"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی فیلوکرون و شاخص‌های نمو برگ در ارقام نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در شرایط اقلیمی جنوب خوزستان

Assessment of phyllochron and leaf development indices of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars under southern Khuzestan climatic conditions

محمد امین مکوندی[۱]، موسی مسکر باشی[۲]، پیمان حسیبی[۳] و حسن حمدی[۴]

چکیده

مکوندی، م. ا.، م. مسکر باشی، پ. حسیبی و ح. حمدی. ۱۳۹۸. ارزیابی فیلوکرون و شاخص‌های نمو برگ در ارقام نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در شرایط اقلیمی جنوب خوزستان. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ۶۱-۴۵.**

شناخت شاخص‌های توسعه و رشد و نمو برگی و مطالعه فیلوکرون ارقام تجاری نیشکر با هدف مدیریت بهتر عملیات زراعی بسیار حائز اهمیت است. بدین منظور آزمایشی در شرایط مزرعه‌ای در کشت صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در جنوب خوزستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ارقام زراعی نیشکر شامل CP69-1062, CP73-21, CP57-614 بودند. نتایج نشان داد که فیلوکرون تحت تاثیر خصوصیات ارقام قرار داشته و سرعت ظهور برگ در رقم CP57-614 در حد بیشینه و ارقام CP69-1062 و CP73-21 به ترتیب در رده بعدی قرار گرفتند. رقم CP73-21 از ثبات رشد برگ بیشتری برخوردار بود، اما از نظر تعداد و سطح برگ با سایر ارقام برابری نداشت. در ارقام نیشکر از نظر صفات سطح برگ و تعداد برگ فعال همبستگی معنی‌داری وجود داشت، اما رقم CP69-1062 از ضریب همبستگی بالاتری نسبت به دو رقم دیگر برخوردار بود. با کاهش دما در پاییز و زمستان، رشد و نمو برگ کاهش و از این لحاظ بیشترین حساسیت به سرما در رقم CP57-614 مشاهده شد. رقم CP69-1062 دارای بیشترین عملکرد ساقه بود، اما ارقام CP73-21 و CP57-614 از نظر خصوصیات کیفی برتر بودند. با توجه به تفاوت‌های ارقام نیشکر، استفاده از اطلاعات مراحل رشد و نمو برگی این ارقام می‌تواند مدیریت دقیق‌تر مزارع بر حسب خصوصیات زراعی هر رقم و افزایش بهره‌وری استفاده از نهاده‌ها و تولید عملکرد مطلوب آنها را امکان پذیر نماید.

واژه‌های کلیدی: سرعت ظهور برگ، سطح برگ، عملکرد ساقه، نیشکر و همبستگی صفات.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mmeskarbashee@scu.ac.ir)
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۴- محقق موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر، شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی

مقدمه

دوره رشد رویشی در گیاهانی مانند نیشکر، اصلی‌ترین مرحله فنولوژیکی محسوب می‌شود، زیرا رشد و توسعه برگ‌ها که مهم‌ترین اندام موثر در عملکرد گیاه می‌باشند، در این مرحله صورت می‌گیرد. برگ به دلیل ساختمان و ساختار ویژه آن، نقش بسیار مهمی در فتوسنتز گیاه دارد. رشد و نمو برگ‌ها و توسعه پوشش گیاهی نیشکر، بویژه در ابتدای بهار از نظر پوشش سریع سطح زمین بسیار تعیین کننده و حائز اهمیت است (Sinclair *et al.*, 2004). استرک و همکاران (Streck *et al.*, 2010) سرعت ظهور و سطح برگ را از مهم‌ترین صفات موثر در انتخاب کلون‌های نیشکر جهت کشت در اکثر مناطق دانسته‌اند.

سرعت ظهور و توسعه سطح برگ در گیاهان زراعی تابع عوامل مختلفی است. در این میان فیلوکرون یک شاخص بسیار مناسب جهت برآورد سرعت ظهور برگ می‌باشد (Castro *et al.*, 2016). فیلوکرون یک پدیده فنولوژیکی است که به فاصله زمانی بین ظهور برگ‌های متوالی اطلاق می‌شود. ارزیابی فیلوکرون روش مناسبی برای درک بهتر رشد و نمو گیاه است که به شبیه سازی رشد گیاه کمک می‌کند، بعلاوه در پیش‌بینی تعداد کل برگ‌های گیاه و زمان گلدهی گیاه نیز یک شاخص اساسی محسوب می‌شود. گندمیان دائمی مناطق سردسیری و غلات دانه ریز در صورت قرار گرفتن در شرایط مطلوب هر شش تا ۱۰ روز یک برگ کامل تولید می‌کنند، درحالیکه در غلات گرمسیری هر چهار تا شش روز یک برگ کامل تولید می‌شود. دمای پایین ممکن است به دلیل افزایش زمان ظهور برگ، طول دوره رویشی را با تاخیر مواجه ساخته و مواد غذایی قابل دسترس را برای گیاه کاهش دهد (Seyed Sharifi and Zaeefi Zadeh, 2013). بررسی فیلوکرون و سرعت ظهور برگ، روش مناسبی برای درک بهتر نمو رویشی گیاه بوده و در پیش‌بینی توسعه سطح برگ، ذخیره سازی ماده خشک و عملکرد دانه از اهمیت زیادی برخوردار است (Seyed sharifi and Nazarli, 2016). سرعت ظهور برگ به صورت عکس فیلوکرون و فاصله زمانی ظهور دو برگ کامل تعریف شده است (Streck *et al.*, 2010).

ریس و همکاران (Reis *et al.*,2017) شاخص سطح برگ را مهم‌ترین عامل موثر بر عملکرد ارقام نیشکر دانسته‌اند. رشد و توسعه برگ عاملی اثرگذار بر جذب انرژی تابشی خورشید، ظرفیت فتوسنتزی، تولید ماده خشک و عملکرد گیاه است و این موضوع در خصوص نیشکر که عملکرد آن فاقد بخش زایشی می‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Dasilva *et al.*, 2017). سینکلر و همکاران (Sinclair *et al.*, 2004) پایین بودن سرعت رشد برگ و توسعه پوشش گیاهی را از عوامل مهم محدودیت‌زا در عملکرد نیشکر دانسته‌اند و عنوان نمودند که این موضوع در مناطقی که رشد نیشکر در اثر کاهش دما در فصول سرد سال افت می‌کند، نمود بیشتری دارد. نتایج تحقیقات متعددی نشان داده است که کمبود عناصری مانند نیتروژن به دلیل کاهش سرعت ظهور برگ، باعث تاخیر در رسیدگی محصول می‌شود. همچنین گزارش شده است که کمبود نیتروژن باعث کاهش سرعت ظهور برگ در سایر گیاهان زراعی ازجمله گندم می‌شود (Seyed sharifi and Zaeefi Zadeh, 2013). طبق گزارش سید شریفی و خاوازی (Seyed sharifi and Khavazi, 2012) سرعت ظهور برگ تابع رقم، عرض جغرافیایی و فصل رشد بوده و کمبود عناصری مانند نیتروژن، فسفر، مس و منگنز به دلیل کاهش سرعت ظهور برگ و افزایش طول دوره رشد رویشی باعث تأخیر در رشد رویشی و رسیدگی گیاه می‌شود. در سایر آزمایش‌ها نیز بر اثرگذاری عرض جغرافیایی و دمای هوا بر فیلوکرون و سرعت ظهور برگ تاکید شده و دمای هوا بیش از سایر عوامل بر فیلوکرون و نمو برگ موثر دانسته شده است

