اثرمتقابل نوع کود نیتروژنی و شوری خاک بر فراریت نیتروژن از خاک

مصطفی بهبوئیه جوزم، مهدی کریمی[1] و امیر بستانی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهد؛ **mostafabehbouieh1371@gmail.com**

استادیارپژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛ **karimi_nsrc@yahoo.com**

دانشیار، دانشگاه شاهد؛ **bostani@shahed.ac.ir**

دریافت: **1400/7/21** و پذیرش: **1400/9/29**

چکیده

آبشویی و فراریت نیتروژن (خروج گاز آمونیاک از داخل خاک به اتمسفر) مهمترین راه‌های هدرروی کودهای نیتروژنی می‌باشد و موجب کاهش کارایی جذب کودهای نیتروژنی می‌شوند. تحقیق اخیر با هدف بررسی اثر متقابل پنج نوع کود نیتروژنی (سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم) و سه سطح شوری خاک (2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر) بر میزان فراریت روزانه و تجمعی نیتروژن در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. نتایج نشان داد که شوری و نوع کود نیتروژنی تأثیر معنی‌داری بر میزان فراریت روزانه و تجمعی نیتروژن دارند. نیتروژن فراریت شده از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم در شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل51%، 44%، 45%، 6% و 0/01% از نیتروژن خالص مصرفی بود. با افزایش شوری عصاره اشباع خاک میزان فراریت افزایش یافت. در شوری عصاره اشباع خاک 12 دسی‌زیمنس بر متر فراریت کل از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم به ترتیب معادل73/7%، 54%، 57%، 8% و 0/01% بود. به طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که کود نیترات پتاسیم کمترین میزان فراریت را داشت و پس از آن کودهای اوره با پوشش گوگردی، اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم قرار داشتند.بنا براین کود نیترات پتاسیم به عنوان کارآمدترین منبع کودنیتروژن توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: اوره، سولفات پتاسیم، هدرروی نیتروژن ، اوره با پوشش گوگردی

[1] نویسنده مسئول، آدرس: یزد، بلوار آزادگان (فرودگاه)، خیابان نهالستان، مرکز ملی تحقیقات شوری.

مقدمه

جهت جبران پایین بودن سطح حاصلخیزی خاک‌ها مصرف کودهای شیمیایی ضرورت دارد (بنایی و همکاران، 1383). بر اساس گزارشات موجود سالانه حدود 118 میلیون تن کودهای نیتروژنی در دنیا مصرف می شود (فائو، 2017). در ایران سالانه حدود 2/5 میلیون تن کودهای نیتروژنی (ملکوتی و همکاران، 1397) مصرف می‌گردد که مصرف آن روند افزایشی نیز دارد. نتایج تحقیقات اخیر (متشرع‌زاده، 2015) نیز موید روند افزایشی مصرف کودهای شیمیایی از سال 1980 تا 2010، همراه با نوسانات جزئی سالیانه، در ایران می‌باشد. متاسفانه شواهدی وجود دارد که کارایی مصرف کودهای نیتروژنی در برخی از مزارع ایران پایین می‌باشد. به عنوان مثال کریمی زارچی (1394) نشان داد که کارایی جذب کودهای نیتروژنی از نوع اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم در اکثر مزارع گندم استان یزد کمتر از 20 درصد می‌باشد. به عبارت دیگر 80 درصد از کودهای نیتروژنی مصرفی مورد استفاده گیاه قرار نگرفته و موجب آلودگی منابع آب و خاک می‌گردد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف کود نیتروژنی در نیمی از مزارع مورد مطالعه نتوانست موجب افزایش عملکرد گندم گردد. این واقعیت تلخ بیانگر تحمیل هزینه های اضافی برای کشاورزان و احتمال آلودگی محیط زیست می باشد.

از جمله عواملی که می‌تواند در پایین بودن کارایی جذب کودهای نیتروژنی مؤثر باشد فراریت نیتروژن از سطح خاک است (سونگ و همکاران، 2004). نتایج تحقیقات مزرعه‌ای در چین (پاچولسکی و همکاران، 2006) نشان داد که بیش از 45 درصد از کود اوره مصرفی در مزرعه بصورت گاز امونیاک از درسترس گیاه خارج می‌گردد. لازم به ذکر است که هدرروی نیتروژن از طریق فراریت ممکن است تا 80 درصد از کود مصرفی را شامل شود (پاچولسکی، 2006). لذا بررسی نقش فراریت نیتروژن به عنوان یکی از روش‌های هدرروی نیتروژن و بررسی عوامل مؤثر بر آن و ارائه راهکارهای مربوطه می‌تواند موجب افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنی گردد (توفیق، 2005). عوامل زیادی بر میزان فراریت نیتروژن از کودهای مصرفی تأثیرگذار می‌باشد (فونتورا و بایر، 2010). نوع کود نیتروژنی، اسیدیته خاک و دما مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان فراریت نیتروژن محسوب می‌شوند (هی و همکاران، 1999). به طورکلی با افزایش pH خاک و دما میزان فراریت نیتروژن افزایش می‌یابد (پن و همکاران، 2016) لذا انتظار می‌رود میزان فراریت نیتروژن از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک نظیر خاک‌های ایران که عموما آهکی هستند زیاد باشد. البته کاهش فراریت نیتروژن از مزارع با انجام اقدامات اصلاحی بر روی خاک یا کودهای شیمیایی امکان‌پذیر است. به عنوان مثال، نتایج تحقیقات کریمی‌زارچی و همکاران (2015) نشان داد که مصرف گوگرد عنصری موجب کاهش pH خاک و در نتیجه کاهش میزان فراریت نیتروژن از 80 به 30 درصد از کل اوره مصرفی گردید. سلوارج و همکاران (2020) نشان دادند که مخلوط کردن کود اوره با بیوچار حاصل از بقایای پوست برنج موجب کاهش فراریت نیتروژن در شرایط غرقابی شده‌است. نتایج تحقیقات مزرعه‌ای احمد و همکاران (2018) نشان داد که اسیدیته خاک تأثیر معنی‌داری بر میزان فراریت نیتروژن دارد و با کاهش pH خاک از 8/02 به 7/96 میزان فراریت نیتروژن از 29/9 به 18/4 درصد از کل نیتروژن مصرفی کاهش یافت. همچنین مصرف ان‌تیوفسفریک تری‌آمید همراه با کود اوره موجب کاهش فراریت نیتروژن به میزان 80 درصد گردید (احمد و همکاران، 2018).

