



ISSN 2525-2216

LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM
HỘI KHOA HỌC ĐẤT VIỆT NAM



KHOA HỌC ĐẤT

VIETNAM SOIL SCIENCE

Chào mừng kỷ niệm 55 năm thành lập
Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên (1969 - 2024)
và 30 năm đào tạo ngành Quản lý đất đai, Khoa học môi trường (1996 - 2025)

77 / 2025

TẠP CHÍ
CỦA HỘI KHOA HỌC ĐẤT VIỆT NAM

KHOA HỌC ĐẤT SỐ 77/2025
TẠP CHÍ CỦA HỘI KHOA HỌC ĐẤT VIỆT NAM

MỤC LỤC

Phần thứ nhất: Địa lý thổ nhưỡng

- | | | | |
|----|---|---|----|
| 1. | Tích hợp mô hình SWAT và hệ thống thông tin địa lý (GIS) đánh giá sự thay đổi lưu lượng dòng chảy và xói mòn đất lưu vực Sông Nghinh Tường, huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên | Nguyễn Ngọc Anh
Chu Văn Trung
Ngô Thị Hồng Gấm
Hà Anh Tuấn
Nguyễn Thanh Hải
Nguyễn Lan Hương
Hoàng Trọng Thiện
Hoàng Đức Vinh
Nguyễn Hoài Nam | 7 |
| 2. | Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến phát triển du lịch nông nghiệp tại Thái Nguyên | Vũ Thị Thanh Thủy
Nguyễn Thế Hải
Nguyễn Đình Thi
Nguyễn Thị Phương Nhung | 13 |
| 3. | Đánh giá hàm lượng dinh dưỡng đất một số vùng trồng Tam thất bắc (<i>Panax notoginseng</i>) tại vùng núi phía Bắc Việt Nam | Trần Thị Mai Anh | 19 |
| 4. | Đánh giá một số tính chất vật lý và khả năng giữ nước của đất canh tác chè Shan Tuyết ở xã Bằng Phúc, huyện Chợ Đồn, tỉnh Bắc Kạn | Nguyễn Thị Thu Hằng
Hoàng Quý Nhân
Nguyễn Thu Thủy
Đặng Thị Thái Hà
Hector Lnds | 26 |

Phần thứ hai: Dinh dưỡng đất và phân bón

- | | | | |
|----|--|--|----|
| 5. | Ứng dụng thiết bị cảm biến và hệ thống IoT theo dõi nhanh một số chỉ tiêu dinh dưỡng đa lượng trong đất trồng rau tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La | Hoàng Hữu Chiến
Nguyễn Thị Luyện
Nguyễn Quang Thi
Nguyễn Huy Trung
Lê Thị Kiều Oanh
Dương Minh Ngọc
Chu Văn Trung
Nguyễn Ngọc Anh | 32 |
| 6. | Hiệu quả sử dụng phân bón hữu cơ sinh học và hữu cơ khoáng cho một số cây trồng ở miền núi phía Bắc | Phạm Văn Ngọc
Nguyễn Ngọc Nông
Nguyễn Ngọc Sơn Hải | 38 |
| 7. | Nghiên cứu tác động của các yếu tố dinh dưỡng đất tới sự phân bố của cây Bò khai (<i>Erythrolalum scanden</i> Blum) tại huyện Ba Bể, tỉnh Bắc Kạn | Nguyễn Chí Hiếu | 45 |

DINH DƯỠNG ĐẤT VÀ PHÂN BÓN

ỨNG DỤNG THIẾT BỊ CẢM BIẾN VÀ HỆ THỐNG IoT THEO DÕI NHANH MỘT SỐ CHỈ TIÊU DINH DƯỠNG ĐA LƯỢNG TRONG ĐẤT TRỒNG RAU TẠI THỊ XÃ MỘC CHÂU, TỈNH SƠN LA

Hoàng Hữu Chiên^{1*}, Nguyễn Thị Luyến², Nguyễn Quang Thi¹,
Nguyễn Huy Trung¹, Lê Thị Kiều Oanh¹, Dương Minh Ngọc¹,
Chu Văn Trung¹, Nguyễn Ngọc Anh¹

