

# طبقه بندی انواع کودهای شیمیایی

گرد آوری: حسین زمانی

**تعریف کود:** بطور کلی هر ماده ای که بتواند یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه را تامین نماید را کود گویند. کودها به دو دسته آلی و شیمیایی تقسیم می شوند. بنا به تعریف هر ماده شیمیایی که بتواند یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه را تامین نماید کود شیمیایی و هر ماده آلی که بتواند عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تامین نماید کود آلی می گویند.

## طبقه بندی انواع کودهای شیمیایی

الف- تقسیم بندی بر اساس تعداد عنصر تشکیل دهنده: کودهای شیمیایی را بر حسب تعداد عنصر غذایی تشکیل دهنده کود به پنج گروه تقسیم بندی می کنند:

۱. کودهای کامل (complete fertilizers) : کودهایی که حاوی هر سه عنصر اصلی هستند
۲. کودهای غیر کامل (incomplete fertilizers) : کودهایی که فاقد یکی از سه عنصر اصلی باشند.
۳. کودهای ساده (straight fertilizer) : کودهای شیمیایی که فقط حاوی یک عنصر غذایی هستند.
۴. کودهای مرکب (complex fertilizers) : کودهای شیمیایی که حاوی بیش از یک عنصر باشند.
۵. کودهای مخلوط (mixed fertilizers) : ترکیبی از دو یا چند کود که بصورت گرانوله ، پودر یا مایع هستند.

ب) تقسیم بندی بر اساس نوع عنصر تامین کننده: کودهای شیمیایی را بر حسب نوع عنصر غذایی که برای گیاه تامین می نماید به پنج گروه تقسیم بندی می کنند:

۱. کودهای نیتروژنه
۲. کودهای فسفره
۳. کودهای پتاسته
۴. کودهای میکرو
۵. کودهای متفرقه

## • کودهای نیتروژنه

۱- کودهای آمونیومی: کودهای نیتروژنه قابل حل در آب هستند اما در مقایسه با کودهای نیتراته بسرعت جذب گیاه نمی شوند و بایستی ابتدا به نیترات تبدیل و سپس جذب گیاه شوند. استثنا برنج، نیشکرو سیب زمینی نیتروژن

آمونومی جذب می کنند. نیتروژن آمونیوم به علت داشتن بار مثبت جذب کلوئیدهای خاک شده و در نتیجه نسبت به آبشویی مقاومند. تمام کودهای آمونیومی اسیدزا هستند. مثال سولفات آمونیوم، کلرید آمونیوم، فسفات آمونیوم.

۲- کودهای نیتراتی: این کودها در آب بسیار محلولند. بیشتر گیاهان بجز برنج در اوائل رشد نیتروژن را بصورت نترات جذب می کنند. کودهای نیتراتی هم بصورت پایه و هم بصورت سرک قابل استفاده هستند. تحرک زیاد کودهای نیتراتی در خاک خطرناک بوده و در آبشویی شسته می شوند. اما حتی در روش پخش سطح بسزعت در اختیار ریشه گیاه قرار می گیرند. در خاک های خشک کودهای نیتراتی به دیگر فرمها ترجیح دارند. تمام کودهای نیتراتی قلیازا هستند و مصرف مداوم آنها اسیدیته خاک را بالا می برد. مثال نترات سدیم، نترات کلسیم و نیتروفسفات

۳- کودهای آمونیومی- نیتراتی: این کودها دارای خصوصیات حد واسط کودهای آمونیومی و کودهای نیتراتی هستند و دارای هر دو فرم نیتروژن نیتروژن هستند. این کودها دارای اثرات اسیدزائی در خاک هستند. مثال نترات آمونیوم، نترات آمونیوم کلسیم و نترات سولفات آمونیوم

۴- کودهای آمیدی: کودهای آلی هستند که در آب حل می شوند. و بسرعت توسط میکروارگانیسمها تجزیه می شوند. در اثر مصرف در خاک ابتدا به نیتروژن آمونیومی و سپس به نیتروژن نیتراتی تبدیل می شوند. مثال اوره.

۵- کودهای نیتروژنه محلول: این گونه کودها بر استفاده در آب آبیاری بسیار مفیدند و دارای خاصیت اسید زائی هستند. مثال انهیدروس آمونیوم و آمونیاک مایع.

