بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پیش‌بینی مکانی برخی خصوصیات بیولوژیک و بیوشیمیایی خاک به کمک آنالیز سطح زمین و زمین آمار

پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی

سمانه تاجیک

استاد راهنما

دکتر شمس الله ایوبی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی خانم سمانه تاجیک

تحت عنوان

پیش‌بینی مکانی برخی خصوصیات بیولوژیک و بیوشیمیایی خاک به کمک آنالیز سطح زمین و زمین آمار

در تاریخ ۱۳۹۰/۶/۲۳ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر شمس الله ایوبی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر فرشید نوربخش
۳- استاد داور	دکتر حسین خادمی
۴- استاد داور	دکتر آقا فخر میرلوحی
سرپرست تحصیلات تکمیلی	دکتر احمد ریاسی

تشکر و قدردانی

جهل و کوریت سر به چاه کشد　　علم بینندگی به ماه کشد

سپاس خدای را، که نومید نیستم از رحمت او، تهیدست نیستم از نعمت او، و نه مأیوس از مغفرت او، و سرنپیچیده از عبادت او. خدایی که رحمت او پیوسته است و نعمت او ناگسسته.

در برابر دریای محبت، مادر دلسوز و فداکارم، خواهرها و برادران عزیزم که مشوق من در تمام طول تحصیل و دلگرمی من در تمام ناملایمات زندگی هستند، سر تعظیم فرود می آورم و از آنها که نفس های گرمشان را توشه راهم کردند، سپاسگزارم.

اکنون که به لطف و عنایت بی بدیل حضرتش، موفق به اتمام این تحقیق شدم، بر خود فرض می دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را از استاد بزرگوار و ارجمندم دکتر شمس الله ایوبی که در طول اجرای این پروژه همواره مرا از راهنمایی های خوبشان بی نصیب نگذاشتند، کمال سپاسگزاری و تشکر را داشته باشم و از خداوند متعال سلامتی و شادکامی برای ایشان آرزومندم. از محضر استاد گرامی آقای دکتر فرشید نورنخش که مشاورت این پایان نامه را بر عهده داشتند و افتخار شاگردیشان را به اینجانب عطا فرمودند نهایت تشکر را دارم. از آقایان دکتر حسین خادمی و دکتر میرلوحی که زحمت باز خوانی و داوری این پایان نامه را پذیرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از همکاری صمیمانه مسئولین محترم آزمایشگاه خاکشناسی، به ویژه جناب آقای مهندس مللی و مهندس شاهینایی به خاطر کمک هایشان کمال تشکر را دارم. از تمام دوستان و همکلاسی های عزیزم مخصوصاً خانم ها عباس زاده، نادری زاده، دنکوب، امیری، قاسمی، بختیاری، ناهیدان، تارتار، سالاری، محمودی، زمانی، ترابی، سلطانی، موسوی، میرپاریزی، منصوری و آقایان پیله ور شهری، بسالت پور و محنت کش که لحظات پرباری در کنارشان داشتم و بار راهنمایی هایشان در انجام هرچه بهتر این پژوهش مرا یاری کردند سپاسگزارم، آنان که بودنشان در صفحات زندگی ام ثبت گشته است.

سمانه تاجیک

شهریور ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

پدر مهربانم

او که همواره شادزیستن و پرنشاط آموختن را در لحظات زندگی‌ام نواخت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت
فهرست جداول ..... ده
فهرست اشکال ..... یازده
چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ فرضیات تحقیق ۳
۱-۳ اهداف ۴
۱-۴ کلیات ۴
۱-۴-۱ نیتروژن ۴
۱-۴-۲ نیتروژن آلی محلول ۵
۱-۴-۳ معدنی شدن نیتروژن ۹
۱-۴-۴ آنزیم‌ها ۱۵
۱-۴-۵ آنزیم‌های خاک ۱۶
۱-۴-۶ توپوگرافی ۲۲
۱-۴-۷ مدل‌سازی ۳۰
۱-۴-۸ زمین آمار ۳۶

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه ۴۴
۲-۲ مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری ۴۴
۲-۳ محاسبه شاخص‌های پستی و بلندی ۴۵
۲-۴ مطالعات آزمایشگاهی ۴۷
۲-۵ تجزیه و تحلیل آماری و مدل‌سازی ۴۹
۲-۵-۱ توصیف آماری داده‌ها ۴۹
۲-۵-۲ مدل‌سازی به روش رگرسیون ۱۰
۲-۵-۳ مدل‌سازی به روش شبکه‌های عصبی ۴۹
۲-۶ تجزیه و تحلیل‌های زمین آماری ۵۳

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱ توصیف آماری متغیرها ۵۵

۳-۱-۱ ویژگی‌های مورد بررسی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۵۵

۳-۱-۲ بررسی تغییرات فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول در قسمت‌های مختلف شیب ۵۷

۳-۲ همبستگی بین متغیرها ۶۰

۳-۲-۱ همبستگی بین خصوصیات خاک، اشکال مختلف نیتروژن و فعالیت آنزیمی ۶۰

۳-۲-۲ همبستگی بین پارامترهای توپوگرافی با خصوصیات خاک و فعالیت آنزیم‌ها ۶۲

۳-۳ بررسی رابطه رگرسیونی بین پارامترهای توپوگرافی با فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول ۶۴

۳-۴ مدل‌سازی و پیش‌بینی فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی ۶۵

۳-۵ مقایسه نتایج مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی با مدل‌های رگرسیونی ۶۷

۳-۶ آنالیز حساسیت ۷۳

۳-۷ آنالیز همبستگی مکانی ۷۸

۳-۷-۱ بررسی همسانگردی و ناهمسانگردی توزیع متغیرها ۷۸

۳-۷-۲ محاسبه و الگوسازی و اعتبار تغییرنما ۸۱

۳-۷-۳ پراکنش مکانی پارامترهای مورد مطالعه ۸۵

۳-۷-۴ پراکنش مکانی واریانس تخمین متغیرهای مورد بررسی ۹۲

۳-۷-۵ وابستگی مکانی توأم ۹۴

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۴-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۰

۴-۲ پیشنهادها ۱۰۲

منابع ۱۰۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ توصیف پارامترهای توپوگرافی ۲۸

جدول ۳-۱ آمار توصیفی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و فعالیت آنزیم‌های انتخاب شده در منطقه مورد مطالعه (N=۱۲۵)..... ۵۶

جدول ۳-۲ آمار توصیفی ویژگی‌های پستی و بلندی در منطقه مورد مطالعه (n=۱۲۵)..... ۵۷

جدول ۳-۳اثر موقعیت شیب بر فعالیت آنزیم‌های مورد مطالعه، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول ۵۸

جدول ۳-۴ ضرایب همبستگی پیرسون بین خصوصیات خاک با فعالیت آنزیمی و اشکال مختلف نیتروژن ۶۰

جدول ۳-۵ ضرایب همبستگی پیرسون بین اشکال مختلف نیتروژن و فعالیت آنزیم‌های مورد مطالعه ۶۱

جدول ۳-۶ ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های توپوگرافی با خصوصیات خاک و فعالیت آنزیم‌های مورد مطالعه ۶۳

جدول ۳-۷ پیش‌بینی فعالیت آنزیمی و اشکال مختلف نیتروژن با استفاده از مدل‌های رگرسیونی ۶۵

جدول ۳-۸ نتایج بهترین ساختارهای شبکه عصبی برای پیش‌بینی فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول ۶۶

جدول ۳-۹ مقایسه شبکه عصبی و رگرسیون چد متغیره برای پیش‌بینی فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول ۶۷

جدول ۳-۱۰ مشخصات تغییرنمای فعالیت آنزیم‌ها، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروزن آلی محلول ۸۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ دیاگرام برخی فرآیندهای چرخه نیتروژن در خاک ۱۰
شکل ۱-۲ تابع محرک سیگموئیدی ۳۳
شکل۱-۳ تخمین خصوصیت مورد نظر در نقطه نمونه‌برداری نشده توسط اطلاعات نقاط نمونه‌برداری شده ۳۷
شکل ۱-۴ نمودار مدل کروی و پارامترهای تغییرنما ۳۹
شکل ۲-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴۵
شکل ۲-۲ پراکنش نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه ۴۵
شکل ۲-۳ ساختار شبکه DEM با یک آرایه ۳×۳ متحرک ۴۶
شکل ۲-۴ ساختار شبکه عصبی پیشخور برای مدل‌سازی متغیرهای مورد مطالعه توسط پارامترهای توپوگرافی و خصوصیات خاک ۵۰
شکل ۳-۱ پراکنش جغرافیایی مقادیر محاسبه شده الف) جهت شیب، ب) سایه‌اندازی ۵۹
شکل ۳-۲ مقایسه مقادیر مشاهده و پیش بینی شده فعالیت آنزیم اوره‌آز با استفاده از الف) رگرسیون چند متغیره، ب) شبکه عصبی مصنوعی ۶۸
شکل ۳-۳ مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده فعالیت آنزیم ال-گلوتامیناز با استفاده از الف) رگرسیون چند متغیره، ب) شبکه عصبی مصنوعی ۶۹
شکل ۳-۴ مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده فعالیت آنزیم ال-آسپاراژیناز با استفاده از الف) رگرسیون چند متغیره، ب) شبکه عصبی مصنوعی ۷۰
شکل ۳-۵ مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده پتانسیل معدنی شدن نیتروژن با استفاده از الف) رگرسیون چند متغیره، ب) شبکه عصبی مصنوعی ۷۱
شکل ۳-۶ مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده نیتروژن آلی محلول با استفاده از الف) رگرسیون چند متغیره، ب) شبکه عصبی مصنوعی ۷۲
شکل ۳-۷ نمودار هیستوگرام ضرایب حساسیت فعالیت آنزیم‌های الف) آنزیم اوره‌آز، ب) ال-گلوتامیناز و ج) ال-آسپاراژیناز ۷۴
شکل ۳-۸ نمودار هیستوگرام ضریب حساسیت الف) پتانسیل معدنی شدن نیتروژن، ب) نیتروژن آلی محلول ۷۵
شکل ۳-۹ تغییرنما سطحی آنزیم‌های الف) اوره‌آز، ب) ال-گلوتامیناز، ج) ال-آسپاراژیناز ۷۹
شکل ۳-۱۰ تغییرنما سطحی الف) پتانسیل معدنی شدن نیتروژن، ب) نیتروژن آلی محلول .....
شکل۳-۱۱ تغیرنمای همه جهته الف) آنزیم اوره‌آز، ب) آنزیم ال-گلوتامیناز ج) آنزیم ال-آسپاراژیناز، د) پتانسیل معدنی شدن نیتروژن، و) نیتروژن آلی محلول ۸۳
شکل ۳-۱۲ پراکنش مکانی فعالیت آنزیم اوره‌آز حاصل از کریجینگ بلوکی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۸۷

شکل ۳-۱۳ پراکنش مکانی فعالیت آنزیم ال-گلوتامیناز حاصل از کریجینگ بلوکی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۸۸
شکل ۳-۱۴ پراکنش مکانی فعالیت آنزیم ال-آسپارازیناز حاصل از کریجینگ بلوکی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۸۹
شکل ۳-۱۵ پراکنش مکانی فعالیت پتانسیل معدنی شدن نیتروژن حاصل از کریجینگ بلوکی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۹۰
شکل ۳-۱۶ پراکنش مکانی فعالیت نیتروژن آلی محلول حاصل از کریجینگ بلوکی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۹۱
شکل ۳-۱۷ نقشه واریانس تخمین حاصل از کریجینگ بلوکی فعالیت آنزیم اوره‌آز در منطقه مورد مطالعه ۹۲
شکل ۳-۱۸ نقشه واریانس تخمین حاصل از کریجینگ بلوکی فعالیت آنزیم ال-گلوتامیناز در منطقه مورد مطالعه ۹۳
شکل ۳-۱۹ نقشه واریانس تخمین حاصل از کریجینگ بلوکی فعالیت آنزیم ال-آسپاراژیناز در منطقه مورد مطالعه ۹۳
شکل ۳-۲۰ تغییرات فاصله‌ای ضریب co-dispersion بین کربن آلی و الف) فعالیت آنزیم اوره‌آز، ب) ال-گلوتامیناز، ج) ال-آسپاراژیناز و د) پتانسیل معدنی شدن نیتروژن ۹۵
شکل ۳-۲۱ تغییرات فاصله‌ای ضریب co-dispersion بین نیتروژن کل و الف) فعالیت آنزیم اوره‌آز، ب) ال-گلوتامیناز، ج) ال-آسپاراژیناز و د) پتانسیل معدنی شدن نیتروژن ۹۷
شکل ۳-۲۲ تغییرات فاصله‌ای ضریب co-dispersion بین پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و الف) فعالیت آنزیم اوره‌آز، ب) ال-گلوتامیناز، ج) ال-آسپاراژیناز ۹۹

چکیده

تعادل در چرخه عناصر غذایی کلیدی شاخص مهمی است که نشان دهنده بهبود یا تنزل سیستم خاک می‌باشد. نیتروژن یکی از مهمترین عناصر تأثیر گذار بر رشد محصول و از مهمترین عناصر کودی است و کمبود آن مهمترین عامل محدود کننده تولید می‌باشد. فعالیت آنزیم‌های خاک معیار مفیدی از پتانسیل بیولوژیک خاک می‌باشند. آنزیم‌ها شاخص‌هایی از حاصلخیزی و کیفیت خاک هستند و به عنوان مرکز فعالیت‌های میکروبی و تغییر شکل نیتروژن در خاک در نظر گرفته می‌شوند. این پژوهش با هدف پیش‌بینی و تخمین فعالیت آنزیمی و اشکال مختلف نیتروژن توسط رگرسیون چند متغیره خطی و شبکه‌های عصبی مصنوعی، و بررسی پراکنش مکانی آنها در مراتع انجام گرفت. منطقه مورد مطالعه با مساحت ۲۴ کیلومتر مربع در اراضی تپه ماهوری ضرغام آباد، جنوب سمیرم واقع در استان اصفهان با کاربری مرتع انتخاب و نمونه-برداری از ۱۲۵ نقطه از عمق ۱۰-۰ سانتی متری انجام شد. مدل رقومی ارتفاع منطقه در پیکسل‌هایی به ابعاد ۳×۳ متر در محیط نرم افزار ILWIS تهیه شدو با استفاده از آن ویژگی‌های اولیه و ثانویه محاسبه شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، ال-گلوتامیناز و ال-آسپاراژیناز، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول و برخی از خصوصیات خاک شامل توزیع اندازه ذرات، کربن آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم معادل، pHو EC اندازه‌گیری شد. مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول، با استفاده از پارامترهای توپوگرافی و خصوصیات خاک انجام گردید. همچنین نقشه پراکنش مکانی فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول توسط کریجینگ ترسیم گردید. نتایج این تحقیق نشان دادند که همبستگی معنی‌داری بین پارامترهای توپوگرافی با فعالیت آنزیمی و اشکال مختلف نیتروژن وجود دارد. همچنین نتایج نشان دادند که رگرسیون تنها ۶۲، ۵۳ و ۲۰ درصد از تغییرات فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول را به ترتیب توجیه می‌کنند. در حالیکه شبکه عصبی مصنوعی ۹۶ تا ۹۸ درصد تغییرات فعالیت آنزیمی و پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و ۹۴ درصد تغییرات نیتروژن آلی محلول خاک را توجیه می‌کند. نتایج آنالیز حساسیت بر اساس مدل‌های شبکه عصبی توسعه یافته نشان داد که جهت شیب و سایه‌اندازی از جمله مهمترین پارامترهای توپوگرافی، کربنات کلسم معادل و بافت خاک از جمله خصوصیات خاکی مؤثر بر متغیرهای مورد مطالعه هستند. نتایج بررسی توزیع مکانی نشان داد که، فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن و نیتروژن آلی محلول وابستگی مکانی متوسط دارند .همچنین وابستگی مکانی بین فعالیت آنزیمی با کربن آلی، نیتروژن کل و پتانسیل معدنی شدن نیتروژن، مثبت بوده در حالیکه وابستگی مکانی پتانسیل معدنی شدن نیتروژن با کربن آلی مثبت و با نیتروژن کل منفی بوده است. همچنین پتانسیل معدنی شدن نیتروژن دارای وابستگی مکانی مثبت با فعالیت آنزیم‌های مورد مطالعه است.

کلمات کلیدی: فعالیت آنزیمی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن، نیتروژن آلی محلول، پارامترهای توپوگرافی، شبکه‌های عصبی مصنوعی.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

خاک یک منبع زنده، پویا و تجدید نشدنی است. شرایط خاک بر تولید غذا، بازدهی محیط زیست و تعادلات جهانی مؤثر است[۷۱]. تعیین کیفیت خاک مشکل است و بستگی به عوامل طبیعی، انسانی و برنامه‌های مدیریتی دارد. با توجه به اهمیتی که خاک در ارتباط با تأمین غذای جمعیت روبه رشد جهان ایفا می‌کند، شناخت کلیه خصوصیات خاک اعم از مرفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیک و کانی شناسی ضروری است. این مطالعات باعث خواهد شد تا منابع موجود به گونه‌ای مورد استفاده قرار گیرند که ضمن تأمین غذای جمعیت روبه رشد جهان، کیفیت اراضی نیز حفظ شوند. عمده اراضی از لحاظ توپوگرافی و عمق خاک، توان کشاورزی طولانی مدت را نداشته و با بهم خوردن ساختمان آن دچار فرسایش می‌شوند. سلامت و کارآمدی یک سیستم اغلب در میزان تعادل بین ترکیباتش (از لحاظ ترکیبات گونه‌ها و هم از لحاظ فعالیت بیوشیمیایی) تأمین می‌گردد. تعادل در چرخه عناصر غذایی کلیدی (S, P, N, C) شاخص مهمی است که نشان دهنده بهبود یا تنزل سیستم خاک می‌باشد[۱۴۴]. نیتروژن یکی از مهمترین عناصر تأثیر گذار بر رشد محصول و از مهمترین عناصر کودی است و کمبود آن مهمترین عامل محدود کننده تولید می‌باشد.

پستی و بلندی یکی از فاکتورهای مهم و اصلی در توزیع و تنوع خاک‌ها در سطح زمین نما می‌باشد. این عامل به دلیل تأثیر بر میزان نفوذپذیری و انتقال آب، ایجاد میکروکلیما، ثبات آبدوی و فرسایش خاک در تشکیل خاک مؤثر است. اختلاف در توپوگرافی با تأثیر برمقدار کربن آلی خاک، عملکرد گیاهان و فعالیت‌های آنزیمی، در نتیجه گردش عناصر غذایی و قابلیت جذب عناصر غذایی توسط خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد[۳۶].

ازآنجایی که بهره‌برداری ناآگاهانه و مدیریت‌های ناپایدار در مراتع و جنگل‌های کشور تهدید جدی برای این منابع می‌باشد و مدیریت‌های اعمال شده توسط انسان بخصوص در دهه‌های اخیر اثری منفی داشته و تخریب خاک و ناپایداری اکوسیستم‌های طبیعی را به همراه داشته است توسعه مدیریتی پایدار با توانایی لازم جهت حفظ یا بهبود کیفیت خاک یکی از راه‌هایی است که برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است و برای دستیابی به این نوع مدیریت‌ها برای هر منطقه باید کیفیت خاک در آن منطقه ارزیابی شود. بنابراین اطلاعات در مورد پویایی نیتروژن معدنی و تأثیر توپوگرافی و نوع استفاده از اراضی برای استفاده معقول منابع و کشت گیاهان ضروری است.

اگرچه تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بررسی فعالیت‌های بیولوژیک خاک صورت گرفته است ولی اطلاعات چندانی در زمینه‌ی تأثیر توپوگرافی بر فعالیت‌های آنزیمی و اشکال مختلف نیتروژن در مراتع در دسترس نیست. لذا در این تحقیق به بررسی تأثیر توپوگرافی بر برخی شاخص‌های بیولوژیک خاک و نیتروژن و پیش بینی آنها توسط پارامترهای توپوگرافیکی پرداخته خواهد شد. این تحقیق به منظور بررسی فرضیات و اهداف ذیل انجام گرفته است.

۱-۲ فرضیات تحقیق

۱. خصوصیات توپوگرافی می تواند بخش قابل ملاحظه‌ای از تغییرات فرم های مختلف نیتروژن محلول و آنزیم های کنترل کننده آنها را در اراضی تپه ماهوری کنترل کند.

۲. در بررسی روابط مذکور آنالیزهای غیرخطی شبکه مصنوعی قوی تر از مدل های رگرسیونی عمل می کند.

۳. در توجیه تغییرات نیتروژن و آنزیم هادر سطح زمین نما تلفیق خصوصیات توپوگرافی با برخی خصوصیات خاک نظیر بافت خاک، میزان ماده آلی خاک و... بهتر و موفق تر عمل می کند.

۴. پارامترهای نیتروژن محلول کل و نیتروژن آلی محلول و آنزیم های مرتبط در سطح زمین نما وابستگی مکانی نشان می دهند.

۱-۳ اهداف

۱. پیش بینی مکانی پارامترهای مورد مطالعه به کمک پارامترهای آنالیز سطح زمین (به کمک مدلهای رگرسیونی و شبکه عصبی).

۲. بررسی ارتباط مکانی خصوصیات مورد بررسی و برخی خصوصیات خاک در منطقه به کمک زمین آمار و بررسی همبستگی مکانی بین آنها توسط آنالیز واریوگرام عرضی.

۱-۴ کلیات

۱-۴-۱ نیتروژن

نیتروژن محدود کننده‌ترین عنصر غذایی در تولید زیستی است و تأثیر نیتروژن در سلامت و کیفیت خاک سطحی بیشتر از هر عنصر دیگری است[۱۰۱]. در اراضی مرتعی نیتروژن نسبت به عناصر ضروری، کربن، اکسیژن و هیدروژن به مقدار بیشتری وجود دارد و از بین عناصر ضروری خاک برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم‌ها، نیتروژن موقعیت خاصی دارد.از مقدار کل نیتروژن ۹۸ ٪ آن در لیتوسفر، ۱/۲٪ در اتمسفر و ۰/۸٪ دربیوسفر وجود دارد. چرخه نیتروژن بین هوا، خاک و آب بسیار پیچیده است. ازجمله راههای ورود نیتروژن به خاک می‌توان به رعدو برق، تثبیت بیولوژیک نیتروژن، مصرف کودهای حاوی نیتروژن، هوادیدگی کانیها، مواد اصلاح کننده و بقایای موجودات زنده اشاره نمود. راههای خروج نیتروژن شامل آبشویی، تصاعد، فرسایش و جذب توسط گیاهان و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.

نیتروژن خاک عمدتاً از بقایای گیاهی، بقایا، فضولات و لاشه حیوانی، از طریق تثبیت غیر همزیست و همزیستی با گیاهان بقولات و از باران منشاء می‌گیرد. نیتروژن جزء اساسی آمینواسیدها می‌باشد که پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌سازد. همچنین نیتروژن در ساختار نوکلئیک اسیدها، پورفیرین‌ها و آلکالوئیدها وجود دارد. اهمیت نیتروژن به دلیل غلظت بسیار کم آن در لیتوسفر، کمبود مقدار نسبی نیتروژن در خاک (قسمت اعظم آن به شکل آلی است) و ارزش غذایی برای گیاهان می‌باشد. همچنین اطلاع از چرخه ، تغییر شکل و حرکت نیتروژن برای مدیریت مطلوب پوشش سطحی ضروری می‌باشد. مقدار نیتروژن خاک تابع عواملی از جمله آب و هوا، رطوبت، دما، نوع پوشش گیاهی و فعالیت موجودات زنده می‌باشد.

مقدار و فرم نیتروژن در خاک به دلیل فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک تغییر می‌کند. آگاهی از این تغییرات و تأثیر فاکتورهای محیطی بر پویایی نیتروژن، به مدیریت استفاده کافی از نیتروژن، سلامت و کیفیت محصولات کمک می‌کنند[۱۰۱]. هچنین تعیین ذخایر فعال نیتروژن در خاک اطلاعات با ارزشی در ارتباط با سلامت خاک فراهم می‌کنند.

نیتروژن در خاک به سه صورت عنصری، معدنی و آلی یافت می‌شود. این سه شکل مدام به یکدیگر تبدیل می‌شوند و میکروارگانیسم‌ها در این تبدیلات نقش ویژه‌ای بر عهده دارند. درجه اکسیداسیون نیتروژن بین ۵ تا ۳- متغیر است. نیتروژن عنصری (N_2) که به شکل گازی در هوای خاک وجود دارد، برای گیاهان قابل استفاده نمی‌باشد. نیتروژن معدنی خاک، به شکل‌های اکسید نیترو، اکسید نیتریک، دی اکسید نیتروژن، آمونیاک، آمونیوم، نیتریت و نیترات می‌باشد. از بین آنها سه ترکیب آخر از نظر تغذیه گیاه از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشند. آمونیوم و نیترات به طور وسیعی توسط گیاهان جذب شده و برای رشد گیاهان مفید می‌باشد. آمونیوم فرم نیتروژن معدنی غالب در مراتع و نیترات فرم غالب در خاک‌های جنگلی می‌باشند[۱۷۵]. مقدار زیادی از نیتروژن خاک به فرم آلی است. همچنین مواد آلی محتوی نیتروژن دارای تنوع وسیعی هستند، که شامل مواد پروتئینی (پروتئین‌ها، پپتیدها و اسیدهای آمینه)، قندهای آمین‌دار، ترکیبات حلقوی نیتروژن (پورین و پریمیدین‌ها) و ترکیبات کمپلکس هستند. بعضی از این ترکیبات نیتروژن‌دارساده هستند و به آسانی توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند مانند آمینو اسیدها و بعضی دیگر مولکولهای بزرگ و پیچیده بوده که به تجزیه میکروبی مقاوم هستند. همچنین ترکیبات حلقوی نیتروژن و مواد پروتئینی، ترکیبات اصلی نیتروژن در خاک می‌باشند.

۱-۴-۲ نیتروژن آلی محلول

مقدار زیادی از نیتروژن خاک (بیش از ۸۰٪) به شکل آلی است[۵۷] و تا زمانی که توسط آنزیم‌ها به واحدهای کوچک‌تری تبدیل نشده برای بسیاری گیاهان قابل استفاده نمی‌باشد. از این منبع گسترده نیتروژن آلی خاک، بخشی از آن به شکل محلول است. نیتروژن آلی محلول خاک به مقدار کافی در دامنه وسیعی از اکوسیستم‌ها وجود دارد و شاخص حساسی از وضعیت نیتروژن خاک است. همچنین این منبع نقش مهمی در مسیر تغییر شکل نیتروژن و جذب توسط گیاهان دارد[۱۴۲، ۲۰۷]. در واقع نیتروژن آلی محلول بیانگر جزء مهمی از چرخه‌ی بیوشیمیایی اکوسیستم است [۱۵۹] و ممکن است نقش تنظیم کننده‌ی مهمی را در چرخه خاک-گیاه، بازی کند[۲۰۷]. نیتروژن آلی محلول خاک شامل نیتروژن آلی محلول حل شده در محلول خاک (DON)[1] که توسط روش‌های شستشو، مکش یا جمع‌آوری از زهکش‌ها اندازه‌گیری می‌شود و نیتروژن آلی محلول عصاره‌گیری شده از خاک (SON)[2] می‌باشد. در این مطالعه منظور از نیتروژن آلی محلول، نیتروژن آلی عصاره‌گیری شده از خاک توسط محلول‌های نمکی (SON) می‌باشد.

مخازن نیتروژن آلی محلول، در محلول خاک متحرک بوده و می‌توانند به آسانی جریان یافته و وارد آبهای زیرزمینی شوند و در کیفیت آب‌های زیر سطحی تأثیر بگذارند[۵۷]. نیتروژن آلی محلول شامل

[1] Dissolved Organic Nitrogen
[2] Soluble Organic Nitrogen

ترکیبات دیر تجزیه‌پذیری است که به راحتی قابل استفاده برای گیاهان نیست و ترکیبات زود تجزیه پذیری است که به آسانی دردسترس گیاهان و میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد. از جمله این ترکیبات می-توان به آمینواسیدها، پپتیدها، قندهای آمینی، پروتئین ها، کلروفیل ،DNA و RNA ، که به سرعت توسط میکروارگانیسم‌ها استفاده شده و در خاک تجمع نمی‌یابند و همچنین ترکیبات زود تجزیه‌پذیر و با وزن مولکولی زیاد مانند پلی فنل‌ها و تانن‌ها، اشاره نمود[۱۰۸]. این ترکیبات از طریق منابع مختلفی شامل فرونشست‌های خشک و مرطوب، بارندگی و شستشو، ریشه درختان، لاشبرگ‌ها و جذب سطحی کلوئیدهای خاک و میکروارگانیسم‌ها وارد خاک می‌شود[۶۱] .

نیتروژن آلی محلول مخزنی از نیتروژن برای میکروارگانیسم‌ها و بعضی گونه‌های گیاهی (همراه یا بدون مایکوریزا) می‌باشد که قادر به جذب مستقیم نیتروژن آلی (آمینواسیدها) موجود در مخازن نیتروژن آلی محلول هستند[۲۰۶]. در واقع نیتروژن آلی محلول ممکن است توسط سلول‌های میکروبی جذب شود، به نیتروژن معدنی تبدیل شود، توسط ریشه گیاهان جذب شود، توسط شستشو از خاک خارج شود و یا وارد مواد آلی خاک شود. مطالعات اخیر نشان داده.است که برخی گیاهان نیتروژن آلی خاک (آمینواسیدها) را به نیتروژن معدنی ترجیح داده به صورت مستقیم جذب می‌کنند[۵۷]. این موضوع دیدگاه سنتی که گیاهان قادر به جذب مستقیم نیتروژن آلی بدون معدنی شدن میکروبی و تولید نیتروژن معدنی نمی‌باشند و اینکه گیاهان قادر نیستند رقابت مؤثر با میکروبهای خاک برای جذب مواد غذایی خاک داشته یاشند، را رد می‌کند.

پیشنهاد شده است که در فرآیند تغییر شکل نیتروژن، نیتروژن آلی محلول فاز انتقالی بین موادآلی و نیتروژن معدنی ($N\text{-}NH_4^+$) است و به عنوان یک گام میانی در معدنی شدن میکروبی نیتروژن آلی درنظر گرفته می‌شود[۵۷]. نیتروژن آلی محلول خاک می‌تواند بطور مستقیم توسط میکروارگانیسم‌ها و یا اینکه به صورت غیر مستقیم توسط آنزیم‌های برون سلولی حاصل از میکروارگانیسم‌ها تولید شود[۱۴۱]. و همچنین ممکن است توسط میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها معدنی شده و آمونیوم تولید گردد (هیدرولیز پروتئین‌ها به پپتیدها). به عبارت دیگر نیتروژن معدنی (مانند NH_4^+) می‌تواند توسط میکروارگانیسم‌ها بی-تحرک شود سپس نیتروژن میکروارگانیسم‌های مرده و تجزیه شده به صورت آمینواسید و دیگر اشکال نیتروژن آلی وارد ذخایر نیتروژن آلی محلول شوند[۵۷]. بنابراین فعالیت آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها به عنوان دیگر فاکتور مهم کنترل کننده ذخایر نیتروژن در خاک می‌باشند. ممکن است تغییر شکل بیشتر مواد آلی به نیتروژن آلی محلول نسبت به تبدیل نیتروژن آلی محلول به آمونیوم و نیترات عامل محدودکننده سرعت تغییر شکل در اکوسیستم باشد.

چن وهمکاران (۲۰۰۵) پیشنهاد کردند که نیتروژن آلی محلول خاک، اشکال غالب نیتروژن ورودی به آبهای سطحی بوده و فاکتور مؤثر بر کیفیت آب می‌باشد[۵۸]. همچنین نیتروژن آلی محلول خاک شاخصی از نیتروژن قابل دسترس، معدنی وشستشو شده می‌باشد[۵۷]. در واقع پویایی نیتروژن آلی محلول مشابه نیتروژن معدنی متأثر از معدنی شدن، بی‌تحرک شدن، شستشو و جذب توسط گیاهان می‌باشد، اما اندازه مخازن نیتروژن آلی محلول پایدارتر از نیتروژن معدنی می‌باشد[۱۳۷]. منگل و همکاران (۱۹۹۹) پیشهاد کردند که مخازن نیتروژن آلی محلول خاک متشکل از نیتروژنی است که به راحتی قابل معدنی شدن می‌باشد و بنابراین بر ذخایر چرخه نیتروژن مانند $N\text{-}NH_4^+$ اثر بزرگی دارد[۱۲۹]. معدنی شدن، آلی شدن، آبشویی و جذب توسط گیاهان از جمله فرآیندهای چرخه نیتروژن هستندکه تحت تأثیر نیتروژن آلی محلول می‌باشند. اپل و منگل (۱۹۹۲) بیان کردند که نیتروژن آلی محلول، شاخص قابل اطمینانی از ذخایر در دسترس نیتروژن آلی برای معدنی شدن نیتروژن است[۲۳].

تعیین دسترسی زمانی و مکانی نیتروژن آلی محلول به دلایل زیر مهم می‌باشد: ۱) نیتروژن آلی محلول یک منبع غذایی متحرک است و جریان آن می‌تواند دسترسی نیتروژن در لایه‌های عمقی‌تر خاک را تامین کند. ۲) نیتروژن آلی محلول مهمترین شکل هدر رفت نیتروژن در اکوسیستم‌های خاکی بکر به شمار می‌رود. ۳) مولکولهای ساده نیتروژن آلی محلول، چه به کمک همزیستی گیاه با مایکوریزا و چه به صورت جذب مستقیم برای گیاهان قابل استفاده‌اند[۵۸]. بنابراین شاید بتوان گفت ازجمله مهمترین خصوصیات نیتروژن آلی محلول که منجر به تمرکز تحقیقات در قرن اخیر بر آن گردیده است، عبارتند از ۱) نشت نیتروژن آلی محلول با وجود تقاضا برای نیتروژن به خارج از اکوسیستم ۲) جذب مستقیم نیتروژن به شکل آمینو اسیدها توسط گیاهان بدون گذراندن مرحله‌ی معدنی شدن میکروبی نیتروژن ۳) هدر رفت نیتروژن از طریق آبشویی نیتروژن آلی محلول.

