نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۶، ص. ۳۰۱-۲۸۶

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 1, Mar.-Apr. 2017, p. 286-301

تاثیر منابع و مقادیر مختلف نیتروژن، میزان کربنات کلسیم خاک و مقادیر مختلف بقایای یونجه بر هدررفت نیتروژن به صورت آمونیاک

طاهره منصوری[1*] - احمد گلچین[2] - زهرا رضایی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۴

چکیده

تصعید آمونیاک یکی از مهم‌ترین راه‌های هدررفت نیتروژن از اکوسیستم‌های کشاورزی و غیرکشاورزی است. در این مطالعه دو آزمایش جداگانه با اهداف بررسی تأثیر سطوح مختلف کربنات کلسیم خاک (آزمایش اول) و یا سطوح کاربرد بقایای گیاهی (آزمایش دوم) همچنین نوع و مقدار کودهای نیتروژنی مصرفی و بر مقدار تصعید آمونیاک از خاک انجام شد. هر دو آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۸ تیمار در ۳ تکرار انجام شدند. تیمارهای آزمایش اول شامل سه سطح ۲۰، ۲۷ و ۳۵ درصد کربنات کلسیم خاک، سه سطح صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و چهار منبع سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، اوره و اوره- اسید سولفوریک و تیمارهای آزمایش دوم نیز سه سطح صفر، ۲/۵ و ۵ درصد بقایای یونجه، سه سطح نیتروژن و چهار منبع کودهای فوق بود. نتایج نشان داد که با افزایش سطح کربنات کلسیم خاک، مقدار بقایای گیاهی یونجه و همچنین مقدار نیتروژن مصرفی، مقدار نیتروژن تصعید شده به‌صورت آمونیاک افزایش یافت. با افزایش میزان آهک خاک به مقدار ۱۵ درصد، میزان نیتروژن تصعید شده به صورت آمونیاک شش برابر گردید. در آزمایش دوم بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره- اسید سولفوریک و ۵ درصد بقایای گیاهی و کم‌ترین میزان آن نیز از تیمار شاهد یا خاک فاقد هر گونه کود نیتروژنی و بقایای گیاهی به‌دست آمد. در صورت عدم کاربرد بقایای گیاهی ترتیب میزان هدررفت نیتروژن بصورت گاز آمونیاک اوره> سولفات آمونیوم> نیترات آمونیوم> اوره-اسید سولفوریک و در صورت کاربرد بقایای گیاهی بصورت اوره-اسید سولفوریک > نیترات آمونیوم> اوره > سولفات آمونیوم بود.

واژه‌های کلیدی: اوره، تصعید آمونیاک، ماده آلی، واکنش خاک

مقدمه

نیتروژن خاک می‌تواند بصورت گازی به اشکال آمونیاکی، نیتروژن عنصری، اکسید نیتروژن و به مقدار جزئی به‌صورت ترکیبات آلی از دست برود. فرآیندی که طی آن نیتروژن به شکل آمونیاک از خاک خارج و وارد اتمسفر می‌شود تصعید آمونیاک نامیده می‌شود. تصعید آمونیاک یکی از مهم‌ترین راه‌های هدر رفت نیتروژن از زمین‌های کشاورزی است که یک تهدید برای جهان به شمار می‌آید (۱۶ و ۲۹) زیرا آمونیاک اثرات منفی زیادی بر روی محیط زیست دارد. تصعید آمونیاک، نیتروژن قابل دسترس گیاه و نسبت N/P در کودهای دامی را کاهش داده و در نتیجه تجمع فسفر در خاک‌ها را تسریع می‌کند، همچنین در فرایندهای بی‌هوازی شرکت کرده و سهم نیتروژن اکوسیستم را کاهش می‌دهد (۱). آمونیاک، ذرات معلق در هوا که قطر کمتر یا مساوی ۲/۵ میکرومتر دارند ($PM_{2.5}$) را می‌سازد و نیز می‌تواند از طریق واکنش با سولفید باعث ایجاد آلاینده‌های دیگر شود که نگرانی‌هایی را برای سلامتی انسان و محیط زیست ایجاد می‌کنند، استنشاق این ذرات ($PM_{2.5}$) بر بافت ریه تأثیر می‌گذارد و خطر ابتلا به سرطان ریه را افزایش می‌دهد. سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم دو نوع $PM_{2.5}$ هستند که در اثر تصعید آمونیاک به وجود می‌آیند (۱۴). بیشترین مقدار تصعید آمونیاک از کودهای بکار برده شده در زمین‌های زراعی صورت می‌گیرد و این هدر رفت می‌تواند به ۹۵ درصد از مقدار کل نیتروژن کود نیز برسد. لذا فعالیت‌های کشاورزی (استفاده از کودهای حیوانی و شیمیایی) به عنوان منابع اصلی انتشار آمونیاک به اتمسفر شناخته شده‌اند. تحقیقات بسیاری نشان دادند که مقدار تصعید آمونیاک از شالیزارها ۱۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن به کار برده شده در خاک می‌باشد (۱۲، ۲۵ و ۲۷). از جمله

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*-نویسنده مسئول: Email: t.mansouri2010@gmail.com)
DOI: 10.22067/jsw.v31i1.50465

Archive of SID
www.SID.ir

عوامل موثر بر تبخیر آمونیاک از خاک می‌توان به میزان دما، سرعت باد، بارندگی، زمان و مقدار مصرف کودهای شیمیایی و دامی، ویژگی‌های خاک و کود نیتروژن اشاره نمود. با افزایش pH خاک هدر رفت آمونیاک از طریق واکنش زیر افزایش می‌یابد:

$$NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow NH_3 + H_2O$$

ارنست و مسی (۵) بیان کردند که تبخیر آمونیاک در خاک‌های آهکی با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک کاهش یافت. غلظت بالای ماده آلی خاک و بقایای گیاهی سرعت هیدرولیز اوره و تصعید آمونیاک از خاک را افزایش می‌دهد (۱۰و ۲۸). ویژگی‌های کود مثل مقدارنیتروژن کل، مقدار نیتروژن آمونیومی، نوع آنیون موجود در کود و درصد ماده خشک و همچنین روش کاربرد کود نقش مهمی را در تصعید آمونیاک از کودهای به کار برده شده در خاک ایفا می‌کنند. مقدار هدررفت آمونیوم از خاک در اثر کاربرد کودهای بر پایه آمونیاک بستگی به غلظت یون هیدروژن تولید شده از واکنش آنها با کلسیم کربنات خاک دارد، لذا در کود فسفات آمونیوم بیش از سولفات آمونیوم و آن نیز بیش از نیترات آمونیوم می‌باشد. عموماً در کودهای مایع سرعت هدر رفت آمونیاک بیشتر از کودهای جامد می‌باشد (۲۲). لارسن و جانری (۱۱) تأثیر کود سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و آمونیوم فسفات بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک آهکی با pH= ۷/۷ را بررسی و اظهار نمودند که تصعید آمونیاک از کود سولفات آمونیوم بیشتر از نیترات آمونیوم و دی آمونیوم فسفات بود. کلر و منگل (۹) تأثیر کود اوره، نیترات آمونیوم و اوره + نیترات آمونیوم بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک لوم سیلتی با pH= ۵/۵ بررسی و اظهار نمودند که تصعید آمونیاک از کود اوره بیشتر از دو کود دیگر بود (۹). در تحقیقی لایتنر و همکاران (۱۳) تأثیر کود اوره، نیترات آمونیوم و اوره + نیترات آمونیوم بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک لوم سیلتی غیر آهکی با pH= ۶ را بررسی نموده و مشاهده نمودند که تصعید آمونیاک از کود اوره + نیترات آمونیوم بیشتر از کود اوره و کود نیترات آمونیوم بود. فن و کیسل (۷) گزارش کردند که تصعید آمونیاک از خاک با افزایش مقدار کربنات کلسیم افزایش یافت. در پژوهشی که توسط مارتنز و برمنر (۱۵) انجام گرفت تأثیر خصوصیات مختلف خاک بر تصعید آمونیاک از۲۰ نوع خاک تیمار شده با اوره به مدت ۱۰ روز و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. نتایج نشان داد که تصعید آمونیاک از خاک‌های تیمار شده با اوره، با مقدار شن، کربنات کلسیم معادل و واکنش خاک (بعد از خوابانیدن با اوره) همبستگی مثبت داشت.

