دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱

ارزیابی فواصل ردیف کاشت و بوته بر روی ردیف کاشت در کشت تاخیری چغندرقند در منطقه کرج

رضا اسمعیلی[۱]، رحیم محمدیان[۲]*، حسین حیدری شریف‌آباد[۱]، قربان نورمحمدی[۱]

۱ -گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲ -موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی :r_mohammadian@hotmail.com

(تاریخ دریافت:۱۰ شهریورماه۱۴۰۱ ، تاریخ پذیرش: ۲۵ آذرماه ۱۴۰۱)

(این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده نخست می‌باشد)

چکیده

از آنجایکه عملکرد چغندرقند تحت تاثیر طول دوره رشد و مدیریت زراعی می‌باشد، این آزمایش برای بررسی کشت تاخیری در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ با دو تیمار فواصل ردیف کاشت با دو سطح ۲۵ و ۴۰ سانتیمتر (کرت اصلی) و سه سطح فواصل بوته روی ردیف کاشت با استفاده از ۱/۷، ۲/۴ و ۳/۱ یونیت در هکتار بذر (کرت فرعی) به صورت کرت‌های خرد شده (RCBD) در چهار تکرار اجرا شد. با اضافه شدن تیمار تاریخ برداشت با دو سطح تاریخ برداشت متعارف و تاخیری در سال دوم، طرح آماری به کرت‌های خرد شده فاکتوریل تغییر یافت (فواصل بوته روی ردیف و تاریخ برداشت به صورت فاکتوریل). بیشترین درصد قند خالص و پتاسیم در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر بدست آمد. در سال دوم کاهش ۳۷ درصدی تعداد ریشه نهایی نسبت به سال اول باعث کاهش ۲۵ درصد عملکرد ریشه، ۳۱ درصد عملکرد قند خالص و ۲۱ درصد کارایی آب آبیاری شد. بر خلاف سال اول اثر فواصل بوته روی ردیف کاشت بر صفاتی همچون عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص و کارایی آب آبیاری معنی‌دار نگردید، در حالیکه در هیچ یک از دو سال بر درصد قند خالص اثر معنی‌دار نداشت. با تاخیر در برداشت افزایش عملکرد قند خالص و کارایی آب آبیاری به ترتیب برابر ۳۲ و ۱۶ درصد بود. از اینرو در این آزمایش، فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر و فاصله بوته روی ردیف ۲۲ سانتیمتر (۲/۴ بونیت) برای منطقه کرج توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، فواصل بوته روی ردیف، فواصل ردیف کاشت، کارایی آب آبیاری

مقدمه

با روند کاهش دسترسی به نهاده‌های کشاورزی (بویژه آب و خاک) و افزایش تقاضای تولیدات کشاورزی از جمله قند، تولید حداکثری محصولات کشاورزی با کمترین مقدار مصرف نهاده مورد توجه قرار گرفته است. با کاهش طول دوره رشد بوسیله کشت تاخیری میزان مصرف این نهاده‌ها کاهش می‌یابد، اما این امر موجب کاهش عملکرد اقتصادی محصول نیز می‌شود. با علم به اینکه در ایران کشت بهاره چغندرقند بیشتر مرسوم می‌باشد، میزان عملکرد و توامان مصرف آب نیز بدلیل دوره رشد طولانی بسیار زیاد می‌باشد. بنابراین با استفاده از مدیریت زراعی مناسب از جمله استفاده از جمعیت گیاهی مطلوب (که تحت تاثیر مقدار آب و مواد غذایی در دسترس، نور خورشید، طول فصل رشد، اندازه بالقوه گیاه، و ظرفیت گیاه برای تغییر شکل در پاسخ به شرایط محیطی متفاوت است) تا نقطه‌ای که منجر به رسیدگی بهتر بدون افزایش نرخ مرگ و میر بوته‌ها گردد (۲۰)، باعث افزایش مقدار محصول بدست آمده و به تبع آن افزایش ظرفیت کارایی آب آبیاری می‌شود (۲۲ و ۳۰). از آنجا که فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها تعیین کننده فضای رشد گیاهان می‌باشند؛ عوامل کلیدی بر جذب تشعشع، عملکرد و کیفیت هستند. این عوامل با تاثیرگذاری بر ساختار کانوپی توسط اصلاح اجزای اندام هوایی (اندازه برگ) بر شاخص سطح برگ، جذب نور، مدت زمان دریافت کل نور توسط کانوپی و تولید ماده خشک کل اثر می‌گذارند (۲۹). از اینرو تشکیل کانوپی ابتدایی در ماه‌هایی با تشعشع خورشیدی بالا، باعث افزایش تولید زیست توده می‌گردد (۱۹). هر چند که در چغندرقند محدودیت‌های ناشی از عدم همزمانی در دریافت حداکثر میزان تابش با پوشش کامل کانوپی و تقاضای زیاد آب نیز وجود دارد (۱۷). بطور کلی جمعیت گیاهی در سطح مزرعه عامل اصلی در تعیین کمیت و کیفیت ریشه چغندرقند محسوب می شود (۲۴). زیرا زمانی که جمعیت گیاهی به بیش از حد نرمال برسد؛ رقابت افزایش یافته، رشد گیاه کند شده و عملکرد کاهش می‌یابد (۱۰)، اما انتظار می رود با جمعیت گیاهی مطلوب حداکثر عملکرد به همراه استفاده بهینه از منابع در صورت تحقق تمام ورودی های دیگر تولید فراهم آید. با توجه به اینکه با مدیریت صحیح زراعی، عملکرد پتانسیل مرتبط با میزان تشعشع خورشیدی دریافتی در طول دوره رشد (حد فاصل تاریخ کاشت و برداشت) است (۱۵)، در تاریخ کاشت دیرهنگام با کاهش دوره رشد عملکرد نیز کاهش می‌یابد (۱۶). بدین دلیل تاریخ برداشت در چغندرقند عامل مهمی است که بر زمان رسیدگی و کیفیت شربت به صورت مستقیم اثر گذار است (۶)، زیرا ثابت شده که تاخیر در برداشت باعث افزایش عملکرد ریشه و قند و درصد قند می‌گردد (۹). هدف این آزمایش بررسی امکان کشت تاخیری چغندرقند با استفاده از یک رقم خارجی(فوتورا) با ویژگی دوره رشد کوتاه و روش‌های به زراعی (و استفاده از آبیاری نواری-قطره‌ای) برای تولید حداکثری عملکرد کمی و کیفی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند کرج، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا اجرا شد. آب و هوای منطقه آزمایش مدیترانه‌ای با زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و

خشک و همچنین ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک می‌باشد. جدول شماره (۱) بیانگر ویژگی‌های آب و هوایی و خاک مزرعه محل آزمایش می‌باشد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و پارامترهای آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

سال	عمق نمونه خاک (سانتیمتر)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتیمتر)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	آمونیوم (بخش در هر میلیون)	نیترات (بخش در هر میلیون)	ماده آلی خاک (٪)	بافت خاک
۱۳۹۵	۰-۳۰	۸/۰۸	۱/۱۱	۳۱/۴	۵۶۶	۱۸/۲	۷/۳	۰/۸	لوم
	۳۰-۶۰	۸/۱۱	۱/۳۴	۱۲/۲	۵۳۵	۲۰/۳	۵/۳	۰/۸	لوم
۱۳۹۶	۰-۳۰	۷/۲۵	۱/۹۶	۷/۸	۲۵۶	۲۰/۷	۴/۹	۰/۸	لوم
	۳۰-۶۰	۷/۳۵	۱/۵۲	۶/۳	۲۴۱	۱۶/۷	۴/۸	۰/۷	لوم

میانگین دمای حداقل (اعداد ردیف بالا) و حداکثر (اعداد ردیف پایین) در سال ۱۳۹۵				میانگین دمای حداقل (اعداد ردیف بالا) و حداکثر (اعداد ردیف پایین) در سال ۱۳۹۶				
تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
۱۹/۳	۱۸/۷	۱۶/۹	۱۱/۱	۷/۰	۱۹/۶	۱۹/۹	۱۷/۶	۱۰/۴	۱۰/۲
۳۵/۷	۳۵/۲	۳۲/۸	۲۵/۳	۱۸/۹	۳۵/۷	۳۵/۹	۳۳/۲	۲۴/۴	۲۱/۵

در سال اول، آزمایش به صورت کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با فاکتورهای فاصله ردیف‌های کاشت (فاصله داخلی هر جفت ردیف) شامل دو سطح ۲۵ و ۴۰ سانتیمتر (در هر دو فاصله ردیف کاشت، فاصله بین دو جفت ردیف به صورت یکسان ۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد) به عنوان کرت اصلی (شکل ۱) و فواصل بوته‌ها روی ردیف کاشت با استفاده از ۱/۷، ۲/۴ و ۳/۱ یونیت در هکتار بذر با هدف دستیابی به تعداد بوته مورد انتظار در هکتار با سه سطح ۹۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ هزار بوته در هکتار بود به عنوان کرت فرعی اجرا شد (جدول ۲). در جداول و متن از سه سطح جمعیت گیاهی بالا (۹۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ هزار بوته در هکتار) برای درک آسان‌تر مطالب استفاده شده است. در سال دوم نیز فاکتور تاریخ برداشت با دو سطح تاریخ برداشت متعارف (۳ آبان) و تاریخ برداشت تاخیری (۲۸ آبان) به آزمایش اضافه شد و طرح آماری آن به کرت های خرد شده فاکتوریل با چهار تکرار تغییر نمود.

