



۲۰۲۳/۰۹/۱۵

داکتر عبدالکریم وزیری
زراعت و مالداري (بخش: کود های کیمیائی)

تشریح علمی کود کیمیائی «فاسفورس» در قاموس کبیر افغانستان

لاتین: Phosphorus

انگلیسی: Phosphorous

آلمانی: Phosphor

1. تعریف و تاریخچه فاسفورس

1.1 فاسفورس چیست؟

فاسفورس با سمبول (P) و نمبر اتمی 15 یک عنصر کیمیائی غیر فلزی بوده، در پهلوی نایتروجن و پُتاشیم یک ماده مهم و حیاتی غذائی نباتات است که بدون آن حیات نباتات ناممکن است. چون خاصیت تعاملی فاسفورس بسیار بلند است و تمایل زیاد به اوکسیجن دارد، در طبیعت به شکل آزاد (خالص) وجود نداشته، تنها در ترکیبات کیمیائی به شکل فاسفیت یا Phosphoropentoxide (P_2O_5) در قشر بالائی زمین (0.09%) قرار دارد. نام فاسفورس از کلمه قدیمی یونانی Phōsphōros به معنی "نور آورنده" و یا "نور افشان" گرفته شده است.

فاسفورس در خاک به شکل غیر عضوی و عضوی وجود داشته، مقدار آن در خاک های مینرالی 0,2 - 15 در صد و در خاکهائی، که مقدار مواد عضوی (Humus) آنها بلند است، به 0,04 - 0,2 در صد می رسد. در هر دو حالت قسمت بزرگ این منرالها از ارتوفاسفیت (Orthophosphate)، که در ترکیب آنها یک اتم فاسفورس (PO_4^{3-}) و قسمت کوچک آن از پیروفاسفیت (Pyrophosphate) تشکیل شده که در ترکیب آن دو اتم فاسفورس ($P_2O_7^{4-}$) دخیل است. عملیه ریڈکشن (Reduction) و یا اوکسیدیشن (Oxydation)، طوریکه در مبحث نایتروجن و سلفر در خاک دیده می شود، در مورد فاسفورس وجود ندارد. چون فاسفورس در خاک بسیار متحرک نیست، خطر شستن آن به طبقات پائین زمین بسیار کم است.

2.1 تاریخچه کشف فاسفورس:

الکیمیست های (Alchemist) اروپا از شروع قرن اول میلادی به بعد به این باور بودند، که باید یک نوع سنگ از یک نوع ماده مخصوص (philosopher's Stone) پیدا کنند، که فلزات غیر نجیبه را به فلزات نجیبه، مخصوصاً به طلا و به نقره تبدیل کند. این خیالپردازی و فانتزی صد ها سال در ذهن این گروه باقی مانده و آنها از این باور دست نمی کشیدند. همیشه بدون احساس خستگی به تجارب الکیمیستی خویش در لابراتوارها به تجربه (Experiments) ادامه می دادند، به امید اینکه این سنگ معجزه آسا را کشف کنند.

به همین ترتیب یک دواساز و الکیمیست آلمانی به نام هینینگ برند Hennig Brand (1630 – 1692)، که نیز در پی یافتن این چنین سنگ بود، به این فکر افتاد، که این تجربه را با استفاده از ادرار خویش در لابراتوار ابتدائی و ساده ای، که داشت امتحان کند. برای این منظور ادرار خود را تا زمانی حرارت داد که آب ادرار خشک شد و در اخیر یک ماده سفید موم مانند به جا ماند. وقتی دید که این ماده سفید موم مانند در تاریکی در موجودیت اوکسیجن می درخشید و محترق است، آنرا "آتش سرد" نامید. البته در آن زمان کس نمی دانست که یک ماده به کلی جدید و برای

حیات تمام زنده جانها نهایت ضروری و پر ارزش کشف شده، که آن عبارت از عنصر فاسفورس است. به این ترتیب فاسفورس در سال 1669 برای اولین بار کشف گردید. در سال 1743 بنا بر پیشنهاد کیمیدان آلمانی به نام Andreas Sigismund Marggraf فاسفورس به عنوان یک عنصر به شکل علمی قبول شد و در جدول مندلیف درج گردید.

