حفند،قند/ جلد ۳۸/ شماره ۲/ ۱۴۰۱

ارزیابی عوامل محدودکننده‌ی عملکرد چغندرقند بهاره در کشور با استفاده از روش CPA †

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

پیمان حصادی[۱]، حمید مظفری[۲] *، سعید صادق‌زاده حمایتی[۳]، پیام معاونی[۲] و بهزاد ثانی[۲]

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

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/JSB.2023.358417.1303

پ. حصادی، ح. مظفری، س. صادق‌زاده حمایتی، پ. معاونی و ب. ثانی. ۱۴۰۱. ارزیابی عوامل محدودکننده‌ی عملکرد چغندرقندبهاره در کشور با استفاده از روش CPA. **چغندرقند، ۳۸(۲): ۱۴۵- ۱۶۸.**

چکیده

تعیین عوامل محدودکننده‌ی عملکرد و تعیین سطح بهینه عامل محدودکننده برای کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و قابل‌دستیابی 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 محدودکننده‌ی اجزای عملکرد چغندرقند (شامل عملکردریشه و عیارقند) و تعیین سهم نسبی این عوامل در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. این مطالعه از طریق تکمیل پرسش‌نامه در سطح ۲۲۰ مزرعه چغندرقند 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 عملکردریشه و عیارقند 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 عیارقند معادل ۴/۸۸ واحد (یا ۲۱/۷ درصد) برآورد شد. در این میان، دو عامل فیزیوگرافیکی شامل ارتفاع از سطح دریا و طول‌جغرافیایی به‌ترتیب ۱۴/۱ و ۳۰/۱ درصد از خلاء عملکردریشه و عیارقند و یک عامل اجتماعی (میزان تحصیلات کشاورز) حدود ۱۱/۹ درصد از خلاء عیارقند را به خود اختصاص داد. در میان عوامل مربوط به مدیریت زراعی مؤثر بر خلاء عملکردریشه، 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 به‌ترتیب 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 عملکردریشه (۸۱/۹۸ تن در هکتار) را تبیین می‌کند و ۱۴/۲ درصد مربوط به عوامل دیگر بود. در ارتباط با خلاء عیارقند نیز عوامل مدیریتی شامل تعداد آبیاری، تاریخ قطع آبیاری، میزان کربن‌آلی موجود در خاک و میزان خسارت بیماری‌ها به‌ترتیب 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 قابل‌دستیابی، عملکرد واقعی، مدیریت مزرعه

---

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

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس، تهران، ایران. *- نویسنده مسئول mozafarihamid@yahoo.com

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

مقدمه

چغندرقند یکی از دو محصول زراعی است که نقش مهمی در تأمین شکر موردنیاز کشور دارد. این گیاه ازجمله گیاهان زراعی پُربازده در مناطق معتدل جهان است که پتانسیل عملکرد آن به‌مقدار تشعشعی است که گیاه دریافت می‌کند (Mohammdi 1999; Clover *et al*. 1999). در عین حال، شرایط اقلیمی می‌تواند روی عملکردریشه و کیفیت محصول تأثیر قابل‌توجهی برجای گذارد (Sogut and Aroglu 2004).

یکی از چالش‌های عمده در تولید گیاهان زراعی، وجود اختلاف میان عملکردواقعی کشاورزان و عملکرد قابل‌دستیابی (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 سطح‌کشت دارد (Van Wart *et al*. 2013; Soltani *et al*. 2011).

داده‌ها نشان می‌دهند که عملکرد چغندرقند 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 عملکردشکر 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 چغندرقند معادل ۰/۹ درصد برآورد شده است(Loel *et al*. 2014). دیگر ارزیابی صورت پذیرفته در خصوص تأثیر اصلاح رقم بر افزایش تولیدشکر نیز مؤید تنها افزایش سالانه یک درصدی عملکردشکر بود (Hanse *et al*. 2018). در مورد سرعت کند روند افزایش عملکرد در واحد سطح چغندرقند در آینده هشدار داده شده است (Pidgeon *et al*. 2001). تحقیقات پیجون و همکاران (Pidgeon *et al*. 2001) نشان داد که میانگین عملکرد چغندرقند در کشورهایی با بازده بالا (مانند فرانسه و بریتانیا) در حال حاضر تقریباً معادل ۸۰ درصد از عملکردپتانسیل 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 چغندرقند در سطح پتانسیل در دیگر قسمت‌های جهان باقی است.

لیدیگ و همکاران (Laidig *et al*. 2014) نشان دادند که چغندرقند علاوه‌بر بهبود ژنتیکی برخلاف سایر گیاهان زراعی، واکنش خوبی نسبت به مدیریت‌های زراعی نشان می‌دهد. ارزیابی عملکردشکر در آزمایش‌های انجام شده توسط موسسه تحقیقات چغندرقند 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 عملکردمزرعه با نرخ معادل ۰/۱۱۲ تن در هکتار در سال به‌واسطه بهبود مدیریت زراعی و مساعد شدن شرایط اقلیمی (تغییرات اقلیمی سودمند برای چغندرقند) و ۰/۱۰۵ تن در هکتار در سال به‌دلیل بهبود ژنتیکی رقم‌های اصلاحی افزایش یافته‌است.

به‌دنبال تغییرات سیاست‌های اتحادیه اروپا در کاهش قیمت خرید چغندرقند 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 چغندرقند در هلند انتخاب شد. طی دو سال ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، کلیه عملیات زراعی در مزارع منتخب ثبت و یادداشت

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 تاریخ‌کاشت و اثرات متقابل بین این عوامل مربوط می‌شد. یک مطالعه در مناطق شمال‌شرق ایران (Mohammadi-Ahmadmahmoudi *et al*. 2020) نشان داده شد عملکرد بالقوه و واقعی چغندرقند 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)، تاریخ‌کاشت (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) عملکردواقعی و عملکردپتانسیل چغندرقند در ایران به‌ترتیب ۴۶/۶۶ و ۱۰۲/۹۹ تُن در هکتار و در نتیجه خلاء عملکرد چغندرقند، ۵۶/۳۲ تُن 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 بیشینه 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 عملکردریشه و عیار قند چغندرقند در سطح مزارع بهاره کشور ایران و تجزیه و تحلیل آنها با استفاده از روش (CPA)، خلاء عملکردریشه و عیارقند تعیین و عامل‌های محدودکننده‌ی عملکرد به همراه سهم هر یک از آنها در ایجاد خلاء، معرفی شدند.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه

این مطالعه در نُه استان، ۳۱ شهرستان و در ۲۲۰ مزرعه‌ی کشاورزان چغندرکار کشور (بهاره) در سال زراعی ۱۳۹۹ انجام شد. استان‌های مورد مطالعه شامل آذربایجان‌غربی، 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 (تربت‌جام) درجه طول شرقی و با ارتفاع بین ۸۰۰ (تربت‌جام) 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 چغندرقند با میانگین عملکردریشه معادل ۶۱/۶ تن در هکتار و عیارقند متوسط ۱۷/۶۰درصد بوده‌اند.