شکل ۱- سمت راست فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر و سمت چپ فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر

در مرحله خاک‌ورزی با استفاده از نتایج آزمون خاک مقدار مورد نیاز کود فسفر به خاک اضافه شد. کود نیتروژن نیز به صورت کود آبیاری در سه مرحله با فواصل ۱۰ روز به خاک اضافه گردید. عملیات کشت در هر دو سال در اوایل تیر ماه انجام شد. هر کرت آزمایشی با ردیف‌های کاشت به طول پنج و ۱۰ متر به ترتیب سال آزمایش در چهار خط کشت تعریف شد. رقم منوژرم فوتورا (Futura) با خصوصیت دوره رشد کوتاه (براساس ادعای شرکت تولید کننده بذر Syngenta Company) در دو سال مورد استفاده قرار گرفت. در مورد آبیاری نیز نوارها (با قطر ۱۶ میلی‌متر و قطره چکان‌هایی با فاصله ۲۰ سانتیمتر دارای نرخ آبدهی یک لیتر در ساعت) در وسط دو خط میانی (با فاصله ۲۵ و ۴۰ سانتیمتر) ردیف‌های کاشت مستقر شد. دور آبیاری در دو سال آزمایش به صورت مشابه سه روز در میان بود.

جدول ۲- مقادیر و فواصل بذور کشت شده در دو فاصله ردیف کاشت و تعداد بوته مورد انتظار و مقدار آب آبیاری مصرف شده

فواصل ردیف‌های کاشت (سانتیمتر)	مقادیر بذور مصرفی (یونیت در هکتار)	فواصل بذور روی ردیف کاشت (سانتیمتر)	مقادیر بذور کشت شده (تعداد در هکتار)	فواصل بوته مورد انتظار (سانتیمتر)	تعداد بوته مورد انتظار (تعداد در هکتار)	مقدار آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) ۱۳۹۵	۱۳۹۶
۲۵	۱/۷	۱۴/۵	۱۸۳۹۰۸	۲۹	۹۱۹۵۴	۹۶۱۸	۸۸۲۳
	۲/۴	۱۱	۲۴۲۴۲۴	۲۲	۱۲۱۲۱۲		
	۳/۱	۸/۵	۳۱۳۷۲۵	۱۷	۱۵۶۸۶۳		۹۲۸۹″
۴۰	۱/۷	۱۲/۵	۱۷۷۷۷۸	۲۵	۸۸۸۸۹	۹۴۳۹	۹۳۹۰
	۲/۴	۹	۲۴۶۹۱۴	۱۸	۱۲۳۴۵۷		
	۳/۱	۷	۳۱۷۴۶۰	۱۴	۱۵۸۷۳۰		۹۸۸۴″

″، مقدار آب آبیاری مصرف شده در برداشت تاخیری در سال دوم (۱۳۹۶) می‌باشد.

در مورد فاصله بذور بر روی ردیف کاشت در فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر به ترتیب تراکم بوته هدف فاصله ۱۴/۵، ۱۱ و ۸/۵ سانتیمتر و در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر به ترتیب ۱۲/۵، نه و هفت سانتیمتر با استفاده از وسیله طراحی شده برای همین کشت به صورت دستی ایجاد شد. سپس برای دستیابی به جمعیت گیاهی مورد نظر با حذف یک در میان بوته‌های سبز شده فواصل بوته‌ها بر روی ردیف‌ها دو برابر شد. مقدار بذر مصرفی و تراکم های مورد انتظار در هر فاصله ردیف کاشت در جدول (۲) نشان داده شده است. در زمان برداشت نیز بوته‌های دو خط میانی برداشت شده و ریشه‌ها بعد از حذف طوقه به لحاظ تعداد و وزن مجموع مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از شستشو ۱۵ ریشه به صورت تصادفی انتخاب و تک‌ریشه‌ها توزین شدند. در آزمایشگاه خمیر ریشه‌ها تهیه و درصد قند آنها به روش پلاریمتری، و مقدار عناصر مضره نیز به روش فلیم فتومتری و کاغذ آبی محاسبه شد (۲۱). کارایی آب آبیاری نیز بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (۲۵).

$$IWUE = \frac{SY}{I}$$

در معادله فوق IWUE: کارایی آب آبیاری برحسب کیلوگرم بر مترمکعب؛ SY: عملکرد قند ناخالص برحسب کیلوگرم بر مترمربع و I: حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب می‌باشد. با توجه به عدم یکنواختی واریانس خطا (در آزمون K_{max} هارتلی) تجزیه واریانس مرکب داده‌ها صورت نگرفت و نتایج به صورت سالانه و با طرح آماری یکسان تجزیه و سپس تحلیل گردید. همچنین با توجه به عدم معنی‌داری اثر متقابل تعداد بالای از صفات در نتایج و بحث به اثر ساده تیمارها توجه شد. از طرف دیگر صفاتی که در سال دوم بر اساس تاریخ برداشت مورد بررسی قرار گرفتند نیز اثر ساده آنها با طرح آماری کرت‌های خرد شده فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد) با استفاده از نرم افزار SAS ver.9.4 انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد ریشه در هکتار

در نتایج تجزیه واریانس تنها عامل فاصله بوته روی ردیف بر تعداد ریشه نهایی در هر دو سال اثر معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) داشت (جدول ۳). در دو سال آزمایش با وجود عدم معنی‌داری، مقدار بیشتر تعداد ریشه از فاصله ردیف کاشت ۲۵ سانتیمتر در مقایسه با فاصله ردیف کاشت ۴۰ سانتیمتر به ترتیب سال با افزایش ۱۲/۷ و ۱۰/۷ درصدی (تقریبا ۱۵ و هشت هزار بوته در هکتار) بدست آمد (جدول ۴). علت این واکنش می‌تواند در فراهمی بهتر رطوبت در زمان جوانه‌زنی بدلیل فاصله کمتر بذور تا نوار آبیاری (۱۲/۵ سانتیمتر) در فاصله ردیف کاشت ۲۵ سانتیمتر باشد. گزارش شده که از میان دو فاصله ردیف کاشت ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر در دو سال زراعی به صورت مشابه بیشترین تعداد بوته از فاصله ردیف باریک‌تر بدست آمده در حالی که مقدار عملکرد در دو سال همچون این آزمایش عکس یکدیگر مشاهد شده است (۱۳).

در مقایسه میانگین اثر فاصله بوته روی ردیف کاشت در دو سال آزمایش به صورت مشابه بیشترین تعداد ریشه از کمترین فاصله بوته روی ردیف (به ترتیب سال و تقریبی ۱۵۲ و ۹۹ هزار بوته در هکتار) در بالاترین سطح آماری بدست آمد (جدول ۴). سطح دوم فاصله بوته روی ردیف در سطح میانی آماری و بیشترین فاصله بوته روی ردیف کمترین مقدار بوته (به ترتیب سال و تقریبی ۹۶ و ۶۰ هزار بوته در هکتار) را در پایین‌ترین سطح آماری نشان داد. به طور کلی اختلاف میانگین سه سطح فاصله بوته روی ردیف کاشت در سال دوم ۴۶ هزار بوته و به عبارتی ۳۶/۸ درصد کمتر از سال اول بود. این اختلاف ناشی از شرایط نامساعد آب و هوایی در زمان جوانه‌زنی در سال دوم بود که با افزایش دمای هوا (با میانگین دمای ۳۸/۲ درجه سانتیگراد در ۷ روز ابتدای کاشت) باعث از بین رفتن جوانه‌ها و کاهش شدید بوته‌ها گردید. از آنجا که استقرار و جمعیت گیاهی بسیار تحت تاثیر مقدار جوانه زنی می‌باشد (تعیین کننده تعداد ریشه نهایی) (۹)، معمولا در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام بوته‌های مستقر شده نیز کاهش می‌یابد (۱۶). در مجموع از آنجا که تعداد بوته در مزرعه بر عملکرد اثر معنی‌دار دارد، شکل‌گیری این تراکم وابسته به مقدار بذر مصرفی و فاصله ردیف کاشت می‌باشد (۳۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات تعداد ریشه نهایی، میانگین وزن تک‌ریشه و عملکرد ریشه در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد ریشه نهایی		میانگین مربعات میانگین وزن تک‌ریشه		عملکرد ریشه	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
تکرار	۳	۴۳۸*	۱۲۰۴**	۷۵۹۰^{ns}	۴۵۱۹۵^{ns}	۱۸/۳۸^{ns}	۲۳۸/۲۹^{ns}
فواصل ردیف کاشت (A)	۱	۱۳۳۷^{ns}	۳۸۶^{ns}	۶۹۷۶۸*	۴۲۹۳^{ns}	۴/۱۰^{ns}	۱۹۵/۹۷^{ns}
تکرار*فواصل ردیف کاشت	۳	۲۳۱	۱۶۷	۴۷۵۷	۲۳۴۹۰	۵۱/۲۱	۳۴۶/۳۵
فواصل بوته روی ردیف کاشت (B)	۲	۶۴۰۷**	۳۱۶۴**	۶۲۲۹۴**	۱۸۲۸۰۹**	۹۹/۳۵*	۵۵/۸۱^{ns}
A*B	۲	۴۶^{ns}	۱۴۰۷**	۷۹۶۵^{ns}	۱۳۶۹۰۶*	۲۳/۹۲^{ns}	۱۵/۹۴^{ns}
خطا	۱۲	۱۰۷	۱۳۵	۴۴۳۶	۲۵۹۴۶	۲۲/۳۸	۱۰۰/۶۸
ضریب تغییرات		۸/۲۵	۱۴/۶۷	۱۰/۶۷	۲۰/۵۱	۷/۳۶	۲۱/۰۰