در پژوهشی چوی و همکاران (۳) در بررسی تأثیر ترکیب ۱۵۰ میلی‌گرم کود اوره در کیلوگرم خاک با مقادیر مختلف کمپوست (صفر، ۴/۹، ۹/۸ و ۱۴/۶ گرم کمپوست خشک شده در کیلوگرم خاک) بر مقدار تصعید آمونیاک از خاک مشاهده نمودند که تصعید آمونیاک با افزایش مقدار کمپوست افزایش یافت. واکنش خاک نیز از ۷ (در تیمار بدون کمپوست) به ۷/۶ (در تیمار دارای اوره و ۱۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم کمپوست) افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که مواد آلی موجود در کمپوست با تحریک رشد میکروب‌ها هیدرولیز اوره را تحریک نموده و واکنش خاک را افزایش داده‌اند که این امر سبب افزایش تصعید آمونیاک شده است. آسیا بزرگ‌ترین تولید کننده NH_3 اتمسفری می‌باشد ($۲۲/۱Tg.N.yr^{-1}$)، اما تحقیقات کمی بر روی تصعید آمونیاک در این منطقه از جهان و مخصوصاً ایران صورت گرفته است. لذا این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سطح کربنات کلسیم خاک، سطح کاربرد بقایای گیاهی و همچنین نوع و مقدار کودهای نیتروژنی بر مقدار هدررفت نیتروژن به‌صورت آمونیاک از خاک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: سه نمونه خاک که تفاوت عمده آن‌ها در مقدار کربنات کلسیم بود از اعماق مختلف یک پروفیل تهیه گردیدند. نمونه خاک‌ها به آزمایشگاه منتقل و در هوای آزاد خشک گردیدند. پس از عبور دادن خاک از الک دو میلیمتر، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن توسط روش‌های استاندارد تعیین شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (۴)، پ–هاش و هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع تعیین شدند. اندازه‌گیری درصد کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک (۲۶)، درصد کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (۲۰) و نیتروژن کل خاک با استفاده از هضم کجلدال (۲) صورت گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده
Table 1-Selected Physico-chemical properties of the soil used in the experiment

ویژگی‌های خاک Soil properties	خاک۱ Soil 1	خاک۲ Soil 2	خاک۳ Soil 3
واکنش pH	7.64	7.66	7.68
هدایت الکتریکی EC (dS/m)	0.6	0.504	0.373
شن Sand%	20.756	17.22	16.069
سیلت Silt%	43.869	40.698	37.982
رس Clay%	35.37	42.076	45.949
کربنات کلسیم معادل $CaCO_3$%	20	27	35
کربنات کلسیم فعال active $CaCO_3$%	1.05	0.925	1.9
نیتروژن کل N total%	0.044	0.041	0.033
کربن آلی OC%	0.34	0.53	0.32

خاک‌های مورد استفاده در این آزمایش به ترتیب دارای ۲۰، ۲۷ و ۳۵ درصد کربنات کلسیم بودند.

آزمایش دوم: این تحقیق فقط بر روی خاک شماره یک مورد استفاده در آزمایش اول انجام شد و با افزودن مقادیر مختلف بقایای

Archive of SID

www.SID.ir

گیاه یونجه در اندازه ۱-۲ میلی‌متر به آن (صفر، ۲/۵ و ۵ درصد جرمی)، خاک‌هایی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مشابه ولی مقدار ماده آلی متفاوت تهیه گردیدند. ویژگی‌های بقایای گیاهی مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های بقایای گیاهی مورد استفاده

Table 2-Selected properties of the alfalfa residue used in the experiment

ویژگی‌های شیمیایی Chemical propertice	واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	کربن آلی OC%	نیتروژن کل total N %
بقایای گیاه یونجه Alfaalfa residue	7.15	6.5	38	2.98

مقدار pH و EC در نسبت ۵:۱ بقایای یونجه به آب مقطر تعیین شد

pH and EC were determined in 1:5 ratio of alfalfa residue and solution

در هر دو آزمایش از چهار منبع کود نیتروژنی و در سه سطح استفاده گردید که سطوح نیتروژن مصرفی عبارت بودند از صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار که از منابع کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، کود سولفات آمونیوم (۲۱درصد نیتروژن)، کود نیترات آمونیوم (۳۲ درصد نیتروژن) و اوره-اسید (مخلوط کود اوره + اسید سولفوریک،۳۳ درصد نیتروژن) تأمین و مصرف گردیدند. در انتخاب سطوح نیتروژن مصرفی سعی بر آن شد که مقادیر انتخابی دامنه خوبی را پوشش داده و تاثیر مقادیر بالای نیتروژن بر مقدار تصعید آن نیز بررسی شود. آزمایش‌ها به‌صورت مجزا و فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار و با ۳۶ تیمار و ۱۰۸ واحد آزمایشی به مدت ۲۵ روز در دمای ثابت ۳۰ درجه سلسیوس اجرا گردیدند.

هر تیمار آزمایشی شامل ۲۰۰ گرم خاک بود. کودهای مورد استفاده به صورت محلول به نمونه‌های خاک اضافه شدند و رطوبت آن‌ها به حد رطوبت ظرفیت مزرعه رسانده شد و نمونه‌ها درون جارهای مخصوص قرار داده شدند. درب هر جار دارای یک مجرای ورودی و یک مجرای خروجی بود (شکل۱).

