

## Evaluating Quality Indices of Extracts in Green and Burnt Sugarcane Harvesting

Reza Moradi<sup>1</sup>, Seyed Ataollah Siadat<sup>2\*</sup>, Abdolreza Siahpoosh<sup>3</sup>, Abdulmahdi Bakhshandeh<sup>4</sup>  
and Mohammad Reza Moradi Telavat<sup>5</sup>

- 1- Ph.D. Student of Agronomy, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Kuzestan Agriculture and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Kuzestan Agriculture and Natural Resources University, Ahvaz, Iran (seyedatasiadat@yahoo.com)
- 3- Assistant Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Kuzestan Agriculture and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
- 4- Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Kuzestan Agriculture and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
- 5- Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Kuzestan Agriculture and Natural Resources University, Ahvaz, Iran

Received: 4 May, 2018

Accepted: 26 September, 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

International forces and public pressure to prevent environmental pollution have changed burnt sugarcane harvesting to green sugarcane harvesting in most important sugarcane-producing regions of the world. In the major countries that produce sugarcane, sufficient research has been done on green sugarcane harvesting. Due to climate difference between Iran and other countries, it is essential to investigate all the aspects of green cane harvesting such as the quality indices of extracts in Khuzestan, Iran.

#### Materials and Methods

To compare extract quality in burnt and green sugarcane harvesting, a test was performed in 2015-2016 at Emam Khomeini Agro industry company (latitude 31,44° N, longitude 48,44° E and 24 m asl). A spilet plot design was used. Three sugarcane varieties with different ripeness durations were considered as the main plot and five harvesting methods and ratooning including burnt harvesting, green cane harvesting without rationing, green cane harvesting with rationing, green cane harvesting with one reshape replication and green cane harvesting with two reshape replications with four replications were considered as the sub plot. Trash percent, extraction percent (Ex), total solid material solute in extract (Brix), sugar percent in extract (Pol), extract purity degree (Pty), recovery sugar percent in factory (R.S) and the yield were studied.

#### Results

Results showed the varieties had a significant difference regarding all the parameters except Ex. Maximum Ex (%41.863), and the yield (93 t/ha) belonging to Cp69-1062 varieties. Cp73-21 had the maximum Brix (%20.35) and Pol (%18.16). Methods of harvesting and ratooning caused a significant difference as to the trash percent, R.S, the yield and Brix. The mean of trash in green harvesting was 7 %but it was 4% in burnt harvesting. Maximum Brix belonged to the burnt but had no significant difference with that of the green harvesting. Pol percent in the burnt was not



significantly different from the two green harvesting methods. The average yields of burnt and green harvestings were 83 t/ha and 74 t/ha respectively. Finally, green harvesting increased Pty.

### **Discussion**

The results of this study show that in green cane harvesting, as compared with burnt cane harvesting, the trash is increased and the yield is decrease. Because the trash prevents the recovery sugar, we expected that quality indices in green cane harvesting to be worse than burnt cane harvesting. However, due to having fresh cane in green cane harvesting, the parameters of quality, especially the purity, were higher than those in burnt cane harvesting. In the executive phase, the difference between the green and burnt harvesting is more than this experiment because a cane field that has been burnt for harvesting is usually detained for more than 12 hours for transporting the cane to the factory, resulting in much lower quality. The benefits of green cane harvesting will better be understood now if the trash is decreased in green cane harvesting by setting and changing the harvesters.

**Keywords:** Ex, Pol, Pty, R.S, Trash

## ارزیابی شاخص‌های کیفی شربت در برداشت سبز و سوخته نیشکر

رضا مرادی<sup>۱</sup>، سیدعطاءاله سیادت<sup>۲\*</sup>، عبدالرضا سیاهپوش<sup>۳</sup>، عبدالمهدی بخشنده<sup>۴</sup> و محمدرضا مرادی تلاوت<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران  
 ۲- \*نویسنده مسئول: استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران  
 (seyedatasiadat@yahoo.com)

۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران  
 ۴- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران  
 ۵- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۴

### چکیده

تعهدات بین‌المللی و فشار افکار عمومی برای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست موجب گذار از برداشت سوخته نیشکر به برداشت سبز در مناطق نیشکر کاری دنیا شده است. به منظور مقایسه شاخص‌های کیفی شربت نیشکر در دو روش برداشت سبز و سوخته تحقیقی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره) واقع در شمال خوزستان به صورت آزمایش کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجراء شد. عامل اصلی سه وارسته نیشکر با دوره رسیدگی متفاوت و عامل فرعی پنج روش برداشت و راتونینگ بودند. شاخص‌های کیفی مورد ارزیابی شامل درصد خاشاک ساقه، درصد وزنی شربت قابل استخراج، کل مواد جامد حل شده در شربت، میزان ساکارز در شربت، درجه خلوص شربت، قند قابل استحصال در کارخانه (R.S) و عملکرد ساقه بودند. نتایج نشان داد وارسته نیشکر در خصوص همه صفات مورد ارزیابی به جز درصد وزنی شربت قابل استخراج اختلاف معنی‌دار داشتند. روش‌های برداشت و راتونینگ در مورد درصد خاشاک همراهی، قند قابل استحصال در کارخانه، عملکرد نی و کل مواد جامد حل شده در شربت اختلاف معنی‌دار داشتند. خاشاک همراهی در مجموع روش‌های برداشت سبز حدود ۷ درصد و در برداشت سوخته ۴ درصد بود. میانگین عملکرد برداشت سوخته ۸۳ تن در هکتار و برداشت سبز ۷۴ تن در هکتار بود. به‌طور کلی برداشت سبز نیشکر موجب افزایش درجه خلوص شربت نسبت به برداشت سوخته شد.

