

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

قدرت‌اله سعیدی* و آزاده صدقی^۱

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۱۴)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر جداگانه و توأم عناصر غذایی N، P، K، Fe، Zn و Mn بر عملکرد دانه و دیگر صفات زراعی کلزا (*Brassica napus* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۸۵ اجرا گردید. در این آزمایش که به‌صورت کرت‌های خرد شده انجام شد، تأثیر یازده تیمار کودی به‌عنوان فاکتور اصلی بر صفات زراعی دو رقم کلزا شامل اکاپی و زرفام به‌عنوان فاکتور فرعی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد که هیچ‌کدام از تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری را بر تعداد روز تا رسیدگی نداشتند. استفاده از Fe + NPK به‌طور معنی‌داری موجب افزایش ارتفاع بوته در هر دو رقم گردید. اثر تیمارهای کودی بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. تیمارهای کودی N، P، K، NP، NK و به‌طور معنی‌دار موجب افزایش وزن هزار دانه در رقم اکاپی شد، ولی Fe + NPK موجب کاهش معنی‌دار این صفت و افزایش غیر معنی‌دار تعداد دانه در غلاف در رقم زرفام گردید. تیمارهای کودی N، NPK و Fe + NPK نیز به‌ترتیب موجب افزایش ۱۳، ۷ و ۴۳ درصد عملکرد دانه گردید. براساس متوسط دو رقم، استفاده از نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن دانه شد ولی اثر متقابل معنی‌دار بین ارقام و تیمارهای کودی نشان داد که استفاده از N و K موجب کاهش معنی‌دار درصد روغن در رقم زرفام گردید. تیمارهای کودی N، NPK و Fe + NPK تأثیر بیشتری را بر درصد روغن دانه و عملکرد روغن داشتند، به‌طوری‌که میانگین درصد روغن دانه و عملکرد روغن در تیمارهای شاهد، N، NPK و Fe + NPK به‌ترتیب برابر ۳۹/۷، ۴۱/۷، ۳۹/۴ و ۳۹/۸ درصد و ۶۸۱/۱، ۸۱۶/۴، ۷۳۰/۲ و ۹۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار بود که نشان می‌دهد استفاده از N و Fe موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در هر دو رقم شده است. استفاده از کودهای دارای Zn و Mn نیز اثر معنی‌داری را بر عملکرد و میزان روغن دانه نداشت. در این مطالعه تغییرات عملکرد دانه و روغن اساساً و به‌ترتیب ناشی از تغییرات تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه بود. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد استفاده از N و Fe در شرایط اقلیمی و خاکی مشابه با این منطقه می‌تواند از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت و موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در کلزا شود.

واژه‌های کلیدی: کلزا، عناصر غذایی، عملکرد دانه، روغن دانه

مقدمه

اقلیمی است. دانه کلزا دارای ۲۵ تا ۵۵ درصد روغن، ۱۸ تا ۲۴ درصد پروتئین و ۱۲ تا ۲۰ درصد پوسسته است (۲)، بنابراین دو فراورده مهم آن روغن و کنجاله حاصل از روغن کشتی دانه‌ها

کلزا (*Brassica napus* L.) به‌عنوان یکی از گیاهان دانه روغنی مهم در مناطق معتدل دارای طیف نسبتاً وسیعی از سازگاری

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: gsaeidi@cc.iut.ac.ir

روغن دانه، ولی استفاده هم زمان آنها موجب افزایش این صفات در کلزا شده (۱۰ و ۱۲) و عملکرد مطلوب در شرایط مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شده است (۱۰). در مطالعه دیگری استفاده از کودهای شیمیایی دارای نیتروژن، فسفر و گوگرد تأثیر معنی داری را بر درصد روغن دانه کلزا نداشته است (۹). نتایج بررسی تأثیر مقادیر صفر تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و صفر تا ۳۴ کیلوگرم فسفر بر عملکرد دانه کلزا در مناطق مختلف در کشور استرالیا نیز نشان داد که افزودن نیتروژن و یا فسفر به خاک در بعضی مناطق موجب افزایش عملکرد دانه و یا درصد روغن دانه شده و در بعضی مناطق تأثیری بر این صفات نداشته است (۱۱). در بعضی از مطالعات دیگر نیز استفاده از نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه (۸ و ۱۸)، کاهش درصد روغن دانه (۱۸) و یا کاهش تعداد غلاف در بوته (۱۵) در کلزا شده است. استفاده از کودهای فسفره در کلزا نیز موجب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه (۱۳ و ۱۵) و مصرف عنصر بر موجب افزایش عملکرد دانه کلزا شده است (۲۰).