۶- کودهای نیتروژنه کند رها: این دسته از کودها نیتروژن موجود در خود را بتدریج و در طول زمان نسبتا طولانی آزاد می کنند. این کودها به آبشویی بسیار مقاومتر از دیگر فرمهای نیتروژنه می باشند مثال SCU، اوره فرمالدئید.

### ساخت و خصوصیات کودهای نیتروژنه

ساخت کودهای نیتروژنه با  $NH_3$  شروع می شود.  $NH_3$  از دو طریق تولید می شود:

۱- ساخت گاز آمونیاک (synthesis of ammonia)

مخلوطی از نیتروژن و ئیدروژن به نسبت ۱ به ۳ حجمی تحت فشار و حرارت بالا و کاتالیزور و تسریع کننده ها به  $NH_3$  تبدیل شود.

نیتروژن و ئیدروژن لازم است. نیتروژن از هوا و ئیدروژن از هیدروکربنها مانند اتان و متان و یا از آب  $NH_3$  برای تولید تامین می شوند.

در واکنش تبدیل متان، بخار آب و هوا به آمونیاک تبدیل می شود:

۲- تجزیه سنگهای فسیلی مانند ذغال سنگ (destructive distillation of coal)

Heated to 1000<sup>0</sup>C

ذغال سنگ

• آمونیاک مایع: آمونیاک خود به تنهایی به عنوان کود نیتروژنه قابل مصرف است و در بسیاری از کشورهای پیشرفته از جمله ایالات متحده بخش عمده ای از نیاز نیتروژن از راه تزریق گاز آمونیاک و یا محلول در حدود ۲۵٪ آمونیاک به خاک مرطوب تأمین می گردد. میزان مصرف گاز طبیعی برای هر تن آمونیاک در حدود ۸۰۰ متر مکعب به عنوان خوراک و ۴۰۰ متر مکعب برای تولید بخار می باشد. سایر کودهای عمده نیتروژنه که از آمونیاک حاصل می گردد به قرار زیر است:

• سولفات آمونیوم (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: این کوداز تاثیر اسید سولفوریک با NH<sub>3</sub> بصورت زیر تولید می شود



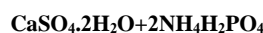
خصوصیات: سفید رنگ، گاهی ذرات ابی، قهوه ای. خاکستری و نیز ممکن است ناخالصی دیده شود. قابل حل در آب، تقریباً غیر آبگیر و مقدار نیتروژن آن ۲۰ تا ۲۱ درصد. کودی اسیدزاست. کودی است کریستالی (که از کلوخه شدن آن جلوگیری می کند)، پایدار با رطوبت نسبی بحرانی ۷۹/۲ درصد در ۲۰ درجه سانتیگراد و با داشتن خصوصیات فیزیکی عالی، این کود می تواند با کودهای فسفاته و پتاسه مخلوط شود. وزن مولکولی ۱۳۲/۱۴، درصد نیتروژن ۲۱/۲، وزن مخصوص ۱/۷۶۹، گرم محلول در ۱۰۰ گرم آب در صفر درجه سانتی گراد ۷۰/۶، گرم محلول در ۱۰۰ گرم آب ۱۰۳/۸.

تنها مشکل این کود کم بودن میزان نیتروژن آن است که در حدود ۲۰ درصد است و این مقدار در مقایسه با اوره ۴۶ درصد و نیترات آمونیوم ۳۳ درصد در حد قابل توجهی کمتر است. از طرف دیگر صورت سولفات آمونیوم با اوره از لحاظ میزان عناصر غذایی نیز قابل رقابت است.

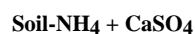
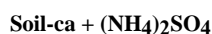
اگر کود در خاک های آهکی مصرف شود. مقداری از نیتروژن از طریق تصعید خارج می شود.



اگر کود با سوپرفسفات مخلوط و برای مدت طولانی نگهداری شود مخلوط سخت می شود.