برای اینکه از کشف خود بهره بردارد و صاحب پول شود، هینیک براند Hennig Brand با دو الکیمیست در هامبورگ تماس می گیرد و از کشف پودر سفید، که در واقعیت امر فاسفیت بود، گزارش می دهد و نسخه و چند نمونه از پودر را در بدل 200 Reichstaler (واحد پول آن زمان) به آنها تحویل میدهد. بر علاوه، تعهد حاصل می کند، که در صورت انتشار و فروش ماده مذکور در آینده در مفاد سهیم خواهد شد. یکی از این دو الکیمیست نسخه و نمونه ها را گرفته و آنها را در سال 1667 در برلین و در سال 1669 در شهر هانوفر به معرفی می گذارد. در اخیر نه تنها به تعهد خود وفا نمیکند، بلکه ادعا می کند، که خودش هم به کشف فاسفورس دست یافته است. هینیک براند (Brand Hennig) که از کرده خود پیشمان شده بود، به حیث الکیمیست در دربار یکی از حاکمان زمان در مقابل دریافت مزد کم به تولید فاسفیت می پردازد.

قبل از کشف فاسفورس تنها 12 عنصر به شمول طلا، آهن و سلفر کشف شده بودند. در اوایل تا اواسط قرن 19 فاسفیت را برای ساخت گوگرد استفاده می کردند. بعد از آنکه در این عنصر پوتنسیال بزرگ برای تکامل و رشد نبات تشخیص شد، استعمال آن برای تولید کود کیمیائی آغاز گردید.

تشریح پدیده فوق اینست، که با حرارت دادن ادرار اوکسیجن فرار کرده، تیزاب فاسفورس که در ادرار موجود است تحت عملیه ریڈکشن (Reduction) به فاسفیت (نمک تیزاب فاسفورس) تبدیل می شود. الکترون های مورد نیاز برای عملیه ریڈکشن (Reduction) از تعامل مواد عضوی، که در ادرار نیز موجود اند، گرفته می شود.

2. منابع طبیعی فاسفورس

طوریکه در بالا ذکر شد، فاسفورس در قشر بالائی کره زمین تنها به شکل ترکیبی پیدا شده و در بیشتر از 150 منرال مختلف موجود است. منبع عمده استخراج فاسفورس معادن فاسفیت است. فاسفیت از منرالهای اپتایت (Apatite) یا کلسیم فاسفیت تشکیل شده، که اساس آنها سنگ های آتشفشانی (مگما) می باشد. در پهلوی این منبع، منابع دیگری هم وجود دارند که عبارت اند از ترکیبات فاسفورس در استخوان و دندانهای جانوران عصر های جیالوجیک مانند دوره دایناسور ها (Dinosaurier) و پیخال پرندگان، که در دامنه کوهستانها در نزدیک سواحل ابحار جمع شده بود. این همه منابع با گذشت میلیونها سال بوجود آمده اند و ذخایر فاسفورس را در روی کره زمین تشکیل می دهند. بر مبنای تحقیقات دانشمند آلمانی آرنلد فینک 1925 (Arnold Fink) - 2016 مهم ترین منرالهای غیر عضوی فاسفورس قرار ذیل اند:

اسم منرال	فورمول کیمیائی	تشریح
Dicalciumphosphate	$\text{CaHPO}_4(2\text{H}_2\text{O})$	در خاک نسبتاً خوب در دسترس نبات قرار دارد
Octacalciumphosphate	$\text{Ca}_8(\text{PO}_4)_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	در خاک نسبتاً خوب در دسترس نبات قرار دارد
(Tri) Calciumphosphate	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	در خاک به شکل اپتایت قرار دارد
Hydroxide-Apatite	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$	به شکل اپتایت در معادن و در زمین قرار دارد
Carbonate Apatite	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$	به شکل اپتایت در معادن و در زمین قرار دارد
Fluor-Apatite	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	به شکل اپتایت در معادن و در زمین قرار دارد
Iron(III) phosphate	$\text{FePO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$	ترکیبات فاسفیت در خاک های اسیدی
Aluminium-Phosphate	$\text{AlPO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$	ترکیبات فاسفیت در خاک های اسیدی

