

ỨNG DỤNG IoT TRONG QUẢN LÝ NƯỚC MẶT RUỘNG PHỤC VỤ CANH TÁC LÚA VỤ XUÂN NĂM 2025 TẠI XÃ TAM ĐA, TỈNH BẮC NINH

Lê Xuân Quang, Nguyễn Tiếp Tân, Nguyễn Thị Kim Dung,
Trương Thái Đức Dương, Hà Đình Minh

Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường

Nguyễn Đăng Nghĩa

Sở Nông nghiệp và Môi trường Bắc Ninh

Nguyễn Xuân Lâm

Viện Tài nguyên nước Môi trường Đông Nam Á

Tóm tắt: Ứng dụng IoT trong quản lý nước mặt ruộng được triển khai thực nghiệm tại mô hình có quy mô 10 ha tại xã Tam Đa, tỉnh Bắc Ninh. Thí nghiệm được triển khai vụ xuân năm 2025; các cảm biến khí tượng (mưa, nhiệt, ẩm, áp, bức xạ mặt trời, tốc độ gió), cảm biến đo mực nước, hệ thống tưới được kết nối thông minh IoT trong quản lý vận hành hệ thống tưới. Kết quả hoạt động của hệ thống tưới lượng nước tưới ổn định; lượng nước tưới dưỡng cho lúa vụ xuân từ $1.640 \div 2.358 \text{ m}^3/\text{ha}$, so sánh với lượng nước tưới dưỡng theo TCVN 8641 là $4500 \text{ m}^3/\text{ha}$, lượng nước tiết kiệm từ $64,9 \div 68,3\%$. Năng suất lúa khu thí nghiệm đạt trung bình $8,79 \text{ tấn/ha}$ cao hơn trung bình khu vực khoảng 17% . Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu thuộc đề tài khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu chế tạo cảm, tích hợp công nghệ, thiết bị và kết nối thông minh để nâng cao hiệu quả sử dụng nước mặt ruộng”, thực hiện từ năm 2023-2025, do PGS.TS. Lê Xuân Quang làm chủ nhiệm.

Từ khóa: Kỹ thuật tưới khô ướt xen kẽ, ứng dụng IoT trong quản lý nước mặt ruộng.

Summary: The application of IoT in surface water management was experimentally implemented in a 10-hectare model in Tam Đa commune, Bac Ninh province. The experiment was carried out in the spring crop of 2025; meteorological sensors (rain, temperature, humidity, pressure, solar radiation, wind speed), water level sensors, and irrigation systems were connected to IoT smart irrigation control system for real-time monitoring and operation of the irrigation system. The irrigation system operated stably; the amount of irrigation water for spring rice was from $1,640 \div 2,358 \text{ m}^3/\text{ha}$, compared with the amount of irrigation water according to TCVN 8641 of $4,500 \text{ m}^3/\text{ha}$, the amount of water saved was from $64.9 \div 68.3\%$. The yield of the experimental area reached an average of 8.79 tons/ha , about 17% higher than the regional average. The article is part of the research results of the Ministry-level research project "Research on manufacturing sensors, integrating technology, equipment and smart connections to improve the efficiency of using surface water in rice fields", carried out from 2023-2025, chaired by Assoc. Prof. Dr. Le Xuan Quang.

Keywords: Alternate wet and dry irrigation technique, IoT application in field water management

1. GIỚI THIỆU

Tại Việt Nam, nông nghiệp là ngành sử dụng

nước nhiều nhất. Số liệu thống kê lượng nước sử dụng hàng năm cho sản xuất nông nghiệp khoảng 93 tỷ m^3 , công nghiệp $17,3 \text{ tỷ m}^3$, sinh hoạt $3,09 \text{ tỷ m}^3$ và dịch vụ $2,0 \text{ tỷ m}^3$. Trong sản xuất nông nghiệp, nước dùng cho canh tác lúa là chủ yếu; tập quán canh tác lúa nước

Ngày nhận bài: 11/9/2025

Ngày thông qua phản biện: 15/10/2025

Ngày duyệt đăng: 04/12/2025

truyền thống của người dân Việt Nam hiện tồn rất nhiều nước. Lượng nước tưới mặt ruộng từ $4500 \div 5500 \text{ m}^3/\text{ha}$ cho vụ mùa và từ $5500 \div 6500 \text{ m}^3/\text{ha}$ cho vụ xuân, chưa kể lượng nước lãng phí do quản lý nước tưới không hiệu quả. Cùng với tiêu tốn nước, hoạt động trồng lúa nước phát thải ra môi trường một lượng khí nhà kính không nhỏ, vì vậy quản lý nước tiết kiệm, giảm phát thải khí nhà kính là xu thế phát triển nông nghiệp bền vững tương lai.

