

IMPROVING FERTILIZER PHOSPHORUS USE EFFICIENCY WITH AVAIL POLYMER TECHNOLOGY

Larry Murphy¹, Larry Sanders², Barney Gordon³, Terry Tindall⁴
Người dịch: Nguyễn Văn Linh, Phạm Sỹ Tân.

Abstract

*The microenvironment surrounding a phosphorus (P) fertilizer granule or within a fluid P fertilizer band is subject to a series of primary and secondary reactions which **substantially** impact P availability to plants. Influencing or slowing these reactions is an effective means of improving solid and fluid fertilizer P use efficiency, improving yields and profitability with positive implications for environmental concerns. It is well recognized that even under the best conditions, only 5 to 25% of fertilizer P is taken up by the crop during the first growing season. Thus, the historical problem with the soil chemistry of P fertilizers has been the lack of availability due to fixation. The reported polymer technology affects P use efficiency in a manner that is economical and profitable.*

Tóm lược

Tiểu môi trường xung quanh hạt phân lân hoặc trong dung dịch phân lân là đối tượng của rất nhiều phản ứng chính và phụ có thể xảy ra, ảnh hưởng mạnh đến lượng lân hữu hiệu. Tác động thúc đẩy hoặc làm chậm lại các phản ứng này là phương pháp hữu hiệu để nâng cao hiệu quả sử dụng phân lân ở dạng rắn cũng như dạng lỏng, cải thiện năng suất và hiệu quả kinh tế đồng thời có ảnh hưởng tích cực đến môi trường. Một điều được công nhận rộng rãi là dù trong điều kiện tốt nhất cũng chỉ có từ 5 tới 25% lượng phân lân bón vào đất được cây trồng hấp thu trong năm đầu tiên. Do đó, vấn đề mang tính lịch sử về phương diện hóa học đất của phân lân là sự thiếu lân do bị cố định. Kỹ thuật polymer được xác nhận là có ảnh hưởng đến việc sử dụng phân lân một cách hiệu quả cả về phương diện kinh tế và lợi nhuận.

¹ Murphy Agro, 2805 Claflin Road, Suite 200 Manhattan, Kansas, USA 66502. E-mail: larry@murphyagro.com

² President, Specialty Fertilizer Products, 11550 Ash Street, Suite 220 Leawood, Kansas, USA 66211. Email: jlarrysanders@sfp.com

³ Professor of Agronomy (Retired), Kansas State University. P.O. Box 359 Grand Junction, Tennessee, USA 38039. Email: bgordon@ksu.edu

⁴ Chief Agronomist, J.R. Simplot Company, 999 Main Street, Boise, Idaho 83702. Email: Terry.Tindall@simplot.com

Introduction

Phosphorus fertilizers are an essential component of enhanced crop yields and have been recognized as such for well over 170 years. Phosphorus utilization by crops is affected by many factors including soil availability and genetic variations which influence individual plants' metabolic processes and P uptake.

Phosphorus in Plants.

Briefly, the essential metabolic roles of P include the essential role of photosynthetic energy storage and transfer as high energy phosphate bonds as well as transfer of genetic traits (DNA) among other roles (Havlin 1999). In the field, improved P nutrition leads to greater storage of photosynthetic energy in grain (higher yields) and is associated with advanced plant maturity and more uniform ripening.

Phosphorus Use Efficiency

Researchers and growers have long been interested in techniques to deliver P to plants in a more efficient form or manner which would

Giới thiệu

Từ 170 năm qua, phân lân đã được công nhận là thành phần thiết yếu trong việc nâng cao năng suất cây trồng. Việc sử dụng phân lân của cây trồng bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố bao gồm lượng lân có sẵn trong đất và loài cây trồng khác nhau mà có ảnh hưởng khác nhau đến quá trình trao đổi chất và sự hấp thu lân.

Lân trong cây. Một cách vắn tắt, vai trò thiết yếu của lân bao gồm tích trữ năng lượng trong quá trình quang hợp, chuyển giao năng lượng qua những mối nối phosphat cao năng và truyền các đặc tính di truyền (DNA) cho thế hệ sau bên cạnh các vai trò khác (Havlin 1999). Trên đồng ruộng, việc cải thiện dinh dưỡng lân sẽ dẫn tới tích trữ năng lượng quang hợp lớn hơn trong hạt (năng suất cao hơn), thúc đẩy cây trồng chín sớm hơn và chín đồng đều hơn.

Hiệu quả sử dụng lân

Lâu nay các nhà khoa học và nhà nông đều rất chú ý tới những kỹ thuật giúp cây trồng sử dụng phân lân hiệu quả hơn để nâng cao năng suất. Vì sự

improve crop yields. Because of this interest, the world's fertilizer industry has developed and produced P fertilizers which are much more available to plants than was the case at the beginning of the 20th century (Follett, 1981). However, P fertilizer recovery in the initial year or crops following application still remains in the range of 5 to 25% depending on soil conditions, methods of P application and the presence of high concentrations of ammonium nitrogen in the soil P retention zone (Mortvedt, 1999). Recent developments in P fertilizer additives have substantially improved P use efficiency with resulting increases in crop yields (Gordon, 2007; Hopkins, 2008).

Concerns have always been to increase P uptake in a plant and relate these increases to plant growth and development. These same concerns take on new meaning as the fertilizer industry and agricultural practices are being scrutinized relative to environmental concerns. Anything growers, researchers and policy makers can do to

quan tâm này mà ngành công nghiệp phân bón thế giới đã nghiên cứu và sản xuất ra các dạng phân lân có hàm lượng lân hữu hiệu cao hơn nhiều so với những loại phân lân sản xuất vào những năm đầu của thế kỷ 20 (Follett, 1981). Tuy nhiên lượng lân được cây trồng hấp thu trong năm đầu tiên sau khi bón vẫn chỉ ở mức từ 5 đến 25% tùy thuộc vào các điều kiện đất, phương pháp bón phân và sự hiện diện của đạm amôn nồng độ cao trong vùng đất giữ chặt lân (Mortvedt, 1999). Những phát triển gần đây về các chất phụ gia đã đem lại hiệu quả sử dụng phân lân cao hơn một cách đáng kể với kết quả là năng suất cây trồng tăng lên (Gordon, 2007; Hopkins, 2008)

Người ta luôn tập trung tới là việc tìm cách nâng cao lượng lân cây trồng hấp thu được và mối liên hệ giữa sự gia tăng này với sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Tương tự như vậy với ngành công nghiệp phân bón và kỹ thuật nông nghiệp trong tác động môi trường. Tất cả những vấn đề mà các nhà khoa học, nhà nông và nhà hoạch định chính

improve P availability and uptake can decrease societal concerns associated with P effects on water quality, the main issue.

Soil Reactions of Phosphorus

Phosphorus soil reactions are complex and even after decades of research remain difficult to explain and allow accounting for what a grower applies to a field and what is recovered within the crop. Phosphorus is adsorbed by clays and by aluminum (Al) and iron (Fe) oxides in highly weathered, acid soils or precipitated on calcium carbonate (CaCO_3) in calcareous soils.

Hydrated iron and aluminum oxides

In acidic soils are amphoteric and are have either positive, negative or zero charge depending upon soil pH. Below the point of zero charge, usually 8.5-9.0 depending on the oxide, phosphate, sulfate, and silicate anions are attracted to the positively charged oxide surface. Dissociated hydroxyl ions at the edges of some clays (kaolinite) result in

sách cần làm là nâng cao mức độ hữu hiệu của phân lân cho cây trồng để giảm ảnh hưởng xấu đến chất lượng nước.

Các phản ứng của lân trong đất

Các phản ứng của lân trong đất rất phức tạp và sau hàng thập kỷ nghiên cứu, vẫn chưa thể giải thích và tính toán một cách thỏa đáng để khuyến cáo cho nông dân lượng lân bón phù hợp để tăng lượng lân được cây trồng sử dụng. Lân được hấp thụ bởi sét và các oxyt sắt, nhôm ở nơi thời tiết thay đổi lớn, đất chua hoặc kết tủa với carbonate canxi (CaCO_3) trong những vùng đất giàu canxi.

Các oxyd sắt và nhôm ngậm nước

Trong môi trường đất chua, sắt và nhôm thường ở dạng lưỡng tính và có thể mang điện tích âm, điện tích dương hoặc zero tùy thuộc vào pH đất. Dưới ngưỡng điện tích zero, thường là 8,5–9,0, phosphate, sulfat và silicate được hấp phụ bởi điện tích dương trên bề mặt oxyt. Sự phân ly ion hydroxyl ở phía ngoài của khoáng sét (kaolinit) dẫn tới quá trình hấp thụ tương tự. Lân hữu hiệu bị giảm đi và

similar adsorption processes. Phosphorus availability consequently drops and low P use efficiency results (Havlin, 1999).

