکی از تفاوت واکنش دو گونه نسبت به کوتاه شدن دورهٔ رشد در سال دوم و کاهش زمان حرارتی دورهٔ پنجه‌زنی است (جدول۱). به‌نظر می‌رسد پاسخ سوروف آبی به‌صورت افزایش سرعت تولید پنجه طی دورهٔ پنجه‌زنی بوده است. اما به تأخیر افتادن زمان کاشت تا سه هفته در سال دوم، با توجه به طولانی‌تر بودن دورهٔ رشد در سوروف توانایی تولید پنجه در این گونه را کاهش داده است (جدول ۳).

روند تولید پنجه در بوته طی فصل رشد در شکل ۴ نشان داده شده است. در سال اول آزمایش تعداد کل پنجه‌ها و نیز تعداد پنجه‌های بارور در سوروف (به ترتیب ۶۸ و ۶۶ پنجه در بوته) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سوروف آبی (به‌ترتیب ۴۶ و ۴۵ پنجه در بوته) بود؛ اما در سال دوم آزمایش علی‌رغم بالاتر بودن میزان تولید پنجه در سوروف تفاوت معنی‌داری میان دو گونه مشاهده نشد (جدول ۳).

داماللاس و همکاران (۱۲) در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که توانایی پنجه‌زنی سوروف (۱۲۰ عدد در بوته) تفاوت معنی‌داری با سوروف آبی (۱۲۶/۵ عدد در بوته) نداشت. در آزمایشی که توسط سوانتون و همکاران (۳۴) انجام شد، حداکثر تعداد پنجه در دمای ۲۹/۱۹ درجه سانتی‌گراد و به تعداد ۴۳ عدد و در ۳۸ روز پس از سبزشدن مشاهده شد. کاسپرسکا-پالاز و همکاران (۲۰) و ماون و بارت (۲۴) دریافتند که مرحلهٔ رویشی سوروف مشتمل بر حداکثر ۱۵ پنجه است؛ درحالی که کیلی و تولن (۲۱) حداکثر تعداد پنجه‌ای برابر با ۲۳ عدد را گزارش کرده‌اند.



شکل ٤- روند تولید پنجه در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) طی زمان (روز پس از سبزشدن) و زمان حرارتی (درجه روز رشد)؛ نقاط بیانگر تعداد پنجه به صورت روزانه و تابع برازش یافته لجستیک سه پارامتری می‌باشد.

اگرچه نوریس (۲۶) تعداد ۲۲۵ پنجهٔ قاعده‌ای را گزارش کرد و تفاوت در تعداد پنجه‌ها را مرتبط با تفاوت در بیوتیپ‌های ناحیه‌ای دانست. سوانتون وهمکاران (۳۴) دمای پایه و بهینه برای ظهور پنجه را به‌ترتیب ۱۰ و ۲۹ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند و ظهور پنجه تا دمای حداکثر ۴۴/۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

خصوصیات پانیکول

زمان ظهور پانیکول از غلاف برگ پرچم، در ساقهٔ اصلی ثبت شد که به‌طور معنی‌داری بین دو گونه طی هر دو سال متفاوت بود. زمان ظهور پانیکول در سوروف، ۷۳ (۱۳۶۱) و در سوروف آبی، ۵۸ (۱۰۸۷) روز (درجه روز رشد) پس از سبز شدن بود (جدول۲).

در آزمایشی که توسط کاسپرسکا-پالاز و همکاران (۲۰) انجام شد، گلدهی سوروف در روز چهلم آغاز شد و اولین دانهٔ رسیده، ۶۴ روز بعد از جوانه‌زنی تشکیل شد. دامالاس و همکاران (۱۲) ظهور پانیکول را در سوروف ۳۹ تا ۴۵ روز با میانگین ۴۲ روز پس ازکاشت و در سوروف ۶۲ تا ۶۷ روز با میانگین ۶۳/۵ روز پس از کاشت گزارش کردند. در این مطالعه در یونان جمعیت‌های سوروف سرعت‌های رشد بالاتری و زمان ظهور پانیکول زودتری نسبت به جمعیت‌های سوروف آبی زودرس داشتند و چرخهٔ زندگی خود را در زمان کوتاه‌تری (پیری زودتر) کامل کردند. هرچند نتایج تحقیق ما نشان می‌دهد که سوروف به‌طور مشخصی دورهٔ رشد طولانی‌تری نسبت به سوروف آبی زودرس داشت. این مسئله را می‌توان در ارتباط با تفاوت‌های اکوتیپ‌های این گونه در مناطق جغرافیایی مختلف دانست.

