

TƯƠNG QUAN GIỮA SỰ HẤP THU CỦA CÂY VÀ BỐN PHƯƠNG PHÁP TRÍCH K, Ca, Mg VÀ Mn HỮU DỤNG TRONG ĐIỀU KIỆN NHÀ LƯỚI CỦA MẪU ĐẤT PHÙ SA TRỒNG LÚA Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Huỳnh Trí Cường và Trần Kim Tính¹

ABSTRACT

Six surface soil samples having different fertility levels were taken in the Mekong Delta. Four extraction methods (CaCl₂, DTPA, Mehlich II and Mehlich III) were used to extract the availability of K, Ca, Mg and Mn in soil. The same soil samples were also used to grow rice in a pot experiment. Fertilisers applied for this experiment were N and P. Rice plant was harvested at 40 days after sowing to analyse the absorbed amount by plant. Results showed that at Sprint-Winter crop (ĐX), the correlation coefficient R^2 found between K-absorb and extracted -K was over 0,8 for CaCl₂ and Mehlich II methods; Mehlich III had $R^2=0,9$, no correlation was found with DTPA method ($R^2=0.02$), in the Summer-Fall crop (HT), R^2 was very high (0.96) for Mehlich III, Mehlich II was $R^2 = 0.93$ and CaCl₂ was 0.88 and DTPA was $R^2=0,05$. For Ca, ĐX crop, Mehlich III had $R^2 = 0.43$ higher than Mehlich II ($R^2 = 0.28$), but at HT crop, both extracted methods had R^2 higher than ĐX crop ($R^2 \neq 0,5$). For Mg, ĐX crop, Mehlich II had R^2 highest compared to other methods ($R^2 = 0.55$), the next was CaCl₂ method ($R^2 = 0.54$) and Mehlich III had $R^2 = 0.36$ and the lowest was DTPA method ($R^2 = 0.14$); at HT crop, R^2 was increased compared to ĐX crop, Mehlich II method had $R^2 = 0.87$, CaCl₂ method was 0.82, Mehlich III was 0.77 and the lowest was DTPA method ($R^2 = 0.51$). For Mn, ĐX crop, Mehlich III method had $R^2 = 0.59$, the next was Mehlich II ($R^2 = 0.58$), CaCl₂ ($R^2 = 0.31$) and the lowest was DTPA method ($R^2 = 0.04$); HT crop, Mehlich III had $R^2 = 0.89$, the next was Mehlich II ($R^2 = 0.85$), DTPA was $R^2 = 0.29$, CaCl₂ found not correlated ($R^2 = 0.07$). Mehlich III was the promising method to be used to extract multi-available nutrient in soil in the Mekong Delta.

Keywords: Soil extract methods, nutrient availability, CaCl₂, DTPA, Mehlich II và Mehlich III

Title: Correlation between plant uptake & four extracted methods of K, Ca, Mg and Mn availability in alluvial rice soil

TÓM TẮT

Sáu loại đất mặt trồng lúa được lấy từ các đất có độ phì khác nhau ở các tỉnh ở ĐBSCL, để trích lượng K, Ca, Mg và Mn hữu dụng bằng các dung dịch trích: CaCl₂, DTPA, Mehlich II và Mehlich III. Cũng với mẫu đất này được cho vào chậu để tiến hành trồng lúa. Thí nghiệm chỉ bón phân đạm và phân lân. Bốn mươi ngày sau khi sạ toàn bộ mẫu lúa được thu hoạch và phân tích lượng cây hấp thu. Trong vụ ĐX, lượng kali cây hút và lượng trích được có $R^2 > 0.8$ cho các phương pháp trích CaCl₂, và Mehlich II; Mehlich III có $R^2=0,9$, không có tương quan được tìm thấy đối với DTPA ($R^2=0.02$). Sang vụ HT, R^2 cao nhất lên tới 0.96 (Mehlich III), kế đến là Mehlich II có $R^2 = 0.93$ và CaCl₂ là 0.88 và đối với phương pháp DTPA có $R^2=0,05$. Đối với Ca vụ ĐX, Mehlich III có R^2 là 0.43 tốt hơn Mehlich II có $R^2 = 0.28$, nhưng ở vụ HT thì hai phương pháp có R^2 cao hơn vụ ĐX ($R^2=0,5$). Đối với Mg, vụ ĐX, R^2 cao nhất là phương pháp Mehlich II (R^2