با توجه به این که توسعه و ترویج کشت کلزا در سال‌های اخیر در کشور از جمله منطقه اصفهان بسیار مورد توجه قرار گرفته، ولی اطلاعات کافی در مورد نیازهای کودی این گیاه در منطقه موجود نمی‌باشد، در ضمن استفاده از کودهای شیمیایی و پاسخ گیاهان به آنها نیز بسیار تابع شرایط محیطی و رقم می‌باشد، بنابراین این آزمایش با هدف بررسی تأثیر بعضی از عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بر عملکرد دانه و روغن و برخی دیگر از صفات زراعی در دو رقم کلزا انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تأثیر یازده تیمار کودی (جدول ۱) بر عملکرد دانه و دیگر صفات زراعی دو رقم کلزا شامل اکاپی و زرفام و به شکل کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش تیمارهای کودی به‌عنوان فاکتور اصلی و ارقام به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر

است. بعضی از ارقام کلزا که در گروه کانولا قرار دارند، دارای کمتر از ۳۰ میکرومول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله بوده و روغن دانه آنها دارای مقدار زیادی اسیدهای چرب غیر اشباع و حدود ۲ درصد یا کمتر اسید اروسیک می‌باشند و روغن آنها به‌صورت خوراکی مصرف می‌شود (۲). روغن کلزا در صنایع مختلف از جمله صابون‌سازی و تولید مواد دارویی و آرایشی نیز استفاده دارد و کنجاله آن با حدود ۴۴ - ۳۴ درصد پروتئین جهت تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود.

افزایش تولید در واحد سطح و کیفیت محصولات زراعی از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت بسیار است و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت رسیدن به این مهم می‌باشد (۴). بعضی عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقادیر نسبتاً زیادی مورد نیاز گیاه هستند و در صورت کمبود آنها تولید محصول کاهش می‌یابد (۱ و ۱۷). عناصر غذایی کم مصرف همانند روی و آهن نیز برای رشد گیاهان ضروری هستند و در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارند و کمبود آنها می‌تواند موجب عدم توازن عناصر غذایی در گیاه و نهایتاً کاهش کمیت و کیفیت محصول را به دنبال داشته باشد (۱).

گیاه کلزا نیاز نسبتاً زیادی به نیتروژن دارد، ولی عکس‌العمل آن به کود، بستگی به شرایط محیطی از جمله شرایط آب و هوایی منطقه، نوع خاک، رطوبت خاک و هم‌چنین ژنوتیپ دارد (۱۶)، بنابراین برای افزایش تولید دانه کلزا، مدیریت صحیح زراعی خصوصاً تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه دارای اهمیت زیادی است.

بررسی تأثیر عناصر غذایی و مصرف کودهای شیمیایی در گیاه کلزا موضوع تحقیقات متعددی در دنیا بوده است، به‌طوری‌که در یک پژوهش استفاده هم‌زمان کودهای دارای نیتروژن و فسفر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه آن شده است (۶). هم‌چنین استفاده از کودهای شیمیایی دارای گوگرد و یا نیتروژن به‌صورت جداگانه موجب کاهش عملکرد و میزان

جدول ۱. تیمارهای کودی مورد استفاده در آزمایش کلزا

تیمار	عناصر مورد استفاده	شرح تیمار کودی	زمان و نحوه مصرف کود
T _۱	شاهد	عدم استفاده از هر نوع کود شیمیایی	_____
T _۲	N	۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره	یک سوم قبل از کاشت با خاک مخلوط شد و دو سوم باقی مانده نیز در مرحله شروع گل دهی به صورت سرک مصرف شد.
T _۳	P	۲۳ کیلوگرم اکسید فسفر از منبع فسفات تریپل	قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.
T _۴	K	۴۸ کیلوگرم اکسید پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم	قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.
T _۵	N+P	T _۲ + T _۳	همانند T _۲ و T _۳
T _۶	N+K	T _۲ + T _۴	همانند T _۲ و T _۴
T _۷	P+K	T _۳ + T _۴	همانند T _۳ و T _۴
T _۸	NPK	T _۲ + T _۳ + T _۴	همانند T _۲ ، T _۳ و T _۴
T _۹	NPK+Fe	۵۰ Kg/ha کود آهن (سکسترون) به میزان ۵۰ Kg/ha	همانند T _۸ و سکسترون نیز قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.
T _{۱۰}	NPK+Fe+Zn	T _۹ + سولفات روی به میزان ۲۰ Kg/ha	همانند T _۹ و سولفات روی نیز قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.
T _{۱۱}	NPK + Fe+Zn+Mn	T _{۱۰} + سولفات منگنز به میزان ۳۰ Kg/ha	همانند T _{۱۰} و سولفات منگنز نیز قبل از کاشت با خاک مخلوط شد.

گرفته شد. هر کرت آزمایشی فرعی شامل پنج ردیف کاشت به فواصل ردیف ۴۰ سانتی متر بود. در هر ردیف نیز بذر به اندازه کافی و به صورت خشکه کاری کشت گردید و پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، فواصل بوته‌ها با تنک کردن به ۴ تا ۶ سانتی متر تنظیم شد.

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ و در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، واقع در لورک نجف‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) انجام شد. طبق طبقه‌بندی کوپن، منطقه آزمایش دارای اقلیم خشک، بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک است (۳). خاک مزرعه از گروه تیپیک هاپل آرجید (Typic Haplargid) و دارای بافت لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب و pH ۷/۶ است. نتایج تجزیه عناصر خاک و خصوصیات خاک مزرعه در جدول ۲ نشان داده شده است.

