# تاثیر کاربرد مقدار بهینه کود اوره در افزایش کارآیی مصرف آب و نیتروژن در کشت ذرت

*آرش رنجبر*

*بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران*

*Email: Arashelecom@gmail.com*

**چکیده**

افزایش شاخص کارآیی مصرف آب و نیتروژن در کشاورزی نشان‌دهنده افزایش بهره‌وری مصرف آن‌ها است. از این طریق، علاوه بر افزایش عملکرد محصول و کاهش هزینه‌های تولید در کشاورزی، آسیب کم‌تری به منابع آب و خاک وارد خواهد شد. کود اوره یکی از پر مصرف‌ترین کودهای نیتروژنه در بین کشاورزان است. هدف اصلی در این تحقیق، بررسی تاثیر کاربرد مقدار بهینه کود اوره در افزایش کارآیی مصرف آب و نیتروژن در مزرعه ذرت بود. بدین منظور از داده‌های آزمایش مزرعه‌ای کشت ذرت، به عنوان محصولی که نیاز آبی و نیتروژنی نسبتا زیادی دارد، طی دو سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در شهرستان پاکدشت استان تهران استفاده گردید. مجموعه داده‌ها شامل عملکرد زیست توده، دانه و غلظت نیتروژن آن‌ها در هفت تیمار با سطوح مختلف کاربرد کود اوره از بسیار کم تا بسیار زیاد بود. بعد از مقایسه نتایج تیمارها، بهینه‌ترین تیمار کودی در شرایط آزمایش ٤۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تعیین شد و در آن مقدار کارآیی مصرف آب ۲/۹ و ۳/۱ کیلوگرم بر مترمکعب و کارآیی زراعی نیتروژن ۳٦/۲ و ۳۹/٤ به ترتیب در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ بود. این مقادیر محاسبه شده جزو بیش‌ترین مقادیر محاسبه شده بودند. تحلیل نتایج نشان دادند که چنانچه در مزرعه مورد مطالعه مقدار بیش‌تری از ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف شود، نه تنها تاثیری در افزایش عملکرد ذرت ندارد، بلکه باعث افزایش هزینه‌های کشت و تجمع و شستشوی نیتروژن در خاک خواهد شد. هم‌چنین مشخص شد که محدودیت نیتروژن می‌تواند باعث کاهش چشمگیر کارآیی مصرف آب گردد اما مصرف بیش‌تر از حد آن تاثیری در افزایش کارآیی مصرف آب نخواهد داشت. بنابراین، مصرف بهینه آب و کود اوره به شکل توأمان با یکدیگر موثر و کارآمد خواهد بود.

**واژه های کلیدی:** بهره‌وری مصرف، زیست توده، مصرف بهینه آب و کود، عملکرد ذرت

**بیان مسئله**

طی دهه های گذشته، با افزایش دو برابری تولیدات کشاورزی در سطح دنیا، استفاده از کودهای اوره نیز هفت برابر بیش‌تر شده است (۵). در واقع، اوره رایج‌ترین نوع کود قابل استفاده برای تامین نیاز گیاه به نیتروژن است و معمولا شامل ٤٦٪ نیتروژن خالص می‌باشد. به طور کلی، کمبود آب و نیتروژن و یا عدم استفاده به هنگام آن‌ها باعث کاهش چشم‌گیری در تولیدات کشاورزی خواهد شد. با این وجود، نتایج بسیاری از مطالعات مؤید این است که عدم هماهنگی بین میزان کود اوره ورودی به خاک و میزان مورد نیاز گیاه طی سال‌های متمادی باعث شده، مقدار زیادی نیتروژن در خاک اغلب مناطق کشاورزی در سطح دنیا انباشته شود که با برنامه‌ریزی آبیاری نامناسب و یا بارندگی‌های شدید، مستعد آبشویی و آلودگی منابع آبی می‌باشند (٦). این نتایج نشان می‌دهند که در اکثر مزارع کشاورزی ممکن است بین ۵۰ تا ۷۵ درصد از کود نیتروژن مصرفی مورد استفاده گیاه قرار نگیرد و به صورت تلفات آبشویی از خاک خارج می‌شود (٤). این موارد نه تنها باعث کاهش عملکرد و سود اقتصادی تولید می‌شود، بلکه تهدیدی جدی برای محیط زیست و سلامت انسان‌ها خواهد بود. برای مثال، تحقیقاتی که روی آبخوان دشت ورامین و پاکدشت صورت گرفته حاکی از وجود آلودگی نیترات و آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی این منطقه بوده و یکی از دلایل اصلی آن نیز مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنه در کشاورزی قلمداد شده است (۲).

