اثر ویژگی های خاک بر کارایی مصرف نیتروژن در مزارع گندم استان خراسان رضوی

پیمان کشاورز[1] و مهدی عباس زاده

دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران؛ P.Keshavarz@areeo.ac.ir

کارشناس ارشد مسئول تغذیه گیاه مدیریت زراعت سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی؛ mahdiabbaszadeh5@gmail.com

دریافت: 98/2/10 و پذیرش: 98/11/27

چکیده

کارایی مصرف نیتروژن شاخص بسیار مهمی برای قضاوت در مورد استفاده آگاهانه نیتروژن در گیاهان به شمار می‌رود. این شاخص تحت تأثیر عوامل مدیریتی، اقلیم و همچنین ویژگی‌های خاک قرار دارد. به منظور تخمین کارایی مصرف نیتروژن در مقیاس مزرعه‌ای و تعیین نقش عوامل خاکی، تعداد 20 مزرعه گندم در نقاط مختلف استان خراسان رضوی انتخاب گردید. دو سطح کودی نیتروژن صفر و برابر با عرف زارع از منبع اوره در هر یک از مزارع اعمال گردید. در مزارع آزمایشی عملکرد دانه گندم (عرف زارع) پس از ثبت به دوگروه جامعه با عملکرد بالا (بیش از 5 تن در هکتار) و جامعه با عملکرد پایین (کمتر از 5 تن در هکتار) تقسیم شدند. سپس شاخص‌های کارایی نیتروژن در هر دو گروه جامعه تعیین گردید. نتایج نشان داد شاخص‌های کارایی نیتروژن در هر دو گروه جامعه عملکردی بسیار کمتر از حد مطلوب بود. باوجود این، در جامعه عملکرد بالا، کارایی زراعی (8/2 کیلوگرم در کیلوگرم)، کارایی بازیابی ظاهری (25 درصد) و بهره‌وری ناخالص (46 کیلوگرم در کیلوگرم) بیش از جامعه عملکرد پایین بود، اما تفاوتی بین کارایی فیزیولوژیک در دو جامعه عملکردی وجود نداشت. بر خلاف جامعه عملکرد بالا، در گروه جامعه عملکرد پایین همبستگی معنی‌داری بین کارایی زراعی نیتروژن و کربن آلی خاک (r= -%97, P<0.01)، همچنین کارایی بازیابی نیتروژن با کربن آلی خاک (r= -0/82, P<0.01) و مقدار رس خاک (r=0/68, P<0.05) وجود داشت. در حالی که بهره‌وری ناخالص نیتروژن در جامعه عملکرد پایین با مقدارکربن آلی خاک همبستگی مثبت (r=0/86, P<0.01) و با هدایت الکتریکی خاک (r= -0/77, P<0.05) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. این رابطه در جامعه عملکرد بالا با مقدارکربن آلی خاک ضعیف تر بود. همچنین هیچیک از عوامل خاکی تأثیر معنی‌داری بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن نداشتند. این نتایج نشان می‌دهد که در جامعه عملکرد پایین، عوامل خاکی نظیر کربن آلی، شوری و مقدار رس خاک نقش تعیین کننده‌ای در کارایی زراعی نیتروژن، کارایی بازیابی ظاهری و بهره‌وری ناخالص نیتروژن دارند. در مقابل در جامعه عملکرد بالا (به استثناء اثر کربن آلی بر بهره‌وری ناخالص نیتروژن) عوامل خاکی تاثیری در شاخص های کارایی نیتروژن ندارند.

واژه‌های کلیدی: کارایی زراعی نیتروژن، بهره‌وری ناخالص نیتروژن، عوامل خاکی، کربن آلی خاک، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: مشهد، طرق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات خاک و آب.

مقدمه

استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی سهم قابل توجهی در افزایش تولید جهانی غذا در پنجاه سال اخیر داشته است. با وجود این بازیابی پایین نیتروژن به دلیل تلفات ناشی از تصعید، آبشویی، رواناب سطحی و دنیتریفیکاسیون افزون بر بالا بردن هزینهٔ تولید محصولات زراعی نگرانی‌هایی را در بخش کشاورزی، محیط زیست، صنعت و بهداشت به وجود آورده است. در حال حاضر در مقیاس جهانی تنها 47 درصد نیتروژن مصرف شده به محصول قابل برداشت تبدیل می شود. این در حالی است که در اوایل دهه 1960 این مقدار 68 درصد بود (لاسالتا[1]، 2014). این موضوع موجب شده تا کارایی مصرف نیتروژن به عنوان چالشی عمده برای کشاورزی جهان مطرح باشد (دوبرمن[2]، 2006). آگاهی از کارایی مصرف نیتروژن در کشاورزی برای قضاوت درباره مصرف هوشمندانه کود اهمیت ویژه‌ای دارد (فاگریا و بالیگار[3]، 2005). تعاریف گوناگونی برای تخمین کارایی و ارزیابی سرنوشت کودهای نیتروژنی وجود دارد. هر یک از این شاخص‌ها قابلیت استفاده متفاوتی در تعیین کارایی مصرف نیتروژن دارند (نووا و لومیس[4]، 1981). یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در بررسی کارایی عناصر غذایی و مصرف کودها کارایی بازیابی ظاهری[5] است که بر حسب مقدار عنصر غذایی جذب شده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده تعریف شده است. کراسول و گادوین[6] (1984) شاخص دیگری را با نام کارایی زراعی[7] عنصر غذایی معرفی نمودند که تولید اقتصادی بدست آمده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده است.

در برخی موارد کارایی زراعی را کارایی اقتصادی نیز می‌نامند. از طرف دیگر شاخص کارایی فیزیولوژیک[8] بر حسب تولید بیولوژیک حاصله به ازای هر واحد عنصر غذایی جذب شده تعریف شده است. در بعضی موارد آن را به عنوان کارایی بیولوژیک یا نسبت کارایی نیز می‌شناسند. شاخص دیگر بهره‌وری ناخالص[9] (کارایی زراعی ناخالص) عنصر غذایی است. این شاخص تلفیقی از کارایی زراعی و اثر بخشی بوده و مجموع اثرات عنصر غذایی بومی خاک، کارایی بازیابی و کارایی تبدیل عنصر غذایی جذب شده به عملکرد محصول را نشان می‌دهد. این شاخص به ویژه می‌تواند تخمین قابل قبولی از کارایی مصرف عنصر غذایی در مقیاس بزرگ ارائه نماید. این در حالی است که اغلب اطلاعات قابل اعتمادی برای محاسبه این شاخص‌ها به ویژه در مقیاس مزرعه‌ای، ناحیه‌ای و یا ملی در دسترس نبوده (کاسمن[10] و همکاران، 2002) و از طرفی نتایج بدست آمده از تخمین کارایی مصرف نیتروژن در کرت‌های آزمایشی، بدلیل تلفات بیشتر نیتروژن در مزارع کشاورزان قابل تعمیم به سطوح بزرگ نیست. این در حالی است که بررسی‌های انجام شده در سرتاسر جهان نشان می‌دهد که محصولات زراعی قادر به استفاده مستقیم بیش از نیمی از کود نیتروژنی مصرف شده نمی‌باشند (کینی، 1982). با وجود این بسته به نوع خاک میزان اتلاف نیتروژن متفاوت خواهد بود، به طوری که در خاکی با بافت شنی لومی میزان اتلاف نیترات نسبت به بافت لومی رسی بسیار بیشتر گزارش شده است (سوگبجی[11] و همکاران، 2000). افزون بر این در حدود 21 درصد نیتروژن مصرفی در گندم به صورت تصاعد گازی آمونیاک از دست می‌رود (هارپر[12] و همکاران، 1987).

