



# ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد چغندرقدن بهاره در کشور با استفاده از روش CPA<sup>†</sup>

## Assessment of factors limiting spring-sown sugar beet yield in Iran using the CPA method

پیمان حسادی<sup>۱</sup>، حمید مظفری<sup>۲</sup> \*، سعید صادقزاده حمایتی<sup>۳</sup>، پیام معاونی<sup>۲</sup> و بهزاد ثانی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۱

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/JSB.2023.358417.1303

پ. حسادی، ح. مظفری، س. صادقزاده حمایتی، پ. معاونی و ب. ثانی. ۱۴۰۱. ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد چغندرقدن بهاره در کشور با استفاده از روش CPA. چغندرقدن، ۳۸(۲): ۱۴۵-۱۶۸.

### چکیده

تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و تعیین سطح بهینه عامل محدودکننده برای کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و قابل دستیابی در افزایش عملکرد محصولات زراعی نقش مهمی دارد. این مطالعه با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (Comparative Performance Analysis, CPA) با هدف تعیین عوامل محدودکننده اجزای عملکرد چغندرقدن (شامل عملکرد ریشه و عیارقدن) و تعیین سهم نسبی این عوامل در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. این مطالعه از طریق تکمیل پرسشنامه در سطح ۲۲۰ مزرعه چغندرقدن بهاره در کل کشور اجرا شد. همه داده‌های گردآوری شده پس از ثبت با استفاده از روش رگرسیون گام به گام و روش (CPA) به‌طور جداگانه برای دو صفت عملکرد ریشه و عیارقدن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بر اساس مدل‌های تولیدی منتج از این مطالعه، خلاء عملکرد ریشه معادل ۸۱/۹۸ تن در هکتار (یا ۵۷/۲ درصد) و خلاء عیارقدن معادل ۴/۸۸ واحد (یا ۲۱/۷ درصد) برآورد شد. در این میان، دو عامل فیزیوگرافیکی شامل ارتفاع از سطح دریا و طول جغرافیایی به ترتیب ۱۴/۱ و ۳۰/۱ درصد از خلاء عملکرد ریشه و عیارقدن و یک عامل اجتماعی (میزان تحصیلات کشاورز) حدود ۱۱/۹ درصد از خلاء عیارقدن را به خود اختصاص داد. در میان عوامل مربوط به مدیریت زراعی مؤثر بر خلاء عملکرد ریشه، ۸۵/۸ درصد به عواملی نظیر میزان مصرف بذر، تراکم نهایی بوته، روش آبیاری، تاریخ کاشت، پراکندگی بوته، تسطیح زمین، مدت ماندن ریشه در مزرعه، تنش خشکی و مقدار نیتروژن پایه به ترتیب با سهمی معادل ۲۴/۷، ۱۱/۳، ۱۰/۳، ۹/۸، ۹/۷، ۸/۸، ۵/۲، ۴/۱ و ۱/۹ درصد از مجموع خلاء عملکرد ریشه (۸۱/۹۸ تن در هکتار) را تبیین می‌کند و ۱۴/۲ درصد مربوط به عوامل دیگر بود. در ارتباط با خلاء عیارقدن نیز عوامل مدیریتی شامل تعداد آبیاری، تاریخ قطع آبیاری، میزان کربن آلی موجود در خاک و میزان خسارت بیماری‌ها به ترتیب ۲۴/۰، ۱۹/۰، ۱۰/۳ و ۴/۶ درصد و در مجموع ۵۷/۹ درصد از ۲۱/۷ درصد از خلاء عیار قند (۴/۸۸ واحد) را تبیین می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: خلاء عملکرد، روش CPA، عملکرد قابل دستیابی، عملکرد واقعی، مدیریت مزرعه



†- این مقاله مستخرج از پایان نامه دانشجویی دکتر، تحت عنوان «آنالیز خلاء عملکرد چغندرقدن در ایران» می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. \* نویسنده مسئول mozafarihamid@yahoo.com

۳- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقدن، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

## مقدمه

پذیرفته در خصوص تأثیر اصلاح رقم بر افزایش تولید شکر نیز مؤید تنها افزایش سالانه یک درصدی عملکرد شکر بود (Hanse *et al.* 2018). در مورد سرعت کند روند افزایش عملکرد در واحد سطح چغندر قند در آینده هشدار داده شده است (Pidgeon *et al.* 2001). تحقیقات پیچون و همکاران (Pidgeon *et al.* 2001) نشان داد که میانگین عملکرد چغندر قند در کشورهایی با بازده بالا (مانند فرانسه و بریتانیا) در حال حاضر تقریباً معادل ۸۰ درصد از عملکرد پتانسیل را شامل می‌شود. با وجود این که، سطح تغذیه در این کشورها، نزدیک به شرایط ایده‌آل (و حتی در مواردی بیش از ایده‌آل) است اما راهی بسیار طولانی برای بهینه‌سازی شرایط لازم جهت تولید چغندر قند در سطح پتانسیل در دیگر قسمت‌های جهان باقی است.

لیدینگ و همکاران (Laidig *et al.* 2014) نشان دادند که چغندر قند علاوه بر بهبود ژنتیکی برخلاف سایر گیاهان زراعی، واکنش خوبی نسبت به مدیریت‌های زراعی نشان می‌دهد. ارزیابی عملکرد شکر در آزمایش‌های انجام شده توسط موسسه تحقیقات چغندر قند انگلستان (British Beet Research Organization) میان سال‌های ۱۹۸۲ لغایت ۲۰۰۷ حاکی از افزایش عملکرد مزرعه (FY) با نرخ سالانه معادل ۱/۶ درصد است (Mackay *et al.* 2010). ایشان سپس افزایش FY را نسبت به زمان خطی فرض کرده و گزارش دادند که میزان عملکرد مزرعه با نرخ معادل ۰/۱۱۲ تن در هکتار در سال به واسطه بهبود مدیریت زراعی و مساعد شدن شرایط اقلیمی (تغییرات اقلیمی سودمند برای چغندر قند) و ۰/۱۰۵ تن در هکتار در سال به دلیل بهبود ژنتیکی رقم‌های اصلاحی افزایش یافته است.

به دنبال تغییرات سیاست‌های اتحادیه اروپا در کاهش قیمت خرید چغندر قند از کشاورزان، پروژه افزایش عملکرد شکر (Speeding Up Sugar Yield, SUSY) در کشور هلند آغاز شد. ۲۶ جفت کشاورز با عملکرد بالا و پایین از مجموع مناطق کشت چغندر قند در هلند انتخاب شد. طی دو سال ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، کلیه عملیات زراعی در مزارع منتخب ثبت و یادداشت

چغندر قند یکی از دو محصول زراعی است که نقش مهمی در تأمین شکر مورد نیاز کشور دارد. این گیاه از جمله گیاهان زراعی پربازده در مناطق معتدل جهان است که پتانسیل عملکرد آن به مقدار تشعشی است که گیاه دریافت می‌کند (Mohammdi 1999; Clover *et al.* 1999). در عین حال، شرایط اقلیمی می‌تواند روی عملکرد ریشه و کیفیت محصول تأثیر قابل توجهی برجای گذارد (Sogut and Aroglu 2004). یکی از چالش‌های عمده در تولید گیاهان زراعی، وجود اختلاف میان عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل دستیابی (خلاء عملکرد) است (Torabi *et al.* 2011). خلاء عملکرد در واقع تفاوت بین عملکردی که کشاورز از مزرعه خود برداشت می‌کند با آن عملکردی است که می‌توان با کاربرد مناسب‌ترین الگوهای مدیریتی به آن دست یافت (Van Ittersum and Cassman 2013). افزایش تولید غذا از راه کاهش خلاء عملکرد، پیامدهای زیست محیطی کمتری نسبت به افزایش تولید از راه افزایش سطح کشت دارد (Van Wart *et al.* 2011; Soltani *et al.* 2013).

داده‌ها نشان می‌دهند که عملکرد چغندر قند در همه کشورهای تولیدکننده، کم و بیش در حال افزایش است. همچنین نشان می‌دهند که خلاء عملکرد در اکثر کشورها پایدار است (Jaggard *et al.* 2012). در مطالعه‌ی هنسن و همکاران (Hanse *et al.* 2018) نرخ افزایش سالانه عملکرد شکر در هلند بین سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۵۰ معادل ۳/۴-۰/۹ درصد برآورد شده است. بخشی از این افزایش ناشی از معرفی رقم‌های جدید با خصوصیات ژنتیکی بهتر بود (حدود ۲ درصد در سال) (Scott and Jaggard 2000; Zimmermann and Zeddies 2000; Marlander *et al.* 2003). در یک مطالعه‌ی دیگر با استفاده از بذر رقم‌های قدیمی و تحت شرایط زراعی و اقلیمی مشابه، میزان پیشرفت ژنتیکی سالانه رقم‌های جدید چغندر قند معادل ۰/۹ درصد برآورد شده است (Loel *et al.* 2014). دیگر ارزیابی صورت

ایران و تجزیه و تحلیل آنها با استفاده از روش (CPA)، خلاء عملکردی و عیار قند تعیین و عوامل‌های محدودکننده‌ی عملکرد به همراه سهم هر یک از آنها در ایجاد خلاء، معرفی شدند.

### مواد و روش‌ها مناطق مورد مطالعه

این مطالعه در نه استان، ۳۱ شهرستان و در ۲۲۰ مزرعه‌ی کشاورزان چغندرکار کشور (بهاره) در سال زراعی ۱۳۹۹ انجام شد. استان‌های مورد مطالعه شامل آذربایجان غربی، البرز، قزوین، سمنان، خراسان، فارس، چهارمحال و بختیاری، لرستان و کرمانشاه بود (جدول ۱). محدوده‌ی جغرافیایی مزارع در حدفاصل ۲۹/۸۰ (اقلید) تا ۳۹/۳۲ (پلدشت) درجه عرض شمالی، ۴۴/۴۴ (ماکو) تا ۶۰/۴۷ (ترت‌جام) درجه طول شرقی و با ارتفاع بین ۸۰۰ (ترت‌جام) تا ۲۴۷۹ متر از سطح آب‌های آزاد (بروجن) قرار داشتند. مجموع مزارع با سطح زیرکشت حدود ۱۴۳۹ هکتار در سال ۱۳۹۹، حدود ۸۷۷۱۲ تن محصول چغندر قند با میانگین عملکردیسه معادل ۶۱/۶ تن در هکتار و عیار قند متوسط ۱۷/۶۰ درصد بوده‌اند.

نحوه‌ی توزیع مزارع مورد مطالعه در سطح استان‌های کشور به‌نحوی بود که حدود یک سوم مزارع در استان خراسان، درصد در استان کرمانشاه، ۱۲ درصد در استان فارس، ۱۰ درصد در استان سمنان، هفت درصد در استان آذربایجان غربی، هفت درصد در استان چهارمحال و بختیاری و در نهایت، پنج درصد در استان قزوین و لرستان قرار داشتند. مزارع مورد مطالعه در حوزه فعالیت ۱۷ کارخانه قند قرار داشتند. بیشترین تعداد مزرعه به‌ترتیب به کارخانه‌های قند بیستون (درصد)، شاهرود (۱۰ درصد)، تربت‌حیدریه (۹ درصد)، چهارمحال، اسلام‌آباد غرب و نیشابور (هر کدام ۷ درصد)، جوین، اقلید، قزوین، خوی، مرودشت و شیرین (هر کدام ۶ درصد)، چناران و لرستان (هر کدام ۵ درصد)، تربت‌جام، فریمان و پیرانشهر (هر کدام ۱ درصد) اختصاص داشت.

شد. نتایج نشان داد که عملکردشکر در مزارع کشاورزان با عملکرد بالا حدود ۲۰ درصد بیش از کشاورزان با عملکرد پایین بود. اختلاف میان عملکرد دو دسته از کشاورزان مزبور عمدتاً به آفات و بیماری‌ها، کنترل علف‌های هرز، ساختمان خاک و تاریخ کاشت و اثرات متقابل بین این عوامل مربوط می‌شد. یک مطالعه در مناطق شمال شرق ایران (Mohammadi-Ahmadmamdouli *et al.* 2020) نشان داده شد عملکرد بالقوه و واقعی چغندر قند در این منطقه به‌ترتیب معادل ۱۰۳/۶ و ۶۵/۴ تن در هکتار و خلاء عملکرد معادل ۳۲/۷ درصد است. عمده‌ترین عوامل ایجاد خلاء عملکرد، محدودیت دسترسی به آب (۴۷/۵ درصد)، تاریخ کاشت (۱۵ درصد) و سایر عوامل محدودکننده (۳۷/۵ درصد) بودند. در مطالعه‌ی محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh *et al.* 2020) با استفاده از پروتکل گیگا (Global Yield Gap Atlas, GYGA) عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل چغندر قند در ایران به‌ترتیب ۴۶/۶۶ و ۱۰۲/۹۹ تن در هکتار و در نتیجه خلاء عملکرد چغندر قند، ۵۶/۳۲ تن در هکتار یا ۴۵ درصد برآورد شد.

یکی از روش‌هایی که برای کمی کردن خلاء عملکرد استفاده می‌شود، روش اجرای تحلیل مقایسه‌ای (Comparative Performance Analysis, CPA) است. با استفاده از این روش، مدل تولید و محدودیت‌های اصلی عملکرد از راه رگرسیون چندگانه و با روش گام به گام تعیین و مشخص می‌شود. با استفاده از مدل تولید و مقادیر پارامترهای مدل، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلاء عملکرد مشخص می‌شود (Bie 2000). با این روش، میزان تولید را در حالت‌های پیشینه عملکرد زراعت و عملکرد واقعی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. استفاده از این روش در تعیین مدل تولید و خلاء عملکرد در برنج (Rajapakse 2003; Kayiranga 2006)، ذرت (Pradhan 2004)، گندم (Torabi *et al.* 2011; Nekahi *et al.* 2014; Nehbandani *et al.* 2017) و کلزا (Abravan *et al.* 2017) گزارش شده است.