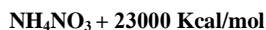
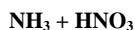
اثرات سولفات آمونیوم در خاک: این کود نیز حاوی ۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد است و از نظر قیمت واحد نیتروژن یکی از گران ترین کودهای نیتروژنه است اما بهترین کود نیتروژنی برای خاک های قلیائی و آهکی ایران شناخته شده است زیرا هم اسیدزا است و هم دارای مقداری گوگرد است. چون نیتروژن این کود به صورت آمونیوم است، کمتر از سایر کودهای نیتروژنی شسته می شود. کاهش pH خاک توسط این کود موجب حلالیت بسیاری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، که به قدر کافی در خاک وجود دارند ولی به علت واکنش قلیائی به صورت رسوب نامحلول در آب و غیر قابل استفاده گیاه در آمده اند، می گردد. اهم این عناصر آهن، منگنز، روی و فسفات ها میباشد. تنها مشکل این کود کم بودن میزان نیتروژن آن است که در حدود ۲۰ درصد است و این مقدار در مقایسه با اوره ۴۶ درصد ونترات آمونیوم ۳۳ درصد تا حد قابل توجهی کمتر است. از طرف دیگر چنانچه مقدار گوگرد موجود در این کود نیز در محاسبه درصد عناصر غذایی منظور شود، در اینصورت سولفات آمونیوم با اوره از لحاظ میزان عناصر غذایی نیز قابل رقابت است. سولفات آمونیوم بخصوص در خاک هائی که کمبود گوگرد دارند و برای خاک های شور مناسب است. کودی است که سریع عمل می کند و جذب کلوئیدهای خاک شده و جایگزین کلسیم می شود بنابراین مقاوم به شستشو است و در نتیجه برای مصرف در زمان کاشت مناسب است. یکی از کودهای بسیار مناسب برای شالیزارهاست. جذب سطحی یون آمونیوم توسط خاک بصورت زیر است:



سولفات کلسیم حاصله بخصوص در مناطق مرطوب با آب شسته می شود به همین دلیل در اثر مصرف سولفات آمونیوم، کلسیم خاک از دست می رود، آمونیوم جذب سطحی شده و به آرامی آزاد شده و سرنوشت های مختلفی دارد:

- ۱- در اثر نترات سازی ابتدا به نیتريت و سپس به نترات تبدیل می شود. این عمل تقریباً ۷ تا ۱۰ روز زمان نیاز دارد.
  - ۲- آمونیوم آزاد شده مستقیماً توسط گیاه ( بخصوص برنج) جذب می شود
  - ۳- آمونیوم مورد استفاده موجودات میکروبی هتروتروف خاک قرار می گیرد،
  - ۴- آمونیوم در بین لایه های داخلی رس حبس و بفرم غیر قابل استفاده در می آید.
- در خاک های آهکی اگر سولفات آمونیوم زیادی بطور یکباره مصرف شود، فرصت تبدیل نیتريت به نترات کم است و در نتیجه یا مقدار زیادی نیتريت در خاک تجمع می یابد که بر روی رشد گیاه اثر سوء دارد و یا این که نیتروژن بصورت گاز نیتروژن بهدر می رود. سولفات موجود در کود با کلسیم ترکیب و سولفات کلسیم تولید می شود. سولفات کلسیم یا توسط گیاه جذب و یا در اثر باران یا آبیاری سنگین شسته می شود. در نتیجه بهدر رفتن سولفات کلسیم مشاهده می شود که کاربرد کود سولفات آمونیوم منجر به اسیدی شدن خاک می شود. اسیدیته حاصل از هر ۱۰۰ کیلوگرم کود توسط ۱۱۰ کیلوگرم آهک خنثی می شود.

نیترات آمونیوم: این کود ۳۳ تا ۳۴ درصد نیتروژن دارد و از تاثیر اسید نیتریک با  $NH_3$  بصورت زیر تولید می شود.



آمونیاک در مجاورت کاتالیست پلاتین طی چند مرحله تبدیل به اسید نیتریک گردیده و از ترکیب مجدد آمونیاک با اسیدنیتریک، نیترات آمونیوم حاصل می گردد. از جمله مزایای عمده این کود داشتن توأم نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی است که برای بعضی از گیاهان از جمله درختان میوه اثر قابل توجه در عملکرد دارد. معایب عمده این کود: (۱) خاصیت جذب رطوبت شدید (۲) خطر انفجار در صورت آلوده شدن به مواد هیدروکربوری و (۳) تمایل شدید به کلوخه شدن در حالت نوسان درجه حرارت انبار در اطراف ۳۲ درجه سانتی گراد در شبانه روز می باشد.