در اکثر گیاهان دوره رشد و نمو گیاه می‌تواند به دو مرحله کلی تقسیم شود: الف) مرحله رویش و قبل از گل‌دهی که در آن اندام‌های هوایی گیاه نظیر برگ و ساقه توسعه می‌یابند و ریشه ها نیز رشد کرده و وظیفه جذب مواد مغذی را از خاک به عهده دارند، ب) مرحله زایشی و بعد از گل‌دهی که در آن از نیتروژن و کربوهیدرات موجود در برگ‌ها برای تولید اندام‌های ذخیره‌ای مثل میوه و دانه استفاده می‌شود. نوع گیاه، اقلیم منطقه، نوع خاک و عملیات کشاورزی می‌تواند روی این دو مرحله تاثیرگذار باشد. از نقطه نظر علمی و با فرض ثابت بودن این پارامترها، نیاز گیاه به آب و نیتروژن در طول این دو مرحله متفاوت است. این در حالی‌است که اکثر کشاورزان مقادیر بالای آب و کود را برای اطمینان از تامین نیاز گیاه بدون آگاهی از زمان مناسب، استفاده می‌کنند که موجب تلفات آن‌ها می‌شوند (۸).

زمانی که توازن آب و نیتروژن در خاک و گیاه مناسب نباشد، به خصوص در گیاهانی مثل ذرت که حساسیت نسبتا بالایی به کمبود این دو ماده دارد، عملکرد و صفات کمی و کیفی محصول تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. این تغییرات می‌تواند به ضررهای مالی کشاورزان منتهی شود. دو شاخص کارآیی مصرف آب و نیتروژن به ترتیب نشان‌دهنده میزان تولید محصول به ازای مصرف مقدار مشخصی از آب و نیتروژن می‌باشند. در واقع این دو شاخص ابزاری برای ارزیابی نحوه مدیریت آب و نیتروژن در اراضی کشاورزی هستند. به همین دلیل طی دو دهه اخیر مطالعات گسترده‌ای روی روش‌های افزایش این دو شاخص در مزارع انجام شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که پایش این شاخص‌های کاربردی روشی کارآمد برای مدیریت صحیح و پایدار کشاورزی است. برای مثال، نتایج یکی از این مطالعات نشان داده است که چنانچه گیاه در معرض تنش آبی نباشد اما تحت تنش نیتروژنی قرار گیرد کماکان از رشد پتانسیل باز می‌ماند و نمی‌تواند حداکثر عملکرد خود را داشته باشد (٦). کارآیی مصرف آب نیز رابطه مستقیمی با افزایش عملکرد تولید دارد. به عبارت دیگر، تامین مقدار بهینه کود نیتروژن طی دوره رشد گیاه علاوه بر افزایش کارآیی مصرف نیتروژن، به طور غیر مستقیم باعث بهبود کارآیی مصرف آب نیز می‌گردد.

ذرت از محصولات استراتژیک کشور است و با دورهٔ رشد کوتاه و عملکرد بالا، از گیاهان مهم خانوادهٔ غلات محسوب می‌شود. علاوه بر این ذرت برای مصارف علوفه ای نیز کشت می‌گردد و به همین دلیل اهمیت این محصول دو چندان است. سطح زیر

کشت ذرت (دانه‌ای و علوفه‌ای) به طور کلی در سال زراعی ۱٤۰۱– ۱٤۰۰ برابر ٤۰۰ هزار هکتار، با تولید بیش از ۱۳/۳ میلیون تن بوده است و جزء شش محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده به‌شمار می‌رود (۳). این افزایش در سطح زیر کشت و میزان تولید بیانگر اهمیت ذرت در تولیدات کشاورزی کشور است. بنابراین افزایش کارآیی مصرف دو عنصر آب و نیتروژن، نه تنها در سطح مزارع، بلکه در سطح کشور می‌تواند نقش به‌سزایی در ارتقاء بهره‌وری منابع آب و مدیریت محیط زیست داشته باشد.