In calcareous soils

If P sorption occurs across the face of calcite surfaces creating a multi-layer affect. As the process progresses, lateral bonds or interactions develop with other Ca compounds or precipitates creating P/Ca clusters. As these clusters continue to develop through additional P sorption, they become the heterogeneous nucleus of calcium phosphate crystallites on the calcite surface. Soils with high amounts of exchangeable Ca have a high capacity to form unavailable forms of P.

Lindsey and others estimated that there are over 32 forms of phosphate that can be identified by soil x-ray crystallography. The nature of the compounds formed when phosphorus fertilizers are added to soil depends largely upon soil characteristics. In acid soils aluminum and iron will usually precipitate the P. In calcareous soils Ca and Mg

kết quả là việc dùng lân kém hiệu quả (Havlin, 1999).

Trong đất giàu canxi

Nếu sự hấp thụ lân xảy ra qua các bề mặt canxi sẽ tạo ra ảnh hưởng nhiều tầng. Khi các quá trình này xảy ra, những nối phụ hoặc sự tương tác phát triển với những hợp chất canxi khác hoặc kết tủa tạo nên những chuỗi P/Ca. Khi những chuỗi này tiếp tục phát triển bằng cách hấp thụ thêm P, chúng trở thành trung tâm của một mớ hỗn độn các tinh thể canxi phosphat trên bề mặt canxi. Đất có nhiều canxi trao đổi sẽ dễ thành lập các dạng lân không hữu hiệu.

Lindsey và các nhà nghiên cứu khác phỏng đoán rằng có tới hơn 32 dạng lân có thể xác định được bằng phương pháp chụp X-quang tinh thể đất. Hình thức tự nhiên của các hợp chất được tạo thành khi phân lân được bón vào đất phần lớn tùy thuộc vào tính chất đặc trưng của đất. Trong đất chua, nhôm và sắt thường gây kết tủa lân. Trong đất giàu

will form insoluble or slowly soluble precipitates of di-calcium or tri-calcium phosphates. It also appears that the longer the P remains in the soil the more likely it is to decrease in availability and move towards more insoluble forms including apatite (Follett, 1981; Havlin, 1999).

Phosphorus Uptake

Fertilizer P uptake by plants is mainly dependent on the process of diffusion in soil water. The rate of diffusion is affected by a number of factors including fertilizer chemistry and solubility, soil chemistry, soil compaction, soil moisture content, soil temperature, some of these factors being manageable and others not. Historically changes have taken place in either P fertilizer chemistry to increase P fertilizer solubility, P placement to create higher localized concentrations which partially overwhelm P fixation or simultaneous application of high concentrations of ammonium nitrogen which slow fixation and stimulate P movement into the root (Mortvedt, 1999). Many management strategies include combinations of all of these

canxi, Ca và Mg sẽ hình thành những chất kết tủa phosphate – 2 canxi hoặc phosphate – 3 canxi không tan hoặc chậm tan. Ngoài ra khi P càng nằm lâu trong đất thì nó càng giảm tính hữu hiệu và chuyển sang dạng khó tan kể cả dạng apatite (Follett, 1981; Havlin, 1999).

Sự hấp thu lân

Phân lân được cây trồng hấp thu phần lớn tùy thuộc vào quá trình khuếch tán trong dung dịch nước có trong đất. Tốc độ khuếch tán ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố bao gồm khả năng hòa tan và hóa tính của phân bón, hóa tính, độ nén, độ ẩm và nhiệt độ của đất. Một số những yếu tố này có thể điều khiển được, một số thì không. Những thay đổi mang tính lịch sử đã xảy ra cả trong lãnh vực hóa học về phân lân để nâng cao khả năng hòa tan của lân lẫn cách đặt phân lân để tạo ra những vùng tập trung cục bộ để vượt qua tình trạng bị cố định hoặc đồng thời bón đạm dạng ammoni nồng độ cao để làm chậm lại quá trình cố định lân và kích thích hạt lân di chuyển tới gần rễ cây (Mortvedt, 1999). Đã có nhiều chiến lược quản lý kể cả việc kết hợp tất cả những thực hành

practices. However, even under the best of conditions P recoverability from the initial season's P applications remain relatively low. The question remains: what else can be done to improve P fertilizer uptake when growers are seeking higher yields and high net returns?

Environmental Implications

Concerns have always been to increase P uptake in a plant and relate these increases to plant growth and development. These same concerns take on new meaning as the fertilizer industry and agricultural practices become more closely scrutinized relative to environmental concerns.

Residual P not taken up by the crop (75-95%) and remaining on or near the soil surface has a possible environmental impact through the combined effects of soil erosion and higher P concentrations in run-off water. A P fertilizer product that is more efficient, that produces greater crop responses, has a positive impact on returns to crop producers and leaves less of an environmental footprint is

này. Tuy nhiên ngay cả dưới những điều kiện tốt nhất thì việc sử dụng lân trong vụ bón đầu tiên vẫn rất thấp. Vấn đề còn tồn tại là: Chúng ta phải làm gì thêm nữa để nâng cao khả năng hấp thụ phân lân khi nhà nông mong muốn nâng cao năng suất đồng thời nâng cao hiệu quả đầu tư?

Ý nghĩa về môi trường

Cho tới nay những điều mà người ta luôn tập trung chú ý tới là làm sao cho cây trồng gia tăng hấp thu lân và mối liên hệ giữa sự gia tăng này với sinh trưởng và phát triển của cây. Điều tương tự mang ý nghĩa mới khi công nghiệp phân bón và thực tiễn nông nghiệp đang chú ý đặc biệt tới những vấn đề về môi trường.

Lượng P tồn dư trong đất không được cây trồng hấp thu (từ 75% tới 95%) và lưu tồn P nằm ngay cạnh hay trên bề mặt đất có thể gây nên tác động mạnh tới môi trường qua việc kết hợp giữa xói mòn đất và nước chảy tràn có chứa hàm lượng lân cao thoát ra từ đồng ruộng. Một sản phẩm phân lân được coi như hiệu quả hơn khi tạo nên sự đáp ứng mạnh hơn của cây trồng đối với phân bón và có tác động tích cực về hiệu

highly desirable. Anything growers, researchers and policy makers can do to improve P availability can decrease concerns associated with P fertilizer utilization

Improving the Performance of Phosphorus Fertilizers

High Charge Density Dicarboxylic Copolymers

Specialty Fertilizer Products has developed and patented a family of high charge density dicarboxylic copolymers that affect the availability and plant utilization of applied P fertilizers (Sanders, 2011). These compounds are biodegradable and highly water-soluble. The technology (Avail[®]) can be applied directly to granular P fertilizers (CAS 556055-76-6) as a coating or mixed into liquid fertilizers (CAS 701908-99-8).

quả kinh tế đối với nhà nông và ít để lại hậu quả cho môi trường thì sẽ chiếm được sự mong đợi cao độ. Tất cả những điều các nhà nghiên cứu, nhà nông và nhà hoạch định chính sách có thể làm để nâng cao lượng lân hữu hiệu thì cũng có thể phải làm là giảm sự lo âu liên quan tới cách sử dụng phân lân.

Cải thiện sự hoạt động của phân lân

Mật độ điện tích cao của các hợp chất co-polymer gốc Dicarboxylic

Công ty Specialty fertilizer Products đã phát triển và đăng ký bản quyền một họ gồm những hợp chất co-polymer Dicarboxylic tập trung mật độ điện tích cao ảnh hưởng tích cực tới lượng lân hữu hiệu và sử dụng phân lân của cây trồng (Sanders, 2011). Những hợp chất này có khả năng tự phân hủy và tan trong nước. Kỹ thuật này (AVAIL[®]) có thể áp dụng trực tiếp vào hạt lân như một chất bọc ngoài (CAS 556055-76-6) hoặc trộn với dung dịch phân lân (CAS 701908-99-8).

The mode of action is the high charge density of the polymer (approximately 1500 meq/100 g of polymer) results in adsorption or sequestration of polyvalent metal cations in soil solution where the granular P fertilizer is dissolving, disrupting and delaying normal P fixation reactions resulting in extended availability of highly water soluble ammonium and calcium phosphates.

Results of a laboratory study (Table 1) at Kansas State University show the effects of varying concentrations of Avail polymer coated on granular monoammonium phosphate (MAP) which was placed in 100 ppm solutions of Ca, Fe and Al. The resulting P concentrations in solution show that the polymer affected the reactions of the three cations with the dissolving MAP allowing more P into solution and which would ultimately be available for plant uptake.