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

جدول ۱مشخصات 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		بویین 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	۱۳۴۹
۱۰		کرمانشاه	۱۱	۳۴/۳۲	۴۷/۰۷	۱۳۵۱
۱۱	آذربایجان‌غربی	پلدشت	۲	۳۹/۳۴	۴۵/۰۶	۷۸۷
۱۲		پیرانشهر	۲	۳۶/۶۹	۴۵/۱۴	۱۴۴۵
۱۳		چاپپاره	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	تربت‌جام	۱۱	۳۵/۲۴	۶۰/۶۲	۹۰۹
۱۸		تربت حیدریه	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		شهر کرد	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 جهادکشاورزی با انتخاب تصادفی کشاورزان، طی فصل رشد ضمن سرکشی به مزارع در مراحل مختلف رشد چغندرقند نسبت به تکمیل پرسش‌نامه تنظیم شده طبق دستورالعمل در ۱۰ مزرعه به ازای هر حوزه در هر کارخانه‌قند در مجموع در حدود ۲۲۰ مزرعه چغندرقند 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، مقرّر 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 موردنیاز 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 سطح‌کشت، تعداد قطعات، تناوب، سابقه کشت چغندرقند و عملکرد و عیار قند در دو سال اخیر)؛ خصوصیات خاکشناسی مزرعه (شامل ماده‌آلی، بافت‌خاک،

میزان‌فشردگی، 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، عملکردریشه، عیارقند 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 ۲۰درصد 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 به‌عنوان 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 اوّلیه ۱۶۸ عدد بود که سرانجام از میان آنها تعداد ۵۳ متغیر به‌عنوان متغیر مستقل در تعیین مدل عملکرد مورداستفاده 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 متغیّرها در مزارع موردبررسی در مدل عملکرد، عملکرد میانگین محاسبه شد. سپس با قرار دادن مناسب‌ترین میزان مشاهده شده متغیّرها (بهترین مقادیر و الگوهای زراعی و مدیریتی به‌کار رفته توسط چغندرکاران) در مدل عملکرد، عملکرد قابل دستیابی محاسبه و از اختلاف میان این دو مقدار، خلاء عملکرد محاسبه شد. در واقع، اختلاف حاصل‌ضرب میانگین مشاهده شده برای هر متغیّر در ضریب آن با حاصل‌ضرب بهترین میزان مشاهده شده برای همان متغیّر در ضریب متغیّر، نشان‌دهنده‌ی میزان خلاء عملکرد ناشی از آن متغیّر است. مقادیر بهینه با توجّه 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 به‌صورت درصد نمایش داده شد. در نهایت، از طریق مدل به‌دست 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. ۴۶درصد کشاورزان سابقه کمتر از ۱۰ سال چغندرکاری داشتند و تنها ۱۷درصد 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 ۶۰درصد از کشاورزان تنها در یک قطعه اقدام به تولید چغندرقند کردند.

ارزیابی فراوانی کشاورزان از لحاظ فاصله میان دو کشت متوالی چغندرقند نشان داد که حدود شش درصد از کشاورزان مبادرت به کشت متوالی چغندرقند و ۲۶، ۱۹، ۱۳ و ۳۶ درصد کشت متناوب به‌ترتیب با یک، دو، سه و چهار گیاه فاصله کشت می‌کنند. توزیع فراوانی تعداد دفعات حضور

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

نحوه‌ی توزیع کشاورزان چغندرکار بر اساس میانگین عملکردریشه 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 عیارقند طی دو سال پایانی نیز حاکی از وجود دامنه ۲۱/۲۰–۱۲/۰۰ درصد با میانگین کل ۱۷/۲۲درصد بود (جدول ۲). میانگین عیارقند حدود ۶۰درصد از کشاورزان در دو سال پایانی حدود ۱۹–۱۶ درصد، ۲۷درصد از کشاورزان، ۱۳–۱۶ درصد و ۱۲درصد از کشاورزان با میانگین عیارقند ۱۹–۲۲ درصد در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند.

از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی 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 کربن‌آلی خاک مزارع مورد مطالعه در محدوده ۲/۰–۰/۲ درصد با میانگین ۰/۸۸ درصد و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک‌ها در محدوده ۹/۲۱–۰/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۲/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۲). بر اساس طبقه‌بندی جهانی (Brown *et al.* 1954) ۶۲درصد از مزارع با هدایت الکتریکی کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر جزو خاک‌های غیرشور، ۲۲درصد از مزارع با هدایت الکتریکی ۴–۲ دسی‌زیمنس بر متر جزو خاک‌های کم‌شور، ۱۲درصد از خاک‌ها با هدایت اکتریکی ۸–۴ دسی‌زیمنس بر متر جزو خاک‌های شور و تنها ۴درصد از خاک‌ها جزو خاک‌هایی با شوری زیاد طبقه‌بندی شدند. در مزارع مورد مطالعه، واکنش خاک در محدوده ۸/۸۶–۶/۹۸ با میانگین ۷/۸۷ متغیّر بود. بر پایه‌ی طبقه‌بندی صورت پذیرفته توسط سرویس حفاظت از منابع طبیعی (NRCS, USAD) تنها ۷درصد مزارع pH خنثی، ۴۸ درصد مزارع با pH معادل ۷/۸–۷/۴ در محدوده‌ی خاک‌های قلیایی ضعیف، ۴۰درصد با pH معادل ۸/۴–۷/۹ جزو خاک‌های قلیایی متوسط و ۵درصد از خاک‌ها با pH بیش‌از ۸/۵ جزو خاک‌های به‌شدّت قلیایی طبقه‌بندی شدند. مقدار نیتروژن موجود در خاک مزارع چغندرقند در محدوده ۰/۲۰۰–۰/۰۱۲ درصد با میانگین ۰/۰۸۱درصد، میزان فسفر در محدوده ۴/۰–۱/۲۰ قسمت در میلیون با میانگین‌کل معادل ۹/۴۴ قسمت در میلیون و مقدار پتاسیم در محدوده ۶۰۰–۱۳۰ قسمت در میلیون با میانگین 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، ، ۳۴درصد مخلوط با دیگر رقم‌های خارجی و ۳درصد مخلوط با رقم‌های ایرانی کشت کردند و تنها ۵درصد از کشاورزان بذر ایرانی کاشتند. میانگین سن رقم‌های موردکاشت (فاصله بین سال معرفی و سال ۱۳۹۹) در مزارع مورد مطالعه معادل ۸/۶ سال تعیین شد. میانگین تاریخ‌کاشت مزارع مورد مطالعه چغندرقند، ۱۵ فروردین در محدوده‌ی اول اسفند لغایت دوم تیر متغیّر بود (جدول ۲). نتایج این مطالعه نشان داد که حدود ۵۰ درصد کشاورزان و ۵۶ درصد سطح زیرکشت چغندرقند 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 چغندرقند اقدام می‌کنند. بنابراین، کشت ۸۰درصد از مزارع چغندرقند تا پایان فروردین خاتمه می‌یابد. میانگین مقدار بذر مورد استفاده بین کشاورزان، ۲/۶ یونیت در هکتار در محدوده ۴/۰–۱/۲ یونیت در هکتار متفاوت بود. میانگین وزنی تراکم بوته نیز معادل ۸/۶ بوته در مترمربع محاسبه شد (جدول ۲).

بر اساس اطلاعات گردآوری شده در این مطالعه، کشاورزان چغندرکار به‌طور 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) به‌ترتیب معادل ۶۴/۸، ۱۱۸/۹ و ۱۷/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. علاوه براین، کشاورزان ۵۳/۲ روز پس از کاشت اقدام به کاربرد نخستین مرحله از کود سرک نیتروژن (به‌میزان ۱۵۷/۵ کیلوگرم در هکتار) و ۸۲ روز پس از کاشت نسبت به کاربرد ۱۶۷/۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اقدام می‌کنند. علاوه براین، نتایج این مطالعه نشان داد به‌ازای هر هکتار زراعت چغندرقند، کشاورزان ۳/۴۸ لیتر کودهای ریزمغذی مصرف می‌کنند (جدول ۲).