**معرفی دستاورد**

در این مطالعه از داده‌های برداشت شده در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهران در شهرستان پاکدشت، واقع در جنوب شرقی استان تهران استفاده شد. منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۱۰۲۰ متری از سطح دریا، دارای میانگین سالانه دمای هوای ۱۹ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۱٦٥ میلی‌متر در سال می‌باشد و براساس طبقه بندی دومارتن دارای اقلیمی خشک است. در این مطالعه گیاه ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰٤) طی دو سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹٥ به روش جوی و پشته کشت شد. تیمارها شامل هفت سطح صفر به عنوان شاهد (N0)، ۱۰۰ (N1)، ۲۰۰ (N2)، ۳۰۰ (N3)، ٤۰۰ (N4)، ٥۰۰ (N5) و ٦۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (حاوی ٤٦٪ نیتروژن) و به صورت طرح بلوک‌های تصادفی و با سه تکرار کشت شدند. این سطوح براساس آزمون خاک و آب قبل از کاشت تعیین شدند (جدول ۱) و هدف از اجرای این تیمارها بررسی عملکرد ذرت در شرایط مواجه با محدودیت بسیار کم تا زیاد نیتروژن بود. طبق توصیه کودی برای کشت ذرت، کمبود احتمالی سایر عناصر جبران شد. عملیات کوددهی طی سه نوبت در زمان‌های ۷–٦ برگی، ابتدا یا اواسط ساقه رفتن و گل‌دهی انجام شد. به ترتیب ٤۰، ۳۰ و ۳۰ درصد از کل کود مشخص شده برای هر تیمار در هر سال زراعی طی هر نوبت کوددهی همراه با عملیات آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت. در نهایت کشت سال اول بعد از ۱۱۹ روز از تاریخ کاشت و کشت سال دوم بعد از ۱۱٥ روز از تاریخ کاشت برداشت شد. کلیه عملیات زراعی شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری و یاداشت برداری‌های لازم در زمان مناسب انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (متوسط دو سال)

| پارامتر | | عمق ۰ تا ۲۰ (cm) | عمق ۲۰ تا ٤٠ (cm) | عمق ٤٠ تا ٦٠ (cm) |
|---|---|---|---|---|
| جرم مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$) | | ۱/٦۰ | ۱/٦۱ | ۱/٦۱ |
| ظرفیت زراعی (درصد حجمی) | | ۲٦/۲ | ۲٦/٦ | ۲۷/۹ |
| رطوبت پژمردگی (درصد حجمی) | | ۱۳/۰ | ۱۳/۳ | ۱۳/۸ |
| نیتروژن (٪) | | ۰/۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ |
| اسیدیته (pH) | | ۸/۱۰ | ۸/۰۰ | ۷/۹۳ |
| شوری عصاره اشباع ($dS.m^{-1}$) | | ۲/۹۰ | ۳/۳۲ | ۳/۹۵ |
| ماده آلی (٪) | | ۱/٤۱ | ۰/۸۵ | ۰/٥٦ |
| بافت خاک | | لوم | لوم | لوم |
| درصد ذرات خاک | رس | ۱۳/٦ | ۱۳/٦ | ۱۷/٦ |
| | سیلت | ۳٤/٦ | ۳٦/٦ | ۳٤/٦ |
| | شن | ٥۱/۸ | ٤۹/۸ | ٤۷/۸ |

