نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

شبیه‌سازی تلفات نیتروژن از مزارع چغندرقند در سیستم‌های مختلف تولیدی در خراسان

افشین سلطانی[۱]، امیربهزاد بذرگر[۲]، علیرضا کوچکی[۳]، ابراهیم زینلی[۴]، علیرضا قائمی[۵] و *امیر حجارپور[۶]

[۱]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استادیار گروه زراعت، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، [۳]استاد گروه زراعت، دانشگاه مشهد، [۴]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۵]استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، [۶]دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۲٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۵

چکیده

نیتروژن یکی از نهاده‌های کلیدی در کشاورزی است که بخش قابل‌توجهی از آن تلف شده و باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شود. در این پژوهش با کمک مدل SUNDIAL (مدل شبیه‌سازی پویایی نیتروژن در خاک) به کمی‌سازی چرخه نیتروژن و تلفات آن در سیستم‌های مختلف تولید چغندرقند در شرق ایران پرداخته شد. به این منظور داده‌های مربوط به تولید چغندرقند در سه سیستم تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه در ۲٦ منطقه از ۱۰ ناحیه جغرافیایی در خراسان (استان‌های خراسان‌شمالی، رضوی و جنوبی) جمع‌آوری و اطلاعات مورد نیاز در مدل وارد شدند. نتایج نشان داد که کل تلفات نیتروژن از پروفیل خاک در سیستم‌های سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه تفاوت معنی‌داری با هم نداشته و به‌ترتیب برابر ۵۰، ٤۱ و ٤۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. از کل تلفات در هر سه سیستم تولیدی به‌طور میانگین ۵۹ درصد به‌صورت گازی و ٤۱ درصد به‌صورت آبشویی بود. بیش‌ترین بخش تلفات گازی در سیستم تولید سنتی را دنیتریفیکاسیون با ٦۳ درصد و در دو سیستم مکانیزه و نیمه‌مکانیزه، فرار گاز آمونیاک به‌ترتیب با ۷۵ و ۸۲ درصد از کل تلفات گازی تشکیل دادند. یافته کلیدی این است که اگرچه سیستم‌های مختلف تولید چغندرقند از نظر میزان تلفات نیتروژن در واحد سطح مزرعه دارای تفاوت معنی‌داری نبودند اما میزان تلفات به‌ازای تولید یک تن محصول،

* مسئول مکاتبه: ahajarpoor@gau.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

دارای تفاوتی معنی‌دار بوده و میانگین تلفات در سیستم‌های سنتی به‌طور معنی‌داری بیش از دو سیستم دیگر بود. بنابراین، بر خلاف تصورات، اثرات نامطلوب زیست‌محیطی ناشی از نیتروژن در سیستم‌های فشرده مکانیزه و نیمه‌مکانیزه از سیستم تولید سنتی کم‌تر است.

واژه‌های کلیدی: آبشویی نیتروژن، اثرات زیست‌محیطی، دنیتریفیکاسیون، فرار آمونیاک، مدل SUNDIAL

مقدمه

نیتروژن یکی از نهاده‌های کلیدی در کشاورزی و مهم‌ترین عنصر تغذیه‌ای مورد نیاز چغندرقند است. چغندرقند نسبت به کمبود نیتروژن حساس است و کمبود این عنصر باعث کاهش شدید عملکرد می‌گردد (جاهدی و همکاران، ٢٠١٢). تنها کم‌تر از نیمی از کل نیتروژن به‌کار رفته به‌صورت کودهای شیمیایی و آلی به‌طور مؤثر مورد استفاده قرار گرفته و باقی آن به‌صورت‌های مختلف در محیط پراکنده می‌شود (گالووی و همکاران، ٢٠٠٨). از آن‌جا که نیتروژن عنصر متحرک و حساس به آبشویی است، مصرف بی‌رویه و غیراصولی این عنصر علاوه‌بر کاهش راندمان تولید، می‌تواند باعث آلودگی آب‌های جاری و زیرزمینی شود. آبشویی نیترات از مزارع توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (هو و همکاران، ٢٠٠٨؛ زینلی، ٢٠١٠). همچنین گازهای متصاعد شده در طی چرخه نیتروژن در مزرعه، افزایش گازهای گلخانه‌ای را در پی دارد (سلطانی و همکاران، ٢٠١٠). مدیریت بهتر آب و نیتروژن، نیازمند درک بهتر چرخه آب و موازنه نیتروژن در خاک می‌باشد (فنگ و همکاران، ٢٠١٣) پیچیدگی‌های موجود در چرخه نیتروژن باعث سخت‌تر شدن تخمین تلفات این عنصر در طبیعت شده است (دلگادو، ٢٠٠٢).

مسیرهای خروج نیتروژن از سیستم خاک- گیاه عبارتند از ١- آبشویی[1]، به‌طور عمده به شکل نیترات، ٢- دنیتریفیکاسیون[2] و ٣- فرار آمونیاک[3] (پاتاک و همکاران، ٢٠٠٦). اگر چه غیرمتحرک شدن[4] باعث غیرقابل دسترس شدن نیتروژن می‌شود اما این موضوع موقتی است و طی فرآیند معدنی شدن[5] دوباره به فرم قابل دسترس برمی‌گردد.

1- Leaching
2- Denitrification
3- Volatilization
4- Immobilization
5- Mineralization

Archive of SID

www.SID.ir

برخی از پژوهشگران به‌طور مستقیم در مزرعه میزان تلفات نیتروژن را در پروفیل خاک و در گیاه اندازه‌گیری کرده‌اند (استوارد و همکاران، ۲۰۰۶). برای این کار نیاز است که از عمق‌های مختلف پروفیل خاک در مزارع مختلف و در طول فصل نمونه‌گیری شود، اما هزینه و زمان‌بر بودن، نیاز به ادوات پیشرفته و همچنین پیچیدگی‌های چرخه نیتروژن، تخمین مستقیم تلفات نیتروژن را بسیار دشوار کرده است (دلگادو، ۲۰۰۲). امروزه بسیاری از دانشمندان و پژوهشگران که علاقه‌مند به ارزیابی اثرات مدیریت نیتروژن بر پیامدهای زیست‌محیطی سیستم‌های تولیدی کشاورزی هستند، نیازمند روش‌های سریع و مؤثر برای ارزیابی و تحلیل مسیرهای مختلف تلفات نیتروژن در مزرعه هستند (دلگادو و همکاران، ۲۰۰۸).

روش دیگری که می‌توان به‌وسیله آن چرخه نیتروژن و تلفات آن را در یک مزرعه بررسی کرد استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی است که به‌طور گسترده و روزافزون توسط پژوهشگران مختلف برای بهینه‌سازی مدیریت‌های زراعی در مزرعه به‌کار رفته است. فنگ و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از مدل RZWQM2 و داده‌های بلندمدت هواشناسی، به شبیه‌سازی عملکرد و میزان آبشویی نیتروژن از مزارع در تناوب ذرت- گندم در شمال چین پرداختند. ایشان با شبیه‌سازی راهکارهای مدیریتی جایگزین به این نتیجه رسیدند که می‌توان بدون کاهش چشمگیر عملکرد، آبشویی نیتروژن را در مزارع تحت آبیاری به حداقل رساند. دلگادو و همکاران (۲۰۰۸) از روش شاخص نیتروژن[1] (NIT-1) برای تخمین میزان تلفات نیتروژن در مزرعه استفاده کردند. هاپه و همکاران (۲۰۱۱) برای ارزیابی برهم‌کنش ساختارهای منطقه‌ای مزارع در آلمان (مانند اندازه مزرعه با تلفات نیتروژن) با اثرات زیست‌محیطی به‌دست آمده از آن، تلفات نیتروژن را با استفاده از مدل N-Farm تخمین و سپس نتایج به‌دست آمده را با مدل AgriPoliS تحلیل کردند. زینلی و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از مدل CERES-wheat میزان آبشویی نیترات و سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز با استفاده از مدل Cropsyst میزان تلفات نیتروژن به شکل‌های مختلف از مزارع گندم در گرگان، ایران را مورد بررسی قرار دادند.

