"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هفدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤

اثر محلول‌پاشی ترکیبات شیمیایی تسریع کننده رسیدگی بر عملکرد، کیفیت و رسیدگی تکنولوژیک نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)

Effect of chemical ripeners application on yield, quality and technological ripening of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)

عزیز کرملاچعب[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲]، محمدرضا مرادی تلاوت[۳]، فواد مرادی[۴] و محمود شمیلی[۵]

چکیده

کرملا چعب، ع. ع. بخشنده، م. ر. مرادی تلاوت، ف. مرادی و م. شمیلی. ۱۳۹٤. اثر محلول‌پاشی ترکیبات شیمیایی تسریع کننده رسیدگی بر عملکرد،کیفیت و رسیدگی تکنولوژیک نیشکر (*Saccharum officinarum* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۷(۱): ۷۳-٦۳.**

رسیدگی تکنولوژیک نیشکر در درجه حرارت و تابش پایین صورت می‌گیرد. در خوزستان این موضوع در آذر ماه و مصادف با شروع بارش‌های زمستان است که عملیات برداشت را مختل می‌نماید، بنابراین جهت برداشت زودهنگام از روش شیمیایی تسریع در رسیدگی استفاده می‌شود. به منظور بررسی اثر تسریع کننده‌های شیمیایی رسیدگی بر عملکرد و رسیدگی نیشکر، آزمایشی در شرکت توسعه نیشکر استان خوزستان در سال‌های زراعی۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳ در واریته CP57-614 به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. در این آزمایش سه نوع تسریع کننده شیمیایی رسیدگی شامل هورمون اترل، علف‌کش گلایفوزیت و تنظیم‌کننده رشد فیتوماس‌ام و از هر کدام چهار سطح (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار) همراه با شاهد (بدون محلول‌پاشی) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مقادیر مختلف گلایفوزیت باعث کاهش ارتفاع ساقه، درصد قند اینورت و عملکرد نی و افزایش درصد بریکس، پل، شکر قابل استحصال و الیاف ساقه نسبت به شاهد شد، اما میزان افزایش عملکرد کیفی بیش از کاهش عملکرد کمّی بود. محلول پاشی هورمون اترل نیز بدون کاهش در عملکرد کمّی صفات ذکر شده، باعث افزایش درصد پل و شکر قابل استحصال گردید. تنظیم کننده رشد فیتوماس نیز بدون افزایش عملکرد کمّی، منجر به کاهش میزان قند محصول شد. بیشترین و کمترین مقدار شکر قابل استحصال به‌ترتیب از تیمارهای ۱/۵ لیتر گلایفوزیت (۱۲/٤۳ درصد) و ۱/۵ لیتر فیتوماس (۱۰/۳۸ درصد) حاصل شد و در تیمار شاهد معادل ۱۱/۰۷ درصد بود. بر اساس نتایج بدست آمده، محلول‌پاشی یک لیتر گلایفوزیت، به‌دلیل کاهش هشت درصدی عملکرد نی و افزایش ۱۰/٦ درصدی شکرقابل استحصال و افزایش شاخص برداشت نسبت به شاهد و محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر اترل به دلیل افزایش ۵/٦ درصدی پل، بهترین تیمارهای این آزمایش شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: اترل، بریکس، پل، قند اینورت، فیتوماس‌ام و نیشکر.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش:۰۹ /۱۳۹۴/۱۲ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (مکاتبه کننده)(پست الکترونیک : azizchaab@gmail.com)
۲- استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۳- استادیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۴- استادیار مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی ایران
۵- مدیر بخش به‌زراعی مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی

مقدمه

نیشکر گیاهی است که در مرحله رسیدگی با هدف تولید شکر برداشت و رسیدگی آن از سه جنبه فیزیولوژیک، تکنولوژیک و اقتصادی تعریف می‌شود. رسیدگی فیزیولوژیک عبارت از تولید گل، باروری و تشکیل بذر، رسیدگی تکنولوژیک عبارت از رسیدن به حداکثر تولید و ذخیره قند ساکارز در ساقه و رسیدگی اقتصادی به مرحله‌ای اطلاق می‌شود که میزان قند ساکارز حداقل حدود ۱۳ درصد وزن تر ساقه را تشکیل بدهد (Silva and Caputo, 2012). مهم‌ترین عامل طبیعی تأثیرگذار بر رسیدگی تکنولوژیکی نیشکر، کاهش دمای محیط است. در صورتی که دمای هوا بیش از ۱۲ درجه سانتی‌گراد باشد، قند ساکارز گیاه به حد قابل قبول نمی‌رسد و دلیل آن ادامه رشد گیاه و بالا بودن قندهای گلوکز و فروکتوز است. جهت برداشت محصول قبل از وقوع تنش سرما و بارندگی و افزایش قند گیاه، لازم است که از مواد شیمیایی خاصی که رشد رویشی را کند و فرآیند تجمع قند را افزایش دهند، استفاده شوند (Cardozo and Sentelhas, 2013). تسریع کننده‌های شیمیایی رسیدگی (Chemical ripeners) مواد مصنوعی مختلفی هستند که برای افزایش میزان قند در گیاهانی مانند نیشکر، انگور و هندوانه استفاده شده و از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین این مواد اترل (اتفون)، گلایفوزیت و مودوس (Moddus: Trinexapac-ethyl) است (McDonald *et al.*, 2000). اترل هورمونی است که از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های ساکارز سینتاز و اینورتاز منجر به تسریع تبدیل قند اینورت به ساکارز می‌شود. خانواده مودوس نیز دارای انواع مختلف تسریع کننده رسیدگی است و از طریق کاهش سنتز جیبرلیک اسید و افزایش تولید گاز اتیلن، باعث کند شدن رشد و افزایش تجمع قند قبل از زمان طبیعی آن می‌گردد (Guimaraes *et al.*, 2005). در سال ۱۹۷۵ استفاده از گلایفوزیت به‌عنوان تسریع کننده رسیدگی نیشکر در آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا به ثبت رسید. این ترکیب (به عنوان علف‌کش) از لحاظ فیزیولوژیک، یک نوع مهار کننده سنتز اسیدآمینه بوده که باعث به‌هم خوردن مسیر شیکیمات می‌گردد. این علف‌کش مانع از اتصال آنزیم ۵-انول پیرووویل شیکیمات ۳-فسفات سینتاز به فسفو انول پیروات می‌گردد که در نیشکر از طریق غلاف برگ به مناطق مریستمی در حال رشد انتقال یافته و باعث توقف رشد آن‌ها می‌شود (Baylis, 2000).

