بهبود بازدهی کود ازته در کشت ذرت، با اندازه‌گیری ازت نیتراتی خاک و کلروفیل برگ

حمید نوشاد، عبدالمجید رونقی و نجف‌علی کریمیان[1]

چکیده

مصرف کودهای شیمیایی ازته در کشت ذرت (*Zea mays* L.) بر پایهٔ اندازه‌گیری ازت قابل جذب خاک، می‌تواند باعث کاهش میزان مصرف کودهای ازته و آلودگی محیط زیست، به ویژه آب‌های زیر زمینی و آشامیدنی شود. هدف‌های این پژوهش عبارت بود از: ۱) تعیین غلظت بحرانی ازت نیتراتی خاک در مرحله ۴-۶ برگی، ۲)بررسی چگونگی توزیع ازت نیتراتی در خاک، ۳) تعیین میزان ازت مورد نیاز ذرت دانه‌ای، ۴) تعیین میزان ازت نیتراتی باقی مانده در خاک پس از برداشت محصول و ۵) استفاده از کلروفیل‌متر دستی در ارزیابی وضعیت ازت گیاه. آزمایش در شرایط مزرعه و به صورت کرت‌های خرد شده در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در دو ایستگاه پژوهشی باجگاه و کوشکک (استان فارس)، در سال ۱۳۷۶ اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل شاهد و سه سطح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم ازت در هکتار از منبع کودی اوره بود. در مرحله ۴-۶ برگی، هر کرت اصلی به دو کرت فرعی تقسیم شد، و در یکی از دو کرت فرعی کود ازته به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان سرک به خاک اضافه، و از کرت فرعی دیگر به عنوان شاهد استفاده گردید.

نتایج نشان داد که در مرحله ۴-۶ برگی، غلظت بحرانی ازت نیتراتی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برای عملکرد نسبی حدود ۹۰ درصد، در خاک باجگاه ۱۲-۱۴ و در خاک کوشکک ۸-۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. بیشترین ضریب تعیین میان عملکرد دانه ذرت با ازت نیتراتی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در خاک باجگاه در نمونه خاک کف، و در خاک کوشکک مربوط به نمونه مرکب خاک کف و شانه بود. در دو منطقه بیشترین محصول دانه ذرت حدود ۱۴ تن در هکتار با ۱۵/۵ درصد رطوبت بود، که با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم ازت به صورت پیش کشت و ۶۰ کیلوگرم ازت سرک به‌دست آمد، که حدود نصف مصرف کشاورزان منطقه می‌باشد. بیشترین غلظت ازت نیتراتی باقی‌مانده در خاک پس از برداشت محصول، در خاک باجگاه و کوشکک به ترتیب ۲۴ و ۱۸، و کمترین آن ۲/۶ و ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. بیشترین محصول دانه ذرت هنگامی به دست آمد که عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر در قسمت میان برگ و در مرحله خمیری شدن دانه، در دو منطقه مورد مطالعه برابر با ۴۹ بود. به طور کلی، به نظر می‌رسد میزان ازت مصرفی به وسیله کشاورزان منطقه بیش از حد مورد نیاز ذرت است.

واژه‌های کلیدی: ازت نیتراتی، کلروفیل برگ، کلروفیل‌متر دستی، اوره، ذرت

---

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

مقدمه

ازت یکی از عناصر غذایی ضروری گیاه به حساب می‌آید. پژوهش‌های انجام شده در مورد ذرت نشان می‌دهد که بازیابی ازت توسط این گیاه ۳۵-۷۱ درصد و به طور میانگین حدود ۵۰ درصد است (۴، ۲۱ و ۲۶). درصد بازیابی ازت توسط دانه ذرت، با افزایش مصرف کودهای ازته کاهش می‌یابد، و بیشترین بازیابی مربوط به مقادیر کم کودهای ازته است (۲۹، ۳۲، ۳۷ و ۴۰). ازت باقی مانده در خاک پس از برداشت محصول ۱۸-۴۱ درصد ازت مصرفی است (۸، ۱۵و۲۹). بازیابی متغیر ازت معلول آب‌شویی، نیترات‌زدایی، تصعید، میزان مواد آلی خاک، مقدار نیترات باقی مانده در خاک، مقدار کود ازته مصرفی و هم چنین رقم ذرت می‌باشد (۶، ۲۵، ۲۸، ۴۰ و ۴۱).

تلفات ازت نه تنها از نظر اقتصادی (نظیر عملکرد محصول، قیمت کود، انرژی و نیروی انسانی) مهم است، بلکه ممکن است سبب آلودگی محیط زیست شود (۱۷و۲۹). آب‌شویی ازت از نیم‌رخ خاک، منجر به آلودگی محیط زیست و آب‌های زیرزمینی، به ویژه آب‌های آشامیدنی می‌گردد. بیشترین غلظت مجاز ازت نیتراتی در آب آشامیدنی، طبق استاندارد بهداشتی آمریکا ده میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (۲۸). غلظت بیش از حد نیترات در آب‌های آشامیدنی سبب ایجاد بیماری متهموگلوبینمی[1] درنوزادان، سرطان معده در بزرگسالان، و کمبود ویتامین A، اختلال در تولید مثل، سقط جنین، کاهش شیردهی و خفگی در دام‌ها می‌شود (۶). کاربرد زیاد ازت نیتراتی سبب تجمع بیش از حد آن در فراورده‌های کشاورزی مانند علوفه و سبزیجاتی همچون اسفناج، کاهو، ترخینه و کرفس شده، که مصرف آن توسط انسان باعث ایجاد بیماری و در نشخوارکنندگان سبب بروز عارضه سیانوز[2] می‌شود (۳، ۴ و ۶).

ذرت از منابع غنی کربوهیدرات‌ها، و بنابراین از محصولات انرژی‌زا است. افزون بر آن، ذرت از منابع مهم پروتئینی برای انسان و حیوانات محسوب می‌گردد. مصرف بیش از حد نیاز ازت باعث کاهش کیفیت پروتئین و ارزش غذایی ذرت می‌شود. هم‌چنین، حساسیت این گیاه را به بیماری بلایت افزایش می‌دهد (۷، ۱۰ و ۲۷).

