

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN CẢM BIẾN ĐO ĐỘ ẨM ĐẤT TẦN SỐ CAO ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ FDR PHỤC VỤ TƯỚI CHÍNH XÁC TRONG MÔI TRƯỜNG NHÀ KÍNH, NHÀ MÀNG

Nguyễn Tiếp Tân, Lê Xuân Quang,
Nguyễn Xuân Lâm, Phạm Đức Trung

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Nguyễn Thị Hằng Nga

Trường Đại học Thủy lợi

Nguyễn Tài Tuyên

Học Viện Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, nông nghiệp công nghệ và giá trị cao đang ngày càng phát triển mạnh mẽ. Diện tích nhà màng, nhà lưới được phát triển ở tất cả các tỉnh thành trong cả nước, trong đó phải kể đến tỉnh Lâm Đồng, theo thống kê của Sở Nông nghiệp và PTNT, tính đến cuối năm 2022; diện tích nhà màng, nhà lưới toàn tỉnh đạt 4476,2 ha [1]. Trong một môi trường canh tác được kiểm soát, nhu cầu về tưới chính xác là rất cao khi tưới thường kết hợp với dinh dưỡng nhằm cùng lúc tiết kiệm công, nước và phân bón. Cảm biến đất đo nhanh là phương pháp đo độ ẩm đất không phá hoại mẫu và được coi là phương pháp tối ưu nhằm tức thời xác định độ ẩm tại bộ rễ để đưa ra quyết định tưới hợp lý. Có nhiều kỹ thuật để phát triển cảm biến đất như đo sức căng, phương pháp điện trở, điện dung, phản xạ miền tần số (FDR), phản xạ miền thời gian (TDR), vv... Trong nghiên cứu này, trình bày tóm lược các kết quả phát triển một cảm biến đo độ ẩm đất sử dụng kỹ thuật FDR đã đạt được độ chính xác trên 95% khi thử nghiệm với các loại môi trường trồng phổ biến như đất sét, đất mùn, giá thể xơ dừa. Kết quả nghiên cứu đã cho ra đời một cảm biến đất tin cậy dễ dàng tích hợp vào các hệ thống canh tác hiện đại với chi phí hợp lý cho ứng dụng rộng rãi trong sản xuất nông nghiệp, vv... Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài khoa học cấp Bộ "Nghiên cứu chế tạo cảm biến, tích hợp công nghệ, thiết bị và kết nối thông minh để nâng cao hiệu quả sử dụng nước mặt ruộng".

Từ khóa: Cảm biến đo độ ẩm đất, nông nghiệp công nghệ cao.

Summary: In recent years, high-tech and high-value agriculture has been growing strongly. The area of greenhouses and net houses has been developed in all provinces and cities across the country, including Lam Dong province, according to statistics from the Department of Agriculture and Rural Development, by the end of 2022; the area of greenhouses and net houses in the whole province reached 4476.2 hectares. In a controlled farming environment, the need for precise irrigation is very high when irrigation is often combined with nutrition to save labor, water and fertilizer at the same time. Rapid soil sensors are a non-destructive method of measuring soil moisture and are considered the optimal method to instantly determine the moisture at the root system to make reasonable irrigation decisions. There are many techniques to develop soil sensors such as tension measurement, resistance method, capacitance, frequency domain reflectometry (FDR), time domain reflectometry (TDR) In this study, a summary of the results of developing a soil sensor using FDR technique has been presented, achieving 95% accuracy when tested with common growing media such as clay, humus, and coconut fiber substrates. The research results have produced a reliable soil sensor that can be easily integrated into modern farming systems at a reasonable cost for widespread application in production, etc. The article is part of the results of the Ministry-level scientific project "Research on manufacturing sensors, integrating technology, equipment and smart connections to improve the efficiency of using surface water in fields".

Keywords: Soil moisture sensor, high-value and technology agriculture.

1. GIỚI THIỆU

Theo World Bank dự kiến trong 30 năm tới, dân số thế giới dự kiến cán mốc 10 tỷ người. Để

cung cấp đủ lương thực và hỗ trợ đầy đủ cho các nhu cầu xã hội khác, nông nghiệp phải trở nên năng suất, sử dụng hiệu quả tài nguyên và bền vững về mặt môi trường hơn. Nhu cầu cho