به منظور تهیه بستر بذر، زمین محل آزمایش که در سال قبل آیش بود، در پاییز شخم و قبل از کاشت چند بار دیسک زده شد. کلیه تیمارهای کودی و یک سوم از کود اوره در هر تیمار قبل از کاشت به خاک اضافه و با آن مخلوط شد (جدول ۱). بقیه کود اوره در هر تیمار کودی در شروع مرحله به ساقه رفتن به صورت سرک مصرف گردید. برای یک‌نواختی در توزیع کودهای شیمیایی در هر کرت آزمایشی، مقادیر کود مورد نظر با ماسه نرم مخلوط و سپس به آرامی و به صورت دستی در کرت‌ها پاشیده شد و سپس با خاک مخلوط گردید. آبیاری به صورت سطحی و تا زمان استقرار گیاهچه‌ها هر ۴ روز یکبار و طی فصل رشد و بسته به نیاز گیاه با فواصل ۱۱-۸ روز انجام شد.

به منظور کنترل علف‌های هرز، قبل از کاشت علف‌کش تریفلورالین (Trifluralin) به مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار با خاک مخلوط شد. در طی مراحل اجرای آزمایش نیز به صورت دستی با علف‌های هرز باقی‌مانده مبارزه گردید. به منظور کنترل آفات مکنده مانند شته‌ها از سم متاسیتوکس و با غلظت ۱/۵ در هزار و چند بار سمپاشی طی دوره رشد گیاه استفاده شد. در هر کرت آزمایشی، تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن،

تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی (زمانی که حدوداً نیمی از بوته‌های هر کرت به گل رفته بودند) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، به صورت مشاهده‌ای تعیین گردید. رسیدگی فیزیولوژیک زمانی منظور گردید که تقریباً غلاف‌های ۵۰ درصد بوته‌ها در هر کرت به رنگ سبز-قهوه‌ای بودند و دانه‌ها در اثر فشردن بین انگشتان دست له نشده به راحتی می‌چرخیدند (۲). ارتفاع بوته، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه نیز برای هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته از سطح زمین تا انتهای ساقه اصلی بوته‌ها به صورت تصادفی در چند محل از هر کرت اندازه‌گیری و میانگین آن برای آن کرت منظور گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، سه ردیف وسط هر کرت برداشت، خرمن‌کوبی و بوجاری شد و سپس عملکرد دانه به صورت کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد، هنگام برداشت نهایی نیز تعداد ۱۰ بوته تصادفی از ردیف‌های وسط هر کرت آزمایشی و با رعایت حاشیه برداشت و سپس صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه در بوته برای هر کرت آزمایشی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. درصد روغن دانه نیز با استفاده از روش سوکسله تعیین و عملکرد روغن در واحد سطح از طریق حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها و در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده گردید. به منظور بررسی روابط بین صفات نیز، ضرایب هم‌بستگی بین آنها محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری را بر صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی نداشتند، ولی تأثیر آنها بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین تعداد روز از کاشت تا رسیدگی در تیمارهای کودی مختلف

جدول ۲. میانگین و خطای استاندارد عناصر موجود در خاک محل آزمایش (متوسط ۶ نمونه)

ماده آلی	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیترژن (N) (%)	منگنز (Mn) (mg/kg)	روی (Zn) (mg/kg)	آهن (Fe) (mg/kg)	عمق خاک (سانتی متر)
۰/۸۳ ± ۰/۰۷	۲۱۵ ± ۱۴	۱۷/۳ ± ۰/۴۵	۰/۵۵ ± ۰/۰۰۱	۴۹۰ ± ۰/۸۳	۲/۰ ± ۰/۰۴	۸۵ ± ۰/۲۵	۰-۳۰
۰/۶۷ ± ۰/۰۸	۱۶۹ ± ۲۵	۱۱/۵ ± ۰/۴۳	۰/۰۴۶ ± ۰/۰۰۳	۴/۶ ± ۰/۰۰۹	۱/۴ ± ۰/۰۱۸	۶۷ ± ۰/۴۵	۳۰-۶۰

