کارایی مصرف کود در آفتابگردان با سیستم کود- آبیاری

احمد کریمی[۱]، محمد معزاردلان[۲]، مهدی همائی[۳]، عبدالمجید لیاقت[۴] و فایز رئیسی[۵]

چکیده

کودهای شیمیایی در کشور عمدتاً به روش پخش سطحی مصرف می‌گردند. مصرف کودهای شیمیایی مطابق این روش، زمان کافی را برای انجام واکنش‌های هدررفت فراهم نموده و سرانجام از قابلیت جذب آنها توسط ریشه گیاه می‌کاهد. به این دلیل در بیشتر موارد افزایش عملکرد همگام با افزایش کود مصرفی نیست. کود- آبیاری نقشی مهّم در افزایش کارایی مصرف آب و کود دارد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر کود- آبیاری بر کارایی مصرف کود در آفتابگردان با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری بود. این آزمایش در خاکی با بافت سطحی رسی سیلتی و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور مقدار آب آبیاری در چهار سطح (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده بر اساس تخلیه رطوبتی خاک) و مقدار کود شیمیایی در پنج سطح (شاهد، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد توصیه کودی بر اساس آزمون خاک) در سه تکرار به اجرا درآمد. ترکیب کودی توصیه شده به صورت ۴۰۰ کیلوگرم اوره، ۵۰ کیلوگرم کلرور پتاسیم، ۵۰ کیلوگرم فسفات دی آمونیم، ۳۰ کیلوگرم سولفات آهن، ۳۰ کیلوگرم سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم سولفات روی، ۳۰ کیلوگرم سولفات مس، و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار بود. در تمامی تیمارها به جز تیمارهای شاهد، کل کودهای موجود در ترکیب توصیه کودی، بر اساس سطح کودی، مورد مصرف قرار گرفتند. کودهای ازت و پتاسیم در ۵ نوبت و با فواصل ۱۴ روز و کودهای دارای عناصر کم مصرف در ۴ نوبت با فواصل ۱۴ روز در طی فصل رشد مصرف گردید. نتایج نشان داد که کارایی مصرف کود تحت تأثیر میزان آب آبیاری، مقدار کود مصرفی و اثر متقابل هر دو عامل قرار می‌گیرد. تیمارهای آبیاری اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر کارایی مصرف کودها در تولید دانه و ماده خشک کل دارند. به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش مقدار آب مصرفی کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم در تولید ماده خشک کل افزایش می‌یابد. در حالی که در تولید دانه با افزایش مقدار آب مصرفی کارایی مصرف ازت افزایش و کارایی مصرف فسفر و پتاسیم کاهش می‌یابد. نتایج کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم به صورت اثر تجمعی آنها نیز نشان داد که بین تیمارهای آبیاری، کارایی مصرف تجمعی آنها تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ وجود دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمارهای کودی اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر کارایی مصرف کودها در تولید دانه و ماده خشک کل دارند. از طرف دیگر مشخص گردید که با افزایش میزان مصرف کود کارایی مصرف کودها کاهش می‌یابد. در بین تیمارهای کودی، کارایی مصرف تجمعی آنها تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ نشان داد. نتایج کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم به صورت اثر تجمعی آنها نیز نشان داد که با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف کودها به صورت تجمعی در تولید دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد. مقایسه کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم نشان می‌دهد که کارایی مصرف K>N>P است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای- نواری، آفتابگردان، کارایی مصرف کود، کود- آبیاری

۱. دانشجوی سابق دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران و در حال حاضر استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۲. دانشیار خاک‌شناسی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۴. دانشیار آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۵. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

مقدمه

در منابع مختلف مفهوم کارایی مصرف کود متفاوت بیان شده است. کوک (۷) کارایی مصرف عناصر غذایی را به صورت افزایش عملکرد بخش برداشت شده گیاهی به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده به صورت کود، تعریف کرد. کراسول و گودوین (۸) کارایی عناصر غذایی را تحت نام کارایی بازیافت یا بازده ظاهری (Recovery efficiency) بیان کردند. بر این اساس کارایی مصرف کود (عنصر غذایی) به مقدار عنصر غذایی جذب شده، به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده گفته می‌شود و از رابطه زیربه‌دست می‌آید:

$$E_r = (U_f - U_c) / F \qquad [۱]$$

که این رابطه E_r کارایی بازیافت ظاهری (درصد)، U_f مقدار عنصر غذایی جذب شده توسط گیاهی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، U_c مقدار عنصر غذایی جذب شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده (کیلوگرم در هکتار) و F مقدار عنصر غذایی مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