همچنین در گندم زمستانه اتلاف نیتروژن مصرفی به صورت نیترات‌زدایی در حدود 9/5 درصد تخمین زده شده است (آئولاخ[13] و همکاران، 1982). در چین ژو و ون[14] (1992) طی بررسی خود در محصولات زراعی گندم، برنج و ذرت اعلام نمودند که کارایی مصرف نیتروژن از 28 تا 41 درصد متغیر است. رائون و جانسون[15] (1999) کارایی مصرف نیتروژن را در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به ترتیب 42 و 29 درصد اعلام نمودند. در ایران متاسفانه اطلاعات چندانی درباره میزان کارایی مصرف نیتروژن در مقیاس واقعی (و نه در کرت آزمایشی) برای محصولات مهم زراعی وجود ندارد، در حالی که این اطلاعات برای مدیران و برنامه-ریزان بخش کشاورزی بسیار مهم می باشد. براین اساس این پژوهش با هدف 1) تخمین واقعی کارایی مصرف نیتروژن در سطح مزارع گندم استان خراسان رضوی و 2) تعیین اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر آن انجام شده است.

1. Lassaletta
2. Dobermann
3. Fageria and Baligar
4. Novoa and Loomis
5. Apparent Recovery Efficiency
6. Craswell and Godwin
7. Agronomic Efficiency
8. Physiological Efficiency
9. Partial Factor Productivity
10. Cassman
11. Sogbedji
12. Harper
13. Aulakh
14. Zhu and Wen
15. Raun and Jonson

مواد و روش‌ها

انتخاب محل آزمایش

این پژوهش طی یک سال زراعی (94-1393) در استان خراسان رضوی، با عرض جغرافیایی 33 درجه و 52 دقیقه تا 37 درجه و 42 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 56 درجه و 19 دقیقه تا 61 درجه 16 دقیقه شرقی و زمستان های سرد خشک (محدوده دمایی بین 3- تا 10 درجه سلسیوس) همچنین تابستان های گرم و خشک (محدوده دمایی بین 17 تا 33 درجه سلسیوس) انجام گردید (فائو[1]، 2005). در این ناحیه خاک‌ها در رده انتی سول (زریک توری ارتنت)، اریدی سول (زریک هاپلوکمبید و زریک هاپلو کلسید) و انسپتی سول (کلسی زرپت) مطابق با طبقه‌بندی امریکایی خاک قرار می‌گیرند (بنایی، 2002). تعداد 20 مزرعه تحت کشت گندم آبی (*Triticum aestivum*, L.) در استان خراسان رضوی طوری انتخاب شد تا تخمین کارایی مصرف نیتروژن، کل محدوده جغرافیایی استان را شامل شود. این مناطق در 8 شهرستان شامل بردسکن (جنوب استان)، خواف (شرق استان)، مشهد و تربت حیدریه، (مرکز)، نیشابور، جوین و فیروزه (غرب استان) و قوچان (شمال استان) بود.

نمونه برداری خاک و روش اجرا

نمونه‌های خاک از عمق صفر تا 30 سانتی متر در مناطق تعیین شده و زیر کشت گندم در پاییز برداشت گردید. تمام نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک دو میلی‌متری برای تجزیه آماده شدند. pH خاک با استفاده از دستگاه pH متر در گل اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، کربن آلی به روش والکلی و بلاک[2] بلاک[2] (1934)، فسفر فراهم خاک به روش اولسن و سامرز[3] (1982)، پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیوم (چاپمن[4]، 1965)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (لوئپرت و اسپارک، 1996)، و مقدار رس خاک به روش هیدرومتری (جی و بائودر[5]، 1986) اندازه‌گیری شد. جدول 1 برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق مورد آزمایش را نشان می‌دهد. ارقام گندم متناسب با اقلیم هر منطقه کشت گردید. نیتروژن به صورت اوره در قطعات کودی طی سه تقسیط (قبل از کشت و دو سرک) مصرف گردید. مقدار مصرف در هر یک از مزارع گندم در جدول 3 نشان داده شده است. همچنین فسفر بین 75 تا 125 کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم به میزان 50 کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم (تنها در قطعاتی که پتاسیم قابل استفاده بین 200 تا 250 میلی‌گرم در کیلوگرم بود) در هر دو قطعه کودی و شاهد قبل از کشت مصرف گردید. همچنین آبیاری مزارع به صورت نشتی صورت گرفت. کیفیت آب آبیاری به جز دو منطقه در بردسکن (1و2) و خواف (EC_w= 3/5 dS/m) در نقاط دیگر مناسب بود. سایر مدیریت‌ها نظیر کنترل علف های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها توسط کشاورزان صورت گرفت. جدول 2 بعضی ویژگی های اقلیمی و تناوب زراعی با گندم را در مناطق مورد مطالعه نشان می دهد.

جمع آوری داده ها

با استفاده از عملکرد دانه گندم در مزارع آزمایشی مجموعه داده‌ها در دو بخش، جامعه عملکرد پایین با عملکرد دانه گندم کمتر از 5 تن در هکتار[6](LYP) هکتار[6](LYP) و جامعه عملکرد بالا با عملکرد دانه گندم بیشتر یا مساوی با 5 تن در هکتار[7] (HYP) تقسیم شدند. در هر مزرعه حداقل چهار نمونه (کوادرات های یک متر مربعی) در هر یک از مزارع به صورت سیستماتیک با نقطه شروع تصادفی، انتخاب شده و عملکرد در واحد سطح محصول به هنگام برداشت در دو قسمت مصرف نیتروژن و عدم مصرف نیتروژن (شاهد) ثبت گردید. غلظت نیتروژن در دانه گندم با روش هضم تر و دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. سپس مقدار جذب نیتروژن توسط دانه گندم با توجه به غلظت نیتروژن در دانه از رابطه (1) تعیین گردید.

$$NU_t = \frac{Y \times NC_t}{100} \qquad (1)$$

در معادله [1]، NU_t جذب نیتروژن در دانه (کیلوگرم در هکتار)، Y عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و NC_t غلظت نیتروژن در دانه (درصد) می باشد.

1. FAO
2. Walkley and Black
3. Olsen and Sommers
4. Chapman
5. Gee and Bauder
6. Low yield population
7. High yield population

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در مناطق مورد مطالعه

شماره مزرعه	مکان	قابلیت هدایت الکتریکی[1]	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	pH	کربنات کلسیم معادل[2]	کربن آلی[3]	رس
		($dS\ m^{-1}$)	($mg\ kg^{-1}$)			(%)		
1	قوچان- مزرعه 1	2/1	11/5	260	7/8	18/2	0/44	24
2	قوچان- مزرعه 2	1/9	12/0	271	7/7	20/1	0/61	20
3	قوچان- مزرعه3	2/0	12/9	280	7/7	16/9	0/62	26
4	بردسکن- مزرعه 1	5/9	8/4	231	7/8	21/1	0/30	24
5	بردسکن- مزرعه 2	6/0	7/5	211	7/9	17/6	0/36	23
6	بردسکن- مزرعه 3	4/0	8/1	239	7/9	17/3	0/23	22
7	فیروزه	1/9	9/4	239	7/8	19/2	0/49	27
8	نیشابور	2/6	11/1	268	7/8	17/6	0/66	26
9	جوین- مزرعه 1	4/1	14/1	221	7/7	22/3	0/59	23
10	جوین- مزرعه 2	4/3	8/8	210	7/7	22/0	0/54	18
11	جوین- مزرعه 3	3/9	10/9	239	7/8	20/9	0/62	23
12	جوین- مزرعه 4	4/6	9/6	214	7/7	22/4	0/61	21
13	خواف	6/3	10/0	273	7/9	22/1	0/49	19
14	تربت حیدریه- مزرعه 1	2/5	9/0	281	8/0	21/1	0/55	25
15	تربت حیدریه- مزرعه 2	2/6	10/6	261	7/8	20/1	0/57	26
16	تربت حیدریه- مزرعه 3	1/6	13/6	275	7/9	21/1	0/63	17
17	مشهد- مزرعه 1	2/6	13/4	245	7/9	18/7	0/58	24
18	مشهد- مزرعه 2	3/2	11/6	262	7/9	18/2	0/52	14
19	مشهد- مزرعه 3	4/2	9/6	240	7/9	22/1	0/58	16
20	مشهد- مزرعه 4	2/4	14/2	261	8/7	17/2	0/61	14

