نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره دوم، تابستان ۹۳
۲۳-٤۱
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی اثر تنش غرقابی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

*سیده‌فاطمه رسولی[۱]، سرالله گالشی[۲]، همت‌اله پیردشتی[۳] و ابراهیم زینلی[۴]
[۱و۲و٤]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، استاد و استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/٦ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۷

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر تنش غرقابی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ٤۰۱ آزمایشی به‌صورت گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل در ۳ تکرار در سال ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. عامل اول شامل مراحل نموی (گیاهچه‌ای، ساقه‌رفتن، گلدهی و پرشدن دانه) و عامل دوم مدت اعمال تنش غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز) در نظر گرفته شد. برای کمّی‌سازی اثر تنش غرقابی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا از مدل زوال کاهشی و مدل خطی استفاده گردید. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان شیب کاهش تعداد دانه، در مراحل گیاهچه‌ای و پرشدن دانه (۱/٤٥- و ۰/۹٤- در روز) به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین شیب کاهش عملکرد دانه در مراحل گل‌دهی و ساقه‌رفتن به‌ترتیب ۱/۷۳- و ۰/٦- در روز بود. همچنین بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در شاهد (۱۵/۳ گرم در بوته) و کم‌ترین آن در تیمار ۹ روز غرقاب مرحله گلدهی (۰/۵۳ گرم در بوته) به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان پروتئین دانه در مرحله پرشدن دانه و ۳ روز غرقاب (۲۸/۷ درصد) و کم‌ترین آن در مرحله گلدهی و ٦ روز غرقاب (۱۷/۷ درصد) مشاهده گردید. همچنین درصد روغن دانه در گستره‌ای از ٤۷/۵ درصد در تیمار ٦ روز غرقاب مرحله ساقه‌رفتن تا ۳۲/۱ درصد در تیمار ٦ روز غرقاب مرحله گلدهی مشاهده گردید. تجزیه علیّت داده‌ها بیانگر تأثیر زیاد مستقیم و غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک بر عملکرد گیاه تحت تنش غرقابی بود.

واژه‌های کلیدی: اکسیژن، پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد بیولوژیک

* مسئول مکاتبه: f.rasouli88@yahoo.com

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (اکبری و همکاران، ۲۰۱۰). با در نظر گرفتن جمعیت ۷۵ میلیونی کشور سالانه بیش از یک میلیون و ۱۰۰ هزار تن روغن نباتی مورد نیاز می‌باشد، در حالی‌که کم‌تر از ١٤ درصد این مقدار در کشور تولید می‌شود و بیش از ٨٦ درصد از روغن مورد نیاز از طریق واردات تأمین می‌شود (مظفری و همکاران، ۲۰۱۰). کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) به‌عنوان یکی از گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح است که افزایش سطح زیر کشت و تولید آن در بیست سال اخیر با سایر نباتات روغنی قابل مقایسه نمی‌باشد. طبق آمار سازمان خواروبار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۷ دانه کلزا بعد از سویا مقام دوم را از نظر میزان تولید در سطح جهان دارا بوده است. سطح زیر کشت این گیاه در جهان ۲۲ میلیون هکتار، در ایران، ۱۱۷۳۲۳ هکتار و استان گلستان ۳۱۹۰٦ هکتار (آمارنامه کشاورزی، ۲۰۱۰) می‌باشد. بذر این گیاه دارای ٤٢ درصد روغن و ۲۵ درصد پروتئین است (خواجه‌پور، ۱۹۹٦).

همواره تنش‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌روند. غرقاب شدن خاک از جمله تنش‌های محیطی است که به‌عنوان یک مشکل عمده در مناطقی با بارندگی زیاد، به‌خصوص در مناطق شمالی کشور و خاک‌های با زهکشی ضعیف بروز نموده است. ارزیابی‌های موجود نشان می‌دهد که حدود ۱۲ درصد از اراضی قابل کشت در دنیا با این مشکل مواجه هستند و این رقم برای ایران معادل یک میلیون هکتار از اراضی زیر کشت می‌باشد (قبادی و همکاران، ۲۰۰۵).

وقتی خاک غرقاب شود، به‌جای هوای معمول موجود در خاک آب جایگزین شده و کمبود اکسیژن رخ می‌دهد (اشرف، ۲۰۰۳). ریشه‌ها اولین اندام گیاه هستند که با تنش غرقابی مواجه می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۰۲؛ روجا و لیکوزی، ۲۰۱۰). با گذشت زمان مقدار اکسیژن موجود در خاک، در اثر استفاده توسط گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک کاهش می‌یابد. این کاهش تدریجی دو اثر عمده را در پی دارد. اولین اثر تحریک سنتز اتیلن در واکنش به کاهش جزیی غلظت اکسیژن درونی است. اتیلن بسیاری از واکنش‌های سازگاری را در گیاهان به‌کار می‌اندازد که امکان سازگار شدن با شرایط کم اکسیژن را فراهم می‌سازد. دوم در شرایط کمبود اکسیژن، فرآیند تنفس بافت‌های ریشه، چرخه کربس و چرخه انتقال الکترون مختل شده که در نهایت باعث تولید ۲ مولکول ATP به‌جای ٣٦ مولکول ATP در شرایط هوازی می‌شود (کریستین‌سون و همکاران، ۲۰۰۹).

شرایط غرقابی سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود. از این‌رو زو و لین (۱۹۹۵) گزارش نمودند اعمال تنش غرقابی در مرحله گیاهچه‌ای و ظهور جوانه گل، تعداد خورجین در هر گلدان را ۵/۸ درصد و ۲۲/۳ درصد و تعداد دانه در هر خورجین را ۸/۲ درصد و ۱۳/۹ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. به‌طورکلی اثر تنش غرقابی یا دیگر عوامل تنش‌زا در مرحله رشد رویشی به‌طور کم‌تری بر تعداد برگ‌ها اثر داشته اما تعداد سنبلچه‌ها را در مراحل بعد محدود می‌کند و شدت آن به رقم و درجه تنش بستگی دارد. مسگریو و دینگ (۱۹۹۸) کاهش ٤٥ درصدی در عملکرد گندم را تحت اثر تنش غرقاب اعلام نمودند، آن‌ها بیان نمودند که تعداد دانه مهم‌ترین جزء عملکرد است که تحت‌تأثیر تنش غرقابی قرار می‌گیرد. همچنین مدت‌های مختلف تنش غرقابی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در سه مرحله نموی یک‌برگی، سه‌برگی و شروع ساقه‌رفتن در گندم، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد (قبادی و همکاران، ۲۰۰۵) و همچنین مطالعه تنش غرقابی بر شبدر زیرزمینی در منطقه گرگان نشان داد که غرقابی موجب کاهش ١٦٠٨ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و ٦٣/٨ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت شده در بافت گیاه گردید (گالشی و همکاران، ١٩٩٦).

