تأثیر منابع مختلف کودهای محتوی نیتروژن پایه برعملکرد، کارایی و درصد بازیافت نیتروژن در گندم

محمدجعفر ملکوتی*، محمد بابااکبری و ساره نظامی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر منابع مختلف کودهای محتوی نیتروژن پایه، بر عملکرد، کارایی نیتروژن (Nitrogen Use Efficiency(NUE و درصد بازیافت نیتروژن (Nitrogen Apparent Recovery Fraction (NARF، در گندم آبی(*Triticum aestivum* L.)، آزمایشی دو ساله در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج از سال ۱۳۸۳ اجرا گردید. آزمایش در سال اول در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمار اول (شاهد) شامل مصرف تمامی عناصر غذایی پر مصرف و کم‌مصرف- (ریزمغذی) منهای نیتروژن)؛ تیمار دوم = مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به عرف گندمکاران پیشرو (سه بار سرک اوره)؛ تیمار سوم = یک سوم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی (SCU) به صورت پایه + دو سرک اوره؛ تیمار چهارم= مصرف تمام ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه از منبع SCU؛ تیمار پنجم= مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در دو سرک اوره (عرف زارعین معمولی) و تیمار ششم = یک سوم نیتروژن از منبع کود کامل پرمصرف به صورت پایه + دو سرک اوره انجام شد. پس از بررسی نتایج سال اول، مقادیر عناصر غذایی مازاد موجود در کودهای کامل پرمصرف (فسفر، پتاسیم و روی) و SCU (گوگرد) تأمین، مقدار نیتروژن مصرفی تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داده شد و هفت تیمار به شرح تیمار اول= شاهد؛ تیمار دوم = دو سرک اوره؛ تیمار سوم = سه سرک اوره؛ تیمار چهارم = پنج سرک اوره با آب آبیاری؛ تیمار پنجم = اوره پایه زیر بذر+ چهار سرک اوره؛ تیمار ششم = اوره پایه از منبع SCU + چهار سرک اوره و تیمار هفتم = اوره پایه از منبع کود کامل پرمصرف + چهار سرک اوره اعمال گردید. پس از عملیات آماده‌سازی زمین، طرح پیاده گردید. سایر کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک تأمین شد. نتایج حاصله در سال اول نشان داد، عملکرد دانه در تیمارهای دوم و ششم (۵۱۴۵ و ۵۰۶۷ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (۳۰۶۸ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد افزایش یافت. NUE (۱۳/۸ و ۱۳/۲ کیلوگرم در کیلوگرم) و NARF (۴۱/۲ و ۳۸/۲ درصد) نیز در این دو تیمار در گروه برتر قرارگرفتند. در سال دوم، بیشترین عملکرد (۶۳۳۵ کیلوگرم در هکتار)، کارایی (۱۶/۲ کیلوگرم در کیلوگرم) و بازیافت نیتروژن (۵۰ درصد) در تیمار ششم مشاهده شد. علت افزایش عملکرد، NUE و NARF در سال دوم آزمایش عمدتاً مربوط به جایگزینی SCU و کود کامل پرمصرف با اوره پایه، افزایش مقدار نیتروژن و تعداد دفعات تقسیط بود. بازده اقتصادی برای هر دو سال محاسبه و همین تیمارها در گروه برتر قرار گرفته و میانگین آنها بدون اعمال هرگونه یارانه به ترتیب ۱۴، ۸ و ۴ گردید. به رغم آن‌که بازده اقتصادی تیمار دوم بیشترین بود. لیکن به دلایل متعددی از جمله افزایش عملکرد هکتاری دانه گندم، افزایش NUE و NARF، ذخیره‌سازی عناصر غذایی بیشتر در خاک ذخیره‌سازی، جلوگیری از هدررفت (آبشویی و تصعید) نیتروژن و حفظ محیط زیست، جایگزینی یک سوم اوره مصرفی (قبل از کاشت) با کود کامل پرمصرف و یا SCU مورد تأیید قرار گرفت. بنابراین، اجرائی نمودن نتایج حاصله در چند استان گندم‌خیز کشور، توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: گندم (*Triticum aestivum* L.)، عملکرد، کارایی نیتروژن (NUE)، درصد بازیافت نیتروژن (NARF)

۱. به ترتیب استاد و دانشجویان سابق کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mjmalakouti@modares.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

مقدمه

مطالعات ۴۰ ساله فائو مؤید آن است که ۳۳ الی ۶۰ درصد افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در کشورهای مختلف مرهون مصرف کود بوده و این سازمان از کود به عنوان کلید امنیت غذایی نام برده است (۱۰). در ایران نیز از ۴ میلیون تن کود مصرفی در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴، بیش از ۶۰ درصد را کودهای نیتروژنی تشکیل می‌داد. لیکن، با توجه به تولید ۸۸ میلیون تن محصولات کشاورزی در همین سال، کارایی زراعی کودها در کشور پایین بوده و لازم است با تمهیداتی از طریق تغییر در منابع زمان و مقدار کودهای نیتروژنی افزایش یابد (۲، ۱۳ و ۱۴).