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف

عملکرد روغن	درصد روغن	عملکرد دانه	عملکرد دانه در بوته	وزن ۱۰۰۰ دانه	غلظت	تعداد غلاف	تعداد غلاف در بوته	غلظت بوته	ارتفاع بوته	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا سبز شدن	درجه آزادی	منابع تغییرات
														تکرار
۱۲۹۱۰ ^{NS}	۱۶/۵۹ ^{**}	۱۱۷۲۳۰ ^{NS}	۲۳۴/۰۵ ^{**}	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۹۱ ^{NS}	۲۹۸۷۰/۷۵ ^{**}	۶۷۶/۸۰ ^{**}	۶/۰۱ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۲۷/۴۲ ^{**}	۲	۲	۲	تکرار
۸۴۸۱۶ ^{NS}	۱۱/۴۶ ^{**}	۵۲۹۹۴۱ ^{NS}	۹/۵۲ ^{NS}	۰/۱۲ ^{NS}	۷/۸۰ ^{NS}	۱۰۴۸/۴۵ ^{NS}	۲۴۷/۶۶ ^{**}	۷/۲۵ [*]	۳/۵۳ ^{NS}	۲/۸۷ ^{NS}	۱۰	۱۰	۱۰	تیمار کودی (T)
۶۴۱۵۲	۲/۷۰	۳۸۰۰۳۱	۹/۹۶	۰/۱۰	۸/۱۶	۹۲۶/۴۳	۹۹/۸۴	۲/۹۰	۲/۱۹	۲/۱۴	۲۰	۲۰	۲۰	خطای a
۱۶۱۰۰ ^{NS}	۳/۴۴ ^{NS}	۴۹۸۱۴ ^{NS}	۳۲/۳۱ ^{NS}	۶/۰۹ ^{**}	۱۵۰/۶۷ ^{**}	۳۴۵۰/۳۸ ^{NS}	۴۲۵/۶ [*]	۰/۵۴ ^{NS}	۱۶۸۰/۱۴ ^{**}	۲/۱۸ ^{NS}	۱	۱	۱	رقم (V)
۴۰۷۴۱ ^{NS}	۱۳/۵۹ [*]	۲۲۹۲۳۱ ^{NS}	۶/۶۳ ^{NS}	۰/۱۱ [*]	۳/۹۲ ^{NS}	۷۲۵/۲۱ ^{NS}	۹۸/۰۸ ^{NS}	۱/۷۴ ^{NS}	۲/۱۰ ^{NS}	۱/۲۸ ^{NS}	۱۰	۱۰	۱۰	V * T
۳۰۱۶۶	۵/۰۱	۱۶۰۶۹۶	۷/۷۴	۰/۰۴	۳/۴۲	۹۶۸/۱۶	۶۸/۶۸	۲/۴۵	۲/۰۱	۱/۲۷	۲۲	۲۲	۲۲	خطای b

** * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
 و
 NS: معنی دار نمی باشد.

از لحاظ تعداد دانه در غلاف تنوع زیاد و معنی‌داری بین تیمارهای کودی مشاهده نشد و دامنه تغییرات آن بین ۲۰/۸ تا ۲۴/۰ عدد بود (جدول ۴). مقایسه دو رقم نیز نشان داد که رقم اکاپی به‌طور معنی‌دار دارای تعداد دانه در غلاف بیشتری (۱۴/۸٪) نسبت به رقم زرفام بود (جدول ۴).

اثر رقم و اثر متقابل آن با تیمارهای کودی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۳) و رقم زرفام دارای میانگین وزن هزار دانه بیشتری نسبت به رقم اکاپی بود (جدول ۴). اثر متقابل معنی‌دار بین تیمارهای کودی و ارقام برای وزن هزار دانه (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای کودی $T_2(N)$ ، $T_3(P)$ ، $T_4(K)$ ، $T_5(N+P)$ و $T_6(N+K)$ نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش معنی‌دار این صفت در رقم اکاپی شدند و تیمار کودی $T_8(NPK)$ کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه و افزایش غیر معنی‌دار تعداد دانه در غلاف را در رقم زرفام موجب شد (جدول ۵). تأثیر معنی‌دار استفاده از عناصر غذایی و هم‌چنین رقم بر وزن دانه کلزا در مطالعات دیگر نیز گزارش شده، به نحوی که استفاده از کود دارای فسفر (۱۳) و نیتروژن (۱۶) موجب افزایش وزن دانه شده و ارقام مختلف کلزا از لحاظ وزن هزار دانه دارای تفاوت معنی‌دار بوده‌اند (۱۶).

عملکرد دانه در بوته و در واحد سطح برای تیمارهای کودی به‌ترتیب بین ۷/۸۸ تا ۱۱/۷۸ گرم و ۱۴۱۴ تا ۲۴۶۸ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و کمترین و بیشترین میانگین این دو صفت به‌ترتیب به تیمارهای کودی $T_4(K)$ و T_9 و $T_6(NPK+Fe)$ اختصاص داشت (جدول ۴)، به‌طوری‌که تیمار کودی T_9 نسبت به شاهد دارای ۴۳ درصد عملکرد دانه در واحد سطح بیشتر بود (جدول ۴). با توجه به این‌که تفاوت زیادی بین تیمار کودی $T_8(NPK)$ و شاهد از لحاظ عملکرد دانه نبود، به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه در تیمار کودی $NPK+Fe$ بیشتر به دلیل افزودن آهن به خاک باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اضافه نمودن عناصر غذایی P ، K ، Zn و Mn به خاک تأثیر معنی‌دار و زیادی بر عملکرد دانه کلزا نداشت (جدول ۴). اضافه نمودن عناصر N و Fe به خاک

به‌ترتیب بین ۲۵۰/۳ تا ۲۵۳/۸ روز تغییرات نشان داد، به‌طوری‌که کمترین آن در تیمارهای کودی $T_9(NPK+Fe)$ و $T_{11}(NPK+Fe+Zn+Mn)$ و بیشترین آن در $T_6(N+K)$ مشاهده گردید (جدول ۴). در مطالعات دیگر نیز استفاده از عناصر غذایی دارای تأثیر معنی‌دار بر صفت تعداد روز تا رسیدگی بودند (۱۶) و استفاده از نیتروژن و فسفر در بعضی مناطق موجب تأخیر بسیار کم در رسیدگی کلزا شده است (۶). رقم زرفام به‌طور معنی‌داری زودتر از رقم اکاپی به مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی رسید، ولی از لحاظ تعداد روز تا رسیدگی تفاوتی نداشتند (جدول ۴).

