تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۲۰۵-۱۹۵)

بررسی آثار تقسیط و مقادیر مختلف کود اوره در کودآبیاری جویچه‌ای بر عملکرد و برخی صفات کمّی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062

نادر سلامتی[1*]، معصومه دلبری[2]، فریبرز عباسی[3]، علی شینی دشتگل[4]، پیمان افراسیاب[5]، فاطمه کاراندیش[6]

۱. دانشجوی دکتری رشتهٔ آبیاری و زهکشی دانشکدهٔ آب و خاک دانشگاه زابل و محقق ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان

۲. دانشیار دانشکدهٔ آب و خاک دانشگاه زابل

۳. استاد پژوهش مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۴. رئیس ادارهٔ آبیاری و زهکشی مؤسسهٔ تحقیقات و آموزش توسعهٔ نیشکر و صنایع جانبی خوزستان

۵. دانشیار دانشکدهٔ آب و خاک دانشگاه زابل

۶. استادیار دانشکدهٔ آب و خاک دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۲۷ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷)

چکیده

در کودآبیاری کارایی مصرف کود زیاد و توصیهٔ کودی راحت‌تر از روش سنتی و مقدار کود مصرفی به مقدار واقعی برداشت عناصر غذایی نزدیک‌تر است. به منظور بررسی اثر تعداد تقسیط و سطوح مختلف کود اوره در روش کودآبیاری جویچه‌ای نیشکر بر عملکرد و برخی صفات کمّی و کیفی نیشکر، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار، در قطعه‌ای ۲۵ هکتاری از مزارع کشت جدید (پلانت)، در اراضی کشت و صنعت نیشکر دهخدا، انجام شد. فاکتور اصلی تقسیط‌های کودی بود که در سه سطح (دو، سه، و چهار تقسیطی) اعمال شد. فاکتور فرعی مقدار کود مصرفی بود که در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد کود مورد نیاز، به ترتیب معادل ۳۵۰، ۲۸۰، و ۲۱۰ کیلوگرم کود اوره) اعمال شد. نتایج تجزیهٔ تیمارهای آزمایشی نشان داد تیمار دوتقسیطی و۶۰ درصد سطح کودی در همهٔ صفات کمّی و کیفی- که شامل ارتفاع، عملکرد خالص نی، کارایی مصرف آب بر اساس نیشکر و شکر تولیدی، و کارایی مصرف کود- برتر بودند ($p<0.05$). در تیمار دوتقسیطی مقادیر کارایی مصرف آب بر اساس نیشکر و شکر تولیدی و کارایی مصرف کود به ترتیب برابر ۷/۴۷۴ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰/۷۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب، و ۴۳۷/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم بودند. همچنین، در تیمار ۶۰ درصد سطح کودی، مقادیر کارایی مصرف آب بر اساس نیشکر و شکر سفید و کارایی مصرف کود به ترتیب ۶/۵۳۳ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰/۶۲۸کیلوگرم بر متر مکعب و ۴۵۴/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمدند. روش ارائه‌شده برای مدیریت بهینهٔ مصرف کود می‌تواند به کاهش میزان کود مصرفی و درنتیجه آب‌شویی کمتر نیتروژن در کشت و صنعت‌های نیشکری بینجامد و در نهایت سبب کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی و افزایش ضریب سلامت جامعه شود.

کلیدواژگان: آبیاری سطحی، پلنت، شکر سفید، کارایی مصرف آب و کود، کشت و صنعت دهخدا، کودآبیاری، نیتروژن.

مقدمه

آب و نیتروژن مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک‌اند. بنابراین، افزایش کارایی مصرف آن‌ها ضروری است. روش پخش کود نقشی اساسی در افزایش مصرف آب و کود دارد. کودهای شیمیایی در کشور، اغلب به روش پخش سطحی مصرف می‌شوند. روش پخش سطحی کودهای شیمیایی زمان کافی را برای واکنش‌های هدررفت فراهم می‌کند و از قابلیت جذب آن‌ها توسط ریشهٔ گیاه می‌کاهد. به این دلیل در بیشتر موارد افزایش عملکرد با افزایش کود مصرفی هم‌گام نیست.

کودآبیاری نقشی مهم در افزایش کارایی مصرف آب و کود دارد. در کودآبیاری امکان مصرف کم، مکرر و تقسیطی کود و کنترل آب‌شویی عناصر غذایی در طول دورهٔ رشد وجود دارد. از طرفی، به علت توزیع یکنواخت کود، رشد گیاه یکنواخت و رسیدن محصول در سطح مزرعه هم‌زمان خواهد بود. در کودآبیاری تأثیر بعضی عوامل، همچون عدم یکنواختی پخش

* نویسندهٔ مسئول: nadersalamati@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

کود توسط انسان یا ماشین و جابه‌جایی آن به سبب آبیاری، حذف می‌شود و یکنواختی آن تابع یکنواختی آب آبیاری است. از این رو، مانند سامانه‌های آبیاری تحت فشار، امکان دستیابی به بازده زیاد مصرف کود و نیز بهبود کارایی مصرف آب قابل پیش‌بینی است (Abbasi, 2014).

نیشکر با نام علمی *Saccharum Officinarum* گیاهی چندساله از تیرهٔ غلات است که برای برداشت ساقهٔ حاوی قند آن تولید می‌شود. ساقهٔ تازهٔ نیشکر ۹۰ درصد عصاره دارد که حاوی ۱۲ تا ۱۷ درصد ساکاروز است. از هر تن ساقهٔ تازهٔ نیشکر حدود ۸۵ تا ۱۱۰ کیلوگرم قند استخراج می‌شود (Abdollahi, 2009). نیشکر در ایران در استان خوزستان کشت می‌شود و فصل داشت و آبیاری آن به طور عمده در ماه‌های گرم سال و مصادف با دورهٔ کم‌آبی رودخانهٔ کارون است. دورهٔ رشد نیشکر طولانی و نیاز آبی آن زیاد و در برابر کم‌آبی حساس است. در عین حال، ریشهٔ آن با غرقاب‌شدن درازمدت سازگاری ندارد و در شرایطی که سطح آب زیرزمینی تا منطقهٔ توسعهٔ ریشه بالا می‌آید، به علت خفگی تدریجی ریشه، شاخ و برگ گیاه زرد می‌شود و افت عملکرد پیش می‌آید (Sheini New, 1971). Dashtegol *et al.* (2009) کارایی مصرف آب را به ازای شکر تولیدی در تیمارهای آبیاری معمول، یک‌درمیان متغیر، و یک‌درمیان ثابت به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۵۸، و ۰/۷ کیلوگرم شکر بر متر مکعب آب مصرفی و به ازای نیشکر تولیدی به ترتیب ۳/۹، ۵/۵، و ۶/۶ به دست آوردند. بیشترین کارآیی مصرف آب به ازای شکر و نیشکر تولیدی مربوط به تیمار آبیاری یک‌درمیان متغیر، به ترتیب برابر ۰/۷ و ۶/۶، و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری معمول مزارع، به ترتیب برابر ۰/۴۱ و ۳/۹ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی، بود. بیشترین شکر سفید تولیدی نیز مربوط به تیمار آبیاری یک‌درمیان متغیر به میزان ۱۴/۵ تن در هکتار به ازای ۲۰۶۰۴ متر مکعب در هکتار آب مصرفی بود. همچنین، در کودآبیاری نیشکر، که Sheini Dashtegol *et al.* (2009) انجام دادند، تجزیهٔ واریانس فاکتورهای ذرات جامد محلول در شربت نی، درصد ساکاروز شربت نی، درصد خلوص شربت نی، محصول شکر زرد، درصد شکر سفید تصفیه‌شده، محصول شکر زرد، و محصول شکر سفید تصفیه‌شده در همهٔ تیمارها و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معناداری به ثبت نرسید.

