نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۳، بهمن - اسفند ۱۳۹۸، ص. ۱۷۴۲-۱۷۳۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 13, Feb.-Mar. 2020, p. 1733-1742

بررسی تاثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر سطح برگ کلزا و ارایه معادلات ریاضی حاکم

احمد عسگری[۱]، عبداله درزی نفت‌چالی[۲*]، مهدی نادی[۳] و سید فرهاد صابرعلی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۳۱

چکیده

بررسی کارایی سیستم‌های مختلف زهکشی برای توسعه کشت دوم کلزا در اراضی شالیزاری استان مازندران بسیار ضروری می‌باشد. برای این منظور، آزمایشی در پایلوت زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۹۷-۹۶ انجام شد. در ۸ زمان مختلف دوره رشد کلزا، سطح برگ (LA)، شاخص سطح برگ (LAI)، تعداد برگ در ساقه (SLN) و وزن خشک برگ (LDW) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌های دارای زهکش زیرزمینی و زهکش سطحی (شاهد) تعیین شد. سپس آنالیز آماری برای بررسی تاثیر عمق و فاصله زهکشی بر شاخص‌های رشد یاد شده انجام گرفت و رابطه ریاضی سطح برگ و وزن خشک آن با ارزیابی مدل‌های رگرسیون خطی و غیر خطی در سیستم‌های متفاوت زهکشی تعیین شد. تحت شرایط مختلف زهکشی، حداکثر LA در حدود ۹۰ روز پس از کاشت رخ داد. همچنین روابط ریاضی بین LA و LDW که توسط مدل خطی و توانی برازش شد، بسیار مناسب بود به‌طوری‌که مقدار ضریب تبیین ۰/۹۸ بدست آمد. در بین توابع ریاضی نیز، توابع چندجمله‌ای معکوس با درجات ۴ و ۵، معادلات لگاریتمی و معادلات معکوس لگاریتمی با درجات ۳، ۴ و ۵، نتایج بهتری نسبت سایر توابع ریاضی نشان دادند. از روابط به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو کلزای زمستانه در شرایط کنترل سطح ایستابی استفاده نمود.

واژه های کلیدی: عمق و فاصله زهکش، شاخص‌های رشد، مدل‌های رگرسیونی، سطح ایستابی

مقدمه

در سال‌های اخیر، افزایش تولید کلزا در شرایط مختلف آب و هوایی کشور مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفت. اهمیت صنعتی تولید کلزا به افزایش عملکرد دانه و تولید روغن از آن بوده (فرزین و همکاران، ۱۳۸۵؛ رشتبری و علیخانی، ۱۳۹۳) و موجب کاهش وابستگی کشور به واردات روغن خوراکی می‌شود. در استان مازندران با احداث سیستم‌های زهکشی و بررسی کارایی آن در اراضی شالیزاری، می‌توان به توسعه کشت کلزا پس از برنج کمک نمود و تا حد زیادی از واردات روغن خوراکی جلوگیری نمود. از روش‌های آزمون عملکرد زراعی کلزا، مدل‌سازی رشد آن تحت شرایط متفاوت اقلیمی کشور می‌باشد که با هدف پیش‌بینی عملکرد گیاه صورت می‌گیرد (میرهاشمی و بنایان اول، ۱۳۹۱). در این راستا، می‌توان از شاخص‌های رشد کلزا برای کارایی سیستم‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی استفاده نمود. بررسی این شاخص‌ها در طی فصل رشد به مدیریت بهتر مزرعه کمک نموده (باقری و همکاران، ۱۳۹۳) و تولیدکنندگان به واسطه آن می‌توانند عملکرد محصول را بهبود بخشند (Bennett et al., 2017). سطح برگ از مهمترین شاخص‌های رشد گیاه (Shabani and Sepaskhah, 2017) بوده که می‌تواند برای بررسی کارایی سیستم‌های متفاوت زهکشی سطحی و زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد. میزان رشد گیاهان از مراحل اولیه تا اواسط فصل رشد، به افزایش سطح برگ‌های جدید بستگی داشته (حبیب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵) و این مقدار به ویژه قبل از زمان گلدهی، افزایش عملکرد محصول را در بردارد (هوشمندی، ۱۳۹۴). این شاخص عامل تعیین کننده‌ای در جذب نور، فتوسنتز و تجمع ماده خشک توسط پوشش گیاهی (لبافی حسین آبادی و همکاران، ۱۳۹۱) بوده و تغییرات آن بر طول مدت رسیدگی و کیفیت محصول تاثیر دارد (Awal et al., 2004). با وجود اهمیت سطح برگ، اندازه‌گیری مستقیم آن عموماً هزینه‌بر، وقت‌گیر و تخریبی است (Antunes et al., 2008) و با توجه به آنکه واریته‌های مختلف کلزا الگوی مشخصی از مورفولوژی برگ را نشان می‌دهند، می‌توان از روش‌های غیرمستقیم برآورد سطح برگ استفاده کرد. از بین این روش‌ها، برآورد

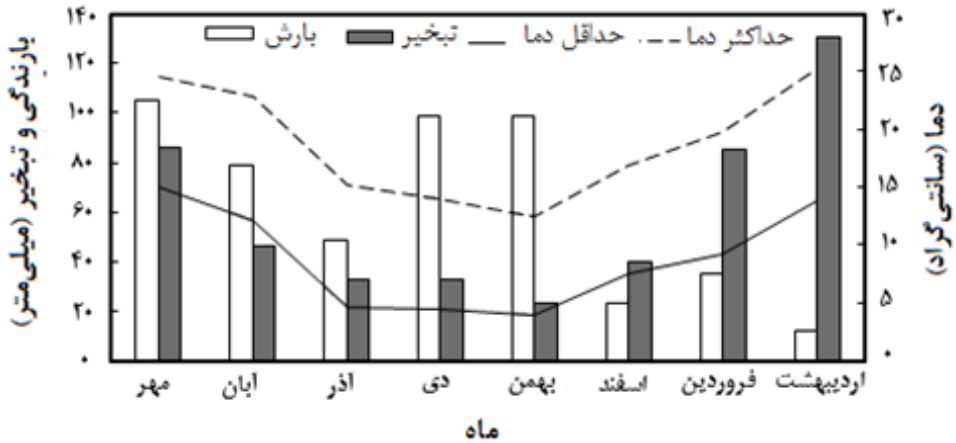
۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
۴- استادیار مجتمع آموزش عالی تربت جام
(* - نویسنده مسئول: Email: abdullahdarzi@yahoo.com)