کلیدواژه‌ها: خاشاک، درجه خلوص شربت، درصد ساکارز شربت، درصد شربت قابل استخراج، قند قابل استحصال

### مقدمه

به‌طور معمول مزرعه نیشکر قبل از برداشت سوزانده شده تا محیط کار راحت‌تری برای کارگران نی‌بر یا دروگرهای ماشینی ایجاد شود. با سوزانده شدن مزرعه فقط ساقه‌های نیشکر در مزرعه باقی مانده و لذا دستگاه‌های دروگر با دید کافی و با راندمان بالاتری نسبت به برداشت سبز فعالیت می‌نمایند همچنین در صورتی که برداشت دستی توسط کارگر انجام شود نیز

نیشکر در ایران بیش از ۱۲۰ هزار هکتار از اراضی استان خوزستان را به خود اختصاص داده است و اهمیت ویژه‌ای در تأمین انرژی موردنیاز بشر دارد (Ahmadi and Gharineh, 2019). تولید سالانه نیشکر در ایران بیش از ۷ میلیون تن ساقه با عملکرد در هکتار بالاتر از میانگین جهانی است (FAOSTAT, 2016).

نیشکر کاری در جهان در این زمینه انجام شده است. De Castro *et al.* (2017) گزارش نمودند که باقی‌گذاردن بقایای نیشکر (Trash blanket) در مزرعه علاوه بر جلوگیری از هدر روی رطوبت خاک با جلوگیری از رسیدن نور به خاک موجب کنترل علف‌های هرز شده و نهایتاً ده تن در هکتار عملکرد نیشکر را افزایش داد.

Nunez and Spaans (2008) درصد قند قابل استحصال را در برداشت سبز و سوخته را یکسان گزارش کرده و عنوان نمودند میزان خاشاک همراهی در برداشت سبز بیشتر از سوخته بود. در این گزارش میزان خاشاک همراهی در برداشت سوخته ۸/۱ درصد و در برداشت سبز ۱۱/۲ درصد اعلام گردید. Rein (2007) کاهش درجه خلوص شربت را در نمونه‌ای گرفته شده از مزرعه که قبل از برداشت نیشکری سوخته شده را بسیار سریع‌تر از مزرعه نیشکری که به صورت سبز برداشت شده گزارش کرد، همچنین او عنوان نمود که دماهای بالای محیط می‌تواند باعث افزایش این اختلاف شود. Chen and Chou (1993) میزان تخریب میکروبی شربت نیشکر برداشت شده را در حالت سوخته را بسیار بیشتر از سبز گزارش کردند. این تخریب شربت با گذشت زمان طولانی‌تری از موقع برداشت افزایش یافت. Gomez *et al.* (2006) میزان تلفات شکر در برداشت سبز و سوخته را مساوی و حدود ۱۶ درصد گزارش کردند با این تفاوت که تلفات شکر در برداشت سبز به دلیل تراش و خاشاک همراهی و در برداشت سوخته بدلیل حرارت ناشی از سوختن مزرعه و مدت زمان سپری شده از آتش‌دن مزرعه تا اتمام برداشت صورت می‌گیرد. با توجه به این که هدف اصلی تولید نیشکر در ایران استحصال شکر است لذا شاخص‌های کیفی شربت اهمیت زیادی دارد. از طرف دیگر با توجه به شرایط کاملاً متفاوت برداشت سوخته نیشکر با حرارت فوق‌العاده ناشی از آتش‌دن مزرعه و برداشت سبز که

کارگر با انبوهی از برگ‌های خشک و پوشال‌نی مواجه نخواهد بود و ضمن افزایش راندمان کاری از مواجهه با حیوانات خطرناک در مزرعه مصون خواهد بود. ولی از طرف دیگر آتش‌دن نیشکر قبل از برداشت، خاک مزرعه را از مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد آلی و معدنی که ضامن تولید پایدار و استفاده از منابع تجدیدپذیر است، محروم می‌سازد. برداشت مداوم محصول نیشکر که بیشترین بیوماس گیاهی را در بین گیاهان زراعی در واحد سطح تولید می‌کند و عدم برگشت مواد آلی و معدنی به اندازه‌ای که از خاک خارج می‌شود، باعث شده است که خاک‌های تحت کشت نیشکر سال به سال از نظر مواد غذایی فقیرتر شوند (Jafarnehadi, 2013). از طرف دیگر مدیریت تغذیه نیشکر برای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و آب‌های زیرزمینی بسیار ضروری است (Koochekzadeh *et al.*, 2013). همچنین عملیات زراعی موردنیاز نیشکر و بخصوص برداشت آن ضرورت تردد ماشین‌آلات سنگین در مزرعه را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. این مسئله در خوزستان که برداشت نیشکر مصادف با بارندگی‌های پاییز و زمستان است اهمیتی دوچندان دارد، چرا که نبود مواد آلی کافی در خاک و تردد دستگاه‌های سنگین موجب فشردگی خاک شده که علاوه بر اثر مستقیم بر کاهش عملکرد از طریق جلوگیری از توسعه ریشه و کاهش تخلخل خاک، به طور غیرمستقیم نیز از قابل دسترس بودن عناصر غذایی موجود در خاک ممانعت به عمل می‌آورد (Olivier and Singels, 2012). لزوم افزایش مواد آلی خاک از یک سو و تعهدات جهانی در خصوص جلوگیری از گرمایش زمین و فشار سازمان‌های حامی محیط‌زیست و افکار عمومی شهرهای نزدیک به مناطق نیشکر کاری از سوی دیگر موجب شده برداشت سبز نیشکر به طور جدی مورد توجه قرار گیرد (Richard, 2003).