1. EC_e
2. Total Neutralizing Value
3. Organic Carbon

جدول 2- تناوب زراعی مرسوم با گندم و برخی ویژگی‌های اقلیمی در مناطق مورد مطالعه

مکان	تناوب زراعی	متوسط بارندگی سالانه (mm)	متوسط دما سالانه (°C)
قوچان	سیب زمینی	291/5	12/4
بردسکن	پنبه	108/8	21/1
فیروزه	ذرت علوفه ای	185/1	15/2
نیشابور	ذرت علوفه ای	192/6	14/9
جوین	چغندرقند	140	18/4
خواف	خربزه	122	19/9
تربت حیدریه	پیاز	193/5	14/7
مشهد	گوجه فرنگی	210/6	16

همچنین با استفاده از روابط زیر، کارایی بازیابی ظاهری، کارایی فیزیولوژیک، کارایی زراعی و بهره‌وری ناخالص نیتروژن محاسبه گردید (دوبرمن، 2007).

کارایی زراعی نیتروژن:

(کیلوگرم افزایش عملکرد به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده)

$$AE = \frac{(Y - Y_0)}{F} \qquad (2)$$

کارایی بازیابی ظاهری

(کیلوگرم افزایش جذب نیتروژن به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده)

$$RE = \frac{(NU - NU_0)}{F} \quad \textbf{(3)}$$

کارایی فیزیولوژیک

(کیلوگرم افزایش عملکرد به ازای کیلوگرم افزایش جذب نیتروژن از کود)

$$E = \frac{(Y - Y_0)}{(NU - NU_0)} \quad \textbf{(4)}$$

بهره وری ناخالص نیتروژن:

(کیلوگرم تولید برداشت شده به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده)

$$PFP = \frac{Y}{F} \quad \textbf{(5)}$$

در معادله‌های 2، 3، 4 و 5، F مقدار نیتروژن خالص مصرفی به صورت کود است (کیلوگرم در هکتار)، Y عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) با مصرف نیتروژن، Y_0 عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) بدون مصرف نیتروژن، NU جذب نیتروژن در دانه (کیلوگرم در هکتار) با مصرف نیتروژن و NU_0 جذب نیتروژن در دانه (کیلوگرم در هکتار) بدون مصرف نیتروژن است.

تجزیه آماری

تجزیه رگرسیون به منظور تشخیص تأثیر بعضی از عوامل خاکی بر شاخص‌های کارایی نیتروژن با استفاده از نرم افزار آماری MINITAB-13 انجام شد. ضریب همبستگی در هر مورد بدست آمد و تفاوت‌های آماری در سطح احتمال یک درصد (P<0/01) تعیین گردید.

نتایج

کارایی زراعی نیتروژن

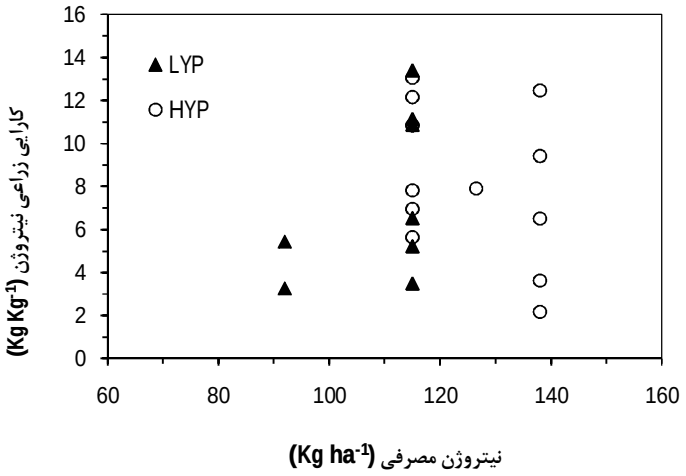
میانگین عملکرد دانه در جامعه عملکرد بالا (با مصرف نیتروژن) در حدود 50 درصد بیش از جامعه عملکرد پایین بود. در جامعه عملکرد پایین به طور میانگین مصرف 109 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص عملکرد دانه را 27/7 درصد نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن) افزایش داد (جدول 3). این در حالی بود که در جامعه عملکرد بالا به طور میانگین مصرف 125/5 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص عملکرد دانه را 21/5 درصد افزایش داد.

با وجودی که میانگین کارایی زراعی نیتروژن (دانه) در جامعه کل 7/9 کیلوگرم در کیلوگرم برآورد گردید، در جامعه عملکرد بالا میانگین کارایی زراعی نیتروژن (8/2 کیلوگرم در کیلوگرم) بیش از جامعه عملکرد پایین (7/4 کیلوگرم در کیلوگرم) بود (جدول 3). رابطه بین نیتروژن خالص مصرفی در جوامع عملکردی بالا و پایین با کارایی زراعی نیتروژن نشان داد که مقدار مصرف نیتروژن به طور کلی در جامعه عملکرد بالا بیش از جامعه عملکرد پایین است. افزون بر این در مقادیر مشابه مصرف کود نیتروژن، به دلیل عملکرد متفاوت گندم در مناطق مختلف، کارایی زراعی متغییر بود (شکل 1). برای مثال با مصرف حدود 138 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، کارایی زراعی از 2/1 تا 12/4 کیلوگرم در کیلوگرم تغییر می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد عوامل متفاوتی به غیر مقدار مصرف نیتروژن در کارایی زراعی نیتروژن نقش دارند.

از آنجا که مطالعه حاضر در مزارع کشاورزان و در شرایط یکسان خاکی نبوده این شرایط بوجود آمده است (دوبرمن، 2005). همچنین بررسی رابطه کارایی زراعی نیتروژن با بعضی ویژگی های خاک نشان داد در جامعه عملکرد پایین، همبستگی منفی و معنی‌داری بین مقدار کربن آلی خاک با کارایی زراعی نیتروژن وجود دارد (r= -0/97, P<0.01) اگرچه اثر سایر عوامل خاکی معنی‌دار نبود (جدول 4). این در حالی است که رابطه کربن آلی خاک با عملکرد دانه گندم (مزارع شاهد) در جامعه عملکرد پایین نیز معنی دار بود (r= 0/87, P<0.05). در مقابل در جامعه عملکرد بالا هیچ یک از عوامل خاکی اثر معنی‌داری در کارایی زراعی نیتروژن نداشت. افزون بر این همبستگی معنی‌داری بین کربن آلی خاک با عملکرد دانه گندم (مزارع شاهد) در جامعه عملکرد بالا نیز مشاهده نشد.