Cơ chế hoạt động là do mật độ điện tích cao của polymer (có thể tới 1500 meq/100 g polymer) đưa tới kết quả là sự hấp thụ hoặc sự thâm tóm của những cation kim loại đa hóa trị trong dung dịch đất nơi mà hạt phân lân được hòa tan sẽ phá vỡ hoặc làm chậm lại những phản ứng cố định lân bình thường đưa tới kết quả làm tăng số lượng các hợp chất P dễ tan trong nước như ammonium phosphate và calcium phosphate.

Kết quả trong phòng thí nghiệm (Bảng 1) tại Đại học tiểu bang Kansas cho thấy hiệu quả từ nhiều nồng độ khác nhau của polymer AVAIL dùng bọc ngoài hạt monoammonium phosphate (M.A.P) khi chúng được để trong dung dịch nồng độ 100ppm của Ca, Fe và Al. Kết quả đo nồng độ P trong dung dịch đã chứng tỏ là chất polymer đã ảnh hưởng tới phản ứng của ba cations tới sự hòa tan MAP cho phép có nhiều P hơn trong dung dịch, điều này có nghĩa là lượng lân hữu hiệu trong dung dịch sẵn sàng cho cây hấp thụ được tăng lên.

Table 1. Polymer effects on MAP solubility in various solutions

MAP coating % polymer	Cation ppm	Mgm P/gram MAP	% of total P in solution
0.00	Al 100	236.9	45.5
0.25	Al 100	298.4	57.4
0.50	Al 100	284.5	54.7
0.75	Al 100	326.0	62.7
1.00	Al 100	309.4	58.9
0.00	C a 100	251.5	48.4
0.25	C a 100	295.8	56.9
0.50	C a 100	314.1	60.4
0.75	C a 100	310.4	59.7
1.00	C a 100	308.2	59.3
0.00	Fe 100	289.9	55.8
0.25	Fe 100	316.7	60.9
0.50	Fe 100	303.5	58.4
0.75	Fe 100	329.2	63.3
1.00	Fe 100	305.2	58.8

20°C. 24 hours. No stirring. Griffith, Kansas State University

Recent and continuing studies by Dr. Ganga Hettiarachchi (Pierzynski, 2012) and her students at Kansas State University (USA) have shown through the use of x-ray near edge spectroscopy (XANES) that reaction products of both granular orthophosphates and fluid polyphosphates in highly acidic, oxidized Brazilian soil and calcareous soil from the state of Idaho in the USA were substantially affected by the presence of the Avail polymer. Percentages of more soluble forms of P increased in both cases.

Những nghiên cứu gần đây đang tiếp tục triển khai của TS. Ganga Hettiarachchi (Pierzynski, 2012) và các học sinh của bà tại Đại học tiểu bang Kansas (USA) đã thể hiện qua việc sử dụng kỹ thuật X-quang ngoại quang phổ (XANES) là những sản phẩm của phản ứng với cả hai loại lân, lân liên kết phosphat dạng rắn và lân đa phosphat dạng lỏng, lấy từ đất rất chua đã được oxid hóa từ Brazil và với đất giàu canxi lấy từ tiểu bang Idaho của Mỹ đều bị ảnh hưởng mạnh bởi sự hiện diện của polymer AVAIL. Tỷ lệ P dễ tan đều gia tăng trong cả hai trường hợp.

Avail effects on aluminum toxicity. A study at Washington State University (USA) by Dr. Rich Koenig (personal communication) emphasized the effects of the Avail polymer on the activity of trivalent Al ions in solution. The sensitivity of wheat varieties to Al toxicity was investigated in the lab with three Al concentrations in the growth medium at pH 4.5 (Fig. 1A). Root length was measured as an indication of plant growth or Al sensitivity. When the Avail polymer was introduced into the growth media at 0.5%, the effects of Al disappeared (Fig. 1B). Similar results were reported at pH 5.0.

Phosphorus in Soil Solution
Enhanced P availability through reduced fixation has been demonstrated to enhance vertical P mobility. Studies in Iowa (USA) with fluid starter P applications for maize by Dr. John Kovar, USDA-ARS (Kovar, 2004) have demonstrated that P mobility vertically in the soil can be considerably increased

Ảnh hưởng của AVAIL tới ngộ độc nhôm. Một nghiên cứu của TS. Rich Koenig (liên hệ cá nhân) tại Đại Học tiểu bang Washington (USA) nhấn mạnh đến hiệu ứng của polymer AVAIL trên hoạt động của ion nhôm hóa trị 3 trong dung dịch. Sự nhạy cảm của các giống lúa mì đối với tình trạng ngộ độc nhôm đã được nghiên cứu trong phòng thí nghiệm với ba nồng độ nhôm khác nhau ở môi trường dung dịch trồng có pH 4,5 (Hình 1A). Chiều dài của rễ được đo như một chỉ số về độ tăng trưởng của cây hoặc độ nhạy cảm với nhôm. Khi cho AVAIL có nồng độ 0,5% vào môi trường trồng, những hiệu ứng do nhôm gây ra không hiện diện nữa (Hình 1B). Kết quả tương tự cũng thể hiện với độ pH 5,0.

Lân trong dung dịch đất
Nâng cao lượng lân hữu hiệu bằng cách giảm bớt sự cố định lân đã được chứng minh bằng cách nâng cao sự di chuyển lân theo chiều sâu. Những nghiên cứu của TS. John Kovar, USDA-ARS (Kovar, 2004) tại Iowa (USA) với việc sử dụng dung dịch lân làm phân bón cho cây ngô đã chứng tỏ rằng sự di chuyển theo chiều sâu

(10 cm) by the presence of high concentrations of ammonium ions (2:1 N to P₂O₅ ratios) in the same soil retention zone. Those ammonium ions, like the polymer, are assumed to have interrupted normal P fixation reactions through the modification of the microenvironment of the P application zone.

trong đất của phân tử lân có thể tăng lên đáng kể (10 cm) với sự hiện diện nồng độ cao của những ion ammonium (tỷ lệ 2:1 giữa N và P₂O₅) trong cùng vùng đất có tính giữ lân như nhau. Những ion ammonium đó, giống như các polymer, được giả định là đã làm gián đoạn những phản ứng cố định lân bình thường bằng cách sửa đổi vi trường trong vùng bón lân.

Fig. 1A. ALUMINUM EFFECTS ON WHEAT GROWTH
Koenig, Washington State Univ.

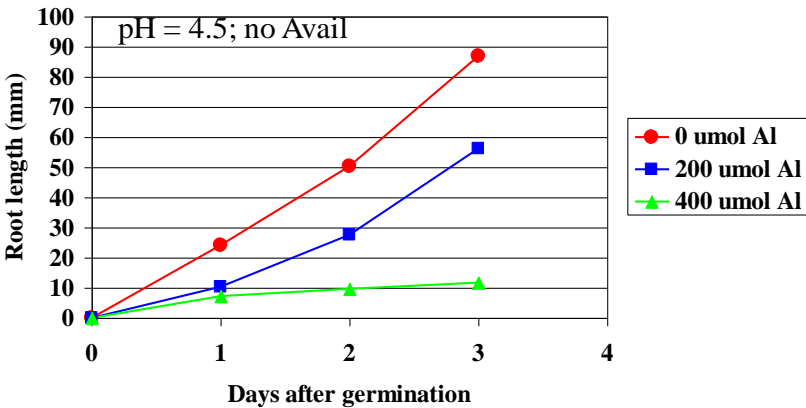
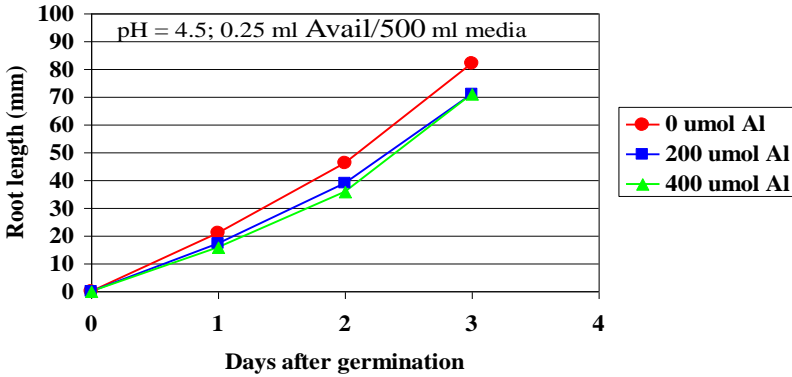


Fig. 1B ALUMINUM EFFECTS ON WHEAT IN PRESENCE OF AVAIL POLYMER
Koenig, Washington State Univ.

