

**Implementing an automated irrigation system to improve the efficiency
of durian (*Durio zibethinus* L.) cultivation in Lam Dong province**

Giang T. T. Tran*

Smart Landscape Management Company Limited, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Research Paper Received: April 20, 2025 Revised: June 24, 2025 Accepted: July 30, 2025 Keywords Automatic irrigation Durian cultivation *Corresponding author Tran Thi Truong Giang Email: 18131012@st.hcmuaf.edu.vn	The study aimed to evaluate the effectiveness of an automatic irrigation system equipped with sensors in the cultivation of durian (<i>Durio zibethinus</i> L.) in Phuoc Loc commune, Da Huoi district, Lam Dong province. The system was designed to adapt to the actual terrain conditions and the physiological requirements of the crop, featuring pressure-compensated sprinkler heads, soil moisture sensors, and a remote control system. The experiment was conducted on three-year-old Ri6 durian trees (<i>Durio zibethinus</i> L. cv. Ri6) employing two irrigation techniques: automatic and manual. The observed indicators included irrigation volume, soil moisture, growth parameters, flowering rate, fruit set, fruit retention rate, and the timely ripening rate of fruit. The results indicated that the automatic irrigation group, which was watered according to demand, had a higher flowering rate (68 compared with 53%), a higher average number of fruits per tree (7.2 compared with 1.3 fruits/tree), and a significantly enhanced timely ripening rate (92 compared with 35%). The results validated that the automated irrigation system enhanced both yield and fruit quality while also optimizing water consumption and decreasing labor expenses. These findings underscore the possibility of extensive implementation of intelligent irrigation systems in durian farming.

Cited as: Tran, G. T. T. (2026). Implementing an automated irrigation system to improve the efficiency of durian (*Durio zibethinus* L.) cultivation in Lam Dong province. *The Journal of Agriculture and Development* 25(4), 1-15.

Nghiên cứu áp dụng hệ thống tưới tự động để nâng cao hiệu quả canh tác sầu riêng (*Durio zibethinus* L.) tại tỉnh Lâm Đồng

Trần Thị Trường Giang*

Công Ty TNHH Quản Lý Cảnh Quan Thông Minh, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 20/04/2025

Ngày chỉnh sửa: 24/06/2025

Ngày chấp nhận: 30/07/2025

Từ khóa

Canh tác Sầu Riêng

Tưới tự động

*Tác giả liên hệ

Trần Thị Trường Giang

Email:

18131012@st.hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu quả của hệ thống tưới tự động tích hợp cảm biến trong canh tác sầu riêng (*Durio zibethinus* L.) tại xã Phước Lộc, huyện Đa Huoai, tỉnh Lâm Đồng. Hệ thống được thiết kế phù hợp với điều kiện địa hình thực tế và nhu cầu sinh lý của cây trồng, bao gồm béc tưới phun mưa bù áp, cảm biến độ ẩm đất và điều khiển từ xa. Thí nghiệm được thực hiện trên giống sầu riêng Ri6 (*Durio zibethinus* L. cv. Ri6) ba năm tuổi với hai phương pháp tưới là tự động và thủ công. Các chỉ tiêu theo dõi bao gồm lượng nước tưới, độ ẩm đất, chỉ số sinh trưởng, tỷ lệ ra hoa, đậu trái, tỷ lệ giữ trái và chín đúng vụ. Kết quả cho thấy nhóm tưới tự động tưới theo nhu cầu nước có tỷ lệ ra hoa cao hơn (68 so với 53%), số trái đậu trung bình cao hơn (7,2 so với 1,3 trái/cây), và tỷ lệ chín đúng thời điểm vượt trội (92 so với 35%). Kết quả đã khẳng định hiệu quả vượt trội của hệ thống tưới tự động không chỉ nâng cao năng suất và chất lượng quả mà còn góp phần tối ưu hóa sử dụng nước, giảm chi phí lao động. Kết quả này khẳng định tiềm năng ứng dụng rộng rãi của công nghệ tưới thông minh trong canh tác sầu riêng.