TÓM TẮT

Trước tình trạng sử dụng thiếu hiệu quả phân bón và các hóa chất trong nông nghiệp, việc theo dõi nhanh và chính xác các chỉ tiêu dinh dưỡng cũng như sức khỏe trong đất trồng trọt đang là nhiệm vụ cấp thiết và hướng đi đúng đắn của ngành nông nghiệp. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá độ chính xác và hiệu quả của việc thu thập dữ liệu theo dõi các chỉ tiêu liên quan đến hàm lượng dinh dưỡng đa lượng (pH, EC, N-P-K dễ tiêu) trong đất trồng rau ngắn ngày tại vùng canh tác rau an toàn tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La bằng thiết bị cảm biến đất 7 trong 1 tích hợp trong hệ thống IoT. Thiết bị cảm biến được thiết kế lắp đặt tại 15 ô mẫu thí nghiệm để thu thập dữ liệu và theo dõi các chỉ tiêu tính chất đất. Mẫu đất tại các ô mẫu được lấy tại thời điểm trước và sau khi bón thúc phân vô cơ và phân tích để đánh giá độ chính xác của dữ liệu cảm biến. Kết quả cho thấy, dữ liệu do thiết bị cảm biến và hệ thống IoT thu thập được có độ sai số trung bình dưới 9% ở các chỉ tiêu đạm dễ tiêu, lân dễ tiêu và kali dễ tiêu. Kết quả theo dõi cho thấy, sau 100 đến 120 giờ sau khi bón phân vô cơ hòa tan, hàm lượng N-P-K dễ tiêu giảm về mức thấp hơn yêu cầu của cây trồng nghiên cứu, điều này đã góp phần xác định thời điểm thích hợp bón phân cho cây trồng. Do đó, công nghệ cảm biến và IoT đã chứng minh được hiệu quả trong theo dõi nhanh hàm lượng dinh dưỡng đa lượng dễ tiêu trong đất và khuyến nghị biện pháp canh tác.

Từ khóa: bón phân, dinh dưỡng đa lượng, cảm biến đất.

1. MỞ ĐẦU

Dữ liệu thổ nhưỡng - nông hóa là cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng đối với những quyết định trong sản xuất của người nông dân. Quan trọng hơn, trong xu thế phát triển mạnh của nông nghiệp chính xác và nông nghiệp hiện đại việc theo dõi và nắm bắt tính chất đất càng trở nên không thể bỏ qua. Tuy nhiên, hiện nay việc theo dõi và nắm bắt tính chất đất còn gặp nhiều khó khăn và trở ngại đến từ việc lấy, xử lý và phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm với chi phí phân tích cao, thời gian phân tích dài và kết quả không mang tính cập nhật.

Khi tài nguyên đất liên tục được khai thác cho mục đích trồng trọt, chất dinh dưỡng trong đất bị lấy đi khi sản phẩm cây trồng được thu hoạch hoặc mất đi thông qua các quá trình tự nhiên như xói mòn và rửa trôi. Hàm lượng dinh dưỡng dễ tiêu trong đất quá thấp sẽ làm suy giảm năng suất cây trồng. Để tăng duy trì và gia tăng năng suất cây trồng, các chất dinh dưỡng thường được bổ sung vào đất thông qua hoạt động bón phân.

Việc sử dụng phân bón không hợp lý dẫn đến sự suy giảm về chất lượng nông sản. Mặt khác, việc sử dụng quá mức phân bón hóa học (chứa hàm lượng N-P-K cao) đã và đang là nhân tố gia tăng ô nhiễm môi trường đất và nước ngầm. Lượng dinh dưỡng, đặc biệt là dinh dưỡng đa lượng, bổ sung cho đất và cây

¹ Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên

² Hợp tác xã Rau an toàn tự nhiên

* Email: hoanghuuchien@tuaf.edu.vn

tùy thuộc vào loại và tình hình sinh trưởng, phát triển của cây trồng. Quan trọng hơn, lượng hàm lượng đang có trong đất. Các nhà nghiên cứu đang tìm cách để tối ưu hóa năng suất và sử dụng phân bón. Do đó, việc theo dõi liên tục và kịp thời các chỉ tiêu tính chất đất đặc biệt là dinh dưỡng đa lượng trong đất là vấn đề hết sức cấp thiết.