مدل SUNDIAL (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۶) به‌عنوان یک ابزار پژوهشی برای شبیه‌سازی پویایی نیتروژن در زمین‌های زیر کشت محصولات زراعی در مطالعات فراوانی ارزیابی شده و دقت پیش‌بینی آن مورد تأیید قرار گرفته است (برادبری و همکاران، ۱۹۹۳؛ گابریل و همکاران، ۲۰۰۲؛

1- N Index

Archive of SID

www.SID.ir

اسمیت و همکاران، ۲۰۰۳؛ گیبونز و همکاران، ۲۰۰۵). تزلیواکیس و همکاران (۲۰۰۵) مدل SUNDIAL را برای شبیه‌سازی تلفات نیتروژن در ارزیابی زیست‌محیطی تولید چغندرقند در انگلستان مورد استفاده قرار دادند. گیبونز و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از مدل SUNDIAL استراتژی‌هایی برای بهینه‌سازی مدیریت کود و کاهش تلفات نیترات از مزارع ارایه دادند. دیلی و همکاران (۲۰۰٦) نیز از مدل SUNDIAL برای ارزیابی اثر پیش‌بینی داده‌های هواشناسی بر بهبود مصرف کودهای نیتروژن استفاده کردند. گابریل و همکاران (۲۰۰۲) مدل SUNDIAL را به‌عنوان یکی از ٤ مدل مورد استفاده برای مقایسه روش‌های مختلف شبیه‌سازی پویایی کربن و نیتروژن در خاک‌های زراعی به‌کار بردند. گیبونز و همکاران (۲۰۰٦) از مدل SUNDIAL برای تعیین عدم قطعیت در انتشارات گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی انگلستان در سطح مزرعه استفاده کردند. مانزونی و پورپوراتو (۲۰۰۹) این مدل را با سایر مدل‌ها از نظر روش‌های شبیه‌سازی معدنی شدن کربن و نیتروژن مورد مقایسه قرار دادند. فالون و همکاران (۱۹۹۹) از مدل SUNDIAL برای شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در سیستم‌های سنتی کشاورزی نپال استفاده کردند. این پژوهش نشان داد که نتایج شبیه‌سازی با مدل SUNDIAL در مقایسه با نتایج ارزیابی مستقیم از کارکرد قابل‌قبولی برخوردار است.

منطقه خراسان با وسعت ٢٤٢٦٧٣ کیلومترمربع، شامل سه استان خراسان‌شمالی، رضوی و جنوبی در شرق ایران واقع می‌باشد. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۲۰۱۰، این سه استان در مجموع با سطح زیر کشتی بالغ بر ٢٢٤٦٨ هکتار، ٤٠ درصد از کل سطح زیر کشت چغندرقند در ایران را به خود اختصاص داده‌اند (آمارنامه کشاورزی، ۲۰۱۰).

با توجه به این‌که مدل SUNDIAL در مناطق مختلف و در پژوهش‌های متعدد از جمله پژوهش‌های صورت گرفته بر روی چغندرقند مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج پیش‌بینی موفقیت‌آمیزی داشته است، بنابراین، در این مطالعه چنین فرض شد که مدل نام‌برده دقت قابل‌قبولی در پیش‌بینی تلفات نیتروژن دارد. بنابراین از این مدل برای ارزیابی میزان تلفات نیتروژن در سیستم‌های تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه چغندرقند در منطقه خراسان به‌عنوان بزرگ‌ترین منطقه تولید این محصول استراتژیک در کشور استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش مناطق کشت چغندرقند در ۳ استان خراسان‌شمالی، رضوی و جنوبی براساس حوزه فعالیت کارخانجات قند به ۱۰ منطقه جغرافیایی تقسیم و براساس سه سیستم تولید شامل سیستم‌های مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی (در صورت وجود) در هر منطقه، ۲۶ مکان تعیین گردید. سیستم‌های سه‌گانه تولیدی در منطقه توسط متخصصین کشت چغندرقند منطقه (شامل کارشناسان بخش کشاورزی کارخانه قند مربوطه در منطقه و کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی هر منطقه) مشخص گردیدند و براساس آن مزارع زیر کشت در هر سیستم تعیین شدند. بیش‌ترین نواحی مورد مطالعه در منطقه مرکزی خراسان و واقع در استان خراسان‌رضوی است که این امر به‌علت سطح زیر کشت بالای چغندرقند و وجود کارخانجات قند بیش‌تر در این استان است. اطلاعات تفصیلی و ویژگی‌های هر مکان در جدول ۱ آمده است.

شبیه‌سازی‌ها به‌وسیله مدل SUNDIAL (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۶) با کمک داده‌های هواشناسی درازمدت هر یک از مناطق انجام شد. به این ترتیب و با توجه به اطلاعات نهاده‌ها، ستاده‌ها و مدیریت‌های زراعی در هر یک از سه سیستم تولید چغندرقند، پایگاه داده‌های ورودی مربوط به موازنه نیتروژن در هر یک از مکان‌های ۲۶ گانه‌ایجاد شد. مدیریت‌های زراعی اعمال شده در سه سیستم تولید چغندرقند در خراسان در جدول ۲ نشان داده شده است.

تجزیه داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد و در آن هر سیستم تولیدی (مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی) به‌عنوان یک تیمار و هر منطقه به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. مقایسات میانگین در صورت معنی‌داری آزمون F با استفاده از روش LSD انجام شد.

شبیه‌سازی‌ها به‌وسیله مدل SUNDIAL (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۶) با کمک داده‌های هواشناسی درازمدت هر یک از مناطق انجام شد. به این ترتیب و با توجه به اطلاعات نهاده‌ها، ستاده‌ها و مدیریت‌های زراعی در هر یک از سه سیستم تولید چغندرقند، پایگاه داده‌های ورودی مربوط به موازنه نیتروژن در هر یک از مکان‌های ۲۶ گانه ایجاد شد. مدیریت‌های زراعی اعمال شده در سه سیستم تولید چغندرقند در خراسان در جدول ۲ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ١- مشخصات مکان‌های تولید چغندرقند ارزیابی شده در خراسان.

