" نهال و بذر"
جلد ٢٤ ، شماره ٤، سال ١٣٨٧

تاثیر رژیم‌های مختلف حرارتی و رطوبتی بر میزان روغن دو رقم کانولا (*Brassica napus* L.)

Effects of Different Temperature and Moisture Regimes on Oil Contents of Two Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars

ابوالفضل فرجی[۱]، ناصر لطیفی[۲]، افشین سلطانی[۲]، امیرحسین شیرانی‌راد[۳] و فرناز شریعتی[۳]

۱- دانشجوی سابق دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- به ترتیب استادیار و مربی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/٤/۲۰

چکیده

فرجی، ا.، لطیفی، ن.، سلطانی، ا.، شیرانی‌راد، ا.ح.، و شریعتی، ف. ۱۳۸۷. تاثیر رژیم‌های مختلف حرارتی و رطوبتی بر میزان روغن دو رقم کانولا (*Brassica napus* L.). نهال و بذر ٢٤: ۷۲۰-۷۰۷.

تاثیر رژیم های مختلف حرارتی و رطوبتی بر درصد و عملکرد روغن دو رقم کانولا در یک آزمایش دو ساله در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد بررسی شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری به طور مجزا انجام شد. پنج تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در کرت های اصلی و دو رقم کانولا هایولا ٤۰۱ و آرجی اس۰۰۳ در کرت های فرعی قرار گرفتند. در هر دو سال، افزایش عملکرد دانه با افزایش درصد روغن همراه بود. به طور کلی، دامنه تغییرات درصد و عملکرد روغن بسیار قابل توجه و به ترتیب ۴۳/۱-۲۸/۰ درصد و ۱۷۱۵-٤٦ کیلوگرم در هکتار بود. انجام آبیاری تکمیلی از طریق افزایش عملکرد دانه و درصد روغن سبب افزایش عملکرد روغن کانولا شد. بین آب مصرفی گیاه در فرآیند تبخیر تعرق در فصل رشد و درصد روغن رابطه درجه ۲ معنی داری وجود داشت، که به ترتیب ٧٤ و ٦٦ درصد از تغییرات در هیبرید هایولا ٤۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ را توجیه کرد. بخش بزرگی از تغییرات درصد روغن به شرایط محیطی در دوره پر شدن دانه بستگی داشت. افزایش دمای هوا در دوره پر شدن دانه، به خصوص در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، سبب کاهش درصد روغن شد. بین درصد روغن و میانگین دمای هوا در دوره پر شدن دانه رابطه منفی قوی وجود داشت که به ترتیب ۸۲ و ۷۷ درصد از تغییرات در هیبرید هایولا ٤۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ را توجیه کرد. تاریخ های کاشت زود سبب شد تا دوره پر شدن دانه کانولا با شرایط آب و هوایی مناسب مواجه شود و این امر سبب افزایش درصد و عملکرد روغن شد.

واژه های کلیدی: کانولا، ارقام، درصد روغن، عملکرد روغن، دما، آبیاری تکمیلی.

نویسنده مسئول: abolfazlfaraji@yahoo.com

مقدمه

غلظت پایین اسیدهای چرب اشباع شده در روغن سبب شد تا روغن کانولا به عنوان یک روغن مفید مدنظر قرار گرفته (Scarth and Tang, 2006) و با افزایش کیفیت آن در سالیان اخیر، روغن این گیاه به طور قابل‌توجهی مورد پذیرش عمومی قرار گیرد. در حال حاضر روغن کانولا، به همراه گونه‌های دیگر جنس براسیکا، پس از سویا، مقام دوم تولید روغن بین دانه‌های روغنی را به خود اختصاص داده است [1] (Anonymous, 2006). به هر حال روغن باارزش ترین جز دانه کانولا است و اگرچه میزان و ترکیب آن عمدتاً به صورت ژنتیکی تعیین می‌شود (Fielsend *et al.*, 1991)، ولی به مقدار قابل توجهی نیز تحت تاثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت قرار می‌گیرد (McCarthney *et al.*, 2004؛ Gunasekera *et al.*, 2006). گاناسکارا و همکاران (Gunasekera *et al.*, 206) با بررسی تاثیر شرایط محیطی بر درصد روغن کانولا در یک ناحیه تیپ مدیترانه‌ای مشاهده کردند که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آن‌ها بر درصد روغن کانولا معنی‌دار بود. دامنه تغییرات درصد روغن در ارقام کانولا بین ۴۰-۳۷ درصد بود. در نواحی با دوره پر شدن دانه خنک‌تر و مرطوب‌تر درصد روغن کانولا بیشتر و رابطه بین درصد روغن و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود.