از کل ازت تلف شده، قسمت عمده آن به صورت ازت نیتراتی، و بخش کمی مربوط به دیگر اشکال ازت مانند ازت آمونیاکی، نیتریت و ازت آلی می‌باشد (۴). آمونیوم معمولاً به صورت یونی در محلول خاک و بیشتر به شکل قابل تبادل و تثبیت شده روی ذرات خاک و میان لایه های رس دیده می‌شود. ولی تقریباً تمام نیترات در محلول خاک موجود است، و امکان دارد به مقدار زیادی از خاک شسته شده و از دسترس گیاه خارج شود (۵ و ۸). در پژوهش‌های گوناگون اتلاف ازت به صورت آب‌شویی معمولاً بین ۵ تا ۳۰ درصد ازت مصرفی برآورد شده است. آب‌شویی سالیانه نیترات برای مصرف ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۳۸ و ۵۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در ایالت آیوای مرکزی آمریکا مقدار آب‌شویی نیترات به آب‌های زیرزمینی ۳۳-۵۰ درصد کود ازته مصرف شده در مزرعه ذرت بوده است (۳۸). اتلاف ازت به صورت N_2 و N_2O به میزان ۲/۵ درصد گزارش شده است (۱۱، ۱۵، ۲۵، ۳۳ و ۳۵).

بخش عمده ازت مورد نیاز گیاه به صورت نیترات و آمونیوم جذب می‌شود. البته جذب به شکل نیترات به مراتب بیشتر از آمونیوم است (۴، ۲۰ و ۳۷). حتی هنگامی که کودهای آمونیومی به خاک داده می‌شود، یون آمونیوم به سرعت بر اثر نیترات سازی به نیترات تبدیل می‌شود(۵). در مورد ذرت، تمایل به جذب ازت به شکل نیترات و آمونیوم تقریباً یکسان است (۴۳، ۴۴، ۴۷ و ۵۲). پس، تغییرات مختلف ازت در خاک، وضعیت این عنصر غذایی را از هنگام کشت ذرت تا زمانی که جذب آن توسط گیاه به حداکثر می‌رسد، تغییر می‌دهد. بنابراین، بهره‌گیری از یک روش قابل اعتماد در ارزیابی ازت قابل جذب خاک، در هنگامی که سرعت جذب این عنصر توسط ذرت حداکثر می‌باشد، به منظور افزایش بازیابی ازت، و نیز کاهش تلفات این عنصر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

هدف‌های پژوهش حاضر عبارت بود از: ۱) تعیین حد

1. Methemoglobinemia
2. Cyanosis

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

بحرانی ازت نیتراتی خاک برای ذرت دانه‌ای، به منظور تعیین نیاز به کود سرک، ۲) بررسی چگونگی توزیع نیترات در خاک و ارائه روشی مناسب در نحوه نمونه‌برداری خاک، ۳) مقایسه میزان ازت مورد نیاز با مقدار ازت مصرفی توسط کشاورزان منطقه، ۴) تعیین میزان ازت نیتراتی باقی مانده در خاک پس از برداشت محصول و ۵) ارزیابی بهره‌گیری از کلروفیل‌متر دستی مدل SPAD-502 در ارزیابی وضعیت ازت گیاه.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شرایط مزرعه و به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در ایستگاه‌های پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در باجگاه و کوشکک (استان فارس)، که میزان ازت نیتراتی در افق سطحی آنها (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) نسبتاً کم بود (کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) اجرا گردید. در طبقه‌بندی، خاک سری دانشکده در منطقه باجگاه Fine, mixed (calcarious), mesic, Typic Calcixerepts و خاک سری کوشکک Fine, mesic, carbonatic, Typic, Calcixerepts می‌باشد (۱و۲). کرت‌های اصلی شامل شاهد و سه سطح ازت به میزان ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار، به صورت اوره، به عنوان پیش کشت، و کرت‌های فرعی شامل شاهد و ۶۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار، به عنوان سرک، از همان منبع کودی بوده است. در مرحله ۴-۶ برگی از رشد ذرت، هر کرت اصلی به دو کرت فرعی تقسیم شد، و در یکی از دو کرت فرعی، کود ازته به عنوان سرک به خاک اضافه، و از کرت فرعی دیگر به عنوان شاهد استفاده گردید. هیبرید ذرت به کار رفته سینگل کراس ۷۰۴ دیررس، با طول دوره رشد حدود ۱۲۰ روز بود. کرت‌های اصلی به اندازه ۱۵x۶ متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل هشت ردیف ذرت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر، و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر انتخاب گردید، که تقریباً برابر ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار می‌باشد.

پیش از کاشت ذرت، نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند ماده آلی به روش واکی و بلاک (۵۰)، پ هاش در خمیر اشباع (۴۲)، بافت به روش هیدرومتری (۱۳)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به کمک دستگاه هدایت سنج، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش آمونیوم استات (۱۸)، کلسیم کربنات معادل به روش خنثی کردن با اسیدکلریدریک(۹) اندازه گیری گردید. هم‌چنین، ازت نیتراتی به روش فنل دی سولفونیک اسید(۱۹)، ازت آمونیومی به روش آبی-ایندوفنل (۳۰)، پتاسیم با استفاده از آمونیوم استات عصاره‌گیری، و به روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری (۳۱)، فسفر به روش اولسن عصاره‌گیری (۳۹) و با روش مورفی و ریلی (۳۶) با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. عناصر غذایی کم مصرف نیز با روش دی‌تی‌پی‌ا عصاره‌گیری و با دستگاه جذب اتمی خوانده شد (۴۵).

نتایج آزمون خاک پیش از کاشت در جدول ۱ گزارش شده است . پیش از کاشت ذرت سطوح مختلف ازت به عنوان کود پیش کشت به خاک اضافه و کاملاً با خاک مخلوط گردید. هنگامی که ارتفاع بوته‌ها به ۱۵-۳۰ سانتی‌متر رسید (مرحله ۴-۶ برگی)، از دو ردیف وسط هر کرت، و از هر کرت از سه مکان مختلف شامل کف جوی و پشته (کف)، شانه جوی و پشته (شانه)، و بالای جوی و پشته (بالا)، از عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، در سه محل از هر کرت نمونه‌برداری انجام، و سپس ازت نیتراتی در نمونه خاک (مرکب از شش نمونه) کف، شانه و بالای جوی و پشته‌ها اندازه‌گیری شد. پس از نمونه‌برداری خاک، کود سرک به میزان ۶۰ کیلوگرم ازت در هکتار به نیمی از هر کرت اصلی افزوده شد.