جدول 3- کارایی زراعی نیتروژن، عملکرد دانه گندم و مقدار نیتروژن (خالص) مصرفی در جامعه عملکرد پایین (LYP)، جامعه عملکرد بالا (HYP) و جامعه کل (HYP+ LYP)

جامعه عملکردی	شماره مزرعه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		مقدار مصرف نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	کارایی زراعی (کیلوگرم در کیلوگرم)
		- نیتروژن	+ نیتروژن		
LYP	5	1770	3050	115	11/1
	4	1850	3100	115	10/8
	18	2800	3300	92	5/4
	19	3200	3500	92	3/2
	6	2100	3640	115	13/4
	7	3500	4250	115	6/5
	9	4200	4800	115	5/2
	2	4450	4850	115	3/5
میانگین		2983/7	3811/2	109/2	7/4
HYP	1	4700	5000	138	2/1
	10	4350	5000	115	5/6
	14	3790	5038	115	10/8
	11	3800	5200	115	12/1
	13	4200	5500	138	9/4
	3	5250	5750	138	3/6
	12	4800	5800	126/5	7/9
	17	5100	6000	115	7/8
	20	5200	6000	115	6/9
	16	5200	6100	138	6/5
	15	4780	6500	138	12/4
	8	5500	7000	115	13/0
میانگین		4722/5	5740/6	125/5	8/2
HYP+ LYP		4027	4969	119	7/90



شکل 1- تغییرات کارایی زراعی نیتروژن با توجه به مقدار نیتروژن مصرفی در جامعه عملکرد پایین (LYP) و جامعه عملکرد بالا (HYP) گندم

جدول 4- ضرایب همبستگی بین کارایی زراعی نیتروژن و بعضی از ویژگی‌های خاک در جامعه عملکرد پایین (LYP) و جامعه عملکرد بالا (HYP)

ویژگی خاک	LYP	HYP
اسیدیته	-0/28 ns	0/30 ns
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	0/59 ns	0/22 ns
مقدار رس	0/45 ns	0/27 ns
کربنات کلسیم معادل	-0/58 ns	0/24 ns
کربن آلی	-0/97 **	0/38 ns

**، * به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد بر طبق آزمون F معنی‌دار است.

ns بر طبق آزمون F معنی‌دار نیست.

کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن

میانگین غلظت نیتروژن در جامعه عملکرد بالا (احتمالاً به دلیل اثر رقت) کمتر از جامعه عملکرد پایین بود اما میانگین جذب نیتروژن در جامعه عملکرد بالا (با مصرف نیتروژن) در حدود 47 درصد بیش از جامعه عملکرد پایین بود (جدول 5). مصرف نیتروژن به طور میانگین غلظت و جذب نیتروژن در دانه را به ترتیب 4/6 درصد و 33/8 درصد در جامعه عملکرد پایین و 9/9 درصد و 33/2 درصد در جامعه عملکرد بالا نسبت به شاهد (بدون مصرف نیتروژن) افزایش داد. با وجودی‌که میانگین کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن (دانه) در جامعه کل 23 درصد برآورد گردید، در جامعه عملکرد بالا میانگین کارایی بازیابی نیتروژن (25 درصد) بیش از جامعه عملکرد پایین (19 درصد) بود (جدول 5). این بدان معنا است که امکان هدررفت تا 77 درصد نیتروژن کل مصرف شده به صورت آبشویی یا تصاعد گازی در جامعه کل وجود دارد. با وجود این بخشی از این نیتروژن ممکن است توسط ریزجانداران و یا با تثبیت رس ها در خاک حفظ گردد. کمترین کارایی بازیابی نیتروژن 9 درصد در جامعه عملکرد پایین و بیشترین آن 45 درصد (نزدیک به حد مطلوب) در جامعه عملکرد بالا بدست آمد. ضرایب همبستگی بین کارایی بازیابی نیتروژن و بعضی از ویژگی‌های خاک همچنین نشان داد در گروه جامعه عملکرد پایین کارایی بازیابی نیتروژن همبستگی قوی با کربن آلی خاک ($r= -0/82, P<0.01$) و مقدار رس خاک ($r=0/68, P<0.05$) داشت ولی با عوامل خاکی دیگر نظیر اسیدیته، مقدارکربنات کلسیم و هدایت الکتریکی خاک رابطه معنی‌داری نداشت (جدول 6). به نظر می‌رسد تأمین بخشی از نیتروژن بواسطه معدنی شدن کربن آلی خاک (مزارع شاهد) موجب همبستگی منفی با کارایی بازیابی نیتروژن شده است. در مقابل نگهداری نیتروژن در خاک و جلوگیری از اتلاف آن بوسیله آبشویی (تیمار مصرف نیتروژن) موجب همبستگی مثبت کارایی بازیابی نیتروژن با مقدار رس خاک شده است. یی[1] و همکاران (2007) نشان دادند کارایی بازیابی نیتروژن در برنج، در خاک رسی بیش از خاک شنی است. این در حالی بود که در جامعه عملکرد بالا هیچ یک از عوامل خاکی اثر معنی‌داری در کارایی بازیابی نیتروژن نداشتند.

کارایی فیزیولوژیک و بهره‌وری ناخالص نیتروژن

میانگین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در جامعه کل 37/9 کیلوگرم در کیلوگرم برآورد گردید (جدول 7). این درحالی بود میانگین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در جامعه عملکرد بالا (37/7 کیلوگرم در کیلوگرم) تفاوت چندانی با جامعه عملکرد پایین (38/1 کیلوگرم در کیلوگرم) نداشت. این شاخص توانایی گیاه را برای تبدیل نیتروژن جذب شده از کود به عملکرد اقتصادی (دانه) نشان می‌دهد و بیشتر به نوع رقم و یا گونه گیاهی وابسته است (دوبرمن، 2005). به همین دلیل همبستگی بین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و ویژگی‌های خاک نشان داد هیچ یک از عوامل خاکی مورد بررسی تاثیر معنی داری بر آن نداشتند (جدول 8).

1. Ye

جدول 5- کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن، غلظت و جذب نیتروژن در جامعه عملکرد پایین (LYP)، جامعه عملکرد بالا (HYP) و جامعه کل (HYP+ LYP)

جامعه عملکردی	شماره مزرعه	غلظت نیتروژن (درصد)		جذب نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن (درصد)
		- نیتروژن	+ نیتروژن	- نیتروژن	+ نیتروژن	
LYP	5	1/70	1/83	30/1	55/7	22
	4	2/46	2/42	45/5	75/1	26
	18	2/70	2/59	75/5	85/5	11
	19	2/58	2/58	82/4	90/5	9
	6	2/10	2/19	44/1	79/7	31
	7	1/81	2/06	63/3	87/7	21
	9	2/50	2/56	104/9	122/9	16
	2	1/47	1/80	65/4	87/5	19
میانگین		2/16	2/26	63/9	85/5	19
HYP	1	2/25	2/83	105/6	141/5	26
	10	1/77	2/56	77/0	128/2	45
	14	1/90	2/10	72/1	105/7	29
	11	1/94	1/84	73/8	95/5	19
	13	2/37	2/21	99/6	121/5	16
	3	1/40	1/85	73/5	106/3	24
	12	2/38	2/69	114/4	155/7	33
	17	1/99	1/96	101/2	117/7	14
	20	2/48	2/62	128/8	157/1	25
	16	1/53	2/00	79/6	121/7	31
	15	2/08	1/91	99/5	124/1	18
	8	1/99	1/94	109/4	135/8	23
میانگین		2/01	2/21	94/5	125/9	25
HYP+ LYP		2/07	2/23	82/3	109/7	23

جدول 6- ضرایب همبستگی بین کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن و بعضی از ویژگی‌های خاک در جامعه عملکرد پایین (LYP)، و جامعه عملکرد بالا (HYP)

ویژگی خاک	LYP	HYP
اسیدیته	-0/22 ^{ns}	-0/38 ^{ns}
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	0/24 ^{ns}	0/01 ^{ns}
مقدار رس	0/68*	-0/36 ^{ns}
کربنات کلسیم معادل	-0/47 ^{ns}	0/34 ^{ns}
کربن آلی	-0/82 **	-0/02 ^{ns}

**، * به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد بر طبق آزمون F معنی‌دار است.

ns بر طبق آزمون F معنی‌دار نیست.