(Seyed sharifi and Nazarli, 2016). گزارش شده است که رابطه بین دما با فیلوکرون مناسب‌ترین شاخص برای تشریح نوسانات توسعه پوشش گیاهی نیشکر می‌باشد (Singels and Donaldson, 2000). سینگلس و همکاران (Singels *et al.*, 2005) در گزارشی مشابه، دما را عامل دارای اولویت در رشد و نمو برگ نیشکر معرفی و عنوان نمودند که اثر دما بر سرعت ظهور برگ‌های نیشکر، به موقعیت برگ بر روی ساقه وابسته است و با افزایش جایگاه برگ، فیلوکروبن نیز افزایش می‌یابد. بعلاوه تغییرات طول و سطح برگ نیز از دارای رابطه مشابه دما با فیلوکرون بود. به همین لحاظ، استرک و همکاران (Streck *et al.*, 2010) اساس فیلوکرون را محدوده زمانی دریافت درجه حرارت‌های ضروری جهت نمو برگ توسط گیاه تعریف کرده و تاکید کرده‌اند که رشد و نمو برگ‌های اولیه نیشکر در ابتدای بهار برای توسعه پوشش گیاهی و پوشش سریع سطح خاک و تولید عملکرد مطلوب، ضروری است. در همین رابطه نتایج یک تحقیق نشان داد که سرعت توسعه برگ با درجه حرارت تجمعی دریافت شده توسط گیاه رابطه خطی داشت (Taherniaye Mozhdehi *et al.*,2013).

نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که برگ‌های اولیه نیشکر، با سرعت نسبی بیشتری نسبت به برگ های بعدی، ظاهر می‌شوند و این الگوی ظهور برگ از روند دو مرحله‌ای تبعیت می‌کند. اینمان- بامبر (Inman-Bamber, 1994) ، ظهور برگ شماره ۱۴ و بونت (Bonnett, 1998)، ظهور برگ شماره ۱۰ را مصادف با زمان شروع مرحله دوم ظهور برگ‌های نیشکر دانسته‌اند. اعتقاد بر این است که علت تفاوت رفتار ارقام نیشکر در مراحل ظهور برگ، به تفاوت آنها در سازگاری با اقلیم و شرایط دمایی و محیطی مرتبط است (Sinclair *et al*, 2004). داسیلوا و همکاران (Dasilva *et al.*, 2017) نیز پویایی سطح برگ و آرایش برگی را عامل تفاوت ارقام نیشکر از نظر عملکرد دانسته و معتقدند که شناخت خصوصیات توسعه برگی می‌تواند در مدیریت زراعی و افزایش بهره‌وری از نهاده‌های مصرفی برای دستیابی به حداکثر محصول موثر باشد. ایشان ارزیابی فیلوکرون را روش مناسبی برای درک بهتر این موضوع معرفی کردند.

با توجه به اینکه ارزیابی فیلوکرون و سرعت ظهور برگ روش مناسبی برای درک بهتر نمو رویشی گیاه نیشکر می‌باشد و به دلیل آنکه مدیریت عملیات داشت طولانی این گیاه عمدتاً بر مبنای خصوصیات فنولوژیکی صورت می‌گیرد، این تحقیق با هدف بهبود روش‌های مدیریت مزرعه بر اساس مراحل نموی نیشکر انجام شد و پایه‌ای برای تحقیق‌های بعدی نیز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور اجرای آزمایش در شرایط طبیعی، این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در اراضی شرکت کشت و صنعت نیشکر امیر کبیر، واقع در کیلومتر ۵۰ جاده قدیم اهواز- خرمشهر اجرا شد. این منطقه در حاشیه رود کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه و با ارتفاع هفت متر از سطح دریا قرار دارد. جهت مطالعه صفات و خصوصیات رشد و نمو برگ نیشکر از سه رقم CP73-21، CP57-614 و CP69-1062 که جزء ارقام مهم تجاری نیشکر در جنوب خوزستان می‌باشند، استفاده شد. خصوصیات این ارقام در جدول ۱ ارائه شده است.

شیوه کشت بصورت جوی و پشته و چینش دو ردیفه قلمه‌ها در کف هر جوی با فاصله پشته ۱۸۳ سانتیمتر بود. عملیات کشت در تاریخ بیستم مرداد انجام شد. قلمه‌ها از بهترین مزارع کشت جدید و خالص سازی شده و بصورت دستی تهیه شدند. جهت کشت از قلمه‌هایی بطول ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر و دارای میانگین ۳ جوانه استفاده شد. چینش قلمه‌ها با همپوشانی ۱/۳ انجام شد (Bani Abbasi *et al.*, 2013).

جدول ۱- خصوصیات ارقام نیشکر بنی عباسی و همکاران (Bani Abbasi *et al.*, 2013)

Table 1. Plant characteristics of sugarcane cultivars (Bani Abbasi *et al.*, 2013)

ارقام نیشکر Sugarcane cultivars	حساسیت به آفات Sensitivity to pests	حساسیت به بیماری‌ها Sensitivity to the disease	حساسیت به باد گرم Sensitivity to warm wind	حساسیت به سرما Sensitivity to cold	محتوی الیاف Fiber content	طول دوره رشد Growth duration
CP57-61	مقاوم Resistant	نیمه حساس Semi sensitive	حساس Sensitive	نیمه حساس Semi sensitive	متوسط Medium	خیلی زود رس Very early maturity
CP73-21	مقاوم Resistant	نیمه حساس Semi resistant	نیمه حساس Semi sensitive	نیمه حساس Semi sensitive	متوسط Medium	زود رس Semi early maturity
CP69-1062	حساس Sensitive	مقاوم Resistant	مقاوم Resistant	حساس Sensitive	کم Low	میان رس Moderate maturity

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. هر کرت دارای ۱۰ ردیف کشت به طول ۱۵ متر بود. ردیف اول و ردیف انتهای هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فارو میانی به طول ۱۰ متر پس از حذف حاشیه جهت برآورد خصوصیات رشد برگی بوته‌ها نیشکر استفاده شد. نمونه برداری و بررسی‌های مزرعه‌ای، پس از تکمیل جوانه‌زنی و در زمان سبز شدن ۵۰ درصد جوانه‌های کشت شده انجام شد (Liu *et al.*, 1998). جهت ارزیابی خصوصیات برگی در طول دوره داشت با استفاده از ماژیک سفید، برگ‌هایی که رشد آنها تکمیل شده بود، شماره گذاری و تعداد برگ‌های موجود، تعداد برگ‌های جدید و تعداد برگ‌های حذف شده و تعداد تجمعی برگ‌های ظاهر شده روی ساقه در هر مرحله نمونه برداری (۳۰ مرحله) شمارش شدند (Castro *et al.*, 2016). زمان لحاظ نمودن ظهور و تکمیل رشد هر برگ جدید پس از نمایان شدن لیگول برگ که نشان دهنده باز شدن کامل آن است ملاک قرار گرفت (Meier *et al.*, 2001). با توجه به نیاز به تداوم بررسی وضعیت هر برگ در مراحل نمونه برداری، جهت محاسبه سطح برگ (LA) (بدون قطع برگ‌ها) از رابطه (۱) استفاده شد که در آن طول برگ (L) فاصله نوک برگ تا لیگول و عرض برگ (W) از محل وسط برگ (عریض‌ترین قسمت پهنک برگ) اندازه گیری شد (Castro *et al.*, 2016):

$$LA = L \times W \times 0.71$$ رابطه (۱)

حداکثر تعداد برگ‌های فعال از شمارش حداکثر تعداد برگ‌های مشاهده شده همزمان روی ساقه در طول دوره رشد انجام شد و با عنایت به نتایج گزارش شده توسط سایر محققان مبنی بر اهمیت مرحله رسیدن پوشش گیاهی نیشکر به ۷۰ درصد سطح نهایی خود به لحاظ تغییر در مراحل رشد و نمو از جمله از بین رفتن پنجه‌های اضافی در این زمان، از اطلاعات این مرحله جهت مقایسه شاخص‌های مقدار و زمان تشکیل حداکثر سطح برگ استفاده شد (Vasantha *et al.*, 2014).