استفاده از مواد شیمیایی برای افزایش محتوای ساکارز در میانگره‌ها در زمان رسیدگی تکنولوژیک، توجه بسیاری از محققان را در مناطق نیشکرخیز جهان به‌خود جلب کرده است و کاربرد آن در بسیاری مناطق مرسوم بوده و یکی از عملیات مدیریتی قبل از برداشت محسوب می‌شود. در آزمایشی یک لیتر اترل (۳۹ درصد ماده مؤثره) و یک لیتر گلایفوزیت (۴۱ درصد ماده مؤثره) روی دو واریته تجاری نیشکر در هند مورد بررسی قرار گرفته و گزارش شد که هر دو ماده باعث افزایش میزان قند گیاه شده و افزایش ناشی از تیمار گلایفوزیت بیشتر بود، اما در مقابل باعث کاهش اندک عملکرد نی نیز شد (Kirubakaran *et al.*, 2013). در آزمایشی در آمریکا حدود پنج هفته بعد از مصرف نیم کیلوگرم ماده مؤثره گلایفوزیت در هکتار روی واریته CI 54-378، ارتفاع نهایی بوته ۲۸/۷ سانتی‌متر کمتر از شاهد شد و مقدار ساکارز، شکر قابل استخراج و عملکرد آن نیز به‌ترتیب ۱/۰۱، ۱/۷۹ و ۰/۷۹ درصد افزایش یافت (McCatty, 1980). گیماریس و همکاران (Guimaraes *et al.*, 2005) با محلول‌پاشی حدود دو لیتر در هکتار مودوس روی واریته SP81-3250 نیشکر در برزیل گزارش نمودند که اجرای محلول‌پاشی ۶۰ روز بعد، باعث افزایش درصد قند گیاه و قند قابل استحصال شد، اما اثر معنی‌داری بر میزان الیاف ساقه و عملکرد نی در واحد سطح نداشت. البته با توجه به نوع

و غلظت تسریع کننده رسیدگی، واریته و سن گیاه، شرایط محیطی و نحوه محلول‌پاشی، نتایج متفاوتی تا کنون گزارش شده است.

استان خوزستان یکی از مراکز مهم تولید نیشکر در جهان بوده و میزان تولید نی آن در واحد سطح بیش از میانگین جهانی است (FAO, 2013). وقوع تنش سرما برای نیشکر تقریباً همزمان با شروع بارندگی‌ها در اواخر آذر ماه (جدول ۱) که برداشت نیشکر را در شرکت توسعه نیشکر واقع در استان خوزستان با مشکل مواجه می‌کنند، اتفاق می‌افتد، اما برداشت در سطح وسیع هر ساله در اواخر مهر ماه و با درصد قند پایین شروع می‌شود (Anonymous, 2014). با توجه به سطح زیرکشت زیاد نیشکر در استان خوزستان و عدم استفاده از مواد شیمیایی تسریع کننده رسیدگی تا کنون، این آزمایش با هدف تعیین اثر سه نوع تسریع کننده رسیدگی با مقادیر متفاوت بر عملکرد کمّی و کیفی واریته زودرس CP57-614 نیشکر و بررسی امکان برداشت زودهنگام محصول با میزان قند قابل قبول طراحی و اجرا گردید.

جدول ۱- میانگین درجه حرارت، بارندگی سالانه، زمان رسیدگی تکنولوژیکی و برداشت نیشکر در کشت و صنعت امام خمینی (ره)، شوشتر

Table 1. Mean of temperature, rainfall, technological ripening and harvest time in Imam Khomeini agro-industry, Shooshtar, Iran

شرایط اقلیمی / Climatic condition	Months ماه											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
درجه حرارت Temperature (°C)	22.2	29.8	33.7	37.5	36.2	33.5	27.9	18.1	11.1	9.6	11.7	18.4
بارندگی Rainfall (mm)	21.7	23.1	0	0	0	0	16.1	28.3	45.2	34.3	26.3	41.3
رسیدگی نیشکر Sugarcane ripening									×	×	×	×
زمان برداشت Harvest time								×	×	×	×	×