تنش شوری یکی از عوامل جهانی تهدید کننده بخش کشاورزی است (بوچر و همکاران، 2016: بنایی و همکاران، 1383) و پیش بینی‌ها حاکی از این واقعیت تلخ است که در سال 2050 حدود 50 درصد از اراضی قابل کشت دنیا تحت تأثیر تنش شوری قرار خواهند گرفت (قدیر و همکاران، 2014: رضوانی‌مقدم و کوچکی، 2001). در ایران، بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت که

حدود 27 میلیون هکتار را شامل می‌شود متأثر از تنش شوری می‌باشد (رضوانی‌مقدم و کوچکی، 2001).
با توجه به موارد فوق الذکر مشخص می‌شود که دو عامل تنش شوری و فراریت نیتروژن از جمله عوامل مؤثر در فعالیت‌های بخش کشاورزی هستند. با توجه به اینکه مطالعات مربوط به فراریت نیتروژن در ایران بسیار محدود بوده و گزارشی توسط نگارندگان ملاحظه نگردید، این تحقیق با هدف بررسی اثر شوری و نوع کود نیتروژنی بر میزان فراریت نیتروژن طراحی و با همکاری دانشگاه شاهد در مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع کود نیتروژنی و شوری عصاره اشباع خاک بر میزان هدرروی نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک فراریت کرده در شرایط آزمایشگاهی در مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. در مرحله اول نسبت به ساخت دستگاه اندازه‌گیری فراریت نیتروژن اقدام شد. دستگاه اندازه گیری فراریت نیتروژن بر اساس روش پیشنهادی فن و همکاران (1973 و 1974) ساخته شد. هر واحد آزمایشی شامل یک پمپ آکواریوم جهت تولید شبانه‌روزی باد، واحد مرطوب کننده به منظور جلوگیری از کاهش سریع رطوبت خاک، اتاقک فراریت نیتروژن (شامل خاک و کود) و واحد جمع آوری گاز آمونیاک می باشد. بدین صورت که ابتدا هوای تولید شده توسط پمپ آکواریوم به‌وسیله یک لوله استیل به واحد مرطوب کننده منتقل می‌شود. سپس هوای مرطوب شده بوسیله یک لوله استیل دیگر وارد اتاقک فراریت نیتروژن می‌شود. درنهایت آمونیاک فراریت کرده در واحد جمع‌آوری گاز آمونیاک جمع آوری و با استفاده از اسید کلریدریک 0/01 نرمال تیتر و محاسبه شد (جونز و جاکوبسین، 2005). خاک مورد مطالعه از مزرعه تحقیقات شوری صدوق واقع در شهرستان اشکذر – منطقه حسین آباد تهیه (کریمی، 1398) شد. جهت حصول شوری عصاره اشباع خاک‌های کمتر، نزدیک و بیشتر از حد آستانه تحمل به شوری گندم، مقداری از خاک مورد مطالعه در گلدان‌های پلاستیکی دارای زهکش قرار داده شد و با آب_های با هدایت الکتریکی 2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به مدت حدود دو ماه و هر هفته حداقل سه نوبت آبشویی گردید. در این فاصله زمانی، حداقل هفت نوبت نسبت به تهیه نمونه خاک و تعیین شوری عصاره اشباع خاک اقدام شد. پس از حصول تعادل هدایت الکتریکی آب آبیاری با شوری عصاره اشباع خاک (چراغی و کریمی، 1395)، خاک_ها خشک و جهت آزمایش نگهداری گردید. خصوصیات خاک مانند قابلیت هدایت الکتریکی (آزمایشگاه خاک آمریکا، 1954)، بافت خاک به روش هیدرومتر (بیوکوس، 1962) اسیدیته در گل اشباع، کربن آلی به روش والکلی بلاک (پیج، 1982)، فسفر قابل‌جذب به روش آبی آسکوربیک (پیج، 1982) و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد.

تیمارهای این تحقیق شامل سه سطح شوری عصاره اشباع خاک (2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر) و پنج نوع کود نیتروژنی (اوره، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، نیترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی) بودند که در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا شد. درصد نیتروژن در کودهای اوره، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، نیترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی به ترتیب معادل 46، 21، 21، 13 و 35 درصد بود. کود اوره از شرکت پتروشیمی شیراز و سایر کودها از شرکت خدمات حمایتی کشاورزی تأمین گردید. میزان گوگرد در کود سولفات آمونیوم معادل 24 درصد، میزان پتاسیم در کود نیترات پتاسیم معادل 46 درصد و میزان گوکرد در کود اوره با پوشش گوگردی 15 درصد بود. میزان فراریت روزانه نیتروژن با جمع آوری روزانه آمونیاک فراریت کرده در اسید بوریک 2 درصد اندازه گیری شد. فراریت تجمعی نیتروزن از جمع روزانه گاز آمونیاک فراریت کرده محاسبه گردید. به منظور ثابت نگه داشتن رطوبت خاک، نسبت به توزین تیمارها اقدام و کاهش وزن با افزودن آب مقطر جبران گردید. رطوبت خاک در طول تحقیق در حد شصت درصد ظرفیت زراعی

تنظیم گردید. هر اتاقک فراریت نیتروژن حاوی 150 گرم خاک مرطوب بود. مقدار نیتروژن خالص اضافه شده به سطح خاک هر تیمار مشابه و معادل 380 میلی گرم بود (کریمی‌زارچی و همکاران، 2015). داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و در قالب آماری طرح کاملا تصادفی تجزیه تحلیل گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری 5 درصد مقایسه گردید.