دمای بالا و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه می‌توانند سبب کاهش درصد روغن کانولا شوند (Walton *et al.*, 1999). کافی و همکاران (Kafi *et al.*, 2000) اظهار داشتند که دمای هوا و مجموع بارندگی طی فصل رشد بر میزان روغن کانولا موثر بوده و با افزایش رطوبت و کاهش دما درصد و میزان روغن کانولا افزایش می‌یابد. اینتز و فلاور (Entz and Flower, 1991) گزارش دادند که دمای بالا طول دوره نمو را کاهش داده و پتانسیل عملکرد دانه و روغن را کاهش می‌دهد. آن‌ها نتیجه گرفتند که تنش‌های محیطی دیگر می‌تواند بر کاهش درصد روغن کانولا در اثر تنش دمای بالا تاثیر تشدیدکنندگی داشته باشند. جنسن و همکاران (Jensen *et al.*, 1996) اثر تنش خشکی بر میزان روغن کانولا را در یک مطالعه زراعی مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که تنش خشکی سبب کاهش ۱۷ درصدی عملکرد روغن شد. در مقابل، در کانادا کلایتون و همکاران (Clayton *et al.*, 2004) مشاهده کردند که بین کاشت زود (اواخر آوریل تا اوایل می) و کاشت معمولی (اواسط می) اختلاف معنی‌داری از نظر درصد روغن کانولا مشاهده نشد. در مطالعه دیگری کیرکلند و جانسون (Kirkland and Jonson, 2000) هیچ گونه برتری را از نظر درصد روغن در اثر کاشت زودتر (کاشت آوریل نسبت به مه) مشاهده نکردند. والتون و همکاران

1. Available at: http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset+agriculture

(Walton *et al.*, 1999) مشاهده کردند که همبستگی بین طول دوره بعد از گرده‌افشانی با عملکرد دانه ($r=۰/۵۳^{**}$) و درصد روغن ($r=۰/۶۵^{**}$) مثبت و معنی‌دار است، درحالی که همبستگی بین طول دوره قبل از گرده افشانی با عملکرد دانه معنی‌دار نبود. به هر حال واکنش گیاه به تنش گرما به مرحله نموی که تنش گرما در آن مرحله اتفاق می‌افتد، بستگی دارد (Angadi *et al.*, 2000)، که در کانولا مرحله زایشی حساس‌ترین مرحله به تنش گرما است.

اگرچه نقش تاریخ کاشت و تنش خشکی در کانولا مورد بررسی قرار گرفته است (Norrison and Stewart, 2002؛ Gan *et al.*, 2004؛ Fan *et al.*, 2005). اما اطلاعات اندکی در ارتباط با تاثیر آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق، دمای هوا و میزان آب نسبی برگ بر درصد و عملکرد روغن ارقام هایولا ۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ کانولا وجود دارد، بنابراین در قالب بخشی از یک مطالعه دو ساله، تاثیر عوامل فوق بر درصد و عملکرد روغن کانولا در یک اقلیم مدیترانه‌ای، با یک تنش گرما و خشکی انتهای فصل رشد تیپیک، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. پنج تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در کرت‌های اصلی و دو رقم هایولا ۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در هر دو سال، آزمایش به طور مجزا و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری انجام شد. برای تامین آب مورد نیاز گیاه در شرایط آبیاری، مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه برای قطعه کاشت قبلاً تعیین شد و کمبود آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه از طریق آبیاری تکمیلی با استفاده از کنتور در مراحل شروع ساقه‌دهی، شروع گلدهی و شروع پرشدن دانه به کرت‌های آزمایشی داده شد (Zhang *et al.*, 1999). فاصله بین تکرارها ۳ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. کاشت به صورت خطی انجام و تراکم یک میلیون بوته در هکتار ایجاد شد.

بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقادیر کودهای فسفر و پتاس به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس (به ترتیب از منابع کودی سوپرفسفات تریپل و سولفات‌پتاسیم) قبل از کاشت به زمین داده شد. مقدار کود نیتروژن به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع اوره)، به مقدار یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله شروع ساقه‌دهی و یک سوم در مرحله شروع گلدهی به زمین داده شد. بافت خاک سیلتی لوم، اسیدیته ۸/۱، هدایت الکتریکی ۰/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. در دوره رشد

عملیات وجین علف‌های هرز به وسیله کارگر انجام شد. تعداد روز تا یک مرحله فنولوژیکی معین بر اساس تعداد روز از سبز شدن تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحله معین برسند، محاسبه شد. آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق به وسیله محاسبه میزان آب خاک در زمان کاشت و برداشت، بارندگی و آب آبیاری از طریق معادله $TWU=P+I+\Delta W$ تعیین شد (Zhang *et al.*, 1999)، که در آن TWU کل آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق طی فصل رشد، P نزولات یا بارندگی، I میزان آب آبیاری و ΔW اختلاف آب خاک در زمان کاشت و برداشت از عمق ۱/۲ متری هستند. برای محاسبه میزان آب نسبی، آخرین برگ توسعه یافته پنج بوته از هر تیمار جدا و پس از توزین در ظروف حاوی آب مقطر در شرایط بدون نور و دمای حدود ۴ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۸ ساعت قرار داده شد. سپس برگ‌ها از ظروف خارج شده، رطوبت سطح برگ حذف و توزین شدند. در نهایت این برگ‌ها برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. میزان آب نسبی با رابطه زیر محاسبه شد (Soltani and Faraji, 2007):

$$RWC = \frac{FW - DW}{Tw - DW} \times 100$$

که در آن RWC مقدار آب نسبی، FW وزن مرطوب، DW وزن خشک و TW وزن آماس کرده هستند. درصد روغن دانه با استفاده ازدستگاه NIR (Near Infrared Reflectance) تعیین شد، که یک روش اسپکترومتری است. عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن×عملکرد دانه به دست آمد. در پایان داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS (Anonymous, 1989) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین داده ها بر اساس آزمون LSD ارزیابی شد.