اعداد گزارش شده در تجزیه واریانس برای تعداد ریشه نهایی تقسیم بر یک میلیون می‌باشد؛ ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده فواصل ردیف کاشت، فواصل بوته روی ردیف کاشت (در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) و تاریخ برداشت (در سال زراعی ۱۳۹۶) بر تعداد ریشه نهایی، میانگین وزن تک‌ریشه و عملکرد ریشه

تیمارهای آزمایش		تعداد ریشه نهایی (تعداد در هکتار)		میانگین وزن تک‌ریشه (گرم)		عملکرد ریشه (تن در هکتار)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
فواصل ردیف کاشت (A)	۲۵	۱۳۲۸۸۹^{a}	۸۳۳۳۳^{a}	۵۷۱^{b}	۷۹۹^{a}	۶۳/۸۸^{a}	۵۰/۶۴^{a}
	۴۰	۱۱۷۹۶۳^{a}	۷۵۳۰۹^{a}	۶۷۸^{a}	۷۷۲^{a}	۶۴/۷۱^{a}	۴۴/۹۲^{a}
	۹۰	۹۶۰۰۰^{c}	۵۹۵۸۴^{c}	۷۰۷^{a}	۹۴۰^{a}	۶۰/۲۶^{b}	۴۴/۷۶^{a}
فواصل بوته روی ردیف (B)	۱۲۰	۱۲۷۸۳۳^{b}	۷۹۰۲۸^{b}	۶۳۵^{a}	۷۷۹^{ab}	۶۵/۸۶^{a}	۴۸/۹۰^{a}
	۱۶۰	۱۵۲۴۴۴^{a}	۹۹۳۵۲^{a}	۵۳۱^{b}	۶۳۸^{b}	۶۶/۷۶^{a}	۴۹/۶۸^{a}
تاریخ برداشت	متعارف	---		۷۸۵^{a}		۴۷/۷۸^{a}	
	تاخیری	---		۷۷۵^{a}		۴۹/۷۲^{a}	

فواصل ردیف کاشت به سانتیمتر و فواصل بوته روی ردیف برای هر تراکم با واحد هزار بوته در هکتار؛ اعداد با حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشند.

میانگین وزن تک‌ریشه و عملکرد ریشه

اثر فاصله ردیف کاشت بر میانگین وزن تک‌ریشه در سال اول به لحاظ آماری معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود، اما بر عملکرد ریشه در هیچ یک از سال‌ها اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۳). اثر فاصله بوته روی ردیف کاشت نیز بر میانگین وزن تک‌ریشه در دو سال به صورت مشابه و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و بر عملکرد ریشه تنها در سال اول معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) گردید (جدول ۳). در مقایسه میانگین صفت میانگین وزن تک‌ریشه در سال اول فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر با مقدار ۶۷۸ گرم (۱۸/۹ درصد سنگین‌تر از فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر) در سطح آماری بالاتری قرار گرفت. اما در سال دوم بر خلاف نتایج سال اول فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر با ۷۹۹ گرم (۳/۵ درصد سنگین‌تر از فاصله ردیف ۴۰

سانتیمتر) بدون اختلاف آماری دارای وزن تک‌ریشه بیشتر بود. در دو سال آزمایش نتایج عملکرد ریشه مشابه نتایج میانگین وزن تک‌ریشه بدست آمد، هر چند که تحت تاثیر معنی‌دار فاصله ردیف کاشت قرار نگرفت (جدول ۴). در سال اول فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر با ۱/۳ درصد افزایش (با ۶۳/۸۸ تن در هکتار) و در سال دوم فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر با ۱۲/۷ درصد افزایش (با ۴۴/۹۲ تن در هکتار) نسبت به دیگر سطح فاصله ردیف کاشت بدون اختلاف آماری مشاهده شدند. دلیل این تفاوت در دو سال نیز ناشی از تفاوت نرخ بوته بدست آمده در دو سال می‌باشد. بدین صورت که با تعداد بوته تقریبی ۱۳۳ هزار در هکتار در فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر در مقابل ۱۱۸ هزار بوته در هکتار در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر (سال اول) افزایش رقابت در فاصله ردیف کمتر و بهبود شرایط فتوسنتزی (دریافت تشعشع خورشیدی بهتر) در فاصله ردیف عریض‌تر موجب افزایش وزن تک‌ریشه در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر گردید. در صورتی که در سال دوم کاهش تعداد بوته در هر دو فاصله ردیف کاشت بویژه در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر موجب عدم توزیع یکنواخت بوته‌ها در واحد سطح شد و از طرفی با افزایش فضای در دسترس برای هر تک‌بوته، گیاه از رشد برگی بیشتری برخوردار گردید و کاهش وزن تک ریشه را برای فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر بجا گذاشت. از آنجایکه افزایش محتوای ماده خشک ریشه در فواصل ردیف بیشتر گزارش شده است (۴)، اثر افزایش آن بر عملکرد ریشه نیز قابل مشاهده است.

می‌توان چنین استنباط نمود که در سال اول با ۱۵ هزار بوته بیشتر در فاصله ردیف کمتر (۲۵ سانتیمتر) و رسیدن به ۱۳۳ هزار بوته در هکتار، فضای رشد کمتری در اختیار تک‌ریشه‌ها قرار گرفت که همین امر منجر به کاهش ۱۰۸ گرمی میانگین وزن تک‌ریشه‌ها در این فاصله ردیف نسبت به فاصله ردیف بیشتر (۴۰ سانتیمتر) شد. اما در سال دوم کاهش تعداد بوته در هر دو فاصله ردیف کشت (بویژه۴۰ سانتیمتر) باعث تغییر بازخورد در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر با ایجاد فضای رشد بسیار گسترده‌تر برای هر تک بوته گردید و همین امر باعث افزایش رشد برگی و کاهش رشد ریشه‌ها نسبت به فاصله ردیف کمتر (۲۵ سانتیمتر) شد. در گزارشی فاصله ردیف ۷۰ سانتیمتر و فاصله بوته ۲۵ سانتیمتر بزرگترین مقدار وزن‌تر ریشه را در مقابل کشت جفت ردیفه و با فاصله بوته کمتر ایجاد نمود (۲۶). همچنین در گزارش دیگر با افزایش فاصله بین بوته‌ها (از ۱۵ به ۲۵ سانتیمتر) بیشترین مقدار وزن ریشه مشاهده شده است (۳۲). در خصوص عملکرد ریشه نیز در سال اول فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر با عرض کمتر و تعداد بوته بیشتر (تقریبی ۱۳۳ هزار بوته در هکتار) نسبت به فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر (تقریبی ۱۱۸ هزار بوته در هکتار) باعث افزایش رقابت درون گونه‌ای و کاهش عملکرد ریشه گردید. اما در سال دوم تعداد بوته در دو فاصله ردیف کاشت به ترتیب ۸۳ و ۷۵ هزار بوته در هکتار بود. همین امر باعث از بین رفتن مسئله رقابت در فاصله ردیف با عرض کمتر شد و عملکرد ریشه از اثر تعداد بوته بیشتر پیروی کرد. اثر متفاوت عملکرد در دو سال در دو فاصله ردیف باریک و عریض با دو نتیجه متفاوت همچون نتایج ما گزارش شده است (۱۳). به علاوه با افزایش فاصله ردیف (به بیش از ۵۰ سانتیمتر) و با کاهش فاصله روی ردیف بوته‌ها (به کمتر از ۲۰ سانتیمتر) کاهش مقدار عملکرد ریشه بدست آمده است (۸). همچنین بیان شده که در کشت‌های با فواصل بوته زیاد (غیر یکنواخت) و طول دوره رشد کوتاه، عملکرد تحت اثر منفی تعداد کم بوته و دوره رشد ناکافی قرار می‌گیرد (۹).