1. Đặt Vấn Đề

Hoa Sầu riêng (*Durio zibethinus* L.) là một loại cây ăn trái có giá trị kinh tế tại tỉnh Lâm Đồng. Theo Báo Lâm Đồng (LDN, 2025), tổng sản lượng sầu riêng thu hoạch năm 2024 ước đạt khoảng 175,282 tấn và theo báo cáo của Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB, 2017), Lâm Đồng là một trong những tỉnh thuộc khu vực Tây Nguyên có diện tích ứng dụng hệ thống tưới hiệu quả cao lớn nhất cả nước, đóng góp vào tổng diện tích khoảng 60.000 - 70.000 ha toàn quốc. Việc áp dụng hệ thống tưới tiên tiến này giúp giảm đến 50 - 70% lượng phân bón, tiết

kiệm 20 - 30% chi phí điện, và giảm khoảng 60% chi phí lao động so với phương pháp tưới truyền thống, đặc biệt hiệu quả đối với các loại cây công nghiệp dài ngày như cà phê và cây ăn trái. Trong bối cảnh nền nông nghiệp toàn cầu đang chịu tác động của biến đổi khí hậu, theo báo cáo của Lobell & ctv. (2011), nền nông nghiệp toàn cầu đang chịu tác động rõ rệt của biến đổi khí hậu, đặc biệt là sự gia tăng nhiệt độ trong giai đoạn 1980 - 2008, khiến năng suất của các loại cây trồng giảm mạnh. Những ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất nông sản nói chung và trồng trọt sầu riêng nói riêng.

Trong bối cảnh đó, việc ứng dụng các giải pháp nông nghiệp thông minh, đặc biệt là hệ thống tưới tự động tích hợp cảm biến được quan tâm nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng và quản lý nước. Thêm vào đó, Lâm Đồng có mùa mưa và mùa khô rõ rệt trong mùa khô những trận mưa có cường độ lớn ngày càng giảm nên thường xuyên gây ra tình trạng thiếu nước, hạn hán (Vuong, 2020), nên việc thiết kế và đánh giá hiệu quả hệ thống tưới tự động theo điều kiện địa phương là một điều cấp thiết trong sản xuất nông nghiệp. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của hệ thống tưới tự động so với phương pháp tưới thủ công truyền thống, thông qua các chỉ tiêu cấu thành năng suất của cây sầu riêng giống Ri6 ba năm tuổi.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

2.1. Vật liệu

Thiết bị được sử dụng ở (i) khối tưới tự động trong quá trình nghiên cứu được trình bày ở Bảng 1 và bao gồm: Vườn cây sầu riêng với diện tích 1,16 ha, giống Ri6, 3 năm tuổi, ở xã Phước Lộc, huyện Đa Huoai, Lâm Đồng trong năm 2023. Các chỉ tiêu sinh trưởng (chiều cao cây, số lá mới, số trái đậu, khối lượng trái...) được ghi nhận mỗi tháng từ tháng 2 đến tháng 12. Khoảng cách trồng là $7,5 \times 7,5$ m. Thu thập 20 mẫu từ 20 cây ở 2 khối nghiên cứu và theo phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên.

Bảng 1. Danh sách thiết bị của (i) khối tưới tự động

STT	Thiết bị	Mã hiệu	Hãng sản xuất	Xuất xứ	Số lượng (đơn vị)
1	Béc tưới phun mưa bù áp có van	VINDRIP V9 R17 - 76	Công ty VINDRIP	Việt Nam	258
2	Bộ điều khiển	X-Core 8	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	1 (cái)
3	Bộ giải mã	EZDM	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	1 (cái)
4	Cảm biến mưa	MINI-CLIK	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	1 (cái)
5	Van điện từ	PGV-201-B	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	1 (cái)
6	Bộ điều chỉnh áp suất	ACCU-SYNC-ADJ	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	1 (cái)
7	Hộp đựng van tưới	1015 1G2G (41 × 55,3 × 30,48 cm)	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	4 (cái)
8	Ống chính HDPE	D90 - PN10	Công ty Cổ phần Nhựa Tiền Phong	Việt Nam	100 (m)

8	Ống chính HDPE	D75 - PN10	Công ty Cổ phần Nhựa Tiền Phong	Việt Nam	59 (m)
9	Ống nhánh HDPE	D63 - PN10	Công ty Cổ phần Nhựa Tiền Phong	Việt Nam	67,5 (m)
10	Ống nhánh HDPE	D40 - PN10	Công ty Cổ phần Nhựa Tiền Phong	Việt Nam	899 (m)
11	Máy bơm ly tâm	3M 65-160/7,5 (7,5 kW - 10 HP)	Ebara Corporation	Nhật Bản	1 (cái)
12	Rọ hút inox DN50		Công ty TNHH Vật tư công nghiệp An Phú Thành	Việt Nam	1 (cái)
13	Van Y lọc	Y-Strainer JIS 10K	Wonil Industrial Co., Ltd.	Busan, Hàn Quốc	1 (cái)
14	Van lấy nước nhanh QCV	HQ-3RC	Hunter Industries	San Marcos, CA, USA	4 (cái)
15	Cáp điện lực hạ thế bọc PVC	CXV 2 × 1,5 mm ²	CADIVI	Việt Nam	(i)

(i) Khối tưới tự động: 0,6 ha (118 cây). (ii) Khối tưới thủ công: 0,56 ha (98 cây), hệ thống tưới bằng ống mềm kéo di chuyển bởi người tưới nước được bơm từ giếng.