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی آب آبیاری در مزرعه آزمایشی

| پارامتر | مقدار در سال ۱۳۹٤ | مقدار در سال ۱۳۹٥ |
|---|---|---|
| نیترات ($mg.cm^{-3}$) | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲٤ |
| آمونیوم ($mg.cm^{-3}$) | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱٥ |
| نیتروژن (٪) | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| فسفر در دسترس ($mg.cm^{-3}$) | <۰/۰۰۰۱ | <۰/۰۰۰۱ |
| پتاسیم در دسترس ($mg.cm^{-3}$) | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰٥ |
| اسیدیته (pH) | ۷/۹ | ۷/۷ |
| هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | ۰/۷۱ | ۰/٦۰ |

**شکل ۱- یکی از تیمارهای آزمایشی و نمونه دانه برداشت شده**

برای هر کرت آزمایشی مساحتی حدود ۲۵ متر مربع در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌ها در هر کرت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین هر گیاه در ردیف‌های کشت ۱۸ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از تاثیر کرت‌ها روی نتایج یکدیگر بین آن‌ها از هر طرف حاشیه یک متری لحاظ گردید. برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک و با استفاده از اندازه‌گیری رطوبت توسط دستگاه TDR در هر قطعه به طور دقیق انجام شد. مقدار و زمان آبیاری با استفاده از اندازه‌گیری دبی حجمی و حجم آب آبیاری توسط پارامترهای رطوبت ظرفیت زراعی (۲۷ درصد) و نقطه پژمردگی خاک (۱۳/٤ درصد) محاسبه گردید و تیمارها تحت هیچ‌گونه تنش رطوبتی قرار نداشتند. داده‌های هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی واقع در محدوده مطالعاتی جمع آوری گردید. شایان ذکر است که بافت خاک مزرعه بر اساس نتایج آزمایش خاک، لوم بود. به دلیل اهداف این مطالعه، تنها تفاوتی که تیمارها با یکدیگر داشتند فقط میزان کود اوره کاربردی بود.

نمونه‌های خاک و گیاه طبق استانداردهای گزارش شده در دستورالعمل‌های نمونه برداری گیاه و خاک برای هر دو سال، بعد از کاشت بذر تا انتهای فصل کشت طی شش نوبت برداشت شدند. گیاهان نمونه‌برداری شده بعد از انتقال به آزمایشگاه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و در نهایت پارامترهای وزن خشک زیست توده و دانه برای هر تیمار اندازه‌گیری گردید. غلظت نیتروژن گیاه نیز با استفاده از روش کجلدال و طبق دستورالعمل‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه گیری گردید. شایان ذکر است که فرآیند تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS و Excel صورت گرفت. برای مقایسه میانگین نیز از آزمون LSD (حداقل اختلاف معنی داری) استفاده شد.

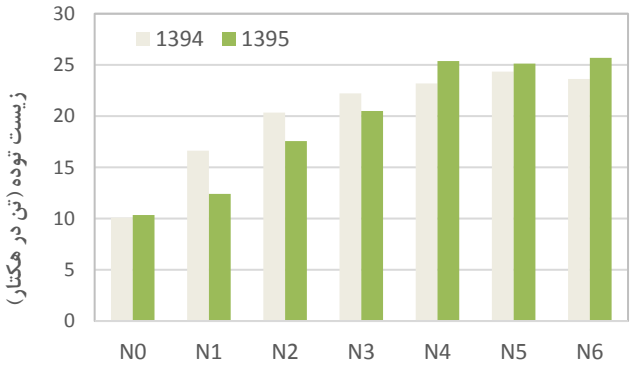
در گام نهایی، شاخص کارآیی مصرف آب و نیتروژن برای هر تیمار محاسبه گردید. این شاخص از نسبت عملکرد زیست توده (کیلوگرم) به حجم آب مصرفی (مترمکعب) در یک سطح مشخص از مزرعه بدست می‌آید. هر چقدر مقدار این شاخص بیش‌تر باشد نشان دهنده این است به ازای مصرف یک واحد آب در یک سطح مشخص، محصول بیش‌تری تولید شده است. از طرف دیگر، با هدف بررسی کارآیی مصرف کود اوره شاخص کارآیی زراعی نیتروژن برای تیمارها محاسبه شد. این شاخص نسبت افزایش عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) به ازای یک واحد کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در تیمارها را بیان می‌کند. هر چقدر این شاخص برای یک تیمار بیش‌تر باشد نشان‌دهنده این واقعیت است که اثر کود در آن تیمار در افزایش عملکرد دانه بیش‌تر بوده است. بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۳، حداکثر عملکرد زیست توده در سال ۱۳۹٤ و