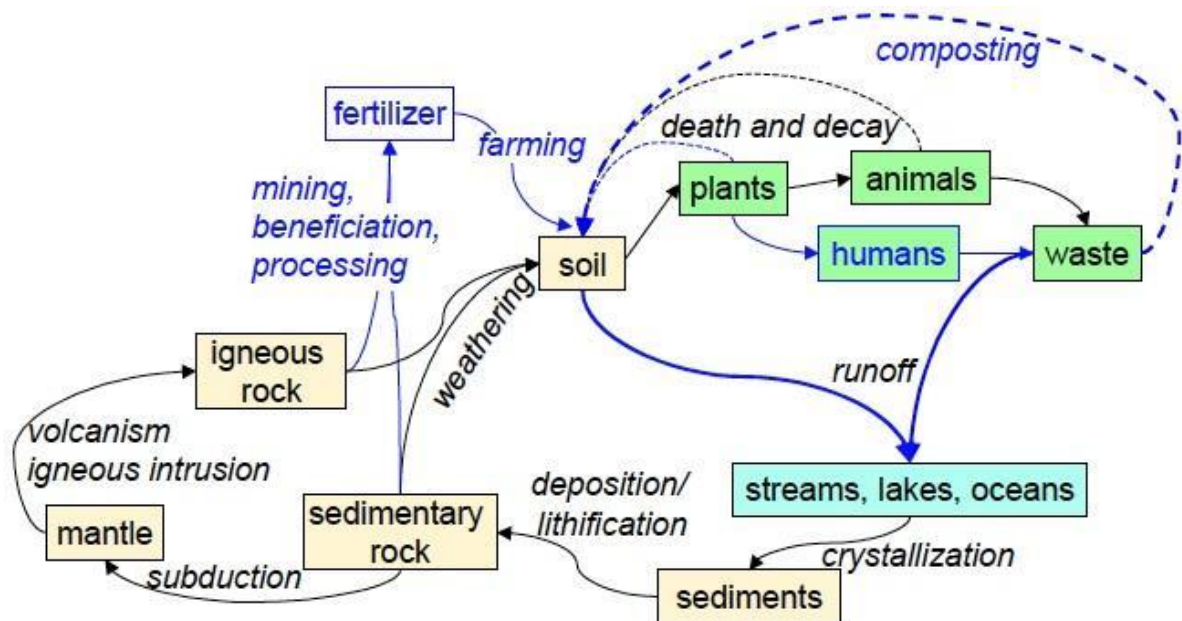
بزرگترین معادن فاسفیت در کشور های مراکش، تونس، الجزایر، روسیه و اضلاع متحده امریکا قرار دارد. مقدار فاسفورس در روی زمین لایتنهای نبوده و محدود است که یک زمانی به پایان می رسد. طبق بنیاد آلمانی به اسم حفاظت از طبیعت (Naturschutzbund Deutschland e.V. NABU) مقدار فاسفورس جهان 50 تا 100 سال دیگر به پایان خواهد رسید. به همین رابطه روزنامه آلمانی "Die Welt" در شماره پنجم سپتمبر 2011 به این خطر اشاره نموده، در سرخط خود می نویسد: "سرنوشت تمام بشریت به فاسفورس وابسته است" این امر واقعاً یک خطر بزرگ برای ادامه

حیات در روی زمین است. از همین لحاظ در کشور های صنعتی با تخنیک پیشرفته از مدت زیادی به این سو کوشش به عمل می آید تا توسط میتود های مختلف کیمیائی فاسفورس را از مواد فاضله (Recycling) استحصال و دوباره مورد استفاده قرار دهند. این پروسه در دستگاه های بزرگ تصفیه آبهای "بدررفت" نیز صورت می گیرد.

3. چرخش و یا دوران فاسفورس (Phosphorus Cycle):

دوران فاسفورس یک پروسه بیوجیو کیمیائی است، که حرکت فاسفورس را بین زمین (خاک)، آب (دریا ها و ابحار) و مواد عضوی یا بیوماس (Biomasse) در بر می گیرد. از همین لحاظ این دوران هم به نام دوران رسوبی یاد می شود. چون به خاطر جامد بودن فاسفورس، اتموسفیر در دوران طبیعی فاسفورس نقش بازی نمی کند.

این پروسه طوری صورت می گیرد، که سنگهای معدنی (نمک های حاوی فاسفیت) تحت تأثیر عوامل طبیعی، مانند فشار هوا، شعاع آفتاب، حرارت، رطوبت و غیره قرار می گیرند و عملیهٔ دیمینرالیزیشن (Demineralisation) یعنی تجزیهٔ منرالها شروع می شود که بر اثر آن سنگهای مذکور از هم پاشیده، فاسفیت از بین آنها آزاد می شود و داخل زمین و آب می گردد. سر انجام نباتات و میکرواورگانیزم این فاسفیت ها را جذب نموده، در بدن خود به ترکیبات عضوی مانند Adenosin-5'-Adenosintriphosphate (ATP), Deoxyribonucleic acid (DNA) و diphosphate(ADP), و امثال آن تبدیل می کنند. وقتیکه نباتات و میکرواورگانیزم می میرند و از بین میروند، بدن شان پوسیده می شود و فاسفیت ها دوباره به دامان طبیعت فرو می ریزند. به این ترتیب دایرهٔ دوران فاسفیت بسته شده و دوباره از سر شروع می شود.



