

بررسی تاثیر خاشاک بر فاکتورهای کیفی فرآوری نیشکر

مهدی سیفی پور کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشت و صنعت دعبل خزایی
محمد امین آسودار، دانشیار دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

چکیده

نیشکر یکی از منابع تامین و تولید شکر در خوزستان است. کنترل تلفات شکر از زمان برداشت و پس از آن عملیات فرآوری شکر مهم بوده و نیاز به کارهای آزمایشگاهی زیادی جهت کاهش تلفات در طی مراحل کار در کارخانه دارد. از عوامل بسیار موثر بر درصد استحصال شکر از نیشکر (به غیر از خواص ژنتیکی مثل مقدار فیبر و ...) مواد خارجی، ضایعات برگه و ریشه‌ای نیشکر می‌باشد. به همین منظور طی آزمایشی در کشت و صنعت دعبل خزایی، در فصل زراعی ۱۳۸۹ کلیه فاکتورهای مربوط به ضایعات شکر شامل درصد خاشاک، درصد قند، مشخصات کیفی و کمی نیشکر، باگاس، شربت خام، شربت تصفیه، گل صافی، سیروپ و ملاس اندازه گیری و هر پانزده روز یکبار، میانگین وزنی ثبت، تجزیه و تحلیل گردید. طبق نتایج به دست آمده، به‌زای افزایش یک درصد خاشاک در نیشکر، افزایش ۰/۳۵ درصد فیبر، ۰/۲ درصد قند باگاس و کاهش ۰/۲ واحد قند شربت خام و ۰/۴۲ واحد راندمان تئوری بازیابی شکر شد. افزایش یک درصد سرنی باعث کاهش ۰/۴۲ درصد بریکس، ۰/۳ درصد قند و ۰/۷ درصد درجه خلوص شربت خام و ۰/۸۹ درصد درجه خلوص شربت تصفیه شد، زیان ناشی از حمل خاشاک (۶/۳۸ درصد در فصل آزمایش) حدود ۴۸۷۶۵۰۹۴۰ ریال و ۱۲۶/۹ ساعت کارکرد کارخانه و هدرروی ۱۴۸۷۳ تن شکر بالقوه گردید.

واژه‌های کلیدی:

نیشکر، ضایعات، فرآوری، باگاس، ملاس، گل صافی، خاشاک، سرنی

مقدمات بوده، و معمولاً به ۱۰-۱۲ درصد می‌رسد (برات

مقدمه

شوشتری و همکاران، ۱۳۸۷).
از عوامل بسیار موثر بر درصد استحصال شکر از نیشکر (به غیر از خواص ژنتیکی مثل مقدار فیبر و ...) مواد خارجی، ضایعات برگه و ریشه‌ای نیشکر می‌باشد، لذا تعیین میزان تاثیر خاشاک بر میزان استحصال و آثار اقتصادی آن ضروری بود.

رشد روزافزون جمعیت جهان و محدود بودن منابع تامین کننده مواد غذایی می‌تواند خطر بحران غذا و مشکل گرسنگی را به خصوص در کشورهای جهان سوم ایجاد نماید. قیمت بسیار ارزان شکر در مقایسه با مقدار کالری که ایجاد می‌کند، این کالا را به صورت منبع اساسی تامین انرژی مخصوصاً در جوامع فقیر نموده است، به طوری که ۲/۵ درصد از کل تولیدات غذایی جهان به نیشکر و چغندر قند اختصاص دارد (برات شوشتری و همکاران، ۱۳۷۸). نیشکر از مهمترین گیاهان قندی در جهان محسوب می‌شود، این گیاه پتانسیل تولید شکر با کیفیت بالا و به مقدار زیاد در واحد سطح زمین را داراست و با داشتن مسیر فتوسنتزی چهار کربنه، حداکثر سرعت رشد بیش از ۴۰ گرم در متر مربع در روز را دارد، که نهایتاً ممکن است به ۰/۴ تن در هکتار در روز برسد (خواجه پور، ۱۳۷۰).

مرینی و فارس^۱ (۲۰۰۵) ضمن بررسی اثر افزایش تراشه^۲ و سرنی بر روی کیفیت نیشکر نشان داد که به ترتیب برای هر یک درصد محتوای سرنی و تراشه، شکر قابل بازیافت تئوری^۳ به ترتیب به مقدار ۰/۱۶ و ۰/۲۱ واحد کاهش نشان می‌دهد. به طور کلی مواد خارجی همراه نیشکر (سرنی و تراشه) باعث کاهش شکر قابل بازیافت تئوری و افزایش قیمت نیشکر تا بیش از ۳۰ درصد می‌شود. سرنی به طور مشخص باعث افزایش مقدار مواد

اصلی ترین محصول استحصال از نیشکر، شکر است که میزان آن با توجه به رقم، شرایط جغرافیایی و اقلیمی

¹ Mrini and Fares

² Trash

³ Theoretical refining sugar

جامد غیر قندی ورودی به آسیاب می‌شود و به ازای هر یک درصد افزایش سرنی مقدار ۶/۳ درصد به مقدار مواد غیر قندی شربت افزوده می‌شود، با افزایش یک درصد افزایش تراشه و سرنی به ترتیب ۲۶ و ۱۶ درصد افزایش قندهای احیاء (انورت) را در برداشته و به ترتیب موجب بالا رفتن ۰/۴۸ و ۰/۰۹ درصد فیبر می‌گردد. چن و چو (۱۹۹۳)^۱ نیشکر سوخته را همراه با سرنی بود، با نیشکر تمیز از لحاظ مقدار فیبر مقایسه کرد و افزایش فیبر را از ۱۳/۰۶ به ۱۴/۴۰ گزارش داد.