Ngày nhận bài: 07/10/2024

Ngày thông qua phản biện: 12/11/2024

Ngày duyệt đăng: 22/11/2024

tưới nông nghiệp vẫn là ngành sử dụng đến 70% lượng nước lấy từ các sông suối, hồ chứa và các tầng nước ngầm. Các hệ thống bơm tưới sử dụng 6% lượng điện toàn cầu và các hệ thống canh tác lúa gạo có tưới chịu trách nhiệm đến 11% lượng phát thải metan do con người. [2]. Tại Việt Nam, nông nghiệp là ngành sử dụng nước nhiều nhất. Theo thống kê, lượng nước sử dụng hàng năm cho sản xuất nông nghiệp vào khoảng 93 tỷ m³, cho công nghiệp khoảng 17,3 tỷ m³, cho sinh hoạt là 3,09 tỷ m³ và cho ngành dịch vụ là 2,0 tỷ m³. Trong tương lai đến năm 2030, cơ cấu dùng nước giữa các ngành sẽ thay đổi theo xu hướng nông nghiệp 75%, công nghiệp 16% và ngành dịch vụ, tiêu dùng là 9% [3].

Để giải quyết vấn đề này, sử dụng nước thông minh cần được đưa vào rộng rãi trong quản lý nước tưới mặt ruộng vừa nhằm giải quyết những khó khăn về nguồn nước vừa nhằm tăng năng suất nông nghiệp cũng như tiết kiệm công lao động, giảm chi phí.

Tưới thông minh là việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến để quản lý và tối ưu cấp nước cho cây trồng. Nó bao gồm việc sử dụng các cảm biến để giám sát và dự báo đất, thời tiết, và các hệ thống kiểm soát có thể điều tiết lượng nước

và thời điểm áp dụng phù hợp. Tưới thông minh sử dụng cảm biến đất là một cách tiếp cận trực tiếp nhằm áp dụng lượng tưới phù hợp có giá trị trong nghiên cứu cũng như thực hành. Trong đó, cảm biến đất có nhiệm vụ xác định độ ẩm đất, nhiệt độ đất, EC, dinh dưỡng..., Trong nghiên cứu này, chỉ tập trung vào cảm biến đo độ ẩm đất. Có rất nhiều phương pháp đo độ ẩm đất, ở đây trình bày một số phương pháp chính có độ chính xác và độ tin cậy đã được ứng dụng trong nghiên cứu và sản xuất:

Phương pháp cân sấy

Là phương pháp đại diện cho nhóm phải phá mẫu nghĩa là lấy mẫu đất từ đồng ruộng về để cân sấy. Để giảm thiểu sai số, người ta thường phải xác định giá trị trung bình của hai hoặc ba mẫu. Đây là kỹ thuật được sử dụng phổ biến nhất để xác định độ ẩm của đất, do tính đơn giản, dễ thực hiện và đủ độ chính xác. Phương pháp này là kỹ thuật cơ bản để xác định độ ẩm đất cũng như là cơ sở để kiểm tra, so sánh các phương pháp khác. Tuy nhiên, nó có nhược điểm đáng kể là tốn thời gian và công sức, thời gian thực hiện dài và không phù hợp để theo dõi liên tục độ ẩm của đất cho các ứng dụng công nghệ cao.



(a)



(b)



(c)

Hình 1: Phương pháp cân sấy để xác định độ ẩm đất

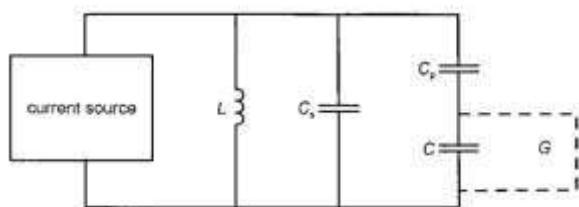


Hình 2: Cảm biến sức căng mặt ngoài

Phương pháp đo sức căng mặt ngoài

Sử dụng nguyên lý áp suất âm để đo độ ẩm của đất và đánh giá chuyển động của độ ẩm đất theo lý thuyết về năng lượng. Ống PVC trong suốt cho phép nhìn thấy lượng nước trong ống, phần đáy được lắp đầu áp đất sét chất lượng cao chặt và kín khí, và phép đo là chính xác. Cảm biến được hiện đại với trang bị thêm phần điện tử làm nhiệm vụ

đọc giá trị áp suất chuyển đổi thành tín hiệu điện. Cảm biến có ưu điểm chi phí thấp độ chính xác khá tốt, tuy nhiên bảo dưỡng phức tạp, độ bền chưa cao nên khó đưa vào ứng dụng rộng rãi trong sản xuất.