محاسبه روز- درجه رشد (GDD) بر اساس رابطه (۲) و با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی شرکت کشت و صنعت نیشکر امیر کبیر انجام شد. محاسبه روز- درجه رشد براساس دمای پایه (Tb) ۱۰ درجه سانتیگراد و حداکثر دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای گیاه نیشکر انجام شد. در رابطه زیر دماهای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد معادل ۱۰ و دماهای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد معادل ۳۵ در نظر گرفته شدند(Sinclair *et al.*, 2004) .

$$GDD = \frac{T\max + T\min}{2} - Tb$$ رابطه (۲)

جهت محاسبه سرعت ظهور برگ (LAR) از رابطه (۳) استفاده شد که در آن n تعداد روز سپری شده تا ظهور هر برگ می‌باشد (Castro et *al.*, 2016).

$$LAR = \frac{1}{n}$$ رابطه (۳)

با توجه به لزوم برداشت نیشکر پس از زمان رسیدگی تکنولوژیکی و بر مبنای تفاوت دوره رویش ارقام، عملیات برداشت و برآورد عملکرد و کیفیت ارقام CP57-614، CP73-21 و CP69-1062 به ترتیب در تاریخ‌های ۱۱ آبان ، ۲۷ آبان و سوم دی انجام شد (Bani Abbasi *et al.*, 2013). محاسبه عملکرد ساقه با برداشت و توزین سطحی معادل ۱۰ متر مربع از هر کرت انجام شد. سپس ۲۰ ساقه بطور تصادفی انتخاب و شربت آنها با استفاده از آسیاب سه غلطکی استخراج گردید. برآورد بریکس (brix) (مقدار مواد جامد محلول) از طریق ۵۰ میلی‌لیتر عصاره صاف شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۰ و قرائت در دستگاه رفراکتومتر (SCHMIDT, Dur-Sw, Schmi, Schmidt, Canada) با دقت ۰/۰۱ درصد انجام شد. سپس ۱/۵ گرم استات سرب قلیایی دو ظرفیتی به ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره اضافه و بعد از صاف کردن عصاره، مقدار

پل (pol) با استفاده از دستگاه پلاریمتر (SCHMIDT, Saccharomat Nir W_2 Schmidt, Canada) با دقت ۰/۰۱ درصد اندازه‌گیری شد (Karmollachaab *et al*., 2015). درجه خلوص (pty) با استفاده از رابطه (۴) انجام شد (Bani Abbasi *et al*.,2013):

$$pty\% = \frac{pol}{brix}100 \quad \text{(رابطه ۴)}$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹,۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت ارقام نیشکر از نظر صفات تعداد برگ، حداکثر تعداد برگ فعال، سطح برگ تجمعی و سرعت ظهور برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ارقام CP57-614 و CP69-1062 از نظر صفت تعداد برگ، با متوسط ۳۶ و ۳۵ برگ، بیشترین تعداد برگ و از نظر سطح برگ تجمعی، با متوسط ۸۴۴۶ و ۸۱۲۹ سانتیمتر مربع و بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، برتر بودند، هرچند محدوده زمانی تولید برگ‌ها متناسب با شرایط دمایی فصول، متفاوت بود (توضیحات تکمیلی این موضوع در شکل ۵ ارائه شده است). برای رقم CP73-21 حداکثر تعداد برگ ۲۷ برگ و میانگین سطح برگ تجمعی ۵۲۲۷ سانتیمتر مربع بود (جدول ۲). مارین (Marin, 2011) تعداد ۳۴ و ۳۵ برگ را برای حداکثر تعداد برگ تولید شده در ارقام SP83-2847 و RB72-454 گزارش نمود. با احتساب کل طول دوره رشد (۳۷۸ روز)، می‌توان برآورد کرد که رقم CP57-614 بطور متوسط در هر ۱۰/۵ روز، رقم CP69-1062 در هر ۱۰/۸ روز و رقم CP73-21 در هر ۱۴روز یک برگ جدید تولید کرده‌اند (جدول ۳). طبق گزارش کاسترو و همکاران (Castro *et al*., 2016) رقم Mex79-431، ۳۶ برگ و ارقام Mex68-P-23 و CP72-2086 بیش از ۴۶ برگ طی یک فصل رشد تولید کردند. گذشته از تفاوت‌های رشدی ارقام نیشکر، کاهش رشد در شرایط آب و هوایی خوزستان به علت کاهش دما در فصول سرد و دمای بالا در اواخر فصل رشد در مقایسه با مناطق حاره‌ای که از شرایط با ثبات آب و هوایی و دوره رشد طولانی‌تر برخوردارند، عامل موثری در کاهش تعداد و سطح برگ می‌باشد. نتایج گزارش شده توسط طاهرنیای مژدهی (Taherniaye Mozhdehi *et al*., 2013) نشان داد با کاهش دما، فیلوکرون در گیاه ماریتیغال طولانی‌تر و با افزایش دوره رویشی، رشد با تاخیر مواجه گردید که با مشاهدات این تحقیق مشابهت دارد.

ارقام CP57-614 و CP69-1062 در حداکثر تعداد برگ فعال روی هر ساقه (با ۱۳/۳۳ و ۱۴/۳ برگ)، مشابه و بدون اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۳). حداکثر تعداد برگ فعال در رقم CP73-21 نیز از ۹/۳۳ عدد تجاوز نکرد. حداکثر تعداد برگ فعال روی هر ساقه توسط سایر محققان در ارقام متخلف نیشکر در حدود ۸ تا ۱۲ برگ گزارش شده است (Castro *et al*., 2016). علیرغم تشابه رقم CP57-614 و رقم CP69-1062 در تعداد و سطح برگ تجمعی، تفاوت آنها در سرعت ظهور برگ معنی‌دار بود و رقم CP57-614 با متوسط سرعت ۰/۲۶۶ برگ در روز، برتر از سایر ارقام بود. رقم CP69-162 نیز با متوسط ۰/۱۶ در رده دوم و در رقم CP73-21 نیز سرعت ظهور برگ ۰/۱۳ برگ در روز بود (جدول ۳). بونت (Bonnet, 1998) گزارش داد که ارقام نیشکر به علت تفاوت معنی‌دار در سرعت ظهور برگ، در یک دوره رشد مشابه و پس از دریافت ۵۰۰۰ واحد حرارتی، بین ۳۵ تا ۴۶ برگ تولید کردند.