نتایج و بحث

آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد و میانگین دمای حداکثر در دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت‌های مختلف در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سال×تاریخ کاشت و سال×رقم بر درصد روغن کانولا در تجزیه مرکب دو سال و دو مکان، اثر عوامل آزمایشی بر درصد و عملکرد روغن در دو سال انجام آزمایش و همچنین دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری به طور جداگانه تجزیه شد (جدول‌های ۳ و ۴، جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). به طور کلی عوامل محیطی و تیمارهای آزمایشی که سبب افزایش عملکرد دانه شده‌اند، بر درصد روغن کانولا نیز نقش مثبتی داشتند، که به وسیله رابطه لگاریتمی مثبت و معنی‌دار بین درصد روغن و عملکرد دانه مشخص شده است. این رابطه مثبت لگاریتمی به ترتیب ۸۷ و ۹۲ درصد از تغییرات در ارقام هایولا ۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ را توجیه کرد (شکل ۱). با افزایش عملکرد دانه تا حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن با شدت بالایی افزایش

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد مربوط به دو سال انجام آزمایش

Table 1. Meteorological data of Agricultural Research Station of Gonbad during two years of experiment

Momth	ماه	میانگین دمای حداقل Mean of minimum temperature (°C)	میانگین دمای حداکثر Mean of maximum temperature (°C)	میانگین دما Mean temperature (°C)	بارندگی Rainfall (mm)	تعداد ساعات آفتابی Number of sunny hours
2005-2006						
October-November	آبان	9.2	21.2	15.1	120.2	179
November-December	آذر	7.1	18.7	12.9	22.0	147
December-January	دی	1.3	11.2	6.3	59.9	162
January-February	بهمن	3.3	13.9	8.6	55.4	135
February-March	اسفند	5.6	19.2	12.4	15.6	191
March-April	فروردین	9.8	21.4	15.6	48.9	168
April-May	اردیبهشت	14.7	25.8	20.3	33.5	152
May-June	خرداد	19.0	36.3	27.6	6.9	314
2006-2007						
October-November	آبان	12.0	24.3	18.1	54.6	182
November-December	آذر	4.3	12.7	8.5	63.5	123
December-January	دی	2.9	12.9	7.9	41.4	168
January-February	بهمن	5.1	17.1	11.1	35.8	161
February-March	اسفند	3.3	15.9	9.6	95.8	172
March-April	فروردین	8.8	18.1	13.4	93.4	104
April-May	اردیبهشت	12.8	23.9	18.3	40.1	178
May-June	خرداد	18.9	35.3	27.1	8.0	310

جدول ۲- میانگین دمای حداکثر هوا (درجه سانتی گراد) در دوره پر شدن دانه دو رقم کانولا

Table 2. Mean of maximum air temperature (˚c) during seed filling period of two canola cultivars

Sowing date	تاریخ کاشت	2005-2006		2006-2007	
		هایولا ۴۰۱ Hyola 401	آرجی اس۰۰۳ RGS003	هایولا ۴۰۱ Hyola 401	آرجی اس۰۰۳ RGS003
6 Nov.	۱۵ آبان	22.3	23.1	20.4	20.9
6 Dec.	۱۵ آذر	23.5	24.9	22.0	22.9
4 Jan.	۱۵ دی	25.2	25.3	24.1	24.9
5 Feb.	۱۵ بهمن	26.1	26.8	29.7	30.6
5 Mar.	۱۵ اسفند	35.7	36.1	33.9	34.5

In 2005-6, the first sowing date was 9 Nov . در سال ۸۵-۱۳۸۴، کاشت اول در تاریخ ۱۸ آبان انجام شد.

جدول ۳- میانگین های سالیانه درصد روغن و عملکرد روغن و دانه کانولا

Table 3. The mean of oil percent, and oil and seed yield of canola for each year

Treatment	تیمار	درصد روغن Oil percent	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد روغن Oil yield ($kgha^{-1}$)	درصد روغن Oil percent	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد روغن Oil yield ($kgha^{-1}$)
		2005-2006			2006-2007		
Sowing date	**تاریخ کاشت**						
6 Nov.	۱۵ آبان	42.3 a	3780 a	1603 a	42.2 a	3543 a	1505 a
6 Dec.	۱۵ آذر	40.4 b	3106 b	1254 b	42.6 a	2896 b	1234 b
4 Jan.	۱۵ دی	39.5 c	2460 c	977 c	43.0 a	2362 c	1018 c
5 Feb.	۱۵ بهمن	38.2 d	1724 d	665 d	39.7 b	1588 d	636 d
5 Mar.	۱۵ اسفند	32.4 e	582 e	192 e	28.0 c	162 e	46 e
Cultivar	**رقم**						
Hyola 401	هایولا ۴۰۱	39.3 a	2678 a	1087 a	40.5 a	2332 a	1009 a
RGS003	آر جی اس ۰۰۳	37.8 b	1984 b	789 b	37.7 b	1886 b	767 b

اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to the LSD (P=0.05).