شیما 1: دوران و یا چرخش فاسفورس در طبیعت

4. جذب یا گرفتن فاسفیت توسط نبات از زمین:

فاسفیت هم مانند نایتروجن و پُتاشیم تنها به شکل آیون توسط نبات جذب می شود. یعنی قبل از اینکه نبات فاسفیت را از طریق ریشهٔ خود از خاک بگیرد، باید فاسفیت از ترکیبات عضوی و غیر عضوی برون شده، در محلول خاک به شکل آیونهای H_2PO_4^- و HPO_4^{2-} قرار داشته باشند. در خاکهایی، که pH آن پایین است، فاسفیت به شکل H_2PO_4^- و در خاکهایی، که حالت کیمیائی آنها خنثی باشد به شکل HPO_4^{2-} جذب می شود. هرگاه pH خاک زیر قیمت 4 نزول کند،

فاسفیت در ترکیب فاسفیت آهن و یا فاسفیت المونیم قید شده به دسترس نبات قرار نمی گیرد. هرگاه pH خاک بلند تر از 8,5 باشد، در آن صورت فاسفیت در منرال اپتایت (Apatite) قید شده، نبات به آن دسترسی نمی داشته باشد. به طور عموم به دسترس قرار داشتن فاسفیت نه تنها به pH خاک ارتباط دارد، بلکه حالت زمین و نوع خاک هم نقش بازی می کنند.

در صورتیکه در محلول زمین فاسفیت به اندازه کافی موجود نباشد، نبات برای تکافوی نیازمندی خود از طریق ریشه تیزابهای عضوی ترشح می کند تا فاسفیت از مواد عضوی و یا نمکهای، که در خاک موجود اند، جدا و یا آزاد شوند و نبات آنرا جذب کند.

5. تجزیه لابر اتواری فاسفیت در خاک:

برای اینکه مقدار کود مورد نیاز نبات به شکل موثق تثبیت شود، باید خاک مزرعه مورد نظر پیش از کشت تجزیه شود. به این منظور در کشور های پیشرفته با زراعت مدرن، منجمه آلمان، هر سه سال از مزرعه مورد نظر تا عمق 30 سانتی متر (عمق قلبه) از 16 الی 20 جای مختلف مطابق یک پلان نمونه گرفته شده، خوب مخلوط می شوند. بعد از آن به مقدار 100 گرم آن در هوای اتاق و یا در بخاری مخصوص در 40 درجه سانتی گرید خشک شده و مورد تحقیق و تجزیه قرار می گیرد. این تحقیقات شامل دریافت پارامترهای pH، پوتاسیم اوکساید (K₂O)، مگنیزیم اوکساید (MgO)، کلسیم اوکساید (CaO)، دای فاسفورس پینت اوکساید (P₂O₅) و مواد عضوی (Humus) می باشد.

برای اندازه گیری مقدار مجموعی فاسفیت در خاک، از میتودی به نام CAL که طراح آن یک کیمیدان آلمانی به نام شیولر (H. Schüler) می باشد، استفاده صورت می گیرد. CAL محلولی است که از ترکیب 0,1 مول کلسیم لکتات و 0,1 مول کلسیم اسیتات با تیزاب سرکه و آب مقطر تشکیل شده و دارای بافر (Buffer) قوی بین 4,1 - 3,7 pH می باشد.

دستور العمل این میتود طور یست، که از مخلوط نمونه های خاک بعد از خشک شدن به مقدار 5 گرم خاک گرفته شده، با 100 ملی لیتر محلول CAL یکجا در بوتل ها توسط ماشین مخصوص 90 دقیقه شور داده می شود تا اینکه فاسفیت منحل شده و داخل محلول گردد. بعد از ختم شور دادن، محلول مذکور فلتر شده، در فلترات فاسفیت توسط فوتومتر اندازه می شود.