بیش‌آبیاری محصول نیشکر و شکر را کاهش می‌دهد؛ در حالی که مصرف آب با تنش ملایم باعث افزایش محصول می‌شود (Turner, 1990). Abbasi *et al.* (2009) یکنواختی کودآبیاری را در آبیاری جویچه‌ای در یک خاک لومی ارزیابی کردند و نشان دادند این روش در توزیع کود یکنواختی بالایی دارد و در صورت مدیریت صحیحْ آب‌شویی و تلفات کود به صورت نفوذ عمقی عاملی تهدیدکننده نیست. انتقال نیترات توسط جریان سطحی به طراحی و مدیریت آبیاری، میزان، و یکنواختی کاربرد کود بستگی دارد. Thorburn *et al.* (2004) نشان دادند در کودآبیاری نیشکر نه افزایش مصرف نیتروژن و نه نوع تقسیط آن نمی‌تواند عملکرد محصول را افزایش دهد. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند با افزایش بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۳۲۶ کیلوگرم کود اوره) عملکرد محصول ثابت می‌ماند. محققان دیگر نیز گزارش کردند محصول شکر با افزایش بیش از حد نیتروژن کاهش می‌یابد (Rattey and Hogarth, 2001). پژوهشگران نتیجه گرفتند با کودآبیاری می‌توان با مصرف ۲۰ تا ۵۰ درصد کود کمتر، نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتر و کیفیت بهتری به دست آورد (Granberry *et al.*, 2000).

Abbasi *et al.* (2003) و Mailhol *et al.* (2007) در بررسی انتقال املاح در جویچه‌های آبیاری نتیجه گرفتند عمق آب نقشی مهم در افزایش ریسک آب‌شویی نیترات دارد. Ganjeh (2006) با ارزیابی یکنواختی توزیع کود در کودآبیاری جویچه‌ای نتیجه گرفت تزریق در نیمهٔ دوم نسبت به نیمهٔ اول و کل آبیاری بهتر است؛ طوری که یکنواختی توزیع نیمهٔ پایین در سه زمان تزریق (تزریق در نیمهٔ اول، نیمهٔ دوم، کل آبیاری) اختلافی معنادار با هم داشتند. بسیاری از مطالعات اهمیت نیتروژن را برای نیشکر نشان می‌دهند. نیتروژن در حدود ۱ درصد از کل مادهٔ خشک گیاه را تشکیل می‌دهد. اما کمبود نیتروژن باعث کاهش سنتز کلروفیل، اسیدهای آمینه، و انرژی می‌شود. این موضوع بر رشد محصول و عملکرد گیاه اثر مستقیم می‌گذارد (Mailhol *et al.*, 2001). Parashar *et al.* (1978) گزارش کردند عملکرد نیشکر زمانی بالاست که گیاه موفق به دریافت بالاترین مقدار نیتروژن شود. با این حال، Bose and Thakur (1977) نیز در هند به این نتیجه رسیدند که پتانسیل پاسخ از کودآبیاری، با توجه به تنش رطوبت، تا حد زیادی پوشانده می‌شود یا حتی بی‌تأثیر است و نیاز اول در افزایش تولید محصول نیشکر وابسته به مقدار آب است. Reddy *et al.* (1978) اثر متقابل معنادار بین نیتروژن و رطوبت را با اثر مثبت بر عملکرد نیشکر و اثر منفی بر عملکرد شکر گزارش کردند. این وضعیت (افزایش محصول) در میزان بالا از هر دو مقدار نیتروژن و آب گزارش شده است. محققان مختلف نشان دادند میزان رشد نیشکر، بیشتر از دردسترس‌بودن آب خاک، تحت تأثیر میزان مصرف کود نیتروژن است (Bose and Thakur, 1977). به طور کلی، با افزایش تنش و کم‌آبی واکنش نیشکر به کودآبیاری

Archive of SID
www.SID.ir

نیتروژن کاهش می‌یابد (Ingram and Hilton, 1986; Parashar *et al.*, 1978; Reddy *et al.*, 1978). در مطالعات انجام‌شده بر نیشکر، سطوح مختلف مقادیر کودآبیاری نیتروژن در زمان کاشت یکی از مسائل بحث‌برانگیز است. بسیاری از مطالعات نشان دادند کشت‌های پلانت[1] واکنش کمتری به این مقادیر نشان داده است (Azeredo *et al.*, 1986). Alizadeh *et al.* (2010) اعلام کردند با افزایش مقدار کود در کودآبیاری جویچه‌ای ذرت کارایی مصرف آب و کود به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. با افزایش مصرف آب تا سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی کارایی مصرف نیتروژن افزایش و از آن به بعد کاهش یافت. همچنین آن‌ها نشان دادند کودآبیاری، علاوه بر اینکه باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب و کود ذرت می‌شود، امکان مصرف تقسیطی مواد غذایی را بر اساس نیاز گیاه فراهم می‌کند. Mohseni *et al.* (2012) در مقایسهٔ کودآبیاری با کوددهی سطحی در گیاه ذرت نتیجه گرفتند بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز کودی اتفاق می‌افتد. Koochekzadeh *et al.* (2013) نشان دادند در کودآبیاری نیشکر مقدار و تقسیط نیتروژن اثری معنادار بر خصوصیات نیشکر نمی‌گذارد. نتایج همچنین نشان داد هیچ اثر معناداری در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد نیشکر وجود ندارد و به همین دلیل افزایش مقدار بیش از ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن (معادل ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره) به مزارع نیشکر توصیه نمی‌شود. Papadopoulos (1986 and 1998) اثر مصرف کودهای شیمیایی به صورت کودآبیاری را بر کارایی مصرف کود و عملکرد محصولات مختلف- مانند سیب‌زمینی، ذرت، خیار، آفتابگردان، توت‌فرنگی- آزمایش کرد و نتیجه گرفت کارایی مصرف کود و عملکرد در این روش بسیار بیشتر از روش پخش سطحی است.

هدف این پژوهش بررسی امکان مدیریت بهینهٔ مصرف کود در کودآبیاری جویچه‌ای نیشکر با اعمال تقسیط‌ها و سطوح مختلف کود مصرفی بود. بدین منظور اثر تقسیط و سطوح مختلف کود اوره در کودآبیاری جویچه‌ای نیشکر واریتهٔ تجاری CP69-1062 در اراضی کشت و صنعت دهخدا بر کارایی مصرف آب و کود و برخی صفات کمّی و کیفی نیشکر بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قطعه‌ای ۲۵ هکتاری از مزارع کشت جدید در اراضی کشت و صنعت نیشکر دهخدا انجام شد. کشت و صنعت دهخدا یکی از هفت واحد شرکت توسعهٔ نیشکر و صنایع جانبی است که در ´۳۹: ۴۸ طول شرقی و ´۴۲: ۳۱ عرض شمالی در ۲۰ کیلومتری شمال شهر اهواز قرار دارد. متوسط ارتفاع این واحد کشت و صنعت از سطح دریا ۱۸/۱ متر است. در اراضی مذکور، بافت خاک به طور عمده سنگین است و بادهای گرم و خشک در طول فصول بهار و تابستان جریان دارند. برای تأمین آب مزارع، به موازات طولی آن‌ها، لوله‌های دریچه‌دار هیدروفلوم به کار می‌رود. رقم CP69-1062 یکی از پنج واریتهٔ تجاری متداول در اراضی نیشکر خوزستان است و در حال حاضر بیش از ۴۰ درصد اراضی زیر کشت را شامل می‌شود (IRSSCT, 2014).

این آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر تیمار شامل بیست و دو جویچه (یک هکتار) و فواصل جویچه‌ها از هم ۱/۸۳ متر و طول آن‌ها ۲۵۰ متر بود. فاکتور اصلی تقسیط‌های کودی است که در سه سطح دوتقسیطی (در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن، تقسیط اول از اوایل اردیبهشت تا اواسط خرداد به مقدار ۶۰ درصد کود مورد نیاز و تقسیط دوم از نیمهٔ دوم خرداد تا نیمهٔ اول تیر به مقدار ۴۰ درصد کود مورد نیاز)، سه‌تقسیطی (در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن و قبل از مرحلهٔ رسیدگی، تقسیط اول در نیمهٔ دوم فروردین به مقدار ۳۰ درصد کود مورد نیاز و تقسیط دوم در نیمهٔ دوم اردیبهشت به مقدار ۴۰ درصد کود مورد نیاز و تقسیط سوم در اواخر خرداد به مقدار ۳۰ درصد کود مورد نیاز)، و چهارتقسیطی (بلافاصله بعد از هلینگ‌آپ (تبدیل جوی به پشته) و پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن و قبل از مرحلهٔ رسیدگی، تقسیط اول در نیمهٔ دوم اسفند به مقدار ۲۰ درصد کود مورد نیاز و تقسیط دوم در اوایل اردیبهشت به مقدار ۳۰ درصد کود مورد نیاز و تقسیط سوم در اوایل خرداد به مقدار ۳۰ درصد کود مورد نیاز و اوایل تیر به مقدار ۲۰ درصد کود مورد نیاز) اعمال شد (جدول ۱). زمان تقسیط‌ها مطابق مراحل رشد نیشکر و توصیهٔ بخش‌های تحقیقاتی نیشکر در زمان‌های درج‌شده در جدول ۱ تعیین شد. تیمار سه‌تقسیطی این پژوهش با تیمار شاهد، که آن هم به صورت سه‌تقسیطی کوددهی شد، دو تفاوت عمده داشت. یکی اینکه در تیمار سه‌تقسیطی دو تقسیط با کامیون‌های حمل آب‌کود انجام شد؛ به این صورت که کامیون‌ها با نسبتی مساوی برای چند مزرعه توسط محلول کود با آب کالیبره شدند. سپس، به وسیلهٔ شیلنگ‌هایی، آب‌کود موجود در تانکر کامیون‌ها در منبع‌های یک متر مکعبی ذخیره و به یک مزرعه تزریق شدند. تفاوت دوم این بود که تزریق‌ها معمولاً از زمان شروع آبیاری تا انتهای زمان آبیاری ادامه یافت.