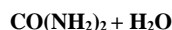
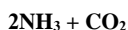
خصوصیات: سفید رنگ، قابل حل در آب، خاصیت هیدرسکوپی بالا. در نتیجه رطوبت هوا را جذب و انبارداری، انتقال و استفاده از آن را مشکل می کند. ۳۳-۳۴٪ نیتروژن دارد. نصف نیتروژن نیتراته و نصف دیگر آمونیومی است. کودی است اسیدزا ( مصرف هر ۱۰۰ کیلوگرم آن نیاز به ۶۰ کیلوگرم آهک برای خنثی سازی دارد)، کریستالی. وزن مولکولی ۸۰/۰۴، وزن مخصوص ۱/۷۲۵، نقطه ذوب ۱۷۰/۴C، حلالیت گرم در ۱۰۰ گرم آب در صفر درجه سانتی گراد ۱۱۸، حلالیت گرم در ۱۰۰ گرم آب در ۲۰ درجه سانتی گراد ۱۸۴ و حلالیت گرم در ۱۰۰ گرم آب در ۱۰۰ درجه سانتی گراد ۸۴۲.

کود نیترات آمونیوم خاصیت انفجاری بالایی دارد که برای کاهش آن می توان اقدامات زیر را انجام داد:

(۱) کودها را برای مدت طولانی نگهداری ننمود، (۲) کیسه ها را محکم بسته بندی نمود، (۳) در هر ردیف بیش از ۶ کیسه روی هم نگذاشت، (۴) موقعیت کیسه ها را هر هفته تغییر داد و (۵) نبایستی با کاه و کلش و امثالهم مخلوط نمود چون امکان آتش سوزی وجود دارد و نباید نزدیک مدارهای الکتریکی قرار گیرند.

به علت خواص نامساعد رطوبت و خطر انفجار تبادل این کود در تجارت جهانی رواج ندارد و بعلاوه در فرمولاسیون کودهای مخلوط نیز استفاده از این کود توصیه نمی شود. مناسبترین مصارف عمده این کود اضافه نمودن آن به عنوان سرک به زراعت های دیم و همچنین به عنوان کود مناسب برای باغات میوه می باشد. افزایش بعضی از این مواد کودی مانند انواع فسفاتهای آمونیوم از قابلیت انفجاری کود می کاهد. این کود برای زراعت دیم بسیار مناسب است اما قابلیت آبشویی آن بالاست. خاک های سنگین برای مصرف این کودها مناسبترند زیرا از آبشویی نیترات جلوگیری می کنند.

اوره  $CO(NH_2)_2$ : این کود ۴۶ درصد نیتروژن دارد و از تاثیر گاز کربنیک با  $NH_3$  بصورت زیر تولید می شود.



اگر در طول عمل درجه حرارت رعایت نگردد، در هنگام تبدیل کود لز حالت جامد به مایع ماده بسیار خطرناکی بنام بیورت تولید می شود. میزان مجاز بیورت در کود اگر برای مصرف خاکی باشد نباید بیش از ۲-۱٪ باشد و در صورتی که بصورت محلولپاشی مصرف شود غلظت آن در کود نبایستی از ۰/۳ - ۰/۲٪ بیشتر باشد.

خصوصیات: سفیدرنگ، وزن مولکولی ۶۰/۶، دانسیته  $1/32 \text{ g/cm}^3$ ، محلول، آبگیر، درصد نیتروژن ۴۴-۴۶، کودی است اسیدزا، حلالیت گرم در ۱۰۰ گرم آب صفر درجه سانتیگراد ۶۶/۷، حلالیت گرم در ۱۰۰ گرم آب ۲۰ درجه

سانتیگراد ۱۸۰/۰، حلالیت گرم در ۱۰۰ گرم آب ۶۰ درجه سانتیگراد ۲۵۱/۰، حد بحرانی رطوبت نسبی در ۲۰ درجه سانتی گراد ۰/۸۱، حد بحرانی رطوبت نسبی در ۳۰ درجه سانتیگراد ۰/۷۳. بعلاوه بر اساس استاندارد ملی ایران حد مجاز بیورت حداکثر ۱ درصد و اندازه دانه ها ۰/۳ تا ۱ میلیمتر و درصد رطوبت نیز حداکثر ۰/۵ درصد تعیین گردیده است. وجود خاکه و یا ذرات کوچکتر از ۰/۲ میلیمتر موجب تسریع در جذب نیتروژن و کلوخه شدن کود گردیده و به همین دلیل مقدار آن به حداکثر ۰/۵ درصد محدود گردیده است.