Gần đây, công nghệ cảm biến mới bắt đầu được quan tâm ứng dụng trong nông nghiệp tại Việt Nam như quản lý môi trường và nâng cao hiệu quả mô hình lúa tôm (Trương Minh Thái và cs., 2022), thu thập và đưa dữ liệu vào hệ thống tưới nước tự động (Võ Công Anh và cs., 2024). Các thiết bị cảm biến này thường được sử dụng như một thành phần của hệ thống kết nối vạn vật (IoT). Công nghệ cảm biến trong xác định hàm lượng các chất dinh dưỡng đa lượng (N, P, K) trong đất tuy đã được ứng dụng trên thế giới nhưng hầu như chưa có công bố chính thức tại Việt Nam.

Mô hình IoT Cloud là giải pháp kết nối và quản lý thiết bị IoT thông qua các nền tảng đám mây, cho phép thu thập, lưu trữ, và xử lý dữ liệu từ xa. Dữ liệu từ các thiết bị IoT được truyền đến hạ tầng đám mây (gọi là Cloud Server), tại đây dữ liệu sẽ được phân tích và xử lý. Với mô hình này, người dùng có thể truy cập và quản lý hệ thống từ bất cứ đâu thông qua các giao diện Web được lưu trữ trên Cloud hoặc ứng dụng di động kết nối với hệ thống Cloud.

Mục tiêu của nghiên cứu này là: (1) Đánh giá độ chính xác của hệ thống cảm biến đất thông qua việc so sánh dữ liệu tính chất đất thu thập được bởi thiết bị cảm biến với kết quả phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm và (2) Thử nghiệm theo dõi sự biến động các chỉ tiêu dinh dưỡng để tiêu trong đất theo thời gian để đưa ra những khuyến nghị bón phân hợp lý.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La, là địa bàn mang đặc trưng

của một đô thị miền núi Tây Bắc, địa hình có nhiều núi cao hiểm trở và nhiều thung lũng rộng, độ cao trung bình khoảng 1.080m so với mặt nước biển, có cao nguyên rộng lớn và tương đối bằng phẳng. Đất chuyên canh rau ngắn ngày trên địa bàn thị xã chủ yếu thuộc nhóm đất đỏ vàng với độ dày tầng đất khá, thành phần cơ giới từ trung bình đến nặng, tỷ lệ mùn và các chất dinh dưỡng từ trung bình đến khá, ít chua, nghèo bazơ trao đổi và dinh dưỡng dễ tiêu.

Điểm vườn nghiên cứu là Hợp tác xã Rau an toàn tự nhiên nằm trên địa bàn phường Đông Sang, thị xã Mộc Châu. Đối tượng cây trồng phục vụ cho nghiên cứu là cây cà chua (giống Chia Tai CTV 40). Trước khi thực hiện nghiên cứu, đất trồng của Hợp tác xã được xử lý cơ giới và bón lót với liều lượng 40.000kg phân chuồng + 60kg N + 60kg P_2O_5 + 25kg K_2O /ha.

2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm, lấy mẫu và phân tích

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Tại vườn cà chua diện tích 500m², thiết kế 15 ô mẫu (kích thước 3m x 5m). Tại mỗi ô mẫu đặt 01 cảm biến tính chất đất (7 in 1 RS485 Modbus RTU), với các thông số kỹ thuật thể hiện ở Bảng 1, được kết nối với các phần cứng khác của hệ thống IoT bằng dây dẫn để thu thập dữ liệu.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của thiết bị cảm biến

Chỉ tiêu	Phạm vi	Độ phân giải
EC	0-20000 μ S/cm	1 μ S/cm
pH	3 - 9	0,1
N dễ tiêu	1-1999mg/kg	1mg/kg
P_2O_5 dễ tiêu	1-1999mg/kg	1mg/kg
K_2O dễ tiêu	1-1999mg/kg	1mg/kg

Nguồn: TCCS của nhà sản xuất - EPCB.vn.