زمان شروع پر شدن و زمان رسیدگی دانه نیز به‌طور معنی‌داری بین دو گونه متفاوت و در سوروف آبی زودتر از سوروف بود. دورهٔ پرشدن دانه (زمان بین مرحلهٔ شیری تا رسیدگی کامل دانه) براساس روز پس از سبزشدن تفاوتی میان دو گونه نشان نداد؛ اما وقتی براساس درجه روز رشد تجزیه شد، در سوروف آبی طولانی‌تر از سوروف بود. علت را می‌توان در کاهش دما در روزهای انتهایی فصل رشد دانست (شکل ۱). به‌طوری‌که دمای مؤثر تجمعی طی ۸-۷ روز در ۷۱-۶۹ روز پس از سبزشدن به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از درجه روز تجمعی طی همین مدت در ۸۹-۸۵ روز پس از سبزشدن بود (جدول۴).

سوروف در سال دوم درجه روز کم‌تری (۱۳۲۱ درجه روز رشد) برای ظهور پانیکول نسبت به سال اول (۱۴۰۱ درجه روز رشد) دریافت نمود؛ اما در سوروف آبی تفاوت چندانی بین دو سال مشاهده نشد (۱۰۸۰ و ۱۰۹۳ درجه روز رشد). به‌نظر می‌رسد رو به رو شدن با دمای کم‌تر و طول روز کوتاه‌تر در انتهای فصل رشد سبب کوتاه‌تر