با مقایسه میانگین اثر فاصله بوته روی ردیف کاشت بر صفت میانگین وزن تک‌ریشه و عملکرد ریشه در هر دو سال به صورت مشابه با کاهش فاصله بوته روی ردیف، کاهش معنی‌دار میانگین وزن تک‌ریشه و افزایش عملکرد ریشه (تنها در سال اول معنی‌دار) مشاهده شد (جدول ۴). بنابراین در هر دو سال بیشترین مقادیر میانگین وزن تک‌ریشه از بیشترین فاصله بوته روی ردیف کاشت نسبت به کمترین فاصله روی ردیف (به ترتیب سال با ۳۳ و ۴۷/۴ درصد افزایش) به صورت معنی‌دار بدست آمد. بطور متوسط در هر دو سال با کاهش فاصله بوته به کمترین سطح نسبت به بیشترین فاصله بوته روی ردیف افزایش ۱۱ درصدی عملکرد ریشه بدست آمد. دلیل کاهش مقادیر وزن ریشه با کاهش فاصله بوته روی ردیف کاشت را می‌توان به رقابت درون گونه‌ای و تغییر تولید و توزیع مواد فتوسنتزی در تک گیاه با توجه به تغییر فضای میکروکلیمای و ادافیکی مرتبط دانست (۳۱). کاهش مقدار وزن ریشه با افزایش جمعیت گیاهی نیز گزارش شده است (۲۰). در سال اول در بازه ۱۲۸-۹۶ هزار بوته در هکتار (سطح اول و دوم فاصله بوته روی ردیف) باعث تشدید رقابت میان بوته‌ها نشد، زیرا روند کاهش وزن تک‌ریشه اختلاف آماری نداشت، اما افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه مشاهده شد. در حالیکه با کاهش بیشتر فاصله بوته روی ردیف (افزایش تعداد بوته به ۱۵۲ هزار بوته در هکتار) رقابت باعث کاهش معنی‌دار میانگین وزن تک‌ریشه و افزایش غیر معنی‌دار عملکرد ریشه گردید. اما در سال دوم با تغییر نرخ بوته در بازه ۹۹-۶۰ هزار بوته در هکتار عملکرد ریشه تحت تاثیر رقابت قرار نگرفت، هرچند کاهش چشمگیر تعداد بوته بدست آمده تغییر فضای رشد ریشه‌ها را در پی داشت که منجر به تغییر معنی‌دار وزن تک‌ریشه‌ها شد. اثر مثبت جمعیت گیاهی مطلوب بر عملکرد با گزارش‌های متعدد تایید شده، همچنین اثر تعداد بوته بالا بر افزایش رقابت همسو با کاسته شدن از اثر مثبت آن بر عملکرد و در نهایت کاهش عملکرد نیز گزارش شده است (۲۰ و ۲۶). در بسیاری از مقالات بازه ۱۲۰-۱۰۰ هزار بوته در هکتار بیشترین مقدار عملکرد ریشه را ایجاد نموده (۲۸ و ۳۱)، زیرا در فواصل بوته کمتر روی ردیف کاشت (تراکم ۸۱-۱۱۶ هزار بوته در هکتار) بدست آمدن عملکرد ریشه در دوره رشد کوتاه امکان پذیر است، اما با افزایش فاصله بوته‌ها بر روی ردیف امکان جذب حداکثری تشعشع خورشیدی وجود ندارد (۳۳). از طرفی افزایش عملکرد ریشه رابطه مثبتی با افزایش تراکم بوته و افزایش طول دوره رشد دارد، اما با کاهش تراکم بوته و افزایش غیر یکنواختی فواصل بین گیاهان روند کاهشی عملکرد ریشه و قند مشاهده شده است (۹).

اثر تاریخ برداشت در سال دوم بر میانگین وزن تک‌ریشه و عملکرد ریشه فاقد اثر معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود. در مقایسه میانگین نیز کاهش میانگین وزن تک‌ریشه (۱ درصد) و افزایش عملکرد ریشه (۴ درصد) در برداشت تاخیری نسبت به برداشت متعارف بدست آمد (جدول ۴). با افزایش طول دوره رشد در روزهای پاییزی و قطع آبیاری، کاهش رطوبت در دسترس ریشه و کاهش آماس سلولی ریشه، تغییر روند توزیع ماده خشک (در جهت رویش مجدد برگ‌ها) در نهایت به کاهش نه چندان محسوس وزن تک‌ریشه‌ها منتج شد. می‌بایست اشاره شود که در حد فاصل دو تاریخ برداشت افزایش مقادیر برگ و رویش آنها در مزرعه مشاهده شد. تاخیر در برداشت منجر به افزایش ۲۵ روز بر طول دوره رشد شد (در مجموع طول دوره رشد با تاخیر در برداشت به ۱۳۷ روز رسید) که این تعداد روز جهت رسیدگی و افزایش عملکرد ریشه مناسب نبود. در گزارش‌های متعددی تاخیر در برداشت به طور کلی (۱۸۰-۲۱۰ روز) باعث افزایش وزن

تک‌ریشه و عملکرد ریشه شد (۶، ۱۴ و ۲۷). در گزارشی مشابه نیز بیان شده که تاخیر در برداشت اثر معنی‌دار بر مقدار عملکرد ریشه نداشت (۳).

درصد و عملکرد ماده خشک

در سال اول تنها اثر تیمار فاصله بوته روی ردیف بر عملکرد ماده خشک به صورت معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) مشاهده شد و سایر تیمارها فاقد اثر معنی‌دار بر درصد و عملکرد ماده خشک بودند. اما در سال دوم عکس این حالت و تنها با معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) اثر عامل فاصله ردیف بر درصد ماده خشک مشاهده شد (جدول ۵). با مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف کاشت بر درصد ماده خشک افزایش ۰/۴ و ۶/۵ درصدی از فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر نسبت به فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر به ترتیب سال مشاهده شد (جدول ۶). شاید در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر افزایش فاصله بین ردیف‌ها باعث جذب بهتر تشعشع خورشیدی، مواد غذایی و آب در جهت افزایش درصد ماده خشک باشد؛ زیرا یک رابطه خطی بین ماده خشک تجمعی و تشعشع دریافت شده وجود دارد (۳۵). اما نتایج عملکرد ماده خشک در دو سال برخلاف یکدیگر (بدون اختلاف آماری) بود، بدین صورت که در سال اول فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر از ۱/۷ و در سال دوم فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر از ۶/۱ درصد عملکرد بیشتر نسبت به دیگر سطح فاصله ردیف کاشت برخوردار بود. از آنجایی که در عملکرد ماده خشک اثر تجمعی جمعیت گیاهی اثر گذار می‌باشد، در سال اول با میانگین ۱۳۳ هزار بوته در هکتار در فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر کاهش فاصله ردیف‌ها اثر رقابت ایجاد کرد، اما در سال دوم با جمعیت گیاهی ۷۵ هزار بوته در هکتار در فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر اثر منفی کاهش تعداد بوته بر عملکرد ماده خشک نمایان شد. گزارش شده که اثر فاصله ردیف کاشت بر درصد ماده خشک اثر معنی‌دار داشته و در فواصل ردیف کمتر ماده خشک بیشتر در ساقه و در فواصل ردیف بیشتر مقادیر ماده خشک بیشتری در ریشه بدست آمده است (۴).

در مقایسه میانگین اثر فاصله بوته روی ردیف کاشت بر درصد ماده خشک و عملکرد ماده خشک در هر دو سال با کاهش فاصله بوته روی ردیف افزایش درصد و عملکرد ماده خشک بدست آمد (جدول ۶). اختلاف کمترین فاصله بوته روی ردیف کاشت با بیشترین درصد ماده خشک و بیشترین فاصله بوته روی ردیف کاشت با کمترین مقدار درصد ماده خشک به ترتیب سال ۰/۵ و۰/۲ درصد (افزایش ۲/۳ و ۱ درصد) به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. اختلاف دو سطح کمترین و بیشترین فاصله بوته روی ردیف کاشت بر افزایش عملکرد ماده خشک در دو سال به ترتیب سال ۱/۷ و ۱/۳ تن در هکتار (۱۳/۳ و ۱۲/۸ درصد) بود که تنها در سال اول این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار بود. در عامل فاصله بوته روی ردیف کاشت بازه تعداد بوته در بیشترین و کمترین سطح فاصله بوته روی ردیف کاشت در سال اول و دوم به ترتیب ۱۵۲-۹۶ و ۹۹-۶۰ هزار بوته درهکتار بود که روند افزایشی اما قابل چشم پوشی را برای درصد ماده خشک نشان دادند. اما اثر تجمعی تعداد بوته در هکتار منجر به افزایش عملکرد ماده خشک در هر دو سال گردید که تنها در سال اول معنی‌دار بود. در فواصل بوته روی ردیف کم (فشرده) مقدار درصد ماده خشک بیشتری در ریشه یافت می شود، اما با کاهش شدید بوته (تعداد بوته ۷۱-۵۸ هزار بوته در هکتار) نیز میزان درصد ماده خشک افزایش می‌یابد (۳۳). همچنین با کاهش فواصل بین بوته با فاصله ردیف مشابه مقدار ماده خشک بیشتری مشاهده شده است (۴).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات درصد و عملکرد ماده خشک و درصد قند ناخالص و خالص در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد ماده خشک		عملکرد ماده خشک		درصد قند ناخالص		درصد قند خالص	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
تکرار	۳	۰/۴۹^{ns}	۲/۳۹^{ns}	۱/۱۰^{ns}	۱۷/۰۴^{ns}	۱/۳۵*	۲/۵۹*	۳/۵۲**	۲/۹۱^{ns}
فواصل ردیف کاشت (A)	۱	۰/۰۴^{ns}	۱۲/۶۷*	۰/۳۱^{ns}	۲/۵۳^{ns}	۱/۲۶^{ns}	۶/۴۹*	۱/۵۴^{ns}	۸/۴۰*
تکرار*فواصل ردیف کاشت	۳	۰/۶۳	۰/۶۱	۱/۲۵	۱۵/۱۶	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۷۱	۰/۴۹
فواصل بوته روی ردیف کاشت (B)	۲	۰/۵۹^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۶/۸۲*	۳/۷۶^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۷۶^{ns}	۰/۵۹^{ns}
A*B	۲	۰/۲۴^{ns}	۲/۶۲^{ns}	۱/۷۵^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۱/۳۵^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۲/۱۷^{ns}
خطا	۱۲	۰/۵۰	۱/۴۱	۱/۶۱	۴/۹۳	۰/۳۰	۰/۶۹	۰/۴۷	۱/۱۶
ضریب تغییرات		۳/۲۹	۵/۱۹	۹/۲۲	۲۰/۳۳	۳/۴۸	۵/۲۳	۵/۳۹	۹/۱۲