Các ứng dụng của Internet vạn vật (IoT) đã phát triển trong mọi lĩnh vực xã hội trong nhiều thập kỷ qua. Trong lĩnh vực tưới tiêu, IoT giúp giám sát và kiểm soát mực nước mặt ruộng, nhu cầu nước của cây trồng, vận hành tự động hệ thống tưới đáp ứng được nhu cầu nước của cây trồng kịp thời, chính xác, giúp nâng cao hiệu quả sử dụng nước mặt ruộng, tiết kiệm đáng kể lượng nước tưới, giảm công vận hành tưới tiêu, giảm chi phí bơm tưới; nâng cao hiệu quả kinh tế cho người nông dân.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vị trí khu thí nghiệm

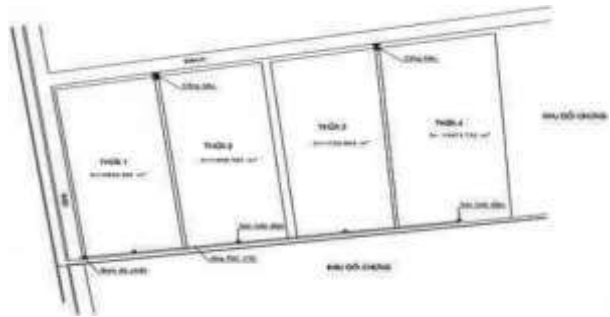
Thí nghiệm được tiến hành tại các cánh đồng thôn Đông Xá, xã Tam Đa, tỉnh Bắc Ninh. Khu vực thuộc vùng trung tâm của đồng bằng sông Hồng. Diện tích khu vực nghiên cứu khoảng 10 ha. Mùa mưa thường kéo dài từ cuối tháng 4 đến tháng 10. Lượng mưa trong mùa mưa chiếm 70% lượng mưa hàng năm. Lượng mưa trung bình hàng năm khoảng 1.500 mm, nhiệt độ trung bình là 23.2°C , và độ ẩm tương đối trung bình là 83%. Tại Tam Đa, lúa được sản xuất hai vụ trong năm; vụ xuân và vụ mùa.

2.2. Bố trí khu thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên quy mô có diện tích 10 ha; khu vực thí nghiệm được bố trí tại thôn Đông Xá, xã Tam Đa, tỉnh Bắc Ninh; tọa độ: 21.19115°N , 106.02715°E , với 2 công thức tưới như sau:

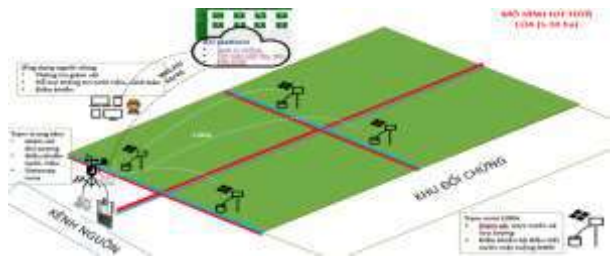
- + Công thức tưới khô ứot xen kẽ: 5 ha;
- + Công thức tưới truyền thống: 5 ha.

Trong công thức tưới khô ứot xen kẽ chia làm 4 ô thí nghiệm, diện tích mỗi ô trung bình là 1,25 ha.