نتایج

نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه پیش از عملیت آبشویی در جدول 1 نشان داده شده است. خاک مورد مطالعه خاکی است آهکی با 23/3 درصد آهک و بافت لوم رسی شنی. خاک مورد مطالعه حاوی 0/8 درصد ماده آلی است که از نظر حاصلخیزی، جز خاک‌های فقیر محسوب می‌شود (مشیری و همکاران، 2014). pH خاک مورد مطالعه بازی است (7/6) و انتظار می رود فراریت نیتروژن از این خاک زیاد باشد (پاچلسکی و همکاران، 2006). برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه پس از اعمال آبشویی نیز در جدول 2 گزارش شده‌است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

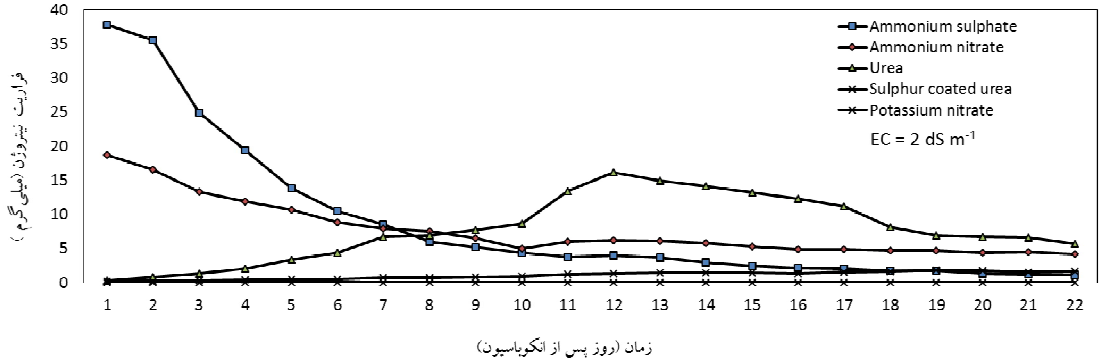
شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	$CaCO_3$ (%)	ECe (dSm^{-1})	pH	mg kg^{-1}					
								فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
52	20/4	27/6	0/51	0/04	31/50	7/5	7/6	33/6	313/3	3/80	3/18	0/34	0/62

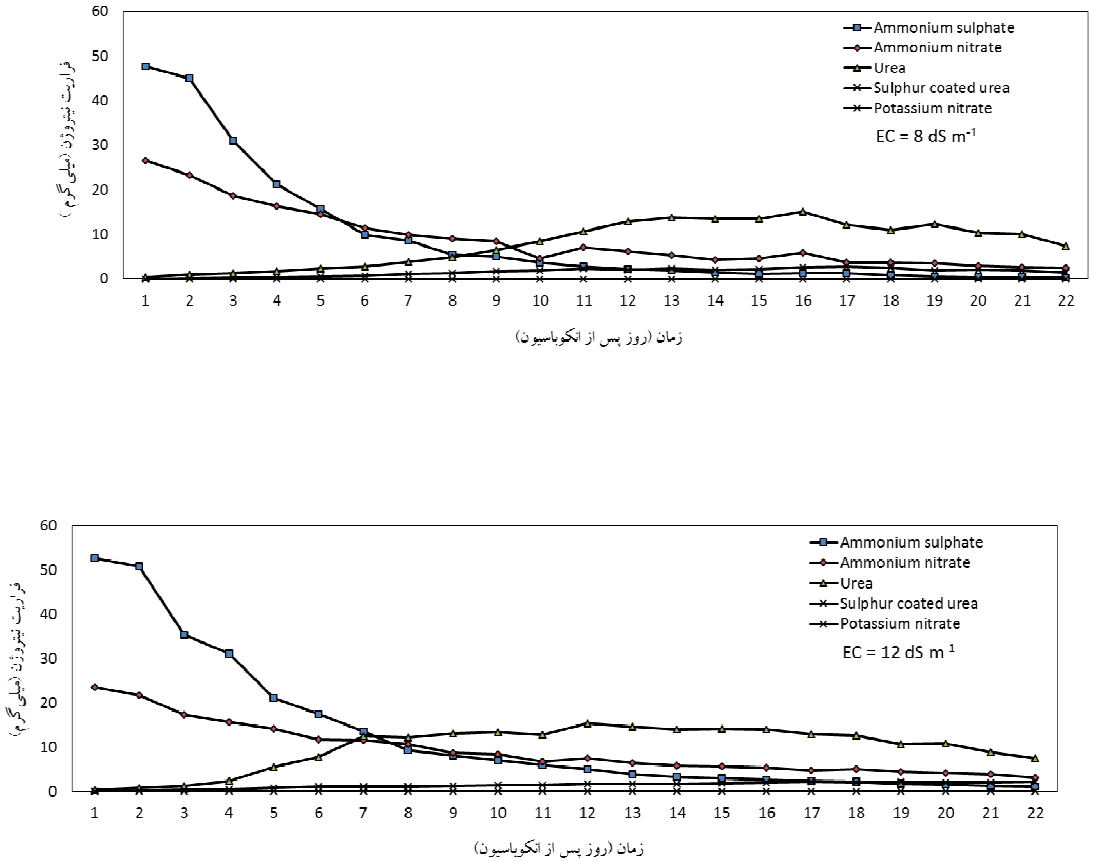
جدول 2- خصوصیات شیمیایی خاک پس از آبشویی.

ECe (dSm^{-1})	pH	SAR	Na^{+}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	SO_4^{-2}	Cl^{-}	HCO^{-3}	CO_3^{-2}
2	8/5	11/64	16/88	2/88	1/56	9/87	6/25	5/25	0
8	7/81	19/4	70	15/2	11/2	33/12	60	4/25	0
12	7/65	17/12	92/5	29/6	30	79/31	71/25	2/75	0

اثر نوع کود نیتروژنی بر فراریت روزانه نیتروژن

شکل 1 الگوی تعصید روزانه نیتروژن از پنج نوع کود نیتروژنی (سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم) و از خاک با شوری‌های عصاره اشباع متفاوت را نشان می‌دهد. همانطور که از این شکل‌ها مشخص است الگوی