Thiết bị đo đạc: Máy đo độ ẩm đất cầm tay TDR 100 (Spectrum Technologies, Inc., USA) (STI, 2023).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xác định lượng nước cần tưới của cây

Áp dụng Phương pháp Penman Monteith ước tính nhu cầu nước theo giai đoạn sinh trưởng của cây trồng và thể hiện ở Bảng 2.

$$\text{Công thức: } ET = Kc \times ET_0$$

Trong đó:

ET: Lượng nước cần tưới cho cây (mm/ngày),

Kc: Hệ số cây (crop coefficient),

ET₀: Lượng bốc thoát hơi nước tham chiếu (mm/ngày).

Theo số liệu từ Cục Khí tượng Thủy văn Việt Nam (VNMHA, 2022), lượng bốc thoát hơi nước tham chiếu (ET₀) trung bình tại tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam trong năm 2022 như sau: Tổng ET₀ trung bình cả năm 2022: ET₀ = 4,3 mm/ngày.

Hệ số cây (Kc) thay đổi theo giai đoạn sinh trưởng của cây trồng xác định dựa trên hướng dẫn của FAO (1998) cây trồng trải qua bốn giai đoạn sinh trưởng chính, mỗi giai đoạn có hệ số Kc đặc trưng. Các hệ số Kc của từng giai đoạn phát triển, giai đoạn khởi đầu: 0,3 - 0,6; giai đoạn phát triển: 0,6 - 1,0; giai đoạn giữa mùa: 1,05 - 1,20; giai đoạn cuối mùa: 0,8 - 1,05. Trong giai đoạn khởi phát mầm hoa Kc = 0,00 nhằm tạo điều kiện khô hạn kích thích phân hóa mầm hoa đồng đều. Lượng nước tưới tối ưu được mô tả ở Bảng 2.

Lượng nước tưới tối ưu cho mỗi cây sầu riêng trong một lần tưới (L/cây/lần) = ET × Diện tích tán (diện tích tán cây thực tế đo được là 10 m²).

Bảng 2. Nhu cầu nước và lượng nước tưới tối ưu của cây sầu riêng trong một lần tưới theo các giai đoạn phát triển

Giai đoạn sinh trưởng	Thời gian tại Lâm Đồng	Hệ số (Kc) để xuất	ET ₀ (mm/ngày)	ET (mm/ngày)	Lượng nước tưới 1 lần (L/cây)
Giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng	Tháng 2 - 3, 11 - 12	0,6	4,3	2,58	25,80
Khởi phát mầm hoa	Tháng 3 - 4	0,00	4,3	0,00	0,00
Phát triển mầm hoa	Tháng 4	0,75	4,3	3,23	32,25
Đậu trái	Tháng 5	0,50	4,3	2,15	21,50
Giai đoạn trái non	Tháng 6	0,60	4,3	2,58	25,80
Giai đoạn phát triển trái	Tháng 7 - 8	0,85	4,3	3,66	36,55
Giai đoạn trái chín	Tháng 9 - 10	0,75	4,3	3,23	32,25

ET₀: Lượng bốc thoát hơi nước tham chiếu (mm/ngày); ET: Lượng nước cần tưới cho cây (mm/ngày).

2.2.2. Bố trí béc tưới

Quy tắc bố trí béc (i) Khối tưới tự động: Theo Hunter Industries (HI, 2020), quy tắc quan trọng được áp dụng trong bố trí đầu phun là phun đều đến đâu, theo đó mỗi đầu tưới cần được bố trí sao cho tia nước của nó có thể đạt tới vị trí của đầu tưới kế cận và ngược lại. Ngoài ra, cần tránh bố trí lẫn lộn các loại đầu tưới khác nhau trong cùng một khu vực để đảm bảo tốc độ kết tủa đồng đều và tránh lãng phí nước. Như vậy mỗi đầu béc tưới cần được bố trí sao cho tia nước từ một đầu phun có thể vươn tới đầu phun kế cận và ngược lại. Điều này có nghĩa bán kính tưới của béc bằng khoảng cách giữa hai béc.

Béc tưới model VINDRIP V9 R17-76 bán kính 0 - 3,5 m; lưu lượng 76-92-130 L/h có kinh phí và thông số kỹ thuật phù hợp với nhu cầu thực tế, đầu tưới được chỉnh góc tưới là 360°.