سطح برگ از طریق روابط ریاضی، دقیق، کم هزینه و غیر تخریبی است (Blanco and Folegatti., 2003). به عنوان مثال، می‌توان با برازش داده‌های سطح برگ از طریق دستگاه اکیوپار (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۲؛ بخشنده و همکاران، ۱۳۹۰ و صفاهی و همکاران، ۱۳۸۶) برای ایجاد روابط ریاضی استفاده نمود. استفاده از درجه حرارت به عنوان اولین فاکتور مؤثر بر نمو گیاه (Tian et al., 2017) از روش‌های دیگری است که در آن سطح برگ به‌صورت تابع ریاضی نسبت به مجموع درجه حرارت تجمع یافته در زمان رشد بیان می‌شود (Locus et al., 2015). همچنین، برخی پژوهش‌ها سطح برگ را به‌صورت تابع ریاضی از ابعاد خود برگ برآورد نمودند (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Carvalho et al., 2017؛ Dutra et al., 2016). علاوه بر سطح برگ، از تعداد برگ نیز به‌عنوان معیاری مهم برای مشخص نمودن مراحل رشد و نمو گیاهی و مدل‌سازی ریاضی استفاده شد (مشایخی و موسوی زاده، ۱۳۸۸). روش دیگر تعیین سطح برگ، استفاده از روابط آلومتری است که در آن سطح برگ با اندازه-گیری برخی از خصوصیات گیاهی (راحمی کاریزکی و همکاران، ۱۳۹۴) به‌صورت تابعی ریاضی برآورد می‌گردد. زیست‌شناسان علوم گیاهی نیز از آلومتری برای تشریح رابطه بین اندازه و شکل اندام‌های مختلف استفاده می‌نمایند (Dahle and Grabosky, 2009). از این روابط آلومتریک و اطلاعات حاصل از آنها برای بهبود مدیریت زراعی، افزایش کارایی به‌نژادی به‌دلیل درک بهتر از رشد گیاه و همچنین تجزیه و تحلیل و تفسیر رفتارهای رشد گیاه استفاده می‌شود (بخشنده و همکاران، ۱۳۹۰). مرور پژوهش‌های یاد شده حاکی از آن است که تاثیر سیستم‌های مختلف زهکشی بر سطح برگ کلزا در طی فصل رشد، مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین، توابع ریاضی سطح برگ کلزای زمستانه نسبت به اجزای رویشی آن تحت شرایط زهکشی سطحی و زیرزمینی ارایه نشد. در پژوهش حاضر، تاثیر سیستم‌های مختلف زهکشی بر روابط ریاضی متداول آلومتری و همچنین سایر مدل‌های رگرسیونی خطی و غیرخطی برای سطح برگ کلزا تحلیل شد. سپس کارایی تیمارهای متفاوت زهکشی برای منطقه مورد مطالعه تحلیل شد تا بتوان از روابط ریاضی بدست آمده برای شبیه‌سازی رشد کلزای زمستانه استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه

این پژوهش در طی یک فصل کشت کلزا از مهرماه ۱۳۹۶ تا پایان اردیبهشت ۱۳۹۷ در حدود ۳/۵ هکتار از اراضی پایلوت زهکشی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. عرض و طول جغرافیایی این منطقه به‌ترتیب ۳۶/۳۹ و ۵۳/۰۴ درجه و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر است. مجموع نزولات جوی در مدت مطالعه ۵۰۱ میلی‌متر و مجموع میزان تبخیر ۴۷۶ میلی‌متر بود. میزان بارندگی ماهانه در مراحل ابتدایی رشد تا مرحله رسیدگی دانه بیشتر از تبخیر ماهانه بود. با توجه به مقاوم نبودن کلزا به شرایط ماندابی (Kandel et.al., 2015)، نیاز به بهبود شرایط فیزیکی خاک از طریق زهکشی زیرزمینی ضروری بود. حداقل مطلق دمای روزانه در ۱۰ بهمن (۳- درجه سانتیگراد) و حداکثر مطلق دمای روزانه در ۸ آبان (۳۶/۸ درجه سانتیگراد) رخ داد. تغییرات ماهانه دما، بارندگی و تبخیر در منطقه مطالعه در شکل ۱ نشان داده شد.



شکل ۱- روند تغییرات متوسط ماهانه دما، بارندگی و تبخیر در طی فصل رشد در منطقه مطالعه

مزرعه مطالعه مجهز به سه سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی با عمق و فواصل مختلف و یک سیستم زهکش سطحی (شاهد) می‌باشد. سیستم‌های زهکشی زیرزمینی با اعماق ۰/۹۰ و ۰/۶۵ متر و فواصل زهکشی ۱۵ و ۳۰ متر (D0.9L30، D0.65L30 و

D :D0.65L15 و L بـه‌ترتیـب معـرف عمـق و فاصـله زهکـش) می‌باشند. در ضمن بافت خاک لایه‌های مختلف این مزرعه تـا عمـق سه‌متری، غالباً از نوع رسی و سیلتی–رسی بود. مشخصات کامل این مزرعه و سیستم‌های زهکشی در پژوهش درزی نفت‌چالی و همکاران (۱۳۹۲) ارائه شد.

مدیریت مزرعه

کشت کلزا در تاریخ ۱۹ مهرماه ۱۳۹۶ بـه‌صـورت دسـت‌پـاش بـا مقدار ۸ کیلوگرم در هکتار بذر کلزا (رقـم هـایولا ۴۰۱) در هریـک از کرت‌های آزمایشی انجام شد. سطح کل کشت ۳/۵ هکتار بود و کلیـه عملیات زراعی با روش کشت متداول در منطقه صـورت گرفـت. ۱۵، ۸۵ و ۱۱۰ روز پس از کاشـت بـه‌ترتیـب ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ کیلـوگرم در هکتار کود اوره در کل مزرعه پخش شد. در نهایت در ۳۱ اردیبهشـت ماه ۱۳۹۷ (۲۲۳ روز پس از کاشت)، عملیات برداشت انجام شد.