شکل۱- نمایی از واحدهای آزمایشی

Figure 1- A view of the experimental units

هوای تولید شده به وسیله پمپ دمنده از طریق مجرای ورودی وارد جارها می‌شد و گاز آمونیاک متصاعد شده از خاک از طریق مجرای خروجی جار خارج و در ظرف حاوی ۲۰ میلی‌لیتر اسید بوریک (۰/۵ درصد) که سه قطره معرف مخلوط برومو کروموزو گرین و متیل رد به آن اضافه شده بود جمع‌آوری می‌شد. زمانی که رنگ محلول اسید بوریک از قرمز به سبز تغییر یافت محتویات ارلن و بورات آمونیوم تشکیل شده با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید و حجم اسید مصرفی یادداشت شد. سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به صورت آمونیاک محاسبه گردید:

معادله ۱:

$$A = V_a \times N_a \times 14$$

A = میلی‌گرم نیتروژن تصعید شده از نمونه خاک به صورت آمونیاک

V_a = حجم اسید سولفوریک مصرفی

N_a = نرمالیته اسید سولفوریک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف به وسیله نرم‌افزار رایانه‌ای

Archive of SID

www.SID.ir

MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و جداول تجزیه واریانس تشکیل شدند. مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام پذیرفت و نمودارها به کمک نرم افزار رایانه‌ای Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول

تأثیر نوع کود بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر نوع کود، سطوح مختلف نیتروژن مصرفی و مقدار کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به صورت آمونیاک

Table 3- Analysis of variance effect of type of fertilizer, different levels of nitrogen and calcium carbonate concentration of the soil on the nitrogen volatilization from soil as ammonia

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات mean of squares میکروگرم نیتروژن بر گرم خاک (µg N. g soil)
نوع کود Type of fertilizer	3	45.571**
سطح نیتروژن Rate of Nitrogen	2	171.065**
سطح کربنات کلسیم Calcium carbonate concentration	2	2006.439**
نوع کود × سطح نیتروژن Type of fertilizer* Rate of Nitrogen	6	16.374**
نوع کود × سطح کربنات کلسیم Type of fertilizer* Calcium carbonate concentration	6	13.088**
سطح نیتروژن × سطح کربنات کلسیم Rate of Nitrogen* Calcium carbonate concentration	4	71.171**
نوع کود × سطح نیتروژن× سطح کربنات کلسیم Type of fertilizer* Rate of Nitrogen* Calcium carbonate concentration	12	4.720**
خطای آزمایشی Experimental error	72	0.235
ضریب تغییرات (٪) Source of variation	-	4.94

**P < 0.01

بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک به مقدار ۱۱/۹۹ میکروگرم در گرم خاک از مصرف کود اوره و کم‌ترین میزان آن به مقدار ۸/۳۱ میکروگرم در گرم خاک از مصرف کود اوره- اسید سولفوریک به‌دست آمد (شکل ۲).

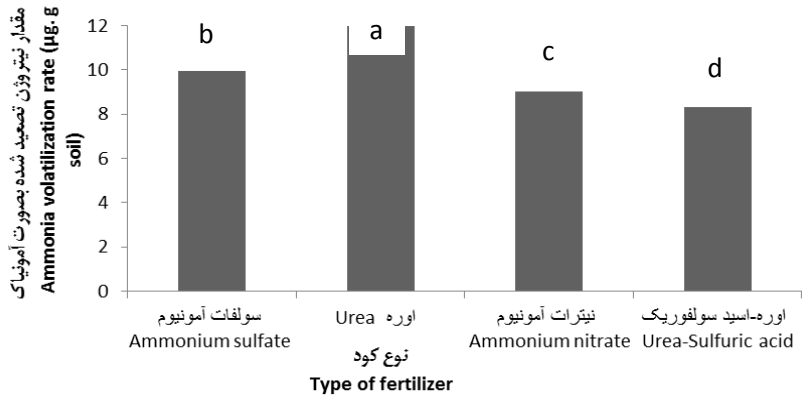
پ-هاش بالای کود می‌تواند سرعت تصعید آمونیاک از خاک را افزایش دهد (۲۴). زیرا بعد از مصرف آن پ-هاش خاک سریعاً افزایش یافته و شرایط برای تصعید آمونیاک مهیا می‌گردد. به‌همین دلیل مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک با مصرف کود اوره بیش از سایر کودها است. اضافه کردن اسید سولفوریک به کود اوره قبل از مصرف آن در خاک (کود اوره-اسید سولفوریک)، باعث کاهش پ-هاش خاک شده و تصعید آمونیاک از آن‌را کاهش می‌دهد. این نتیجه با نتایج روزلیزا و همکاران (۲۳) مطابقت دارد.

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک به مقدار ۱۱/۹۹ میکروگرم در گرم خاک از سطح مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۳).

در پژوهشی توفیق (۲۹) اثر مقادیر متفاوت کود اوره بر تصعید آمونیاک از شالیزاری در چین را بررسی کرد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح صفر ، ۹۰ ، ۱۸۰، ۲۷۰ و ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. نتایج آزمایش او نشان داد که با افزایش مقدار کود نیتروژنی تصعید آمونیاک افزایش یافت و با افزایش مقدار نیتروژن به کار برده شده از صفر تا ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار ۱۱ تا ۱۶ درصد از نیتروژن مصرفی از طریق تصعید آمونیاک به هدر رفت.

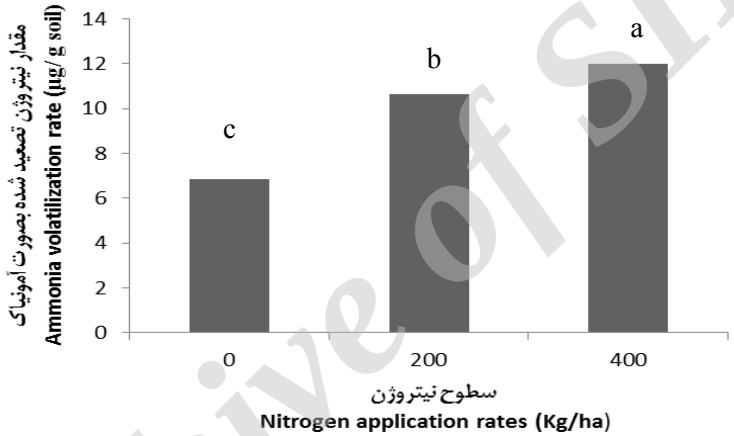
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تأثیر نوع کود بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Figure 2- The effect of type of fertilizer on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia during 25 days of incubation



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Figure 3– The effect of rate of application of nitrogen on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

تأثیر سطوح مختلف کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). با افزایش مقدار کربنات کلسیم خاک میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به صورت آمونیاک افزایش یافت به طوری که کم‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به صورت آمونیاک، از خاک با ۲۰ درصد کربنات کلسیم به مقدار ۳/۳۸ میکروگرم در گرم خاک به‌دست آمد و بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به صورت آمونیاک نیز در خاک با ۳۵ درصد کربنات کلسیم به میزان ۲۰/۲۹ میکروگرم در گرم خاک اندازه‌گیری گردید (شکل ۴).