Theo kết quả khảo sát, khu vườn trồng sầu riêng có tổng cộng 118 cây, được trồng theo các hàng thẳng. Hệ thống béc tưới được bố trí dọc theo các hàng cây, và theo quy tắc bố trí béc có khoảng cách giữa các béc là 3,5 m, các đầu tưới đặt ở vị trí chính giữa hai hàng cây nhằm đảm bảo phân bố nước đồng đều. Ngoài ra, các béc còn được bố trí dọc theo ranh giới khu đất, giúp phủ kín toàn bộ diện tích canh tác. Tổng số béc trong hệ thống là 258 đầu tưới, đảm bảo bao phủ đầy đủ khu vực trồng sầu riêng như minh họa tại Hình 2.

2.2.3. Phân kênh tưới và lựa chọn bơm

2.2.3.1. Phân kênh tưới

Để tính lưu lượng tổng của hệ thống tưới sử dụng béc VINDRIP V9 R17-76 công thức: Lưu lượng tổng (Q) = Số lượng béc (258) × Lưu lượng

trung bình của mỗi béc (130). Lưu lượng tổng là $33540 \text{ L/h} \approx 33,54 \text{ m}^3/\text{h}$. Để đảm bảo bơm hoạt động hiệu quả theo thời gian và hệ thống cần sử dụng ống có kích thước lớn để tải tổng lưu lượng. Vì vậy, lưu lượng này được chia thành 4 kênh tưới như trình bày trong Hình 2.

Mỗi lần bơm hoạt động sẽ tưới lần lượt các kênh. Các kênh có lưu lượng như sau: Kênh 1 (57 béc): $7,41 \text{ m}^3/\text{h}$; kênh 2 (65 béc): $8,45 \text{ m}^3/\text{h}$; kênh 3 (76 béc): $9,88 \text{ m}^3/\text{h}$; kênh 4 (60 béc): $7,8 \text{ m}^3/\text{h}$. Để bơm cung cấp đủ nước, lưu lượng của Kênh 3 được chọn làm cơ sở tính toán thông số bơm và ống.

Theo bảng thông số kỹ thuật ống HDPE tiêu chuẩn ISO 4427 của Nhựa Tiên Phong (Tien Phong Plastic, 2023), ống chính HDPE dân nước từ bơm đến ống nhánh và để đảm bảo đường ống nhánh DN 40 mm và cấp áp lực PN16 (SDR11) có chiều dày thành ống là 3,7 mm thì khuyến nghị tổng lưu lượng trực ống nhánh DN 40 mm không vượt quá $4 \text{ m}^3/\text{h}$.

Theo Hình 2, Ống chính HDPE D90 dẫn toàn bộ lưu lượng $9,88 \text{ m}^3/\text{h}$ từ máy bơm đến ống HDPE D75 - PN10, sau đó chia thành hai nhánh HDPE D63, mỗi nhánh $4,94 \text{ m}^3/\text{h}$. Từ đó, nước

được phân phối đều qua nhánh ống HDPE D40 đến các đầu béc tưới.

2.2.3.2. Lựa chọn bơm

Để đảm bảo áp lực đầu phun và cung cấp đủ lượng nước tưới, cần tính cột áp của bơm. Các thông số kỹ thuật, tổn thất áp lực được trình bày trong Bảng 3.

Theo bảng thông số kỹ thuật ống HDPE tiêu chuẩn ISO 4427 của Nhựa Tiên Phong (Tien Phong Plastic, 2023), các thông số đường kính ngoài (mm), Độ dày (mm), Đường kính trong (mm) được tra.

Theo bảng thông số tổn thất áp suất qua van điện từ PGV (HI, 2020), tại lưu lượng $9,88 \text{ m}^3/\text{h}$, van loại $1\frac{1}{2}"$ (40 mm) dạng Globe có tổn thất áp suất là 0,3 bar.

Trong quá trình thiết kế hệ thống bơm, hệ số an toàn thường được áp dụng để đảm bảo hiệu suất và độ ổn định của hệ thống. Hệ số an toàn được khuyến nghị trong khoảng từ 1,10 đến 1,25, tùy theo quy mô và tính ổn định của hệ thống. Trong nghiên cứu này, hệ số an toàn 1,20 được lựa chọn nhằm dự phòng các tổn thất cột áp và bảo đảm hệ thống vận hành ổn định của hệ thống bơm.