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

تیمار تاریخ برداشت بر دو صفت درصد و عملکرد ماده خشک در سال دوم، اثر معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) داشت. درصد و عملکرد ماده خشک در برداشت تاخیری به ترتیب با افزایش ۱۳/۳ و ۱۷/۵ درصدی نسبت به تاریخ برداشت متعارف و برتری آماری همراه بود (جدول ۶). با تاخیر در برداشت افزایش زمان در جهت جذب بیشتر مواد غذایی و تشعشع خورشیدی که نسبت مستقیم با مقادیر درصد ماده خشک و عملکرد ماده خشک در گیاهان دارد، راه را برای افزایش مقادیر فتوسنتزی در برگ و بازه زمانی بزرگتر برای انتقال این مواد از برگ‌ها به ریشه در اختیار گیاه قرار می‌دهد. به طور کلی مقدار ماده خشک تحت تاثیر تاریخ برداشت (جذب بیشتر نور برابر با تولید ماده خشک بیشتر) و آب و هوای هر فصل کشت می‌باشد (۱۲).

درصد قند ناخالص و خالص

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر عامل فاصله ردیف کاشت بر درصد قند ناخالص و خالص در سال اول فاقد اثر معنی‌دار بود، اما در سال دوم به صورت مشابه معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) مشاهده شدند. عامل فاصله بوته روی ردیف کاشت نیز در هر دو سال بر درصد قند ناخالص و خالص فاقد اثر معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود (جدول ۵). در بررسی مقایسه میانگین‌ها در هر دو سال فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر نسبت به فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر به ترتیب سال با افزایش ۳ و ۶/۸ درصدی در محتوای درصد قند ناخالص و با افزایش ۴ و ۱۰/۵ درصدی در محتوای درصد قند خالص برتری داشت (در سال دوم اختلافات معنی‌دار بود). از آنجا که در هر دو سال فاصله ردیف بیشتر (۴۰ سانتیمتر) از مقادیر بیشتر درصد ماده خشک برخوردار بود و به طور کلی ۷۵ درصد ماده خشک را قند تشکیل می‌دهد (۱۸)، این انتظار میرفت که بیشترین مقدار درصد قند از این فاصله ردیف کاشت بدست آید. گزارش شده در آرایش کاشت با فاصله ردیف یکسان مقدار محتوای قند در فواصل بوته نزدیکتر بر روی ردیف افزایش، و با افزایش فاصله بوته‌ها میزان درصد قند کاهش می‌یابد (۹).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده فواصل ردیف کاشت، فواصل بوته روی ردیف کاشت (در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) و تاریخ برداشت (در سال زراعی ۱۳۹۶) بر صفات درصد و عملکرد ماده خشک و درصد قند خالص و ناخالص

تیمارهای آزمایش		درصد ماده خشک (٪)		عملکرد ماده خشک (تن در هکتار)		درصد قند ناخالص (٪)		درصد قند خالص (٪)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
فواصل ردیف کاشت (A)	۲۵	۲۱/۳۵^{a}	۲۲/۱۹^{b}	۱۳/۶۵^{a}	۱۱/۲۵^{a}	۱۵/۵۲^{a}	۱۵/۳۷^{b}	۱۲/۴۸^{a}	۱۱/۱۹^{b}
	۴۰	۲۱/۴۴^{a}	۲۳/۶۴^{a}	۱۳/۸۸^{a}	۱۰/۶۰^{a}	۱۵/۹۸^{a}	۱۶/۴۱^{a}	۱۲/۹۸^{a}	۱۲/۳۷^{a}
	۹۰	۲۱/۰۸^{a}	۲۲/۸۴^{a}	۱۲/۷۱^{b}	۱۰/۱۵^{a}	۱۵/۴۹^{a}	۱۵/۹۶^{a}	۱۲/۳۷^{a}	۱۲/۰۳^{a}
فواصل بوته روی ردیف (B)	۱۲۰	۲۱/۵۴^{a}	۲۲/۸۵^{a}	۱۴/۱۹^{a}	۱۱/۱۸^{a}	۱۵/۹۶^{a}	۱۵/۷۹^{a}	۱۲/۹۲^{a}	۱۱/۴۹^{a}
	۱۶۰	۲۱/۵۷^{a}	۲۳/۰۷^{a}	۱۴/۴۰^{a}	۱۱/۴۵^{a}	۱۵/۷۹^{a}	۱۵/۹۲^{a}	۱۲/۹۰^{a}	۱۱/۸۱^{a}
تاریخ برداشت	متعارف	۲۲/۹۲^{b}		۱۰/۹۲^{b}		۱۵/۸۹^{b}		۱۱/۷۸^{b}	
	تاخیری	۲۵/۹۷^{a}		۱۲/۸۴^{a}		۱۸/۷۱^{a}		۱۵/۰۵^{a}	

فواصل ردیف کاشت به سانتیمتر و فواصل بوته روی ردیف برای هر تراکم با واحد هزار بوته در هکتار؛ اعداد با حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشند.

با بررسی مقایسه میانگین‌ها اثر فاصله بوته بر روی ردیف کاشت بر محتوای درصد قند ناخالص و خالص نیز در هر دو سال سطوح عامل بدون اختلاف آماری و روندی مشخص با کاهش یا افزایش فاصله بوته روی ردیف مشاهده شد (جدول ۶). به صورت کلی تفاوت معنی‌داری میان دو بازه ۱۰۰ تا ۱۵۶ هزار بوته (سال اول) و ۶۰ تا ۹۹ هزار بوته (سال دوم) بر درصد قند ناخالص و خالص وجود نداشت. در گزارشی بیان شده که با در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی در سال‌های متفاوت که عامل بسیار تاثیر گذاری بر درصد قند می‌باشد، با فواصل بوته ۳۵-۱۵ سانتیمتر بر روی ردیف اختلاف درصد قند به صورت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بود، اما در کل با فواصل بوته نزدیکتر افزایش جزئی درصد قند قابل ملاحظه بود (۳۳).

عامل تاریخ برداشت بر درصد قند ناخالص و خالص در سال دوم به صورت مشابه و معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) اثر گذاشت. در مقایسه میانگین نیز با تاخیر در برداشت به ترتیب افزایش ۱۷/۷ و ۲۷/۷ درصدی درصد قند ناخالص و خالص بدست آمد (جدول ۶). دلیل آن را نیز می‌توان به افزایش دوره رشد و جذب بیشتر تشعشع خورشیدی، به تبع آن افزایش درصد ماده خشک و رسیدگی بیشتر با تاخیر در برداشت مرتبط دانست. گزارش شده درصد قند ریشه ارتباط مثبتی با طول دوره رشد در هنگام برداشت دارد (۹)، چون با تاخیر در برداشت افزایش مقدار درصد قند همراه با کاهش مقادیر ناخالصی و ترکیبات غیر قندی می‌باشد (۳، ۶ و ۱۴).

عناصر مضره ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره)

در نتایج تجزیه واریانس دو سال، عدم معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) عامل فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته روی ردیف کاشت بر مقدار سدیم و نیتروژن ریشه قابل مشاهده بود. همچنین نتایج مشابه در دو سال به صورت معنی‌داری اثر فاصله ردیف کاشت بر مقدار پتاسیم ریشه در سطح احتمال پنج درصد قابل مشاهده بود (جدول ۷). در مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف کاشت در سال اول و دوم بر مقادیر سدیم ریشه، فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر به ترتیب سال ۲۱/۶ و ۱۸/۶ درصد کاهش سدیم زیانبار نسبت به فاصله ردیف ۲۵

سانتیمتر را بدون اختلاف آماری معنی‌دار نشان داد (جدول ۸). در خصوص نیتروژن مضره نیز همین روند اما با مقادیر بسیار کمتر به ترتیب سال ۰/۵ و ۳/۶ درصد مشاهده شد، اما در بررسی پتاسیم عکس این حالت به شکل کاهش مقادیر در فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر نسبت به فاصله ردیف۴۰ سانتیمتر به صورت معنی‌دار و با مقدار تقریبی مشابه ۶/۵ درصد قابل مشاهده بود. با فاصله ردیف بیشتر مقدار درصد قند با استفاده از جذب تشعشع خورشیدی افزایش می‌یابد که همین امر با کاهش مقدار سدیم ریشه بدلیل همبستگی معکوس با یکدیگر حاصل می‌آید (۱۱). از جهتی دیگر با رفتار رقابتی میان سدیم و پتاسیم انتظار افزایش آن در فاصله ردیف بیشتر محتمل بود.