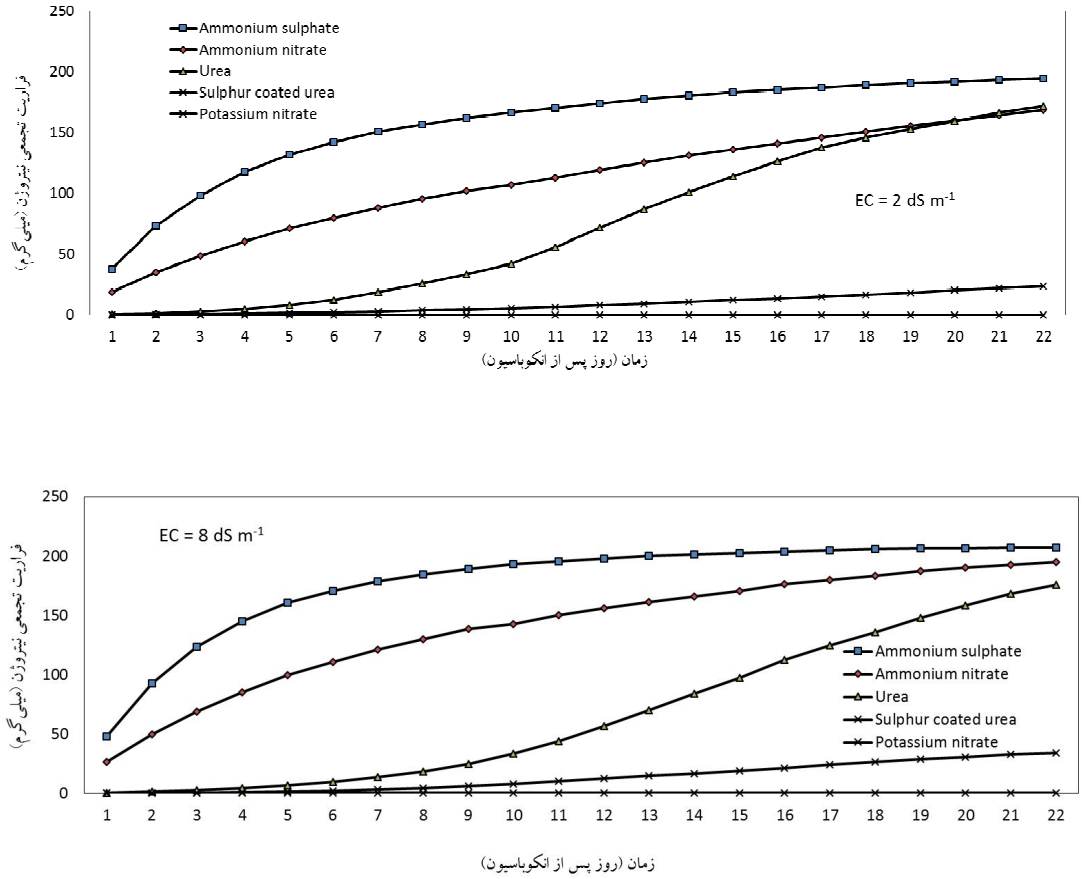
شکل 1- فراریت روزانه نیتروژن از پنج نوع کود نیتروژنی از سطح خاک آهکی با هدایت الکتریکی 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر.

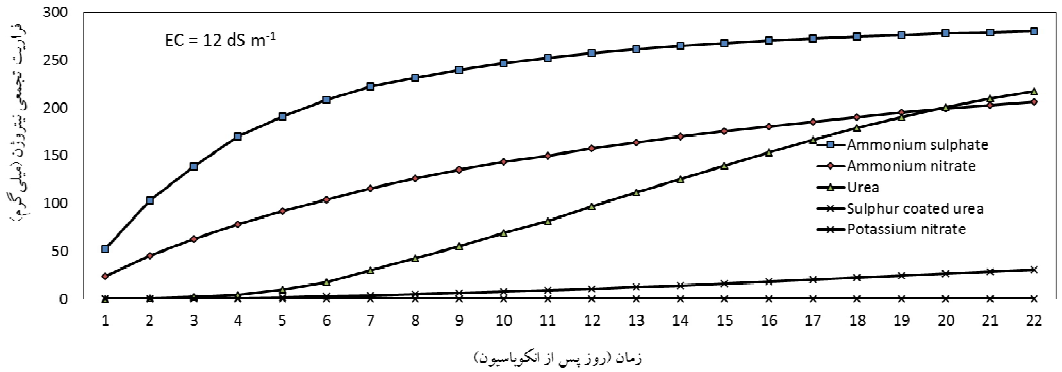
فراریت روزانه نیتروژن در شوری‌های مختلف عصاره اشباع خاک مشابه بود اما به نوع کود بستگی داشت. میزان فراریت روزانه نیتروژن در مورد کودهای سولفات و نیترات آمونیوم و در کلیه سطوح شوری خاک در اولین روز انکوباسیون حداکثر میزان بود و با گذشت زمان کاهش یافت. این میزان فراریت روزانه در مورد خاک با شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب 37/8 و 18/67 میلی گرم نیتروژن خالص بود. حداقل فراریت روزانه در مورد سولفات و نیترات آمونیوم در آخرین روز آزمایش (روز بیست و دوم) مشاهده شد و مقدار آن در خاک با شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل 1/175 و 4/17 میلی‌گرم بود. برخلاف کودهای سولفات و نیترات آمونیوم، فراریت روزانه نیتروژن در مورد کودهای اوره و اوره با پوشش گوگردی و در هر سه سطح شوری خاک و در ابتدای انکوباسیون پایین بود و با گذشت زمان از روند افزایشی برخوردار شد و پس از رسیدن به حداکثر میزان، روند کاهشی خود را شروع و تا آخرین روز تحقیق ادامه یافت. پایین بودن میزان فراریت از کود اوره و اوره با پوشش گوگردی در روزهای ابتدایی انکوباسیون به دلیل زمان‌بر بودن هیدرولیز کود اوره و تبدیل آن به یون آمونیوم به عنوان منبع تولید گاز آمونیاک است (فیشر و همکاران، 2016). این مشاهده با مشاهدات سایر محققین(ویرو و همکاران، 2018) هماهنگ می‌باشد. به عنوان مثال جونز و جاکوبسین (2005) گزارش کردند که

بیشترین فراریت نیتروژن از کود اوره و کودهای مایعی که از اوره ساخته می‌شوند عموما 2 تا 3 هفته پس‌از مصرف کود صورت می‌گیرد. نکته قابل تامل اینکه در طول دوره انکوباسیون و در کلیه سطوح شوری خاک مورد مطالعه، نیتروژنی از کود نیترات پتاسیم فراریت نکرد.