Hình 1: Sơ đồ các ô thí nghiệm

2.2.1. Sơ đồ bố trí IOT cho lúa



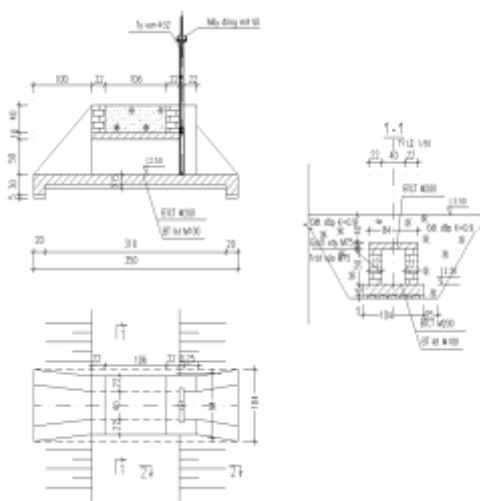
Hình 2: Sơ đồ bố trí IoT cho mô hình canh tác lúa 5 ha

Bố trí ứng dụng các công nghệ, thiết bị kết nối thông minh IoT trong canh tác lúa quy mô 5 ha, được chia thành 4 ô thửa, các ô thửa có trạm đo mực nước tự động được truyền tới bộ điều khiển trung tâm qua kết nối lora. Các dữ liệu từ trạm khí tượng thông minh (cảm biến mưa, nhiệt độ, độ ẩm không khí, áp suất, bức xạ, tốc độ gió) được truyền về bộ điều khiển trung tâm để xử lý và điều khiển hệ thống tưới.

2.2.2. Hệ thống cấp nước tưới: Nguồn nước tưới cho toàn bộ cánh đồng và khu mô hình từ sông Cầu và Sông Cà Lồ. Nguồn nước cấp cho khu vực thí nghiệm bằng trạm bơm 2 máy (công suất $1400 \text{ m}^3/\text{h}$ và $1400 \text{ m}^3/\text{h}$), hiện trạm bơm hoạt động tốt và do Xí nghiệp thủy nông Yên Phong quản lý. Tưới trực tiếp cho 4 ô thí nghiệm khô ứot xen kẽ bằng máy bơm điện, công suất trạm bơm $120 \div 200 \text{ m}^3/\text{h}$, cột nước $H=10\text{m}$; nguồn nước lấy từ kênh tưới tiêu Đông Xá, xã Tam Đa (hình 1).

2.2.3. Công trình điều tiết trong hệ thống: Đề tài đã đầu tư xây dựng 02 cống tiêu thoát nước cho khu thí nghiệm; 04 van điện tự động, cấp

nước cho 4 ô thí nghiệm bằng hệ thống máy bơm điện và đường ống PVC có đường kính $D=110$ mm.



Hình 3: Ảnh thiết bị đo mực nước trên ruộng, bản vẽ cống tiêu nước

2.2.4. Công trình chống thất thoát nước mặt ruộng: Để chống thâm nhập nước ngoại lai cho các ô ruộng đã sử dụng tấm ni lông bọc bờ.

2.2.5. Hệ thống điện cấp nước tưới và hệ thống điều khiển tự động: đường điện cấp cho trạm bơm và các thiết bị đo mực nước tự động được lấy bằng nguồn điện hạ thế kéo từ trạm bơm Dầu Cầu, khoảng cách đến khu thí

nghiệm khoảng 500 m.

2.2.6. Thiết bị đo mực nước mặt ruộng và kênh: Để giám sát và quản lý nước tại mặt ruộng, thí nghiệm đã bố trí các thiết bị đo tự động tại mặt ruộng và truyền dữ liệu về hộp điều khiển trung tâm, ngoài ra mỗi ô ruộng bố trí 01 thiết bị quan trắc mực nước bằng mắt thường-ống quan trắc (hình 4).