در منطقه گرگان به‌طور معمول کلزا در آبان‌ماه کشت می‌شود. در بعضی از سال‌ها بارندگی‌های سنگین پاییزه و همچنین بارندگی‌های اواخر زمستان و اوایل بهار موجب ایجاد شرایط غرقابی در مراحل سبزشدن، گلدهی و پرشدن دانه می‌شود. تعیین پارامترهای حساسیت به غرقابی و مکانیسم‌های مقاومت و بقای گیاهان و انتخاب روش‌های اصلاحی به توسعه بهتر فعالیت‌های مدیریتی در برابر تنش غرقابی کمک خواهد کرد. با شناخت دقیق مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی و با شناخت دقیق‌تر این مسأله که تنش غرقابی در چه مرحله‌ای از رشد و نمو خسارت بیش‌تری وارد می‌نماید می‌توان با مدیریت بهتر در تمام مراحل رشد و نمو و یا حداقل در مراحل حساس‌تر به این تنش، خسارت آن را به حداقل ممکن رساند. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش غرقابی در مراحل مختلف نموی بر عملکرد، اجزای عملکرد، پروتئین و روغن در دانه کلزا رقم هایولا ٤٠١ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به‌صورت گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در ۳ تکرار و به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. عامل اول شامل مرحله نموی اعمال تنش (اقتباس از روش سیلوستر- برادلی، ۱۹۸۵) در ٤ سطح (گیاهچه‌ای،

ساقه‌رفتن، گلدهی و پرشدن دانه) و عامل دوم مدت‌های اعمال تنش غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز) بود. خاک مورد استفاده دارای بافت شنی رسی لوم (۵۰ درصد شن، ۳۰ درصد رس و ۲۰ درصد سیلت) بود (جدول ۱). در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کلزا در تاریخ ۲٦ آبان سال ۱۳۸۹ کشت گردید و در تاریخ ۲ آذر سال ۱۳۸۹ سبز شدند و پس از استقرار بوته‌ها تعدادشان به ٤ بوته در هر گلدان رسید. جهت تأمین عناصر غذایی هنگام کاشت ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند اضافه شد (جدول ۲). گلدان‌های موردنظر برای اعمال تیمارهای غرقابی، در زمان مشخص در حوضچه‌ای به طول ۲/۵ متر، عرض ۰/۵ متر و عمق ۰/٤ متر قرار گرفتند. در این حالت خاک گلدان‌ها از آب اشباع گردید به‌گونه‌ای که ۲ سانتی‌متر بالای سطح خاک گلدان آب قرار داشت. اعمال تنش در مراحل گلدهی و پرشدن دانه و مدت‌های (۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در تاریخ ۸ خرداد سال ۱۳۹۰ و اعمال تنش در مراحل گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن و مدت‌های (۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ۱۸ خرداد سال ۱۳۹۰ برداشت شدند.

جدول ۱- مشخصات خاک.

مشخصه	مقدار
بافت	شنی، رسی لوم
اسیدیته گل اشباع	۷/٦
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس)	۱/۲۹
نیتروژن کل (قسمت در میلیون)	۰/۰٦۱

جدول ۲- عناصر غذایی محلول هوگلند به میلی‌لیتر.

۱ لیتر محلول استوک					
عناصر ریز مغذی	FeEDTA	KH_2PO_4	$MgSo_4$	KNo_3	$Ca(Co_3)_2$
۲ (میلی‌لیتر)	۲ (میلی‌لیتر)	۲ (میلی‌لیتر)	٤ (میلی‌لیتر)	۱۰ (میلی‌لیتر)	۱۰ (میلی‌لیتر)

برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد از هر گلدان (واحد آزمایشی) ۳ بوته برداشت و تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه شمارش گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، پس از قرار گرفتن نمونه‌ها به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون با ترازو توزین شدند. نیتروژن با دستگاه کجلدال (مدل Behr–D–40599 Duss eld orf) و روش شومان و همکاران

(۱۹۷۳) تعیین و برای تبدیل پروتئین بذر از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده گردید. روغن بذر نیز با دستگاه سوکسله (مدل Behr E2 100) و روش (AOAC، ۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد.

(۱) غلظت نیتروژن دانه = (وزن خشک دانه در زمان برداشت / نیتروژن دانه) × ۱۰۰

(۲) پروتئین دانه = غلظت نیتروژن دانه × ۵/۷۵ (AOAC، ۱۹۹۹)