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات عناصر مضره ریشه در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سدیم		پتاسیم		نیتروژن	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
تکرار	۳	۱/۲۸**	۰/۲۳^{ns}	۱/۰۳**	۱/۰۹**	۰/۰۸^{ns}	۱/۲۷*
فواصل ردیف کاشت (A)	۱	۱/۵۶^{ns}	۴/۰۶^{ns}	۰/۸۳*	۱/۱۲*	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۶^{ns}
تکرار*فواصل ردیف کاشت	۳	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۷
فواصل بوته روی ردیف کاشت (B)	۲	۰/۲۱^{ns}	۰/۷۳^{ns}	۰/۲۰*	۰/۴۳^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۴۲^{ns}
A*B	۲	۰/۱۸^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰^{ns}
خطا	۱۲	۰/۱۵	۰/۶۷	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۲۷
ضریب تغییرات		۱۸/۱۳	۲۰/۳۳	۴/۶۴	۶/۱۱	۱۵/۱۱	۱۸/۵۰

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

با بررسی اثر فاصله بوته روی ردیف کاشت در سال اول برای عناصر مضره روند کاهشی با کاهش فاصله بوته روی ردیف کاشت مشاهده گردید؛ اما تنها بر محتوای پتاسیم ریشه این روند کاهشی معنی‌دار بود. کمترین مقدار پتاسیم ریشه در کمترین فاصله بوته روی ردیف بدون اختلاف آماری معنی‌دار با سطح دوم مشاهده شد. در سال دوم روند خاصی در خصوص اثر فاصله بوته روی ردیف کاشت وجود نداشت، هر چند که در مقادیر نیتروژن مضره بر خلاف سال اول با کاهش فاصله بوته روی ردیف کاشت روند افزایشی این ناخالصی مشاهده شد (جدول ۸). در سال اول بدلیل دستیابی به تعداد بوته مورد انتظار اثر کاهشی مقدار ناخالصی در ریشه نیز هم راستای کاهش فاصله بوته روی ردیف کاشت با روند کاهشی مشاهده شد (بازه ۱۵۰-۱۰۰ هزار بوته در هکتار). اما در سال دوم این بازه از ۶۰ تا ۱۰۰ هزار بوته در هکتار (بیشترین سطح فاصله بوته روی ردیف در سال اول معادل کمترین سطح فاصله بوته روی ردیف در سال دوم بود) بود، همین تغییر در تعداد بوته در تغییر فضای رشد (غیر یکنواختی در مزرعه) ریشه تاثیر گذار بود. این تغییر فضای رشد ریشه نیز منجر به پاسخ متفاوت هر سطح فاصله بوته روی ردیف کاشت شد. در گزارش‌های متعددی بیان شده که با افزایش جمعیت گیاهی کاهش (معنی‌دار) ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره) (۲۰ و ۲۳) و افزایش کیفیت ریشه (کاهش ناخالصی‌های ریشه و رسیدگی بهتر) مشاهده شده است (۲۳).

اثر تاریخ برداشت بر مقادیر سدیم و پتاسیم ریشه در دو سال به صورت مشابه معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و بر نیتروژن غیرمعنی‌دار مشاهده شد. با تاخیر در برداشت کاهش مقادیر دو ناخالصی سدیم و

پتاسیم به ترتیب با ۱۹/۷ و ۹/۱ درصد نسبت به تاریخ برداشت متعارف بدست آمد، در حالی‌که بر مقدار نیتروژن بر خلاف نتایج دو ناخالصی دیگر با تاخیر در برداشت ۶/۵ درصد افزوده (غیرمعنی‌دار)گردید (جدول ۸). با تاخیر در برداشت (افزایش طول دوره رشد) بر مقدار مصرف درونی عناصر افزوده شد و این امر باعث کاهش ناخالصی (سدیم و پتاسیم) در ریشه و رسیدگی بهتر ریشه شد. اما در مورد نیتروژن بدلیل اینکه مقدار نیتروژن در دسترس با توجه به کاهش ۳۷ درصد جمعیت گیاهی دسترسی بیشتر در مدت زمان بیشتر آن هم بیش از نیاز مصرفی گیاه در ریشه تجمع یافته است. در گزارش‌ها بیان شده که با تاخیر در برداشت از مقادیر ناخالصی‌های ریشه کاسته شده (۳ و ۱۴) و در کشت‌های تاخیری با تاخیر در برداشت افزایش درصد قند، کاهش ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن) و سایر ترکیبات غیر قندی مشاهده شده است (۹). هر چند از عدم معنی‌داری اثر تاخیر در برداشت بر محتوای نیتروژن مضره ریشه نیز صحبت شده است (۵).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ساده فواصل ردیف کاشت، فواصل بوته روی ردیف کاشت (در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) و تاریخ برداشت (در سال زراعی ۱۳۹۶) بر صفات عناصر مضره ریشه

تیمارهای آزمایش		سدیم		پتاسیم		نیتروژن	
		(میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)					
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
فواصل ردیف کاشت (A)	۲۵	۲/۳۶^{a}	۴/۴۳^{a}	۵/۳۶^{b}	۶/۱۳^{b}	۱/۰۸^{a}	۲/۸۷^{a}
	۴۰	۱/۸۵^{a}	۳/۶۱^{a}	۵/۷۳^{a}	۶/۵۶^{a}	۱/۰۸^{a}	۲/۷۷^{a}
فواصل بوته روی ردیف (B)	۹۰	۲/۲۴^{a}	۳/۶۸^{a}	۵/۶۹^{a}	۶/۲۲^{a}	۱/۱۰^{a}	۲/۵۶^{a}
	۱۲۰	۲/۱۴^{a}	۴/۲۶^{a}	۵/۵۸^{ab}	۶/۶۲^{a}	۱/۱۰^{a}	۲/۹۲^{a}
	۱۶۰	۱/۹۲^{a}	۴/۱۱^{a}	۵/۳۸^{b}	۶/۲۱^{a}	۱/۰۵^{a}	۲/۹۸^{a}
تاریخ برداشت	متعارف	۴/۰۲^{a}		۶/۳۵^{a}		۲/۸۲^{a}	
	تاخیری	۳/۲۲^{b}		۵/۷۷^{b}		۳/۰۰^{a}	

فواصل ردیف کاشت به سانتیمتر و فواصل بوته روی ردیف برای هر تراکم با واحد هزار بوته در هکتار؛ اعداد با حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشند.

عملکرد قند ناخالص و خالص

اثر فاصله ردیف کاشت در هر دو سال آزمایش بر صفات عملکرد قند ناخالص و خالص فاقد اثر آماری معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود. بررسی عامل فاصله بوته روی ردیف کاشت بر عملکرد قند ناخالص و خالص در سال اول به صورت مشابه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید، اما در سال دوم فاقد اثر معنی‌دار بود (جدول ۹). در سال اول فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر با ۴/۲ و ۵/۴ درصد افزایش عملکرد قند ناخالص و خالص نسبت به فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر مشاهده شد. اما سال دوم نتایج بر خلاف سال اول به شکل افزایش عملکرد قند ناخالص و خالص در فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر نسبت به فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر به ترتیب با ۶/۲ و ۲/۷ درصد بود (جدول ۱۰). افزایش جمعیت گیاهی در سال اول منتج به افزایش رقابت در فاصله ردیف باریک‌تر و کاهش عملکرد قند ناخالص و خالص شد، در حالیکه در سال دوم فاصله ردیف بیشتر با کاهش بیشتر تعداد بوته و غیرتکنواختی بالاتر در توزیع بوته‌ها کاهش عملکرد قند ناخالص و خالص را رقم زد.

در بررسی اثر فاصله بوته روی ردیف بر عملکرد قند ناخالص و خالص در سال اول، سطح دوم و سوم فاصله بوته روی ردیف بطور میانگین ۱۲/۷ و ۱۴/۸ درصد بیش از سطح اول فاصله ردیف (بیشترین فاصله روی ردیف دارای کمترین مقدار عملکرد قند ناخالص و خالص بود) عملکرد قند ناخالص و خالص تولید نمودند (جدول ۱۰). در سال دوم اما تفاوت فواصل بوته بر روی ردیف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد قند ناخالص و خالص نداشت. تفاوت بیشترین و کمترین فاصله بوته بر روی ردیف کاشت بر عملکرد قند ناخالص و خالص به ترتیب ۱۱/۱ و ۹/۲ درصد (مقادیر بیشتر در کمترین فاصله بوته روی ردیف مشاهده شد) بود. این تفاوت نتایج در گزارش‌های دیگر پژوهشگران نیز مشاهده شده است، بدین ترتیب که گزارش نموده‌اند که فاصله بوته بر روی ردیف کشت به صورت معنی‌داری بر عملکرد تاثیر گذار است (۳۳) ، از طرف دیگر گزارش شده هر چند که بیشترین میزان عملکرد قند و کمترین میزان عناصر مضره در تراکم ۱۲۰۰۰۰ بوته در هکتار بدست آمده اما با تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (۲).

