

مروری بر صنایع کودهای شیمیایی و ذخایر و منابع تولید آن در ایران

معصومه نصراله زاده، نظام‌الدین اشرفی زاده*

تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی شیمی، آزمایشگاه فرایندهای پیشرفته جداسازی

پیام‌نگار: ashrafi@iust.ac.ir

چکیده

مصرف کود شیمیایی یکی از نیازهای حیاتی گیاه را تأمین می‌کند. کمبود عناصری همچون ازت، فسفر، پتاسیم، گوگرد و سایر عناصر مورد نیاز گیاه می‌تواند از طریق کودهای شیمیایی تأمین گردد. مواد اولیه مورد نیاز فراوری کودهای شیمیایی عمدتاً شامل گاز طبیعی و برخی مواد معدنی است که خوشبختانه در طبیعت ایران به وفور یافت می‌شوند. وجود منابع طبیعی متعدد و متنوع و همچنین دسترسی به منابع انرژی ارزان قیمت، پتانسیل بسیار مناسبی را برای گسترش و توسعه صنایع کود شیمیایی کشور فراهم کرده است. برای شناسایی و تعیین ظرفیت بازارهای مصرف داخلی و منطقه‌ای، مراجعه به آمار تولید و مصرف کود شیمیایی در کشورهای منطقه لازم و ضروری است.

در این مقاله سعی شده است انواع کودهای شیمیایی معرفی شوند و بازار تولید و مصرف آنها در ایران مورد نقد و بررسی قرار گیرد. چنین تحقیقی می‌تواند با شناسایی پتانسیل‌های موجود در بازارهای داخلی و منطقه‌ای، امکان توسعه و رشد سرمایه‌گذاری و همچنین ایجاد بازار کار برای نیروهای جویای کار را در این بخش از صنایع شیمیایی مورد ارزیابی قرار دهد.

کلمات کلیدی: کود شیمیایی، تغذیه گیاه، ازت، فسفر، پتاسیم، گوگرد

۱- مقدمه

پتانسیل‌های با ارزش و مغتنمی است که چشم‌اندازی روشن و آینده‌ای درخشان را برای این بخش از صنایع شیمیایی کشور نوید می‌دهد. علیرغم پتانسیل‌های فوق‌الذکر، کمبود ذخایر معدنی با عیار بالا از عناصر پتاسیم و فسفر، که دو عنصر اساسی از سه عنصر مورد نیاز خاک یعنی نیتروژن، پتاسیم، و فسفر را تشکیل می‌دهند، محدودیت‌هایی را در توسعه واحدهای فراوری کودهای فسفوره و پتاسه ایجاد کرده است. البته با شروع بهره‌برداری از واحد فراوری پتاسیم خور و بیابانک، کمبودها در این بخش تا حد زیادی مرتفع خواهد شد و چالش اساسی در پیش رو صرفاً متوجه شناسایی فرایندهای

صنعت تولید و فراوری کودهای شیمیایی یکی از صنایع بزرگ و مادر کشور است که به دلیل انطباق با مؤلفه‌های اساسی توسعه صنعتی کشور، یعنی مصرف مواد معدنی و گاز طبیعی بعنوان مواد اولیه و تولید محصولاتی که یکی از نهاده‌های ضروری کشاورزی را تأمین می‌کند، در کانون توجه مسئولان صنعتی کشور قرار دارد و بزودی بزرگترین حجم سرمایه‌گذاری کشور را به خود اختصاص خواهد داد. منابع انرژی ارزان قیمت، نیروی کار جوان و مستعد، دسترسی به مواد معدنی مورد نیاز و بازارهای مصرف ملی و منطقه‌ای از جمله

محیطی استفاده از این ماده را روی خاک بویژه به صورت کودهای شیمیایی بررسی می‌کرد. اسمایل^۱ بیان کرد که فعالیتهای بشری مقدار نیتروژنی را که وارد چرخه زندگی می‌گردد به دو برابر افزایش می‌دهد. در این میان محصولات کشاورزی به عنوان یکی از بزرگترین عوامل در تغییر و دگرگونی چرخه تکامل، نقش مهمی ایفا می‌کنند. نیتروژن عمدتاً به صورت نترات (NO_3^-) و مقداری نیز به شکل آمونیوم (NH_4^+) جذب گیاه می‌شود. اتلاف نیتروژن، از طریق فرایندهای شستشو، فرسایش، تبخیر، دنیتریفیکاسیون و تثبیت در مواد آلی خاک صورت می‌گیرد. بازیافت اندک نیتروژن توسط درختان، سبب افزایش نشت نیتروژن به محیط و در نتیجه آثار نامطلوب زیست محیطی می‌گردد [۴ و ۳ و ۱].

۲-۲ فسفر

فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه و مهمترین عنصر در تولید محصول است. برخلاف نیتروژن، ترکیبات فسفوری تقریباً نامحلول هستند و به راحتی از خاک شسته نمی‌شوند. به طور کلی، فسفر قابل استفاده خاک در کشت متمرکز سریعاً به مصرف می‌رسد و مقدار آن در خاک کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی، افزودن کودهای فسفاتی جهت نیل به عملکرد بالا، ضرورت می‌یابد [۵]. سنگ فسفاته طی فرایندهای شیمیایی و مکانیکی ابتدا به اسید فسفریک و سپس به چندین نوع نمک فسفاته از جمله بیوفسفات، سوپرفسفات، فسفات آمونیوم، دی آمونیوم فسفات، سوپرفسفات تریپل، مونوفسفات آمونیوم و امثالهم تبدیل می‌گردد. فسفر قابل استفاده در خاک بر مبنای پنتاکسید وانادیم محاسبه می‌شود ولی بهترین روش، محاسبه فسفر عنصری است. بر اساس آمار موجود بازدهی کودهای فسفاته در زمین‌های معمولی نسبتاً پایین بوده است [۵].

۳-۲ پتاسیم

پتاسیم باعث بهبود رنگ پوست میوه، خوش خوراکی، افزایش قند و ویتامین ث در مرکبات و اکثر میوه‌ها می‌گردد. اگر پتاسیم موجود در برگها از حد طبیعی کمتر باشد، تحت چنین شرایطی با مصرف کودهای پتاسیمی، محصول درختان میوه و نیز، اسیدیته کل آنها افزایش می‌یابد. به طور کلی کانسارهای املاح پتاسیم مورد استفاده در طبیعت به دو صورت دیده می‌شوند:

1. Smile

اقتصادی برای استحصال فسفر از منابع کم عیار معدنی کشور خواهد بود. در این میان تولید انبوه انواع کودهای ازته و سایر کودهای ترکیبی و مرکب مورد نیاز کشاورزی منبع تامین ارزش افزوده قابل توجهی برای کشور خواهد بود. از طرفی توسعه صنعت مزبور موجب اشتغال و به‌کارگیری فارغ التحصیلان جوان کشور بخصوص کارشناسان مهندسی شیمی بعنوان محور تخصصی این صنعت خواهد شد. بر فرهیختگان جامعه مهندسی شیمی کشور است تا با شناسایی منابع و پتانسیل‌های موجود از یکطرف، و بازارهای بالقوه مصرف کودهای شیمیایی از طرف دیگر در توسعه این بخش صنعتی گام نهاده و با مرتفع کردن نیازهای علمی و تحقیقاتی موجبات رشد و شکوفایی این صنعت بومی را فراهم آورند.

۲- عناصر و مواد مغذی مورد نیاز گیاه

برای رشد مناسب گیاه، عوامل و مواد مختلفی مانند آب، هوا، دمای مناسب، فضای ریشه دهی خوب، شرایط فیزیکی یا خاک مناسب کشت و مواد مغذی مورد نیاز گیاه تاثیر گذارند. عناصر شیمیایی مورد نیاز در قالب کود در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. مواد مورد نیاز گیاه معمولاً به سه دسته مواد پر مصرف اولیه، مواد پر مصرف ثانویه و عناصر غذایی کم مصرف (ریز مغذیها) طبقه بندی می‌شوند. در این میان نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان مواد پر مصرف اولیه شناخته شده اند. این مواد، به دلیل آنکه در مقایسه با سایر عناصر، بیشتر مورد نیاز گیاه، و همچنین، مواد مغذی هستند که رشد گیاه نسبت به آنها سنجیده می‌شود، به عنوان مواد اصلی اولیه در نظر گرفته شده اند. به عبارت دیگر چنانچه گیاهی از کمبود هر یک از عناصر غذایی اصلی رنج برد تا رفع آن عامل محدود کننده رشد، مصرف کودهای محتوی عناصر کم مصرف سبب افزایش تولید نخواهد شد. کلسیم، منیزیم و گوگرد، مواد پرمصرف ثانویه را تشکیل می‌دهند که به مقدار زیاد اما کمتر از مواد پرمصرف اولیه مورد نیاز گیاه می‌باشند [۲ و ۱].

۱-۲ نیتروژن

نیتروژن عنصری مهم و حیاتی به عنوان پر مصرف ترین ماده مغذی به شمار می‌آید که می‌تواند به عنوان جزء محدودکننده بازدهی و محصول توسط انسان قابل تنظیم باشد. در سالهای اخیر محققان و زیست شناسان شروع به انجام تحقیقاتی کردند که مشکلات زیست

الف - شورا بهای حاوی املاح.