افزایش درصد ملاس، یکی از عوامل اصلی افزایش ضایعات قند در فرآوری نیشکر، است. کونتین و موبیز^۲ (۱۹۷۹) نشان دادند که وجود بعضی یون‌ها به شدت ملاس‌زاست و به ترتیب از راست به چپ K, Na, Ca, Mg بر ایجاد ملاس شدت تاثیر بیشتری دارند، این موضوع توسط کلارک (۱۹۸۱) تأیید گردید. چمیکینا^۳ (۱۹۷۶) ضمن مطالعه نمک‌های سدیمی و پتاسیمی اعلام نمود، نمک‌های سدیمی باعث افزایش ویسکوزیته ملاس و نمک‌های پتاسیمی باعث کاهش آن می‌شود. کارولان^۴ (۱۹۷۸) نسبت شکر به مجموع ترکیب‌های $Ca+Na+K$ در ملاس را نزدیک به یک اعلام کرد. طبق نظریه نوئل دیر^۵ به ازای یک واحد مواد غیرقندی ۰/۸۲ واحد شکر در ملاسی که خوب قند گیری شده وجود دارد (رضایی، ۱۳۸۳).

پتاسیم در تنظیم اسمزی و یونی و به‌عنوان فعال کننده آنزیم‌های متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات نقش دارد و کلسیم در تقسیم سلولی و منیزیم در ساختمان کلرفیل نقش دارد و در یک تن نی قابل آسیاب تازه حدود ۳/۴ گیلوگرم پتاس وجود دارد (فتحی، ۱۳۷۸).

از دیگر عوامل مهم ایجاد ملاس وجود نشاسته و بالاخص پلی‌ساکاریدها است که با افزایش ویسکوزیته ماسکویت در کاهش ایجاد کریستال شکر و رشد آن و

نهایتاً افزایش ضایعات قند ملاس می‌شود، که منشا آن می‌تواند از گیاه (نیشکر) و یا فعالیت‌های میکروبی باشد. با توجه به جدول (۱) سرنی حاوی مقدار قابل توجهی پلی‌ساکاریدهای محلول و همچنین مقداری نشاسته (باتوجه به شرایط گیاه مقدار آن متغیر است) می‌باشد، که افزایش ملاس را موجب می‌شود.

جدول (۱) درصد کربوهیدرات‌های قسمت‌های مختلف برگ و سرنی

قسمت گیاه	درصد گلوکز	درصد فروکتوز	درصد پلی‌ساکارید محلول	درصد نشاسته	درصد پروتئین
پهنک برگ	۶/۷۶	۳/۷۵	۵/۴	۰/۳۲	۱۱/۱
غلاف برگ	۵/۹۳	۳/۳۳	۴/۰۳	۰/۰۵	۴/۳
سرنی	۱۷/۵۲	۱۲/۹۴	۵/۹۰	۰/۰۸	۱/۶

منبع: چن و چو (۱۹۹۳)

بنابراین با توجه به تاثیر خاشاک بر ضایعات قند و عدم بررسی اثرات آن در ایران، این طرح با هدف اندازه‌گیری اثر خاشاک بر فاکتورهای کیفی در مراحل مختلف فرآوری نیشکر و زیان‌های اقتصادی ناشی از آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در کارخانه کشت و صنعت دعبل خزایی واقع در ۲۵ کیلومتر جاده اهواز-آبادان و در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸ دقیقه انجام شد.

برای انجام آزمایشات هر روز همه فاکتورها شامل درصد خاشاک (سرنی و سایر)، درصد قند و مجموع ذرات معلق آب ورودی و کانال شستشو، مشخصات کیفی و کمی نیشکر، باگاس، شربت خام، شربت تصفیه، گل صافی، سیروپ و ملاس اندازه گیری و از آن‌ها پانزده روز یک بار، میانگین وزنی (تقریباً هر ماه دو عدد برای کلیه فاکتورها) ثبت و تجزیه و تحلیل شد.

تعیین درصد خاشاک نیشکر

از آنجا که در برداشت ماشینی نیشکر، همراه نیشکر ورودی به کارخانه مواد زائد شامل ساقه‌های خشکیده، ریشه، گل‌ولای، برگ و سرشاخه‌های نیشکر می‌باشد، لازم

¹ Chen & Chou

² Quentin and Moebes

³ Chemikina

⁴ Carolan

⁵ Noel Deer

است تا مقدار خاشاک ورودی به کارخانه با دقت هر چه بیشتر اندازه گیری شود.

روش نمونه برداری

نمونه برداری از نیشکر درون سبد حامل نیشکر یا نقاله تخلیه به وسیله گراب لودر یا به صورت دستی انجام شد.

دفعات نمونه برداری

از آنجا که امکان نمونه برداری همگن از نیشکر ممکن نیست، لذا جهت این مهم به تعداد دفعات نمونه برداری افزوده شد تا حتی الامکان نمونه بهتری حاصل شد و در هر ساعت حداقل ۲۰ کیلوگرم نمونه نیشکر همراه با خاشاک برداشته شد.

روش آنالیز

نمونه‌های برداشت شده را پس از ۲ ساعت با یکدیگر مخلوط کرده و مقدار ۲۰ کیلوگرم از آن جدا و وزن شد، سپس نمونه کاملاً تمیز، به طوری که ساقه‌های نیشکر عاری از خاشاک (سرنی، برگ، غلاف برگ، ساقه‌های خشکیده و گل‌ولای) جدا شد. ساقه‌های سالم توزین شده و وزن آن ثبت شد. درصد خاشاک با رابطه (۱) محاسبه شد.

رابطه (۱)

$$100 \times (W_1 - W_2 / W_1) = \text{درصد خاشاک نیشکر}$$

W_1 : وزن نیشکر با خاشاک

W_2 : وزن نیشکر بدون خاشاک

لازم به ذکر است جهت یافته‌های بعدی خاشاک را به دو قسمت سرنی و بقیه ضایعات برگی، ریشه‌ای، گل‌ولای و سایر مواد خارجی (پوشال) تقسیم شد و درصد هر دو را جداگانه توزین و مجموعاً تحت عنوان خاشاک آورده شد.

زیان اقتصادی ناشی از خاشاک

برای محاسبه ابتدا طبق رابطه (۲) وزن خاشاک محاسبه شد و با رابطه (۳) هزینه حمل خاشاک برآورد شد.

رابطه (۲)

درصد خاشاک = تناژ نیشکر (تن) = تناژ خاشاک همراه نیشکر (تن)

رابطه (۳)

تناژ خاشاک (تن) = قیمت حمل یک تن خاشاک (ریال) = هزینه حمل خاشاک (ریال)

از تقسیم تناژ خاشاک بر متوسط نیشکر خرد شده در دوره بهره‌برداری (رابطه، ۴) به دست آمد.