اندازه‌گیری‌ها

در طی فصل کشت کلزا در ۸ زمان مختلف، سـطح بـرگ، تعـداد برگ، ارتفاع گیاه (سانتیمتر)، وزن تر و خشک برگ (گرم در متر مربع) در سطح یک متر مربع با سه تکرار در هر سیستم زهکشی تعیین شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ در هر تکرار، برگ‌های یک گیاه به طـور کامل جدا شد و تصویربرداری از آنها صورت گرفت. پس از آماده‌سازی تصاویر در نرم افزارهای گرافیکی، از نـرم‌افـزار Digimizer (4.1.1)، برای تعیین مساحت تک تک برگ‌ها استفاده شد. در مجمـوع، بـرای سه سیستم زهکشی مورد مطالعه، سطح ۶۱۲ برگ گیاه کلزا بـه‌طـور مستقیم اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیـل داده‌هـا در قالـب طـرح بلـوک کامـل تصـادفی به‌وسـیله نـرم افـزار SAS (SAS Institute, 2004) انجـام گرفـت. عامل اصلی تیمارهای زهکشی و عامل فرعی روزهای بعـد از کاشـت بودند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

تعیین روابط ریاضی سطح برگ

برای توصـیف روابـط آلومتریـک بـین صـفات، معمـولاً از انـواع معادلات توانی به صورت زیر استفاده می‌شود (ظفری قلعه رودخانی و همکاران، ۱۳۹۶):

$$Y= aX^b \quad (۱)$$

$$Y= X^b \quad (۲)$$

$$Ln(Y)= ln(a)+ bln(X) \quad (۳)$$

که در آن‌ها: a عرض از مبداء و b شیب خط (ضریب آلومتریـک) می‌باشد. رابطه ۲ فرم ساده‌تر رابطه ۱ است که در آن مقدار a برابـر ۱ در نظر گرفته شد. گاهی از فرم تبدیل خطی شده معادله توانی مذکور، نیز بـرای توصـیف روابـط آلومتریـک اسـتفاده مـی‌شـود (بخشـنده و همکاران، ۱۳۹۰) که به شکل رابطـه ۳ بیـان مـی‌شـود. در پـژوهش حاضر، برای توصیف روابط ریاضی بین سـطح بـرگ بـا وزن خشـک بـرگ سـبز، تعـداد بـرگ در بوتـه و تـراکم گیـاه در واحـد سـطح، از معادله‌های توانی و خطی استفاده شـد. بـرازش معادلـه و بررسـی آن برای هر سه تیمار زهکشی و تیمار بدون زهکـش انجـام شـد. ضـمناً ارزیابی معادله دوتکه‌ای (رابطه ۴) کـه سـاده شـده رابطـه آلومتریـک است، برای تیمارهای مذکور انجام شد.

$$Y= b_1x \quad \text{اگر} \quad X\leq X0 \quad (۴)$$

$$Y=b_1X_0+b_2(x-x0) \quad \text{اگر} \quad X>X0 \quad (۵)$$

که در آن‌ها؛ Y سطح برگ در بوته و X صفت رویشی مورد نظر می‌باشد. X_0 نقطه چرخش بین دو مرحله و b_1 و b_2 شیب‌های دو خط می‌باشند. علاوه بر معادلات مذکور، بـرای توصـیف دقیـق‌تـر روابـط ریاضی سطح برگ برای کلیه سیستم‌های زهکشی، با استفاده از نـرم افزار مدل‌سازی DataFit9، برازش روابط و توابع متعدد ریاضی (اعـم از معادلات خطی با درجات چند جمله‌ای بالاتر و معادلات غیر خطـی شامل لگاریتمی، نمایی، کسری و...) انجام گرفت و در نهایت بهتـرین معادله انتخاب شد. در جدول ۱ طبقه‌بندی مدل‌هـای ریاضـی بـرازش شده ارایه شد.

در انتخاب بهتـرین مـدل و یـا معادلـه ریاضـی و مقایسـه دقـت معادلات، از شـاخص‌هـای جـذر میـانگین مربعـات خطـا (RMSE)، خطای استاندارد (SE) و ضریب تبیین (R^2) طبـق فرمـول‌هـای زیـر استفاده گردید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_1^n (y_i - p_i)^2} \quad (۶)$$

$$SE = \sqrt{\frac{1}{(n-2)}\sum_1^n (y_i - p_i)^2} \quad (۷)$$

$$R^2 = \frac{[\sum(y_i-\overline{y_i})(p_i-\bar{p})]^2}{\sum_1^n (y_i-\overline{y_i})^2 \sum_1^n (p_i-\bar{p})^2} \quad (۸)$$

که در آن‌ها؛ x_i و y_i بـه‌ترتیـب مقـدار متغیرهـای مسـتقل و وابسته، $\overline{x_i}$ و $\overline{y_i}$ به‌ترتیب میانگین مقدار متغیرهای مستقل و وابسته و p_i و $\bar{p}$ به‌ترتیب مقدار و میانگین داده‌های واقعی و پیش‌بینـی شـده می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل مختلف بر سطح برگ سـبز، وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ در جدول ۲ ارایه شد. اثر تیمارهای زهکشی بر صفات مختلف رشد معنی‌دار بود. روزهای پـس از کاشـت نیز اثر معنی‌داری بر صفات رشد داشتند کـه حـاکی از تغییـرات قابـل توجه این صفات در فاصله زمانی بین نمونه‌برداری‌ها می‌باشد.