۱. به گیاه یک‌سالهٔ نیشکر پلانت (Plant) و به گیاه دو سال به بالا راتون (Ratoon) می‌گویند.

Archive of SID
www.SID.ir

بنابراین، هم زمانِ تزرق کود شاهد با تیمار سه‌تقسیطی متفاوت بود و هم کنترل دقیقی بر غلظت کود تولیدی و حتی میزان دقیق تخصیص کود به ازای هر هکتار وجود نداشت. بدیهی است تزریق کود از زمان شروع آبیاری موجب یکنواختی غیر مناسب کود در طول جویچه می‌شود؛ در حالی که روند تزریق کود در تیمارهای آزمایشْ مدیریت شد. فاکتور فرعی میزان کود مصرفی است که در سه سطح (۱۰۰ درصد، ۸۰ درصد، و ۶۰ درصد کود مورد نیاز به ترتیب معادل ۳۵۰، ۲۸۰، و ۲۱۰ کیلوگرم کود اوره) اعمال شد. میزان نیتروژن مورد نیاز در کودآبیاری نیشکر را ۱٫۴ کیلوگرم ازت برای یک تن نیشکر در ۱۰۰ تن اول و برای هر یک تن اضافی ۱ کیلوگرم ازت کافی دانسته‌اند (Keating *et al.*, 1999). در صورتی که مبنا رسیدن به مرز ۱۳۰ تن در هکتار محصول نیشکر باشد، در مجموع، ۳۶۹ کیلوگرم کود اوره با ۴۶ درصد ازت نیاز است (Abdollahi, 2009). بر همین اساس، در واحدهای توسعهٔ نیشکر و صنایع جانبی در خوزستان معمولاً ۳۵۰ کیلوگرم کود اوره به منزلهٔ ۱۰۰ درصد نیاز کودی در زمان‌های تقسیط کود اعمال می‌شود. بنابراین، تیمارهای فاکتور اصلی شامل تیمارهای دو و سه و چهار تقسیطی و تیمارهای فاکتور اصلی شامل تیمارهای ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ درصد کود مورد نیاز است. در هر نوبت آبیاری دبی ورودی و زمان‌های پیش‌روی و پس‌روی آب در فواصل ۴۰ متری در طول جویچه و نیز در انتهای جویچه (۴۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، و ۲۵۰ متری) اندازه‌گیری شد. دبی ورودی به وسیلهٔ فلومهای WSC[1] تیپ ۳ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد در هر یک از تیمارهای آزمایشی از ابتدا و وسط و انتهای جویچه‌های شاخص در فواصل مشخص از دو طرف جویچه ۲۰ نی کف‌بر شدند. به عبارت دیگر، از هر جویچه ۶۰ نی از ابتدا و وسط و انتهای جویچه تهیه شد. پس از جداکردن بقایای هر نی، وزن نی و بقایای ۲۰ نی جداگانه به وسیلهٔ ترازو تعیین شد. سپس، ارتفاع نی‌ها ثبت شد. همچنین، در دو نقطه از جویچه‌های شاخص ساقه‌شماری نی در ۱۰ متر برای همهٔ تیمارهای آزمایشی انجام شد. با توجه به وزن خالص ۲۰ نی ابتدا و وسط و انتهای جویچه‌های ارزیابی‌شده عملکرد خالص نی در هکتار محاسبه و ثبت شد. کارایی مصرف آب از تقسیم عملکرد خالص نی بر مقدار کل آب مصرفی در همهٔ آبیاری‌ها محاسبه شد. سپس، از حاصل‌ضرب درصد شکر سفید در عملکرد خالص نی عملکرد شکر سفید برآورد شد. از تقسیم عملکرد شکر سفید بر مقدار کل آب مصرفی نیز در همهٔ آبیاری‌ها کارایی مصرف آب شکر سفید محاسبه شد. این در حالی است که کارایی مصرف کود از تقسیم عملکرد خالص نی بر مقدار کود مصرفی برآورد شد. عملکرد خالص نی بدون پوشال و سرنی[2] و سایر پارامترهای کمّی و کیفی- از جمله ارتفاع نی[3]، تعداد ساقه در هکتار[4]، کارایی مصرف آب[5] و کود، درصد خلوص شکر[6] ذرات جامد معلق در عصارهٔ نی[7]، درصد ساکاروز شربت نی[8]، عملکرد شکر سفید[9]، و کارایی مصرف آب بر اساس شکر تولیدشده- در اسفند ۱۳۹۲ با برداشت تصادفی ۲۰ ساقه نی در هر تیمار (در سه تکرار) تعیین شد. سپس، با استفاده از دستگاه عصاره‌گیری مخصوص و با روش پرس، عصاره‌گیری نی، از ۲۰ نی بریده‌شدهٔ هر شاخص عصاره‌گیری شد و ذرات جامد محلول در عصارهٔ نی و درصد ساکاروز شربت نی با استفاده از دستگاه‌های ساکاری‌متر و پلاری‌متر مدل سوما اندازه‌گیری و فاکتورهای دیگر، از جمله درصد خلوص و درصد و عملکرد شکر سفید تصفیه‌شده، از آن‌ها استخراج شد (IRSSCT, 2014).

فرق تیمار سه‌تقسیطی این پژوهش با تیمار شاهد، که آن هم سه‌تقسیطی بود و ۱۰۰ درصد سطح کودی اعمال شد، این بود که اولاً میزان آب دریافتی تیمار شاهد در طول فصل بسیار بیشتر از تیمار T_6 بود؛ در حالی که میزان آب دریافتی تیمار T_6 در طول فصل بر اساس زمان‌های رشد نیشکر و متناسب با میزان گسترش افقی و عمودی ریشه مدیریت شد، طوری که میزان نفوذ آب در آبیاری‌های اول کمتر از آبیاری‌های اواسط دورهٔ رشد بود و این میزان آبیاری متناسب با رشد گیاه افزایش یافت و در انتهای زمان رشد، که مصادف با زمان رسیدگی نیشکر بود، میزان نفوذ آب حاصل از آبیاری کاهش یافت. ولی در تیمار شاهد هیچ‌گونه مدیریتی در زمینهٔ میزان آب آبیاری اعمال نشد و همیشه گیاه بیش از نیازش آب دریافت می‌کرد، طوری که خوابیدگی[10] گیاه نیشکر، که در تیمار شاهد به‌وفور اتفاق افتاد، مؤید بیش‌آبیاری نیشکر بود. ثانیاً، تزریق کود در تیمار شاهد از زمان شروع آبیاری انجام شد؛ ولی این تزریق کود در تیمار T_6 مطابق مراحل رشد نیشکر مدیریت شد، طوری که در کودآبیاری اول زمان تزریق کود به یک‌سوم انتهایی ختم

1. Washington State College

۲. برگ چسبیده به نی (Trash)

3. Cane Height
4. Stalks per hectare
5. Water ues efficiency
6. Purity
7. Brix
8. Pol
9. Sugar yield
10. Verse

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شد که در زمان کوتاه‌تری نسبت به تقسیط‌های دوم و سوم انجام شد و متناسب با رشد کمتر ریشه بود و در کودآبیاری‌های بعدی، به‌خصوص کودآبیاری سوم، زمان تزریق کود مطابق رشد نیشکر طولانی‌تر و به دوسوم انتهای زمان آبیاری موکول شد تا زمان بیشتری جهت نفوذ عمودی و افقی بیشتر کود، که هماهنگ با رشد ریشه است، صرف شود. به عبارت ساده‌تر، هم آبیاری و هم کودآبیاری تیمار T_6 در طول فصل، مدیریت شد؛ در حالی که مدیریت درست و بهینه‌ای برای این دو مورد در تیمار شاهد لحاظ نشد.

