



## چالش نوآوری

## اصلاح کود فسفاته به منظور جلوگیری از

## نامحلول شدن و تثبیت آن در خاک



کودهای فسفات‌ها از اصلی‌ترین تأمین‌کنندگان مواد مغذی برای رشد گیاهان هستند. اما این کودها حلالیت پایینی در آب دارند و بخش قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها در خاک تثبیت و از دسترس گیاه خارج می‌شوند. این مسئله علاوه بر کاهش راندمان کود، پیامدهای زیست‌محیطی مخربی نیز به همراه دارد. از این رو هرگونه راهکاری که به کاهش انباشت فسفر در خاک منجر شود، منافع بسیاری به دنبال دارد.

## مقدمه

عنصر فسفر دومین عنصر مغذی محدودکننده تولید محصول در بیشتر خاک‌های ایران است. این عنصر نقش مهمی در متابولیسم گیاهی دارد و یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است. تأمین مقدار کافی فسفر باعث رشد سریع‌تر گیاه، افزایش رشد ریشه و زودرسی محصول می‌شود. در صورت کمبود این عنصر در خاک، کودهای فسفاته مانند سوپرفسفات تریپل، سوپرفسفات ساده و ... استفاده می‌شوند. این عنصر در خاک به دو شکل معدنی و آلی یافت می‌شود. شکل معدنی آن، به صورت ترکیبات کلسیم، آهن، آلومینیم، فلئورو و شکل آلی آن، به صورت ترکیبات فیتین، فسفولیپیدها و اسیدهای نوکلئیک است. برخلاف عناصری مانند نیتروژن، چرخه فسفر در طبیعت تنها بین اکوسیستم‌های خاکی و آبی در گردش است و این امر اهمیت نظارت و مدیریت چرخه فسفر را در خاک دوچندان می‌کند. از جمله بازیگران اصلی در بازار جهانی کودهای فسفاته می‌توان به شرکت‌های Mosaic آمریکا، S.A. OCP مراکش، PJSC PhosAgro AG روسیه، EuroChem روسیه، Agrium Inc کانادا، شرکت معدنی عربستان سعودی MA'ADEN، شرکت فسفات‌های معدنی اردن و ... اشاره کرد.



## حلالیت کودهای فسفاته

مشکل اصلی استفاده از کودهای فسفاته، حلالیت کم فسفر در آب است. هنگام مصرف این کودهای شیمیایی، بخش قابل ملاحظه‌ای از فسفر به فرم ترکیب‌های نامحلول در خاک تثبیت و از دسترس گیاه خارج می‌شود. این موضوع به واکنش‌پذیری بسیار بالای یون ارتوفسفات با کاتیون‌های فلزی از قبیل  $Al^{3+}$  و  $Fe^{3+}$  در شرایط خاک‌های اسیدی و با یون  $Ca^{2+}$  در خاک‌های خنثی تا آهکی مربوط می‌شود. در واقع بازدهی کودهای شیمیایی فسفاته بین ۱۰ تا ۲۵ درصد است؛ یعنی ۷۵ تا ۹۰ درصد آن در خاک در اثر واکنش با کاتیون‌های فلزی به رسوب تبدیل می‌شود که برای گیاه قابل استفاده نیست.

برای رفع این مشکل راهکارهای مختلفی ارائه شده است. یکی از این راه‌ها استفاده از اسید برای افزایش حلالیت کود مصرفی در خاک است. البته در نهایت بخشی از همین کود نیز در خاک تثبیت می‌شود. نقش اسیدهای آلی در حلالیت فسفات‌های نامحلول به کاهش pH، کلات کردن کاتیون‌ها و رقابت با فسفر جهت اشغال مکان‌های جذب در خاک نسبت داده می‌شود.

در این میان، میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات نقش بسیار مهمی در حلالیت ترکیبات نامحلول فسفر در خاک ایفا می‌کنند. این میکروارگانیزم‌های خاک‌زی قادرند ترکیبات نامحلول فسفر را به فرم محلول تبدیل کنند. باکتری‌ها و قارچ‌ها عمده‌ترین میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات در خاک را تشکیل می‌دهند.