جدول ۱- طبقه‌بندی گروه معادلات و مدل‌های ریاضی برازش شده برای سطح برگ

ردیف	گروه معادلات	تشریح نوع معادله	نمونه مثال از گروه معادلات
۱	چند جمله‌ای	معادلات مرتبه اول تا دهم	$ax^{10}+bx^{9}+\ldots+k$
۲	لگاریتم چند جمله‌ای	معادلات مرتبه اول تا پنجم	$a+b.\ln(x)+\ldots+f.\ln(x)^{5}$
۳	معکوس چندجمله‌ای	معادلات مرتبه اول تا پنجم	$a+b/x+c/x^{2}+\ldots+f/x^{5}$
۴	لگاریتم معکوس	معادلات مرتبه اول تا پنجم	$a+b/\ln(x)+\ldots+f/\ln(x)^{5}$
۵	تک پارامتری محدب – مقعر	ریشه مدل	$1-1/(x^{a})$
۶	دو پارامتری محدب – مقعر	توانی، نمایی، هیپربولیک، مدل ژئومتریک، مدل لگاریتمی	$\exp(a+bx)$
۷	سه پارامتی محدب – مقعر	مدل Hoerl، معکوس چند جمله‌ای درجه دوم	$1/(a+bx+cx^{2})$
۸	تک پارامتری با ماکزیمم- مینیم	مثلثاتی نوع اول، مثلثاتی نوع دوم	$\cos(x+a)$
۹	دو پارامتری با ماکزیمم- مینیمم	مثلثاتی	$a\cos(x)+b\sin(x)$
۱۰	سه پارامتری با ماکزیمم- مینیمم	مدل Gunary، مدل توزیع بتا، مدل توزیع گوسین	$a+bcos(x)+csin(x)$
۱۱	دو پارامتری سیگموئیدی	-	$\exp(-\exp(a-bx))$
۱۲	تک جمله‌ای متقاطع	-	$a+bx/\ln(x)$
۱۳	دو جمله‌ای متقاطع	-	$a+bx+cx/\ln(x)$

همچنین، اثر متقابل روزهای پس از کاشت و تیمارهای زهکشی بر صفات رشد معنی‌دار بود که این عامل بیانگر واکنش متفاوت صفات یاد شده نسبت به عمق و فاصله زهکش‌ها در روزهای پس از کاشت بود.

تیمارهای زهکشی

مقادیر صفات رشد گیاه در تیمارهای زهکشی در جدول ۳ ارائه شد. از نظر کلی تیمارهای با عمق ۶۵ سانتیمتر از نظر شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ نتایج بهتری نسبت به دو تیمار دیگر نشان دادند. مقدار سطح برگ در تیمار با عمق با عمق ۹۰ سانتیمتر بهتر از بقیه بود. این نتیجه را تا حدود زیادی به وضعیت تنش رطوبتی گیاه در ابتدای رشد ارتباط دارد. بطوریکه در ابتدای فصل کاهش تخلیه آب در مجاورت زهکش با عمق ۹۰ سانتیمتر، تا حدودی موجب حفظ ذخیره آب در خاک از طریق صعود موئینه شد. همچنین تراکم بوته‌ها در تیمارهای مختلف عامل دیگری برای توسعه سطح برگ در واحد سطح بود.

صفات رشد

مقادیر صفات رشد گیاه در روزهای مختلف پس از کشت در جدول ۳ ارایه شد. حداکثر سطح برگ در حدود ۹۰ روز پس از کشت (همزمان با تشکیل اندام زایشی) مشاهده شد. با ادامه رشد در مرحله پر شدن غلاف ها و تا پایان فصل رشد با زرد شدن و ریزش برگ‌ها، مجدداً سطح برگ کاهش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر عوامل مختلف بر صفات رشد کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ سبز (C*m2*)	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (gr)
بلوک	۲	۶۳/۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳
تیمار زهکشی	۳	۱۳۵۹/۴۳**	۰/۴۲**	۰/۱۶ **
بلوک × تیمار زهکشی (خطای الف)	۶	۵۴۹/۳۹	۰/۰۳۷	۰/۰۲۵
روزهای بعد از کاشت	۷	۱۶۰۱۹**	۱۲/۳۱**	۰/۷۱**
روزهای بعد از کاشت × تیمار زهکشی	۲۱	۳۵۸/۹۷**	۰/۴۷ **	۰/۱۱۳**
خطای ب	۵۶	۴۰/۲۹	۰/۰۰۶	۰/۰۳۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷/۹۱	۳/۳۳	۱۴/۱۶

* و ** به ترتیب به مفهوم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول ۳- میانگین مربعات صفات رشد در روزهای مختلف پس از کشت

تیمارهای زهکشی	سطح برگ سبز (Cm^2)	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (gr)
D0.9L30	۸۳/۳۶ ab	۲/۳۸ a	۰/۴۶ a
D0.65L30	۸۸/۳۴ a	۲/۳۹ a	۰/۴۶ a
D0.65L15	۷۷/۴۵ ab	۲/۵۱ a	۰/۴۲ a
Control	۷۰/۶۸ b	۲/۱۹ b	۰/۲۹ b
LSD	۵/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۱

* اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک در ستون دوم، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول٤- میانگین مربعات صفات رشد در روزهای مختلف پس از کشت

روز پس از کاشت	سطح برگ سبز (Cm^2)	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (gr)
۳۳	۴۳/۸۵۳ f	۰/۸۶ g	۰/۱۵ g
۴۷	۷۰/۲۲۲ d	۲/۰۸ d	۰/۳۰ e
۶۹	۱۱۳/۶۵۳ c	۳/۲۸ b	۰/۶۱ c
۹۰	۱۳۰/۰۱۴a	۳/۶۸ a	۰/۷۵ a
۱۰۳	۱۱۹/۹۰۵ b	۳/۳۱ b	۰/۶۸ b
۱۲۷	۷۵/۱۳۳ d	۲/۵۳ c	۰/۳۷ d
۱۳۸	۵۳/۴۲۵ e	۱/۸۸ e	۰/۲۴ f
۱۴۹	۳۵/۴۳۳ g	۱/۳۱ f	۰/۱۴ g
LSD	۵/۱۹	۰/۰۶۴	۰/۰۴۷

* اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک در ستون دوم، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