کارایی مصرف کود به مقدار، زمان، نوع و روش مصرف کود بستگی دارد. روش کوددهی نقشی اساسی در استفاده بهینه از کود و افزایش کارایی مصرف آن دارد. بدیهی است که با مصرف عناصر غذایی بر اساس نیاز گیاه در طی دوره رشد، کارایی مصرف کود افزایش می‌یابد. معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید. به تدریج با مصرف مقادیر بیشتر کود، کمبود عناصر غذایی برطرف می‌شود. از این مرحله به بعد، واکنش گیاه در برابر کود مصرفی کم شده و بنابر این کارایی مصرف آن کاهش می‌یابد. در چند دهه گذشته مقالات زیادی در مورد اهمیت و جایگاه تکنولوژی کود- آبیاری از نظر افزایش کارایی مصرف آب، کود، تولید محصول و حفظ محیط زیست ارائه گردیده است. ویتس و همکاران (۳۲) بیان کردند که غیر یک‌نواختی آبیاری موجب مدیریت ضعیف مصرف کود، ایجاد رواناب، غیر یک‌نواختی توزیع کود و نیز سبب هدر رفت کود می‌شود. رالستون و همکاران (۲۷) گزارش دادند که با مصرف ازت با آبیاری قطره‌ای نسبت به روش رایج کوددهی، جذب ازت و کارایی مصرف آن در سیب زمینی افزایش می‌یابد. پاپادوپولوس (۲۲و۲۳) اثر مصرف کودهای شیمیایی را به روش کود- آبیاری بر کارایی مصرف کود و عملکرد محصولات مختلف مانند سیب زمینی، ذرت، خیار، آفتابگردان و توت فرنگی مورد آزمایش قرار داد و نتیجه گرفت که کارایی مصرف کود و عملکرد در این روش بسیار بیشتر از روش پخش سطحی است. اوریو و همکاران (۳۱) با مصرف پتاسیم از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای نتیجه گرفتند که پتاسیم در طول یک فصل می‌تواند ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر در خاک جابه‌جا گردد. ماگن در آزمایشی نتیجه گرفت که با کود- آبیاری پتاسیم، تحرک پتاسیم در هر دوجهت افقی و عمودی در خاک آسان‌تر می‌گردد (۱۹). شایند و همکاران (۲۹) با مصرف کودهای پتاسه عملکرد دانه آفتابگردان را به‌طور معنی‌دار افزایش دادند و اظهار داشتند که درصد روغن در حالت تقسیطی بالاترین بود. ملیک و همکاران (۲۱) در نتیجه‌گیری از تحقیق روی نخود فرنگی بیان داشتند که در کود- آبیاری عناصر غذایی مستقیماً توسط قطره چکان‌ها در ناحیه حداکثر فعالیت ریشه گیاهان قرار می‌گیرد و باعث افزایش کارایی مصرف کود می‌گردد. فیجین و همکاران (۱۲) نتیجه گرفتند که کود-آبیاری ازت از طریق آبیاری قطره‌ای نسبت به نواری آن و سپس آبیاری قطره‌ای، میزان جذب ازت و تأثیر آن را برعملکرد کرفس افزایش می‌دهد.

کود- آبیاری (Fertigation) که عبارت از مصرف کود همراه با آب آبیاری در طی دوره رشد گیاه است، کارایی مصرف کود را افزایش می‌دهد (۴). کود- آبیاری با سیستم‌های تحت فشار منجر به افزایش کارایی مصرف آب و کود به‌طور هم‌زمان و موجب کاهش هدر رفت بخشی از کودهای شیمیایی می‌گردد (۱۷و۳۰). هدف از این پژوهش، بررسی اثر کود- آبیاری بر کارایی مصرف کود در آفتابگردان با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد (طول جغرافیائی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه و عرض جغرافیائی ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه) در خاکی با بافت رسی سیلتی و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور مقدار آب آبیاری در چهار سطح، و مقدار کود شیمیایی در پنج سطح، در سه تکرار در سال ۱۳۸۳ انجام گردید. در اوایل بهار، ابتدا زمین مورد نظر انتخاب و پیش از کاشت آفتابگردان نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه از دو عمق ۲۵-۰ و ۶۰-۲۵ سانتی‌متر برداشت و تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی بر روی آن انجام گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از خشک کردن، و خرد کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری با استفاده از رینگ‌های فلزی به قطر ۶ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر ، جرم مخصوص حقیقی با استفاده از پیکنومتر، و برای تعیین مقدار آب قابل استفاده، رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم بترتیب در مکش‌های ۰/۳ و۱۵ بار توسط دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری گردید (۱و۱۰). قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی وpH خاک در گل اشباع توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد. پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال، فسفر قابل جذب به روش بیکربنات سدیم نیم مولار، ازت کل به روش کجلدال، کربنات کلسیم معادل در خاک به روش کلسیمتری و عناصر ریز مغذی قابل جذب روی، مس، منگنز و آهن با عصاره‌گیری از خاک با روش DTPA توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شدند(۱ و۱۰).

در اواسط اردیبهشت ماه زمین مورد نظر شخم و بعد از دیسک زدن اقدام به ایجاد فارو گردید. سپس زمین کرت بندی و تیمارها به‌طور تصادفی در آن پخش گردیدند. فاصله کرت‌های آزمایشی از یکدیگر ۲/۵ متر و ابعاد آن ۶ × ۱/۸ متر در نظر گرفته شد. در اواخر اردیبهشت ماه آفتابگردان ، به‌صورت ردیفی با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف به‌صورت خطی توسط دست کشت گردید. ار رقم آفتابگردان هیبرید شده زاریا مناسب شرایط آب و هوائی منطقه استفاده گردید. برای این آزمایش، سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری طراحی و اجرا گردید. از نوارهای آبیاری با مشخصات فنی AJCT دارای ارقام ۴۵۰- ۳۰ – ۰۷ –۱۶/۵ که آبدهی آن برای ۱۰۰ متر طول ۴۵۰ لیتر در ساعت، فاصله خروجی‌ها ۳۰ سانتی‌متر، ضخامت آن ۰/۱۷۵ میلی‌متر، و قطر داخلی آن ۱۶/۵ میلی‌متر بود استفاده شد. در این سیستم برای کنترل و اندازه‌گیری میزان آب و کود در محل اتصال منیفلدها به لوله نیمه اصلی از کنتورهای حجمی ۰/۵ اینچ استفاده گردید. جهت جلوگیری از گرفتگی نوارها، توسط ذرات معلق بین خط توزیع و خط تغذیه کننده یک فیلتر دیسکی با مش ۱۵۰ نصب گردید. به منظور کوددهی همراه با آب آبیاری در این آزمایش، از روش تزریق با ایجاد اختلاف فشار استفاده شد. در این روش انژکتور، محلول کودی را از یک تانک روباز کشیده و آن را با جابجایی یا فشار به داخل سیستم آبیاری تزریق می‌نماید.

برای تعیین تیمارهای آبیاری از تخلیه رطوبتی‌خاک استفاده گردید. بدین منظور با اندازه‌گیری رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، مقدار آب قابل استفاده گیاه در خاک محاسبه گردید. تأمین ۱۰۰٪ آب قابل استفاده در خاک به عنوان تیمار شاهد و سایر تیمارها به عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید. بر این اساس با توجه به دور معمول آبیاری منطقه (۷ روز) اندازه‌گیری رطوبت خاک در تیمار شاهد انجام گرفت و با محاسبه نیاز آبیاری برای تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی واعمال ضرایب ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد در آن سایر تیمارها آبیاری شدند. (۳و۲۶). تیمارهای آبیاری بر اساس جدول ۱ اعمال گردید.