$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$$

(a)



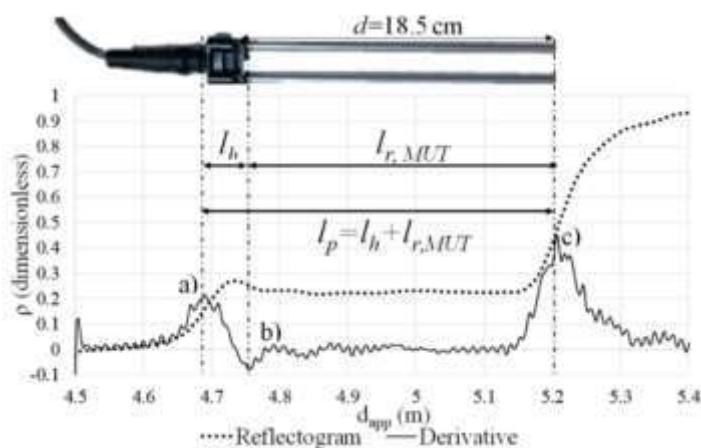
(b)

Hình 3: Mạch nguyên lý của phương pháp phản xạ miền tần số
(C là đại diện cho phân điện dung của môi trường đo; L là cuộn dây; và C_1 là điện dung tổng cộng; F là tần số cộng hưởng của mạch; Cảm biến đất TEROS 12 của hãng Meter Group sử dụng công nghệ FDR tại tần số 70 Mhz

Tại một tần số cao trong khoảng 20MHz – 1GB những ảnh hưởng của nhiệt độ, muối, cấu trúc đất được coi là nhỏ. Những cảm biến này thường được gọi là máy đo phản xạ miền tần số (FDR), tuy nhiên thuật ngữ FDR thường bị sử dụng sai vì hầu hết các cảm biến tần số đều sử dụng một tần số duy nhất chứ không phải một miền tần số. Cảm biến FDR cần tiếp xúc tốt với môi trường mà chúng

đang đo mà không có khe hở. Khối lượng đo phụ thuộc vào kích thước cảm biến với hầu hết các cảm biến có chiều dài đầu dò từ 5 cm đến 10 cm. Sử dụng cảm biến FDR thường vẫn phải thực hiện hiệu chỉnh cho loại đất trồng để đạt được độ chính xác cao nhất.

Phương pháp phản xạ miền thời gian (TDR)



(a)



(b)

Hình 4: (a) cho thấy biểu đồ phản xạ TDR thu được đối với đá vôi khô với đầu dò

hai que dài 18,5 cm. (b) là cảm biến công nghệ TDR của Acclima

Nguyên lý của bất kỳ phép đo TDR nào đều bao gồm việc phát ra một tín hiệu điện từ dọc theo đầu dò được đưa vào vật liệu đang được thử nghiệm. Tín hiệu phản xạ mang thông tin về các đặc tính điện thẩm của vật liệu mà đầu dò được đưa vào. Tín hiệu phản xạ do thiết bị TDR thu được sau đó được phân tích thông qua phần mềm xử lý dữ liệu cụ thể, phần mềm này cung cấp đồ họa gọi là ảnh phản xạ. Biểu đồ phản xạ hiển thị sự phản xạ hệ số, ρ (tỷ lệ giữa biên độ của tín hiệu thu và phát), là một hàm của khoảng cách biểu kiến, d_{app} . Đại lượng d_{app} không phải là khoảng cách vật lý thực và giá trị của nó bị ảnh hưởng bởi thời gian di chuyển của sóng điện từ Hình 3a. cho thấy biểu đồ phản xạ TDR thu được đối với đất vôi khô với đầu dò hai que dài 18,5 cm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ

Phương pháp TDR có ưu điểm là độ chính xác cao tuy nhiên, mạch thiết kế phức tạp đòi hỏi xử lý tín hiệu nhanh nên chế tạo phức tạp, chi phí rất cao. So sánh phương pháp FDR và phương pháp đo sức căng đều có chi phí thấp hơn, tuy nhiên cảm biến đo sức căng trong quá trình vận hành đòi hỏi phải tốn công bảo dưỡng vận hành, do đó, trong nghiên cứu này FDR được lựa chọn để phát triển cảm biến nhờ những ưu điểm về độ chính xác đảm bảo, độ bền cao, mức độ phức tạp của mạch ở mức vừa phải, chi phí phát triển dự kiến không cao. Hệ thống mạch điện tử của cảm biến được thiết kế thành 3 khối chính (Hình 5):



Hình 5: Sơ đồ khối thiết kế mạch đo đất sử dụng phương pháp phản xạ miền tần số FDR

(a) Khối đo tín hiệu độ ẩm đất: Khối này bao gồm đầu rò cảm biến (chọn chiều dài 10 cm, đường kính 5 mm, thép không rỉ 316 chống ăn mòn axit, đầu cảm được vót nhọn), mạch dao động dao động hình thành với một mạch LC bên ngoài, trong đó, đầu rò được coi như là một phần điện dung của mạch LC. Sự biến động của độ điện thẩm của môi trường hay “hằng số điện môi” sẽ tạo ra một dao động cộng hưởng ở tần số xung quanh 56 Mhz. Tín hiệu này sẽ được đi qua một mạch khuếch đại về biên độ (khoảng 10 lần) và sau đó tín hiệu này được qua các mạch lọc trước khi đưa vào bộ chia tần số. Bộ chia tần số này bao gồm 2 IC giảm 64 và 256 lần, để đưa tần số ban đầu khoảng 56 Mhz về 3,4 kHz và qua một cách ly quang trước khi đưa vào chân đọc của vi điều khiển.