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سه نوع تسریع کننده شیمیایی رسیدگی بر صفات کیفی و عملکرد نیشکر و میزان قند آن در برداشت اقتصادی زودهنگام، آزمایشی در سال‌های زراعی۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در شرکت توسعه نیشکر استان خوزستان، کشت و صنعت واحد امام خمینی (ره) واقع در اراضی شعیبیه در ۴۰ کیلومتری جنوب شوشتر با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۴ دقیقه و ارتفاع ۲۴ متر از سطح دریا به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل اترل (۷۲ درصد ماده مؤثره)، مودوس یا فیتوماس‌ام (Fitomas M)(۳۵ درصد ماده مؤثره) و گلایفوزیت (۶۲ درصد ماده مؤثره) بودند که از هر کدام به مقادیر ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار در ۳۰۰ لیتر آب مخلوط و در یک نوبت در انتهای مرحله طویل شدن ساقه، روی بوته‌های نیشکر محلول‌پاشی شدند (Guimaraes *et al.,* 2005; Kirubakaran *et al.,* 2013). این تیمارها همراه با شاهد (عدم محلول‌پاشی) مورد بررسی قرار گرفتند. از واریته CP57-614 بازویی اول به عنوان زودرس‌ترین واریته صنعت نیشکر در خوزستان استفاده شد. کرت‌های مورد نظر بعد از ۱۰ ماه رشد رویشی، در ۱۵ شهریور ۱۳۹۳ محلول‌پاشی و در

۲۰ آبان برداشت شدند. آزمایش شامل ۵۲ کرت که هر کرت به‌طول ۱۰ متر و عرض شش فاروی ۱۸۳ سانتی‌متری با دو خط کشت روی هر فارو بود. فاروها از شرق به غرب و مزرعه از یکنواختی نسبی بالای برخوردار بودند. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه و آب آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و آب آبیاری محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil and water of experiment site

عمق خاک			ماده آلی	کلسیم	منیزیوم	پتاسیم	کلر	نیتروژن	فسفر	بافت خاک
				Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Cl^{-}	N	P	
Soil depth (cm)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	OM (%)	($meq.lit^{-1}$)				($mg.kg^{-1}$)		Soil texture
0-30	2.91	7.23	0.71	9.3	14.6	0.183	10.8	680	10.52	Silty-Clay
30-60	3.75	7.76	0.60	12.5	15.9	0.157	11.3	541	9.04	رسی Clay
60-90	4.34	8.04	0.41	18.7	18.4	0.142	12.1	483	8.43	رسی Clay
Water	2.21	7.68	-	7.41	12.08	0.052	7.2	-	-	-

تهیه زمین بر اساس روش مرسوم در شرکت توسعه نیشکر که شامل آبیاری اولیه، زیرشکنی به عمق ۹۰ سانتی‌متر، دیسک، تسطیح لیزری و ایجاد فاروها وکشت با تراکم حدود ۴ قلمه ساقه ۵۰ سانتی‌متری در هر متر مربع انجام شد. آبیاری با استفاده از هیدروفلوم بر اساس نیاز گیاه با فاصله‌های یک تا دو هفته، بسته به شرایط محیطی، انجام گردید. کودهای شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه خاک، نیاز گیاه و عملکرد مورد انتظار، شامل ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع اوره) و به همین مقدار سوپرفسفات‌تریپل مصرف گردید. کود اوره در ۵ و ۶ ماه بعد از رشد به‌صورت سرک تقسیط شده و کود سوپرفسفات تریپل در زمان کشت پخش و با خاک مخلوط گردید. مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار توفوردی و دو لیتر در هکتار رانداپ (به‌صورت کنترل شده تنها در کف فاروها) جهت مبارزه با علف‌های هرز (به‌ترتیب پهن‌برگ و باریک برگ) در اسفند ماه ۱۳۹۲ استفاده شد. دوره رشد گیاه از زمان کاشت تا رسیدگی تکنولوژیکی (براساس میزان ساکارز حداقل ۱۳ درصد وزن تر ساقه)، به‌عنوان روز تا رسیدگی (Silva and Caputo, 2012) محاسبه و در زمان برداشت، ارتفاع ۲۰ بوته از هر کرت، از سطح زمین تا گوشوارک بالاترین برگ سبز توسعه یافته اندازه‌گیری و جهت تجزیه کیفی برداشت و در نهایت عملکرد نی از دو خط میانی و به مساحت ده متر مربع به‌دست آمد (Clements. 1980).

عصاره ۲۰ نی از هر کرت با استفاده از دستگاه سه غلطکی Cuban Mille استخراج و پس از صاف نمودن ۵۰ میلی‌لیتر از آن با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۰، درصد بریکس (مقدار مواد جامد محلول) آن با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (SCHMIDT, Dur-Sw, Schmi, Schmidt, Canada) با دقت ۰/۰۱ درصد قرائت گردید. سپس ۱/۵ گرم استات‌سرب قلیایی دوظرفیتی با سه مولکول آب به ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره اضافه و پس از مخلوط و صاف کردن، درصد پل (قندهای راست‌گرد) با استفاده از پلاریمتر (Schmidt, Saccharomat Nir W_2, Schmidt, Canada) با دقت ۰/۰۱ درصد اندازه‌گیری شد. درصد بریکس و پل ساقه بر اساس روش‌های مرسوم در صنعت نیشکر بلافاصله بعد از برداشت، با دقت و تکرار نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند (ICUMSA, 1999).