برای دست‌یابی به این هدف در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری رطوبت خاک در عمق ریشه گیاه به روش وزنی تعیین و با استفاده از رابطه زیر مقدار آب آبیاری به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک تا عمق ریشه به حد ظرفیت مزرعه برسد.

$$d_n = (\theta_{FC} - \theta_i)\ \rho_b * D \qquad [۲]$$

که در رابطه ۲ θ_{FC} درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی، θ_i

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

جدول۱. تیمارهای آبیاری وکودی

تیمار	تعریف
I_1	آبیاری به اندازه ۶۰٪ نیاز آبی محاسبه شده
I_2	آبیاری به اندازه ۸۰٪ نیاز آبی محاسبه شده
I_3	آبیاری به اندازه ۱۰۰٪ نیاز آبی محاسبه شده
I_4	آبیاری به اندازه۱۲۰٪ نیاز آبی محاسبه شده
F_0	مصرف کودها به اندازه صفر درصد فرمول کودی توصیه شده
F_1	مصرف کودها به اندازه ۶۰٪ درصد فرمول کودی توصیه شده
F_2	مصرف کودها به اندازه ۸۰٪ درصد فرمول کودی توصیه شده
F_3	مصرف کودها به اندازه ۱۰۰٪ درصد فرمول کودی توصیه شده
F_4	مصرف کودها به اندازه ۱۲۰٪ درصد فرمول کودی توصیه شده

درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) ،D عمق توسعه ریشه (میلی‌متر) و d_n عمق خالص آبیاری بر حسب میلی‌متر است. ترکیب کودی توصیه شده برای آفتابگردان، بر اساس نتیجه تجزیه خاک به صورت ۴۰۰ کیلوگرم اوره، ۵۰ کیلوگرم کلرور پتاسیم، ۵۰ کیلوگرم فسفات دی آمونیم، ۳۰ کیلوگرم سولفات آهن، ۳۰ کیلوگرم سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم سولفات روی، ۳۰ کیلوگرم سولفات مس، و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار بود(۲). تیمارهای کودی شامل پنج سطح کودی (شاهد، ۶۰٪ ، ۸۰٪ ، ۱۰۰٪ ، و۱۲۰٪ ترکیب کودی) بود. تیمارهای کودی بر اساس جدول شماره ۱ اعمال گردید. در مجموع آزمایش با ۲۰ تیمار و ۳ تکرار به اجرا درآمد. در هر یک از تیمارهای کودی، از آنجا که تمامی انواع کودهای موجود در ترکیب کودی مصرف گردیدند، اثر تجمعی کودها مد نظر قرار گرفت. کودهای ازت و پتاسیم در ۵ نوبت و با فواصل ۱۴ روز و کودهای دارای آهن، روی، منگنز، مس و بر در ۴ نوبت با فواصل ۱۴ روز در طی فصل رشد آفتابگردان مصرف گردید. در این آزمایش، کود فسفات دی آمونیم به دلیل حلالیت پایین و عدم امکان مصرف آن به روش کود- آبیاری در تمام تیمارهای آزمایش قبل از شخم در سطح خاک مصرف گردید تا با عملیات شخم کود تا عمق۲۰ سانتی‌متری خاک آغشته گردد تا قابلیت استفاده بیشتر از کود را فراهم سازیم.

در طول فصل رشد به موازات اعمال تیمارهای آبیاری و کودی عملیات دیگر داشت مانند مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز صورت گرفت. بعد از رسیدن محصول، محصول کرت‌ها با حذف حاشیه‌ها در سطح ۲/۴ متر مربع برداشت گردیده و توزین شد. از محصول هر کرت نمونه‌هایی برای تعیین درصد رطوبت به آزمایشگاه منتقل گردید و پس از تعیین رطوبت آن، میزان ماده خشک کل، بیوماس و دانه تعیین گردید. هم‌چنین برای تعیین عناصر غذایی در ماده خشک و دانه گیاه نمونه برداری به صورت تصادفی صورت گرفت. در ماده خشک و دانه آفتابگردان ازت کل، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری گردید. ازت کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر بوسیله سیستم اتوماتیک کجل تک (۶)، فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با هضم به روش سوزاندن خشک و استفاده از اسید کلریدریک (۶ و ۱۸) و پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک اندازه‌گیری گردید (۳۳). تجزیه و تحلیل آماری به کمک نرم افزار SAS انجام شد و پس از محاسبه جدول تجزیه واریانس (ANOVA) مقایسه میانگین به روشLSD در سطح ۱٪ صورت گرفت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

جدول۲. مشخصات شیمیایی خاک محل آزمایش

EC dS/m	PH	میلی گرم بر کیلو گرم								درصد			عمق خاک
		Zn	Cu	Mn	Fe	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کربن آلی	ازت کل	کربنات کلسیم	سولفات کلسیم	cm
۰/۳۶	۷/۷۳	۴/۶	۲/۱	۱۸/۵	۹/۳	۱۱/۴	۳۴۰	۰/۴۷	۰/۰۸۸	۳۳/۵	۰/۵	۰-۲۵
۰/۶۶	۷/۷۶	–	–	–	–	۱۰/۳	۲۴۵	–	۰/۰۷۷	۳۶/۰	۰/۵	۲۵-۶۰

جدول۳. مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

درصد وزنی رطوبت خاک			جرم مخصوص حقیقی	جرم مخصوص ظاهری	بافت خاک	درصد توزیع اندازه ذرات خاک			عمق خاک
PWP	FC	SP	g/cm^3	g/cm^3		شن	سیلت	رس	cm
۱۶/۳	۲۶/۲۸	۳۷	۲/۳۱	۱/۲۷	Silty Clay	۱۱/۰	۴۱/۲	۴۷/۸	۰-۲۵
۱۶/۶۵	۲۶/۹۴	۳۳	۲/۳۹	۱/۵۰	Clay	۸/۷	۳۷/۷	۵۳/۶	۲۵-۶۰

درجدول SP درصد اشباع، FC ظرفیت زراعی و PWP نقطه پژمردگی دائم است.