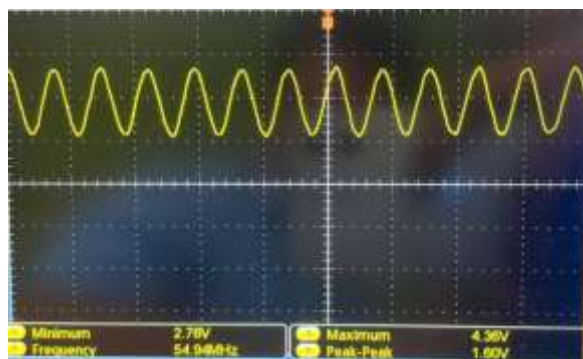
(b) Khối vi điều khiển, nguồn và ngoại vi: Khối này bao gồm một mạch nguồn hạ áp đưa điện 12 V đầu vào cảm biến về 5 V dùng cho vi điều khiển, ngoại vi và các khối đo. Vì hệ thống tiêu thụ dòng khá lớn tới đa 60 đến 70 mA ở các thời điểm đo, một mạch đóng ngắt các cảm biến đã được đưa vào để tắt các khối đo khi không dùng đến, do đó hệ thống chỉ tiêu thụ 5 mA trong giai đoạn nghỉ. Vi điều khiển sử dụng ở đây là ML51FB9AE là vi điều khiển loại 8051, 8 bit của hãng Nuvoton hoạt động ở tần số 24 Mhz và bộ nhớ Flash 16 Kb, Ram 1Kb Sram, 16 GPIO rất phù hợp để phát triển các cảm biến nhỏ. Hệ thống thiết kế sử dụng mạch RS485 cho lập trình Modbus-RTU để giao tiếp với máy tính bên ngoài, có 01 giao tiếp UART của vi điều khiển đã dành cho nhiệm vụ này. Một chân GPIO đã sử dụng để đếm dao động của mạch đọc tần số, và 01 giao tiếp ADC được sử dụng để cho đọc tín hiệu nhiệt từ khối đo tín hiệu nhiệt độ.

(c) Khối đo tín hiệu cho nhiệt độ: Khối này nguyên lý chung là sử dụng một điện trở nhiệt có độ chính xác 10 k, độ chính xác 1%, để khi có sự thay đổi nhiệt độ môi trường, điện trở trên đầu rò sẽ thay đổi. Mạch chia áp được thiết kế với các điện trở có độ chính xác 0,1% để đảm bảo đầu ra tốt nhất có thể. Đầu rò trở nhiệt được đưa vào trong 1 đầu rò thép không rỉ 316 để cảm

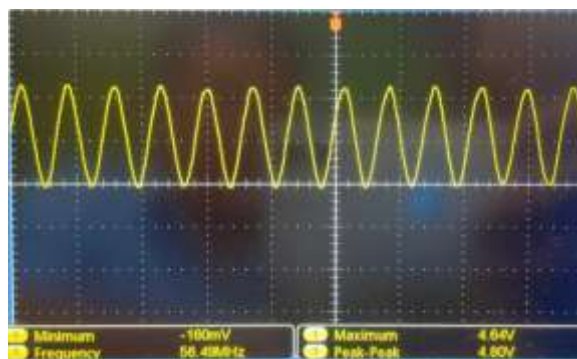
vào đất.

Phần mềm cho cảm biến được phát triển trên nền Keil C cho vi điều khiển 8051. Sau khi hoàn thành mạch điện, phần mềm được nạp cho vi điều khiển, cảm biến được kiểm tra hoạt động ổn định với RS485Modbus sau đó thực hiện

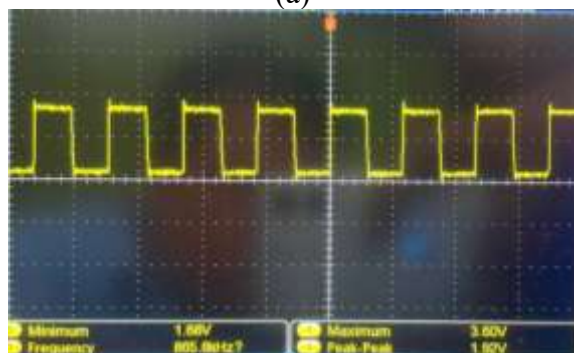
đóng vỏ và hóa cứng epoxy bên trong. Phiên bản cảm biến đo độ ẩm đất công nghệ FDR tần số 56 Mhz do Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường phát triển hoàn thiện sau 10 lần thử nghiệm lấy mã số model là IWE-SM-NXL-v1 (Hình 7).