ارتفاع بوته تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودی و رقم قرار گرفت، ولی اثر متقابل بین آنها برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). کمترین ارتفاع بوته (۱۰۲/۸ سانتی‌متر) و بیشترین آن (۱۲۳/۴ سانتی‌متر) به‌ترتیب در تیمارهای کودی $T_9(K)$ و $T_9(NPK+Fe)$ مشاهده شد، ولی تنها تیمار کودی T_9 نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (جدول ۴). از لحاظ ارتفاع بوته نیز رقم زرفام به‌طور معنی‌داری میانگین بیشتری نسبت به رقم اکاپی داشت (جدول ۴). وجود تفاوت معنی‌دار از لحاظ ارتفاع بوته بین ارقام و هم‌چنین تأثیر معنی‌دار کودهای نیتروژنه بر ارتفاع بوته کلزا در بررسی‌های دیگر نیز گزارش شده است (۱۶).

اثر تیمارهای کودی بر صفت تعداد غلاف در بوته از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، ولی میانگین این صفت تغییرات نسبتاً زیادی را در بین تیمارهای کودی نشان داد، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۸۹/۳ و ۱۳۳/۶ و به تیمارهای کودی $T_4(K)$ و $T_9(NPK+Fe)$ تعلق داشت و تیمار شاهد نیز دارای میانگین تعداد غلاف در بوته برابر ۱۰۷/۷ بود (جدول ۴). ولی تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودی بر تعداد غلاف در بوته در مطالعات دیگر مشاهده و استفاده از نیتروژن موجب افزایش تعداد غلاف در بوته کلزا شده است (۵ و ۱۶) که با نتایج این مطالعه تطابق ندارد. از لحاظ تعداد غلاف در بوته نیز تفاوت معنی‌داری بین دو رقم دیده نشد (جدول ۴).

جدول ۴. میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف و ارقام اکابی و زرقام

عملکرد روغن (Kg/ha)	درصد روغن دانه	عملکرد دانه (Kg/ha)	عملکرد دانه در بوته (g)	وزن ۱۰۰۰ غلاف دانه در غلاف	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	ارتفاع بوته (cm)	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد روز تا رسیدگی	عامل آزمایشی
۶۸۱/۱	۳۹/۷ ^{bcd}	۱۷۲۵	۹/۷۳	۳/۸۴	۲۳/۲	۱۰۷/۷	۱۱۰/۶ ^{bcd}	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۸۱/۲	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۸۱/۲	۱۰/۷	T ₁
۸۱۶/۴	۴۱/۷ ^a	۱۹۵۰	۱۱/۱۲	۳/۹۲	۲۲/۶	۱۲۷/۱	۱۱۳/۶ ^{abcd}	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۸۰/۷	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۸۰/۷	۱۱/۵	T ₂
۶۴۷/۷	۴۰/۵ ^{ab}	۱۶۰۹	۸/۶۴	۴/۰۳	۲۰/۸	۱۰۲/۷	۱۰۴/۵ ^d	۲۵۳/۵ ^a	۱۸۱/۷	۲۵۳/۵ ^a	۱۸۱/۷	۱۱/۰	T ₃
۵۲۵/۱	۳۷/۴ ^c	۱۴۱۴	۷/۸۸	۴/۱۶	۲۱/۴	۸۹/۳	۱۰۲/۸ ^d	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۸۱/۳	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۸۱/۳	۱۰/۷	T ₄
۷۸۳/۵	۳۸/۰ ^{cde}	۲۰۵۵	۱۱/۵۵	۳/۸۷	۲۳/۳	۱۲۸/۷	۱۱۳/۲ ^{abcd}	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۷۹/۲	۲۵۲/۳ ^{ab}	۱۷۹/۲	۱۱/۳	T ₅
۷۱۸/۱	۴۰/۶ ^{ab}	۱۷۶۲	۹/۵۷	۴/۰۲	۲۲/۸	۱۰۴/۲	۱۰۸/۹ ^{cd}	۲۵۳/۸ ^a	۱۸۱/۸	۲۵۳/۸ ^a	۱۸۱/۸	۱۲/۵	T ₆
۶۶۸/۹	۳۸/۹ ^{cde}	۱۷۰۶	۱۰/۹۰	۳/۷۶	۲۳/۵	۱۲۲/۳	۱۱۰/۶ ^{bcd}	۲۵۲/۲ ^{ab}	۱۸۰/۸	۲۵۲/۲ ^{ab}	۱۸۰/۸	۱۰/۸	T ₇
۷۳۰/۲	۳۹/۴ ^{bcd}	۱۸۵۱	۸/۹۶	۳/۷۲	۲۱/۴	۱۱۹/۰	۱۱۱/۷ ^{abcd}	۲۵۳/۰ ^a	۱۸۱/۵	۲۵۳/۰ ^a	۱۸۱/۵	۱۰/۲	T ₈
۹۸۳/۳	۳۹/۸ ^{abc}	۲۴۶۸	۱۱/۶۸	۳/۷۵	۲۳/۲	۱۳۳/۶	۱۲۳/۴ ^a	۲۵۰/۳ ^b	۱۸۰/۲	۲۵۰/۳ ^b	۱۸۰/۲	۱۱/۵	T ₉
۸۳۷/۶	۳۷/۷ ^{de}	۲۲۲۲	۹/۰۲	۳/۸۹	۲۰/۸	۱۱۰/۸	۱۱۸/۵ ^{abc}	۲۵۱/۸ ^{ab}	۱۸۰/۷	۲۵۱/۸ ^{ab}	۱۸۰/۷	۱۰/۳	T ₁₀
۷۷۴/۶	۳۷/۹ ^{cde}	۲۰۳۴	۱۰/۱۱	۳/۷۲	۲۴/۰	۱۱۵/۷	۱۲۱/۳ ^{ab}	۲۵۰/۳ ^b	۱۸۰/۵	۲۵۰/۳ ^b	۱۸۰/۵	۱۱/۸	T ₁₁
-	۲/۰	-	-	-	-	-	۱۲/۰	۲/۱	-	۲/۱	-	-x	LSD(٪۵)
۷۲۶/۸	۳۹/۰ ^a	۱۸۶۳	۹/۲۲	۳/۵۷ ^b	۲۴/۰ ^a	۱۰۷/۴	۱۱۰/۱ ^b	۲۵۲/۲	۱۸۵/۹ ^a	۲۵۲/۲	۱۸۵/۹ ^a	۱۱/۳	رقم اکابی
۷۵۸/۰	۳۹/۵ ^a	۱۹۱۸	۱۰/۶۲	۴/۱۸ ^a	۲۰/۹ ^b	۱۲۱/۹	۱۱۵/۲ ^a	۲۵۲/۱	۱۷۵/۸ ^b	۲۵۲/۱	۱۷۵/۸ ^b	۱۰/۹	زرقام
-	۱/۱	-	-	۰/۹	۰/۹	-	۴/۲	-	۰/۷	-	۰/۷	-	LSD(٪۵)