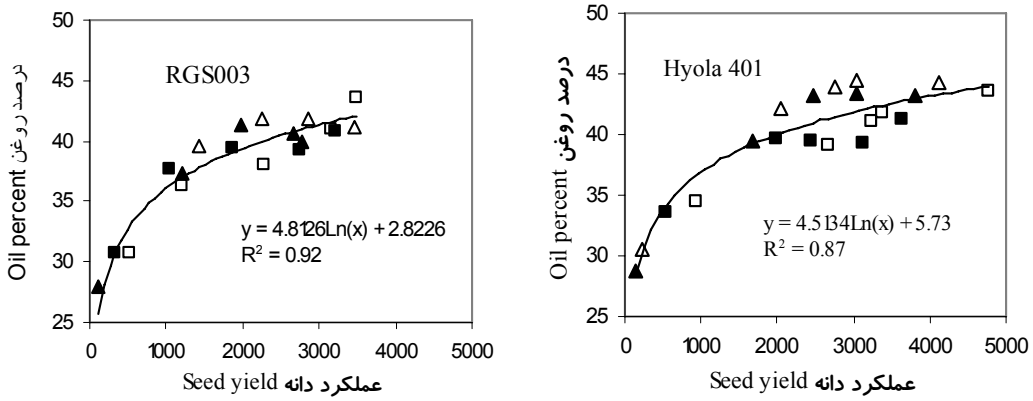
جدول ۴- میانگین های درصد روغن و عملکرد روغن و دانه کانولا در دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری

Table 4. The mean of oil percent, and oil and seed yield of canola for irrigated and rainfed conditions

Treatment	تیمار	درصد روغن Oil percent	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد روغن Oil yield ($kgha^{-1}$)	درصد روغن Oil percent	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد روغن Oil yield ($kgha^{-1}$)
		Irrigated conditions آبیاری تکمیلی			Rainfed conditions بدون آبیاری		
Sowing date	**تاریخ کاشت**						
6 Nov.	۱۵ آبان	43.1 a	3967 a	1715 a	41.3 a	3356 a	1394 a
6 Dec.	۱۵ آذر	42.3 ab	3107 b	1311 b	40.7 a	2894 b	1177 b
4 Jan.	۱۵ دی	41.6 b	2627 c	1096 c	40.9 a	2196 c	899 c
5 Feb.	۱۵ بهمن	39.3 c	1836 d	728 d	38.5 b	1476 d	573 d
5 Mar.	۱۵ اسفند	30.1 d	462 e	148 e	30.3 c	283 e	90 e
Cultivar	**رقم**						
Hyola 401	هایولا ۴۰۱	40.7 a	2720 a	1154 a	39.1 a	2289 a	941 a
RGS003	آر جی اس ۰۰۳	37.9 b	2080 b	845 b	37.5 b	1793 b	712 b

اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to the LSD (P=0.05).



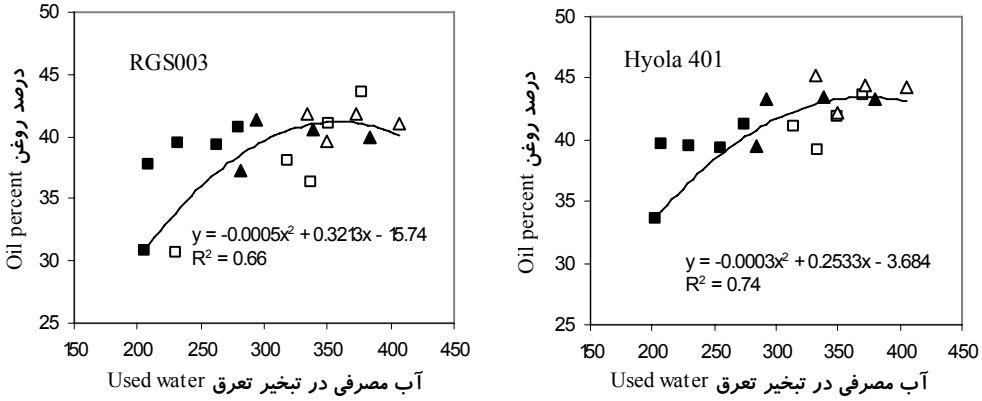
شکل ۱- رابطه بین درصد روغن و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

مربع های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۵-۱۳۸۴ و مثلث های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۶-۱۳۸۵ هستند.

Fig. 1. Relationship between oil percent and seed yield ($kgha^{-1}$)
(□) Irrigated condition in 2005-6; (■) Rainfed condition in 2005-6; (Δ) Irrigated condition in 2006-7; (▲) Rainfed condition in 2006-7.