Theo khuyến cáo của nhà sản xuất, thiết bị cảm biến đất hoạt động được trong điều kiện nhiệt độ từ -20°C đến 60°C, vị trí lắp đặt cảm biến không được có nhiều đá lẫn, độ chặt vừa phải, đất ẩm, thành phần cơ giới tốt nhất là đất thịt.

Tại các ô mẫu, tiến hành bón phân vô cơ hòa tan (KAISTOM, NPK 17-17-17) theo các nghiệm thức (NT):

NT1: 3,4kg N + 3,4kg P_2O_5 + 3,4kg K_2O /ha/lần bón ở các ô mẫu 01, 06 và 11.

NT2: 6,8kg N + 6,8kg P_2O_5 + 6,8kg K_2O /ha/lần bón ở các ô mẫu 02, 07 và 12.

NT3: 10,2kg N + 10,2kg P_2O_5 + 10,2kg K_2O /ha/lần bón ở các ô mẫu 03, 08 và 13.

NT4: 13,6kg N + 13,6kg P_2O_5 + 13,6kg K_2O /ha/lần bón ở các ô mẫu 04, 09 và 14.

NT5: 17,0kg N + 17,0kg P_2O_5 + 17,0kg K_2O /ha/lần bón ở các ô mẫu 05, 10 và 15.

Do dữ liệu thu thập được bởi thiết bị cảm biến có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố thổ nhưỡng (thành phần cơ giới, kết cấu đất và độ ẩm) nên thí nghiệm trong nghiên cứu này được thực hiện ở phạm vi hẹp với sự đồng nhất cao về loại đất phát sinh, thành phần cơ giới, kết cấu đất và khả năng tưới chủ động trong nhà kính. Tuy nhiên, việc thực hiện thí nghiệm ngoài đất (không sử dụng giá thể kín) với sự khác biệt về hàm lượng N-P-K dễ tiêu trong đất (trước khi bón phân) giữa các ô mẫu được xác định là một trong những yếu tố hạn chế của nghiên cứu. Bên cạnh đó, trong điều kiện thí nghiệm này, việc bón phân vô cơ hòa tan với liều lượng chênh lệch nhỏ giữa các nghiệm thức có thể gây ra khó khăn trong việc quan sát kết quả. Do đó, nghiên cứu này chỉ sử dụng dữ liệu dinh dưỡng đa lượng trong đất thu thập từ các nghiệm thức NT1, NT3 và NT5.

2.2.2. Thu thập và phân tích mẫu đất

1,0kg mẫu đất nông hóa được thu thập ở độ sâu 0-20cm tại 3 điểm phân bố đều trong các ô mẫu tương ứng với NT1, NT3 và NT5 vào thời điểm trước khi bón thúc và sau khi bón thúc 5 giờ. Sau đó, mẫu đất được làm khô tự nhiên, qua rây 2mm để phân tích.

- Trị số pH và EC được đo bằng pH và EC meter, tỷ lệ đất:nước là 1:5.

- Hàm lượng đạm dễ tiêu (N dễ tiêu) được xác định bằng phương pháp chưng cất trong bộ cất micro Kjeldahl theo TCVN 5255:2009.

- Hàm lượng lân dễ tiêu (P_2O_5 dễ tiêu) được xác định bằng phương pháp Olsen theo TCVN 8661:2011.

- Hàm lượng kali dễ tiêu (K_2O dễ tiêu) được xác định bằng phương pháp quang phổ phát xạ theo TCVN 8662:2011.

2.2.3. Thu thập dữ liệu cảm biến và theo dõi trực tuyến

Hệ thống thu thập dữ liệu và theo dõi trực tuyến bao gồm các thành phần: cảm biến đất 7 trong 1 RS485 Modbus RTU, nguồn cấp điện 12V DC, máy tính công nghiệp Raspberry Pi Compute Module 4 và hệ thống dây dẫn 4 lõi chống cháy kết nối RS485. Các thông số đo lường của hệ thống được thu thập dựa trên cơ chế của phản ứng điện hóa và đường cong hiệu chuẩn được xây dựng trên cơ sở tương quan giữa giá trị trong thực tế và điện thế phản ứng của thiết bị (Padhiary và cs., 2024).