شدن دورهٔ رشد رویشی در این گونه شده است. کم شدن ارتفاع، تعداد برگ، تعداد کل پنجه و تعداد پنجه‌های بارور در سال دوم نیز مؤید این مطلب می‌باشد. در این گونه میزان درجه روز دریافتی تا شروع پرشدن دانه‌ها و رسیدگی کامل دانه‌ها نیز در سال دوم کم‌تر از سال اول بود. هم‌چنین در هر دو گونه شروع مرحلهٔ شیری شدن دانه‌ها براساس روز پس از سبزشدن، و دورهٔ پر شدن دانه براساس هردو متغیر روز و درجه روز رشد پس از سبز شدن، در سال دوم دیرتر از سال اول بود (جدول ۱ و ۲). نمو زایشی سوروف تحت تأثیر زمان رویش قرار می‌گیرد. جنبهٔ مورفولوژیک تغییر از مرحلهٔ رویشی به مرحلهٔ زایشی در بوته‌هایی که در زمآن‌های مختلفی کاشته شده‌اند، متفاوت است. در بوته‌هایی که دیرتر کاشته شده‌اند، درمقایسه با آن‌هایی که زودتر کاشته شده‌اند، طویل‌شدن ساقه طی دورهٔ رشد زودتر انجام می‌شود. از آنجاکه برگ‌ها منبع هورمون‌هایی هستند که سبب القاء گلدهی می‌شوند، قرار گرفتن آن‌ها درمعرض طول روز و شدت‌های مختلف نور سبب القاء یا بازدارندگی تشکیل جوانهٔ گل برطبق نیازهای دورهٔ نوری گیاه می‌شود (۲۰). نمو فنولوژیکی سوروف تحت تأثیر دورهٔ نوری قرار دارد. یافته‌های ماون و بارت (۲۴)، ونگریس و همکاران (۳۵)، سوانتون و همکاران (۳۴) و شرستا و سوانتون (۳۳) نشان داد که سوروف یک گیاه روز کوتاه کمّی است. ونگریس و همکاران (۳۵) گزارش کردند که گیاهان تحت شرایط روز بلند (۱۶ساعت) دیرتر از گیاهان تحت شرایط روز کوتاه (۱۱ساعت)، تولید پانیکول و بذرهای بالغ کردند. در آزمایشی که توسط سوانتون و همکاران (۳۴) انجام شد، در میانگین دامنهٔ حرارتی روز/شب ۱۳/۲۳ تا ۲۵/۳۵ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۶ ساعت، تولید پانیکول در ۶۶۲ تا ۷۴۲ روز حرارتی بعد از سبزشدن گیاهچه و گلدهی ۶۷۸ تا ۷۸۴ درجه روز رشد بعد از سبزشدن واقع شد. انگیزش تولید دانه نیاز به ۷۹۸ تا ۹۰۸ درجه روز رشد بعد از سبزشدن داشت و رسیدگی دانه (پرشدن دانه و قهوه‌ای شدن رنگ آن) نیازمند ۹۷۰ تا ۱۱۰۰ درجه روز رشد بعد از سبزشدن بود. در آزمایش سوانتون و همکاران (۳۴) سوروف از مرحلهٔ گیاهچه‌ای تا تولید دانه به دورهٔ نوری حساسیت نشان داد. در این آزمایش با استفاده از میانگین دوره‌های نوری ۸ تا ۱۴ ساعت در دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد، مراحل فنولوژیکی سوروف نیازمند ۳۸ درجه روز رشد از کاشت بذر تا سبزشدن، ۸۸ درجه روز رشد از سبزشدن گیاهچه تا انگیزش آغازهٔ گل، ۱۷۶ درجه روز رشد از انگیزش آغازهٔ گل تا انگیزش پانیکول، ۱۶ درجه روز رشد از انگیزش پانیکول تا انگیزش گل، ۹۲ درجه روز رشد از انگیزش گل تا انتهای گل‌دهی، ۲۶ درجه روز رشد از انتهای گل‌دهی تا انگیزش تولید دانه و ۱۰۶ درجه روز رشد از انگیزش تولید دانه تا انتهای تولید دانه بود. بنابراین تکمیل چرخهٔ زندگی سوروف با دریافت ۵۴۲ درجه روز رشد تکمیل شد. هم‌چنین در دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد تحت دورهٔ نوری ۸ ساعت، تکمیل چرخهٔ زندگی سوروف طی ۵۰۴ درجه روز رشد انجام شد؛ در حالی‌که این رقم طی دورهٔ نوری ۱۶ ساعت به ۱۰۵۴ درجه روز رشد رسید. تحت دورهٔ نوری ۱۶ ساعت، تولید پانیکول درحدود ۵۳ روز پس از سبزشدن و تولید بذور بالغ در ۹۰ روز پس از سبزشدن اتفاق افتاد. شرستا و سوانتون (۳۳) در شرایط مزرعه‌ای ظهور گل‌آذین را بین ۳۵۴ تا ۵۸۸ درجه روز رشد گزارش کردند. در این مطالعه رسیدگی دانه در ۹۲ روز پس از سبز شدن (۱۱۱۴ درجه روز رشد) به پایان رسید. اکوتیپ‌های مختلف *Echinochloa* از نظر طول دورهٔ رشد و واکنش به دوره‌های نوری متفاوت هستند. ناکاتانی و همکاران (۲۵) ۲۰ نژاد سوروف آبی دیررس را از ۹ کشور با طول جغرافیایی مختلف جمع‌آوری کردند. زمان لازم برای تولید پانیکول در نژادهای مختلف، متفاوت بود. به‌طوری‌که در دورهٔ نوری ۱۲ ساعت زمان لازم برای تولید پانیکول در دامنه‌ای بین ۲۳ تا۸۸ روز پس از کاشت و در دورهٔ نوری ۱۴ و ۱۶ ساعت به‌ترتیب در دامنه‌ای بین ۳۳ تا ۱۰۷ روز و ۵۶ تا ۱۳۷ روز قرار گرفت. در دورهٔ نوری ۱۴ ساعت، در یک نژاد و در دورهٔ نوری ۱۶ ساعت، در شش نژاد تولید پانیکول صورت نگرفت. پوتوین (۲۹) در دو جمعیت شمالی و جنوبی در کانادا دورهٔ رشد سوروف را ۸۶ و ۱۲۶ روز گزارش کرد.