یافت، در حالی که افزایش بیشتر عملکرد دانه سبب شد تا شیب افزایش درصد روغن به ازای هر واحد افزایش عملکرد دانه با شدت کمتری ادامه یابد (شکل ۱). بین آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق طی فصل رشد و درصد روغن رابطه درجه ۲ معنی‌داری وجود داشت، که به ترتیب ۷۴ و ۶۶ درصد از تغییرات در ارقام هایولا ۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ را توجیه کرد (شکل ۲). این روابط درجه ۲ نشان داد که با افزایش آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق طی فصل رشد تا یک حد معین، درصد روغن افزایش یافته و سپس با افزایش بیشتر آن، درصد روغن در آرجی اس۰۰۳ کاهش و در هایولا۴۰۱ تقریباً ثابت ماند (شکل ۲). به طور کلی شیب افزایش درصد روغن به ازای هر میلی‌متر افزایش آب مصرفی در شرایط آبیاری تکمیلی بسیار بیشتر از شرایط بدون آبیاری بود ولی پس از رسیدن به حد آستانه کاهش، نسبت به شرایط بدون آبیاری، با شدت بیشتری کاهش یافت (شکل ۲). در هر دو رقم، بیشترین درصد روغن زمانی به دست آمد که میزان آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق طی فصل رشد حدود ۳۵۰ میلی متر بود (شکل ۲).

در هر دو سال، انجام آبیاری تکمیلی سبب افزایش معنی‌دار درصد روغن، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد (جدول ۴). افزایش درصد روغن کانولا با انجام آبیاری در مطالعه مایلر و کورنیش (Mailer and Cornish, 1987) نیز گزارش شده است. افزایش درصد روغن در اثر آبیاری تکمیلی به خصوص در تاریخ‌های کشت زود انجام شد (جدول ۴). میانگین افزایش درصد روغن در اثر آبیاری تکمیلی در تاریخ



شکل ۲- رابطه بین آب مصرفی در فرآیند تبخیر تعرق (میلی متر) در فصل رشد و درصد روغن

مربع های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۵-۱۳۸۴ و مثلث های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۶-۱۳۸۵ هستند.

Fig. 2. Relationship between used water in evapotranspiration (mm) during crop growth season and oil percent

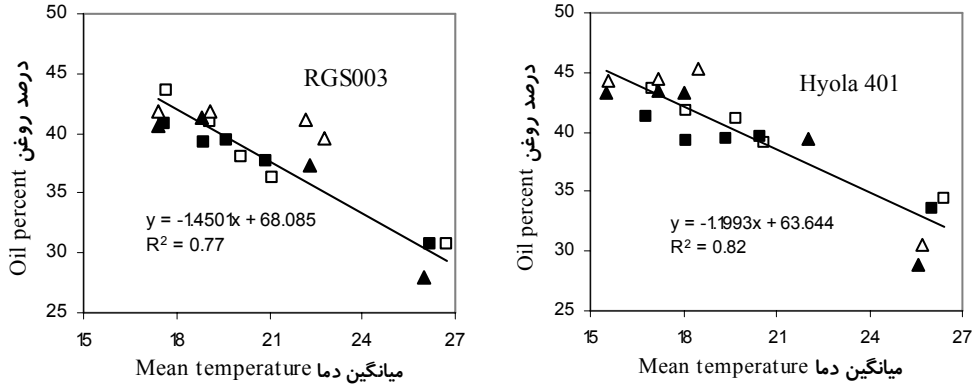
(□) Irrigated condition in 2005-6; (■) Rainfed condition in 2005-6; (Δ) Irrigated condition in 2006-7; (▲) Rainfed condition in 2006-7.

کاشت اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۱/۸، ۱/۶، ۰/۷ و ۰/۸ درصد بود. در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند انجام آبیاری تکمیلی سبب افزایش درصد روغن کانولا نشد، که به دلیل تنش شدید گرمای انتهای فصل رشد (جدول ۲) بود. به عبارت دیگر، در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، وجود تنش گرمای شدید طی دوره پر شدن دانه سبب شد تا آبیاری تکمیلی تاثیری در افزایش درصد روغن نداشته باشد. میانگین دمای حداکثر طی دوره پر شدن دانه برای هیبرید هایولا ۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند در سال۸۵-۱۳۸۴ به ترتیب ۳۵/۷ و ۳۶/۱ درجه سانتی گراد و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۳۳/۹ و ۳۴/۵ درجه سانتی گراد بود (جدول ۲)، که بسیار بیشتر از دمای بهینه کانولا (حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد در دوره فوق) برای دستیابی به پتانسیل عملکرد دانه و روغن بود (Angadi *et al*., 1999)، بنابراین همان طوری که به وسیله اینتز و فلاور (Entz and Flower, 1991) نشان داده شد، در این مطالعه دماهای بالا طی دوره پر شدن دانه (جدول ۲) سبب کاهش درصد و عملکرد روغن شد (جدول‌های ۳ و ۴).

در بیشتر تیمارهای آزمایشی، تاخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار درصد و عملکرد روغن شد (جدول‌های ۳ و ۴)، اگرچه روند کاهش درصد روغن در سال دوم آزمایش و همچنین شرایط بدون آبیاری به طور کامل صادق نبود و بین سه تاریخ کاشت اول، دوم و سوم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های ۳ و ۴). با در نظر گرفتن کلیه تیمارها، دامنه تغییرات درصد روغن