Hình 4: Hình ảnh cảm biến mực nước và ống quan trắc mực nước



Hình 5: Trạm khí tượng thông minh, tủ điều khiển trung tâm và máy bơm

2.2.7. Thiết bị đo khí tượng khu vực nghiên cứu

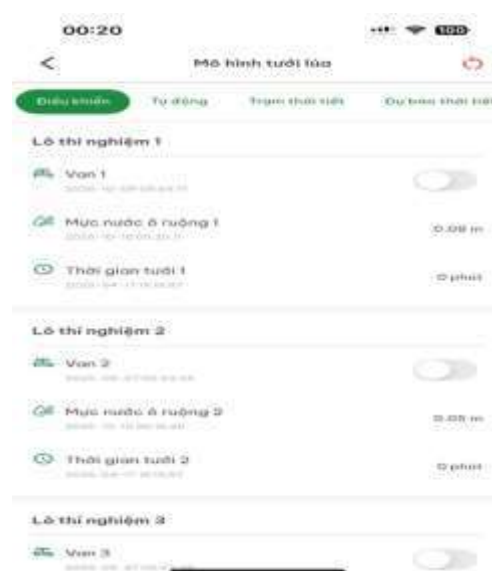
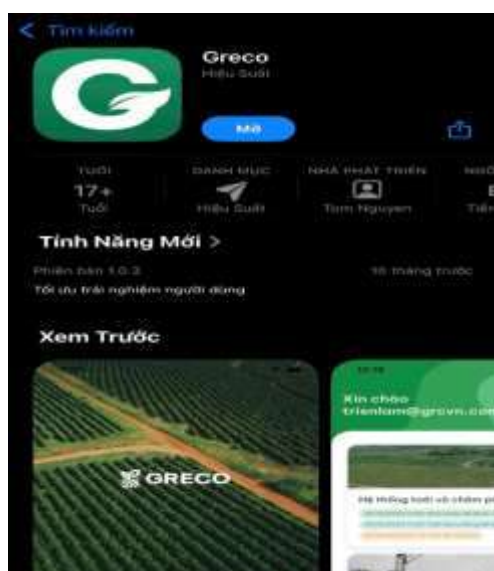
Trạm khí tượng (các cảm biến mưa, nhiệt, ẩm, áp) do Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường chế tạo. Các số liệu được đo đặc theo thời gian thực, bước thời gian 6 phút. Các dữ liệu được ghi và truyền đến bộ điều khiển trung tâm (hình 5).

2.2.8. Bộ điều khiển trung tâm

Bộ điều khiển trung tâm là nơi thu thập dữ liệu từ các cảm biến và quyết định việc điều chỉnh quá trình tưới tiêu dựa trên thông tin thu thập

được. Bộ điều khiển này tích hợp các dữ liệu từ cảm biến siêu âm và cảm biến nhiệt độ, xử lý chúng để đưa ra các quyết định tối ưu về tưới tiêu. Nó có khả năng giao tiếp với người dùng thông qua giao diện điều khiển, cho phép người dùng theo dõi và quản lý quá trình tưới tiêu từ xa. Tủ điện điều khiển trung tâm được đặt trong nhà trạm bơm Đầu Cầu (đảm bảo an ninh), điều hành hệ thống tưới tự động (hình 5).

2.2.9. Giao diện người dùng



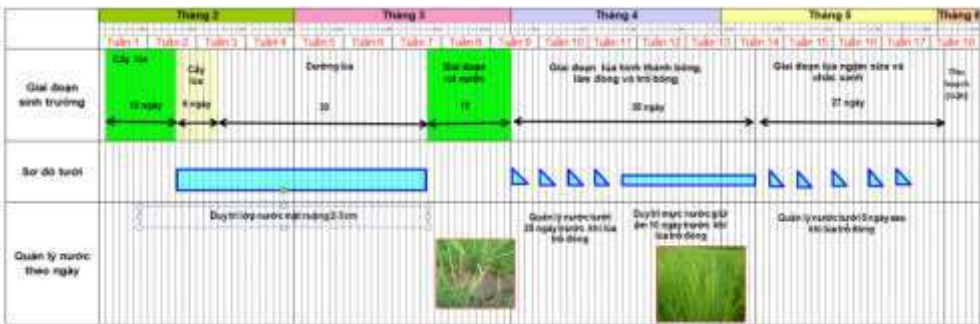
Hình 6: Giao diện app người dùng và module

Giao diện điều khiển là phần mềm được sử dụng để tương tác với bộ điều khiển trung tâm. Giao diện này có thể là một ứng dụng trên điện thoại di động, máy tính bảng hoặc máy tính để bàn. Người dùng có thể theo dõi các chỉ số như mực nước và nhiệt độ theo thời gian thực, cũng như điều chỉnh các thiết lập tưới tiêu theo

nhu cầu (hình 6).