در این مطالعه با پیمایش مجموعه عامل‌های دخیل در عملکردیسه و عیار قند چغندر قند در سطح مزارع بهاره کشور

جدول ۱ مشخصات مزارع نمونه‌گیری شده طی مطالعه (سال ۱۳۹۹)

ردیف	استان	شهرستان	تعداد مزرعه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا (متر)
				عرض	طول	
۱	البرز	کرج	۲	۳۵/۷۹	۵۱/۰۱	۱۴۱۲
۲	قزوین	آبیک	۳	۳۶/۰۴	۵۰/۵۳	۱۲۷۰
۳		بوین زهرا	۵	۳۵/۷۶	۵۰/۰۵	۱۲۲۰
۴		قزوین	۱	۳۶/۲۷	۵۰/۰۰	۱۳۰۳
۵	لرستان	بروجرد	۴	۳۳/۸۹	۴۸/۷۵	۱۵۷۳
۶		دورود	۵	۳۳/۴۹	۴۹/۰۵	۱۴۵۷
۷	فارس	اقلید	۱۱	۳۰/۸۹	۵۲/۶۹	۲۲۲۳
۸	کرمانشاه	اسلام‌آباد	۱۱	۳۴/۱۱	۴۶/۵۳	۱۳۳۲
۹		صحنه	۱۱	۳۴/۴۸	۴۷/۶۹	۱۳۳۹
۱۰		کرمانشاه	۱۱	۳۴/۳۲	۴۷/۰۷	۱۳۵۱
۱۱	آذربایجان غربی	پلدشت	۲	۳۹/۳۴	۴۵/۰۶	۷۸۷
۱۲		پیرانشهر	۲	۳۶/۶۹	۴۵/۱۴	۱۴۴۵
۱۳		چاپیاره	۱	۳۸/۸۹	۴۵/۰۴	۱۰۸۶
۱۴		خوی	۳	۳۸/۵۵	۴۴/۹۶	۱۱۳۶
۱۵		شوط	۲	۳۹/۲۳	۴۴/۷۷	۱۰۰۲
۱۶		ماکو	۲	۳۹/۲۹	۴۴/۴۵	۱۳۱۱
۱۷	خراسان	ترت‌جام	۱۱	۳۵/۲۴	۶۰/۶۲	۹۰۹
۱۸		ترت‌حیدریه	۱۰	۳۵/۲۸	۵۹/۲۲	۱۳۶۵
۱۹		کدکن	۴	۳۵/۵۸	۵۸/۸۸	۱۸۷۸
۲۰		جغتای	۴	۳۶/۶۴	۵۷/۰۸	۱۳۲۵
۲۱		جوین	۳	۳۶/۲۶	۵۷/۱۲	۱۱۰۰
۲۲		چناران	۹	۳۶/۶۴	۵۹/۱۲	۱۱۸۰
۲۳		فیروزه	۳	۳۶/۲۹	۵۸/۵۹	۱۱۷۲
۲۴		مشهد	۱۰	۳۶/۳۲	۵۹/۵۴	۱۰۲۷
۲۵		نقاب	۳	۳۶/۷۱	۵۷/۴۱	۱۰۷۱
۲۶		نیشابور	۳	۳۶/۲۱	۵۸/۸۰	۱۱۹۸
۲۷	چهارمحال و بختیاری	بروجن	۴	۳۱/۹۷	۵۱/۲۹	۲۲۲۴
۲۸		خان‌میرزا	۲	۳۱/۵۱	۵۰/۸۳	۱۵۹۳
۲۹		شهرکرد	۳	۳۲/۳۲	۵۰/۸۶	۲۰۶۱
۳۰		کیار	۳	۳۲/۰۵	۵۰/۸۲	۲۰۲۷
۳۱	سمنان	میامی	۱۸	۳۶/۴۱	۵۵/۶۵	۱۰۸۵

## جمع‌آوری اطلاعات

در هریک از مناطق کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی با انتخاب تصادفی کشاورزان، طی فصل رشد ضمن سرکشی به مزارع در مراحل مختلف رشد چغندر قند نسبت به تکمیل پرسش‌نامه تنظیم شده طبق دستورالعمل در ۱۰ مزرعه به ازای هر حوزه در هر کارخانه‌قند در مجموع در حدود ۲۲۰ مزرعه چغندر قند بهاره اقدام کردند. مزارع انتخابی تصادفی بوده که بالطبع دارای تنوع از لحاظ نوع مدیریت و عملکرد بودند. البته جهت دستیابی به تصویر نسبتاً کاملی از شرایط حاکم بر هر منطقه، مقرر شد تا در هر حوزه سه مزرعه کشاورزان پیشرو،

سه مزرعه کشاورزان با عملکرد پایین و چهار مزرعه کشاورزانی با عملکرد متوسط انتخاب و نسبت به تکمیل پرسش‌نامه برای هریک از آنها اقدام شد. تمامی اطلاعات مورد نیاز در رابطه با کشاورز، خصوصیات خاک، مدیریت مزرعه و ... از طریق تکمیل پرسش‌نامه حاصل شد.

پرسش‌های مطرح شده شامل موارد عمومی مربوط به کشاورزی (شماره پیمان، حوزه چغندرکاری، سن، میزان سواد و اسکان)؛ تاریخچه (شامل سطح کشت، تعداد قطعات، تناوب، سابقه کشت چغندر قند و عملکرد و عیار قند در دو سال اخیر)؛ خصوصیات خاکشناسی مزرعه (شامل ماده آلی، بافت خاک،

دستیابی محاسبه و از اختلاف میان این دو مقدار، خلاء عملکرد محاسبه شد. در واقع، اختلاف حاصل ضرب میانگین مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب بهترین میزان مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب متغیر، نشان دهنده‌ی میزان خلاء عملکرد ناشی از آن متغیر است. مقادیر بهینه با توجه به ضریب‌های محاسبه شده در مدل نهایی عملکرد و مقادیر بیشینه (ضریب مثبت) و یا کمینه (ضریب منفی) مورد استفاده توسط کشاورزان انتخاب شد. برای تعیین سهم هر عامل یا متغیر در کل خلاء عملکرد، نسبت سهم هر متغیر در ایجاد خلاء عملکرد به کل خلاء عملکرد محاسبه و به صورت درصد نمایش داده شد. در نهایت، از طریق مدل به دست آمده، متغیرهای تک‌تک مزارع وارد و متغیر وابسته محاسبه شد و همبستگی آن با عملکرد واقعی کشاورزان در شرایط مزرعه برآورد شد.

### نتایج و بحث پیمایش مزارع

اطلاعات توصیفی از مزارع مورد مطالعه در جدول (۲) نشان داده شده است. کشاورزان مورد مطالعه بین ۲۳ تا ۸۰ با میانگین ۴۹ سال سن داشتند. میزان تحصیلات کشاورزان در این مطالعه از بی‌سواد تا مدرک دکتری متفاوت و میانگین سطح سواد معادل ۱۰/۴ سال تحصیل بود. ۴۶ درصد کشاورزان سابقه کمتر از ۱۰ سال چغندرکاری داشتند و تنها ۱۷ درصد از آنها دارای سابقه‌ی بیش از ۲۰ سال بودند. میانگین سطح زیرکشت کشاورزان مورد مطالعه، ۸/۲ هکتار برآورد شد. بر اساس اطلاعات گردآوری شده از سطح مزارع، حدود ۶۰ درصد از کشاورزان تنها در یک قطعه اقدام به تولید چغندر قند کردند. ارزیابی فراوانی کشاورزان از لحاظ فاصله میان دو کشت متوالی چغندر قند نشان داد که حدود شش درصد از کشاورزان مبادرت به کشت متوالی چغندر قند و ۲۶، ۱۹، ۱۳ و ۳۶ درصد کشت متناوب به ترتیب با یک، دو، سه و چهار گیاه فاصله کشت می‌کنند. توزیع فراوانی تعداد دفعات حضور

میزان فشرده‌گی، هدایت الکتریکی، واکنش خاک و عناصر غذایی موجود؛ عملیات آماده‌سازی بستر بذر (شامل ماخار، تسطیح، زمان شخم، عمق شخم و دیسک)؛ مصرف انواع کودهای آلی و معدنی، نحوه کنترل علف‌های هرز، عملیات کاشت، آبیاری مزرعه، مصرف انواع کودهای ماکرو و میکرو طی فصل رشد، نحوه کنترل آفات، میزان شیوع انواع بیماری‌ها در مزرعه، عملیات برداشت و در نهایت صفات مربوط به عملکرد کمی و کیفی محصول بود. پس از تحویل محصول به کارخانه، عملکرد پشته، عیار قند و میزان اُفت محصول برای هر کشاورز (نمونه)، از بخش کشاورزی کارخانه قند اخذ شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های گردآوری شده از پایش مزارع پس از بررسی و حذف داده‌های پرت، در نرم‌افزار Excel وارد شدند (با حذف ۲۰ درصد نمونه‌ها، تعداد مزارع باقی‌مانده معادل ۱۷۵ مزرعه بودند). داده‌های کیفی (مانند انجام / عدم انجام ماخار، تسطیح یا وقوع / عدم وقوع تنش آبی و شوری خاک) کدگذاری شدند. با قرار دادن اول مهر سال قبل به عنوان مبنای کدگذاری تاریخ‌های مختلف انجام عملیات زراعی، عدد مربوطه به هریک از فعالیت‌ها نسبت داده شد. مجموعه اعداد حاصل (شامل کدها و اعداد حقیقی) در تجزیه نهایی داده‌ها با نرم‌افزار (SAS) مورد استفاده قرار گرفت. شمار متغیرهای اولیه ۱۶۸ عدد بود که سرانجام از میان آنها تعداد ۵۳ متغیر به عنوان متغیر مستقل در تعیین مدل عملکرد مورد استفاده قرار گرفت.

برای تعیین مدل عملکرد، رابطه‌ی میان همه متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی) و عملکرد از راه رگرسیون گام به گام بررسی شد (Bie 2000; Torabi et al. 2011). پس از تعیین مدل عملکرد، با قرار دادن میانگین مشاهده شده متغیرها در مزارع مورد بررسی در مدل عملکرد، عملکرد میانگین محاسبه شد. سپس با قرار دادن مناسب‌ترین میزان مشاهده شده متغیرها (بهترین مقادیر و الگوهای زراعی و مدیریتی به کار رفته توسط چغندرکاران) در مدل عملکرد، عملکرد قابل

محدوده ۸/۸۶-۶/۹۸ با میانگین ۷/۸۷ متغیر بود. بر پایه‌ی طبقه‌بندی صورت پذیرفته توسط سرویس حفاظت از منابع طبیعی (NRCS, USAD) تنها ۷ درصد مزارع pH خنثی، ۴۸ درصد مزارع با pH معادل ۷/۴-۷/۸ در محدوده‌ی خاک‌های قلیایی ضعیف، ۴۰ درصد با pH معادل ۷/۹-۸/۴ جزو خاک‌های قلیایی متوسط و ۵ درصد از خاک‌ها با pH بیش از ۸/۵ جزو خاک‌های به شدت قلیایی طبقه‌بندی شدند. مقدار نیتروژن موجود در خاک مزارع چغندر قند در محدوده ۰/۱۲-۰/۲۰۰ درصد با میانگین ۰/۰۸۱ درصد، میزان فسفر در محدوده ۹/۴۴-۴/۰ قسمت در میلیون با میانگین کل معادل ۱۳۰-۶۰۰ قسمت در میلیون و مقدار پتاسیم در محدوده ۳۴۲/۶ قسمت در میلیون بود (جدول ۲).

بر اساس اطلاعات گردآوری شده، کشاورزان چغندرکار در حد فاصل اوایل امرداد سال قبل از کاشت تا اوایل خرداد سال کاشت و به‌طور متوسط در اوایل دی ماه سال پیش از کاشت، زمین‌های خود را شخم می‌کنند (جدول ۲). به‌طور متوسط، ۵۸ درصد از کشاورزان، بذر خارجی را به‌صورت خالص، ۳۴ درصد مخلوط با دیگر رقم‌های خارجی و ۳ درصد مخلوط با رقم‌های ایرانی کشت کردند و تنها ۵ درصد از کشاورزان بذر ایرانی کاشتند. میانگین سن رقم‌های مورد کاشت (فاصله بین سال معرفی و سال ۱۳۹۹) در مزارع مورد مطالعه معادل ۸/۶ سال تعیین شد. میانگین تاریخ کاشت مزارع مورد مطالعه چغندر قند، ۱۵ فروردین در محدوده‌ی اول اسفند لغایت دوم تیر متغیر بود (جدول ۲). نتایج این مطالعه نشان داد که حدود ۵۰ درصد کشاورزان و ۵۶ درصد سطح زیر کشت چغندر قند طی اسفند کشت می‌شود. در عین حال، ۲۰ و ۱۹ درصد کشاورزان به‌ترتیب با سطحی معادل ۲۴ و ۱۵ درصد به‌ترتیب طی دو ماه فروردین و اردیبهشت نسبت به کاشت چغندر قند اقدام می‌کنند. بنابراین، کشت ۸۰ درصد از مزارع چغندر قند تا پایان فروردین خاتمه می‌یابد. میانگین مقدار بذر مورد استفاده بین کشاورزان، ۲/۶ یونیت در هکتار در محدوده ۱/۲-۴/۰ یونیت در هکتار متفاوت بود. میانگین وزنی تراکم بوته نیز معادل ۸/۶ بوته در مترمربع محاسبه شد (جدول ۲).

چغندر قند در سیستم تناوبی کشاورزان مورد مطالعه نیز نشان داد که طی یک دوره‌ی تناوب پنج ساله، حدود ۳۶ درصد از مزارع دارای سهم چغندر قند در تناوب معادل و کمتر از ۲۰ درصد، ۲۰-۴۰ درصد در ۴۳ درصد مزارع و در نهایت، ۲۱ درصد با سهمی حدود ۶۰-۴۰ درصد بودند.

نحوه‌ی توزیع کشاورزان چغندرکار بر اساس میانگین عملکرد در سه طی دو سال انتهایی حاکی از وجود دامنه عملکرد ۱۲-۱۲۵ تن در هکتار با میانگین کل معادل ۶۲/۱۳ تن در هکتار بود (جدول ۲). بخش عمده‌ای از کشاورزان (۴۵ درصد) دارای عملکرد متوسط ۷۵-۵۰ تن در هکتار بودند. ۳۱ درصد از کشاورزان نیز عملکرد متوسطی معادل ۵۰-۲۵ تن در هکتار تولید و تنها سه درصد از کشاورزان عملکرد کمتر از ۲۵ تن در هکتار و سه درصد عملکرد بیش از ۱۰۰ تن در هکتار داشتند. از لحاظ میانگین عیار قند طی دو سال پایانی نیز حاکی از وجود دامنه ۲۱/۲۰-۱۲/۰۰ درصد با میانگین کل ۱۷/۲۲ درصد بود (جدول ۲). میانگین عیار قند حدود ۶۰ درصد از کشاورزان در دو سال پایانی حدود ۱۹-۱۶ درصد، ۲۷ درصد از کشاورزان، ۱۳-۱۶ درصد و ۱۲ درصد از کشاورزان با میانگین عیار قند ۱۹-۲۲ درصد در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند.