ب - لایه های نمکی املاح مختلف. این لایه ها که طی ادوار گذشته تشکیل شده اند، می توانند در اثر فرسایش در سطح زمین رخنمون داشته باشند و یا بصورت گنبد های نمکی در سطح زمین ظاهر شده و یا در اعماق کم و زیاد قرار گرفته باشند. کانی های مهم پتاسیم در این کانسارها عبارت اند از سیلویت^۱، کارنالیت^۲، کائینیت^۳، پیکرومریت یا شولینت^۴. از این کانیها سیلویت، کائینیت و پیکرومریت می توانند به عنوان کود شیمیایی مستقیماً مورد استفاده قرار گیرند. ولی بهتر است با توجه به حضور سایر املاح، به ویژه نمک طعام، فراوری شوند و به صورت کلرور پتاسیم یا سولفات پتاسیم تهیه و با ترکیب شیمیایی خاص به بازار عرضه شوند [۶].

۳- کودهای شیمیایی و انواع آن

کود عبارت از هر ماده طبیعی یا مصنوعی است که وقتی به گیاه یا به محیط اطراف آن (خاک) اضافه شود، بتواند یک یا چند عنصر غذایی مورد احتیاج گیاه را تأمین نماید. کمبود عناصری همچون نیتروژن، فسفر، پتاسیم، یا گوگرد می تواند از طریق کودهای شیمیایی تأمین گردد. مواد اولیه مورد نیاز فراوری کودهای شیمیایی عمدتاً شامل گاز طبیعی و برخی مواد معدنی است که خوشبختانه در طبیعت ایران به وفور یافت می شوند. وجود منابع طبیعی متعدد و متنوع و همچنین دسترسی به منابع انرژی ارزان قیمت، پتانسیل بسیار مناسبی را برای گسترش و توسعه صنایع کود شیمیایی کشور فراهم کرده است.

کودها را می توان به طرق مختلف دسته بندی کرد. در یک دسته بندی، کودها به کودهای معدنی (شیمیایی) و کودهای آلی^۵ تقسیم می شوند [۷]. با وجود آنکه در حالت کلی سه شکل فیزیکی (مایع، جامد و گاز) برای کودهای شیمیایی در نظر گرفته می شود، اما در واقع تنها دو نوع از آنها موجود است و مورد استفاده قرار می گیرد. بنابر این در تقسیم بندی متفاوت دیگری، کودهای شیمیایی را به دو دسته کودهای جامد و کودهای سیال (مایع) طبقه بندی می کنند. آمونیاک بدون آب^۶ کود شیمیایی گازی است اما در طبقه بندیها جزء کودهای مایع در نظر

گرفته می شود؛ بدلیل آنکه تحت فشار، به صورت مایع است. کودهای مایع N-P-K نیز بعنوان کودهای سیال شناخته شده اند و محلولهایی هستند که به همزن نیاز ندارند بلکه به صورت سوسپانسیون و یا مخلوطهای دوغابی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجودند که تنها به یک همزدن ساده جهت اختلاط ذرات جامد معلق در محلول نیاز دارند [۸]. کودهای مایع، محلول های نسبتاً غلیظ املاح هستند که وزن مخصوص متوسط آنها حدود ۱/۲۵ است. چون آنها محلول های غلیظ املاح هستند، وقتی درجه حرارت کاهش می یابد ممکن است به صورت محلول فوق اشباع درآیند. بنابراین املاح آن متبلور شده، از محلول جدا و ته نشین می شوند [۹]. بطور دقیق نمی توان گفت که چه موقع کودهای سیال معدنی و آلی وارد بازار شده اند، اما در سال ۱۷۲۱ ماتیو تیندال^۷ امتیاز اختراعی را به ثبت رساند که شامل ساخت یک محلول جدید بود که از گچ و آب دریا تهیه می شد. تولید کودهای سیال در اوایل دهه ۱۹۰۰، بعد از این که آمونیاک را از ترکیب هیدروژن و نیتروژن بدست آوردند، حرکت پر شتاب خود را آغاز کرد. یکی از اولین کارخانه های سازنده کود مایع در سال ۱۹۲۳ در اکلند^۸ کالیفرنیا بوسیله شرکت کود مایع جی و ام (G & M) ساخته شد. صنعت کودهای روان با پیشرفتهای اخیر، پیشرفت و گسترش زیادی داشته است. یکی از این پیشرفتهای تولید اسید سوپر فسفریک در سال ۱۹۵۶ است [۱۰]. استفاده از کودهای شیمیایی سیال یا مایع در میشیگان در طی سالهای گذشته افزایش یافته است. در سال ۱۹۶۵، نه درصد از کل کودهای شیمیایی فروخته شده در میشیگان، شامل کودهای مایع بود. با وجود این، کودهای خشک^۹ (جامد) همچنان بخش اعظم کودهای فروخته شده در میشیگان را شامل می شوند [۸]. رایج ترین کودهای روان، محلولهای نیتروژنی هستند. محلولهای نیتروژنی رایج، محلولهای اوره و نترات آمونیوم می باشند. کودهای چند عنصری مایع بر اساس محلولهای فسفاتهای مونو آمونیوم، پلی فسفات آمونیوم، نترات آمونیوم، اوره و کلرور پتاسیم پایه گذاری شده اند. کودهای سوسپانسیونی از انواع دیگر کودهای روان است. از مزایای کودهای سیال، در مقایسه با جامد، می توان به قابلیت جذب بالا توسط گیاه، مصرف کمتر، تهیه مخلوطهای یکنواخت، صرفه جویی در انرژی، تثبیت کمتر در خاک، قابلیت مصرف همزمان

1. KCl

2. KCl. MgCl₂. 6H₂O

3. KCl. MgSO₄. 2.75H₂O

4. K₂Mg(SO₄)₂. 6H₂O

۵. کودهای آلی در چهار گروه حیوانی، سبز، ضایعات کشاورزی و زباله شهری تقسیم می شوند.

6. Anhydrous ammonia

7. Matthew Tindal
8. Oakland
9. Dry Fertilizers

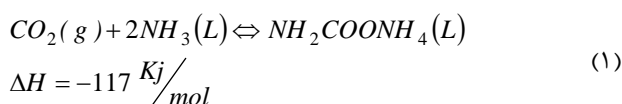
کارخانه تولید کود شیمیایی اوره در بجنورد با تولید تقریبی ۶۰۰ هزار تن در سال.

در سالهای اخیر چندین کارخانه تولید اوره یا ساخته شده و یا در حال ساخت می باشد [۱۷]:

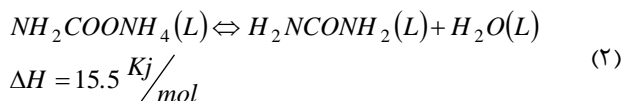
پتروشیمی خراسان با تولید ۵۵۰ هزار تن اوره در سال. کارخانه تولید اوره در کرمانشاه با ظرفیت تولید ۲۰۰۰ تن در روز. کارخانه تولید اوره در عسلویه با ظرفیت تولید ۳۰۰۰×۲ تن در روز. کارخانه تولید اوره در مسجد سلیمان با ظرفیت تولید ۱۵۰۰ تن در روز.

در حال حاضر هزینه احداث یک واحد اوره با ظرفیت ۲۰۰۰ تن در روز در حدود ۳۵۰ میلیون دلار است. همچنین اوره در حال حاضر پر مصرف ترین کود شیمیایی در ایران و جهان است و تولید آن در کشور بالغ بر دو میلیون تن در سال می باشد که به زودی تا ۳/۵ میلیون تن افزایش خواهد یافت [۱۸]. در کشوری مثل چین بیش از نصف کود شیمیایی مورد استفاده، به شکل اوره است [۱۹]. جدول (۱) میزان صادرات اوره ایران را طی سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۲ نشان می دهد. شکل (۱) روند تغییرات قیمت اوره و DAP^۱ را طی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ ارائه شده توسط سازمان FBO^۲ طبق متوسط قیمت در بالتیک، اندونزی و خلیج فارس نشان می دهد. همانطور که شکل زیر نشان می دهد قیمت هر دو ماده در طی این سالها روندی افزایشی را طی کرده است [۲۰].

آمونیاک و دی اکسید کربن، کربامات آمونیوم تشکیل می شود:

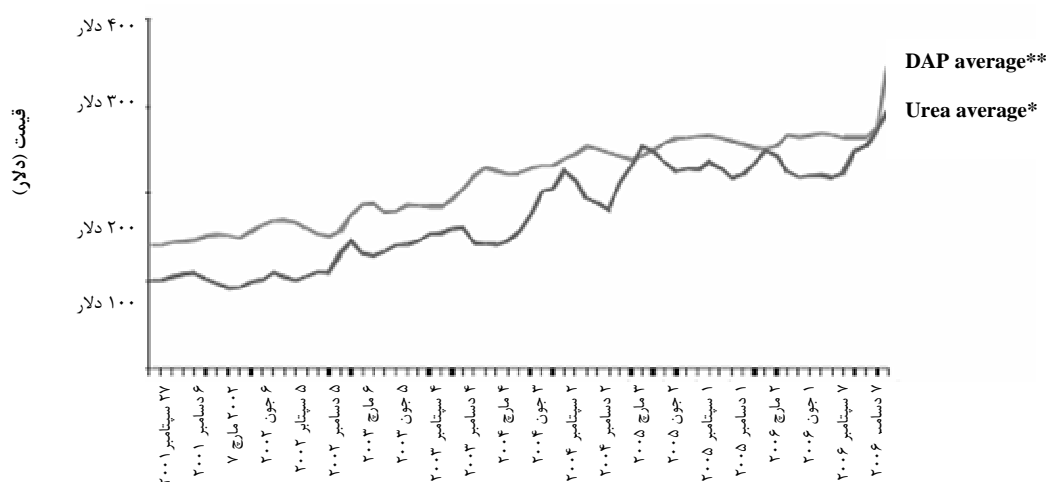


در فشارهای بالا، این واکنش جزئی است، کربامات آمونیوم با اوره و آب در تعادل است:



کربامات آمونیوم تبدیل نشده و آمونیاک واکنش نداده باید از مخلوط واکنش حاصله خارج شوند. فرایندهای صنعتی متعدد تولید اوره به ویژه از لحاظ روش جداسازی و طریق بازگردانی آمونیاک و دی اکسید کربن با یکدیگر تفاوت دارند. به حداقل رساندن مصرف انرژی این واحدهای تولیدی بزرگ از اهمیت فراوانی برخوردار است. در حال حاضر کارخانجات تولید کودهای اوره در کشور عبارتند از [۱۷]:

کارخانه تولید کود شیمیایی اوره در شیراز با تولید تقریبی ۵۵۰ هزار تن در سال. کارخانه تولید کود شیمیایی اوره در ماهشهر با تولید تقریبی ۴۰۰ هزار تن در سال.