جدول 7- کارایی فیزیولوژیک و بهره‌وری ناخالص نیتروژن (دانه) در جامعه عملکرد پایین (LYP)، جامعه عملکرد بالا (HYP) و جامعه کل (HYP+ LYP)

جامعه عملکردی	شماره مزرعه	کارایی فیزیولوژیک (کیلوگرم در کیلوگرم)	بهره وری ناخالص (کیلوگرم در کیلوگرم)
LYP	5	50/0	26/5
	4	42/2	26/9
	18	49/9	35/8
	19	37/2	38/0
	6	43/3	31/6
	7	30/7	36/9
	9	33/3	41/7
	2	18/0	42/1
میانگین		38/1	35/0
HYP	1	8/4	36/2
	10	12/7	43/4
	14	37/1	43/8
	11	64/7	45/2
	13	59/3	39/8
	3	15/3	41/6
	12	24/2	45/8
	17	54/8	52/1
	20	28/3	52/1
	16	21/4	44/2
	15	69/8	47/1
	8	56/9	60/8
میانگین		37/7	46/0
HYP+ LYP		37/9	41/6

میانگین بهره‌وری ناخالص نیتروژن (دانه) در جامعه کل 41/6 کیلوگرم در کیلوگرم برآورد گردید (جدول 7). این در حالی است که میانگین بهره‌وری ناخالص نیتروژن در جامعه عملکرد بالا 46 کیلوگرم در کیلوگرم و در جامعه عملکرد پایین 35 کیلوگرم در کیلوگرم بود. در بین عوامل خاکی موثر درشاخص بهره وری ناخالص نیتروژن، کربن آلی (در جامعه عملکرد بالا و پایین) و هدایت الکتریکی خاک (در جامعه عملکرد پایین) نقش داشتند، به طوری‌که بهره‌وری ناخالص نیتروژن با مقدارکربن آلی خاک همبستگی مثبت (در جامعه عملکرد پایین $r=0/86$, $P<0.01$؛ در جامعه عملکرد بالا $r=0/69$, $P<0.05$) و با هدایت الکتریکی خاک همبستگی منفی و معنی داری داشت (در جامعه عملکرد پایین $r= -0/77$, $P<0.05$). (جدول 8).

جدول 8- ضرایب همبستگی بین کارایی فیزیولوژیک و بهره وری ناخالص با بعضی از ویژگی های خاک در جامعه عملکرد پایین (LYP)، و جامعه عملکرد بالا (HYP)

ویژگی خاک	کارایی فیزیولوژیک		بهره وری ناخالص	
	LYP	HYP	LYP	HYP
اسیدیته	-0/22 ns	0/36 ns	0/32 ns	-0/03 ns
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	0/67 ns	0/27 ns	-0/77 *	-0/20 ns
مقدار رس	-0/22 ns	0/32 ns	-0/26 ns	0/07 ns
کربنات کلسیم معادل	-0/46 ns	0/10 ns	0/47 ns	-0/36 ns
کربن آلی	-0/57 ns	0/20 ns	0/86 **	0/69 *

**، * به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد بر طبق آزمون F معنی‌دار است.

ns بر طبق آزمون F معنی‌دار نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

مصرف نیتروژن در هر دو گروه عملکردی به طور میانگین موجب افزایش عملکرد دانه، غلظت و جذب نیتروژن در دانه نسبت به شاهد شد. این در حالی بود که در جامعه عملکرد بالا، شاخص های مذکور (به غیر از غلظت نیتروژن دانه به دلیل اثر رقت) بیش از جامعه عملکرد پایین بود. بخشی از این تفاوت (و نه همه آن) به طور کلی ممکن است ناشی از اختلاف شرایط آب و هوایی درجامعه عملکرد بالا نسبت به جامعه عملکرد پایین باشد، چون در این مناطق میانگین بارش سالانه (193/3 میلی متر) بیش از جامعه عملکرد پایین (171/4 میلی متر) و میانگین دمای سالانه (به ترتیب 15/9 و 17/6 درجه سلسیوس) کمتر از آن بود. بخشی دیگر از این تفاوت به میانگین کربن آلی خاک در دو گروه عملکردی مربوط است، به طوری که میانگین کربن آلی خاک در جامعه عملکرد بالا 26 درصد بیشتر از جامعه عملکرد پایین بود. توکلی کاخکی و همکاران (1397) نشان دادند که با زیاد شدن بارندگی سالانه محتوی نیتروژن معدنی و ماده آلی خاک افزایش می یابد.

بررسی های انجام شده طی یک دوره سی ساله در شرایط اقلیمی اسپانیا نشان داد که همبستگی محتوی کربن آلی با بارندگی سالانه (r= 0/61) و با میانگین دما (r= 0/39) بوده است (گابارون[1] و همکاران، 2015). در این مطالعه میانگین کارایی زراعی نیتروژن در جامعه کل در حدود 8 کیلوگرم در کیلوگرم، در جامعه عملکرد بالا 8/2 کیلوگرم در کیلوگرم و در جامعه عملکرد پایین 7/4 کیلوگرم در کیلوگرم برآورد گردید. بدیهی است این مقادیر با حدود کلی کارایی زراعی نیتروژن برای دانه غلات (بین 10 تا 30 کیلوگرم در کیلوگرم) و حد مطلوب آن (بیشتر از 25 کیلوگرم در کیلوگرم) فاصله زیادی دارد (دوبرمن، 2007). این در حالی است که بررسی انجام شده در استان خراسان رضوی در کرت آزمایشی نشان می دهد که کارایی زراعی نیتروژن در تناوب‌های گندم-گندم در حدود 10/2 کیلوگرم در کیلوگرم می باشد (رحیمی زاده و همکاران، 1390). عوامل متعددی در پایین بودن کارایی زراعی نیتروژن نقش دارند (رائون و همکاران، 2002). در همین ارتباط اسمینوف[2] و همکاران (2007) گزارش کردند که اقلیم و مدیریت مصرف نیتروژن دو منبع عمده تغییرات در کارآیی مصرف نیتروژن به شمار می‌روند. نتیجه یک مطالعه نشان می‌دهد کارایی زراعی نیتروژن در تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط بهینه 47/8 درصد کاهش می‌یابد (مدحج و همکاران، 1388). از اینرو تنش رطوبتی و دمایی در کارایی زراعی نیتروژن نقش مهمی دارد. از طرف دیگر مدیریت صحیح زمان مصرف نیتروژن مطابق با مراحل رشد گیاه نیز در افزایش کارایی زراعی نیتروژن بسیار مؤثر است (زی[3] و همکاران، 2007). با وجود این میانگین کارایی زراعی نیتروژن در جامعه عملکرد بالا اندکی بیش از جامعه عملکرد پایین است. بررسی رابطه کارایی زراعی نیتروژن با بعضی ویژگی‌های خاک نشان داد در جامعه عملکرد پایین، همبستگی معنی‌دار ولی منفی بین مقدار کربن آلی خاک با کارایی زراعی نیتروژن وجود دارد. از طرفی همبستگی مثبت و معنی داری بین کربن آلی خاک با عملکرد دانه گندم (مزارع شاهد) در جامعه عملکرد پایین وجود داشت (r= 0/87, P<0.05). این موضوع موجب شده است تا در جامعه عملکرد پایین با افزایش کربن آلی خاک، تفاوت عملکرد شاهد (بدون مصرف نیتروژن) با عملکرد کودی (تیمار مصرف نیتروژن) کمتر شده و کارایی زراعی نیتروژن کاهش یابد. بنابراین با افزایش مقدار کربن آلی خاک در جامعه عملکرد پایین کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافته است. اولوفس[4] و همکاران (2015) نیز رابطه معنی‌داری بین کربن آلی خاک و کارایی مصرف نیتروژن در گندم زمستانه و جو بهاره گزارش کردند. آنان نشان دادند که در شرایط محدودیت عناصر غذایی اثر کربن آلی خاک بر عملکرد گیاه برجسته‌تر است چون در این شرایط کربن آلی خاک باید بتواند عناصر غذایی بیشتری را تأمین کند. از آنجا که بخش بزرگی از نیتروژن خاک (بیش از 95 درصد) به شکل آلی است در نتیجه این بخش می‌تواند با کمک موجودات ذره بینی مقداری قابل توجه نیتروژن را برای رشد و نمو گیاه تأمین نماید (ملکوتی و همکاران، 1387).