۲۸/۰-۴۳/۱ درصد و دامنه تغییرات عملکرد روغن ۱۷۱۵-۴۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول‌های ۳ و ۴). به نظر می‌رسد که افزایش دمای هوا طی دوره پر شدن دانه دلیل اصلی کاهش درصد روغن در تاریخ‌های کشت چهارم و به خصوص پنجم باشد (جدول ۲) که به وسیله رابطه خطی منفی و معنی‌دار بین درصد روغن با میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه نشان داده شده است (شکل ۳). این رابطه خطی قوی به ترتیب ۸۲ و ۷۷ درصد از تغییرات در ارقام هایولا ۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ را توجیه کرد (شکل ۳). شیب کاهش درصد روغن به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه در رقم آرجی اس۰۰۳ به طور قابل توجهی بیشتر از هیبرید هایولا ۴۰۱ بود (شکل ۳). این شکل نشان داد که به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه، درصد روغن در هیبرید هایولا ۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب ۱/۲۰ و ۱/۴۵ درصد کاهش یافت، که نشان دهنده حساسیت بیشتر درصد روغن رقم آرجی اس۰۰۳ به افزایش دمای هوا در دوره پر شدن دانه بود. تاثیر منفی دمای بالا بر درصد روغن کانولا در نتاج مطالعه هاکینگ و همکاران (Hocking *et al*., 1997) نیز گزارش شده است. در مطالعه آن‌ها به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دمای هوا در دوره پر شدن دانه، درصد روغن کانولا ۲/۷ درصد کاهش یافت و کاهش بارندگی و وقوع دوره های خشکی در مراحل زایشی کانولا نیز سبب کاهش درصد روغن شد.

بنابراین شرایط محیطی مناسب در دوره پر شدن دانه سبب افزایش درصد روغن کانولا شد. در تاریخ‌های کاشت زود، دمای خنک و وجود رژیم رطوبتی مناسب‌تر طی دوره پر شدن دانه سبب افزایش درصد روغن شد. بین میزان آب نسبی برگ در ده روز پس از شروع پر شدن دانه و درصد روغن رابطه خطی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، که به ترتیب ۷۴ و ۷۶ درصد از تغییرات در ارقام هایولا ۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ را توجیه کرد (شکل ۴). شیب افزایش درصد روغن به ازای هر درصد افزایش میزان آب نسبی برگ در رقم آرجی اس۰۰۳ به طور قابل‌توجهی بیشتر از هیبرید هایولا ۴۰۱ بود، که موید حساسیت بیشتر درصد روغن رقم آرجی اس۰۰۳ نسبت به ایجاد شرایط رطوبتی مناسب‌تر طی دوره پر شدن دانه بود (شکل ۴). به ازای هر درصد افزایش میزان آب نسبی برگ در دوره پر شدن دانه، درصد روغن در هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب ۰/۵۹۴ و ۰/۷۷۳ درصد افزایش یافت (شکل ۴). به نظر می‌رسد که بیشتر بودن طول دوره رشد و همچنین بیشتر بودن طول دوره پر شدن دانه در رقم آزاد گرده‌افشان آرجی اس۰۰۳ نسبت به هیبرید هایولا ۴۰۱ در بیشتر بودن حساسیت درصد روغن رقم آرجی اس۰۰۳ نسبت به عوامل محیطی در دوره پر شدن دانه موثر باشد. افزایش نسبی میانگین دمای حداکثر هوا در

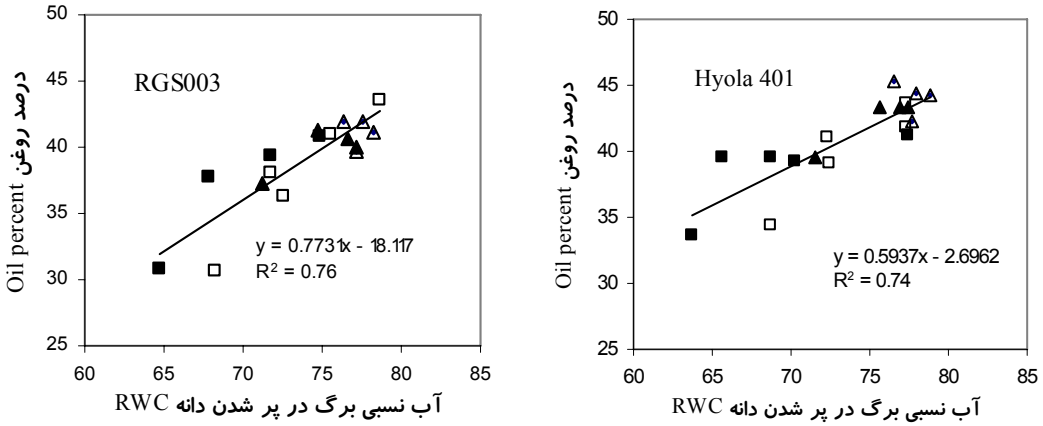


شکل ۳- رابطه بین میانگین دمای هوا (درجه سانتی گراد) در دوره پر شدن دانه و درصد روغن

مربع های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۵-۱۳۸۴ و مثلث های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۶-۱۳۸۵ هستند.

Fig. 3. Relationship between mean air temperature (^{0}C) during seed filling period and oil percent

(□) Irrigated condition in 2005-6; (■) Rainfed condition in 2005-6; (Δ) Irrigated condition in 2006-7; (▲) Rainfed condition in 2006-7.



شکل ۴- رابطه بین میزان آب نسبی برگ ده روز پس از شروع پر شدن دانه (درصد) و درصد روغن

مربع های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۵-۱۳۸۴ و مثلث های خالی و پر به ترتیب نشان دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۶-۱۳۸۵ هستند.