¹ Phòng Quản lý Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ

= 0.55), tiếp theo là CaCl_2 ($R^2 = 0.54$), Mehlich III ($R^2 = 0.36$) và thấp nhất là DTPA ($R^2 = 0.14$), vụ HT R^2 gia tăng so với vụ ĐX, Mehlich II có R^2 là 0.87, CaCl_2 là 0.82, Mehlich III là 0.77 và thấp nhất là DTPA ($R^2 = 0.51$). Mn trong vụ ĐX cũng cho thấy phương pháp Mehlich III có $R^2 = 0.59$, kế đến là Mehlich II ($R^2 = 0.58$), CaCl_2 ($R^2 = 0.31$) và thấp nhất là DTPA ($R^2 = 0.04$), vụ HT Mehlich III có tương quan cao nhất ($R^2 = 0.89$), tiếp đến là Mehlich II ($R^2 = 0.85$), DTPA ($R^2 = 0.29$), còn phương pháp CaCl_2 thì không thấy tương quan ($R^2 = 0.07$). Phương pháp Mehlich III là phương pháp có triển vọng để trích đa nguyên tố hữu dụng trong đất.

Từ khóa: Phương pháp trích đất, dinh dưỡng hữu dụng, CaCl_2 , DTPA, Mehlich II và Mehlich III

1 GIỚI THIỆU

Trong canh tác, để mang lại lợi nhuận cao và tránh làm thiệt hại môi trường. Yêu cầu cần cần thiết là đưa ra khuyến cáo lượng phân bón đủ cho cây trồng phát triển để đạt được năng suất có hiệu quả kinh tế. Trên nguyên tắc, để làm được điều đó, cần phải biết được đất cung cấp cho cây trồng bao nhiêu và lượng dinh dưỡng cần bổ sung là bao nhiêu?. Trong thực tế thì không đơn giản để biết được đất có thể cung cấp được cho cây trồng bao nhiêu dinh dưỡng, vì nguồn dinh dưỡng trong đất có nhiều dạng khác nhau, tùy theo loại đất. Trong khoa học đất, từ 'hữu dụng' (availability) được dùng để chỉ lượng dinh dưỡng mà cây trồng có thể sử dụng được. Làm sao để lượng hóa được lượng dinh dưỡng hữu dụng?. Có nhiều hợp chất hóa học được đề nghị để trích lượng dinh dưỡng hữu dụng trong đất để làm cơ sở cho việc tính toán lượng bổ sung đủ cho cây trồng. Houba et al. 2000 and Degryse et al. (2003) đề nghị dùng CaCl_2 để trích, Lindsay (1978) sử dụng DTPA để trích zinc, iron, manganese, and copper. Tiến sỹ A. Mehlich (1953) đề nghị dùng dịch trích Mehlich I, Mehlich II (1974) và Mehlich III (1984). Ba phương pháp này được sử dụng rộng rãi cho các loại đất khác nhau ở Mỹ và Canada. Mehlich được sử dụng tốt cho việc trích đa nguyên tố nhờ vào hỗn hợp hoá chất sử dụng có chức năng trích được các dạng dinh dưỡng khác nhau trong đất. Hiện nay thì ở một số nước của Châu Phi và ở Châu Á (Indonesia và Philippine) cũng sử dụng phương pháp trích của Mehlich. Ở Việt Nam, các phương pháp trích như đã nêu chưa được sử dụng. Do vậy mà đề tài được thực hiện nhằm để đánh giá và đề nghị sử dụng cho đất trồng lúa.

2 PHƯƠNG TIỆN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thí nghiệm được thực hiện trên sáu biểu loại đất phù sa tại ĐBSCL (1) Cai Lậy - tỉnh Tiền Giang, (2) Cầu Kè - tỉnh Trà Vinh, (3) Mộc Hoá - tỉnh Long An, (4) Tịnh Biên - tỉnh An Giang, (5) Vĩnh Mỹ - tỉnh An Giang, (6) Vĩnh Nguơn - tỉnh An Giang.

2.1 Địa điểm lấy mẫu

Tại 6 điểm khảo sát thu mẫu đất đầu vụ khoảng 50 kg/điểm ở tầng mặt (0-20cm) để làm thí nghiệm trong nhà lưới. Cai Lậy (Tiền Giang) là loại đất phù sa, có sa cấu sét và sét pha thịt, từ năm 1967 vùng này đã canh canh tác liên tục 3 vụ lúa/năm, có khi lên tới 7 vụ/2 năm. Ngoài ra, nông dân ở đây đã xen canh một số loại cây trồng cạn như làm rẫy hoặc lên vườn. Vì có địa hình tương đối cao nên hằng năm ít chịu ảnh hưởng của lũ. Cầu Kè (Trà Vinh) là loại đất phù sa, có sa cấu