درصد قند اینورت عصاره نی به‌روش تیتراسیون با استفاده از دو محلول فهلینگ و براساس روش پیشنهادی رین (Rein, 2007) اندازه‌گیری شد. از دو محلول استاندارد که شامل فهلینگ A (سولفات مس) و

فهلینگ B (سدیم-پتاسیم تارتارات و سود) بودند استفاده شد. از هر کدام از این محلول‌ها پنج میلی‌لیتر در ظرف ارلن ریخته و همراه با هشت میلی‌لیتر از عصاره صاف شده به‌مدت ۱۰۰ ثانیه جوشانده شد. سپس چهار میلی‌لیتر متیلن بلو به آن اضافه گردید و رنگ محلول کاملاً آبی شد. عمل تیتراسیون در مدت یک دقیقه تا زمان تغییر رنگ محلول به قرمز آجری انجام و با توجه به میزان شربت مصرفی در بورت، میزان قند اینورت بر اساس جداول استاندارد موجود، به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری میزان الیاف نی، مقدار یک کیلو نی کاملاً خرد و بریکس آن قرائت شد و ۱۰۰ گرم از آن جدا و به مدت چهار ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشکانده شد. مقدار بریکس قرائت شده از ماده خشک نمونه کسر و باقی‌مانده آن به‌عنوان الیاف گیاهی ثبت شد (ICUMSA, 1999).

کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS v 9.2 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده گردید. با توجه به مدیریت یکپارچه و سطح وسیع مزارع نیشکر، حصول کمترین درصد تفاوت در تیمارها از نظر کیفی، در مزارع وسیع قابل توجه بوده و به‌دلیل نوسانات زیاد عملکرد نی، میانگین‌ها در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد مقایسه شدند (Snedecor and Cochran, 1980; Zamora and Rosario, 1981).

نتایج و بحث

یکی از شاخص‌های مهم در برنامه واقعه‌نگاری گیاهی (Crop Logging) صنعت نیشکر، ارتفاع ساقه است و در انجام مدیریت‌های مختلف از آن استفاده می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس محلول‌پاشی تسریع کننده‌های رسیدگی نشان داد که ارتفاع ساقه با ضریب اطمینان ۹۵ درصد تحت تأثیر مصرف این مواد قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین (۲۴۷ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۲۳۱ سانتی‌متر) ارتفاع ساقه از بیشترین مقادیر تیمارهای محلول پاشی (به‌ترتیب فیتوماس و گلایفوزیت) حاصل شد. تمام سطوح هورمون اترل اثر معنی‌داری از نظر ارتفاع ساقه با شاهد نداشتند، اما مقادیر ۱/۵ و ۲ لیتر فیتوماس باعث افزایش ارتفاع نسبت به شاهد گردید. بیشترین تفاوت بین سطوح مختلف هر تسریع کننده رسیدگی از گلایفوزیت حاصل شد، به‌طوری که محلول‌پاشی ۲ لیتر در هکتار گلایفوزیت باعث کاهش ۵ درصدی ارتفاع نسبت به شاهد و ۳/۲ درصدی نسبت به کم‌ترین مقدار این ماده گردید (جدول ۳). گلایفوزیت به‌عنوان یک علف‌کش سیستمیک مصرف می‌شود و در نیشکر با غلظت کم، جهت کند کردن رشد رویشی بدون از بین رفتن گیاه و نوعی شوک فیزیولوژیکی برای تسریع فرایند قندسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dalley and Richard, 2010) و به‌علاوه باعث از بین رفتن مناطق رشد سریع گیاه از جمله مریستم انتهایی می‌شود (Abo El-Hamd *et al.*, 2013). نتایج نشان داد که دو تا سه هفته پس از محلول‌پاشی گلایفوزیت، مریستم انتهایی گیاه از بین رفته و جوانه‌های جانبی تحریک شدند. اترل یک هورمون گیاهی بوده و محلول‌پاشی تأثیری بر ارتفاع ساقه نداشت، اما فیتوماس به‌دلیل دارا بودن برخی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم (به‌ترتیب ۹، ۱۲ و ۱۲ درصد)، نه تنها مانع کند شدن رشد نشد، بلکه رشد رویشی را افزایش داد.

محلول‌پاشی گلایفوزیت باعث افزایش درصد بریکس و پل ساقه نیشکر شد، به‌طوری که بیشترین این دو صفت ازمقادیر ۱/۵ و ۲ لیتر گلایفوزیت حاصل شد و با سایر تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. محلول‌پاشی یک لیتر گلایفوزیت در هکتار منجر به افزایش ۸/۲ و ۹/۶ درصد (به‌ترتیب بریکس و پل) نسبت به شاهد شد و این مقدار تفاوتی با محلول‌پاشی ۱/۵ و ۲ لیتر نداشت. کم‌ترین درصد قند اینورت از محلول‌پاشی گلایفوزیت

به‌دست آمد (جدول ۳). بر اساس پیشنهاد مور و بوثا (Moore and Botha, 2014)، در صورت تداوم رشد رویشی، بیشترین درصد قند اینورت که شامل گلوکز و فروکتوز است، در میانگره‌های بالای ساقه انباشته شده و در صورت توقف رشد، این قند به ساکارز تبدیل و به‌صورت افزایش در میزان پل نمایان می‌شود. با توجه به این موضوع، افزایش بریکس و پل ساقه را می‌توان به توقف رشد در اثر از بین رفتن مریستم انتهایی، سبز ماندن برگ‌ها و تبدیل قندها نسبت داد.