Hệ thống giám sát EPCB cloud với giao diện Web App và khả năng xuất dữ liệu cảm biến ra file được sử dụng để theo dõi các chỉ số pH, EC, N dễ tiêu, P_2O_5 dễ tiêu và K_2O dễ tiêu trong đất theo thời gian thực.

Ở nghiên cứu này, dữ liệu cảm biến được theo dõi liên tục, dữ liệu phục vụ cho so sánh và đánh giá được trích xuất tại các thời điểm mẫu đất được thu thập như trình bày ở mục trên.

2.2.4. Xử lý thống kê

Các thuật toán thống kê bao gồm so sánh giá trị trung bình các chỉ tiêu quan sát giữa kết quả phân tích mẫu đất với dữ liệu cảm biến (T-test) và giữa các nghiệm thức (One-way ANOVA) được thực hiện trên phần mềm IBM SPSS 22.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá độ chính xác của hệ thống cảm biến tính chất đất

Kết quả phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm và dữ liệu thu thập bởi thiết bị cảm biến trước và sau khi bón thúc phân vô cơ cho cây trồng được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm và dữ liệu thu thập bởi thiết bị cảm biến

Chỉ tiêu	ĐVT	Trước khi bón thúc phân vô cơ					
		Phân tích thí nghiệm			Dữ liệu cảm biến		
		NT1 (n=3)	NT3 (n=3)	NT5 (n=3)	NT1 (n=3)	NT3 (n=3)	NT5 (n=3)
EC	mS/m	1.9 ^b	1.8 ^b	2.1 ^a	2.32 ^a	1.74 ^b	2.44 ^a
pH		6.60 ^b	6.72 ^b	7.07 ^a	6.25 ^c	7.00 ^b	7.21 ^a
Ndt	mg/kg	106.0 ^b	101.9 ^b	135.1 ^a	115.2 ^{ab}	100.0 ^b	143.7 ^a
P ₂ O ₅ dt	mg/kg	201.5 ^a	94.4 ^b	190.5 ^a	183.2 ^a	103.8 ^b	200.5 ^a
K ₂ Odt	mg/kg	454.5 ^a	285.1 ^b	400.9 ^a	428.7 ^a	303.3 ^b	435.8 ^a

Chỉ tiêu	ĐVT	Sau khi bón thúc phân vô cơ					
		Phân tích thí nghiệm			Dữ liệu cảm biến		
		NT1 (n=3)	NT3 (n=3)	NT5 (n=3)	NT1 (n=3)	NT3 (n=3)	NT5 (n=3)
EC	mS/cm	2.4 ^b	3.3 ^a	3.1 ^a	2.90 ^c	3.27 ^b	3.63 ^a
pH		6.49 ^b	6.72 ^{ab}	7.63 ^a	6.15 ^c	7.00 ^b	7.79 ^a
Ndt	mg/kg	146.1 ^c	173.3 ^b	192.8 ^a	158.8 ^c	169.9 ^b	205.1 ^a
P ₂ O ₅ dt	mg/kg	267.1 ^b	250.3 ^b	297.4 ^a	242.9 ^c	275.0 ^b	313.1 ^a
K ₂ Odt	mg/kg	571.0 ^c	588.1 ^b	635.6 ^a	538.6 ^c	600.1 ^b	669.0 ^a

Ghi chú: Ký tự alphabet khác nhau biểu hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm ($p < 0,05$).

Trước khi bón phân, giá trị các chỉ tiêu dinh dưỡng ở các ô mẫu của NT3 có sự khác biệt so với ở các ô mẫu của 2 NT còn lại cho thấy tính chất đất không đồng đều ngay cả trong khu vực diện tích nhỏ như điểm vườn nghiên cứu hiện tại và thiết bị cảm biến có khả năng phát hiện được sự không đồng nhất này. Bên cạnh đó, hàm lượng N, P, K trong đất trước khi bón thúc khá cao và trị số pH ở mức trung tính (6-7) cho thấy đất có đặc tính thổ nhưỡng và được xử lý tốt.