## کاربرد فناوری نانو

پژوهشگران برای رفع مشکل حلالیت کودهای فسفاته در خاک، فناوری نانو را به کار گرفته و نانوکودهایی با قابلیت رهایش کنترل شده ساخته‌اند. برخی از این تلاش‌ها عبارت‌اند از:

- کودهایی با افزودن هیدروکسید اضافه به لایه‌ای نانوساختار با آنیون بین‌لایه‌ای فسفات با استفاده از روش تبادل یونی ساخته شدند. این کودها در مقایسه با کودهای تجاری سوپرفسفات تریپل، pH خاک را افزایش و ظرفیت جذب فسفر در خاک را کاهش می‌دهند.

- در بررسی اثر استفاده از نانوذرات سولفات کلسیم بر کاهش هدررفت اورتوفسفات‌ها مشخص شد که حضور این نانوذرات از هدررفت کودهای فسفاته ناشی از شسته شدن، جلوگیری کرده است.

- از آنجایی که سنگ فسفات به مقدار کمی در آب محلول است، طی تحقیقات به عمل آمده مشاهده شد که می‌توان پس از عملیات خردایش و استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیز عصاره روغن چربش، مقدار حلالیت را تغییر داده و به یون‌های فسفر محلول در آب تبدیل کرد. در واقع نانوکودهای زیستی از ادغام میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات با نانوذرات یا نانوساختارها ایجاد می‌شوند. فناوری نانو با مکانیزم‌های گوناگون از جمله انکپسوله کردن میکروب‌ها با نانوذرات ریزمغذی و استفاده از نانومواد به عنوان رساننده یا تسریع‌کننده حرکت میکروب‌ها به سطح سنگ فسفات برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- طی پژوهشی، سوسپانسیون آب-فسفر با ساختار نانو به عنوان نانوکود سنتز شد که نشان داد با توجه به ویژگی‌هایی از جمله ایمنی، راندمان بیولوژیک در دوزهای مصرفی کم، در دسترس بودن و هزینه کم مواد اولیه، تولید نانوکود با کودهای معدنی قابل رقابت بوده و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای محصولات وارداتی استفاده شود. در مواردی نیز از ترکیب نانوذرات و نانوهیدروکسی آپاتیت به عنوان جایگزینی برای کودهای فسفاته استفاده شده است.



# مساله محوری چالش



به طور کلی بررسی و تعیین مقدار رهاسازی فسفر از دو جهت زیست‌محیطی و بازدهی کشاورزی باید مورد توجه قرار گیرد. بقایای آلی در چرخه تجزیه و رهاسازی، مقادیر متفاوتی از فسفر را آزاد می‌کنند. در نتیجه فسفر اضافی در اثر جریان آب یا آبیاری از خاک خارج شده و به سمت سیستم‌های آبی حرکت می‌کنند و مشکلات زیست‌محیطی به دنبال دارد.

کودهای در اندازه نانو به راحتی توسط گیاهان جذب می‌شوند و غلظت کود نانو مورد نیاز در عمل نسبت به همتای غیر نانوپی آن در مقیاس عمده کمتر است. رهایش آهسته این کودها کاربرد مکرر و بیش از حد آن را به حداقل می‌رساند. لذا این چالش به دنبال توسعه راهکارهای پیشنهادی مبتنی بر نانو فناوری به منظور افزایش حلالیت کودهای فسفاته در آب و جلوگیری از تثبیت آن در خاک است.





## ملاحظات فنی



راهکار پیشنهادی باید:

■ میزان حلالیت کودهای فسفاته (کود دی‌آمونیم فسفات یا سوپرفسفات تریپل گرانوله یا سوپرفسفات ساده) را در آب افزایش دهد.

■ میزان رطوبت، ازت آمونیاکی برحسب  $\text{NH}_4\text{-N}$ ، فسفر محلول در آب، فسفر قابل جذب، دانه‌بندی، غلظت کادمیم، غلظت سرب و رنگ کود دی‌آمونیم فسفات پس از اعمال فرآیند مطابق استاندارد ملی ایران با شماره ۱۲۹ باشد.