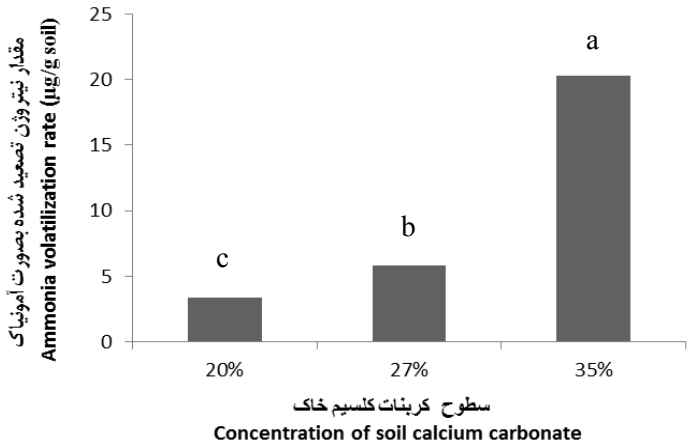
با افزایش میزان آهک خاک به مقدار ۱۵ درصد، میزان نیتروژن تصعید شده به صورت آمونیاک شش برابر گردید. حضور کربنات کلسیم در خاک باعث بالا رفتن پ–هاش شده و مقدار تصعید آمونیاک از خاک را طبق معادله زیر افزایش می‌دهد (۸).

$$NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow NH_3 + H_2O$$

اثر متقابل نوع کود و سطوح نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک به مقدار ۱۶/۰۳ میکروگرم در گرم خاک از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و از منبع کود اوره به‌دست آمد و کم‌ترین میزان آن نیز از تیمار شاهد (فاقد هر نوع کود نیتروژنه) به مقدار ۶/۸۴۲ میکروگرم در گرم خاک به‌دست آمد (جدول ۴).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- تأثیر سطوح مختلف کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده ازخاک به‌صورت آمونیاک

Figure 4– The effect of concentration of soil calcium carbonate on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

جدول ٤- اثر متقابل نوع کود و سطوح نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 4- Interaction of type of fertilizer and nitrogen levels on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

سطوح نیتروژن Rate of nitrogen (kg/ha)	نوع کود Type of fertilizer: اوره Urea	سولفات آمونیم Ammonium sulfate	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	اوره- اسید سولفوریک Urea- Sulfuric acid
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µg N/g soil)			
0	6.842 g	6.842 g	6.842 g	6.842 g
200	13.08 b	10.68 d	9.107 e	9.672 e
400	16.03 a	12.34 c	11.18 d	8.418 f

اثر متقابل نوع کود و سطوح مختلف کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک به مقدار ۲۴/۶۱ میکروگرم در گرم خاک از خاک داری ۳۵ درصد کربنات کلسیم و کود اوره به‌دست آمد. مقدار تصعید آمونیاک از خاک‌های تیمار شده با کود اوره- اسید سولفوریک در مقایسه با خاک‌های تیمار شده با کود اوره معمولی در سطوح یکسان کربنات کلسیم کمتر بود (جدول ۵).

جدول ٥- اثر متقابل نوع کود و سطوح مختلف کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 5- Interaction of type of fertilizer and concentration of soil calcium carbonate on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

سطوح کربنات کلسیم خاک Calcium carbonate concentration (%)	نوع کود Type of fertilizer: اوره Urea	سولفات آمونیم Ammonium sulfate	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	اوره- اسید سولفوریک Urea- Sulfuric acid
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µg N/g soil)			
20	4.375h	3.225i	2.933i	2.975 i
27	6.97e	5.818f	5.458gf	4.972g
35	24.64 a	20.82b	18.73c	16.99 d

در سطح مشخصی از کربنات کلسیم بیشترین مقدار آمونیاک تصعید شده مربوط به کود اوره بود. همچنین در همه انواع کود با افزایش سطح کربنات کلسیم خاک از ۲۰ به ۲۷ درصد مقدار هدر رفت نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک به مقدار کمی افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

یافت ولی با افزایش بیشتر سطح کربنات کلسیم (از ۲۷ به ۳۵ درصد) مقدار هدررفت نیتروژن به مقدار زیادی افزایش یافت و این مقدار افزایش بیشتر از مقدار افزایش اولیه بود.

اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن مصرفی و مقدار کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به‌صورت آمونیاک به مقدار ۲۴/۹۸ میکروگرم در گرم خاک از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک دارای ۳۵ درصد کربنات کلسیم به‌دست آمد (جدول ۶).

جدول ٦- اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن مصرفی و کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 6- Interaction of rate of application of nitrogen and concentration of soil calcium carbonate on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

سطوح نیتروژن Rate of nitrogen (kg/ha)	سطوح کربنات کلسیم خاک (درصد) Calcium carbonate concentration (%)		
	20	27	35
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µg N/g soil)		
0	2.35 h	4.79 f	13.39 c
200	3.406 g	6.004 e	22.49 b
400	4.375f	6.62 d	24.98 a

جدول ۷- اثر متقابل نوع کود، سطوح نیتروژن مصرفی و مقدار کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 7- Interaction of type of fertilizer , rate of application of nitrogen and concentration of soil calcium carbonate on amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

نوع کود و سطوح نیتروژن Type of fertilizer and rates of N	سطوح کربنات کلسیم (درصد) Calcium Carbonate concentration (%)		
	20	27	35
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µ N.g soil)		
شاهد Blank	2.35 r	4.79 lmn	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره 200 Kg N/ha from Urea	4.525mn	7.47 i	27.25 b
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره 400 Kg N/ha from Urea	6.25 jk	8.65 h	33.21a
شاهد Blank	2.35r	4.79 lmn	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود سولفات آمونیوم 200 Kg N/ha from Ammonium sulfate	3.05 pqr	5.7 jkl	23.19 d
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود سولفات آمونیوم 400 Kg N/ha from Ammonium sulfate	4.275 mno	6.865 ij	25.89 c
شاهد Blank	2.35r	4.79 lmn	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود نیترات آمونیوم 200 Kg N/ha from Ammonium nitrate	2.6 qr	5.37 klm	19.35e
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود نیترات آمونیوم 400 Kg N/ha from Ammonium nitrate	3.85 nop	6.215jk	23.46 d
شاهد Blank	2.35r	4.79 lmn	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره- اسید سولفوریک 200 Kg N/ha from Urea-Sulfuric acid	3.45opq	5.375klm	20.19 e
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره- اسید سولفوریک 400 Kg N/ha from Urea-Sulfuric acid	3.125 pqr	4.75 lmn	17.38 f

Archive of SID

www.SID.ir

در سطح مشخصی از کربنات کلسیم با افزایش سطوح نیتروژن مقدار هدر رفت نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک افزایش یافت همچنین در سطح مشخصی از نیتروژن با افزایش سطح کربنات کلسیم خاک از ۲۰ به ۲۷ درصد مقدار هدر رفت نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک به مقدار کمی افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر سطح کربنات کلسیم (از ۲۷ به ۳۵ درصد) مقدار هدررفت نیتروژن به مقدار زیادی افزایش یافت و این مقدار افزایش بیشتر از مقدار افزایش اولیه بود.

اثر متقابل نوع کود، سطوح نیتروژن مصرفی و مقدار کربنات کلسیم خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به‌صورت آمونیاک به مقدار ۳۳/۲۱ میکروگرم در گرم خاک از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره و در خاک دارای ۳۵ درصد کربنات کلسیم به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار آن(۲/۳۵ میکروگرم نیتروزن در گرم خاک) نیز در خاک دارای ۲۰ درصد کربنات کلسیم و فاقد هر نوع کود نیتروژنه اندازه‌گیری گردید (جدول ۷).