دومین نمونه‌برداری خاک در هنگام پیدایش گل آذین نر در هر کرت فرعی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، به منظور تعیین ازت نیتراتی انجام گردید. در همین مرحله رشد، ۲۰ برگ از هر کرت فرعی برای اندازه گیری ازت کل برداشت شد. به همین منظور، دومین نمونه‌برداری برگ در زمان خمیری شدن دانه صورت گرفت. هم‌چنین، در این مرحله از رشد و پیش از برداشت، مقدار کلروفیل برگ‌های مورد نظر به کمک کلروفیل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دو خاک مورد آزمایش

ویژگی‌های خاک	ایستگاه پژوهشی	
	باجگاه	کوشکک
شن (درصد)	۱۲/۸	۱۲/۵
سیلت (درصد)	۴۴/۶	۳۲/۳
رس (درصد)	۴۲/۶	۵۵/۲
بافت	رس سیلتی	رسی
پ هاش در خمیر اشباع	۷/۵	۷/۷
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۵	۰/۴
ماده آلی (درصد)	۲/۰	۲/۶
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بر کیلوگرم خاک)	۲۱/۲	۱۹/۶
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۳۲/۷	۴۷/۴
ازت نیتراتی عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۷/۵	۳/۵
ازت نیتراتی عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۳/۵	۲/۰
ازت آمونیومی عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۱۲/۰	۱۴/۵
ازت آمونیومی عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری (میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک)	۱۰/۵	۱۲/۵
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۱۶/۰	۲۳/۰
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۴۵۰/۰	۳۷۰/۰
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۷/۸	۱۰/۸
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۲/۲	۱/۵

متردستی مدل SPAD-502، در سه نقطه از برگ (نزدیک نوک، وسط و پایین) خوانده شد.

در مرحله رشد کامل گیاه، از دو ردیف میانی کرت‌های فرعی، و از هر ردیف به اندازه یک متر (جمعاً ۳۲ کرت فرعی در هر ایستگاه) برای تعیین غلظت و جذب کل ازت توسط قسمت‌های مختلف ذرت، کل گیاه از محل طوقه قطع گردید. هم‌چنین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک ساقه و برگ و مغز خوشه تعیین شد. نمونه‌برداری خاک در زمان گل‌دهی و پس از برداشت محصول، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر، از همان محل‌های ذکر شده در مرحله ۴-۶ برگی، به منظور اندازه گیری ازت نیتراتی انجام گردید. در این آزمایش ازت کل به روش کلدال (۱۴) تعیین شد.

مبارزه با آفت کرم طوقه خوار ذرت، با استفاده از سم زولن با غلظت دو در هزار تقریباً ۱۵ روز پس از کاشت، با همکاری بخش گیاه‌پزشکی دانشکده انجام گردید. نحوه آبیاری همانند روش جاری ایستگاه‌های پژوهشی بود. به کمک روش کیت-نلسون (۱۶)، غلظت بحرانی ازت نیتراتی در خاک تعیین گردید. هم‌چنین، در این پژوهش میزان مناسب کود ازته با مقدار کود ازته مصرفی توسط کشاورزان منطقه باجگاه و کوشکک مقایسه شد. رابطه میان مقدار ازت نیتراتی خاک با عملکرد دانه و غلظت ازت دانه، با استفاده از روابط رگرسیون مشخص گردید. برای تجزیه آماری اطلاعات به دست آمده، از نرم‌افزار کامپیوتری MSTATC استفاده به عمل آمد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

جدول ۲. تأثیر مقادیر گوناگون ازت پیش کشت بر ازت نیتراتی خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در محل‌های مختلف نمونه‌برداری (کف، شانه، بالا و ترکیب‌های گوناگون آنها) در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، در مرحله ۴-۶ برگی رشد ذرت در خاک باجگاه

عمق	سطح ازت	محل نمونه‌برداری					
(سانتی‌متر)	(کیلوگرم در هکتار)	کف	شانه	بالا	کف و شانه	کف و بالا	شانه و بالا
۰-۳۰	۰	۷/۵^{b}	۷/۳^{b}	۱۱/۰^{b}	۷/۴^{b}	۹/۳^{b}	۹/۲^{b}
	۶۰	۸/۵^{b}	۸/۳^{b}	۱۳/۰^{ab}	۸/۴^{b}	۱۰/۸^{ab}	۱۰/۷^{ab}
	۱۲۰	۱۳/۶^{a}	۱۰/۹^{ab}	۱۶/۵^{a}	۱۲/۳^{ab}	۱۵/۰^{ab}	۱۲/۵^{ab}
	۱۸۰	۱۶/۰^{a}	۱۱/۴^{a}	۱۸/۰^{a}	۱۶/۹^{a}	۱۷/۰^{a}	۱۴/۷^{a}
۳۰-۶۰	۰	۶/۶^{c}	۵/۴^{b}	۹/۹^{c}	۶/۰^{c}	۸/۳^{c}	۷/۷^{c}
	۶۰	۹/۶^{bc}	۶/۰^{b}	۱۳/۸^{bc}	۷/۹^{bc}	۱۱/۷^{bc}	۱۳/۹^{bc}
	۱۲۰	۱۲/۸^{b}	۷/۰^{ab}	۱۸/۰^{ab}	۹/۹^{ab}	۱۵/۴^{ab}	۱۴/۴^{ab}
	۱۸۰	۱۷/۵^{a}	۹/۸^{a}	۲۱/۰^{a}	۱۲/۴^{a}	۱۹/۳^{a}	۱۵/۴^{a}

در هر عمق و محل نمونه‌برداری، میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نیستند.

جدول ۳. تأثیر مقادیر گوناگون ازت پیش کشت بر ازت نیتراتی خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در محل‌های مختلف نمونه‌برداری (کف، شانه، بالا و ترکیب‌های گوناگون آنها) در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، در مرحله ۴-۶ برگی رشد ذرت در خاک کوشکک

عمق	سطح ازت	محل نمونه‌برداری					
(سانتی‌متر)	(کیلوگرم در هکتار)	کف	شانه	بالا	کف و شانه	کف و بالا	شانه و بالا
۰-۳۰	۰	۶/۰^{b}	۵/۴^{b}	۷/۴^{c}	۵/۷^{c}	۶/۷^{c}	۶/۴^{c}
	۶۰	۷/۶^{ab}	۶/۹^{ab}	۱۰/۴^{bc}	۷/۳^{bc}	۹/۰^{bc}	۸/۷^{b}
	۱۲۰	۹/۶^{ab}	۷/۹^{a}	۱۴/۶^{ab}	۹/۳^{ab}	۱۲/۲^{ab}	۱۱/۳^{ab}
	۱۸۰	۱۱/۱^{a}	۸/۴^{a}	۱۸/۸^{a}	۹/۸^{a}	۱۴/۹^{a}	۱۳/۶^{a}
۳۰-۶۰	۰	۵/۱^{a}	۴/۵^{a}	۷/۸^{b}	۴/۸^{b}	۶/۵^{b}	۶/۲^{c}
	۶۰	۶/۴^{ab}	۵/۴^{ab}	۹/۸^{ab}	۵/۹^{ab}	۸/۰^{ab}	۷/۸^{bc}
	۱۲۰	۷/۰^{ab}	۶/۸^{b}	۱۳/۸^{ab}	۶/۹^{a}	۱۰/۴^{ab}	۱۰/۳^{ab}
	۱۸۰	۸/۰^{b}	۶/۸^{b}	۱۵/۹^{a}	۷/۴^{a}	۱۱/۹^{a}	۱۱/۴^{a}

در هر عمق و محل نمونه‌برداری، میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نیستند.