رابطه (۴)

= کارکرد کارخانه جهت خرد کردن خاشاک (ساعت) متوسط تن نیشکر خرد شده در ساعت / تناژ خاشاک

برای اندازه‌گیری درصد قند، مشخصات کیفی و کمی نیشکر، باگاس، شربت خام، شربت تصفیه، گل صافی، سیروپ و ملاس طبق استاندارد آی‌کومسا مانند آن چه که در کتاب آزمایشگاهی کارخانه‌های قند نیشکری آورده شده، محاسبه شد.

نتایج و بحث

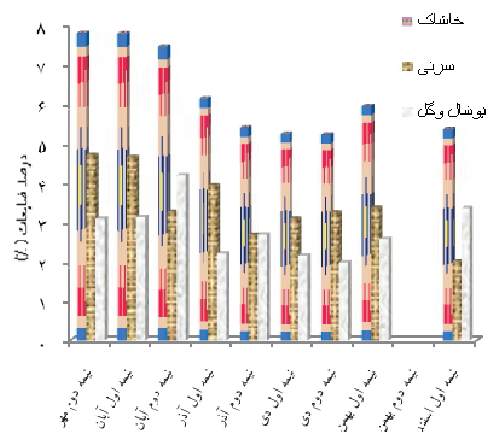
۱- مقدار خاشاک (سرنی، پوشال و گل) در ماه‌های

مختلف برداشت

درصد خاشاک در مهر و آبان بالا بوده در نیمه اول و دوم آذر و دی ماه، از مقدار آن کاسته شده و دوباره در نیمه اول بهمن مقدار آن افزایش یافته که در نمودار (۱) نشان داده شده است. علت افزایش خاشاک در مهر و آبان، برداشت وارپته زودرس (CP ۵۷) است که با توجه به خصوصیات این وارپته (ورس زیاد که باعث بالا رفتن درصد سرنی به دلیل عدم کارا بودن سرزن دروگر می‌باشد و غلاف بلند برگ که به سختی جدا می‌شود و نتیجه آن بالا رفتن مقدار پوشال

می‌شود) قابل انتظار بود. در نیمه دوم آذر با ورود به واریته ۶۹ CP درصد خاشاک کاهش یافته است که دلیل آن خصوصیات گیاه (برگ و سرنی کم) و زمان برداشت (برگ‌ها خشک شده و به راحتی آتش می‌گیرند). در نیمه اول بهمن به دلیل ریزش باران (افزایش گل‌ولای) و مرطوب بودن و نسوختن برگ‌ها موجب افزایش خاشاک شده است. در نیمه دوم اسفند با کم شدن رطوبت هوا از درصد خاشاک کاسته شده ولی به علت برداشت واریته ۴۸ CP (بیشتر شدن برگ‌ها نسبت به واریته ۶۹ CP) مقدار خاشاک زیاد شده است.

درصد سرنی در مهر و نیمه اول آبان بسیار زیاد بوده که علت آن برداشت مزارع پلنت واریته ۵۷ CP و عدم کارا بودن سرزن به دلیل ورس بوده (نمودار، ۱) و با ورود به مزارع مسن که اغلب نی ایستاده داشتند، منجر به کاهش درصد سرنی در نیمه دوم آبان شده است. در نیمه اول آذر با ورود به مزارع پلنت ۶۹ CP مجدداً به دلیل ورس آن‌ها درصد سرنی افزایش یافته و به مرور در مزارع مسن درصد سرنی کاهش داشته و در دی به علت برداشت مزارع آیش (که اغلب کوتاه بوده و سرزن کارایی لازم را ندارد) درصد سرنی افزایش یافته است. در اسفند ماه به دلیل سوخته شدن مناسب برگ‌های سرنی و ایستاده بودن نیشکر در واریته ۴۸ CP موجب کاهش درصد سرنی شده است.



نمودار (۱) درصد خاشاک، سرنی، پوشال و گل همراه نیشکر در ماه‌های مختلف بهره‌برداری کارخانه در سال زراعی ۸۹-۹۰

نمودار (۱) درصد خاشاک، سرنی، پوشال و گل همراه نیشکر در ماه‌های مختلف بهره‌برداری کارخانه در سال زراعی ۸۹-۹۰

در مهر و نیمه اول آبان به دلیل ورس مزارع، برگ‌ها در اثر آتش زدن، سوخته ولی مرطوب بودن مزارع (قطع آب دیر مزارع) موجب افزایش ریشه و گل شده است. در نیمه دوم آبان به دلیل ایستاده بودن نی و سبز بودن برگ‌ها به خوبی نسوخته (مزارع مسن واریته زودرس) و درصد آن افزایش یافته است. بارندگی ۸۹/۹/۲۱ منجر به افزایش درصد گل در نیمه دوم آذر شده است و مجدداً با مناسب شدن مزارع برداشت، روند کاهش در پیش داشته و بارندگی ۸۹/۱۰/۲۰ و نسوختن برگ‌ها در اثر رطوبت، موجب افزایش درصد پوشال و گل شده است. در اسفند ماه نیز مرطوب بودن مزارع و همچنین برداشت واریته ۴۸ CP که برگ بیشتری نسبت به واریته ۶۹ CP داشته، موجب افزایش درصد سرنی شده است.

۲-تاثیر خاشاک (سرنی، برگ و گل‌ولای همراه نیشکر) بر فاکتورهای کیفی و کمی فرآوری نیشکر

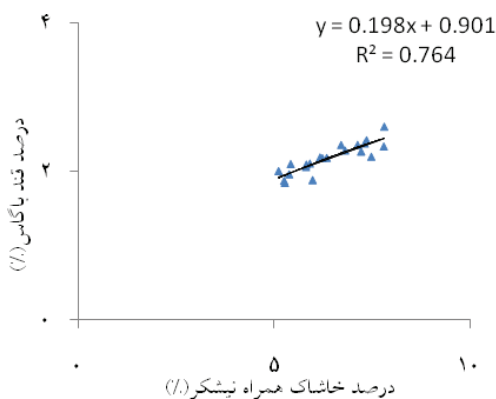
۲-۱-اثر خاشاک بر درصد فیبر

مقدار فیبر نیشکر در ابتدای دوره زیاد و به مرور از مقدار آن کاسته شده که در نمودار (۲) مشاهده می‌شود، که دلیل آن بالا بودن درصد خاشاک بود. افزایش درصد فیبر در آخر دوره افزایش فیبر در گیاه در اثر گذشت زمان از رسیدگی بود. استاندارد فیبر نیشکر باید حدود ۱۲/۵ درصد باشد و بیش از ۱۰ درصد این مقدار، نباید افزایش یابد (بی نام، ۱۳۸۶). بنابراین مقدار فیبر نیشکر بیش از حد استاندارد بوده و درصد خاشاک با درصد فیبر همبستگی دارد، که دلیل آن وجود فیبر در خاشاک (در ریشه و برگ‌های نیشکر) بود.