روند تغییرات سطح برگ در طول مراحل نمونه برداری نشان داد که رقم CP57-614 در ابتدای فصل رشد از متوسط سطح برگ بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود و دو رقم CP73-21 و CP69-1062 روند

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و نمو برگ در ارقام نیشکر

Table 2. Mean comparison of leaf growth and development characteristics in sugarcane cultivars

ارقام نیشکر Sugarcane cultivars	مجموع تعداد برگ Total number of leaves	حداکثر تعداد برگ فعال Maximum number of active leaves	مجموع سطح برگ‌های جدید Total new leaf area (cm^2)	۷۰ درصد حداکثر سطح برگ 70٪ of the maximum leaf area	زمان ۷۰ درصد حد اکثر سطح برگ Time of 70٪ of the maximum leaf area	سرعت ظهور برگ Leaf appearance rate ($leaf.day^{-1}$)
CP73-21	27b	9.3b	5227b	2128b	295b	0.13c
CP57-614	36a	13.3a	8446a	2983a	264a	.0266a
CP69-162	35a	14.3a	8129a	3013a	274ab	0.16b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

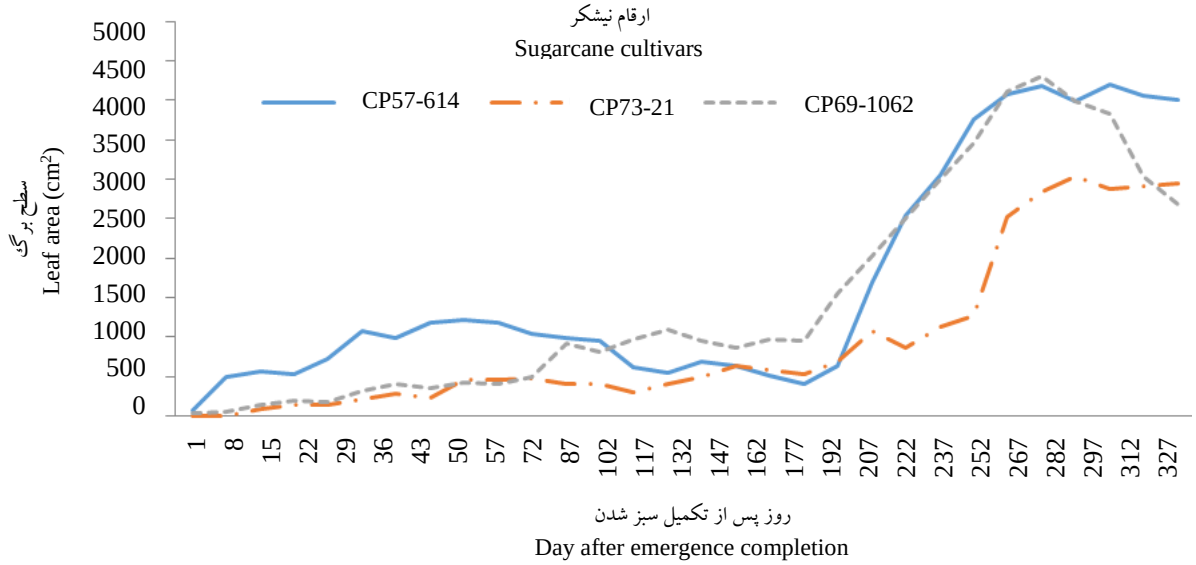
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۳- زمان و روز- درجه رشد مورد نیاز برای تولید برگ در ارقام نیشکر

Table 3. Time and GDD requirement for leaf production in sugarcane cultivars

	طول دوره رشد (۳۷۸ روز) (378 days) Growth duration			مجموع روز- درجه رشد در طول دوره رشد (۵۲۷۷) (5277 GDD) Total DGG in growth duration	
ارقام نیشکر Sugarcane cultivars	تعداد برگ No. of Leaves	حداکثر سطح برگ Max. leaf area (cm^2)	تعداد روز مورد لازم برای تولید یک برگ requirement Days production for one leaf	روز- درجه رشد لازم برای تولید یک برگ GDD requirement for one leaf production	روز- درجه رشد لازم برای ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ GDD requirement maximum leaf area for 70% of
CP57-614	36	420.9	10.5	146.5	2892
CP73-21	27	466.1	14.0	195.4	3486
CP69-1062	35	431.1	10.8	150.7	3072

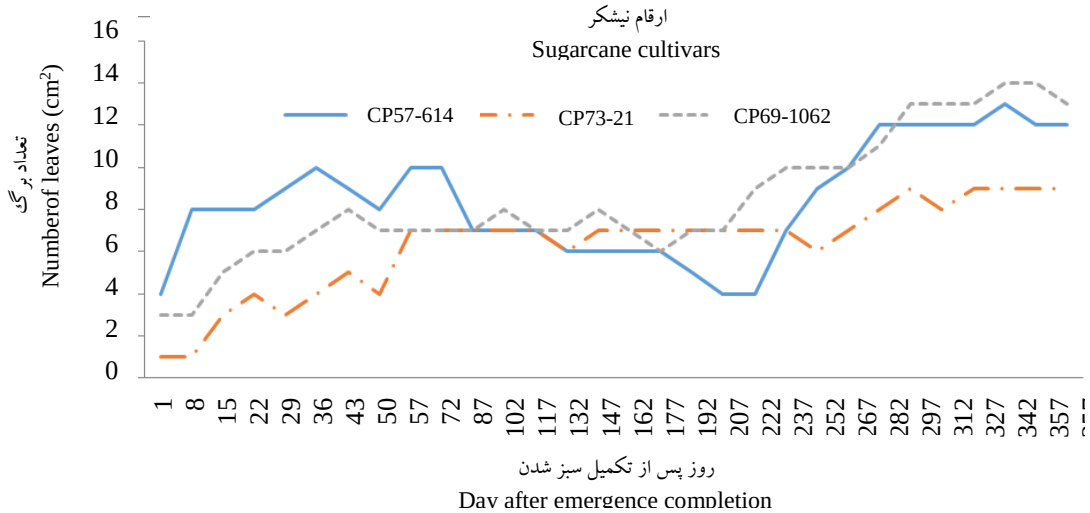
تقریباً مشابهی داشتند (شکل ۱). همزمان با کاهش دما از اواسط پاییز سطح برگ رقم CP57-614 کاهش یافت که دلیل اصلی آن از بین رفتن برگ‌های قدیمی و کاهش ظهور برگ‌های جدید بود. محدود شدن رشد و نمو برگ‌های نیشکر بر اثر کاهش دما، توسط سینکلر و همکاران (Sinclair *et al.*, 2004) نیز گزارش شده است. با افزایش دما از اوایل بهار، سطح برگ هر سه رقم نیشکر با شیب تند (بر حسب رقم، در محدوده ۲۱۰ تا ۲۲۵ روز پس از تکمیل سبز شدن) افزایش یافت و رقم CP69-1062 در این زمان توسعه سطح برگ سریع‌تری داشت. در رقم CP57-614 نیز بر اثر افزایش قابل توجه سطح برگ، باعث جبران افت دوره فصل سرد شد و در رقم CP73-21 روند متعادل توسعه سطح برگ در تمام دوره رشد حفظ شد، اما در انتهای فصل، همانند دو رقم دیگر از سرعت مناسب توسعه سطح برگ برخوردار نبود (شکل ۱).



شکل ۱- روند تغییرات سطح برگ در روزهای پس از تکمیل سبز شدن در ارقام نیشکر

Fig. 1. Changes of leaf area in days after emergence completion in sugarcane cultivars

روند تغییرات تعداد برگ ارقام نیشکر (شکل ۲) در طول فصل رشد نشان داد که بیشترین تعداد برگ در مراحل اولیه فصل رشد (به ترتیب با ۱۰، ۸ و ۷ برگ) به ارقام CP57-614، CP69-1062 و CP73-21 تعلق داشت که برویژه در رقم CP57-614 نشان دهنده برتری این رقم در تولید برگ‌های جدید و استفاده بهتر از انرژی تابشی خورشید در ابتدای فصل رشد می‌باشد. اگرچه در میانه فصل رشد، تعداد برگ‌های فعال این رقم کاهش قابل توجهی داشت و تا باقی ماندن تنها چهار برگ روی هر ساقه نیز تنزل یافت، اما ارقام CP69-1062 و برویژه CP73-21 ثبات بیشتر و نوسان کمتری را در تعداد برگ فعال در طول فصل رشد داشتند و در ماه‌های سرد فصل رشد، با کاهش تعداد برگ‌های فعال کمتری مواجه شدند. با افزایش دما و شروع دوره رشد سریع، تعداد برگ‌های فعال در ارقام CP57-614 و CP69-1062 بسرعت افزایش یافت و این دو رقم به ترتیب حداکثر ۱۳/۳۳ و ۱۴/۳۳ برگ فعال و رقم CP73-21 حداکثر ۹/۳۳ برگ فعال را داشتند (شکل ۲).