جدول۴. نتایج تجزیه واریانس کارآیی مصرف کود آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	کارآیی مصرف کود (درصد) بر اساس کل ماده خشک و عملکرد دانه							
		کل ماده خشک				عملکرد دانه			
		ازت	فسفر	پتاسیم	NPK	ازت	فسفر	پتاسیم	NPK
کود	۴	۶۲۰۴/۳**	۳۶۲۹/۶**	۹۱۵۹۶**	۹۸۵۷**	۱۴۳۲/۱**	۱۱۳۹/۴**	۱۴۷۸**	۹۶۲**
آب	۳	۸۸۵/۴**	/۴** ۱۷۶۹۵	۱۶۵۹۷**	۱۵۰۹۷**	۶۸۲/۶**	۴۱۲۳/۸**	۱۹۱۳**	۸۳۴**
کود× آب	۱۲	۱۲۱۷/۹**	۵۷۰۴/۶**	۲۰۸۲۰**	۵۰۵۰**	۴۳۴/۶**	۱۲۹۰/۱**	۱۵۵۲**	۳۴۰**

** : معنی‌دار در سطح ۱٪

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک و شرایط رشد آفتابگردان

خاک مزرعه مورد آزمایش دارای بافت رسی سیلتی است و از آنجائی که آفتابگردان با غالب خاک‌ها سازگاری دارد ولی خاک‌های نسبتاً سبک را به خاک‌های خیلی سنگین رسی ترجیح می‌دهد. بنابر این محدودیتی از نظر نوع خاک برای این گیاه وجود ندارد. مشخصات شیمیایی خاک قطعه آزمایشی در جدول ۲ و مشخصات فیزیکی آن در جدول ۳ آمده است.

اثر تیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف عناصر غذایی

نتایج تجزیه واریانس کارایی مصرف کود در گیاه آفتابگردان در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که کارایی مصرف

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

جدول۵. مقایسه کارایی مصرف کود آفتابگردان در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	مقدار آب مصرفی m^3/ha	کارآیی مصرف کود (درصد) بر اساس کل ماده خشک و عملکرد دانه							
		کل ماده خشک				عملکرد دانه			
		ازت	فسفر	پتاسیم	NPK	ازت	فسفر	پتاسیم	NPK
I_1	۶۴۰۰	۲۱^{c}	۱۷^{a}	۳۰^{d}	۳۱^{b}	۱۲^{c}	۱۴^{a}	۱۹^{c}	۱۵^{b}
I_2	۷۴۴۰	۱۵^{d}	۳^{d}	۴۳^{c}	۲۶^{c}	۵^{d}	۱۳^{b}	۲۲^{b}	۱۴^{b}
I_3	۸۴۲۰	۲۵^{b}	۶^{c}	۶۶^{b}	۳۹^{a}	۱۳^{b}	۷^{d}	۱۹^{c}	۱۸^{a}
I_4	۹۵۴۰	۲۸^{a}	۸^{b}	۷۲^{a}	۴۰^{a}	۱۵^{a}	۹^{c}	۳۲^{a}	۱۹^{a}

میانگین‌های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

کود آفتابگردان تحت تأثیر میزان آب آبیاری، مقدار کود مصرفی و اثر متقابل هر دو عامل قرار می‌گیرد. مقایسه میانگین‌های کارایی مصرف کود با آزمون دانکن در سطح ۱٪ در تیمارهای مختلف آبیاری در جدول ۵ ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده در جدول ۵ نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر کارایی مصرف ازت در تولید دانه و ماده خشک کل دارند. در بین تیمارهای آبیاری تیمارI_4 با ۲۸ و ۱۵ درصد بیشترین و تیمار I_2 با ۱۵ و ۵ درصد کمترین کارایی مصرف ازت را به ترتیب برای تولید ماده خشک کل و دانه دارند. همین طور نتایج نشان داد که کارایی مصرف پتاسیم با افزایش میزان آب مصرفی افزایش می‌یابد. در بین تیمارهای آبیاری تیمارI_4 با ۷۲ درصد بیشترین و تیمار I_1 با ۳۰ درصد کمترین کارایی مصرف پتاسیم را در تولید ماده خشک دارند (جدول ۵). با این حال بیشترین کارایی مصرف پتاسیم برای تولید دانه در تیمارI_4 با ۳۲ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار I_1 با ۱۹ درصد حاصل گردید. در تولید دانه با افزایش میزان آب مصرفی نسبت به تیمار ۱۰۰٪ تأمین نیاز آبی، کارایی مصرف پتاسیم کاهش نشان داد. اما نتایج نشان داد که کارایی مصرف فسفر با افزایش میزان آب مصرفی کاهش می‌یابد. علت را می‌توان به تثبیت بیشتر فسفر در شرایط فراهمی آب ارتباط داد. با افزایش مقدار آب در خاک کلسیم محلول خاک با فسفر بهتر واکنش داده و باعث تشکیل ترکیبات نامحلول فسفر در خاک می‌گردد. در نتیجه امکان جذب فسفر توسط گیاه کاهش یافته و کارایی مصرف فسفر کاهش می‌یابد. در بین تیمارهای آبیاری تیمارI_1 با ۱۷ و ۱۴ درصد بیشترین کارایی مصرف فسفر را به ترتیب برای تولید ماده خشک و تولید دانه دارند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار آب مصرفی کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم در تولید ماده خشک کل افزایش می‌یابد. هم‌چنین در تولید دانه با افزایش مقدار آب مصرفی کارایی مصرف ازت و پتاسیم افزایش نشان می‌دهد. در حالی که کارایی مصرف فسفر کاهش می‌یابد. آب به دلیل نقش آن در فرایندهای جذب عناصر غذایی، وجود رطوبت کافی در خاک برای افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ضروری است. نیاز آفتابگردان به ازت به ویژه در مراحل اولیه رشد، بیشتر از سایر عناصر است. هنگامی که مقدار آب مصرفی افزایش یابد و ازت به صورت تقسیطی در اختیار گیاه قرار گیرد امکان جذب بیشتر آن فراهم شده و از طرف دیگر به علت تقسیطی بودن هدر رفت آن کاهش می‌یابد در نتیجه کارایی مصرف آن در این شرایط افزایش می‌یابد. نتایج کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم به صورت اثر تجمعی آنها نیز نشان داد که در بین تیمارهای آبیاری، کارایی مصرف تجمعی آنها تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ وجود دارد. در بین تیمارهای آبیاری تیمارI_4 با ۴۰ و ۱۹ درصد بیشترین و تیمار I_2 با ۲۶ و ۱۴ درصد کمترین کارایی مصرف کودها را به ترتیب برای تولید