میانگین افزایش یک واحد خاشاک حدود ۰/۲ واحد افزایش در قند باگاس (ضایعات قند) می‌شود.

رابطه (۶)

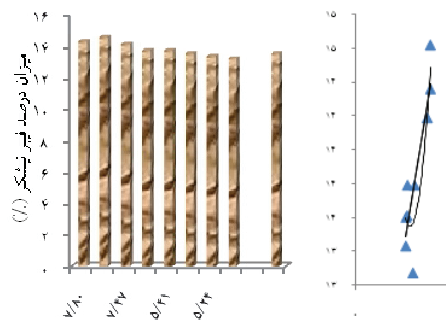
$$0/901 + (\text{درصد خاشاک}) \times 0/198 = \text{درصد قند باگاس}$$



نمودار (۳) اثر درصد خاشاک همراه نیشکر بر درصد قند باگاس

۲-۳- تاثیر میزان سرنی بر مواد جامد محلول شربت خام

در ابتدای دوره مواد جامد در محلول کمترین مقدار (۱۲/۴۶) است در حالی که درصد سرنی بالاترین مقدار بوده که دلیل آن درصد قند پایین موجود در سرنی می‌باشد. نمودار (۴) نشان از همبستگی منفی و نسبتاً مناسب بین مواد جامد محلول شربت خام و سرنی موجود در محموله‌های نیشکر دارد و مشاهده می‌شود که به ازای افزایش یک واحد سرنی به‌طور متوسط ۰/۴۲ واحد از مواد جامد محلول شربت خام کاسته شده است. اسکات (۱۹۹۳) دلیل آن را درصد پایین مواد جامد محلول، حاصل از شربت استخراج شده از سرنی (۶/۷) اعلام کرد. نتایج با تحقیق مرینی و فارس (۲۰۰۵) که مقدار کاهش مواد جامد محلول شربت خام را به ازای یک درصد سرنی ۰/۳ درصد گزارش کردند، هم‌راستا است. بین مواد جامد محلول شربت خام و سرنی روابط (۷) و (۸) حاکم بود.



درصد خاشاک همراه نیشکر (%)

نمودار (۲) تاثیر درصد خاشاک همراه نیشکر بر درصد فیبر نیشکر

علت عدم پیروی آن در بعضی ستون‌ها غالب شدن تاثیر وارپته، عوامل محیطی و شرایط داشت و برداشت می‌باشد. به‌طور متوسط با افزایش یک واحد خاشاک حدود ۰/۳۵ واحد به فیبر موجود در نیشکر افزوده می‌شود و رابطه (۵) بین آن‌ها برقرار است. نتایج با یافته‌های مرینی و فارس، (۲۰۰۵) که افزایش ۰/۰۹ و ۰/۴۸ درصدی فیبر به ازای افزایش یک درصد سرنی و یک درصد تراشه گزارش کردند و همچنین با یافته‌های اسکات (۱۹۹۳) که به ازای افزایش ۶ درصد تراشه و ۶ درصد سرنی، فیبر موجود در نیشکر، ۳ درصد افزایش می‌یابد هم‌خوانی دارد.

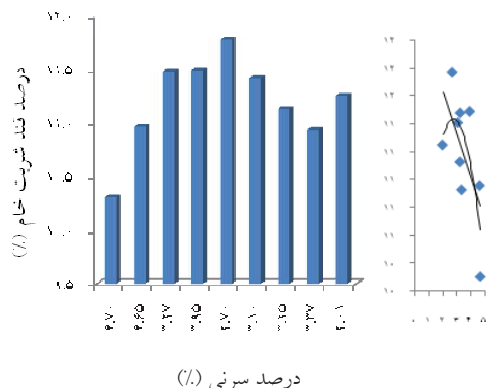
رابطه (۵)

$$0/351 + (\text{درصد خاشاک}) \times 0/351 = \text{درصد فیبر نیشکر}$$

۲-۲- اثر درصد خاشاک بر درصد قند باگاس

با افزایش خاشاک درصد قند باگاس زیاد شده که دلیل آن افزایش فیبر نیشکر و به طبع آن بالا رفتن درصد قند باگاس می‌باشد، فیبر به‌واسطه بافت اسفنجی موجب جذب شربت و ضایعات قند می‌شود، (چن و چو، ۱۹۹۳). برگ‌های نیشکر به علت دانسیته پایین قدرت جذب خوبی داشته و باعث جذب و حبس شربت شده و باعث افزایش درصد قند باگاس می‌شود (مرینی و فارس، ۲۰۰۵). طبق نمودار (۳) بین درصد خاشاک و درصد قند باگاس همبستگی مثبت و مناسبی نشان می‌دهد و به‌طور

رابطه (۷)



نمودار (۵) درصد قند شربت خام و درصد سرنی

میرینی و فارس (۲۰۰۵) رابطه سرنی بر روی درصد قند شربت خام معکوس گزارش دادند و شدت تاثیر آن از ۴ درصد به بالا شروع می‌شود.