کد مکان	منطقه جغرافیایی	نوع نظام تولید	منطقه نماینده	عرض/طول جغرافیایی	ارتفاع (متر از سطح دریا)	نوع خاک	شاخص بارندگی (میلی‌متر در سال)	میانگین دما (درجه سانتی گراد)	میانگین مساحت مزرعه (هکتار)	نوع رقم کشت شده
١	مشهد	مکانیزه	توس	٣٦ ٢٦N / ٥٩ ٣٣E	١٠٢٠	لوم	٢٤٨/٦	١٥/٣	١٤	دوروتا
٢	مشهد	نیمه‌مکانیزه	ناظرآباد	٣٦ ٢٥N / ٥٩ ٢٩E	١٠٢٩	لومی شنی	٢٤٨/٦	١٥/٣	٣	اریس
٣	مشهد	سنتی	غازقان	٣٦ ١٤N / ٥٩ ٥٢E	٩٠٦	لومی رسی	٢٤٨/٦	١٥/٣	٢	آکی. سی
٤	چناران	مکانیزه	حکیم‌آباد	٣٦ ٤٦N / ٥٩ ٥٣E	١١٨٠	رسی لومی	٢١٠/٥	١٣/٤	٥٠	لاتینیا
٥	چناران	نیمه‌مکانیزه	نوبهار	٣٦ ٣٥N / ٥٩ ١٣E	١١٥٧	لوم	٢١٠/٥	١٣/٤	٣	لاتینیا
٦	چناران	مکانیزه	آلماجق	٣٦ ٥٣N / ٥٨ ٤٣E	١٢٥٦	لومی شنی	٣١١/١	١٢/٩	٩٠	پرسیا
٧	شیروان	مکانیزه	خرم‌آباد	٣٧ ٢٠N / ٥٨ ٠٧E	١١٤١	لوم	٣١١/١	١٢/٩	١٣	کانستیل
٨	شیروان	نیمه‌مکانیزه	دوین	٣٧ ١٨N / ٥٨ ٠٢E	١١٣٧	لومی رسی	٣١١/١	١٢/٩	٥	بریجیتا
٩	شیروان	سنتی	شوقان	٣٧ ١٨N / ٥٦ ٤٨E	١٢٢٢	لومی رسی	٣٧٣/٤	١٣/١	٧	آکی. سی
١٠	نیشابور	مکانیزه	حمیدآباد	٣٦ ١١N / ٥٨ ٥٥E	١٣٠٥	لومی شنی	٢٣٥	١٤/٣	٣٠	دوروتا
١١	نیشابور	نیمه‌مکانیزه	همت‌آباد	٣٦ ٠٨N / ٥٨ ٣٩E	١١٠٨	سیلتی لوم	٢٣٥	١٤/٣	١٥	بی بی ٢٢
١٢	نیشابور	سنتی	شورک	٣٦ ١٧N / ٥٨ ٣٩E	١١٦٨	لومی رسی	٢٣٥	١٤/٣	١/٢	آکی. سی
١٣	فریمان	مکانیزه	فریمان	٣٥ ٣٩N / ٥٩ ٥٠E	١٤٥٥	لومی شنی	٢٤٤/٥	١٢/٤	١٥	پانولینا
١٤	فریمان	نیمه‌مکانیزه	کاریزان	٣٥ ٣٠N / ٦٠ ١٢E	١١٨٧	لوم	٢٤٤/٥	١٢/٤	١/٧٥	پرسیا

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱-

کد مکان	منطقه جغرافیایی	نوع نظام تولید	منطقه نماینده	عرض/طول جغرافیایی	ارتفاع (متر از سطح دریا)	نوع خاک	شاخص بارندگی (میلی‌متر در سال)	میانگین دما (درجه سانتی گراد)	میانگین مساحت مزرعه (هکتار)	نوع رقم کشت شده
۱۵	فریمان	سنتی	لوشاب	۳۵° ۳۸′ N / ۵۹° ۴۸′ E	۱۴۹۵	لومی شنی	۲۴۴/۵	۱۲/۴	۲	آی. سی
۱۶	ت. حیدریه	مکانیزه	کدکن	۳۵° ۳۹′ N / ۵۸° ۵۱′ E	۱۶۲۹	لومی شنی	۲۵۸/۵	۱۴	۹	بریجیتا
۱۷	ت. حیدریه	نیمه‌مکانیزه	سنبله‌خ	۳۵° ۳۷′ N / ۵۹° ۱۶′ E	۱۶۶۳	لوم	۲۲۷/۹	۱۱/۱۶	۲	پائولینا
۱۸	ت. حیدریه	سنتی	زاوه	۳۵° ۱۶′ N / ۵۹° ۲۵′ E	۱۳۴۴	لوم	۲۵۸/۵	۱۴	۰/۴	آی. سی
۱۹	ت. جام	مکانیزه	بوژگان	۳۵° ۰۹′ N / ۶۰° ۴۹′ E	۸۰۹	لوم	۱۷۶/۴	۱۵/۷	۲۰۰	بریجیتا
۲۰	ت. جام	نیمه‌مکانیزه	صالح‌آباد	۳۵° ۴۹′ N / ۶۰° ۴۸′ E	۹۷۱	لوم	۱۷۶/۴	۱۵/۷	۷	دوروتا
۲۱	سبزوار	مکانیزه	جوین	۳۵° ۴۱′ N / ۵۷° ۱۵′ E	۱۱۱۳	شنی لومی	۲۰۴/۹	۱۴/۲۳	۲۵	پائولینا
۲۲	سبزوار	نیمه‌مکانیزه	حکم‌آباد	۳۶° ۳۷′ N / ۵۷° ۳۳′ E	۱۰۹۸	سیلتی لومی	۲۰۴/۹	۱۴/۲۳	۱/۷۵	فلورس
۲۳	سبزوار	سنتی	سلطان‌آباد	۳۶° ۲۶′ N / ۵۸° ۰۲′ E	۱۱۶۹	لومی سیلتی	۲۰۴/۹	۱۴/۲۳	۳	آی. سی
۲۴	سرخس	نیمه‌مکانیزه	کندکلی	۳۶° ۳۵′ N / ۶۱° ۰۳′ E	۲۷۶	لومی رسی	۱۹۰/۶	۱۸	۱	آی. سی
۲۵	بیرجند	نیمه‌مکانیزه	سرینشه	۳۲° ۳۹′ N / ۵۹° ۴۶′ E	۱۴۸۰	لوم	۱۶۷/۲	۱۶/۴	۲	فیاما
۲۶	بیرجند	سنتی	طبس مسینا	۳۲° ۵۷′ N / ۵۹° ۵۸′ E	۱۴۸۰	لومی رسی	۱۶۷/۲	۱۶/۴	۱	آی. سی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٢- مدیریت‌های زراعی در سه سیستم تولید چغندرقند در خراسان (داده‌ها میانگین مکان‌های مورد مطالعه در هر سیستم هستند).

مدیریت	سیستم تولیدی		
	سنتی	نیمه‌مکانیزه	مکانیزه
تاریخ کاشت	٢٥ فروردین	١٣ فروردین	٢٩ اسفند
تاریخ برداشت	١٥ آبان	١ آبان	٥ آبان
کود دامی* (تن در هکتار)	٤/٧	٢/٩	٤/٤
کود فسفات آمونیوم پایه (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٠/٨	٥/١	٦/١
کود اوره پایه (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٣٦/١	٣٥/٠	٢٧/١
کود اوره سرک ١ (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٤٦/٠	٦٧/٩	٥٧/٤
کود اوره سرک ٢ (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٣٦/١	٥١/٨	٥٨/٦
کود اوره سرک ٣ (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٦/٦	٠	٣٠/٥
کود اوره سرک ٤ (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٦/٦	٠	١٠/٢
کل نیتروژن ورودی (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	٢٢٦/٢	٢٩٠/٦	٢٧٨/٠
مقدار آب در آبیاری اول (میلی‌متر در هکتار)	١٣٩/٣	١٢٧/٣	٩٩/١
مقدار آب در هر آبیاری پس از آبیاری اول (میلی‌متر در هکتار)	٩٤/٥	٨٤/٨	٦١/٧
تعداد آبیاری در طول فصل رشد	١٠/٩	١٣/٣	٢٥/٨
مقدار کل آب مصرفی در طول فصل رشد (میلی‌متر در هکتار)	١١٤٧/٦	١١٧٨/٧	١٢٣٨/٢

* نیتروژن موجود در کود دامی معادل ٢ درصد در نظر گرفته شد.

تجزیه داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی نا متعادل انجام شد و در آن هر سیستم تولیدی (مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی) به‌عنوان یک تیمار و هر منطقه به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. مقایسات میانگین در صورت معنی‌داری آزمون F با استفاده از روش LSD انجام شد.