از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها، میانگین درصد شن، سیلت و رس موجود در خاک مزارع مورد مطالعه به‌ترتیب معادل ۲۷/۳، ۴۶/۰ و ۲۶/۷ درصد با بافت لوم بود. میزان کربن آلی خاک مزارع مورد مطالعه در محدوده ۰/۲-۲/۰ درصد با میانگین ۰/۸۸ درصد و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک‌ها در محدوده ۰/۳۱-۹/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۲/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۲). بر اساس طبقه‌بندی جهانی (Brown et al. 1954) ۶۲ درصد از مزارع با هدایت الکتریکی کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر جزو خاک‌های غیرشور، ۲۲ درصد از مزارع با هدایت الکتریکی ۲-۴ دسی‌زیمنس بر متر جزو خاک‌های کم‌شور، ۱۲ درصد از خاک‌ها با هدایت الکتریکی ۴-۸ دسی‌زیمنس بر متر جزو خاک‌های شور و تنها ۴ درصد از خاک‌ها جزو خاک‌هایی با شوری زیاد طبقه‌بندی شدند. در مزارع مورد مطالعه، واکنش خاک در

کاشت اقدام به کاربرد نخستین مرحله از کود سرک نیتروژن (به میزان ۱۵۷/۵ کیلوگرم در هکتار) و ۸۲ روز پس از کاشت نسبت به کاربرد ۱۶۷/۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اقدام می‌کنند. علاوه بر این، نتایج این مطالعه نشان داد به ازای هر هکتار زراعت چغندر قند، کشاورزان ۳/۴۸ لیتر کودهای ریزمغذی مصرف می‌کنند (جدول ۲).

بر اساس اطلاعات گردآوری شده در این مطالعه، کشاورزان چغندر کار به طور متوسط حدود ۱۰/۵ تن در هکتار کود دامی مصرف می‌کنند. از سوی دیگر، میانگین وزنی مصرف کودهای حاوی پتاسیم، فسفر و نیتروژن پایه (پیش از کاشت) به ترتیب معادل ۶۴/۸، ۱۱۸/۹ و ۱۷/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. علاوه بر این، کشاورزان ۵۳/۲ روز پس از

جدول ۲ اطلاعات توصیفی مزارع مورد مطالعه چغندر قند بهاره در ایران - سال ۱۳۹۹

اختصار	متغیر	واحد	تعداد مشاهدات	مقدار عددی		
				حداقل	میانگین	حداکثر
Long.	طول جغرافیایی	درجه - دقیقه	۱۷۵	۴۴/۴۴	۵۳/۱۴	۶۰/۴۷
Lat.	عرض جغرافیایی	درجه - دقیقه	۱۷۵	۲۹/۸۰	۳۴/۹۱	۳۹/۳۲
Alt.	ارتفاع از سطح دریا	متر	۱۷۵	۸۰۰	۱۳۷۹	۲۴۷۹
Age	سن کشاورز	سال	۱۷۵	۲۳/۰۰	۴۹/۶۶	۸۰/۰۰
Hist. I	سابقه کشت چغندر قند	سال	۱۷۵	۱/۰۰	۱۵/۲۲	۵۰/۰۰
Hist. II	سابقه کشت چغندر قند (۱)	درصد	۱۷۵	۱/۸۵	۳۹/۹۷	۷۱/۴۳
Educ.	تحصیلات	سال	۱۷۵	۰/۰۰	۱۰/۴۳	۲۲/۰۰
Area	سطح زیر کشت	هکتار	۱۷۵	۰/۷۵	۸/۲۲	۷۰/۰۰
NVRS	ارزش عددی تناوب (۲)	-	۱۷۵	۲/۰۰	۵/۳۸	۱۵/۰۰
DTCC	فاصله بین دو کشت متوالی چغندر قند	سال	۱۷۵	۰/۰۰	۲/۴۷	۴/۰۰
SFR	سهم چغندر قند در تناوب پنج ساله	درصد	۱۷۵	۲۰/۰۰	۳۷/۰۰	۶۰/۰۰
RYavg.	میانگین عملکرد ریشه طی دو سال اخیر	تن در هکتار	۱۷۵	۱۲/۰۰	۶۲/۱۳	۱۲۵/۰۰
SCavg.	میانگین عیار قند طی دو سال اخیر	درصد	۱۷۵	۱۲/۰۰	۱۷/۲۲	۲۱/۲۰
OC	کربن آلی	درصد	۱۷۵	۰/۲۱	۰/۸۸	۱/۹۵
Sand	شن	درصد	۱۷۵	۴/۰۰	۳۷/۸۰	۷۰/۰۰
Silt	سیلت	درصد	۱۷۵	۱۶/۰۰	۴۶/۸۷	۷۲/۰۰
Clay	رس	درصد	۱۷۵	۱۰/۰۰	۲۷/۲۱	۵۵/۰۰
EC	هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۱۶۴	۰/۳۱	۲/۳۸	۹/۲۱
pH	واکنش خاک	-	۱۷۵	۶/۹۸	۷/۸۷	۸/۸۶
N	نیتروژن	درصد	۱۷۵	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۲۰
P	فسفر	قسمت در میلیون	۱۷۵	۱/۴۰	۹/۴۴	۲۰/۰۰
K	پتاسیم	قسمت در میلیون	۱۶۶	۱۳۰	۳۴۳	۶۰۰
FTD	تاریخ اولین شخم	روز پیش از کاشت	۱۷۵	۲	۱۶۲	۳۱۳
TSD	فاصله بین شخم - کاشت	روز	۱۷۴	۰	۹۳	۲۴۴
SD	تاریخ کاشت	روز از اول اسفند	۱۷۵	۰	۴۴	۱۲۱
SR	میزان بذر	یونیت در هکتار	۱۷۵	۱/۲۰	۲/۶۰	۴/۰۰
TD	تاریخ تنک	روز پس از کاشت	۱۷۳	۱۶	۴۶	۹۶
PPbefore	تراکم بوته (پیش از تنک)	بوته در مترمربع	۱۶۷	۷/۰۰	۲۳/۳۸	۵۷/۰۰
PPafter	تراکم نهایی بوته	بوته در مترمربع	۱۷۲	۳/۰۰	۸/۷۱	۱۳/۰۰
IRD	فاصله بین ردیف‌ها	سانتی‌متر	۱۷۵	۳۷/۵۰	۴۹/۳۰	۷۰/۰۰
MR	میزان کاربرد کود دامی	تن در هکتار	۱۷۱	۰/۰۰	۱۰/۵۰	۱۰۰/۰۰
KR	میزان کاربرد پتاسیم	کیلوگرم در هکتار	۱۷۳	۰/۰۰	۶۴/۷۶	۲۰۰/۰۰
PR	میزان کاربرد فسفر	کیلوگرم در هکتار	۱۶۵	۰/۰۰	۱۱۸/۹۰	۳۰۰/۰۰
N0R	میزان کاربرد نیتروژن (پیش از کاشت)	کیلوگرم در هکتار	۱۷۵	۰/۰۰	۱۷/۶۵	۲۰۰/۰۰
N1D	زمان کاربرد نیتروژن (سرک اول)	روز پس از کاشت	۱۷۳	۱/۰۰	۵۳/۲۰	۱۱۸/۰۰
N1R	میزان کاربرد نیتروژن (سرک اول)	کیلوگرم در هکتار	۱۶۹	۵۰/۰۰	۱۵۷/۵۱	۳۵۰/۰۰

ادامه جدول ۲

اختصار	متغیر	واحد	تعداد			مقدار عددی	اختلاف	ضریب
			مشاهدات	حداقل	میانگین			
N2D	زمان کاربرد نیتروژن (سرک دوم)	روز پس از کاشت	۱۶۸	۱۹/۰۰	۸۱/۹۸	۱۳۵/۰۰	۲۷/۰۵	۳۲/۹۹
N2R	میزان کاربرد نیتروژن (سرک دوم)	کیلوگرم در هکتار	۱۷۳	۵۰/۰۰	۱۶۶/۹۹	۴۰۰/۰۰	۷۳/۴۵	۴۳/۹۸
N2D-N1D	فاصله بین مصرف کودهای سرک	روز	۱۶۶	۰/۰۰	۲۹/۰۸	۹۳/۰۰	۱۷/۹۹	۶۱/۸۴
N2D-H	فاصله بین سرک دوم تا برداشت	روز	۱۷۵	۶۶/۰۰	۱۲۳/۵۸	۱۸۸/۰۰	۲۵/۱۹	۲۰/۳۹
Micro	میزان کاربرد کود میکرو	لیتر در هکتار	۱۷۲	۰/۰۰	۳/۴۸	۲۰/۰۰	۴/۲۵	۱۲۱/۹۷
FL	طول فارو	متر	۱۶۷	۱۵/۰۰	۸۴/۹۷	۳۰۰/۰۰	۵۶/۹۲	۶۶/۹۹
WU	مقدار مصرف آب	مترمکعب در هکتار	۱۷۵	۶۰۰۰	۱۲۷۱۴	۱۴۰۰۰	۱۸۶۰	۱۴/۶۳
IN	تعداد نوبت آبیاری	نوبت	۱۷۵	۵/۰۰	۱۱/۷۱	۱۳/۰۰	۱/۸۶	۱۵/۸۷
Iint. I	فواصل آبیاری (۳)	روز	۱۵۹	۱۰/۶۹	۱۶/۹۸	۲۲/۰۰	۲/۸۴	۱۶/۷۰
Iint. II	فواصل آبیاری (۴)	روز	۱۶۹	۷/۳۱	۱۴/۸۲	۲۱/۷۵	۲/۹۵	۱۹/۸۹
ICD	تاریخ قطع آبیاری	روز پس از کاشت	۱۷۱	۱۰۰۵	۱۷۸	۲۷۷	۳۵/۱۵	۱۹/۷۹
ICD-H	فاصله آخرین آبیاری تا برداشت	روز	۱۶۷	۲	۲۶	۸۰	۱۸/۰۰	۶۸/۵۳
WCD	تاریخ کنترل علف‌های هرز	روز پس از کاشت	۱۶۱	۵۵	۱۷۳	۲۷۲	۴۰/۷۴	۲۳/۵۰
PL	خسارت آفات	درصد	۱۶۳	۰/۰۰	۲۰/۰۱	۶۰/۰۰	۱۴/۲۵	۷۱/۲۳
P1D	تاریخ کاربرد آفتکش (۱)	روز پس از کاشت	۱۷۴	۵/۰۰	۳۹/۶۳	۹۶/۰۰	۲۰/۴۵	۵۱/۶۰
P1R	میزان کاربرد آفتکش (۱)	لیتر در هکتار	۱۷۰	۰/۲۰	۱/۲۵	۳/۰۰	۰/۵۹	۴۷/۰۲
P2D	تاریخ کاربرد آفتکش (۲)	روز پس از کاشت	۱۵۳	۳۰/۰۰	۸۴/۴۹	۱۴۶/۰۰	۲۶/۳۴	۳۱/۱۷
P2R	میزان کاربرد آفتکش (۲)	لیتر در هکتار	۱۷۳	۰/۲۵	۱/۲۹	۳/۰۰	۰/۶۳	۴۸/۸۹
PR	مجموع کاربرد آفتکش	لیتر در هکتار	۱۷۰	۱/۱۳	۲/۸۶	۶/۰۰	۱/۱۶	۴۰/۴۲
DL	خسارت بیماری‌ها	درصد	۱۷۲	۰/۰۰	۸/۴۶	۴۰/۰۰	۸/۳۸	۹۹/۰۷
GP	دوره رشد (اولین آبیاری - برداشت)	روز	۱۶۸	۱۰۰	۱۷۹/۰۵	۲۷۲	۳۴/۵۷	۱۹/۳۱
HD	تاریخ برداشت	روز پس از کاشت	۱۷۵	۱۲۲	۲۰۸/۴۳	۲۸۹	۳۳/۰۴	۱۵/۸۵
HL	طول دوره برداشت	روز	۱۷۵	۱/۰۰	۱۱/۴۴	۶۰/۰۰	۹/۳۲	۸۱/۴۸
RS	مدت توقف محصول در مزرعه	روز	۱۷۵	۰/۰۰	۳/۳۲	۲۰/۰۰	۳/۶۰	۱۰۸/۶۶
Loss	میزان آفت	درصد	۱۷۵	۱/۰۰	۲/۹۶	۱۵/۵۰	۱/۵۶	۵۲/۵۸

(۱) سابقه کشت چغندر قند = (سابقه کشت چغندر قند به سال / سن کشاورز) × ۱۰۰

(۲) مجموع ارزش تناوبی گیاهان مورد کاشت طی چهار سال پیش از زراعت چغندر قند با فرض چغندر قند (صفر)، غلات (۱)، آیش (۲)، گیاهان وجینی (۳)، صیفی جات (۴) و بقولات (۵)

(۳) فواصل آبیاری = (زمان برداشت - زمان کاشت) / تعداد آبیاری

(۴) فواصل آبیاری = (زمان برداشت - زمان اولین آبیاری) / تعداد آبیاری

معادل ۲۰/۰ درصد بوته‌ها بود و کشاورزان چغندر کار به‌طور متوسط طی دو مرحله شامل ۳۹/۶ و ۸۴/۵ روز پس از کاشت با بهره‌گیری از مجموع ۲/۸۶ لیتر سم آفت کش در هکتار، اقدام به سمپاشی بر علیه آفات مزرعه می‌کنند. در عین حال، نتایج مطالعات حاضر حاکی از وارد شدن حدود ۸/۴۶ درصد خسارت در نتیجه بیماری‌های مختلف طی فصل رشد است (جدول ۲). مزارع چغندر قند بهاره به‌طور متوسط پس از ۲۰۸/۴ روز پس از کاشت یا ۱۷۹/۱ روز پس از نخستین آبیاری برداشت می‌شوند. میانگین طول دوره‌ی برداشت و میانگین مدت توقف محصول در مزرعه چغندر قند به‌ترتیب حدود ۱۱/۴ و ۳/۳۲ روز بود. در سطح مزارع مورد مطالعه، میانگین آفت کارخانه‌قند برای محصول تحویلی معادل ۲/۹۶ درصد بود (جدول ۲)