نتایج و بحث

با افزایش مقدار ازت مصرفی، میزان ازت نیتراتی در خاک در عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در هر دو خاک افزایش یافته است (جدول های ۲و۳). در خاک باجگاه، بیشترین ازت نیتراتی در نمونه خاک بالای جوی و پشته مربوط به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم ازت در هکتار، به میزان ۱۸ و ۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، به ترتیب در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری بود (جدول ۲). در خاک کوشکک نیز بیشترین ازت نیتراتی در محل، تیمار و عمق‌های مشابه، به ترتیب معادل ۱۸/۸ و ۱۵/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است (جدول ۳).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

این نتایج همانند دستاوردهای اسپلمن و همکاران (۴۶) است. این پژوهشگران گزارش می‌کنند که با مصرف ۱۳۴ کیلوگرم در هکتار ازت خالص به عنوان کود پیش کشت، مقدار ازت نیتراتی در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به ۱۴/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک رسیده، که کمتر از غلظت مورد انتظار آنها بوده است. آنان دلیل را مخلوط شدن کود ازته پیش کشت با خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) ذکر نموده‌اند.

زای و مکنزی (۵۱) نشان دادند که ازت نیتراتی خاک در مرحله ۴-۶ برگی رشد ذرت با افزایش کود ازته مصرفی به طور معنی‌داری زیاد شده است، در حالی که ازت آمونیومی به طور موقت افزایش و سپس به حدود مقدار اولیه کاهش یافته است. وانوتی و باندی (۴۸) دریافتند که ازت آمونیومی قابل تبادل خاک در مرحله ۴-۶ برگی ذرت کم بوده و تحت تأثیر مقادیر مختلف کود ازته افزوده شده به خاک قرار نگرفته است. اسپلمن و همکاران (۴۶) عقیده دارند که تغییرات زیاد در میزان ازت نیتراتی خاک معلول مدیریت‌های مختلف، تراکم کاشت، هیبریدهای مختلف ذرت، بافت خاک و نیز تابع نوع و بازده آبیاری می‌باشد. بین‌فورد و همکاران (۱۱) پیشنهاد می‌کنند که عمق نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری ازت نیتراتی، بسته به شرایط اقلیمی، نوع آبیاری و مدیریت مزرعه هر منطقه انتخاب شود.

در مرحله ۴-۶ برگی، در خاک باجگاه بیشترین ضریب تعیین میان ازت پیش کشت (X) بر حسب کیلوگرم در هکتار، با ازت نیتراتی (Y) نمونه مرکب کف، شانه و بالا، در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم خاک دیده شد (معادله ۱)، و پس از آن مربوط به ازت نیتراتی نمونه مرکب خاک کف و بالا در همان عمق بود (معادله ۲).

$Y=۷/۱+۰/۰۵X \quad R^۲=۰/۷۶ \quad n=۷۲$ [۱]

$Y=۸/۲+۰/۰۶X \quad R^۲=۰/۷۲ \quad n=۴۸$ [۲]

در خاک کوشکک، بیشترین ضریب تعیین میان ازت پیش کشت، و ازت نیتراتی نمونه مرکب خاک شانه و بالای جوی و پشته مربوط به عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بوده (معادله ۳)، و پس از آن با ازت نیتراتی نمونه مرکب کف، شانه و بالا در همین عمق می‌باشد (معادله ۴).

$Y=۶/۴+۰/۰۴X \quad R^۲=۰/۷۲ \quad n=۴۸$ [۳]

$Y=۶/۲+۰/۰۳X \quad R^۲=۰/۷۲ \quad n=۷۲$ [۴]

اسپلمن و همکاران (۴۶) نیز در بررسی خود میان مقدار مصرف ازت پیش کشت با سطوح ازت نیتراتی در مرحله ۴-۶ برگی رابطه خوبی مشاهده نموده‌اند.

در خاک باجگاه، بیشترین ضریب تعیین میان عملکرد دانه (Y) بر حسب کیلوگرم در هکتار، با ازت نیتراتی (X) نمونه خاک مرکب کف و بالا و در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به‌دست آمد (معادله ۵).

$Y=۵۲۷۳/۲+۳۲۵X \quad R^۲=۰/۶۲ \quad n=۴۸$ [۵]

عملکرد دانه در خاک کوشکک بیشترین ضریب تعیین را با ازت نیتراتی نمونه مرکب خاک کف و شانه مربوط به عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری داشته است (معادله ۶).

$Y=۵۲۴۰/۵+۵۶۵X \quad R^۲=۰/۴۲ \quad n=۴۸$ [۶]

اسپلمن و همکاران (۴۶) در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بیشترین ضریب را میان عملکرد دانه و ازت نیتراتی نمونه خاک در کف جوی و پشته به دست آوردند. همین پژوهشگران بیشترین ضریب تعیین را میان عملکرد دانه با ازت نیتراتی در شانه جوی و پشته، در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری به دست آورده‌اند. مک کراکن و همکاران (۳۴) اندازه‌گیری ازت نیتراتی خاک در کف جوی و پشته را که هم‌بستگی زیادی با عملکرد دانه نشان داده، به عنوان روش مناسبی در ارزیابی ازت قابل جذب خاک و پیش‌بینی عملکرد دانسته‌اند.

