



## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷  
صفحه‌های ۴۳-۳۱

# اثر محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا در شرایط تنش خشکی

طاهره اردشیری<sup>۱</sup> و شاهرخ جهان‌بین<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.  
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۰۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۰۲

### چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و روی بر عملکرد و خصوصیات زراعی کلزا رقم هیبرید هایولا ۳۰۸ در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در شهرستان رامهرمز استان خوزستان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. آبیاری، عامل اصلی در سه سطح آبیاری در کل دوره رشد، قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه و محلول‌پاشی در مراحل ابتدای ساقه‌رفتن و شروع گل‌دهی عامل فرعی در چهار سطح محلول‌پاشی با آب، محلول‌پاشی با نانو کلات روی، محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات روی و آهن (هرکدام با غلظت دو در هزار) بود. نتایج نشان داد قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی عملکرد دانه (۱۸ درصد)، وزن خشک گیاه (شش درصد) و شاخص برداشت (۱۴ درصد) را کاهش داد. ارتفاع بوته و وزن هزاردانه تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی قرار گرفتند. بیشترین میزان درصد روغن دانه (۴۵/۲ درصد)، وزن هزار دانه (۴/۱۳ گرم) و ارتفاع گیاه (۱۰۶/۵ سانتیمتر) مربوط به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و محلول‌پاشی ترکیبی نانو کود کلات روی و آهن بود. محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و روی باعث بهبود تحمل گیاه در شرایط تنش خشکی شد و عملکرد را نسبت به شاهد (هشت درصد) افزایش داد.

کلیدواژه‌ها: ارتفاع گیاه، روغن دانه، عملکرد زیستی، قطع آبیاری، هایولا ۳۰۸.

## ۱. مقدمه

به شکل نانو است [۲۶]. گزارش هایی مبنی بر تأثیر مثبت مواد غذایی نانو بر رشد برخی از گیاهان از جمله بادام زمینی [۲۱]، نخود [۲۰]، اسفناج [۲۵] و ریحان [۲] وجود دارد. نانو کود کلاته آهن دارای بنیان یا کمپلکسی پایدار و قوی است و این نانو کمپلکس دارای نه درصد آهن محلول است که در بازه بین سه تا ۱۱ واکنش خاک می تواند آهن را به صورت محلول در آب در اختیار گیاهان قرار دهد [۷]. در یکی از بررسی ها نشان داده شد، مصرف پنج در هزار سولفات آهن در آغاز گل دهی بر روی کلزا منجر به افزایش مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ارقام بهاره شد [۱۱]. نتایج تحقیقی نشان داد که ممکن است تعداد گل های بارور در هر شاخه فرعی و در برخی از ارقام با مصرف آهن کاهش یابد [۱۲]. به نظر می رسد دلیل این امر تأثیر گرما به دنبال رشد رویشی بیشتر ناشی از مصرف آهن و تأخیر در رسیدگی و برخورد مراحل زایشی با گرما، و ناکارآمدی انتقال فرآورده های فتوسنتزی باشد [۱۲]. بسیاری از آنزیم ها برای فعال سازی خود به یون روی احتیاج دارند، این یون همچنین ممکن است برای ساخت زیستی کلروفیل نیاز باشد و کمبود روی باعث کاهش رشد میانگرمه ها شود [۱۰]. هدف از مطالعه حاضر بررسی تعیین اثر محلول پاشی نانو کود کلات آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن دانه و شاخص برداشت کلزا در شرایط تنش خشکی با قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و مرحله تشکیل دانه و تعیین اثر برهمکنش محلول پاشی و آبیاری بر ویژگی های زراعی کلزا است.

## ۲. مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در شهرستان رامهرمز واقع در استان خوزستان در مزرعه ای شخصی با مشخصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و