thịt pha sét trong khoảng 0 – 75 cm, dưới 75 cm là cát pha thịt, vùng này đã canh tác 3 vụ lúa/năm từ rất lâu, một vài nơi có kết hợp trồng cây đậu phộng và cũng không chịu ảnh hưởng của lũ. Mộc Hoá (Long An) là loại đất phù sa cổ, có sa cấu thịt (Silty loam). Thời gian ngập lũ bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc tháng 12 (dương lịch), tập quán canh tác ở đây là 2 vụ lúa/năm; khoảng 3 năm trở lại đây, nông dân bắt đầu làm thêm rẫy như đậu phộng và dưa hấu. Tịnh Biên (An Giang) là loại đất phù sa, có nguồn gốc phong hoá tại chỗ, có thành phần sa cấu thịt pha sét ở các tầng mặt và đổi sang cát pha thịt ở các tầng bên dưới. Thời gian ngập lũ bắt đầu từ 8 và kết thúc vào tháng 11 (dương lịch), có những năm kết thúc trễ đến tháng 12. Vùng này canh tác 2 vụ lúa/năm, có khi kết hợp với dưa hấu vào mùa mưa. Vĩnh Mỹ (An Giang) là loại đất phù sa, có sa cấu sét pha thịt, trước đây người dân thường canh tác 2 vụ lúa/năm, nhưng từ khi được bao đê (1991) đã tăng lên thành 3 vụ/năm. Một số nơi đã chuyển đổi cơ cấu lên trồng cây lâu năm. Vĩnh Ngon (An Giang) là loại đất phù sa trẻ được phù sa bồi hằng năm, có sa cấu sét pha thịt. Vùng này chịu ảnh hưởng của lũ sớm, bắt đầu từ tháng 7 và kết thúc vào tháng 11 (dương lịch). Người dân canh tác lúa 2 vụ/năm.

2.2 Các phương pháp trích K, Ca, Mg và Mn

Các phương pháp trích khả năng cung cấp dưỡng chất từ đất

CaCl₂ 0.01M: Dung dịch trích là CaCl₂ nồng độ 0.01 mol/l, trích theo tỉ lệ đất: nước là 1: 10. Cân 3 g đất khô, thêm vào 30 ml dung dịch CaCl₂, rồi lắc trong 2 giờ sau đó lọc qua giấy lọc Whatman và đem đo K, Mg, Mn trên máy hấp thụ nguyên tử.

DTPA: Dung dịch trích là hỗn hợp của 0.005 M DTPA (Diethylene-triaminepentaacetic acid) + 0.1 M TEA (Triethanolamine) + 0.01 M CaCl₂. Dung dịch trích được điều chỉnh về pH $\approx 7.3 \pm 1$ bằng HCl 4 M.

Trích theo tỉ lệ đất: nước là 1: 2. Cân 10 g đất khô thêm vào 20 ml hỗn hợp dung dịch trích, lắc trong 2 giờ sau đó lọc và đem đo K, Mg, Mn trên máy hấp thụ nguyên tử.

Mehlich II: Dung dịch trích là hỗn hợp của 0.2 N NH₄Cl + 0.2 N CH₃COOH + 0.015 N NH₄F + 0.12 N HCl. Trích theo tỉ lệ đất: nước là 1: 10. Cân 2.5 g đất khô thêm vào 25 ml hỗn hợp dung dịch trích, lắc trong 5 phút sau đó lọc và đem đo K, Mg, Ca, Mn trên máy hấp thụ nguyên tử.

Mehlich III: Dung dịch trích là hỗn hợp của 0.2 N CH₃COOH - 0.25 N NH₄NO₃ - 0.013 N HNO₃ - 0.015 N NH₄F - 0.001 M EDTA. Trích theo tỉ lệ đất: nước là 1: 10. Cân 2.5 g đất khô thêm vào 25 ml hỗn hợp dung dịch trích, lắc trong 5 phút sau lọc và đem đo K, Mg, Ca, Mn trên máy hấp thụ nguyên tử.

2.3 Thí nghiệm trong chậu

Thí nghiệm được thực hiện qua hai vụ Đông Xuân và Hè Thu tại nhà lưới Viện nghiên cứu và phát triển Công Nghệ Sinh Học, Trường Đại Học Cần Thơ. Sử dụng giống lúa OMCS 2000 có thời gian sinh trưởng 90 ngày. Do ánh sáng trong nhà kính không đều nhau, nên thí nghiệm được bố trí theo thể thức khối hoàn toàn ngẫu nhiên để khắc phục hiện tượng ánh sáng chiếu không đều. Thí nghiệm chỉ bón đạm và lân (80kg đạm/ha, 60kg lân/ha) cho 6 loại đất và 4 lần lặp lại. Mỗi nghiệm thức được trồng trong chậu (diện tích 0.038 m²) có 1 kg đất khô và được