در پژوهش حاضر، با برخورداری از روش کیت-نلسون (۱۶)، غلظت بحرانی ازت نیتراتی در مرحله ۴-۶ برگی رشد ذرت و در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در دو خاک باجگاه و کوشکک تعیین شد. این غلظت برای عملکرد حدود ۹۰ درصد، در خاک باجگاه ۱۲-۱۴، و در خاک کوشکک ۸-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. اسپلمن و همکاران (۴۶) در آزمایش خود، غلظت بحرانی ازت نیتراتی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری را ۱۳-۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، برای عملکرد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

نسبی حدود ۸۵ درصد گزارش کرده‌اند. ژوکلا (۲۸) حد بحرانی را ۱۶و۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش کرده، که به ترتیب برای عملکرد نسبی ۷۰ و ۸۵ درصد می‌باشد. نتایج به دست آمده در خاک باجگاه تقریباً همسان نتایج این پژوهشگران (۲۸و۴۶) می‌باشد. البته گزارش‌های دیگری (۱۲،۲۲،۲۳ و۲۴) غلظت بحرانی ازت نیتراتی در این مرحله رشد را بالاتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ذکر نموده است.

افزایش ازت پیش کشت تا سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه در دو خاک مورد بررسی شد (جدول ۴). اگر چه تفاوت معنی‌داری بین دو سطح ۱۲۰و۱۸۰ کیلوگرم در هکتار وجود نداشت . بیشترین عملکرد دانه در دو خاک با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم ازت پیش کشت و مصرف سرک به دست آمد. ولی در خاک باجگاه مصرف سرک همراه با ازت پیش کشت تفاوت معنی‌داری را در عملکرد، در مقایسه با مصرف تنهای ازت پیش کشت ایجاد نکرد. به طورکلی، در خاک کوشکک، میزان ازت مورد نیاز (مجموع ازت پیش کشت و سرک) برای عملکرد حدود ۱۲ تن ذرت دانه‌ای (عملکرد دانه با احتساب ۱۵/۵ درصد رطوبت در حدود ۱۴ تن بوده است) ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار است، که تقریباً نصف مقدار مصرفی کشاورزان منطقه می‌باشد. در خاک باجگاه ازت مورد نیاز ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پیش کشت بوده است.

بهترین رابطه میان ازت کل برگ چسبیده به بلال بر حسب درصد (Y) و غلظت ازت نیتراتی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (X)، مربوط به نمونه خاک کف و بالای جوی و پشته، در مرحله گل تاجی در خاک باجگاه بود (معادله ۷)،

$$Y=1/574+0/041X \quad R^2=0/53 \qquad [7]$$

و در خاک کوشکک، در نمونه مرکب خاک کف و شانه جوی و پشته، در همان عمق و همان مرحله رشد به دست آمد (معادله ۸).

$$Y=0/328+0/152X \quad R^2=0/52 \qquad [8]$$

رابطه میان عملکرد دانه ذرت بر حسب کیلوگرم در هکتار (Y) و ازت کل برگ چسبیده به بلال بر حسب درصد (X) در مرحله گل تاجی و خمیری شدن دانه، تنها رابطه مناسب در مرحله گل تاجی و در خاک کوشکک بود (معادله ۹).

$$Y=150/5+4750/6X \quad R^2=0/59 \qquad [9]$$

در مورد رابطه میان درصد ازت کل (X) و عدد کلروفیل‌متر (Y) برگ چسبیده به بلال، بهترین رابطه در خاک کوشکک، و در قسمت وسط برگ به دست آمد (معادله ۱۰).

$$Y=27/5+10/7X \quad R^2=0/42 \qquad [10]$$

با افزایش ازت مصرفی، اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر دستی مربوط به قسمت‌های مختلف برگ، در دو خاک مورد بررسی افزایش پیدا کرد (جدول‌های ۵ و ۶). در خاک باجگاه، کمترین عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر مربوط به نوک برگ و تیمار شاهد برابر با ۳۵/۲، و بیشترین آن مربوط به سطح ۱۸۰ کیلوگرم ازت در هکتار همراه با کود سرک، و در وسط برگ برابر با ۵۲/۴ بوده است. در خاک کوشکک، کمترین عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر مربوط به نوک برگ و تیمار شاهد برابر با ۳۹/۷، و بیشترین مربوط به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم ازت در هکتار به صورت پیش کشت همراه با کود سرک، و در وسط برگ برابر با ۵۰/۱ بوده است. هنگامی که بیشترین عملکرد دانه به دست آمد، میانگین (نوک، وسط و پایین برگ) عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر در مرحله خمیری شدن دانه، برای مصرف ۱۲۰ کیلوگرم ازت به صورت پیش کشت و ۶۰ کیلوگرم ازت در هکتار به صورت سرک، برای دو خاک مورد مطالعه برابر با حدود ۴۹ بود.

تأثیر مقادیر مختلف ازت پیش کشت و سرک، بر غلظت ازت نیتراتی خاک در محل‌های مختلف نمونه‌برداری در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری پس از برداشت، در خاک باجگاه و کوشکک، در جدول‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. شایان ذکر است که در خاک باجگاه بیشترین ضریب تعیین میان ازت پیش کشت (X_1) و سرک (X_2) بر حسب کیلوگرم در هکتار، با غلظت ازت نیتراتی باقی‌مانده در خاک (Y) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم، مربوط به نمونه خاک شانه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بود (معادله ۱۱)،

$$Y=2/5+0/026X_1+0/06x_2 \quad R^2=0/54 \qquad [11]$$

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

جدول ۴. تأثیر مقادیر گوناگون ازت پیش‌کشت و سرک بر عملکرد دانه (تن در هکتار)

محل آزمایش	سطح ازت سرک (کیلوگرم در هکتار)	سطح ازت پیش‌کشت (کیلوگرم در هکتار) ۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	میانگین
باجگاه	۰	$۶/۷^{f}$	$۹/۸^{d}$	$۱۰/۹^{bc}$	$۱۱/۴^{ab}$	$۹/۷^{\alpha}$
	۶۰	$۷/۷^{e}$	$۱۰/۲^{cd}$	$۱۱/۶^{ab}$	$۱۱/۹^{a}$	$۱۰/۴^{\beta}$
	میانگین	$۷/۲^{C}$	$۱۰/۰^{B}$	$۱۱/۲^{A}$	$۱۱/۷^{A}$	
کوشکک	۰	$۷/۱^{d}$	$۱۰/۲^{c}$	$۱۱/۰^{bc}$	$۱۱/۴^{ab}$	$۹/۹^{\alpha}$
	۶۰	$۷/۸^{d}$	$۱۱/۲^{b}$	$۱۲/۱^{a}$	$۱۲/۲^{a}$	$۱۰/۸^{\beta}$
	میانگین	$۷/۵^{B}$	$۱۰/۷^{A}$	$۱۱/۵^{A}$	$۱۱/۸^{A}$	