محلول‌پاشی مقادیر ۱/۵ و ۲ لیتر اترل با ضریب اطمینان ۹۵ درصد مقدار بریکس و ۹۹ درصد، پل ساقه را نسبت به شاهد افزایش داد، اما تمام مقادیر مورد آزمایش آن اثر معنی‌داری بر درصد قند اینورت نداشتند، بنابراین اترل بدون کاهش ارتفاع ساقه و قند اینورت، درصد بریکس و پل را افزایش داد. به‌نظر میرسد که این هورمون باعث افزایش تولیدکل قندها و نه تبدیل قندها به یکدیگر می‌شود. فیتوماس تأثیر زیادی روی بریکس ساقه نداشت و تنها سطوح بالای آن باعث افزایش اندکی در بریکس و پل ساقه گردید، لیکن به موازات آن درصد قند اینورت افزایش بسیاری زیادی داشت. به‌نظر می‌رسد که علت افزایش قند اینورت به تداوم رشد رویشی و افزایش ارتفاع ساقه ارتباط دارد. با محلول‌پاشی این تنظیم‌کننده رشد، قند ساخته شده بیشتر به‌صوت گلوکز و فرکتوز ذخیره می‌شود، به‌طوری که افزایش قند اینورت در اثر محلول‌پاشی دو لیتر فیتوماس حدود ۱/۹۶ برابر شاهد و ۳/۷۴ برابر تیمار دو لیتر گلایفوزیت بود (جدول ۳).

درصد شکر قابل استحصال از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی مورد توجه در صنعت نیشکر بوده و کم‌ترین تغییر در مقدار آن، در سطح وسیع می‌تواند چشمگیر باشد. در این آزمایش در اثر محلول‌پاشی گلایفوزیت، درصد شکر قابل استحصال افزایش و در اثر محلول‌پاشی اترل بدون تغییر بود، در حالیکه محلول‌پاشی فیتوماس باعث کاهش آن گردید. نتایج نشان داد که تمام سطوح گلایفوزیت باعث افزایش و مقادیر ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار فیتوماس باعث کاهش شکر قابل استحصال گردید. البته دو سطح بالای اترل و فیتوماس به‌ترتیب منجر به افزایش و کاهش شکرقابل استحصال نسبت به شاهد شدند.

بیشترین درصد شکرقابل استحصال از تیمار محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر گلایفوزیت به مقدار ۱۲/۴۳ درصد (۱۲/۳ درصد بیشتر از شاهد) و کم‌ترین مقدار آن از تیمار دو لیتر فیتوماس به مقدار ۱۰/۳۲ درصد (۶/۸ درصد کاهش نسبت به شاهد) بدست آمد. باید به این نکته توجه داشت که با افزایش ارتفاع ساقه، میزان شکر قابل استحصال (نه مقدار شکر در واحد سطح) کاهش می‌یابد. لونتوم و همکاران (Lontom *et al.*, 2008) گزارش کردند که در ساقه‌های با ارتفاع زیاد، تعداد و طول میانگره‌های بالایی فعال و در حال رشد زیادتر بوده و این میانگره‌ها بیشترین مقدار قند اینورت را دارا بوده و از این نظر دارای رابطه معکوس با خلوص عصاره ساقه و رابطه مستقیم با میزان گلوکز و فروکتوز می‌باشد.

میزان الیاف ساقه یکی از عواملی است که استخراج عصاره نی را کاهش می‌دهد، اما تغییرات آن در مقایسه با تغییرات میزان قند، چندان مورد توجه نیست. در این آزمایش مشخص شد که محلول‌پاشی ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر گلایفوزیت در هکتار در سطح احتمال پنج درصد و دو مقدار ۱/۵ و ۲ لیتر آن در سطح احتمال یک درصد، باعث افزایش معنی‌دار میزان الیاف ساقه نسبت به شاهد گردید، اما سایر تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشتند. مشاهدات عینی در تیمارهای محلول‌پاشی گلایفوزیت نشان داد که انتهای ساقه خشبی و تا حدود رنگ آن از سبز به زرد تغییر یافت که این موضوع احتمالاً باعث افزایش میزان الیاف ساقه شده است. عملکرد نی از شاخص‌های اولیه اقتصادی مورد توجه است. اما آنچه مهم است عملکرد نی تنها کمیت تولید را نشان می‌دهد و مهم‌تر از آن کیفیت یا

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی تسریع کننده‌های شیمیایی رسیدگی بر صفات کمّی و کیفی نیشکر واریته CP57-614

Table 3. Means comparison of quantitative and qualitative traits of sugarcane (Var. CP57-614) in chemical ripeners treatments application