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی- از جمله بافت خاک، pH، EC، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم محلول، و مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها- مطابق روش‌ها و دستورالعمل‌های رایج و معمول اندازه‌گیری شد. مقادیر آن در جدول ۲ می‌آید. بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد. EC با کنداکتیویت‌متر و pH با دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد. مقدار Cl^- با روش یدومتری مشخص شد. نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیم محلول (SSP) به روش عصاره‌گیری و کاتیون‌ها (Na^+ و K^+) به روش فلیم فتومتری (کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون) اندازه‌گیری شد (Marshall *et al.*, 1996).

جدول ۱. درصد سطح کود، مقدار کود مصرفی، و زمان‌های تقسیط کود در تیمارهای آزمایشی

تقسیط	سطوح کودی		تقسیط ۱	تقسیط ۲	تقسیط ۳	تقسیط ۴	جمع
چهارتقسیطی	–	تاریخ	۱۳۹۱/۱۲/۲۲	۱۳۹۲/۲/۲۵	۱۳۹۲/۳/۲۱	۱۳۹۲/۴/۱۶	–
	–	سطح کودی (درصد)	۲۰	۳۰	۳۰	۲۰	۱۰۰
	٪۶۰	کود مصرفی (kg)	۴۲	۶۳	۶۳	۴۲	۲۱۰
	٪۸۰		۵۶	۸۴	۸۴	۵۶	۲۸۰
	٪۱۰۰		۷۰	۱۰۵	۱۰۵	۷۰	۳۵۰
سه‌تقسیطی	–	تاریخ	۱۳۹۲/۱/۲۷	۱۳۹۲/۳/۵	۱۳۹۲/۴/۷	–	–
	–	سطح کودی (درصد)	۳۰	۴۰	۳۰	–	۱۰۰
	٪۶۰	کود مصرفی (kg)	۶۳	۸۴	۶۳	–	۲۱۰
	٪۸۰		۸۴	۱۱۲	۸۴	–	۲۸۰
	٪۱۰۰		۱۰۵	۱۴۰	۱۰۵	–	۳۵۰
دوتقسیطی	–	تاریخ	۱۳۹۲/۲/۲۷	۱۳۹۲/۴/۸	–	–	–
	–	سطح کودی (درصد)	۶۰	۴۰	–	–	۱۰۰
	٪۶۰	کود مصرفی (kg)	۱۲۶	۸۴	–	–	۲۱۰
	٪۸۰		۱۶۸	۱۱۲	–	–	۲۸۰
	٪۱۰۰		۲۱۰	۱۴۰	–	–	۳۵۰
شاهد (سه‌تقسیطی)	–	تاریخ	۱۳۹۲/۲/۳	۱۳۹۲/۲/۳۰	۱۳۹۲/۴/۳	–	–
		سطح کودی (درصد)	۳۰	۴۰	۳۰	–	۱۰۰
		کود مصرفی (kg)	۱۰۵	۱۴۰	۱۰۵	–	۳۵۰

T_1 = تیمار چهارتقسیطی و ٪۶۰ سطح کودی، T_2 = تیمار چهارتقسیطی و ٪۸۰ سطح کودی، T_3 = تیمار چهارتقسیطی و ٪۱۰۰ سطح کودی
T_4 = تیمار سه‌تقسیطی و ٪۶۰ سطح کودی، T_5 = تیمار سه‌تقسیطی و ٪۸۰ سطح کودی، T_6 = تیمار سه‌تقسیطی و ٪۱۰۰ سطح کودی
T_7 = تیمار دوتقسیطی و ٪۶۰ سطح کودی، T_8 = تیمار دوتقسیطی و ٪۸۰ سطح کودی، T_9 = تیمار دوتقسیطی و ٪۱۰۰ سطح کودی

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایش

عمق خاک (cm)	کلاس بافت	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نسبت جذب سدیم SAR	درصد سدیم محلول SSP	آنیون‌ها (meq/l) $HC0^{-3}$	Cl^-	کاتیون‌ها (meq/l) K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	pH	EC (dS/m)
۰-۳۰	سیلتی رسی لوم	۳۸/۰	۵۱/۰	۱۱	۵۷/۲	۶/۳	۵/۳	۱۸/۱	۰/۱۵	۱۴/۶	۵/۳	۵/۵	۸/۱	۲/۳
۳۰-۶۰	سیلتی رسی لوم	۳۹/۰	۵۰/۸	۱۰/۲	۵۸/۰	۶/۹	۴/۵	۱۶/۹	۰/۱۳	۱۷/۴	۶/۳	۶/۳	۸/۱	۲/۵

Archive of SID

www.SID.ir

دبی ورودی یکی از عوامل کلیدی و مؤثر بر یکنواختی توزیع و تلفات عمقی کود در کودآبیاری جویچه‌ای است. بنابراین، در این تحقیق در تیمارهای کودآبیاری از بیشترین دبی غیر فرسایشی استفاده شد. بیشرین دبی غیر فرسایشی برای هر جویچه ۲٫۵ تا ۳ لیتر در ثانیه است. کود اورهٔ مورد نیاز در بشکه‌های ۲۲۰ لیتری حل و در زمان‌های مورد نظر به آب آبیاری تزریق شد. زمان‌های مورد نظر برای تزریق کود به مراحل رشد نی بستگی دارد که متناسب با ارتفاع ریشه است؛ طوری که در کودآبیاری‌های اول این زمان به ۳۰ درصد انتهای زمان هر نوبت آبیاری ختم می‌شد و در کودآبیاری بعدی این روند تغییر می‌کرد. به‌خصوص در کودآبیاری‌های انتهایی، که زمان آبیاری نیز به دلیل گسترش ریشه بیشتر می‌شود، گسترهٔ تزریق کود به ۶۰ درصد زمان انتهای هر آبیاری موکول شد. شیب طولی مزرعه (جویچه‌ها)، عمق خالص آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک، و عمق ناخالص با فرض یک مقدار مناسب برای بازده کاربرد (۶۰ درصد) محاسبه شد. در نهایت، تجزیه‌وتحلیل داده‌های اندازه‌گیری‌شده با نرم‌افزار MSTATC و مقایسهٔ میانگین‌ها در تیمارهای آزمایشی با آزمون دانکن و این مقایسه بین تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد توسط آزمون LSD انجام گرفت ($p<۰/۰۵$) و کارایی مصرف آب و کود در تیمارهای مختلف مقایسه شد.

یافته‌ها و بحث

ارتفاع نیشکر

از نظر شاخص ارتفاع، اثر تعداد تقسیط در سطح ۱ درصد معنادار و اثر سطوح کودی و اثر متقابل آن‌ها معنادار نبود (جدول ۳). در فاکتور اصلی تیمار دوتقسیطی با مقدار ۲۶۴٫۸ سانتی‌متر در جایگاه نخست قرار گرفت و تیمارهای سه و چهار تقسیطی به ترتیب با مقادیر ۲۳۳٫۴ و ۲۰۰٫۲ سانتی‌متر جایگاه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در فاکتور فرعی اختلاف معنادار بین تیمارهای آزمایشی یافت نشد (جدول ۵). دلیل معنادارنشدن اثر سطوح کودی ممکن است این باشد که نیاز گیاه نیشکر، که مطابق توصیه‌های قبلی (Keating *et al*., 1999) و (Abdollahi, 2009) ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار تعریف شده، بیش از نیاز این گیاه است و به نظر می‌رسد نیاز کودی نیشکر کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار باشد. دربارهٔ اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح کود، تیمار دوتقسیطی و ۶۰ درصدی سطح کودی با ارتفاع ۲۹۲٫۰ سانتی‌متر، جایگاه برتر را به خود اختصاص داد و در رتبهٔ نخست قرار گرفت؛ این در حالی بود که تیمارهای چهارتقسیطی و ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ درصد سطوح کودی، به ترتیب با مقادیر ۱۹۵٫۸ و ۲۰۳٫۷ و ۲۰۱٫۲ سانتی‌متر پایین‌ترین جایگاه را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