شکل ۱- روند تغییرات قیمت اوره و DAP طی سالهای ۲۰۰۱-۲۰۰۷ [۲۰]

1. Di ammonium phosphate
2. FBO: Food and Beverage Organization

جدول ۱- صادرات اوره ایران از سال ۱۳۷۶ تا پایان

سال ۱۳۸۲ [۱۷].

کشور مقصد	میزان صادرات	میزان درآمد
هندوستان	۹۳ هزار تن	۹/۵ میلیون دلار
ترکمنستان	۵۰ هزار تن	۶ میلیون دلار
میانمار	۴۵ هزار تن	۳/۹ میلیون دلار
سری لانکا	۲۵ هزار تن	۲/۷ میلیون دلار
ویتنام	۲۴ هزار تن	۲/۹ میلیون دلار
اندونزی	۲۳ هزار تن	۱/۷۵ میلیون دلار
ایتالیا	۲۲ هزار تن	۳/۵ میلیون دلار
ایرلند	۲۰ هزار تن	۳ میلیون دلار
موزامبیک	۱۶،۵ هزار تن	۱/۲۷ میلیون دلار
سودان	۱۲ هزار تن	۱/۹ میلیون دلار
تایوان	۶ هزار تن	۴۷۶ هزار دلار
کنیا	۵،۹ هزار تن	۴۴۲ هزار دلار
افغانستان	۳،۹ هزار تن	۴۲۰ هزار دلار
ارمنستان	۳،۵ هزار تن	۴۲۰ هزار دلار
مالزی	۳،۲ هزار تن	۳۰۲ هزار دلار
پاکستان	۳ هزار تن	۲۱۰ هزار دلار
آذربایجان	۱۰۰ تن	۹ هزار دلار

(/۹۹/۹) [۱۳ و ۱۰] با وجود آنکه آمونیوم خشک یکی از منابع ارزان قیمت نیتروژن است، روشهای استفاده از آن و نیاز به انرژی و توان بالا جهت بهره برداری در خاک، سبب کاهش استفاده از این ماده، در مقایسه با سایر مواد مایع و یا خشک کودی، گردیده است [۸].

۳-۱-۴ نیترات آمونیوم

نیترات آمونیوم از ترکیب آمونیاک و اسید نیتریک حاصل می شود^۲ که واکنشی شدیداً گرمازا است. نیترات آمونیوم تجارتي ۲۶ تا ۳۴٪ نیتروژن دارد که نیمی از آن نیتروژن آمونیاکی و نیم دیگر نیتروژن نیتراتی است. این ماده ابتدا بصورت مذاب بدون آب است که توسط روشهایی به دانه های ریز سخت تبدیل می شود. انحلال پذیری نیترات آمونیوم در آب در دمای ۲۴/۵°C (۷۶ °F) معادل ۱۱۸ گرم در ۱۰۰ گرم آب است [۲۱ و ۱۳ و ۱۰]. جدول (۲) میزان صادرات نیترات آمونیوم ایران را از سال ۱۳۷۶ تا پایان سال ۱۳۸۲ نشان می دهد. از دیگر کودهای نیتروژنی می توان به محلول آمونیاک، سولفات آمونیوم، تیوسولفات آمونیوم، نیترات کلسیم، سیانامید کلسیم، نیترات سدیم، محلولهای اوره- نیترات آمونیوم، کلرور آمونیوم، نیترو فسفاتها، اوره- فسفاتها و غیره اشاره کرد.

جدول ۲- صادرات نیترات آمونیوم کشاورزی ایران از سال ۱۳۷۶

تا پایان سال ۱۳۸۲ [۱۷].

کشور مقصد	میزان صادرات	میزان درآمد
هندوستان	۴۳ هزار تن	۴،۶ میلیون دلار
ترکمنستان	۲۵ هزار تن	۱،۷۵ میلیون دلار
مالزی	۱۳ هزار تن	۹۵۰ هزار دلار
امارات	۵،۵ هزار تن	۴۹۷ هزار دلار
موزامبیک	۵،۵ هزار تن	۴۵۰ هزار دلار
ارمنستان	۴،۵ هزار تن	۳۹۰ هزار دلار
عربستان	۰،۶ هزار تن	۶۲،۵ هزار دلار
دبی	۰،۱ تن	۹،۵ هزار دلار

۲-۱-۴ آمونیاک خشک (بدون آب)^۱

این نوع کود نیتروژنی که حاوی ۸۲ درصد نیتروژن می باشد، مایع تحت فشار بالا است که هنگامیکه از مخزن خارج می شود بصورت گاز در می آید و به همین دلیل باید حداقل در عمق شش اینچی از سطح خاک تزریق شود. آمونیاک در خاک با آب واکنش داده و یون آمونیوم تشکیل می دهد. این ماده تا دمای ۴۰ °C (۱۰۴°F) در فشار بالای ۱۵ atm بصورت مایع باقی خواهد ماند. آمونیاک ماده ای خطرناک است و در تمام مراحل از ذخیره سازی تا مصرف باید تحت شرایط ایمنی قرار داشته باشد. درصد خلوص آمونیاک تولیدی معمولاً بالاست

2. $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$ (3)

1. Anhydrous Ammonia

۲-۴ کودهای فسفاته

جدول ۳- منابع فسفر در ایران و میزان ذخیره آنها [۵]

ردیف	نام و محل کانی فسفات	% P_2O_5	میزان ذخیره (میلیون تن)
۱	دلیر (۶۶ کیلومتری جنوب چالوس)	۱۱/۶	۶۳
۲	سیکندی (۴۵ کیلومتری جنوب غرب زنجان)	۱۲/۵	۱۲
۳	سیکندی (۲۵ کیلومتری جنوب غرب زنجان)	۶	۷
۴	ولی آباد (۷۰ کیلومتری جنوب چالوس)	۷/۹۸	۳
۵	فیروز آباد (۸۰ کیلومتری جنوب چالوس)	۸	۴۰
۶	چشین جنوب ابهر	۵/۲	۲/۷
۷	جنوب ابهر	۴/۲۷	۸
۸	آسفوردی (یزد)	۱۶/۲۷	۲/۷۵
۹	آسفوردی (یزد)	۱۷/۷۶	۱/۱۲
۱۰	جیرود (شمال تهران)	۲۰/۹۲	۲/۰۲
۱۱	جیرود (شمال تهران)	۹/۸۲	۷۳/۹
۱۲	کیل (شمال تهران)	۱۲/۲	۲/۱۵
۱۳	کیل (شمال تهران)	۱۱/۶۷	۹/۳
۱۴	لالون (شمال تهران)	۲۰/۸	۳
۱۵	لالون (شمال تهران)	۱۲/۷	۲/۹۹
۱۶	کدوک نوگل (منطقه فیروزکوه)	۱۲/۲	۳۰
۱۷	چالیش (منطقه فیروزکوه)	۱۰/۲۳	۸
۱۸	یافقه (منطقه فیروزکوه)	۷/۸۵	۳۲
۱۹	ده ملا (منطقه شاهرود)	۱۰/۲۹	۱۱/۷۵
۲۰	برگتر (منطقه شاهرود)	۷/۸۵	۱/۳
۲۱	ناقدیس چناره (دزفول)	۲	۵
۲۲	خورموج (جنوب بوشهر)	۸/۵	۵۶
۲۳	کوه نمک (جنوب بوشهر)	۱۰	۲۲
۲۴	ناقدیس ریزرود	۸/۲۵	۱
۲۵	شیخ هابیل (شرق مهدشت)	۱۲	۱
۲۶	کوه نیل (شرق مهدشت)	۱۲	۲/۷
۲۷	کوه زیتی (شمال بهبهان)	۱۲	۲۰
۲۸	کوه کومه (گچساران-مهدشت)	۶/۸	۲۲
۲۹	کوه سپید (جنوب غربی زاگرس)	۱۱	۱۷
۳۰	کوه لار (گچساران)	۹	۲۵۰

اولین مطالعات در مورد تولید کود شیمیایی در اوایل قرن نوزدهم در رابطه با دادن فسفر به خاک بوده است. در اوایل قرن نوزدهم از پودر استخوان بعنوان کود فسفات دار استفاده می شد. در سال ۱۸۳۱ برای اولین بار اسید سولفوریک رقیق با پودر استخوان مخلوط و کشاورزان از این مخلوط بصورت مایعی نسبتاً غلیظ استفاده می کردند. در سال ۱۸۱۱ برای اولین بار از اختلاط اسید سولفوریک با سنگ فسفات مخلوطی بدست آمد که بنام سوپر فسفات نامیده شد و در سال ۱۸۴۳ لاوز^۱ آن را در مقیاس تجارتي در انگلستان تولید و به بازار عرضه کرد. در سال ۱۸۷۱ دانشمندان آلمانی موفق به تولید تجارتي اسید سولفوریک و پس از آن سوپر فسفات تریپل شدند که درصد فسفر آن بیشتر از سوپر فسفات بود. این کود شیمیایی در دهه ۱۹۶۰-۱۹۵۱ یکی از مهمترین و پرمصرفترین کودهای شیمیایی در دنیا بشمار می رفت. در دهه ۱۹۶۱-۱۹۷۰ به ساخت فسفات آمونیوم به عنوان کودهای شیمیایی توجه خاصی مبذول شد و در حال حاضر دی آمونیوم فسفات پرمصرفترین کود فسفات دار در جهان است و سالیانه حدود ۱۰ درصد به مصرف آن اضافه می شود [۲۳ و ۲۲].