شکل ۲- روند تغییرات تعداد برگ فعال در روزهای پس از تکمیل سبز شدن در ارقام نیشکر

Fig. 2. Changes of number of active leaves in days after emergence completion in sugarcane cultivars

محاسبه ضرایب همبستگی سطح برگ با تعداد برگ و سطح تک برگ در ارقام نیشکر نشان داد که بین این صفات در ارقام نیشکر همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). سطح برگ در رقم CP73-21 با ضریب ۰/۹۹۴ بیشترین همبستگی را با سطح تک برگ داشت، درحالیکه همین رقم با ضریب ۰/۷۳۱، همبستگی کمتری را نسبت به سایر ارقام در صفت تعداد برگ داشت. در رقم CP69-1062 ضرایب ۰/۹۶۸ و ۰/۹۲۳ نشان دهنده تاثیر متعادل‌تر هر دو صفت سطح تک برگ و تعداد برگ بر سطح برگ بود، اما رقم CP57-614 با ضریب تعداد برگ ۰/۸۵۷ روند نسبتاً مشابهی را با رقم CP73-21 داشت.

جدول ۴ – ضرایب همبستگی صفات سطح تک برگ و تعداد برگ با سطح برگ کل در ارقام نیشکر

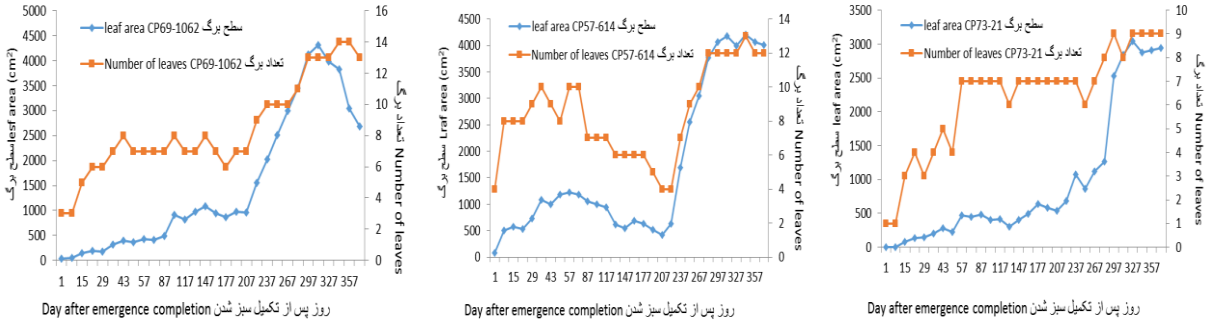
Table 4. Correlation coefficient between leaf area and leaf number with total leaf area in sugarcane cultivars

ارقام نیشکر Sugarcane cultivars	سطح برگ کل Total leaf area	CP57-614		CP73-21		CP69-1062	
		تعداد برگ No. of leaves	سطح تک برگ One leaf area	تعداد برگ No. of leaves	سطح تک برگ One leaf area	تعداد برگ No. of leaves	سطح تک برگ One leaf area
CP57-614	Pearson Correlation	0.857**	0.969**				
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000				
CP73-21	Pearson Correlation			0.731**	0.994**		
	Sig. (2-tailed)			0.000	0.000		
CP69-1062	Pearson Correlation					0.923**	0.968**
	Sig. (2-tailed)					0.000	0.000

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد (دو طرفه)

**: Significant at 1% probability level (2-tailed)

مقایسه روند تغییرات تعداد برگ فعال و سطح برگ در طول فصل رشد به تفکیک ارقام نیشکر در شکل ۳ نشان داده شده است. در رقم CP73-21، بویژه در اواسط فصل رشد، تعداد برگ‌های فعال نسبتاً ثابت و مستقل از تغییرات سطح برگ بود، اما در رقم CP69-1062 و CP57-614 همزمانی تغییرات تعداد برگ و سطح برگ مشهودتر بود. اگرچه در ابتدای فصل رشد، رقم CP57-614، اندکی نوسان در تعداد برگ فعال داشت که اثر



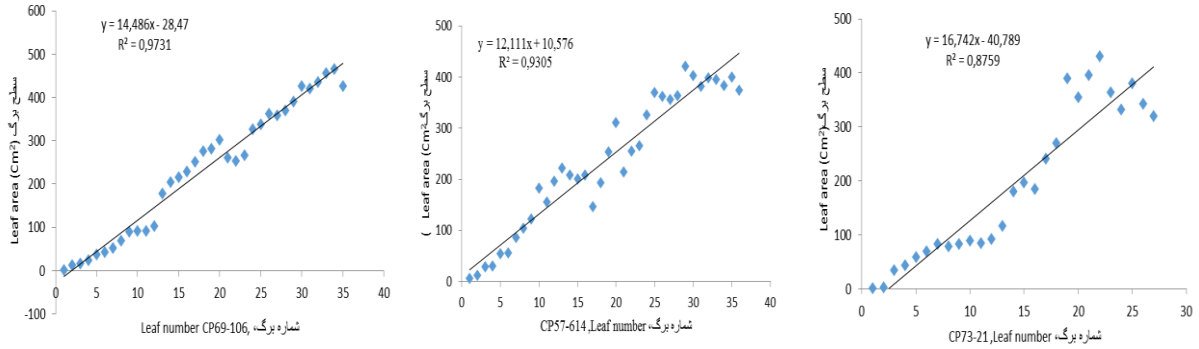
شکل ۳- روند تغییرات تعداد برگ فعال و سطح برگ در روزهای پس از تکمیل سبز شدن در ارقام نیشکر

Fig. 3. Changes of number of active leaves and leaf area in days after emergence completion in sugarcane cultivars

خود را در کاهش ضریب همبستگی با سطح برگ، در مقایسه با رقم CP69-1062، نشان داد.

با افزایش شماره برگ‌ها، سطح برگ نیز در کلیه ارقام نیشکر افزایش یافت. این روند افزایشی بر مدل خطی منطبق بود. ضرایب تبیین بالا و توزیع مناسب نقاط در اطراف خط و اولویت‌دار بودن استفاده از ساده‌ترین مدل در شرایط یکسان مدل‌ها، نشان دهنده انتخاب صحیح مدل خطی در این تحقیق می‌باشد (شکل ۴). این شاخص در ارقام نیشکر مورد بررسی توسط سینکلر و همکاران (Sinclair *et al.*,2004) بر مدل سیگموئیدی انطباق بیشتری داشت که علت آن تفاوت ارقام و شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش می‌باشد. روند افزایشی سطح برگ در رقم CP57-614 در محدوده برگ ۱۵ تا ۱۸، در رقم CP69-1062 در محدوده برگ‌های ۲۱ تا ۲۳ و در رقم CP73-21 در محدوده برگ‌های انتهایی با نوسان و بی‌ثباتی در رشد و توسعه همراه بود. بیشترین سطح برگ در این سه رقم نیز به ترتیب ۴۲۰/۹، ۴۳۱/۱ و ۴۶۶/۱ سانتیمتر مربع بود (جدول ۳).