عملکرد خالص نیشکر

از نظر شاخص عملکرد خالص نیشکر، اثر تعداد تقسیط و سطوح کودی در سطح ۱ درصد معنادار شد، ولی اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنادار بود (جدول ۳). در فاکتور اصلی، تیمار دوتقسیطی با میزان ۱۱۲۹۰۴٫۷ کیلوگرم در هکتار جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص داد، در حالی که تیمارهای سه و چهار تقسیطی به ترتیب با مقادیر ۱۰۱۳۲۸٫۴ و ۷۲۷۶۸٫۴ کیلوگرم در هکتار در مرتبهٔ دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۴). در بررسی اثر سطوح کودی، تیمار ۱۰۰ درصد سطح کودی با مقدار ۹۹۳۹۳٫۵ کیلوگرم در هکتار در رتبهٔ نخست قرار گرفت. گفتنی است در بعضی از نقاط مزرعه بیماری سزامیا مشاهد شد. این بیماری به محصول نیشکر آسیب می‌زند و موجب پوک‌شدن نی می‌شود. بنابراین، نی‌ای که دچار این بیماری می‌شود، به‌رغم ارتفاع خوب، وزن مناسبی ندارد. دلیل ناهمخوانی عملکرد خالص نی در تیمارهای سطح کودی و ارتفاع نیشکر ممکن است از یک طرف به دلیل بیماری فوق باشد و از طرفی دیگر باید مدّ نظر داشت که به هر حال برداشت نیشکر به صورت نمونه‌ای و به شرح یادشده بود. بنابراین، احتمال اینکه در نمونه‌های برداشتی وضعیت توصیف‌شده محقق شده باشد کم نیست. پس، به نظر می‌رسد دلیل این ناهمگونی و ناهمخوانی عملکرد خالص نی با ارتفاع، که شاخصی برای افزایش عملکرد است، به همین دلیل باشد. تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد سطح کودی رده‌های بعدی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در اثر متقابل دو فاکتور، برتری با تیمارهای دوتقسیطی با ۶۰ درصد سطح کودی و تیمار شاهد بود که به ترتیب با میانگین‌های ۱۲۱۰۵۷٫۷ و ۱۲۴۲۲۵٫۹ کیلوگرم در هکتار هر دو جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). برخلاف تحقیقات Thorburn *et al*. (2004) و Koochek zadeh *et al*. (2013)، که اختلاف معناداری بین تیمارهای سطوح کودی و اثر متقابل آن‌ها مشاهده نشد، در این پژوهش این اختلاف در سطح ۱ درصد معنادار شد. اما از طرفی نتیجهٔ این پژوهش با نتایج تحقیقات Thorburn *et al*. (2004) و Koochekzadeh *et al*. (2013) هم‌خوانی داشت؛ زیرا این محققان نشان دادند افزایش مقدار نیتروژن و تقسیط کود نمی‌تواند آثار مضر مصرف نیتروژن را جبران کند؛ Thorburn *et al*. (2004) گزارش دادند با افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

بیش از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۳۲۶ کیلوگرم کود اوره) عملکرد محصول ثابت می‌ماند. به عبارت دیگر، هر سه پژوهش نشان دادند برای رسیدن به بالاترین عملکرد در هکتار مقدار مصرف کود اوره باید بیش از ۳۲۶ کیلوگرم در هکتار باشد.

کارایی مصرف آب

از نظر شاخص کارایی مصرف آب، اثر تعداد تقسیط و اثر سطوح کودی به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنادار بود؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنادار نشد (جدول ۳). معنادار نشدن اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح کودی به این معنی است که اثر دو عامل تقسیط و سطوح کودی تأثیر و تداخلی در روند تغییر کارایی مصرف آب ندارند و در حقیقت هر دو فاکتور به موازات هم عمل می‌کنند. به عبارت دیگر، دو فاکتور اصلی و فرعی روند تغییرات یکسانی دارند. در فاکتور اصلی، تیمار دوتقسیطی با میزان ۷٫۵ کیلوگرم بر متر مکعب جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص داد؛ این در حالی بود که تیمارهای سه و چهار تقسیطی به ترتیب با مقادیر ۶٫۴ و ۴٫۴ کیلوگرم بر متر مکعب در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). در بررسی اثر سطوح کودی، تیمارهای ۶۰ و ۱۰۰ درصد سطح کودی به ترتیب با میانگین‌های ۶٫۵ و ۶٫۳ کیلوگرم بر متر مکعب جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح کودی برتری با تیمار دوتقسیطی با ۶۰ درصد سطح کودی بود که با مقدار ۸٫۲ کیلوگرم بر متر مکعب به‌تنهایی رتبهٔ اول را به خود اختصاص داد (جدول ۶). نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های Reddy *et al.* (۱۹۷۸) و Alizadeh *et al.* (2010) مشابه بود. زیرا، با افزایش مقدار کود، کارایی مصرف آب و کود به ترتیب افزایش و کاهش یافت. همچنین برخلاف نتایج Mohseni *et al.* (2012)، که بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز کودی در ذرت اتفاق افتاد، در این پژوهش بیشترین عملکرد به ازای ۶۰ درصد سطح کود مصرفی در نیشکر حاصل شد. همچنین، مشابه پژوهش Sheini Dashtegol *et al.* (2009) به ازای کمترین حجم آب مصرفی بیشترین کارایی مصرف آب و عملکرد نیشکر و شکر تولیدی حاصل شده است.

کارایی مصرف کود

از نظر شاخص کارایی مصرف کود، اثر تعداد تقسیط و سطوح کودی در سطح ۱ درصد معنادار شد؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنادار نبود (جدول ۳). در فاکتور اصلی، تیمار دوتقسیطی با میزان ۴۳۳٫۷ کیلوگرم بر کیلوگرم جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص داد. این در حالی است‌که تیمارهای سه و چهار تقسیطی به ترتیب با مقادیر ۳۷۲٫۹ و ۲۶۷٫۹ کیلوگرم بر کیلوگرم رده‌های بعدی را از آن خود کردند (جدول ۴). در بررسی اثر سطوح کودی، تیمار ۶۰ درصد سطح کودی با میانگین ۴۵۴٫۹ کیلوگرم بر کیلوگرم و قرارگرفتن در رتبهٔ نخست برتری معناداری در سطح ۵ درصد نسبت به دیگر تیمارها داشت (جدول ۵). در اثر متقابل دو فاکتور، برتری با تیمار دوتقسیطی با ۶۰ درصد سطح کودی بود که با مقدار ۵۷۶٫۵ کیلوگرم بر کیلوگرم جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص داد (جدول ۶). در مقایسه با تحقیقات صورت‌گرفته، برخلاف نتایج تحقیقات Parashar *et al.* (1978)، که بالاترین عملکرد نیشکر را با بالاترین مقدار نیتروژن مربوط اعلام کردند، در این پژوهش تیمار برتر از نظر عملکرد کمترین میزان مصرف کود را داشت (تیمار دوتقسیطی و ۶۰ درصد سطح کود مورد نیاز). برخلاف تحقیق Koochekzadeh *et al.* (2013)، که از نظر کارایی مصرف کود اختلاف معناداری بین تیمارها به ثبت نرسید، در این تحقیق اثر تقسیط و سطوح مختلف کود معنادار شد. ممکن است دلیل ناهمخوانی این دو پژوهش این باشد که Koochekzadeh *et al.* (2013) از مقادیری بیش از ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز به منزلهٔ تیمارهای تحقیق استفاده کردند و بدین ترتیب بین مقادیر حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و مقادیر بالاتر از ۳۵۰ کیلوگرم اختلاف معناداری مشاهده نشد؛ زیرا عملاً واکنش گیاه به مقادیر بیش از حدود متعارفْ عدم جذب کود و در نهایت آب‌شویی کود از منافذ خاک است. ولی مشابه تحقیق Koochekzadeh *et al.* (2013) بین اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح مختلف کودی اختلاف معناداری وجود نداشت.