(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 6: Tín hiệu dao động từ mạch tạo dao động (a) được xử lý và khuếch đại gấp 3 lần về biên độ (b), được đưa qua mạch giảm tần số 64 lần (c) và giảm 256 lần ở dạng sóng vuông (d)



Hình 7: Mạch điện tử (trên) và sản phẩm cảm biến sau khi đóng vỏ đổ epoxy (dưới)

3. HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH

Ba loại môi trường trồng phổ biến trong nhà kính được sử dụng để thực hiện hiệu chỉnh

cho cảm biến là đất phù sa, đất tribat hay còn gọi là đất dinh dưỡng, giá thể xơ dừa. Các loại đất này rất phù hợp cho trồng rau ăn lá, củ quả như dưa chuột, dưa lưới, cà chua, dâu tây, hoa, vv... Đặc điểm một số loại đất này như sau:

(a) Đất phù sa có kích thước hạt trung bình giữa đất cát và đất sét. Phù sa có thể xuất hiện dưới dạng đất hoặc ở dạng trầm tích sông hay biển, sở hữu nhiều chất dinh dưỡng đa vi lượng và chất khoáng để tạo điều kiện tối ưu cho cây phát triển. Đất phù sa có dung trọng trung bình là $0,84 \text{ g/cm}^3$, tỷ trọng $2,69 \text{ g/cm}^3$ (ĐBSH). Độ xốp của đất $50 \div 60\%$, độ ẩm tối đa đồng ruộng của đất $30 \div 46\%$ tùy thuộc thành phần cơ giới.

(b) Giá thể xơ dừa là vật liệu canh tác bền vững, có khả năng giữ nước và thoát nước tốt, ít dịch bệnh, dùng lại nhiều lần tiết kiệm chi phí, ít hay không có dinh dưỡng nên khả năng kiểm soát dinh dưỡng khi trồng tốt hơn, hầu hết các giá thể xơ dừa có khả năng giữ nước từ tối đa từ 40 đến 55%.

(c) Đất dinh dưỡng được tạo ra từ hỗn hợp

các thành phần như xơ dừa, than bùn, phân hữu cơ, và các chất dinh dưỡng cần thiết khác để cung cấp một môi trường lý tưởng cho cây phát triển. Đất Tribat là một thương hiệu phổ biến do Công ty cổ phần công nghệ sinh học Việt Nam sáng tạo và đăng ký, được sử dụng trong trồng cây và làm vườn, đặc biệt là trồng rau sạch, cây cảnh, hoặc hoa.



(a) Đất phù sa



(b) Xơ dừa



(c) Đất dinh dưỡng tribat

Hình 8: Ba môi trường trồng phổ biến trong nhà màng được sử dụng cho hiệu chỉnh và kiểm định cảm biến

Hiệu chỉnh cảm biến

Quy trình xử lý đất được thực hiện qua các bước như đất phù sa lấy về được cho vào lò sấy ở nhiệt độ 120°C trong 24 giờ để làm khô đất, sau đó được nghiền nhỏ, sàng bỏ các hạt lớn với kích thước mắt sàng 2 mm. Lấy mẫu đất vào xô hiệu chuẩn, lèn chặt tương đối sao cho đạt được dung trọng tương đối của đất khô ở hiện trường đến khoảng mức 3 lít trong xô.

Thực hiện tạo điểm bằng việc đổ đất ra khay và thêm nước cho mỗi điểm, trộn đều nước với đất,

và đổ lại vào xô hiệu chuẩn và nén đất cho đến vạch đã đánh dấu trong xô. Mỗi điểm ẩm tuân tự thêm nước với 5% hoặc 10% tổng thể tích (150 ml, 300 ml nước) tùy thuộc vào khả năng ngậm nước của từng loại đất, để được các điểm ẩm 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%. Tại mỗi điểm ẩm, tiến hành việc đo bằng cảm biến để đọc tín hiệu gốc, cắm 3 vị trí trong xô để lấy 3 giá trị. Kết thúc mỗi lần đo, lấy 3 mẫu đất nhỏ vào hộp nhôm, thực hiện cân mẫu này trước khi cho lại vào tủ sấy. Quy trình tương tự được thực hiện cho 3 loại đất.