محققان بسیاری اثر مثبت کربن آلی خاک را در عملکرد محصول گزارش کرده اند (بنبی و چاند، 2007؛ پان[5] و همکاران، 2009؛ . اولوفس و همکاران، 2015). مطالعات انجام شده در ایران نشان می‌دهد به ازای افزایش هر گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک (0/1 درصد) عملکرد دانه گندم به طور میانگین 286 کیلوگرم در هکتار (کشاورز و همکاران، 1392). در واقع افزایش کربن آلی خاک تا حدودی عدم مدیریت صحیح مصرف نیتروژن را در مزارع کشاورزان با جامعه عملکرد پایین خنثی می‌کند.

---

1. Gabarron
2. Semenov
3. Xie
4. Oelofse
5. Pan

این در حالی است که در جامعه عملکرد بالا هیچ یک از عوامل خاکی اثرمعنی‌داری در کارایی زراعی نیتروژن نداشتند. ازاینرو به نظر می‌رسد عوامل دیگر اهمیت بیشتری نسبت به عوامل خاکی در کارایی زراعی نیتروژن در جامعه عملکرد بالا دارند. میانگین کارایی بازیابی نیتروژن برای گندم در جامعه کل در حدود 23 درصد، در جامعه عملکرد بالا 25 و در جامعه عملکرد پایین 19 درصد برآورد گردید. این در حالی است که میانگین جهانی کارایی بازیابی نیتروژن در سال 2014 برای غلات حدود 35/2 درصد گزارش شده است (اومارا، 2019). دوبرمن (2007) حدود کلی کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن را برای دانه غلات بین 30 تا 50 درصد با حد مطلوب بیش از 50 درصد گزارش کرده است. بر این اساس به طور میانگین کارایی بازیابی ظاهری نیتروژن برآورد شده در دانه گندم در مناطق مورد آزمایش کمتر از نصف حد مطلوب است. این موضوع نشان می‌دهد بخش زیادی از نیتروژن مصرف شده به دلایل مختلف هدر می‌رود. آشکار است که مدیریت مؤثر آب و نیتروژن (مقدار مناسب، زمان مناسب، منبع مناسب، شیوه مناسب) از اولویت‌های اساسی بهبود کارایی بازیافت نیتروژن می‌باشند (هایلی[1] و همکاران، 2012؛ سیندر کلیفورد[2]، 2016). آزمایش‌های زیادی نشان داده‌اند که مصرف متعادل نیتروژن و تقسیط (بهبود زمان مصرف) آن استراتژی‌هایی مناسب برای افزایش کارآیی بازیابی نیتروژن به شمار می‌روند (گان[3] و همکاران، 2008). از آنجا که در جامعه عملکرد پایین از بین عوامل خاکی، کربن آلی خاک و مقدار رس در کارایی بازیابی نیتروژن تأثیر داشتند می‌توان نتیجه گرفت که عدم نگهداری نیتروژن در خاک و آبشویی از دلایل مهم کارایی پایین بازیابی نیتروژن در گندم به شمار می‌روند (آلوارز[4] و همکاران، 2002). با وجود این اولوفس و همکاران (2015) در بررسی‌های خود نشان دادند تأمین نیتروژن بواسطه معدنی شدن کربن آلی خاک اهمیت بیشتری نسبت به توانایی کربن آلی در بهبود نگهداری نیتروژن خاک دارد. در مقابل در جامعه عملکرد بالا به دلیل عدم تأثیر عوامل خاکی در کارایی بازیابی نیتروژن به نظر می‌رسد سایر عوامل نظیر شیوه مدیریت اهمیت بیشتری داشتند. از سوی دیگر با توجه به سطح کشت گندم در کشور افزایش کارایی مصرف نیتروژن حتی به میزان کم تأثیر زیادی در کاهش هزینه تولید و بهبود سرمایه ملی خواهد داشت. براین اساس در صورتی که مقدار کود اوره مصرفی در ایران حدود 1/5 میلیون تن در سال باشد و به طور متوسط 30 تا 35 درصد از آن به کشت گندم اختصاص یابد (هفر[5] و همکاران، 2017) حدود 500 هزار تن کود اوره در سال در تولید گندم (آبی و دیم) کشور مصرف خواهد شد. از طرف دیگر اگر سهم کود اوره مصرفی در گندم آبی 60 درصد این مقدار باشد بالغ بر 230 هزار تن کود اوره فقط در کشت گندم در هر سال هدر خواهد رفت.کارایی فیزیولوژیک نیتروژن یکی دیگر از شاخص‌های مورد بررسی با میانگین 37/9 کیلوگرم در کیلوگرم در جامعه کل بود. مقادیر این شاخص در جامعه عملکرد بالا و جامعه عملکرد پایین مشابه یکدیگر بود و هیچیک از عوامل خاکی نیز در آن تأثیری نداشتند. کارایی فیزیولوژیک بیشتر به نوع گونه و رقم گیاهی وابسته است بنابراین در دو گروه عملکردی، ارقام گندم اثر یکسانی بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن داشتند. با وجود این حدود کلی کارایی فیزیولوژیک نیتروژن برای دانه غلات بین 40 تا 60 کیلوگرم در کیلوگرم با حد مطلوب بیشتر از 50 کیلوگرم در کیلوگرم گزارش شده است. مقادیر اندک کارایی فیزیولوژیک نیتروژن نشان دهنده عدم رشد بهینه گیاه در اثر کمبود نیتروژن، تنش خشکی، گرما و صدمه ناشی از عدم مبارزه با علف‌های هرز و یا آفات و بیماری‌ها می‌باشد (دوبرمن، 2007). بهره وری ناخالص نیتروژن با بالارفتن کربن آلی (در جامعه عملکرد بالا و پایین) و کم شدن هدایت الکتریکی خاک (در جامعه عملکرد پایین) افزایش یافت.