در ایران سابقه تحقیق در زمینه برداشت سبز نیشکر وجود ندارد ولی مطالعاتی در برخی مناطق عمده

نیشکر به صورت تازه به کارخانه حمل می‌شود مقایسه عملکرد کیفی در این دو روش ضروری به نظر می‌رسد. همچنین در پاسخ به این سؤال که باقی گذاشتن بقایای نیشکر پس از برداشت سبز در سطح مزرعه بدون هیچگونه عملیات خاکورزی (No tillage)، یا کمی مخلوط کردن این بقایا با خاک (Minimum tillage) و یا مخلوط کردن کامل این بقایا با خاک مزرعه (Maximum tillage) چه اثری بر عملکرد ساقه نیشکر و شاخص‌های کیفی شربت نیشکر می‌تواند داشته باشد، شیوه‌های مختلف راتونینگ (شخم بین ردیف‌های نیشکر پس از برداشت به منظور شکستن لایه‌های سخت ناشی از تردد ماشین‌آلات برداشت) و عدم انجام آن مورد ارزیابی قرار گرفتند. این تحقیق به منظور ارزیابی شاخص‌های کیفی شربت نیشکر در دو حالت برداشت سبز و سوخته در شرایط اقلیمی خوزستان که گرمسیری است و متفاوت از اقلیم حاره است که مناطق عمده کشت نیشکر در جهان در آن قرار دارند انجام گرفته است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در کشت و صنعت امام خمینی (ره) واقع در اراضی شعیبه 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 به صورت آزمایش کرت‌های یکبار خردشده با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی سه واریته نیشکر زودرس (۲۱-۷۳-CP)، میان رس

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۰-۶۰ سانتی‌متری)

Table 1. Physico-chemical properties of the soil in experimental site

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر) Depth of sample (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic C (%)	نیترژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) K (ppm)	بافت خاک Soil texture
0-30	1.41	8.14	.29	0.06	1.22	145	سیلنتی رسی Cilty clay
30-60	2.3	8.03	.21	0.04	0.8	123	رسی Clay

برای تعیین درصد وزنی شربت قابل استخراج (Ex) نمونه تهیه شده از سبب حمل‌نی توسط دستگاه کاتر گریندر خردشده و شربت به‌دست آمده از آن توزین و از نسبت وزن

$$\frac{\text{شربت استخراج شده}}{\text{وزن کل نمونه}} \times 100$$

(EX) به‌دست آمد (Mead and Chen, 1983).

برای تعیین کل مواد جامد حمل‌شده در شربت (بریکس) (Brix) نمونه تهیه‌شده دیگری از نیشکر حمل‌شده به کارخانه به وزن تقریبی ۴ کیلوگرم توسط دستگاه کاتر گریندر خردشده سپس ۲ کیلوگرم از آن همراه با سه برابر وزن آن یعنی ۶ کیلوگرم آب در دستگاه Wet disintegrator ریخته‌شده و به مدت ۳۰ دقیقه با دور بالا کاملاً مخلوط گردید. نمونه‌ای از شربت حاصله داخل دستگاه رفاکتومتر (Schmidt, Dur-Schmi, Canada) قرار داده شد و میزان بریکس نمونه قرائت گردید (Icumsa, 1999). جهت تعیین درصد ساکارز شربت پل (Pol) ۱/۵ گرم استات سرب قلیایی دو ظرفیتی با سه مولکول آب به ۱۰۰ میلی لیتر عصاره به‌دست آمده از دستگاه Wet disintegrator اضافه و پس از مخلوط و صاف کردن درصد پل (قندهای راستگرد) با استفاده از پلاریمتر (Schmidt, Dur-Schmi, Canada) با دقت ۰/۰۱ درصد اندازه‌گیری شد درصد پل قرائت‌شده توسط جدول پل فاکتور اصلاح‌شده و پل شربت به‌دست آمد (Icumsa, 1999).

درجه خلوص شربت پیوریتی (Purity) از تقسیم پل شربت بر بریکس ضربدر ۱۰۰ به‌دست آمد. برای محاسبه شکر قابل استحصال (Recovery sugar (R.S)) ابتدا پل فاکتور مخصوص درصد شکر قابل استحصال از جدول مربوطه بر اساس درجه خلوص به‌دست آمد سپس از تقسیم آن بر پل شربت، نسبت کیفیت یا QR محاسبه شد. درصد شکر زرد قابل استحصال از تقسیم عدد ۱۰۰ بر QR به‌دست آمد. درصد شکر قابل استحصال سفید از ضرب

در کنار هر نوار برداشت سبز شش فاروی سوخته به‌عنوان تیمار برداشت سوخته در نظر گرفته شد. به جز تیمار برداشت سبز بدون راتونینگ (Ratooning) بقیه تیمارها راتونینگ شدند سپس فرم‌دهی مجدد پشته انجام شد. در تیمارهایی که نیاز به تکرار راتونینگ داشتند پس از آبیاری اول و دوم صرفاً عملیات دیسک فرم‌دهی پشته به منظور مخلوط نمودن بقایای گیاهی نیشکر با خاک تکرار شدند. آبیاری برای همه تیمارها به‌صورت یکسان و در ۱۹ درصد رطوبت وزنی خاک انجام گرفت. کود سرک به میزان ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در هکتار در چهار قسط به‌صورت محلول در آب آبیاری داده شد (Moradi and Makenali, 2014). مبارزه با علف‌های هرز در تیمارهای سوخته در صورت لزوم با علف‌کش‌های مرسوم در زراعت نیشکر انجام گرفت (Abdollahi, 2015). در تیمارهای برداشت سبز به دلیل پوشش خاک توسط تراش بلانکت و عدم ظهور علف‌های هرز مبارزه مکانیکی یا شیمیایی با علف‌های هرز لازم نبود. به هنگام رسیدگی چهار فارو میانی هر کرت با دروگر برداشت و با توزین وزن پر و وزن خالی سبب حامل نیشکر چهار فاروی برداشت‌شده و تفاضل آن‌ها عملکرد در هکتار محاسبه شد. به منظور تعیین درصد خاشاک همراه نی توسط نمونه‌گیر مکانیکی از سبب حمل‌نی نمونه‌ای تصادفی گرفته و توزین شد سپس خاشاک آن جداسازی و مجدداً توزین شد و درصد خاشاک همراه نی از نسبت

$$\frac{\text{وزن خاشاک}}{\text{وزن کل نمونه}} \times 100$$

تعیین گردید (Abdollahi, 2015). شاخص‌های کیفی مورد ارزیابی شامل درصد خاشاک ساقه، درصد وزنی شربت قابل استخراج (Ex)، کل مواد جامد حل‌شده در شربت (Brix)، میزان ساکارز در شربت (Pol)، درجه خلوص شربت (Pty)، قند قابل استحصال در کارخانه (R.S) و عملکرد نی بودند.