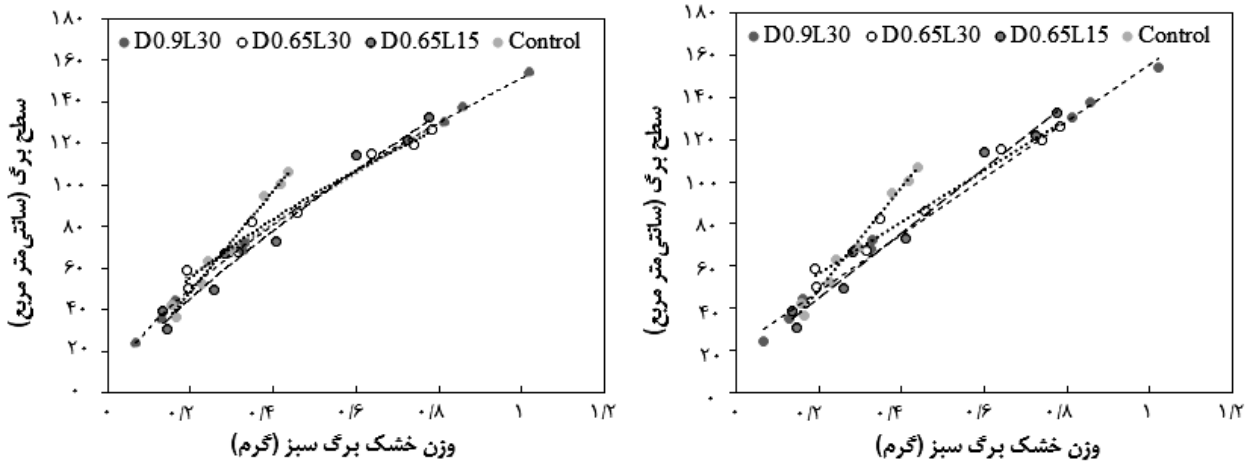
حداکثر سطح برگ در تیمارهای دارای سیستم زهکشی زیرزمینی بیشتر از مقدار آن در تیمار زهکش سطحی بود. در بین تیمارهای زهکشی زیرزمینی، بیشترین LA با مقدار ۱۳۸ سانتیمتر مربع مربوط تیمار D09L30 بود. این مقدار برای تیمارهای D0.65L15، D0.65L30 و Control به‌ترتیب ۱۳۳، ۱۲۷ و ۱۱۰ سانتیمتر مربع بود. با توجه به آنکه کشت کلزا به‌صورت دست‌پاش انجام گرفت، تراکم بوته‌ها در تیمارهای مورد مطالعه یکسان نبود. به نظر می‌رسد تراکم مناسب‌تر بوته‌ها در تیمار D0.9L30، علاوه بر بهبود شرایط فیزیکی خاک، تا حد زیادی به افزایش LA طی فصل رشد کلزا تا رسیدن به مقدار حداکثر نمود. شاخص سطح برگ (LAI) نیز نمایانگر تراکم برگ‌ها می‌باشد (موحدیان و همکاران، ۱۳۸۶) و از آن می‌توان برای تجزیه و تحلیل رشد گیاه استفاده نمود. طبق جدول ۳، تغییرات LAI تا حدود زیادی از الگوی LA پیروی نمود به‌طوری‌که روند کاهش LAI با ریزش برگ‌ها در پایان فصل رشد مشاهده شد. ضمناً بعد از رسیدن به حداکثر LAI، بین روزهای پس از کاشت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. عنافچه و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند روند تغییرات LAI کلزا تا ۱۰۰ روز پس از کاشت به‌صورت آهسته و بعد از آن در زمان گلدهی (۱۲۰ روز پس از کاشت) به حداکثر رسید. در تراکم‌های بالا به علت افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد برگ در بوته افزایش یافته و این امر خود منجر به افزایش شاخص سطح برگ و کاهش زمان رسیدن به حداکثر آن، می‌شود (راحمی کاریزکی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین، تراکم مطلوب گیاهی از عوامل مهم در تصمیم‌گیری‌های زراعی برای دستیابی به عملکرد بالا همراه با کیفیت مناسب (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰) کلزا است. اثر تراکم بر شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه در پژوهش یعقوب زاده و همکاران (۱۳۸۵) نیز گزارش شد. در مراحل پایانی رشد، وقوع بارش-های مازاد در دی ماه و بهمن ماه (شکل ۱) موجب شد ریزش برگ‌ها و کاهش وزن خشک برگ سبز در تیمار شاهد بیشتر از تیمارهای دارای زهکشی زیرزمینی باشد. از آنجایی‌که کاهش ماندابی نقش اساسی در رسیدن به عملکرد بالای کلزا دارد (Zhang et al., 2004) زهکش‌ها باید قادر باشند با توجه به شدت و دوام بارندگی‌ها، آب اضافی را در ظرف مدت کمتر از ۲ روز خارج سازند (فرازم‌صفت و همکاران، ۱۳۸۹) تا سطح ایستابی به زیر ناحیه ریشه تنزل یابد (عسگری و درزی، ۱۳۹۷). با توجه به نتایج بررسی LA و LAI، تیمارهای دارای زهکش زیرزمینی عملکرد بهتری نسبت به تیمار شاهد در خروج آب‌های مازاد داشتند. طبق جدول ۳ وزن خشک برگ سبز (تک بوته) نیز در تیمارهای دارای زهکش زیرزمینی به تبعیت از سطح برگ و شاخص سطح برگ، بیشتر از تیمار شاهد بود.