Bảng 3. Bảng kê tổng thất cột áp trên hệ thống ống dẫn

Tuyến ống	Lưu lượng kênh (m ³ /h)	Đường kính ống (mm)			Chiều dài ống (m)	Vận tốc (m/s)	Tổn thất áp theo chiều dài ống (bar)	Tổn thất áp cục bộ (bar)	Tổng tổn thất (bar)
		Đường kính ngoài (mm)	Độ dày (mm)	Đường kính trong (mm)					
HDPE D90 - PN10	9,88	90	5,4	79,2	100,0	0,6	0,04	0,011	0,05
HDPE D75 - PN10	9,88	75	4,5	66,0	110,0	0,8	0,11	0,028	0,14
HDPE D63 - PN10 (nhánh trái)	4,94	63	3,8	55,4	48,0	0,6	0,03	0,008	0,04
HDPE D63 - PN10 (nhánh phải)	4,94	63	3,8	55,4	48,0	0,6	0,03	0,008	0,04
HDPE D40 - PN10	4,00	40	2,4	35,2	65,0	1,1	0,27	0,067	0,34

Ghi chú: Để đảm bảo cung cấp đủ lưu lượng và áp của bơm thiết kế đề xuất lưu lượng tải lớn tối đa của ống nhánh HDPE D40 là 4 m³/h; Các thông số mất áp được tra theo thông số kỹ thuật của hãng.

Tổng tổn thất áp lực qua ống ở Bảng là 0,61 bar; Tổn thất qua van solenoid với 9,88 m³/h: 0,30 bar; Tổn thất qua bộ lọc: 0,35 bar; Áp vòi phun cho đầu tối thiểu hoạt động: 0,50 bar; Cao độ: 1,96 bar; Hệ số an toàn (K): 1,20 bar. Tổng tổn thất áp của bơm: $H_t = H_m + H_d$.

Trong đó:

H_m : Tổn thất ma sát trên đường ống,

H_d : Tổn thất cục bộ (do co, thắt, van, cút...).

Vậy Áp để chọn bơm là 4,92 bar.

Công suất bơm

$$P = \frac{Q \times H \times 1000}{102 \times S}$$

Trong đó:

P: Công suất bơm (đơn vị: kW),

Q: Lưu lượng nước (đơn vị: m³/s),

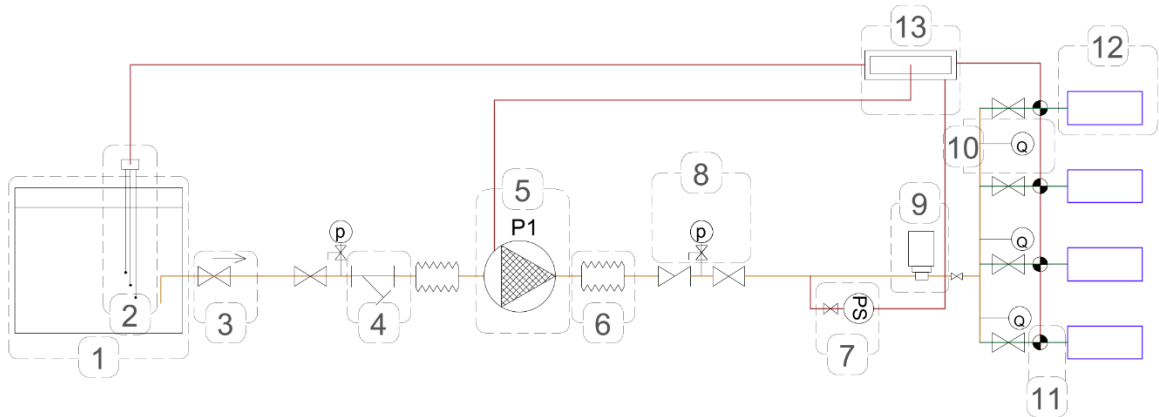
H: Chiều cao cột nước (đơn vị: m),

S: Hiệu suất bơm (S = 0,65 trung bình hệ tưới nhỏ giọt, phun mưa nhỏ).

Suy ra, công suất bơm $\geq 7,5$ kW (10 HP).

2.2.4. Sơ đồ nguyên lý, mặt bằng bố trí hệ thống tưới và thuyết minh nguyên lý hoạt động

2.2.4.1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống tưới. Chú thích: 1: Nguồn nước, bể chứa; 2: Rọ hút; 3: van cổng; 4: van Y lọc; 5: Bơm; 6: Nối mềm; 7: Cảm biến áp suất; 8: Áp kế; 9: Bộ lọc; 10: Van lấy nước nhanh; 11: Van điện từ; 12: kênh tưới; Nét đỏ: Cáp truyền tín hiệu; Nét vàng và xanh: Đường ống.