طبق آخرین گزارش موجود، از ۹۸ میلیون تن نیتروژن مصرفی در جهان، ۴۰ درصد در غلات مصرف می‌گردد (۱۱). در کشورهای پیشرفته در غلات کارایی نیتروژن (Nitrogen Use Efficiency(NUE، ۱۵ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی و درصد بازیافت کودهای نیتروژنی (Nitrogen Fraction (NARF Apparent Recovery ۳۳ درصد است و ۶۷ درصد بقیه به طرق مختلفی از قبیل آبشویی، تصعید و رواناب سطحی، هدر رفته که معادل ۱۵/۹ میلیارد دلار است (۹ و ۱۶). به دلیل پویایی نیتروژن، مصرف تقسیطی آن برای استفاده حداکثر گیاه بسیار مهم است. استفاده تدریجی از نیتروژن در طول فصل رشد می‌تواند NUE و NARF را افزایش دهد (۳، ۷، ۱۲، ۱۴ و ۱۶).

با توجه به قرار گرفتن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک، مواد آلی پایین خاک و نیز روش‌های نامطلوب مصرف کودهای نیتروژنی، NUE و NARF پایین بوده و استفاده از کودهای کامل پرمصرف، کند رها و بازدارنده‌های آنزیم اوره‌آز و مصرف تقسیط آنها برای کاهش هدرروی کودهای نیتروژنی می‌توانند مفید باشند. بدیهی است برای افزایش محصول بدون تخریب منابع پایه خاک و محیط زیست، استفاده از منابع کودی با کارایی زراعی بالاتر ضروری است. هم‌چنین رعایت زمان مصرف و منبع مصرف کودهای نیتروژنی متناسب با شرایط محیطی، می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری، باعث ممانعت از هدر رفت منابع کودی گردد. به رغم دو الی سه بار تقسیط اوره و مصرف آن در مراحل پنجه‌زنی، ساقه رفتن و خوشه‌رفتن، به دلیل آبشویی فراوان، طولانی بودن زمان رشد گندم و فعالیت رشدی نسبتاً کم گندم پس از کاشت در فصول پاییز و زمستان، کارآیی کودها به ویژه کودهای نیتروژنی نامطلوب بوده و مصرف نیتروژن مورد نیاز گندم در زمان قبل از کاشت چندان به صرفه و صلاح نمی‌باشد (۶ و ۷).

استفاده از ارقام با کارایی فیزیولوژیکی بالا، یکی دیگر از راه‌های افزایش کارایی است، چون گیاه می‌تواند از کود نیتروژنی مصرفی استفاده بیشتری کرده و اثر زیست محیطی این کودها را بخاطر کارایی فیزیولوژیکی و کارایی زراعی بالا، به طور چشمگیری کاهش دهد (۱۵). هم‌چنین با جایگذاری مناسب کود و خودداری از پخش کود در سطح زمین قبل از کاشت، کارایی کودهای نیتروژنی افزایش و هدررفت آن کاهش می‌یابد (۶، ۷ و ۱۵).

محققین متعدد گزارش نمودند که استفاده از SCU بازیافت نیتروژن را در کشت گندم پاییزه به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۵، ۶، ۷ و ۹). خادمی در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که با افزایش تعداد دفعات تقسیط حتی تا چهار بار در مزارع گندم خوزستان، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (۳). لطف‌اللهی و همکاران در خاک‌های بافت سبک کرج گزارش کردند که مصرف SCU قبل از کاشت در مقایسه با اثربخشی اوره پایه، باعث افزایش بیشتر عملکرد گندم و NUE گردید.

ملکوتی و همکاران بیان داشتند به دلیل مدیریت نامعقول در انتخاب نوع، زمان و روش مصرف، NUE و NARF کودهای نیتروژنی پایین هست. آنها در راستای افزایش NUE و NARF، آزمایشی با ۶ تیمار در ۲۲ مزرعه گندم در ۱۴ استان کشور در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ پیاده نمودند. نتایج آزمایش نشان داد جایگزینی کود کامل پرمصرف و SCU با اوره قبل از کاشت، علاوه بر افزایش ۱۲ درصدی در عملکرد دانه، ۳۹ درصد NUE و ۳۶ درصد NARF را افزایش داد (۱۴).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

غیبی در تحقیقات خود به نتیجه رسید که در برخی از خاک‌های آهکی، به دلیل نبود عنصر نیکل (Ni)، آنزیم اوره‌آز فعال نبوده و در نتیجه اوره مصرفی به کربنات آمونیم کمتر تبدیل و در نهایت کارآیی آن پایین است. تحت چنین شرایطی افزودن مقدار جزئی نیکل به خاک، کارایی مصرف اوره را در قبل از کاشت افزایش می‌دهد (۴). از آنجایی که در کشور ما آزمایش‌های محدودی در مورد تغییر نوع کود نیتروژنی قبل از کاشت در مزارع گندم گزارش شده، لذا در یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله، با تغییردر نوع کود نیتروژنی پایه، عملکرد، NUE و NARF بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور افزایش عملکرد، NUE و NARF در گندم (*Triticum aestivum* L.)، آزمایشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات خاک و آب در مشکین‌دشت کرج وابسته به مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج پیاده گردید. در سال اول آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار به شرح تیمار اول = شاهد (مصرف تمامی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف- براساس آزمون خاک ولی بدون مصرف نیتروژن)؛ تیمار دوم = تیمار اول + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به عرف گندمکاران پیشرو (سه بار سرک اوره)؛ تیمار سوم = تیمار اول + یک سوم نیتروژن از منبع SCU به صورت پایه + دو سرک اوره؛ تیمار چهارم= تیمار اول + مصرف تمام ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت پایه از منبع SCU ؛ تیمار پنجم= تیمار اول + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در دو سرک اوره (عرف زارعین معمولی) و تیمار ششم = تیمار اول + یک سوم نیتروژن از منبع کود کامل پرمصرف به صورت پایه + دو سرک اوره اجرا گردید.