مدل مورد استفاده: در این پژوهش از مدل SUNDIAL-FRS استفاده شد. مدل SUNDIAL پویایی نیتروژن (برادبری و همکاران، ١٩٩٣) مقدار و تلفات نیتروژن را در برخی گیاهان زراعی پیش‌بینی می‌کند (دیلی و همکاران، ٢٠٠٦). این مدل خود مبتنی بر مدل RothC (کولمان و جنکینسون، ١٩٩٦) است. شیبو و همکاران (٢٠٠٦) در مقایسه روش‌های کمی‌سازی پویایی ماده آلی خاک در مدل‌های مختلف ویژگی‌های مدل SUNDIAL را به تفکیک ذخایر مختلف ماده آلی در

Archive of SID

www.SID.ir

خاک بیان کرده‌اند. فرآیند تجزیه در این مدل براساس جریان مواد بین ۳ ذخیره ماده آلی (ماده آلی به‌دست آمده از بقایا، بیوماس میکروبی و هوموس) بیان می‌شود که به‌وسیله متغییرهایی با مقادیر ثابت اولیه برای هر ذخیره ماده آلی محاسبه می‌گردد. از هر جریان بخشی به بیوماس میکروبی (α) تبدیل و بخش دیگری به هوموس (β) و باقی‌مانده به‌صورت تلفات CO_2 در نظر گرفته می‌شود. نرخ هر یک از این تبدیلات ثابت و به‌عنوان تابعی از دمای خاک و مقدار آب فرض می‌شود. اثر بافت خاک بر روند تجزیه به‌وسیله تنظیم سهم هر یک از ضرایب α و β و به‌عنوان تابعی از مقدار رس خاک در نظر گرفته می‌شود (شیبو و همکاران، ۲۰۰۶).

SUNDIAL از زیر مدل‌هایی برای شبیه‌سازی فرآیندهای اصلی کنترل‌کننده چرخه نیتروژن در خاک‌های زراعی کمک می‌گیرد (گیبونز و همکاران، ۲۰۰۵). این مدل از ۱۵ بخش تشکیل شده است که مقدار نیتروژن در هر جزء براساس جریان نیتروژن به داخل یا خارج از هر بخش در هر هفته محاسبه می‌شوند. ٤ بخش ورودی امکان اضافه شدن نیتروژن به سیستم خاک/ گیاه را می‌دهند که شامل نیتروژن اتمسفری، کودهای شیمیایی و دامی و نیتروژن ورودی از طریق بذر (براساس درصد نیتروژن بذر و میزان بذر مصرفی) هستند. ۷ بخش هم تبادلات در فرم‌های مختلف نیتروژن در درون سیستم را نشان می‌دهند و ٤ بخش خروجی شامل نیتروژن ذخیره شده در گیاه، دنیتریفیکاسیون، آبشویی و فرار آمونیاک می‌باشند.

تلفات نیتروژن شامل سه بخش آخر است و به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

دنیتریفیکاسیون: عکس نیتریفیکاسیون بوده و در طی آن نیترات به گاز نیتروژن (N_1) تبدیل می‌شود. دنیتریفیکاسیون در مدل SUNDIAL، تنها در لایه ۲۵-۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود و به‌صورت نسبتی از میزان CO_2 خاک و نیتروژن نیتراتی شبیه‌سازی می‌شود (گیبونز و همکاران، ۲۰۰٦).

آبشویی: فرآیندی که طی آن نیترات به‌وسیله آب زهکش از خاک خارج می‌شود. نیترات کاملاً محلول در آب بوده و به همراه آب حرکت عمقی دارد. در مدل SUNDIAL مقادیر آبشویی نیتروژن شبیه‌سازی شده، مقدار آبشویی از پایان دوره رشد گیاه پیشین تا زمان برداشت محصول فعلی را نشان می‌دهد.

برداشت: این جزء کل نیتروژنی که در زمان برداشت گیاه زراعی از سیستم خارج می‌شود را شامل می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

فرار آمونیاک: این فرآیند مربوط به تبدیل آمونیوم به گاز آمونیاک (NH_3) می‌باشد. آمونیاک می‌تواند پس از کاربرد کودهای شیمیایی و یا کودهای دامی و همچنین از گیاه طی فرآیند پیر شدن هدر رود.

اطلاعات ورودی مدل SUNDIAL: مدل SUNDIAL برای پیش‌بینی فرایندهای مرتبط با گردش نیتروژن در خاک و تجمیع این فرآیندها به‌منظور شبیه‌سازی آن‌چه در اکوسیستم تحت اثر خاک اتفاق می‌افتد از سیستمی دارای زیرمجموعه[1] بهره می‌گیرد. ورودی‌های مورد نیاز مدل شامل ویژگی‌های مزرعه و مدیریت‌های زراعی آن مانند اطلاعات خاک، تاریخچه گیاه پیشین و گیاه فعلی شامل تاریخ‌های کاشت و برداشت و داده‌های هواشناسی به‌صورت هفتگی است.

در مدل SUNDIAL جذب نیتروژن در گیاه زراعی به‌صورت منحنی لوجستیک به‌دست آمده از درجه روز رشد شبیه‌سازی شده و مقادیر نهایی براساس عملکرد مورد انتظار گیاه زراعی تعیین می‌شود. باید توجه داشت که SUNDIAL یک مدل پیش‌بینی عملکرد نیست و بنابراین برای اجرای مدل، عملکرد منطقه و مقادیر کودهای نیتروژن اعمال شده به‌عنوان ورودی مدل مورد نیاز است.

در این پژوهش عملکرد حاصل شده در هر یک از مکان‌ها که از بیانات کشاورز و همچنین مدیران و کارشناسان کارخانه قند به‌دست آمده به همراه مقادیر کود نیتروژن، نوع کود و تاریخ استفاده آن در مزرعه در مدل وارد شد. همچنین نوع، مقدار و تاریخ اعمال کودهای آلی و دامی (گاوی و مرغی) در صورت استفاده در هر مکان به مدل وارد شد.

مقادیر نیتروژن معدنی و مواد آلی به‌دست آمده از گیاه زراعی قبلی تأثیر زیادی در تلفات نیتروژن دارد. به‌منظور شبیه‌سازی اثر گیاه قبلی، گیاهان زراعی در پایگاه داده‌های مدل SUNDIAL به‌صورت دوتایی در نظر گرفته شده است که شامل گیاه فعلی و گیاه قبلی است. بنابراین اطلاعات مدیریت زراعی مورد نیاز مدل برای گیاه فعلی و قبلی برای هر یک از مکان‌های ٢٦ گانه وارد گردید. مدل SUNDIAL برای گیاه قبلی دارای محدودیت تناوبی است. در این مطالعه داده‌های همه گیاهان قبلی در مکان‌های مختلف براساس اطلاعات جمع‌آوری شده وارد مدل شدند. این گیاهان در بیش‌تر موارد گندم پاییزه و در موارد نادری جو پاییزه و ذرت و یا آیش بودند. اگرچه

1- Modular

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت تناوبی مدل اجازه لحاظ کردن آیش را نمی‌دهد اما با توجه به این‌که چغندرقند در اسفندماه کشت می‌شود زمانی که از گندم پاییزه (که در بهار برداشت می‌شود) استفاده شود، به این ترتیب یک نیمه‌آیش شبیه‌سازی خواهد شد. لازم به ذکر است که مورد آیش در بین مزارع مورد بررسی تنها دو مورد بوده است.

تاریخ آخرین خاک‌ورزی به همراه سایر اطلاعات شامل عمق خاک‌ورزی و میزان اختلاط خاک در هر یک از مکان‌ها به‌عنوان ورودی مدل وارد شدند. خاک‌ورزی به سبب اختلاط خاک و ایجاد تهویه بر مواد آلی خاک و تولید نیترات اثر داشته و بنابراین تاریخ، عمق و درجه اختلاط خاک بر اثر خاک‌ورزی در همه خاک‌ورزی‌ها تا زمان برداشت در مدل وارد شد. اگر دو خاک‌ورزی در یک هفته واقع شده باشد معادل یک خاک‌ورزی در نظر گرفته می‌شود.