2.2.4.2. Thuyết minh nguyên lý hoạt động hệ thống tưới

Sơ đồ nguyên lý hệ thống được minh họa qua Hình 1, mặt bằng bố trí được thể hiện qua Hình 2, và Hình 3 với 4 thực tế vận hành tại khu vực nghiên cứu. Hệ thống chia thành 4 kênh tưới, mỗi kênh điều khiển bằng van điện từ. Nước từ đường ống chính sẽ đi vào ống nhánh của vùng tưới khi van mở, tạo áp lực làm đầu phun hoạt động. Các đầu phun có thể điều chỉnh bán kính tưới. Khi van đóng, áp lực giảm và đầu phun ngừng hoạt động.

Gồm 1 bơm hoạt động chính và 1 bơm dự phòng, hoạt động luân phiên theo chu kỳ. Lần 1 tưới kênh 1, các chu kỳ tiếp theo lặp lại như chu kỳ đầu. Hệ thống có 2 chế độ vận hành, Với

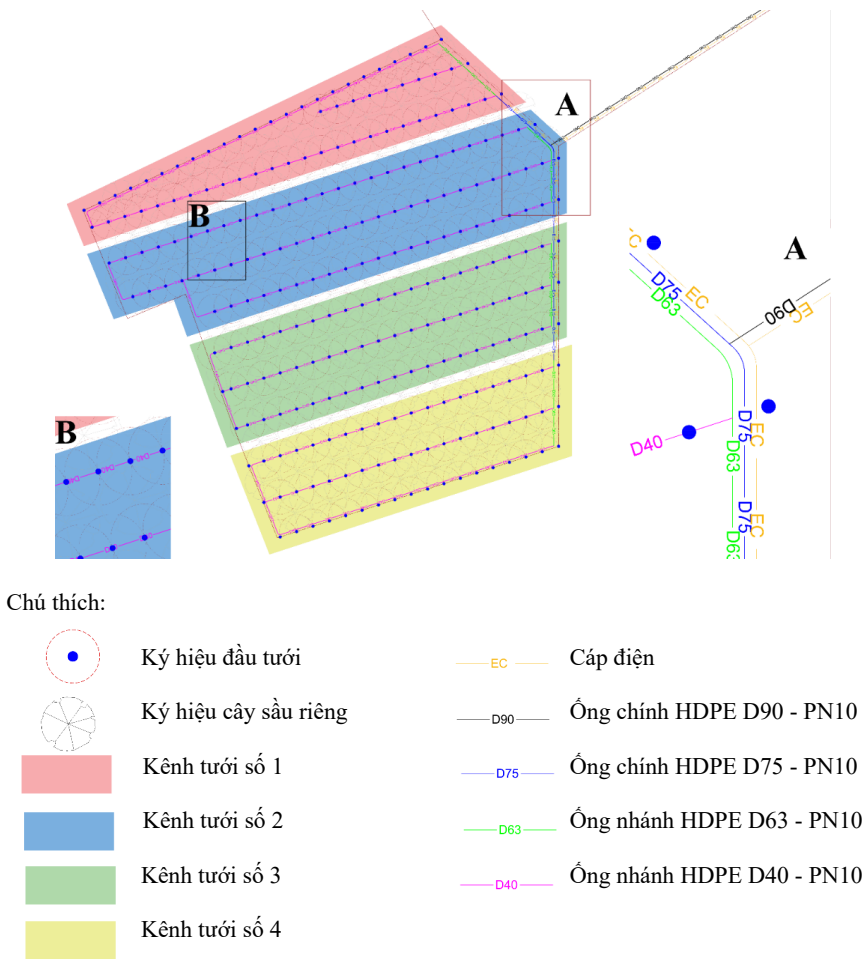
chế độ tự động bơm hoạt động khi cảm biến áp suất phát hiện áp suất giảm dưới ngưỡng cài đặt. Bơm được điều khiển bằng biến tần, cấp nước luân phiên cho từng kênh (1 đến 4) để đảm bảo lưu lượng và cột áp. Trong chế độ này, các vòi tưới tay không hoạt động để đảm bảo hiệu suất hệ thống. Sử dụng bộ biến tần để cho bơm đảm bảo bơm chạy ổn định, bơm sẽ cấp cho 1 kênh từ 1 đến 4 kênh tưới hoạt động lần lượt để đạt được lưu lượng. Trong quá trình tưới tự động tất cả các vòi tưới tay không hoạt động đảm bảo lưu lượng, và cột áp cho bơm tưới. Ngoài ra, van lấy nước nhanh được mở bằng tay.