جدول۲ اطلاعات توصیفی مزارع مورد مطالعه چغندرقند بهاره در ایران ـ سال ۱۳۹۹

اختصار	متغیر	واحد	تعداد مشاهدات	مقدار عددی			اختلاف استاندارد	ضریب تغییرات
				حداقل	میانگین	حداکثر		
Long.	طول جغرافیایی	درجه ـ دقیقه	۱۷۵	۴۴/۴۴	۵۳/۱۴	۶۰/۴۷	۵/۱۸	۹/۷۵
Lat.	عرض جغرافیایی	درجه ـ دقیقه	۱۷۵	۲۹/۸۰	۳۴/۹۱	۳۹/۳۲	۲/۲۴	۶/۴۱
Alt.	ارتفاع از سطح دریا	متر	۱۷۵	۸۰۰	۱۳۷۹	۲۴۷۹	۳۹۰/۲۰	۲۸/۳۰
Age	سن کشاورز	سال	۱۷۵	۲۳/۰۰	۴۹/۶۶	۸۰/۰۰	۱۲/۶۴	۲۵/۴۴
Hist. I	سابقه کشت چغندرقند	سال	۱۷۵	۱/۰۰	۱۵/۲۲	۵۰/۰۰	۹/۹۶	۶۵/۴۱
Hist. II	سابقه کشت چغندرقند(۱)	درصد	۱۷۵	۱/۸۵	۲۹/۹۷	۷۱/۴۳	۱۶/۵۷	۵۵/۲۸
Educ.	تحصیلات	سال	۱۷۵	۰/۰۰	۱۰/۴۳	۲۲/۰۰	۴/۶۷	۴۴/۷۸
Area	سطح زیرکشت	هکتار	۱۷۵	۰/۷۵	۸/۲۲	۷۰/۰۰	۱۱/۰۰	۱۳۳/۸۲
NVRS	ارزش عددی تناوب (۲)	–	۱۷۵	۲/۰۰	۵/۳۸	۱۵/۰۰	۲/۸۳	۵۲/۶۵
DTCC	فاصله بین دو کشت متوالی چغندرقند	سال	۱۷۵	۰/۰۰	۲/۴۷	۴/۰۰	۱/۳۶	۵۴/۹۵
SFR	سهم چغندرقند در تناوب پنج‌ساله	درصد	۱۷۵	۲۰/۰۰	۳۷/۰۰	۶۰/۰۰	۰/۱۵	۴۰/۰۰
RYavg.	میانگین عملکرد ریشه طی دو سال اخیر	تن در هکتار	۱۷۵	۱۲/۰۰	۶۲/۱۳	۱۲۵/۰۰	۲۰/۵۴	۳۳/۰۶
SCavg.	میانگین عیار قند طی دو سال اخیر	درصد	۱۷۵	۱۲/۰۰	۱۷/۲۲	۲۱/۲۰	۱/۸۳	۱۰/۶۳
OC	کربن آلی	درصد	۱۷۵	۰/۲۱	۰/۸۸	۱/۹۵	۰/۳۸	۴۳/۱۹
Sand	شن	درصد	۱۷۵	۴/۰۰	۲۷/۸۰	۷۰/۰۰	۱۵/۶۰	۵۶/۱۳
Silt	سیلت	درصد	۱۷۵	۱۶/۰۰	۴۶/۸۷	۷۲/۰۰	۱۴/۱۹	۳۰/۲۷
Clay	رس	درصد	۱۷۵	۱۰/۰۰	۲۷/۲۱	۵۵/۰۰	۹/۰۵	۳۳/۲۶
EC	هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۱۶۴	۰/۳۱	۲/۳۸	۹/۲۱	۲/۱۶	۹۰/۵۶
pH	واکنش خاک	–	۱۷۵	۶/۹۸	۷/۸۷	۸/۸۶	۰/۳۲	۴/۰۳
N	نیتروژن	درصد	۱۷۵	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۲۰	۰/۰۵	۶۰/۷۹
P	فسفر	قسمت در میلیون	۱۷۵	۱/۴۰	۹/۴۴	۲۰/۰۰	۵/۳۱	۵۶/۳۲
K	پتاسیم	قسمت در میلیون	۱۶۶	۱۳۰	۳۴۳	۶۰۰	۱۱۴/۷۹	۳۳/۵۱
FTD	تاریخ اولین شخم	روز پیش از کاشت	۱۷۵	۲	۱۶۲	۳۱۳	۸۱/۴۷	۵۰/۲۲
TSD	فاصله بین شخم ـ کاشت	روز	۱۷۴	۰	۹۳	۲۴۴	۷۰/۱۸	۷۵/۵۸
SD	تاریخ کاشت	روز از اول اسفند	۱۷۵	۰	۴۴	۱۲۱	۳۱/۴۳	۷۰/۷۶
SR	میزان بذر	یونیت در هکتار	۱۷۵	۱/۲۰	۲/۶۰	۴/۰۰	۰/۴۸	۱۸/۵۰
TD	تاریخ تنک	روز پس از کاشت	۱۷۳	۱۶	۴۶	۹۶	۱۸/۰۶	۳۸/۹۴
PPbefore	تراکم بوته (پیش از تنک)	بوته در مترمربع	۱۶۷	۷/۰۰	۲۳/۳۸	۵۷/۰۰	۱۱/۷۱	۵۰/۰۸
PPafter	تراکم نهایی بوته	بوته در مترمربع	۱۷۲	۳/۰۰	۸/۷۱	۱۳/۰۰	۲/۰۶	۲۳/۶۲
IRD	فاصله بین ردیف‌ها	سانتی‌متر	۱۷۵	۳۷/۵۰	۴۹/۳۰	۷۰/۰۰	۵/۳۸	۱۰/۹۲
MR	میزان کاربرد کود دامی	تن در هکتار	۱۷۱	۰/۰۰	۱۰/۵۰	۱۰۰/۰۰	۲۴/۷۸	۲۳۵/۸۹
KR	میزان کاربرد پتاسیم	کیلوگرم در هکتار	۱۷۳	۰/۰۰	۶۴/۷۶	۲۰۰/۰۰	۶۴/۶۷	۹۹/۸۶
PR	میزان کاربرد فسفر	کیلوگرم در هکتار	۱۶۵	۰/۰۰	۱۱۸/۹۰	۳۰۰/۰۰	۸۷/۹۲	۷۳/۹۴
N0R	میزان کاربرد نیتروژن (پیش از کاشت)	کیلوگرم در هکتار	۱۷۵	۰/۰۰	۱۷/۶۵	۲۰۰/۰۰	۳۸/۹۸	۲۲۰/۸۹
N1D	زمان کاربرد نیتروژن (سرک اول)	روز پس از کاشت	۱۷۳	۱/۰۰	۵۳/۲۰	۱۱۸/۰۰	۲۴/۳۷	۴۵/۸۱
N1R	میزان کاربرد نیتروژن (سرک اول)	کیلوگرم در هکتار	۱۶۹	۵۰/۰۰	۱۵۷/۵۱	۳۵۰/۰۰	۶۵/۵۳	۴۱/۶۰

ادامه جدول۲

اختصار	متغیر	واحد	تعداد مشاهدات	مقدار عددی			اختلاف استاندارد	ضریب تغییرات
				حداقل	میانگین	حداکثر		
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	۲۳/۰۰	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	۱۰۵	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 (آولین آبیاری ـ 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 اُفت	درصد	۱۷۵	۱/۰۰	۲/۹۶	۱۵/۵۰	۱/۵۶	۵۲/۵۸