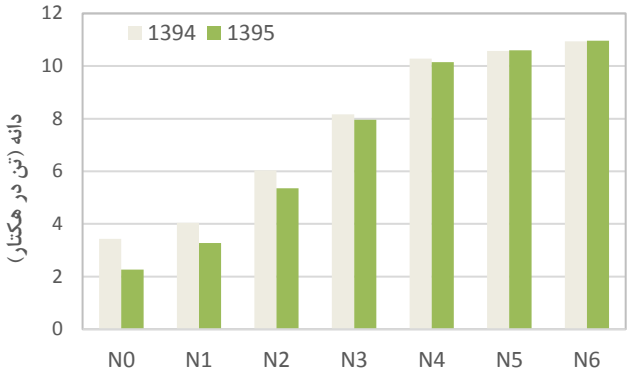
۱۳۹۵ به ترتیب برابر ۲٤/۳٦ و ۲۵/٦۹ تن در هکتار مربوط به تیمار N5 و N6 بود. علاوه بر این، حداکثر عملکرد دانه در سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ به ترتیب در حدود ۱۰/۹٤ و ۱۰/۹۷ تن در هکتار مربوط به تیمار N6 بود ( شکل ۲). تحلیل نتایج نشان داد که افزایش کود اوره از نظر آماری اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد زیست توده ودانه و غلظت نیتروژن آن‌ها داشته است. اما این افزایش در هر دو سال کشت، باعث اختلاف معنی‌دار بین عملکرد زیست توده و دانه در تیمارهای N4، N5 و N6 نشد. علی‌رغم این‌که در تیمار N4 کود اوره کم‌تری (٤۰۰ کیلوگرم بر هکتار) نسبت به دو تیمار N5 و N6 (۵۰۰ و ٦۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شده بود اما عملکرد زیست توده و دانه در بین این تیمارها بسیار ناچیز بود. این یعنی ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار بهینه‌ترین مقدار مصرف کود اوره با توجه به شرایط مزرعه مطالعاتی می‌باشد. به عبارت دیگر، در این آزمایش هر چقدر مقدار بیش‌تری از ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره مصرف شده بود، تاثیری در تولید زیست توده و دانه نداشته و عملاً باعث افزایش هزینه‌های کشت گردیده بود.

**جدول ۳- مقایسه عملکرد محصول در دو سال کشت**

| تیمار | ۱۳۹۴ | | ۱۳۹۵ | |
|---|---|---|---|---|
| | وزن ماده خشک ($ton.ha^{-1}$) | وزن دانه ($ton.ha^{-1}$) | وزن ماده خشک ($ton.ha^{-1}$) | وزن دانه ($ton.ha^{-1}$) |
| N0 | ۱۰/۰۹۲ e | ۳/۴۳۷ d | ۱۰/۳۴۵ d | ۲/۲۷۰ d |
| N1 | ۱۶/۶۱۷ d | ۵/۰۴۳ cd | ۱۲/۴۱۷ d | ۳/۲۷۵ d |
| N2 | ۲۰/۳۵۸ c | ۶/۰۳۲ c | ۱۷/۵۵۹ c | ۵/۳۶۱ c |
| N3 | ۲۲/۲۱۸ b | ۸/۱۶۶ b | ۲۰/۵۰۵ b | ۷/۹۵۷ b |
| N4 | ۲۳/۱۸۲ ab | ۱۰/۲۸۱ a | ۲۵/۳۸۹ a | ۱۰/۵۹۷ a |
| N5 | ۲۴/۳۶۳ a | ۱۰/۵۷۵ a | ۲۵/۱۲۴ a | ۱۰/۱۵۳ ab |
| N6 | ۲۳/۶۴۱ a | ۱۰/۹۳۵ a | ۲۵/۶۹۱ a | ۱۰/۹۶۵ a |

اعداد دارای حروف مشابه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار ندارند.