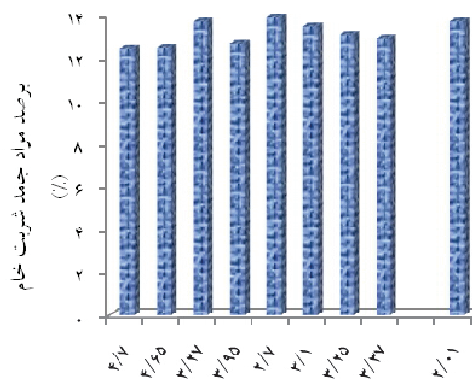
رابطه (۹)

۱۲/۲۵+ (درصد سرنی) -۰/۳۰۳= درصد قند شربت خام

۲-۵- تاثیر خاشاک بر درصد قند شربت خام

به‌طور کلی با کاهش درصد خاشاک، افزایش درصد قند شربت خام مشاهده می‌شود، در نمودار (۶) مشاهده می‌شود، رابطه بین آن‌ها عکس بوده است. در نیمه اول آذر که خاشاک ۶/۱۶ درصد است، انتظار افزایش درصد قند نسبت به نیمه دوم آبان (۷/۴۷) بود، که این اتفاق حاصل نشد و دلیل آن درصد بیشتر سرنی نیمه اول آذر نسبت به نیمه دوم آبان و تاثیر بیشتر سرنی در کاهش درصد قند شربت خام است، چن و اوین^۱ (۱۹۹۳) شربت خام حاصل از نیشکر تمیز شده و نیشکر با ۶ درصد سرنی و ۶ درصد تراشه را آنالیز و کاهش قند را در شربت خام نیشکر تمیز با سرنی را ۵/۹ درصد و نیشکر تمیز با تراشه را ۴ درصد گزارش دادند. به‌طور میانگین با افزایش یک درصد خاشاک ۰/۲ درصد قند شربت خام کاسته می‌شود، که دلیل آن درصد قند پایین حاصل از تراشه و سرنی می‌باشد. اسکات (۱۹۹۳) درصد قند شربت حاصل از سرنی و

۱۴/۶۰+ (درصد سرنی) -۰/۴۲۳= مواد جامد محلول شربت خام



رابطه (۸)

نمودار (۴) تاثیر درصد سرنی بر مواد جامد محلول شربت خام

رابطه (۸)

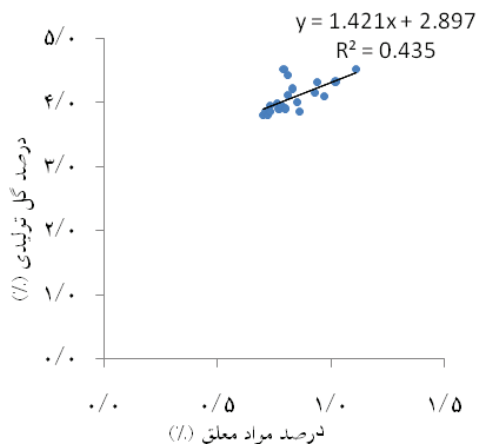
۱۲/۷۶+ (درصد سرنی) -۰/۱۵۵= مواد جامد محلول شربت خام
۰/۶۶۹+ (درصد سرنی)

۲-۴- تاثیر سرنی بر درصد قند شربت خام

اثر سرنی بر درصد قند شربت خام در نمودار (۵) نشان داده شده است، که دلیل رابطه عکس آن‌ها، درصد پایین قند در سرنی بود و با کاهش درصد سرنی، موجب افزایش مواد جامد محلول در شربت خام می‌شود، به‌طور متوسط با افزایش یک واحد سرنی حدود ۰/۳ درصد از درصد قند شربت خام کاسته می‌شود. وقتی درصد سرنی از ۳ بالا رود، سیر نزولی درصد قند بیشتر می‌شود، دلیل آن درصد قند پایین سرنی و رطوبت بالای آن می‌باشد. این نتیجه با یافته‌های میرینی و فارس (۲۰۰۵) که رابطه سرنی و درصد قند شربت خام معکوس گزارش دادند و شدت تاثیر آن از ۴ درصد به بالا شروع می‌شود، هم‌راستا است.

¹Chen & Ivin

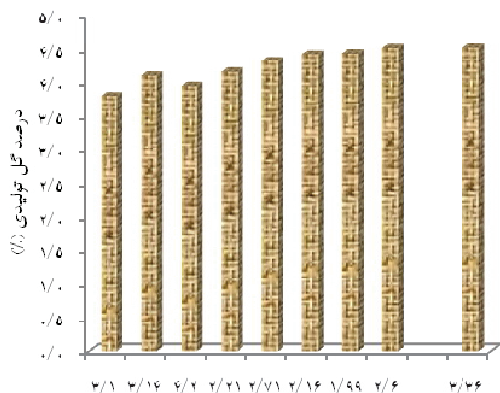
تراشه را ۱/۴ و ۱/۵ و مرینی و فارس (۲۰۰۵)، ۴/۹ درصد گزارش کردند. وقتی مقدار خاشاک از ۶ درصد بالاتر رفت، درصد سیر نزولی قند شربت خام تشدید شد.



نمودار (۷) تاثیر درصد ذرات معلق بر درصد گل تولیدی

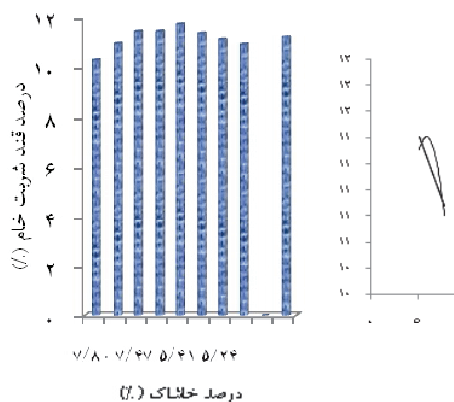
۷-۲- تاثیر درصد برگ و گل ولای همراه نیشکر بر درصد گل تولیدی

با توجه به نمودار (۸) بین پوشال و گل همراه نیشکر رابطه مستقیمی وجود ندارد، هر چند پیش بینی می‌شد که با افزایش گل همراه نیشکر، افزایش گل تولیدی در کارخانه را داشته باشد. علت عدم وجود رابطه مستقیم بین این دو فاکتور کاراً بودن سیستم شستشو (واشینگ) ارزیابی گردید.