مزایا و معایب اوره: ارزانتترین و در نتیجه پر مصرف ترین کود نیتروژنه دنیاست، خطرات آتش سوزی ندارد، رطوبت نسبی بحرانی آن (۰/۷۵/۱) در مقایسه با نیترات آمونیوم (۰/۵۹/۴) بالاتر است و لذا کلوخه نمی شود، کودی است ابتدا باززا و در کل اسیدزا، برای محلولپاشی مناسب است. مشکل اصلی در مصرف این کود در ایران میزان بالای تلفات آن پس از مصرف است. در مرحله اول به علت حلالیت زیاد (۱۰۸۰ گرم در هر لیتر آب در ۲۰ درجه سانتیگراد) این کود سریعاً شسته شده و در زراعتهایی مانند برنج بخش قابل توجه کود به سرعت از دسترس گیاه خارج می گردد. راندمان جذب نیتروژن از اوره توسط گیاه در برنج تا کمتر از ۲۰٪ و در بعضی دیگر از زراعتها تا کمتر از ۴۰٪ گزارش شده است. از طرف دیگر چنانکه این کود در سطح خاک پوشیده شود در طول مدت یک تا دو روز توسط واکنش آنزیمی Urease تبدیل به کربنات آمونیوم  $(NH_4)_2CO_3$  می شود که بسیار ناپایدار است و در شرایط قلیایی بودن خاک و گرمی و خشکی هوا بخش عمده ای از نیتروژن به صورت امونیاک متصاعد می گردد. بنابراین با همه مزایای این کود مصرف آن در برنجکاری و در شرایط کشت دیم بخصوص در خاک های قلیائی توصیه نمی شود.

اثرات اوره در خاک: این کود کاملاً در محلول خاک حل می شود اما بفرم آمیدی قابل استفاده بیشتر نباتات زراعی نیست. در اثر مصرف در حضور آنزیم اوریاز هیدرولیز شده و به کربنات آمونیوم و سپس آمونیوم و نهایتاً به نیترات تبدیل می شود:



توصیه شده است که اوره را ۳ یا ۴ روز قبل از کاشت مصرف کنند زیرا تبدیل اوره به کربنات آمونیوم یا نیترات حدوداً یک هفته زمان نیاز دارد که این زمان به رطوبت، دما، اسیدیته، ماده آلی، نوع خاک و مقدار مصرف بستگی دارد. تلفات اوره در خاک های غیر غرقاب و در شرایط معمول از طریق آبشویی کم است اما در شرایط غرقاب نیترات حاصل از آمونیوم به منطقه پائین تر (احیا) شسته و در این منطقه به  $NO_2$  و  $N_2$  تبدیل و نهایتاً بهدر می رود. اوره را می توان بصورت محلولپاشی برگی با غلظت های ۳ تا ۶ درصد استفاده کرد. بایستی توجه نمود که مقدار بیورت آن زیاد نباشد.

کود اوره با پوشش گوگرد (SCU): این کود از پاشیدن گوگرد مذاب بر روی دانه های اوره به دست می آید. در این فرایند حرارت گوگرد ۱۵۰ و اوره ۷۵ درجه سانتیگراد و میزان گوگرد بر حسب حلالیت مورد نظر کود بین ۱۲ تا ۲۵ درصد است. به عبارت دیگر هر قدر ضخامت لایه گوگردی بیشتر باشد اوره دیرتر محلول و یا کندتر رها می گردد. راندمان

جذب نیتروژن این کود توسط گیاه بسیار بالا و به عبارت دیگر تلفات آن چه از راه آبهویی و یا تصعید از سطح خاک بسیار ناچیز است.