نتایج این مطالعه نشان داد که طول فاروهای آبیاری در مزارع مورد مطالعه چغندر قند معادل ۸۵ متر بود. میانگین آب مصرفی در هر هکتار زراعت چغندر قند معادل ۱۲۷۱۴ مترمکعب (در محدوده ۱۴۰۰۰-۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار) برآورد شد. این مقدار آب به‌طور متوسط طی ۱۱/۷ نوبت مصرف می‌شود. تاریخ شروع و خاتمه آبیاری در مزارع چغندر قند نیز به‌ترتیب ۵/۸۴ و ۱۷۲ روز پس از کاشت (یا ۲۶ روز پیش از برداشت) بود (جدول ۲). بر اساس اطلاعات گردآوری شده از مزارع چغندر قند به‌طور میانگین کشاورزان ۵۲/۲ روز پس از کاشت (دامنه بین ۲۶-۹۷ روز پس از کاشت)، اقدام به کنترل علف‌های هرز مزارع خود می‌کنند. میانگین خسارت آفات به مزارع چغندر قند



## مدل تولید

پس از تجزیه رگرسیون گام به گام، مدل تولید برای دو صفت عملکرد ریشه (RY) و عیار قند (SC) به نحو زیر برآورد شد:

$$RY = 138.45 - 7.07 \times SL - 14.45 \times SR - 6.38 \times PD + 15.08 \times IM + 8.35 \times DS - 0.02 \times ALT - 0.18 \times SD + 2.17 \times PPafter - 0.09 \times NOR - 1.29 \times RS$$

$$SC = 7.68 + 0.20 \times Long. + 0.05 \times Edc. - 0.75 \times OM - 0.17 \times IT + 0.01 \times IC - 0.03 \times DL$$

در مدل‌های فوق:

RY: عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار،

SC: عیار قند برحسب درصد،

SL: تسطیح زمین (۱=عالی، ۲=خوب، ۳=متوسط، ۴=بد و ۵=خیلی بد)

SR: مصرف بذر (یونیت در هکتار)

PD: پراکندگی بوته (۱=کاملاً یکنواخت، ۲=یکنواخت، ۳=نسبتاً یکنواخت و ۴=غیریکنواخت)

IM: روش آبیاری (۱=کرتی، ۲=فارویی، ۳=بارانی و ۴=تیپ)

DS: تنش خشکی (۱=بله و ۲=خیر)

ALT: ارتفاع از سطح دریا (متر)

SD: تاریخ کاشت (روز از ابتدای اسفند سال پیش)

PPafter: تراکم بوته پس از تنک (بوته در مترمربع)

NOR: نیتروژن پایه (کیلوگرم در هکتار)

RS: طول مدت ماندن ریشه در مزرعه (روز)

Long: طول جغرافیایی (درجه)

Edc: تحصیلات زارع (سال)

OM: میزان کربن آلی خاک (درصد)

IT: تعداد آبیاری (نوبت)

IC: تاریخ قطع آبیاری (روز پس از کاشت)

DL: میزان خسارت بیماری‌ها (درصد)

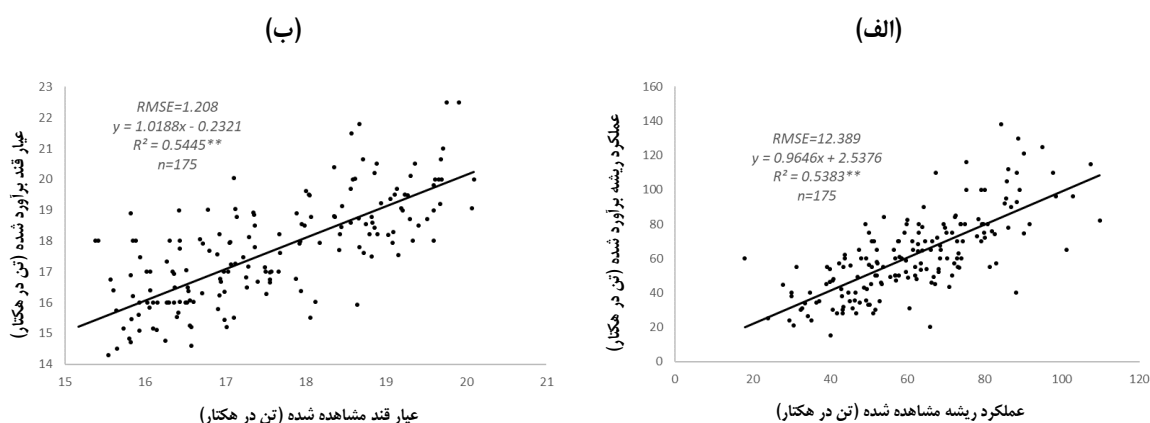
اجزای تشکیل‌دهنده‌ی خلاء عملکرد ریشه و سهم هر

یک از عامل‌های محدودکننده عملکرد نسبت به آن در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین و حداکثر عملکرد ریشه‌ی کشاورزان مورد مطالعه به ترتیب ۶۱/۶۵ و ۱۲۵ تن در هکتار بود. مدل عملکرد (شکل ۱ الف)، میانگین و بیشینه عملکرد ریشه را به ترتیب ۶۱/۳۱ و ۱۴۳/۲۹ تن در هکتار برآورد کرد. کل خلاء عملکرد برآورد شده معادل ۸۱/۹۸ تن در هکتار یا ۵۷/۲ درصد شد. این بدان معنی است که میان عملکرد واقعی چغندرکاران و آنچه ایشان با رعایت مدیریت بهینه می‌توانند به آن دست پیدا کنند، ۸۱/۹۸ تن در هکتار فاصله وجود دارد. در میان عوامل مختلف فیزیوگرافیکی و زراعی مؤثر بر عملکرد ریشه، بیشترین تأثیر در ایجاد خلاء عملکرد ریشه به ترتیب به میزان مصرف بذر (۲۴/۶۶ درصد)، ارتفاع از سطح دریا (۱۴/۱۰ درصد)، تراکم نهایی بوته (۳۴ درصد)، روش آبیاری (۱۰/۳۰ درصد)، تاریخ کاشت (۷۷ درصد)، پراکندگی بوته (۷۴ درصد)، تسطیح زمین (۸/۸۲ درصد)، ماندن ریشه در مزرعه (۵/۲۴ درصد)، تنش خشکی (۴/۱۳ درصد) و مقدار نیتروژن پایه (۱/۹۰ درصد) ارتباط داشت (جدول ۳ و شکل ۲ الف).

میانگین و حداکثر عیار قند در مزارع مورد مطالعه به ترتیب ۱۷/۶۰ و ۲۲/۵۰ درصد بود که مدل برازش‌یافته (شکل ۱ ب) میانگین و حداکثر عیار قند را به ترتیب ۱۷/۵۸ و ۲۲/۴۶ درصد برآورد کرد (جدول ۴). در واقع، خلاء عیار قند معادل ۲۱/۷ درصد برآورد شد و نشان داد که بین عیار قند واقعی کشاورزان با مناسب‌ترین عیار قندی که در صورت مدیریت صحیح زراعی قابل‌دستیابی است معادل ۴/۸۸ واحد فاصله وجود دارد. عمده‌ترین عواملی که موجب کاهش عیار قند شدند به ترتیب شامل طول جغرافیایی (۳۰/۱۱ درصد)، تعداد آبیاری (۲۳/۹۷ درصد)، تاریخ قطع آبیاری (۱۹/۰۴ درصد)، میزان تحصیلات کشاورز (۱۱/۹۴ درصد)، میزان کربن آلی موجود در خاک (۱۰/۳۲ درصد) و میزان خسارت بیماری‌ها (۴/۶۳ درصد) بودند (جدول ۴ و شکل ۲ ب).

جدول ۳ کمی کردن خلاء عملکرد ریشه‌ی چغندر قند بهاره

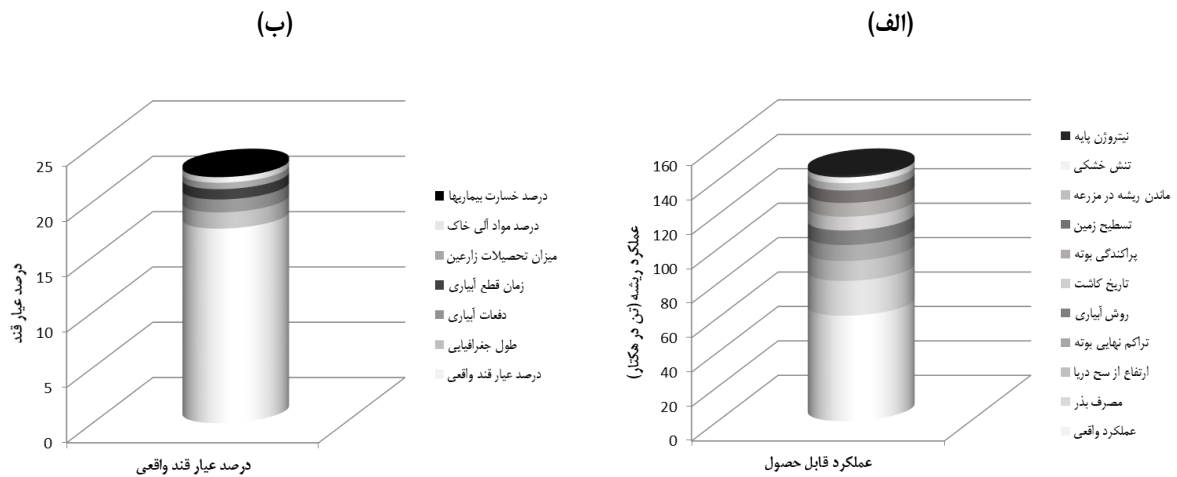
متغیرها	ضریب	مقادیر اندازه‌گیری شده		مقادیر محاسبه‌شده با مدل		اجزای خلاء عملکرد	خلاء عملکرد (درصد)
		مطلوب	میانگین	مطلوب	میانگین		
عرض از مبدأ	۱۳۸/۴۵	۱/۰۰	۱۳۸/۴۵	۱۳۸/۴۵	۱۳۸/۴۵	-/۰۰	-/۰۰
میزان مصرف بذر	-۱۴/۴۵	۲/۶۰	۱۳۰	-۳۷/۵۵	-۱۷/۳۴	۲۰/۲۱	۲۴/۶۶
ارتفاع از سطح دریا	-۰/۰۲	۱۳۷۹/۰۲	۸۰۰/۰۰	-۲۷/۵۳	-۱۵/۹۷	۱۱/۵۶	۱۴/۱۰
تراکم نهایی بوته	۲/۱۷	۸/۷۱	۱۳/۰۰	۱۸/۸۸	۲۸/۱۷	۹/۲۹	۱۱/۳۴
روش آبیاری	۱۵/۰۸	۰/۴۴	۱/۰۰	۶/۶۴	۱۵/۰۸	۸/۴۴	۱۰/۳۰
تاریخ کاشت	-۰/۱۸	۴۴/۴۱	۰/۰۰	-۸/۰۱	۰/۰۰	۸/۰۱	۹/۷۷
پراکندگی بوته	-۶/۳۸	۲/۲۵	۱/۰۰	-۱۴/۳۷	-۶/۳۸	۷/۹۹	۹/۷۴
تسطیح زمین	-۷/۰۷	۲/۰۲	۱/۰۰	-۱۴/۳۰	-۷/۰۷	۷/۲۳	۸/۸۲
ماندن ریشه در مزرعه	-۱/۲۹	۳/۳۲	۰/۰۰	-۴/۲۹	۰/۰۰	۴/۲۹	۵/۲۴
تنش خشکی	۸/۳۵	۰/۵۹	۱/۰۰	۴/۹۶	۸/۳۵	۳/۳۹	۴/۱۳
مقدار نیتروژن پایه	-۰/۰۹	۱۷/۶۵	۰/۰۰	-۱/۵۶	۰/۰۰	۱/۵۶	۱/۹۰
عملکرد واقعی		۶۱/۶۵	۱۲۵/۰۰				
عملکرد برآوردشده با مدل			۶۱/۳۱		۱۴۳/۳۹		
خلاء عملکرد برآوردشده						۸۱/۹۸	۱۰۰



شکل ۱ رابطه بین مقادیر مشاهده‌شده و برآوردشده (الف) عملکرد ریشه، (ب) عیار قند و (پ) عملکرد شکر خام چغندر قند بهاره

جدول ۴ کمی کردن خلاء عیار قند چغندر قند بهاره

متغیرها	ضریب	مقادیر اندازه‌گیری شده		مقادیر محاسبه‌شده با مدل		اجزای خلاء عملکرد	خلاء عملکرد (درصد)
		مطلوب	میانگین	مطلوب	میانگین		
عرض از مبدأ	۷/۶۸	۱/۰۰	۷/۶۸	۷/۶۸	۷/۶۸	-/۰۰	-/۰۰
طول جغرافیایی	۰/۲۰	۵۳/۱۴	۶۰/۴۷	۱۰/۶۴	۱۲/۱۱	۱/۴۷	۳۰/۱۱
تعداد دفعات آبیاری	-۰/۱۷	۱۱/۷۲	۵/۰۰	-۲/۰۴	-۰/۸۷	۱/۱۷	۲۳/۹۷
تاریخ قطع آبیاری	-۰/۰۱	۱۷۷/۵۵	۲۷۷/۰۰	۱/۶۶	۲/۵۹	-۰/۹۳	۱۹/۰۴
میزان تحصيلات	-۰/۰۵	۱۰/۴۳	۲۲/۰۰	-۰/۵۳	۱/۱۱	-۰/۵۸	۱۱/۹۴
میزان کربن آلی	-۰/۷۵	۰/۸۸	۰/۲۲	-۰/۶۷	-۰/۱۶	-۰/۵۰	۱۰/۳۲
میزان خسارت بیماری‌ها	-۰/۰۳	۸/۵۳	۰/۰۰	-۰/۲۳	-۰/۰۰	-۰/۲۳	۴/۶۳
عیار قند واقعی		۱۷/۶۰	۲۲/۵۰				
عیار قند برآوردشده با مدل			۱۷/۵۸		۲۲/۴۶		
خلاء عیار قند برآوردشده						۴/۸۸	۱۰۰



شکل ۲ سهم محدودیت‌های اصلی خلاء (الف) عملکرد ریشه و (ب) عیار قند چغندر قند بهاره

و قابل مدیریت نیستند. در این میان، دو عامل ارتفاع از سطح دریا و طول جغرافیایی مزرعه که به ترتیب دلیل ۱۴/۱۰ و ۳۰/۱۱ درصد خلاء عملکرد ریشه و عیار قند بودند (جدول ۵)، جزو عواملی محسوب می‌شوند که کاهش خلاء عملکرد ناشی از آنها میسر نیست (Henderson et al. 2016).