اجزای کیفی محصول نیشکر

از نظر درصد خلوص شربت، اثر تعداد تقسیط و سطوح کود و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنادار نبود (جدول ۳). در فاکتور اصلی، اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده نشد و تیمارهای دو، سه، و چهار تقسیطی به ترتیب مقادیر ۸۸٫۰، ۸۸٫۴، و ۸۸٫۳ درصد را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در فاکتور فرعی نیز تیمارهای آزمایشی اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد با هم نداشتند و تیمارهای ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ درصد سطح کودی به ترتیب مقادیر ۸۸٫۲ و ۸۸٫۵ و ۸۷٫۹ درصد را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در زمینهٔ اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح کودی، تیمار سه‌تقسیطی و ۶۰ درصد سطح کود با ۸۹٫۳ درصد جایگاه برتر را به خود اختصاص داد؛ این در

Archive of SID

www.SID.ir

حالی بود که تیمارهای دوتقسیطی و ۶۰ درصد سطح کود و سه‌تقسیطی و ۱۰۰ درصد سطح کود به ترتیب با مقادیر ۸۷٫۰ و ۸۷٫۱ درصد بدترین جایگاه را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

از نظر شاخص ذرات جامد محلول در شربت نی، اثر تعداد تقسیط، سطوح کودی، و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنادار نشد (جدول ۳). در فاکتور اصلی اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده نشد و تیمارهای دو و سه و چهار تقسیطی به ترتیب مقادیر ۱۵٫۶ و ۱۵٫۷ و ۱۵٫۲ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در فاکتور فرعی نیز اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده نشد و تیمارهای ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ سطح کودی به ترتیب مقادیر ۱۵٫۶ و ۱۵٫۷ و ۱۵٫۳ را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در اثر متقابل آن‌ها، برتری با تیمار دوتقسیطی و ۸۰ درصد سطح کودی و تیمار سه‌تقسیطی و ۶۰ درصد سطح کودی بود که به ترتیب با مقادیر ۱۶٫۳ و ۱۶٫۳ هر دو در رتبهٔ نخست قرار گرفتند (جدول ۶).

از نظر شاخص درصد شکر سفید، اثر تعداد تقسیط، سطوح کودی، و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنادار نشدند (جدول ۳). در فاکتور اصلی اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده نشد و تیمارهای دو، سه و چهار تقسیطی به ترتیب مقادیر ۹٫۷ و ۹٫۸ و ۹٫۵ درصد را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در فاکتور فرعی نیز اختلاف معناداری بین تیمارها به ثبت نرسید و تیمارهای ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ سطح کودی به ترتیب مقادیر ۹٫۷ و ۹٫۷ و ۹٫۵ درصد را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح کودی تیمار دوتقسیطی با ۸۰ درصد سطح کودی و تیمار سه‌تقسیطی با ۶۰ درصد سطح کودی هر دو با مقدار ۱۰٫۲ درصد تیمار برتر بودند (جدول ۶). مشابه تحقیقات koochekzadeh *et al.* (2013) از نظر اجزای کیفی محصول نیشکر به‌خصوص صفات درصد خلوص شربت، ذرات جامد محلول، و درصد شکر سفید اختلاف معناداری بین تیمارها و اثر متقابل آن‌ها به ثبت نرسید. همچنین، در تحقیق Sheini Dashtegol *et al.* (2009) هرچند نوع تیمارها با تیمارهای این تحقیق همسان نبودند، باز هم از نظر اجزای کیفی محصول نیشکر- از جمله درصد خلوص شربت، ذرات جامد محلول، درصد شکر سفید- اختلاف معناداری بین تیمارها و اثر متقابل صفات مشاهده نشد.

عملکرد شکر سفید

از نظر شاخص عملکرد شکر سفید، اثر تعداد تقسیط در سطح ۱ درصد معنادار شد. ولی اثر سطوح کودی و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳). در فاکتور اصلی، تیمار دوتقسیطی با میزان ۱۰۸۸۲٫۰ کیلوگرم در هکتار جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص داد و تیمارهای سه و چهار تقسیطی به ترتیب با مقادیر ۹۸۶۰٫۴ و ۶۸۶۵٫۴ کیلوگرم در هکتار رده‌های بعدی را از آن خود کردند (جدول ۴). در بررسی اثر سطوح کودی، اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد بین تیمارهای آزمایشی به ثبت نرسید و تیمارهای ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ درصد سطح کودی به ترتیب مقادیر ۹۱۷۲٫۲ و ۹۰۲۱٫۸ و ۹۴۱۳٫۹ کیلوگرم در هکتار همگی جایگاه اول را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در اثر متقابل دو فاکتور برتری با تیمار شاهد بود که با مقدار ۱۲۰۹۴٫۹ کیلوگرم در هکتار به‌تنهایی جایگاه نخست را به خود اختصاص داد (جدول ۶). برخلاف تحقیق koochekzadeh *et al.* (2013)، که در آن اثر تعداد تقسیط بر عملکرد محصول معنادار نشد، در این پژوهش اثر تعداد تقسیط در سطح ۱ درصد معنادار شد. ولی مشابه تحقیقات Thorburn *et al.* (2004) و koochekzadeh *et al.* (2013) اختلاف معناداری بین تیمارهای سطوح کودی و اثر متقابل آن‌ها مشاهده نشد. به عبارت دیگر، افزایش مقدار نیتروژن و تقسیط کود نتوانست اثر مضر مصرف نیتروژن را جبران کند (Thorburn *et al.*, 2004).

کارایی مصرف آب شکر سفید

از نظر شاخص کارایی مصرف آب شکر سفید، اثر تعداد تقسیط در سطح ۱ درصد معنادار شد؛ در حالی که اثر سطوح کودی و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳). در فاکتور اصلی تیمار دوتقسیطی با میزان ۰٫۷۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب برتری معناداری بر دو تیمار دیگر داشت و در جایگاه اول قرار گرفت؛ این در حالی بود که تیمارهای سه و چهار تقسیطی به ترتیب با مقادیر ۰٫۶۲۷ و ۰٫۴۱۶ کیلوگرم در هکتار رده‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در بررسی اثر سطوح کودی، تیمارهای ۶۰ و ۱۰۰ درصد سطح کودی به ترتیب با مقادیر ۰٫۶۲۸ و ۰٫۵۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب صورت مشترک جایگاه برتر و رتبهٔ نخست را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در اثر متقابل دو فاکتور برتری با تیمار دوتقسیطی و ۶۰ درصد سطح کودی بود که با مقدار ۰٫۷۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب در مرتبهٔ اول قرار گرفت و پایین‌ترین رده به تیمار چهارتقسیطی و ۸۰ درصد سطح کودی با مقدار ۰٫۳۵۳ کیلوگرم بر متر مکعب تعلق گرفت (جدول ۶). برخلاف تحقیقات koochekzadeh *et al.* (2013)، که در آن اثر تعداد تقسیط بر عملکرد محصول معنادار نشد، در این پژوهش اثر تعداد تقسیط در سطح ۱ درصد معنادار شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین مربعات و سطح معناداربودن برخی صفات کمّی و کیفی، عملکرد، و کارایی مصرف آب نیشکر و شکر تولیدی و کود در تیمارهای آزمایشی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	ارتفاع (سانتی‌متر)	عملکرد خالص نی (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب نیشکر (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی مصرف کود (کیلوگرم بر کیلوگرم)	درصد خلوص شربت	ذرات جامد محلول در شربت	درصد شکر سفید	عملکرد شکر سفید (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب شکر سفید (کیلوگرم بر مترمکعب)
تکرار	۲	۱۲٫۹۰ n.s	۱۲۸۵۵۵۱۸٫۸ n.s	۰٫۰۶ n.s	۱۶٫۴ n.s	۲٫۰۳ n.s	۰٫۴۷ n.s	۰٫۲۸ n.s	۲۱۸۶۵۳٫۴ n.s	۰٫۰۰۱۱ n.s
تعداد تقسیط	۲	۹۳۸۱٫۷۳**	۳۸۴۰۹۱۵۲۱۱٫۰**	۲۱٫۹۶**	۶۳۲۸۷٫۳**	۰٫۴۹ n.s	۰٫۶۰ n.s	۰٫۲۳ n.s	۳۹۲۱۹۱۰۱٫۵**	۰٫۲۰۶۸**
خطا	۴	۴۵۶٫۹۰	۵۰۸۰۴۲۳۹٫۰	۰٫۲۱	۱۲۴۲٫۸	۰٫۹۵	۰٫۲۶	۰٫۱۵	۱۴۳۰۶۱٫۰	۰٫۰۰۰۵
سطوح کودی	۳	۳۷۷٫۵۸ n.s	۱۲۰۲۸۱۵۹۵٫۵**	۲٫۹۲*	۶۵۸۱۱٫۹**	۰٫۸۱ n.s	۰٫۲۶ n.s	۰٫۱۵ n.s	۳۵۲۲۴۵٫۳ n.s	۰٫۰۲۴۸ *
تقسیط* سطح کودی	۶	۱۰۱۹٫۰۵ n.s	۲۱۲۵۶۴۲۹۱٫۰*	۲٫۳۳ n.s	۴۲۵۱٫۸ n.s	۲٫۶۲ n.s	۰٫۹۷ n.s	۰٫۵۲ n.s	۱۰۲۵۵۵۸٫۸ n.s	۰٫۰۱۹۵*
خطا	۱۸	۱۰۷۶٫۷۸	۱۷۱۴۶۵۰۵۵٫۹	۰٫۷۳	۲۹۲۸٫۵	۱٫۳۴	۰٫۴۴	۰٫۲۴	۱۱۹۵۴۳۴٫۲	۰٫۰۰۴۹
ضریب تغییرات	-	۱۴٫۰۹	۱۳٫۶۹	۱۴٫۰۰	۱۵٫۱۱	۱٫۳۱	۴٫۲۶	۵٫۰۵	۱۱٫۸۸	۱۱٫۹۶