2.2.10. Quy trình quản lý nước mặt ruộng

Quản lý nước khu truyền thống là quản lý nước tưới ngập thường xuyên. Trong khu khô úớt xen kẽ, theo TCVN 14273:2024 khi mực nước trong ruộng hạ xuống đến độ sâu -15 cm mới tưới (hình 7).



Hình 7: Quy trình quản lý nước mặt ruộng

2.2.10. Mùa vụ, giống lúa và nền phân bón

Bảng 1: Giống, mật độ gieo cấy trong toàn khu thí nghiệm

Hạng mục	Đơn vị	Vụ xuân năm 2025
Thời gian cấy	Ngày	15÷17/2/2025
Thời gian thu hoạch	Ngày	20/7/2025
Giống lúa	Tên	TBR 225
Mật độ cấy	Khóm/m ²	32

Bảng 2: Chế độ phân bón vụ xuân

Phân bón (theo quy trình chung vùng Bắc Bộ)	Khối lượng	Tổng vụ xuân 2025
Bón lót	NPK (16-16-8): 140 kg/ha + Lân P: 416 kg/ha	
Bón thúc (sau cấy 7 ngày)	NPK (16-16-8): 280 kg/ha + Ure: 110 kg/ha	
Bón giai đoạn đẻ nhánh	Khoảng 25 ngày sau cấy – duy trì đường ẩm 2–3 cm	
Bón đón đòng	KCl (35%): 110 kg/ha + NPK (16-16-8): 190 kg/ha	
Tổng lượng phân sử dụng	kg/ha	~1.250 kg/ha (tương đương 100–60–40 N–P ₂ O ₅ –K ₂ O)
Ghi chú kỹ thuật	—	Bón khi đất đủ ẩm, không tưới ngay sau bón; chia nhỏ lượng bón NPK giúp hạn chế thất thoát và nâng hiệu quả

hấp thu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Điều kiện khí tượng

Tổng lượng mưa vụ xuân năm 2025 đạt 483,75 mm. Ngày 21/03 ghi nhận lượng mưa cực đại 124,8 mm, chiếm 25,8% tổng lượng mưa toàn vụ, do ảnh hưởng của rãnh áp thấp qua Bắc Bộ. Đợt mưa tập trung từ ngày 20 đến ngày 24 tháng 5 với tổng lượng 64,99 mm, phân bố đều trong 5 ngày liên tiếp → giai đoạn bắt đầu chuyển mùa. Đợt mưa lớn từ ngày 21 đến 22 tháng 6 với tổng lượng 121,19 mm, tương ứng với 25% tổng lượng, gây ngập cục bộ tại một số khu ruộng thấp. Phân bố theo tháng: Tháng 3-4: Trung bình là 124,8 mm (25,8%), mưa rải rác, cường độ nhỏ (<10 mm/ngày). Tháng 5: Trung bình là 79,59 mm (16,46%), xuất hiện mưa cục bộ ngắn ngày, 22 ngày đầu tháng 6: Trung bình là 279,36 mm (57,75%), mưa tăng mạnh, nhiều ngày trên 50 mm → là giai đoạn

cao điểm của chuyển mùa.



Hình 8: Biểu đồ lượng mưa và nhiệt độ vụ xuân 2025

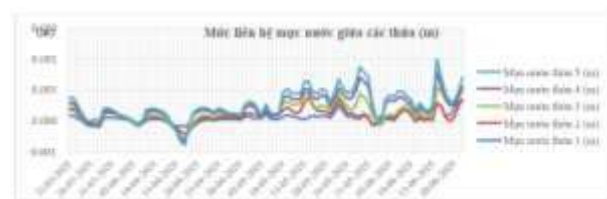
3.2. Lượng nước tưới

Lượng nước tưới trong phụ thuộc vào lượng mưa và thời điểm mưa, thời điểm nhu cầu nước tưới. Nguồn nước cấp từ kênh Đông Xá luôn được đảm bảo nên chủ động khi cây lúa có nhu cầu, lượng nước tưới trong 4 ô thí nghiệm ứng dụng IoT không có sự chênh lệch nhiều; so với khu truyền thống tiết kiệm được từ 64,9% đến 68,3%.