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

(۲) مجموع ارزش تناوبی گیاهان موردکاشت طی چهار سال پیش از زراعت چغندرقند با فرض چغندرقند (صفر)، غلات (۱)، آیش (۲)، گیاهان وجینی (۳)، صیفی‌جات (۴) و بقولات (۵)

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

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

نتایج این مطالعه نشان داد که طول فاروهای آبیاری در مزارع مورد مطالعه چغندرقند معادل ۸۵ متر بود. میانگین آب مصرفی در هر هکتار زراعت چغندرقند 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 چغندرقند 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 چغندرقند 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 چغندرقند معادل ۲۰/۰ درصد بوته‌ها بود و کشاورزان چغندرکار به‌طور متوسط طی دو مرحله شامل ۳۹/۶ و ۸۴/۵ روز پس از کاشت با بهره‌گیری از مجموع ۲/۸۶ لیتر سم آفت‌کش 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 چغندرقند 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 مدّت توقّف محصول در مزرعه چغندرقند به‌ترتیب حدود ۱۱/۴ و ۳/۳۲ روز بود. در سطح مزارع مورد مطالعه، میانگین اُفت کارخانه‌قند برای محصول تحویلی معادل ۲/۹۶ درصد بود (جدول ۲)

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×SL - 14.45×SR - 6.38×PD +

RY=138.45 - 7.07×SL - 14.45×SR - 6.38×PD +

15.08×IM + 8.35×DS - 0.02×ALT. -0.18×SD +

2.17×PPafter - 0.09×N0R - 1.29×RS

SC=7.68 + 0.20×Long. + 0.05×Edc. - 0.75×OM -

0.17×IT + 0.01×IC - 0.03×DL

در مدل‌های فوق:

RY: عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار،

SC: عیار قند برحسب درصد،

SL: تسطیح‌زمین (۱=عالی، ۲= خوب، ۳= متوسط، ۴= بد و ۵= خیلی‌بد)

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)

N0R: 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)

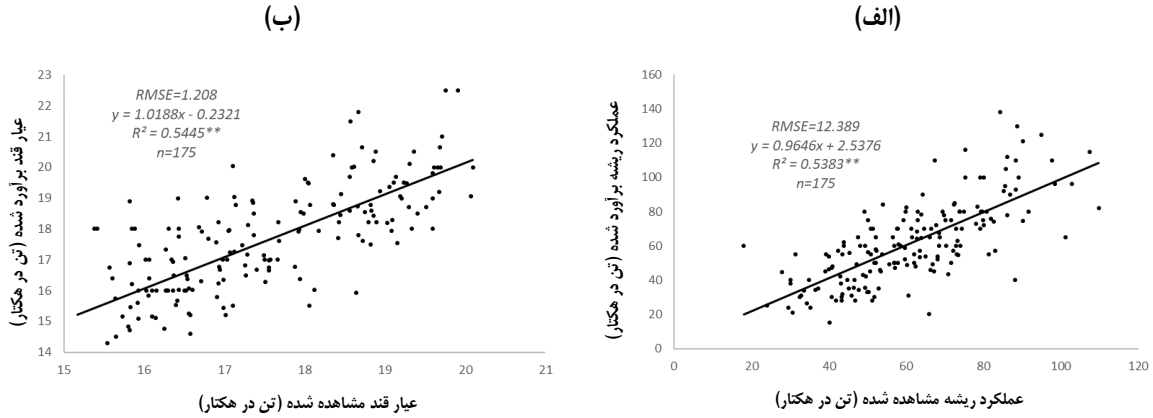
DL: میزان خسارت بیماری‌ها (درصد)

اجزای تشکیل‌دهنده‌ی خلاء عملکردریشه و سهم هر یک از عامل‌های محدودکننده عملکرد نسبت به آن در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین و حداکثر عملکردریشه‌ی کشاورزان مورد مطالعه به‌ترتیب ۶۱/۶۵ و ۱۲۵ تن در هکتار بود. مدل عملکرد (شکل۱ الف)، میانگین و بیشینه عملکردریشه را به‌ترتیب ۶۱/۳۱ و ۱۴۳/۲۹ تن در هکتار برآورد کرد. کل خلاء عملکرد برآورد شده معادل ۸۱/۹۸ تن در هکتار یا ۵۷/۲درصد 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 عملکردریشه، بیشترین تأثیر در ایجاد خلاء عملکردریشه به‌ترتیب به میزان مصرف بذر (۲۴/۶۶درصد)، ارتفاع از سطح دریا (۱۴/۱۰درصد)، تراکم نهایی بوته (۳۴/درصد)، روش آبیاری (۱۰/۳۰درصد)، تاریخ کاشت (۷۷/درصد)، پراکندگی بوته (۷۴/درصد)، تسطیح زمین (۸/۸۲درصد)، ماندن ریشه در مزرعه (۵/۲۴درصد)، تنش خشکی (۴/۱۳درصد) و مقدار نیتروژن پایه (۱/۹۰درصد) ارتباط داشت (جدول ۳ و شکل۲ الف).

میانگین و حداکثر عیارقند در مزارع مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۷/۶۰ و ۲۲/۵۰ درصد بود که مدل برازش‌یافته (شکل ۱ب) میانگین و حداکثر عیارقند را به‌ترتیب ۱۷/۵۸ و ۲۲/۴۶ درصد برآورد کرد (جدول ۴). در واقع، خلاء عیارقند معادل ۲۱/۷درصد برآورد شد و نشان داد که بین عیارقند واقعی کشاورزان با مناسب‌ترین عیارقندی که در صورت مدیریت صحیح زراعی قابل‌دستیابی است معادل ۴/۸۸ واحد فاصله وجود دارد. عمده‌ترین عواملی که موجب کاهش عیارقند شدند به‌ترتیب شامل طول جغرافیایی (۳۰/۱۱درصد)، تعداد آبیاری (۲۳/۹۷درصد)، تاریخ قطع‌آبیاری (۱۹/۰۴درصد)، میزان تحصیلات کشاورز (۱۱/۹۴درصد)، میزان کربن‌آلی موجود در خاک (۱۰/۳۲درصد) و میزان خسارت بیماری‌ها (۴/۶۳درصد) بودند (جدول ۴ و شکل۲ ب).