یکنواخت آب برای گیاه شده و از این طریق درصد وزنی شربت قابل استخراج را در مقایسه با تیمار برداشت سوخته یا تیمارهای برداشت سبز و مخلوط کردن تراش بلانکت با خاک افزایش می‌دهد.

کل مواد جامد محلول در شربت بریکس صفت مهمی در تعیین کیفیت شربت نی تلقی می‌گردد زیرا نشان‌دهنده این موضوع است که آب چه بخشی از شربت را تشکیل داده است و از آنجا که هدف از تولید نیشکر استحصال شکر است لذا بالا بودن بریکس شربت می‌تواند به طور معمول با بالا بودن درصد ساکارز شربت (پل) همراه بوده (جدول ۳) و در کنار شاخص‌هایی همچون درصد وزنی شربت قابل استخراج، درجه خلوص عملکرد ساقه در هکتار نقش مهمی در تعیین عملکرد ساکارز در واحد سطح داشته باشد. تفاوت وارپته‌های نیشکر از لحاظ بریکس در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). وارپته زودرس ۲۱-۷۳ CP- با ۲۰/۳ درصد بیشترین بریکس و وارپته دیررس با ۱۷/۹ درصد کمترین بریکس را داشتند. به‌طور معمول وارپته‌های زودرس به دلیل فیبر کمتر از ساختار لیگنینی کمتر و ظریف‌تری برخوردار هستند لذا صفات کیفی بالاتری داشته و به همین دلیل با میزان ساکارز موجود در شربت (پل) همخوانی دارد (جدول ۳). روش‌های برداشت و راتونینگ از نظر بریکس اختلاف معنی‌دار نداشتند. البته به دلیل لزوم یکسان بودن شرایط آزمایش نمونه‌های تیمارهای سوخته بلافاصله پس از آتش‌زدن مزرعه گرفته شده ولی در عمل هر چه زمان سوزاندن مزرعه تا ارسال ساقه‌های نی به کارخانه طولانی‌تر شود به دلیل تبدیل قند در نیشکر به الکل و اسید و آزادسازی آب در این فرایند شاخص بریکس شروع به کاهش می‌کند (Moore and Botha, 2014).

پل نشان‌دهنده میزان ساکارز در شربت نیشکر است. در این تحقیق وارپته‌های نیشکر اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد به لحاظ پل داشتند (جدول ۲).

درصد شکر زرد در عدد ۰/۸۳ محاسبه گردید (Icumsa, 2011). کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS V9.2 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد ارقام نیشکر تفاوت معنی‌دار در خصوص تمام صفات مورد بررسی داشتند اما روش‌های برداشت و راتونینگ تنها در خصوص درصد خاشاک همراه نی، شکر قابل استحصال، درجه خلوص شربت و عملکرد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

درصد وزنی شربت قابل استخراج نشان‌دهنده درصدی از وزن کل ساقه نیشکر است که به شربت اختصاص یافته است. هر چه درصد وزنی شربت بیشتر باشد نشان‌دهنده قند بالاتر و فیبر کمتر است. افزایش الیاف ساقه (فیبر) عصاره‌نی را کاهش می‌دهد (Karmollachab *et al.*, 2015). رقم میان رس ۶۲-۱۰۶۲-۶۹ CP- بالاترین میزان این صفت با میانگین ۴۱/۶ درصد را به خود اختصاص داد و ارقام دیررس و زودرس نیز در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). روش‌های برداشت و راتونینگ اختلاف معنی‌دار از لحاظ درصد وزنی شربت قابل استخراج از خود نشان ندادند. هر چند تیمار برداشت سبز بدون راتونینگ با میانگین ۳۹/۲ درصد بالاترین مقدار را در بین تیمارهای فرعی داشت (جدول ۴). این موضوع می‌تواند به تأمین رطوبت یکنواخت در طول دوره رشد و عدم تنش رطوبتی به لحاظ حفظ رطوبت توسط تراش بلانکت نسبت داده شود (Morandini *et al.* 2005). گزارش کردند که وجود تراش بلانکت در سطح مزرعه باعث کاهش تبخیر شده و مانند مالچ موجب حفظ رطوبت خاک می‌شود. پوشش خاک مزرعه توسط تراش بلانکت در تابستان‌های خوزستان با دماهای نزدیک به ۵۰ درجه سانتی‌گراد علاوه بر جلوگیری از افزایش بیش از حد دمای خاک و کاهش فعالیت ریشه با جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک موجب فراهمی

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات کیفی برداشت و شربت تحت تأثیر واریته‌ها و روش برداشت نیشکر

Table 2. Analysis of Variance of some qualitative characteristics of sugarcane varieties harvest and syrup affected by sugarcane varieties and harvesting methods

عملکرد Cane Yield	میانگین مربعات Mean square						درجه آزادی df	منابع تغییر Source of Variation
	درصد وزنی شربت قابل استخراج Juice Extraction	مقدار ساکارز در شربت نیشکر Pol	کل مواد جامد محلول در شربت Brix	درصد قند قابل استحصال Recoverable Sugar	درجه خلوص شرب Purity	درصد خاشاک همراه نی Trash		
53.218	6.566	1.501	0.526	0.943	6.204	0.0529	3	تکرار Rep
4533.421**	120.965*	25.992**	29.503**	22.231**	60.881**	6.963**	2	واریته‌های نیشکر Varieties
41.795	17.880	0.772	0.550	0.402	20.07	0.432	6	خطای اصلی E <sub>1</sub>
231.070**	1.136 <sup>ns</sup>	0.357 <sup>ns</sup>	0.749*	0.486**	2.182 <sup>ns</sup>	28.325**	4	روش برداشت و راتونینگ Harvesting method
15.686 <sup>ns</sup>	3.553 <sup>ns</sup>	0.257 <sup>ns</sup>	0.211 <sup>ns</sup>	0.427**	4.816**	1.697**	8	روش برداشت × واریته Varieties × harvesting method
12.833	6.398	0.170	0.220	0.110	1.523	0.210	36	خطای فرعی E <sub>2</sub>
4.74	6.52	2.37	2.44	3.07	1.36	6.81		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

\*\* : معنی دار در سطح یک درصد، ns: غیر معنی دار، \* : معنی دار در سطح پنج درصد.