آزمایش دوم

تأثیر نوع کود بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۸).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع کود، مقدار نیتروژن مصرفی و سطح بقایای گیاهی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 8- Analysis of variance effect of type of fertilizer, different levels of nitrogen and plant residue content on the nitrogen volatilization from soil as ammonia

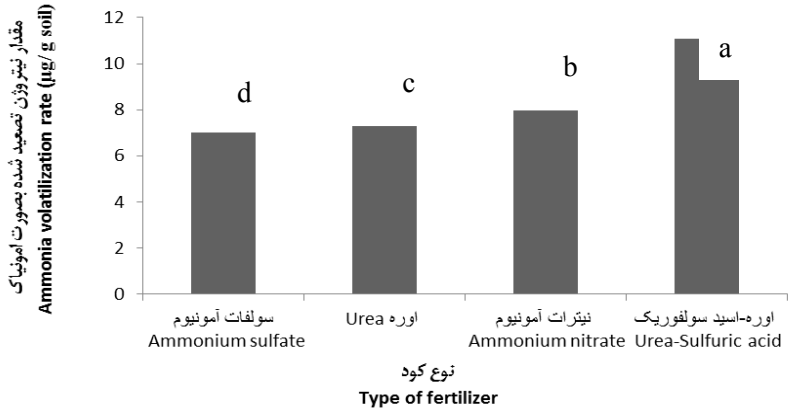
منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات mean of square
		میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µ N.g soil)
نوع کود Type of fertilizer	3	93.865**
سطح نیتروژن Rate of Nitrogen	2	694.416**
سطح بقایای گیاهی Level of plant residue	2	1415.644**
نوع کود × سطح نیتروژن Type of fertilizer* Rate of Nitrogen	6	24.933**
نوع کود × سطح بقایای گیاهی Type of fertilizer* Level of plant residue	6	85.111**
سطح نیتروژن × سطح بقایای گیاهی Rate of Nitrogen* Level of plant residue	4	68.504**
نوع کود × سطح نیتروژن × سطح بقایای گیاهی Type of fertilizer* Rate of Nitrogen* Level of plant residue	12	22.751**
خطای آزمایشی Experimental error	72	0.000139
ضریب تغییرات (٪) Source of variation	-	5.18

**P < 0.01

بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به صورت آمونیاک به مقدار ۱۱/۰۷ میکروگرم در گرم خاک از کود اوره- اسید ولفوریک و کم‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به مقدار ۷/۰۳ میکروگرم در گرم خاک از کود سولفات آمونیوم به‌دست آمد (شکل۵). از نظر تئوریکی همه کودهای بر پایه آمونیوم پتانسیل هدررفت نیتروژن بصورت تبخیر را دارا هستند، اما خصوصیت ویژه هر کود و نوع واکنش آن با خاک سبب تفاوت در میزان تبخیر آمونیاک از آن کود می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

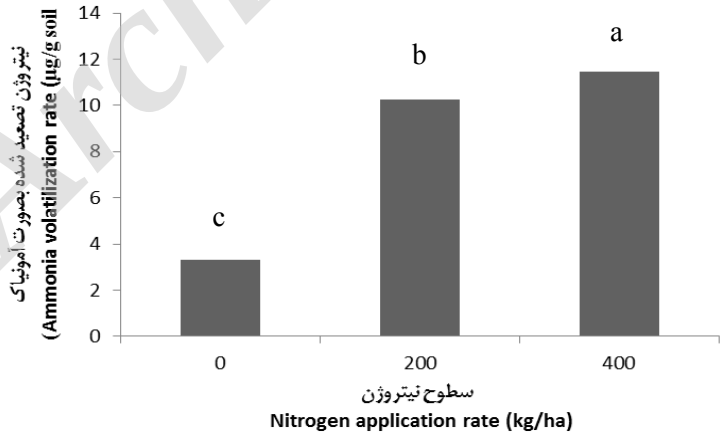


شکل ۵- تأثیر نوع کود بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Figure 5- The effect of type of fertilizer on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

در پژوهشی که توسط میر و همکاران (۱۷) انجام شد تأثیر کود اوره، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و اوره- نیترات آمونیوم بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک آهکی با pH= ۷/۸ بررسی شد و نتایج نشان داد که بیشترین درصد آمونیاک تصعید شده از کاربرد کود اوره‌نیترات آمونیوم (۲۱ درصد) و کم‌ترین مقدار آن از کاربرد کود نیترات آمونیوم (۵ درصد) بدست آمد. لارسن و جانری (۱۱) تأثیر کود سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و فسفات آمونیوم را بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک آهکی با pH= ۷/۷ بررسی و اظهار نمودند که تصعید آمونیاک از کود سولفات آمونیوم بیشتر از نیترات آمونیوم و دی آمونیوم فسفات بود. کلر و منگل (۹) تأثیر کود اوره، نیترات آمونیوم و اوره + نیترات آمونیوم را بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک لوم سیلتی با pH= ۵/۵ بررسی و اظهار نمودند که تصعید آمونیاک از کود اوره بیشتر از دو کود دیگر بود. در تحقیقی لایتنر و همکاران (۱۳) تأثیر کود اوره، نیترات آمونیوم و اوره + نیترات آمونیوم را بر مقدار تصعید آمونیاک از یک خاک لوم سیلتی با pH= ۶ را بررسی و نشان دادند که تصعید آمونیاک از کود اوره + نیترات آمونیوم بیشتر از کود اوره و کود نیترات آمونیوم بود.

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۸). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به‌صورت آمونیاک به مقدار ۱۱/۴۶ میکروگرم در گرم خاک از سطح مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. با افزایش سطح نیتروژن مصرفی از صفر به ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۵/۳۴ درصد از نیتروژن مصرفی هدر رفت و مقدار تصعید آمونیاک افزایش یافت (شکل ۶).



شکل ٦-تأثیر سطوح مختلف نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Figure 6- The effect of rate of application of nitrogen on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

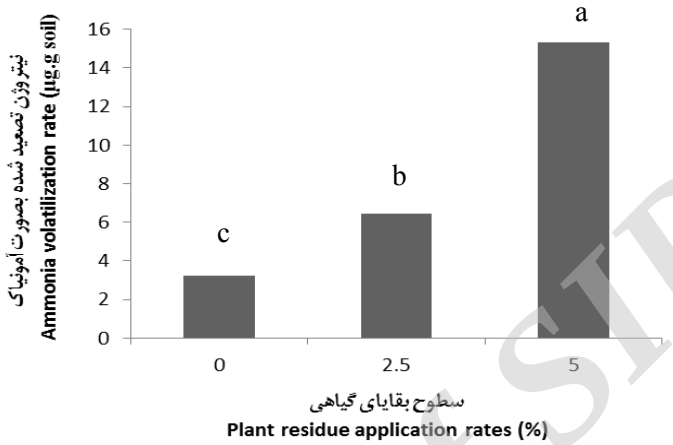
ماگاشا و پلاس (۱۹) نیز در بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود اوره (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر مقدار تصعید آمونیاک از خاک به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار کود، تصعید آمونیاک از خاک افزایش یافت و بیشترین مقدار آن از سطح

Archive of SID

www.SID.ir

۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد.