در هر محل آزمایش، میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک، یا در ردیف در یک حرف بزرگ، و یا در ستون در یک حرف یونانی مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵. تأثیر مقادیر گوناگون ازت پیش‌کشت و سرک (کیلوگرم در هکتار) بر اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر در برگ چسبیده به بلال (نوک، وسط و پایین)، در مرحله خمیری شدن دانه، در خاک باجگاه

محل خواندن کلروفیل‌متر روی برگ	سطح ازت سرک (کیلوگرم در هکتار)	سطح ازت پیش‌کشت (کیلوگرم در هکتار) ۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	میانگین
نوک	۰	$۳۵/۲^{b}$	$۳۹/۵^{b}$	$۴۵/۷^{a}$	$۴۹/۳^{a}$	$۴۲/۴^{\alpha}$
	۶۰	$۳۶/۲^{b}$	$۴۷/۳^{a}$	$۴۷/۶^{a}$	$۵۰/۴^{a}$	$۴۵/۴^{\alpha}$
	میانگین	$۳۵/۷^{C}$	$۴۳/۴^{B}$	$۴۶/۶^{AB}$	$۴۹/۸^{A}$	
وسط	۰	$۳۷/۷^{e}$	$۴۱/۶^{d}$	$۴۵/۵^{c}$	$۴۹/۴^{b}$	$۴۳/۶^{\alpha}$
	۶۰	$۳۸/۹^{e}$	$۴۵/۹^{c}$	$۴۹/۵^{b}$	$۵۲/۴^{a}$	$۴۶/۷^{\beta}$
	میانگین	$۳۸/۳^{D}$	$۴۳/۷^{C}$	$۴۷/۵^{B}$	$۵۰/۹^{A}$	
پایین	۰	$۳۶/۸^{d}$	$۴۰/۸^{cd}$	۴۴^{bc}	$۴۷/۴^{ab}$	$۴۲/۲^{\alpha}$
	۶۰	$۳۷/۸^{d}$	$۴۹/۰^{a}$	۴۷^{ab}	$۴۹/۷^{a}$	$۴۵/۹^{\beta}$
	میانگین	$۳۷/۳^{B}$	$۴۴/۹^{A}$	$۴۵/۶^{A}$	$۴۸/۵^{A}$	

در هر محل نمونه‌برداری میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک، یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ، و یا در هر ستون در یک حرف یونانی مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

و در خاک کوشکک، در همان عمق مربوط به نمونه خاک کف بوده است (معادله ۱۲).

$$Y=۲/۸+۰/۰۰۹X_{۱}+۰/۰۱x_{۲} \quad R^{۲}=۰/۴۶ \qquad [۱۲]$$

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با استفاده از اندازه‌گیری ازت نیتراتی در مرحله ۴-۶ برگی، امکان تصمیم‌گیری برای افزودن کود سرک، و پیش بینی رسیدن به عملکرد مطلوب وجود دارد. بنابراین، اگر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

جدول ۶. تأثیر مقادیر گوناگون ازت پیش‌کشت و سرک (کیلوگرم در هکتار) بر اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر در برگ چسبیده به بلال (نوک، وسط و پایین)، در مرحله خمیری شدن دانه، در خاک کوشکک

محل خواندن کلروفیل‌متر روی برگ	سطح ازت سرک (کیلوگرم در هکتار)	سطح ازت پیش‌کشت (کیلوگرم در هکتار) ۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	میانگین
نوک	۰	$۳۹/۷^{d}$	$۴۴/۷^{bc}$	$۴۳/۲^{c}$	$۴۴/۸^{bc}$	$۴۳/۱^{\alpha}$
	۶۰	$۴۳/۱^{c}$	$۴۴/۰^{c}$	$۴۶/۱^{ab}$	$۴۷/۹^{a}$	$۴۵/۳^{\beta}$
	میانگین	$۴۱/۴^{B}$	$۴۴/۳^{A}$	$۴۴/۷^{A}$	$۴۶/۳^{A}$	
وسط	۰	$۴۲/۳^{d}$	$۴۵/۲^{bcd}$	$۴۴/۳^{cd}$	$۴۷/۳^{abc}$	$۴۴/۸^{\alpha}$
	۶۰	$۴۸/۳^{ab}$	$۴۷/۰^{abc}$	$۴۸/۶^{a}$	$۵۰/۱^{a}$	$۴۸/۵^{\beta}$
	میانگین	$۴۵/۳^{B}$	$۴۶/۱^{B}$	$۴۶/۵^{B}$	$۴۸/۷^{A}$	
پایین	۰	$۴۳/۲^{c}$	$۴۵/۵^{bc}$	$۴۳/۴^{c}$	$۴۸/۹^{ab}$	$۴۵/۳^{\alpha}$
	۶۰	$۴۶/۱^{abc}$	$۴۶/۰^{abc}$	$۵۰/۳^{a}$	$۴۸/۴^{ab}$	$۴۷/۷^{\beta}$
	میانگین	$۴۴/۷^{B}$	$۴۵/۸^{B}$	$۴۶/۹^{AB}$	$۴۸/۷^{A}$	

در هر محل نمونه‌برداری میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک، یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ، و یا در هر ستون در یک حرف یونانی مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۷. تأثیر مقادیر گوناگون ازت پیش‌کشت و سرک (کیلوگرم در هکتار) بر غلظت ازت نیتراتی خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، در محل‌های مختلف نمونه‌برداری (کف، شانه، بالا) در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در مرحله پس از برداشت ذرت، در خاک باجگاه

محل نمونه‌برداری	سطح ازت سرک (کیلوگرم در هکتار)	سطح ازت پیش‌کشت (کیلوگرم در هکتار) ۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	میانگین
		ازت نیتراتی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)				
کف	۰	$۲/۶^{b}$	$۳/۳^{ab}$	$۳/۵^{ab}$	$۵/۰^{ab}$	$۳/۶^{\alpha}$
	۶۰	$۴/۰^{ab}$	$۴/۳^{ab}$	$۵/۵^{ab}$	$۶/۸^{a}$	$۲۰/۶^{\alpha}$
	میانگین	$۳/۴^{B}$	$۳/۹^{B}$	$۴/۵^{AB}$	$۵/۹^{A}$	
شانه	۰	$۳/۹^{cd}$	$۳/۵^{d}$	$۶/۲^{bcd}$	$۵/۹^{bcd}$	$۴/۹^{\alpha}$
	۶۰	$۵/۰^{cd}$	$۷/۵^{bc}$	$۹/۰^{ab}$	$۱۲/۲^{a}$	$۸/۴^{\beta}$
	میانگین	$۴/۶^{C}$	$۵/۵^{BC}$	$۷/۶^{AB}$	$۹/۰^{A}$	
بالا	۰	$۷/۰^{d}$	$۱۲/۸^{cd}$	$۱۴/۲^{bcd}$	$۱۵/۳^{bc}$	$۱۲/۲^{\alpha}$
	۶۰	$۱۸/۰^{abc}$	$۱۸/۲^{abc}$	$۲۱/۴^{ab}$	$۲۴/۳^{a}$	$۲۰/۵^{\beta}$
	میانگین	$۱۲/۵^{B}$	$۱۵/۵^{AB}$	$۱۷/۸^{A}$	$۱۹/۸^{A}$	