Bảng 1: Kết quả hiệu chỉnh xây dựng phương trình hồi quy tính độ ẩm cho đất phù sa

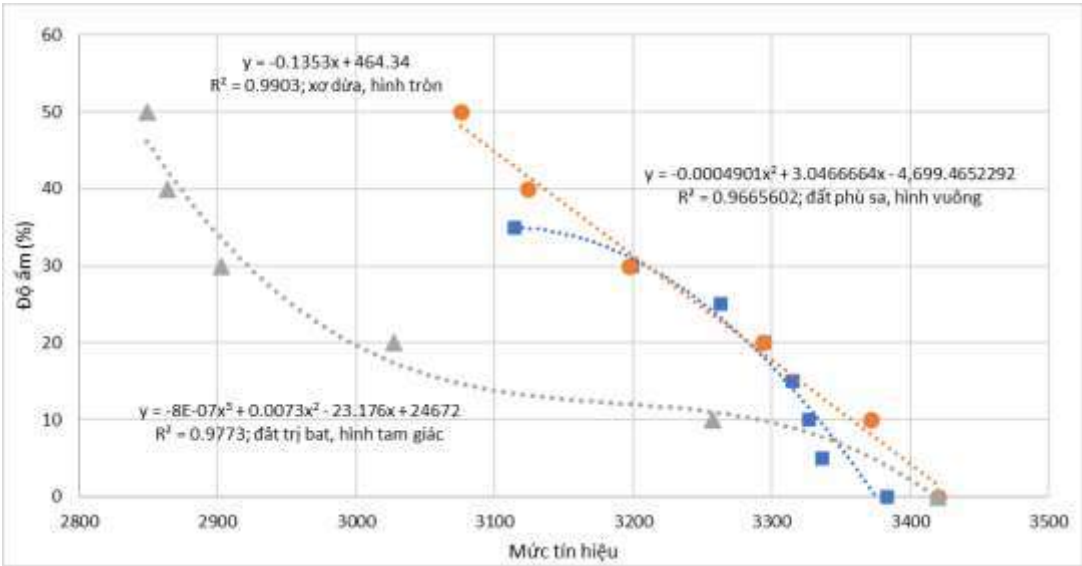
TT	Tín hiệu 1	Tín hiệu 2	Tín hiệu 3	Tín hiệu BQ	Độ ẩm thể tích (%)	Tính lại	Sai số tuyệt đối (%)	Ghi chú
0				3383	0	-1.6348769	1.63	Đất khô
1	3336	3338	3336	3,336.67	5	9.7928799	4.79	
2	3331	3326	3324	3,327.00	10	11.911781	1.91	
3	3316	3314	3315	3,315.00	15	14.414714	0.59	
4	3301	3296	3288	3,295.00	20	18.272606	1.73	
5	3268	3261	3260	3,263.00	25	23.629707	1.37	
6	3205	3201	3193	3,199.67	30	31.273188	1.27	
7	3116	3111	3117	3,114.67	35	35.352199	0.35	
8					40			Chảy tràn

Bảng 2: Kết quả hiệu chỉnh xây dựng phương trình hồi quy tính độ ẩm cho xơ dừa

TT	Tín hiệu 1	Tín hiệu 2	Tín hiệu 3	Tín hiệu BQ	Độ ẩm thể tích (%)	Tính lại	Sai số tuyệt đối (%)	Ghi chú
0				3420	0	1.601047	1.60	Xơ dừa khô
1	3396	3354	3365	3,371.67	10	8.140692	1.86	
2	3301	3289	3292	3,294.00	20	18.64923	1.35	
3	3188	3195	3208	3,197.00	30	31.77362	1.77	
4	3106	3134	3132	3,124.00	40	41.65074	1.65	
5	3053	3101	3073	3,075.67	50	48.19038	1.81	
6					60			Chảy tràn

Bảng 3: Kết quả hiệu chỉnh xây dựng phương trình hồi quy tính độ ẩm cho đất dinh dưỡng tribat

TT	Tín hiệu 1	Tín hiệu 2	Tín hiệu 3	Tín hiệu BQ	Độ ẩm thể tích (%)	Tính lại	Sai số tuyệt đối (%)	Ghi chú
0	3367	3356	3363	3420	0	-0.28	0.28	Đất khô
1	3261	3251	3260	3,257.33	10	11.00	1.00	
2	3030	3034	3018	3,027.33	20	17.40	2.60	
3	2912	2891	2906	2,903.00	30	33.51	3.51	
4	2867	2857	2869	2,864.33	40	42.21	2.21	
5	2848	2843	2857	2,849.33	50	46.17	3.83	
6								Chảy tràn



Hình 9: Mối quan hệ độ ẩm, tín hiệu gốc và phương trình hồi quy tính toán độ ẩm

Kiểm định cảm biến

Từ các phương trình hồi quy đã xây dựng, phần mềm được cập nhật và nạp lại vào các cảm biến.