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

جدول۶. مقایسه کارایی مصرف کود آفتابگردان در تیمارهای مختلف کودی

تیمار	کارآیی مصرف کود (درصد)							
	ماده خشک کل				عملکرد دانه			
	ازت	فسفر	پتاسیم	NPK	ازت	فسفر	پتاسیم	NPK
F_0	–	–	–	–	–	–	–	–
F_1	۴۲^{a}	۱۵^{a}	۴۸^{c}	۵۷^{a}	۱۵^{b}	۱۲a	۲۶^{a}	۱۹^{b}
F_2	۳۳^{b}	۱۴^{b}	۶۵^{a}	۴۵^{b}	۱۸^{a}	۹^{b}	۲۳^{b}	۲۱^{a}
F_3	۲۴^{c}	۱۲^{c}	۵۵^{b}	۳۰^{c}	۱۲^{c}	۳^{c}	۱۶^{c}	۱۴^{c}
F_4	۱۲^{d}	۱۰^{d}	۴۳^{d}	۱۳^{d}	۹^{d}	۲^{d}	۱۶^{c}	۱۱^{d}

میانگین‌های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

ماده خشک و دانه دارند. اختلاف معنی‌داری بین تیمار I_3 و I_4 وجود نداشت. کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم به صورت تجمعی نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی، کارایی مصرف کودها در تولید ماده خشک و دانه افزایش می‌یابد.

هافیل و همکاران (۱۶) کمترین کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم را به ترتیب ۹، ۱۵ و صفر درصد و بیشترین کارایی مصرف را ۹۱، ۴۲ و ۱۰۰ درصد گزارش کردند. دوبرمان و ویت (۱۱) در اراضی تحت کشت آبی در آسیا کارایی مصرف ازت را ۳۱ درصد، هافیل و همکاران (۱۶) در مناطق مختلف افریقا در مزارع کشاورزان ۵۰-۱۹ درصد، وپریس و همکاران (۳۴) بین ۶۶-۵۹ درصد و دداتا و بورش (۹) مقدار آن را ۵۷ درصد گزارش کردند. در این پژوهش کمترین کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم در تیمارهای آبیاری به ترتیب ۱۵، ۳ و ۳۰ درصد به‌دست آمد. هم‌چنین بیشترین کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم در تیمارهای آبیاری به ترتیب ۲۸، ۱۷ و ۷۲ درصد به‌دست آمد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج آنها مطابقت ندارد. نوع خاک، شرایط اقلیمی و شرایط آزمایشات انجام شده را از دلایل وجود تفاوت با نتایج آنها می‌توان بیان کرد. مطالعات عبدالمنعم (۵)، پیلبیم و همکاران (۲۵)، ملحی و نیبورگ (۲۰) و فیلری و مک اینس (۱۳) نیز نشان داد که در شرایط آب و هوایی خشک کارایی مصرف ازت، بستگی به عواملی همچون نوع کود، زمان و روش مصرف کود، نوع خاک و شرایط اقلیمی دارد. گارابت و همکاران در آزمایشی با مصرف کود ازت در ۴ سطح (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳ سطح آبیاری (۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد) بر روی گندم نتیجه گرفتند که آبیاری در کارایی ازت توسط دانه تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۵٪ دارد (۱۴). با افزایش مصرف آب میزان ازت برداشت شده توسط گندم افزایش یافت. بیشترین ازت برداشت شده در تیمار آبیاری کامل توأم با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار گزارش گردید. در این پژوهش نیز بیشترین کارایی مصرف ازت در تیمار آبیاری کامل و با مصرف ۱۱۰ کیلوگرم ازت به‌دست آمد. نتایج این پژوهش با نتایج آنها مطابقت دارد.

اثر تیمارهای کودی بر کارایی مصرف کود

مقایسه میانگین‌های کارایی مصرف کود با آزمون دانکن در سطح ۱٪ در تیمارهای مختلف کودی در جدول ۶ ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده در جدول ۶ نشان می‌دهد که تیمارهای کودی اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر کارایی مصرف ازت در تولید دانه و ماده خشک کل دارند. در بین تیمارهای کودی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

تیمارF_1 با ۴۲ و تیمار F_2 با ۱۸ درصد بیشترین و تیمار F_4 با ۱۲ و ۹ درصد کمترین کارایی مصرف ازت را به ترتیب برای تولید ماده خشک کل و دانه دارند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مصرف کود کارایی مصرف ازت، پتاسیم و فسفر کاهش می‌یابد. معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید. به تدریج با مصرف مقادیر بیشتر کود، کمبود عناصر غذایی برطرف می‌شود. از این مرحله به بعد، واکنش گیاه در برابر کود مصرفی کم شده و بنابر این کارایی مصرف آن کاهش می‌یابد. نیاز آفتابگردان به ازت به ویژه در مراحل اولیه رشد، بیشتر از سایر عناصر است. هنگامی که مقدار مصرف ازت کم باشد، گیاه از این مقادیر کم، بیشترین استفاده را برای انجام فعالیت‌های حیاتی خود به عمل می‌آورد. با افزایش مقادیر ازت مصرفی، شدت نیاز کم می‌شود و واکنش گیاه در برابر مصرف زیاد کود کمتر است. در روش کود- آبیاری میزان کاهش کارایی مصرف ازت با افزایش مقدار مصرف آن بیشتر است. علت آن است که بازده مصرف ازت در کود- آبیاری بیشتر از سایر روش‌های معمول کوددهی است. با مصرف مقادیر کم ازت (۶۰٪) در شرایط این آزمایش نیاز گیاه به آن بیشتر مرتفع می‌شود. بنابر این با مصرف مقادیر بیشتر ازت، واکنش گیاه به کود مصرفی کمتر می‌شود. به این دلیل کارایی مصرف ازت در مقادیر بالای مصرف ازت، پایین است.