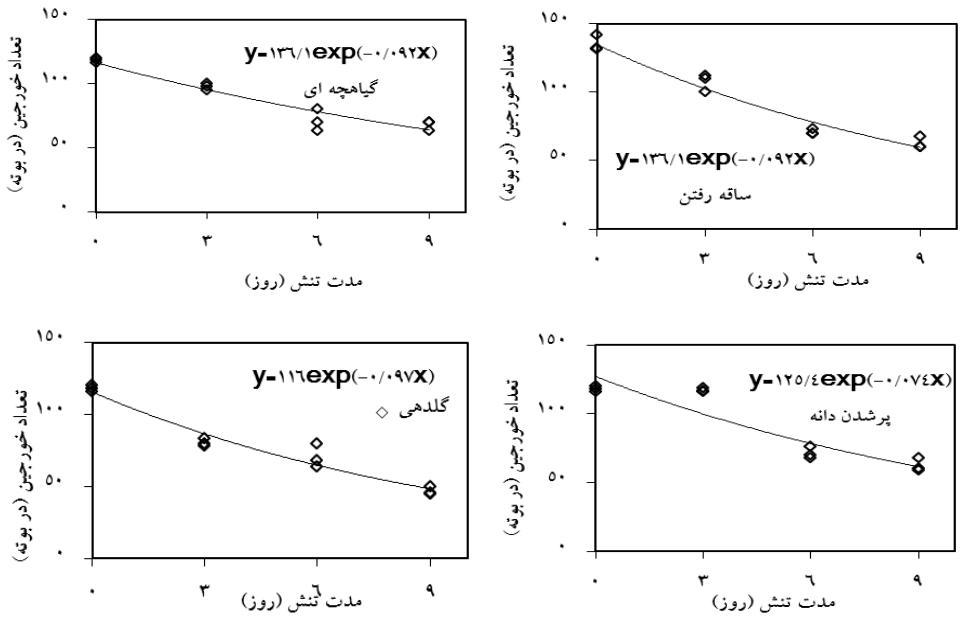
داده‌های به‌دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS (سلطانی، ۲۰۰۷) و با رویه‌های تجزیه واریانس، رگرسیون و تجزیه علیّت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد خورجین: برای توصیف اثر تنش غرقابی بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد در مراحل مختلف نمو براساس (RMSE)[1] و (R^2) مدل برتر انتخاب شدند. معادله‌ای که برای توصیف روند تغییرات تعداد خورجین مورد استفاده قرار گرفت معادله زوال کاهشی بود. تعداد اولیه خورجین‌ها در آغاز تنش غرقاب در مراحل نموی گیاهچه‌ای، ساقه‌رفتن، گلدهی و پرشدن دانه به‌ترتیب ۱۱۷/۷، ۱۳٦/۱، ۱۱٦ و ۱۲۵/٤ عدد و سرعت نسبی کاهش تعداد خورجین‌ها در مرحله گیاهچه‌ای (۰/۰٦۹- در روز)، مرحله ساقه‌رفتن (۰/۰۷٤- در روز)، مرحله گلدهی (۰/۰۹۷- در روز) و مرحله پرشدن دانه (۰/۰۹۲- در روز) به‌دست آمد. (شکل ۱). سرعت نسبی کاهش تعداد خورجین‌ها در مرحله گلدهی و مرحله پرشدن دانه بیش‌تر از مراحل گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن بود. بیش‌ترین تعداد خورجین در شاهد و کم‌ترین تعداد آن نیز در تیمار ۹ روز غرقاب هر ٤ مرحله نموی مشاهده گردید. تعداد خورجین‌ها در مرحله گیاهچه‌ای، ساقه‌رفتن، گلدهی و پرشدن دانه و تیمار ۹ روز غرقاب به‌ترتیب ۲۹/۲، ۵۵/۷، ۳۸/۰۷ و ۳۸/٦ درصد شاهد بود (شکل ۱). تعداد خورجین‌ها را می‌توان یکی از اجزای مهم تشکیل‌دهنده عملکرد به حساب آورد، بدین‌دلیل که دربرگیرنده تعداد دانه‌ها و نیز تولیدکننده مواد پرورده موردنیاز برای افزایش وزن دانه‌ها می‌باشند و در مراحل اولیه پرشدن دانه از طریق فتوسنتز، در رشد و تکامل دانه مشارکت می‌کنند و در نتیجه تعداد دانه کم‌تر سقط می‌گردد (مندهام و همکاران،

1- Root Mean Square Error

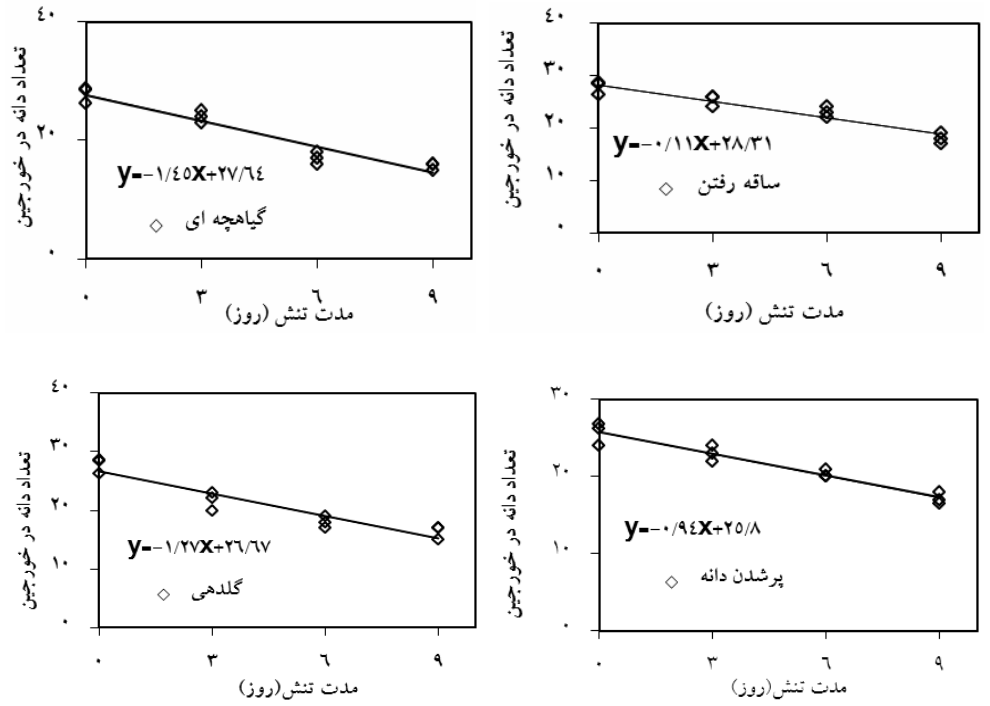
۱۹۸۱؛ تیلور و اسمیت، ۱۹۹۲). احتمال می‌رود یکی از دلایل کاهش تعداد کل خورجین‌ها در مراحل گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن، افت ارتفاع ساقه در این مراحل نموی (داده‌ها نشان داده نشد) باشد که در نتیجه آن کاهش اندازه محور گل‌آذین رخ می‌دهد. در مرحله گلدهی نیز کاهش تعداد کل خورجین‌ها ناشی از حساسیت نمو دانه‌های گرده، گرده‌افشانی و تلقیح به تنش و همچنین ریزش گل‌ها در اثر تنش می‌باشد (هال، ۱۹۹۲). راهنما و بخشنده (۱۹۹۸) نیز بیان نمودند کاهش ارتفاع بوته کاهش فرصت ذخیره مواد فتوسنتزی و کاهش تعداد خورجین را در پی دارد.



شکل ۱- اثر طول دوره غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر تعداد خورجین.