طول پانیکول اصلی در دو گونه و بین دو سال تفاوت معنی‌داری نشان نداد و به میزان ۱۸-۱۷ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۱ و ۳). گونه‌های جنس *Echinochloa* تغییرپذیری زیادی در تعدادی از ویژگی‌های مرفولوژیکی و دخیل در رقابت نظیر اندازهٔ گیاه، توانایی پنجه‌دهی، اندازه بذر و رفتارهای جوانه‌زنی نشان می‌دهند (۲۶ و ۳۶). طول پانیکول ممکن است در دامنه‌ای بین ۲ تا ۲۰ سانتی‌متر قرار گیرد و به اشکال و حالات مختلفی دیده شود (۲۶). تولید بذر نیز بسیار متغیر بوده و تابعی از چندین عامل شامل فشار رقابت و زمان سبزشدن است و می‌تواند در دامنهٔ چهل‌هزار تا بیش از یک میلیون دانه در هر گیاه باشد (۱۶).

عملکرد، وزن دانه و ریزش بذر

برداشت در هنگام رسیدگی کامل دانه و قهوه‌ای‌شدن پانیکول در هر گونه انجام شد که این پدیده در سوروف دیرتر از سوروف آبی (به ترتیب ۹۴ و ۷۸ روز پس از سبزشدن) صورت گرفت (جدول۴). در سال اول عملکرد بیولوژیک در سوروف به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از سوروف آبی بود (۳۰۳ در مقابل ۲۰۳ گرم مادهٔ خشک در هر بوته). اما در سال دوم به‌دنبال کاهش رشد و تولید زیست توده در سوروف احتمالاً به‌دلیل اثر بیش‌تر تأخیر در زمان کاشت بر روی این گونه به علت مواجه شدن با دماهای پایین در انتهای دورهٔ رشد (شکل۱)، عملکرد بیولوژیک این گونه کاهش قابل‌توجهی نشان داد و بدین ترتیب تفاوت عملکرد بیولوژیک دو گونه معنی‌دار نشد (۱۵۵ و ۱۸۰ گرم در بوته به‌ترتیب در سوروف و سوروف آبی). به‌نظر می‌رسد دورهٔ رشد طولانی‌تر در سوروف، سبب اثر بیش‌تر تأخیر در کاشت در رشد و

عملکرد این گونه شده است (جدول۳).

جدول ٤- زمان لازم بر اساس روز و (درجه روز رشد) برای تکامل بذر در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*)