کود کامل پر مصرف (این کود با فرمول Zn٪ ۱-۱۵- ۸- ۱۵ محتوی ۱۵ درصد نیتروژن، ۸ درصد فسفر (P_2O_5)، ۱۵ درصد پتاسیم (K_2O) از منابع کلرور پتاسیم و یک درصد روی از منبع سولفات روی است و داخل کشور تولید می‌شود). اوره با پوشش گوگردی (SCU) کودی است کند رها محتوی ۳۳ درصد نیتروژن و ۲۰ درصد گوگرد است. نیتروژن موجود در این کود، کند رها بوده و مقدار نیتروژنی که در طول مدت یک هفته از این آن در درون آب به صورت محلول وارد می‌شود (7- day dissolution rate) حدود ۲۰ درصد است.

پس از بررسی نتایج سال اول و رفع اشکالات موجود به‌ویژه تأمین مقادیر عناصر غذایی مازاد موجود در کودهای کامل پرمصرف (فسفر، پتاسیم و روی) و SCU (گوگرد) و افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و اضافه نمودن دفعات تقسیط، تیمارها شامل تیمار اول= شاهد (مصرف تمامی کودها بر مبنای آزمون خاک به جز نیتروژن)؛ تیمار دوم = تیمار اول + دو سرک اوره (عرف گندمکاران پیشرو)؛ تیمار سوم = تیمار اول+ سه سرک اوره؛ تیمار چهارم = تیمار اول + پنج سرک اوره با آب آبیاری؛ تیمار پنجم = اوره پایه زیر بذر+ چهار سرک اوره؛ تیمار ششم = اوره پایه از منبع SCU + چهار سرک اوره و تیمار هفتم = اوره پایه از منبع کود کامل پرمصرف + چهار سرک اوره گردید. بذور گندم اصلاح شده رقم پیشتاز (در هر دو سال) با تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع به وسیله ماشین ردیفکار برزگر کاشته و میزان آب مصرفی بر اساس نیاز آبی و شرایط اقلیمی به صورت آبیاری نشتی در ۵ نوبت (سال اول) و ۷ نوبت (در سال دوم)، مصرف گردید. کلیه عملیات در مرحله داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، دفع آفات، کنترل بیماری‌ها، وجین، سله‌شکنی بموقع و به طور یکنواخت در تمامی کرت‌های ۱۵ مترمربعی (۲/۵ × ۶ متر) انجام و عملیات آماده‌سازی زمین مانند شخم، دیسک و ماله‌کشی اعمال گردید.

سوپرفسفات غلیظ به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال دوم، سولفات پتاسیم در سال اول ۱۵۰ و در سال دوم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و سولفات منیزیم ۱۰۰، سولفات روی ۴۰ و اسید بوریک ۱۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در هر دو سال قبل از کاشت براساس آزمون خاک به کار برده شد. در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

پایان آزمایش بوته‌های گندم از سطح ۱۰ مترمربع به طور تصادفی کف‌بر شده و بعد از خشک کردن، عملکرد دانه، کاه و درصد نیتروژن اندازه‌گیری، NUE [کارآیی نیتروژن از این رابطه قابل محاسبه است.

$$NUE = \frac{Y_{NX} - Y_{N0}}{Nf} \quad [1]$$

در این رابطه NUE کارآیی نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)، y_{NX} عملکرد در تیمار کودی، Y_{N0} عملکرد در تیمار شاهد و Nf نیتروژن مصرفی برحسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد] و NARF [بازیافت ظاهری نیتروژن همیشه برحسب درصد بیان و یکی از روابط زیر قابل محاسبه است

$$NARF = \left(\frac{D - E}{B}\right) \times ۱۰۰ \quad [2]$$

و یا

$$NARF = \frac{N\ uptake\ at\ N_X - N\ uptake\ at\ N_0}{Nf} \quad [3]$$

در این رابطه NARF بازیافت ظاهری نیتروژن بر حسب درصد، D میزان جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار کودی، E میزان جذب عنصر غذایی توسط گیاه در تیمار شاهد (بدون مصرف کود)، Nf و B مقدار نیتروژن مصرفی بر حسب کیلوگرم در هکتار، $Nuptake\ at\ N_x$ میزان جذب نیتروژن (غلظت × عملکرد) در تیمار کودی و $Nuptake\ at\ N_0$ میزان جذب نیتروژن در تیمار شاهد می‌باشد (۷، ۹ و ۱۶). محاسبه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و EXCEL انجام شد.