### اجزای خلاء عملکرد ریشه و عیار قند

از مجموع متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق، ۱۶ متغیر در ایجاد خلاء عملکرد میان مقدار واقعی بدست آمده در سطح مزارع کشاورزان و حداکثر مقدار قابل دستیابی عملکرد ریشه و عیار قند تأثیر داشتند (جدول ۵). در میان اجزای خلاء عملکرد، برخی متغیرها به موقعیت جغرافیایی مزارع مربوط بوده

جدول ۵ متغیرهای مؤثر بر خلاء عملکرد ریشه و عیار قند چغندر قند بهاره و سهم هر کدام در ایجاد خلاء

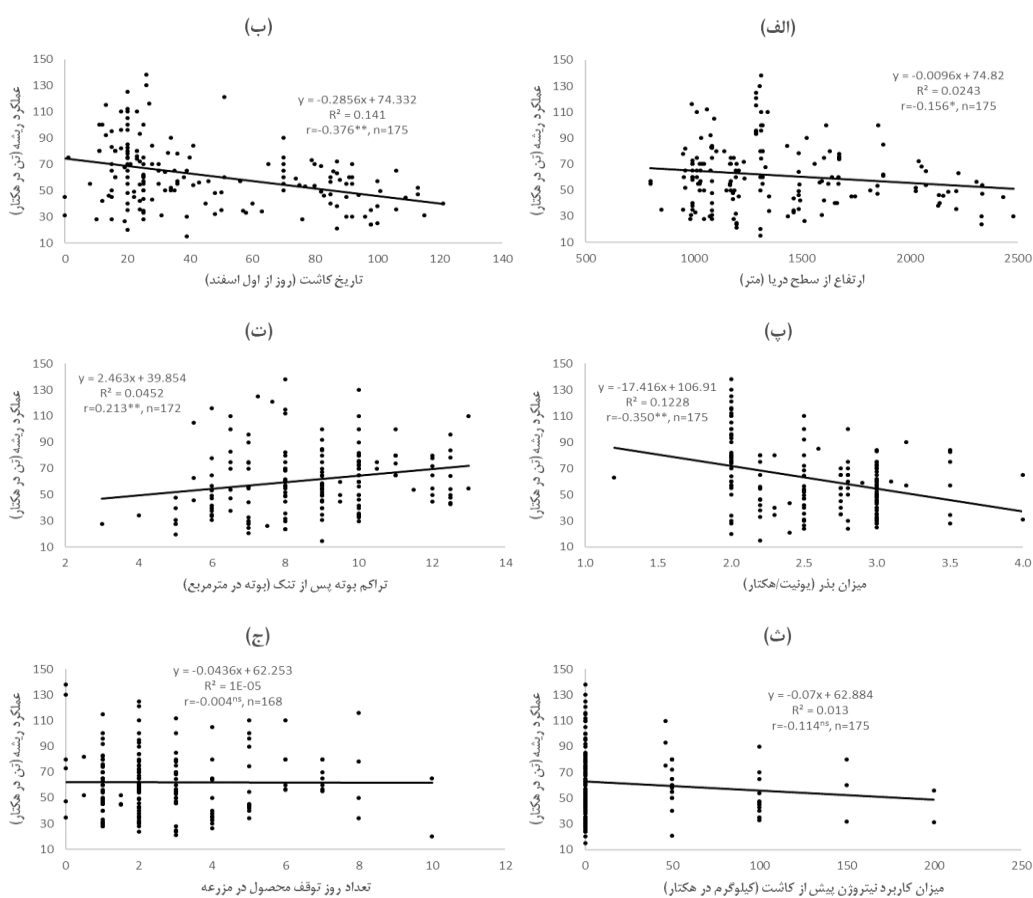
عیار قند		عملکرد ریشه		متغیرها
سهم از مجموع خلاء (درصد)	مقدار خلاء (درصد)	سهم از مجموع خلاء (درصد)	مقدار خلاء (تن در هکتار)	
-	-	۱۴/۱۰	۱۱/۵۶	(۱) ارتفاع از سطح دریا
۳۰/۱۱	۱/۴۷	-	-	(۲) طول جغرافیایی
۱۱/۹۴	۰/۵۸	-	-	(۳) میزان تحصیلات
۱۰/۳۲	۰/۵۰	-	-	(۴) میزان کربن آلی
-	-	۸/۸۲	۷/۲۳	(۵) تسطیح زمین
-	-	۹/۷۷	۸/۰۱	(۶) تاریخ کاشت
-	-	۲۴/۶۶	۲۰/۲۱	(۷) میزان مصرف بذر
-	-	۱۱/۳۴	۹/۲۹	(۸) تراکم نهایی بوته
-	-	۹/۷۴	۷/۹۹	(۹) پراکندگی بوته
-	-	۱۰/۳۰	۸/۴۴	(۱۰) روش آبیاری
۲۳/۹۷	۱/۱۷	-	-	(۱۱) تعداد آبیاری
۱۹/۰۴	۰/۹۳	-	-	(۱۲) تاریخ قطع آبیاری
-	-	۴/۱۳	۳/۳۹	(۱۳) تنش خشکی
-	-	۱/۹۰	۱/۵۶	(۱۴) مقدار نیتروژن پایه
۴/۶۳	۰/۲۳	-	-	(۱۵) میزان خسارت بیماری‌ها
-	-	۵/۲۴	۴/۲۹	(۱۶) ماندن ریشه در مزرعه
-	-	۱۰۰	۸۱/۹۸	خلاء عملکرد ریشه برآورد شده
۱۰۰	۴/۸۸	-	-	خلاء عیار قند برآورد شده

و تغییرات مکانی عوامل اقلیمی وجود دارد (Dongsheng *et al.* 2007). عمدتاً تأثیرات طول جغرافیایی بر تغییرات آب و هوایی کاملاً آشکار نیست.

در این مطالعه نیز، تأثیرات طول جغرافیایی بر افزایش عیار قند در مناطق شرقی کشور را می‌توان به پایین بودن میانگین دمای شبانه در زمان رسیدگی تکنولوژیکی در این مناطق از کشور نسبت داد (Ahmadzadeh-Araji *et al.* 2011).

تأثیر میزان تحصیلات کشاورزان که در این مطالعه دلیل ۱۱/۹۴ درصد خلاء عیار قند بود (جدول ۵)، بر عیار قند شد (شکل ۴ ب). مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار

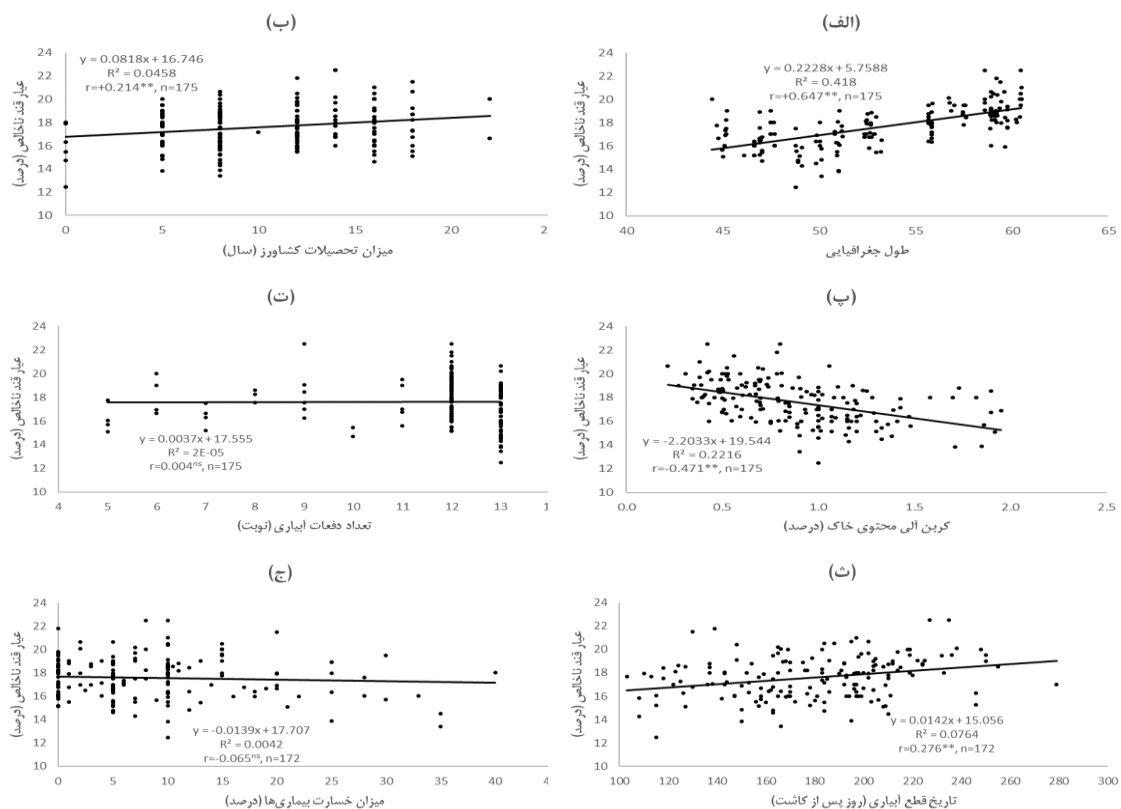
تحقیقات مختلف نیز نشان داده‌اند که تفاوت عوامل جغرافیایی - به‌ویژه عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا از عوامل اصلی تأثیرگذار بر تغییرات آب و هوایی در هر منطقه محسوب می‌شوند (Beniston and Eebetez 1996; Giorgi *et al.* 1997; Liu and Hou 1998; Yao *et al.* 2000). در این مطالعه، اثرات افزایش ارتفاع بوته بر عملکرد ریشه (شکل ۳ الف)، نحوه‌ی تأثیر طول جغرافیایی بر عیار قند نیز حاکمی از رابطه‌ی خطی و مثبت ( $r = +0.647^{**}$ ) این پارامتر جغرافیایی بر افزایش عیار قند همراه با افزایش طول جغرافیایی بود (شکل ۴ الف). از آنجایی که افزایش طول جغرافیایی به مفهوم حرکت از سمت غرب به شرق کشور است و با عنایت به این واقعیت که همبستگی ضعیفی میان تغییرات طول جغرافیایی



شکل ۳ معادله و ضرایب همبستگی پیرسون بین عملکرد ریشه با (الف) ارتفاع از سطح دریا، (ب) تاریخ کاشت، (پ) میزان بذر، (ت) تراکم نهایی بوته، (ث) میزان کاربرد نیتروژن پیش از کاشت و (ج) تعداد روز توقف محصول در مزارع مورد مطالعه

نیست که چه مقدار بازدهی را می‌توان انتظار داشت. تحقیقات نشان می‌دهد که بازده با افزایش میزان موادالی خاک، افزایش (Bauer Black 1994) یا کاهش (Bhardwaj *et al.* 2011) می‌یابد و یا هیچ تغییری (Hijbeek *et al.* 2017) دیده نمی‌شود. فقدان یک رابطه‌ی کلی احتمالاً نتیجه تعدادی از عوامل متقابل مرتبط با مدیریت، آب و هوا و نوع خاک است که می‌تواند رابطه‌ی میزان موادالی خاک - بازده را مخدوش کند. در واقع، افزایش مقادیر موادالی خاک تأثیر کمی بر عملکرد محصولات زراعی دارد و چنین تأثیری در صورت مدیریت صحیح نیتروژن کاملاً قابل اغماض است (Hijbeek *et al.* 2017; Loveland and Webb 2003; Oelofse *et al.* 2015).

میزان کربن آلی خاک که ۱۰/۳۲ درصد از خلاء عملکرد عیار قند را بر عهده داشت (جدول ۵)، رابطه‌ی خطی منفی و معنی‌داری با عیار قند ( $r=-0.471^{**}$ ) داشت (شکل ۴ پ). در واقع، افزایش ماده‌الی خاک با کاهش عیار قند همراه شد. با وجود آنکه تأثیر مثبت ماده‌الی خاک بر ظرفیت تبادل کاتیونی (Johnston 1986) ظرفیت نگهداری آب (Salter and Williams 1969) تثبیت ساختمان خاک (Reeves *et al.* 1997) ثابت شده است، با این حال، در رابطه با تأثیر مستقیم میزان موادالی خاک بر عملکرد، نتایج مطالعات مختلف تا حدودی متناقض است. در حالی که مطالعات متعددی رابطه‌ی میان میزان کربن آلی خاک و عملکرد را نشان می‌دهند (Culman *et al.* 2013; Moraes Sa *et al.* 2014; Lucas and Weil 2012; Stine and Weil 2002)



شکل ۴ معادله و ضرایب همبستگی پیرسون بین عیار قند با (الف) طول جغرافیایی، (ب) میزان تخصیبات، (پ) میزان کربن آلی خاک، (ت) تعداد آبیاری، (ث) تاریخ قطع آبیاری و (ج) میزان نیتروژن پایه در مزارع مورد مطالعه

احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه و از آنجا، عملکرد شکرخام تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول ۶). هرچه کیفیت تسطیح خاک قبل از کاشت مناسب‌تر شد، عملکرد ریشه و شکرخام به‌نحو معنی‌داری نسبت به این موضوع از خود واکنش نشان داد. بیشترین عملکرد ریشه و شکرخام (به ترتیب معادل ۷۱/۹۸ و ۱۲/۴۹ تن در هکتار) با تسطیح مناسب زمین پیش از کاشت حاصل شد و با کاهش کیفیت این عملیات از مقدار عملکرد ریشه و شکرخام به نحو قابل توجهی (به ترتیب معادل ۴۶ و ۴۵ درصد) کاسته شد (جدول ۶).