	شروع پر شدن دانه		رسیدگی کامل دانه		دورهٔ پر شدن دانه	
	سوروف	سوروف آبی	سوروف	سوروف آبی	سوروف	سوروف آبی
سال اول						
حداقل	۸۰ (۱۵۲۷)	۶۳ (۱۱۸۲)	۹۰ (۱۷۱۲)	۷۲ (۱۳۶۸)	۷ (۱۲۷)	۶ (۱۲۶)
حداکثر	۹۱ (۱۷۳۱)	۷۳ (۱۳۹۱)	۹۹ (۱۸۷۲)	۸۱ (۱۵۴۵)	۱۰ (۱۸۵)	۹ (۱۸۸)
متوسط	۸۵/۳ (۱۶۲۶)	۶۸/۵ (۱۲۹۶)	۹۳/۵(۱۷۷۲)	۷۶/۷ (۱۴۶۳)	۸/۱ (۱۴۷)	۸/۲ (۱۶۷)
خطای‌استاندارد	۱/۰۴ (۱۹/۳۳)	۱/۳۸ (۲۸/۶۲)	۰/۹۲ (۱۶/۲۷)	۱/۲۶ (۲۴/۹۰)	۰/۲۸ (۵/۴۴)	۰/۲۹ (۶/۰۰)
ضریب‌تغییرات	۳/۸۷ (۳/۷۶)	۶/۳۹ (۶/۹۸)	۳/۱۲ (۲/۹۰)	۵/۱۸ (۵/۳۸)	۱۰/۸۱ (۱۱/۷۳)	۱۱/۲۱ (۱۱/۳۷)
سطح احتمال	<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		۰/۸۱ (۰/۰۲)	
سال دوم						
حداقل	۸۲ (۱۴۶۲)	۶۸ (۱۲۵۶)	۸۸ (۱۵۳۹)	۷۵ (۱۳۶۶)	۶ (۷۸)	۵ (۷۳)
حداکثر	۹۸ (۱۶۷۱)	۷۴ (۱۳۵۰)	۹۸ (۱۶۷۱)	۸۲ (۱۴۶۲)	۸ (۱۰۳)	۸ (۱۲۵)
متوسط	۸۹/۳ (۱۵۵۷)	۷۰/۹ (۱۳۰۳)	۹۲/۹(۱۶۰۴)	۷۷/۷ (۱۴۰۵)	۶/۷ (۸۷)	۶/۸ (۱۰۲)
خطای‌استاندارد	۱/۸۴ (۲۴/۳۲)	۰/۶۶ (۱۰/۱۴)	۱/۶۲ (۲۱/۰۶)	۰/۷۹ (۱۰/۸۹)	۰/۳۰ (۳/۱۵)	۰/۳۶ (۵/۲۹)
ضریب‌تغییرات	۶/۵۳ (۴/۹۴)	۲/۹۳ (۲/۴۶)	۴/۶۳ (۳/۴۷)	۳/۲۱ (۲/۴۵)	۱۱/۹۷ (۹/۶۲)	۱۶/۷۰(۱۶/۴۳)
سطح احتمال	<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		<۰/۰۰۰۱ (<۰/۰۰۰۱)		۰/۶۵ (<۰/۰۴)	

داماالاس و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که ارتفاع و تجمع زیست توده در سوروف بیش‌تر از سوروف آبی زودرس بود. سوانتون و همکاران (۳۴) زیست توده نهایی سوروف را در ۲۰ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۶ ساعت در اتاقک رشد تا ۱۲ گرم در بوته گزارش کردند. در مطالعه‌ای مزرعه‌ای شرستا و سوانتون (۳۳) بسته به سال و تاریخ کاشت، زیست توده نهایی بوته‌های سوروف را در دامنه‌ای بین ۱۹ تا ۱۸۲ گرم در بوته به‌دست آوردند.کلی و همکاران (۹) زیست توده ۱۷۹ گرم در هر بوته را برای سوروف گزارش کردند. دما، بارش و سطوح نور ممکن است اثرات عمیقی برروی زیست توده نهایی سوروف داشته باشند.

عملکرد دانه طی هر دو سال آزمایش در سوروف (۶۳ و۴۱ گرم در بوته به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) کم‌تر از سوروف آبی (۷۵ و ۷۲ گرم در بوته به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) بود. در این رابطه می‌توان اندازهٔ بذر بزرگ‌تر در سوروف آبی (۴،۵، ۱۰،۳۲،۱۲) را علت دانست. به‌همین ترتیب شاخص برداشت طی دو سال آزمایش در سوروف کم‌تر از سوروف آبی بود. شاخص برداشت در سوروف ۱۸ و ۲۳ درصد و در سوروف آبی ۳۳ و ۳۵ درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود (جدول ۳).

اثر متقابل سال و گونه در مورد عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نیز وجود داشت. عملکرد بیولوژیک و دانه در سوروف در سال دوم به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سال اول بود؛ اما در سوروف آبی علی‌رغم کاهش عملکرد در سال دوم، این تفاوت معنی‌دار نبود. تولید دانه تحت تأثیر فتوپریود قرار داشته و همبستگی مثبتی با اندازه گل‌آذین دارد (۲۴ و ۲۶). تحت دورهٔ نوری ۸ ساعت، میانگین وزن خشک و تعداد بذر گل‌آذین ساقهٔ اصلی در سوروف به‌ترتیب ۰/۲۵ گرم و ۱۴۵ عدد و تحت دورهٔ نوری ۱۶ ساعت ۱/۶ گرم و ۹۲۲ عدد بود (۳۴). وزن خشک و تولید دانه با افزایش دورهٔ نوری افزایش می‌یابد. بنابراین به‌نظر می‌رسد کاشت دیرتر در سال دوم و روبرو شدن زودتر با طول روزهای کوتاه همراه با دماهای پایین‌تر انتهای فصل رشد در این سال (شکل ۱)، سبب کاهش تولید مادهٔ خشک و عملکرد دانه شده است و از آنجا که سوروف دورهٔ رشد طولانی‌تری داشته، کاهش تولید در این گونه مشهودتر بوده است. با کاهش بیش‌تر عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه در سال دوم، شاخص برداشت در این سال در هر دو گونه افزایش یافت و در سوروف آبی از ۳۳ به ۳۵ درصد و در سوروف از ۱۸ به ۲۳ درصد رسید (جدول ۳).