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

x : آزمون LSD برای عاملی انجام شد که مقدار آن در تجزیه واریانس معنی‌دار بود.

جدول ۵. میانگین‌های اثر متقابل تیمارهای کودی و ارقام برای صفات وزن هزار دانه و درصد روغن دانه

تیمارهای کودی											
رقم	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
اکایی	وزن هزار دانه (گرم)										
	۳/۳۸	۳/۸۲	۳/۷۸	۳/۷۶	۳/۷۲	۳/۸۲	۳/۴۷	۳/۵۲	۳/۲۹	۳/۵۰	۳/۲۸
زرغام	روغن دانه (%)										
	۳۸/۶۹	۴۱/۲۸	۴۰/۲۹	۴۰/۷۳	۳۹/۴۳	۴۰/۸۵	۳۸/۴۹	۳۸/۶۲	۳۹/۰۹	۳۵/۸۶	۳۵/۸۲
مقدار LSD در سطح احتمال پنج درصد جهت مقایسه میانگین‌های اثر متقابل وزن هزار دانه و درصد روغن به ترتیب برابر ۰/۳۴ و ۳/۷۹ می‌باشد.	وزن هزار دانه (گرم)										
	۴/۳۱	۴/۰۲	۴/۲۸	۴/۵۶	۴/۰۲	۴/۲۱	۴/۰۶	۳/۹۲	۴/۲۰	۴/۲۸	۴/۱۶
مقدار LSD در سطح احتمال پنج درصد جهت مقایسه میانگین‌های اثر متقابل وزن هزار دانه و درصد روغن به ترتیب برابر ۰/۳۴ و ۳/۷۹ می‌باشد.	روغن دانه (%)										
	۴۰/۷۰	۴۲/۱۹	۴۰/۷۱	۳۴/۱۲	۳۶/۶۶	۴۰/۲۸	۳۹/۳۰	۴۰/۲۰	۴۰/۵۲	۳۹/۶۰	۳۹/۹۴

کودهای شیمیایی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۲۰). عملکرد روغن در تیمارهای کودی بین ۵۲۵/۱ تا ۹۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و کمترین و بیشترین آن به ترتیب به تیمارهای کودی T۴ (K) و T۹ (NPK+Fe) تعلق داشت. تیمار کودی T۴ کمترین عملکرد دانه و درصد روغن دانه را نیز به خود اختصاص داد (جدول ۴)، ولی تیمار کودی T۹ از درصد روغن بالا و حداکثر عملکرد دانه برخوردار بود. به طور کلی تیمارهای کودی N، NPK، و NPK+Fe موجب ۲۰، ۷ و ۴۴ درصد افزایش عملکرد روغن گردید، به نظر می‌رسد افزایش عملکرد روغن در تیمار کودی NPK+Fe بیشتر ناشی از مصرف Fe باشد و انتظار می‌رود اضافه کردن N و Fe به خاک موجب افزایش عملکرد دانه و نهایتاً عملکرد روغن گردد. عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار بین تیمارهای کودی و ارقام برای عملکرد روغن (جدول ۳) نشان داد که عملکرد روغن در هر دو رقم به نحو نسبتاً یکسان تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفته است. در مطالعات دیگر نیز استفاده از عناصر غذایی مختلف از جمله S (۱۰ و ۱۲)، N (۶ و ۱۰) و P (۱۱، ۱۳ و ۱۵) موجب افزایش عملکرد روغن در کلزا شده است.