**: اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد *: اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد n.s. اختلاف معنادار وجود ندارد.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین برخی صفات کمّی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 و کارایی مصرف آب، کود، و شکر سفید در تیمارهای آزمایشی تقسیط کود

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	عملکرد خالص نی (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی مصرف کود (کیلوگرم بر کیلوگرم)	درصد خلوص شربت	ذرات جامد محلول در شربت	درصد شکر سفید	عملکرد شکر سفید (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب شکر سفید (کیلوگرم بر متر مکعب)
دوتقسیطی	۲۶۴٫۸ a	۱۱۲۹۰۴٫۷ a	۷٫۴۷۴ a	۴۳۳٫۷ a	۸۸٫۰ a	۱۵٫۶ a	۹٫۷ a	۱۰۸۸۲٫۰ a	۰٫۷۱۰ a
سه‌تقسیطی	۲۳۳٫۴ b	۱۰۱۳۲۸٫۴ b	۶٫۴۴۱ b	۳۷۲٫۹ b	۸۸٫۴ a	۱۵٫۷ a	۹٫۸ a	۹۸۶۰٫۴ b	۰٫۶۲۷ b
چهارتقسیطی	۲۰۰٫۲ c	۷۲۷۶۸٫۴ c	۴٫۴۰۴ c	۲۶۷٫۹ c	۸۸٫۳ a	۱۵٫۲ a	۹٫۵ a	۶۸۶۵٫۴ c	۰٫۴۱۶ c

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین برخی صفات کمّی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 و کارایی مصرف آب، کود، و شکر سفید در تیمارهای آزمایشی سطوح مختلف کود

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	عملکرد خالص نی (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی مصرف کود (کیلوگرم بر کیلوگرم)	درصد خلوص شربت	ذرات جامد محلول در شربت	درصد شکر سفید	عملکرد شکر سفید (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب شکر سفید (کیلوگرم بر متر مکعب)
٪۶۰ سطح کودی	۲۳۷٫۶ a	۹۵۵۲۱٫۶ ab	۶٫۵۳۳ a	۴۵۴٫۹ a	۸۸٫۲ a	۱۵٫۶ a	۹٫۷ a	۹۱۷۲٫۲ a	۰٫۶۲۸ a
٪۸۰ سطح کودی	۲۲۵٫۴ a	۹۲۰۸۶٫۳ b	۵٫۴۶۰ ab	۳۲۷٫۲ b	۸۸٫۵ a	۱۵٫۷ a	۹٫۷ a	۹۰۲۱٫۸ a	۰٫۵۲۶ b
٪۱۰۰ سطح کودی	۲۳۵٫۴ a	۹۹۳۹۳٫۵ a	۶٫۳۲۷ a	۲۹۲٫۵ c	۸۷٫۹ a	۱۵٫۳ a	۹٫۵ a	۹۴۱۳٫۹ a	۰٫۵۹۹ a

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین برخی صفات کمّی و کیفی نیشکر و کارایی مصرف آب، آب شکر سفید، و کود (مقایسهٔ اثر متقابل تعداد تقسیط و سطوح مختلف کودی)

اثر متقابل تیمارها		ارتفاع (سانتی‌متر)	عملکرد خالص نی (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی مصرف کود (کیلوگرم بر کیلوگرم)	درصد خلوص شربت	ذرات جامد محلول در شربت	درصد شکر سفید	عملکرد شکر سفید (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب شکر سفید (کیلوگرم بر متر مکعب)
تعداد تقسیط	سطح کودی									
دو	٪۶۰	۲۹۲٫۰ a	۱۲۱۰۵۷٫۷ a	۸٫۲ a	۵۷۶٫۵ a	۸۷٫۰ e	۱۵٫۱ e	۹٫۳ e	۱۱۱۶۷٫۰ b	۰٫۷۶۰ a
	٪۸۰	۲۴۷٫۸ c	۱۰۸۰۳۶٫۴ c	۷٫۵ b	۳۸۵٫۸ c	۸۸٫۸ b	۱۶٫۳ a	۱۰٫۲ a	۱۰۹۷۹٫۹ bc	۰٫۷۳۳ b
	٪۱۰۰	۲۵۴٫۶ c	۱۰۹۶۱۹٫۹ c	۶٫۶ c	۳۳۸٫۷ de	۸۸٫۱ cd	۱۵٫۴ bcd	۹٫۶ bcd	۱۰۴۹۹٫۱ d	۰٫۶۳۶ d
سه	٪۶۰	۲۲۵ d	۹۶۱۹۷٫۸ d	۶٫۸ c	۴۵۸٫۱ b	۸۹٫۳ a	۱۶٫۳ a	۱۰٫۲ a	۹۸۱۲٫۲ e	۰٫۶۹۰ c
	٪۸۰	۲۲۴٫۷ d	۹۳۷۶۴٫۱ d	۵٫۱ de	۳۳۴٫۹ e	۸۸٫۸ b	۱۵٫۶ bc	۹٫۷ bc	۹۱۱۱٫۹ f	۰٫۴۹۲ e
	٪۱۰۰	۲۵۰٫۶ c	۱۱۴۰۲۳٫۱ b	۷٫۵ b	۳۲۵٫۸ e	۸۷٫۱ e	۱۵٫۲ e	۹٫۴ e	۱۰۶۵۷٫۰ cd	۰٫۷۰۱ c
چهار	٪۶۰	۱۹۵٫۸ e	۶۹۳۰۹٫۳ f	۴٫۶ f	۳۳۰٫۰ e	۸۸٫۳ cd	۱۵٫۲ de	۹٫۵ de	۶۵۳۷٫۳ h	۰٫۴۳۳ g
	٪۸۰	۲۰۳٫۷ e	۷۴۴۵۸٫۳ e	۳٫۸ g	۲۶۰٫۸ f	۸۸٫۰ d	۱۵٫۱ e	۹٫۴ e	۶۹۷۳٫۵ g	۰٫۳۵۳ h
	٪۱۰۰	۲۰۱٫۲ e	۷۴۵۳۷٫۵ e	۴٫۹ ef	۲۱۳٫۰ g	۸۸٫۵ bc	۱۵٫۳ cde	۹٫۵ cd	۷۰۸۵٫۶ g	۰٫۴۶۱ f
شاهد		۲۷۰٫۳ b	۱۲۴۲۲۵٫۹ a	۵٫۲ d	۳۵۴٫۹ d	۸۸٫۳ cd	۱۵٫۷ b	۹٫۷ b	۱۲۰۹۴٫۹ a	۰٫۵۱۱ e