کلزا به عنوان گیاه زراعی مناسب روغنی برای کشت در شرایط آب و هوایی کشور ایران مورد توجه قرار گرفته است. سطح زیر کشت کلزا در ایران ۴۰ هزار هکتار با متوسط عملکرد ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است [۱]. با توجه به نیاز مبرم کشور سطح زیر کشت آن در حال افزایش است و پس از سویا و نخل روغنی، سومین محصول کشت شده برای تولید روغن گیاهی در دنیا است [۹]. تنش خشکی شایع ترین تنش محیطی است که تولید محصولات زراعی را کاهش می دهد [۱۷]. میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی متر، ایران را در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار داده است و تنش خشکی، به ویژه در اواخر فصل (مراحل انتهایی رشد) یکی از مهمترین و شایع ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می آید [۲۳]. رطوبت کم خاک منجر به کمبود عناصر کم مصرف به ویژه عناصر آهن و روی در گیاه می شود [۲۲]. کاربرد خاکی مواد غذایی تحت شرایطی که آب در دسترس کم است، در افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به شاخ و برگ گیاه همیشه مؤثر نیست، در چنین شرایطی کاربرد کودها در خاک در نتیجه افزایش شوری محلول خاک می تواند مضر باشد و استفاده از روش محلول پاشی شاخ و برگ گیاه مفیدتر از کاربرد خاکی مواد غذایی برای بهبود شرایط تغذیه ای گیاه است [۱۸]. اخیراً به عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات توجه بسیاری شده است. فرآورده های نانو شامل مخلوطی از ذره های با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که می توانند ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه خود را تغییر دهند [۱۹]. نتایج مطالعات موجود بیانگر واکنش متفاوت گونه های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه شده

اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا در شرایط تنش خشکی

کلاس A به عنوان تیمار شاهد (بدون تنش خشکی)، قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل (کد ۳/۳ سیلواستر - بردلی و میکپیس [۹]) تا پایان نمو جوانه گل (کد ۳/۹) و قطع آبیاری در مرحله دانه بندی (کد ۶/۱) تا زمان برداشت محصول ادامه یافت. مرحله ظهور جوانه گل زمانی است که جوانه های گل از بالای بوته کلزا قابل رؤیت هستند ولی هنوز از پایین ترین برگ فاصله نگرفته اند و مرحله دانه بندی (کد ۶/۱) زمانی است که وجود دانه در خورجین های یک سوم پایینی گل آذین اصلی در ۵۰ درصد از بوته های مزرعه قابل رؤیت باشند [۹]. سطوح محلول پاشی نیز به عنوان عامل فرعی در چهار سطح شامل: محلول پاشی با آب (شاهد)، محلول پاشی با نانو کلات روی ۱۲ درصد (با غلظت دو در هزار)، و محلول پاشی با نانو کلات آهن نه درصد (با غلظت دو در هزار)، و محلول پاشی با ترکیب نانو کلات روی و آهن (هر کدام با غلظت دو در هزار) بود.

۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۵۰ متر از سطح دریا به منظور تعیین اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و روی بر عملکرد و خصوصیات زراعی رقم هیبرید هایولا ۳۰۸ کلزا<sup>۱</sup> (رقمی بهاره و زودرس) در شرایط تنش خشکی اجرا شد. وضعیت دمایی و رطوبتی در ماه های آزمایش در جدول ۱ آمده است.

زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت گندم بود. نتایج تجزیه خاک و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. قبل از کاشت براساس آزمون خاک کودهای سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم هر کدام ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در اواخر مهرماه ۱۳۹۲ به صورت پخش سطحی و با دیسک با خاک شخم خورده مخلوط شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. آبیاری، عامل اصلی در سه سطح شامل: آبیاری در کل دوره رشد که پس از حدود ۶۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک تبخیر

جدول ۱. تغییرات درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی، بارندگی و سایر خصوصیات آب و هوایی در طول فصل رشد گیاه در سال

زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در محل آزمایش

ماه های سال	حداقل درجه حرارت (°C)	حداکثر درجه حرارت (°C)	رطوبت نسبی (درصد)	رطوبت نسبی (درصد)	بارندگی (mm)	پتانسیل تبخیر (mm)
آبان	۱۳/۸	۳۴	۹۶	۱۲	۳۹/۶	۱۲۴/۶
آذر	۲	۲۹/۴	۱۰۰	۱۹	۲۶/۸	۷۹/۳
دی	۳/۴	۲۲/۴	۹۸	۱۷	۹۲/۶	۵۹/۴
بهمن	۲/۲	۲۴/۲	۹۷	۱۹	۶/۱	۸۲
اسفند	۷/۶	۳۳/۴	۹۲	۲۰	۳۴/۳	۱۱۴/۹
فروردین	۷/۴	۴۱/۴	۹۶	۷	۲۱/۸	۲۱۷/۸

1. *Brassica napus* L.

به زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷

جدول ۲. برخی ویژگی‌های خاک محل اجرای طرح

عمق نمونه (cm)	ECe (dS m <sup>-1</sup> )	pH	کربن کل (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (mg Kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم (mg Kg <sup>-1</sup> )	روی (mg Kg <sup>-1</sup> )	آهن (mg Kg <sup>-1</sup> )	بافت خاک
(۰-۳۰)	۲/۵	۷/۷۹	۱/۱۸	۰/۰۲۸	۶/۱	۲۵۹	۰/۴۴	۵/۳	لوم رسی

برداشت انجام شد. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد دانه به وزن خشک گیاه تعیین شد. برای اندازه گیری درصد روغن دانه از دستگاه سوکسله و محلول پترولیوم بنزن استفاده شد [۵]. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنادار<sup>۱</sup> (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

**ارتفاع بوته:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر برهم‌کنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته کلزا معنا دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شاهد با محلول‌پاشی همزمان کلات نانو روی و نانو آهن و کمترین میزان آن مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل با محلول‌پاشی نانو کلات آهن بود (جدول ۴). به طوری که با اعمال تنش خشکی در مرحله ظهور جوانه گل نسبت به تیمار آبیاری کامل در کل دوره رشد (شاهد) ارتفاع بوته ۳۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). کاهش ارتفاع گیاه در اثر اعمال تنش خشکی با قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کم‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های ساقه نسبت داد، در نتیجه طولی شدن این سلول‌ها متوقف می‌شود.

محلول‌پاشی هر یک از غلظت‌ها به میزان ۵۰ سی‌سی در هر متر مربع سطح کرت با استفاده از سمپاش دستی در دو مرحله ابتدای ساقه رفتن (کد ۲/۰۱) و شروع گل‌دهی (کد ۴/۲) انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول سه متر بود. فاصله خطوط کاشت از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر (۴۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد [۹]. فاصله بین کرت‌های اصلی سه متر، فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر و فواصل بین بلوک‌ها سه متر در نظر گرفته شد. کشت بذر در تاریخ دهم آبان ماه انجام شد. آبیاری نخست بلافاصله پس از کاشت (در تاریخ دهم آبان‌ماه ۱۳۹۲) و آبیاری دوم شش روز بعد از آبیاری اول اعمال شد. با در نظر گرفتن بارندگی‌ها در دامنه اواخر آبان لغایت نیمه نخست فروردین، به جز آبیاری اول و دوم هشت نوبت آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک کلاس A برای تیمار شاهد انجام شد. ارتفاع آب آبیاری در هر مرتبه آبیاری به طور میانگین بین ۶۰ تا ۸۰ میلی‌متر بود. عملیات برداشت برای تمام تیمارها در ابتدای اردیبهشت ۱۳۹۳ انجام گرفت.

در زمان رسیدگی ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی برای تعیین اجزای عملکرد دانه (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه) و ارتفاع بوته برداشت شد. برای تعیین عملکرد دانه و وزن خشک گیاه با حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از طرفین از چهار خط به طول دو متر از سطحی معادل چهار مترمربع

1. Least Significant Difference

اثر محلول پاشی نانو کود کلات آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا در شرایط تنش خشکی

جدول ۳. میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی

میانگین مربعات									
درصد روغن دانه	شاخص برداشت	وزن خشک گیاه	وزن عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱۱۸/۰۲ <sup>ns</sup>	۸۹۹/۱*	۹۵۲۷۷ <sup>ns</sup>	۸۲۲۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۴۷/۹ <sup>ns</sup>	۲۳۳۹۶ <sup>ns</sup>	۲۱/۸ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۲۰۶/۳۸ <sup>**</sup>	۲۰۷/۱*	۲۰۰۶۹ <sup>o</sup>	۱۶۰۲۱*	۱۱/۹۹ <sup>**</sup>	۶/۳۶ <sup>ns</sup>	۴۳۶۸۶ <sup>o</sup>	۱۵۷۶ <sup>**</sup>	۲	آبیاری
۵/۷۳	۷۶/۴	۴۴۰۲۷	۵۴۸۵	۰/۱۵	۸/۱۱	۸۸۰۵	۲۲/۶	۴	خطای a
۲۱/۰۶ <sup>**</sup>	۱۲۹/۲۲*	۶۸۳۳۳ <sup>o</sup>	۱۱۳۷۴ <sup>o</sup>	۰/۳۹ <sup>**</sup>	۱۹/۷۷ <sup>o</sup>	۱۱۲۴۸ <sup>o</sup>	۱۴۷/۳*	۳	محلول پاشی
۳/۵۴ <sup>**</sup>	۹۹/۶۱ <sup>ns</sup>	۲۷۵۶۹ <sup>ns</sup>	۷۴۹۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>o</sup>	۱۶/۵۸ <sup>ns</sup>	۱۰۸۱ <sup>ns</sup>	۱۴۳/۳*	۶	محلول پاشی x آبیاری
۴/۶۲	۶۱/۰	۱۴۰۷۴	۵۴۷۹	۰/۰۴	۷/۲۳	۷۶۲۴	۱۸/۸	۱۸	خطای b
۶/۰۷	۱۵/۶	۱۷/۲	۱۵/۳	۵/۳۰	۱۱/۰۰	۲۷	۷/۳۲	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns و \*\* به ترتیب نشان دهنده غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد است.