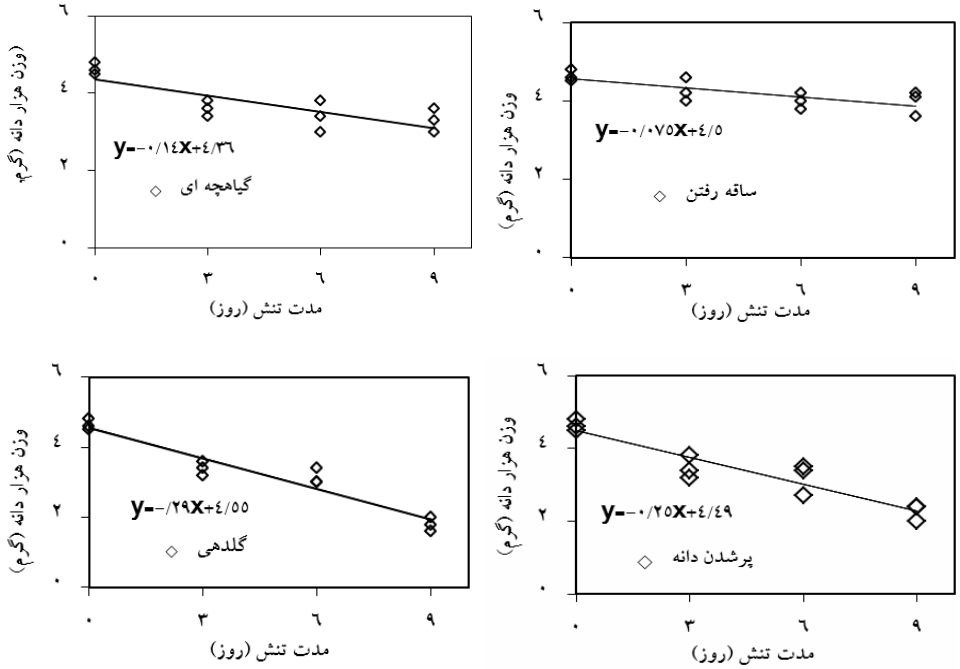
تعداد دانه در خورجین: برای توصیف روند تغییرات تعداد دانه در خورجین از معادله خطی استفاده شد (شکل ۲). مقدار اولیه تعداد دانه در خورجین در آغاز تنش غرقاب در ٤ مرحله نموی به‌ترتیب ۲۷/٦٤، ۲۸/۳۱، ۲٦/٦۷ و ۲۵/۸ عدد بود و شیب کاهش تعداد دانه در خورجین نیز به‌ترتیب ۱/٤۵-، ۰/۱۰٦-، ۱/۲۷- و ۰/۹٤- در روز به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان شیب کاهش نیز در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی (۱/٤۵- و ۱/۲۷- در روز) و کم‌ترین میزان شیب کاهش تعداد دانه در خورجین نیز در

مرحله پرشدن دانه (۰/۹٤- در روز) مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد دانه در خورجین در تیمار شاهد و کم‌ترین نیز در مرحله گلدهی و ۹ روز غرقاب به‌دست آمد. حساسیت بالای مرحله گلدهی به جهت تعیین تعداد دانه در این زمان می‌باشد که سبب سقط شدن و کاهش تعداد دانه گردید. تنش غرقابی در مرحله پرشدن دانه نیز به‌دلیل تسریع در زوال برگ‌ها و خورجین‌ها و در نهایت کاهش تولید مواد فتوسنتزی، سقط‌شدن دانه و کاهش تعداد دانه را در پی داشت. تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. هرچه تعداد دانه در خورجین بیش‌تر باشد مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. دوره گرده‌افشانی و یک هفته بعد از آن زمان بحرانی تعیین تعداد دانه در خورجین می‌باشد و نامناسب بودن شرایط محیطی در این زمان، باعث عقیم‌شدن گرده‌ها و سقط گلچه‌ها شده و در نتیجه تعداد بذر در خورجین را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (مندهام و همکاران، ۱۹۸۱).



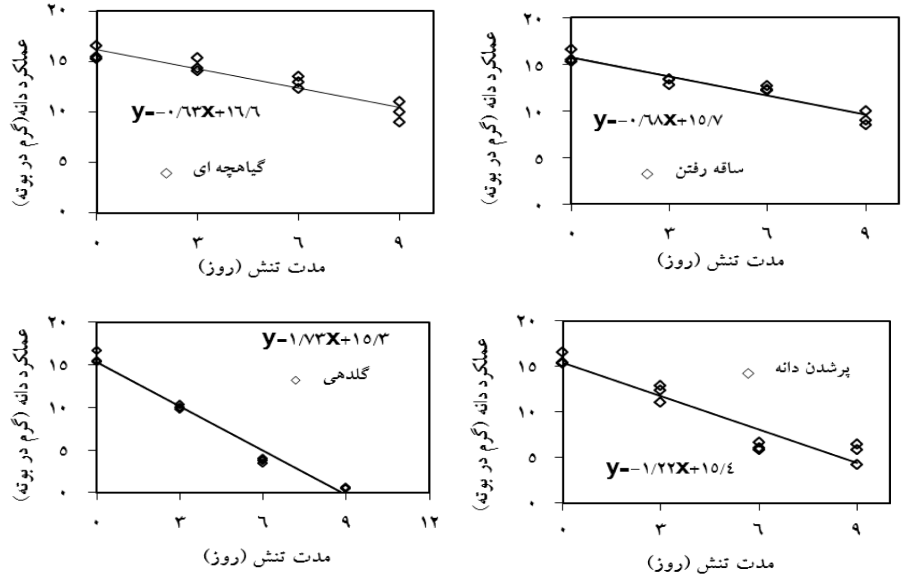
شکل ۲- اثر طول دوره غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر تعداد دانه در خورجین.

وزن هزاردانه: برای بیان تغییرات وزن هزاردانه از معادله‌ای خطی استفاده گردید. مقدار وزن هزاردانه در آغاز تنش غرقابی در هر ٤ مرحله نموی به‌ترتیب ٤/٦٣، ٤/٥، ٤/٥٥ و ٤/٤٩ گرم در بوته و شیب کاهش نیز ۰/۱٤-، ۰/۰۷۵-، ۰/۲۹- و ۰/۲۵ در روز بود (شکل ۳). شیب کاهش در مرحله گلدهی و پرشدن دانه بیش‌تر از ۲ مرحله گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن بود. بالا بودن شیب کاهش در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به‌دلیل کاهش بیش‌تر سطح برگ، وزن خشک برگ و کاهش بیش‌تر کلروفیل در این دو مرحله و تسریع در پیری و زوال برگ (داده‌ها نشان داده نشد) بود. وزن هزاردانه آخرین جزء از اجزای عملکرد است که تعیین می‌شود و تنها جزیی است که به شرایط محیطی در دوره پس از گلدهی بستگی دارد (ایوانز، ۱۹۸۲). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نیز نشان داد که تنش غرقابی سبب کوتاه‌شدن مدت پرشدن دانه و تسریع در رسیدگی گردید. این در حالی است که اکرم‌قادری و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که طولانی‌شدن دوره پرشدن دانه نویددهنده عملکرد بالا از طریق سرعت بخشیدن در پرشدن دانه می‌باشد. نبی‌زاده مرودوست و همکاران (۲۰۰۳) نیز علت کاهش وزن دانه در گیاه زیره سبز را تغییر در مسیر مواد فتوسنتزی و مواد پرورده به‌منظور مقابله با اثرات تنش شوری بیان نمودند.