ریزش دانه در سوروف بیش‌تر از سوروف آبی بود و بین دو سال تفاوت معنی‌داری نشان نداد. وزن صد دانه بین دو گونه متفاوت و در سوروف به‌میزان ۰/۳ گرم و بیش‌تر از سوروف آبی به‌میزان ۰/۵ گرم بود (جدول ۳)؛ اما تفاوت مقدار این متغیر بین دو سال معنی‌دار نبود (جدول ۱). وزن و ابعاد بذر در سوروف آبی بیش‌تر از سوروف است. جمعیت‌های *E. crus-galli* بعد از *E. colona* دارای کوچک‌ترین بذرها و جمعیت‌های *E. oryzoides* دارای بزرگ‌ترین بذرها در میان کلیهٔ گونه‌های *Echinochloa* هستند (۱۲، ۳۲، ۱۰). بارت (۳) و بارت و ویلسون (۴) دریافتند که بذرهای *E. oryzicola* (مؤلفان آن را

شامل هردوی *E. oryzoides* و *E. phyllopogon* دانستند) ۲ یا ۳ برابر سنگین‌تر از بذر جمعیت‌های *E. crus-galli* بودند. دامالاس و همکاران (۱۲) گزارش کردند که بذر جمعیت‌های سوروف آبی زودرس، ۲/۶ برابر سنگین‌تر از بذرهای سوروف بودند. در این مطالعه عرض، طول و وزن بذر به‌ترتیب ۱/۴۱، ۱/۶۸ میلی‌متر و ۲/۰۲ میلی‌گرم در سوروف، و ۲/۰۹، ۲/۴۶ میلی‌متر و ۵/۷۶ میلی‌گرم در سوروف آبی زودرس بود.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی تفاوت‌های بارزی در طول در طول دورهٔ رشد و مراحل فنولوژیکی، مورفولوژی و صفات مرتبط با عملکرد دو گونه مشاهده شد. براساس نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های دو گونه، ارتفاع تا زمان شروع خشک‌شدن دانه‌ها افزایش یافت و سپس ثابت شد. زمان لازم برای رسیدن به ارتفاع نهایی، ظهور آخرین برگ بر روی ساقهٔ اصلی، شروع پنجه‌دهی، ظهور پانیکول از غلاف برگ پرچم، شروع پر شدن، و رسیدگی دانه و هم‌چنین تعداد نهایی برگ، میزان تولید پنجه، عملکرد بیولوژیک و ریزش دانه در سوروف بیش‌تر از سوروف آبی بود. درحالی‌که طول دورهٔ پرشدن دانه (زمان بین مرحلهٔ شیری تا رسیدگی کامل دانه)، میزان عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن صد دانه در سوروف آبی بیش‌تر از سوروف بود. زمان اتمام پنجه‌دهی، دورهٔ پنجه‌دهی، میانگین ارتفاع، طول برگ پرچم و پانیکول ساقهٔ اصلی دو گونه علف‌هرز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت. تأخیر در کاشت در سال دوم آزمایش، احتمالاً به‌علت دورهٔ رشد طولانی‌تر در سوروف سبب کاهش بیش‌تر رشد و عملکرد این گونه نسبت به سوروف آبی شد. طول دورهٔ رشد کوتاه‌تر و درنتیجه وقوع زودتر مراحل مختلف فنولوژیکی در سوروف آبی، توانایی این گونه در رشد و تولید بذر در صورت رویش دیرهنگام در فصل رشد را افزایش می‌دهد. ریزش کمتر بذرها امکان پراکنش بذور به همراه بوته را فراهم آورده و وزن زیاد بذرها سبب تولید بوته‌های قوی می‌شود که می‌توانند توانایی بالایی در رقابت با بوته‌های گیاه زراعی برنج از خود نشان دهند. علاوه بر آن باتوجه به تقلید بیش‌تر گونهٔ تازه‌وارد از برنج (از نظر مورفولوژی و فنولوژی) و درنتیجه شباهت ظاهری بیش‌تر به برنج در مقایسه با گونهٔ شایع، و عدم اطلاع مطلوب کشاورزان و نشاکاران منطقه از ورود این گونه و خصوصیات مورفولوژیک آن، احتمال انتقال از خزانه افزایش می‌یابد؛ این در حالی است که بسیاری از نشاکاران توان تفکیک گونهٔ شایع سوروف را از برنج دارند (مشاهدات نگارندگان). هم‌چنین پدیدهٔ تغییر اقلیم و احتمال بروز مقاومت (گزارشات ثبت‌نشده) شانس گسترش این گونه را افزایش داده و ایجاد خسارت بیش‌تر در عملکرد دانهٔ برنج، درنتیجهٔ رقابت با این گونه در مقایسه با سوروف، اهمیت توجه به گسترش این گونه در منطقه را افزایش می‌دهد.