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع ساقه Stem length (cm)	بریکس Brix (% of juice)	پل Pol (% of juice)	قند اینورت Invert sugar (% of juice)	شکر قابل استحصال Recoverable sugar (% of cane)	الیاف Fiber (% of cane)	عملکرد نی Cane yield ($ton.ha^{-1}$)	روز تا رسیدگی Days to maturity
G1	def 239.1 fgh	bc 20.70 b	bc 18.86 bc	cd 0.310 d	ab 11.96 bc	bcd 13.35 cd	a-d 76.51 bcd	bcd355.2cd
G2	ef 238.2 gh	ab 21.32 a	ab 19.35 ab	cd 0.297 de	a 12.24 abc	abc 13.75 bc	bcd 74.02 cde	bcd353.5cde
G3	fg 236.3 g	a 21.78 a	a 19.59 a	d 0.212 ef	a 12.43 a	ab 14.54 ab	cd 72.21 de	cd351.0de
G4	g 231.4 i	a 21.44 a	a 19.53 a	d 0.210 f	a 12.39 ab	a 14.76 a	d 70.24 e	d346.7e
E1	b-e 242.1 cde	de 19.75 de	ef 17.63 de	c 0.380 cd	cd 11.02 de	cd 12.92 c-f	ab 80.98 ab	abc358.7bc
E2	b-f 241.3 cde	d 19.95 cd	de 18.03 d	c 0.362 cd	bc 11.37 d	cd 12.59 def	abc 80.02 abc	abc359.7 abc
E3	c-f 240.6 de	cd 20.31 bc	cd 18.65 c	c 0.367 cd	ab 11.89 c	cd 12.62 def	abc 79.24 abc	abc359.2 abc
E4	c-f 240.2 def	cd 20.28 bc	cd 18.64 c	c 0.357 cd	ab 11.89 c	cd 13.04 cde	abc 79.19 abc	ab363.0 ab
F1	abc 244.6 abc	de 19.74 de	efg 17.49 ef	b 0.532 b	cde 10.90 e	cd 12.53 def	ab 80.89 ab	ab362.5ab
F2	ab 246.1 ab	e 19.31 ef	fgh 17.14 fg	b 0.532 b	de 10.68 ef	cd 12.54 def	ab 81.70 ab	ab362.5ab
F3	a 247.8 a	e 19.29 ef	gh 16.84 g	a 0.712 a	e 10.38 f	d 12.27 ef	ab 81.25 ab	a365.2ab
F4	a 247.7 a	e 19.17 f	h 16.75 g	a 0.785 a	e 10.32 f	d 12.06 f	a 82.93 a	a366.2a
C	a-d 243.6 bcd	de19.70 de	ef 17.65 de	c 0.400 c	cd 11.07 de	cd 12.67 def	ab 80.45 ab	abc358.5ba
Mean	241.6	20.12	18.17	0.421	11.43	13.05	78.43	358.6
$LSD_{0.01}$	5.31	0.63	0.66	0.115	0.59	1.29	8.07	9.52
$LSD_{0.05}$	3.96	0.47	0.49	0.086	0.44	0.96	6.02	7.10

ترکیبات شیمیایی تسریع کننده رسیدگی به‌ترتیب G: گلایفوزیت، E: اترل F: فیتوماس‌ام از هر کدام چهار سطح ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار و C: شاهد (بدون محلول‌پاشی)

G: glyphosate, E: ethrel, F: fitomas M ripeners, respectively each one in four levels (0.5, 1, 1.5 and 2 $lit.ha^{-1}$), C: control (No application)

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری ندارند. حروف سمت راست و چپ اعداد، به ترتیب نشان دهنده سطوح احتمال پنج و یک درصد هستند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at (right:5% and left:1%) probability levels, using LSD test

درصد قند نی را باید مد نظر قرار داد. عملکرد نی در تیمارهای مورد بررسی تغییرات معنی‌داری داشت، به‌طوری که محلول‌پاشی ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر گلایفوزیت در هکتار در سطح احتمال پنج درصد و دو مقدار ۱/۵ و ۲ لیتر آن در سطح احتمال یک درصد، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد نی نسبت به شاهد گردید. این تیمارها باعث کاهش به‌ترتیب ۸/۰، ۱۰/۲ و ۱۲/۷ درصد عملکرد نی نسبت به شاهد شدند.

نتایج نشان داد که میزان کاهش عملکرد کمتر از میزان افزایش عملکرد کیفی بود. از طرف دیگر، کاهش بوجود آمده در ارتفاع ساقه و درصد قند اینورت، قابل توجه و از لحاظ اقتصادی داری اهمیت فراوان می‌باشد. در تیمار محلول‌پاشی دو لیتر گلایفوزیت، بدون افزایش کیفیت ساقه نسبت به تیمار یک لیتر در هکتار، کاهش چشمگیری در ارتفاع و عملکرد نی حاصل شد و این مقدار احتمالاً به‌جای وارد کردن شوک فیزیولوژیکی، باعث خشک شدن و کاهش وزن گیاه شد. این موضوع با نتایج آزمایش دالی و ریچارد (Dally and Richard, 2010) که گزارش کردند گلایفوزیت به‌عنوان علف‌کش عمومی در غلظت توصیه شده باعث به هم خوردن مسیر شیکیمات و توقف سنتز اسیدهای آمینه در مریستم انتهایی و در نتیجه از بین رفتن گیاه و در غلظت‌های پایین آن باعث کند شدن رشد در مریستم‌های فعال گیاه می‌گردد، مطابقت داشت. هیردن‌پدر (Heerden Pdr, 2012) نیز اعلام کرد که درصورتی که میزان افزایش میزان قند گیاه نیشکر معادل با میزان کاهش عملکرد نی باشد، از لحاظ اقتصادی نیز قابل قبول و به‌صرفه است.