با کود- آبیاری پتاسیم، حرکت توده‌ای پتاسیم به عمق ریشه گیاه فراهم می‌آید و از آنجا که مصرف پتاسیم به صورت تقسیطی می‌باشد، میزان تثبیت آن توسط کلوئیدهای خاک کاهش می‌یابد. با نفوذ پتاسیم به عمق ریشه و بر اثر کاهش تثبیت آن، قابلیت دسترسی آن و در نتیجه کارایی مصرف آن افزایش می‌یابد. اثر مقدار پتاسیم مصرفی بر کارایی مصرف آن در سطح ۱٪ معنی دار بود. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار مصرف پتاسیم، کارایی مصرف آن کاهش می‌یابد. دلیل آن را می‌توان این چنین بیان کرد که در مقادیر کم پتاسیم مصرفی، گیاه بیشترین استفاده را از آن به عمل می‌آورد. با افزایش مقدار مصرف پتاسیم، به دلیل رفع نیاز گیاه، میزان جذب پتاسیم کمتر است. بنابراین بازده مصرف پتاسیم نیز همانند ازت در مقادیر کم مصرف کود، بیشترین میزان است. به طور کلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آنها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به افزایش مقادیر بیشتر کودی کمتر می‌شود. بنابر این کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه، کمتر می‌شود. در نتیجه کارایی مصرف عناصر غذایی، در مقادیر اولیه مصرف کود بیشتر بوده و با افزایش مقدار کود مصرفی کمتر می‌شود. در بین تیمارهای کودی تیمارF_2 با ۶۵ و تیمار F_1 با ۲۶ درصد بیشترین و تیمار F_4 با ۴۳ و ۱۶ درصد کمترین کارایی مصرف پتاسیم را به ترتیب در تولید ماده خشک و دانه دارند. در بین تیمارهای کودی تیمار F_1 با ۱۵ و ۱۲ درصد بیشترین و تیمار F_4 با ۱۰ و۲ درصد کمترین کارایی مصرف فسفر را به ترتیب برای تولید ماده خشک و تولید دانه دارند(جدول ۶).

نتایج کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم به صورت اثر تجمعی آنها نیز نشان داد که با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف کودها به صورت تجمعی در تولید دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد. در بین تیمارهای کودی، کارایی مصرف تجمعی آنها تفاوت معنی دار در سطح آماری ۱٪ وجود دارد. در بین تیمارهای کودی تیمار F_1 با ۵۷ و تیمار F_2 با ۲۱ درصد بیشترین و تیمار F_4 با ۱۳ و ۱۱ درصد کمترین کارایی مصرف کودها را به ترتیب برای تولید ماده خشک و تولید دانه دارند(جدول ۶). مقایسه کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم نشان می‌دهد که کارایی مصرف K>N>P است. دلایل پایین بودن کارایی مصرف فسفر را می‌توان پخش سطحی آن و واکنش فسفر با کلسیم در خاک نام برد. زیرا این واکنش از پویایی فسفر کود می‌کاهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از کارایی مصرف عناصر غذایی، میزان کود مصرفی کمتر از مقدار فرمول کودی توصیه شده بر اساس آزمون خاک در شرایط این آزمایش است. بنابراین جهت افزایش کارایی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

مصرف کود و صرفه جویی اقتصادی در این شرایط باید برای ازت، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۸۰، ۶۰ و۶۰ درصد فرمول کودی توصیه شده را به‌کار برد.

گلتا و همکاران (۱۵) در آزمایشی نشان دادند که در هر تیمار آبیاری با افزایش میزان کود، کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش با نتایج گلتا و همکاران مطابقت دارد. نتایج مطالعات شارما سرکار و همکاران (۲۸) بر روی چغندرقند در آزمایشی با سه سطح آبیاری (۲۰، ۳۵ و۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) و سه سطح مصرف ازت (۱۱۲، ۱۶۸ و ۲۲۴ کیلوگرم در هکتار) نشان داد که در همهٔ تیمارهای آبیاری با افزایش مصرف کود، کارایی مصرف آن کاهش نشان داد. در این پژوهش نیز در تیمارهای کودی با افزایش مصرف ازت، کارایی آن کاهش نشان داد که با نتایج آنها مطابقت دارد. در این پژوهش با مصرف ۱۱۰، ۱۴۷، ۱۸۴ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار ازت، کارایی مصرف آن به ترتیب در تولید ماده خشک آفتابگردان ۴۲، ۳۳، ۲۴ و ۱۲ درصد و در عملکرد دانه ۱۵، ۱۸، ۱۲ و ۹ درصد به‌دست آمد.

هافیل و همکاران (۱۶) کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم را در مزارع برنج کشاورزان در ۴ کشور افریقایی بررسی کردند. آنها میانگین کارایی مصرف ازت را ۵۰-۱۹ درصد، کارایی مصرف فسفر را ۴۳-۲۶ درصد و کارایی مصرف پتاسیم را ۶۵-۵۳ درصد گزارش کردند. آنها هم‌چنین در دو ایستگاه تحقیقاتی کارایی مصرف ازت را ۴۹ و ۶۲ درصد، کارایی مصرف فسفر را ۲۶ و ۴۲ درصد و کارایی مصرف پتاسیم را ۵۳ و ۶۵ درصد گزارش کردند. مقایسه کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم (NPK) نشان داد که هم در مزارع کشاورزان و هم در ایستگاه‌های تحقیقاتی کارایی مصرف پتاسیم بیشتر از ازت و کارایی مصرف ازت بیشتر از فسفر (K>N>P) است. در این پژوهش روند تغییرات با نتایج آنها مشابه، اما از نظر مقدار کارایی مصرف کود تفاوت وجود دارد. از جمله علل تفاوت در نتایج را نوع گیاه، شرایط محیطی (مقدار آب، نوع خاک و اقلیم) نوع و میزان مصرف کود، روش کوددهی و روش آبیاری می‌توان نام برد.