روابط ریاضی سطح برگ

روابط ریاضی بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز کلزا به‌همراه آماره‌های ارزیابی در جدول ۵ ارایه شد. معادلات خطی ($Y=ax+b$) و توانی ($Y=aX^b$) برازش مناسبی را بین سطح برگ تک بوته (سانتی‌مترمربع در بوته) با وزن خشک برگ‌های سبز (گرم در بوته) با ضریب تبیین ۰/۹۸ نشان دادند. از نظر RMSE، معادلات نمایی دارای خطای کمتری نسبت به معادلات خطی بودند. بنابراین می‌توان برای توصیف رابطه سطح برگ با صفت وزن خشک برگ سبز از این معادله استفاده نمود. در تحقیقی، همبستگی مثبت LA و LDW روی ۱۱ ژنوتیپ کلزای زمستانه تایید شد (Hunkova et al., 2011). همچنین، کارایی معادله توانی برای بسیاری از گیاهان زراعی اثبات شد. جهت توصیف رابطه بین سطح برگ با وزن خشک برگ، راحمی کاریزکی و همکاران (۱۳۹۴) از معادله توانی برای گیاه باقلا و ظفری قلعه رودخانی و همکاران (۱۳۹۶) از رابطه توانی و خطی برای گیاه گندم و استفاده کردند.

جدول ۵- روابط ریاضی بین سطح برگ (Cm^2) با وزن خشک برگ سبز (gr)

معادله	تیمار	a±se	b±se	RMSE	SE	R^2
	D0.9L30	۱۳۴/۴۲ ±۱۱/۰۴۲	۲۱/۲۶ ±۶/۴۰	۳/۸۷	۴/۴۷	۰/۹۹
خطی	D0.65L30	۱۲۲/۲۶ ±۱۹/۷۸	۳۲/۳۴ ±۱۰/۰۶	۴/۳۷	۵/۰۵	۰/۹۷
Y=ax+b	D0.65L15	۱۵۳/۲۴ ±۲۳/۵۰	۱۴/۷۲±۱۱/۲۷	۵/۶۱	۶/۴۸	۰/۹۸
	Control	۲۴۲/۱۲ ±۳۰/۹۵	۰/۴۶±۹/۵۳	۳/۲۰	۳/۷۰	۰/۹۸
	D0.9L30	۱۵۲/۱۴ ±۲/۳۷	۰/۶۹ ±۰/۰۲۵	۱/۲۶	۰/۸۵	۰/۹۹
نمایی	D0.65L30	۱۴۶±۱۱/۳۸	۰/۶۱±۰/۱۰	۴/۱۵	۴/۷۹	۰/۹۸
$Y=aX^b$	D0.65L15	۱۶۱/۳۱±۱۶/۸۸	۰/۷۹±۰/۱۵	۵/۵۳	۶/۳۹	۰/۹۸
	Control	۲۴۲/۴ ±۳۸/۶۶	۱ ±۰/۱۴	۳/۲۱	۳/۷۰	۰/۹۸



الف- معادله خطی $Y=aX+b$ ب- معادله نمایی $Y=aX^b$

شکل ۲- برازش معادلات سطح برگ و وزن خشک آن در تیمارهای زهکشی، الف- معادله نمایی و ب – معادله خطی

بررسی ضرایب معادله خطی (از طریق آزمون Z) نشان داد که بین تیمارهای زهکشی از نظر مقدار ضرایب معادلات رگرسیون خطی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ولی مقایسه ضرایب معادلات رگرسیون تیمارهای زهکشی زیرزمینی با تیمار زهکشی سطحی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در معادله توانی، بین کلیه تیمارها از نظر ضریب a اختلاف معنی‌دار وجود داشته و از این رو برای هر تیمار باید از معادله برازش شده مربوط به آن در پیش‌بینی سطح برگ استفاده نمود.

شکل ۲ رابطه توانی وزن خشک برگ در بوته با سطح برگ در بوته را برای تیمارهای مختلف زهکشی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از برازش سایر توابع ریاضی نشان داد که در معادلات خطی، با افزایش توان چندجمله‌ای، ضریب تبیین بیشتر شده و علاوه بر آن خطای استاندارد و جذر ریشه مربعات خطا کاهش خواهد یافت. همچنین، توابع چندجمله‌ای معکوس با درجات ۴ و ۵، معادلات لگاریتمی و

معادلات معکوس لگاریتمی با درجات ۳، ۴ و ۵ با ضریب تبیین ۰/۹۹ و خطای کمتر، نتایج بهتری نسبت سایر توابع ریاضی نشان دادند. کارایی نرم افزار Digimizer برای محاسبه سطح برگ و ایجاد روابط ریاضی مربوط به آن در برخی پژوهش‌های قبلی تایید شد (Carvarho et al., 2017). از این رو، با استفاده از معادلات بیان شده می‌توان شبیه‌سازی رشد کلزا را با دقت بالایی توصیف نمود. ظفری قلعه رودخانی و همکاران (۱۳۹۶) برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز گندم با برازش $Y=ax^b$، ضریب تبیین را بالاتر از ۰/۷۸ بدست آورده و کاربرد این معادله را مناسب ارزیابی نمودند. لبافی حسین آبادی و همکاران (۱۳۹۲) در بین مدل‌های مختلف، لگاریتم طبیعی معادله فوق یعنی معادله خطی $\ln(Y)=a+\ln(x)$ (که در آن از x و y لگاریتم گرفته شده است) را بهترین معادله (بر اساس بیشترین ضریب تبیین و کمترین میانگین خطای مربعات) برای ارتباط بین شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ کدوی پوست کاغذی معرفی نمودند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر روابط ریاضی سطح برگ کلزای زمستانه بر اساس صفات رشد مورد بررسی قرار گرفت. مدل ریاضی خطی و توانی سطح برگ را تحت شرایط مطلوب رشد و تنش‌ماندابی پیش-بینی کردند. نتایج نشان داد در تیمارهای زهکشی زیرزمینی، سطح برگ، شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ سبز کلزا در مراحل مختلف رشد از وضعیت بهتری نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند. نتایج حاصل از برازش توابع ریاضی نیز نشان داد به‌دلیل وجود همبستگی بالا بین سطح برگ بوته با با وزن خشک برگ سیز، می‌توان از معادلات ارائه شده برای شبیه‌سازی رشد کلزا استفاده نمود. ارزیابی معادلات رگرسیونی حاکی از آن بود که پیش‌بینی رشد گیاه از طریق سطح برگ و شاخص سطح برگ به‌خوبی در تیمارهای زهکشی امکان‌پذیر است. از نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان در برنامه‌ریزی‌های مربوط به افزایش تولید کلزا در اراضی شالیزاری مجهز به زهکشی زیرزمینی استفاده نمود.