کود اوره فرمالدئید (کود نیتروژنه کند رها: علاوه بر کود اوره با پوشش گوگردی، یکی از کودهائی که مدت زمان طولانی با عنوان تجارتي اوره فرم تهیه شده و در بازار به فروش می رسد، اوره فرمالدئید است. این کود از پلیمریزاسیون اوره و فرمالدئید به دست می آید. تولید نهائی مخلوطی از پلیمرهای متیلن اوره است که بر اساس طول زنجیر و وزن مولکولی طبقه بندی می شوند. فعالیت کودهای اوره فرم به نسبت پلیمرهای مختلف در مخلوط بستگی دارد. هر چه زنجیرهای مولکولی کوچکتر باشد، نیتروژن قابل استفاده بیشتری برای گیاه وجود خواهد داشت. مقدار نیتروژن این کود حدود ۳۸ درصد است و اثر آن معمولاً بر اساس نسبت اجزای تشکیل دهنده و از طریق شاخص فعالیت یا درصد حلالیت نیتروژن در آب سرد و گرم تعیین می گردد. مطالعات نشان داده است که برای محصولاتی که نیتروژن زیادی مصرف می کنند (مانند ذرت) و یا محصولاتی که دوره رشد طولانی تری دارند، مصرف کودهای کند رها نظیر SCU یا اوره فرم اولی تر است. اما همانگونه که ذکر شد از لحاظ واحد نیتروژن گرانیقیمت است. به لحاظ فراوانی اوره با ۴۶ درصد نیتروژن و حتی نیترات آمونیوم با ۳۳ درصد نیتروژن در ایران، این کودها استفاده بیشتری دارند. بایستی دقت نمود که به لحاظ قابلیت این کودها برای شستشو و تصعید، بخصوص در خاک های سبک و انجام آبیاری سنگین یا بارندگی زیاد، این کودها را بصورت تقسیط مصرف نمود.

نیترات آمونیوم، کلسیم  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ : خاکستری یا قهوه ای روشن، نسبتاً محلول در آب، ۲۱-۲۰٪ نیتروژن، کودی است خنثی، بی شکل و خاصیت انفجاری کم.

نیترات سولفات آمونیوم  $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_3\text{NO}_3$ : سفید رنگ، محلول در آب. نسبتاً آبگیر، خالص آن ۲۶٪ نیتروژن دارد، حاو ۱۵٪ سولفور. کودی است اسیدزا.

کلرید آمونیوم  $\text{NH}_4\text{Cl}$ : سفیدرنگ، محلول در آب، نیتروژن خالص ۲۶/۲٪ و نیتروژن معمولی ۲۵٪، کودی است اسیدزا و کریستالی.

### سرنوشت کودهای نیتروژنه در خاک ها

در اثر مصرف سولفات آمونیوم در خاک، این کود تجزیه شده و به کاتیون آمونیوم و آنیون نیترات و سولفات تبدیل می شود:



الف- سرنوشت یون آمونیوم : (۱) جذب گیاه می گردد (۲) توسط موجودات میکروبی خاک مصرف و بفرم آلی در می آید، (۳) توسط رسها تثبیت می شود، (۴) بصورت گاز  $\text{NH}_3$  تصعید می شود و (۵) در اثر عمل نیترات سازی به نیتريت و سپس نیترات تبدیل می شود.





• اسید فسفریک: مقدار درصد  $P_2O_5$  در خاک فسفات معمولاً بین ۳۰ تا ۳۷٪ است. حلالیت فسفر موجود در خاک فسفات بسیار ناچیز است و با افزایش اسید جهت محلول نمودن فسفر عیار مخلوط کاهش می یابد. در صنعت تولید کود شیمیائی جهت تولید کودهای فسفاته با عیار بالاتر لازم است ابتدا فسفر موجود در خاک فسفات طبق فرمول زیر و با اثر دادن اسید سولفوریک بر روی خاک فسفات جدا شود.



پس از تکمیل واکنش مخلوط از صافی عبور داده میشود. گچ حاصله را به عنوان محصول جانبی دور ریخته شده و یا برای ساخت دیوارهای گچی و کف پوشهای مشابه با موزائیک مصرف می شود. اسیدفسفریک حاصله که بر حسب نوع فرایند حاوی ۲۷ تا ۴۰ درصد  $P_2O_5$  است. از این کود (اسید) می توان مستقیماً در سیستم های آبیاری تحت فشار استفاده نمود. این اسید را تغلیظ و برای ساخت انواع کودهای فسفاته مورد استفاده قرار می گیرد.