اصولاً تمام کودهای فسفاته از فسفاتهای معدنی مشتق می شوند. کودهای فسفاته دارای انواع گوناگون می باشند. کانی سنگ فسفات که منبع عمده تهیه کودهای فسفاته است، جزء منابع طبیعی غیر تجدید شونده بوده و ذخایری که استخراج از آنها مقرون به صرفه اقتصادی است، تنها در چند کشور مورد بهره برداری قرار گرفته اند و آنها نیز تا چند دهه دیگر به پایان می رسند. منابع مهم فسفات ایران در جدول (۳) آورده شده است. بیشتر ذخایر فسفات کشف شده در ایران از نوع رسوبی هستند اما از نوع آذرین نیز در شهرستان بافق مشاهده شده است [۵ و ۲].

انواع کودهای فسفاته مصرفی در کشور به شرح زیر است که به اختصار به برخی از آنها اشاره شده است.

۲-۴-۱ سوپر فسفاتها

این کودهای فسفاته شامل سوپر فسفات معمولی (حاوی بیست درصد P_2O_5) و سوپر فسفات غلیظ (حاوی ۴۶ درصد P_2O_5) می باشند. ترکیب هر دوی آنها عمدتاً منو کلسیم فسفات (حاوی ۴۶ درصد

1. Lawes

غذایی و تمایل کم به جذب رطوبت و کلوخه شدن، کود بسیار مرغوبی به شمار می رود. ضمناً بالا بودن عیار درجه کودی، انحلال پذیری زیاد در آب، امکان تولید به شکل دانه ای و در دسترس بودن به صورت مایع از دیگر محاسن عمده این کود می باشد. مجتمع پتروشیمی رازی تنها تولیدکننده کود دی آمونیوم فسفات در کشور است [۵]. جدول (۵) آمار تولید و فروش را در این مجتمع نشان می دهد.

جدول ۴- میزان واردات اسید فسفریک به کشور در سال ۲۰۰۰ [۲۳]

کشور	میزان واردات (تن)	ارزش واردات (دلار)
آلمان	۰/۱۹۶	۱۴۲۱
امارات	۱۸۲/۱۴	۹۰۹۴۵
انگلیس	۱/۴۹۴	۳۶۶۲
ایتالیا	۱۵۱۴۰/۳۳۹	۶۶۳۷۱۲۲
تونس	۲۵۱۶۰/۹۵۱	۱۱۰۴۷۸۲۸
چین	۵۶۹/۱۷	۲۸۱۰۹۵
مراکش	۱۵۶۷۴/۶۵۱	۶۳۷۲۵۵۹
هلند	۶۱/۲	۳۱۹۷۶
جمع	۵۶۷۹۰/۱۴۱	۲۴۴۶۶۰۰۳

۴-۲-۳ کود مخلوط ASP

این کود که حاوی ۳۵ درصد P_2O_5 می باشد مخلوطی از ۷۶٪ دی آمونیوم فسفات و ۲۴٪ سولفات آمونیوم و یا عبارتی حاوی ۶٪ گوگرد، ۱۸٪ نیتروژن و ۳۵ درصد P_2O_5 است. در مجتمع پتروشیمی رازی با همکاری مؤسسه تحقیقات آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی و کارشناسان مجتمع پتروشیمی رازی این کود در واحدهای دی آمونیوم فسفات مجتمع تولید می گردد [۵]. جدول (۶) میزان واردات انواع کودهای فسفات به کشور را تا سال ۱۳۸۱ نشان می دهد.

P_2O_5 بوده و مقدار کمی فسفاتهای آهن و آلومینیم و دی کلسیم فسفات نیز به طور ناخالصی در آنها وجود دارد. این کودها در آب محلول می باشند. فرمول عمومی خاک فسفات ترکیب $Ca_{10}(PO_4)_6X_2$ است که در آن X معرف یون فلوراید، کربنات، و یا هیدروکسیل می باشد [۵]. کود سوپر فسفات ساده مخلوطی از مونو کلسیم فسفات و گچ است که از ترکیب اسید سولفوریک با خاک فسفات بدست می آید. این نوع کود در قبل از انقلاب برای دوره کوتاهی در مجتمع پتروشیمی رازی تولید می شد. به علت پایین بودن درصد فسفر در آن و در نتیجه قیمت پایین و حجم زیاد و بالا بودن هزینه حمل، فقط به صرفه است که در مجاورت محل ساخت آن مورد استفاده قرار گیرد. مواد اولیه ساخت این کود اسید سولفوریک و خاک فسفات می باشد که خاک فسفات با عیار پایین در کشور موجود است. مهمترین معادن خاک فسفات در یزد و کوه سفید بهبهان می باشند [۵].

واحد اسید فسفریک شیمیایی زکریای رازی در سال ۱۹۷۰ توسط شرکت WILIAM LORD & PRAYON با ظرفیت تولیدی ۴۵۰ تن P_2O_5 در روز راه اندازی گردید. در اواخر سال ۱۹۷۵ به علت نیاز به اسید فسفریک در تولید کودهای فسفات طرح توسعه آن با افزایش ظرفیت طراحی به ۸۵۰ تن P_2O_5 در روز بوسیله شرکت DAVY Power Gas انجام و راه اندازی گردید. حداکثر ظرفیت تولیدی که به آن دست یافتند در حدود ۶۵۰ تن P_2O_5 در روز آن هم با سنگ فسفات فلوریدا بوده و در صورت استفاده از سنگهای فسفات اردن و مراکش این مقدار، بیشتر از ۴۵۰ تن در روز نخواهد بود. کشور ما صادراتی در زمینه اسید فسفریک ندارد ولی از کشورهایی نظیر مراکش، تونس، ایتالیا، امارات، اسید فسفریک وارد می کند. [۲۴] واردات اسید فسفریک در سال ۲۰۰۰ در جدول (۴) آمده است.

۴-۲-۴ فسفاتهای آمونیومی

این کودها دارای مونو و دی آمونیوم فسفات می باشند و از طریق ترکیب اسید فسفریک با آمونیاک تولید می شوند. درجه انحلال پذیری آمونیوم فسفات در آب از سوپر فسفاتها بیشتر است. نسبت اختلاط این دو در فرایند ساخت، مقدار سفر موجود در کود را مشخص می سازد. فسفات آمونیوم به دلیل داشتن عیار بالای مواد

جدول ۵- آمار تولید و فروش کود دی آمونیوم فسفات در مجتمع پتروشیمی رازی [۵].

سال مورد بررسی	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱
تولید سالیانه کود دی آمونیوم فسفات در پتروشیمی رازی (تن)	۲۲۰۵۸۰	۲۲۶۰۰۵	۳۰۰۵۹۰	۲۷۵۸۹۰	۱۱۲۸۹۰
قیمت تمام شده یک تن با یارانه (ریال)	۷۶۶۲۶۶	۷۹۵۱۳۰	۸۵۶۰۸۳	۱۰۶۸۷۰۱	۱۲۱۰۴۲۴
یارانه پرداختی با استفاده از اسید فسفریک تولیدی مجتمع (ریال)	۱۰۵۶۰۰۰	۹۶۰۰۰۰	۹۵۸۴۰۰	۸۵۴۵۶۰	۷۱۳۱۲۰
یارانه پرداختی با استفاده از اسید فسفریک وارداتی (ریال)	۷۶۷۳۰۳	۱۱۰۶۰۷۷	۱۱۹۳۸۸۴	۱۰۶۴۸۸۴	۱۲۳۸۸۸۴
قیمت فروش یک تن DAP به کشاورزان (ریال)	۳۳۶۰۰۰	۴۰۰۰۰۰	۴۵۰۰۰۰	۴۹۵۰۰۰	۵۴۵۰۰۰
قیمت فروش یک تن (ریال)	۵۵۸۰۰	۸۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰
مقدار سود (زیان) مجتمع برای فروش یک تن DAP (ریال)	(۲۰۸۲۶۶)	۴۸۷۰	(۵۶۰۸۳)	(۲۶۸۷۰۱)	(۴۰۴۲۴)

جدول ۶- آمار واردات انواع کودهای فسفاته به کشور (تن) [۵].

نام کود وارداتی	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱
فسفات آمونیوم	۱۳۷۲۹۳	۵۱۶۴۴	۵۲۳۰۱	-	۹۵۸۹۶/۱
سوپر فسفات تریپل	۲۰۶۲۱۴	۳۱۷۳۱۲	۵۴۸۷۵۲	۳۲۰۳۲۱	۲۹۱۵۴۴/۶
مونو آمونیوم فسفات	-	-	۵۲۲۰	۶۷۸۰	-
جمع	۳۴۳۷۰۸	۳۶۸۹۵۶	۶۰۶۲۷۳	۳۲۷۱۰۱	۳۸۷۴۴۰/۷

۴-۲-۴ پلی فسفاتها^۱

درصد پلی فسفات هیدرولیز گردد. تحت شرایط هوای سرد و خشک،

این مدت افزایش می یابد.