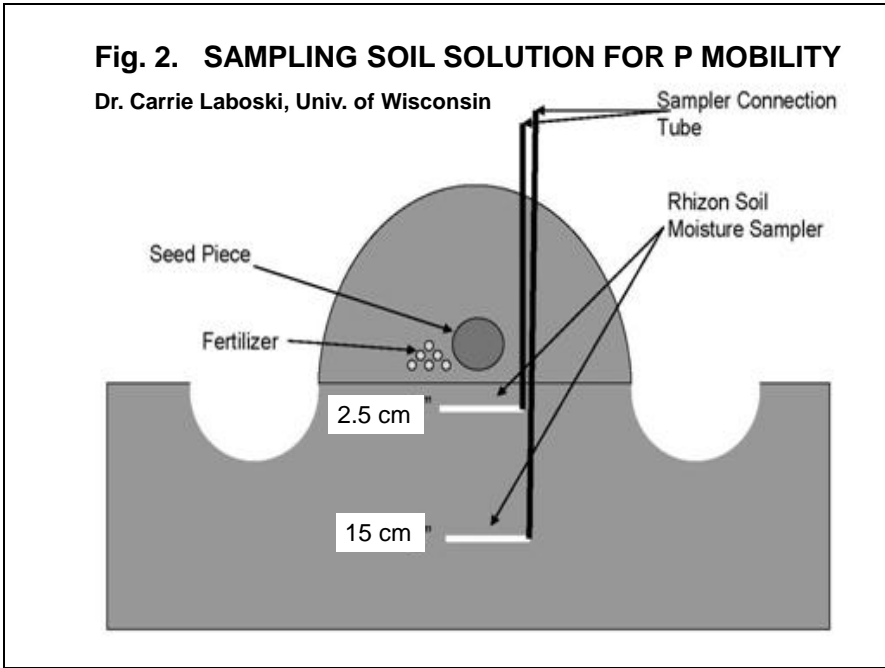


University of Wisconsin studies (Laboski, C., 2007) of the concentration of available P in the soil solution as affected by Avail® coated at 0.25% (2.1 liters/ton) on monoammonium phosphate (MAP) for potatoes showed that Avail® enhanced concentrations of P in the soil solution throughout the growing season. Quoting Dr. Laboski, “At one inch (2.5 cm) below the seed piece on June 18th(1st flower), July 2nd, and July 16th at Hancock, solution concentrations from MAP+Avail® were significantly greater than MAP and control. No

Đại học Wisconsin đã nghiên cứu tìm nồng độ lân hữu hiệu trong dung dịch đất bị ảnh hưởng bởi AVAIL như thế nào khi sử dụng mono ammonium phosphate (MAP) được bọc một lớp AVAIL nồng độ 0,25% (2,1 lít cho một tấn) rồi đem bón cho khoai tây thì thấy rằng AVAIL nâng cao nồng độ của lân trong dung dịch đất trong suốt vụ trồng. Xin trích dẫn lời TS. Laborski: “Ở độ sâu 2,5 cm bên dưới hạt vào ngày 18 tháng sáu (có hoa đầu tiên) ngày mùng 2 tháng bảy và ngày 16 tháng bảy tại Hancock, nồng độ dung dịch của MAP trộn với AVAIL lớn hơn đáng kể so với MAP đối

difference between treatments at six inches (15 cm)". These results indicate a modification of soil P reactions due to the presence of the Avail® polymer.

chúng. Không có sự khác biệt khi khảo sát ở độ sâu 15 cm". Kết quả này cho thấy sự thay đổi phản ứng của lân trong đất là do sự hiện diện của polymer AVAIL.



Polymer Effects on Plant Responses to Applied P

Tác dụng của Polymer tới sự đáp ứng của cây trồng đối với phân lân

Phosphorus fertilization effects on plant growth and yields can be influenced by several factors including:

Tác động của phân lân tới sinh trưởng và năng suất cây trồng có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, bao gồm:

- * Methods of P application
- * Type of crop
- * Crop variety or hybrid
- * Soil pH

- * Phương pháp bón phân lân
- * Loại cây trồng
- * Các giống cây trồng
- * pH đất

- * Soil composition
- * Soil test P levels
- * P application rates
- * High charge density polymer

Greenhouse and field investigations have evaluated polymer effects on crop responses to applied P with variables of the factors listed above.

Initial Greenhouse Study

The initial study with the polymer that became Avail® was conducted at Kansas State University by Dr. Ray Lamond (Sanders, 2011). An acid (pH 4.7) soil, high in soil test P, was selected for the study because of the acidity of the site (no liming) and the high P soil test produced by continued P application for wheat and poor plant utilization. Maize was planted in rows and MAP with or without the polymer was banded 2.5 cm to the side and 2.5 cm below the seed with a target application rate equivalent to 45 kg P₂O₅/ha. Growth effects of the polymer were striking (Table 2). After 30 days, plants were

- * Thành phần cơ giới đất
- * Hàm lượng lân trong đất
- * Liều lượng phân lân
- * Mật độ điện tích cao của polymer

Các nghiên cứu trong nhà lưới và ngoài đồng đã đánh giá tác động của polymer lên sự đáp ứng của cây trồng đối với phân lân với nhiều biến số tùy thuộc vào các yếu tố liệt kê ở trên.

Nghiên cứu ban đầu trong nhà lưới

Nghiên cứu ban đầu với hợp chất polymer mà sau này được đặt tên là AVAIL đã được TS. Ray Lamond thực hiện tại Đại học tiểu bang Kansas (Sanders, 2011). Loại đất chua, pH 4,7 (acid soil) có hàm lượng lân cao được chọn để nghiên cứu vì quanh vùng đó đất rất chua (không bón vôi) và hàm lượng lân trong đất cao do việc liên tục bón lân cho lúa mì nhưng cây trồng sử dụng rất kém. Cây ngô được trồng theo hàng và sử dụng MAP, có bọc polymer và không bọc để đối chứng, được bón tập trung theo hàng dọc hai bên và bên dưới hạt ngô ở khoảng cách 2,5 cm. Lượng phân bón nhằm đạt tới lượng 45 kg P₂O₅/ha. Polymer đã gây

harvested, dried, weighed, ground and analyzed. Results reported in Table 2 showed a highly significant effect of polymer on plant dry weights, P concentration and P uptake and encouraged expansion to field studies.

ảnh hưởng mạnh tới sự tăng trưởng của cây ngô (bảng 2). Sau 30 ngày, cây ngô được thu hoạch, phơi khô, cân, nghiền mịn và phân tích. Kết quả thể hiện ở Bảng 2 cho thấy những ảnh hưởng đáng kể của polymer này tới trọng lượng khô của cây, hàm lượng lân trong cây và lượng lân được cây trồng hấp thu. Kết quả này đã khích lệ việc nghiên cứu rộng rãi ra ngoài đồng.

Table 2. Initial avail polymer evaluation - maize
Greenhouse

Bảng 2. Đánh giá ban đầu về tác dụng của avail trên cây ngô
Trong nhà kính

Material	Dry weight Grams	P. Conc. %	P. Uptake mgm
Control	5.18	0.827	43.2
P1X*	8.90	0.996	88.7
P2X	9.55	1.043	99.6
LSD ₀₅	2.47	0.177	31.8

Lamond, Kansas Univ. USA

*Two initial AVAIL formulations

Soil pH-4.7; Soil test P=74ppm Bray-1

Field Research

Wheat. A large number of field trials with various crops have demonstrated that the benefits of improved P availability from Avail polymer occur under a wide array of soil conditions and methods of P application. The question of polymer effects on P response on higher pH soils was addressed in an early wheat study in Arkansas in the USA on a soil pH of 7.6. Under those conditions, polymer coated MAP was more effective than uncoated MAP (Table 3). Yields produced by P banded with the seed (starter), P broadcast, and broadcast mixtures of seed and MAP were all significantly increased with Avail® coating of MAP. Kansas data showed significant Avail effects on hard red winter wheat produced on soils low to medium in available P, pH 6.2, 1.8% organic matter (Table 4) when P was banded with the seed at planting. Kansas wheat studies on high P testing soil (75 ppm Bray-1) acidic soil also showed a significant yield response of wheat to polymer coated MAP. Although these soils test high for P, they also have

Nghiên cứu ngoài đồng

Lúa mì. Một số lớn thí nghiệm được thực hiện với nhiều cây trồng khác nhau đã minh chứng ích lợi của việc làm gia tăng lượng lân hữu hiệu do sử dụng AVAIL trong các điều kiện rộng rãi về đất đai và phương pháp bón lân. Vấn đề đặt ra về hiệu quả của polymer tới sự đáp ứng với phân lân trên vùng đất có pH cao đã được đề cập ngay từ những nghiên cứu đầu tiên trên lúa mì ở Arkansas, Hoa Kỳ trên vùng đất có pH 7,6. Trong những điều kiện như vậy, MAP được bọc polymer đã có hiệu quả hơn so với MAP bình thường (Bảng 3). Năng suất đạt được từ các phương pháp bón phân lân khác nhau đều có sự gia tăng đáng kể khi trộn AVAIL với MAP. Các số liệu ở Kansas đã cho thấy hiệu quả đáng kể của AVAIL trên lúa mì đỏ đuôi vụ Đông được trồng trên đất có hàm lượng lân dễ tiêu từ thấp tới trung bình, pH 6,2 và hàm lượng chất hữu cơ là 1,8% (Bảng 4) khi lân được bón theo hàng cùng lúc gieo hạt. Các nghiên cứu ở Kansas trên đất chua có hàm lượng lân cao (75 ppm, Bray 1) cũng thể hiện sự đáp ứng đáng kể về năng suất lúa mì đối với MAP được bọc

a high P fixation capacity due to their very low pH (4.7, data not shown).