در هر محل نمونه‌برداری میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک، یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ، و یا در هر ستون در یک حرف یونانی مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

جدول ۸. تأثیر مقادیر مختلف ازت پیش‌کشت و سرک (کیلوگرم در هکتار) بر غلظت ازت نیتراتی خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، در سه محل نمونه‌برداری (کف، شانه، بالا) در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در مرحله پس از برداشت ذرت، در خاک کوشکک

محل نمونه‌برداری	سطح ازت سرک (کیلوگرم در هکتار)	سطح ازت پیش‌کشت (کیلوگرم در هکتار)				میانگین
		۰	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	
		ازت نیتراتی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)				
کف	۰	$۲/۹^{c}$	$۳/۱^{bc}$	$۳/۹^{abc}$	$۴/۵^{ab}$	$۳/۶^{\alpha}$
	۶۰	$۳/۶^{bc}$	$۳/۸^{abc}$	$۴/۴^{ab}$	$۵/۱^{a}$	$۴/۲^{\alpha}$
	میانگین	$۳/۳^{B}$	$۳/۴^{B}$	$۴/۱^{AB}$	$۴/۸^{A}$	
شانه	۰	$۶/۶^{bc}$	$۳/۵^{d}$	$۶/۳^{bcd}$	$۸/۱^{abc}$	$۶/۰^{\alpha}$
	۶۰	$۵/۰^{acd}$	$۵/۸^{bcd}$	$۹/۲^{b}$	$۱۰/۴^{a}$	$۷/۷^{\alpha}$
	میانگین	$۳/۸^{C}$	$۴/۶^{BC}$	$۷/۹^{AB}$	$۹/۳^{A}$	
بالا	۰	$۹/۳^{b}$	$۸/۳^{b}$	$۶/۶^{b}$	$۱۳/۱^{ab}$	$۹/۳^{\alpha}$
	۶۰	$۷/۱^{ab}$	$۱۱/۰^{b}$	$۱۴/۱^{ab}$	$۱۷/۵^{a}$	$۱۲/۴^{\beta}$
	میانگین	$۸/۲^{AB}$	$۹/۶^{B}$	$۱۰/۴^{AB}$	$۱۵/۳^{A}$	

در هر محل نمونه‌برداری میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک، یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ، و یا در هر ستون در یک حرف یونانی مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

غلظت ازت نیتراتی، در هنگامی که جذب ازت توسط گیاه به حداکثر می‌رسد، بیشتر از حد بحرانی تعیین شده باشد، نیاز به افزودن کود سرک نمی‌باشد. هم‌چنین، با واسنجی کلروفیل‌متر دستی، امکان ارزیابی وضعیت ازت در گیاه ذرت، بدون نیاز به نمونه‌برداری گیاه و تجزیه شیمیایی وجود دارد. بدیهی است، با استفاده توأم از کلروفیل‌متر و اندازه‌گیری ازت نیتراتی خاک،بهبود بازدهی کود ازته در کشت ذرت امکان پذیر است. با جلوگیری از مصرف بی‌رویه کود ازته، ضمن صرفه‌جویی اقتصادی و ذخیره انرژی، می‌توان آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را نیز کاهش داد.

سپاسگزاری

این مقاله از نتایج طرح پژوهشی ۵۱۰-۸۷۷-AG-۷۴ می‌باشد. بدین‌وسیله از مسئولان محترم حوزه معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی و دانشگاه شیراز به خاطر تصویب و تأمین هزینه‌های طرح، و هم‌چنین از همکاران بخش خاک شناسی و بخش گیاه‌پزشکی دانشکده مذکور برای کمک به انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. ابطحی، ج. ۱۳۴۹. گزارش خاک‌شناسی اجمالی منطقه درود زن (استان فارس). نشریه فنی شماره ۲۰۷ مؤسسه خاک شناسی و حاصل‌خیزی خاک (بخش شناسایی خاک)، وزارت کشاورزی.

۲. ابطحی، ع.، ن.کریمیان و م. صلحی. ۱۳۷۰. گزارش خاک‌شناسی نیمه تفصیلی اراضی منطقه باجگاه، استان فارس. بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۳. اسمیوف، پ. م. و ای. آ. موردراین. ۱۳۶۹. *اگروشیمی* (ترجمه ه. فرزانه). انتشارات دانشگاه تهران.

۴. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۵۸. *حاصل‌خیزی خاک*. انتشارات دانشگاه تهران.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

۵. منگل، ک. وا. کرکبی. ۱۳۷۶. *اصول تغذیه گیاه* (ترجمه ع. ا. سالاردینی و م. مجتهدی). دانشگاه تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

6. Addiscott, T. M. and A .P. Whitmore. 1992. Farming Fertilizer and the Nitrate Problem. Rothamstead Experimental Station, Harpenden, U. K.

7. Ahmadi, M., W. J. Wiebold, J. E. Beuerlein and K. D. Kephart. 1995. Protein quality of corn hybrids differing for endosperm characteristics and the effect of nitrogen fertilization. J. Plant Nutr. 18: 1471-1481.

8. Allison, F. E. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. Adv. Agron. 18: 219-258.

9. Allison, L. E. and C. D. Moodie. 1965. Carbonate. PP. 1379-1396. *In*: C. A. Black et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part. II. Monograph No. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI.

10. Bair, W., J. H. Mogahen and J. E. Agers. 1990. Effect of time and rate of N sidedress application on Northern corn leaf blight severity and the associated yield loss. J. Prod. Agric. 3: 44-49.

11. Binford, G. D., A. M. Blackmer and M. E. Cerrato. 1992. Relationships between corn yield and soil nitrate in late spring. Agron. J. 84: 53-59.

12. Binford, G. D., A. M. Blackmer and M. E. Cerrato. 1992. Nitrogen concentration of young corn plants as an indicator of nitrogen availability. Agron. J. 84: 219-223.