میزان آب آبیاری در هر مکان به تفکیک تعداد آبیاری و تاریخ هر آبیاری و مقدار آب آبیاری مورد استفاده در هر بار آبیاری وارد مدل شد و داده‌های مورد نیاز مدل شامل بافت خاک، عمق خاک (معادل عمق توسعه ریشه) و وضعیت زهکش خاک به‌دست آمده از آنالیز خاک مکان‌های ۲۶ گانه استخراج و استفاده شد. مدل برای میزان کل نیتروژن خاک در هنگام کاشت یک ورودی مجزا در نظر نگرفته است و خود مدل براساس گیاه قبلی و شرایط آن محاسباتی برای میزان نیتروژن خاک در نظر می‌گیرد.

اجرای مدل SUNDIAL نیاز به اطلاعات هواشناسی منطقه در قالب زمانی هفتگی شامل میزان بارندگی هفتگی، تبخیر و تعرق هفتگی و متوسط درجه حرارت هفتگی دارد. داده‌های درازمدت مورد نیاز برای ۱۰ منطقه مورد مطالعه در این پژوهش از ایستگاه‌های هواشناسی مربوطه در استان‌های خراسان‌شمالی، رضوی و جنوبی تهیه و به‌صورت متوسط هفتگی تهیه شد.

نتایج و بحث

تلفات نیتروژن از مزارع تولید چغندرقند: نتایج نشان داد که بزرگ‌ترین جزء موازنه نیتروژن در مزرعه یعنی مقدار نیتروژن جذب شده در گیاه در سیستم‌های مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی به‌ترتیب ۱۸۲/۸، ۱۰۵/۳ و ٦٦/۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳) واین میزان در سیستم‌های مختلف تولید تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ٤). بنابراین افزایش مکانیزاسیون سبب افزایش این جزء از ذخیره نیتروژن گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٣- میانگین، حداقل، حداکثر و ضریب تغییرات میزان جذب و تلفات نیتروژن و همچنین عملکرد چغندرقند در سیستم‌های مختلف تولید در خراسان.

پارامتر	سیستم تولید صنعتی				سیستم تولید نیمه‌مکانیزه				سیستم تولید مکانیزه			
	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
	کیلوگرم در هکتار			درصد	کیلوگرم در هکتار			درصد	کیلوگرم در هکتار			درصد
جذب نیتروژن توسط گیاه	٦٦/٨٦^{c}	٥٥	١٠٣	٢٥/٢٩	١٠٥/٣٠^{b}	٣٦	١٧٩	٣٩/٩	١٨٢/٨٨^{a}	١٣٦	٢٧٢	٢٢/٤٤
کل تلفات نیتروژن	٤٩/٥٧	٢٥	٧٢	٣٢/٥	٤١/٤	٢٦	٦٨	٢٦/٣١	٤٥/٢٢	٣١	٦٩	٢٧/١٤
آبشویی	٢١/٧١	٧	٤٤	٥٩/٣٢	١٦/٨	٧	٣١	٤٤/٥٢	١٧/٦٧	٧	٤١	٥٦/١٨
کل تلفات گازی	٢٧/٨٦	١٧	٤٥	٣٥/٤٤	٢٤/٦	١٥	٣٧	٢٧/٣١	٢٧/٥٦	١٤	٤٣	٣٥
فرار آمونیاک	١٠/٢٨^{b}	٢	٢٩	٩٥/٢١	٢٠/٢٠^{a}	٩	٣٤	١٣/٠٢	٢٠/٦٧^{a}	١٢	٣٤	٣٥/٠٥
دنیتریفیکاسیون	١٧/٥٧^{a}	١٠	٣١	٤٥/٣٩	٤/٤٠^{b}	٠	١٥	١١٩/٨٨	٦/٨٩^{b}	٠	١٨	٩٦/٩٦
بر حسب عملکرد محصول (تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد)												
	کیلوگرم در تن محصول			درصد	کیلوگرم در تن محصول			درصد	کیلوگرم در تن محصول			درصد
کل تلفات	١/٨٩^{a}	١/٠٧	٢/٨٨	٣٢/١٤	١/١٨^{b}	٠/٥٩	٢/٤٦	٤٦/٠٤	٠/٧٣^{c}	٠/٤٩	١/٢٣	٣٢/٠٥
آبشویی	٠/٨٢^{a}	٠/٣١	١/٧٦	٦٠/٧٧	٠/٤٧^{b}	٠/١٨	٠/٨٩	٥٤/٥٥	٠/٢٧^{b}	٠/١	٠/٤	٤٤/٣٣
کل تلفات گازی	١/٠٧^{a}	٠/٧٣	٢	٤٠/٥٦	٠/٧٠^{b}	٠/٣٤	١/٥٧	٤٩/٧٦	٠/٤٥^{b}	٠/٢٤	٠/٨٢	٤٦/٥١
	تن در هکتار			درصد	تن در هکتار			درصد	تن در هکتار			درصد
عملکرد تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد	٢٦/٦٤^{c}	٢٠	٣٩/٣٨	٢٣/٨٥	٣٩/٦٥^{b}	١٤/٦٣	٦١/٨٨	٣١/٥١	٦٤/٠٦^{a}	٤٧/٨١	٨٤/٣٨	١٩/٤٦

حروف مشابه در یک ردیف برای میانگین‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- تجزیه واریانس جذب نیتروژن توسط گیاه و تلفات نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار، تلفات نیتروژن بر حسب کیلوگرم بر تن و عملکرد تصحیح‌شده بر حسب ١٦ درصد عیار قند بر حسب کیلوگرم در هکتار در سیستم‌های مختلف تولید چغندرقند در خراسان.

منبع تغییر	درجه آزادی	جذب نیتروژن توسط گیاه	کل تلفات نیتروژن	آبشویی نیتروژن	کل تلفات گازی	فرار آمونیاک	دنیتریفیکاسیون	کل تلفات گازی به‌ازای یک تن محصول	آبشویی به‌ازای یک تن محصول	تلفات گازی به‌ازای یک تن محصول	عملکرد تصحیح شده
سیستم تولید	٢	٢٨٦٥٩**	١٣٨/٠٩	٥٣/٦٦	٢٩/٥١	٢٦٣/٢٥*	٣٨٢/٥٢*	٢/٦٨**	٠/٧٥**	٠/٥٩	٢٩٥٥**
باقی‌مانده	٢٣	١٣٥٠	١٦٦/٥٩	٩٩/٤٤	٧٥/٤٦	٧٢/٨٣	٤٣/٠٠	٠/٣٣	٠/١١	٠/١٠	١٤٢/٧
سطح احتمال معنی‌داری		< ٠/٠٠٠١	٠/٤٤٩٢	٠/٥٩	٠/٦٨٠٧	٠/٠٤٣١	٠/٠٠١٤	٠/٠٠٠٣	٠/٠٠٥٢	٠/٠٠٧٢	< ٠/٠٠٠١

*معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و **معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