University of Maryland studies produced similar Avail effects on wheat on acidic soils in the eastern USA with yield increases averaging near 0.5 t/ha (data not shown).

Rice. Paddy rice studies with Avail polymer in the USA (Dunn, 2008; Table 5) and the Philippines (Table 6) have shown excellent yield increases with P fertilization. Greatest Avail effects were reported at the lowest P rate in the direct seeded University of Missouri study which suggested improved P use efficiency compared to higher P rates.

In Philippines studies with Avail coated 16-20-0 on transplanted lowland rice NSIC Rc128 grown in sandy clay loam soil with medium soil P level, comparable grain yield (Table 6) was obtained with application rates of 30

AVAIL. Mặc dù vùng đất có hàm lượng lân cao, nó cũng có khả năng cố định lân cao do pH thấp (4,7 số liệu không trình bày) .

Nghiên cứu tại Đại học Maryland về ảnh hưởng của AVAIL trên lúa mì trồng trên đất có độ acid cao ở phía đông nước Mỹ cũng cho những kết quả tương tự năng suất tăng trung bình khoảng 0,5 tấn/ha (dữ liệu không trình bày).

Lúa. Các nghiên cứu trên cây lúa với polymer AVAIL tại Mỹ (Dunn, 2008, Bảng 5) và Philippines (Bảng 6) đã thể hiện sự gia tăng năng suất rất lớn do bón phân lân. Hiệu lực của AVAIL được báo cáo là lớn nhất khi lượng phân lân bón ở mức thấp nhất trên lúa gieo thẳng do Đại học Missouri nghiên cứu đã đề xuất là làm tăng hiệu quả sử dụng phân lân cao hơn so với tăng liều lượng phân lân.

Nghiên cứu tại Philippines khi dùng AVAIL bọc phân 16-20-0 trên giống lúa nước NSIC Rc128 được cấy ở vùng đất thịt pha cát có hàm lượng lân trong đất ở mức trung bình, năng suất (Bảng 6) ghi nhận là tương đương nhau với lượng bón 30

and 60 kg P₂O₅/ha indicating improved P use efficiency with Avail-P coating. On the other hand, when Avail-P coated 14-14-14 was used as the P source, reducing the rate of application from 60 to 30 significantly increased the grain yield of NSIC RC 128 from 5.265 t/ha to 5.910 t/ha, a 12.3 percent yield increase (de la Cruz, 2008). That suggests that possibly an interaction with zinc (Zn) might have existed at the higher P rate. Such an interaction is not related to Avail restricting Zn or other micronutrient metal availability or uptake but rather by improving P availability and uptake and thereby placing more pressure on borderline Zn availability. This is the **classic P-Zn interaction** that has been understood and well documented for over 50 years. Actually Zn adsorbed by the Avail polymer itself is sequestered, less subject to soil reactions and is more available to plants than inorganic Zn sources such as zinc sulfate or zinc oxide.

và 60 kg P₂O₅/ha, điều đó cho thấy rằng AVAIL bọc P có thể nâng cao hiệu quả sử dụng phân lân. Trong khi đó, bón 14-14-14 có bọc AVAIL được sử dụng như nguồn cung cấp lân, được giảm lượng bón từ 60 xuống 30 đã làm tăng năng suất giống lúa NSIC Rc128 một cách có ý nghĩa, tăng từ 5,265 t/ha lên 5,910 t/ha, tức là tăng năng suất 12,3% (de la Cruz, 2008). Kết quả này cho thấy rằng sự tương tác với kẽm (Zn) có thể tồn tại với lượng lân bón cao. Những tương tác như vậy không liên quan tới việc AVAIL làm hạn chế kẽm hoặc các nguyên tố vi lượng khác ở dạng sẵn sàng cho cây hấp thu để tạo thêm áp lực trên những vùng đất có hàm lượng kẽm vừa đủ cho cây sử dụng mà thực tế là AVAIL chỉ làm gia tăng lượng lân hữu hiệu cũng như gia tăng khả năng hấp thu của cây trồng. Đây là một tương tác giữa lân và kẽm thuộc loại cổ điển đã được hiểu biết tường tận và ghi chép tài liệu rõ ràng trong suốt hơn 50 năm qua. Thực ra lượng kẽm bị AVAIL hấp thu tự chúng tìm tới, không phải loại kẽm sẵn sàng gây ra các phản ứng trong đất và chúng hữu hiệu cho cây trồng hơn là các loại kẽm gốc vô cơ như kẽm sulfat và kẽm oxid.

**Table 3. POLYMER AND P APPLICATION
METHOD EFFECTS ON WHEAT
Arkansas, USA**

<u>Treatment</u>	<u>Grain Yield, t/ha</u>
Control	3.14
MAP banded	3.68
MAP + polymer, banded	5.17
MAP broadcast	3.91
MAP + polymer, broadcast	4.41
MAP + seed, broadcast	3.70
Map + polymer + seed, broadcast	4.59
LSD (0.05)	0.44

33 kg P₂O₅/ha. Soil P test low. Soil pH=7.6.
Palmer, University of Arkansas

**Table 4. Wheat responses to p and avail
Kansas, USA**

Treatment Kg P₂O₅/ha banded with seed	Yield Tons/ha
0	5.35
22 DAP	5.62
22 DAP + Avail	5.87
44 DAP	5.87
44 DAP + Avail	6.17
<u>LSD .05</u>	<u>0.23</u>

Gordon, Kansas State Univ.

DAP = diammonium phosphate. Crete silt loam: pH = 6.2, P = 18 ppm
Bray 1

Table 5. Effect of avail and phosphorus rate on rice yield and net return averaged over 3 years.

Missouri, USA

P rate	Yield †		Net return	
	TSP	TSP + Avail	TSP	TSP + Avail
kg P ₂ O ₅ /ha ¹	-----tons/ha-----		-----\$/ha-----	
0	6.75 d	--	1489 c	--
25	7.21 c	7.56 ab	1573 b	1650 a
50	7.51 bc	7.61 ab	1610 ab	1645 a
100	7.76 a	7.76 a	1650 a	1638 a

P source: Triple superphosphate TSP. D. Dunn, Univ. of Missouri

† Yields followed by same letter not significantly different at the P=0.1 level.

Table 6. Grain and straw yields of lowland rice var. nsic 128 as affected by avail-p and p source

Muñoz, Nueva Ecija, Philippines

Treatment	PHOSPHORUS FORM	P RATE (kg P ₂ O ₅ /ha a)	GRAIN YIELD (14% MC) (t/ha)	STRAW YIELD (t/ha)	AGRONOMIC EFFICIENCY *
1	16-20-0	30	4.900 d	5.479 b	2.71
2	16-20-0	60	5.235 c	5.667 b	1.38
3	16-20-0 + AVAIL	30	5.725 ab	5.764 b	4.40
4	16-20-0 + AVAIL	60	5.685 ab	5.772 b	2.13
5	14-14-14	30	5.310 c	5.375 b	3.02
6	14-14-14	60	5.520 bc	5.467 b	1.86
7	14-14-14 + AVAIL	30	5.910 a	6.590 a	5.02
8	14-14-14 + AVAIL	60	5.265 c	6.536 a	1.43
9	Check	0	4.405 e	4.602 c	

Dr. Nenita de la Cruz, Central Luzon University, Philippines

Yields followed by same letter not significantly different at the P=0.05 level.