6. نقش فاسفیت در حیات نبات:

1.6 وظایف فاسفیت در نبات:

فاسفیت مانند دیگر مواد غذایی نبات برای رشد و تکامل آن حتمی و ضروری بوده، بدون آن حیات نبات ناممکن است. فاسفیت در نبات در انجام وظایف ذیل سهم است تولید ترکیبات عضوی مانند Deoxyribonucleic acid (DNA), Adenosintriphosphate(ATP), و Adenosin-5'-diphosphate(ADP) و Ribonucleic acid (RNA).

- تشکیل و فعالیت انزایمها
- تقسیم (Mitosis)، تشکیل و انکشاف حجره
- پروسه القاح
- انکشاف تخم نبات
- تولید کلروفیل
- تشکیل و انکشاف ریشه
- تولید مواد دفاعی نبات در مقابل امراض نباتی
- تنظیم پروسه های مبادله مواد در حجره

2.6 تأثیرات کمبودی فاسفیت بالای نبات:

همان طوریکه فاسفیت فواید زیادی برای نبات به بار می آورد، به همان اندازه فقدان آن در نبات باعث بطی شدن رشد آن شده، سرانجام منجر به کاهش حاصل می شود. عوارض کمبود فاسفیت در نبات عبارت اند از:

- رشد ضعیف نبات و کاهش حاصل
- اخلال شدید القاح
- تشکیل کلروزیس (Chlorosis) و کاهش قدرت عملیۀ فوتوزینتزیس
- ضعف انتقال انرژی برای انجام پروسه های متابولیک
- اخلال در تولید گل
- کوچک ماندن میوه
- کاهش مقاومت در برابر بیماری ها و آفات نباتی
- رشد غیر طبیعی دانه و یا تخم

علائم فقدان فاسفورس در همه نباتات به طور عموم مساوی و یک نوع نبوده، در صورتیکه امکان مقایسه با یک نبات سالم نباشد، مشکل است به طور واضح مرض را تشخیص کرد. در بعضی از موارد علائم کمبود فاسفیت با علائم مقدار زیاد نایتروجن در نبات شباهت دارد. یعنی اینکه برگ ها رنگ سبز تاریک را به خود می گیرند.

طوریکه در تصاویر 4-1 مشاهده می شود، در بسیاری مواقع برگها رنگ سرخ تاریک مایل به رنگ ارغوانی را به خود می گیرند که از حاشیۀ برگ شروع شده، به سمت وسط برگ پیش می رود. به ادامه آن برگها آهسته آهسته به کلروز (Chlorosis) مصاب شده، برگ توان اجرای عملیۀ فوتوزینتزیس را نداشته، نبات از بین می رود.



علائم فقدان فاسفورس در برگ نبات از بالا به پائین و از راست به چپ: جواری، کرم سرخ، بادنجان رومی و شرشم

7. کود های کیمیائی فاسفیت :

کود های فاسفیت عبارت اند از ترکیبات کیمیائی که ماده غذائی فاسفورس را یا مستقیماً به شکل آیون (H_2PO_4^- و HPO_4^{2-}) در خود دارند و یا به شکل ترکیبی باشند، که بعد از پروسهٔ دیمنرالیزیشن این آیون ها را به دسترس نبات قرار بدهند. برای تولید کود های منرالی فاسفیت از سنگ های معدنی دارای فاسفورس استفاده می شود. این سنگها یا به طور میخانیکی، توسط ماشین های بزرگ آسیاب مانند میده و سائیده می شوند. و یا توسط عملیه های کیمیائی (دیمنرالیزیشن توسط تیزاب های قوی) در فابریکات مخصوص آماده می شوند.

مشکل بزرگ این میتود اینست، که فاسفیت، که اکثریت سنگ های معدنی حاوی فاسفورس را تشکیل می دهد، دارای ترکیبات فاسفیت استند که انحلالیت آن بسیار کم است. انحلالیت فاسفیت هائی، که برای کود کیمیائی استفاده می شوند، بسیار مختلف است. بعضی از آنها در آب و بعضی دیگر باید در تیزاب منحل شوند، در غیر آن مورد استفاده قرار گرفته نمیتوانند.