تأثیر کاربرد بقایای گیاهی یونجه بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج نشان داد که با افزایش سطح کاربرد بقایای گیاهی یونجه میزان نیتروژن تصعید شده افزایش یافت (شکل ۷). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به‌صورت آمونیاک به مقدار ۱۵/۳۴ میکروگرم در گرم خاک از سطح ۵ درصد بقایای یونجه بدست آمد. با افزایش ۲/۵ درصدی میزان کاربرد بقایای یونجه در تیمار شاهد، تصعید نیتروژن از خاک به‌صورت آمونیاک به میزان ۳/۲۴ میکروگرم در گرم خاک افزایش یافت و با افزایش آن از ۲/۵ به ۵ درصد، تصعید نیتروژن به مقدار ۸/۸۸ میکروگرم در گرم خاک افزایش یافت.



شکل ۷- تأثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی افزوده شده به خاک بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Figure 7- The effect of different levels of plant residue on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

با افزودن بقایای گیاه یونجه به خاک مقدار نیتروژن کل خاک و جمعیت ریزجانداران افزایش یافته و ترکیبات آلی نیتروژنی و پروتئین‌های گیاهی موجود در بقایای گیاه یونجه تبدیل به آمونیاک شده و غلظت آن در محلول خاک افزایش می‌یابد. این امر شرایط را برای تصعید بیشتر آمونیاک از خاک فراهم می‌آورد. فعالیت آنزیم اوره آز نیز با افزایش فعالیت بیولوژیکی افزایش می‌یابد و باعث افزایش هیدرولیز اوره و تصعید آمونیاک می‌شود به همین دلایل تصعید آمونیاک افزایش می‌یابد (۱۰و ۲۱).

افزایش میزان تصعید آمونیاک از خاک با افزایش میزان ماده آلی خاک با نتایج چوی و همکاران (۳) مطابقت دارد. وایت هد و همکاران (۳۱) نیز با افزودن مقادیر مختلف بقایای گیاه گرامینه به خاک، به نتایج مشابهی دست یافتند.

اثر متقابل نوع کود و سطوح نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک به مقدار ۱۵/۸۴ میکروگرم در گرم خاک از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره- اسید سولفوریک به‌دست آمد و کم‌ترین میزان آن نیز از تیمار شاهد (فاقد هر نوع کود نیتروژنی) به مقدار ۳/۳۱۷ میکروگرم در گرم خاک به‌دست آمد (جدول ۹).

جدول ۹- اثر متقابل نوع کود و سطوح نیتروژن مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 9- Interaction of type of fertilizer and nitrogen levels on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Rate of nitrogen (kg/ha)	نوع کود Type of fertilizer			
	اوره Urea	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	اوره- اسید سولفوریک Urea- Sulfuric acid
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µ N.g soil)			
0	3.317g	3.317g	3.317g	3.317g
200	9.002 ef	8.334f	9.302de	14.05b
400	9.499 de	9.138 de	11.35c	15.84a

Archive of SID

www.SID.ir

اثر متقابل نوع کود نیتروژن مصرفی و سطوح کاربرد بقایای گیاهی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به صورت آمونیاک به مقدار ۲۲/۴۶ میکروگرم در گرم خاک، از کاربرد ۵ درصد بقایای گیاهی و کود اوره- اسید سولفوریک بدست آمد و کم‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به مقدار ۱/۳۶ میکروگرم در گرم خاک نیز به عدم کاربرد بقایای گیاهی و کاربرد کود اوره- اسید سولفوریک تعلق داشت (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- اثر متقابل نوع کود نیتروژن مصرفی و سطوح کاربرد بقایای گیاهی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 10- Interaction of type of fertilizer and application levels of plant residue on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

سطوح بقایای گیاهی (درصد) Level of plant residue (%)	نوع کود Type of fertilizer			
	اوره Urea	سولفات آمونیم Ammonium sulfate	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	اوره- اسید سولفوریک Urea- Sulfuric acid
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µg N/g soil)			
0	4.331g	3.913h	3.288i	1.366 j
2.5	5.018f	4.869f	6.573e	9.378d
5	12.47c	12.31c	14.1b	22.46a

نتایج جدول ۱۰ نشان داد که در صورت عدم کاربرد بقایای گیاه یونجه، بیشترین میزان هدررفت نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک از مصرف کود اوره و کمترین مقدار آن از مصرف کود اوره-اسید سولفوریک حاصل می‌شود ولی در حضور بقایای گیاه یونجه مصرف کود اوره-اسید سولفوریک سبب بیشترین میزان هدررفت گاز آمونیاک از خاک می‌گردد. ترتیب میزان هدررفت نیتروژن بصورت گاز آمونیاک با مصرف کودهای نیتروژن و در صورت عدم کاربرد بقایای گیاهی بصورت اوره>سولفات آمونیوم>نیترات آمونیوم> اوره-اسید سولفوریک و با کاربرد بقایای گیاهی بصورت اوره-اسید سولفوریک > نیترات آمونیوم> اوره > سولفات آمونیوم بود.

پتانسیل تولید آمونیاک از کود عمدتا توسط میزان پ-هاش محلول کودی آزاد شده و خاک تعیین می‌شود. کودهای اوره-اسید سولفوریک، آمونیوم نیترات و آمونیوم سولفات وقتی با خاک واکنش می‌دهند محلولی با اسیدیته کم تولید می‌کنند، لذا میزان تبخیر آمونیاک از آنان زیاد نیست. اما وقتی کود اوره به خاک اضافه می شود توسط آنزیم اوره‌آز هیدرولیز شده و تولید آمونیوم کربنات کرده و پ-هاش خاک افزایش می‌یابد. آمونیوم کربنات بسیار ناپایدار بوده، به سرعت تجزیه شده و مطابق رابطه زیر گاز آمونیاک تولید می‌کند (۱۸):

$$(NH_2)_2CO + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$
$$(NH_4)_2CO_3 + 2H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + CO_2 + H_2O$$
$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O \ (pK_a = 9.3)$$

در حالت کاربرد بقایای گیاهی: کود اوره با افزایش پ-هاش خاک سبب کاهش فعالیت ریزجانداران خاکزی شده و بدین‌ترتیب سرعت تجزیه بقایای گیاهی و تولید آمونیاک از آنان و متعاقبا میزان تبخیر آمونیاک کاهش می‌یابد. با اضافه کردن اسید به کود اوره، شرایط برای فعالیت ریزجانداران مساعد شده و بقایای گیاهی با سرعت بیشتری تجزیه می‌شوند در نتیجه غلظت آمونیوم در محلول خاک افزایش می‌یابد. به همین دلیل تصعید آمونیاک از مخلوط کود اوره با اسید سولفوریک بیشتر از اوره و سایر کودهای نیتروژنی مورد آزمایش بود (۶ و ۳۰).

اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و بقایای گیاهی مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به صورت آمونیاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک به مقدار ۲۰/۴۴ میکروگرم در گرم خاک از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک دارای ۵ درصد بقایای گیاه یونجه به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن نیز به تیمار فاقد نیتروژن و بقایای گیاهی تعلق داشت (جدول ۱۱).