اثر نوع کود نیتروژنی بر فراریت تجمعی نیتروژن

شکل 2 الگوی فراریت تجمعی نیتروژن از کودهای شیمیایی نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم را در یک خاک آهکی با سه سطح شوری عصاره اشباع خاک (2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر) را نشان می دهد. همانطور که از این شکل مشخص است الگوی فراریت تجمعی نیتروژن در شوری‌های مختلف عصاره اشباع خاک مشابه بود. لیکن الگوی فراریت تجمعی در مورد کودهای مختلفت متفاوت بود. به عنوان مثال فراریت نیتروژن از کود نیترات پتاسیم اتفاق نیافتاد اما فراریت تجمعی در مورد کود سولفات آمونیوم تا هجدهمین روز انکوباسیون ادامه یافت و سپس به میزان ثابت رسید. روند افزایشی فراریت تجمعی در مورد سایر کودها شامل اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم تا اخرین روز تحقیق ادامه یافت. در راستای تایید این مشاهده، روند مشابهی از فراریت تجمعی نیتروژن از کود اوره و از یک خاک از منطقه حاره با pH معادل 7/3 توسط سایر محققین (جونز و جاکوبسین، 2005) گزارش شد. لیکن روند فراریت تجمعی اوره با پوشش گوگردی گزارش شده (جونز و جاکوبسین، 2005) با مشاهده شده در شرایط این تحقیق مشابه نبود. علت این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت‌های خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه و یا کیفیت کودهای اوره با پوشش گوگردی مورد استفاده باشد. لازم به ذکر است که روند فراریت تجمعی نیتروژن از کودهای نیترات و سولفات آمونیوم مشاهده شده با نتایج تحقیقات هی و همکاران (1999) هماهنگ می‌باشد.





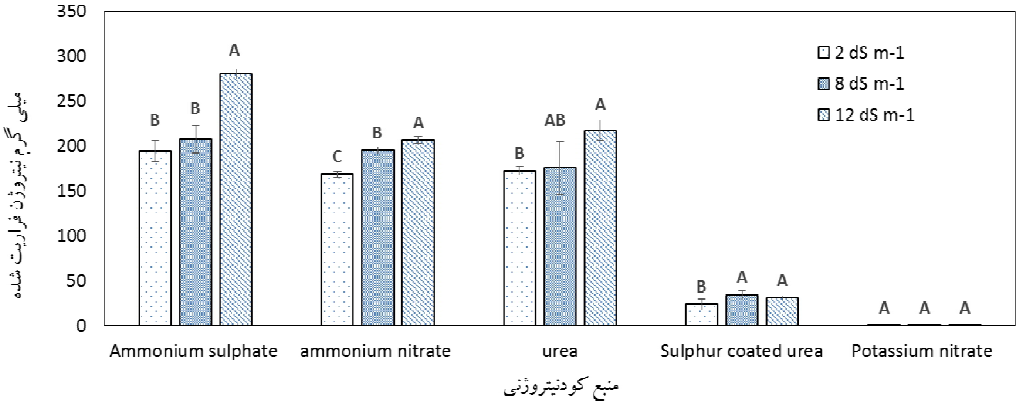
شکل 2- فرایت تجمعی نیتروژن (به صورت گاز آمونیاک و برحسب میلی‌گرم نیتروژن خالص) از پنج نوع کود نیتروژنی و از سطح یک خاک آهکی با هدایت الکتریکی 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر.

اثر متقابل شوری و نوع کود نیتروژنی بر کل نیتروژن فراریت کرده

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری، نوع کود نیتروژنی و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر کل نیتروژن فراریت کرده، بیشترین سرعت فراریت روزانه و زمان حداکثر فراریت روزانه دارد (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها (شکل 3) نشان داد که تنش شوری تأثیری بر میزان فراریت نیتروژن از کود نیترات پتاسیم نداشت و در تمام سطوح شوری خاک مورد مطالعه میزان فراریت از این کود کمتر از 0/06 میلی گرم نیتروژن خالص بود. دلیل این مشاهده فرم نیتروژن در کود نیترات پتاسیم می‌باشد. زیرا خروج گاز آمونیاک از خاک به اتمسفر تنها با حضور یون آمونیوم میسر می‌باشد (کریمی‌زارچی و همکاران، 2015). با افزایش شوری خاک میزان فراریت کل نیتروژن از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و اوره افزایش یافت. به عنوان مثال کل نیتروژن فراریت کرده از کود سولفات آمونیوم در خاک با شوری 2 دسی زیمنس بر متر معادل 194/34 میلی گرم نیتروژن خالص بود و با افزایش شوری‌های خاک به 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به 207/3 و 280/12 میلی گرم نیتروژن خالص افزایش یافت. به عبارت دیگر 51 درصد از کود سولفات آمونیوم مصرفی در خاک با هدایت الکتریکی 2 دسی‌زیمنس بر متر بصورت گاز آمونیاک از خاک خارج شد و هدر رفت. این موضوع موجب آلودگی هوا و کاهش کارایی جذب کود می‌گردد. همچنین با افزایش شوری خاک به 8 و 12 دسی زیمنس بر متر، میزان فراریت به ترتیب به 54/47 و 73/7 درصد افزایش یافت. این مشاهده با نتایج تحقیقات اقبال و همکاران (1998) هماهنگ بود. این محققین نیز تأثیر مثبت شوری بر فراریت نیتروژن از کود اوره را گزارش نمودند. لازم به ذکر است که شوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار کل نیتروژن فراریت کرده از کود اوره با پوشش گوگردی نداشت و در خاک‌های با شوری عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل 23/49، 33/89 و 30/6 میلی گرم نیتروژن خالص بود. این مقادیر معادل 6/1، 8/9 و 8 درصد از کل نیتروژن خالص مصرفی را شامل می‌شود.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع کود و سطوح مختلف شوری بر کل نیتروژن فراریت شده، بیشترین مقدار فراریت روزانه و زمان بروز بیشترین فراریت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کل نیتروژن فراریت کرده	بیشترین فراریت روزانه	زمان حداکثر فراریت
شوری	2	4060/32**	36/09**	8/49**
نوع کود	5	102309/15**	2996/93**	538/29**
شوری× نوع کود	10	10092/16**	69/03**	1/56**
خطا	34	266/29	4/82	2/47
ضریب تغییرات		15/42	14/91	27/42