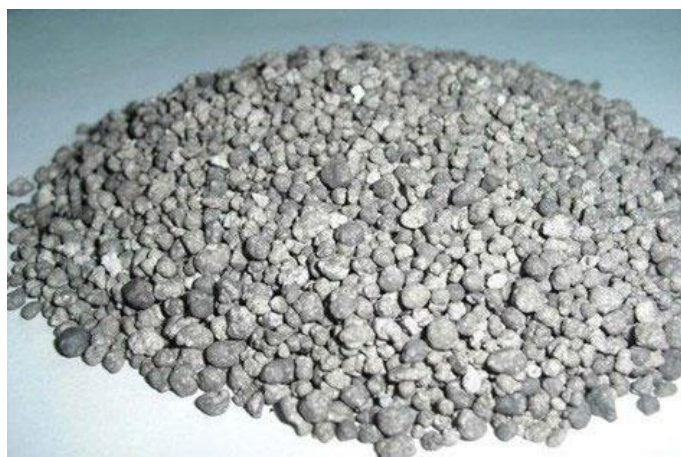
انواع کود های کیمیائی فاسفیت که در آلمان تولید شده و بعضی از آنها کشور های همجوار افغانستان نیز استعمال می شوند قرار ذیل اند:

1.7 کود. های کیمیائی فاسفیت از ترکیب فاسفیت و تیزاب تشکیل شده اند.

1.1.7 سوپر فاسفیت ساده (Single superphosphate)

کود سوپر فاسفیت یک کود کیمیائی است که طریقه و نسخهٔ تولید آن در سال 1843 توسط دانشمند کیمیای زراعتی انگلیسی به نام John Bennet Lawes (1814 - 1900) طرح گردید و از آن زمان به این سو تحت این نام تولید می شود. نام کود سوپر فاسفیت یک نام تجارتي بوده، معنی می دهد که این کود درمقابل فاسفیت معدنی قدرت انحلالیت برتر دارد.

طوریکه معادلهٔ ذیل نشان میدهد کود سوپر فاسفیت، از ترکیب کلسیم فاسفیت که در حالت طبیعی در آب غیر قابل حل است و تیزاب سلفر تشکیل شده است. 93% فاسفیت کود سوپر فاسفیت در آب حل شده، که به اسرع وقت بعد از کود دادن در دسترس نبات قرار می گیرد.



تصویر 5: کود سوپر فوسفیت

طوری‌که تصویر 5 نشان می‌دهد، این کود دارای دانه‌های درشت (گرانولات) بوده، رنگ خاکستری داشته، دارای 18% P_2O_5 ، 11% سلفر و 30% کلسیم اوکساید (CaO) می‌باشد.

2.1.7 کود. کیمیائی دبل سوپر فوسفیت (Double superphosphate)

کود دبل سوپر فوسفیت از ترکیب فوسفیت و تیزاب فاسفورس تشکیل شده است و مانند سوپر فوسفیت ساده سریع در دسترس نبات قرار می‌گیرد. کلمه "دبل" یا دوچند به معنی آن است که مقدار فوسفیت آن نسبت به مقدار فوسفیت در کود سوپر فوسفیت ساده بلندتر است که به 35% P_2O_5 می‌رسد.



3.1.7 کود. کیمیائی تریپل سوپر فوسفیت (Triple superphosphate)

این کود نیز مانند کود دبل سوپر فوسفیت یک کود کلسیم دای هایدروجن فوسفیت بوده، و دارای 45% P_2O_5 می‌باشد. فرق این کود با کود دبل سوپر فوسفیت این است که برای تولید آن از تیزاب فاسفورس غیر تخنیکی (خالص) استفاده می‌شود.

2.7 کود. های کیمیائی فوسفیت که برای دیمنرالیزیشن آنها از تیزاب استفاده نمی‌شود:

1.2.7 رینانیا فوسفیت (Rhenania phosphate)

این کود یک کود کلسیم فوسفیت بوده، حاوی 26% P_2O_5 فوسفیت و 40% کلسیم اوکساید می‌باشد. رینانیا فوسفیت (نام تجارتي) از سنگ‌های نرم فوسفیت به شکل پودر (75% دانه‌های آن کوچکتر از 0,16 میلی‌متر) در آسیاب آرد می‌شود. در خاک به زودی حل شده، تأثیر القلی دارد.

2.2.7 توماس فوسفیت (Thomas phosphate)

این کود نیز مانند رینانیا فوسفیت توسط آسیاب به شکل پودر (75% دانه‌های آن کوچکتر از 0,16 میلی‌متر) آماده شده و در بازار عرضه می‌شود. این کود حاوی 15% P_2O_5 و 45% کلسیم اوکساید بوده در خاک به زودی حل شده، تأثیر القلی دارد.