Tiến hành quy trình chuẩn bị đất và thực hiện đo kiểm định cho 3 loại đất trên, ta thu được các kết quả như dưới đây.

Bảng 4: Kết quả kiểm định cảm biến đo độ ẩm đất IWE-SM-NXL-v1 với đất phù sa

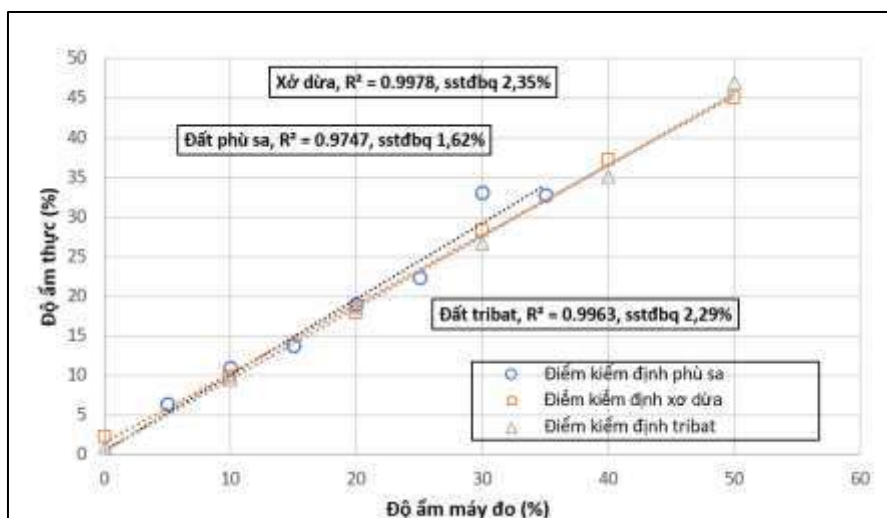
TT	Điểm ẩm	Giá trị ẩm thể tích (%)	Tín hiệu bình quân	Độ ẩm Máy đo (%)	Sai số tuyệt đối (%)	Ghi chú
1	Khô	0	3378	-0.300	0.30	Đất khô
2	Thêm 5%	5	3,351.00	6.482	1.48	
3	Thêm 5%	10	3,331.00	11.046	1.05	
4	Thêm 5%	15	3,318.00	13.802	1.20	
5	Thêm 5%	20	3,291.00	18.997	1.00	
6	Thêm 5%	25	3,271.00	22.385	2.62	
7	Thêm 5%	30	3,177.00	33.053	3.05	
8	Thêm 5%	35	3,182.00	32.704	2.30	
Bình quân					1.62	

Bảng 5: Kết quả kiểm định cảm biến đo độ ẩm đất IWE-SM-NXL-v1 với xơ dừa

TT	Điểm ẩm	Giá trị ẩm thể tích (%)	Tín hiệu bình quân	Độ ẩm Máy đo bình quân (%)	Sai số tuyệt đối (%)	Ghi chú
1	Khô	0	3,415.00	2.280	2.28	Đất khô
2	Thêm 10%	10	3,359.00	9.850	0.15	
3	Thêm 10%	20	3,300.00	17.840	2.16	
4	Thêm 10%	30	3,223.00	28.260	1.74	
5	Thêm 10%	40	3,157.00	37.190	2.81	
6	Thêm 10%	50	3,099.00	45.030	4.97	
Bình quân					2.35	

Bảng 6: Kết quả kiểm định cảm biến đo độ ẩm đất IWE-SM-NXL-v1 với đất tribat

TT	Điểm ẩm	Tín hiệu BQ	Độ ẩm thể tích (%)	Tính lại	Sai số tuyệt đối (%)	Ghi chú
0	Khô	3410	0	1.02	1.02	Đất khô
1	Thêm 10%	3,302.00	10	9.56	0.44	
2	Thêm 10%	3,010.00	20	18.77	1.23	
3	Thêm 10%	2,942.00	30	26.71	3.29	
4	Thêm 10%	2,895.00	40	35.15	4.85	
5	Thêm 10%	2,846.00	50	47.10	2.90	
Bình quân					2.29	