Fig. 4. Relationship between leaf relative water content (%) at 10 days after the beginning of seed filling period and oil percent

(□) Irrigated condition in 2005-6; (■) Rainfed condition in 2005-6; (Δ) Irrigated condition in 2006-7; (▲) Rainfed condition in 2006-7.

دوره پر شدن دانه در تمامی تاریخ‌های کاشت دو سال انجام آزمایش (جدول ۲) نشان داد که در تمامی تیمارهای آزمایشی دیررسی بیشتر رقم آرجی اس۰۰۳ نسبت به هیبرید هایولا ۴۰۱ سبب برخورد دوره پر شدن دانه این رقم با دماهای بالاتر شده و در نتیجه علاوه بر این که درصد و عملکرد روغن این رقم به طور معنی‌داری کمتر از هیبرید هایولا ۴۰۱ بود، واکنش درصد روغن آن نسبت به شرایط آب و هوایی طی دوره فوق نیز بیشتر از هیبرید هایولا ۴۰۱ باشد (شکل‌های ۳ و ۴).

در هر دو سال، روند تغییرات درصد روغن با تاخیر در کاشت متفاوت بود که به دلیل شرایط آب و هوایی متفاوت طی دو سال انجام آزمایش (جدول ۱) بود. در سال ۸۵-۱۳۸۴ با تاخیر در کاشت درصد روغن به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی در سال دوم این روند به طور کامل صادق نبود. این مسئله سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل سال×تاریخ کاشت بر درصد روغن شد (جدول تجزیه واریانس آورده نشده است)، که با نتایج مطالعه آدامسن و کافلت (Adamsen and Coffelt, 2005) مطابقت داشت. در مطالعه این محققین، بین سال‌ها و ارقام مختلف کانولا، تاریخ کاشتی که بیشترین درصد روغن را داشت، متفاوت بود، که سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل سال×تاریخ کاشت و سال×رقم بر درصد روغن شد. به هر حال به دلیل کاهش شدید عملکرد دانه با تاخیر در کاشت، در هر دو سال انجام آزمایش با تاخیر در کاشت عملکرد روغن به طور معنی‌داری کاهش یافت، که با نتایج مطالعه آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) به طور کامل مطابقت نداشت. در مطالعه این محققین در دو سال انجام آزمایش، دامنه تغییرات درصد روغن ارقام کانولا در تاریخ کاشت ۲۱ اکتبر (۲۹ مهر) ۵۱/۴-۴۷/۲ درصد، ۳ نوامبر (۱۲ آبان) ۴۹/۲-۴۳/۳ درصد، ۲۴ نوامبر (۳ آذر) ۴۶/۴-۴۰/۳ درصد و ۱۵ دسامبر (۲۴ آذر) ۴۸/۱-۴۱/۱ درصد بود. اختلاف بین روند تغییرات درصد روغن با تاخیر در کاشت این مطالعه با نتایج آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) به دلیل انتخاب تاریخ‌های کشت خیلی دیر در این مطالعه بود که سبب شد تا در کشت‌های دیر دوره پر شدن دانه با دمای خیلی بالا مصادف شود (جدول ۲). در مطالعه آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) تاریخ کاشت آخر ۲۴ آذر بود، در حالی که در این مطالعه تاریخ کاشت چهارم و پنجم به ترتیب در ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند انجام شد، که به خصوص در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند با برخورد دوره پر شدن دانه با تنش گرما سبب کاهش معنی‌دار درصد روغن کانولا شد. به هر حال روند تغییرات درصد روغن در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم این مطالعه در سال دوم انجام آزمایش و همچنین شرایط بدون آبیاری (جدول‌های ۳ و ۴) با روند تغییرات درصد روغن در مطالعه این محققین مطابقت داشت.

میانگین درصد روغن ارقام کانولا در مطالعه جانسون و همکاران (Johnson *et al*., 1995)

بین ۳۴-۲۸ درصد بود، که به طور قابل توجهی کمتر از میانگین درصد روغن ارقام کانولا در بود. با توجه به این که ارقام مورد مطالعه در آزمایش جانسون و همکاران (۱۹۹۵) و آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) مشابه بودند، بنابراین اختلاف قابل توجه درصد روغن بین دو مطالعه فوق به شرایط آب و هوایی و محیطی طی انجام دو آزمایش بستگی داشت و به نوع رقم مربوط نبود. به هر حال حتی در مطالعه آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) تاریخ کاشت آخر کمترین درصد روغن و وزن دانه را داشت، که به دلیل عدم رسیدن کامل دانه‌ها بود. در این مطالعه وزن هزار دانه کانولا در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند نسبت به تاریخ‌های کشت قبلی به شدت کاهش یافت. میانگین وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در سال ۸۵-۱۳۸۴ به ترتیب ۳/۲، ۳/۰، ۳/۱، ۳/۰ و ۲/۴ گرم و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۴/۳، ۴/۳، ۳/۸، ۴/۲ و ۳/۰ گرم بود. بنابراین عوامل محیطی که سبب افزایش وزن هزار دانه شدند، می توانند سبب افزایش درصد روغن کانولا شوند. این مسئله به خصوص در مورد رقم آرجی اس۰۰۳ صادق بود. این رابطه مثبت بین درصد روغن و وزن هزار دانه در مطالعه آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است. در مطالعه آن‌ها ارقام کانولا با وزن هزار دانه بیشتر دارای درصد روغن بیشتری نیز بودند.