جدول ۳ کمی کردن خلاء عملکرد ریشه‌ی چغندرقند بهاره

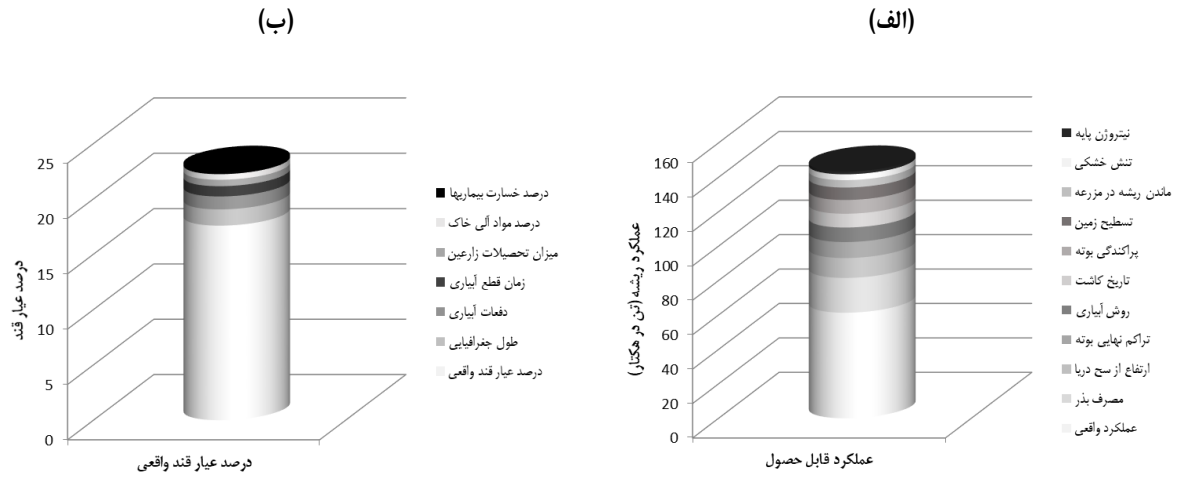
متغیرها	ضریب	مقادیر اندازه‌گیری شده		مقادیر محاسبه‌شده با مدل		اجزای خلاء عملکرد	خلاء عملکرد (درصد)
		میانگین	مطلوب	میانگین	مطلوب		
عرض از مبدأ	۱۳۸/۴۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۳۸/۴۵	۱۳۸/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰
میزان مصرف بذر	−۱۴/۴۵	۲/۶۰	۱/۲۰	−۳۷/۵۵	−۱۷/۳۴	۲۰/۲۱	۲۴/۶۶
ارتفاع از سطح دریا	−۰/۰۲	۱۳۷۹/۰۲	۸۰۰/۰۰	−۲۷/۵۳	−۱۵/۹۷	۱۱/۵۶	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	۱۴۳/۲۹		
خلاء عملکرد برآوردشده						۸۱/۹۸	۱۰۰



شکل ۱رابطه بین مقادیر مشاهده‌شده و برآوردشده (الف) عملکردریشه، (ب) عیارقند و (پ) عملکرد شکرخام چغندرقند بهاره

جدول ۴ کمی کردن خلاء عیار قند چغندرقند بهاره

متغیرها	ضریب	مقادیر اندازه‌گیری شده		مقادیر محاسبه‌شده با مدل		اجزای خلاء عملکرد	خلاء عملکرد(درصد)
		میانگین	مطلوب	میانگین	مطلوب		
عرض از مبدأ	۷/۶۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۷/۶۸	۷/۶۸	۰/۰۰	۰/۰۰
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 تحصیلات	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 چغندرقند بهاره

اجزای خلاء عملکرد ریشه و عیار قند

از مجموع متغیّرهای مورد مطالعه در این تحقیق، ۱۶ متغیّر 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 متغیّرها به موقعیت جغرافیایی مزارع مربوط بوده و قابل مدیریت نیستند. در این میان، دو عامل ارتفاع از سطح دریا و طول جغرافیایی مزرعه که به‌ترتیب 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).

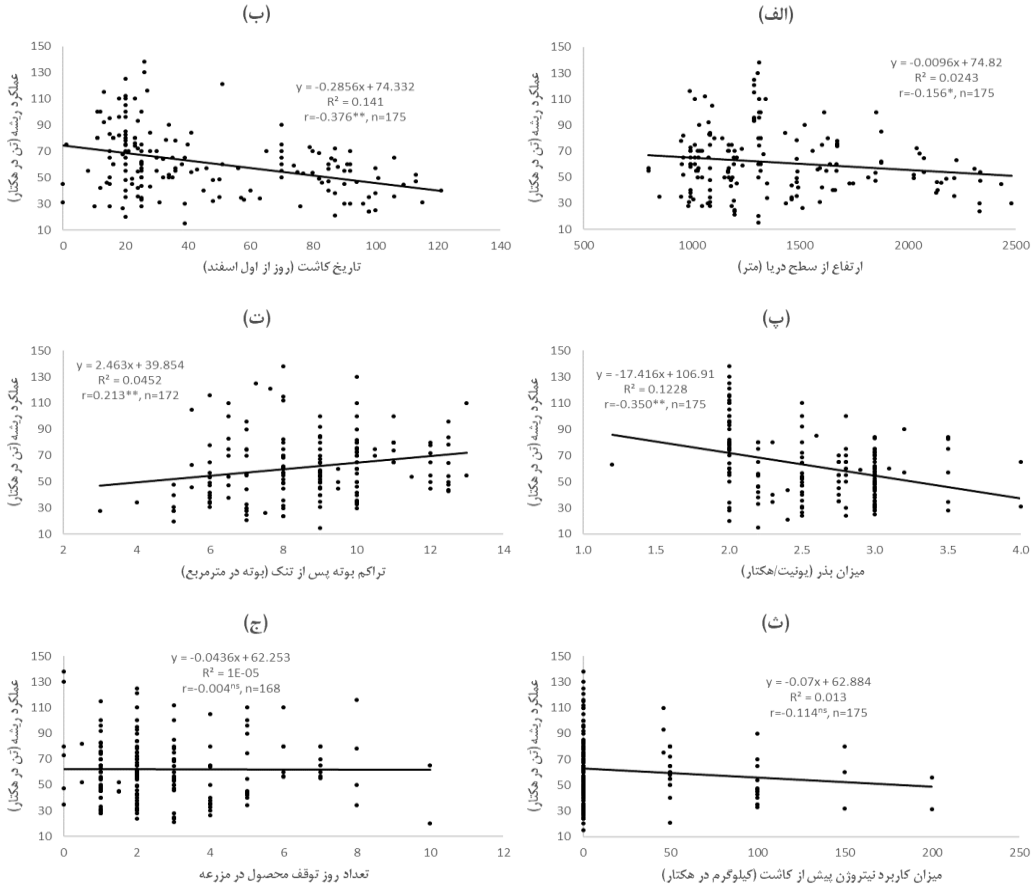
جدول۵ متغیرهای مؤثر بر خلاء عملکردریشه و عیارقند چغندرقندبهاره و سهم هر کدام در ایجاد خلاء

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

تحقیقات مختلف نیز نشان داده‌اند که تفاوت عوامل جغرافیایی ـ 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 افـزایش ارتفـاع بوته بر عملکـردریشه (r= -0.156*) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و کاهشی (شکل۳ الف)، نحوه‌ی تأثیر طول جغرافیایی بر عیارقند نیز حاکی از رابطه‌ی خطی و مثبت (r= +0.647**) این پارامتر جغرافیایی بر افزایش عیارقند همراه با افزایش طول‌جغرافیایی بود (شکل۴ الف). از آنجایی‌که افزایش طول‌جغرافیایی به مفهوم حرکت از سمت غرب به شرق کشور است و با عنایت به این واقعیت که همبستگی ضعیفی میان تغییرات طول‌جغرافیایی و تغییرات مکانی عوامل اقلیمی وجود دارد (Dongsheng *et al*. 2007)، عمدتاً تأثیرات طول‌جغرافیایی بر تغییرات آب و هوایی کاملاً آشکار نیست.