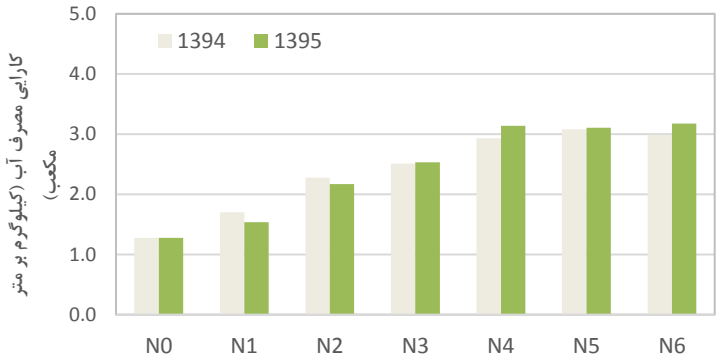

**شکل ۲- مقایسه عملکرد زیست توده و دانه در دو سال آزمایش**

از طرف دیگر، سرعت رشد گیاه نیز در بین تیمارها متفاوت بود. در ابتدای فصل رشد که ذرت نیاز کم‌تری به نیتروژن داشته است همه تیمارهای باهم رشد کرده و اختلاف محسوسی نداشتند. اما از مرحله ٦-٧ برگی به بعد سرعت رشد گیاه در تیمارهای با کاربرد کود بیش‌تر سریع‌تر شد. به عبارت دیگر ذرت در هر تیماری که با کمبود نیتروژن مواجه بود از رشد جا مانده بود. این عامل باعث شد تا در نهایت، تیمارهای تحت کمبود نیتروژن به رشد کامل نرسند و عملکرد بسیار کم‌تری داشته باشند. در حالی که تیمارها به هیچ عنوان تحت تنش آبی قرار نداشتند و به موقع آبیاری می‌شدند. دلیل این پدیده این است که ذرت در مرحله ٦-٧ برگی با حداکثر سرعت رشد، مرحله رشد رویشی خود را طی می‌کند و به همین دلیل زمانی‌که در معرض آب، نیتروژن و نور کافی قرار می‌گیرد، حتی به طور روزانه رشد آن مشهود خواهد بود. به بیان دیگر، در این مرحله اختلاف رشد ذرت در تیمارهای تحت کمبود نیتروژن و تیمارهای با نیتروژن کافی کاملا مشخص خواهد بود. زمانی که ذرت در این مرحله، به هر دلیلی رشد رویشی مناسبی را نداشته باشد، روی عملکرد نهایی آن تاثیر مخرب خواهد داشت.

علاوه بر این، تحلیل نتایج هر دو سال کشت نشان دادند که غلظت نیتروژن گیاه در مرحله ٦-٧ برگی حداکثر مقدار را داشت. دلیل این مسئله سرعت جذب بالای ذرت در این بازه از زمان کشت می‌باشد که مصادف با مرحله ساقه رفتن و اوج رشد رویشی گیاه است (۷). در این مرحله، هر چقدر کود اوره بیش‌تری استفاده شده بود، گیاه مقدار بیش‌تری نیتروژن جذب کرده بود. با این وجود، مقدار جذب نیتروژن در تیمار N4، N5 و N6 در مقایسه با مقدار نیتروژن بحرانی ذرت نشان داد ذرت در تیمار بهینه N4 تحت تنش نیتروژنی قرار نداشته است (۱). به عبارت دیگر، اگر چه در تیمار بهینه مقدار کود کم‌تری نسبت به دو تیمار دیگر استفاده شده بود، اما ذرت در این تیمار به هیچ وجهی با کمبود نیتروژن مواجه نبود. این نتایج اثبات می‌کنند که چنانچه کود اوره به مقدار بهینه و در زمان مناسب در اختیار ذرت قرار بگیرد، نه تنها با کمبود نیتروژن مواجه نخواهد شد، بلکه از تجمع نیتروژن اضافی در خاک و محصول نیز جلوگیری خواهد شد.