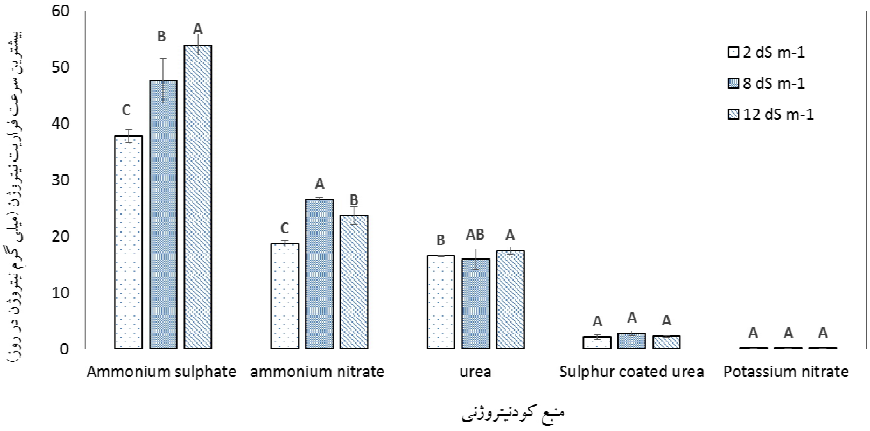
شکل 3- اثر متقابل سطوح مختلف شوری خاک و نوع کود بر میزان فراریت تجمعی نیتروژن از سطح خاک. خطوط عمودی روی میانگین‌ها مقدار خطای استاندارد می‌باشد.

بر اساس شکل 3 بیشترین میزان فراریت نیتروژن در کلیه سطوح شوری خاک مربوط به کود سولفات آمونیوم بود. پس از آن کودهای نیترات آمونیوم، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم قرار دارند. این مشاهده با نتایج هی و همکاران (8) هماهنگ بود. نتایج این محققین که اثر کودهای اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم بر میزان فراریت نیتروژن در شرایط غیرشور را بررسی کرد نشان داد که بیشترین فراریت از کود سولفات آمونیوم بود. سپس کودهای اوره و نیترات آمونیوم بیشترین فراریت را داشتند. پن و همکاران (2016) نیز فراریت حدود 64 درصدی نیتروژن بصورت گاز آمونیاک در سطح بین‌المللی را گزارش کردند و به این نکته تأکید کردند که یکی از راهکارهای کاهش فراریت نیتروژن تغییر نوع کود نیتروژنی می‌باشد. اثر نوع کود نیتروژنی بر میزان فراریت نیتروژن توسط سایر محققین نظیر ویرو و همکاران (ویتهد و رایستریک، 1990) نیز گزارش شده است. نتایج تحقیقات مسعودی و همکاران (2017) نشان داد که بیشترین فراریت نیتروژن مربوط به کود اوره بود و به ترتیب در کودهای سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار کل آمونیات فراریت کرده گزارش شده در این تحقیق معادل 4 میلی‌گرم در هر واحد آزمایشی بود که بسیار کمتر از میزان مشاهده شده در

تحقیق حاضر و سایر محققین (پاچولسکی و همکاران، 2006) می‌باشد. به نظر می‌رسد کمتر بودن میزان فراریت به دلیل تفاوت در نحوه انجام آزمایش (استفاده از محلول کودی به جای کود جامد، نگهداشت رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، می‌باشد. اگرچه فراریت کم نیتروژن توسط برخی از محققین (ناسیمنتو و همکاران، 2017) گزارش شده است اما خاک مورد مطالعه در این تحقیق اسیدی و کمتر از 5 بود. تأثیر نوع کود نیتروژنی بر میزان فراریت توسط شان و همکاران (2015) گزارش شده است. این محققین پوشش‌دار کردن کود اوره را یکی از راهکارهای کاهش میزان فراریت معرفی کرده‌اند.

اثر شوری عصاره اشباع خاک بر حداکثر سرعت فراریت روزانه نیتروژن از پنج نوع کود نیتروژنی

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری عصاره اشباع خاک تأثیر معنی‌داری بر حداکثر سرعت فراریت روزانه از کودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات پتاسیم نداشت (شکل 4). اما با افزایش شوری عصاره اشباع خاک حداکثر سرعت فراریت روزانه از کودهای سولفات و نیترات آمونیوم افزایش یافت. حداکثر سرعت فراریت روزانه از کود سولفات آمونیوم در شوری عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل 37/8، 47/65 و 52/675 میلی‌گرم نیتروژن خالص در روز بود. در مورد کود نیترات آمونیوم، حداکثر سرعت فراریت روزانه از 18/67 میلی‌گرم نیتروژن در روز در شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی‌زیمنس بر متر به 26/54 و 23/63 میلی‌گرم نیتروژن خالص در روز به ترتیب در شوری عصاره اشباع خاک 8 و 12 دسی زیمنس بر متر افزایش یافت.

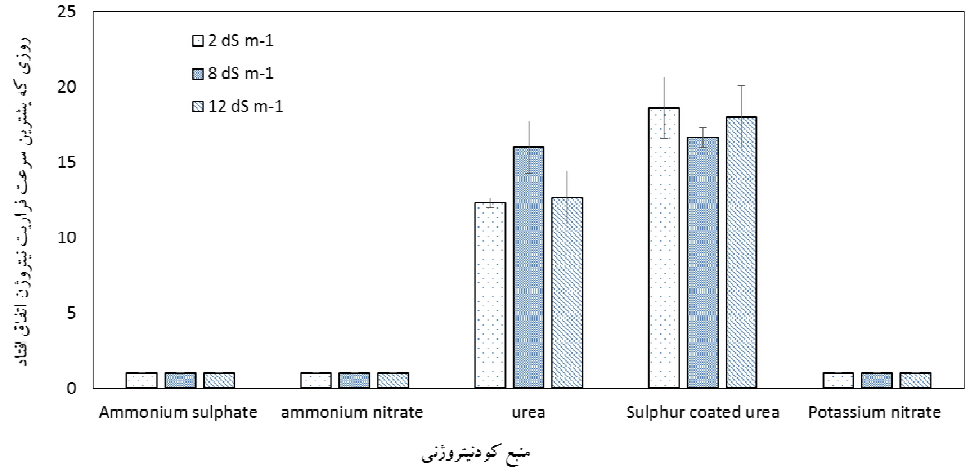


شکل4- اثر متقابل تنش شوی و نوع کود نیتروژنی بر حداکثر سرعت فراریت روزانه نیتروژن (میلی‌گرم نیتروژن خالص در روز). خطوط عمودی روی میانگین‌ها مقدار خطای استاندارد می‌باشد.