Sau khi bón phân, các chỉ tiêu có sự thay đổi rõ rệt thể hiện qua sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 3 NT ở hầu hết các chỉ tiêu và ở kết quả phân tích mẫu và dữ liệu cảm biến. Điều này cho thấy thiết bị cảm biến có khả năng phát hiện sớm sự thay đổi của các chỉ tiêu khi các yếu tố ngoại cảnh thay đổi, đặc biệt là hoạt động bón phân cho cây trồng.

Giá trị tuyệt đối chênh lệch giữa kết quả phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm và dữ liệu cảm biến không lớn với giá trị tuyệt đối của phần trăm chênh lệch dưới 9% ở các chỉ tiêu pH, Ndt, P₂O₅ dt và K₂Odt. Điều này cho thấy, dữ liệu cảm biến có độ chính xác cao.

Chỉ tiêu EC được quan sát có giá trị tuyệt đối chênh lệch 13,9%. Kết quả so sánh Paired sample T-test giữa các cặp dữ liệu tính chất đất cũng cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) ở chỉ tiêu EC (Bảng 3). Độ chênh lệch khá lớn ở chỉ tiêu này là khó tránh khỏi do nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng lượng nước trong đất có tác động đáng kể đến độ dẫn điện của đất (Adviento-Borbe và cs., 2006; Brevik và cs., 2006; Friedman, 2005).

Bảng 3. Kết quả so sánh các cặp dữ liệu tính chất đất nghiên cứu (n=6)

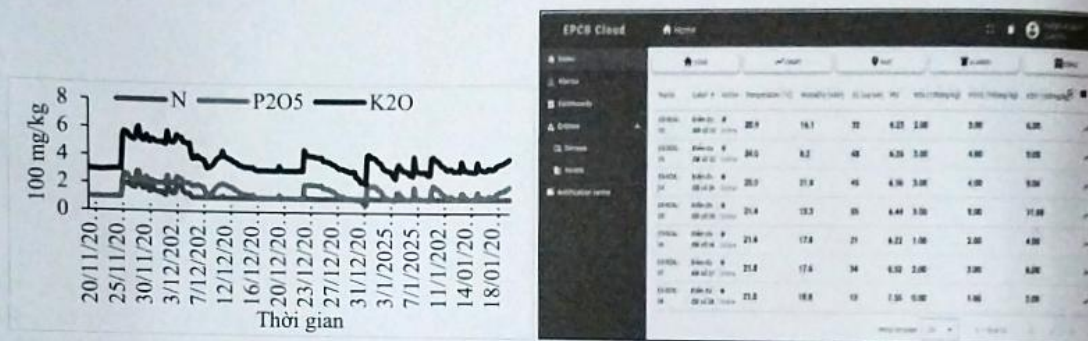
Cặp so sánh	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	t	df	p
ECsoil - ECsen	-0.29000	0.27151	-2.616	5	0.047
pHsoil - pHsen	-0.02833	0.29505	-0.235	5	0.823
Nsoil - Nsen	-6.24167	7.12326	-2.146	5	0.085
P ₂ O ₅ soil - P ₂ O ₅ sen	-2.86167	19.60677	-0.358	5	0.735
K ₂ Osoil - K ₂ Osen	-6.74167	29.13044	-0.567	5	0.595

Ghi chú: ECsoil: kết quả phân tích EC trong mẫu đất; ECsen: dữ liệu EC thu thập bởi thiết bị cảm biến; Nsoil: kết quả phân tích Ndt trong mẫu đất; Nsen: dữ liệu Ndt thu thập bởi thiết bị cảm biến; P₂O₅soil: kết quả phân tích P₂O₅dt trong mẫu đất; P₂O₅sen: dữ liệu P₂O₅dt thu thập bởi thiết bị cảm biến; K₂Osoil: kết quả phân tích K₂Odt trong mẫu đất; K₂Osen: dữ liệu K₂Odt thu thập bởi thiết bị cảm biến.