دوره رشد واریته نیشکر مورد آزمایش بین ۱۰ تا ۱۵ ماه است، و در هر تاریخی که کشت شود (مرداد و شهریور سال قبل)، در اواخر آبان تا اوایل آذر (با توجه به درجه حرارت و مدیریت‌های زراعی اعمال شده) به مرحله رسیدگی تکنولوژیکی می‌رسد. در هر صورت هر عامل که باعث رسیدگی زودتر آن شود، امکان برداشت قبل از بارندگی و بازرویی مجدد را فراهم می‌نماید. در این آزمایش محلول‌پاشی فیتوماس باعث افزایش دوره رشد گیاه نسبت به شاهد شد به‌طوری که بیشترین مقدار این ماده باعث شد که بوته‌ها حدود ۷/۷ روز دیرتر به مرحله رسیدگی برسند. تمام مقادیر هورمون اترل باعث افزایش تعداد روز تا رسیدگی بوته‌های نیشکر شد، اما این اختلاف معنی‌دار نبود. از طرفی محلول‌پاشی گلایفوزیت باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی و در نتیجه زودرسی گیاه گردید، به‌طوری که مقدار ۱/۵ لیتر و مقدار دو لیتر آن باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی (به‌ترتیب ۷/۵ و ۱۱/۸ روز) شدند (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی گلایفوزیت احتمالاً با تأثیر بر مریستم انتهایی ساقه، باعث کند شدن و در نهایت توقف رشد ساقه نیشکر شد، در حالی که برگ‌های گیاه سبز باقی مانده و این موضوع منجر به افزایش میزان قند در ساقه گردید. بر اساس نظریه لیبراندت (Leibbrandt, 1989) در شرایط مناسب، در صورتی که رشد رویشی نیشکر از جانب مریستم انتهایی به هر دلیلی متوقف شود، فرآیند فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌ها همچنان در برگ‌های سبز ادامه می‌یافته و مواد فتوسنتزی به‌جای مصرف جهت رشد طولی، در ساقه ذخیره و منجر به افزایش عصاره و میزان قندآن می‌گردد. در محلول‌پاشی ۰/۵ و ۱ لیتر گلایفوزیت رشد طولی ساقه نیشکر به تدریج کند و سه هفته بعد متوقف گردید و به همین دلیل میزان کاهش عملکرد نی آن کم و قابل توجیه است، اما در مقادیر ۱/۵ و ۲ لیتر، نه تنها شوک فیزیولوژیکی به گیاه وارد شد، بلکه باعث توقف سریع‌تر رشد (دو هفته بعد از محلول‌پاشی)، خشک‌تر شدن ساقه و عدم افزایش زیاد در بریکس و پل ساقه گردید. از این لحاظ مقدار یک لیتر در هکتار گلایفوزیت نتیجه بهتری نسبت به مقادیر

دیگر نشان داد. همچنین این مقدار باعث کاهش پنج روز دوره رشد گیاه نسبت به تیمار شاهد شد، هر چند که این مقدار از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما از نظر اجرایی بسیار قابل توجه است. هورمون اترل بدون تأثیر بر ارتفاع ساقه، میزان الیاف، درصد قند اینورت و عملکرد نی باعث افزایش درصد پل و شکرقابل استحصال نسبت به شاهد شد. از بین سطوح مختلف این هورمون، تیمار ۱/۵ لیتر در هکتار به لحاظ اقتصادی بهترین سطح تیماری بود. تنظیم کننده رشد فیتوماس، به‌دلیل دارا بودن برخی عناصر مانند نیتروژن، رشد گیاه را تحریک و منجر به افزایش ارتفاع آن گردید. این ترکیب بدون تأثیر بر عملکرد کمّی گیاه باعث کاهش عملکرد کیفی آن شد و تمام سطوح آن در چنین شرایط و برای واریته مورد آزمایش توجیه اقتصادی ندارد.

به‌طور کلی تیمار یک لیتر گلایفوزیت از طریق کاهش عملکرد کمّی و افزایش عملکرد کیفی، نه تنها دارای سود اقتصادی مستقیم و آشکار، بلکه باعث کاهش هزینه‌های پنهان در صنعت نیشکر و افزایش سود آن می‌گردد. با توجه به سطوح کشت وسیع نیشکر و تولید عملکرد بالا، کاهش حمل و نقل نی، افزایش شاخص برداشت شکر و کارایی استخراج عصاره در کارخانه‌ها، از هزینه‌های پنهان آن و از لحاظ اقتصادی بسیار مهم می‌باشند. هزینه‌های لازم جهت تهیه مواد شیمیایی مورد استفاده و محلول‌پاشی آنها معادل قیمت حدود ۳۰ کیلوگرم شکر سفید برآورد شد. به‌عنوان مثال مقدار شکر سفید در تیمار محلول‌پاشی یک لیتر گلایفوزیت ۹۰۶۰ کیلوگرم در هکتار (حاصل‌ضرب شکرقابل استحصال در عملکرد نی) و شکر سفید در تیمار شاهد حدود ۸۹۰۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمدند. بر این اساس صرف‌نظر از اثرات غیر مستقیم (افزایش شاخص برداشت و کارایی استخراج عصاره) در تیمار ذکر شده، صرفه اقتصادی مستقیم معادل قیمت ۱۲۵ کیلوگرم شکر سفید به ازای هر هکتار خواهد بود. بنابراین محلول‌پاشی یک لیتر گلایفوزیت به دلیل توقف رشد رویشی بدون از بین رفتن گیاه، خشک کردن سر نی که یکی از اهداف برداشت سبز، صرفه‌اقتصادی و بدون اثرات زیست محیطی (محلول‌پاشی مقدار یک لیتر روی ۱۰۰ تن ماده بیولوژیکی بدون نفوذ به آب و خاک) و همچنین ۱/۵ لیتر هورمون اترل به‌دلیل خاصیت افزایش درصد پل ساقه نیشکر، بهترین تیمارهای این آزمایش شناخته شدند.