بازده اقتصادی (درآمد حاصل از فروش گندم اضافه شده در تیمار کودی تقسیم بر هزینه تأمین کودهای نیتروژن پایه بر مبنای قیمت جهانی) برای هر دو سال محاسبه گردید. قیمت جهانی کودها بدون اعمال یارانه از قرار اوره کیلوگرمی ۵۰۰۰ ریال، SCU ۶۰۰۰ ریال، کود کامل پر مصرف ۶۰۰۰ ریال و دانه گندم ۳۵۰۰ ریال بود.

نتایج

۱- سال اول

نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ گنجانده شده است. بافت خاک لوم شنی بوده و غلظت عناصر غذایی قابل استفاده خاک به ویژه فسفر، روی و بور در این خاک آهکی کمتر از حد بحرانی بود. میزان مواد آلی خاک بسیار پایین بوده و شوری عامل محدود کننده رشد نبوده است (۷).

۱-۱- عملکرد دانه، کارآیی و بازیافت نیتروژن

نتایج مربوط به تأثیر مصرف منابع مختلف کود نیتروژنی بر عملکرد، NUE و NARF در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. عملکرد دانه در تیمار شاهد ۳۰۶۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تیمارهای دوم و ششم به دلیل داشتن بیشترین عملکرد دانه، در گروه برتر قرار گرفتند (جدول ۲).

به منظور بررسی اثر باقی‌مانده کودها، میزان عناصر پس از برداشت نیز اندازه‌گیری و مؤید آن بود که در تیمارهای کودی میزان این عناصر به ویژه فسفر، گوگرد و روی نسبت به قبل از زمان کشت بیشتر بوده است.

بالاترین میزان کارآیی نیتروژن (۱۳/۸ و ۱۳/۲ کیلوگرم در کیلوگرم) در تیمارهای دوم و ششم حاصل شد (جدول ۲ و شکل ۱). به علت سبک بودن بافت خاک محل مورد آزمایش، نیاز بیشتری به تقسیط نیتروژن احساس گردید. در تیمار ششم استفاده از کود کامل پرمصرف باعث بالا رفتن میزان کارآیی نیتروژن گردید. تیمارهای دوم و ششم با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها، NUE بیشتری داشتند. هم‌چنین همین تیمارها بالاترین NARF را داشته و در گروه برتر قرار گرفتند (جدول ۲ و شکل ۱).

۱-۲- بازده اقتصادی کودها

بازده اقتصادی محاسبه و تیمارهای دوم، سوم و ششم در گروه برتر قرار گرفتند. بازده اقتصادی این تیمارها بدون اعمال هرگونه یارانه برای کودها به ترتیب ۵/۲ ، ۵/۱۳ و ۳/۵ گردید (جدول ۵).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

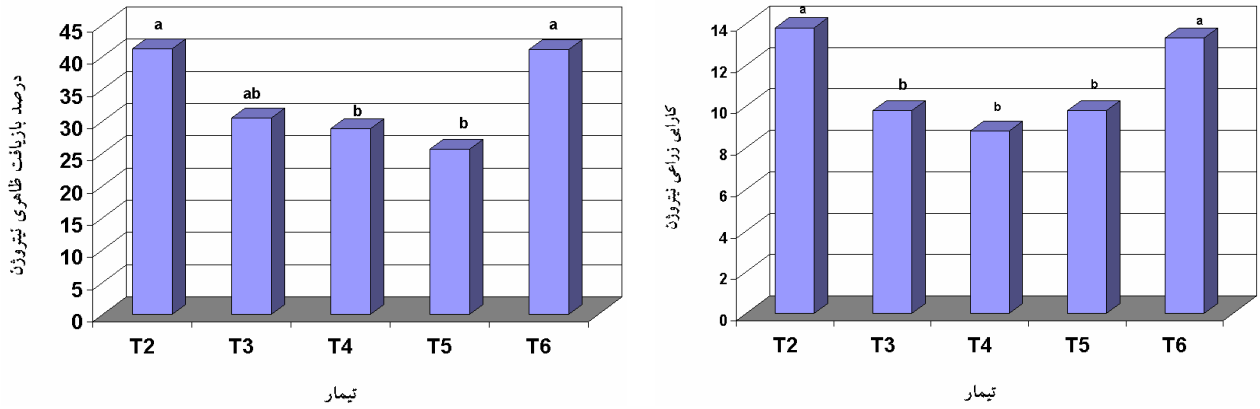
[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک تحت بررسی در سال اول افزایش

pH	EC	TNV	OC	شن	سیلت	رس	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	(dS/m)			(درصد)			(میلی‌گرم در کیلوگرم)						
۷/۸	۰/۸	۱۲	۰/۴۵	۴۶	۳۶	۱۸	۸	۲۲۰	۸/۰۰	۶/۱۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۰/۸۰