روند تغییرات تعداد برگ جدید ظهور یافته در طی فصل رشد نشان دهنده تفاوت ارقام نیشکر در تمام مراحل ابتدا، اواسط و انتهای فصل رشد می‌باشد (شکل ۵). رقم CP57-614 در ۱۴ مرحله از مراحل سی‌گانه نمونه برداری، فاقد ظهور برگ جدید بود. این شاخص در ارقام CP73-21 و CP69-10-62 به ترتیب ۱۱ و ۹ مرحله بود. مقایسه مراحل عدم ظهور برگ جدید نیز نشان داد که در رقم CP57-614 از ۱۴ مرحله عدم ظهور برگ جدید، چهار مرحله در ابتدای فصل، هفت



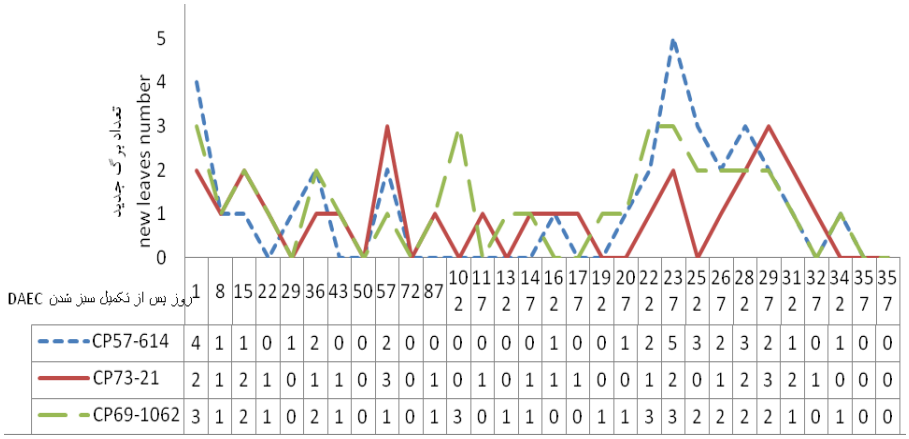
شکل ۴- رابطه سطح برگ و شماره برگ (جایگاه برگ) در ارقام نیشکر

Fig. 4. Relation between leaf area and leaf position in sugarcane cultivars

مرحله در میانه فصل و سه مرحله در انتهای دوره رشد بوده است، به عبارت دیگر در این رقم با کاهش دما و افت رشد در اواسط فصل، ظهور برگ جدید با کاهش قابل توجه همراه بود و غیر یکنواختی بیشتری داشت. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است که تأیید کننده ارتباط ظهور برگ‌های جدید نیشکر با شرایط دمایی منطقه است و در برخی از ارقام این رابطه از نوع خطی است (Allison *et al.*, 2007). در رقم CP73-21 نیز سه مرحله عدم ظهور برگ جدید در ابتدای فصل، چهار مرحله در اواسط فصل و چهار مرحله نیز در انتهای فصل رشد بود. این موضوع نشان دهنده ثبات رقم CP73-21 در طول فصل رشد و وابستگی کمتر آن نسبت به رقم CP57-614 به تغییرات شرایط دمایی می‌باشد. رقم CP69-1062 نیز مشابه با رقم CP73-21، در سه مرحله ابتدای فصل، سه مرحله اواسط و سه مرحله انتهایی فصل فاقد ظهور برگ جدید بود، اما وجه تشابه کلیه ارقام مورد بررسی عدم ظهور برگ جدید در دو مرحله انتهایی فصل بود. سید شریفی و خاوازی (Seyed sharifi and Khavazi, 2012) ضمن گزارش کاهش سرعت ظهور برگ و افزایش فیلوکرون در مراحل انتهایی نمونه برداری در ذرت گزارش دادند که در مراحل اولیه رشد، اغلب برگ‌ها در معرض تابش نور هستند در نتیجه سرعت جذب خالص حداکثر است، ولی پس از آن به دلیل افزایش سطح برگ و سایه اندازی برگ‌های بالایی روی کل بوته، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش یافت. کاهش ظهور برگ و افزایش فیلوکرون در مراحل انتهایی رشد به دلیل سایه اندازی بیشتر و کاهش جذب نور توسط کوکس (Cox, 1996) و تعداد دیگری از محققان گزارش شده است. گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته، فیلوکرون افزایش و سرعت ظهور برگ کاهش یافت که علت آن کاهش مقدار تابش قابل جذب بود (Taherniaye Mozhdehi *et al.*,2013).

نتایج نشان داد که بیشترین تعداد برگ جدید ظهور یافته پس از شروع دوره رشد سریع به ترتیب ۱۷ برگ در رقم CP57-614، ۱۳ برگ در رقم CP69-1062 و ۱۱ برگ در رقم CP73-21 مشاهده شد. بر اساس این نتایج، اتخاذ تمهیدات لازم به منظور حفظ سطح سبز مزارع با اولویت رقم CP57-614 و پس از آن رقم CP69-1062 در فصول سرد، بویژه در صورت پیش بینی شرایط سرمازدگی، ضروری است (شکل ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت ارقام نیشکر از نظر مقدار و زمان رسیدن به ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ معنی‌دار بودند. رقم CP69-1062 و CP57-614 با ۳۰۱۳ و ۲۹۳۸ سانتیمتر مربع، سطح برگ قابل توجهی را در این مقطع تولید کردند، ولی در رقم



شکل ۵- روند تغییرات ظهور برگ جدید در روزهای پس از تکمیل سبز شدن در ارقام نیشکر

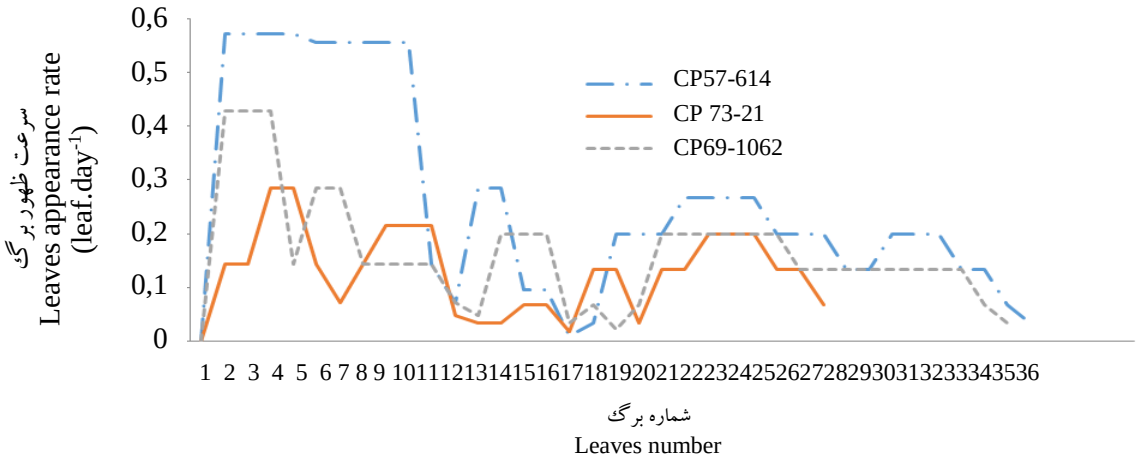
Fig. 5. Changes of new leaves appearance in days after emergence completion in sugarcane cultivars