افزایش بهره وری ناخالص نیتروژن با بالا رفتن کربن آلی خاک ناشی از بهبود عملکرد گندم در این شرایط است. افزایش ذخیره کربن آلی خاک با بالابردن ظرفیت آب قابل استفاده گیاه درخاک و عرضه عناصر غذایی، بهبود ساختمان و سایر خواص فیزیکی خاک منجربه افزایش تولید محصول می شود (لال، 2006). میانگین بهره‌وری ناخالص نیتروژن در جامعه کل 41/6 کیلوگرم در کیلوگرم برآورد گردید. با وجود این در جامعه عملکرد بالا این شاخص 46 کیلوگرم در کیلوگرم و در جامعه عملکرد پایین 35 کیلوگرم در کیلوگرم بود. حدود کلی بهره‌وری ناخالص نیتروژن برای غلات بین 40 تا 80 کیلوگرم در کیلوگرم با حد مطلوب بیشتر از 60 کیلوگرم در کیلوگرم گزارش شده است (دوبرمن، 2007). بر این اساس به طور میانگین بهره‌وری ناخالص نیتروژن

1. Haile
2. Snyder Clifford
3. Gan
4. Alvarez
5. Heffer

در هردو گره عملکردی در محدوده پایین بهـره‌وری قـرار نشان می‌دهد متوسط بهره‌وری ناخالص نیتروژن در گندم طی 10 سال (87-1379)، 38 کیلوگرم در کیلوگرم می‌باشد (کشاورز،1392). این در حالی است که در جهان بهره‌وری ناخالص نیتروژن در غلات به طور متوسط حدود 44 کیلوگرم در کیلوگرم گزارش شده است (دوبرمن، 2006). در کشورهای توسعه یافته طی 20 سال گذشته بدون آنکه مصرف کودهای نیتروژنی افزایش محسوسی یابد، عملکرد غلات به دلیل استفاده از فن‌آوری‌های جدید و همچنین مدیریت بهتر افزایش یافته است، از این رو متوسط بهره‌وری ناخالص نیتروژن در حدود 50 کیلوگرم در کیلوگرم بدون تغییر مانده است. در انگلستان بهره‌وری ناخالص نیتروژن در غلات به طور متوسط از 36 کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی در سال 85-1981 به 44 کیلوگرم در کیلوگرم در سال 2002-2001 افزایش یافت. بهره‌وری ناخالص نیتروژن در آمریکا نیز از 42 کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی در سال 1980 به 57 کیلوگرم در کیلوگرم در سال 2000 در ذرت افزایش یافت (دوبرمن و کاسمن، 2002). در ژاپن نیز بهره‌وری ناخالص نیتروژن در برنج که از سال 1961 تا 1985 در حدود 57 کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی ثابت باقی مانده بود، پس از سال 1985 به 75 کیلوگرم در کیلوگرم افزایش یافت (میشیما[1]، 2001 : سوزوکی[2]، 1997).

دارند. برآوردهای انجام شده در ایران

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد در جامعه عملکرد پایین به طور میانگین کارایی زراعی 7/4 کیلوگرم در کیلوگرم، کارایی بازیابی ظاهری 19درصد، بهره‌وری ناخالص 35 کیلوگرم در کیلوگرم و کارایی فیزیولوژیک 38/1 کیلوگرم در کیلوگرم می باشد. در مقابل در جامعه عملکرد بالا به طور میانگین کارایی زراعی 8/2 کیلوگرم در کیلوگرم، کارایی بازیابی ظاهری 25 درصد، بهره‌وری ناخالص 46 کیلوگرم در کیلوگرم و کارایی فیزیولوژیک 37/7 کیلوگرم در کیلوگرم بود. براین اساس شاخص‌های کارایی نیتروژن اگرچه در جامعه عملکرد بالا بیش از جامعه عملکرد پایین است اما با حد مطلوب فاصله بسیار دارد. افزون براین عوامل خاکی نظیر کربن آلی، شوری و مقدار رس خاک نقش بسزایی در کارایی زراعی نیتروژن، کارایی بازیابی ظاهری و بهره‌وری ناخالص نیتروژن در جامعه عملکرد پایین داشتند. در مقابل در جامعه عملکرد بالا شاخص‌های کارایی نیتروژن تحت تأثیر عوامل خاکی (به استثناء اثر کربن آلی بر بهره‌وری ناخالص نیتروژن) نبودند

فهرست منابع:

1. توکلی‌کاخکی ح ر.، نصیری‌محلاتی، م.، کوچکی، ع.، جهان، م و بهشتی، س.ع. 1397. ارزیابی کارایی مصرف نیتروژن در نظام‌های زراعی تولید گندم. بوم شناسی کشاورزی، جلد 10، شماره 3، صفحه 718-699.
2. رحیمی‌زاده م؛ زارع فیض‌آبادی ا و کاشانی ع. 1390. کارآیی زراعی نیتروژن در تناوب های زراعی دو گانه گندم تحت تاثیر کود نیتروژنه و برگشت بقایای محصول. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. جلد 9، شماره2، صفحه 221-211.
3. کشاورز پ. 1392. راهبردهای مدیریتی برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن در ایران. مجله علمی ترویجی مدیریت اراضی، جلد 1، شماره 1، صفحه 54-47.
4. کشاورز پ؛ زنگی آبادی م و عباس زاده م. 1392. تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 27 شماره 3، صفحه 271-259.
5. مدحج ع؛ نادری ا؛ امام ی؛ آینه بند ا و نورمحمدی، ق. 1388. اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه، محتوی پروتئین دانه و کارایی زراعی نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده افشانی. مجله به‌زراعی نهال و بذر، جلد 25 شماره 4، صفحه 371-353.

[1] Mishima
[2] Suzuki

6. مشیری ف؛ شهابی ع. ا؛ کشاورز پ؛ خوگر ز؛ فیضی اصل و؛ طهرانی م م؛ اسدی رحمانی ه؛ سماوات س؛ غیبی م ن؛ سدری م ح؛ رشیدی ن؛ سعادت س و خادمی ز. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم. نشریه فنی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. 73 صفحه.
7. ملکوتی م ج؛ کشاورز پ و کریمیان ن ع. 1387.روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، 550 صفحه.
8. Alvarez, R., Alvarez, C.R., and Steinbach, H.S. 2002. Association between soil organic matter and wheat yield in Humid Pampa of Argentina. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33: 749–757
9. Aulakh, M.S., Rennie, D. A., and Paul, E.A. 1982. Gaseous nitrogen losses from cropped and summer fallowed soils. Canadian Journal of Soil Science. 62:187–195.
10. Benbi, D.K., and Chand, M. 2007. Quantifying the effect of soil organic matter on indigenous soil N supply and wheat productivity in semiarid subtropical India. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 79:103-112.
11. Cassman, K.G., Dobermann, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. Ambio: A Journal of the Human Environment 31: 132-140.
12. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. p. 891-901. In C.A. Black et al., (eds.) Methods of Soil Analysis. No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI.
13. Clifford, S. 2017. Enhanced nitrogen fertiliser technologies support the '4R' concept to optimise crop production and minimise environmental losses. Soil Research 55: 463-472.
14. Craswell, E.T., and Godwin, E.T. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. p. 1–55. In P.B. Tinker, A. Lauchli (eds.), Advances in Plant Nutrition, Volume 1. Praeger Publishers, New York.
15. Dobermann, A. 2005. Nitrogen use efficiency-state of the art. In "Proceedings of the International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers",Frankfurt,Germany.International Fertilizer Industry Association, Paris.
16. Dobermann, A. 2006. Nitrogen Use Efficiency in Cereal Systems. Proceedings of the 13th ASA Conference, 10-14 September, Perth, Western Australia.
17. Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management. p.1-28. In Fertilizer Best Management Practices. Proceedings of IFA International Workshop, 7-9 March. 2007. Brussels, Belgium.
18. Dobermann, A., and Cassman, K.G. 2002. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. Plant and Soil. 247: 153-175.
19. Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy. 88: 97-185.
20. FAO. 2005. Fertilizer use by crop in the Islamic Republic of Iran. First version, FAO Land and Plant Nutrition Management Service, Rome, Italy.
21. Gabarron-Galeote, M.A., Trigale, S., and van Wesemeal, B. 2015. Soil organic carbon evolution after land abandonment along a precipitation gradient in southern Spain. Agriculture, Ecosystems and Environment. 199:114-123.
22. Gan, Y., Malhi, S.S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., and Stevanson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of juncea Canola under diverse environments. Agronomy Journal. 100: 285-295.
23. Gee, G.H., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 1 Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph No. 9, Soil Science Society of America, Madison, WI.