اثر متقابل آب و کود بر کارایی مصرف کودها

جدول ۷ اثر متقابل آب و کود را بر کارایی مصرف ازت، فسفر، پتاسیم و اثر تجمعی این سه عنصر را بر کارایی مصرف کودها نشان می‌دهد. تیمار I_4F_1 با ۲۳ درصد و تیمار I_4F_1 با ۶۱ درصد بیشترین کارایی مصرف ازت را به ترتیب در عملکرد دانه و ماده خشک نشان می‌دهد. تیمار I_4F_2 با ۳۲ درصد و تیمار I_4F_1 با ۸۶ درصد بیشترین کارایی مصرف فسفر را به ترتیب در عملکرد دانه و ماده خشک نشان می‌دهد. تیمار I_4F_1 با ۵۲ درصد و تیمار I_4F_3 با ۸۴ درصد بیشترین کارایی مصرف پتاسیم را به ترتیب در عملکرد دانه و ماده خشک نشان می‌دهد. اثر تجمعی کودها بر کارایی مصرف آنها نشان داد که تیمار I_3F_3 با ۲۷ درصد و تیمار I_4F_1 با ۶۱ درصد بیشترین کارایی مصرف کودها را به ترتیب در عملکرد دانه و ماده خشک دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود کارایی مصرف ازت، پتاسیم و فسفر در تولید ماده خشک و دانه کاهش می‌یابد. مقایسه کارایی مصرف ازت، فسفر و پتاسیم نشان می‌دهد که کارایی مصرف K>N>P است. نتایج کلی نشان می‌دهد که معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید. به تدریج با مصرف مقادیر بیشتر کود، کمبود عناصر غذایی برطرف می‌شود. از این مرحله به بعد، واکنش گیاه در برابر کود مصرفی کم شده و بنابر این کارایی مصرف آن کاهش می‌یابد. بر این اساس برای دستیابی به حداکثر کارایی مصرف کود در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای- نواری مصرف مقادیر ۶۰ تا ۸۰ درصد توصیه کودی بر اساس آزمون خاک به ترتیب برای عملکرد کل ماده خشک و عملکرد دانه باعث ۲۰ تا ۴۰ درصد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

جدول۷. میانگین کارآیی مصرف کود درعملکرد دانه و کل ماده خشک در تیمارهای آزمایشی آفتابگردان

تیمار	درصد کارایی مصرف کودها							
	ازت		فسفر		پتاسیم		NPK	
	دانه	ماده خشک	دانه	ماده خشک	دانه	ماده خشک	دانه	ماده خشک
I_1F_0	_	-	-	-	-	-	-	-
I_1F_1	۱۸	۲۸	۳۳	۳۷	۱۶	۱۳	۱۹	۵۸
I_1F_2	۱۸	۲۲	۱۵	۲۲	۵۰	۵۲	۲۲	۵۳
I_1F_3	۱۰	۱۷	۷	۶	۶	۳۱	۹	۱۰
I_1F_4	۱۲	۸	۱۴	۷	۵	۲۵	۱۱	۵
I_2F_0	_	_	_	_	_	_	_	_
I_2F_1	۱۶	۵۳	۳	۶	۲۲	۴۹	۲۲	۱۹
I_2F_2	۱۷	۲۹	۴	۴	۲۶	۷۱	۲۱	۵۷
I_2F_3	۶	۲۳	۳	۴	۲۰	۲۹	۷	۱۷
I_2F_4	۵	۱۰	۶	۲	۱۷	۲۴	۶	۱۰
I_3F_0	_	_	_	_	_	_	_	_
I_3F_1	۵	۲۶	۴	۲۵	۱۳	۶۳	۷	۵۱
I_3F_2	۱۷	۳۷	۲۰	۱۰	۲۴	۶۹	۱۹	۳۷
I_3F_3	۱۹	۱۴	۱۵	۱۷	۱۶	۷۴	۲۷	۵۱
I_3F_4	۱۶	۱۳	۱۵	۲	۲۳	۵۷	۱۷	۱۷
I_4F_0	_	_	_	_	_	_	_	_
I_4F_1	۲۳	۶۱	۲	۸۶	۵۲	۶۷	۲۷	۶۱
I_4F_2	۲۲	۳۹	۳۲	۲۰	۳۸	۶۸	۲۳	۳۴
I_4F_3	۱۵	۲۵	۶	۷	۲۱	۸۴	۱۴	۴۵
I_4F_4	۱۱	۱۶	۴	۳	۱۷	۶۷	۱۰	۲۱

صرفه‌جویی در مصرف کود می‌گردد. هم‌چنین نتایج نشان داد که امکان کود- آبیاری در هر دوره آبیاری و در فواصل معین با کودهای قابل حل و ریز دانه در این سیستم وجود دارد و کود- آبیاری از نظر گرفتگی قطره چکان‌ها مشکلی به‌وجود نمی‌آورد.

منابع مورد استفاده

۱. علی احیائی، م. ۱۳۷۶. *شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک*. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۲. ملکوتی، م.ج. و م. غیبی. ۱۳۷۹. *تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور*. چاپ دوم ، نشر آموزش کشاورزی، تهران.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

۳. واعظی، ع. ۱۳۷۹. اثر مصرف کودهای شیمیایی به روش کود آبیاری بر بازده مصرف کود، کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت علوفه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۴. واعظی، ع.، م. همائی و م.ج. ملکوتی. ۱۳۸۲. اثر کود- آبیاری برکارایی مصرف کود و آب در ذرت علوفه‌ای. علوم خاک و آب ۱۶(۲) : ۱۵۲- ۱۶۰.