منابع

باقری، ع.، عزیزی، خ. و حسنوندی، م.س. ۱۳۹۳. تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد دو رقم گیاه عدس با استفاده از مدلسازی رگرسیونی. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۲ .۳ : ۴۸۴- ۴۹۰.

بخشنده، ا.، سلطانی، ا و غدیریان، ر. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه AccuPAR در گندم. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸ . ۴: ۱۰۱- ۹۷.

بخشنده، ا.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، کلاته عربی، م. و غدیریان، ر. ۱۳۹۰. ارزیابی روابط آلومتریک سطح برگ و صفات رویشی در ارقام گندم نان و دوروم. مجله علوم زراعی ایران، ۴ .۳: ۶۵۷-۶۴۲.

درزی نفت‌چالی،ع.، میرلطیفی،س.م.، شاهنظری،ع.، اجلالی،ف و مهدیان،م.ح. ۱۳۹۲. تاثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات نیتروژن از اراضی شالیزاری در فصل کشت برنج، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳. ۷: ۳۰۵-۲۹۴.

راحمی کاریزکی، ع.، حسن زاده، ع.، بیابانی، ع. و فروغی، ع. ۱۳۹۴. روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گیاه باقلا (Vicia faba)، مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، سال هفتم. ۲۳: ۱۶۴-۱۵۶.

رشتبری، م. و علیخانی، ح. ۱۳۹۳. استفاده از روش‌های چند متغیره در مطالعه تاثیر کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد و عملکردی کلزا. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴ .۳: ۵۹-۴۹.

ظفری قلعه رودخانی، ب.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، کامکار، ب و فیروزفرد، م. ۱۳۹۶. تاثیر تراکم بوته بر روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی گندم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۵ .۳: ۵۵۸-۵۴۶.

صفاهانی، ع.ر.، کامکار، ب.، زند، ا.، باقرانی، ن و باقری، م. ۱۳۸۶. تاثیر شاخص‌های رشد برتوان رقابتی ارقام کلزا (Brassica napus) با علف هرز خردل وحشی (Sinapisarvnsis). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۵. ۲: ۳۱۳-۳۰۱.

ظفری قلعه رودخانی، ب.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، کامکار، ب. و فیروزفرد. ۱۳۹۶. تاثیر تراکم بوته بر روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی گندم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۵. ۳: ۵۵۸-۵۴۶.

عسگری، ا. و درزی نفت‌چالی، ع. ۱۳۹۷. تحلیل تاثیر نوسان سطح ایستابی بر شاخص سطح برگ کلزا. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۲,۱: ۸۷-۷۶.

عنافجه، ز.، عالمی سعید، خ.، فتحی، ق.، قرینه، م.ح و چعب، .ع. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های رشد و تخمین آستانه خسارت اقتصادی دانه کلزا (Brassica napus L.) در پاسخ به تراکم‌های متفاوت کلزا و خردل وحشی (Sinapisrvensis L.) . نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹. ۱: ۱۱-۱.

غروی بایگی، م.، بخشنده، ا.، پیردشتی، ه. و عباسیان، ا. ۱۳۹۳. پیش بینی ارتفاع بوته دو رقم کلزا (Brassica L. napus) با استفاده از

روابط آلومتریک. سیزدهمین همایش علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران.

فرزام‌صفت، آ.، پارسی‌نژاد، م.، یزدانی، م.ر.، شریعت احمدی، ج.، نوری، ح.، موسوی، س. ف. و اجلالی، ف. ۱۳۸۹. اثر شدت زهکشی در دوره‌های مختلف رشد کلزا به عنوان کشت دوم بعد از برنج (مطالعه موردی: استان گیلان). نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. ۱ .۴۱: ۱۱۹-۱۱۱.

فرزین، ا.ر.، نورمحمدی، ق و شیرانی‌راد، ا.ح. ۱۳۸۵. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ۲۵ رقم کلزای پاییزه. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۲,۱۲: ۴۳۷-۴۲۹.

لبافی حسین آبادی، م.ر.، الهدادی، ا.، اکبری، غ.ع. و نجفی، ف. ۱۳۹۱. برآورد شاخص سطح برگ با استفاده از روابط آلومتریک در کدو پوست کاغذی (Cucurbita pepo L.). مجله کشاورزی بوم شناختی. ۲ .۱: ۱۳۹-۱۲۹.

محمدی، ص.، حبیبی، د.، کاشانی، ع.، پاک‌نژاد، ف.، بخشی‌پور، س. و اردکانی، م.ر. ۱۳۹۰. مطالعه خصوصیات زراعی و شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در ارقام برنج با فواصل مختلف کاشت در غرب مازندران. مجله علمی- پژوهشی اکولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، سال پنجم. ۱۹: ۵۲-۳۷.

مدرسی، م.، خردنام، م. و تقی آساد، م.ت. ۱۳۸۳. انتخاب غیرمستقیم ذرت (Zea mays L.) با استفاده از شاخص‌های انتخاب به منظور افزایش عملکرد دانه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵ .۱: ۱۲۷-۱۱۵.

مشایخی، ک. و موسوی‌زاده، س.ج. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات تعداد، سطح برگ و وزن خشک بوته‌ها در سه رقم خیار (Cucumis sativus L.). مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳ .۱: ۶۸-۵۷.

موحدیان، م.، حسینی، ا. و قربانزاده، م. ۱۳۸۶. تخمین سطح برگ با استفاده از شبکه‌های عصبی. سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش، ۶-۸ آذرماه، دانشگاه فردوسی مشهد.

میر هاشمی، س.م و بنایان اول، م. شبیه‌سازی شاخص سطح برگ و عملکرد کلزا تحت شرایط تنش آب در اقلیم خشک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶ .۲: ۴۰۳-۳۹۲.

نوروزی، ع.ا.، جلالی، ن.، میری، م و عباسی، م. ۱۳۹۲. برآورد شاخص سطح گیاه برنج در شمال ایران. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، ۲: ۱۰-۱.