\*\* : Significant at 1% level, ns: not significant, \*: significant at 5% level.



جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات کیفی برداشت و شربت تحت تأثیر واریته‌های نیشکر

Table 3. Means comparison of qualitative characteristics of harvest and syrup affected by sugarcane varieties

واړینه نیشکر Varieties	کل مواد جامد محلول در شربت (درصد) Brix (%)	مقدار ساکارز در شربت نیشکر (درصد) Pol (%)	درصد وزنی شربت قابل استخراج Juice Extraction (%)	عملکرد نیشکر (تن در هکتار) Sugar Cane yield (t/ha)
CP-69-1062	19.35 <sup>b</sup>	17.88 <sup>a</sup>	41.63 <sup>a</sup>	92.88 <sup>a</sup>
CP-48-103	17.94 <sup>c</sup>	16.06 <sup>b</sup>	37.52 <sup>b</sup>	68.46 <sup>b</sup>
CP-73-21	20.35 <sup>a</sup>	18.16 <sup>a</sup>	37.24 <sup>a</sup>	65.40 <sup>b</sup>

مقادیر دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد ندارند.

Values in each column followed by similar letters are not significantly different at 5 % probability level.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کیفی برداشت و شربت تحت تأثیر روش برداشت نیشکر

Table 4. Mean comparison of varieties characteristics of harvest and syrup affected by harvesting methods

روش برداشت و راتونینگ Harvesting method	کل مواد جامد محلول در شربت (درصد) Brix (%)	مقدار ساکارز موجود در شربت (درصد) Pol (%)	درصد وزنی شربت قابل استخراج (درصد) Ex (%)	عملکرد نیشکر (تن در هکتار) Sugar Cane yield (t/ha)
برداشت متداول (سوخته) Burnt harvesting	19.59 <sup>a</sup>	17.62 <sup>a</sup>	38.93 <sup>a</sup>	83.19 <sup>a</sup>
برداشت سبز بدون راتونینگ Green harvesting without ratoning	18.97 <sup>b</sup>	17.15 <sup>b</sup>	39.19 <sup>a</sup>	74.54 <sup>b</sup>
برداشت سبز باراتونینگ متداول Green harvesting with ratoning	19.15 <sup>b</sup>	17.39 <sup>ab</sup>	38.82 <sup>a</sup>	74.75 <sup>b</sup>
برداشت سبزیبا فرم‌دهی پشته مجدد بعد از آبیاری اول Green harvesting with once reshape rep	19.03 <sup>b</sup>	17.26 <sup>b</sup>	38.69 <sup>a</sup>	73.41 <sup>b</sup>
برداشت سبزیبا فرم‌دهی پشته مجدد بعد از آبیاری اول و دوم Green harvesting with twice reshape rep	19.31 <sup>ab</sup>	17.40 <sup>ab</sup>	38.35 <sup>a</sup>	72.02 <sup>b</sup>

\*\* : معنی‌دار در سطح یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار، \* : معنی‌دار در سطح پنج درصد.

\*\* : Significant at 1% level, ns: not significant, \* : significant at 5% level.

این یافته با اصول کم‌خاک‌ورزی یا بدون خاک‌ورزی و همچنین یافته‌های دیگر محققان که تفاوتی بین مخلوط کردن تراش بلانکت با خاک و مخلوط نکردن مشاهده نکردند مطابقت داشت (Ridge and Dick, 1988). کاهش عملکرد حدود ۱۲/۵ درصدی در برداشت سبز نسبت به برداشت سوخته در سال اول دور از انتظار نبوده و با گزارشات محققان دیگر مطابقت دارد.

(Nunez and Spaans, 2008) کاهش عملکرد در برداشت سبز نسبت به سوخته را در سال اول تحقیق ۱۲ درصد و در سال دوم ۸ درصد گزارش کردند، نکته قابل توجه در گزارش این محققان این است که عملکرد در روش برداشت سبز در سال دوم تحقیق نسبت به سال اول تنها ۱/۲ تن در هکتار کاهش داشته است در حالی که در برداشت سوخته این کاهش تولید ۵/۱ تن در هکتار بوده است که نشان از پایداری تولید در روش برداشت سبز دارد. به عبارت دیگر بازگشت بقایای گیاهی به خاک که نوعی مطابقت اکولوژیکی در تولید نیشکر محسوب می‌شود باعث ثبات در عملکرد نیشکر شده و مانع از افزایش و کاهش‌های شدید عملکرد نیشکر شده است.