در یک مطالعه در شش کشور اروپایی (Vonk *et al.* 2020)، تعداد ۱۲۶۴ کشاورز عملکرد محصول و مقدار موادالی خاک خود را گزارش کردند. نتیجه حاکی از عدم وجود همبستگی ثابت بین عملکرد و میزان موادالی خاک در گندم، ذرت دانه‌ای، سیب‌زمینی و چغندر قند بود. اما برای چغندر قند، یک همبستگی مثبت و معنی‌دار بین SOM و عملکرد محصول برای همه مناطق آب و هوایی به‌دست آمد.

نحوه‌ی تسطیح زمین که در این مطالعه، ۸/۸۲ درصد از خلاء عملکرد ریشه را به خود اختصاص داده است، در سطح

**جدول ۶** خلاصه تجزیه واریانس<sup>(۱)</sup> و مقایسه میانگین<sup>(۲)</sup> تأثیر شرایط تسطیح مزرعه بر خصوصیات کمی و کیفی و کارایی مصرف آب جهت تولید محصول چغندر قند

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد شکر	کارایی مصرف آب برای تولید شکر
تسطیح مزرعه	۳	۲۶۴۲/۳۹**	۲/۷۷ ns	۷۴/۷۷**	۳۵۶۰۹۸/۷۳ ns
اشتباه	۱۷۱	۵۳۴/۹۵	۳/۱۹	۱۷/۳۴	۱۸۷۲۱۴/۴۲
ضریب تغییرات (درصد)		۳۷/۵۲	۱۰/۱۵	۳۸/۴۱	۴۸/۶۵
شرایط تسطیح مزرعه		(تن در هکتار)	(درصد)	(تن در هکتار)	(گرم/مترمکعب)
عالی		۷۱/۹۸ a	۱۷/۲۶ a	۱۲/۴۹ a	۹۸۰/۴۸ a
خوب		۶۰/۶۰ a	۱۷/۷۴ a	۱۰/۷۶ a	۹۰۴/۳۴ a
متوسط		۵۴/۹۵ ab	۱۷/۶۸ a	۹/۶۰ ab	۷۸۰/۴۳ a
ضعیف		۳۸/۶۷ b	۱۶/۹۰ a	۶/۸۰ b	۶۱۵/۶۷ a

(۱) ns، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

(۲) در هر ستون، اعدادی که ضرایب مشابهی دارند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

رابطه‌ی خطی بین تاریخ کاشت با عملکرد ریشه (شکل ۳ ب) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این عامل، ۹/۷۷ درصد از خلاء عملکرد ریشه را به‌خود اختصاص داده است. در همین ارتباط، رابطه‌ی عملکرد کمی و کیفی چغندر قند با عوامل زراعی تاریخ کاشت و برداشت خطی و تقریباً موازی گزارش شده است (Lauer 1997). این موضوع نشان داد با به تعویق افتادن تاریخ کاشت (نسبت به اول اسفند)، عملکرد ریشه از مبنای ۷۴/۳ تن در هکتار به نسبت هر روز معادل ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار کاهش معنی‌داری را تجربه خواهد کرد. این مقدار در منطقه کرج (Sadeghzadeh Hemayati 2008) معادل ۶۴۶ کیلوگرم در هکتار، در هلند (Smit 1993) ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و در ترکیه (Cakmakci and Oral 2002) معادل ۱۶۲-۱۳۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. به عبارت دیگر، به ازای هریک هفته تأخیر در کاشت معادل ۲/۷ درصد از پتانسیل عملکرد محصول کاسته می‌شود. این مقدار نسبت به مقادیر گزارش شده پیشین (۵/۲ درصد، Sadeghzadeh Hemayati 2008 و ۹-۶ درصد، Cakmakci and Oral 2002) پایین‌تر است. به هر حال، صرف‌نظر از نوع رابطه‌ی ریاضی، طول دوره‌ی رشد همواره به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل توصیف‌کننده‌ی تغییرات عملکرد چغندر قند محسوب می‌شود (Durrant *et al.* 1993; Jaggard *et al.* 1995; Freckleton *et al.* 1999).

رابطه‌ی خطی بین تاریخ کاشت با عملکرد ریشه (شکل ۳ ب) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این عامل، ۹/۷۷ درصد از خلاء عملکرد ریشه را به‌خود اختصاص داده است. در همین ارتباط، رابطه‌ی عملکرد کمی و کیفی چغندر قند با عوامل زراعی تاریخ کاشت و برداشت خطی و تقریباً موازی گزارش شده است (Lauer 1997). این موضوع نشان داد با به تعویق افتادن تاریخ کاشت (نسبت به اول اسفند)، عملکرد ریشه از مبنای ۷۴/۳ تن در هکتار به نسبت هر روز معادل ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار کاهش معنی‌داری را تجربه خواهد کرد. این مقدار در منطقه کرج (Sadeghzadeh Hemayati 2008) معادل ۶۴۶ کیلوگرم در هکتار، در هلند (Smit 1993) ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و در ترکیه (Cakmakci and Oral 2002) معادل ۱۶۲-۱۳۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. به عبارت دیگر، به ازای هریک هفته تأخیر در کاشت معادل ۲/۷ درصد از پتانسیل عملکرد محصول کاسته می‌شود. این مقدار نسبت به مقادیر گزارش شده پیشین (۵/۲ درصد، Sadeghzadeh Hemayati 2008 و ۹-۶ درصد، Cakmakci and Oral 2002) پایین‌تر است. به هر حال، صرف‌نظر از نوع رابطه‌ی ریاضی، طول دوره‌ی رشد همواره به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل توصیف‌کننده‌ی تغییرات عملکرد چغندر قند محسوب می‌شود (Durrant *et al.* 1993; Jaggard *et al.* 1995; Freckleton *et al.* 1999).

حاکمی از افزایش عملکرد ریشه به همراه افزایش تراکم بوته هستند (Sogut and Aroglu 2004). بنابراین با در نظر گرفتن تغییرات تراکم بوته در مزارع مورد مطالعه (۱۳-۳ بوته در متر مربع) و سطح زیر کشت هر مزرعه، میانگین وزنی تراکم جمعیت گیاهی در مجموع این مزارع معادل ۸/۶ بوته در مترمربع تعیین شد. مطالعات انجام شده میان سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳ نشان داد که تراکم بوته در بیشتر مزارع چغندر قند در کشورهای اروپایی، ۸۰ هزار بوته در هکتار است (Oldemeyer et al. 1997). مقایسه‌ی سطوح مختلف تراکم بوته (۲۷، ۱۰۸ و ۴۳۰ هزار بوته در هکتار) نشان داده است که در مناطق خشک، بیشترین عملکرد قند تقریباً با تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار قابل حصول است (Robinson Worker 1969). در یک پژوهش، مقدار قند قابل‌باز یافت از حدود ۷/۴۰ تن در هکتار طی تراکم ۴۲/۷ هزار بوته در هکتار به حداکثر ۷/۷۹ تن در هکتار در تراکم ۸۸/۶ هزار بوته در هکتار افزایش یافت (Lauer 1995). در مطالعه‌ای دیگر، بیشترین عملکرد ریشه (۵۹/۵۵ تن در هکتار) با تراکم ۸۸/۲ هزار بوته در هکتار به دست آمد (Cattanach 1993). جهت دستیابی به عملکرد ریشه و قند بالا، تعداد بوته استقرار یافته باید حدود ۷۰ تا ۱۱۰ هزار بوته در هکتار باشد (Smit 1993; Akinerdem et al. 1994; Lauer 1995). در مجموع، در چغندر قند نیز مانند گیاهان دانه‌ای، رابطه‌ی میان تراکم بوته و عملکرد قابل برداشت، سهمی شکل است و با افزایش تراکم و از آنجا، مقدار زیست‌توده، عملکرد اقتصادی نیز افزایش و سپس به سطح ثابت می‌رسد (قانون ثبات عملکرد نهایی) (Weiner 2004).

از دیگر نتایج این مطالعه می‌توان به سهم ۹/۷۴ درصدی نحوه‌ی پراکندگی بوته در ایجاد خلاء عملکرد ریشه اشاره کرد (جدول ۵). در پاسخ به این سؤال که آیا با فرض ثابت بودن تراکم بوته، ایجاد فاصله‌ی یکنواخت بین بوته‌ها می‌تواند مزیت نسبی در برخورداری از عملکرد کمی و کیفی بالای گیاه داشته باشد، آزمایش چهار ساله‌ای در دو مکان اجرا و طی آن تراکم‌های ۵۹ تا ۱۱۷ هزار بوته در هکتار، فواصل

تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد نهایی چغندر قند تا پایه‌ای است که از این مؤلفه‌ی زراعی همراه با تاریخ پوشش کامل سطح خاک توسط سایه‌انداز در پیش‌بینی عملکرد محصول در کشور هلند استفاده می‌شود (Eric et al. 1998). در مقابل گزارش‌های عدم تأثیر تاریخ کاشت بر عیار قند (Fortune 2002); گزارش‌های متعددی نیز مؤید افزایش عیار قند در واکنش نسبت به تأخیر در عملیات کاشت است (Malec 1992; Ozturk et al. 2008).

از جمله نتایج این مطالعه می‌توان به تأثیر منفی و معنی‌دار ( $r = -0.350^{**}$ ) افزایش میزان بذر هکتاری بر عملکرد ریشه (شکل ۳ پ) اشاره کرد که ۲۴/۶۶ درصد از خلاء عملکرد ریشه را به خود اختصاص داده است (جدول ۵). میانگین بذر مورد کاشت در انگلستان معادل ۱/۲۵ یونیت در هکتار با ضریب استقرار معادل ۸۰ درصد است و نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که امکان افزایش عملکرد از طریق افزایش میزان بذر مورد کاشت وجود ندارد (BBRO 2018). به هر حال، کاشت بذر در حداقل تراکم ممکن برای دستیابی به حداکثر عملکرد (تراکم مطلوب) موجب کاهش هزینه‌های کاشت می‌شود (Board 2000).

سهم جمعیت گیاهی پس از تنک (نهایی) در خلاء عملکرد ریشه، معادل ۱۱/۳۴ درصد بود (جدول ۵) و رابطه‌ی خطی و معنی‌داری با عملکرد ریشه ( $r = 0.213^{**}$ ) نشان داد (شکل ۳ ت). رابطه‌ی بین تراکم بوته با عملکرد ریشه به نحوی بود که در دامنه‌ی تغییرات ۱۳-۳ بوته در مترمربع، به ازای افزایش هر بوته در واحد سطح، معادل ۲/۴۶ تن در هکتار بر عملکرد پایه (۳۹/۸۵ تن در هکتار) افزوده می‌شود. در یک مطالعه‌ی دیگر، افزایش تراکم بوته از ۶۵ به ۱۰۵ هزار بوته در هکتار، به میزان ۲۷/۴ درصد (۲۳/۹۱ تن در هکتار) بر عملکرد ریشه افزود و با فرض خطی بودن این تأثیر، به ازای هر یک هزار بوته افزایش در هکتار، حدود ۰/۷ درصد (۵۹۷/۸ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد ریشه افزوده شد (Sadeghzadeh Hemayati 2008). گزارش‌های متعددی

۷). شواهد نشان می‌دهند که آبیاری بارانی باعث افزایش عملکرد قند در مقایسه با آبیاری فارویی نمی‌شود (هرچند ممکن است افزایش رشد اندام‌های هوایی چغندر قند را در پی داشته باشد). در واقع، برخی مطالعات نشان می‌دهند که عملکرد در آبیاری بارانی کمتر از آبیاری فارویی است (Eckhoff and Bergman 2001). باین‌حال، کارایی آبیاری بارانی به دلیل مصرف حدود ۲۰ درصد آب کمتر و توزیع یکنواخت‌تر آب معمولاً بیشتر از آبیاری فارویی است (Dunham 1993). در یک مطالعه (Mansuri et al. 2018) میانگین راندمان مصرف آب برای تولید ریشه‌ی چغندر قند در آبیاری شیاری معمولی، ثابت و متناوب به ترتیب ۷، ۱۱ و ۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین بیشترین بازده مصرف آب برای تولید شکرخالص (۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی) در تیمار آبیاری جویچه‌ای متناوب به دست آمد. بنابراین، به ترتیب ۲۳ و ۱۱۷ درصد بیشتر از تیمارهای آبیاری شیاری ثابت و معمولی بود. دانهام (Dunham 1993) گزارش می‌کند که در عمل، از تمام روش‌های مختلف آبیاری در مزارع چغندر قند استفاده می‌شود. روش‌ها در تمام موارد براساس شرایط محلی و ملاحظات اقتصادی و نه بر مبنای نیازهای گیاه چغندر قند انتخاب می‌شوند. در نتیجه، در آمریکا، ترکیه و ایران در سطح گسترده‌ای از آبیاری سطحی (به روش کرتی و فارویی) و در فرانسه، ایتالیا، اسپانیا و شمال اروپا از سیستم‌های آبیاری پرفشار (سنتریپوت) استفاده می‌شود. شارماسارکار و همکاران (Sharmasarkar et al. 2001) در آمریکا دریافتند که عملکرد ریشه و عیار قند چغندر قند در آبیاری قطره‌ای بیشتر از آبیاری غرقابی بوده و استفاده از آبیاری قطره‌ای باعث صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب و کود شد.

تعداد دفعات آبیاری، ۲۳/۹۷ درصد از خلاء عیار قند را به خود اختصاص داد (جدول ۵). این اثر به‌نحوی بود که با افزایش تعداد نوبت‌های آبیاری از عیار قند محصول کاسته شد (جدول ۴). رابطه خطی بین نوبت‌های آبیاری با عیار قند

بین بوته‌ها از ۳/۳ تا ۹۱/۴ سانتی‌متر متغیر در نظر گرفته شد (Smith et al. 1989). نتایج آزمایش نشان داد که در صورت یکسان بودن تراکم کاشت، یکنواختی فواصل بین بوته‌ها تأثیر معنی‌داری روی عملکرد کمی و کیفی گیاه نداشت. از سوی دیگر، تعداد ریشه قابل‌برداشت به‌نحو معنی‌داری در فواصل یکنواخت بیش از توزیع غیر همسان آنها بود.