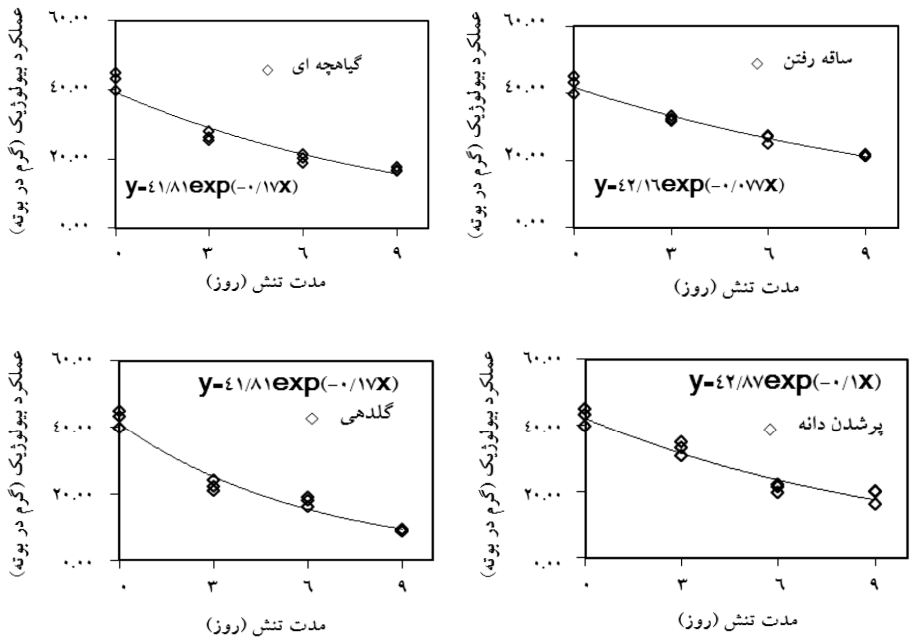
شکل ۳- اثر طول دوره غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر وزن هزاردانه.

عملکرد دانه: برای نشان دادن روند تغییرات عملکرد دانه از معادله خطی استفاده گردید. میزان عملکرد دانه در آغاز تنش غرقاب در هر ٤ مرحله نموی به‌ترتیب ١٦/٦، ١٥/٧، ١٥/٣ و ١٥/٤ گرم در بوته و شیب کاهش وزن هزاردانه ٠/٦٣-، ٠/٦-، ١/٧٣- و ١/٢٢- در روز بود. بیش‌ترین شیب کاهش در مرحله گلدهی (١/٧٣- در روز) و کم‌ترین میزان سرعت نسبی زوال در مرحله ساقه‌رفتن (٠/٦- در روز) به‌دست آمد. بالاترین میزان عملکرد در تیمار شاهد (١٥/٣ گرم در بوته) و کم‌ترین میزان عملکرد در تیمار ٩ روز غرقاب مرحله گلدهی (٠/٥٣ گرم در بوته) و پرشدن دانه (١/٤ گرم در بوته) به‌دست آمد (شکل ٤). تنش غرقابی از طریق تأثیر بر تعداد خورجین (شکل ١)، تعداد دانه در خورجین (شکل ٢)، وزن دانه (شکل ٣) و مدت پرشدن دانه (تسریع در زوال برگ‌ها و خورجین‌ها) باعث کاهش عملکرد کلزا گردید. شدت این کاهش در مرحله گلدهی به‌دلیل سقط‌شدن و ریزش گل و در مرحله پرشدن دانه به‌دلیل سقط‌شدن، ریزش، تسریع در زوال خورجین‌ها و کاهش مدت پرشدن دانه بیش‌تر بود. افیونی و محلوجی (٢٠٠٥) در گندم گزارش نمودند که دوره پرشدن دانه و تعداد سنبله در مترمربع بالاترین همبستگی را با عملکرد دارند در این پژوهش تنش غرقابی سبب تسریع در رسیدگی و کوتاه‌شدن مدت پرشدن دانه در مرحله گلدهی و پرشدن دانه (١٠ روز) نسبت به ٢ مرحله دیگر گردید. کاهش عملکرد در بوته با افزایش سطح غرقابی توسط پژوهشگران دیگری (مسگریو و دینگ، ١٩٩٨؛ بنگ و همکاران، ٢٠٠٤؛ پالتا و همکاران، ٢٠١٠) گزارش شده است.



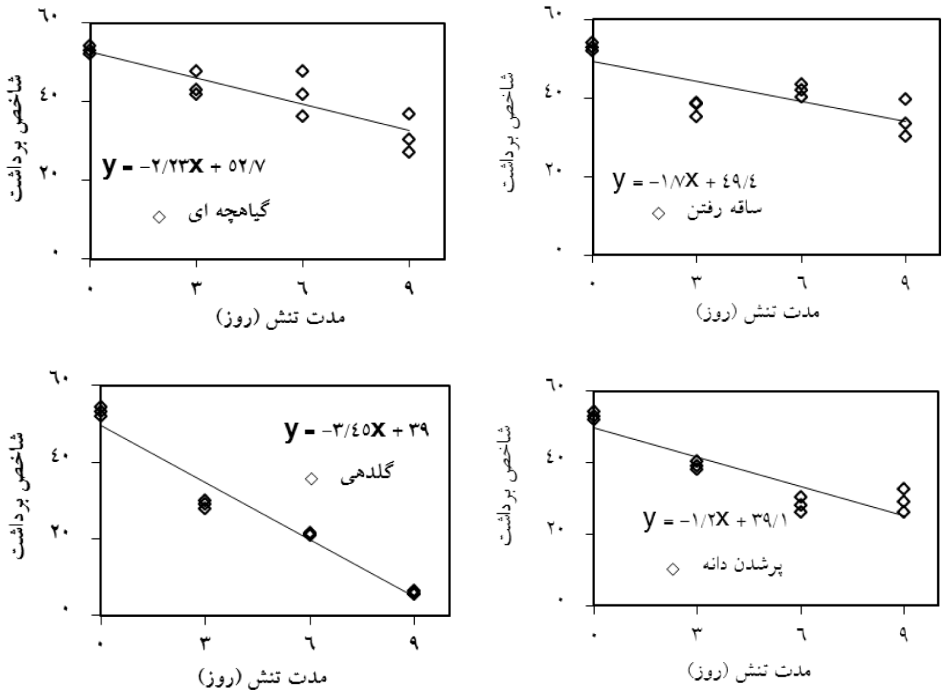
شکل ٤- اثر طول دوره غرقابی (٠، ٣، ٦ و ٩ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر عملکرد دانه.

عملکرد بیولوژیک: تغییرات عملکرد بیولوژیک از معادله زوال کاهشی پیروی می‌کرد (شکل ۵). مقدار اولیه عملکرد بیولوژیک در شروع تنش غرقاب ٤١/٣، ٤٢/١٦، ٤١/٨١ و ٤٢/٨٧ گرم و سرعت نسبی کاهش عملکرد بیولوژیک ۰/۱۱-، ۰/۰۷۷-، ۰/۱۷- و ۰/۱۱- گرم در روز بود. سرعت نسبی کاهش عملکرد بیولوژیک در مرحله گلدهی و پرشدن دانه بیش‌تر از مرحله گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن بود. حساسیت بالای عملکرد بیولوژیک به تنش غرقاب در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به‌دلیل بالا بودن میزان کاهش وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و خورجین‌ها تحت اثر تنش غرقاب بود که کاهش عملکرد بیولوژیک را در پی داشت.



شکل ۵- اثر طول دوره غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر عملکرد بیولوژیک.

شاخص برداشت: معادله‌ای که برای توصیف تغییرات شاخص برداشت در ٤ مرحله نموی استفاده گردید معادله زوال کاهشی بود (شکل ٦). مقدار اولیه شاخص برداشت در آغاز تنش غرقاب به‌ترتیب ٤٥/٧٧، ٣٨/٧٩، ٣٩/٥٦ و ٣٧/٨٧ بود و شیب کاهش پس از اعمال تنش غرقاب به‌ترتیب ٠/٠٢٢-، ٠/٠٠٥٣-، ٠/١٣٦- و ٠/٣٤- در روز به‌دست آمد. حساسیت بالای شاخص برداشت به تنش غرقاب در مرحله گلدهی ناشی از خسارت بالای عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در این مرحله بود اما حساسیت اجزای عملکرد (تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه) به تنش بیش‌تر از اجزای رویشی بود. بنابراین شاخص برداشت میزان افت بیش‌تری را دارا بود.



شکل ٦- اثر طول دوره غرقابی (٠، ٣، ٦ و ٩ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر شاخص برداشت.

تجزیه علیت: تجزیه علیت با مشخص نمودن نحوه روابط بین صفات، سهم هر کدام را نشان می‌دهد. تجزیه علیت اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات را بر عملکرد با تقسیم‌بندی آن‌ها به اجزای تشکیل‌دهنده مشخص می‌کند و این مسأله ما را در مدیریت تنش و اولویت‌بندی آنها کمک می‌کند. عملکرد دانه صفتی پیچیده است که با سایر صفات همبستگی نشان می‌دهد. در این پژوهش بیش‌ترین ضریب همبستگی را با عملکرد دانه فاکتورهای عملکرد بیولوژیک (r=۰/۹٦)، تعداد دانه در خورجین (r=۰/۸۵)، تعداد کل خورجین (r=۰/۹۲)، وزن هزاردانه (r=۰/۷٤) و مدت پرشدن دانه (r=۰/٤٥) داشتند. در تجزیه علیت در واقع همبستگی شکسته شده و اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد تعیین می‌گردد. همان‌طورکه در جدول (۳) مشاهده می‌گردد عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد نشان داد، به‌طوری‌که مجموع اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن ۰/۹٦ و سهم اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک بر عملکرد دانه ۰/۹۹ بود. همچنین در صفات تعداد کل خورجین، تعداد دانه در خورجین وزن هزاردانه، مدت پرشدن دانه بیش‌ترین اثر را از طریق اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک دارا بود. پایین‌ترین ضریب اثر مستقیم را مدت پرشدن دانه نشان داد که نشان‌دهنده همبستگی کم‌تر این صفت با عملکرد بود. تنش غرقابی سبب رشد ضعیف گیاه و توسعه محدود برگ و کاهش تولید و عرضه مواد فتوسنتزی به انتهای گل‌آذین، کاهش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و در مجموع کاهش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه کاهش عملکرد دانه در بوته گردید.

پروتئین بذر: نتایج تجزیه واریانس بین مراحل نموی و مدت‌های مختلف تنش غرقابی بر پروتئین بذر اثر متقابل معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ٤). میزان پروتئین بذر، در مرحله گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن و ۳ روز غرقاب افزایش یافت، در حالی‌که در مدت‌های ٦ و ۹ روز غرقاب روند کاهشی یافت. در مرحله گلدهی و پرشدن دانه در سه مدت تنش ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب میزان پروتئین روند کاهشی یافت. بیش‌ترین میزان پروتئین در مرحله پرشدن دانه و ۳ روز غرقاب (۲۸/۷ درصد) و کم‌ترین میزان پروتئین در مرحله گلدهی و ٦ روز غرقاب (۱۷/۷ درصد) مشاهده گردید (شکل ۷).

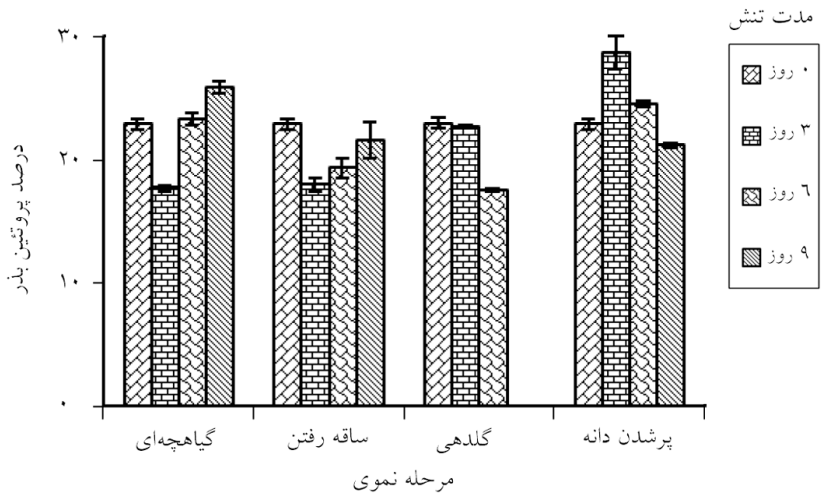
جدول ۳- تجزیه علیت صفات مرتبط با عملکرد.

ضریب رگرسیون چندگانه		ضریب رگرسیون چندگانه	
اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک	۰/۹۹^{ns}	اثرمستقیم وزن هزاردانه	۰/۳۸٦^{ns}
اثرغیرمستقیم از طریق تعداد کل خورجین	۰/۱٦٤	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	۰/۷۱٦
اثر غیرمستقیم از طریق تعداد دانه در خورجین	-۰/۵۰۲	اثرغیرمستقیم از طریق تعداد کل خورجین	۰/۱۲۲
اثرغیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه	۰/۲۷۸	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد دانه در خورجین	-۰/۵۱۹
اثر غیرمستقیم از طریق مدت پرشدن دانه	۰/۰۲۲	اثر غیرمستقیم از طریق مدت پرشدن دانه	۰/۰۳۲
جمع	۰/۹۵۸	جمع	۰/۷٤
اثرمستقیم تعداد کل خورجین	۰/۱۸۳^{ns}	اثر مستقیم مدت پرشدن دانه	۰/۰٦۵^{ns}
اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	۰/۸۹۳	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	۰/۳۳۸
اثر غیرمستقیم از طریق تعداد دانه در خورجین	۰/٤۹۳	اثرغیرمستقیم از طریق تعداد کل خورجین	۰/۰۱٦
اثرغیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه	۰/۲۵۹	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد دانه در خورجین	-۰/۱٦٤
اثر غیرمستقیم از طریق مدت پرشدن دانه	۰/۰۰٦	اثرغیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه	۰/۱۹۳
جمع	۰/۸٤۸	جمع	۰/٤۵
اثرمستقیم از طریق تعداد دانه در خورجین	-۰/۵٤٦^{ns}	باقیمانده	۰/۲۸
اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	۰/۹۱۵		
اثرغیرمستقیم از طریق تعداد کل خورجین	۰/۱٦۵		
اثرغیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه	۰/۳٦۷		

جدول ٤- تجزیه واریانس روغن و پروتئین.

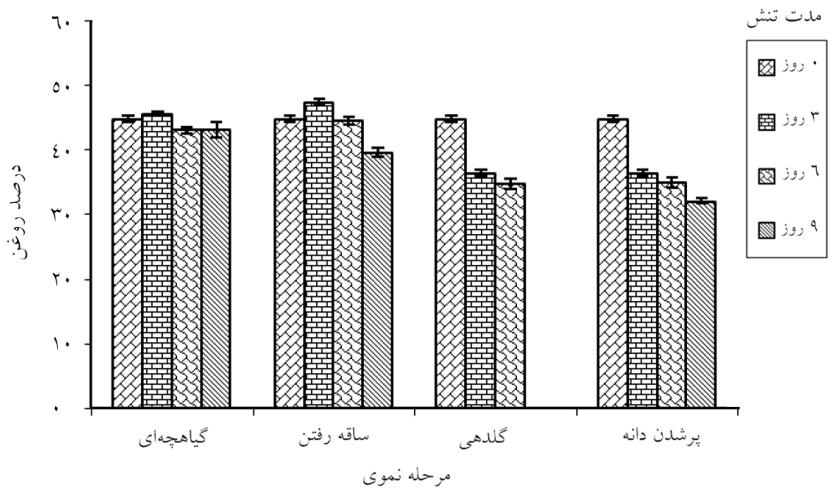
منبع تغییرات	df	میانگین مربعات	
		روغن	پروتئین
مرحله نموی	۳	۸/۵٤**	۲٤/٤**
مدت تنش	۳	۰/۰۲۱^{ns}	۷/٤^{ns}
اثر متقابل	۹	۰/۰۲۷^{ns}	۱۷/٦**
خطای آزمایش	۳۲	۱۸/۵	۱٤/۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۳٤	۱۰/۸۸

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۷- اثر طول دوره غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر میزان پروتئین بذر کلزا.

روغن: براساس نتایج تجزیه واریانس بین مراحل نموی و مدت‌های مختلف تنش غرقابی بر روغن بذر معنی‌دار نبود. اما برهم‌کنش مراحل مختلف نموی بر روغن بذر تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ٤). همان‌طورکه در شکل (۸) مشاهده می‌گردد، با اعمال ۳ روز تنش غرقابی در مرحله نموی گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن درصد روغن افزایش یافت و با افزایش مدت تنش به ٦ و ۹ روز درصد روغن روند کاهشی یافت، اما در مرحله گلدهی و پرشدن دانه درصد روغن در هر سه مدت تنش روند کاهشی نشان داد. بالاترین درصد روغن در تیمار ٦ روز غرقاب مرحله ساقه‌رفتن (٤۷/۵ درصد) و کم‌ترین درصد روغن در تیمار ٦ روز غرقاب مرحله گلدهی (۳۲/۱ درصد) مشاهده گردید.



شکل ۸- اثر طول دوره غرقابی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز غرقاب) در ٤ مرحله نموی بر میزان روغن بذر کلزا.

یکی از دلایل کاهش میزان روغن و پروتئین کاهش تولید ماده خشک تحت اثر تنش غرقابی بود زیرا تنش غرقابی سبب کاهش سطح برگ و کلروفیل و تسریع در زوال و ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی گردید. ماده خشک تولید شده موجود صرف تولید کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای از جمله نشاسته که به آسانی متابولیسم می‌شوند و منبع انرژی بسیار خوبی هستند گردید. به‌دلیل اینکه ساخته شدن روغن در مقایسه با نشاسته و پروتئین نیاز به مصرف انرژی بیش‌تری (تقریباً ۲/۵-۲/۲۵ برابر انرژی در واحد وزن) دارد بنابراین سبب کاهش تولید روغن گردید. ماریسون واستیوارت (۱۹۹۵) و دایپنبروگ (۲۰۰۰) نیز بیان نمودند که در زمان پرشدن دانه نیاز به مواد فتوسنتزی برای تولید هر گرم روغن حدود ٤۵ درصد افزایش می‌یابد. اعمال تنش غرقابی در زمان گلدهی و پرشدن دانه و نیز بالا بودن دما در همین زمان سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی، مدت پرشدن بذر و در نهایت کاهش اندازه و وزن بذر گردید. اما اعمال تنش در مرحله گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن به‌دلیل ادامه رشد رویشی، گیاه توانسته اثرات تنش را تقلیل داده و اندازه و وزن دانه آن نیز کم‌تر نقصان یابد. در منابع نیز بین وزن هزاردانه و درصد روغن همبستگی بالا گزارش شده است (مظفری و همکاران، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد شرایط غرقابی موجب کاهش عملکرد در ٤ مرحله نموی گردید. شدت این کاهش در ۲ مرحله گلدهی و پرشدن دانه بیش‌تر بود. با پایان یافتن مدت تنش غرقابی در مرحله گیاهچه‌ای و ساقه‌رفتن رشد رویشی گیاه ادامه داشته و گیاه توانست اثرات تنش را تقلیل دهد. بیش‌ترین کاهش در بین اجزای عملکرد در این دو مرحله تعداد دانه در خورجین بود، که شیب کاهش بیش‌تری نسبت به مراحل گلدهی و پرشدن دانه داشت. اما در ۲ مرحله گلدهی و پرشدن دانه به‌دلیل استفاده گیاه از کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای و نیز عقیم‌شدن دانه‌های گرده و ریزش گل‌ها و خورجین‌ها به جهت تعدیل شرایط تنش در گیاه موجب کاهش بیش‌تر تعداد خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه شد. بیش‌ترین همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک برقرار بود، که بیانگر نقش مؤثر عملکرد بیولوژیک در جلوگیری از کاهش عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش غرقابی است.

منابع

1.Afioni, D., and Mahluji, M. 2005. Correlation analysis of some agronomic traits in wheat genotypes in salinity. Seed Plant J. 22: 199-186.

2.Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. Plant Sci. 163: 117-123.

3.Akbari, Gh., Iranne jihad, H., Hosseinzadeh, K.Z.A., Hejazi, A., and Bayat, A.A. 2010. Effect of wild mustard weed interference on growth parameter and yield of different cultivars of rapeseed. Iran. J. Crop Sci. 41: 343-329.

4.Akramghaderi, F., and Soltani, A. 2008. Seed Science Technology. Mashhad University Press. 64p.

5.Anonymous, 2010. Agricultural Statistics. Ministy of Jihad- e- Agticalture, 256p.

6.AOAC. 1999. Official Methods of Analysis. Method 988/05. CH. 4, 13p.

7.Ashraf, M. 2003. Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of differently adapted populations of Blupanic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or waterlogging. Plant Sci. 165: 69-75.

8.Bange, M.P., Milroy, S.P., and Thongbai, P. 2004. Growth and yield of cotton in response to waterlogging. Field Crops Res. 88: 129-142.

9.Christianson, J.A., Wilson, I.W., Danny, J., and Dennis, E. 2009. The low-Oxygen-induced NAC Domoin transcription factor ANACL o_2 affects viability of arabidopsis seeds following low-oxygen treatment. Am. Soc. Plant Biol. 149: 1724-1738.

10. Diepenbrock, W. 2000. Yield components of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): review. Field Crops Res. 67: 35-49.
11. Evans, J. 1982. Symbiosis, nitrogen and dry matter distribution in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Exp Agric. 18: 339-351.
12. Galeshi, S., Modarres Sanavy, A., Heidari Sharifabad, Z., and Tahmasebi Sarvestani, A. 1996. Flooding effects on plant growth and biological nitrogen fixation in subterranean clover (*Trifolum subterraneum* L.). J. Agric Sci. Natural. Res. 7: 4. 112-107.
13. Ghobadi, M.A., Nadian, H., Bakhshandeh, A.S., Fathi, G.H., Ghryyna, M.H., and Ghobadi, M. 2006. Root growth, biological yield and grain yield in wheat genotypes in flooded conditions at different growth stages. Plant and Seed. 22: 4. 525-513.
14. Hall, A.E. 1992. Breeding for heat tolerance. Plant Breeding Rev. 10: 129-168.
15. Khajapoor, M.A. 1996. Production of Industrial Crops. Isfahan University Press. 182p.
16. Mandham, N.J., Shipway, P.A., and Scott, R.K. 1981. The effect of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci. 96: 389-416.
17. Morrison, J.M., and Stewart, D.W. 1995. Radiation–use Efficiency in summer Rape. Agron. J. 87: 1139-1142.
18. Mozaffari, S., Pirdashti, H.M., Esmaeili, M.A., Rameh, V., Heydarzadeh, A., and Mostafavian, R. 2010. Effect of planting date and limitations of source and sink on grain yield and yield components in three varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iran. J. Crop Sci. 12: 4. 498-482.
19. Musgrave, M.E., and Ding, N. 1998. Evaluation wheat cultivars for waterlogging tolerance. Crop Sci. 38: 90-97.
20. Nabizadeh Marvdast, M., Kafi, M., and Rashed Mohassel, M. 2003. Salinity effects on growth, yield, accumulation of salts and essential oils of cumin. Iran. Agric. Res. 1: 53-60.
21. Palta, J.A., Ganjeali, A., Turner, N.C., and Siddique, K.H.M. 2010. Effects of transient subsurface waterlogging on root growth, biomass and yield of chickpea. Agric. Water Manag. 97: 1469-1476.
22. Rahnama, A., Bakhshandeh, A., and Noormohammadi, Gh. 1998. Study of limitations tillers at different densities on yield and yield components in wheat in Khozestan. J. Agric. Sci. 3: 24-1.
23. Rocha, M., and Licausi, F. 2010. Glycolysis and tri carboxylic are linked by alanine amino transferase during hypoxia induced by waterlogging of *Loutus japanicus*. Plant Physiol. 152: 1501-1513.
24. Schuman, G.E., Stanley, A.M., and Kunden, D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. Proceedings of Soil Sci. Soc. Am. 37: 480-481.

25. Sylvester-Bradley, R. 1985. Revision of a code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.) Aspects Appl. Biol. Field Methods and data Handling. 10: 395-400.
26. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. Mashhad University Press. 182p.
27. Taylor, A.J., and Smith, C.J. 1992. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components of irrigated canola (*Brassica napus* L.) growing on a red-brown earth in south-eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 43: 1929-1941.
28. Zhou, W., and Lin, X. 1995. Effects of waterlogging at different growth stages on physiological characteristics and seed yield of winter rape (*Brassica napus* L.). Field Crops Res. 44: 103-110.

EJCP., Vol. 7 (2): 23-41
http://ejcp.gau.ac.ir

Evaluation of waterlogging stress effect on yield and yield components of rapeseed

***S.F. Rasouli[1], S. Galeshi[2], H. Pirdashti[3] and E. Zeinali[4]**

[1,2,4]M.Sc. Student of Agronomy, Professor and Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Genetic and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Accepted: 2013/01/25; Received: 2014/02/26

Abstract

In order to evaluate the waterlogging stress effects on yield and yield components of rapeseed (cv. Hayola 401), a pot experiment based on randomized complete block design in factorial arrangement with two factors was conducted at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 2010-2011. The first factor was developmental stage (seedling, stem elongation, flowering and grain filling) and the second factor was duration of waterlogging stress (0, 3, 6 and 9 days). An exponential decay and linear models were fitted to quantify waterlogging stress on yield and yield components. Results showed that the highest and lowest relative decay rate of seed yield was observed during flowering and stem elongation stages (-1.73 and -0.6), respectively. The highest seed yield was observed at control treatment (15.3 g plant^{-1}) and the lowest was obtained at 9 days waterlogging treatment during flowering stage (0.53 g plant^{-1}). The highest seed protein content was observed at grain filling period and three days waterlogging (28.7%) and the lowest was observed at flowering stage and six days waterlogging (17.7%). Seed oil content varied from 47.5% at six days waterlogging during stem elongation stage up to 32.1% at six days waterlogging during flowering stage. Path analysis of data indicated high direct and indirect effect of biological yield on seed yield under waterlogging stress.

Keywords: Biological yield, Oxygen, Seed oil, Seed protein

* Corresponding Author; Email: f.rasouli88@yahoo.com