Dựa vào Bảng 2 ta có thể tính thời gian tưới (phút/lần tưới/cây) dựa trên lưu lượng trung bình của một béc là 130 L/giờ được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Thời gian một lần tưới và tưới một lần trong ngày ứng với giai đoạn phát triển

Giai đoạn sinh trưởng	Thời gian (tháng)	Lượng nước 1 lần (L/cây)	Thời gian tưới 1 lần (phút/cây)
Giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng	Tháng 2 - 3, 11 - 12	25,80	12 phút
Khởi phát mầm hoa	Tháng 3 - 4	0,00	Không tưới
Phát triển mầm hoa	Tháng 4	32,25	15 phút
Đậu trái	Tháng 5	21,50	10 phút
Giai đoạn trái non	Tháng 6	25,80	12 phút
Giai đoạn phát triển trái	Tháng 7 - 8	36,55	17 phút
Trái chín	Tháng 9 - 10	32,25	15 phút

2.2.4.3. Mặt bằng bố trí hệ thống tưới



Hình 2. Mặt bằng bố trí hệ thống tưới.



Hình 4. Thực trạng hệ thống tưới.



Hình 5. Thực trạng béc tưới hoạt động.

2.2.5. Phương pháp theo dõi, thu thập và phân tích dữ liệu

Mỗi chỉ tiêu được đo 4 lần/tháng (tương ứng 1 lần/tuần), lấy trung bình tháng làm giá trị đại diện. Mỗi lần ghi nhận 20 cây/mẫu, được chọn ngẫu nhiên từ hai khối. Các chỉ tiêu sinh trưởng và phát triển được xác định và ghi nhận theo hướng dẫn kỹ thuật trong FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 - Supplement (FAO, 1996a).

Thời gian: Dữ liệu được thu thập trên mẫu, mỗi nhóm thu thập 20 mẫu trong 1 lần thu thập

và định kỳ hàng tuần theo quá trình phát triển ở hai nhóm.

Sử dụng phương pháp Analysis of Variance (ANOVA) để so sánh sự khác biệt ở 2 nhóm và phương pháp phân tích hồi quy so sánh kết quả.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. So sánh lượng nước tưới ở khối tưới tự động và khối tưới thủ công

Bảng 5. Lượng nước tưới thực tế ở khối tưới tự động và khối tưới thủ công trong 1 lần tưới

Thời gian (tháng)	(i) Khối tưới tự động (L/cây)	(ii) Khối tưới thủ công (L/cây)
Tháng 2 - 3, 11 - 12	25,80	38
Tháng 3 - 4	0,00	0
Tháng 4	32,25	36
Tháng 5	21,50	35
Tháng 6	25,80	22
Tháng 7 - 8	36,55	32
Tháng 9 - 10	32,25	37

Dựa vào Bảng 5, hệ thống tưới tự động có cảm biến mưa điều chỉnh lượng nước linh hoạt theo điều kiện khí hậu tại Lâm Đồng, cấp lượng nước đúng với Bảng 2. Trong giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng, lượng tưới tự động (26 L/cây/lần). Giai đoạn khởi phát mầm hoa, cả hai phương pháp đều không tưới. Khi cây bước vào phát triển mầm hoa, hệ thống tưới tự động tăng lên 31 L/cây/lần, tiệm cận mức tối ưu (32 L). Từ tháng 5 đến 10, lượng tưới tự động được

điều chỉnh linh hoạt giảm xuống phù hợp với mùa mưa và nhu cầu sinh lý của cây, dao động từ 17 - 26 L/cây/lần. Trong khi đó, tưới thủ công biến động mạnh và nhiều thời điểm vượt mức tưới tối ưu và dựa trên kinh nghiệm làm vườn của người dân.

Kết luận, hệ thống tưới tự động thể hiện hiệu quả cao trong việc quản lý nước, phù hợp với từng giai đoạn phát triển của cây và điều kiện môi trường.