CP73-21 حداکثر سطح برگ ۲۱۲۸ سانتیمتر مربع بود (جدول ۲). اما زمان رسیدن به ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ روند متفاوتی داشت. رقم CP57-614 با متوسط ۲۶۴ روز از زمان کاشت، زودتر از رقم CP73-21 به ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ خود رسید. این زمان برای رقم CP73-21 ۲۹۵ روز بود. تفاوت رقم CP69-1062 نیز با متوسط ۲۷۴ روز، با دو رقم دیگر معنی‌دار نبود (جدول ۲). بر این اساس ارقام CP57-614 و CP69-1062 نه تنها از نظر حداکثر سطح برگ، بلکه به لحاظ سرعت رسیدن به حداکثر (بر اساس ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ) نیز بر رقم CP73-31 برتری داشتند. میزان روز- درجه رشد مورد نیاز جهت رسیدن به ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ در ارقام CP57-614، CP69-1062 و CP73-21 به ترتیب ۲۸۹۲، ۳۰۷۲ و ۳۴۸۶ واحد بود (جدول ۴). بر اساس نتایج یک آزمایش روی رقم N12 در شرایط آب و هوایی منطقه سوارتلند آفریقای جنوبی، مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۷۰ درصد حداکثر سطح برگ ۱۳۸ روز بود. این منطقه دارای آب و هوای معتدل بوده و از این لحاظ با شرایط آب و هوایی جنوب خوزستان متفاوت می‌باشد (Inman-Bamber, 1994). متوسط روز- درجه رشد مورد نیاز برای تولید یک برگ نشان داد که از مجموع ۵۲۷۷ واحد حرارتی در طول دوره رشد، رقم CP57-614 بطور متوسط برای تولید هر برگ جدید به ۱۴۶/۵ واحد و ارقام CP69-1062 و CP73-21 به ترتیب به ۱۵۰/۷ و ۱۹۵/۴ واحد حرارتی نیاز دارند (جدول ۳). در آزمایش مشابه انجام شده توسط اینمان-بامبر (Inman-Bamber, 1994) ، متوسط ۱۳۰ روز- درجه رشد برای ظهور هر برگ جدید در رقم NCo375 گزارش شد. تفاوت رقم NCo375 با ارقام نیشکر مورد بررسی از نظر روز- درجه رشد مورد نیاز تولید یک برگ، به علت سرعت ظهور برگ بیشتر در این رقم می‌باشد. با عنایت به شرایط دمایی مناسب مناطق نیشکر کاری جنوب خوزستان در فصل کشت، ضرورت دارد از تمام روش‌های موجود از جمله تراکم کشت مناسب هر رقم، برای دستیابی به حداکثر سرعت ظهور برگ پیش از کاهش دما در فصل زمستان، استفاده نمود. نتایج یک آزمایش در مورد بررسی رابطه تعداد برگ فعال و توسعه یافته در نیشکر با دمای تجمعی نشان داد که با افزایش شماره برگ، به درجه حرات تجمعی بیشتری برای ظهور برگ‌های بعدی نیاز است و ظهور برگ اول ۸۰ و برگ شماره ۴۰ به ۱۶۰ واحد حرارتی نیاز داشتند (Robertson *et al*., 1998).

تغییرات شاخص سرعت ظهور برگ در ارقام نیشکر مورد بررسی روند نسبتا مشابهی داشت (شکل ۶). نتایج نشان داد که در هر سه رقم، برگ‌های اولیه سرعت ظهور بالاتری داشتند و پس از آن سرعت ظهور آنها کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که در مراحل ابتدایی فصل رشد، سطح سبز مزرعه عمدتاً متاثر از ظهور برگ‌های جدید بوده و همانطور که در شکل ۵ نشان داده شد، در مراحل بعدی رشد، با اولویت سطح بیشتر برگ‌ها حاصل می‌شود. سید شریفی و نظرلی (Seyed sharifi and Nazarli, 2016) کاهش سرعت ظهور برگ با افزایش روزهای پس از کاشت در گیاه جو را گزارش کرده‌اند. علیرغم تشابه ارقام نیشکر از نظر روند کلی تغییرات سرعت ظهور برگ، تفاوت‌های ملموسی در جزئیات این شاخص وجود داشت. رقم CP57-614 بیشترین سرعت ظهور برگ را به میزان ۰/۵۷ برگ در روز در برگ‌های اول تا چهارم و با متوسط ۰/۲۶۶ برگ در روز در طول فصل رشد را داشت. در رقم CP69-1062 بیشترین سرعت ظهور برگ به میزان ۰/۴۲ در برگ‌های اول تا سوم و با متوسط ظهور ۰/۱۶ و در رقم CP73-21 بیشترین سرعت ظهور برگ به میزان ۰/۲۸ در برگ‌های سوم و چهارم و با متوسط ظهور ۰/۱۳ برگ در هر روز در طول فصل رشد بودند که با نتایج گزارش شده توسط اینمان بامبر (Inman-Bamber, 1994) مطابقت دارد. سرعت ظهور برگ در رقم CP57-614 نسبت به ارقام CP69-1062 و

CP73-21 به ترتیب ۴۰ و ۵۱ درصد بیشتر بود. کمترین سرعت ظهور برگ در رقم CP69-1062 به میزان ۰/۰۲ برگ در روز به برگ شماره ۱۸ و در ارقام CP57-614 و CP73-21 به ترتیب با مقادیر ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۶ مشترکاً در برگ شماره ۱۶ مشاهده شد (شکل ۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام نیشکر مورد



شکل ۶- سرعت ظهور برگ در ارقام نیشکر

Fig. 6. Leaf appearance rate in sugarcane cultivars

بررسی از نظر خصوصیات پل، بریکس و درجه خلوص در سطح احتمال پنج درصد و از نظر صفت عملکرد ساقه، در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده برتری ارقام CP73-21 و CP57-614 در عملکرد و کیفیت بود (جدول ۶). این دو رقم از نظر کیفیت شربت از شرایط مناسب‌تری برخوردار بودند، اما رقم CP69-1062 با وجود بدست آوردن نتایج نسبتا قابل قبول ۱۷/۳، ۱۵/۰ و ۸۶/۷، به ترتیب برای پل، بریکس و درجه خلوص، نمود کیفی مناسبی نداشت. نتایج مقایسه عملکرد ساقه نشان داد که رقم CP69-1062 با متوسط ۱۱۰/۶ تن در هکتار، ضمن تولید عملکرد مطلوب، قابلیت جبران عقب ماندگی در خصوصیات کیفی را دارد. هم‌چنین مشاهده شد که رفتار مشابه ارقام CP73-21 و CP57-614 در خصوصیات کیفی، در عملکرد ساقه تداوم نداشت و در این مورد CP73-21 با متوسط عملکرد ساقه ۱۰۱/۳ تن هکتار از تولید مناسب‌تری برخوردار بود (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین عملکرد ساقه و کیفیت ارقام نیشکر

Table 5. Mean comparison of stem yield and quality of sugarcane cultivars

ارقام نیشکر Sugarcane cultivars	بریکس Brix	پل Pol	درجه خلوص Purity (%)	عملکرد ساقه Stem yield (t.ha^{-1})
CP73-21	18.1a	16.1a	88.8a	101.3b
CP57-614	18.3a	16.4a	89.3a	88.3c
CP69-162	17.3b	15.0b	86.7b	110.6a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

با عنایت به شرایط خاص محصول نیشکر به لحاظ ضرورت انتقال به موقع به کارخانه و عدم امکان ذخیره سازی ساقه‌های برداشت شده جهت فرآوری و استحصال شکر، عدم همزمانی رسیدگی ارقام زراعی نیشکر به منظور تداوم تأمین خوراک بخش صنعت در طول دوره برداشت ضروری است، بنابراین علاوه بر خصوصیات عملکرد کمی و کیفی ارقام نیشکر، لحاظ نمودن ویژه‌گی‌های فیزیولوژیکی از جمله طول دوره رشد و زمان رسیدگی تکنولوژیکی برای انتخاب و تخصیص نسبت سطح زیر کشت ارقام، حائز اهمیت است.