جدول ۲. اثر جایگزینی اوره قبل از کاشت با SCU و کود کامل بر عملکرد گندم، کارآیی و درصد بازیافت نیتروژن در سال اول آزمایش

تیمارهای کودی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	بازیافت نیتروژن (درصد)
تیمار اول: شاهد (بدون نیتروژن)	۳۰۶۸ c	–	–
تیمار دوم: تیمار اول + اوره با سه تقسیط (عرف زارعین پیشرو)	۵۱۴۵ a	۱۳/۸ a	۴۱/۲ a
تیمار سوم: تیمار اول+ یک سوم نیتروژن از منبع SCU	۴۴۴۵ b	۹/۸ b	۳۰/۵ b
تیمار چهارم: تیمار اول + SCU به جای اوره پایه	۴۴۰۰ b	۸/۸ b	۲۸/۸ b
تیمار پنجم: تیمار اول + اوره در دو تقسیط (عرف زارعین معمولی)	۴۵۱۹ b	۹/۸ b	۲۵/۶ b
تیمار ششم : تیمار اول + کود کامل پرمصرف به جای اوره پایه	۵۰۶۷ a	۱۳/۲ a	۳۸/۲ a



شکل ۱. اثر جایگزینی اوره قبل از کاشت با کود کامل و SCU بر افزایش کارایی و درصد بازیافت ظاهری نیتروژن در گندم در سال اول آزمایش (۱)

جدول ۳. نتایج تجزیه خاک محل مورد مطالعه در سال دوم آزمایش

pH	EC (dS/m)	OC	شن	سیلت	رس	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
			درصد				(میلی‌گرم در کیلوگرم)	
۷/۷	۰/۷	۰/۸۰	۴۳	۳۴	۲۳	۰/۰۸	۵/۸	۲۴۰

Mg	S	NO_3^-	Fe	Mn	Zn	Cu	B
مقدار قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)							
۱۸۸	۸/۸	۱۱/۸	۴/۷۰	۹/۰۰	۰/۸۰	۱/۰۰	۰/۵۰

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

۲- سال دوم

نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش درسال دوم در جدول سه گنجانده شده است.

در این خاک مقدار نسبی مواد آلی در مقایسه با خاک زراعی سال اول بیشتر، لیکن درصد رس این خاک کمی بیشتر بوده شوری عامل محدود کننده رشد نبوده. غلظت فسفر، منیزیم، بور و روی قابل استفاده کمتر از حد بحرانی بود (۷).

۲-۱- عملکرد دانه، کارآیی و بازیافت نیتروژن

جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مصرف تیمارهای منابع مختلف کودهای نیتروژنی و مدیریت مصرف آنها بر عملکرد دانه، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نیتروژن باعث افزایش عملکرد معنی‌دار گندم گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که تیمارهای دوم الی هفتم همه در یک گروه قرار داشته و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول۴). در حالی که عملکرد دانه در تیمار شاهد ۳۱۶۷ کیلوگرم در هکتار بود، بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار ششم (۶۳۳۵ کیلوگرم در هکتار) و تیمار هفتم (۶۳۳۰ کیلوگرم در هکتار) بود که نسبت به تیمار سوم (عرف زارعین پیشرو)، ۶ درصد و نسبت به تیمار شاهد ۱۰۰ درصد افزایش عملکرد نشان دادند. این نتایج تأثیر مدیریت صحیح مصرف نیتروژن در خاک‌های بافت سبک را در افزایش عملکرد نشان می‌دهد (جدول ۴).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای دوم تا هفتم در NUE و NARF تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد نداشتند (جدول ۴ و شکل۲). لیکن NUE در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تیمار ششم با ۱۶/۲ کیلوگرم دانه به ازاء کیلوگرم نیتروژن مصرفی، بالاترین NUE و بیشترین NARF نیز در تیمارهای ششم و هفتم به ترتیب با مقادیر ۵۰ و ۴۰ درصد مشاهده گردید که به مقادیر متوسط جهانی نزدیک است (۱۶).

این نتایج مؤید آن بود کود کامل به خاطر داشتن عناصر غذایی ضروری و کود SCU نیز به خاطر آزاد کردن تدریجی نیتروژن در مراحل اولیه رشد گندم، سبب افزایش علمکرد، NUE و NARF شدند. دلیل دیگر بالا بودن عملکرد، NUE را ضمن افزایش مقدار و تعداد دفعات نیتروژن مصرفی وجود مقادیر قابل ملاحظه‌ای از سایر عناصر غذایی از جمله P، K ، Zn، S و تأثیر مثبت این عناصر بر رشد گندم در مراحل اولیه جوانه‌زنی و پنجه‌دهی دانست (جدول ۴ و شکل ۲).

۲-۲- بازده اقتصادی کودها

بازده اقتصادی محاسبه و تیمارهای سوم، ششم و هفتم در گروه برتر قرار گرفتند. بازده اقتصادی این تیمارها بدون اعمال هر گونه یارانه برای کودها به ترتیب ۱۴/۴، ۱۰/۵ و ۴/۶ محاسبه گردید (جدول ۵).