جدول ۹- تجزیه واریانس صفات عملکرد قند ناخالص و خالص و کارایی آب آبیاری در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد قند ناخالص		عملکرد قند خالص		کارایی آب آبیاری	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
تکرار	۳	۰/۳۷^{ns}	۹/۵۴*	۰/۹۰^{ns}	۶/۳۸*	۰/۰۰^{ns}	۰/۱۲*
A	۱	۱/۰۷^{ns}	۱/۲۴^{ns}	۱/۱۳^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۶^{ns}
تکرار*A	۳	۰/۹۵	۷/۹۲	۰/۵۰	۴/۴۶	۰/۰۱	۰/۱۰
B	۲	۳/۷۸*	۱/۳۸^{ns}	۳/۲۸*	۰/۴۹^{ns}	۰/۰۴*	۰/۰۲^{ns}
A*B	۲	۰/۹۸^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۶۴^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰^{ns}
خطا	۱۲	۰/۹۶	۲/۴۵	۰/۸۰	۱/۵۲	۰/۰۱	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۹/۶۵	۲۰/۶۳	۱۰/۹۰	۲۱/۹۳	۹/۶۷	۲۰/۶۶

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

اثر تاریخ برداشت بر عملکرد قند ناخالص و خالص در سال دوم به صورت مشابه معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) مشاهده شد. با تاخیر در برداشت میزان افزایش عملکرد قند ناخالص و خالص به ترتیب ۲۱/۹ و ۳۱/۹ درصد نسبت به تاریخ برداشت متعارف با اختلاف سطح آماری در مقایسه میانگین داده ها مشاهده گردید (جدول ۱۰). علت افزایش عملکرد قند ناخالص در برداشت تاخیری بیشتر متاثر از افزایش درصد قند ناخالص (۱۷/۷ درصد) بود تا عملکرد ریشه، زیرا مقدار عملکرد ریشه افزایش معنی‌داری (۴ درصد افزایش برابر با ۱/۹۴ تن در هکتار) با تاخیر در برداشت تاخیری نسبت به تاریخ برداشت متعارف نشان نداد. اما در خصوص مقدار بیشتر افزایش در عملکرد قند خالص با تاخیر در برداشت نسبت به عملکرد قند ناخالص (۱۰ درصد افزایش بیشتر)، افزایش خصوصیات کیفی ریشه با افزایش درصد قند خالص همزمان با کاهش مقادیر ناخالصی‌های ریشه (سدیم و پتاسیم) منجر به این نتیجه گردید. در گزارش‌های متعددی بیان شده که با تاخیر در برداشت بیشترین مقدار عملکرد قند همراه با افزایش شاخص کیفیت شربت به صورت معنی‌دار بدست آمده است (۳ و ۲۷).

کارایی آب آبیاری

تجزیه واریانس عامل فاصله ردیف کاشت بر صفت کارایی آب آبیاری در هر دو سال فاقد اثر معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود، اما اثر عامل فاصله بوته روی ردیف کاشت تنها در سال اول معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) گردید (جدول ۹). با مقایسه میانگین فاصله ردیف کاشت در دو سال نتایج برخلاف یکدیگر بدون اختلاف معنی‌دار بدست آمد. در سال اول فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر و در سال دوم فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر از مقادیر بیشتر کارایی آب برخوردار بودند. تغییرات عملکرد قند ناخالص در دو فاصله ردیف (در دو سال) به صورت مستقیم بر نتایج کارایی آب اثر گذار بود. در گزارشی چنین آمده با تغییر آرایش کاشت از فاصله ردیف ۵۰ به ۴۰ سانتیمتر مقدار آب مصرف شده کاهش و بیشترین مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری بدست آمده است (۱).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر ساده فواصل ردیف کاشت، فواصل بوته روی ردیف کاشت (در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) و تاریخ برداشت (در سال زراعی ۱۳۹۶) بر صفات عملکرد قند ناخالص و خالص و کارایی آب آبیاری

تیمارهای آزمایش		عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)		عملکرد قند خالص (تن در هکتار)		کارایی آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
فواصل ردیف کاشت (A)	۲۵	۹/۹۲^{a}	۷/۸۲^{a}	۷/۹۸^{a}	۵/۷۰^{a}	۱/۰۳^{a}	۰/۸۹^{a}
	۴۰	۱۰/۳۴^{a}	۷/۳۶^{a}	۸/۴۱^{a}	۵/۵۶^{a}	۱/۱۰^{a}	۰/۷۹^{a}
فواصل بوته روی ردیف (B)	۹۰	۹/۳۴^{b}	۷/۱۲^{a}	۷/۴۶^{b}	۵/۳۸^{a}	۰/۹۸^{b}	۰/۷۸^{a}
	۱۲۰	۱۰/۵۱^{a}	۷/۷۴^{a}	۸/۵۱^{a}	۵/۶۵^{a}	۱/۱۰^{a}	۰/۸۵^{a}
	۱۶۰	۱۰/۵۵^{a}	۷/۹۱^{a}	۸/۶۲^{a}	۵/۸۷^{a}	۱/۱۱^{a}	۰/۸۷^{a}
تاریخ برداشت	متعارف	۷/۵۹^{b}		۵/۶۳^{b}		۰/۸۴^{b}	
	تاخیری	۹/۲۵^{a}		۷/۴۳^{a}		۰/۹۷^{a}	

فواصل ردیف کاشت به سانتیمتر و فواصل بوته روی ردیف برای هر تراکم با واحد هزار بوته در هکتار؛ اعداد با حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشند.

در عامل فاصله بوته روی ردیف کاشت در هر دو سال با کاهش فاصله بوته روی ردیف، افزایش مقادیر کارایی آب آبیاری (تنها در سال اول با اختلاف معنی‌دار) قابل مشاهده بود. بدین شکل که دو سطح فاصله بوته روی ردیف کاشت سوم و دوم با سطح آماری بالاتر (با میانگین ۱۲/۵ درصد بیشتر) از بیشترین فاصله بوته روی ردیف، دارای کارایی آب آبیاری بالاتری بودند. در سال دوم نیز دو سطح فاصله بوته روی ردیف کاشت سوم و دوم به طور متوسط با ۹/۸ درصد از کارایی آب آبیاری بیشتر نسبت به بیشترین فاصله بوته روی ردیف، بدون اختلاف آماری معنی‌دار برخوردار بودند (جدول ۱۰). در کارایی آب آبیاری نیز مقدار کاهش میانگین سه سطح فاصله بوته روی ردیف کاشت در سال دوم نسبت به سال اول ۲۱/۴ درصد بود. با افزایش فشردگی فواصل بوته‌ها روی ردیف کاشت به دلیل افزایش عملکرد و کاهش تبخیر از سطح خاک افزایش کارایی آب مشاهده شده است (۷).

در تجزیه واریانس تاریخ برداشت بر کارایی آب آبیاری در سال دوم نتیجه معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) گردید. در مقایسه میانگین برتری معنی‌دار تاریخ برداشت تاخیری نسبت به برداشت متعارف با افزایش

۱۵/۸ درصدی بدست آمد (جدول ۱۰). با تاخیر در برداشت آن هم در فصل پاییز بدلیل کاهش مقادیر تبخیر و تعرق مصرف آب کاهش می‌یابد. از طرفی بدلیل تداوم فتوسنتز بر مقادیر مواد فتوسنتزی، ماده خشک و سپس عملکرد قند ناخالص افزوده می‌شود که در نهایت اثر خود را در افزایش کارایی آب آبیاری نشان داد (۳ و ۲۷).

نتیجه‌گیری

بدلیل اینکه در منطقه مورد مطالعه غلات پاییزه (بویژه گندم) کشت شده به صورت متعارف از اواخر خرداد ماه شروع به برداشت می‌شوند، زمان کشت چغندرقند به صورت تاخیری می‌تواند از تیر ماه آغاز گردد که در این زمان درجه حرارت بالا (تبخیر و تعرق بالا) با ایجاد تنش بر گیاهچه اثر گذار است. این اثر بر جوانه‌زنی و ایجاد تراکم مطلوب به صورت مشخص بر عملکرد و کارایی آب آبیاری در سال دوم به طور واضح نمایان شد. بطور کلی استفاده از فاصله ردیف نزدیکتر (در آبیاری نواری-قطره‌ای) در کشت تاخیری بدلیل اجتناب از آثار سوء آب و هوایی (دمای بالای هوا) بر جوانه زنی و استقرار بوته که در فصل تابستان بسیار معمول است مفید می‌باشد. همچنین با توجه به اثر منفی تعداد بوته بالا با فاصله ردیف کم (همچون شرایط سال اول)، استفاده از سطح دوم فاصله بوته روی ردیف کاشت (۱۲۰ هزار بوته در هکتار) می‌تواند رسیدن به تعداد بوته مطلوب را فراهم آورد. در خصوص تاخیر در برداشت نیز اثر مثبت آن بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند بسیار ملموس بود. بنابراین تا زمانی که امکان داشته باشد تاخیر در برداشت در جهت افزایش کارایی آب آبیاری مطلوب است. در مجموع، فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر و فاصله بوته روی ردیف ۲۲ سانتیمتر (۱۲۰ هزار بوته در هکتار) با تاخیر در برداشت تاثیر مثبت بر افزایش صفات کمی و کیفی و کارایی آب آبیاری داشت.

منابع

۱- بهمنش، ج. و نورجو، ا. ۱۳۹۵. تاثیر فشردگی خاک بستر جویچه و آرایش کاشت بر بهره‌وری آب در زراعت چغندرقند. مجله چغندرقند، ۳۲(۱): ۵۱-۶۲.