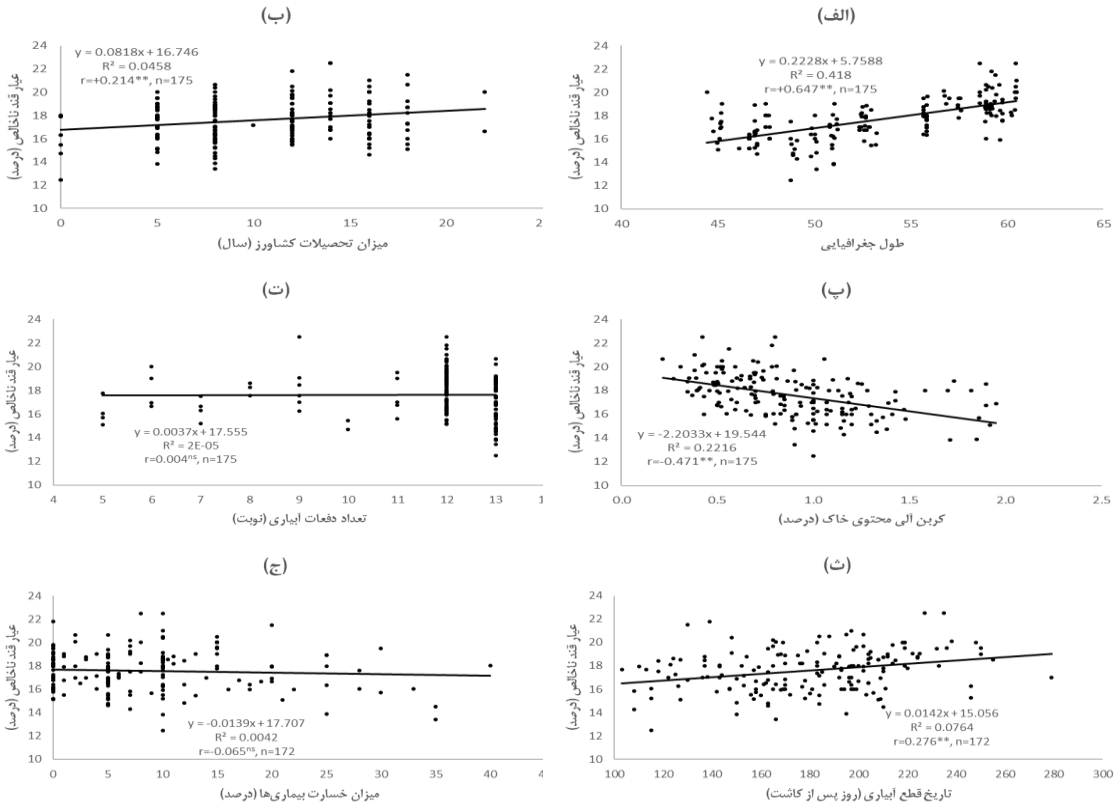
در این مطالعه نیز، تأثیرات طول جغرافیایی بر افزایش عیارقند در مناطق شرقی کشور را می‌توان به پایین بودن میانگین دمای شبانه در زمان رسیدگی تکنولوژیکی در این مناطق از کشور نسبت داد (Ahmadzadeh-Araji *et al*. 2011).

تأثیر میزان تحصیلات کشاورزان که در این مطالعه دلیل ۱۱/۹۴ درصد خلاء عیار قند بود (جدول ۵)، بر عیارقند (r= 0.214**)، مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (شکل۴ ب).



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 موردمطالعه

میزان کربن‌آلی 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 (شکل۴ پ). در واقع، افزایش ماده‌آلی خاک با کاهش عیارقند همراه شد. با وجود آنکه تأثیر مثبت ماده‌آلی 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 موادآلی خاک بر عملکرد، نتایج مطالعات مختلف تا حدودی متناقض است. در حالی‌که مطالعات متعددی رابطه‌ی میان میزان کربن‌آلی خاک و عملکرد را نشان می‌دهند (Culman *et al*. 2013; Moraes Sa *et al*. 2014; Lucas and Weil 2012; Stine and Weil 2002) هنوز مشخص نیست که چه مقدار بازدهی را می‌توان انتظار داشت. تحقیقات نشان می‌دهد که بازده با افزایش میزان موادآلی 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 کلّی احتمالاً نتیجه تعدادی از عوامل متقابل مرتبط با مدیریت، آب و هوا و نوع خاک است که می‌تواند رابطه‌ی میزان موادآلی خاک ـ بازده را مخدوش کند. در واقع، افزایش مقادیر موادآلی 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).



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

در یک مطالعه در شش کشور اروپایی (Vonk *et al*. 2020)، تعداد ۱۲۶۴ کشاورز عملکرد محصول و مقدار موادآلی خاک خود را گزارش کردند. نتیجه حاکی از عدم‌وجود همبستگی ثابت بین عملکرد و میزان موادآلی خاک در گندم، ذرت دانه‌ای، سیب‌زمینی و چغندرقند بود. اما برای چغندرقند، 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 عملکردریشه را به خود اختصاص داده است، در سطح احتمال یک درصد بر عملکردریشه و از آنجا، عملکرد شکرخام تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول ۶). هرچه کیفیت تسطیح خاک قبل از کاشت مناسب‌تر شد، عملکردریشه و شکرخام به‌نحو معنی‌داری نسبت به این موضوع از خود واکنش نشان داد. بیشترین عملکردریشه و شکرخام (به‌ترتیب 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 عملکردریشه و شکرخام به نحو قابل توجّهی (به‌ترتیب معادل ۴۶ و ۴۵ درصد) کاسته شد (جدول ۶).

جدول۶ خلاصه تجزیه واریانس(۱) و مقایسه میانگین(۲) تأثیر شرایط تسطیح مزرعه بر خصوصیات کمی و کیفی و کارآیی مصرف آب جهت تولید محصول چغندرقند

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد شکر	کارآیی مصرف آب برای تولید	
					ریشه	شکر
تسطیح مزرعه	۳	۲۶۴۲/۳۹**	۲/۷۷ ns	۷۴/۷۷**	۱۳/۱۵ ns	۳۵۶۰۹۸/۷۳ ns
اشتباه	۱۷۱	۵۳۴/۹۵	۳/۱۹	۱۷/۳۴	۶/۶۵	۱۸۷۲۱۴/۴۲
ضریب تغییرات (درصد)		۳۷/۵۲	۱۰/۱۵	۳۸/۴۱	۵۰/۸۳	۴۸/۶۵
شرایط تسطیح مزرعه		(تن در هکتار)	(درصد)	(تن در هکتار)	(کیلوگرم/مترمکعب)	(گرم/مترمکعب)
عالی		۷۱/۹۸ a	۱۷/۲۶ a	۱۲/۴۹ a	۵/۶۸ a	۹۸۰/۴۸ a
خوب		۶۰/۶۰ a	۱۷/۷۴ a	۱۰/۷۶ a	۵/۱۲ a	۹۰۴/۳۴ a
متوسط		۵۴/۹۵ ab	۱۷/۶۸ a	۹/۶۰ ab	۴/۴۵ a	۷۸۰/۴۳ a
ضعیف		۳۸/۶۷ b	۱۶/۹۰ a	۶/۸۰ b	۳/۴۴ a	۶۱۵/۶۷ a

(۱) ns، * و ** به‌ترتیب 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 تاریخ‌کاشت با عملکردریشه (شکل۳ ب) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این عامل، ۹/۷۷درصد از خلاء عملکردریشه را به‌خود اختصاص داده است. در همین ارتباط، رابطه‌ی عملکرد کمی و کیفی چغندرقند با عوامل زراعی تاریخ‌کاشت و برداشت خطی و تقریباً موازی گزارش شده‌است (Lauer 1997). این موضوع نشان داد با به تعویق افتادن تاریخ کاشت (نسبت به اول اسفند)، عملکردریشه 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 ۲/۷درصد از پتانسیل عملکردمحصول کاسته می‌شود. این مقدار نسبت به مقادیر گزارش شده پیشین (۵/۲درصد، 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 چغندرقند محسوب می‌شود (Durrant *et al*. 1993; Jaggard *et al*. 1995; Freckleton *et al*. 1999).

تأثیر تاریخ‌کاشت بر عملکردنهایی چغندرقند 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 عدم‌تأثیر تاریخ‌کاشت بر عیارقند (Fortune 2002)؛ گزارش‌های متعددی نیز مؤید افزایش عیارقند در واکنش نسبت به تأخیر در عملیات کاشت است (Malec 1992; Ozturk *et al*. 2008).