نتایج جدول ۱۱ نشان داد که در هر سطحی از نیتروژن مصرفی با افزایش مقدار مصرف بقایای گیاهی، مقدار هدررفت نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک افزایش یافت همچنین در سطح مشخصی از بقایای گیاهی با افزایش سطح نیتروژن مصرفی از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مقدار هدررفت نیتروژن از خاک بصورت گاز آمونیاک به مقدار زیادی افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر سطح نیتروژن مصرفی (از ۲۰۰ به ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) اگرچه مقدار هدررفت نیتروژن افزایش یافت ولی این مقدار افزایش کمتر از مقدار افزایش اولیه بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱- اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و بقایای گیاهی مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 11- Interaction of rate of application of nitrogen and application levels of plant residue on the amount of volatilized nitrogen from soil as ammonia

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Rate of nitrogen (kg/ha)	سطوح کاربرد بقایای گیاهی (درصد) Level of plant residue (%)		
	0	2.5	5
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک(µ N.g soil)		
0	0.3333h	2.35g	7.267e
200	4.517 f	7.929 d	18.3b
400	4.823 f	9.099c	20.44 a

جدول ۱۲- اثر متقابل نوع کود، سطوح نیتروژن و بقایای گیاهی مصرفی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک

Table 12- effect of type of fertilizer, Rates of nitrogen and plant residue content on the nitrogen volatilization from soil as ammonia

نوع کود و سطوح نیتروژن Type of fertilizer and rates of N	سطوح کاربرد بقایای گیاهی (درصد) Level of plant residue (%)		
	0	2.5	5
	میکروگرم نیتروژن در گرم خاک (µ N.g soil)		
شاهد Blank	0.3333q	2.35 o	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره 200 Kg N/ha from Urea	5.933kl	6.2 k	27.25 b
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره 400 Kg N/ha from Urea	6.727 jk	6.503 jk	33.21a
شاهد Blank	0.3333q	2.35 o	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود سولفات آمونیوم 200 Kg N/ha from Ammonium sulfate	5.323 lm	5.94 kl	23.19 d
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود سولفات آمونیوم 400 Kg N/ha from Ammonium sulfate	6.083 kl	6.317 k	25.89 c
شاهد Blank	0.3333q	2.35 o	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود نیترات آمونیوم 200 Kg N/ha from Ammonium nitrate	4.453 n	7.623 i	19.35e
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود نیترات آمونیوم 400 Kg N/ha from Ammonium nitrate	5.077mn	9.747 h	23.46 d
شاهد Blank	0.3333q	2.35 o	13.39g
۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره- اسید سولفوریک 200 Kg N/ha from Urea-Sulfuric acid	2.357 o	11.95g	20.19 e
۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره- اسید سولفوریک 400 Kg N/ha from Urea-Sulfuric acid	1.407p	13.83 f	17.38 f

اثر متقابل نوع کود، سطوح نیتروژن مصرفی و بقایای گیاهی بر مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک در سطح احتمال

Archive of SID

www.SID.ir

یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). بیش‌ترین میزان نیتروژن تصعید شده به‌صورت آمونیاک به مقدار ۳۲/۲۸ میکروگرم در گرم خاک از کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره- اسید سولفوریک و ۵ درصد بقایای گیاهی به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن نیز به مقدار ۰/۳۳ میکروگرم در گرم خاک از تیمار شاهد یا خاک فاقد هر گونه کود نیتروژنی و بقایای گیاهی به‌دست آمد (جدول ۱۲).

نتیجه‌گیری کلی

مقدار نیتروژن تصعید شده از خاک به‌صورت آمونیاک با افزایش مقدار کربنات کلسیم خاک، مقدار بقایای گیاهی و همچنین سطح نیتروژن مصرفی افزایش یافت. بنابراین مصرف کود به‌صورت تقسیط می‌تواند اتلاف نیتروژن به‌صورت تصعید آمونیاک را کاهش دهد. همچنین نتایج نشان داد منبع کود نیتروژنی، کارآیی مصرف آن‌را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در صورت عدم کاربرد بقایای گیاهی کود اوره-اسید سولفوریک و زمانی‌که بقایای گیاهی مصرف می‌شوند کود سولفات آمونیوم منبع کاراتری نسبت به منابع دیگر کود نیتروژن بود و هدرروی نیتروژن بصورت گاز آمونیاک کمتر بود. توصیه می‌شود در خاک‌های آهکی جهت تامین نیاز ازته گیاهان کود اوره-اسید سولفوریک و در وهله بعد کود نیترات آمونیوم مصرف شود.

منابع

1- Asman W.A.H., Sutton M.A., and Schjorring J.K. 1998. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. New Phytologist, 139:27-48.

2- Bremner J.M. 1996. Nitrogen – Total. p. 1085-1122. In D.L. Sparks et al.(ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Inc. ASA, Inc. Madison, WI.

3- Choi W.J., Chang S.X., Kwak J.H., Jung J.W., Lim S.S., Yoon K.S., and Choi S.M. 2007. Nitrogen transformations and ammonia volatilization losses from N-urea as affected by the co-application of composted pig manure. Canadian Journal of Soil Science, 87:485-493.

4- Day R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. p. 545-566. In C.A. Black et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Ser. No. 9. ASA, Madison, WI.

5- Ernst J.W., and Massey H.F. 1960. The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. Soil Science Society Proceedings, 24:87-90.

6- Fenn L.B., and Hossner L.R. 1985. Ammonia Volatilization from ammonium and ammonium-forming nitrogen fertilizers. Advances in Soil Sciences, 1:123-169.

7- Fenn L.B., and Kissel D.E. 1975. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils. IV. Effect of calcium carbonat content. Soil Science Society of America, 39:631-633.

8- Jones C.A., Koenig R.T., Ellsworth J.W., Brown B.D., and Jackson G.D. 2007. Management of urea fertilizer to minimize volatilization. Extension Bulletin, The USDA, Montana State University and the Montana State University Extension Service University and Washington State University.

9- Keller G.D., and Mengel D.B. 1986. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. Soil Science Society of America Journal, 50:1060-1063.

10- Kissel D.E., and Cabrera M.L. 1988. Factors affecting urea hydrolysis. p. 53–66. In B.R. Bock and D.E. Kissel (eds.) Ammonia Volatilization from Urea Fertilizers. National Fertilizer Development Center, Tennessee Valley Authority,MuscleShoals, AL.

11- Larsen S., and Gunary D. 1962. Ammonia loss from ammoniac fertilizers applied to calcareous soils. Journal of the Science of Food and Agriculture, 13:566-572.

12- Liang X.Q., Chen Y.X., Li H., Tiam G.M., Zhang Z.J., Ni W.Z., and He M.M. 2007. Nitrogen interception in floodwater of rice field in Taihu region of China. Journal of Environmental Sciences, 19:1474-1481.

13- Lightner J.W., Mengel D.B., and Rhykerd C.L. 1990. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizer surface applied to orchard grass sod. Soil Science Society of America Journal, 54:1478-1482.

14- Martin R., Davis J., and Ndegwa P.M. 2008. Ammonia the air-water interface. Available at http://www.extension.org.

15- Martens D.A., and Bremner G.M. 1989. Soil properties affecting volatilization of ammonia from soils treated with urea. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 20:1645-1657.