giao 37 hạt lúa. Nước sử dụng tưới cho suốt thí nghiệm là nước cất. Phân lân là phân đơn có công thức Na_2HPO_4 , còn phân đạm là urea. Phân lân được bón toàn bộ một lần trước khi sạ. Đến 10 ngày sau khi sạ bón 1/4 lượng đạm, và bón 1/2 lượng đạm còn lại vào lúc 25 ngày sau khi sạ. Thu mẫu cây lúc lúa được 40 ngày; ghi nhận chiều cao, số chồi. Mẫu cây được rửa sạch nhanh bằng nước cất sau đó đem cân, sấy ở 105°C để tính sinh khối và sấy ở 50°C để phân tích tổng hấp thu K, Ca, Mg, Mn sử dụng phương pháp vô cơ hoá mẫu cây. Vô cơ mẫu cây với tác dụng của hỗn hợp acid Salisilic và acid Sulphuric (96 %), toàn bộ chất hữu cơ bị oxy hoá ở nhiệt độ cao. Sự oxy hoá hoàn toàn nhờ sự hiện diện của H_2O_2 (30 %) làm chất xúc tác.

2.4 Xử lý và thống kê số liệu

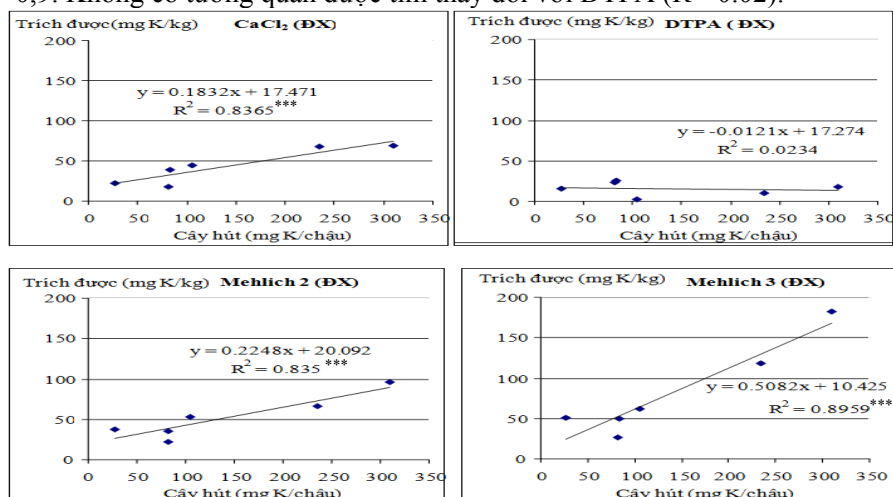
Số liệu thí nghiệm được tính toán, vẽ đồ thị, tìm tương quan bằng chương trình Excel và phân tích thống kê bằng phần mềm Minitab

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả

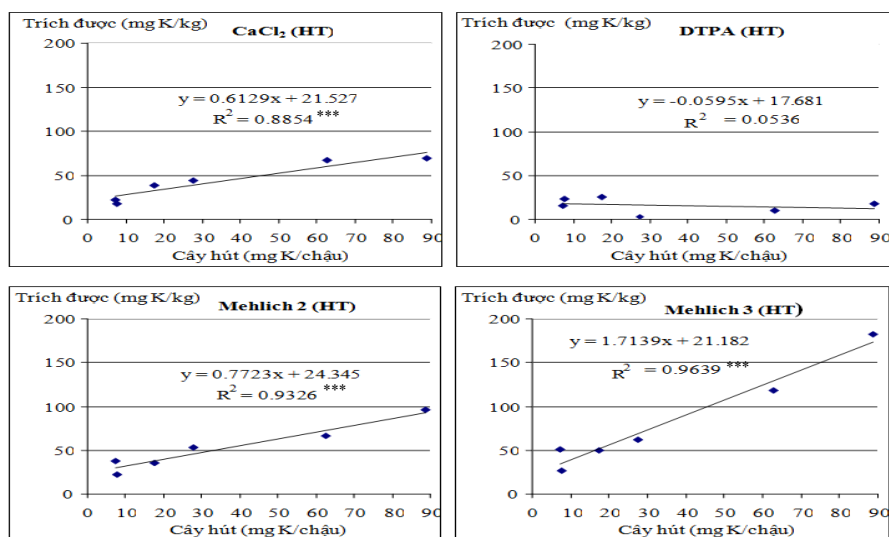
3.1.1 Tương quan giữa lượng K trích được và lượng K cây hút

Vụ ĐX, qua hình 1 cho thấy tương quan giữa lượng kali cây hút và lượng trích được có $R^2 > 0.8$ cho các phương pháp trích CaCl_2 và Mehlich II; Mehlich III có $R^2 = 0.9$. Không có tương quan được tìm thấy đối với DTPA ($R^2=0.02$).