منابع

۱- محمدوند ا.، کوچکی ع. نصیری محلاتی م.، شهدی کومله ع. ۲۰۱۳. اثر عمق قرارگیری بذر و ارتفاع غرقاب بر سبزشدن و رشد گیاهچه در گونهٔ تازه‌وارد سوروف آبی (*Echinochloa oryzoides*) و گونهٔ مهم سوروف (*E. crus-galli*) در مزارع برنج. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد۱۰: شماره۴. صفحات ۷۰۸-۶۹۹.

۲- محمدوند ا.، کوچکی ع.، نصیری محلاتی م.، شهدی کومله ع. ۲۰۱۳. پاسخ جوانه‌زنی دو علف‌هرز مزارع برنج گیلان به دما و ساعت روشنایی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. در دست چاپ.

۳- یعقوبی ب.، جوهرعلی ا.، و زند ا. شهریور ۱۳۸۵ گونهٔ جدید سوروف (*Echinochloa oryzoides*) یک تهدید جدید برای شالیزارهای ایران. هفدهمین کنگره گیاهپزشکی. کرج.

4- Barrett S.C.H. 1983. Crop mimicry in weeds. Economic Botany, 37: 255–282.

5- Barrett S.C.H., and Wilson B.F. 1983. Colonizing ability in the *Echinochloa crus-galli* complex (barnyardgrass). II. seed biology. Canadian Journal of Botany, 61: 556-562.

6- Benvenuti S., Macchia M., and Miele S. 2001. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. Weed Science, 49:528–535.

7- Bond J.A., and Oliver L.R. 2006. Comparative growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) accessions. Weed Science, 54: 121–126.

8- Brown R.F., and Mayer D.G. 1988. Representing cumulative germination. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. Annual Botany, 61: 127–138.

9- Clay S.A., Kleinjan J., Clay D.E., Forcella F., and Batchelor W. 2005. Growth and fecundity of several weed species in corn and soybean. Agronomy Journal, 97: 297–302.

10- Costea M., and Tardif F.J. 2002. Taxonomy of the most common weedy European *Echinochloa* species (Poaceae: Panicoideae) with special emphasis on characters of the lemma and caryopsis. SIDA