طاهره اردشیری و شاهرخ جهانبین

همچنین در شرایط کمبود آب ترشح هورمون سیتوکینین از ریشه کاهش یافته و از طریق کاهش تقسیم سلول‌ها، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد [۱۶]. با افزودن عناصر ریزمغذی (محلول پاشی) ارتفاع بوته افزایش یافت که علت آن را می‌توان علاوه بر پتانسیل ژنتیکی رقم به وجود عناصر ریزمغذی Fe و Zn و کاربرد آنها در رشد گیاه نسبت داد. به نظر می‌رسد وقوع تنش خشکی در مرحله گل دهی باعث توقف رشد رویشی و تسریع در رشد زایشی و در نتیجه توقف افزایش ارتفاع کلزا شده‌است [۴]. در این بررسی ارتفاع بوته با صفات تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنادار ( $p \leq 0.05$ ) داشت (جدول ۷).

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های برهمکنش اثر سطوح مختلف آبیاری در سطوح محلول پاشی برای صفات ارتفاع بوته و وزن هزار دانه کلزا

وزن هزار دانه (g)	ارتفاع بوته (cm)	تیمارهای آزمایش	
		محلول پاشی	سطوح آبیاری
۳/۵۹b	۱۰۰/۹۰a	آب (شاهد)	آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)
۳/۵۴b	۱۰۰/۶۷a	نانو روی	
۲/۷۸b	۱۰۴/۲۰a	نانو آهن	
۴/۱۳a	۱۰۶/۴۷a	نانو روی + نانو آهن	
۲/۹۶b	۹۷/۶۰ab	آب (شاهد)	قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل
۲/۳۲ c	۸۲/۲۳dc	نانو روی	
۳/۰۲ b	۷۲/۱۳ d	نانو آهن	
۲/۸۵b	۸۳/۰۷ dc	نانو روی + نانو آهن	
۳/۲۷b	۸۸/۷۳bc	آب (شاهد)	قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه
۳/۴۲b	۸۲/۶۰dc	نانو روی	
۳/۵۶b	۸۳/۴۰dc	نانو آهن	
۳/۷۲b	۷۶/۰۷d	نانو روی + نانو آهن	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر ندارند.

اثر محلول پاشی نانو کود کلات آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا در شرایط تنش خشکی

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های آثار اصلی سطوح مختلف آبیاری برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

تیمارهای آبیاری	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	عملکرد دانه (Kg ha <sup>-1</sup> )	وزن خشک گیاه (Kg ha <sup>-1</sup> )	شاخص برداشت (درصد)	میزان روغن دانه (درصد)
آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)	۱۸۴/۰a	۲۵/۲a	۳۳۳۲a	a۹۱۲۵	۳۶/۷a	۴۵/۲a
قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل	۱۲۳/۳b	۲۴/۷b	۲۸۸۷b	۸۴۱۵b	۳۴/۸a	۴۴/۲a
قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه	۱۶۴/۸ab	۲۲/۸b	۲۶۰۷c	۸۷۱۶c	۲۹/۳b	۳۷/۵b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر ندارند.

شده و در حال رشد و در نتیجه ریزش آن‌ها و کاهش این صفت در کلزا می‌شود [۳].