دامنه تلفات نیتروژن بین ٧٢-٢٥، ٦٨-٢٦ و ٦٩-٣١ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در ٣ سیستم تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه متغیر بود که به دو بخش اصلی آبشویی و تلفات گازی (فرار آمونیاک و دنتیریفیکاسیون) تقسیم می‌شود (جدول ٣). بر این اساس، اگرچه میانگین کل تلفات نیتروژن (شامل تلفات گازی و تلفات حاصل آبشویی) از پروفیل خاک در سیستم‌های سنتی (٤٩/٥٧ کیلوگرم در هکتار) بیش از سیستم‌های مکانیزه (٤٥/٢٢ کیلوگرم در هکتار) و نیمه‌مکانیزه (٤١/٤٠ کیلوگرم در هکتار) بود (به‌ترتیب ٢٢، ١٦ و ١٤ درصد از کل نیتروژن ورودی)، اما این اختلافات از نظر آماری معنی‌داری نبود (جدول ٤). سهم تلفات نیتروژن به‌صورت گازی از کل تلفات در سیستم‌های سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه به‌ترتیب ٥٦/٢، ٥٩/٤ و ٦٠/٩ درصد و سهم تلفات نیتروژن به‌صورت آبشویی از کل تلفات در سه سیستم نیز به‌ترتیب ٤٣/٨، ٤٠/٦ و ٣٩/١ درصد بود. مشاهده می‌شود که در هر سه سیستم تولیدی سهم تلفات گازی بیش از آبشویی بوده است به‌طوری‌که به‌طور میانگین ٥٩ درصد از تلفات نیتروژن در تولید چغندرقند به‌صورت گازی و ٤١ درصد به‌صورت آبشویی بوده است. تزلیواکیس و همکاران (٢٠٠٥) نیز در مطالعه خود سهم تلفات گازی به‌ویژه از طریق دنیتریفیکاسیون را بیش از آبشویی و مهم‌ترین بخش تلفات نیتروژن در کشت چغندرقند در انگلستان عنوان کردند.

بین سه سیستم مورد مطالعه از نظر میزان تلفات نیتروژن به‌صورت گازی تفاوت معنی‌داری دیده نشد، اما میانگین تلفات نیتروژن از طریق فرار گاز آمونیاک و دنیتریفیکاسیون به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ٤). در سیستم تولید سنتی چغندرقند دنیتریفیکاسیون بیش‌ترین بخش تلفات گازی را تشکیل داد (١٧/٥٧ کیلوگرم در هکتار) که به‌طور معنی‌داری بیش از مقدار دنیتریفیکاسیون در دو سیستم دیگر بود. در سیستم‌های سنتی به‌دلیل ساختار اجتماعی و زراعی خاص خود، آبیاری‌ها به‌صورتی کرتی انجام شده که به‌دلیل حجم بالای آب در هر بار آبیاری، باعث غرقابی و افزایش تلفات به‌صورت دنیتریفیکاسیون می‌شود. همچنین در این شرایط وجود مواد آلی در خاک باعث افزایش فعالیت میکروارگانیزم‌های مسئول دنتیریفیکاسیون می‌شود. تزلیواکیس و همکاران (٢٠٠٥) در بررسی اثرات زیست‌محیطی کشت چغندرقند در انگلستان میزان دنیتریفیکاسیون را به‌طور متوسط در سناریوهای مورد مطالعه خود ١٥/٢ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. آن‌ها همچنین بیان داشتند که میزان دنیتریفیکاسیون در سناریوهای با ورودی نیتروژن به‌صورت کود دامی بیش‌تر بوده است. در دو سیستم نیمه‌مکانیزه و مکانیزه بخش عمده تلفات گازی به‌دست آمده از فرار گاز آمونیاک (به‌ترتیب با میانگین ٢٠/٢٠ و ٢٠/٦٧ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ٣). سلطانی و همکاران (٢٠١٣) نیز

Archive of SID

www.SID.ir

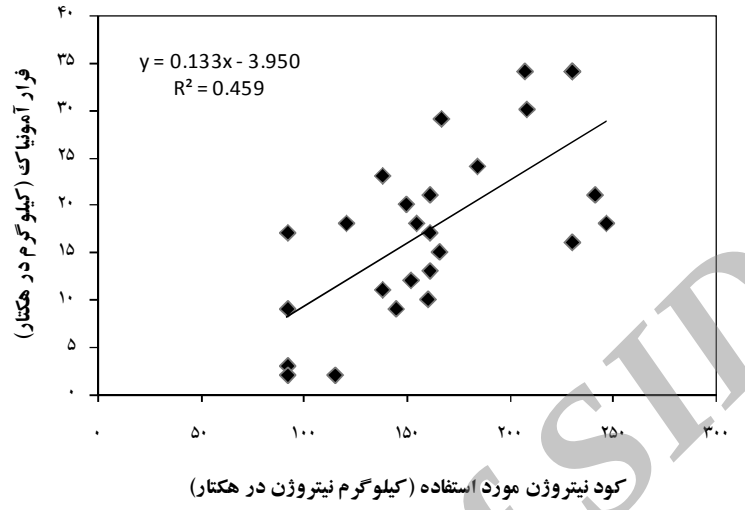
بیش‌ترین تلفات گازی در تولید گندم در گرگان را مربوط به بخش فرار آمونیاک دانسته‌اند. دلیل اختلاف معنی‌دار فرار گاز آمونیاک در سیستم‌های مکانیزه و نیمه‌مکانیزه با سیستم سنتی می‌تواند بیش‌تر بودن میزان کود مصرفی در این سیستم‌ها باشد (جدول ۲). شکل ۱ نیز نشان‌دهنده وجود رابطه خطی بین مقدار کود نیتروژنه استفاده شده در هر یک از مکان‌های مورد مطالعه با مقدار فرار آمونیاک در این مناطق است. نمچک و کاگی (۲۰۰۷) کود اوره را با ۱۵ درصد دارای بیش‌ترین فاکتور انتشار نیتروژن آمونیاکی نسبت به سایر کودهای نیتروژنه دانسته‌اند. از آن‌جا که برای بخار شدن باید تماس با هوا برقرار شود، می‌توان با اختلاط کود با خاک، کاربرد کود سرک در هوای آرام و و بدون باد، افزایش تعداد دفعات کاربرد کود و همچنین استفاده از روش کود آبیاری مقدار تلفات گازی نیتروژن به‌ویژه فرار آمونیاک را کاهش داد.

بین سیستم‌های مختلف تولید در تلفات نیتروژن به‌صورت آبشویی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤)، اما میانگین این تلفات در سیستم سنتی برابر ۲۱/۷۱ کیلوگرم در هکتار و بیش از دو سیستم نیمه‌مکانیزه و مکانیزه به‌ترتیب با ۱٦/۸۰ و ۱۷/٦۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). با توجه به جدول ۲ به‌نظر می‌رسد بیش‌تر بودن مقدار کود اوره پایه به همراه بیش‌تر بودن حجم آب آبیاری بلافاصله پس از کاربرد کود اوره پایه در سیستم‌های سنتی از سویی و بیش‌تر بودن حجم هر آبیاری در طول فصل از سوی دیگر سبب افزایش آبشویی نیتروژن در سیستم‌های سنتی شده است (جدول ۳). فنگ و همکاران (۲۰۱۳) تطابق کوددهی با نیاز گیاه در شرایطی که میزان آب در دسترس گیاه محدود است، می‌تواند منجر به عملکردهای قابل‌قبول با میزان آبشویی کم‌تر نیتروژن بشود. ایشان بیان کردند با کاهش ٤۰-۲۰ درصدی آبیاری و ٦۰-٤۰ درصدی نیتروژن می‌توان بدون کاهش چشمگیر عملکرد، آبشویی نیتروژن را در مزارع تحت آبیاری به حداقل رساند. به‌نظر می‌رسد علاوه‌بر مدیریت‌های زراعی، شرایط اقلیمی و خاک نیز در مشارکت هر یک از اجزا در تلفات نیتروژن تأثیرگذار است.