برخی از محققین بر این عقیده اند که پلی فسفاتها ریزمغذیه‌های غیر قابل دسترس موجود در خاک را قابل استفاده و قابل دسترس برای گیاه می کنند. محققان دانشگاه ایالتی میشیگان و کانزاس نشان داده‌اند که جذب ریزمغذیه‌ها با افزودن مواد پلی فسفاتی افزایش نمی‌یابد. بازدهی استفاده از پلی فسفاتها برابر اما نه بیشتر- با اورتوفسفاتها (با بیش از ۸۰ درصد انحلال پذیری در آب) در نظر گرفته می شود [۸].

۴-۳ کودهای پتاسیمی

۹۳٪ نمک‌های پتاسیمی جهت ساخت کود به کار می‌رود. دو ماده کودی اصلی K_2SO_4 ، KCl توسط فرایند بنفیکاسیون^۲ سنگهای پتاسیمی تولید می‌شود که ۹۰٪ کودهای پتاسیمی KCl است. کلرور

این نوع کودهای شیمیایی فسفاتی متفاوت با سایر کودهای فسفاتی معمولی می‌باشند. اغلب کودهای فسفاتی مایع از نوع پلی فسفاتها هستند. پلی فسفاتها مولکولهای ارتوفسفات می‌باشند که طی فرایند جداسازی آب^۲ به یکدیگر متصل می‌شوند. آمونیوم پلی فسفاتهای تجاری اغلب مخلوطی از اورتو- و پلی فسفاتها هستند. ذخیره سازی طولانی مدت، سبب هیدرولیز پلی فسفاتها و تبدیل آنها به اورتو فسفاتها می‌گردد. محلولهای آمونیوم پلی فسفات اغلب با ترکیبات ۱۰-۳۴- و ۱۱-۳۷- تهیه می‌شوند. پلی فسفاتهای جامد نیز معمولاً دارای ترکیب ۱۳-۵۲-۰ می‌باشند.

پلی فسفات در خاک، طی فرایند هیدرولیز، به اورتو فسفات تبدیل می‌گردد. مدت مورد نیاز جهت هیدرولیز، به نوع خاک و شرایط محیط بستگی دارد. در برخی موارد کمتر از دو هفته طول می‌کشد تا ۵۰

1. Polyphosphate
2. Dehydration

3. Beneficiating

پس از انجام مطالعات مقدماتی و مقایسه وضعیت به لحاظ عیار، ذخیره و یونهای مزاحم، پلایای خور و بیابانک جهت تولید کلرور پتاسیم به عنوان اولویت اول تعیین شده و پس از آن پلایای شمالی موسوم به پلایای طرود در اولویت بعدی قرار گرفته است. هدف از بهره برداری این منطقه تولید سالانه ۵ هزار تن کلرور پتاسیم K_6 ، سالانه ۳۰۰ هزار تن کلرور سدیم با خلوص ۹۹ درصد و تولید سالانه ۳۰ هزار تن هیدروکسید منیزیم با خلوص ۹۸ درصد است. طول عمر پلایا جهت استخراج پتاس ۳۰ سال برآورد می شود [۶]. شکل (۲) کانال جمع آوری شورابه را در پلایای خور نشان می دهد.

۲-۳-۴ پتاسیم سولفات

این نوع کود شیمیایی دارای ۵۰ درصد پتاسیم اکسید بوده و بطور محدود جهت کوددهی به برخی از گیاهان نظیر سیب زمینی، تنباکو و برخی سبزیجات مورد استفاده قرار می گیرد. تحقیقات نشان داده است که استفاده از پتاسیم سولفات در سبب زمینی سبب بهبود وزن مخصوص برآمدگیهای روی سیب زمینی می گردد. از پتاسیم سولفات همچنین بعنوان منبع گوگرد در جاهایی که گوگرد مورد نیاز است، استفاده می شود [۸].

۳-۳-۴ پتاسیم، منیزیم سولفات

این نوع کود شیمیایی حاوی ۲۲ درصد پتاسیم اکسید است و از آن هم بطور مستقیم جهت کوددهی استفاده می شود و هم بطور مخلوط با سایر مواد مورد استفاده قرار می گیرد. از این کود می توان بعنوان منبع گوگرد استفاده کرد [۸].

۴-۳-۴ پتاسیم هیدروکسید

پتاسیم هیدروکسید، بعنوان پتاس سوزآور، در مصارف محدود و در تولید کودهای مخلوط مایع مورد استفاده قرار می گیرد. با وجود انحلال پذیری بالا و شاخص نمک پایین که سبب مطلوب بودن این ماده می گردد، هزینه تولید بالا و در نتیجه قیمت تمام شده زیاد آن، سبب استفاده محدود از آن در صنعت کودهای شیمیایی گردیده است [۸].

۵-۳-۴ پتاسیم نترات

پتاسیم کلراید که با نام نترات پتاس نیز شناخته شده است، حاوی

پتاسیم در حال حاضر با توجه به فقر خاکهای کشاورزی کشور از حیث پتاسیم و با توجه به میزان بودجه و ارز در اختیار وزارت جهاد کشاورزی، سالانه حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ هزار تن وارد می شود که غالباً از کشور اردن است. در حال حاضر جهت تولید کلرور پتاسیم، از ذخایر شورابه ای در کشورهای اردن، اسرائیل، شیلی و چین بهره گیری می شود. کشورهای اردن و اسرائیل از ذخایر موجود در بحرالمتیت که حدود ۱۳ گرم بر لیتر KCl دارد استفاده می کنند. قیمت پتاس معادل K_2O خالص به طور متوسط ۲۳۰ دلار به ازای هر تن است و برای K_6 این رقم ۱۳۸ دلار است. بر اساس استعلامهای انجام شده از عرب پتاس اردن، قیمت این محصول در بندر عقبه ۱۱۰ دلار است. با توجه به هزینه حمل و نقل و ترخیص قیمت خرید این محصول، حدود ۱۲۶ دلار برای هر تن است. در حال حاضر تولید داخلی این ماده وجود ندارد ولی با راه اندازی طرح پتاس در پلایای خور، در فاز اول، سالیانه ۵۰ هزار تن کلرید پتاسیم تولید خواهد شد. ذخایر پتاس عمدتاً به دو بخش منابع سنگی و ذخایر شورابه ای، قابل تفکیک و طبقه بندی می باشند [۶ و ۲۵].

۱-۳-۴ کلرید پتاسیم

کلرید پتاسیم یا پتاس در دنیا بیش از هر کود پتاسیمی دیگر تولید و بکار برده می شود. پتاسیم کلراید خالص به شکل کریستالهای سفید رنگ است و در آب به آسانی حل می شود. این ماده به روشهای مختلف، همچون فرایندهای انحلال حرارتی^۱، شناورسازی^۲، تفکیک الکتروستاتیکی^۳ و جداسازی واسطه متراکم^۴ از مخلوطهای نمکی جداسازی می گردد [۲۱]. این کود به دو گونه گرانول و کریستال طبقه بندی می شود [۱۴]. با توجه به فقر خاکهای کشاورزی کشور از حیث پتاسیم، این محصول، مورد نیاز است و در حال حاضر در این زمینه تولید داخلی وجود ندارد. با توجه به میزان بودجه وزارت جهاد کشاورزی سالانه حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ هزار تن وارد می شود. واردات این محصول غالباً از کشور اردن است [۶]. طرح اکتشاف ذخایر پتاس، عملیات پی جویی را بر روی ذخایر شورابه ای در بخشهایی از ایران نظیر پلایای کاشان، قم، حوض سلطان، ورزنه، دق سرخ اردستان، پلایای خور و بیابانک، سیروان انجام داده است.

1. Thermal Dissolution
2. Flotation
3. Electrostatic Refining
4. Dense Medium Separation

۴-۴-۱ بیوسولفیت آمونیوم

بیوسولفیت آمونیوم^۲ یک منبع بسیار خوب برای تامین گوگرد مورد نیاز در محلولهای نیتروژن و در محلول آمونیاک است. بیوسولفیت آمونیوم را می‌توان به سادگی و با عبور دادن دی اکسید گوگرد (SO₂) از محلول آمونیاک به دست آورد. انحلال پذیری آن ۲۷ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. محلول ۵۰ یا ۶۰ درصد آن حاوی ۱۷٪ گوگرد و ۸/۵٪ نیتروژن است [۱۰].

۴-۴-۲ پلی سولفید آمونیوم

این کود در حالت عادی یک مایع به رنگ قرمز تیره تا سیاه می‌باشد که حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد گوگرد دارد و ۲۰ درصد آن نیز نیتروژن است [۱۰].

۴-۴-۳ بیوگوگرد طلایی (گوگرد تیوباسیلوس دار)

این کود محتوی باکتری تیوباسیلوس بوده و بصورت گرانوله و یا پودر قابل عرضه است. به ازاء هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی گوگرد پودری، یک بسته نیم کیلوگرمی باکتری تیوباسیلوس قرار گرفته است. تعداد باکتریهای موجود در هر گرم کود حداقل ۱۰^۴ است [۱۰].