• سوپر فسفات تریپل یا **Triple super phosphate**: در حدود ۲۰٪ مصرف جهانی کودهای فسفاته سوپر فسفات تریپل است که از اثر اسید فسفریک بر روی خاک فسفات طبق واکنش زیر بدست می آید.



بر اساس فرایندهای جدید این کود پس از تولید مستقیماً دانه بندی می شود. این کود معمولاً حاوی در حدود ۴۶٪  $P_2O_5$  یا در حدود ۲۰٪ P می باشد که در حدود ۳۰٪ فسفر از خاک فسفات و ۷۰٪ آن از اسیدفسفریک تأمین می گردد. از کل فسفر موجود در این کود در حدود ۹۸٪ قابل استفاده و در حدود ۸۹٪ قابل حل در آب می باشد.

این کود به صورت دانه بندی برای مصرف مستقیم و همچنین پودر برای ساخت کودهای کامل تولید می گردد. کلسیم موجود در این کود دارای اثر اصلاحی در خاک بوده و سایر ناخالصیهای موجود نیز در رفع کمبود عناصر ریزمغذی مؤثر می باشند. در حالی که این کود به خوبی قابل دانه بندی می باشد ولی مصرف پودر آن نیز در تولید انواع کودهای مرکب مانند ۱۴-۱۴-۱۴ متداول است. در تجارت جهانی صادرات این محصول بعد از دی فسفات آمونیوم در رتبه دوم قرار دارد. در سال های اخیر صادرات سالانه این کود بطور متوسط در حدود ۴۰ میلیون و دی فسفات آمونیوم در حدود ۱۰ میلیون تن گزارش شده است. کشورهای عمده صادر کننده ایالات متحده آمریکا و کشورهای شمال آفریقا می باشند.

• فسفات آمونیوم  $(NH_4)_2HPO_4$  (DAP) محتوی ۴۶ درصد فسفر ( $P_2O_5$ ) و ۱۸ درصد نیتروژن: این کود از اثر آمونیاک بر روی اسیدفسفریک بدست می آیند. فرمول کودی دی فسفات آمونیوم ۰-۴۶-۱۸ و مونو آمونیوم فسفات ۰-۵۱-۱۱ است و بنابراین عیار کودی هر دو کود بسیار بالاتر و بیش از ۶۰٪ می باشد. در حالتی که به علت عیار کودی بالا هزینه حمل و نقل فسفاتهای آمونیوم پایین است ولی نسبت عناصر غذایی یعنی  $N/P_2O_5$  در این کود بسیار نامتعادل است و با توجه به نیاز اغلب گیاهان مصرف این کود به تنهایی قابل توصیه نیست و لازمست با افزایش نیتروژن و پتاسیم نسبت عناصر غذایی آن متعادل گردد. از طرف دیگر به علت رطوبت بحرانی در حد مطلوب و بالای ۸۰٪ برای هر دو نوع فسفات آمونیوم استفاده از آنها در ساخت انواع کودهای شیمیائی کامل چه از طریق امتزاج فیزیکی و یا شیمیائی متداول است و مانند سوپر فسفات تریپل میزان حلالیت آنها در خاک نیز در حد مطلوب می باشد.

• سوپر فسفات غلیظ (TSP)  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  محتوی  $Ca(H_2PO_4)_2$

۴۶ درصد فسفر ( $P_2O_5$ ): این کود مشابه فسفات آمونیوم می باشد ولی فاقد نیتروژن می باشد.

• سوپرفسفات ساده (SSP)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  محتوی حداقل

۱۶ درصد فسفر ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) : این کود نیز مشابه فسفات آمونیوم می باشد.

• منوفسفات آمونیوم (MAP)  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  محتوی ۶۰ درصد فسفر ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) و

۱۲ درصد نیتروژن: این کود محلول بوده و در سیستم آبیاری تحت فشار می توان از آن به سهولت استفاده نمود (مزیت این کود بر سایر کودهای فسفاته).