Hình 1: Tương quan giữa cây hấp thu K và K trích được từ bốn phương pháp ở vụ ĐX

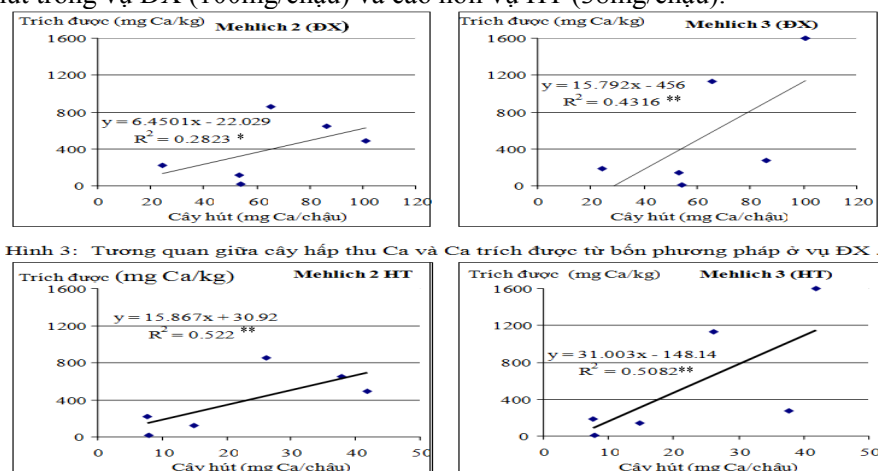
Sang vụ Hè Thu, có sự tương quan rất cao giữa hấp thu kali với 3 phương pháp trích, R^2 cao nhất lên tới 0.96 (Mehlich III), kế đến là Mehlich II có $R^2 = 0.93$ và CaCl_2 là 0.88 và đối với phương pháp DTPA thì không thấy sự tương quan (Hình 2). Lượng cây hút /chậu trong vụ HT giảm rất nhiều. Trong vụ ĐX lượng cây hút tối đa là 300 mg/chậu và thấp nhất là 25 mg/chậu, sang vụ HT lượng hấp thu tối đa là 90 mg/chậu và tối thiểu là 8 mg/chậu, nhưng vẫn có R^2 cao và cao hơn vụ DX.



Hình 2: Tương quan giữa cây hấp thu K và K trích được từ bốn phương pháp ở vụ HT.

3.1.2 Calci trích được và cây hút

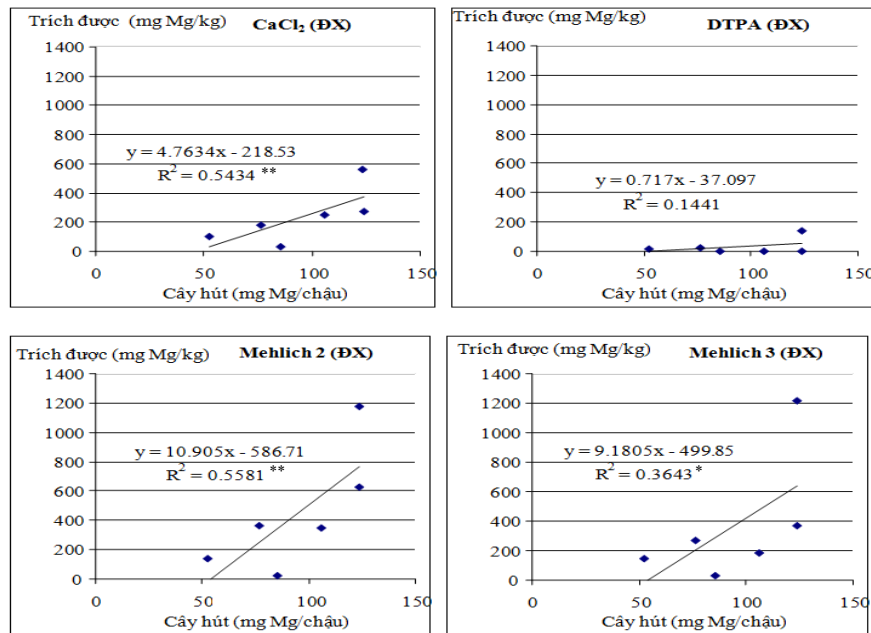
Do trong dung dịch trích bằng DTPA và CaCl₂ có chứa Ca, nên trong phần này không phân tích hai phương pháp vừa nêu. So với kali, tương quan giữa cây hút calci và lượng calci trích được kém hơn, Phương pháp Mehlich III có R^2 là 0.43 tốt hơn Mehlich II có $R^2 = 0.28$ (Hình 3). Sang vụ HT tương quan giữa cây hút và lượng trích được cao hơn với R^2 đạt khoảng 0,5 cho cả hai phương pháp. Lượng cây hút trong vụ DX (100mg/chậu) và cao hơn vụ HT (38mg/chậu).