Bảng 3: Lượng nước tưới dưỡng vụ xuân năm 2025

Ô thí nghiệm	Các ô thí nghiệm IoT (m ³ /ha)	Ô đối chứng (TCVN 8641) (m ³ /ha)	Tiết kiệm (%)
Thửa 1	1 482,21	4 500	67,10%
Thửa 2	1 579,75	4 500	64,90%
Thửa 3	1 421,35	4 500	68,40%
Thửa 4	1 426,76	4 500	68,30%

3.3. Mức nước mặt ruộng



Hình 9: Mức nước trên các ô ruộng thí nghiệm vụ xuân 2025

+ Hình 9 thể hiện mức nước trong các ô ruộng thí nghiệm vụ xuân 2025. Mức nước trung bình toàn vụ dao động từ 0,08 ÷ 0,25 m, với biên độ ổn định. Mức nước trong các ô ruộng

tương đối tương đồng, các đỉnh – đáy xuất hiện gần trùng nhau, lệch pha <1 ngày. Biên độ mức nước tăng nhẹ từ giữa tháng 4 đến đầu tháng 6, phù hợp với giai đoạn làm đồng – chắc xanh của cây lúa. Nhóm này phản ứng rất nhanh sau mưa hoặc khi trời nắng kéo dài: mức nước hạ đều sau mưa lớn, sau đó ổn định trở lại chỉ sau 24÷36 giờ, cho thấy khả năng điều tiết chủ động.

Thửa 5 – Đối chứng (Màu xanh đậm): Mức nước dao động mạnh nhất toàn bộ biểu đồ, biên độ từ -0,10 m ÷ +0,30 m, vượt xa dải ổn định của các thửa IoT. Trong nửa đầu vụ (tháng 3 – đầu tháng 4), mức nước biến thiên

chậm, có nhiều điểm “phẳng” thể hiện việc tưới không thường xuyên. Từ giữa tháng 5, các đỉnh mực nước cao đột ngột ($0,25 \div 0,30$ m) xuất hiện chậm hơn $1 \div 2$ ngày so với khu thí nghiệm IoT, sau đó hạ rất nhanh do thoát nước tự nhiên và bốc hơi. Giai đoạn cuối tháng 5 –

đầu tháng 6, thừa đối chứng xuất hiện dao động lớn dạng răng cưa, thể hiện rõ ảnh hưởng của mưa xen kẽ nắng gắt. Mực nước không duy trì được vùng ổn định, dẫn đến độ ẩm đất biến động mạnh, gây rủi ro khô – úng luân phiên.

Bảng 4: Phân tích mực nước thừa giữa nhóm IoT và đối chứng

Giai đoạn sinh trưởng cây lúa	Nhóm IoT (Thửa 1–4)	Thửa đối chứng (Thửa 5 – màu xanh đậm)
Hồi xanh – đẻ nhánh (21/03–02/04)	Mực nước 0,07–0,10 m; ổn định, điều tiết đều.	Dao động 0,05–0,12 m, phản ứng chậm sau mưa, đôi lúc cạn.
Cuối đẻ nhánh – làm đồng (03–14/04)	Có giai đoạn rút nước có kiểm soát, thấp nhất – 0,08 m.	Dao động âm sâu hơn –0,12 m, thể hiện thời kỳ phơi ruộng kéo dài.
Làm đồng – trổ bông (15/04–19/05)	Nâng nước dần lên 0,15–0,25 m, phản ứng nhanh với khí tượng.	Biên độ $0,10 \div 0,30$ m, đỉnh xuất hiện sau mưa lớn, hạ chậm, không kiểm soát được.
Ngâm sữa – chắc xanh (20/05–12/06)	Mực nước ổn định 0,20–0,28 m; hệ thống IoT tự bù sau nắng.	Dao động mạnh 0,05–0,35 m; xuất hiện 2–3 chu kỳ trời sục lớn do mưa xen nắng.
Lúa chín – thu hoạch (13–22/06)	Hạ nước theo lịch vận hành, ổn định 0,10–0,15 m.	Giảm nước sớm hơn 2–3 ngày; mực nước dao động mạnh do xả sớm và mưa trái vụ.