Contributions to Botany, 20: 525–548.
11- Counce P.A., Keisling T.C., and Mitchell A.J. 2000. A Uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. Crop Science, 40: 436–443.
12- Damalas C.A., Dhima K.V., and Eleftherohorinos I.G. 2008. Morphological and Physiological Variation among Species of the Genus *Echinochloa* in Northern Greece. Weed Science, 56: 416–423.
13- Fischer A.J., Ateh C.M., Bayer D.E., and Hill J.E. 2000. Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. Weed Science, 48: 225–230.
14- Forcella F., Oskoui K.E., and Wagner S.W. 1993. Application of weed seed bank ecology to low-input crop management. Ecological Application, 3: 74–83.
15- Gibson K.D., Fischer A.J., Foin T.C., and Hill J.E. 2002. Implications of delayed *Echinochloa germination* and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. Weed Research, 42: 351–358.
16- Holm L.G., Pancho J.V., Herberger J.P., and Plucknett D.L. 1977. The World's Worst Weeds. Honolulu: University Press of Hawaii.
17- Holm L.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., and Herberger J.P. 1991. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. The University Press of Hawaii, Malabar,Florida.
18- Holt J.S., and Orcutt D.R. 1991. Fuctional relationships of growth and competitiveness in perennial weeds and cotton (*Gossypium hirsutum*).Weed Science, 39: 575–584.
19- Horak M.J., and Loughlin T.M. 2000. Growth analysis of four Amaranthus species. Weed Science, 48: 347–355.
20- Kacperska-Palacz A.E., Putala E.C., and Vengris J. 1963. Developmental anatomy of barnyardgrass seedlings. Weeds, 11: 311-316.
21- Keeley P.E., and Thullen R.J. 1989. Influence of planting date on growth of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Weed Science, 37: 557–561.
22- Knezevic S.Z., Horak M.J., and Vanderlip R.L. 1999. Estimates of physiological determinants for redroot pigweed. Weed Science, 47: 291–296.
23- Kropf M.J., and Van Laar H.H. (Eds.) 1993. Modeling Crop–Weed Interactions. CAB International, Wallingford, UK, 274 pp.
24- Maun M.A., and Barrett S.C.H. 1986. The biology of Canadian weeds. 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Canadian Journal of Plant Science, 66: 739-759.
25- Nakatani K., Tanisaka T., and Yamasue Y. 1998. Geographical variation in heading photoperiodic sensitivity of *Echinochloa oryzicola* Vasing. Journal of Weed Science and Technology, 43: 108–113.
26- Norris R.F. 1996. Morphological and phenological variation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in California. Weed Science, 44: 804–814.
27- Oard J., Cohn M.A., Linscombe S., Gealy D., and Gravois K. 2000. Field evaluation of seed production, shattering, and dormancy in hybrid populations of transgenic rice (*Oryza sativa*) and the weed, red rice (*Oryza sativa*). Plant Science, 157: 13–22.
28- Ottis B.V., and Talbert R.E. 2007. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and rice density effects on rice yield components. Weed Technology, 21: 110–118.
29- Potvin C. 1986. Biomass allocation and phenological differences among southern and northern population of the C4 grass *Echinochloa crus-galli*. Journal of Ecology, 74: 915-923.
30- Radosevich S.R., Holt J.S., and Ghersa C.M. 1997. Weed Ecology. Implications for Vegetation Management. John Wiley and Sons New York.
31- Rahn E.M., Sweet R.D., Vengris J., and Dunn C. 1968. Life history studies as related to weed control in the Northeast. 5.-barnyardgrass. Agricultural Experiment State University of Delaware Bulletin, 368: 1–46.
32- Ruiz-Santaella J.P., Bastida F., Franco A.R., and de Prado R. 2006. Morphological and molecular characterization of different *Echinochloa* spp. and *Oryza sativa* populations. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54: 1166–1172.
33- Shrestha A., and Swanton C.J. 2007. Parameterization of the phenological development of select annual weeds under noncropped field conditions. Weed Science, 55: 446–454.
34- Swanton C.J., Huang J.Z., Shrestha A., Tollenaar M., Deen W., and Rahimian H. 2000. Effects of temperature and photoperiod on the phenological development of barnyardgrass. Agronomy Journal, 92: 1125–1134.

35- Vengris J., Kacperska-Palacz A.E., and Livingston R.B. 1966. Growth and development of barnyardgrass in Massachusetts. Weeds, 14: 299–301.
36- Vidotto F., Tesio F., Tabacchi M., and Ferrero A. 2007. Herbicide sensitivity of *Echinochloa* spp.accessions in Italian rice fields. Crop Protection, 26: 285-293.