شکل ۲ بیانگر احتمال ارتباط میانگین بارندگی سالانه در هر یک از مکان‌های مورد مطالعه با مقدار آبشویی نیتروژن در این مناطق است. زینلی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در نتایج خود اختلاف زیادی در مقدار نیتروژن آبشویی شده در سال‌های پر باران نسبت به سال‌های کم‌باران در مزارع گندم در گرگان گزارش کردند.

Archive of SID

www.SID.ir



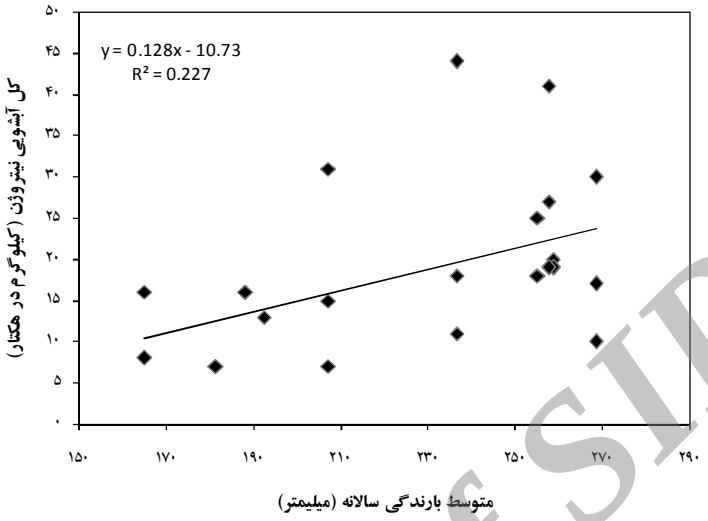
شکل ١- ارتباط بین مقدار کود نیتروژن استفاده شده و فرار آمونیاک در سیستم‌های تولید چغندرقند در خراسان.

تلفات نیتروژن به‌ازای واحد چغندرقند تولیدی: اگرچه مقایسه تلفات نیتروژن در واحد سطح سیستم‌های تولید چغندرقند برای درک سیستم‌های تولیدی چغندرقند در خراسان مهم است اما مهم‌تر از آن مقایسه این تلفات به‌ازای هر تن چغندرقند تولیدی در هر سیستم است که می‌تواند به درک بهتر ما از اثرات زیست‌محیطی تولید چغندرقند در سیستم‌های مختلف کمک کند.

نتایج این پژوهش نشان از تفاوت معنی‌دار سیستم‌های مختلف تولید چغندرقند از نظر کل تلفات نیتروژن، تلفات گازی نیتروژن و آبشویی نیتروژن به‌ازای یک تن چغندرقند تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد دارد (جدول ٤). تلفات نیتروژن در سیستم سنتی بین ٢/٩-١/١ کیلوگرم به‌ازای یک تن چغندرقند تولیدی متغیر بود که میانگین آن (١/٨٩ کیلوگرم به‌ازای یک تن چغندرقند تولیدی) به‌طور معنی‌داری بیش از دو سیستم دیگر بود. این کمیت در دو سیستم نیمه‌مکانیزه و مکانیزه نیز به‌ترتیب با (٢/٤٦-٠/٥٩) ١/١٨ و (١/٢٣-٠/٤٩) ٠/٧٣، دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ٣). همچنین در تمامی سیستم‌های تولیدی در خراسان میزان تلفات گازی به‌ازای تولید یک تن چغندرقند بیش‌تر از میزان آبشویی بود (شکل ٣).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- ارتباط بین متوسط بارندگی سالانه و آبشویی نیتروژن در سیستم‌های تولید چغندرقند در خراسان.

در سیستم‌های سنتی متوسط تلفات نیتروژن چه به‌صورت گازی (۱/۰۷) و چه به‌صورت آبشویی (۰/۸۲) به‌ازای یک تن چغندرقند با اختلافی معنی‌دار بزرگ‌تر از دو سیستم دیگر بود در حالی‌که مقدار این تلفات در سیستم‌های مکانیزه (به‌ترتیب معادل ۰/٤٥ و ۰/۲۷ کیلوگرم در هر تن چغندرقند) و نیمه‌مکانیزه (به‌ترتیب معادل ۰/۷۱ و ۰/٤۸ کیلوگرم در هر تن چغندرقند) تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین به‌کارگیری سیستم‌های مکانیزه می‌تواند در همه حالات تلفات نیتروژن در تولید محصول چغندرقند در خراسان را به‌ازای محصول تولیدی، کاهش دهد. اگرچه بخش عمده این کاهش ناشی از تولید بیش‌تر عملکرد در سیستم‌های مکانیزه است (جدول ۳) اما باید توجه داشت که توجه به راندمان عملیات و مدیریت‌های زراعی نیز می‌تواند در این کاهش مؤثر باشد.

سیستم‌های مختلف تولید چغندرقند از نظر میزان عملکرد دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول ٤)، به این صورت که با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند میزان عملکرد (تصحیح شده برای ۱٦ درصد قند) افزایش معنی‌داری داشت و از ۲٦/٦٤ تن در هکتار در سیستم‌های سنتی به ٦٤/۰٦ تن در هکتار در تولید مکانیزه رسید (جدول ۳). افزایش ۱٤۱ درصدی تولید به روش مکانیزه بیانگر لزوم توجه به افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند در خراسان دارد و بیانگر آن است که سیستم‌های

Archive of SID

www.SID.ir

سنتی از نظر کمی سیستم‌های پر بازده‌ای نیستند که این باعث افزایش میزان تلفات به‌ازای یک تن محصول تولیدی می‌شود.

نتیجه‌گیری

دامنه تلفات نیتروژن بین ٧٢-٢٥ کیلوگرم در هکتار در سیستم سنتی، ٦٨-٢٦ کیلوگرم در هکتار در سیستم نیمه‌مکانیزه و ٦٩-٣١ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سیستم مکانیزه برآورد شد که بین سیستم‌ها اختلاف معنی‌داری نبود. در هر سه سیستم سهم تلفات گازی بیش از آبشویی بوده و به‌طور میانگین ٥٩ درصد از تلفات به‌صورت گازی و ٤١ درصد به‌صورت آبشویی بود. در سیستم تولید سنتی چغندرقند دنیتریفیکاسیون بیش‌ترین بخش تلفات گازی را تشکیل داد (٦٣ درصد) و در دو سیستم مکانیزه و نیمه‌مکانیزه بخش عمده تلفات گازی به‌دست آمده از فرار گاز آمونیاک (٧٥ و٨٢ درصد) بود.

نکته کلیدی به‌دست آمده از این پژوهش این است که اگرچه از نظر میزان تلفات نیتروژن در طی فرآیند تولید در واحد سطح مزرعه تفاوت معنی‌داری بین سیستم‌های مختلف کشت نبود، اما این میزان تلفات به‌ازای تولید یک تن محصول، دارای تفاوتی معنی‌دار بوده و متوسط تلفات در سیستم سنتی ١/٨٩، در سیستم نیمه‌مکانیزه ١/١٨ و در سیستم مکانیزه ٠/٧٣ کیلوگرم نیتروژن به‌ازای یک تن چغندرقند تولیدی بود. بر خلاف تصور عمومی در مورد کم‌تر بودن اثرات زیست‌محیطی در سیستم‌های سنتی نسبت به سیستم‌های مکانیزه، نتایج این پژوهش نشان داد که در تولید چغندرقند در خراسان حرکت به‌سمت مدیریت بهتر سیستم زراعی می‌تواند بدون تغییر معنی‌دار تلفات نیتروژن، عملکرد را به‌طور معنی‌داری افزایش داده و مقدار تلفات نیتروژن به‌ازای واحد محصول تولید شده را کاهش دهد.