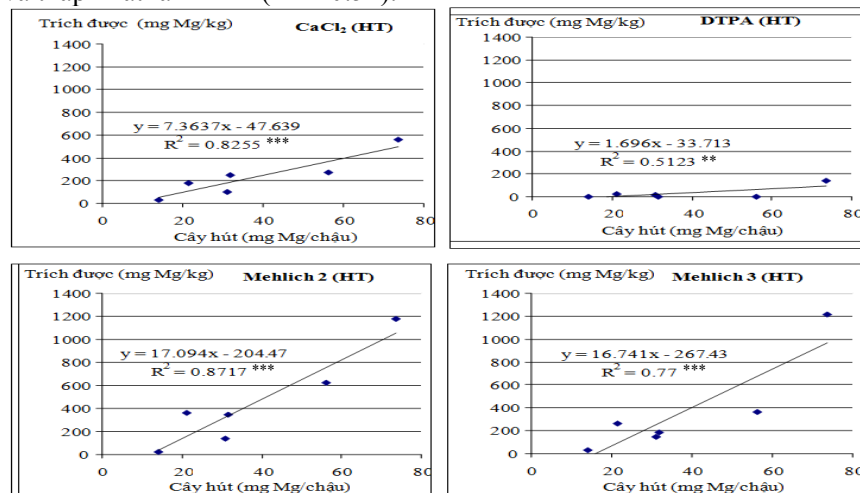
Hình 3: Tương quan giữa cây hấp thu Ca và Ca trích được từ bốn phương pháp ở vụ HT.

3.1.3 Magesium trích được và cây hút

Ở vụ Đông Xuân sự tương quan giữa cung cấp và hấp thu Mg trên các loại đất không đạt cao như kali, nhưng tương đương với Ca, tương quan cao nhất là phương pháp Mehlich II ($R^2 = 0.55$), tiếp theo là CaCl₂ ($R^2 = 0.54$), Mehlich III ($R^2 = 0.36$) và thấp nhất là DTPA ($R^2 = 0.14$) (Hình 4). Lượng cây hút trong vụ DX cũng cao hơn vụ HT.

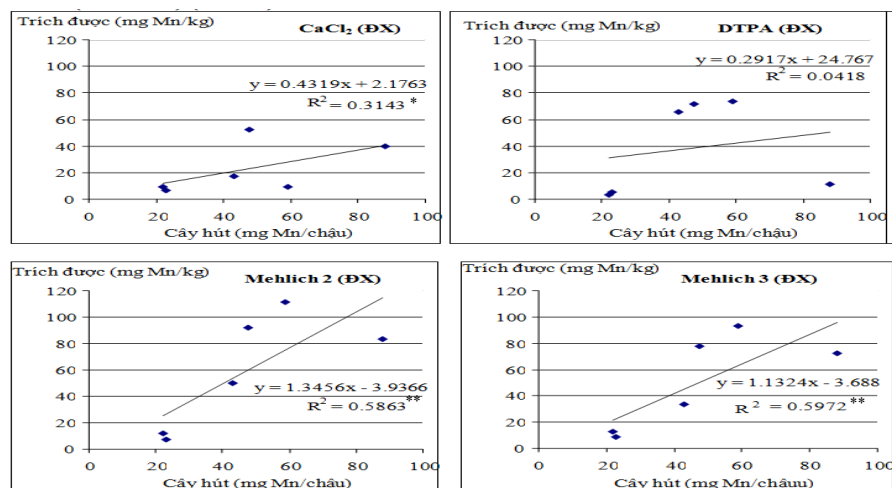


Hình 4: Tương quan giữa cây hấp thu Mg và Mg trích được từ bốn phương pháp ở vụ ĐX
 Vụ HT, tương quan giữa cây hút và Mg trích được gia tăng so với vụ ĐX và có R^2 cao (Hình 5), phương pháp Mehlich II có R^2 là 0.87, CaCl₂ là 0.82, Mehlich III là 0.77 và thấp nhất là DTPA ($R^2 = 0.51$).