۴-۴-۴ کودهای پوشش داده شده با گوگرد

امروزه ماده معدنی‌ای که بعنوان پوشش ذرات کودی مورد استفاده قرار می‌گیرد گوگرد است. در این زمینه از اوره با پوشش گوگردی بعنوان یکی از مهمترین کودهای با رهش کنترل شده استفاده می‌شود [۲۵ و ۱۵]. تحقیق درباره تولید و مصرف اوره با پوشش گوگردی در سال ۱۹۶۰ توسط یک شرکت امریکایی به نام TVA^۳ انجام گردید. یک شرکت کانادایی در سال ۱۹۷۵ به صورت کاملاً تجارتي شروع به تولید کود اوره با پوشش گوگردی نمود. امروزه بیشتر کودهای اوره با پوشش گوگردی بر اساس دستورالعمل شرکت TVA ساخته می‌شود. در کشور ما با توجه به محدودیت موجود در استفاده از تکنولوژی شرکت‌های امریکایی و نیاز مبرم کشاورزان به کود اوره با پوشش گوگردی طرحهای وسیعی به منظور کسب دانش فنی جهت تولید اوره با پوشش گوگردی صورت گرفته است [۲۶].

۴۴ درصد پتاسیم اکسید بوده و در میشیگان از آن به میزان زیاد برای گیاهانی نظیر کرفس، گوجه فرنگی، سیب زمینی، سبزیجات پر برگ و برخی میوه‌ها استفاده می‌شود. دارای شاخص نمک پایین است و بدلیل داشتن نیتروژن، غذای مناسبی برای این گیاهان محسوب می‌شود. هزینه تولید آن سبب ایجاد محدودیت در استفاده از آن برای همه گیاهان شده است [۸].



شکل ۲- کانال جمع آوری شورابه در پوسته نمکی پلایای خور [۶]

۴-۴-۴ کودهای محتوی گوگرد

گوگرد اغلب از گاز طبیعی یا نفت خام بدست می‌آید و سپس برای تبدیل به اسید سولفوریک در واحدهای تبدیل و یا خالص سازی ذخیره می‌گردد. با توجه به روند رو به افزایش استحصال گوگرد از منابع نفت، گاز و پتروشیمی کشور، ایجاد و توسعه مصارف جدید گوگرد نه تنها یکی از راهکارهای مناسب جهت مقابله با گوگرد مازاد خواهد بود بلکه با چنین اقدامی می‌توان نیاز بخشهای صنعتی کشور به محصولات گوگردی را رفع کرد. امروزه بخوبی معلوم شده است که از گوگرد می‌توان در قسمتهای مختلف نظیر صنایع شیمیایی (تولید اسید سولفوریک، تهیه پنتا سولفید فسفر، صنعت کاغذ)، راه و ساختمان (تهیه کامپوزیت گوگردی، آسفالتهای گوگردی) و بخش کشاورزی (تهیه کودهای حاوی گوگرد و همچنین ساخت اصلاح‌کننده‌های pH خاک) استفاده کرد. علاوه بر استفاده گوگرد در تهیه کودهای شیمیایی حاوی این عنصر، از آن در تهیه کودهای کند رها^۱ نیز استفاده می‌شود. در ادامه به برخی از کودهای حاوی گوگرد اشاره شده است.

2. (NH₄)HSO₃
3. Tennessee Valley Authority

1. Slow Release Fertilizer

۵- تولید و مصرف گوگرد در جهان و ایران

گوگرد در ۷۰ کشور پراکنده در سطح جهان تولید می‌شود. آرژانتین با تولید کمتر از هزار تن در سال کوچکترین تولید کننده در جهان است. یازده کشور عمده تولید کننده گوگرد (بترتیب حجم تولید: ایالات متحده، کانادا، روسیه، عربستان سعودی، ژاپن، آلمان، امارات متحده عربی، قزاقستان، ایران، مکزیک و لهستان) مجموعاً در سال ۲۰۰۲ مقدار ۳۴/۰۶۷ میلیون تن گوگرد تولید نموده اند که ۷۸/۶ درصد کل تولید جهانی گوگرد در سال مذکور می‌باشد [۲۷]. جدول (۷) تولید جهانی گوگرد را به تفکیک مناطق مختلف جغرافیایی در سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۳ نشان می‌دهد.

عمده ترین مورد مصرف گوگرد در تولید اسید سولفوریک است که بطور متوسط ۸۵-۹۰ درصد تولید گوگرد جهان جهت تولید این اسید مصرف می‌شود. با توجه به اینکه تاکنون صنعت تولید کودهای شیمیایی فسفاته، مهمترین مصرف کننده این اسید می‌باشد، لذا تقاضای موثر در صنعت گوگرد بطور غیر مستقیم ناشی از تقاضای کودهای شیمیایی فسفاته بوده است. میزان کاربرد مشتقات گوگردی

در صنایع مختلف، در مناطق عمده مصرف، متفاوت است. در ایالات متحده بطور متوسط بیش از ۷۰ درصد اسید سولفوریک مصرفی در تولید کودهای شیمیایی بکار می‌رود در حالی که در کشورهای در حال توسعه ۹۰ درصد آن صرف تولید کودهای شیمیایی می‌گردد. توسعه کارخانجات تولید کود فسفاته در کشورهای در حال توسعه، عرصه را بر صادرکنندگان اروپایی و آمریکایی آن تنگ کرده و قابلیت رقابت تولیدات آنها را به میزان قابل توجهی کاهش داده است. مصرف جهانی گوگرد به تفکیک مناطق مختلف تا سال ۲۰۰۲ و همچنین پیش بینی مصرف تا سال ۲۰۰۶ در جدول (۸) ارائه شده است.

با وجود یک ذخیره طبیعی با برآورد ۷ میلیون تن گوگرد معدنی و چند اثر معدنی ثابت شده دیگر، در حال حاضر به دلیل عدم صرفه اقتصادی، از هیچ یک از معادن، تولید گوگرد گزارش نگردیده است و تولید ایران عمدتاً ناشی از عملکرد واحدهای بازیافت گوگرد در صنایع نفت و گاز می‌باشد که مهمترین تولید کنندگان آن پالایشگاه گاز خانگیران، مجتمع پتروشیمی رازی، مجتمع پتروشیمی خارک و پالایشگاه‌های تهران، تبریز، اصفهان، شیراز و آبادان می‌باشند [۲۷].

جدول ۷- تولید جهانی گوگرد به تفکیک مناطق مختلف جغرافیایی در سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۳ (هزار تن) [۲۷]

مناطق جغرافیایی	۱۹۹۸		۲۰۰۳	
	مقدار	درصد	مقدار	درصد
ایالات متحده	۱۱۲۲۲	۱۹/۱	۱۱۵۱۷	۱۷/۲
کانادا	۹۶۹۸	۱۶/۵	۱۰۰۳۲	۱۵
اروپای غربی	۷۵۱۵	۱۲/۸	۸۰۸۱	۱۲/۱
کشورهای سوسیالیستی آسیا	۶۶/۴	۱۱/۲	۸۷۰۴	۱۳
شوروی سابق	۶۳۳۷	۱۰/۸	۷۶۵۴	۱۱/۴
خاور میانه	۵۲۷۷	۹	۵۷۳۹	۸/۶
ژاپن	۳۵۱۶	۶	۳۸۸۲	۵/۸
اروپای غربی	۲۰۱۴	۳/۴	۲۹۶۹	۴/۴
امریکای مرکزی و جنوبی	۱۹۵۳	۳/۳	۲۰۹۰	۳/۱
آسیای جنوب شرقی	۱۸۶۴	۳/۲	۲۱۸۰	۳/۳
مکزیک	۱۳۹۶	۲/۴	۱۶۸۹	۲/۵
افریقا	۵۹۸	۱	۹۰۰	۱/۳
اقیانوسیه	۵۳۹	۰/۹	۸۲۷	۱/۲
آسیای جنوب غربی	۳۱۶	۰/۵	۷۲۶	۱/۱
جمع	۵۸۸۵۹	۱۰۰	۶۶۹۸۸	۱۰۰

جدول ۸- آمار مصرف جهانی گوگرد طی سالهای ۲۰۰۶-۱۹۹۹ به تفکیک منطقه (ارقام: میلیون تن) [۲۷]

منطقه جغرافیایی / سال	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶
اروپای غربی	۳/۸۵۷	۳/۹۲۳	۳/۷۲۸	۳/۷۱۵	۳/۶۹۴	۳/۶۹۴	۳/۶۹۴	۳/۶۹۴
اروپای مرکزی	۰/۸۶۸	۰/۹۴۵	۰/۹۷۵	۰/۹۷۲	۰/۹۸۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۵	۰/۹۹۵
اتحاد شوروی سابق	۲/۷۴۴	۳/۰۰۱	۲/۹۸۶	۳/۱۰۹	۳/۴۲۶	۳/۵۰۱	۳/۵۷۴	۳/۶۶۶
امریکای شمالی	۱۲/۲۲۶	۱۱/۵۳۵	۱۰/۹۶۸	۱۲/۰۳۶	۱۲/۶۸۵	۱۲/۸۰۷	۱۲/۷۶۲	۱۲/۶۹۹
امریکای لاتین	۳/۲۳۱	۳/۲۵۹	۳/۲۶۳	۳/۳۸۲	۳/۴۴۵	۳/۵۵۸	۳/۶۸۱	۳/۷۱۸
افریقا	۵/۵۴۰	۵/۳۹۰	۵/۴۷۰	۵/۹۳۴	۶/۱۳۵	۶/۳۳۳	۶/۴۸۰	۶/۵۹۰
خاور میانه	۲/۱۶۹	۲/۲۲۱	۲/۱۹۳	۲/۱۹۳	۲/۳۴۵	۲/۴۷۵	۲/۵۴۵	۲/۶۹۵
جنوب آسیا	۲/۴۷۳	۲/۵۴۰	۲/۵۶۶	۲/۶۷۱	۲/۷۰۲	۲/۷۵۹	۲/۸۱۰	۲/۸۵۰
خاور دور و جنوب شرقی آسیا	۲/۸۳۵	۲/۸۶۲	۲/۸۹۶	۲/۸۹۳	۲/۸۰۷	۲/۷۷۰	۲/۷۷۲	۲/۷۹۹
کشورهای سوسیالیستی آسیا	۲/۱۵۳	۲/۹۸۸	۳/۵۵۸	۴/۲۷۸	۴/۷۳۵	۵/۱۹۵	۵/۶۴۵	۶/۰۴۵
اقیانوسیه	۰/۴۲۰	۰/۶۸۰	۰/۷۸۸	۱/۰۲۰	۱/۱۰۰	۱/۱۳۳	۱/۷۶۷	۱/۸۹۹
جهان	۳۸/۵۱۶	۳۹/۳۴۴	۳۹/۱۲۱	۴۲/۲۰۳	۴۴/۰۶۲	۴۵/۲۲۵	۴۶/۷۳۵	۴۷/۶۵۰

۲۵ هزار تن در سال خواهد رسید [۲۷].