13. Bouyoucos, C. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. Agron. J. 54: 464-465.

14. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Total-nitrogen. PP. 595-624. *In*: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part. II, 2nd ed., Monograph No. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI.

15. Broadbent, F. E. and T. Nakashima. 1971. Effect of added salts on nitrogen mineralization in three California soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 457-460.

16. Cate, R. B. and L. A. Nelson. 1977. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 658-659.

17. Cerrato, M. E. and A. M. Blackmer. 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. Agron. J. 82: 138-143.

18. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. PP. 891-901. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part. II, Monograph No. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI.

19. Chapman, H. D. and P. Parker. 1961. Methods of Analysis for Soils. Plants and Waters. Univ. of California, Division of Agric. Sci.

20. Dumenil, L. 1961. Nitrogen and phosphorus composition of corn leaves and corn yields in relation to critical levels and nutrient balance. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25: 295-298.

21. Fox, R. H., J. M. Kern and W. P. Piekielek. 1986. Nitrogen fertilizer source, method and time of application effects on no-till corn yields and nitrogen uptakes. Agron. J. 78: 741-746.

22. Fox, R. H. and W. P. Piekielek. 1978. Field testing of several nitrogen availability indexes. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 747-750.

23. Fox, R. H. and W. P. Piekielek. 1984. Relationships among anaerobically mineralized nitrogen chemical indexes and nitrogen availability to corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1087-1090.

24. Fox, R. H., G. W. Rother, K. V. Iversen and W. P. Piekielek. 1989. Soil and tissue nitrate test compared for predicting soil nitrogen availability to corn. Agron. J. 81: 971-974.

25. Hansen, E. M. and J. Diurhus. 1996. Nitrate leaching as affected by long-term N fertilization on a coarse

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

sand. Soil Use and Management 12: 199-204.

26. Isfan, D., J. Zizka, A. D. Avignon and M. Deschenes. 1995. Relationships between nitrogen rate, plant nitrogen concentration, yield and residual soil nitrate-nitrogen in silage corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26:2531-2557.
27. Iversen, K. V., R. H. Fox and W. P. Piekielek. 1985. Diurnal shade and hybrid effects on nitrate content of young corn stalks. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16: 837-852.
28. Jokela, W. E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 148-154.
29. Jolley, V. D. and W. H. Pierre. 1977. Profile accumulation of fertilizer-derived nitrate and total nitrogen recovery in two long-time nitrogen rate experiments with corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 41: 373-378.
30. Keeney, D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen inorganic forms. PP. 643-698. *In*: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part. II, 2nd ed., Monograph No. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI.
31. Knudsen, D., G. A. Peterson and P. F. Prat. 1982. Lithium, sodium and potassium. PP. 225-246. *In*: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part. II, 2nd ed., Monograph No. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI.
32. Liang, B. C. and A. F. Mackenzie. 1994. Corn yield nitrogen uptake and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. Can. J. Soil Sci. 74: 235-240.
33. Magdoff, F. R., W. E. Jokela, R. H. Fox and G. F. Griffin. 1990. A Soil test for nitrogen availability in the Northeastern United States. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21: 1103-1115.
34. McCracken, D. V., S. J. Corak, M. S. Smith, W. W. Frye and R. L. Blevins. 1989. Residual effects of nitrogen fertilization and winter cover cropping on nitrogen availability. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1459-1464.
35. Mosier, A. R., W. D. Guenzi and E. E. Schweizer. 1986. Soil losses of dinitrogen and nitrous oxide from irrigated crops in Northeastern Colorado. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 344-348.
36. Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta. 27: 31-36.
37. Oberle, S. L. and D. R. Keeney. 1990. Factors influencing corn fertilizer N requirements in the Northern U. S. Corn Belt. J. Prod. Agric. 3: 527-534.
38. Oberle, S. L. and D. R. Keeney. 1990. Soil type, Precipitation, and fertilizer N effects on corn yields. J. Prod. Agric. 3: 522-527.
39. Olsen, S. R., V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA. Circ. 939, U. S. Govern., Prin. Office, Washington, DC.
40. Onken, A. B., R. L. Matheson and D. M. Nesmith. 1985. Fertilizer nitrogen and residual nitrate-nitrogen effects on irrigated corn yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 134-139.
41. Orcher, J. 1988. Nutrition and Fertilizer Use. 2nd ed., Farming Press Ltd., United Kingdom.
42. Peech, M. 1965. Hydrogen ion activity. PP. 914-924. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part. II, Monograph No. 9, Am. Soc. Agron., Madison, WI.
43. Reddy, K. S., H. A. Mills and J. B. Jones, Jr. 1991. Corn responses to post-tasseling nitrogen deprivation and to various ammonium nitrate ratios. Agron. J. 83: 201-203.
44. Schrader, L. E., D. Domska, P. E. Jung Jr. and L. A. Peterson. 1972. Uptake and assimilation of

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]

ammonium-N and nitrate-N and their influences on the growth of corn (*Zea mays* L). Agron. J. 64: 690-695.

45. Soltanpour, P. N. and A. Schwab. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micronutrients in alkaline soil. Commum. Soil Sci. Plant Anal. 8: 195-207.
46. Spellman, D. E., A. Ronaghi, D. G. Westfall, R. M. Waskom and P. N. Soltanpour. 1996. Pre-sidedress nitrate soil testing to manage nitrogen fertility in irrigated corn in a semi-arid environment. Commum. Soil Sci. Plant Anal. 27: 561-574.
47. Sims, T .J., B .L. Vasilas, K. L. Gartly, B. Milliken and V. Green. 1995. Evaluation of soil and plant nitrogen test for maize on manured soils of the Atlantic coastal plain. Agron. J. 87: 213-222.
48. Vanotti, M. B. and L. G. Bundy. 1994. An alternative rationale for corn nitrogen fertilizer recommendations. J. Prod. Agric. 7: 243-249.
49. Voss, R. E., J. J. Hanway and L. C. Dumenil. 1970. Relationship between grain yield and leaf N concentration for corn *(Zea mays* L.) and factors that influence this relationship. Agron. J. 62: 726-728.
50. Walkley, A. and T. A. Black. 1954. An examination of the method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.
51. Xie, R. J. and A. F. Mackenzie. 1986. Urea and manure effects on soil nitrogen and corn dry matter yields. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 1504-1509.
52. Yibirin, H., J. W. Johnson and D. Ecket. 1996. Corn production as affected by daily fertilization with ammonium, nitrate, and phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 60: 512-518.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.5.9]