نتایج به دست آمده در خصوص درصد خاشاک همراه ساقه نیشکر نشان داد که کمترین میزان خاشاک همراه ساقه نیشکر در هر سه واریته زودرس، میان رس و دیررس مربوط به تیمار برداشت سوخته بود. خاشاک برداشت سوخته در این سه رقم به ترتیب ۴/۸، ۲/۷ و ۴/۴ درصد بود (جدول ۵). با سوزاندن مزرعه قبل از برداشت کلیه برگ‌های خشک گیاه و در صورتیکه سرما حادث شده باشد سرشاخه نیشکر نیز خاکستر می‌شود و لذا ساقه نیشکر با کمترین میزان خاشاک وارد دروگر شده و بخش دیگری از خاشاک توسط فن اولیه و ثانویه دستگاه‌های دروگر گرفته شده و لذا درصد خاشاک همراه ساقه نیشکر تحویلی به کارخانه در برداشت سوخته کم است. در صورتی که در برداشت سبز کلیه برگ‌های خشک و سبز گیاه همراه ساقه وارد دستگاه دروگر شده و به نسبت برداشت سوخته خاشاک زیادتری همراه ساقه نیشکر به کارخانه حمل خواهد شد دلیل اختلاف فاحش

واریته میان رس با میانگین ۱۸/۱۶ درصد و واریته دیررس با میانگین ۱۶/۰۶ به ترتیب بیشترین و کمترین درصد پل را داشتند (جدول ۳). برخی مواقع کوتاه‌تر شدن دوره رشد باعث افزایش صفات کیفی از این دست می‌شود مانند درصد پروتئین در گندم دیم (Siadat et al., 2014) و یا درصد قند بالاتر در ارقام زودرس چغندر قند (Khajajpour, 1991). به عبارت دیگر با افزایش طول دوره رشد و دیررسی گیاه اجزاء ساختمانی و لیگینی به نسبت بیشتری در مقایسه با شاخص‌های کیفی در گیاه افزوده شده و علی‌رغم بالاتر بودن عملکرد بیولوژیکی در این گونه واریته‌ها، شاخص‌های کیفی معمولاً روندی کاهشی دارند. روش‌های برداشت و راتونینگ از لحاظ پل اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۲). این نتایج با گزارش‌های محققان دیگری که اختلافی بین درصد قند در روش برداشت سبز و سوخته مشاهده نکردند مطابقت دارد (Nunez and Spaans, 2008). ممکن است علی‌رغم این که وجود تراش همراه ساقه نیشکر در برداشت سبز باید از درصد قند در این روش در مقایسه با برداشت سوخته بکاهد لذا عدم تحقق این انتظار احتمالاً به دلیل بالاتر بودن شاخص‌های کیفی ساقه نیشکر سبز بدون تراش بوده که علی‌رغم افت این شاخص‌ها توسط خاشاک همراه نی کماکان از کیفیت بهتری برخوردار بوده که البته نیاز به مطالعه بیشتر دارد. ارقام نیشکر و روش‌های برداشت و راتونینگ در خصوص عملکرد نیشکر، اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۲).

بیشترین عملکرد با ۹۳ تن در هکتار مربوط به واریته میان رس CP-۶۹-۱۰۶۲ بود میانگین عملکرد برداشت سوخته ۸۳ تن در هکتار و عملکرد تیمارهای سبز نیز همگی با حدود ۷۴ تن در هکتار در رده بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). نتیجه قابل توجه این که عملکرد نیشکر در تیمارهایی که بقایای گیاهی (تراش بلانکت) با خاک مخلوط و تیمارهایی که پوشال دست نخورده در سطح خاک حفظ شد اختلاف معنی‌دار نداشت است. این نتیجه به لحاظ کاهش هزینه تولید نیشکر، جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ رطوبت خاک بسیار مهم است.

راتونینگ پس از دو بار آبیاری بود که البته با بقیه تیمارهای برداشت سبز این رقم اختلاف معنی دار نداشت. همچنین برداشت سوخته در این واریته با میانگین ۹۰/۲۷ کمترین پیوریتی را دارا بود (جدول ۵). زیرا پس از آتش دن مزرعه و خشک شدن نیشکرها (مرگ گیاه) پیوریتی شروع به افت کرده و هر چه این زمان بدلیل مختلف از جمله خرابی کارخانه، بارندگی، خرابی دستگاه‌های دروگر یا حمل نیشکر به کارخانه طولانی تر شود، افت پیوریتی بیشتر خواهد بود. همچنین بالا بودن دمای محیط پس از آتش زدن مزرعه روند افت پیوریتی را تسریع می کند. لذا برداشت سبز نیشکر از آنجا که گیاه زنده و تازه را برداشت کرده و بلافاصله فرآیند قندگیری در مورد آن اعمال می شود، از درجه خلوص شربت بالاتری برخوردار است. این موضوع با نتایج به دست آمده توسط برخی محققان (Gomez et al., 2002) که علت اصلی افت قند در برداشت سوخته را طولانی شدن مدت برداشت از موقع سوزاندن مزرعه بخصوص در هوای گرم دانستند، مطابقت داشت. (Lionnet 1996) میزان افت درجه خلوص را ۰/۴ تا ۲/۵ واحد در شبانه روز بسته به دمای محیط گزارش کرد.

خاشاک رقم میان رس با دو رقم دیگر این است که به هنگام رسیدگی واریته ۱۰۶۲-۶۹-CP اکثر برگ‌های گیاه خشک شده و ریزش می کند و ساقه تقریباً لخت است و آتش دن مزرعه تعداد برگ‌های کم باقی مانده روی ساقه را نیز سوزانده و میزان خاشاک را کاهش می دهد. برای هر سه واریته میزان خاشاک بین چهار روش برداشت سبز اختلاف معنی دار نداشت (جدول ۵).

این یافته با نتایج (Nunez and Spaans 2008) که میزان تراش در برداشت سبز نسبت به برداشت سوخته را ۳/۱ واحد بالاتر گزارش کردند، مطابقت داشت. همچنین محققان دیگری میزان تراش همراه ساقه نیشکر را قبل از شروع سرما ۱۱ درصد و بعد از سرما را ۷/۷ درصد گزارش کردند (Rozeff et al., 1979).