ازجمله نتایج این مطالعه می‌توان به تأثیر منفی و معنی‌دار (r=-0.350**) افزایش میزان بذر هکتاری بر عملکردریشه (شکل۳ پ) اشاره کرد که ۲۴/۶۶درصد از خلاء عملکردریشه را به‌خود اختصاص داده‌است (جدول ۵). میانگین بذر مورد کاشت در انگلستان معادل ۱/۲۵ یونیت در هکتار با ضریب استقرار معادل ۸۰درصد است و نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که امکان افزایش عملکرد از طریق افزایش میزان بذر موردکاشت وجود ندارد (BBRO 2018). به‌هرحال، کاشت بذر در حداقل تراکم ممکن برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد (تراکم مطلوب) موجب کاهش هزینه‌های کاشت می‌شود (Board 2000).

سهم جمعیّت گیاهی پس از تنک (نهایی) در خلاء عملکردریشه، معادل ۱۱/۳۴ درصد بود (جدول ۵) و رابطه‌ی خطی و معنی‌داری با عملکردریشه (r=0.213**) نشان داد (شکل۳ ت). رابطه‌ی بین تراکم بوته با عملکردریشه به‌نحوی 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 عملکردریشه افزود و با فرض خطی بودن این تأثیر، به ازای هر یک‌هزار بوته افزایش در هکتار، حدود ۰/۷درصد (۵۹۷/۸ کیلوگرم در هکتار) بر عملکردریشه افزوده شد (Sadeghzadeh Hemayati 2008). گزارش‌های متعددی حاکی از افزایش عملکردریشه به همراه افزایش تراکم‌بوته هستند (Sogut and Aroglu 2004). بنابراین با در نظر گرفتن تغییرات تراکم‌بوته 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 تراکم‌بوته در بیشتر مزارع چغندرقند در کشورهای اروپایی، ۸۰ هزار بوته در هکتار است (Oldemeyer *et al*. 1997). مقایسه‌ی سطوح مختلف تراکم‌بوته (۲۷، ۱۰۸ و ۴۳۰ هزار بوته در هکتار) نشان داده است که در مناطق خشک، بیشترین عملکردقند تقریباً با تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار قابل حصول است (Robinson Worker 1969). در یک پژوهش، مقدار قند قابل‌بازیافت از حدود ۷/۴۰ تن در هکتار طی تراکم ۴۲/۷ هزاربوته در هکتار به حداکثر ۷/۷۹ تن در هکتار در تراکم ۸۸/۶ هزاربوته در هکتار افزایش یافت (Lauer 1995). در مطالعه‌ای دیگر، بیشترین عملکرد ریشه (۵۹/۵۵ تن در هکتار) با تراکم ۸۸/۲ هزاربوته در هکتار به‌دست آمد (Cattanach 1993). جهت دست‌یابی به عملکردریشه و قند بالا، تعداد بوته استقرار یافته باید حدود ۷۰ تا ۱۱۰ هزاربوته در هکتار باشد (Smit 1993; Akinerdem *et al*. 1994; Lauer 1995). در مجموع، در چغندرقند نیز مانند گیاهان دانه‌ای، رابطه‌ی میان تراکم بوته و عملکرد قابل برداشت، سهمی شکل است و با افزایش تراکم و ازآنجا، 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 عملکردریشه اشاره کرد (جدول ۵). در پاسخ به این سؤال که آیا با فرض ثابت بودن تراکم بوته، ایجاد فاصله‌ی یکنواخت بین بوته‌ها می‌تواند مزیت‌نسبی 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

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 غیرهمسان به نحو چشم‌گیری بیشتر شد. در گیاهان دانه‌ای، یکنواختی بوته‌های داخل ردیف‌ها ازطریق یکسان‌سازی رقابت بین بوته‌ها و افزایش کارآیی مصرف موادغذایی، آب و تشعشع خورشیدی بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد (Krall *et al*. 1997).

کاربرد نیتروژن پایه (اوره)، ۱/۹۰ درصد تأثیر منفی بر عملکردریشه داشت (جدول ۵). البته، رابطه‌ی خطی فیما بین مقدار کاربرد نیتروژن پایه (اوره) با عملکردریشه ($r=-0.114^{ns}$) معنی‌دار نشد (شکل ۳ث) 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 چغندرقند نسبت به مقادیر متفاوت نیتروژن برخلاف گندمـ که درجه دوم بودـ خطی بود.

روش مورد استفاده برای آبیاری، ۱۰/۳۰درصد از خلاء عملکردریشه چغندرقند را شامل شد (جدول ۵). در مطالعه حاضر، روش آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر عملکردریشه، عیارقند و شکرخام و در سطح احتمال پنج درصد بر کارآیی مصرف آب جهت تولیدریشه و شکرخام تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول ۷). بیشترین عملکردریشه (۷۵/۰۲ تن در هکتار) با روش آبیاری بارانی، بیشترین عیارقند (۱۸/۴۸ درصد) با روش آبیاری قطره‌ای تیپ و بیشترین عملکرد شکرخام (۱۲/۶۲–۱۱/۸۲ تن در هکتار) با دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای تیپ حاصل شد (جدول ۷). هم‌چنین، بیشترین کارآیی مصرف آب برای تولیدریشه (۵/۹۸–۴/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب) و شکرخام (۱۰۰۳/۶۰–۹۲۳/۳۸ گرم بر مترمکعب) با دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای تیپ به‌دست آمد (جدول ۷). شواهد نشان می‌دهند که آبیاری بارانی باعث افزایش عملکردقند در مقایسه با آبیاری فارویی نمی‌شود (هرچند ممکن است افزایش رشد اندام‌های هوایی چغندرقند 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). بااین‌حال، کارآیی آبیاری بارانی به‌دلیل 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 چغندرقند در آبیاری شیاری معمولی، ثابت و متناوب به‌ترتیب ۷، ۱۱ و ۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. هم‌چنین بیشترین بازده مصرف آب برای تولید شکرخالص (۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی) در تیمار آبیاری جویچه‌ای متناوب به‌دست آمد. بنابراین، به‌ترتیب ۲۳ و ۱۱۷درصد بیشتر از تیمارهای آبیاری شیاری ثابت و معمولی بود. دانهام (Dunham 1993) گزارش می‌کند که در عمل، از تمام روش‌های مختلف آبیاری در مزارع چغندرقند استفاده می‌شود. روش‌ها در تمام موارد براساس شرایط محلی و ملاحظات اقتصادی و نه بر مبنای نیازهای گیاه چغندرقند انتخاب می‌شوند. در نتیجه، در آمریکا، ترکیه و ایران در سطح گسترده‌ای از آبیاری سطحی (به‌روش کرتی و فارویی) و در فرانسه، ایتالیا، اسپانیا و شمال اروپا از سیستم‌های آبیاری پرفشار (سنترپیوت) استفاده می‌شود. شارماسارکار و همکاران (Sharmasarkar *et al*. 2001) در آمریکا دریافتند که عملکردریشه و عیارقند چغندرقند در آبیاری قطره‌ای بیشتر از آبیاری غرقابی بوده و استفاده از آبیاری قطره‌ای باعث صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آب و کود شد.

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

($r=0.004^{ns}$) غیرمعنی‌دار شد (شکل۴ ت) و نشان داد که ارتباط خطی معنی‌داری بین تغییرات تعداد نوبت‌های آبیاری با عیارقند وجود ندارد. مطالعات پیشین نیز نشان می‌دهد که زمان‌بندی آبیاری نقش مهمی در رشدونمو چغندرقند ندارد؛ زیرا این گیاه در هیچ‌کدام از مراحل رشد خود حساسیت بالایی نسبت به تنش آب ندارد (Dunham 1993).