بهره‌گیری از نتایج حاصل شده در این تحقیق، در افزایش کارایی نهاده‌های مصرفی و تعدیل اثر منفی تنش‌های محیطی بسیار موثر خواهد بود. کاهش تاثیر بادهای گرم تابستانه که با خسارت سطح برگ در ارقام حساس به باد گرم همراه است و یا مشکل کاهش تراکم و پنجه قابل آسیاب در ارقام CP57-614 و CP73-21 از طریق حفظ و تثبیت سطح برگ، قابل دستیابی می‌باشد. نیاز آبی بالا در رقم CP69-1062 ، بویژه در فصول گرم سال نیز می‌تواند با بهره‌گیری از رابطه تغییرات سطح برگ و نیاز آبی و مدیریت بهتر آبیاری به تولید عملکرد بیشتر در این رقم منجر شود. مجموعه نتایج این آزمایش نشان داد که ظهور، توسعه، تعداد و سایر شاخص‌های رشد برگ از تفاوت مشهودی در بین ارقام نیشکر مورد ارزیابی برخوردار بوده و شناخت جامع‌تر این وقایع می‌تواند در تحلیل بهتر رشد و نمو و مدیریت علمی و دقیق‌تر مزارع نیشکر مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات و حمایت‌های همه جانبه مدیر عامل، مدیر و کارشناسان محترم مدیریت تحقیقات کاربردی شرکت کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر جهت اجرای این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Allison, J. C. S., N. W. Pammenter and R. J. Haslam. 2007. Why does sugarcane (*Saccharum* sp. hybrid) grow slowly? South Afr. J. Botany. 73: 546-551.

Bani Abbasi, N., H. Azizi, M. Mehregan, M. Malzoumati, K. Kazemi, A. Darivandpour and M. Shomeyli. 2013. Sugar cane production in Iran, Agronomic Guidelines for Sugarcane Production. Rosvaxheh Press (In Persian).

Bonnett, G. D. 1998. Rate of leaf appearance in sugarcane, including a comparison of a range of varieties. Aust J. Plant Physiol. 25: 829-834.

Castro-Nava, S., A. J. Huerta, J. M. Plasido-dela Cruz and E. M. Rodriguez. 2016. Leaf growth and canopy development of three sugarcane genotypes under high temperature rainfed conditions in northeastern Mexico. Int. J. Agron. 2016: 1-7.

Cox, W. J. 1996. Whole plant physiological and yield response of maize to plant density. Agron. J. 88: 489-496.

Dasilva, V. S. G., M. W. De Oliveira, T. B. Albino Oliveira, B. M. Mantovanelli, A. C. Dasilva, A. N. R. Soares and P. R. A. Clemente. 2017. Leaf area of sugarcane varieties and their correlation with biomass productivity in three cycles. Afr. J. Agric. Res. 12: 459-466.

Inman-Bamber, N. G. 1994. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of CP89-2143 sugarcane. Field Crops Res. 36: 41-51.

Karmollachaab, A., A. Bakhshandeh, M. R. Moradi Tlavat, F. Moradi and M. Shomeili. 2015. Effect of chemical ripeners application on yield, and technological ripening of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Iran. J. Crop. Sci. 17(1): 63-73. (In Persian with English abstract).

Liu, D. L., G. Kingston and T. A. Bull. 1998. Anew technique for determining the thermal parameters of phonological development in sugarcane, including suboptimum and supra-optimum temperature regimes. Agric. Forest. Meteorol. 90: 119-139.

Marin, F. R. 2011. Characterizing physiological parameters controlling growth and development of brazilian sugarcane. Apresentado no XVII congresso Brasileiro de agrometeorologia - 18 a 21 de julho de 2011 - SESC Centro de Turismo de Guarapari.

Meier, U., C. Feller, T. B. Vandnn Boom and H. Eiholder. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. (2nd Ed.).

Reis, L.S., C. A. Azevedo, A. W. Albuquerque and J. F. Junior. 2013. Indice de area foliar e produtividade do tomate sob condicoes de ambiente protegido. Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient. 17: 386-391.

Robertson, M., G. Bonnett, R. Hughes and R. Muchow. 1998. Temperature and leaf area expansion of sugarcane: Integration of controlled environment, field model studies. Func. Plant Biol. 25: 819-828.

Seyed Sharifi, R. and K. Khavazi. 2012. Effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phyllochron and leaf appearance rate of corn (*Zea maize* L.). Iran. J. Biol. 25: 183-193. (In Persian with English abstract).

Seyed Sharifi, R. and M. Zaeefi Zadeh. 2013. Effect of nitrogen fertilizer rate on grain yield, phyllochoron and leaf emergence rate in three maize cultivars. J. Plant Res. (Iran. J. Biol.). 26: 196-207. (In Persian with English abstract).

Seyed Sharifi, R. and H. Nazarli. 2016. Influence of salinity levels of irrigation water with NaCl on phyllochron and leaf appearance rate of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. J. Environ. Stresses Crop Sci. 8: 297-306. (In Persian with English abstract).

Sinclair, T. R., R. A. Gilbert, R. E. Perdomo, J. M. Shine, J. G. Powell and G. Montes. 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. Field Crops Res. 88: 171-178.

Singels, A. and R. A. Donaldson. 2000. A simple model of unstressed sugarcane canopy development. Sugarcane Technol. 74: 151–154.

Singels, A., M. A. Smit, K. A. Redshaw and R. A. Donaldson. 2005. The effect of crop start date, crop class and cultivar on sugarcane canopy development and radiation interception. Field Crops Res. 92: 249-260.

Streck, N. A., J. G. Hanauer, L. F. Gabriel, T. C. Buske and J. A. Langer. 2010. Leaf development and growth of selected sugarcane clones in a subtropical environment. Pesq. Agropec. Bras. Brasilia. 45: 1049-1057.

Taherniaye Mozhdehi, S., M. Esfahani, D. Bakhshi and B. Rabiei. 2013. Effect of planting date and plant density on phyllochron and active ingredient content in milk thistle (*Silybum marianum* L.). Iran. J. Medic. Aroma. Plants. 29: 829-841. (In Persian with English abstract).

Vasantha, S., C. Gupta and D. E. Shekinah. 2014. Physiological studies on tiller production and its senescence in sugarcane response comparison between plant and ratoon crops. Indian J. Agric. Sci. 84: 24-27.

Assessment of phyllochron and leaf development indices of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars under southern Khuzestan climatic conditions

M. A. Makvandi[1], M. Meskarbashi[2], P. Hasibi[3] and H. Hamdi[4]

ABSTRACT

M. A. Makvandi, M. Meskarbashi, P. Hasibi and H. Hamdi. 2019. Assessment of phyllochron and leaf development indices of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars under southern Khuzestan climatic conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(1): 45-61. (In Persian).**

Assessment of leaf growth, development and phyllochron in sugarcane commercial cultivars is very important for better management of agronomic practices. Therefore, a field experiment was conducted in Amir Kabir agro-industrial farm in the south of Khuzestan, Iran in 2015-16 using randomized complete block design three replications. The sugarcane cultivars included CP69-1062, CP57-614, CP73-21. The results showed that phyllochron was cultivar dependent characteristic. The leaf appearnce rate in the CP57-614 cultivar was the highest followed by CP69-1062 and CP73-21 cultivars, respectively. Cultivar CP73-21 had more stable leaf growth and development pattern, but it did not have the same number of leaf and leaf area in comparison with other cultivars. Correlation cofficients showed that the relationashipe between leaf area and leaf number was significant. In cold seasons, autumn and winter, when the temperature dropped, leaf growth and development decreased, and this was more pronounced in cv. CP57-614. Cultivar CP69-1062 produced the highest stem yield, but cv. CP73-21 and cv. CP57-614 had better stem quality properties. Considering the observed differences among sugarcane cultivars, this information of growth stages and leaf development can be useful for crop management of these sugarcane cultivars, and enhance the input use efficiency and crop performance.

Key words: Correlation, Leaf appearance rate, Leaf area, Stem yield, and Sugarcane.

Received: April, 2018 Accepted: April, 2019

1. PhD Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author)
(Email: mmeskarbashee@scu.ac.ir)
3. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Researcher, Sugarcane Research and Education Institute, Sugarcane and By-Products Company, Ahvaz, Iran