24. Haile, D., Nigussie, D., and Ayana, A. 2012. Nitrogen use efficiency of bread wheat: Effects of nitrogen rate and time of application. Journal of soil science and plant nutrition. 12. 389-410.
25. Harper, L.A., Sharpe, R.R., Langdale, G.W., and Giddens, J. E. 1987. Nitrogen cycling in a wheat crop: soil, plant, and aerial nitrogen transport. Agronomy Journal. 79:965–973.
26. Heffer, P., Gruère, A. and Roberts, T. 2017. Assessment of Fertilizer Useby Crop at the Global Level 2014-2015, International Fertilizer Association (IFA) and International Plant Nutrition Institute (IPNI).
27. Keeney, D.R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. p. 605-649. In F.J. Stevenson (ed.) Nitrogen in agricultural soils. Agron. Monogr. N0.22. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
28. Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. Land Degradation and Development, 17:197-209.
29. Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J,. and Garnier, J. 2014. 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. Environmental Research Letters 9: 105011.1-9
30. Loeppert, R. H., and Sparks, D. L. 1996. Carbonate and gypsum. p. 437-474. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis, N0.5. Part 3. Chemical Methods, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
31. Mishima, S. 2001. Recent trend of nitrogen flow associated with agricultural production in Japan. Soil Science and Plant Nutrition. 47: 157-166.
32. Novoa, R., and Loomis, R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil. 58: 177-204.
33. Oelofse, M., Markussen, B., Knudsen, L., Schelde, K., Olesen, J. E., Jensen, L.S., and Bruun. S., 2015. Do soil organic carbon levels affect potential yields and nitrogen use efficiency? An analysis of winter wheat and spring barley field trials, European Journal of Agronomy. 66:62-73.
34. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2 Chemical and Biological Properties, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
35. Omara, P., Aula, L., Oyebiyi, F., and Raun, W. R. 2019. World Cereal Nitrogen Use Efficiency Trends: Review and Current Knowledge. Agrosystems, Geosciences and Environment. 2:1-8.
36. Pan, G., Smith, P., and Pan, W. 2009. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 129:344-348.
37. Raun, W.R., and Johnson, G.V. 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. Agron. J. 91:357-363.
38. Raun, W.R., Johnson, G.V., Mullen, R. W., Freeman, K. W., Thomason, W. E., and Lukina, E. V.2002. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. Agronomy Journal. 94:815–820
39. Semenov, M. A., Jamieson, P. D., and Martre, P. 2007. Deconvoluting nitrogen use efficiency in wheat: Asimulation study. European Journal Agronomy. 26: 283-294.
40. Sogbedji, J.M., van Es, H.M., Yang, C. L., Geohring, L.D., and Magdoff, F. R. 2000. Nitrate Leaching and Nitrogen Budget as Affected by Maize Nitrogen Rate and Soil Type. Journal of Environmental Quality. 29: 1813-1820
41. Suzuki, A. 1997. Fertilization of rice in Japan. Japan FAO Association, Tokyo, Japan. 111 p.

42. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37(1), 29-38.
43. Xie, W.X., Wang, G.H., Zhang, Q.C., and Guo, H.C. 2007. Effects of nitrogen fertilization strategies on nitrogen use efficiency in physiology, recovery, and agronomy and redistribution of dry matter accumulation and nitrogen accumulation in two typical rice cultivars in Zhejiang, China Journal of Zhejiang University. Science. B 8: 208–216.
44. Ye, Q., Zhang, H., Wei, H., Zhang, Y., Wang, B., Xia, K., Huo, Z., Dai, Q., and Xu, K. 2007. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions. Frontiers of Agriculture in China. 1: 30-36
45. Zhu, Z.L., and Wen, Q.X. 1992. Soil nitrogen in China. Jiangsu Science and Technology Press, Jiangsu. Pp. 228-231.

Effects of Soil Characteristics on Nitrogen Use Efficiency in Wheat Fields of Khorasan Razavi Province

P. Keshavarz[1] and M. Abbaszadeh

Associate Professo, Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran;
E-mail: P.Keshavarz@areeo.ac.ir
Plant Nutrition Supervisor, Jihad-e-Agriculture of Khorasan Razavi, Mashhad, Iran;
E-mail: mahdiabbaszadeh5@gmail.com

Received: April, 2019 and Accepted: February, 2020

Abstract

Nitrogen use efficiency (NUE) is a critically important indicator for judging the wise use of N fertilizer in crops. It can be affected by management factors or soil properties. This study was conducted to estimate NUE in wheat based on large scale fields (20 wheat farms) trials and determining the role of soil factors, in Khorasan Razavi province. Two levels of N as urea (0 and conventional) were applied in each of the fields. In the fields, grain yield (conventional) was divided into low yield population (LYP, GY< 5 Mg ha^{-1}) and high yield population (HYP, GY ≥ 5 Mg ha^{-1}) categories. Then, apparent recovery efficiency (ARE), physiological efficiency (PE), agronomic efficiency (AE) and Partial Factor Productivity (PFP) were calculated for N in both yield populations. The results showed that nitrogen efficiency indices in both yield populations were much lower than optimum level. However, AE (8.2 kg/kg), ARE (25%), and PFP (46 kg /kg) in the HYP were more than in the LYP, but there was no difference between PE in both yield populations. There was a significant correlation between AE and soil organic carbon ($r = -0.97$, $P < 0.01$, also ARE with soil organic carbon ($r = -0.82$, $P<0.05$) and soil clay content ($r = 0.68$, $P < 0.05$) for LYP in contrast to the HYP). While PFP exhibited positive correlation with soil organic carbon ($r = 0.86$, $P < 0.01$) and negative correlation with soil electrical conductivity ($r = -0.77$, $P < 0.05$) for LYP, this relationship was weaker with soil organic carbon in HYP. None of soil factors had a significant effect on PE. These results show that soil factors such as organic carbon, salinity, and clay content of soil had a decisive role in AE, ARE, and PFP in the LYP. In contrast, soil factors had no effect on nitrogen efficiency indices in the HYP (with the exception of the effect of soil organic carbon on PFP).

Keywords: Nitrogen agronomic efficiency, Apparent recovery efficiency, Physiological efficiency, Soil factors, Soil organic carbon

[1] Corresponding author: Department of Soil and Water, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Mashhad, 91735-488, Iran.