درجه خلوص شربت (پیوریتی) تحت اثر واریته و اثر متقابل تیمارها تفاوت معنی دار نشان داد. نتایج برش دهی اثر تیمارها بر درجه خلوص شربت نشان داد که تنها در واریته میان رس ۱۰۶۲-۶۹-CP اختلاف بین روش‌های برداشت از نظر درجه خلوص شربت معنی دار بود (جدول ۶). بیشترین پیوریتی در رقم ۱۰۶۲-۶۹-CP با میانگین ۹۳/۵ درصد مربوط به تیمار برداشت سبز با دو بار تکرار

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های کیفی شربت تحت روش‌های برداشت در واریته‌های نیشکر

Table 6. Mean comparison of qualitative characteristics of the syrup affected by harvesting methods and sugarcane varieties

درصد قند قابل استحصال R.S (%)	درجه خلوص شربت Pty (%)	درصد خاشاک Trash (%)	تیمارها Treatments	
			روش برداشت و راتونینگ Harvesting method	واریته Varieties
11.27 <sup>a</sup>	90.27 <sup>b</sup>	2.75 <sup>b</sup>	T0	CP69
11.47 <sup>a</sup>	93.2 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	T1	
11.52 <sup>a</sup>	92.57 <sup>a</sup>	7.42 <sup>a</sup>	T2	
11.42 <sup>a</sup>	92.27 <sup>a</sup>	7.77 <sup>a</sup>	T3	
11.55 <sup>a</sup>	93.5 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	T4	
10.19 <sup>a</sup>	88.75 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	T0	CP48
9.52 <sup>ab</sup>	90.15 <sup>a</sup>	6.32 <sup>a</sup>	T1	
9.22 <sup>b</sup>	90.07 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	T2	
9.17 <sup>b</sup>	90.07 <sup>a</sup>	6.55 <sup>a</sup>	T3	
9.79 <sup>ab</sup>	88.5 <sup>a</sup>	6.87 <sup>a</sup>	T4	
11.88 <sup>a</sup>	90.12 <sup>a</sup>	4.775 <sup>b</sup>	T0	CP73
10.87 <sup>c</sup>	88.17 <sup>b</sup>	7.75 <sup>a</sup>	T1	
11.52 <sup>ab</sup>	89.85 <sup>a</sup>	7.975 <sup>a</sup>	T2	
11.33 <sup>b</sup>	89.30 <sup>ab</sup>	8.15 <sup>a</sup>	T3	
11.20 <sup>bc</sup>	88.55 <sup>ab</sup>	7.9 <sup>a</sup>	T4	

\*: معنی دار در سطح یک درصد، ns: غیر معنی دار، \*: معنی دار در سطح پنج درصد.

\*\*: Significant at 1% level, ns: not significant, \*: significant at 5% level.

جدول ۶- برش‌دهی اثر متقابل روش برداشت و واریته از نظر اثر بر صفات کیفی برداشت و شربت  
 Table 5. Slicing of interaction between harvesting methods and varieties in terms of affection qualitative characteristics of harvest and syrup

درصد قند قابل استحصال	درجه خلوص شربت	درصد خاشاک	درجه آزادی	واریته
R.S	Purity	Trash	df	Varieties
0.047 <sup>ns</sup>	6.405 <sup>**</sup>	19.7 <sup>**</sup>	4	CP-69-1062
0.726 <sup>**</sup>	2.645 <sup>ns</sup>	3.89 <sup>**</sup>	4	CP-48-103
0.565 <sup>**</sup>	2.761 <sup>ns</sup>	8.11 <sup>**</sup>	4	CP-73-21

\*\* : معنی دار در سطح یک درصد، ns: غیر معنی دار، \* : معنی دار در سطح پنج درصد.

\*\* : Significant at 1% level, ns: not significant, \* : Significant at 5% level.

معنی دار نداشته و درمورد درصد قند قابل استحصال نیز تفاوت جزئی بود. حتی بالاترین مقادیر درصد وزنی شربت قابل استخراج، درجه خلوص شربت و درصد قند قابل استحصال به روش برداشت سبز تعلق داشت. همچنین باید توجه داشت به جهت یکسان بودن شرایط تحقیق، تیمارهای سوخته بلافاصله پس از آتش‌دن مزرعه نمونه‌برداری شده و همراه با تیمارهای سبز جهت تعیین شاخص‌های کیفی به آزمایشگاه منتقل شدند. در صورتیکه در عمل حداقل یک مزرعه ۲۵ هکتاری آتش‌زده می‌شود که در شرایط نرمال (بدون اختلال در عملیات برش نی، بارگیری، حمل و دریافت نیشکر توسط کارخانه و شرایط جوی) بیش از ۲۴ ساعت برداشت آن به طول می‌انجامد که مطابق نمونه‌گیری‌های انجام‌شده تخریب در شربت نیشکر از لحظه سوزاندن آغاز شده و کاهش درجه خلوص شربت می‌تواند ۴ تا ۲/۵ واحد در شبانه روز با توجه به دمای محیط اتفاق بیفتد. این مسئله در شرایط خوزستان که گاهی برداشت تا اواسط تیر ادامه می‌یابد اهمیت بسیار زیادی دارد. عملکرد نیشکر در هکتار در برداشت سبز کمتر از سوخته بود که مطابق گزارش‌های محققان در راتون‌های بعدی به دلیل افزوده شدن مواد آلی به خاک توسط تراش بلانکت این اختلاف بنفع برداشت سبز تغییر خواهد کرد و با افزایش کیفیت شربت نی در روش برداشت سبز گذار از برداشت سوخته نیشکر به برداشت سبز محقق شود.

### سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی و همچنین

نتایج جدول برش‌دهی نشان داد که تنها در واریته زودرس و دیررس اختلاف بین روش‌های برداشت در خصوص درصد قند قابل استحصال در کارخانه معنی دار بود. درصد قند قابل استحصال واریته زودرس مربوط به تیمار برداشت سوخته با ۱۱/۹ درصد بود که البته با یک تیمار برداشت سبز این واریته اختلاف معنی دار نداشت (جدول ۶). در واریته دیررس اختلاف معنی داری بین درصد قند قابل استحصال تیمار برداشت سوخته ۱۰/۲ درصد و دو تیمار برداشت سبز (۹/۵ و ۹/۸ درصد) مشاهده شد. اختلاف درصد قند قابل استحصال در برداشت سوخته و تیمار سبز واریته زودرس بیشتر از واریته دیررس بود (جدول ۶) که این موضوع می‌تواند بدلیل بیشتر بودن خاشاک همراه ساقه نیشکر در واریته زودرس نسبت به واریته دیررس باشد.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد در روش برداشت سبز میزان خاشاک همراه ساقه نیشکر بیشتر از روش سوخته است. هر چند اغلب محققان گزارش مشابهی ارائه کردند ولی با توجه به مدل مناسب ماشین‌های برداشت نیشکر موجود در کشت و صنعت‌های نیشکری (آستافت ۷۰۰۰) می‌توان با تغییرات فنی مناسب این دستگاه را برای برداشت سبز بهینه‌سازی نمود. علی‌رغم اینکه گزارش‌های برخی محققان حاکی از کاهش کیفیت شربت نیشکر با افزایش میزان خاشاک همراه ساقه نیشکر است، نتایج این تحقیق نشان داد درصد وزنی شربت قابل استخراج، مقدار ساکارز در شربت نیشکر و درجه خلوص شربت بین روش سوخته و سبز اختلاف

معاونت کشاورزی، مدیر و پرسنل مطالعات کاربردی و  
 کارشناسان تولید یکم کشاورزی کشت و صنعت امام  
 خمینی به جهت کمک‌های شایانی که به اجرای این  
 آزمایش نمودند سپاسگزاری می‌شود.

## References

- Abdollahi, F. (2015). *Water, plant and soil chemistry lab direction, Document No: AG-WI-0031* (3 ed.). Shushtar: Plan and Programme Unit Publication, Imam Khomeini Agro industry Company. [In Farsi]
- Ahmadi, I. and Gharineh, M. H. (2019). Chemical control of cynanchum acutum in sugarcane plant fields. *Plant Productions*, 42(1), 103-114. [In Farsi]
- Chen, J. C. and Chou, C. C. (1993). *Cane sugar handbook: A manual for cane sugar manufacturers and their chemists*. London, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- De Castro, S. G. Q., Decaro, S. T., Franco, H. C. J., Magalhães, P. S. G., Garside, A. and Mutton, M. A. (2017). Best practices of nitrogen fertilization management for sugarcane under green cane trash blanket in Brazil. *Sugar Techlogy*, 19(1), 51-56.
- FAOSTAT. (2016). *World agricultural data*. Retrieved from <http://www.apps.fao.org/faostat/>.
- Gomez, J., Chappell, D. and McDonald, L. (2006). Sugar losses in burnt and green cane harvesting in Argentina. *Sugarcane Tech*, 28, 7-11.
- Gomez, J., De Castillo, G. and Ullavari, M. (2002). Effects of chopper harvesting on cane quality. Thibodaux, USA: ISSCT AG Mechanisation Workshop.
- Icumsa (international commission for uniform methods in sugar analysis). (1999). *Icumsa methods book and Icumsa supplement*. In Whalley, H. C. S. (Ed.). Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Jafarnehadi, A. (2013). Evaluation sugarcane yield causal by different sources potassium fertilizer. *Crop Physiology Journal*, 5(19), 61-71. [In Farsi]
- Karmollachaab, A., Bakhshandeh, A., MoradiTlavat, M. R., Moradi, F. and Shomeili, M. (2015). Effect of chemical ripener's application on yield, quality and technological ripening of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(1), 63-73. [In Farsi]
- Khajahpour, M. (1991). *Industrial crop production*. Eesfahan: Eesfahan Industrial University Publications. [In Farsi]
- Koochekzadeh, A., Fathi, G., Gharineh, M. H., Siadat, S. A., Jafari, S., Alami Saeid, K. U. (2013). Effect of the rate and split application of urea fertilizer on qualitative and quantitative yields of sugarcane ratoon. *Plant Productions*, 36(3), 119-129. [In Farsi]
- Lionnet, G. R. E. (1996). Areview of Cane quality in South Africa and its effect on factory performance. *The Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 22(1), 103-113.
- Meade, G. P., and Chen J. (1983). *Cane sugar Handbook: A manual for cane sugar manufacturers and their chemists* (9 ed.). Australia: Wiley and Sons.
- Moore, P. H. and Botha, F. C. (2014). *Sugarcane: Physiology, biochemistry and functional biology*. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Moradi, R. and Makenali, N. (2014). *Sugarcane production direction document No: AG-WI-0110*. (6 ed.). Shushtar: Plan and programme Unit Publication, Imam Khomeini Agro industry Company. [In Farsi]

- Morandini, M., Figueroa, R., Peres Zamora, F. and Scabdia Liaris, J. (2005). The effects of green cane trash blanket on soil temperature, soil moisture and sugarcane growth. *The Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 25(1), 42-56.
- Nunez, O. and Spaans, E. (2008). Evaluation of green-cane harvesting and crop management with a trash-blanket. *Suger Tech*, 10(1), 29-35
- Olivier, F. C. and Singels, A. (2012). The effect of crop residue layers on erapot ranspiration, growth and yield of irrigated sugarcane. *African Journals OnLine*, 38(1), 77-86.
- Rein, P. (2007). *Cane sugar engineering* (2th ed.). Verlag Dr. Albert Bartens KG-Berlin, Germany.
- Richard, J. P. (2003). Time-delay systems: An overview of some recent advances and open problems. *Automatica*, 39(10), 1667-1694.
- Ridge, D. R. and Dick, R. G. (1998). The adoption of green cane harvesting and trash blanketing in Australia. *Agricultural Engineering*, 23(1), 1034-1040.
- Rozeff, N. H. R. and Crawford, Jr. (1979). Green cane VS. Burned cane harvest comparisons. *Agricultural Engineering*, 15(1), 916-932
- Siadat, A., Modhej, A. and Esfahani, M. (2014). *Creal agronomy*. Mashhad: Mashhad University Publications. 352 Pp. [In Farsi]