تراکم بوته مناسب و عملکرد دانه در بوته تعیین کننده عملکرد دانه در واحد سطح در کلزا می‌باشند (۷) و نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه دارای تأثیر معنی‌دار و به ترتیب دارای اهمیت در تبیین تنوع مربوط به عملکرد دانه بودند، به طوری که این سه جزء عملکرد به ترتیب وارد مدل رگرسیون شدند و ۸۱٪، ۳٪ و ۱۵٪ از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند. ضرایب هم‌بستگی بین صفات (جدول ۶) نیز نشان داد که هم‌بستگی بین تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه در بوته بسیار بالا ($r = 0.96^{**}$) و مهم‌ترین جزء عملکرد می‌باشد. در مطالعه دیگری نیز تغییرات عملکرد دانه در کلزا ناشی از تغییر در تعداد انشعاب و غلاف در بوته گزارش شده و تعداد غلاف

به ترتیب موجب افزایش ۱۳ و ۳۳ درصد عملکرد دانه گردید که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴)، ولی این افزایش از لحاظ اقتصادی قابل توجه است. عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار بین تیمارهای کودی و ارقام برای عملکرد دانه در بوته و در واحد سطح (جدول ۳) نشان داد که تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه هر دو رقم یکسان بوده است. دو رقم مورد مطالعه از لحاظ عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه در واحد سطح تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و عملکرد دانه ارقام اکاپی و زرفام به ترتیب برابر ۱۸۶۳ و ۱۹۱۸ کیلوگرم در هکتار بود. اثر افزودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به خاک بستگی به ویژگی‌های خاک دارد و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۱۶)، به طوری که در مطالعات دیگر نیز تأثیر استفاده از کودها بر عملکرد دانه متفاوت بوده است. به عنوان مثال در یک مطالعه استفاده هم‌زمان از کودهای N و P و S تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه کلزا نداشت (۹) ولی افزایش عملکرد دانه ناشی از مصرف کودهای دارای N و یا P در بعضی مطالعات (۵، ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۶) گزارش شده است.

تأثیر تیمارهای کودی بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود، به طوری که بر اساس متوسط دو رقم، استفاده از N به تنهایی (تیمار کودی T۲) موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن دانه گردید و بقیه تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری را بر این صفت نداشتند. در بعضی مطالعات دیگر نیز استفاده از کود نیتروژن موجب افزایش (۹) و یا کاهش (۵، ۱۰ و ۱۶) معنی‌دار درصد روغن دانه در کلزا شده است. معنی‌دار بودن اثر متقابل بین تیمارهای کودی و ارقام برای درصد روغن (جدول ۳) نشان داد که در رقم اکاپی تأثیر تیمارهای کودی معنی‌دار نبود، ولی در رقم زرفام دو تیمار کودی K و NP موجب کاهش معنی‌دار درصد روغن گردید (جدول ۵). در یک بررسی دیگر استفاده از کودهای دارای N و P در اکثر مناطق مورد بررسی تأثیر معنی‌دار بر درصد روغن دانه کلزا نداشت و فقط در یک منطقه موجب افزایش آن شده است (۹). وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ارقام و استفاده از

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات مختلف

صفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱- تعداد روز تا ۵۰٪ سبز شدن										
۲- تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۰۹									
۳- تعداد روز تا رسیدگی	۰/۰۳	۰/۱۱								
۴- ارتفاع بوته	۰/۳۳***	-۰/۳۱*	-۰/۵۴**							
۵- تعداد غلاف در بوته	۰/۴۵**	-۰/۱۹	-۰/۳۶*	۰/۵۵**						
۶- تعداد دانه در غلاف	۰/۱۹	۰/۴۶**	-۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۱					
۷- وزن هزار دانه	-۰/۱۳	-۰/۶۷**	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۴	-۰/۶۵**				
۸- عملکرد دانه در بوته	۰/۴۲**	-۰/۲۲	-۰/۲۸*	۰/۵۵**	۰/۹۶**	۰/۱۷	۰/۰۹			
۹- عملکرد دانه	۰/۱۲	-۰/۱۳	-۰/۲۹*	۰/۵۹**	۰/۴۶**	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۵۰**		
۱۰- درصد روغن دانه	-۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۰۲	-۰/۰۴	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۲	
۱۱- عملکرد روغن	۰/۱۲	-۰/۱۵	-۰/۲۸*	۰/۵۶**	۰/۴۵**	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۵۰**	۰/۹۷**	۰/۲۲

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

است و دلیل آن این طور بیان شده که استفاده از N موجب تحریک رشد گیاه، افزایش سطح برگ در جامعه گیاهی و تأخیر در پیری برگ‌ها و نهایتاً افزایش تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در کلزا می‌شود (۷، ۱۴، ۱۶ و ۱۹). با توجه به این‌که عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بستگی به منطقه دارد و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۱۶)، لذا استفاده از کودهای دارای N و Fe در شرایط اقلیمی و خاکی مشابه با منطقه جهت افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا قابل توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از یک پروژه ملی در قالب پروژه‌های تحقیقات ویژه توسعه کشور (توتک) با شماره ثبت ۲۱۲۵۵ است و بدین‌وسیله از شورای پژوهش‌های علمی کشور و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و هم‌چنین از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان به دلیل فراهم نمودن زمینه انجام این پژوهش بسیار سپاسگزاری می‌گردد.