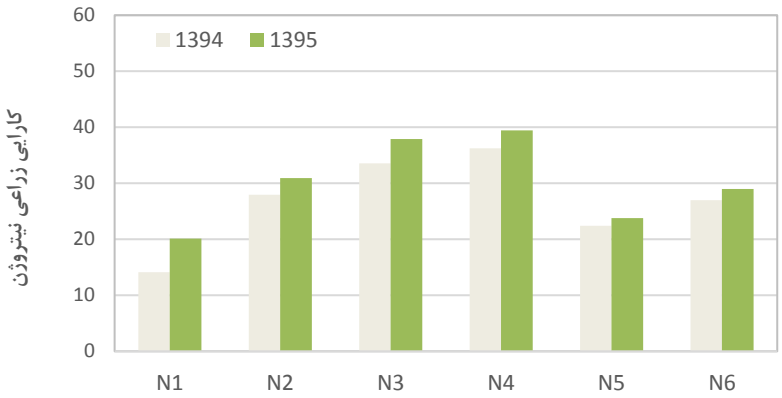
شکل ۳ مقادیر شاخص کارآیی مصرف آب یا WUE در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، در تیمارهای N4، N5 و N6 مقادیر WUE بیش‌ترین مقدار را دارند و از این نظر اختلاف قابل توجهی با سایر تیمارها مشاهده می‌شود. علی‌رغم این‌که هیچ‌کدام از تیمارها با تنش آبی مواجه نبودند اما به ازای مقدار آبی که در N0، N1، N2 و N3 مصرف گردیده، بیش‌ترین عملکرد ممکن استحصال نشده است. این نتایج حاکی از آن هستند که مدیریت آبیاری به تنهایی نمی‌تواند دست‌یابی به حداکثر عملکرد ذرت (و یا هر محصول دیگری) را تضمین کند. مدیریت کود نیز به تنهایی نمی‌تواند تضمین کننده حداکثر عملکرد باشد. نکته مهم دیگر این است که در هر سال WUE در تیمارهای N6، N5 و N4 تقریبا با یکدیگر

برابرند هستند. این اثبات می‌کند که محدودیت نیتروژن می‌تواند باعث کاهش چشمگیر WUE گردد اما مصرف بیشتر از حد آن تاثیری در افزایش WUE نخواهد داشت.




**شکل ۳- مقایسه کارآیی مصرف آب در دو سال ازمایش**

شکل ٤ مقادیر شاخص کارآیی نیتروژن یا ANE در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. مقدار ANE در هر دوسال در تیمار N4 بیش‌تر از سایر تیمارهاست. به عبارت دیگر به ازای مصرف یک کیلوگرم کود در تیمار N4 میزان عملکرد بیش‌تری بدست آمده است. هم‌چنین، با بررسی مقدار جذب نیتروژن به مقدار کود کاربردی در تیمارها مشخص شد که ذرت در تیمار N4 در مقایسه با N5 و N6 ، مقدار بیش‌تری نیتروژن به ازای مصرف هر کیلوگرم کود اوره جذب کرده است. به این معنی که مقدار نیترات و آمونیوم بیش‌تری در دو تیمار N5 و N6 به شکل‌های مختلف تلف شده و در خاک تجمع یافته است. این نتایج نشان می‌دهند که تلفات و تجمع نیتروژن در خاک تیمارهای N5 و N6 بیش‌تر از تیمار N4 بوده است.




**شکل ٤- مقایسه کارآیی نیتروژن در دو سال آزمایش**

**توصیه ترویجی**

نتایج بدست آمده از این مطالعه تاثیر بالای مدیریت کاربرد کود اوره در افزایش کارآیی مصرف آب و نیتروژن در کشت ذرت را نمایان ساخت. بنابراین علاوه بر این‌که نیاز آبی گیاه باید به مقدار و در زمان مناسب تامین شود، نیاز گیاه به نیتروژن نیز باید در زمان مناسب و به مقدار بهینه تامین گردد. ضرورت کاربرد سطوح بهینه کودی که توسط منابع مختلف علمی یا کارشناسان در هر منطقه توصیه می‌شوند، در ادامه اشاره شده است:

۱- از یک واحد آب و کود اوره که در تیمار بهینه بکار می‌رود، بیش‌ترین عملکرد ممکن ذرت بردا شت خواهد شد. بدین ترتیب، گیاه از آبی که در اختیار دارد بیش‌ترین عملکرد ممکن را تولید خواهد کرد.