بحث

در حال حاضر از ۴۰۰ میلیون تن کود مصرفی در جهان، ۶۰ درصد آن به صورت کود نیتروژنی مصرف می‌گردد (۱۱). از طرف دیگر اکثریت زارعین کشور به هنگام مصرف کود از آزمون خاک استفاده نمی‌نمایند، بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که مصرف کودهای کامل پرمصرف و SCU به جای اوره پایه (قبل از کاشت)، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت، NUE و NARF را ارتقاء می‌دهد. و این افزایش با یافته‌های محققین متعددی مطابقت دارد (۵، ۶، ۷، ۱۲ و ۱۴).

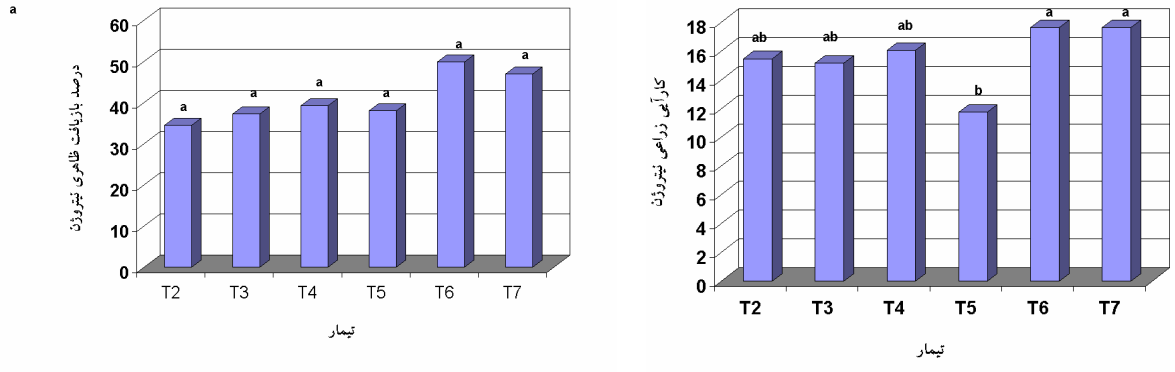
نتایج هر دو سال تحقیق نشان داد که به دلیل افزایش صد درصدی عملکرد با مصرف کودهای نیتروژنی، نیتروژن کماکان گلوگاه رشد بوده و به نظر می‌رسد کودهای کامل پرمصرف و SCU به دلیل در اختیار قرار گذاشتن عناصر غذایی ضروری N، P، K و Zn مطابق با نیاز گیاه در مراحل اولیه رشد و هم‌چنین رهاسازی تدریجی نیتروژن در هنگام جوانه‌زنی و پنجه‌زنی، موجب افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش NUE و NARF گردیده و با اختلاف معنی‌داری به ویژه در سال اول آزمایش در گروه برتر قرار گرفتند. بالاترین میزان عملکرد دانه،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

جدول ۴. اثر جایگزینی اوره قبل از کاشت با SCU و کود کامل بر عملکرد گندم، کارآیی و درصد بازیافت نیتروژن در سال دوم آزمایش

تیمارهای کودی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	بازیافت نیتروژن (درصد)
تیمار اول : شاهد	۳۱۶۷ b	–	–
تیمار دوم : تیمار اول + اوره دو تقسیط	۵۹۴۴ a	۱۵/۵ ab	۳۴/۶ a
تیمار سوم : تیمار اول + اوره سه تقسیط	۵۸۸۹ a	۱۵/۲ ab	۳۷/۳ a
تیمار چهارم: تیمار اول + اوره پنج تقسیط	۵۳۳۳ a	۱۵/۸ ab	۳۹/۳ a
تیمار پنجم : اوره پایه زیر بذر + چهار تقسیط با آب آبیاری	۵۲۷۸ a	۱۴/۵ b	۳۸/۱ a
تیمار ششم : اوره پایه از منبع SCU + چهار تقسیط اوره	۶۳۳۵ a	۱۶/۲ aa	۵۰/۰ a
تیمار هفتم : اوره پایه از منبع کود کامل پرمصرف + چهار تقسیط اوره	۶۳۳۰ a	۱۶/۱ a	۴۷/۰ a



شکل ۲. اثر جایگزینی اوره قبل از کاشت با کود کامل پرمصرف و SCU بر افزایش کارایی زراعی و درصد بازیافت نیتروژن در گندم در سال دوم آزمایش

جدول ۵. بازده اقتصادی در تیمارهای برتر بدون اعمال یارانه بر کودهای مصرفی قبل از کاشت

سال	تیمارهای برتر	قیمت کود نیتروژنی پایه (۱۰۰۰ ریال)	تولید گندم اضافی (کیلوگرم در هکتار)	قسمت‌های تولیدی گندم اضافی (۱۰۰۰ ریال)	بازده اقتصادی
اول	تیمار پنجم: تیمار عرف زارعین معمولی	۸۲۵	۱/۴۵۱	۵/۰۷۸	۶/۲
	تیمار دوم: تیمار عرف زارعین پیشرو	۵۵۰	۲/۰۷۷	۷/۲۷۰	۱۳/۲
	تیمار سوم: یک سوم نیتروژن از منابع SCU	۸۸۲	۱/۴۵۱	۵/۰۷۸	۵/۸
	تیمار ششم: یک سوم نیتروژن از منبع کود کامل پر مصرف	۲۰۰۰	۱/۹۹۹	۶/۹۹۶	۳/۵
دوم	تیمار دوم: تیمار عرف زارعین معمولی	۱۰۰۰	۲/۷۷۷	۹/۷۲۰	۹/۷
	تیمار سوم: تیمار عرف زارعین پیشرو	۶۶۰	۲/۷۲۲	۹/۵۲۷	۱۴/۴
	تیمار ششم: یک سوم نیتروژن از منابع SCU	۰۵۶/۱	۳۱۶۸	۱۱/۰۸۸	۱۰/۵
	تیمار هفتم: یک سوم نیتروژن از منبع کود کامل پر مصرف	۴۰۰/۲	۱/۱۶۳	۱۱/۰۷۰	۴/۶

- : قسمت جهانی کود اوره هر کیلوگرم ۵۰۰۰ ریال، اوره با پوشش گوگردی (SCU) ۷۵۰۰ ریال، کود کامل پرمصرف ۶۰۰۰ ریال و دانه گندم کیلوگرمی ۳۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده و در صورت اعمال یارانه این تفاوت‌ها به هم نزدیک‌تر خواهد شد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

NUE و NARF با جایگزینی اوره قبل از کاشت با کودهای کامل پر مصرف و SCU به دست آمد. استفاده از کود کامل پر مصرف باعث بالا رفتن میزان جذب نیتروژن و سایر عناصر غذایی موجود در این کود و نیز افزایش NUE گردید (۳، ۶ و ۷).

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد برای افزایش عملکرد، NUE و NARF، بهتر است اوره قبل از کاشت (۱۰۰ الی ۱۲۰ کیلوگرم اوره مصرفی در هکتار) از مزارع گندم حذف و معادل آن از کودهای کامل پرمصرف و یا SCU استفاده شود. افزایش تعداد دفعات تقسیط اوره در مراحل پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن و قبل از گل‌دهی به ویژه در خاک‌های زراعی با بافت سبک مورد تأیید قرار گرفت.

نظر به این‌که در هزاره سوم، هدف تولید محصول بیشتر به ازاء هر کیلوگرم کود مصرفی است، بنابراین ضرورت این جایگزینی در راستای تولید پایدار بیش از بیش احساس می‌گردد. در این تحقیق نقش مثبت افزایش تعداد دفعات سرک اوره به ویژه در سال دوم آزمایش نشان داده شد که با نتیجه تحقیقات پژوهشگران زیادی مطابقت داشت (۳، ۷، ۹ و ۱۶).

نتیجه‌گیری

به دلیل آبشویی فراوان، طولانی بودن زمان رشد گندم و فعالیت رشدی نسبتاً کم گندم پس از کاشت در فصول پاییز و زمستان و هم‌چنین بارندگی‌های این فصول، رعایت موارد زیر برای افزایش کارآیی کودهای نیتروژنی الزامی است:

۱- جایگزینی اوره مصرفی قبل از کاشت با کود کامل پرمصرف و SCU، صرف‌نظر از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زیرکشت گندم، توصیه می‌شود. بهتر است در مناطق مختلف با بافت‌های متفاوت، یک سوم نیتروژن مورد نیاز گندم از کود کامل پرمصرف و یا SCU تأمین شود.

۲- در راستای حل مسایل زیست محیطی، ارتقای سطح سلامت جامعه و کاهش آلاینده‌ی نیترات (NO_3) در آب‌های زیرزمینی و در محصولات کشاورزی و نیز با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، استفاده از SCU و یا کود کامل، به جای اوره قبل از کاشت برای گندمکاران کشور فرهنگ‌سازی شود.

۳- از ارقام مندرج در جدول‌ها و شکل‌های فوق چنین استنباط می‌گردد NUE و NARF در ایران نسبت به کشورهای پیشرفته پایین است (هم‌اکنون NUE در بیشتر مناطق کشور تحت شرایط ایدآل که اوره در سه تقسیط مصرف می‌گردد، حدود ۱۰-۸ کیلوگرم دانه گندم به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی می‌باشد که از متوسط جهانی آن یعنی از ۱۵ کیلوگرم در کیلوگرم پایین‌تر است (۱۶).

۴- به دلیل پایین بودن مواد آلی و از طرف دیگر پویایی بسیار بالایی که کودهای نیتروژنی دارند، حذف یک سوم اوره قبل از کاشت و مصرف تمام نیتروژن در دو قسط و یا تأمین تمام نیتروژن از منبع SCU قبل از کاشت هم از نظر عملکرد و هم از نظر کارآیی پایین بوده و اعمال این تیمار مورد تأیید قرار نگرفت.

۵- بازده اقتصادی برای هر دو سال محاسبه و تیمارهای دوم، سوم و ششم در سال اول و سوم، ششم و هفتم در سال دوم در گروه برتر قرار گرفته و میانگین آنها بدون اعمال هرگونه یارانه برای کودها به ترتیب ۱۴، ۸ و ۴ گردید (جدول ۵). به رغم آن‌که بازده اقتصادی تیمار دوم بیشتر می‌باشد ولی به دلایل بسیاری از جمله افزایش عملکرد هکتاری دانه گندم، افزایش NUE و NARF، اضافه کردن عناصر غذایی بیشتر به خاک (ذخیره‌سازی)، جلوگیری از هدر رفت (آبشویی)، نیترات، ممانعت از تصعید گازهای NH^3 و N_2O که عوامل مؤثری در گرم‌تر شدن کره زمین هستند و در نهایت تولید سبز و حفظ محیط زیست، جایگزینی یک سوم اوره مصرفی (قبل از کاشت) با کود کامل پرمصرف و یاSCU مورد تأیید می‌باشد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

۶- از جمع‌بندی نتایج دو ساله چنین استنباط گردید که کودهای کامل پرمصرف و SCU در مزارع گندم جایگزین مناسبی برای اوره قبل از کاشت می‌باشند. بنابراین، اجرائی نمودن نتایج حاصله در چند استان گندم‌خیز کشور، توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات کلیه همکاران در مؤسسه تحقیقات خاک و آب و سرکار خانم رفیعی تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع مورد استفاده

۱. باباکبری، م.۱۳۸۴. بهبود کارایی مصرف نیتروژن در دو خاک آهکی با بافت متفاوت در اراضی گندم منطقه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۲. بی نام. ۱۳۸۵. آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی و باغی سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳. دفتر آمار و فناوری اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، نشریه شماره ۸۵/۰۹، تهران.

۳. خادمی، ز. ۱۳۷۷. بررسی تأثیر زمان مصرف و تقسیط کود نیتروژنه بر عملکرد و درصد پروتئین گندم. مجله علمی پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب ۱۲:(۵) ۹ - ۱۸.

۴. غیبی، م. ن. ۱۳۸۷. بررسی نقش نیکل در افزایش فعالیت آنزیم اورآز و عملکرد گندم و ذرت با منابع مختلف کودهای نیتروژنی. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵. لطف‌اللهی، م.، م. ج. ملکوتی و ح. صفاری. ۱۳۸۳. افزایش کارایی نیتروژن با استفاده از اوره با پوشش گوگردی در خاک‌های سبک بافت کرج. صفحات ۷۵۹-۷۵۱، *روش‌های نوین تغذیه گندم* (مجموعه مقالات ملکوتی و همکاران)، انتشارات سنا، تهران.

۶. ملکوتی، م. ج.، ز. خادمی و ز. خوگر. ۱۳۸۳. *روش‌های نوین تغذیه گندم*. معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، تهران.

۷. ملکوتی، م. ج.، پ. کشاورز و ن. کریمیان.۱۳۸۷. *روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار*. چاپ هفتم با بازنگری کامل، انتشارات مرکز نشر دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۸. نظامی، س. ۱۳۸۶. تعیین روش مدیریتی مناسب برای افزایش تولید و بهبود کارآیی کودهای نیتروژنه در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

9. Fan, X., F. Li, F. Lin and D. Kumar. 2004. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Plant Nutr. 25: 853-865.
10. Hamdallah, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. A paper presented at regional workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, Amman, Jordan.
11. Heffer, P. 2008. Assessment of fertilizer use by crop at the global level. International Fertilizer Industry Association, Rue Marbeuf, Paris, France. www. Fertilizer.org. 5p.
12. Mae, T., A. Inaba, Y. Kaneta, S. Masaki, M. Sasaki, M. Aizawa, S. Okawa, S. Hasegawa and A. Makino. 2005. A large-grain rice cultivar, Akita 63, exhibits high yield with high physiological N-use efficiency. Field Crops Research Journal (www.elsevier.com/locate / fcr).
13. Malakouti, M. J. 2005. The trends in nitrogen fertilizer use and the necessity for increasing nitrogen use efficiency (NUE) in the calcareous soils of Iran. 1st International Iranian Urea/Ammonia Conference, Ministry of Oil, Tehran, Iran.
14. Malakouti, M. J., A. Bybordi, M. Lotfollahi, A. A. Shahabi, K. Siavoshi, R. Vakil, J. Ghaderi, J. Shahabifar, A. Majidi, A. R. Jafarnajadi, F. Dehghani, M. H. Keshavarz, M. Ghasemzadeh, R. Ghanbarpouri, M. Dashadi, M.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]

Babaakbari and N. Zaynalifard. 2008. Comparison of complete and sulfur coated urea fertilizers with pre-plant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. J. Agric. Sci. and Technol. 10: 173-183.
15. Sepehr, E., M. J. Malakouti and F. Nougolipour. 2008. Evaluation of phosphorus efficiency in Iranian cereals in a P-deficient calcareous soil. Eurosoil 2008 International Conference (Soil-Society-Environment). Book of abstracts: Pp. 182. *In*: W. E. H. Blum, M. H. Gerzabek and M. Vodrazkza (Eds.), Vienna, Austria.
16. Raun, W. R. and G.V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J. 91:357-363.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.9.1]