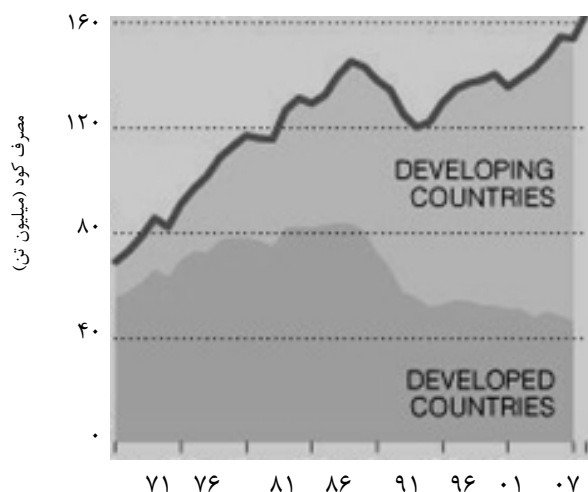
با توجه به برنامه‌های توسعه موجود برای صنایع نفت و گاز پیش بینی می‌شود که ظرف پنج سال آینده میزان تولید داخلی گوگرد به بیش از دو میلیون تن برسد که با فرض ثابت بودن مصرف داخلی گوگرد، میزان قابل توجهی مازاد، وجود خواهد داشت. با توجه به اینکه روند افزایش تولید گوگرد یک روند جهانی است و میزان رشد تولید به مراتب بیش از رشد مصرف است، بنابراین رقابت برای افزایش سهم بازار در میان تولید کنندگان گوگرد به شدت افزایش خواهد یافت و نفوذ در بازار و افزایش سهم بازار بسیار دشوار خواهد بود. بنابر این یافتن کاربردهای جدید جهت مصرف گوگرد دارای توجیه فنی اقتصادی بوده و از نظر عملکرد نیز کارایی مورد انتظار را به همراه دارد و الزامات زیست محیطی را نیز رعایت می‌نماید [۲۷].

یکی از مراکز تولید گوگرد در آینده منطقه پارس جنوبی است. بر اساس آمار موجود، میزان فروش گوگرد منطقه پارس جنوبی در سال ۸۴ در حدود ۱۱۲۳۰۰ تن بوده است. بخش عمده گوگرد مصرفی در ایران در تولید اسید سولفوریک مورد استفاده قرار می‌گیرد. مجتمع پتروشیمی رازی بزرگترین مصرف کننده گوگرد برای ساخت اسید سولفوریک است. میزان گوگرد سالیانه مورد نیاز این مجتمع برای تولید اسید سولفوریک در سال ۱۳۸۳ در حدود ۱۶۰ هزار تن بوده است. جدول (۹) میزان مصرف گوگرد در کشور را طی سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۱ نشان می‌دهد. طی پنج سال آینده تولید اسید سولفوریک و مصرف سالیانه گوگرد این مجتمع تغییر عمده ای نخواهد داشت. تولید کنندگان سموم دفع آفات نباتی از مصرف کنندگان عمده گوگرد می‌باشند. مجموع مصرف گوگرد واحدهای سموم دفع آفات نباتی در حال حاضر حدود ۱۵ هزار تن در سال است که تا آینده ای نزدیک به

جدول ۹- مصرف گوگرد در کشور در سالهای ۱۳۷۳-۱۳۸۱ (هزار تن) [۲۷]

بخشهای مصرف کننده	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱
مجتمع پتروشیمی رازی	۹۷	۱۵۴	۱۷۳	۱۵۸	۱۷۴	۱۲۵	۱۶۰	۱۱۷	۱۶۷
سایر بخشها	۳۷	۴۲	۴۰	۴۳	۵۲	۶۰	۸۲	۹۳	۱۰۹
جمع	۱۳۴	۱۹۶	۲۱۳	۲۰۱	۲۲۶	۱۸۵	۲۴۲	۲۱۰	۲۷۶

شیمیایی حاوی گوگرد از جمله مباحثی است که در بخش تولید کودهای شیمیایی باید مورد نظر قرار گیرد. با توجه به محدودیت موجود در استفاده از تکنولوژی شرکت‌های امریکایی در کشور و نیاز مبرم کشاورزان به کود اوره با پوشش گوگردی، واحد پیلوت تحقیقاتی اوره با پوشش گوگردی به منظور کسب دانش فنی آن در پتروشیمی خراسان طراحی و نصب گردیده است. این واحد موفق به تولید نمونه‌های متنوعی از اوره با پوشش گوگردی نیز شده است. امروزه در کشور موسسات و مراکز و شرکت‌های پتروشیمی متعددی بر روی صنعت کودهای شیمیایی تمرکز یافته اند.



نمودار ۱- میزان مصرف کود در جهان طی سالهای ۱۹۷۱-۲۰۰۷ [۳۰]

مصرف کودهای شیمیایی در ایران و جهان رو به افزایش است. افزایش نیاز مردم جهان به مواد غذایی همگام با افزایش جمعیت موجب افزایش تولید محصولات کشاورزی گردیده است. تحقیقات در مناطقی از آفریقا (SSA) نشان می‌دهد که در سال ۱۹۷۰ میزان مصرف کود در این مناطق تنها ۴۲۵ هزار متریک تن بوده است، این میزان با سرعتی حدود ۳۶ هزار متریک تن در سال افزایش یافت تا اینکه در سال ۱۹۹۳ به ۱/۴۵ میلیون متریک تن رسید و در سال ۱۹۹۵ با کمی کاهش در میزان مصرف به ۱/۳۸ میلیون متریک تن رسید. در حقیقت طی ۲۶ سال، ۲۰۰ درصد افزایش تقاضا و مصرف تنها در بخشی از آفریقا صورت گرفته است. منابع طبیعی، زیر ساخت‌های