در بوته جز اصلی عملکرد (۵، ۷ و ۱۶) و تعداد دانه در غلاف نیز از دیگر اجزای مهم عملکرد دانه در کلزا معرفی شده است (۷).

درصد روغن دانه با هیچ‌کدام از صفات از جمله عملکرد دانه هم‌بستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶)، و لذا تغییرات بقیه صفات از جمله عملکرد دانه بر درصد روغن تأثیری نداشته است. عملکرد روغن هم‌بستگی بسیار بالا و معنی‌داری را با عملکرد دانه نشان داد ($r = 0.97^{**}$)، ولی ضریب هم‌بستگی آن با درصد روغن دانه معنی‌دار نبود ($r = 0.22$)، لذا تغییرات عملکرد روغن اساساً مربوط به تغییرات عملکرد دانه بوده است که با نتایج دیگر مطالعات کاملاً در تطابق است (۱۰).

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از عناصر غذایی P، K، Zn و Mn موجب کاهش غیر معنی‌دار عملکرد روغن شد، ولی استفاده از کودهای دارای N و Fe موجب افزایش درصد روغن و یا عملکرد دانه و نهایتاً عملکرد روغن گردید. در مطالعات دیگر نیز بر اهمیت استفاده از کود نیتروژن‌دار جهت افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا تأکید شده

منابع مورد استفاده

۱. خلد برین، ب. و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز.
۲. خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۷۷. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. کریمی، م. ۱۳۶۶. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
4. Chaudhry, A. U. and M. Sarwar. 1999. Optimization of nitrogen fertilizer in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Pak. J. Bio. Sci. 2:242-243.
5. Cheema, M.A., M.A. Malik, A. Hussain, S.H. Shah and S.M.A. Basra. 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of Canola (*Brassica napus* L.). J. Agron. Crop Sci. 186:103-110.
6. Christensen, J.V., W.G. Legge, R.M. Depauw, A.M.F. Hennig, J.S. McKenzie, B. Siemens and J.B. Thomas. 1985. Effect of seeding date, nitrogen and phosphate fertilizer on growth, yield and quality of rapeseed in northwest Alberta. Can. J. Pl. Sci. 65: 275-284.
7. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Res. 67: 35-49.
8. Gramshaw, D. and F.C. Crofts. 1969. Effects of seeding rate and nitrogen fertilizer on production of autumn sown rape (*Brassica napus* L.) on the central tablelands of New South Wales. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 9:350-356.
9. Hocking, P.J., J.A. Mead, A.J. Good and S.M. Diffey. 2003. The response of canola (*Brassica napus* L.) to tillage and fertilizer placement in contrasting environments in southern NSW. Aust. J. Exp. Agric. 43(11):1323-1335.
10. Jackson, G.D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agron. J. 92:644-649.
11. Lewis, D.C., T.D. Potter, S.E. Weckert and I.L. Grant. 1987. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on the seed yield and oil concentration of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and the prediction of responses by soil tests

- and past paddock use. Aust. J. Exp. Agric. 27(5):713-720.
12. Malhi, S.S. and K.S. Gill. 2002. Effectiveness of sulphate-S fertilization at different growth stages for yield, seed quality and S uptake of canola. Can. J. Plant Sci. 82:665-674.
 13. Masood, M., I.H. Shamsi and N. Khan. 2003. Impact of row spacing and fertilizer levels (Diammonium Phosphate) on yield and yield components of canola. Asian J. Plant Sci. 2(6):454-456.
 14. Ogunlela, V.B., A. Kullmann and G. Geisler. 1990. Nitrogen distribution and dry matter accumulation in oilseed rape (*Brassica napus* L.) as influenced by N nutrition. J. Agron. Crop Sci. 164:321-333.
 15. Osborn, G.J. and G.D. Batten. 1978. Yield oil and protein content of oilseed rape as affected by soil and fertilizer nitrogen and phosphorus. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 18:107-111.
 16. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. Eur. J. Agron. 19:453-463.
 17. Scheiner, J.D., F.H. Gutierrez-Boem and R.S. Lavado. 2002. Sunflower nitrogen requirement and ¹⁵N fertilizer recovery in Western Pampas, Argentina. Eur. J. Agron. 17:73-79.
 18. Smith, C.J., G.C. Wright and M.R. Woodroffe. 1988. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica napus* L.) production in South-Eastern Australia. Irrig. Sci. 9(1):15-25.
 19. Wright, G.C., C.J., Smith and M.R. Woodroffe. 1988. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica napus* L.) production in south-eastern Australia. Irrig. Sci. 9:1-13.
 20. Xue, J. M. Lin, R.W. Bell, R.D. Graham, X. Yang and Y. Yang. 1998. Differential response of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars to low boron supply. Plant and Soil 204(2):155-163.