Hình 10: Mối quan hệ độ ẩm, tín hiệu gốc và phương trình hồi quy tính toán độ ẩm



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Hình 11: Thực hiện hiệu chuẩn kiểm định với đất phù sa(a), xơ dừa (b), đất tribat (c), kỹ thuật viên thực hiện đo đất (d), cân mẫu (e), sấy mẫu (f)

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả hiệu chỉnh đã xây dựng được 3 phương trình tương quan giữa tín hiệu và độ ẩm. Hệ số tương quan tính toán tương ứng cho đất phù sa, xơ dừa và đất dinh dưỡng tri bat lần lượt là 0,9665, 0,9903 và 0,9773; tương ứng với sai số tuyệt đối tính lại từ các phương trình này đều nhỏ hơn 5% độ ẩm thể tích. Lý giải cho sự khác biệt về dạng đường hồi quy giữa các loại đất này chủ yếu là do ảnh hưởng của ion tồn tại trong

đất. Với xơ dừa, dạng đường hồi quy là bậc 1, đạt được độ chính xác cao nhất, là do môi trường xơ dừa gần như không có chất dinh dưỡng, không có ion cũng như các thành phần khác. Thứ hai là đất phù sa được mô tả tối ưu ở dạng đường bậc hai và đất tri bat ở dạng đường bậc ba, là do trong đất có nhiều thành phần hữu cơ, khoáng, vv... Kết quả nghiên cứu thử nghiệm ở các tần số trung bình khác như 80 Mhz, 96 Mhz cho thấy ảnh hưởng của ion là rất lớn, do đó, không thể có được một cảm biến cho

tất cả các loại đất. Có thể tăng tần số lên vài trăm Mhz tuy nhiên, chi phí cho mạch là rất cao và để hoạt động không ổn định khi nhiệt độ môi trường biến đổi.

Kết quả kiểm định lại với các phương trình hồi quy đã xây dựng cho thấy cảm biến đo với đất phù sa, xơ dừa và đất tribat cho tương quan R^2 lần lượt là 0,9747, 0,9974 và 0,9963; sai số tuyệt đối tính bình quân lần lượt là 1,62%, 2,35% và 2,39%. Các kết quả đã cho thấy cảm biến đạt được độ chính xác bình quân nhỏ hơn <3% và tương quan lớn hơn 97%. Với các kết quả này, cảm biến đo độ ẩm đất IWE-SM-NXL-v1 có thể đảm bảo về mặt chính xác khi áp dụng trong hoạt động tưới cho rau, màu phục vụ sản xuất trong nhà màng, nhà lưới với các loại đất ở trên. Các thử nghiệm về độ bền cần tiếp tục được thử nghiệm trong thời gian dài hạn từ 1 đến 3 năm trong tương lai.

5. KẾT LUẬN

Nông nghiệp chính xác sẽ là xu thế của hiện tại và tương lai khi nhu cầu tối ưu nước, phân bón, công chăm sóc, vv... ngày càng cao trong nông nghiệp hiện đại. Cảm biến đo độ ẩm đất là thiết bị rất quan trọng trong nghiên cứu cũng như

trong sản xuất nông nghiệp công nghệ cao. Phương pháp đo sử dụng công nghệ FDR được đánh giá có độ chính xác cao, mạch dễ chế tạo, chi phí phù hợp để phát triển, sản xuất và thương mại hóa quy mô lớn. Cảm biến đo độ ẩm đất IWE-SM-NXL-v1 do Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường nghiên cứu sử dụng tần số 56 Mhz đã được phát triển từ mạch nguyên lý hoàn thiện đến phần mềm và kiểu dáng công nghiệp. Cảm biến đã được hiệu chỉnh và kiểm định với 3 loại đất thường sử dụng trong sản xuất nhà kính là đất phù sa, xơ dừa và đất dinh dưỡng tribat. Kết quả đo đã cho thấy một sự tương quan chặt chẽ ở mức trên 0,97 và độ chính xác sai số tuyệt đối bình quân nhỏ hơn 3%, nếu được hiệu chuẩn với loại đất sử dụng. Như vậy, cảm biến đã đạt được độ chính xác cần thiết trong nghiên cứu, sản xuất và tương đương với một số cảm biến ngoại nhập trên thị trường như Teros hãng Meter Group, Mỹ. Tuy nhiên, nhược điểm của cảm biến là vẫn phải hiệu chỉnh với loại đất sử dụng, do đó, trong thời gian tới cần tiếp tục nghiên cứu nhằm phát triển một cảm biến toàn diện có thể sử dụng được cho mọi loại đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://baodautu.vn/dien-tich-nha-kinh-nha-luoi-o-lam-dong-tang-nong-d174477.html>
- [2] <https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2023/07/26/water-in-agriculture>
- [3] <https://www.renkeer.com/product/soil-tensiometer/>