5. Abdel Monem, M.A.S. 1986. Labelled urea fertilizer experiments on arid soils of the Mediterranean region. ph.D. Thesis, Colorado State University, Fort Collins Co., USA.
6. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agric. Scienc, California, USA.
7. Cook, G.W. 1987. Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints. J. Plant Nutr. 10: 1357-1369.
8. Craswell, E.T. and D.C. Goodwin. 1987. The Efficiency of Nitrogen Fertilizers Applied to Cereal in Different Climates. Advances in Plant Nutrition, Vol.1, Praeger Scientific, New York.
9. De Datta, S.K. and R.J.L. Buresh. 1990. Integrated nitrogen management in irrigated rice. Adv. Soil Sci. 10: 143-169.
10. Dewis, J. and F. Freitas. 1984. Physical and chemical methods of soil and water analysis. FAO Soil Bull. 10, Oxford and 1BH Pub. Co., PVT. LTD., New Dehli, Bombay, Calcutta.
11. Dobermann, A. and C. Witt., 2002. The evolution of site specific nutrient management in irrigated systems of Asia. In: Dobermann, A., C.W itt, D. Dawe. (Eds), Increasing Productivity of Intensive. Fied Crops Res. 87: 167-178.
12. Feigin, A., J. Letey and W.M. Jarrell. 1982. Nitrogen utilization efficiency by drip irrigated celery receving preplant or water applied N fertilizer. Agron. J. 74: 978-983.
13. Fillery, I.R. and K.J. Mcinnes. 1992. Components of the fertilizer nitrogen balance for wheat production on duplex soils. Aust. J. Exp. Agric. 32: 887-899.
14. Garabet, S., J. Ryan and M. Wood. 1998. Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean-type climate. II. Fertilizer-use efficiency with labelled nitrogen. Field Crops Res. 58: 213-221.
15. Geleta, S., G. Sabbagh, J.F. Stone, R.L. Elliott, H.P. Mapp, D.J. Bernardo and K.B. Watkins. 1994. Importance of soil and cropping systems in the development of regional water quality policies. J. Environ. Qual. 23: 36-42.
16. Haefele, S.M., M.C.S. Wopereis, M.K. Ndiaye., S.E. Barro and M. Isselmou. 2003. Internal nutrient efficiencies, fertilizer recovery rates and indigenous nutrient supply of irrigated lowland rice in Sahelian West Africa. Field Crops Res. 80: 19-32.
17. Hernandez, J.M., B. Bar-Yosef and U. Kafkafi. 1991. Effect of surface and subsurface drip irrigation on sweet corn rooting, uptake, dry matter production and yield. J. Irrig. Power 1: 55-64.
18. Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.
19. Magen, H. 1995. Fertigation: An overview of some practical aspects/Fertilizer news. The Fertilizer Association of India (FAI). 40: 97-100.
20. Malhi, S.S. and M. Nyborg. 1992. Recovery of nitogen by spring barley from ammonium nitrate, urea and sulphur-coated urea as effected by time and method of application. Fert. Res. 32: 19-25.
21. Malik, R.S., K. Kumar and A.R. Bhandari. 1994. Effect of urea application through drip irrigation system on nitrate distribution in loamy sand soils and Pea yield. J. Indian Soc. Soil Sci. 42: 6-10
22. Papadopoulos, I. 1999. Fertigation: Present situation and future prospects. Plant Nutrient Management under Pressurised Irrigation System in the Mediterranean Region. Proceedings of the IMPHOS International Fertigation Workshop, 25-27 April, Amman, Jordan.
23. Papadopoulos, I. 1986. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown cucumber. Plant and Soil 93:87-93.
24. 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.
25. Pilbeam, C.J., A.M. McNeill., H.C. Harris and R.S. Swift. 1997. Effect of fertilizer rate and form on the recovery of N-labelled fertilizer applied to wheat in Syria. Agric. Sci. J. 128: 415-424.
26. Pruitt, W.O., E. Fereres, P.E. Martin, H. Singh, D.W. Henderson, R.M. Hagan, E. Tarantino and B. Chandio. 1989. Microclimate, evapotranspiration, and water use efficiency for drip and furrow irrigated tomatoes. International Conference on Irrigation and Drainage (ICID) 12th Congress, Q 38, R 22, PP.367-393.
27. Rolston, D.E., R.J. Miller and A.E. Scholback. 1986. Fertilization. PP. 314-344. *In*: (Eds.), Trickle Irrigation for Crop Production, Elsevier, Amesterdam.
28. Sharmasarkar, F.C., S. Sharmasarkar, S.D. Miller, G.F. Vance and R. Zhang. 2001. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugarbeets. Agric. Water Manag. 46: 241-251.
29. Shinde, S.V., K. Naphade, S.K. Kohale and G.R. Fulzele. 1993. Effect of varying levels of potash on seed and yield of sunflower. PKV Res. J. 17:31-32.
30. Stewart, B.A. and D.R. Nielsen. 1990. Irrigation of agricultural crops. ASA, No. 30, Madison, Wisconsin.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]

31. Uriu, K., R.M. Carlston, D.W. Henderson, H. Schulbach and P.M. Aldrich. 1980. Potasium fertilizer of prune trees under drip irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 508-510.
32. Viets, F.G. 1962. Fertilizers and the efficient use of water. Adv. Agron.14: 223- 264.
33. Waling, I.W.V., V.J.G, Houba and J.J. Vanderlee. 1989. Soil and Plant Analysis. A series of syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture Univ., The Netherland.
34. Wopereis, M.C.S., C. Donovan, B. NAEBIE, D.N. Guindo and M.K. Diaye. 1999. Soil fertility management in irrigated rice systems in the Sahel and Savanna regions of West Africa.Part 1. Agronomic analysis. Field Crops Res. 61: 125-145.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.6.1]