Phosphorus Sources. Since the Philippine work involved two different P

Fertilizer

Nguồn phân lân. Vì nghiên cứu ở Philippines liên quan tới hai công thức lân khác nhau.

formulations, it is timely to point out that numerous studies with both orthophosphates and polyphosphates and with ammonium and calcium phosphates indicate that the Avail polymer is effective in improving the efficiency of P regardless of the P chemistry of the applied fertilizer P. Early evaluations with **granulated rock phosphate** in other studies indicated that there was essentially no effect of Avail on that product. Further, Avail does not release P that has already been fixed in soil reactions and applying the polymer alone will not enhance P availability. Carry-over trials have not shown an Avail effect on crops the following year. It should be pointed out as well, that dusty, porous fertilizer material will not coat evenly with Avail polymer and responses will be poor.

Maize. Maize data (Table 7) indicate (1) that Avail effects are not related to species and (2) show an example of Avail performance on an acid soil pH (5.9) with a low P soil test and both broadcast preplant and banded P (starter) applied beside the row at planting). The data indicated no maize

Đây là lúc để chỉ ra một số khảo nghiệm đã được thực hiện với cả hai loại lân: Lân liên kết phosphat (orthophosphate) và lân đa phosphat (polyphosphate), với phosphat canxi và phosphat amôn kết quả cho thấy AVAIL làm tăng hiệu quả của lân bất kể hóa tính của loại lân nào. Những đánh giá ban đầu với loại lân dạng hạt sản xuất từ quặng phosphat qua các nghiên cứu khác cho thấy AVAIL không có tác dụng gì với loại lân này. Hơn nữa, AVAIL không phóng thích được những hạt lân đã bị cố định qua các phản ứng trong đất và nếu chỉ sử dụng một mình polymer này cũng không nâng cao được lượng lân hữu hiệu. Xin nói thêm là AVAIL không bọc thật đều đối với lân dạng bột và dạng hạt xốp do đó sẽ làm cho hiệu quả kém đi.

Ngô. Các số liệu về cây ngô (Bảng 7) cho thấy (1) tác dụng của AVAIL không liên quan tới giống ngô và (2) một thí dụ về sự hoạt động của AVAIL trên đất chua có độ pH 5,9 và hàm lượng lân dễ tiêu thấp, với hai phương pháp bón lân là bón vãi trước khi gieo hạt và bón theo dải cùng lúc với gieo hạt.

response to untreated MAP, but a significant response to polymer-coated MAP (0.25%). (unpublished report to Specialty Fertilizer Products, SFP).

Các số liệu cho thấy cây ngô không phản ứng với MAP không bọc AVAIL nhưng tất cả đều phản ứng đáng kể đối với MAP có bọc AVAIL (báo cáo riêng cho SFP).

Table 7. Maize response to enhanced P availability
Missouri, USA

Treatment	Yield (t/ha)
Control, No P	8.46
MAP broadcast	8.28
MAP + Polymer broadcast	9.47
MAP banded	8.28
MAP + Polymer banded	9.85
LSD 0.05	1.00

22kg P2O5/ha Soil test Bray P-1: 7ppm Soil pH: 5.9 Blevins, University of Missouri

MAP coated with Avail also performed well on medium to high P testing, near neutral soils in Kansas (Gordon, 2007). Irrigated maize yields were increased from 0.5-1.25 t/ha over the uncoated MAP by polymer coated MAP applied as a starter banded 5 cm to the side and 5 cm below the seed (Table 8). Early season plant dry weights, plant P concentrations and P uptake were also increased by the enhanced P availability in this 3-year study. Apparently there is still opportunity for

MAP được bọc AVAIL cũng thể hiện tốt trên đất có hàm lượng lân trung bình và cao, đất gần trung tính ở Kansas (Gordon, 2007). Năng suất ngô có tưới gia tăng từ 0,5 tới 1,25 t/ha do được bón MAP có bọc AVAIL, bón theo dải khi gieo hạt cách 5 cm hai bên và 5 cm phía dưới đáy hạt, so với bón MAP thông thường (Bảng 8). Trọng lượng chất khô, hàm lượng lân trong cây và lượng lân hấp thu cũng gia tăng do sự nâng cao lượng lân hữu hiệu trong nghiên cứu 3 năm này. Rõ ràng là vẫn còn cơ hội để cải tiến quản lý bón

improved P management on soils with good P soil tests and moderate pH levels.

lân với loại đất có hàm lượng lân khá cao và pH ở độ vừa phải.

Table 8. Enhancing p availability for irrigated maize with AVAIL
Kansas, USA

Treatments	Yield (tons/ha)		
	Year 1	Year 2	Year 3
Kg P2O5/ha banded			
Control	10.78 b	7.46 e	10.60 d
22 MAP	12.04 a	8.91 d	12.04 c
22 MAP + Avail	12.48 a	10.85 bc	13.17 a
45 MAP	12.10 a	10.53 c	11.79 bc
45 MAP + Avail	12.10 a	11.92 ab	13.17 a
67 MAP	12.10 a	10.85 bc	12.23 b
67 MAP + Avail	12.61 a	12.16 a	13.17 a

Duncan’s multiple range test, 5% level

P banded at planting. Soil pH: 6.8; Soil P = 25.38ppm Bray-1

Gordon, Kansas State Univ.

A two-year study on the same soils as reported in Table 8 and including 3 rates of P showed that Avail polymer applied with P in the autumn was as effective as that applied in the spring immediately prior to maize seeding (Gordon, Kansas State Univ., data not shown). Those studies indicated that the polymer remained effective in temperate soils for

Một nghiên cứu hai năm trên cùng một khu đất như báo cáo trong Bảng 8, với 3 lượng phân lân được bón đã cho thấy rằng AVAIL trộn với phân lân được bón ngay trước khi ngô gieo hạt vào mùa thu cũng cho hiệu quả tương tự như khi bón vào mùa xuân (Gordon, Đại học tiểu bang Kansas, số liệu không trình bày). Các nghiên cứu đó cho thấy rằng polymer này duy trì hiệu lực từ 11 – 12 tháng trong

a period of 11-12 months. Bacterial degradation of the polymer molecule begins at the ends of the chain and proceeds slowly. Rates of degradation, however, may be higher under tropical conditions but are still slow enough that excellent responses are produced (Philippines).

Studies in Argentina showed significant Avail effects on maize when Avail was coated at 0.25% on MAP (Sanders, 2011). In those studies, largest responses were recorded on acidic, low P testing soils with 2.3-3.4% organic matter when both Avail and the N management polymer Nutrisphere-N were both used (Table 9). Similar benefits from use of both polymers have been reported in the USA with maize, cool season forage grasses and cotton.

đất ôn đới (temperate soils). Phân tử polymer bị vi khuẩn phân hủy từ hai đầu một cách chậm chạp. Tuy nhiên trong điều kiện nhiệt đới thì sự phân hủy có thể tiến hành nhanh hơn, nhưng vẫn đủ thời gian để phân bón phát huy hiệu quả cao nhất (Philippines).

Nghiên cứu tại Argentina cho thấy hiệu quả đáng kể của AVAIL trên cây ngô khi AVAIL được bọc với MAP ở tỷ lệ 0,25% (Sanders, 2011). Trong những nghiên cứu này, sự đáp ứng lớn nhất được ghi nhận trên đất chua có hàm lượng lân dễ tiêu trong đất thấp, hàm lượng chất hữu cơ từ 2,3% tới 3,4% khi cả hai chất, AVAIL và Nutrisphere-N (chất quản lý đạm), được sử dụng cùng lúc (Bảng 9). Lợi ích tương tự từ việc sử dụng cùng lúc cả hai loại polymer cũng đã được báo cáo tại Hoa Kỳ đối với cây ngô, cỏ làm thức ăn gia súc vào mùa lạnh và cây bông vải.