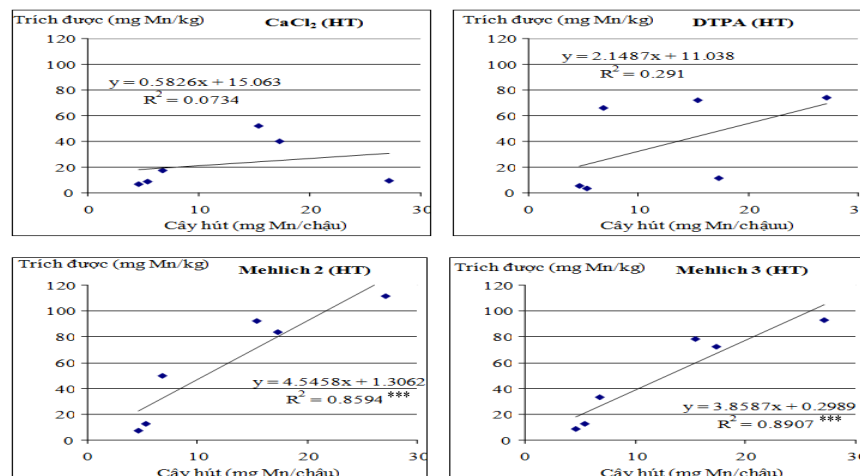
Hình 5: Tương quan giữa cây hấp thu Mg và Mg trích được từ bốn phương pháp ở vụ HT
3.1.4 Mangan trích được và cây hút

Hình 6 cho thấy Mn trong vụ ĐX cũng cho thấy phương pháp Mehlich III có tương quan cao nhất ($R^2 = 0.59$), kế đến là Mehlich II ($R^2 = 0.58$), CaCl₂ ($R^2 = 0.31$) và thấp nhất là DTPA ($R^2 = 0.04$).



Hình 6: Tương quan giữa cây hấp thu Mn và Mn trích được từ bốn phương pháp ở vù ĐX

Hình 7 cho thấy có sự tương quan tốt giữa Mn cây hút và Mn trích được từ các phương pháp và cao hơn vù ĐX. Phương pháp Mehlich III có tương quan cao nhất ($R^2 = 0.89$), tiếp đến là Mehlich II ($R^2 = 0.85$), DTPA ($R^2 = 0.29$), còn phương pháp CaCl₂ thì không thấy tương quan ($R^2 = 0.07$).



Hình 7: Tương quan giữa cây hấp thu Mn và Mn trích được từ bốn phương pháp ở vù HT

3.2 Thảo luận

Việc chọn một phương pháp trích phù hợp cho tất cả các loại đất là rất khó. Các nhà khoa học thường chọn pH đất để sử dụng phương pháp trích cho phù hợp. Walton and Alle (2002) cho biết dung dịch trích Mehlich III là phương pháp rất hiệu quả và có giá thành phân tích rẻ, vì khi áp dụng nó đánh giá được tình trạng dinh dưỡng của đất ở Tây Úc và chú ý rằng phương pháp này chỉ phù hợp cho đất mặt chua và trung tính. Phương pháp Mhlich III cũng cho thấy nó đáng giá hầu hết các chất dinh dưỡng. Phương pháp Mhlich III cũng rất tốt để đánh giá dinh

duopững trong phân hữu cơ ủ. Với nhận định của Walton and Alle, Mylavarapu *et al.* (2002), có thể Mithlich III là phương pháp phù hợp cho đất của Việt Nam vì đất của Việt Nam có pH từ chua đến trung tính. Phương pháp Mihlich III cũng được sử dụng tốt cho việc lập bản đồ phì nhiêu đất để chẩn đoán việc thiếu dinh dưỡng của đất. Khi sử dụng Mihlich III để đánh giá P-dễ tiêu, Manula Nathan *et al.* (2005) đã báo cáo phương pháp Mihlich III có tương quan tốt với phương pháp Bray I, với $R^2=0,98$. Đối với K và Ca+Mg, phương pháp Mihlich III có tương quan tốt với dung dịch trích là NH_4OAC với $R^2=0,97$ và $R^2=0,94$ theo thứ tự. Cho các nguyên tố khác, tác giả cũng đã nghiên cứu và kết luận rằng, phương pháp Mihlich III có thể được sử dụng để xác định lượng dinh dưỡng hữu dụng và đưa ra khuyến cáo phân bón cho đất ở Missouri (Sims, J.T. 1989). Tác giả này cũng cho thấy dinh dưỡng hữu dụng trích từ Mihlich III có tương quan tốt với phương pháp DTPA, nhưng trong nghiên cứu này chúng tôi không tìm thấy mối quan hệ này cho hầu hết các nguyên tố (hình 1-8), phương pháp DTPA hầu như không cho tương quan tốt trên đất trồng lúa. Trong nghiên cứu này chúng tôi thấy rằng đối với K, phương pháp CaCl_2 , Mihlich II và Mihlich III cho tương quan tốt ở cả hai vụ ĐX và HT (Hình 1 và 2). Đối với Ca, phương pháp Mehlich III cũng tốt hơn phương pháp Mihlich II, nhưng hệ số tương quan R^2 chỉ khoảng 0,5 ở vụ HT (Hình 3 và 4). Ở vụ ĐX, Mg chỉ cho tương quan tốt với dung dịch trích là CaCl_2 và Mehlich II, với R^2 đạt khoảng 0,5, nhưng sang vụ HT thì R^2 tăng đáng kể cho cả ba phương pháp CaCl_2 , Mihlich II và Mihlich III với R^2 đạt khoảng 0,8 cho cả ba phương pháp (Hình 6). Đối với Mn, chỉ có Mihlich II và Mihlich III là cho tương quan tốt với R^2 đạt khoảng 0,6 ở vụ ĐX và tăng lên đạt khoảng 0,9 ở vụ HT.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Phương pháp Mihlich III là phương pháp có triển vọng để trích đa nguyên tố hữu dụng trong đất.