منابع

1.Agricultural statistic. Volume 1: Crops. 2010. Jahad ministry of agriculture. Planning and economic affairs, office of statistics and information technology. (In Persian)
2.Bradbury, N.J., Whitmore, A.P., Hart, P.B.S., and Jenkinson, D.S. 1993. Modelling the fate of nitrogen in crop and soil in the years following application of 15N-labelled fertilizer to winter wheat. J. Agric. Sci. 121: 363-379.
3.Coleman, K., and Jenkinson, D.S. 1996. RothC-26.3-a model for the turnover of carbon in soil, P 237-246. In: Powlson, D.S., P. Smith and J.U. Smith (Eds.), Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-term Datasets. Proceedings of the NATO Advanced Research workshop, NATO ASI Series I, Springer-Verlag, Berlin.

Archive of SID

www.SID.ir

4.Dailey, A.G., Smith, J.U., and Whitmore, A.P. 2006. How far might medium-term weather forecasts improve nitrogen fertilizer use and benefit arable farming in the England and Wales?. Agr. Ecosyst. Environ. 117: 22-28.
5.Delgado, J.A. 2002. Quantifying the loss mechanisms of nitrogen. J. Soil Water Conserv. 57: 389-398.
6.Delgado, J.A., Shaffer, M., Hu, C., Lavado, R., Cueto-Wong, J., Joosse, P., Sotomayor, D., Colon, W., Follett, R., DelGrosso, S., Li, X., and Rimski-Korsakov, H. 2008. An index approach to assess nitrogen losses to the Environment. Ecol. Eng. 32: 108-120.
7.Falloon, P., Pilbeam, C., and Smith, J. 1999. Modelling nitrogen cycling in the arable systems of Nepal using SUNDIAL. IACR-Rothamsted Technical Report, University of Reading, Whiteknights, Reading, UK.
8.Fang, Q., Ma, L., Yu, Q., Hu, C., Li, X., Malone, R., and Ahuja, L. 2013. Quantifying climate and management effects on regional crop yield and nitrogen leaching in the North China Plain. J. Environ. Qual. 42: 1466-1479.
9.Gabrielle, B., Mary, B., Roche, R., Smith, P., and Gosse, G. 2002. Simulation of carbon and nitrogen dynamics in arable soils: a comparison of approaches. Eur. J. Agron. 18: 107-120.
10.Galloway, J.N., Townsend, A.R., Erisman, J.W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J.F., Martinelli, L.A., Seitzinger, S.P., and Sutton, M.A. 2008. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. Science. 320: 889-892.
11.Gibbons, J.M., Ramsden, S.J., and Blake, A. 2006. Modelling uncertainty in greenhouse gas emissions from UK agriculture at the farm level. Agr. Ecosyst. Environ. 112: 347-355.
12.Gibbons, J.M., Sparkes, D.L., Wilson, P.L., and Ramsden, S.J. 2005. Modelling optimal strategies for decreasing nitrate loss with variation in weather-a farm-level approach. Agr. Syst. 83: 113-134.
13.Happe, K., Hutchings, N.J., Dalgaard, T., and Kellerman, K. 2011. Modelling the interactions between regional farming structure, nitrogen losses and environmental regulation. Agr. Syst. 104: 281-291.
14.Hu, K., Li, B., Chen, D., Zhang, Y., and Edis, R. 2008. Simulation of nitrate leaching under irrigated maize on sandy soil in desert oasis in Inner Mongolia, China. Agric. Water Manag. 95: 1180-1188.
15.Jahedi, A., Noorozi, A., Hasani, M., and Hamdi, F. 2012. Effect of irrigation methods and nitrogen application on sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet. 28: 1. 23-28.
16.Manzoni, M., and Porporato, A. 2009. Soil carbon and nitrogen mineralization: Theory and models across scales. Soil Biol. Biochem. 41: 1355-1379.
17.Nemecek, T., and Kagi, T. 2007. Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 NO. 15a. Agroscope Reckenholz- Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich and Dubendorf, CH.

Archive of SID

www.SID.ir

18. Pathak, H., Li, C., Wassmann, R., and Ladha, J.K. 2006. Simulation of nitrogen balance in rice wheat systems of the Indo-Gangetic Plains. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 1612-1622.
19. Shibu, M.E., Leffelaar, P.A., Van Keulen, H., and Aggarwal, P.K. 2006. Quantitative description of soil organic matter dynamics-A review of approaches with reference to rice-based cropping systems. Geoderma. 137: 1-18.
20. Smith, J.U., Bradbury, N.J., and Addiscott, T.M. 1996. SUNDIAL: a PC-based system for simulating nitrogen dynamics in arable land. Agron. J. 88: 38-43.
21. Smith, J.U., Smith, P., Richter, G.M., Agostini, F.A., and Welham, S.J. 2003. Testing the adequacy of measured data for evaluating nitrogen turnover models by the dot-to-dot method. Eur. J. Soil Sci. 54: 175-185.
22. Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan, Electron. J. Plant. Prod. 3: 3. 201-218. (In Persian)
23. Soltani, E., Soltani, A., Zeinali, E., and Dastmalchi, A. 2013. Simulation of nitrogen losses under wheat production in Gorgan, using CropSyst model. Water Soil Conserv. 20: 145-163. (In Persian)
24. Stewart, L.K., Charlesworth, P.B., Bristow, K.L., and Thorburn, P.J. 2006. Estimating deep drainage and nitrate leaching from the root zone under sugarcane using APSIM-SWIM Agric. Water Manag. 81: 315-334.
25. Tzilivakis, J., Jaggard, K., Lewis, K.A., May, M., and Warner, D.J. 2005. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. Agr. Ecosyst. Environ. 107: 341-358.
26. Zeinali, E. 2010. Nitrogen nutrition of wheat in Gorgan; aspects of agronomic, physiological and optimization using simulation models. M.Sc. thesis in Agronomy. Gorgan Univ. Agric. Sci. Natur. Resour. Iran. (In Persian)
27. Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., and Movahedi Naeeni, S.A.R. 2009. Estimates of nitrate leaching from wheat fields in Gorgan, Northeast of Iran. Res. J. Environ. Sci. 3: 645-655.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(4), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Simulation of nitrogen losses in sugar beet production in various production systems in Khorasan

A. Soltani[1], A.B. Bazrgar[2], A.R. Koochaki[3], E. Zeinali[4], A.R. Ghaemi[5] and *A. Hajarpoor[6]

[1]Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran, [3]Professor, Dept. of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, [4]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [5]Assistant Prof., Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, [6]Ph.D. Student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 10/16/2013; Accepted: 05/05/2014

Abstract

Nitrogen is one of the most important nutrients in crop production, but it's losses to the environment is harmful. The SUNDIAL model (simulation model of N dynamics in the soil) was used to quantify the cycle of N and it's losses in different production systems of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) in former Khorasan province, east of Iran. The data were collected from traditional, semi-mechanized and mechanized production systems in 26 regions of 10 geographic areas of Khorasan (Northern, Razavi and Southern Khorasan provinces) to be used in the model as inputs. Results showed that the total N loss from the soil profile in traditional, semi-mechanized and mechanized systems did not differ significantly and were 50, 41 and 45 kg N ha^{-1}, respectively. In average, 59% of total N loss occurs as gaseous losses and 41% as leaching. The most part of the gaseous losses in traditional system occurs via denitrification (63%), but in semi-mechanized (75%) and mechanized (82%) systems volatilization was dominant. The key finding is that while various systems of sugar beet production are similar with respect to N loss per hectare, they are different with respect to N loss per ton of crop yield. The average of N loss in traditional system was significantly higher than other systems in terms of kg N ton^{-1}. This implies the possibility of reducing N losses and its environmental effects through improving crop management.

Keywords: Denitrification, Environmental effects, Leaching, SUNDIAL model, Volatilization

* Corresponding Authors; Email: ahajarpoor@gau.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir