

صلى الله عليه وسلم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی
گرایش طراحی فرآیند

عنوان پایان نامه

**اصلاح شیمیایی لیگنین با اسید اگزالیک جهت استفاده به عنوان پوشش برای تولید کود
کنترل رهش اوره**

استاد راهنما:

دکتر جمشید بهین

نگارش:

سحر مسعودی فر

خرداد ماه ۱۳۹۱

سپاس بی کران و تقدیر و تشکر از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر بهین که با بصیرت علمی و ژرف نگری خود مرا در تدوین این رسالت هدایت نمودند. از هیچ کوششی در به ثمر رساندن این پایان نامه دریغ ننمودند و تجربیات ارزنده خویش را خالصانه در اختیار من قرار دادند. شاگردی محضر ایشان افتخار من است.

تشکر و سپاس از دوست خوبم مهندس مریم حسینی به دلیل همراهی بی شائبه اش در انجام این پروژه

تقدیم این اثر تشکری است کوچک از بزرگواری هایتان،

پدر و مادر عزیزم

چکیده

رهش کنترل شده یکی از روش‌های بسیار مهم در تامین مقدار ماده مورد نیاز در زمان خواسته شده در زمینه‌های مختلف مانند کشاورزی، داروسازی و غیره می‌باشد. کودهای کنترل رهش معمولاً با استفاده از روش پوشش دهی تهیه شده و از طریق ایجاد یک مانع فیزیکی، سبب کاهش سرعت حلالیت کودهای محلول در آب می‌شوند. هدف از این مطالعه تهیه یک پوشش زیست تجزیه پذیر و از لحاظ اقتصادی به صرفه می‌باشد. بدین منظور لیگنین اصلاح شده به عنوان ماده پوشش دهنده انتخاب شد. برای اصلاح شیمیایی لیگنین از اگزالیک اسید استفاده شده است. این ماده سبب بهبود خاصیت آبگریزی لیگنین می‌شود. استفاده از این ماده به عنوان پوشش بر روی اوره سبب تولید یک نوع کود کنترل رهش می‌شود که توانایی کنترل سرعت رهش و الگوی رهش را به طور همزمان دارد. ایده استفاده از روش بستر سیال اوره در فرآیند پوشش دهی با لیگنین اصلاح شده در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفت. این واحد آزمایشگاهی از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. محفظه نگهداری محلول پوشش دهنده که تحت فشار بوده، و انتقال و پاشش محلول پوشش دهنده را بر عهده دارد و بستر سیال که شناورسازی اوره و پیش-گرم کردن دانه‌های اوره را انجام می‌دهد. برای بررسی اثر درصد پوشش بر رهش اوره از سه درصد پوشش مختلف ۴،۸، ۹،۳ و ۱۶،۱ استفاده شد. سه مدل مختلف توانی، هیپربولیک اصلاح شده و شوارتز اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفتند، که مدل شوارتز اصلاح شده برای نمونه با بالاترین درصد پوشش (۱۶،۱٪)، با مقدار R^2 معادل ۰،۹۸۶۱، بهترین همپوشانی را با داده‌های آزمایشگاهی داشته است.

فهرست مطالب

عنوان.....

پیشگفتار

فصل اول: مقدمه‌ای بر کودهای کند رها (آهسته‌رهش و کنترل‌رهش)

- ۱-۱- کودهای حاوی نیتروژن..... ۳
- ۱-۱-۱- ضرورت اصلاح و بهبود کودهای حاوی نیتروژن..... ۳
- ۱-۱-۲- روشهای جلوگیری از اتلاف نیتروژن در کودهای حاوی نیتروژن..... ۵
- ۲-۱- کودهای کند رها..... ۶
- ۱-۲-۱- مزایای کودهای کند رها..... ۹
- ۳-۱- لیگنین..... ۹
- ۴-۱- انواع روشهای جداسازی لیگنین از لیکور سیاه..... ۱۲

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده بر روی کودهای کندرها

فصل سوم: مواد و تجهیزات و بخش تجربی و آزمایشگاهی

- ۱-۳- مواد و تجهیزات آزمایشگاهی..... ۳۱
- ۱-۳-۱- دستگاه پوشش‌دهنده دانه‌های اورم..... ۳۳
- ۲-۳- جداسازی لیگنین از لیکور سیاه..... ۳۸
- ۱-۲-۳- آماده‌سازی لیکور سیاه..... ۳۸
- ۲-۲-۳- فرآیند جداسازی توسط غشا..... ۳۹
- ۳-۳- اصلاح شیمیایی لیگنین جهت پوشش‌دهی..... ۴۰
- ۱-۳-۳- ماده واکنش‌دهنده با لیگنین..... ۴۰
- ۲-۳-۳- واکنش با اگزالیک اسید..... ۴۰
- ۳-۳-۳- حلال مناسب..... ۴۲
- ۴-۳- آزمایشات پوشش‌دهی..... ۴۳

۴۴	۳-۴-۱- پوشش دهی توسط لیگنین اصلاح شده.....
۴۵	۳-۵- بررسی کیفیت محصول تولیدی.....
فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری	
۴۷	۴-۱- شناسایی لیگنین.....
۴۸	۴-۲- شناسایی لیگنین اصلاح شده.....
۵۰	۴-۳- مکانیسم اصلاح شیمیایی لیگنین.....
۵۱	۴-۴- نتایج فرآیند پوشش دهی.....
۵۲	۴-۵- نتایج آزمایش حلالیت.....
۶۱	۴-۶- نتایج SEM.....
۶۳	۴-۶- نتیجه گیری کلی.....
۶۴	ضمیمه.....
	منابع.....

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) - راه‌های اتلاف نیتروژن در خاک..... ۵
- شکل (۲-۱) - شماتیکی از ساختار لیگنین و مونومرهای موجود در آن..... ۱۱
- شکل (۱-۲) - اثر درصد پوشش کوپلیمر وینیل کلراید بر روی حلالیت اوره در 22°C ۱۸
- شکل (۲-۲) - اثر درصد پوشش پلی‌کربنات بر روی حلالیت اوره در 22°C ۱۸
- شکل (۳-۲) - اثر درصد پوشش پلی‌استایرن بر روی حلالیت اوره در 22°C ۱۹
- شکل (۴-۲) - اثر درصد پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته کم بر روی حلالیت اوره در 22°C ۱۹
- شکل (۵-۲) - حلالیت ۷ روزه بر اساس درصد پوشش برای پلیمرهای مختلف در 22°C ۲۰
- شکل (۶-۲) - رفتار رهش کودهای پوشش دار شده با واکس پارافین و روسین..... ۲۲
- شکل (۷-۲) - منحنی تغییرات حلالیت کود $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ بدون پوشش، پوشش پارافین و مخلوطی از پارافین / روسین..... ۲۳
- شکل (۸-۲) - منحنی تغییرات حلالیت کود NH_4NO_3 بدون پوشش، پوشش پارافین و مخلوطی از پارافین / روسین..... ۲۳
- شکل (۹-۲) - منحنی تغییرات حلالیت کود KNO_3 بدون پوشش، پوشش پارافین و مخلوطی از پارافین / روسین..... ۲۴
- شکل (۱۰-۲) - درصد رهش اوره از ماتریس لیگنین..... ۲۵
- شکل (۱۱-۲) - درصد رهش اوره از اوره با پوشش اتیل سلولز..... ۲۶
- شکل (۱-۳) - نمودار بلوکی فرآیند تولید اوره با پوشش پلیمری در راکتور بستر سیال..... ۳۳
- شکل (۲-۳) - شماتیکی از سیستم بستر سیال و سیستم پاشش..... ۳۵
- شکل (۳-۳) - نمایی از سیستم کنترلی واحد آزمایشگاهی..... ۳۶
- شکل (۴-۳) - نمایی از واحد آزمایشگاهی..... ۳۷
- شکل (۵-۳) - نمونه‌ای از لیکور سیاه به صورت جامد و مایع..... ۳۸
- شکل (۶-۳) - شماتیکی از فرآیند جداسازی لیگنین از لیکور سیاه توسط غشا..... ۳۹

- شکل (۳-۷) - نمایی از سیستم واکنش ۴۱
- شکل (۳-۸) - میزان حلالیت لیگنین اصلاح شده در حلال‌های مختلف ۴۲
- شکل (۴-۱) - طیف FTIR لیگنین استخراج شده از لیکور سیاه ۴۸
- شکل (۴-۲) - طیف FTIR لیگنین اصلاح شده و لیگنین خالص ۴۹
- شکل (۴-۳) - نمونه ای از لیگنین اصلاح شده ۵۰
- شکل (۴-۴) - مکانیسم واکنش استیل‌شدن لیگنین ۵۱
- شکل (۴-۵) - نمونه‌هایی از محصولات پوشش‌دهی شده با درصد پوشش‌های، (a) ۴٫۸، (b) ۹٫۳، (c) ۱۶٫۱ ۵۲
- شکل (۴-۶) - نمودار استاندارد هدایت سنجی برای غلظت‌های مختلف اوره ۵۳
- شکل (۴-۷) - نمودار درصد رهش اوره پوشش‌دار برای درصد رهش‌های مختلف بر حسب زمان ۵۴
- شکل (۴-۸) - نمودار رهش اوره بر حسب درصد پوشش پس از ۱۲ ساعت ۵۵
- شکل (۴-۹) - الگوی رهش اوره با استفاده از مدل توانی ۵۸
- شکل (۴-۱۰) - الگوی رهش اوره با استفاده از مدل هیپربولیک اصلاح شده ۵۹
- شکل (۴-۱۱) - الگوی رهش اوره با استفاده از مدل شوارتز اصلاح شده ۶۰
- شکل (۴-۱۲) - تصاویر SEM برای (a) اوره بدون پوشش، (b) اوره با پوشش لیگنین اصلاح شده ۶۱
- شکل (۴-۱۳) - تصاویر SEM برای اوره پوشش‌دهی شده با لیگنین اصلاح شده، (a) ۴٫۸، (b) ۹٫۳ و (c) ۱۶٫۱ ۶۲

فهرست جدول‌ها

- جدول (۱-۳) - مشخصات اوره مورد استفاده در آزمایش ۳۲
- جدول (۲-۳) - ترکیبات لیکور سیاه مورد استفاده در آزمایش ۳۲
- جدول (۳-۳) - مقادیر متغیرهای عملیاتی در فرآیند پوشش‌دهی ۴۵
- جدول (۱-۴) - پارامترهای محاسبه شده برای مدل‌های بکار رفته ۵۷
- جدول (۲-۴) - ضریب همبستگی مدل‌های استفاده شده برای رهش اوره در آب ۵۸

پیشگفتار

در صنایع کشاورزی، کودها به منظور افزایش بازده محصولات کشاورزی با یک چالش دائمی روبرو هستند. بدین منظور، تلاش‌هایی برای بهبود کودهای شیمیایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، صورت گرفته است و همچنین کودهای جدیدی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اوره از کودهایی است که عموماً مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علت حلالیت بالای آن در آب به راحتی نیتروژن اضافی وارد خاک می‌شود. در اثر مصرف بی‌رویه نیتروژن مشکلات فراوانی به وجود می‌آید. از جمله این مشکلات می‌توان به مواردی مانند: آلودگی آب‌های زیر زمینی، جذب نیتروژن بیش از حد نیاز توسط بعضی گیاهان که خوردن اینگونه گیاهان باعث بیماری می‌شود. و کاهش بازده محصول در اثر اضافی نیتروژن موجود در آب کشاورزی. یکی از راه‌های جلوگیری از این پدیده استفاده از کودهای کند رها یا کنترل رهش می‌باشد. تاکنون روش‌های مختلفی برای تولید این نوع کودها ارائه شده است که رایج‌ترین و مناسب‌ترین آنها روش پوشش دادن کود به روش فیزیکی (مانند بستر سیال) با پوشش‌های مختلفی نظیر گوگرد و پلیمرها می‌باشد. کودهای کنترل رهش کودهای ویژه‌ای هستند که سرعت آزاد شدن آنها قابل تنظیم و تابعی از دوره زندگی گیاه است. این نوع کودها علاوه بر اینکه توانایی کنترل سرعت رهش مواد مغذی را دارند، می‌توانند کنترلی بر الگوی رهش مواد مغذی داشته باشند. این نوع کودها با قابلیت تنظیم سرعت انحلال این امکان را ایجاد می‌کنند که برای هر گیاه از کودی با سرعت انحلال متناسب با نیاز آن استفاده شود. بنابراین در یک دوره زمانی مشخص، تاثیر عوامل مضر را به حداقل رسانیده و بازده استفاده از آن را افزایش می‌دهند. اولین مطالعات در مورد تکنولوژی کنترل رهش‌ها در سال ۱۹۶۱ انجام گردید. در سیستم‌های رهش کنترل شده آزاد شدن مواد تحت تاثیر محیط نبوده و آزاد سازی آنها به وسیله طراحی سیستم کنترل می‌شود. از مزایای سیستم‌های کنترل رهش می‌توان به غلظت آزاد سازی یکنواخت از ماده مغذی، مصرف بهینه ماده مغذی، انتقال و آزاد سازی در محل مورد نظر و میزان مصرف دوره‌ای کمتر و در نتیجه آلودگی کمتر اشاره نمود. هر چند که تاکنون به دلیل هزینه بالای تولید، مصرف کودهای کند رها محدود به کشورها و مصارف خاص شده است، با این حال این کودها به دلیل مزایای فراوانی که دارند همواره مورد توجه قرار گرفته و همین امر باعث افزایش سرمایه‌گذاری‌ها برای بهینه‌سازی و توسعه و ساخت این قبیل کودها شده است.

مدل‌های مختلفی جهت پیش‌بینی الگوی رهش اوره از کودهای کنترل‌رهش ارائه شده‌اند. هیگچی اولین مدل را برای پیش‌بینی رهش جزء فعال از سیستم کنترل‌رهش که به روش ماتریس تهیه شده، ارائه داد. سینکلیر و پیپاس مدل توانی را برای الگوی رهش جزء فعال در سیستم‌هایی که مکانیسم نفوذ بر آن حاکم است ارائه دادند. از دیگر مدل‌های مهمی که در این رابطه بکار میرود می‌توان به مدل شوارتز اصلاح‌شده و مدل هیپربولیک اصلاح‌شده اشاره نمود.

در این تحقیق ابتدا به معرفی کودهای کنترل‌رهش پرداخته شده است. سپس در فصل سوم، روش‌ها و مواد مختلف جهت پوشش‌دهی کود اوره مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل چهارم چگونگی انجام آزمایشات و نتایج حاصله و تحلیل آنها ارائه شده است.

فصل اول

مقدمه‌ای بر کودهای کندرها

(آهسته رهش و کنترل رهش)

در صنایع کشاورزی، کودها^۱ به منظور افزایش بازده محصولات کشاورزی با یک چالش دائمی روبرو هستند. بدین منظور، تلاش‌هایی برای بهبود کودهای شیمیایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، صورت گرفته است و همچنین کودهای جدیدی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱]. کودهای شیمیایی معمولاً از بازده بالایی برخوردار نیستند. این واقعیت گریزناپذیر مخصوصاً در مورد کودهای نیتروژن‌دار مصداق کامل دارد. از سه ماده اصلی مورد نیاز گیاهان یعنی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نیتروژن سریعتر خاک را ترک می‌کند. مقدار کلی نیتروژنی که در جریان مصرف کودهای نیتروژنه از دست میرود بین ۳۰ تا ۵۰ درصد تخمین زده می‌شود که به صرفه نیست [۲].

به جز مشکلات فنی موجود، بهبود کیفیت کودهای شیمیایی به دلیل مکانیزم‌های تغذیه گیاه، کار راحتی نمی‌باشد. به طور معمول، گیاهان مواد مغذی را از طریق ریشه‌های خود که در خاک هستند، جذب می‌کنند. هرچند گیاهان و خاک به عنوان دو سیستم رقیب، برای بدست آوردن مواد مغذی در دسترس و موجود در خاک با هم در رقابت می‌باشند [۳].

هر زمان مواد مغذی به صورت کودهای معدنی در خاک برای تغذیه گیاهان بکار برده شود، این رقابت یک مشکل اساسی به حساب می‌آید. این دلیل مهمی است برای اینکه چرا فقط بخشی از مواد مغذی توسط گیاهان و محصولات تولید شده جذب و مورد استفاده قرار می‌گیرند. هرچند که در حالت کلی تعریف علمی قابل قبولی برای بازده مواد مغذی یا بازده استفاده از مواد مغذی^۲ وجود ندارد، اما تحت شرایطی می‌توان چنین تعریف نمود که بازده مواد مغذی، مقدار مواد مغذی که در یک بازه زمانی مشخص توسط گیاهان و محصولات تولیدی از خاک جذب می‌شوند در مقایسه با مقدار مواد مغذی در دسترس و موجود در خاک در همان بازه زمانی می‌باشد.

1-Fertilizer
2-Nutrient Use Efficiency

۱-۱- کودهای حاوی نیتروژن

کودهای شیمیایی با هر ترکیبی، نمی‌توانند بازدهی بالایی داشته باشند. این واقعیت مخصوصاً در مورد کودهای حاوی نیتروژن مصداق کامل دارد. از سه ماده مغذی اصلی مورد نیاز گیاهان یعنی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نیتروژن سریعتر خاک را ترک می‌کند. مقدار کل ازتی که در جریان مصرف کودهای ازته از دست میرود بین ۳۰ تا ۵۰ درصد تخمین زده می‌شود. البته از دست دادن این مقدار از کود نه تنها باعث اتلاف هزینه می‌شود بلکه به خاطر نیاز گیاه باید کود بیشتری مصرف کرد و این کار مستلزم صرف هزینه‌های کارگری بیشتر و مصرف بیش از اندازه کود می‌شود بلکه به محصول و محیط زیست (آلودگی خاک و منابع زیر زمینی آب) نیز آسیب جدی می‌رساند.

با توجه به نقش حیاتی نیتروژن در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، استفاده از این عنصر ضروری می‌باشد. انواع کودهای حاوی نیتروژن که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند عبارتند از: کود سولفات آمونیوم، کود نترات آمونیوم، کود اوره^۱، کود اوره با پوشش گوگردی.

اوره یک ماده آلی است که از واکنش آمونیاک و دی‌اکسید کربن بدست می‌آید. در اتانول، متانول و گلیسرین قابلیت انحلال بالایی دارد و در اسید استیک، پریدین و اسید هیدروکلریک حل می‌شود ولی در بنزین حل نمی‌شود. از بین کودهای حاوی نیتروژن، اوره دارای حدود ۴۶٪ نیتروژن بوده و بیشترین غلظت را در میان کودهای نیتروژنه جامد به خود اختصاص داده است اگر چه با توجه به غلظت بالای نیتروژن و قیمت پایین آن در مقایسه با سایر کودهای نیتروژنه از نظر واحد نیتروژن مناسب‌ترین کود بشمار می‌رود، ولی خاصیت اسید زایی چندانی ندارد.

۱-۱-۱- ضرورت اصلاح و بهبود کودهای حاوی نیتروژن

با وجود بهبود در ساخت کودهای شیمیایی، هنوز مقدار قابل توجهی از آنها هنگام مصرف در خاک از دسترس گیاه خارج می‌شوند. از مهمترین عواملی که سبب هدر رفتن مواد مغذی می‌شوند، مواردی است که در زیر ارائه شده است:

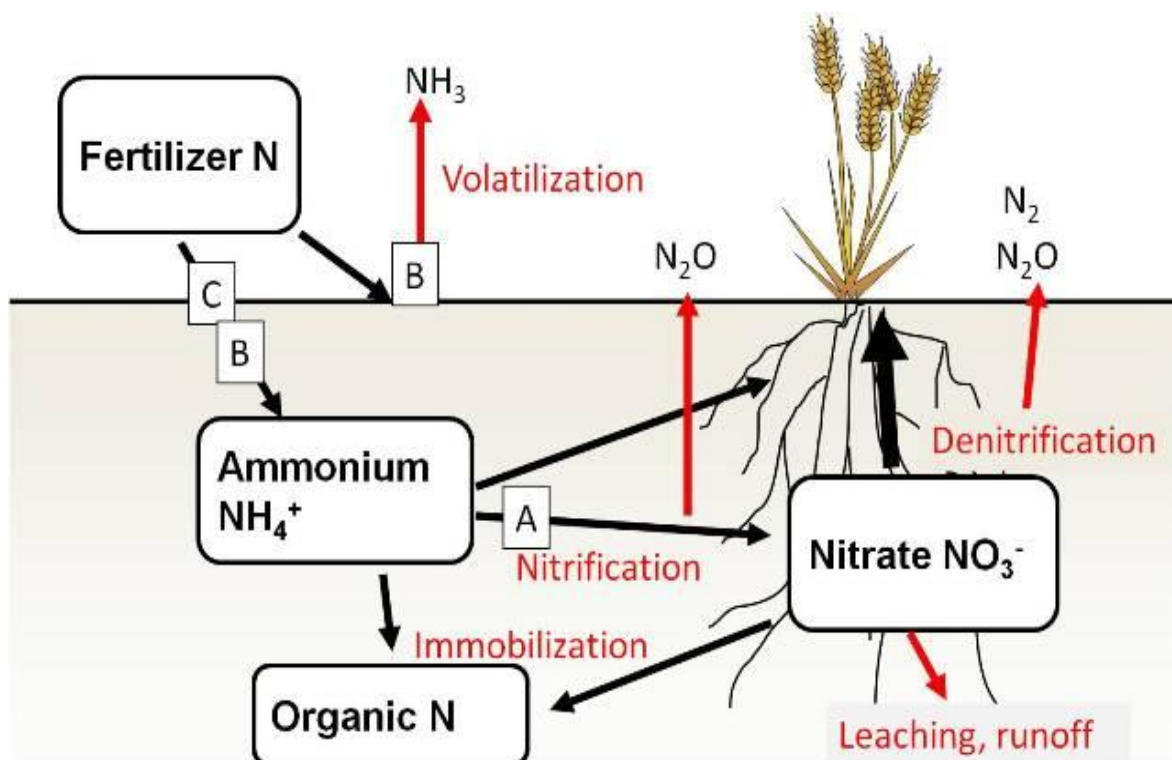
1-Urea(CO(NH₂)₂)

- پدیده دی نیتروفیکاسیون^۱: که توسط نوعی باکتری به نام دی نیتریفایینگ^۲ صورت می گیرد. این باکتری نیتروژن یونیزه یعنی نیتريت و نترات را که بهترین شکل قابل جذب برای گیاه است را تبدیل به گاز نیتروژن می کند که به سرعت خاک را ترک نموده و از دست میرود [۴،۵].
 - شستشوی نیتروژن توسط آب^۳: نترات آماده برای جذب گیاه توسط آب، بویژه در مناطق پر باران شسته می شوند و به نقاط غیر قابل دسترس ریشه منتقل می شوند [۶]. تخمین زده شده که در شالیزارها حدود ۷۰٪ از کودهای حاوی نیتروژن مورد استفاده، شسته می شوند.
 - اکسیداسیون و احیاء: که تحت شرایط مناسب یونهای آماده جذب گیاه در اثر اکسیداسیون و احیاء از محیط خارج می شوند.
 - تبخیر^۴: که در خاکهایی با pH بالا و آب و هوای گرم آمونیوم به آمونیاک گازی تبدیل و از محیط خارج می شود.
 - شکل های ترکیبی نیتروژن مثل اوره توسط آنزیم اوره آزه، باکتری های موجود در خاک و همینطور توسط آب هیدرولیز شده و به نیتروژن آمونیاکی تبدیل می شوند. نیتروژن آمونیاکی توسط نوع دیگری از باکتری بنام نیتروسوموناس^۶ به شکل یونیزه تبدیل می گردد که آن هم تحت فرآیند دی نیتروفیکاسیون تلف می شود [۷].
- برای جبران این اتلاف، باید کودها طی چند مرحله در طول دوره رشد گیاه مورد استفاده قرار گیرند که این عمل با هزینه بالا همراه می باشد و در ضمن عوارضی شامل آلودگی محصول و همچنین آلودگی خاک و آبهای زیر زمینی نیز به همراه دارد. در شکل زیر (شکل ۱-۱) راه های اتلاف نیتروژن نشان داده شده است.
- در اثر مصرف بی رویه نیتروژن مشکلات فراوانی به وجود می آید. از جمله این مشکلات می توان به موارد زیر اشاره نمود:
- آلودگی آب های زیر زمینی

1-Denitrification
 2-Denitrifying
 3-Leaching
 4-Volatilization
 5-Urease
 6-Nitrosomonas

- جذب نیتروژن بیش از حد نیاز توسط بعضی گیاهان که خوردن اینگونه گیاهان باعث بیماری می-شود.

- کاهش بازده محصول در اثر اضافی نیتروژن موجود در آب کشاورزی



شکل (۱-۱) - راه‌های اتلاف نیتروژن در خاک

۱-۱-۲- روش‌های جلوگیری از اتلاف نیتروژن در کودهای حاوی نیتروژن

برای جلوگیری از تبدیل سریع نیتروژن (ازت) به نترات و همچنین جذب مناسب ازت بوسیله گیاه ضروری است که سرعت تجزیه گیاه متناسب گردد. به منظور افزایش بازدهی کودهای نیتروژنه، مهمترین کار، جلوگیری از اتلاف نیتروژن محتوی در کود می باشد. باید سعی شود نیتروژن مغذی فقط به هنگام نیاز در اختیار گیاه و محصول زراعی قرار داده شود.

نترات آمونیوم و اوره از مهمترین کودهای محلول در آب هستند که حاوی مقدار زیادی نیتروژن (به ترتیب ۳۴٫۵ و ۴۶ درصد) در خود می باشند. متاسفانه کودهای مذکور از یک خصوصیت منفی یعنی

اتلاف قابل توجهی نیتروژن برخوردار هستند. در مجموع می توان گفت عامل اصلی اتلاف نیتروژن افزودن مقادیر بیش از نیاز ازت به خاک است که باعث می شود از یک سو توسط آب شستشو شود و از سوی دیگر زمینه مساعد برای هجوم باکتری ها و هدر دادن نیتروژن توسط آنها فراهم آید [۸]. بدین منظور چند راه حل ارائه شده است:

۱- **بازدارنده های نیتروفیکاسیون!** ترکیباتی هستند که با مختل نمودن فعالیت باکتری نیتروزموناس در یک بازه زمانی مشخص در خاک، سبب تاخیر در اکسید شدن باکتریایی^۲ یون آمونیوم^۳ به نیتريت^۴ و نترات^۵ را توسط نیتروباکتور^۶ و باکتری نیتروسلوبوس^۷ به عهده دارند. هدف استفاده از بازدارنده های نیتروفیکاسیون، کنترل شستشوی نترات می باشد که این کار با نگه داشتن نیتروژن به فرم آمونیاک و جلوگیری از دی نیتروفیکاسیون نترات می باشد که این کار با نگه داشتن نیتروژن به فرم گیرد. با این کار نیتروژن آمونیاکی کمتر به نیتروژن یونیزه (مغذی) تبدیل می شود و در نتیجه نیتروژن یونیزه کمتری برای تلف شدن وجود دارد [۹-۱۱].

۲- **تورکیبات مهارکننده آنزیم اوره آاز:** این ترکیبات در یک بازه زمانی مشخص از تبدیل آمید^۸ در اوره به آمونیوم هیدروکسید^۹ و آمونیوم جلوگیری می کنند. آنها همچنین نرخ هیدرولیز اوره را در خاک کاهش می دهند و در نتیجه میزان هدررفت ها را از طریق تبخیر آمونیوم در هوا کاهش می دهند. بازه اوره و کودهای نیتروژن دار را افزایش می دهند. بنابراین بازدارنده های اوره آاز برای یک بازه زمانی معین، هیدرولیز آنزیمی^{۱۰} اوره که وابسته به آنزیم های اوره آاز می باشد را مهار می کنند. با این کار نیتروژن آمونیاکی کمتری در دسترس باکتری نیتروزموناس قرار می گیرد [۱۲، ۱۳].

۳- **استفاده از کودهای کند رها:** با استفاده از این کودها، آزادسازی نیتروژن مغذی در کود تدریجا و به صورت پیوسته و کنترل شده انجام می شود. همچنین با بکارگیری این نوع کود آلودگی زیست- محیطی کاهش می یابد و بدین صورت هدف ما به بهترین شکل تامین خواهد شد [۱۴-۱۶].

1-Nitrification Inhibitors

2-Bacterial Oxidation

3-NH₄⁺

4-Nitrite(NO₂⁻)

5-Nitrate(NO₃⁻)

6-Nitrobacter

7-Nitrosolobus

8-Amide

9-Ammonium Hydroxide

10-Enzymatic Hydrolysis

۱-۲- کودهای کند رها

در اواسط قرن نوزدهم، دانشمندان آلمانی و انگلیسی، ایده استفاده از موادی که به سختی در آب محلول بوده و موجب آزادسازی تدریجی ماده مغذی در خاک می‌گردد را ارائه دادند. این اقدام نهایتاً منجر به جلوگیری از اتلاف سریع مواد مغذی کودهای شیمیایی مخصوصاً ترکیبات نیتروژنه گردید.

هدف از استفاده از کودهای کند رها، آزادسازی کنترل شده مواد غذایی موردنیاز گیاه است به گونه‌ای که از یک سو کارایی و اثربخشی آنها بر روی محصول به حداکثر برسد و از سوی دیگر اثرات منفی ناشی از استفاده مقادیر بالای کود به حداقل برسد. به همین دلیل کودهای کند رها را می‌توان به عنوان کودهای ایده‌آل در نظر گرفت که این نیازمندی‌ها را تا حد زیادی برآورده می‌کنند. به هر حال کودهای آهسته‌رهش و کنترل‌رهش و پایدارکننده می‌توانند بازده مواد مغذی را بهبود ببخشند و تاثیر منفی بر روی محیط را کاهش دهند. باید در نظر داشت که مشکلات مربوط به زمین و محصولات با استفاده از این نوع خاص از کودها، نمی‌تواند کاملاً خنثی شود. با استفاده از کودهای کند رها، آزادسازی نیتروژن در کود به صورت تدریجی و پیوسته و کنترل شده انجام می‌شود.

کودهای کند رها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

کودهای آهسته‌رهش^۱: این نوع کودها تاخیر در آزادسازی مواد مغذی ایجاد می‌کنند. این نوع کودها به آسانی آزاد می‌شوند و سرعت آزاد شدن آنها کنترل شده نیست.

کودهای کنترل‌رهش^۲: برخلاف کودهای آهسته رهش، کودهای کنترل رهش کودهای ویژه‌ای هستند که سرعت آزاد شدن آنها قابل تنظیم و تابعی از دوره زندگی گیاه است. این نوع کودها علاوه بر اینکه توانایی کنترل سرعت رهش مواد مغذی را دارند، می‌توانند کنترلی بر الگوی رهش مواد مغذی داشته باشند. این نوع کودها با قابلیت تنظیم سرعت انحلال این امکان را ایجاد می‌کنند که برای هر گیاه از کودی با سرعت انحلال متناسب با نیاز آن استفاده شود. بنابراین در یک دوره زمانی مشخص، تاثیر عوامل مضر را به حداقل رسانیده و بازده استفاده از آن را افزایش می‌دهند.

1-Slow Release Fertilizer

2-Control Release Fertilizer