■ میزان رطوبت، فسفر محلول در آب، فسفر کل، اسید فسفریک آزاد، اندازه دانه‌بندی، غلظت کادمیم و غلظت سرب کود سوپرفسفات تریپل گرانوله پس از اعمال فرآیند مطابق با استاندارد ملی ایران با شماره ۱۳۰ باشد.

■ میزان رطوبت، فسفر محلول در آب، سولفات محلول در آب، اسید فسفریک آزاد، اندازه دانه‌بندی، غلظت کادمیم و غلظت سرب کود سوپرفسفات ساده پس از اعمال فرآیند مطابق با استاندارد ملی ایران با شماره ۵۶۱۴ باشد.

■ بهبود راندمان کودهای فسفاته

■ دوستدار محیط زیست و زیست تخریب پذیر باشد.

■ چسبندگی بالا به سطوح بیولوژیک داشته باشد.

■ ماده یا مواد اولیه مورد استفاده و همچنین فرآیند اعمال فرآیند روی ذرات کود نباید سمی باشد یا برای انسان و محیط زیست مخاطره جدی در برداشته باشد.

■ روش انتخابی باید توجیه اقتصادی و قابلیت صنعتی شدن (تولید انبوه) برخوردار باشد.

■ دسترسی و سهولت تامین مواد اولیه و ملزومات فرآیند ساخت در نظر گرفته شود.