۲- جعفرنیا, ب., زارع فیض آبادی, ا., قربانی, ر., رضوانی مقدم, پ. و قائمی, ع. ۱۳۹۴. تأثیر تراکم بوته و کودهای نیتروژن و بیولوژیک بر عملکرد کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris .L*) در دو منطقه مشهد و تربت جام. نشریه پژو هشهای زراعی ایران، ۱۳(۲): ۲۷۸-۲۸۶.

3- Abou-Salama, A.M. and El-Syiad, S.I. 2000. Studies on some sugar beet cultivars under Middle Egypt conditions. I. Response to planting and harvesting dates. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 31(1), pp:137-159.

4- Al-Jbawi, E., Bagdadr, M. and Nemr, Y. 2014. The effect of plant spacing on some quality traits of fodder beet (*Beta vulgaris* var. crassa) varieties. International Journal of Environment, 3(3), pp:286-293.

5- Al-Sayed, H.M., El-Razek, U.A.A., Sarhan, H.M. and Fateh, H.S. 2012. Effect of harvest dates on yield and quality of sugar beet varieties. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(9), pp:525-529.

6- Aly, M.S.M. 2012. Performance study of some sugar beet varieties under sowing and harvesting dates. J. Plant Prod., Mansoura Univ, 3(9), pp:2439-2449.
7- Badr, M.A., Abou-Hussein, S.D. and El-Tohamy, W.A. 2016. Tomato yield, nitrogen uptake and water use efficiency as affected by planting geometry and level of nitrogen in an arid region. Agricultural Water Management, 169, pp:90-97.
8- Bhullar, M.S., Uppal, S.K. and Kapur, M.L. 2009. Effect of agronomic practices and varieties on productivity of sugarbeet (*Beta vulgaris L.*) in semi-arid region of Punjab. Journal of Research, Punjab Agricultural University, 46(1/2), pp:6-8.
9- Çakmakci, R. and Oral, E. 2002. Root yield and quality of sugarbeet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 26(3), pp:133-139.
10- Chaudhari, P.R., Patel, A.P., Patel, V.P., Desai, L.J., Patel, J.V., Chaudhari, D.R. and Tandel, D.H. 2015. Effect of age of seedlings and fertilizer management on yield, nutrient content and uptake of rice (*Oryza sativa L.*).
11- Cook, D.A. and Scott, R.K. 1993. The sugar beet crop: science into practice. Champan and Hall, New York.
12- Draycott, A.P. ed. 2006. Sugar beet. Blackwell Publishing Ltd. p. 514.
13- El-Geddawy, I.H., Kheiralla, K.A., Darweish, Y.Y.I. and Sharaf, E.A.M. 2008. Agricultural practices in relation to yield and quality of sugar beet: Yield and yield components. Sugar tech, 10(3), pp:227-233.
14- El-Sheikh, S.R.E., Khaled, K.A.M. and Enan, S.A.A.M. 2009. Evaluation of some sugar beet varieties under three harvesting dates. Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology, 34(3), pp:1559-1567.
15- Finkenstadt, V.L. 2014. A review on the complete utilization of the sugarbeet. Sugar Tech, 16(4), pp:339-346.
16- Håkansson, I. Henriksson, L. and Blomquist, J. E. 2006. Soil tillage and crop establishment. Draycott, A.P. ed., Sugar beet (Vol. 474). Oxford: Blackwell Publishing. pp:114-133.
17- Hoffmann, C.M. and Kenter, C. 2018. Yield potential of sugar beet–have we hit the ceiling. Frontiers in plant science, 9, p:289.
18- Hoffmann, C.M. 2005. Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply. Journal of agronomy and crop science, 191(2), pp:138-145.
19- Hoffmann, C.M. 2019. Importance of canopy closure and dry matter partitioning for yield formation of sugar beet varieties. Field Crops Research, 236, pp:75-84.

20- Hozayn, M., Tawfik, M.M., Abd El-Ghany, H.M. and Korayem, A.M. 2013. Effect of plant density on yield and sugar quality characteristics of sugar beet. Journal of Applied Sciences Research, 9(1), pp:1004-1009.
21- ICUMSA. 2007. The determination of the polarisation of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent official. Method GS6-3. Dr. Albert Bartens KG, Berlin.
22- Irmak, S., Djaman, K. and Rudnick, D.R. 2016. Effect of full and limited irrigation amount and frequency on subsurface drip-irrigated maize evapotranspiration, yield, water use efficiency and yield response factors. Irrigation Science, 34(4), pp:271-286.
23- Jafarnia, B., Ghorbani, R., Feizabady, A.Z. and Ghaemi, A.R. 2013. Impact of crop density and soil fertilization on sugar beet. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS), 5(24), pp:2991-2999.
24- Khozaei, M., Haghighi, A.A.K., Parsa, S.Z., Sepaskhah, A.R., Razzaghi, F., Yousefabadi, V.A. and Emam, Y. 2020. Evaluation of direct seeding and transplanting in sugar beet for water productivity, yield and quality under different irrigation regimes and planting densities. Agricultural Water Management, 238, p:106230.
25- Kiymaz, S. and Ertek, A. 2015. Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırsehir, Turkey. Agricultural Water Management, 158, pp:156-165.
26- Leilah, A.A. 2005. Effect of planting dates, plant population and nitrogen fertilization on sugarbeet productivity under the newly reclaimed sandy soils in Egypt. Sci J King Faisal Univ. Basic Appl Sci, 3, pp:95-110.
27- Mahmoud, S.A., Hasanin, B., El-Geddawy, I.H. and Mosa, D.T.A. 2008. Effect of sowing and harvesting dates on yield and quality of some sugar beet varieties. In Proc. Int. Conf, Al-Arish, Egypt. pp:11-14.
28- Masri, M.I. 2008. Effect of nitrogen level and planting density on sugar beet yield and its attributes. Egyptian Journal of Agronomy, 30, p:119.
29- Mattera, J., Romero, L.A., Cuatrín, A.L., Cornaglia, P.S. and Grimoldi, A.A. 2013. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa L.*) in response to row spacing. European Journal of Agronomy, 45, pp:87-95.
30- Reeves, T., Thomas, G. and Ramsay, G. 2016. Save and grow in practice: maize, rice, wheat. A guide to sustainable cereal production (FAO UN, 2016).
31- Sadre, P., Soleymani, A. and Javanmard, H.R. 2012. Root yield and quality traits of Sugar Beet (*Beta vulgaris L.*) in relation to nitrogen fertilizer and plant density in Isfahan region. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS), 4(20), pp:1504-1507.

32- Shalaby, N.M.E., Osman, A.M.H. and Al-Labbody, A.H.S.A. 2011. Relative performance of sugar beet varieties under three plant densities in newly reclaimed soil. Egypt. J. Agric. Res, 89(1), pp:291-299.
33- Sögüt, T. and Aroglu, H. 2004. Plant density and sowing date effects on sugar beet yield and quality. Journal of Agron, 3(3), pp:215-218.
34- Stanisavljević, R., Beković, D., Djukić, D., Stevović, V., Terzić, D., Milenković, J. and Djokić, D. 2012. Influence of plant density on yield components, yield and quality of seed and forage yields of alfalfa varieties. Romanian Agricultural Research, 29, pp:245-254.
35- Zhang, Y., Tang, Q., Zou, Y., Li, D., Qin, J., Yang, S., Chen, L., Xia, B. and Peng, S. 2009. Yield potential and radiation use efficiency of "super" hybrid rice grown under subtropical conditions. Field crops research, 114(1), pp:91-98

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 12, Issue 2, autumn and winter 2022

Evaluation of planting row spacing and plant spacing on the planting row in the sugar beet field in Karaj region

Reza Esmaeili[1], Rahim Mohammadian[2]*, Hossein Heidari Sharif Abad[1], Ghorban Noor Mohammadi[1]

1- Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

* **Corresponding Author, Email**: r_mohammadian@hotmail.com

(Received: 1 August 2022; Accepted: 16 December 2022)

Abstract

Since the yield of sugar beet is affected by the length of the growing period and agronomic management, to investigate the delayed cultivation, this experiment was conducted in 2015 and 2016 with two treatments of planting row spacing (Pr) with two levels of 25 and 40 cm (main plot) and three levels of plant spacing on row (Ps) using 1.7, 2.4, and 3.1 units per hectare seeds (sub-plot), it was carried out in the form of split plots with a RCBD in four replications. By adding the harvest date treatment with two levels of conventional and delayed in the second year, the statistical design was changed to split plots factorial (Ps and harvest date as factorial). The highest percentage of white sugar content (WSC) and potassium was obtained in the 40 cm row spacing. In the second year, a 37% decrease in the number of final roots compared to the first year caused a 25% decrease in root yield (RY), 31% in white sugar yield (WSY), and 21% in irrigation water use efficiency (IWUE). Contrary to the first year, the effect of Ps was not significant on traits such as RY, WSY, and IWUE, while it had no significant effect on the percentage of WSC in any of the two years. In the second year, with a delay in harvesting, the increase in WSY and IWUE was 32% and 16%, respectively. Therefore, Pr of 25 cm and Ps of 22 cm (2.4 units) is recommended for the Karaj region.

Keywords: Irrigation water use efficiency, Planting row spacing, Plants spacing on row, Yield