منابع مورد استفاده

References

Abo El-Hamd, A. S., M. A. Bakheet and A. F. A. Gadalla. 2013. Effect of chemical ripeners on juice quality, yield and yield components of some sugarcane varieties under the conditions of sohag governorate. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 13 (11): 1458-1464.

Anonymous. 2014. Annual Report of Sugarcane Company. Iranian Sugarcane Research and training institute. Report, http://www.iscrti.ir/. (In Persion).

Baylis, A. D. 2000. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. Pest Manag. Sci. 56: 299-308.

Cardozo, N. P. and P. C. Sentalhas. 2013. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. Sci. Agric. 70(6):449-456.

Clements, H. F. 1980. Sugarcane Crop Logging and Control: Principles and Practices. Pitman Publishing

Limited, London, 520 p.

Dalley, C. D and E. P. Richard. 2010. Herbicides as ripeners for sugarcane. Weed Sci. 58: 329-333.

FAOSTAT. 2013. World Agriculture Data, http://apps.fao.org/faostat/.

Guimaraes, E. R., M. Angelo Mutton, J. M. P. Junior and M. J. Rossini Mutton. 2005. Sugarcane growth, sucrose accumulation and invertase activities under trinexapac-ethyl treatment. Sci. J. Aboticabal. 33(1): 20-26.

Heerden Pdr, V. 2012. Evaluation of Moddus as a new chemical ripener for the South African sugar industry: Preliminary findings. Proc. South Afric. Sugar Technol. Asses. 85: 193-195.

ICUMSA (International Commission for Uniform Methods in Sugar Analysis). 1999. ICUMSA Methods Book and ICUMSA Supplement, Whalley, H.C.S. (Ed.) Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York, 420 p.

Kirubakaran, R., S. Venkataramana and M. S. Mohamed Jaabir. 2013. Effect of Ethrel and Glyphosate on the ripening of sugar cane. Int. J. Chem. Tech. Res. 5(4): 1927-1938.

Leibbrandt, N. B. 1989. Chemical ripening responses and recommendations for irrigated NCo376 and N14 in Swaziland. Proc. South Afric. Sugar Technol, Asses. 34: 174-180.

Lontom, W., M. Kosittrakun and S. E. Lingle. 2008. Relationship of acid invertase activities to sugar content in sugarcane internodes during ripening and after harvest. Thai. J. Agric. Sci. 41(3-4): 143-151.

McCatty, T. 1980. A review of sucrose enhancer's trials in Jamaica in 1974-78. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 17: 630-643.

McDonald, I., T. Morgan and G. Kingeston. 2000. Chemical ripeners: An opportunity for the Australian sugar industry. Proc. South Afric. Sugar Technol, Ass. 22: 290-295.

Moore, P. H. and F. C. Botha. 2014. Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology. Publish Wiley Blackwell, 681 p.

Rein, P. 2007. Cane sugar engineering. Verlag Dr. Albert Bartens KG- Berlin, Germany, 768 p.

Silva, M. A. and M. M. Caputo. 2012. Ripening and the use of ripeners for better sugarcane management. Bragantia, 66(4): 545-552.

Snedecor, G. W. and G. W. Cochran. 1980. Statistical Methods, (7^{th} Ed). The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

Zamora, O. B. and E. L. Rosario. 1981. Physiological and morphological responses of sugarcane to some selected chemical ripeners. Philippines J. Crop Sci. 2 (3): 133-143.

Effect of chemical ripeners application on yield, quality and technological ripening of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)

Karmollachaab, A.[1], A. Bakhshandeh[2], M. R. MoradiTlavat[3], F. Moradi[4] and M. Shomeili[5]

ABSTRACT

Karmollachaab, A., A. Bakhshandeh, M. R. MoradiTlavat, F. Moradi and M. Shomeili. 2015. Effect of chemical ripeners application on yield, quality and technological ripening of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Iranian Journal of Crop Sciences. 17(1): 63-73-.(In Persian).**

This study was performed at Khuzestan Sugarcane Development Company during 2013- 2014 on CP54-614 variety to evaluate the effect of chemical ripeners on yield and technological ripening at harvest time of sugarcane. A randomized complete block design with four replications was used where three chemical ripeners and untreated control were randomly distributed in plots. The chemical ripeners were Ethrel hormone, Glyphosate herbicide and Fitomas M growth regulator that four doses (0.5, 1, 1.5 and 2 $l.ha^{-1}$) for each. Results showed that different doses of glyphosate caused reduction of stalk height, invert sugar %) and cane yield and increased brix, pol, recoverable sugar and fiber as compared to control. However, increase (%) in quality yield was more than decrease (%) in cane yield. Therefore, ethrel without decreasing cane yield led to increasing in pol and recoverable sugar in higher doses. On the other hand, Fitomas without increasing cane yield when compared to control led to decrease in pol (%). In conclusion, one liter of glyphosate, decreased cane yield (8%) and increased recoverable sugar (10.6%) and harvest index, and 1.5 liter of ethrel that increased pol (5.6%) were identified as suitable treatments.

Key words: Brix, Ethrel, Fitomas M, Invert sugar, Poland Sugarcane.

Received: February, 2014 Accepted: February, 2015

1- PhD Student, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
(Corresponding author)(Email: azizchaab@gmail.com)
2- Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran
3- Assistant Prof., Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
4- Assistant Prof., Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran
5-Director of Agronomic Department of Sugarcane Research and Training Institute