درصد پوشال (برگ و ریشه) و گل همراه نیشکر (%)

نمودار (۸) تاثیر درصد پوشال و گل همراه نیشکر بر درصد گل تولیدی



نمودار (۶) اثر درصد خاشاک بر درصد قند شربت خام

روابط (۱۰) و (۱۱) بین درصد خاشاک و درصد قند موجود در شربت خام موجود است.

رابطه (۱۰)

$$۱۲/۵۳ + (\text{درصد خاشاک}) \times ۰/۲۰۵ = \text{درصد قند شربت خام}$$

رابطه (۱۱)

$$۴/۸۱۲ + (\text{درصد خاشاک}) \times ۰/۱۸۹ = \text{درصد قند شربت خام}$$

۶-۲- تاثیر درصد ذرات معلق در شربت بر درصد گل تولیدی

درصد ذرات معلق در شربت با درصد گل رابطه مستقیم داشته و به ازای افزایش یک واحد به ذرات معلق موجود در شربت حدود ۰/۰۹ به گل اضافه می‌گردد، نمودار (۷).

رابطه (۱۲)

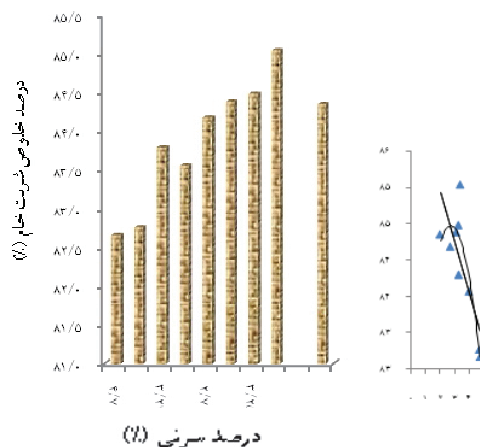
$$۳/۸۳۱ + (\text{درصد ذرات معلق}) \times ۰/۰۸۱ = \text{درصد گل تولیدی}$$

۸-۲-تأثیر درصد سرنی بر درجه خلوص شربت خام

از ابتدای آزمایش یک روند افزایشی در درجه خلوص بوده که در نمودار (۹) مشاهده می‌شود. وقتی درصد سرنی در محموله‌های نیشکر افزایش می‌یابد، موجب کاهش درجه خلوص شربت خام می‌شود، که دلیل آن درصد پایین قند سرنی بود. مرینی و فارس (۲۰۰۵) دلایل کاهش درجه خلوص شربت را رطوبت بالای سرنی (۶۷/۷ درصد)، درصد قند پایین سرنی و از طرف دیگر افزایش ۶/۳ درصدی مواد غیر قندی به ازای افزایش یک درصد سرنی بیان کرد. وقتی مقدار سرنی از ۳ درصد بیشتر می‌شود، سیر نزولی درجه خلوص شدت می‌گیرد و به ازای افزایش یک درصد سرنی ۰/۷ درصد از درجه خلوص شربت خام کاسته می‌شود. این نتایج با یافته‌های چن و دوایل^۱ (۱۹۹۳) که مقدار کاهش درجه خلوص شربت خام به ترتیب ۰/۷ و ۱/۲ واحد برای افزایش ۶ درصد تراش و ۶ درصد سرنی به نیشکر گزارش کردند، هم‌خوانی دارد.

رابطه (۱۳)

۸۶/۵۲+(درصد سرنی)×۰/۷۳۱=درجه خلوص شربت خام



نمودار (۹) تأثیر درصد سرنی بر درجه خلوص شربت خام

۹-۲-تأثیر درصد سرنی بر درجه خلوص شربت تصفیه شده

با کاهش درصد سرنی، افزایش در درجه خلوص شربت تصفیه بود که در جدول (۲) نشان داده شده است. افزایش یک درصد سرنی باعث کاهش ۰/۸۹ درصدی درجه خلوص شربت تصفیه شده، دلیل آن افزایش مواد غیر قندی نسبت مقدار قند سرنی است. چن و دوایل (۱۹۹۳) کاهش درجه خلوص شربت تصفیه را ۰/۷ درصد به ازای ۶ درصد تراشه و سرنی گزارش کردند.

جدول (۲) تأثیر درصد سرنی بر درجه خلوص شربت تصفیه

ماه	درصد سرنی (%)	درصد خلوص شربت تصفیه شده (%)
نیمه دوم مهر	۴/۷	۸۳/۰۱
نیمه اول آبان	۴/۶۵	۸۳/۸۶
نیمه دوم آبان	۳/۲۷	۸۴/۲۰
نیمه اول آذر	۳/۹۵	۸۳/۳۲
نیمه دوم آذر	۲/۷	۸۴/۶۵
نیمه اول دی	۳/۱	۸۵/۱۴
نیمه دوم دی	۳/۲۵	۸۴/۷۸
نیمه اول بهمن	۳/۳۷	۸۵/۳۱
نیمه دوم بهمن		
نیمه اول اسفند	۲/۰۱	۸۵/۷۵

رابطه (۱۴)

۸۷/۵۱+(درصد سرنی)×۰/۸۹۱=درجه خلوص شربت تصفیه شده

۱۰-۲-تأثیر درصد خاشاک نیشکر بر مقدار بازیابی تئوری شکر

آنالیزهای آماری تأثیر بسیار مشخص خاشاک روی مقدار تئوری بازیابی شکر و درصد راندمان تئوری بازیابی شکر نشان می‌دهد، طبق نمودار (۱۰) با افزایش یک واحد خاشاک ۰/۳ واحد از مقدار تئوری بازیابی کاسته می‌شود، به‌طور واضح وقتی درصد خاشاک از ۶ درصد بالاتر رود سیر نزولی بازیابی تئوری شکر شدت می‌گیرد. مرینی و فارس (۲۰۰۵) کاهش ۰/۱۸ درصدی را به ازای افزایش یک درصد مواد خارجی همراه نیشکر گزارش کرد. چن (۱۹۹۳) زبان در بازیابی شکر را به مقدار ۱/۳-۱۳/۶ درصد برای رنج ۳-۷ درصد مواد خارجی همراه نیشکر اعلام کرد.

¹ Chen & Doyle

۲-۱۲- زیان اقتصادی ناشی از خاشاک

با توجه به مقادیر جدول (۴) در طول دوره بهره‌برداری ۱۳۸۹-۱۳۹۰ زیان اقتصادی خاشاک در نیشکر را طبق روابط (۲) (۳)، (۴) محاسبه شد.