این مطالعه و مطالعه آدامسن و کافلت (۲۰۰۵)

به طور کلی، در این مطالعه، تاریخ‌های کاشت زود سبب شد تا دوره پر شدن دانه با شرایط آب و هوایی مناسب مواجه شده، که همراه با آبیاری تکمیلی سبب افزایش درصد و عملکرد روغن شد. همچنین درصد روغن در رقم آرجی اس۰۰۳ حساسیت بیشتری نسبت به عوامل نامساعد محیطی طی دوره پر شدن دانه داشت، بنابراین بهتر است در مناطق با تنش خشکی و گرمای انتهای فصل رشد، مانند مناطق شمال گنبد، از کشت این رقم جلوگیری شده و تنها از هیبرید هایولا ۴۰۱ جهت کشت استفاده شود.

References

Adamsen, F. J., and Coffelt, T. A. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. Indian Journal of Crop Production 21: 293-307.

Angadi, S. V., Cutforth, H. W., Miller, P. R., McConkey, B. G., Entz, M. H., Brandt, S. A., and Olkmar, K. M. 2000. Response of three Brassica species to high temperature stress during reproductive growth. Canadian Journal of Plant Science 80: 693-701.

Angadi, S. V., McConkey, B. G., Ulrich, D., Cutforth, H. W., Miller, P. R., Entz, M. H., Brandt, S. A., and Volkmar, K. 1999. Developing viable cropping options for the semiarid

prairies. Project Rep. Agric. and Agri-Food Can., Swift Current, SK.

Anonymous, 1989. SAS/STAT user guide, version 6, 4th. edition. SAS Institute, Inc., Cary NC.

Clayton, G. W., Harker, K. N., O'Donovan, J. T., Blackshaw, R. E., Dosdall, L. M., Stevenson, F. C., and Ferguson, T. 2004. Fall and spring seeding date effects on herbicide-tolerant canola (*B. napus* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science 84: 419-430.

Entz, M. H., and Flower, D. B. 1991. Agronomic performance of winter versus spring wheat. Agronomy Journal 83: 527-532.

Fan, T., Stewart, B. A., Payne, W. A., Wang, Y., Song, S., Luo, J. and Robinson, C.A. 2005. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the Loess Plateau of China. Agronomy Journal 97: 177-188.

Fieldsend, J. K., Murray, F. E., Bilsborrow, P. E., Milford, G. F. J., and Evans, E. J. 1991. Glucosinolate accumulation during seed development in winter sown oilseed rape *(B. napus).* pp. 686-694. In: McGregor, D.I. (ed.). Proceedings of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada.

Gan, Y., Angadi, S. V., Cutforth, H., Potts, D., Angadi, V. V., and McDonald, C. L. 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science 84: 697-704.

Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M., and Walton, G. H. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein percents in seed. European Journal of Agronomy 25: 13-21.

Hocking, P. J., Kirkegaard, J. A., Angus, J. F., Gibson, A. H., and Koetz, E. A. 1997. Comparison of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry matter production. Field Crops Research 49: 107-125.

Jensen, C. R., Mogensen, R. O., Mortensen, G., fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N., and Thaga, J. H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*B. napus* L.) effected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Research 47: 93-105.

Johnson, B. L., McKay, K. R., Schneiter, A. A., Hanson, B. K., and Schatz, B. G. 1995. Influence of planting date on canola and crambe production. J. Prod. Agric. 8: 594–599.

Kafi, M., Ganjali, M., Nezami, A., and Shariatmadar, F. 2000. Climate and Yield of Crops. Mashhad Jihad-e-Daneshgahi Press. 311pp.

Kirkland, K. J. and Jonson, E. N. 2000. Alternative seeding dates (fall and April) affect

Brassica napus canola yield and quality. Canadian Journal of Plant Science 80: 713-719.

Mailer, R. J. and Cornish, P. S. 1987. Effects of water stress on glucosinolate and oil percents in the seeds of rape (*B. napus* L.) and turnip rape (*B. rapa* L.). Australian Journal of Experimental Agriculture 27: 707-711.

McCartney, C. A., Scarth, R., McVetty, P. B. E., and Daun, J. K. 2004. Genotypic and environmental effects on saturated fatty acid percent of canola grown in Manitoba. Canadian Journal of Plant Science 89: 749-756.

Morrison, M. J. and Stewart, D. W. 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. Crop Science 42: 797-803.

Scarth, R., and Tang, J. 2006. Modificatin of brassica oil using conventional and transgenic approaches. Crop Science 46: 1225-1236.

Soltani, A., and Faraji, A. 2007. Soil Water and Plant Relationship. Mashhad Jihad-e-Daneshgahi Press. Mashhad, Iran. 246pp.

Walton, G., Mendham, N., Robertson, M., and Potter, T. 1999. Canola, phenology, physiology and agronomy. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia.

Zhang, H. P., Wang, X. Y., You, M. Z., and Liu, C. M. 1999. Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China plain. Irrig. Sci. 19: 37-45.