Việc đi đến kết luận một phương pháp tốt cho việc chẩn đoán tình trạng dinh dưỡng của đất, cần phải nghiên cứu nhiều hơn nữa về loại đất, loại cây trồng và quan trọng hơn hết là thử lại về đáp ứng phân bón của cây trồng. Đây chỉ là nghiên cứu bước đầu, do số mẫu chỉ có 6 mẫu, nên kết quả còn hạn chế, chỉ mang tính tham khảo. Đề nghị nghiên cứu phương pháp trích Mehlich III sâu rộng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- B. Hanlon, E.A. and G.V. Johnson. 1984. Bray/Kurtz, Mehlich III, AB/DTPA and ammonium acetate extraction of P, K, and Mg in four Oklahoma soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(3):277-294.
- Đỗ Thị Thanh Ren, 1999. Bài giảng “Phì nhiêu đất và phân bón”. Khoa Nông Nghiệp, extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(12):1409-1416.
- Houba V.J.G; Temminghoff I.J.M; Gaikhorst G.A; Van Vark W. (2000). Soil analysis procedures using 0.01 M calcium . *Communication in Soil Science and Plant Ananalysis* ISSN 0010-3624. CODEN CSOSA2. 2000, vol. 31, n°9-10, pp. 1299-1396 (2 p.1/4)
- Lindsay, D.R. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. *In* J.J. Mortvedt, P.M. Giordano, and W.L. Lindsay (eds.), *Micronutrients in Agriculture* (Madiso. Wis.:Soil Sci Soc. Amer.).

- Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42:421-428.
- Manula Nathan, Peter Scharf, Yichang Sun (2005). Evaluating Mehlich III Extractant Available Nutrients for Missouri Soil Using Inductive Coupled Plasma Spectrometry. Division of Plant Sciences, David Dunn, Delta Regional Soil Testing Laboratory.
- Mehlich, A. 1953. Determination of P, K, Ca, Mg, and NH₄. *Soil Test Div. Mimeo*, N.C. Dept. of Agri., Raleigh. www.ncagr.com/agronomi/pdf/mehlich53.pdf, accessed August 4, 2004.
- Mehlich, A. 1984 Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2
- Mehlich, A. 1972. Uniformity of expressing soil test results. A case for calculating results on a volume basis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 3(5): 417-424.
- Mehlich, A. 1974. Uniformity of soil test results as influenced by extractants and soil properties. *Proc. 7th Int. Col.*, Federal Republic of Germany.
- Mehlich, A. 1978. Influence of fluoride, sulfate, and acidity on extractable phosphorus, calcium, magnesium and potassium. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 9(6): 455-476.
- Mehlich, A. 1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese, and zinc. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 9(6):477-492.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich III soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(12): 1409-1416.
- Mylavarapu, R.S., J.F. Sanchez, J.H. Nguyen, and J.M. Bartos. 2002. Evaluation of Mehlich-1 and Mehlich-3 extraction procedures for plant nutrients in acid mineral soils of Florida. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33(5&6): 807-820.
- Sims, J.T. 1989. Comparison of Mehlich-1 and Mehlich-3 extractants for P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, and Zn in Atlantic Coastal Plain Soils. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 20 (17&18), 1707-1726.
- Walton, K and Alle, D (2002). Mehlich No. 3 Soil Test - The Western Australian Experience Chemistry Centre (WA), 125 Hay Street East Perth WA 6004, Australia
- Wolf, A.M. and D.E. Baker. 1985. Comparison of soil test phosphorus by Olsen, Bray-P1, Mehlich-1, and Mehlich-3 methods. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 16: 467-484.