نیتروژن آلی محلول خاک می‌تواند توسط روش‌های فیزیکی و شیمیایی متعدد از جمله روش‌های شیمیایی مرطوب و سوزاندن اندازه‌گیری شود. روش‌های شکستن فیزیکی وشیمیایی، تکنیک‌های ایزوتوپی ^{13}C,^{14}Cو^{15}N برای بدست آوردن طبیعت و پویایی نیتروژن آلی محلول استفاده می‌شوند[۵۷]. همچنین نیتروژن آلی محلول خاک می‌تواند توسط شستشو، مکش، سانتریفیوژ و عصاره‌گیری با استفاده از هم‌زدن با آب یا محلول نمکی عصاره‌گیری شود[۱۰۹].

روش‌های عصاره‌گیری مختلفی شامل آب، محلول‌های نمکی مختلف (کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم)، آب داغ، کلرید پتاسیم داغ و الکترواولترافیلتریشن (EUF)[1] برای تعیین مقدار ذخایر

[1] Electroultrafiltration

نیتروژن آلی محلول استفاده شده‌اند. در حال حاضر روش استانداردی برای اندازه‌گیری نیتروژن آلی محلول خاک وجود ندارد[۱۰۹].

نمک‌هایی که برای عصاره‌گیری نیتروژن آلی محلول خاک استفاده می‌شوند، قادر به آزاد سازی نیتروژن آلی محلولی هستند که به صورت فیزیکی در سطوح رس‌ها یا مواد آلی جذب شده‌اند. بنابراین نیتروژن آلی محلول در نمک عصاره‌گیری شده ممکن است بیانگر نیتروژن آلی محلول قابل تبادل یا جذب سطحی شده باشد. همچنین تفاوت در نیتروژن آلی محلول عصاره‌گیری شده توسط نمک‌های مختلف ممکن است به دلیل تفاوت در طبیعت نیتروژن آلی محلول عصاره‌گیری شده و یا تفاوت در عمل عصاره‌گیری باشد. چن و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که ذخایر نیتروژن آلی محلول در خاک‌های عصاره‌گیری شده توسط کلرید پتاسیم بیشتر از سولفات پتاسیم بوده و مقدار عصاره‌گیری توسط آب در مقایسه با محلول نمکی کمتر است. همچنین نیتروژن آلی عصاره‌گیری شده توسط آب، سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار و کلرید پتاسیم ۲ مولار به مقدار زیادی با هم همبستگی دارند[۵۸].

عوامل مؤثر بر نیتروژن آلی محلول خاک

مقدار و ترکیب نیتروژن آلی محلول خاک در خاک‌های معدنی به فاکتورهای زیستی و غیر زیستی مانند نوع خاک، گونه‌های درختان، کمیت و کیفیت مواد آلی ورودی ، جوامع میکروبی، مدیریت بقایا و شرایط محیطی مانند دما و بارندگی بستگی دارد[۲۰۷] .کوکسان و همکاران (۲۰۰۷) پیشنهاد کردند که تفاوت در مقدار نیتروژن آلی محلول در انواع مختلف کاربری‌ها به دلیل تفاوت در کمیت و کیفیت مواد آلی ورودی و فرآیندهای تغییر شکل میکروبی می‌باشد[۶۲]. بطوری که حضور مواد آلی به مقدار و تحرک بیشتر معمولاً منجر به مقدار بیشتری نیتروژن آلی محلول در خاک می‌گردد[۴۹]. چن وزوو (۲۰۰۸) نشان دادند که نیتروژن آلی محلول در لایه آلی بیشتر از لایه معدنی تحتانی می‌باشد[۵۷]. جنسن و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که نیتروژن آلی قابل عصاره‌گیری با سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار به صورت فصلی بین ۲۰-۸ کیلوگرم در هکتار در خاک شنی درشت و ۳۰-۱۵ کیلوگرم در هکتار در خاک لومی شنی تغییر می‌کند، بطوری که کمترین مقدار نیتروژن آلی محلول در فصل زمستان و بیشترین مقدار آن در فصل تابستان گزارش شده است[۱۰۵].

در واقع یکی از فاکتورهای مؤثر بر مقدار ذخایر نیتروژن، جذب سطحی توسط فاز جامد می‌باشد. مقدار جذب سطحی نیتروژن آلی محلول روی سطح مواد معدنی بستگی به خصوصیات شیمیایی نیتروژن آلی محلول دارد که این خصوصیات شیمیایی به خوبی شناخته نشده‌اند[۱۱۲]. پول و ویلیام (۲۰۰۵) اظهار کردند که ماهیت شیمیایی نیتروژن آلی محلول خاک بستگی به منبع آن داشته و با نوع خاک و کاربری تغییر می‌کند. در خاک‌های کشاورزی آمینواسیدهای آزاد و قندهای آمینی فقط کمتر از ۵٪ ، بازهای