**تعداد دانه در خورجین:** اثر تیمارهای آبیاری و محلول پاشی بر تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال پنج درصد معنادار شد، ولی برهمکنش آن‌ها بر این صفت غیرمعنادار بود (جدول ۳). با اعمال قطع آبیاری تعداد دانه در خورجین کاهش یافت. اما از لحاظ آماری تعداد دانه در خورجین در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه تفاوت معناداری دیده نشد، بیشترین میزان تعداد دانه در خورجین، مربوط به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کمترین آن، مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ در گیاه می‌شود و در نهایت فتوسنتز کاهش یافته و سبب کاهش تعداد دانه در خورجین شده است. محلول پاشی نانو کلات آهن و روی تعداد دانه در خورجین را نسبت به تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) افزایش داد (جدول ۶). بیشترین تعداد دانه در خورجین به محلول پاشی ترکیب نانو کود کلات روی و آهن و کمترین آن به محلول پاشی با آب (شاهد) تعلق داشت. در این بررسی تعداد دانه در خورجین با صفات شاخص برداشت و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۷).

**تعداد خورجین در بوته:** بر طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) آثار اصلی تنش قطع آبیاری و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنادار شد ولی برهمکنش آنها غیرمعنادار بود. قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل تعداد خورجین در بوته را بیشتر از تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه کاهش داد (جدول ۵). بیشترین تعداد خورجین در بوته (۱۸۴) خورجین در بوته) مربوط به مرحله آبیاری در کل دوره رشد و کمترین آن (۱۲۳ خورجین در بوته) مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل بود. به عبارتی تیمار شاهد دارای بیشترین تعداد خورجین در بوته بود که با تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه اختلاف معناداری نداشت. هر چند که با کاربرد محلول پاشی تعداد خورجین در بوته افزایش یافت ولی این افزایش از لحاظ آماری معنادار نبود (جدول ۶). به نظر می‌رسد قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل باعث عدم تلقیح گل و تا حدودی افزایش درصد خورجین‌های سقط شده و ریزش خورجین‌ها شد. همچنین تنش خشکی در مرحله ظهور جوانه گل موجب کاهش چشمگیر تعداد خورجین در بوته شد که دلیل آن احتمالاً نقصان در تولید و عرضه مواد فتوسنتزی در زمان وقوع تنش و کمبود عرضه مواد فتوسنتزی برای تخصیص مناسب به خورجین‌های تولید

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های آثار اصلی سطوح مختلف محلول‌پاشی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

سطوح محلول‌پاشی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	عملکرد دانه (Kg ha <sup>-1</sup> )	وزن خشک گیاه (Kg ha <sup>-1</sup> )	شاخص برداشت (درصد)	میزان روغن دانه (درصد)
محلول‌پاشی با آب	۱۳۴/۲b	۲۶/۲a	۲۹۱۱ b	۷۸۷۸ b	۳۹/۴ a	۴۰/۹b
محلول‌پاشی نانو روی	۱۶۷/۰a	۲۵/۳ab	۲۹۳۹ ab	۹۵۵۵ a	۳۱/۷ a	۴۱/۳b
محلول‌پاشی نانو آهن	۱۵۸/۴ a	۲۳/۷ab	۳۱۹۹ a	۸۹۱۴ a	۳۴/۴ a	۴۲/۵ab
محلول‌پاشی نانو روی و آهن	۱۶۶/۵a	۲۳/۰b	۳۱۴۱ a	۹۶۱۲ a	۳۱/۶ a	۴۴/۳a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر ندارند.

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی کلزا در آزمایش

صفات مورد بررسی	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱. عملکرد دانه	۱					
۲. وزن هزار دانه	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۱				
۳. تعداد خورجین در بوته	۰/۶۵ <sup>*</sup>	۰/۷۱ <sup>**</sup>	۱			
۴. تعداد دانه در خورجین	۰/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۷۸	۱		
۵. وزن خشک گیاه	۰/۷۰ <sup>*</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	-۰/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۶۰ <sup>*</sup>	۱	
۶. شاخص برداشت	۰/۶۱ <sup>*</sup>	۰/۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	-۰/۴۳ <sup>*</sup>	۱
۷. ارتفاع بوته	۰/۶۵ <sup>*</sup>	۰/۷۴ <sup>**</sup>	۰/۵۲ <sup>ns</sup>	۰/۷۶ <sup>**</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>

ns و \* و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم معناداری، معنادار در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد است.