16- Meisinger J.J., and Jokela W.E. 2000. Ammonia volatilization from dairy and poultry manure. Managing Nutrients and Pathogens from Animal Agriculture (NRAES-130). Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, PO Box 4557, Ithaca, NY 14852-4557.

17- Meyer R.D., Olson R.A., and Rhoades H.F. 1961. Ammonia losses from fertilized Nebraska soils. Agronomy Journal, 53:241-244.

18- Mikkelsen R. 2009. Ammonia Emissions from Agricultural Operations: Fertilizer. Better Crops, 93:9-11.

19- Mugasha A.G., and Pluth D.J. 2000. Ammonia loss following surface application of urea fertilizer to undrained and

Archive of SID

www.SID.ir

drained forested minerotrophic peat land sites in central Alberta, Canada. Forest Ecology and Management, 78:139-145.
20- Nelson R.E., 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-196. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Chemical and microbiological properties. Agronomy monograph. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
21- Riedo M., Milford C., Schmid M., and Sutton M.A. 2002. Coupling soil-plant-atmosphere exchange of ammonia with ecosystem functioning in grasslands. Ecological Modelling, 158:83-110.
22- Rochette P., Angers D.A., Chantigny M.H., MacDonald J.D., Gasser M.O., and Bertrand N. 2008. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 84:71–80.
23- Rosliza Sh., Ahmed O.H., and Nik Muhamad A.M. 2009. Controlling ammonia volatilization by mixing urea with humic acid, fulvic acid,triple super phosphate and muriat of potash. American Journal of Environmental Sciences, 5:605-606.
24- Sommer S.G., and Olsen J.H. 1991. Effects of dry matter content and temperature on ammonia loss from surface-applied cattle slurry. Journal of Environmental Quality, 20:675-683.
25- 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.
26- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical microbiological properties.American Society of Agronomy. Inc. Soil Science of America. Inc. Madison. Wisconsin. USA.
27- Tiam G.M., Cai Z.C., Cao J.L., and Li X.P. 2001. Factors affecting ammonia volatilization from a rice-wheat rotation system. Chemosphere, 42:123-129.
28- Torello W.A., and Wehner D.J. 1983. Urease activity in a Kentucky bluegrass turf. Agronomy Journal, 75: 654-656.
29- Toufiq M. 2005. Measurement of ammonia emission following surface application of urea fertilizer from paddy fields. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8:429-432.
30- Varel V.H. 1997. Use of urease inhibitors to control nitrogen loss from livestock waste. Bioresource Technology, 62:11-17.
31- Whitehead D.C., Lockyer D.R. and Raistrick N. 1988. The volatilization of ammonia from perennial ryegrass during decomposition, drying and induced senescence. Annals of Botany, 61:567-571.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 1, Mar.-Apr. 2017, p. 286-301

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۶، ص. ۳۰۱-۲۸۶

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

T. Mansouri[1*]- A. Golchin[2] – Z. Rezaei[3]

Received: 09-11-2015
Accepted: 25-09-2016

Introduction: Selecting the right source of nutrient in a particular cropping situation requires a consideration of economic, environmental, and social objectives. One of the objectives is to keep all nutrient losses to a minimum. Since the use of nitrogen chemical fertilizers began more than 100 years ago, it has been recognized that it can be lost as gaseous ammonia when an ammonical fertilizer is applied to calcareous soil. A process by which nitrogen exit from the soil in form of ammonia and enter to the atmosphere is called volatilization. Agricultural practices (use of chemical and animal fertilizers) are known as major sources of ammonia volatilization into the atmosphere. Nitrogen losses not only economically but also in terms of environment pollution is important. Ammonia volatilization is one way of the nitrogen losses from agricultural and non-agricultural ecosystems. A variety of soil chemical properties interact with environmental conditions at the site of the fertilizer application to determine the extent of NH_3 loss. This article study some of the major factors that contribute to NH_3 loss from N fertilizer. The aims of this study were to evaluate the impacts of concentrations of soil calcium carbonate (experiment 1), plant residue application (experiment 2), nitrogen fertilizer rate and source on volatilization of ammonia from soil.

Materials and Methods: Two factorial experiment with 36 treatments, three replications and 108 experimental unit for 25 days at a constant temperature of 30 ° C were conducted using a completely randomized design. The experimental treatments were three concentrations of soil calcium carbonate (20, 27 and 35% in experiment 1), three alfalfa plant residue application rates (0, 2.5 and 5% w/w in experiment 2), three rates of nitrogen (0, 200 and 400 kg/ha), four sources of nitrogen (urea, ammonium nitrate, ammonium sulfate and urea-sulfuric acid). Fertilizers were added to soil samples in form of solution and the moisture of soils was brought to field capacity. Samples were placed into special jars and amount of nitrogen volatilization were measured.

Results and Discussion: The results showed that ammonia volatilization from soil increased as the concentration of soil calcium carbonate, rates of nitrogen and alfalfa plant residues application increased. In first experiment the highest amount of nitrogen volatilization rate, as ammonia (33.21 µgr N/gr soil) was measured from 400kgN/ha soil for urea fertilizer and 35 percent calcium carbonate. Also the lowest amount (11.99 µgrN/gr soil) was obtained from 20 percent calcium carbonate without application of any nitrogen fertilizer. In this experiment, with an increase in the amount of soil calcium carbonate by 15%, the amount of volatilized nitrogen in the form of ammonia were six times. By increasing the amount of soil calcium carbonate of from 20 to 27% the amount of nitrogen losses as ammonia slightly increased but with a further increase of calcium carbonate (from 27 to 35%) the amount of nitrogen losses increased a lot and this increase was higher than the initial increase. The presence of calcium carbonate in the soil increase soil pH and ammonia volatilization. In second experiment the highest amount of nitrogen volatilization rate, as ammonia (32.28 µgr N/gr soil) was measured from 400kgN/ha soil for urea- acid sulfuric fertilizer and 5 percent of plant residues. Also the lowest amount (0.33 µgrN/gr soil) was obtained from soil without application of any nitrogen fertilizer and plant residues. The most of nitrogen losses in the form of ammonia in the amount of 15.34 micrograms per gram of soil was obtained from level of 5% of alfalfa residue. With the 2.5 percent increase in the alfalfa residue rate, ammonia volatilization from soil increased in rate of 3.24 micrograms per gram of soil and by increasing it from 2.5 to 5%, nitrogen volatilization increased in the amount of 8.88 micrograms per gram of soil.

Conclusion: The loss of nitrogen as ammonia with application of nitrogen fertilizers and without application of residues was as urea> ammonium sulfate> ammonium nitrate > urea-sulfuric acid and with application of crop residues was as urea-sulfuric acid <ammonium nitrate <urea <ammonium sulfate. It is recommended that in calcareous soils for the supply of nitrogen, urea-sulfuric acid and in the next place ammonium nitrate fertilizer to be used.

1, 2 and 3- PhD. Student, Professor and M.Sc. Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, University of Zanjan, Respectively
(*-Corresponding Author Email: t.mansouri2010@gmail.com)

www.SID.ir

Keywords: Ammonia volatilization, Organic matter, Soil pH, Urea

Archive of SID

www.SID.ir