هر چند که وزن تک‌ریشه در فواصل غیر همسان به نحو چشم‌گیری بیشتر شد. در گیاهان دانه‌ای، یکنواختی بوته‌های داخل ردیف‌ها از طریق یکسان‌سازی رقابت بین بوته‌ها و افزایش کارایی مصرف مواد غذایی، آب و تشعشع خورشیدی بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد (Krall et al. 1997).

کاربرد نیتروژن پایه (اوره)، ۱/۹۰ درصد تأثیر منفی بر عملکرد ریشه داشت (جدول ۵). البته، رابطه‌ی خطی فیما بین مقدار کاربرد نیتروژن پایه (اوره) با عملکرد ریشه ( $r = -0.114^{ns}$ ) معنی‌دار نشد (شکل ۳) و نشان داد ضرورتی به استفاده از نیتروژن پیش از کاشت وجود ندارد. این در حالی است که در یک مطالعه (Lim et al. 2010) گزارش شده است که واکنش عملکرد چغندر قند نسبت به مقادیر متفاوت نیتروژن برخلاف گندم که درجه دوم بود خطی بود.

روش مورد استفاده برای آبیاری، ۱۰/۳۰ درصد از خلاء عملکرد ریشه چغندر قند را شامل شد (جدول ۵). در مطالعه حاضر، روش آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه، عیار قند و شکرخام و در سطح احتمال پنج درصد بر کارایی مصرف آب جهت تولید ریشه و شکرخام تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول ۷). بیشترین عملکرد ریشه (۷۵/۰۲ تن در هکتار) با روش آبیاری بارانی، بیشترین عیار قند (۱۸/۴۸ درصد) با روش آبیاری قطره‌ای تیپ و بیشترین عملکرد شکرخام (۱۱/۸۲-۱۲/۶۲ تن در هکتار) با دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای تیپ حاصل شد (جدول ۷). همچنین، بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید ریشه (۴/۹۳-۵/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و شکرخام (۱۰۰۳/۶۰-۹۲۳/۳۸ گرم بر مترمکعب) با دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای تیپ به دست آمد (جدول



زمان بندی آبیاری نقش مهمی در رشد و نمو چغندر قند ندارد؛ زیرا این گیاه در هیچ کدام از مراحل رشد خود حساسیت بالایی نسبت به تنش آب ندارد (Dunham 1993).

( $r=0.004^{ns}$ ) غیر معنی دار شد (شکل ۴ ت) و نشان داد که ارتباط خطی معنی داری بین تغییرات تعداد نوبت های آبیاری با عیار قند وجود ندارد. مطالعات پیشین نیز نشان می دهد که

**جدول ۷** خلاصه تجزیه واریانس<sup>(۱)</sup> و مقایسه میانگین<sup>(۲)</sup> تأثیر روش آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی و کارایی مصرف آب جهت تولید محصول چغندر قند

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد شکر	کارایی مصرف آب برای تولید شکر
روش آبیاری	۳	۵۴۷۲/۵۲**	۱۶/۸۵**	۱۱۵/۳۷**	۴۴۸۴۲۱/۶۶*
اشتباه	۱۷۱	۴۸۴/۸۰	۲/۹۵	۱۶/۶۹	۱۸۵۵۸۲/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۳۵/۷۰	۹/۷۵	۳۷/۶۸	۴۸/۴۴
روش آبیاری	(تن در هکتار)	(درصد)	(تن در هکتار)	(کیلوگرم/مترمکعب)	(گرم/مترمکعب)
آبیاری غرقابی	۵۰/۷۴ c	۱۷/۹۸ b	۹/۱۳ c	۴/۲۴ b	۷۵۸/۲۰ b
آبیاری فارویی	۵۴/۵۰ bc	۱۷/۸۰ b	۹/۷۶ bc	۴/۶۸ b	۸۳۱/۸۷ ab
آبیاری بارانی	۷۵/۰۲ a	۱۶/۸۸ b	۱۲/۶۲ a	۵/۹۸ a	۱۰۰۳/۶۰ a
آبیاری قطره ای (تیپ)	۶۳/۳۵ b	۱۸/۴۸ a	۱۱/۸۲ ab	۴/۹۳ ab	۹۲۳/۳۸ ab

(۱) NS، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد (۲) در هر ستون، اعدادی که ضرایب مشابهی دارند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری نشان ندادند.

برخی از عوامل بیماری زا در کاهش عیار قند چغندر قند شناخته شده است. به عنوان مثال، گزارش شده است در مزارع آلوده به ریزومانیا، عیار قند ریشه های تولید شده از ۱۸-۱۶ درصد به کمتر از ۱۰ درصد کاهش یافته است (Scholten 1997). البته، رابطه ی خطی میان میزان خسارت ناشی از بیماری ها با عیار قند ( $r=-0.065^{ns}$ ) در این مطالعه معنی دار نشد (شکل ۴ ج). به هر حال، حدود ۵۰ درصد از اختلاف عملکرد شکر در بین کشاورزان مختلف را می توان بر اساس خسارت آفات و بیماری ها توجیه کرد (Hanse et al. 2018). پتانسیل تلفات محصول ناشی از پاتوژن های قارچی (به ویژه *Cercospora beticola*) و ویروس ها و حشرات نیز در میان مناطق؛ در سراسر جهان به ترتیب حدود ۱۴، هفت و ۱۲ درصد گزارش شده است. بیماری های ویروسی (زردی چغندر، سیاهرگ زرد نکروزه چغندر و غیره) و نماتد سیست همچنان نقش مهمی در تولید چغندر قند ایفا می کنند زیرا کنترل این آفات هنوز در بسیاری از مناطق دشوار است. در سال های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸، تلفات با وجود حفاظت از محصول، ۲۶ درصد از تولید قابل دستیابی را به خود

تاریخ قطع آبیاری، سهمی معادل ۱۹/۰۴ درصد در ایجاد خلاء عیار قند دارد (جدول ۵) به نحوی که، رابطه ی خطی بین تاریخ قطع آبیاری نسبت به کاشت با عیار قند ( $r=0.276^{**}$ ) در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی دار شد (شکل ۴ ت). این موضوع نشان داد با افزایش طول دوره آبیاری بر عیار قند افزوده شده است.

وقوع تنش خشکی طی فصل رشد چغندر قند، سهمی معادل ۴/۱۳ درصد در ایجاد خلاء عملکرد ریشه چغندر قند (۳/۳۹ تن در هکتار) دارد (جدول ۵). نشان داده شده است، حتی در مناطقی که شرایط همیشه خشک نیست، تنش آب می تواند حداقل در برخی سال ها باعث کاهش عملکرد چغندر قند و یا شکر بشود (مثلاً در فرانسه، Richard-Molard and Cariolle 2001 و در لهستان، Choluj et al. 2001). شرایط منطقه ای در برخی مناطق کشت چغندر قند (مثلاً کشت این گیاه در خاک هایی با ظرفیت بسیار پایین نگه داشت آب) باعث می شود که آبیاری اهمیت یابد (Zimmermann 1974).

سهم خسارت بیماری ها در کاهش عیار قند و مجموع خلاء عیار قند معادل ۴/۶۳ درصد (۰/۲۳ واحد) برآورد شد. تأثیر

عملکرد ریشه، میزان مصرف بذر، تراکم نهایی بوته، روش آبیاری، تاریخ کاشت، پراکندگی بوته، تسطیح زمین، ماندن ریشه در مزرعه، تنش خشکی و مقدار نیتروژن پایه به ترتیب سهمی معادل ۲۴/۶۶، ۱۱/۳۴، ۱۰/۳۰، ۹/۷۷، ۹/۷۴، ۸/۸۲، ۵/۲۴، ۴/۱۳ و ۱/۹۰ درصد از مجموع خلاء عملکرد ریشه (۸۱/۹۸ تن در هکتار) را برعهده داشتند. در ارتباط با خلاء عیار قند نیز عوامل مدیریتی شامل تعداد آبیاری، تاریخ قطع آبیاری، میزان کربن آلی موجود در خاک و میزان خسارت بیماری‌ها به ترتیب ۲۳/۹۷، ۱۹/۰۴، ۱۰/۳۲ و ۴/۶۳ درصد از خلاء عیار قند (۴/۸۸ واحد) را تشکیل دادند. جهت تعیین حد بهینه و کاربردی عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد ریشه و عیار قند با استفاده از روش آنالیز خط مرزی (Boundary line analysis) (نتایج نشان داده نشده است) حداقل نرخ بهینه تراکم بوته معادل ۱۰ بوته در مترمربع، مقدار کربن آلی خاک معادل ۱/۱۵ درصد، نیاز به کودهای حاوی پتاسیم معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و ارزش عددی تناوب بین پنج تا ۹/۸ برآورد شد. از دیگر عوامل محدودکننده عملکرد ریشه می‌توان به فاصله بین کاشت تا تنک و تاریخ کاشت اشاره کرد. حداقل فاصله بهینه بین کاشت تا تنک، ۳۸ روز و حداکثر تاریخ کاشت که موجب کاهش عملکرد ریشه نمی‌شود در این مطالعه ۹۴ روز ژولیوسی (پانزدهم اردیبهشت) برآورد شد. هم‌چنین دستیابی به عملکرد پتانسیل مستلزم عدم نگهداری ریشه در مزرعه بیش از ۴/۹ روز، پایین بودن خسارت بیماری‌ها کمتر از ۱۵/۳ درصد و افزایش تعداد آبیاری به بیش از ده نوبت است.

اختصاص داد که هشت درصد آن به پاتوژن‌های قارچی بالاترین نسبت را داشت (Oerke and Dehne 2004). در نهایت، ۵/۲۴ درصد از خلاء عملکرد ریشه به نگهداری محصول در مزرعه مربوط بود (جدول ۵) گرچه، رابطه‌ی خطی بین مدت زمان نگهداری محصول در مزرعه با عملکرد ریشه ( $r = -0.04^{ns}$ ) غیرمعنی‌دار بود (شکل ۳ ج). بررسی‌ها نشان می‌دهد چغندرهایی که در معرض باد و نور خورشید قرار دارند و یا در سطح سیلوها انبار می‌شوند، بالاترین میزان ضایعات قندی و وزنی را نسبت به سایر چغندرها دارند (Tscernjawskaia Chelemski 1997; Akesson 1981). در اثر نگهداری چغندر قند در سیلوی کنار مزرعه و هم‌چنین در سیلوی کارخانه قند در شرایط گرم مدیترانه‌ای در ایتالیا، ضایعات بین ۴-۵ کیلوگرم/تن/ روز گزارش شده است (Mantovani and Vaccari 1990). ضایعات ناشی از تنفس ریشه چغندر قند با دما رابطه مثبت و غیرخطی دارد (Vander Poel *et al.* 1998).

## نتیجه‌گیری

بر اساس مدل‌های تولیدی حاصل از نتایج این مطالعه، خلاء عملکرد ریشه معادل ۸۱/۹۸ تن در هکتار (یا ۵۷/۲ درصد) و خلاء عیار قند معادل ۴/۸۸ واحد (یا ۲۱/۷ درصد) برآورد شد. در این میان، دو عامل فیزیوگرافیکی ارتفاع از سطح دریا و طول جغرافیایی به ترتیب ۱۴/۱۰ و ۳۰/۱۱ درصد از خلاء عملکرد ریشه و عیار قند و عامل اجتماعی میزان تحصیلات کشاورز حدود ۱۱/۹۴ درصد از خلاء عیار قند را به خود اختصاص داد. در بین عوامل مربوط به مدیریت زراعی مؤثر بر خلاء

## References:

- Abravan P, Soltani A, Majidian M, Mohsenabadi Gh. Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan province using CPA method. Ecological Agriculture. 2017; 7(2):46-60. [In Persian]

## منابع مورد استفاده

- Ahmadzadeh-Araji HR, Abdollahian-Noghabi M, Kamali GA, Vahedi S. Effect of climatic parameters on the increase of sugar content of sugar beet in 2007 in Iran, Case study: Chenaran sugar factory. *Journal of Sugar Beet*. 2011; 27(1):101-115. **doi:10.22092/jsb.2011.687. [In Persian]**
- Akeson WR. Methods for estimating sucrose loss in laboratory storage tests. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*. 1981; 21(1):56-73.
- Akinerdem F, Yildirm B, Mulayim M, Babaoglu M. Determination of optimum plant density and its effect on yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*. 1994; 18: 21-25.
- Bauer A, Black AL. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity, *Soil Sciences Society of American Journal*. 1994; 58:185. **doi:10.2136/sssaj1994.03615995005800010027x.**
- BBRO. Beet yield challenge. First Report, May 2018.
- Beniston M, Rebetez M. Regional behavior of minimum temperature in Switzerland for the period 1979–1993. *Theoretical and Applied Climatology*. 1996; 53:231–244. **doi:10.1007/BF00871739.**
- Bhardwaj AK, Jasrotia P, Hamilton SK, Robertson GP. Ecological management of intensively cropped agroecosystems improves soil quality with sustained productivity, *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2011; 140:419–429. **doi:10.1016/j.agee.2011.01.005.**
- Bie CAJM. Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. *International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede, the Netherlands*, 2000.
- Board J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. *Crop Science*. 2000; 40:1285-1294. **doi:10.2135/cropsci2000.4051285x.**
- Brown JW, Hayward HE, Richards A, Berntein L, Hatcher JT, Reeve RC, Richards LA. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA*, 1954; *Agriculture Handbook*.
- Cakmakci R, Oral E. Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*. 2002; 26:133-139.
- Cattanach AW. Effect of greater than recommended plant populations on sugarbeet yield and quality. *Sugar Beet Research and Extension Report*. 1993; 24:314-319.
- Choluj D, Podlaski S, Karwowska R, Chrobak Z. Effect of soil moisture on seed germination and growth of sugar beet. In: *Proceedings of the Institut International de Recherches Betteravières*, 2001; Vol. 64:365–370.
- Clover GRG, Smith HG, Azam-Ali SN, Jaggard KW. The effects of drought on sugar beet growth in isolation and in combination with beet yellow virus infection. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 1999; 133:251-261. **doi:10.1017/S0021859699007005.**
- Culman SW, Snapp SS, Green JM, Gentry LE. Short- and long-term labile soil carbon and nitrogen dynamics reflect management and predict corn agronomic performance, *Agronomy Journal*. 2013; 105:493–502. **doi:10.2134/agronj2012.0382.**
- Zhao D, Zheng D, WU Sh, WU Zh. Climate changes in northeastern China during last four decades. *Chinese Geographical Science*, 2007; 17(4):317–324. **doi:10.1007/s11769-007-0317-1.**