3.4. Năng suất cây trồng

Kết quả năng suất vụ xuân năm 2025 các ô thí nghiệm cho thấy trọng lượng hạt/m² trung bình đạt 1380 g, tương ứng với năng suất lý thuyết 13,8 tấn/ha (thực tế 8,97 tấn/ha); năng suất cao nhất tại ô thí nghiệm số 1 đạt 10,23 tấn/ha; thấp nhất tại ô thí nghiệm số 3. Khu truyền thống có năng suất thấp nhất, đạt 7,48 tấn/ha. Cao hơn so với mức trung bình của vùng Đồng bằng sông Hồng, thường dao động từ $6 \div 8$ tấn/ha.

Số bông hữu hiệu/m² trung bình đạt 378,7, vượt so với tiêu chuẩn tối thiểu (Khoảng 300 bông/m²) trong các vùng sản xuất chuyên canh. Trọng lượng 1000 hạt đạt 25,5 g, nằm trong khoảng tốt cho giống lúa chất lượng cao.

Số hạt chắc/bông đạt 158,2, cho thấy sự phát triển tốt và phân hóa bông hiệu quả. Tỷ lệ hạt lép thấp (24,6 hạt/bông), tương ứng với tỷ lệ chắc cao > 85%, đặc biệt phù hợp với các tiêu chí giống chất lượng cao.

Bảng 5: Tổng hợp chỉ tiêu năng suất lúa – vụ xuân 2025

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị trung bình
Số bông hữu hiệu	Bông/m ²	378,7
Trọng lượng hạt	g/m ²	1380
Trọng lượng 1000 hạt	g	25,5
Dài bông	cm	23,5
Số hạt chắc/bông	Hạt	158,2
Số hạt lép/bông	Hạt	24,6
Năng suất lý thuyết	tấn/ha	13,8

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị trung bình
Năng suất thực thu	tấn/ha	8,97
Hiệu quả tiết kiệm nước	%	10–30

Bảng 6: Năng suất lúa khu thí nghiệm chế độ tưới vụ xuân năm 2025

Khu thí nghiệm / Giống	Năng suất (tấn/ha)
Thửa số 1	10,23
Thửa số 2	8,52
Thửa số 3	8,13
Thửa số 4	8,97
Trung bình mô hình	8,97
Truyền thống	7,48

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu ứng dụng các công nghệ, thiết bị kết nối thông minh trong canh tác lúa

thí điểm tại mô hình 10 ha lúa vụ xuân năm 2025 tại xã Tam Đa, tỉnh Bắc Ninh cho thấy lượng nước tưới dưỡng dao động từ $1.640 \div 2.358 \text{ m}^3/\text{ha}$, so sánh với lượng nước tưới dưỡng theo TCVN 8641 là $4500 \text{ m}^3/\text{ha}$, lượng nước tiết kiệm từ $64,9 \div 68,3\%$. Năng suất cây trồng ô thí nghiệm đạt cao ở mức trung bình $8,79 \text{ tấn/ha}$; cao hơn trung bình khu vực nghiên cứu khoảng 17% . Các thiết bị cảm biến ứng dụng trong mô hình (cảm biến mực nước, cảm biến mưa, nhiệt, ẩm, áp, bức xạ ánh sáng, tốc độ gió) hoạt động ổn định các dữ liệu được truyền đến hệ trung tâm trung bình 6 phút/lần cho số liệu chính xác. Hệ thống tưới hoạt động ổn định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đăng Nghĩa, Lê Xuân Quang, Lê Huy Phúc (2023), Tiềm năng và thách thức khi ứng dụng công nghệ, thiết bị kết nối thông minh để nâng cao hiệu quả sử dụng nước mặt ruộng trong canh tác lúa vùng đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Tài nguyên nước*, ISSN 1859-3771.
- [2] Lê Xuân Quang (2019), Công nghệ tưới tiết kiệm nước cho lúa nâng cao hiệu quả sử dụng và giảm phát thải khí nhà kính, Nhà xuất bản Nông nghiệp; ISBN: 978-604-60-2944-1.