Một trong những điều kiện để thiết bị cảm biến hoạt động được và cho kết quả là đất phải có độ ẩm phù hợp. Chỉ số EC trong đất ở trạng thái ẩm thường cao hơn EC trong ở trạng thái khô kiệt (Brevik và cs., 2006). Trong khi đó, mẫu đất trước khi phân tích trong phòng thí nghiệm được làm khô tự nhiên. Do đó, sự khác

biệt của chỉ tiêu EC trong nghiên cứu này phản ánh đúng tình trạng của đất.

3.2. Theo dõi các chỉ tiêu dinh dưỡng đất theo thời gian bằng thiết bị cảm biến tích hợp hệ thống IoT



Hình 1. Giao diện ứng dụng và kết quả trích xuất dữ liệu thiết bị cảm biến theo thời gian tại ô mẫu số 06

Hình 1 thể hiện kết quả theo dõi các chỉ tiêu dinh dưỡng đa lượng (N, P và K) trong đất theo thời gian. Dinh dưỡng đất đã được cây hấp thụ và mất đi bởi các quá trình trong tự nhiên. Việc theo dõi này đã cung cấp thông tin cho người nông dân trong việc xây dựng kế hoạch bón phân để đảm bảo đất cung cấp đủ dinh dưỡng đa lượng cho cây trồng.

Trong nông nghiệp chính xác, các dạng phân bón hòa tan hiện đang được ưu tiên sử dụng do hiệu lực nhanh đối với cây trồng và dễ dàng theo dõi bởi thiết bị cảm biến đất. Ở nghiên cứu này, thiết bị cảm biến đất đã thể hiện vai trò quan trọng trong giám sát các chỉ tiêu dinh dưỡng đa lượng trong đất. Ở các thời điểm phân vô cơ được bón, cả 3 chỉ tiêu N-P-K đều cao sau đó giảm dần theo quy luật tự nhiên. Dữ liệu cảm biến trong Hình 1 đã thể hiện hiện trạng và lịch sử biến động hàm lượng dinh dưỡng đa lượng trong đất. Nhờ vào thông tin mà hệ thống cung cấp, người nông dân có thể xác định được thời điểm bón phân hợp lý nhất đối với cây trồng.

Tuy nhiên, sai số của dữ liệu cảm biến có thể xuất hiện và độ chính xác phụ thuộc vào môi trường và điều kiện ứng dụng. Các tính chất đất cơ bản như độ chua, độ mặn, độ dẫn điện, độ chặt, độ ẩm và thành phần thổ nhưỡng

có thể có ảnh hưởng đến kết quả xác định hàm lượng N, P, K trong đất. Độ chính xác của hàm lượng N, P, K trong đất sẽ được nâng lên nếu dữ liệu thu được từ cảm biến đất được kết hợp với dữ liệu thổ nhưỡng, khí hậu và các thông số môi trường khác. Do đó, để có thể ứng dụng trên quy mô lớn, các hạn chế đã chỉ ra của nghiên cứu cần được giảm thiểu đó là: (1) Mở rộng quy mô nghiên cứu trên các loại đất có đặc tính thổ nhưỡng khác nhau để xây dựng quy trình kỹ thuật và hiệu chuẩn hệ thống phù hợp cho từng điều kiện đặc thù; (2) Việc xử lý đất trước khi ứng dụng cần được thực hiện tốt hơn để đảm bảo sự đồng nhất về các chỉ tiêu theo dõi trong khu vực ứng dụng; (3) Về mặt đầu tư, cần khuyến nghị xây dựng phương thức hợp tác giữa nông dân với các doanh nghiệp công nghệ dưới các hình thức như góp vốn hoặc cho thuê thiết bị để giảm thiểu chi phí lắp đặt và đảm bảo các hoạt động bảo trì, bảo dưỡng và nâng cấp hệ thống.