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

دلیل احتمالی ناهم‌خوانی نتیجهٔ پژوهش koochekzadeh *et al.* (2013) با این پژوهش قبلاً توضیح داده شد. ولی همانند تحقیقات koochekzadeh *et al.* (2013) از نظر کارایی مصرف آب شکر سفید اختلاف معناداری بین تیمارها و اثر متقابل آن‌ها مشاهده شد؛ طوری که کمترین میزان تقسیط کود بالاترین کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری

در تجزیهٔ نتایج تیمارهای آزمایشی تیمار برتر در همهٔ صفات کمّی و کیفی تیمار دوتقسیطی و۶۰ درصد سطح کودی بود؛ در حالی که در اثر متقابل دو فاکتور اصلی و فرعی این برتری در صفات ارتفاع، عملکرد خالص نی، کارایی مصرف آب، کارایی مصرف کود، و کارایی مصرف آب شکر سفید نیز مشاهده شد. از آنجا که کودآبیاری تیمار شاهد به صورت سه‌تقسیطی انجام می‌شد، برتری تیمار دوتقسیطی و ۶۰ درصد سطح کودی (تیمار T_7) از نظر کارایی مصرف آب از یک طرف به معنای صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۸۹۶۷ متر مکعب به ازای هر هکتار و از طرف دیگر برتری کارایی مصرف کود به میزان صرفه‌جویی در مصرف کود به میزان ۱۴۰ کیلوگرم کود در هکتار است. گفتنی است برتربودن تیمار دوتقسیطی از نظر تعداد تقسیط نسبت به شاهد موجب کاهش هزینه‌های کارگری اجرای کودآبیاری برای واحدهای نیشکر از سه بار به دو بار می‌شود. برتربودن تیمار دوتقسیطی و ۶۰ درصد سطح کودی از نظر کارایی مصرف آب، کود، و دوتقسیطی‌بودن با توجه به وسعت ۸۴۰۰۰ هکتاری واحدهای کشت و صنعت نیشکر، علاوه بر مسائل زیست‌محیطی، به معنای صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۶۲۷/۶۹ میلیون متر مکعب در سال برای هفت واحد توسعهٔ نیشکر و کاهش مصرف کود اوره به میزان ۹۸۰۰ تن است و از طرف دیگر اعمال تیمار دوتقسیطی موجب کاهش هزینه‌های کارگری به منظور اجرای مراحل کودآبیاری در هر سال می‌شود (در شرایط بهره‌برداری کامل ۷۰۰۰۰ هکتار تحت کشت و ۱۴۰۰۰ هکتار آیش است؛ از این رو محاسبات فوق برای حداکثر ۷۰۰۰۰ هکتار منظور شد). از دیدگاه دیگر می‌توان گفت کاهش مصرف آب و استفادهٔ بهینه از آب در مراحل مختلف رشد نیشکر موجب کاهش افتادگی و خوابیدگی نیشکر در مراحل انتهایی رشد و افزایش عملکرد تولید نیشکر می‌شود. این نتایج حاصل پژوهشی یک‌ساله است. پیشنهاد می‌شود چنین طرح‌هایی به صورت چندساله برای ارقام تجاری نیشکر از مرحلهٔ پلانت تا مراحل راتون ادامه یابد.

REFERENCES

Abbasi, F. (2014). *Advanced Soil Physics*. Second edition. Tehran University: Institute of publishing and printing, Tehran University, 320. (In Farsi)

Abbasi, F., Adamsen, F., Hunsaker, D., Feyen, J., Shouse, P., and van Genuchten, M. Th. (2003a). Effects of flow depth on water flow and solute transport in furrow irrigation: field data analysis. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(4), 237-246.

Abbasi, F., Liaghat, A., and Ganjeh, A. (2009). Evaluation of fertigation uniformity in furrow irrigation. *Journal of Soil and Water*, 39 (1), 37-26. (In Farsi)

Abdollahi, L. (2009). A revision of sugarcane fertilizer irrigation management and integration of domestic and foreign experience and using plant models predict. *Shekan Sugar Magazine*, April 2009. Deabal Khazaee Agro-Industry. (In Farsi)

Alizadeh, H. A., Abbasi, F., and Liaghat, A. (2010). Avaluation of distribution uniformity and nitrate losses in furrow fertigation. *Journal Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 51(14), 39-49. (In Farsi)

Azeredo, D. F., Bolsanello, J., Weber, H., and Vieira, J. R. (1986). *Nitrogenio em cana planta-doses e fracionamento*, STAB 4, 25-29.

Bose, P. K. and Thakur, K. (1977). Critical time of irrigation and nitrogen fertilization under water deficit condition -*review of work done at Sugarcane Research Institute, Pusa. Indian Sugar*, 26, 809-811.

Ganjeh, A. (2006). *Evaluation of Fertigation Uniformity in Furrow Irrigation*. master thesis irrigation and drainage. university college of agriculture & natural resources University of Tehran. (In Farsi).

Granberry, D. M., Harrison, K. A., and Kelley, W. T. (2000). *Drip Irrigation*. Cooperative extension service university of Georgia, USA.

Ingram, K. T. and Hilton, H. W. (1986). Nitrogen-potassium fertilization and soil moisture effects on growth and development of drip-irrigated sugarcane. *Crop Science Society of America*, 26, 1034-1039.

Iranian Society of Sugar Cane Technologists. (2014). IRSSCT. Retrieved December 2, 2014, from, http://www.irssct.com

Keating, B. A., Robertson, M. J., Muchow, R. C., and Huth, N. I. (1999). A modelling framework to intrgrate research on nitrogen management of sugarcane. *Field Crops Research*, 271, 253:61.

Koochekzadeh, A., Fathi, G., Gharineh, M. H., Siadat, S. A., Jafari, S., and Alami-Saeid, KH. (2013). Effect of the rate and split application of urea fertilizer on qualitative and quantitative yields of sugarcane ratoon. *Scientific Journal of Agriculture*, 36 (3), 119-129. (In Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir

Mailhol, J. C., Crevoisier, D., and Triki, K. (2007). Impact of water application conditions on nitrogen leaching under furrow irrigation: experimental and modeling approaches. *Agricultural Water Management.* 87, 275-284.

Mailhol, J. C., Ruelle, P., and Nemeth, I. (2001). Impact of fertilization practices on nitrogen leaching under irrigation. *Irrigation Science*, 20, 139-147.

Marshall, T. J., Holmes, J. W., and Rose, C. W. (1996). *Soil Physics*(3th ed.). Australia.

Mohseni, A., Mirseyed Hoseyni, H., and Abbasi, F. (2012). Comparison of fertigation with surface broadcast fertilizer method in water, fertilizer use efficiency, yield, component yield of corn and losses of nitrogen. *Journal of Water and Soil*, 26 (5), 1181-1189. (In Farsi)

New, L. (1971). Inflence of alternate furrow irrigation and time of application on grain sorghum production. No: 2953.

Papadopoulos, I. (1986). Nitrogen fertigation of greenhouse-grown cucumber. *Plant and Soil*, 93,87-93.

Papadopoulos, I. (1998). Overview on fertilizer use through pressurised irrigation system. regional workshop on guidelines for efficient fertilizer use through modern irrigation. FAO, Cairo, Egypt.

Parashar, K. S., Saraf, C. S., and Sharma, R. P. (1978). Studies on the effect of soil-moisture regimes fertilizer leveles on spring planted sugar cane grown pure and inter-cropped with Moong. *Indian Sugar*, 28, 253-261.

Rattey, A. R. and Hogarth, D. M. (2001). The effect ofdifferent nitrogen rates on CCS accumulation over time. In proceeding international society of sugar cane technologists.Brisbane, Australia, 24, 168-170.

Reddy, M. R., Reddy, S. C., Venkatachari, A., and Kulkarny, H. L. (1978). Studies on the effect of nitrogen and moisture regimes on yield and quality of sugarcane. Proc. *42nd Annual Convention of the Sugar Technologists's Assoc. of India*, 99-l21.

Sheini Dashtegol, A., Kashkooli, H. A., Naseri, A. A., and Borumadnasab, S. (2009). Water consumption characteristics of sugarcane in southern of Ahvaz, *Journal of Soil and Water Sciences*, 49, 45-57. (In Farsi).

Thorburn, P. J. (2004). Review of nitrogen fertilizer research in the Australian sugar industry.final report. 125

Turner, N. C. (1990). Plant water relations and irrigation management. *Agricultural Water Management*, 17, 59-73.

Archive of SID

www.SID.ir