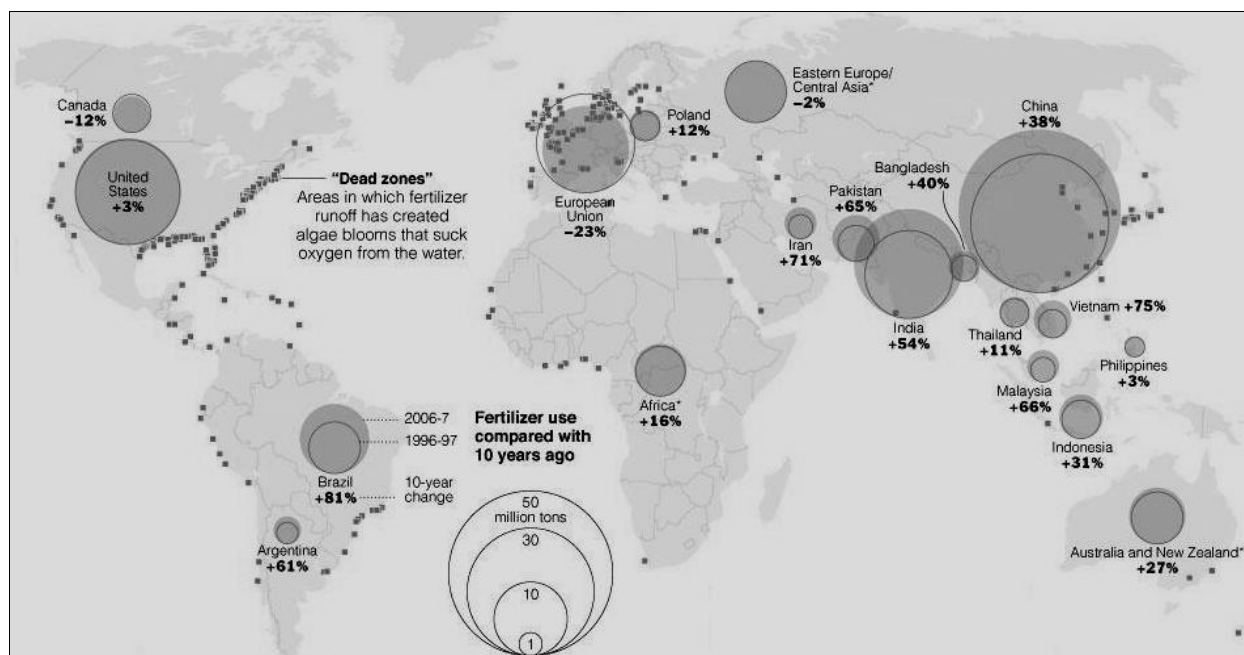
1. Sub-Saharan Africa

۶- نوع دیگری از دسته بندی کودها

در دسته‌بندی دیگر می‌توان کودهای شیمیایی را به سه دسته اصلی کودهای آلی، غیر آلی (یا شیمیایی) و کودهای گند رها تقسیم کرد. از جمله کودهای آلی می‌توان به کمپوست‌ها اشاره کرد. کمپوست‌ها از موادی که طی فرایندهای طبیعی در زمین تجزیه می‌شوند، بدست می‌آیند. این مواد موجب افزایش کارایی زمین و بازدهی خاک می‌گردند اما بطور کلی دارای ریز مغذیهای کمتری نسبت به سایر مواد هستند و شامل نیتروژن کند رها و ریز مغذی‌ها می‌باشند، اما باید همراه با استفاده از این مواد، سایر مواد مغذی نیز جهت افزایش بازدهی، به خاک افزوده گردد. قیمت کمتر کودهای شیمیایی، در مقایسه با کودهای آلی، موجب برتری و افزایش استفاده از این مواد در مقایسه با کودهای آلی، شده است. کودهای کند رها می‌توانند شامل هر دو گروه کودهای آلی و غیر آلی باشند. از خواص این گروه می‌توان به سرعت رهش کم، مدت اقامت طولانی، انحلال پذیری کم در آب و قیمت بالاتر در مقایسه با کودهای محلول در آب اشاره کرد. عنصر اصلی در این گروه نیتروژن است. از این خانواده می‌توان به اوره فرمالدئید، ایزوبوتیلیدن دی اوره، اوره با پوشش گوگردی، کودهای پوشش داده شده با پلاستیک و برخی کودهای آلی طبیعی اشاره کرد [۲۸].

۷- نتیجه گیری

دسته مهمی از کودهای شیمیایی مورد استفاده در ایران، کودهای نیتروژن دار هستند. انحلال پذیری بالای کودهای نیتروژن دار و در نتیجه اتلاف مقادیر زیاد آنها، سبب کاهش کارایی و بازدهی مصرف این کود در کشور شده است. به همین دلیل مدیریت مصرف نیتروژن در کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. در این میان تهیه کود اوره با پوشش گوگردی با توجه به وجود منابع عظیم گاز طبیعی و همچنین نیاز خاک‌های کشور به گوگرد، از جمله مواردی است که با کاهش رهش مواد مغذی نیتروژنی، سبب افزایش بازدهی مصرف نیتروژن گردیده و در نتیجه دارای توجیه اقتصادی می‌باشد. با توجه به کلیایی بودن خاک ایران و فزونی منابع تولید گوگرد در کشور، و همچنین با توجه به کمبود منابع فسفر و پتاسیم و توجیه غیر اقتصادی تولید کودهای حاوی این دو عنصر، سرمایه گذاری در بخش تولید کودهای



شکل ۳- مقایسه تغییرات مصرف کود در سال ۲۰۰۵-۶ با سال ۱۹۹۵-۹۶ (۱۰ سال تغییرات) [۳۰]

[3] R. Fernandez – Escobar, M. Benloch, E. Herrera, J.M. Garcia – Novelo, "Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching", *Scientia Horticulturae*, Vol.101, P. 39-49, (2004).

[4] A. Shaviv, "Advances in Controlled-Release Fertilizers", *Advances in Agronomy*, Vol. 71, P. 11-49, (2001).

[۵] پور سعادت، مجید، "تولید و مصرف اسید فسفریک و کودهای

فسفات در کشور"، اولین سمینار ملی توسعه صنایع کودشیمیایی

و آفت‌کشهای نباتی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).

[۶] احمدی زاده هروی، محمود، "کانسارهای املاح پتاسیم در ایران"،

اولین سمینار ملی توسعه صنایع کودشیمیایی و آفت‌کشهای

نباتی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).

[۷] ملکوتی، محمدجعفر، طهرانی، محمدمهدی، "نقش ریزمغذیها در

افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی"، انتشارات

دانشگاه تربیت مدرس، تهران، (۱۳۷۸).

[8] M. L. Vitosh, "N-P-K FERTILIZERS", Michigan State University Extension, Extension Bulletin E-896, reprint July (1996).

[۹] سید، رضا، هاشمی، وحید، "تهیه دانش فنی کود سیال"، پایان

نامه کارشناسی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، خرداد

(۱۳۷۸).

مناسب جهت حمل و نقل مواد، جمعیت و میزان رشد، زیر ساخت‌های تجهیزاتی، نوع محصولات مورد رشد و بسیاری موارد دیگر از جمله فاکتورهای مهم و اساسی در میزان تولید و مصرف و البته قیمت کودهای شیمیایی در دنیا به حساب می‌آیند [۲۹]. نمودار (۱) شکل (۳) نمایی از میزان مصرف کودهای شیمیایی را طی سالهای مختلف نشان می‌دهد [۳۰].

۸- قدردانی و تشکر

از شرکت ملی صنایع پتروشیمی بخاطر پشتیبانی این شرکت از اجرای پروژه‌های مرتبط با توسعه صنایع تولید کودهای شیمیایی تقدیر و تشکر می‌گردد.

مراجع

[1] Hugh Savoy, "Fertilizers and Their Use", Extension Plant and Soil Science, The University of Tennessee, <http://www.utextension.utk.edu>.

[۲] امیدوار لنگرودی، لیل، "بررسی و مطالعه تکنیک‌های جدید تولید

و فراوری کودهای شیمیایی"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده

مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).

- [۱۰] دشتگلی، نوید، "کودهای مایع"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، اردیبهشت (۱۳۷۸).
- [11] Roland D. Hauk, "Slow- Release and Bioinhibitor-Amended Nitrogen Fertilizers", National Fertilizer Development Center, Alabama, P.294-320, (2003).
- [12] John E. Sheehy, P.L. Mitchell, Guy J.D. Kirk, Anaida B. Ferrer, "Can smarter nitrogen fertilizers be designed? Matching nitrogen supply to crop requirements at high yields using a simple model", Field Crops Research, Vol. 94, P. 54-66, (2005).
- [13] "Kirk - Othmer'S Encyclopedia of Chemical Technology", Vol. 10, 3rd ed, PP.46-81 & Vol. 24, P. 466-476, (1978.)
- [۱۴] "گزارشات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران"، www.isiri.ir, (۱۳۸۳).
- [۱۵] ضیائیان، عبدالحسین، کشاورز، پیمان، "افزایش کارایی ازت در زراعت سیب زمینی با استفاده از کودهای ازته کند رها"، اولین سمینار ملی توسعه صنایع کودشیمیایی و آفت‌کشهای نباتی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).
- [۱۶] ملکوتی، محمدجعفر، "کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران"، نشر آموزش کشاورزی، چاپ دوم، تهران، (۱۳۷۸).
- [۱۷] جزایری، غلامرضا، "اقتصاد تولید و مصرف کود شیمیایی ازته در کشور"، اولین سمینار ملی توسعه صنایع کودشیمیایی و آفت‌کشهای نباتی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).
- [۱۸] بیابانی، طیبه، آشوری، مصطفی، روزبهانی، احمد، باقری، نرگس، "ساخت کود اوره با پوشش ریزمغذیها با قابلیت کند رها شدن توسط گوگرد"، اولین سمینار ملی توسعه صنایع کودشیمیایی و آفت‌کشهای نباتی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).
- [19] Wenju Liang, Qi Li, Yong Jiang, Deborah A. Neher, "Nematode faunal analysis in an aquic brown soil fertilized with slow – release urea, Northeast China", Applied Soil Ecology, Vol. 29, P. 185-192, (2005).
- [20] Suresh Kumar, "Global Fertilizer Market Dynamics", Clinton Foundation, Oslo, August 31st, (2007).
- [21] Buchner, Schliebs, Winter, Buchel, "Industrial Inorganic Chemistry", VCH Publisher, New York, USA, P. 192-213, (1989).
- [۲۲] اصغری حمیدی، شهاب، "روشهای تهیه کود شیمیایی و طراحی دو قسمت از کارخانه کود شیمیایی"، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، اسفند (۱۳۷۸).
- [۲۳] خداپرست، وحید، کیهان، هادی، "طراحی واحد تولید اسید فسفریک"، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، مهر (۱۳۷۶).
- [۲۴] عربی، احمد، نائینی، جمال، "بررسی واحد تولید اسید فسفریک"، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، پاییز (۱۳۸۱).
- [25] J. I. Kroschwitz, "Concise Encyclopedia of Chemical Technology", Interscience pub, New York, USA, P. 820-824, (1998).
- [۲۶] اخلاقی، کوروش، "اوره با پوشش گوگردی"، اولین سمینار ملی توسعه صنایع کودشیمیایی و آفت‌کشهای نباتی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۸۳).
- [۲۷] روزبهانی، احمد، "پروژه پژوهشی بررسی و مطالعه فنی-اقتصادی تولید کامپوزیت گوگردی"، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران، خرداد (۱۳۸۵).
- [28] Michigan State University Extension, Printable page from the Soil Testing Information website <http://www.msue.msu.edu/monroe>, maintain by Monroe County, (2008).
- [29] Anwar Naseem, Valerie Kelly, "Macro Trends and Determinants of fertilizer use in Sub-Saharan Africa", Department of Agricultural Economics and Department of Economics, Michigan State University, Feb (1999).
- [30] Mindy Selman, Suzie Greenhalgh, Robert Diaz, Zachary Sugg, "Eutrophication and Hypoxia in Coastal Areas: A Global Assessment Of the State Of Knowledge", International Fertilizer Industry Association, World Resources Institute, (2008).