- Dunham RJ. Water use and irrigation. In *The sugar beet crop – Science into practice* (eds D.A. Cooke and R.K. Scott), 1993; pp. 278–310. Chapman & Hall, London. **doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_8.**
- Durrant MJ, Marsh SJ, Jaggard KW. Effects of seed advancement and sowing date on establishment, bolting and yield of sugar beet. *Journal of Agricultural Science*. 1993; 121:333-341. **doi:10.1017/S002185960008552X.**
- Eckhoff JLA, Bergman JW. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production under sprinkler and flood irrigation. In *Proceedings from the 31st Biennial Meeting (Agriculture) of the American Society of Sugar Beet Technologists*, Vancouver, BC, Canada, 28 February–3 March 2001, pp. 239–241. American Society of Sugar Beet Technologists, Denver.
- Eric A, Xavier B, Pierre D. Crop growth monitoring by SAR time series: Canopy closing date detection for maize and sugar beet. *Proc. of the Int. Symp. on Bringing Radar Application Down to Earth*, Montreal, Canada, 1998; pp:13-15.
- Fortune RA. Effects of cultural technique on establishment and growth of early-sown sugar beet. *Crops Research Centre, Oak Park*, 2002; No 22, 29p.
- Freckleton RP, Watkinson AR, Webb DJ, Thomas TH. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1999; 93:39-51. **doi:10.1016/S0168-1923(98)00106-3.**
- Giorgi F, Hurrell JW, Marinucci MR, Benston M. Elevation dependency of the surface climate change signal: A model study. *Journal of Climate*, 1997; 10(2): 288–296. **doi:/10.1175/1520-0442(1997)010<0288:EDOTSC>2.0.CO;2.**
- Hanse B, Tjink FGJ, Maassen J, Van Swaaij N. Closing the yield gap of sugar beet in the Netherlands- A joint effort. *Frontiers Plant Science*. 2018; 9:184. **doi:10.3389/fpls.2018.00184.**
- Henderson B, Godde C, Medina-Hidalgo D, van Wijk M, Silvestri S, Douxchamps S, Herrero M. Closing system-wide yield gaps to increase food production and mitigate GHGs among mixed crop–livestock smallholders in Sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*. 2016; 143:106-113. **doi:10.1016/j.jagsy.2015.12.006.**
- Hijbeek R, van Ittersum MK, ten Berge HFM, Gort G, Spiegel H, Whitmore AP. Do organic inputs matter – a meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe, *Plant Soil*. 2017; 411:293–303. **doi:10.1007/s11104-016-3031-x.**
- Jaggard KW, Koch HJ, Arroyo Sanz JM, Cattanch A, Duval R, Eigner H. The yield gap in some sugar beet producing countries. *International Sugar Journal*. 2012; 114:496–499.
- Jaggard KW, Limb M, Proctor GH. *Sugar Beet: A Grower's Guide*, The Sugar Beet Research and Education Committee, London. 1995. **doi:10.5555/19892442204.**
- Johnston AE. Soil organic matter, effects on soils and crops. *Soil and Management*. 1986; 2(3):97-105. **doi:10.1111/j.1475-2743.1986.tb00690.x.**
- Kayiranga D. *The Effects of land factors and management practices on rice yields*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC), The Netherlands, 2006.

- Krall JM, Esechie HA, Raney RJ, Clark S, TenEyck G, Lundquit M, Humburg NE, Axthelm LS, Dayton AD, Vanderlip RL. Influence of within-row variability in plant spacing on corn grain yield. *Agronomy Journal*. 1997; 69:797-799. doi:10.2134/agronj1977.00021962006900050016x.
- Laidig F, Piepho HP, Drobeck T, Meyer U. Genetic and non- genetic long-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014; 27:2599-2617. doi:10.1007/s00122-014-2402-z.
- Lauer JG. Plant density and nitrogen rate effects on sugar beet yield and quality early in harvest. *Agronomy Journal*. 1995; 87:586-591. doi:10.2134/agronj1995.00021962008700030032x.
- Lauer JG. Sugar beet performance and interactions with planting date, genotype, and harvest date. *Agronomy Journal*. 1997; 89(3):469-475. doi:10.2134/agronj1997.00021962008900030017x.
- Lim W, Sonn Y, Yoon Y. The Selection of yield response model of sugar beet (*Beta vulgaris* var. Aaron) to nitrogen fertilizer and pig manure compost in reclaimed Tidal Land soil. *Korean Journal of Soil Sciences and Fertility*. 2010; 43:174–179.
- Liu X, Ping H. Relationship between the climatic warming over the Qinghai-Xizang Plateau and its surrounding area since recent 30 years and the elevation. *Plateau Meteorology*. 1998; 17(3): 245–249.
- Loel J, Kenter C, Märlander B, Hoffmann CM. Assessment of breeding progress in sugar beet by testing old and new varieties under greenhouse and field conditions. *European Journal of Agronomy*. 2014; 52:146–156. doi:10.1016/j.eja.2013.09.016.
- Loveland P, Webb J. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: A review, *Soil Tillage Research* 2003; 70:1–18. doi:10.1016/S0167-1987(02)00139-3.
- Lucas ST, Weil RR. Can a labile carbon test be used to predict crop responses to improve soil organic matter management? *Agronomy Journal*. 2012; 104:1160–1170. doi:10.2134/agronj2011.0415.
- Mackay I, Horwell A, Garner J, White J, McKee J, Philpott H. Reanalysis of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yields over time. *Theoretical and Applied Genetics*, 2010; 122:225–238. doi:10.1007/s00122-010-1438-y.
- Malec J. Influence of sowing and harvesting dates on quality changes during storage. Proc. of the Meet. of the Scient. Comm. Bratislava, Slovakia. 15-17 June 1992.
- Mansuri M, Babazadeh MR, Emdad MR, Taleghani D. Effect of deficit irrigation management on qualitative and quantitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Karaj, Iran. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2018; 16(1):455-466. doi:10.15666/aeer/1601\_455466.
- Mantovani G, Vaccari G. Sugar beet storage in Mediterranean basin. Proceedings of the 53rd Winter Congress of the IIRB. 14-15 Feb. Bruxelles, Belgium, 1990; pp.281-293.
- Märlander B., Hoffmann C, Koch HJ, Ladewig E, Merkes R, Petersen J, Stockfisch N. Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: Heading for sustainable development. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2003; 189:201–226. doi:10.1046/j.1439-037X.2003.00035.x.

- Mohammadi S. Study of effective factors on sugar beet production in Iran between 1341-1377. Msc. Thesis, Mazandaran University, Faculty of Humanities and Social Sciences, 1999; pp. 78. **doi:10.1016/jeja.2019.125988. [In Persian]**
- Mohammadi-Ahmadm Mahmoudi E, Deihimfard R, Noori O. Yield gap analysis simulated for sugar beet-growing areas in water-limited environments. *European Journal of Agronomy*. 2020; 113:125988
- Mohammadzadeh Z, Soltani A, Ajamnoroezi H, Bazrgar AB. Modeling yield potential and yield gap of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Iran. *Journal of Sugar Beet*, 2020; 36(1):27-46. **doi:10.22092/JSB.2021.352324.1255. [In Persian]**
- Moraes Sa JC, Tivet F, Lal R, Briedis C, Hartman DC, Santos dos, JZ, dos Santos JB. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol, *Soil Tillage Research*. 2014; 136:38–50. **doi:10.1016/jstill.2013.09.010.**
- Nehbandani A, Soltani A, Zeinali E, Hoseini F. Analyzing soybean yield constraints in Gorgan and Aliabad Katul using CPA method. *Journal of Agroecology*. 2017; 7(1):109-123. **[In Persian]**
- Nekahi MZ, Soltani A, Siyahmarguee A, Bagherani N. Yield gap associated with crop management in wheat: Case study, Golestan province- Bandar Gaz. *EJCP. Electronic Journal of Crop Production*. 2014; 7(2):135-136.
- Oelofse M, Markussen B, Knudsen L, Schelde K, Olesen JE, Jensen LS, Bruun S. Do soil organic carbon levels affect potential yields and nitrogen use efficiency? An analysis of winter wheat and spring barley field trials, *European Journal of Agronomy*. 2015; 66:62–73. **doi:10.1016/jeja.2015.02.009.**
- Oerke EC, Dehne HW. Safeguarding production - losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*. 2004; 23:275–285. **doi:10/1016/jcropro.2003.10.001.**
- Oldemeyer RK, Erichsen AW, Suzuki A. Effect of harvest date on performance of sugar beet hybrids. *Journal of American Society of Sugar Beet Technologists*. 1997; 19:294-306.
- Öztürk O, Topal A, Akinerdem F, Akgun N. Effects of sowing and harvesting dates on yield and some quality characteristics of crops in sugar beet cereal rotation system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008; 88(10):141-150. **doi:0.1002/jsfa.3061.**
- Pidgeon JD, Werker AR, Jaggard KW, Richter GM, Lister DH, Jones PD. Climatic impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe, 1961–1995. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2001; 109:27–37. **doi:10.1016/S0168-1923(01)00254-4.**
- Pradhan R. The effect of land and management aspects on maize yield. *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC), The Netherlands*. 2004.
- Rajapakse DC. Biophysical factors defining rice yield gaps. *International Institute for Geo-Information Science. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC), Netherlands*. 2003.
- Reeves M, Lal R, Logan T, Sigarán J. Soil nitrogen and carbon response to maize cropping system, nitrogen source, and tillage, *Soil Sciences Society of American Journal*. 1997; 61:1387–1392. **doi:10.2136/sssaj1997.03615995006100050015x.**

- Richard-Molard M, Cariolle M. Water and abiotic stress and genetic improvement. Proceedings of the Institut International de Recherches Betteravières, 2001; Vol. 64:153–158.
- Robinson FE, Worker GF. Plant density and yield of sugar beets in an arid environment. Agronomy Journal. 1969; 61:441-443. **doi:10.2134/agronj1969.00021962006100030032x.**
- Sadeghzadeh Hemayati S. The effect of agronomical factors on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) radiation interception, growth and yield. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 2008; pp. 265. **[In Persian]**
- Salter PJ, Williams JB. The moisture characteristics of some Rothamsred, Woburn and Saxmundham soils. Journal of Agricultural Science. Cambridge, 1969; 73:155-158. **doi:10.1017/S0021859600024242.**
- Scholten OE. Characterisation and inheritance of resistance to beet necrotic yellow vein virus in Beta. Thesis Wageningen Agricultural University, 1997; pp. 117.
- Scott RK, Jaggard KW. Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugar beet grown in the UK since 1970. The Journal of Agricultural Sciences. 2000; 134: 341-352. **doi:10.1017/S0021859699007832.**
- Sharmasarkar FC, Sharmasarkar Sh, Held LJ, Miller SD, Vance GF, RenDuo Z. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugarbeets. Agricultural Water Management, 2001b; 46(3):241–251. **doi:10.1016/S0378-3774(00)00090-1.**
- Smit AL. The influence of sowing date and plant density on the decision to resow sugar beet. Field Crops Research. 1993; 34(2):159-173. **doi:10.1016/0378-4290(93)90004-7.**
- Smith L, Cattanach AW, Lamb JA. Uniform vs variable in-row spacing of sugar beet. Sugar Beet Research and Extension Report. 1989; 20:151-156.
- Sögüt T, Aroglu H. Plant density and sowing date effects on sugar beet yield and quality. Journal of Agronomy. 2004; 3(3):215-218. **doi:10.3923/ja.2004.215.218.**
- Soltani A, Torabi B, Galeshi S, Zeinali E. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan with comparative performance analysis (CPA) method, Golestan. Research Report, Iran. **[In Persian]**
- Stine MA, Weil RR. The relationship between soil quality and crop productivity across three tillage systems in South Central Honduras, American Journal Alternative Agriculture. 2002; 17:2–8. **doi:10.1079/AJAA20011.**
- Torabi B, Soltani A, Galeshi S, Zeinali E. Analyzing wheat yield constraints in gorgan. Electronic Journal of Crop Production., 2011; 4(4):1-17. **dor:20.1001.1.2008739.1390.4.4.1.9 [In Persian]**
- Tschernjawska LT, Chelemski MS. Sugar losses in the storage and processing of sugar beets. Part 1: Studies to determine beet mass and sugar losses in beet storage. Zuckerindustrie, 1997; 122(6):440-446.
- Van Ittersum MK, Cassman KG. Yield gap analysis - Rationale, methods and applications: Introduction to the special issue. Field Crops Research. 2013; 143:1–3. **doi:10.1016/j.fcr.2012.12.012.**
- Van Wart J, Van Bussel LGJ, Wolf J, Licker R, Grassini P, Nelson A, Boogaard H, Gerber J, Mueller ND, Claessens L, van Ittersum MK, Cassman KG. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. Field Crops Research., 2013; 143:44-55.

- Vander Poel PW, Schiweck H, Schwartz T. Sugar technology beet and cane sugar manufacture. Published with support of the Beet Sugar Development Foundation. Denever, USA, 1998; Pp.251-305.
- Vonk WJ, van Ittersum MK, Reidsma P, Zavattaro L, Bechini L, Guzma'n G, Pronk A, Spiegel H, Steinmann HH, Ruyschaert G, Hijbeek R. European survey shows poor association between soil organic matter and crop yields. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2020; 118:325–334. doi:10.1007/s10705-020-10098-2.
- Weiner J. Allocation, plasticity and allometry in plants. Elsevier GmbH. 2004; 6(4):207-215. doi:10.1078/1433-8319-00083.
- Yao T, Liu X, Wang N. Amplitude of climate change in Qinghai-Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*. 2000; 45(1): 98–106. doi:10.1007/BF02886087.
- Zimmermann B, Zeddies J. Productivity development in sugar beet production and economic evaluation of progress in breeding. *Agrarwirtschaft*. 2000; 49:195–205. doi:10.22004/ag.econ.302539.
- Zimmermann H. Water consumption of sugar beet on diluvial soil. *Archiv für Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde*. 1974; 18(11):825–840.