هوشمندی، ب. ۱۳۹۴. ارزیابی برخی شاخص‌های مورفو فیزیولوژیک و عملکرد ارقام گندم نان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، سال هفتم، ۲۶: ۱۳۴-۱۲۱.

یعقوب‌زاده، ح.، مامقانی، ر و کاشانی، ع. ۱۳۸۵. اثر تراکم بر عملکرد دانه و خصوصیات مورفوفیزیولوژیک سه ژنوتیپ ماش. مجله علوم زراعی ایران، جلد هشتم، ۱: ۷۸-۶۶.

Antunes, W.C., Pompelli, M.F., Carretero, D.M. and DaMatta, F.M. 2008. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (Coffea arabica and Coffea canephora). Annals of Applied Biology. doi:10.1111/j.1744-7348.2008.00235.x.

Awal, M.A., Ishak, W., Endan, J. and Hanif, M. 2004. Regression model for computing leaf area and assessment of total leaf area variation with frond ages in Oil Palm. Asian Journal of Plant Sciences. 3.5: 642-646.

Bagheri, B.2013. A Review for Growth and Development Processes in Canola (Brassica napus L.), Global Journal of Medicinal Plant Research.1.1: 54-57.

Bennett, E. J., Brignell, C.J. Carion, P. W. C., Cook S.M, Eastmond, P.J., Teakle, G.R., Hammond, J.P., Love, C., King, G.J., Roberts, J.A. and Wagstaff, C. 2017. Development of a Statistical Crop Model to Explain the Relationship between Seed Yield and Phenotypic Diversity within the Brassica napus Genepool. Agronomy. 7.31: doi:10.3390/agronomy7020031

Blanco, F.F. and Folegatti, M.V. 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. Horticultura Brasileira, Brasilia. 21.4: 666-669.

Carvalho, J., Toebe, M., Tartaglia, F., Bandeira, C.T. and Tambara, A.L. 2017. Leaf area estimation from linear measurements in different ages of Crotalaria juncea plants. Annals of the Brazilian Academy of Sciences. 89.3: 1851-1868.

Dahle, G. A. and Grabosky, J. C. 2009. Review of literature on the function and allometric relationships of tree stems and branches. Arboriculture & Urban Forestry.35.6: 311-320.

Dutra, A.D., Filho, M.A.C., Pissinato, A.G.V., Gesteira, A.S., Filho, W.S.S. and Facelii, M. 2017. Mathematical models to estimate leaf area of citrus genotypes. African Journal of Agricultural Research, 12.2: 125-132.

Hunkova, E., Zivcak, M. and Olsovska, K. 2011. Leaf area duration of oilseed rape (Brassica napus subsp. napus) varieties and hybrids and its relationship to selected growth and productivity parameters. Journal of Central European Agriculture, 12.1: 1-15.

Lucas, D.D.P., Heldwein, A.B., Hinnah, F.D., Maldaner, I.C. and Loose, L. H. 2015. Estimation of

Tian, T., Wu, L., Henke, M. Ali, B., Zhou, W. and Sorlin, G.B. 2017. Modeling allometric relationships in leaves of young rapeseed (Brassica napus L.) grown at different temperature treatments. Frontiers in Plant Science. doi: 10.3389/fpls.2017.00313.

Zhang,H., Turner,N.C and Poole Michael,L. 2004. Yield of wheat and canola in the high rainfall zone of south-western Australia in years with and without a transient perched water table. Australian Journal of Agricultural Research. 55.4: 461 -470.

leaf area index in the sunflower as a function of thermal time. Revista Ciência Agronômica. 46.2: 404-411.

Kandel, H., Knodel, J. and Lubenow, L. 2015. Canola production. NDSU Extension Service. 12 pages.

Shabani, A. and Sepaskhah, A. R.2017. Leaf area estimation by a simple and non-destructive method. Iran Agricultural Research. 36.2: 101-104.

Targalia, F.L., Righi, E.Z., Rocha, L., Loose, L.H., Maldaner, I.C. Heldwein, A.B. 2016. Non-destructive models for leaf area determination in canola. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 20.6: 551-556.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 13, Feb.-Mar. 2020, p. 1733-1742

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۳، بهمن - اسفند ۱۳۹۸، ص. ۱۷۴۲-۱۷۳۳

Study of the Effects of Different Surface and Subsurface Drainage Systems on Canola Leaf Area and Developing Mathematical Governing Equations

A. Asgari[1], A. Darzi-Naftchali[*2], M. Nadi[3] and S.F. Saberali[4]
Recived: May.08, 2019 Accepted: Jul.22, 2019

Abstract

Study of the performance of different drainage systems is essential for canola cultivation in the paddy fields of Mazandaran Province. For this purpose, an experiment was conducted at the drainage pilot of the Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University in 2017-2018 cropping season. At 8 stages of canola growth, sampling were done under randomized complete block design with three replications in subsurface drainage systems and surface one (Control) in order to determinate leaf area (LA), leaf area index (LAI), numbers of leaves (SLN) and leaf dry weight (LDW). Then, statistical analysis was carried out to study the effect of drain depth and spacing on the mentioned growth indices and the mathematical relationships between leaf area and its dry weight were found through evaluating linear and nonlinear regression models under different drainage systems. Maximum LA in all treatments occurred about 90 day after planting. Mathematical relations between LA and LDW described by linear and power models were suitable (with a correlation coefficient of 0.98). Among the mathematical functions, reverse polynomial functions with degrees 4 and 5, logarithmic equations and inverse logarithmic equations with degrees 3, 4, and 5 showed better results than other mathematical functions The relations obtained in this experiment can be used in simulation models for winter canola growth under water table control conditions.

Key words: drain depth and spacing, growth indices, regression models, water table

1- Ph.D. student in Irrigation and Drainage Engineering, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, Water engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Assistant Professor, Water engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Assistant Professor, Horticultural Science and Engineering, Educational Institute of Torbat Jam
(* - Corresponding Author Email: abdullahdarzi@yahoo.com)