وزن هزار دانه را در پی دارد. همچنین تنش خشکی انتقال مواد غذایی را از برگ‌ها و مخازن به دانه‌ها کاهش می‌دهد. **عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی قرار گرفت ولی برهمکنش تیمار تنش خشکی و محلول‌پاشی برای این صفت معنادار نبود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۳۳۳۲) کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری در کل دوره رشد (شاهد) و کمترین آن (۲۶۰۷) کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه بدست آمد (جدول ۵). با قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و قطع آبیاری

**وزن هزار دانه:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر معنادار بودن برهمکنش آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و محلول‌پاشی همزمان نانو روی و نانو آهن و کمترین وزن هزاردانه به تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و محلول‌پاشی نانو کلات روی تعلق داشت، به طوری که بیش از ۴۱ درصد اختلاف را نشان داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد این کاهش از آنجا ناشی می‌شود که تنش خشکی منجر به کاهش عرضه مواد فتوسنتز در گیاه شده و کاهش



در مرحله تشکیل دانه عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۳ درصد و ۲۲ درصد کاهش یافت (جدول ۵). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را متأثر از کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع بوته و وزن خشک گیاه دانسته اند [۶]. بیشترین میزان عملکرد دانه به تیمار محلول پاشی توأم نانو کلات آهن و روی و کمترین میزان عملکرد دانه به تیمار محلول پاشی با آب تعلق داشت. محلول پاشی نانو کود کلات روی و آهن در این آزمایش باعث تأمین این عناصر برای گیاه کلزا و افزایش عملکرد شد (جدول ۶). عنصر روی می تواند اثر مطلوبی بر فعالیت های فتوسنتزی برگ ها داشته باشد و باعث انتقال بهتر مواد فتوسنتزی شود [۲۵]. در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریزمغذی ها در گیاهان با سهولت بیشتری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش خشکی اثر ریزمغذی ها بر عملکرد بیشتر باشد. در این بررسی عملکرد دانه با صفات تعداد خورجین در بوته، وزن خشک گیاه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته، همبستگی مثبت و معنادار داشت (جدول ۷).

**وزن خشک گیاه:** نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که میزان وزن خشک گیاه تحت تأثیر تیمار آبیاری و محلول پاشی قرار گرفت ولی برهم کنش تیمار آبیاری و محلول پاشی برای این صفت معنادار نبود (جدول ۳). تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه میزان وزن خشک گیاه را نسبت به تیمار آبیاری در کل دوره رشد (شاهد) به ترتیب ۶ درصد و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۵). این موضوع نشان دهنده آثار سوء تنش خشکی بر وزن خشک گیاه کلزا است. تنش خشکی با کاهش سطح برگ کلزا سبب افت میزان فتوسنتز شده و در نتیجه باعث کاهش وزن خشک گیاه می شود [۲۴]. وزن خشک گیاه تحت تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن قرار گرفت و نسبت به تیمار محلول

پاشی با آب ۳۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). در این بررسی وزن خشک گیاه با صفات، عملکرد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته همبستگی معناداری داشت (جدول ۷).

**شاخص برداشت:** در این بررسی شاخص برداشت به طور معناداری تحت تأثیر آبیاری و محلول پاشی قرار گرفت. اثر برهم کنش آبیاری و محلول پاشی بر شاخص برداشت معنادار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان شاخص برداشت متعلق به تیمار آبیاری در کل دوره رشد (شاهد) و کمترین آن متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه بود (جدول ۵). محلول پاشی عناصر ریزمغذی کلات آهن و روی بر صفت شاخص برداشت متفاوت بود. بیشترین تأثیر محلول پاشی، مربوط به محلول پاشی کلات آهن بود و کمترین آن متعلق به تیمار محلول پاشی کلات روی بود (جدول ۶). در این بررسی شاخص برداشت با صفات وزن خشک گیاه و عملکرد دانه همبستگی معناداری داشت. شاخص برداشت رابطه مستقیم با عملکرد دانه و رابطه معکوس با عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۷).

**درصد روغن دانه:** نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر آبیاری و محلول پاشی بر میزان درصد روغن دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد به ترتیب معنادار شد. اثر برهم کنش آبیاری و محلول پاشی بر میزان درصد روغن دانه معنادار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان روغن به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کمترین آن به تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه تعلق داشت (جدول ۵). درصد روغن دانه نیز تحت تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن قرار گرفت و نسبت به تیمار محلول پاشی با آب هفت درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). استفاده از عناصر ریزمغذی آهن و روی هر چند اثر پوشاننده دارند، ولی مصرف این عناصر سبب افزایش وزن زیست توده گیاهی گشته و در نتیجه، موجب افزایش تولید

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان *Ocimum basilicum*.  
مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی - ملکولی. ۱(۴):  
۸۹-۹۸.