جدول ۷ خلاصه تجزیه واریانس(۱) و مقایسه میانگین(۲) تأثیر روش آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی و کارآیی مصرف آب جهت تولید محصول چغندرقند

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد شکر	کارآیی مصرف آب برای تولید	
					ریشه	شکر
روش آبیاری	۳	۵۴۷۲/۵۲**	۱۶/۸۵**	۱۱۵/۳۷**	۲۴/۰۶*	۴۴۸۴۲۱/۶۶*
اشتباه	۱۷۱	۴۸۴/۸۰	۲/۹۵	۱۶/۶۹	۶/۴۷	۱۸۵۵۸۲/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۳۵/۷۰	۹/۷۵	۳۷/۶۸	۵۰/۰۸	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 قطره‌ای (تیپ)		۶۳/۳۵ b	۱۸/۴۸ a	۱۱/۸۲ ab	۴/۹۳ ab	۹۲۳/۳۸ ab

(۱) ns، * و ** به‌ترتیب 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.

تاریخ قطع آبیاری، سهمی معادل ۱۹/۰۴ درصد در ایجاد خلاء عیار قند دارد (جدول ۵) به نحوی که، رابطه‌ی خطی بین تاریخ قطع آبیاری نسبت به کاشت با عیار قند ($r=0.276^{**}$) در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار شد (شکل۴ ث). این موضوع نشان داد با افزایش طول دوره آبیاری بر عیار قند افزوده شده است.

وقوع تنش خشکی طی فصل رشد چغندرقند، سهمی معادل ۴/۱۳درصد در ایجاد خلاء عملکردریشه چغندرقند (۳/۳۹ تن در هکتار) دارد (جدول ۵). نشان داده شده است، حتی در مناطقی که شرایط همیشه خشک نیست، تنش آب می‌تواند حداقل در برخی سال‌ها باعث کاهش عملکرد چغندرقند و یا شکر بشود (مثلاً در فرانسه، Richard-Molard and Cariolle 2001 و در لهستان، Choluj *et al*. 2001). شرایط منطقه‌ای در برخی مناطق کشت چغندرقند (مثلاً کشت این گیاه در خاک‌هایی با ظرفیت بسیار پایین نگه‌داشت آب) باعث می‌شود که آبیاری اهمیت یابد (Zimmermann 1974).

سهم خسارت بیماری‌ها در کاهش عیارقند و مجموع خلاء عیار قند معادل ۴/۶۳ درصد (۰/۲۳ واحد) برآورد شد. تأثیر برخی از عوامل بیماری‌زا در کاهش عیارقند چغندرقند شناخته شده است. به‌عنوان مثال، گزارش شده است در مزارع آلوده به ریزومانیا، عیارقند ریشه‌های تولید شده از ۱۸–۱۶ درصد به کمتر از ۱۰ درصد کاهش یافته است (Scholten 1997). البته، رابطه‌ی خطی میان میزان خسارت ناشی از بیماری‌ها با عیار قند ($r=-0.065^{ns}$) در این مطالعه معنی‌دار نشد (شکل ۴ج). به‌هرحال، حدود ۵۰ درصد از اختلاف عملکردشکر در بین کشاورزان مختلف را می‌توان بر اساس خسارت آفات و بیماری‌ها توجیه کرد (Hanse *et al*. 2018). پتانسیل تلفات محصول ناشی از پاتوژن‌های قارچی (به ویژه *Cercospora beticola*) ویروس‌ها و حشرات نیز در میان مناطق؛ در سراسر جهان به ترتیب حدود ۱۴، هفت و ۱۲ درصد گزارش شده است. بیماری‌های ویروسی (زردی چغندر، سیاهرگ زرد نکروزه چغندر و غیره) و نماتد سیست همچنان نقش مهمی در تولید چغندرقند ایفا می‌کنند زیرا کنترل این آفات هنوز در بسیاری از مناطق دشوار است. در سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸، تلفات با وجود حفاظت از محصول، ۲۶ درصد از تولید قابل دستیابی را به خود

اختصاص داد که هشت درصد آن به پاتوژن‌های قارچی بالاترین نسبت را داشت (Oerke and Dehne 2004).

در نهایت، ۵/۲۴ درصد از خلاء عملکردریشه 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 (شکل۳ 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 (Tscernjawskaja Chelemski 1997; Akeson 1981). در اثر نگه‌داری چغندرقند در سیلوی کنار مزرعه و هم‌چنین در سیلوی کارخانه‌قند در شرایط گرم مدیترانه‌ای در ایتالیا، ضایعات بین ۵-۴ کیلوگرم/تن/ روز گزارش شده است (Mantovani and Vaccari 1990). ضایعات ناشی از تنفس ریشه چغندرقند با دما رابطه مثبت و غیرخطی دارد (Vander Poel *et al*. 1998).

نتیجه‌گیری

بر اساس مدل‌های تولیدی حاصل از نتایج این مطالعه، خلاء عملکردریشه معادل ۸۱/۹۸ تن در هکتار (یا ۵۷/۲درصد) و خلاء عیارقند معادل ۴/۸۸ واحد (یا ۲۱/۷درصد) برآورد شد. در این میان، دو عامل فیزیوگرافیکی ارتفاع از سطح دریا و طول‌جغرافیایی به‌ترتیب ۱۴/۱۰ و ۳۰/۱۱ درصد از خلاء عملکردریشه و عیارقند و عامل اجتماعی میزان تحصیلات کشاورز حدود ۱۱/۹۴ درصد از خلاء عیارقند را به‌خود اختصاص داد. در بین عوامل مربوط به مدیریت زراعی مؤثر بر خلاء عملکردریشه، میزان مصرف بذر، تراکم نهایی بوته، روش آبیاری، تاریخ‌کاشت، پراکندگی بوته، تسطیح زمین، ماندن ریشه در مزرعه، تنش خشکی و مقدار نیتروژن پایه به‌ترتیب 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 عملکردریشه (۸۱/۹۸ تن در هکتار) را برعهده داشتند. در ارتباط با خلاء عیارقند نیز عوامل مدیریتی شامل تعداد آبیاری، تاریخ قطع آبیاری، میزان کربن‌آلی موجود در خاک و میزان خسارت بیماری‌ها به‌ترتیب ۲۳/۹۷، ۱۹/۰۴، ۱۰/۳۲ و ۴/۶۳ درصد از خلاء عیارقند (۴/۸۸ واحد) را تشکیل دادند. جهت تعیین حد بهینه و کاربردی عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکردریشه و عیار قند با استفاده از روش آنالیز خط مرزی (Boundary line analysis) (نتایج نشان داده نشده‌است) حداقل نرخ بهینه تراکم‌بوته معادل ۱۰ بوته در مترمربع، مقدار کربن‌آلی 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 محدودکننده‌ی عملکردریشه 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 عملکردریشه 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.

منابع مورد استفاده

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]**

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:110.22092/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 Agicultural and Forestry. 1994; 18: 21-25.

Bauer A, Black AL. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity, Soil Sciences Soceity 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/jagee.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 Agicultural 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. Camberidge. 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, Monteral, 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, Tijink 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/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, Märländer 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/jeja.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.

Märländer 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-Ahmadmahmoudi 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, Ajamnorozei 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.

Özturk 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 Soceity 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 contraints 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]**

Tschernjawskaja 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/jfcr.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, Ruysschaert 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.