جدول (۴) مقادیر نیشکر حمل شده، متوسط درصد خاشاک، قند نیشکر قیمت حمل و راندمان نی خرد شده در سال زراعی ۸۹-۹۰

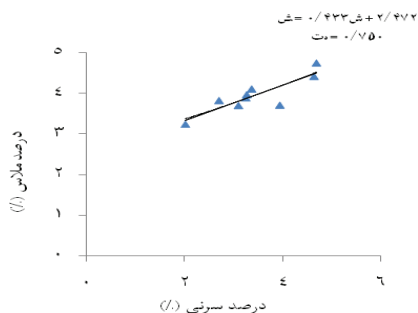
۵۴۵۹۵۹/۴۱	تناژ نیشکر حمل شده (تن)
۶/۳۸	خاشاک (درصد)
۱۲/۷۵	متوسط درصد قند نیشکر
۱۴۰۰۰	قیمت حمل یک تن نیشکر (ریال)
۲۷۴/۵	متوسط تناژ نیشکر خرد شده در ساعت (تن در ساعت)

جدول (۵) مقادیر زیان اقتصادی ناشی از خاشاک همراه نیشکر در سال زراعی ۸۹-۹۰

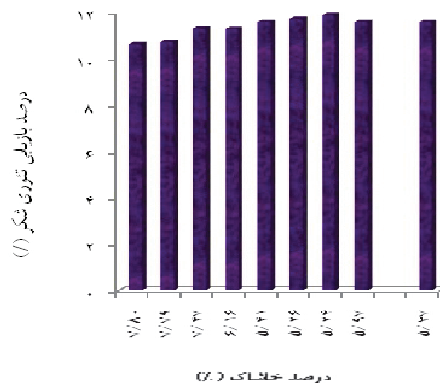
۳۴۸۳۲/۲۱	تناژ خاشاک همراه نیشکر (تن)
۴۸۷۶۵۰۹۴۰	هزینه حمل خاشاک (ریال)
۱۲۶/۹	کارکرد کارخانه جهت خرد کردن خاشاک (ساعت)
۶/۷	کارکرد کارخانه جهت خرد کردن خاشاک (ساعت)
۱۴۸۷۳/۳۵	شکر بالقوه که در اثر خاشاک همراه نیشکر از دست رفته (تن)

۲-۱۳- تاثیر درصد برگ و گل ولای همراه نیشکر بر درصد ضایعات گل

طبق نمودار (۱۱) بین درصد پوشال و گل همراه نیشکر و درصد ضایعات گل همبستگی وجود ندارد و علت آن سیستم مناسب شستشو (واشینگ) می‌باشد.



نمودار (۱۱) درصد ضایعات گل درصد گل و پوشال همراه نیشکر



نمودار (۱۰) اثر درصد خاشاک بر درصد بازایی تئوری شکر

رابطه (۱۴)

$13/20 + (\text{درصد خاشاک}) \times 0.302 = \text{مقدار بازایی تئوری شکر}$

۲-۱۱- تاثیر درصد خاشاک نیشکر بر راندمان تئوری بازایی شکر

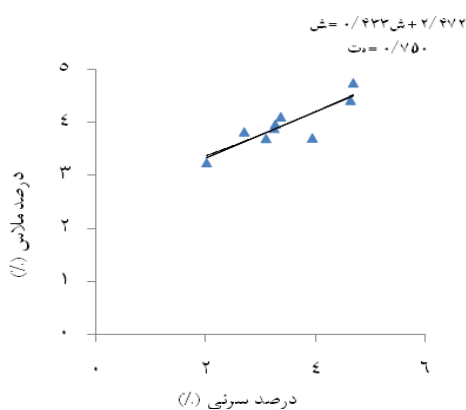
اثر درصد خاشاک بر درصد بازده تئوری بازایی شکر در جدول (۳) نشان داده شده است، وقتی مقدار خاشاک از ۶ درصد بیشتر شود، کاهش درصد بازده تئوری بازایی شکر تشدید می‌شود. افزایش یک درصد خاشاک، موجب کاهش ۰/۴۳ درصد در راندمان تئوری بازایی می‌شود.

جدول (۳) تاثیر درصد خاشاک نیشکر بر بازده تئوری بازایی شکر

ماه	درصد خاشاک (٪)	درصد بازده تئوری بازایی شکر (٪)
نیمه دوم مهر	۷/۸۰	۸۷/۹۳
نیمه اول آبان	۷/۷۹	۸۷/۹۹
نیمه دوم آبان	۷/۴۷	۸۸/۳۵
نیمه اول آذر	۶/۱۶	۸۸/۵۸
نیمه دوم آذر	۵/۴۱	۸۸/۷۱
نیمه اول دی	۵/۲۶	۸۸/۸۹
نیمه دوم دی	۵/۲۴	۸۹/۰۳
نیمه اول بهمن	۵/۹۷	۸۹/۰۷
نیمه دوم بهمن		
نیمه اول اسفند	۵/۳۷	۸۹/۱۷

درصد خاشاک و اینکه مقدار زیاد پلی ساکارید و نشاسته در برگ و سرنی (جدول، ۱) باعث افزایش ملاس شده است.

نمودار (۱۲) رابطه درصد سرنی و درصد ملاس را نشان می‌دهد، وجود مواد ملاسزا (جدول، ۶) و پلی ساکاریدهای محلول، نشاسته و همچنین افزایش مواد غیر قندی (افزایش ۶/۳ درصدی مواد غیرقندی به ازای افزایش یک درصد سرنی) موجب ضریب همبستگی مثبت و مناسب بین آن‌ها شده است.



نمودار (۱۲) تاثیر درصد سرنی بر درصد ملاس تولیدی از نیشکر

رابطه (۱۵)

$$\text{کاهش ضایعات قند} = 0.472(\text{درصد سرنی}) + 0.433 = \text{درصد ملاس تولیدی}$$

کاهش ضایعات قند با کاهش درصد خاشاک

با توجه به نمودارهای (۱) تا (۱۲) و همچنین جداول (۱) تا (۶) درصد خاشاک به شدت بر میزان ضایعات تاثیر داشته (جدا از خسارت‌های حمل و کاهش ظرفیت حمل) و بدیهی است که کاهش درصد خاشاک بسیار موثر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

از عوامل مهم و تاثیر گذار در هزینه تمام شده تولید شکر و ضایعات فرآوری نیشکر، مقدار خاشاک همراه آن می‌باشد، به طوری که خاشاک با افزایش مقدار فیبر نیشکر،

درصد مواد ملاسزا در جدول (۶) آورده شده، مقدار این مواد (K, Na, Ca, Mg) در سرنی، برگ، غلاف و خاک پای بوته بالا می‌باشد و از طرف دیگر زیاد بودن درصد خاشاک (نمودار، ۱) باعث افزایش مواد ملاسزا شده است. مقدار زیادی از خاک پای بوته و مقدار کمی از برگ‌ها (قطعات ریز) با سیستم شستشو به کارخانه وارد نمی‌شوند، ولی باقی مانده برگ و غلاف و سرنی، که دروگر آن‌ها را جدا نکرده، وارد فرآیند می‌شود، و در این بین سرنی با رطوبت بیشتر و تازه بودن (تاثیر کم آتش روی سرنی) بیشترین مواد غیر قندی را وارد پروسه کرده و موجب افزایش ضایعات ملاس می‌شود.

جدول (۶) اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم برگ، غلاف برگ و سرنی نیشکر و خاک پای گیاه

نمونه	% پتاسیم	% کلر	% کلر	% منیزیم	% کلسیم
برگ	۰/۳	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۴	۰/۷۲
غلاف برگ	۲/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۰/۴۶	۱/۶۴
سرنی	۱/۷۱	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۵۸
خاک پای گیاه	۰/۵۸	۳۲/۸	۳۲/۸	-	۱۸/۳۶

* واحد مقادیر برگ، غلاف و سرنی درصد ماده خشک و خاک پای بوته میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد.

با مطالعه جدول (۶) می‌توان دریافت که درصد مواد ملاسزا در سرنی، برگ، غلاف و خاک پای بوته بالا است. مقدار زیادی از خاک پای بوته و مقدار کمی از برگ‌ها (قطعات ریز) با سیستم شستشو به کارخانه وارد نمی‌شوند، ولی باقی مانده برگ و غلاف و همه سرنی وارد فرآیند می‌شود، و در این بین سرنی با رطوبت بیشتر و تازه بودن بیشترین مواد غیرقندی را وارد پروسه می‌کند.

از دیگر عوامل مهم ایجاد ملاس وجود نشاسته و بالاخص پلی ساکاریدها است که با افزایش ویسکوزیته ماسکویت در کاهش ایجاد کریستال شکر و رشد آن و نهایتاً افزایش ضایعات قند ملاس می‌شود، با احتساب بالا بودن

- 5- Chemikina, F. 1993. The crystallization of sugar. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 7, pp 226-312.
- 6- Chen, J.C.P and Chou, C.C. 1993a. Methods of cane purchases. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 2. pp 40-47
- 7- Chen, J.C.P and Chou, C.C. 1993b. Purification of the juice In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 5. pp 103-166.
- 8- Chen, J.C.P and Doyle, C. D. 1993. Outline of raw sugar process and extraction of juice. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 6. pp 48-102.
- 9- Chen, J.C.P and Ivin, P. C. 1993. Methods of cane purchases. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 2. pp 40-47.
- 10- Chen, J.C.P. 1993. Methods of cane purchases. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 2. pp 40-47.
- 11- Clarke, M.A. 1993. The crystallization of sugar. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 7, pp 226-312.
- 12- Mirini, M. and Fares, K. 2005. Impact of extraneous matter on the technological quality and commercial value of sugarcane. International Sugar Journal, Vol. 107:pp. 358-366.
- 13- Quentin, S. and Moebes, N. 1993. The crystallization of sugar. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 7, pp 226-312.
- 14- Scott, M. 1993. Methods of cane purchases. In JCP Chen and CC Chou, Cane Sugar Handbook, 12" edn, Chapter 2. pp 40-47.

قند موجود در باگاس، مواد غیر قندی عصاره نیشکر، کاهش درجه خلوص شربت خام و شربت تصفیه و کاهش ۰/۴۳ درصدی راندمان بازیافت تئوری شکر در بر داشته است. تنها خسارت حمل و هدرروی قند در اثر خاشاک (۶/۳۸درصد) حدود ۶۳۶,۳۸۴,۴۴۰ ریال می‌باشد و چنانچه مدت زمانی که صرف خرد کردن خاشاک می‌شود (۱۲۶/۹ ساعت) به آن اضافه شود، مبلغ قابل توجهی است. خاشاک وقتی از ۶ درصد و سرنی از ۳ درصد بالاتر رود، خسارت آن‌ها به شدت افزایش می‌یابد.

تشکر و قدردانی

از همکاران گرامی جناب آقای مهندس روزبخش‌زاده مدیر عامل محترم کشت و صنعت دعبل خزایی همچنین آقای مهندس قبادی معاونت محترم کشاورزی، آقای مهندس لطیفی معاونت صنعت و آقای مهندس نعمتی مدیر برنامه‌ریزی که مساعدت فراوان در خصوص انجام این پروژه داشتند، تشکر و قدردانی کرده و همچنین تشکر ویژه از مهندس عصاره‌نژاد مدیر محترم کنترل کیفی و مهندس چهارزی و همکاران زحمتکش آزمایشگاه کشت و صنعت دعبل خزایی که تا اتمام این طرح بنده را راهنمایی و همراهی نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع:

- ۱- برات شوشتری، م. احمدیان، س. و اصفیاء، ق. ۱۳۸۷. نیشکر در ایران. انتشارات آبیژ. ۲۳+ ۳۳۷ صفحه.
- ۲- بی‌نام. ۱۳۸۶. دستورالعمل‌های آزمایشگاهی کارخانه‌های قند نیشکری، شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی. اهواز، خوزستان. ۶۸۳ صفحه.
- ۳- خواجه پور، م. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ۲۵۷ صفحه.
- ۴- فتحی، ق. ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی، (ترجمه) مشهد. ۳۷۲ صفحه.