۳. شیرانی‌راد، نعیمی م و نصراصفهان‌ش (۱۳۸۹)  
ارزیابی تحمل به خشکی انتهایی در ارقام بهاره و  
پاییزه کلزا. مجله علوم زراعی ایران. ۱۲(۲): ۱۱۲-  
۱۲۶.

۴. جمشیدی ن، شیرانی‌راد ا ح، تخت‌چین ف، ناظری پ  
و غفاری م (۱۳۹۱) ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش  
خشکی. مجله علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان  
زراعی. ۲۳(۳): ۳۲۳-۳۳۸.

۵. حسینی ز (۱۳۶۹) روش‌های متداول در تجزیه مواد  
غذایی. انتشارات مرکز نشر دانشگاه شیراز، شیراز.  
۱۲۰ صفحه

۶. دادپور م و خودشناس م ع (۱۳۸۵) ارزیابی اثرات تنش  
آبی در کلزا. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی. ۴:  
۸۴۶-۸۵۲.

۷. رزازی ع، لبافی م ر، مهربابی ز و نظران م ح (۱۳۸۹)  
تأثیر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد زعفران (*Crocus*  
*sativus* L.) مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم  
زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲-۴ مردادماه، دانشگاه  
شهید بهشتی تهران، تهران. ۲۵۰۵-۲۵۰۷.

۸. سعیدی ق و صدقی آ (۱۳۸۷) تأثیر بعضی از عناصر  
غذایی پرمصرف و کم مصرف بر عملکرد دانه، میزان  
روغن و سایر صفات زراعی دو رقم کلزا (*Brassica*  
*napus* L.) در اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی  
و منابع طبیعی. ۱۲(۴۵): ۷۷-۸۸.

۹. عزیزی م، سلطانی ا و خاوری خراسانی س (۱۳۷۸)  
کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی

هیدروکربن و در نهایت افزایش درصد روغن در دانه  
می‌شود [۱۵]. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که مصرف  
آهن باعث افزایش درصد روغن در کلزا شده است [۸]. در  
تحقیقاتی دیگر نشان داده شد که محلول پاشی روی در کلزا  
درصد روغن را به طور معناداری افزایش داد [۱۲، ۱۳ و  
۱۵]. احتمالاً کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی  
از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شود که منجر به خسارات شدید  
و گسترده به غشای لپیدی می‌شود، از این رو کمبود عنصر  
روی می‌تواند باعث کاهش میزان روغن شود. در تحقیقی  
دیگر نیز نشان داده شد که تنش خشکی در مرحله زایشی  
کلزا باعث کاهش درصد روغن دانه شد [۱۴].

**نتیجه گیری:** نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد با  
قطع آبیاری در مرحله ظهور جوانه گل و قطع آبیاری در  
مرحله تشکیل دانه عملکرد دانه، اجزای عملکرد، در صد  
روغن دانه و وزن خشک گیاه و شاخص برداشت کاهش  
یافت. برهمکنش اثر قطع آبیاری و محلول پاشی بر ارتفاع  
بوته و وزن هزار دانه معنادار بود. محلول پاشی نانو کود  
کلات آهن و نانو روی و به ویژه محلول پاشی همزمان  
کلات نانو روی و نانو آهن در مراحل ابتدای ساقه رفتن و  
شروع گل دهی موجب بهبود عملکرد دانه و وزن خشک  
گیاه در شرایط تنش خشکی با قطع آبیاری شد. در نتیجه  
محلول پاشی این عناصر تحت شرایط تنش خشکی برای  
کلزا رقم هایولا ۳۰۸ توصیه می‌شود.

#### منابع

۱. احمدی ک، قلی‌زاده ح، عبادزاده ح، حاتمی ف،  
فضلی‌استبرق م، حسین‌پور ر، کاظمیان آ و رفیعی م  
(۱۳۹۵) آمارنامه کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی،  
مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. تهران. ۱۶۳ صفحه.
۲. پیوندی م، پرنده ه و میرزا م (۱۳۹۰) مقایسه تأثیر نانو  
کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت

- growth and development of mungbean. International Journal of Agronomy and Plant Production. 3:599-607.
17. Lambers H, Chapin FS and Pons TL (2008) Plant physiology ecology, 2<sup>nd</sup> edition Springer, New York.
18. Marshener P (2012) Marshener's mineral nutrition of higher of plants. Academic London, London.
19. Monica RC and Cremonini R (2009) Nanoparticles and higher plants. Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics. 6: 161-165.
20. Pandey AC, Sanjay SS and Yadav RS (2010) Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. Journal of Experimental Nano Science. 5:488-497.
21. Prasad TN, Sudhakar P, Sreenivasulu Y, Latha, Munaswamy P, Raja V, Reddy R, Sreep rasad TS, Sajanlal P and Pradeep T (2012) Effect of Nano scales zinc oxid on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition. 35: 905-927.
22. Sanches-Rodrigues E, Rubio-Welhelmi MD, Cervilla LM, Blasco B, Rios JJ, Leyva R, Romero L and Ruiz JM (2010) Study of the ionome and uptake fluxes in cherry tomato plants under moderate water stress conditions. Plant Soil. 335:339-347.
23. Turhan H and Baser I (2004) In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.). Helia, 27: 227-23.
24. Wright PR, Morgan JM, Jessop RS and Gass A (1995) Comperative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) to soil water deficit: yield and yield components. Field Crop Research. 42: 1-13.
- (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی فردوسی مشهد، مشهد. ۲۳۰ صفحه.
۱۰. کافی م، زند ا، کامکار ب، عباسی ف، مهدوی دامغانی م و شریفی ح ر (۱۳۹۰) فیزیولوژی گیاهی جلد اول (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۱۱. کیخاغ، فنایی ج، پل شکن م، اکبری مقدم ع و سروانی ف (۱۳۸۴) بررسی اثر محلول پاشی عناصر روی، بور و آهن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم و خاک ایران. ۶-۹ شهریور ماه، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران. ۱۴۹-۱۵۳.
۱۲. مرشدی آ و نقیسی ح (۱۳۸۳) بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی مس و روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه کلزا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۳: ۱۵-۲۲.
13. Bybordi A and Malakouti MJ (2007) Effects of zinc fertilizer on the yield and quality of two winter varieties of canola. Zinc crops. Proceeding of the International Congress of Improving Crop Production and Human Health, 24-26 May. Istanbul, Turkey. 1-2.
14. Edvards J and Hartel K (2011) Canola Growth and Development. Department of Primary Industries, State of New South Wales Through, Sydney, Australia.
15. Grewal HS and Graham R (1999) Residual effect of subsoil zinc and oilseed rape genotype on the grain yield and distribution of zinc in wheat. Plant and Soil. 207:29-36.
16. Lalinia AA, Marefatzadeh Khamenh M, Galostian M, Majnoon Hoseini N and Esmailzade Bahabadi S (2012) Echophysiological impact of water stress on

25. Yang F, Hong W, You J, Liu C, Gao FQ, Wu C and Yang P (2006) Influences of nanoanatas Tio on the nitrogen metabolism of growing spinach. Biological Trace Element Research. 110: 179-190.
26. Zhu H, Han JJ, Xiao Q and Jin Y (2008) Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring. 10: 713-717.



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 1 ■ Spring 2018

### Effect of foliar application of nano-iron and zinc chelated on yield, yield components and harvest index of canola under drought stress conditions

*Tahereh Ardashiri<sup>1</sup>, Shahrokh Jahanbin<sup>2\*</sup>*

1. M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

Received: November 22, 2016

Accepted: April 21, 2018

#### Abstract

To evaluate the effect of foliar application of nano iron and zinc chelated fertilizer on yield and agronomic characteristics of canola (*Brassica napus* L.) cv Hyola 308 hybrid under drought stress, an experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in Ramhormoz, Khuzestan province in 2012 growing season. Main plots consisted of three levels of irrigation: irrigation in the whole the growing season (control), irrigation cut at the green bud stage and irrigation cut at the seed formation stage and foliar application treatment at the beginning of stem elongation and flowering as subplots consisted of four levels: sprayed with water(control), foliar application with Nano-zinc, foliar application with nano-iron, foliar application composition with nano-zinc and nano-iron (each of them was a concentration of two per thousand). The results showed that cut irrigation in reproductive growth stage decreased the grain yield (18%), biological yield (6%) and harvest index (14%). Plant height and the weight of one thousand seeds were influenced by the interaction of irrigation and spray. Most of the seed oil content (45.2%), the weight of one thousand seeds (4.13 g) and plant height (106.5 cm) were related to the irrigation treatment in whole growth stages and foliar application of nano iron and zinc chelate combination. Spraying plants with nano chelate iron and zinc improved plant tolerance and increased yield in drought stress condition in relation to spray by water (control).

**Keywords:** biological yield, hyola 308, irrigation withholding, plant height, seed oil.