اثر شوری عصاره اشباع خاک و نوع کود نیتروژنی بر زمان حداکثر سرعت فراریت روزانه نیتروژن

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر زمانی که حداکثر فراریت رخ می‌دهد ندارد (شکل 5). اما زمان رسیدن به حداکثر فراریت به نوع کود بستگی دارد. برای مثال زمان رسیدن به حداکثر فراریت در مورد کودهای سولفات و نیترات آمونیوم در هر سه سطح شوری عصاره اشباع خاک ۲،۸ و 12 دسی زیمنس بر متر، اولین روز انکوباسیون بود. حداکثر فراریت برای کود اوره

در دو سطح شوری عصاره اشباع خاک 2 و 12 دسی زیمنس بر متر در روز دوازدهم و برای شوری عصاره اشباع خاک 8 دسی زیمنس بر متر در روز شانزدهم بود. این در حالی است که نتایج تحقیقات کریمی‌زارچی و همکاران (2015) نشان داد که زمان رسیدن به حداکثر فراریت روزانه برای کود اوره و اوره با پوشش گوگردی در یک خاک با pH بالا مشابه و 4 روز پس از انکوباسیون اتفاق افتاد. حداکثر فراریت نیتروژن از کود اوره با پوشش گوگردی و در مورد شوری‌های عصاره اشباع خاک 2، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب در روزهای نوزدهم، هفدهم و بیست و دوم انکوباسیون رخ داد. هرچند مقدار فراریت نیتروژن در مورد کود نیترات پتاسیم بسیار کم بود لیکن بیشترین مقدار فراریت نیتروژن برای این کود و در شوری عصاره اشباع خاک 2 دسی زیمنس بر متر در روز اول، در شوری عصاره اشباع خاک 8 و 12 دسی زیمنس بر متر در روزهای نهم و دهم انکوباسیون رخ داد.



شکل 5- اثر متقابل تنش شوری و نوع کود نیتروژنی بر زمان حداکثر سرعت فراریت نیتروژن (روز پس از انکوباسیون). خطوط عمودی روی میانگین‌ها مقدار خطای استاندارد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش ثابت کرد که با افزایش شوری، نیتروژن فراریت شده از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و اوره افزایش یافت اما تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر فراریت نیتروژن از کودهای نیترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی نداشت. در مجموع، کودهای نیترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی به عنوان کودهای با پتانسیل کم فراریت شناخته شدند. میزان فراریت نیتروژن از کود نیترات پتاسیم در هیچیک از سطوح شوری بیشتر از 0/07 میلی گرم نیتروژن خالص (0/01 درصد از کل نیتروژن مصرفی) نگردید و به عنوان مناسب ترین کود از نظر حداقل فراریت انتخاب گردید. پس از کود نیترات پتاسیم، کود اوره با پوشش گوگردی کمترین پتانسیل فراریت (بین 6 تا 9 درصد) را داشت. کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و اوره به عنوان کودهای با پتانسیل بالای فراریت طبقه بندی می‌شوند. بیشترین میزان فراریت از کود سولفات آمونیوم رخ داد و بسته به شدت شوری خاک بین 54/55 الی 73/71 درصد متغیر بود. پس از این کود، کودهای اوره و نیترات آمونیوم به ترتیب با پتانسیل فراریت 45 الی 57 درصد و 44 الی 54 درصد قرار دارند. لذا، جهت رعایت مسائل اقتصادی و با توجه به تصعید پایین و نیاز گیاهان در ابتدای فصل می‌توان از کودهای اوره با پوشش گوگردی و در طول فصل رشد گیاه خصوصا در مرحله رسیدگی میوه و در

شرایطی که مصرف کود پتاسه نیز ضرورت دارد می‌توان از کودهای نیترات پتاسیم استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کلیه همکاران مرکز ملی تحقیقات شوری، دانشگاه شاهد و بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد که در اجرای این تحقیق کمک نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین بخش عمده‌ای از هزینه‌های اجرای این پایان‌نامه توسط سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مرکز ملی تحقیقات شوری پرداخت شده‌است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع:

1. بنایی، م.ح.، ع.، مومنی، م.، بای‌بوردی، و م.ج. ملکوتی. 1383. خاک‌های ایران. انتشارات سنا.
2. چراغی، س.ع.م. و م. کریمی. 1395. تبیین رابطه شوری آب آبیاری و شوری خاک. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. 3(1): 1-8.
3. کریمی، م. 1398. پاسخ گندم رقم بم به اثرات متقابل شوری آب آبیاری و سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، 12(1): 249-239.
4. کریمی زارچی، م. 1394. راهمای مصرف کودهای نیتروژنی برای تولید گندم. انتشارات صحراشرق. ایران.
5. ملکوتی، م.ج. 1397. نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم. نشر مبلغان. ایران.
6. Ahmed, M., Yu, W., Le, M., Raza, S., Zhou, J., 2018. Mitigation of ammonia volatilization with application of urease and nitrification inhibitors from summer maize at the Loess Plateau. Plant Soil Environment, 64(4):164-172.
7. Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. Agronomy Journal, 54: 406-465.
8. Butcher, K., Wick, A.F., Desutter, T., Chatterjee, A. and Harmon, J. 2016. Soil Salinity: A Threat to Global Food Security. Agronomy Journal, 108:2189–2200.
9. F.A.O., 2017. World fertilizer trends and outlook to 2020. https://www.fao.org/3/i6895e/i6895e.pdf
10. Fenn, L.B. and Kissel, D.E., 1973. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils: I. General theory. Soil Science Society of America Journal, 37(6): 855-859.
11. Fisher, K.A., Meisinger, J.J., and James, B.R., 2016. Urea Hydrolysis Rate in Soil Toposequences as Influenced by pH, Carbon, Nitrogen, and Soluble Metals. Journal of Environmental Quality. 45, 349–359.
12. Fenn, L.B., and Kissel, D.E., 1974. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils: II. Effects of temperature and rate of ammonium nitrogen application. Soil Science Society of America Journal, 38(4): 606-610.
13. Fontoura, S.M.V. and Bayer, C., 2010. Ammonia volatilization in no-till system in the south-central region of the state of Paraná, Brazil. R. Bras. Ci. Solo, 34:1677-1684.
14. He, Z., Kumar, A.A., Calvert, D.D. and Banks, D.J., 1999. Ammonia volatilization from different fertilizer sources and effects of temperature and soil pH. Soil Science, 164(10): 750-758.
15. Iqbal, Z. F. Hussain and M. H. Naqvi, 1998. Ammonia Volatilization from Urea Applied to Salt-affected Soils under Flooded and Non-flooded Conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 1: 372-375.
16. Jones, C. and Jacobsen, J. 2005. Nitrogen cycling, testing and fertilizer recommendations. Montana State Univerisity Extention Service.

17. Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M.Y. and Radziah, O., 2015. Elemental sulphur effects on nitrogen loss in Malaysian high pH Bintang Series soil. Malaysian Journal of Soil Science. 19: 83-94.
18. Mansouri, T., Golchin, A. and Rezaei, Z., 2017. Effect of Source and Amount of Nitrogen, the Amount of Calcium Carbonate of Soil and Different Amounts of Alfalfa Residue on Nitrogen Losses as Ammonia. Journal of water and soil. 31(1), 286-301.
19. Moshiri, F., Shahabi, A.A., Keshavarz, P., Khoogar, Z., Feiziasl, V., Tehrani, M.M., Asadirahmani, H., Samavat, S., Qeibi, M.N., Sadri, M.H., Rashidi, N., Khademi, Z., 2014. Guidelines for Integrated Soil Fertility and Plant Nutrition Management of Wheat. Sana Press, Tehran. [In Persian].
20. Motesharezadeh, B., Vatanara; F., and Savaghebi, G.R., 2015. Effect of Potassium and Zinc on Some Responses of Wheat (Triticum aestivum L.) under Salinity Stress. Iranian Journal of Soil Research, 29: 243-381. [In Persian].
21. Nascimento, C. A. C. D., Vitti, G. C., Faria, L. D. A., Luz, P. H. C., and Mendes, F. L., 2013. Ammonia volatilization from coated urea forms. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37(4), 1057-1063.
22. Pacholski, A., Cai, G. , Nieder, R., Richter, J., Fan, X., Zhu, Z., and Roelcke, M., 2006. Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field – comparative measurements in Henan Province, China. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 74: 259-273. doi: 10.1007/s10705-006-9003-4.
23. Page, A.L., 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America,
24. Pan, B., Lam, S.K., Mosier, A., Luo, Y., Chen, D., 2016. Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. Agriculture, Ecosystems and Environment, 232: 283–289.
25. Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Dreschel, P., and Noble, A.D., 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. Natural Resource Forum, 38: 282–295.
26. Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects–Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
27. Selvarajh, G., Ch'ng, H.Y., and Norhafizah, M.Z. 2020. Effects of rice husk biochar in minimizing ammonia volatilization from urea fertilizer applied under waterlogged condition. AIMS Agriculture and Food, 6(1): 159–171.
28. Shan, L., He, Y., Chen, J., Huang, Q., & Wang, H. 2015. Ammonia volatilization from a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China. Journal of Environmental Sciences, 38: 14-23.
29. Song Y.S., Fan X.H., Lin D.X., Yang L.Z. and Zhao J.M., 2004. Ammonia volatilization from paddy fields in the taihu lake region and its influencing factors. Acta Pedology Sinica, 41:265-269.
30. Toufiq M., 2005. Measurement of ammonia emission following surface application of urea fertilizer from paddy fields. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8:429-432.
31. U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington. DC. USDA Handbook No. 60.
32. Whitehead, D. C., and Raistrick, N. 1990. Ammonia volatilization from five nitrogen compounds used as fertilizers following surface application to soils. European Journal of Soil Science, 41(3): 387-394.
33. Viero, F., Bayer, C., Mara, S., Fontoura, V., and Paulo, R., 2014. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers in no till wheat and maize in southern Brazil. R. Bras. Ci. Solo, 38:1515-1525.

Interaction Effects of Nitrogen Fertilizer Sources and Soil Salinity on Ammonia Volatilization

M. Behbouiehjozam, M. Karimi[1], and A. Bostani

MSc Student, University of Shahed, Tehran, Iran; E-mail: mostafabehbouieh1371@gmail.com
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran; E-mail: karimi_nsrc@yahoo.com
Associate Professor, University of Shahed, Tehran, Iran; E-mail: bostani@shahed.ac.ir

Received: October, 2021, and Accepted: December, 2021

Abstract

Leaching and ammonia volatilization are known as the main pathways of nitrogen loss as well as the cause of low nitrogen use efficiency. The present study aimed to study the interaction of five nitrogen fertilizer sources (ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, sulfur coated urea and potassium nitrate) and three soil salinity levels (EC_e = 2, 8, and 12 dS/m) on daily as well as cumulative ammonia volatilization. The results showed that salinity and nitrogen fertilizer sources had significant effect on cumulative and daily ammonia volatilization rate. At soil salinity of 2 dS/m, nearly 51%, 44%, 45%, 6% and 0.01% of ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, sulfur coated urea, and potassium nitrate were lost through ammonia volatilization, respectively. These values at soil salinity level of 12 dS/m significantly increased to 73.7%, 54%, 57%, 8%, and 0.01% for ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, sulfur coated urea and potassium nitrate, respectively. In general, the results showed that potassium nitrate had the minimum ammonia loss through volatilization and was followed by sulfur coated urea, urea, ammonium nitrate, and ammonium sulfate, respectively. Regarding the highest nitrogen uptake efficiency and minimum nitrogen loss, potassium nitrate is recommended as the most efficient source of nitrogen fertilizer.

Keywords: Nitrogen loss, Potassium Sulfate, Urea, Sulfur coated urea

[1]. Corresponding author: National Salinity Research Center, Yazd, Iran.