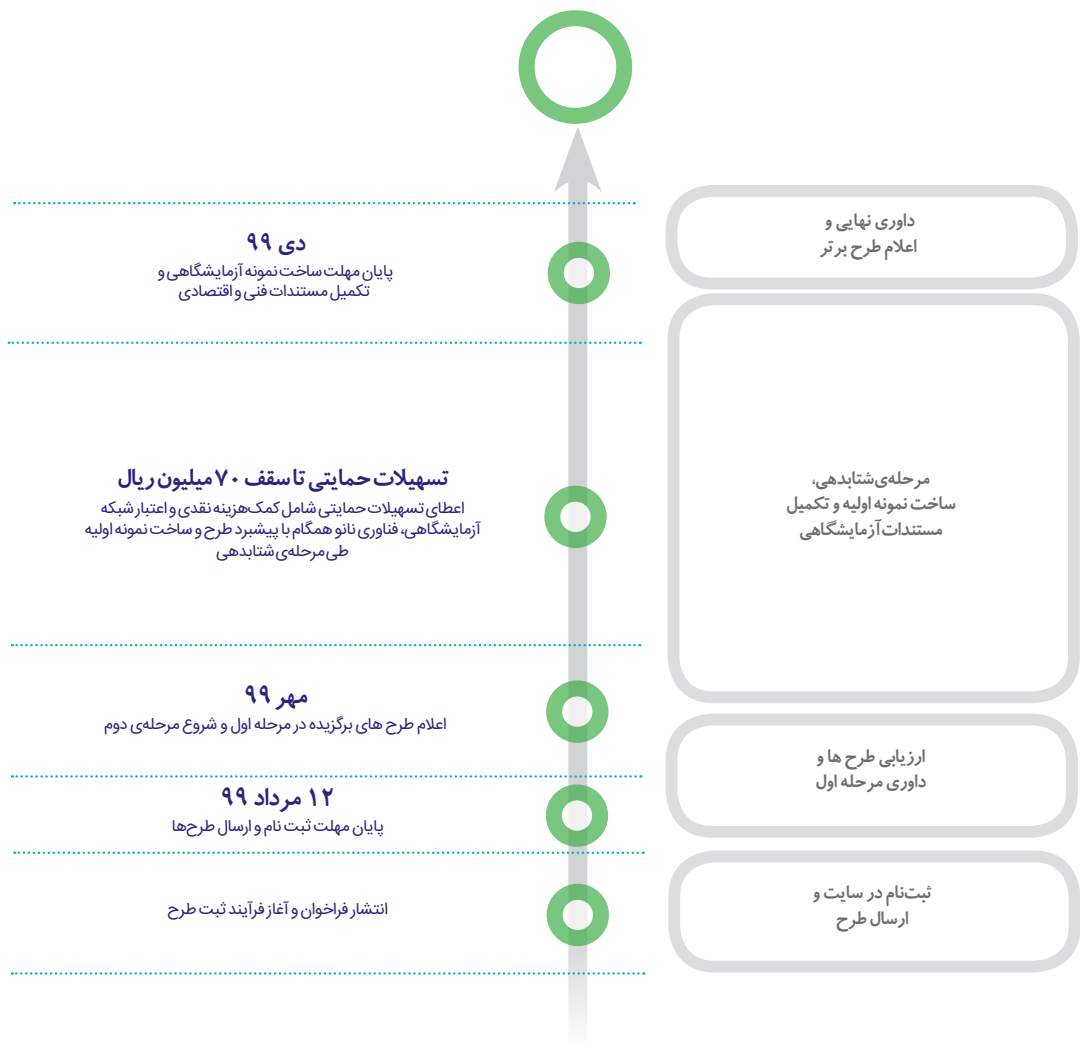
# فرآیند برگزاری چالش

۱. دریافت طرح‌های مفهومی: در این مرحله شرکت کنندگان فرصت دارند تا ۱۲ مرداد ۹۹ طرح پیشنهادی خود را مطابق با پیش‌نویس دریافت طرح، در سامانه چالش‌های فناوری و نوآوری ایران به نشانی ([ichallenge.ir](http://ichallenge.ir)) ثبت کنند. پس از پایان مهلت دریافت طرح‌ها و غربال اولیه آن‌ها، داوری حضوری انجام می‌شود و برگزیدگان به مرحله بعد راه می‌یابند.



۲. **فرآیند شتابدهی و ساخت نمونه:** برگزیدگان مرحله نخست حدود سه ماه فرصت خواهند داشت تا ضمن تکمیل مستندات فنی و اقتصادی، نمونه‌ای آزمایشگاهی از طرح خود را مطابق با ملاحظات فنی چالش بسازند. در این مرحله شرکت‌کنندگان به صورت گام به گام پیشرفت طرح خود را گزارش می‌دهند و بر اساس آن، از حمایت‌های نقدی و غیرنقدی تا سقف ۷۰ میلیون ریال بهره‌مند می‌شوند. شرکت‌کننده‌ای که بهترین نتیجه را در ارزیابی‌های فنی و اقتصادی به دست آورد ضمن دریافت جایزه ۳۰۰ میلیون ریالی، می‌تواند از سایر حمایت‌های تجاری‌سازی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو بهره‌مند شود.

## معرفی برنده نهایی چالش و اعطای جایزه ۳۰۰ میلیون ریالی



# نحوه ثبت نام و ارسال طرح

طرح‌ها باید از طریق سایت چالش‌های فناوری و نوآوری ایران به نشانی [iChallenge.ir](http://iChallenge.ir) ارسال شوند. برای این منظور در صورتی که قبلاً ثبت نام نکرده‌اید، ابتدا در سایت ثبت نام نمایید. ثبت نام در سایت و شرکت در چالش رایگان است و هیچ محدودیتی ندارد.

با ایجاد حساب کاربری و ورود به سایت می‌توانید از طریق بخش ثبت نام و آپلود طرح نسبت به ثبت طرح خود اقدام نمایید. با هدف تسریع فرآیند ثبت طرح، پیشنهاد می‌شود ابتدا فرم پیش نویس طرح را از صفحه اختصاصی چالش دریافت کرده و با دقت تکمیل کنید. پاسخ‌های خود را در زمان ثبت نام آنلاین مطابق پیش نویس دریافتی وارد نمایید.

ثبت نام و ارسال طرح مستلزم مطالعه و تایید منشور حقوقی آی چلنج است. بنابراین حتماً پیش از ثبت نام و ارسال طرح، منشور حقوقی را به دقت مطالعه فرمائید.

شرکت‌کنندگانی که قصد دارند بیش از یک طرح برای این چالش ارسال کنند، یکی از آن‌ها را در سامانه به روش فوق ثبت کرده و مابقی را از طریق ایمیل برای دبیرخانه‌ی چالش‌ها بفرستند.



۰۲۱- ۸۸۵۰۹۴۸۲



[iChallenge.ir](http://iChallenge.ir)



[info@iChallenge.ir](mailto:info@iChallenge.ir)



[linkedin.com/company/iChallengeir](https://www.linkedin.com/company/iChallengeir)