Table 9. Maize responses to AVAIL and nutrisphere-N polymers
Argentina

Unit: Kg/ha

N Requirement	Polymer applied		Experiments locations			
	AVAIL	Nutrisphere-N	Exp.Station	Acevedo	Ocampo	Mercedes
<i>100%</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	6.369	7.746	4.777	6.292
		<i>Yes</i>	6.112	7.731	4.572	7.077
	<i>Yes</i>	<i>No</i>	6.385	7.906	4.788	7.679
		<i>Yes</i>	6.253	8.265	4.926	7.536
<i>80%</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	6.109	7.726	4.685	6.580
		<i>Yes</i>	6.728	8.043	4.841	7.210
	<i>Yes</i>	<i>No</i>	6.690	7.856	4.374	6.083
		<i>Yes</i>	6.319	8.166	4.413	7.083
<i>Overall rates</i>	Without Avail		6.388	7.809	4.656	6.659
	With Avail		6.353	8.051	4.688	7.227
	Without Nutrisphere		6.330	7.811	4.719	6.790
	With Nutrisphere		6.412	8.048	4.625	7.096
<i>pr > F Treat</i>			0,3	0,99	0,91	0,64
<i>LSD 5%</i>			638	1840	2809	690
<i>CV %</i>			4,61	19,6	27,6	10,0

Melgar, INTA, Pergamino, Bs As, Argentina

Table 10. Enhancing P availability for maize
Minnesota, USA

P source Kg P₂O₅/ha	P Uptake V-6 Gram/12 plants	Yield (ton/ha)
0	1.85	8.53
28 DAP	1.77	9.47
28 DAP + AVAIL	2.72	10.79
56 DAP	2.17	9.72
56 DAP + AVAIL	2.47	10.98
LSD 0.05	0.79	1.38

P broadcast preplant. Silt loam soil: pH 7.3 7 ppm Olsen P
Randall, Univ. of Minnesota

Broadcast preplant DAP with Avail on higher organic matter (5-6%) soils in the northern Corn Belt of the USA also increased maize response to applied P. Initially, there was some concern that higher organic acid concentrations in soil (from organic matter) might mask the effects of the Avail polymer. Both the University of Minnesota study in Table 10 and grower field experiences have demonstrated that the polymer technology also has merit under these kinds of conditions. Note that the soil pH associated with the trial was slightly above neutral emphasizing that P use efficiency can be modified even when soil conditions are considered to be near optimal

Bón vãi phân DAP có trộn AVAIL trước khi trồng trên đất có hàm lượng chất hữu cơ cao (5-6%) ở phía bắc Corn Belt nước Mỹ cũng làm gia tăng sự đáp ứng của cây ngô đối với phân lân. Lúc đầu có vài nghi ngờ về nồng độ acid hữu cơ cao trong đất (xuất phát từ các chất hữu cơ) có thể sẽ che mất hiệu ứng của AVAIL. Tuy nhiên, cả nghiên cứu của Đại học Minnesota thể hiện trên Bảng 10 và các thực nghiệm trên ruộng đồng của nông gia đều ghi nhận ưu điểm của kỹ thuật polymer dưới những điều kiện này. Xin ghi chú rằng độ pH của đất hơi cao hơn trung tính một chút tại các thử nghiệm để nhấn mạnh việc có thể điều chỉnh việc sử dụng phân lân một cách hiệu quả ngay cả khi các điều kiện về đất trồng được coi như rất gần

for P availability (Randall, Univ. of Minnesota, unpublished report to SFP).

với các điều kiện tối ưu cho lân hữu hiệu (Randall, ĐH Minnesota, báo cáo cho SFP, chưa công bố).

Table 11: Enhancing P availability for irrigated soybeans
Kansas, USA

Treatments Kg P ₂ O ₅ /ha	Yield, tons/ha			
	2002	2003	2004	3 year average
Control	3.49 d	2.15 d	4.03 d	3.22 d
33 MAP	4.17 c	2.70 c	4.64 c	3.90 c
33 MAP + AVAIL	4.70 b	3.83 a	5.24 a	4.64 a
67 MAP	4.17 c	3.16 b	4.97 b	4.10 b
67 MAP + AVAIL	4.90 a	3.90 a	5.30 a	4.70 a

Duncan's multiple range test 5%
Kansas State Univ.

Gordon,

P banded 5 x 5cm beside row. Soil test 38ppm Bray-1. Soil pH: 6.8

Soybean. Soybean has also responded well to banded (starter) polymer-coated MAP with yield increases up to 1 ton/ha over uncoated MAP (Gordon, 2007, Table 11) although significant yield increases in other studies have been substantially smaller (0.20 t/ha). These responses occurred on soils with good P soil tests and moderate pH levels indicating there is still opportunity for improved P management even under good conditions.

Đậu tương. Đậu tương cũng đáp ứng tốt đối với MAP có bọc AVAIL và bón theo dải, làm tăng năng suất lên tới 1 tấn/ha so với MAP bình thường (Gordon, 2007, Bảng 11) mặc dù phần lớn các nghiên cứu khác cho thấy năng suất gia tăng thấp hơn (0,2 t/ha). Những đáp ứng này xảy ra trên các vùng đất có hàm lượng lân khá và pH đất vừa phải, điều này cho thấy vẫn còn cơ hội để cải tiến việc quản lý bón lân dưới những điều kiện tốt.

Potato. University potato studies in the western USA on high pH soils also show positive effects of Avail coated MAP compared to untreated MAP (Hopkins *et al.*, 2008; Hopkins, 2011; Stark, 2012). Stark at the University of Idaho reported yields were increased at two P rates by the polymer coating as were petiole P concentrations. The coated MAP increased US No. 1 yields by 14% and gross returns by as much as \$494/ha. Approximately half of the increased return was related to quality.

Extensive potato trials in the United Kingdom (UK) have shown similar responses to Avail coated on MAP (Noble, 2012). Yields, quality and storage characteristics (Fig. 4) have benefitted from the enhanced P availability and uptake.

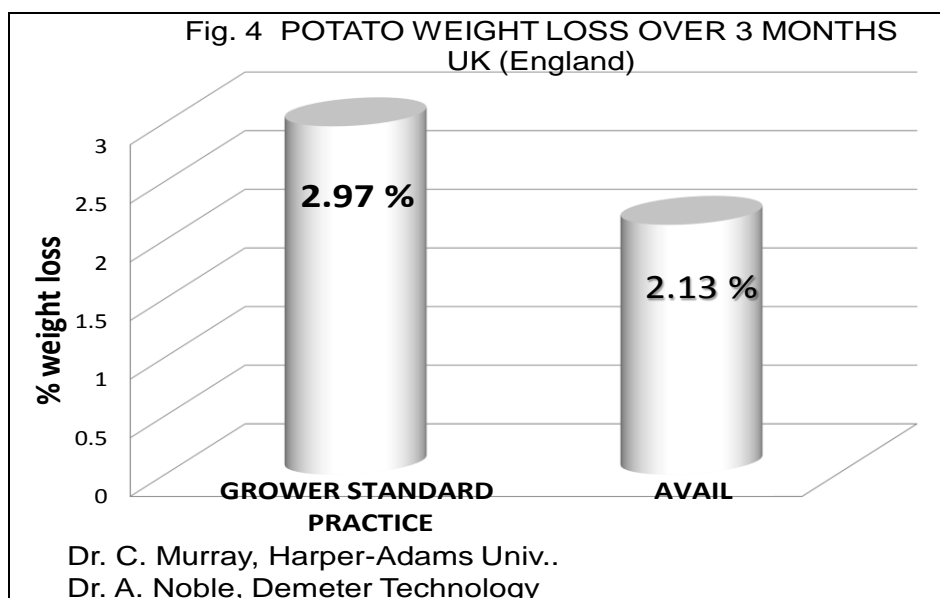
Khoai tây. Nghiên cứu về khoai tây ở Đại học phía Tây nước Mỹ trên các vùng đất có độ pH cao cũng cho thấy phản ứng tích cực của MAP có bọc AVAIL so với MAP bình thường (Hopkins *et al.*, 2008; Hopkins, 2011; Stark, 2012). Báo cáo của Stark tại Đại học Idaho cho thấy năng suất được nâng cao với hai lượng lân bón khác nhau khi được bọc polymer, đồng thời với sự tập trung lân ở cuống lá MAP được bọc polymer đã làm gia tăng năng suất cao nhất nước Mỹ, lên 14% và lợi tức thu về thêm tương đương 494 USD/ha. Khoảng phân nửa lợi tức phụ trội này là do chất lượng nông sản.

Các thí nghiệm diện rộng về khoai tây thực hiện ở Anh Quốc cũng cho thấy sự đáp ứng tương tự đối với MAP được bọc AVAIL (Noble, 2012). Năng suất, chất lượng và đặc tính tồn trữ (Hình 4) đều được gia tăng từ việc nâng cao lượng lân hữu hiệu và khả năng hấp thu.

Table 12. Potato yield and return to enhanced P availability Idaho, USA

Treatment (Kg P ₂ O ₅ /ha)	Yield (Tons/ha)	Petiole P (%)	Gross Return (\$/ha)
Control	34.82 a	0.225 d	3596
67 MAP	36.96 ab	0.253 cd	3818
67 MAP + AVAIL	37.97 ab	0.288 ab	3890
134 MAP	38.53 bc	0.275 bc	3930
134 MNAP + AVAIL	41.33 c	0.308 a	4424

Declo sandy loam, pH 7.9; Olsen P 23 ppm; Stark, Univ. of Idaho
Duncan's multiple range test, 5%.



Polymer Rate Effects.