• اسید فسفریک خالص  $\text{H}_3\text{PO}_4$  محتوی ۵۴ درصد فسفر ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ): از این کود (اسید)

نیز می توان در سیستم های آبیاری تحت فشار استفاده نمود.

انواع کودهای فسفره پس از افزایش به خاک و بخصوص در شرایط خاک های آهکی ایران، در کوتاه مدت تبدیل به فسفات کلسیم می شوند و همراه با افزایش نسبت کلسیم در مولکول ارتوفسفات حلالیت فسفر شدیداً کاهش می یابد. با توجه به این موضوع در انتخاب کود فسفاته مناسب توجه به اصول زیر توصیه می گردد.

۱- نسبت  $\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5$  در کودهای MAP و DAP نامتعادل است و مصرف مستمر این کود موجب تراکم بیش از حد فسفر و بروز کمبود عناصر کم مصرف مانند روی و آهن می شود. بنابراین در بعضی شرایط اضافه محصول حاصل از مصرف این دو کود به علت نیتروژن همراه است و نه فسفر و باید دقت شود تعادل بین مصرف کود و نیاز کودی خاک حفظ شود. در مبحث کودهای کامل این نکته بیشتر تشریح خواهد گردید.

۲- در کشورهایی مثل ایران که صاحب منابع عظیم گاز طبیعی که خوراک واحدهای آمونیاک است از دو نقطه نظر واردات کود فسفاته به صورت TSP در مقایسه با DAP بیشتر به صلاح می باشد.

۱- میزان عناصر کم مصرف در کود TSP بیشتر از کودهای فسفات آمونیوم است.

۲- قیمت تمام شده کودهای نیتروژنه کمتر از معادل قیمت نیتروژن همراه کودهای فسفات آمونیوم است.

۳- به علت اثر اصلاحی گچ و عناصر کم مصرف همراه با کود سوپر فسفات ساده باید تولید داخلی آن مورد توجه، توصیه و پشتیبانی مسئولین در بخش وزارتخانه های ذیربط باشد. بدیهی است واردات آن به دلیل عیار پایین کودی توصیه نمی شود.

۴- افزایش مواد آلی و کاهش pH خاک، حلالیت و در نتیجه راندمان جذب کودهای فسفاته را شدیداً بهبود می بخشد. مناسبترین pH از نقطه نظر حلالیت املاح فسفر در خاک  $7/2$  تا  $6/5$  می باشد.

۵- در خاک های آهکی کودهای فسفاته محلول در طول سه ماه به OCP یا Phosphate Calcium Acta و در طول ۸ تا ۱۲ ماه به بتا کلسیم فسفات Beta Calcium phosphate تبدیل می گردند که به ترتیب موجب کاهش حلالیت فسفر در خاک می شوند. بنابراین مصرف طولانی کودهای فسفاته قبل از کشت و یا شروع برداشت محصول توصیه نمی گردد.

۶- در درجات حرارت پایین جذب فسفر به وسیله ریشه گیاه خوب انجام نمی گیرد. عوامل متعددی از جمله رشد کم ریشه، حرکت محدودتر محلول خاک، کند شدن عمل معدنی شدن ترکیبات فسفره می تواند در این پدیده مؤثر باشد. بنابراین تأمین فسفر در شروع فصل رشد نباتات که درجه حرارت پایین است موجب رشد بهتر ریشه و نهایتاً عملکرد بیشتر خواهد شد.

۷- با افزایش فشار نگهداری آب در خاک قدرت (کاهش میزان رطوبت) جذب فسفر توسط گیاه کاهش می یابد. بنابراین تأمین آب کافی در موقع مصرف کودهای فسفاته، بخصوص در اوایل فصل رشد لازم و ملزوم یکدیگر در جذب مقدار کافی فسفر و رشد بهتر ریشه و نتیجتاً عملکرد بیشتر گیاه می باشد.

۸- به علت آهکی بودن اغلب خاک های ایران و خاصیت تثبیت زیاد این خاک ها، علاوه بر بکارگیری تمهیدات فوق مصرف کود به صورت شیلیاری که تماس بین کود و خاک کمتر است بهتر از پخش کود در سطح خاک و سپس زیر و رو کردن توسط شخم عمیق است که روش متداول در ایران می باشد.