۲- با افزایش کاربرد کود اوره تا محدوده سطح بهینه مصرف، کارآیی مصرف آب نیز افزایش خواهد یافت اما کاربرد مقادیر بیش‌تر از آن، تاثیر معنی‌داری در افزایش شاخص مذکور ایجاد نمی‌کند.

۳- با فرض این‌که شرایط اقلیمی و محیطی برای کشت یک محصول مهیا باشد، مدیریت آب و کود اوره به طور جداگانه نمی‌توانند دست‌یابی به حداکثر عملکرد ذرت (و یا هر محصول دیگری) را تضمین کنند و به منظور کسب بیش‌ترین اثرگذاری، لازم است هر دو عامل به طور توأمان با یکدیگر مدیریت شوند.

٤- چنانچه مقدار بیش‌تری از سطح بهینه کود اوره در مزرعه مصرف شود نه تنها تاثیری در افزایش عملکرد نهایی نخواهد داشت، بلکه باعث افزایش هزینه‌های کشت نیز خواهد شد.

۵- مقادیر مازاد کود اوره مصرفی نسبت به سطح بهینه، علاوه بر این‌که منجر به افزایش تولید نمی شود، خطر تجمع نیتروژن به شکل‌های مختلف را در خاک و گیاه افزایش خواهد داد. بدین ترتیب احتمال آبشویی نیترات و آلودگی منابع آب بیش‌تر خواهد شد.

اگر چه در این تحقیق از اطلاعات جمع آوری شده مزرعه مطالعاتی ذرت در منطقه پاکدشت استفاده شد، اما نتایج اصلی بدست آمده برای کلیه کشت‌ها و مناطق کشاورزی نیز قابل تعمیم است. به این دلیل که آب و نیتروژن در بخش کشاورزی و به خصوص در ایران، دو عنصر ضروری هستند. بنابراین توصیه می‌گردد حتما قبل از کشت، وضعیت رطوبت و عناصر مغذی خاک با استفاده از آزمون‌های پیش فصل مشخص گردند تا تعیین سطح بهینه مصرف کود و نیاز واقعی گیاه دقیقتر تعیین شود.

## فهرست منابع


۱- رنجبر، آ.، رحیمی خوب، ع.، وراوی پور، م.،ابراهیمیان، ح. ( ۱۳۹٦). معادله نیتروژن بحرانی گیاه ذرت در منطقه پاکدشت. تحقیقات آب و خاک ایران، ٤۸، شماره ۱، صفحه ۹-۱.

۲- رنگزن، ک.، ضیائیان فیروزآبادی، پ.،میرزایی، ل.، علیجانی، ف.( ۱۳۸۷). پهنه بندی آسیب پذیری آبخوان دشت ورامین با استفاده از DRASTIC و ارزیابی تجربی اثر منطقه غیر اشباع در محیط GIS. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۲، شماره ششم، صفحه ۳۲-۲۱.

۳- وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱٤۰۱مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. https://www.maj.ir/page-amar/FA/65/form/pId28998

4- Asghari HR, Cavagnaro TR (2011) Arbuscular mycorrhizas enhance plant interception of leached nutrients. Funct Plant Biol 38:219–226

5- Eickhout, B., Bouwman, A.F., Zeijts, V.H., (2006). The role of nitrogen in world food production and food sustainability. Agric. Ecosyst. Environ. 116, 4–14.

6- Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M., Homaee, M., Hoogenboom, G. (2009). Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management. 96, 809–821.

7- Plenet, D., Lemaire, G., (2000). Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Plant Soil 216, 65–82.

8- Ramos, T.B., Šimu˚ nek, J., Goncalves, M.C., Martins, J.C., Prazeres, A., Pereira, L.S., (2012). Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. Agric. Water Manag. 111, 87–104.