Initial studies of polymer rates with solid P fertilizers involved coatings of up to 1 percent polymer formulation. However, subsequent greenhouse and field studies indicated that much lower rates could be utilized. Data in

Ảnh hưởng của lượng polymer. Những nghiên cứu ban đầu về lượng polymer sử dụng với phân lân dạng rắn được đề xuất bọc tới 1% polymer. Tuy nhiên những nghiên cứu tiếp theo trong nhà lưới và ngoài đồng cho thấy có thể sử dụng liều lượng thấp

Table 13 indicated that rates could be reduced to 0.25 percent (2.1 liters/1000 kg) without loss of efficacy (Lamond, Kansas State Univ., unpublished report to SFP). That rate is currently recommended for all solid P fertilizers, MAP, DAP, TSP and compound fertilizers.

hơn nhiều. Số liệu trong bảng 13 cho thấy liều lượng áp dụng có thể giảm xuống còn 0,25% (2,1 lít/1000 kg) mà không làm mất hiệu lực (Lamond, Đại học tiểu bang Kansas, báo cáo gửi SFP chưa công bố). Liều lượng này hiện đang được khuyến cáo đối với các loại phân lân dạng rắn như MAP, DAP, TSP và các loại phân bón tổng hợp.

Table 13: Avail rate effects on maize
Kansas, USA

Treatments	V-6 Dry wt Kg/ha	V-6 P Uptake Kg/ha	Grain yield Tons/ha
No P - Control	380	0.91	6.46
MAP	501	1.34	7.59
MAP + 1.00% AVAIL	592	1.61	8.66
MAP + 0.75% AVAIL	585	1.58	8.36
MAP + 0.50% AVAIL	620	1.73	8.78
MAP + 0.25% AVAIL	601	1.65	8.59
LSD 0.10	32	0.21	0.82

All P banded, 33kg P2O5/ha. Soil pH = 7.4; Bray-1.
Lamond, Kansas State Univ.

Avail Polymer in Fluid Fertilizers

Fluid P Fertilizers. Polymer effects in P-containing fluid fertilizer formulations have also been extensively

Polymer AVAIL với phân dạng lỏng

Phân lân dạng lỏng. Ảnh hưởng của polymer trong dung dịch phân bón có chứa lân cũng được đánh giá một

evaluated. Recognizing that fluid bands would have a much less defined geometry than the coating of polymer on a solid particle,

Polymer rates were evaluated beginning at 1% volume to volume. Polymer formulation rates were eventually lowered to the presently recommended concentration of 0.5% or 0.5 liter per 100 liters of P fertilizer. An example of an Avail response in fluid starter placed in direct seed contact for maize is shown in Table 14 (Gordon, Kansas State Univ., unpublished report to SFP). No difference in response has been noted between all orthophosphate fluids and polyphosphate-containing formulations.

cách rộng rãi. Nhưng phải thừa nhận rằng việc đánh giá này bị giới hạn nhiều hơn về mặt địa lý so với phân dạng rắn.

Liều lượng polymer được đánh giá ban đầu là 1% trên thể tích dung dịch. Việc xây dựng chuẩn về liều lượng dần dần tiến về liều lượng được khuyến cáo ngày nay là 0,5% hay 0,5 lít polymer cho 100 lít dung dịch phân lân. Một thí dụ về sự đáp ứng với AVAIL trong dung dịch bón trực tiếp vào hạt giống ngô được thể hiện trên bảng 14 (Gordon, Đại học tiểu bang Kansas, báo cáo gửi SFP, chưa công bố). Không có sự khác biệt nào được ghi nhận về sự đáp ứng giữa tất cả các loại lân dạng lỏng liên kết phosphat và lân đa phosphat.

Table 14. Avail in fluid starters for maize
Gordon, Kansas State Univ.

Treatments	Grain yield (tons/ha)
No starter	9.78
Seed row, 75 L/ha 10-34-0	10.54
Seed row + Avail 0.5%	11.04
LSD.05	0.38

Soil pH: 6.8, 14 ppm Bray 1-P

Conclusions

Influencing or modifying reactions in the soil solution microenvironment around fertilizer granules or in a fluid band or droplet has been shown to have significant benefits to the availability of and subsequent plant response to applied P. Research and extensive field experiences with the Avail polymer have shown beneficial effects on the soil reaction products and on availability and uptake of fertilizer P over a wide range of soil conditions and crops. Better P availability has led to higher yields and better crop quality by allowing crops to more nearly achieve their genetic potential. This technology not only has the potential to improve crop yields and farmer profits but also has positive implications on the possible environmental footprint of fertilizer use because of higher use efficiency and reduced carry over.

Kết luận

Tác động hoặc điều chỉnh các phản ứng trong dung dịch đất ở tiêu môi trường chung quanh hạt phân bón hoặc trong một dải chất lỏng hoặc giọt phân lỏng đã được thể hiện là có lợi đáng kể trong việc cung cấp lân cho cây và các phản ứng tiếp theo của cây trồng đối với phân P. Nghiên cứu thí nghiệm và thực nghiệm trên diện rộng ngoài đồng với AVAIL đã cho thấy những ảnh hưởng có lợi đối với sản phẩm từ các phản ứng trong đất và trên lượng lân hữu hiệu và khả năng hấp thu phân lân trên phạm vi rộng lớn các điều kiện về đất đai và cây trồng. Lượng lân hữu hiệu trong đất tốt hơn dẫn tới năng suất cao hơn và chất lượng nông sản tốt hơn do tạo điều kiện cho cây trồng thể hiện gần với tiềm năng của chúng. Kỹ thuật này không phải chỉ có tiềm năng cải thiện năng suất cây trồng và lợi tức của nhà nông mà còn có những ý nghĩa tích cực về môi trường trong việc sử dụng phân bón vì hiệu quả sử dụng cao hơn và giảm thiểu được lưu tồn.

REFERENCES

1. Dela Cruz, N. 2008. Evaluation of AVAIL®, P fertilizer enhancer, in increasing phosphorus use efficiency and yield of lowland transplanted rice. Technical Report, Central Luzon University, Bantung, Munoz, Nueva Ecija, Philippines.
2. Dunn, D. J. and Stevens, G. 2008. Response of rice yields to phosphorus fertilizer rates and polymer coating. Crop Management. Plant Management Network. June 10, 2008.
3. Follett, R. H, Murphy, L. S. and Donahue, R. L. 1981. Fertilizers and Soil Amendments. 557 p. Prentice-Hall.
4. Gordon, W. B. 2007. Management of enhanced efficiency fertilizers. Proc. 37th North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference, Vol. 23, p. 19-23, IPNI, Bookings, SD, USA.
5. Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. and Nelson, W. L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. 499 p. Prentice-Hall.
6. Hopkins, B. G., Rosen, C. J. and Shiffler, A. K. 2008. Enhanced efficiency fertilizers for improved nutrient management: Potato (*Solanum tuberosum*). Crop Management. Plant Management Network.
7. Hopkins, B. G. 2011. Russet Burbank potato phosphorus fertilization with dicarboxylic acid copolymer additive (Avail®). Journal of Plant Nutrition (In press).
8. Kovar, J. L., Schroeder, P. D., and Washburn, Jr, K. L. 2004. Positional Availability of phosphorus from surface fertilizer bands. In: Schlegel, A.J. (ed). Proc. Great Plains Soil Fertility Conf., March 2-3, 2004, Denver, CO. p. 271-276.
9. Laboski, C. and M. Repking, M. 2007. Effects of polymer coating on phosphorus fertilizer mobility in soil. Hancock and Antigo Potato Field Days, Dept. of Soil Science, Univ. of Wisconsin-Madison, July 18-19, 2007.
10. Noble, A., Murphy, L. and Murray, C. 2012. The use of polymer technology to improve manufactured nitrogen and phosphorus fertiliser efficiency and organic manure efficiency. Annual Meeting, Crop Protection Southern Britian, Peterborough, Cambridgeshire, Nov. 27-28, 2012.
11. Pierzynski, J, Hettiarachchi, G. and Raju Khatiwada. 2012. Mobility, availability and reaction products of P fertilizers.

Agronomy Abstracts, American Society of Agronomy, Annual Meeting, Cincinnati, OH, USA

12. Sanders, J. L., Murphy, L. S., Noble, A., Melgar, R. J., and Perkins, J. 2011. Improving phosphorus use efficiency with polymer technology. Proc. Symphos 2011. 1st International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry. Marrakech, Morocco, May 2011. Elsevier.
13. Stark, J. and Hopkins, B. 2012. Fall and spring phosphorus fertilization of potato using a dicarboxylic acid polymer (AVAIL®). Journal of Plant Nutrition. In press.