4. KẾT LUẬN

Hàm lượng dinh dưỡng đa lượng trong đất tại điểm vườn nghiên cứu khá cao và không đồng nhất do đặc tính thổ nhưỡng và hoạt động bón lót khi xử lý đất theo khuyến nghị của cơ quan khuyến nông. Kết quả đánh giá độ chính

xác của dữ liệu thu thập được bởi thiết bị cảm biến đất cho thấy rằng dữ liệu có độ chính xác cao với hàm lượng Ndt, P_2O_5 dt và K_2O dt trong khi độ chính xác của dữ liệu EC thấp hơn do sự khác biệt về độ ẩm đất và các yếu tố khác

quan khác. Thiết bị cảm biến có khả năng theo dõi tốt các chỉ tiêu dinh dưỡng đa lượng trong đất và thông tin có thể được ứng dụng để hỗ trợ người nông dân ra các quyết định quan trọng trong sản xuất, đặc biệt là bón phân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adviento-Borbe, M.A.A., Doran, J.W., Drijber, R.A., Dobermann, A. (2006). Soil electrical conductivity and water content affect nitrous oxide and carbon dioxide emissions in intensively managed soils. *J Environ Qual* 35(6):1999-2010.
2. Võ Công Anh, Khương Anh Sơn, Nguyễn Thị Kim Anh, Hồ Văn Dũng, Nguyễn Văn Phi, Châu Anh Dũng, Lê Văn Tuấn (2024). Thiết kế và xây dựng mô hình hệ thống tưới tự động sử dụng mạng cảm biến không dây với công nghệ LORA. *Kỷ yếu hội thảo khoa học toàn quốc 2024 - Ứng dụng công nghệ xanh hướng đến phát triển bền vững* 16-21.
3. Brevik, E.C., Fenton, T.E., Lazari, A. (2006). Soil electrical conductivity as a function of soil water content and implications for soil mapping. *Precision Agric* 7:393-404.
4. Friedman, S.P. (2005). Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review. *Comput Electron Agric* 46(1-3): 45-70.
5. Trương Minh Thái, Dương Nhật Long (2022). Ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến trong giải pháp quản lý môi trường và nâng cao hiệu quả mô hình lúa tôm ở huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* 58: 31-41.

SUMMARY

Application of Soil Sensor and IoT Systems for Rapidly Monitoring Soil Macronutrient Contents under Vegetable Plantation in Moc Chau Town, Son La Province

Hoang Huu Chien ^{1*}, Nguyen Thi Luyen², Nguyen Quang Thi¹,
Nguyen Huy Trung¹, Le Thi Kieu Oanh¹, Duong Minh Ngoc¹,
Chu Van Trung¹, Nguyen Ngoc Anh¹

¹ Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry

² Rau an toàn tu nhiên Cooperative

In the context of ineffective use of fertilizers and chemicals in agriculture, rapid and accurate monitoring of nutritional and health indicators in cultivated soil is an urgent task and the right direction for the agricultural sector.. This study aims to evaluate the accuracy and effectiveness of data collection for tracking key macronutrient-related indicators (pH, EC, and available N-P-K) in soils used for short-term vegetable cultivation within the safe vegetable production area of Moc Chau town, Son La Province, using a 7-in-1 soil sensor integrated into an IoT system. The sensors were installed in 15 experimental plots to collect data and monitor soil properties. Soil samples were collected before and after the application of inorganic fertilizers and analyzed to assess the accuracy of sensor-derived data. The results indicate that the sensor and IoT system achieved an average error rate of less than 9% for available nitrogen, phosphorus, and potassium measurements. Over time, after the application of soluble inorganic fertilizers, the levels of available soil nutrients exhibited a decreasing trend. The findings suggest that sensor and IoT technologies provide an effective solution for rapid soil property monitoring and offer valuable recommendations for soil and crop management.

Keywords: fertilization, soil macronutrient, soil sensor.

Người phản biện: TS. Nguyễn Văn Hiếu
Email: nguyenvanhieu@tuaf.edu.vn

Ngày nhận bài: 19/02/2025

Ngày thông qua phản biện: 17/3/2025

Ngày duyệt đăng: 26/3/2025