3.2. So sánh độ ẩm ở khối tưới tự động và khối tưới thủ công

Bảng 6. Độ ẩm đất ở khối tưới tự động và khối tưới thủ công

Giai đoạn sinh trưởng	Thời gian	Độ ẩm khối tưới tự động (%)	Độ ẩm khối tưới thủ công (%)
Giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng	Tháng 2 - 3, 11 - 12	72 - 76	61 - 79
Khởi phát mầm hoa	Tháng 3 - 4 (khô hạn)	60	60
Phát triển mầm hoa	Tháng 4	67 - 72	74 - 81
Đậu trái	Tháng 5	63 - 68	69 - 81
Giai đoạn trái non	Tháng 6	68 - 73	72 - 78
Giai đoạn phát triển trái	Tháng 7 - 8	72 - 76	60 - 63
Giai đoạn trái chín	Tháng 9 - 10	70 - 75	73 - 80

Dữ liệu từ Bảng 6 cho thấy hệ thống tưới tự động duy trì độ ẩm đất ổn định hơn rõ rệt so với tưới thủ công trong suốt các giai đoạn sinh trưởng của cây sầu riêng. Trong giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng, độ ẩm đất ở khối tưới tự động dao động hẹp trong khoảng 72 - 76%, phù hợp với nhu cầu sinh lý của cây. Ở giai đoạn phát triển mầm hoa và đậu trái, hệ thống này điều chỉnh độ ẩm giảm xuống 67 - 68%, hỗ trợ tốt cho quá trình phân hóa mầm hoa và hình thành trái. Khi bước vào giai đoạn phát triển trái ở mức 72 - 76%, giúp cây đủ nước để nuôi trái nâng cao tỷ lệ giữ trái.

Ngược lại, phương pháp tưới thủ công cho thấy sự dao động lớn và thiếu ổn định về độ ẩm đất. Ở giai đoạn sinh trưởng sinh dưỡng, độ ẩm dao động rộng từ 61 - 79. Ở giai đoạn phát triển

mầm hoa và đậu trái, độ ẩm tại vượt mức cần thiết (74 - 81%), điều này ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình phân hóa mầm hoa và đậu trái. Trong giai đoạn phát triển tưới thủ công lại không đáp ứng đủ, độ ẩm đất chỉ đạt mức thấp 60 - 63%, dẫn đến khả năng giữ trái kém hơn.

Việc áp dụng hệ thống tưới tự động giúp giảm đáng kể chi phí nhân công. Thêm vào đó người dân có thể quản lý nước từ xa. Ngoài ra, năng suất trái và tỷ lệ chín đúng vụ tăng cao giúp nâng giá trị sản lượng, cho thấy tiềm năng mở rộng mô hình trong sản xuất sầu riêng bền vững.

3.3. Tăng trưởng của cây sầu riêng ở khối tưới tự động và khối tưới thủ công

So sánh hiệu suất tăng trưởng ở Bảng 7.

Bảng 7. Các chỉ tiêu cấu thành năng suất theo từng giai đoạn sinh trưởng

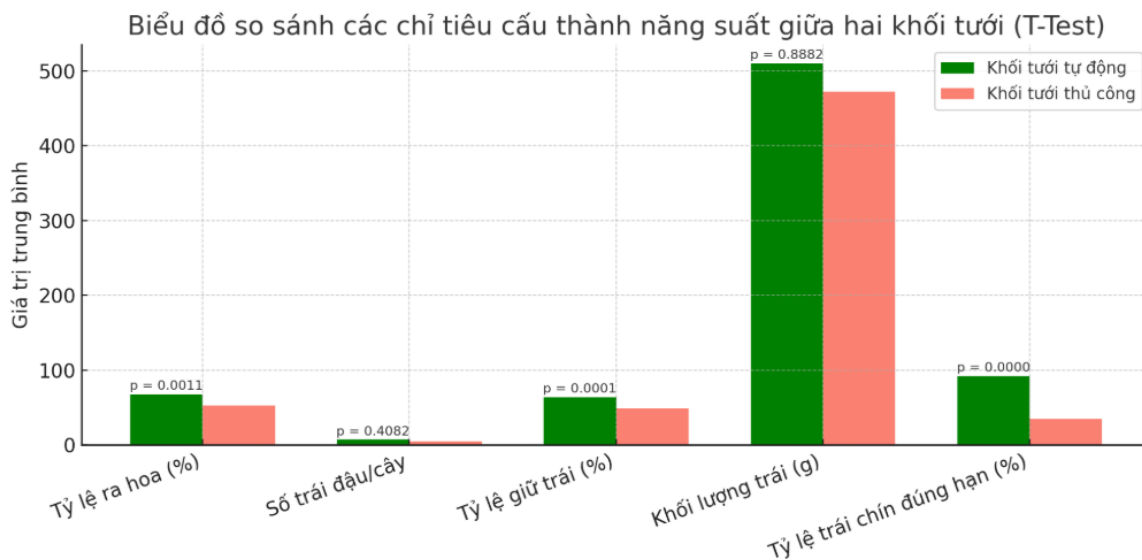
Tháng	Giai đoạn sinh trưởng	Chỉ tiêu chính	Tưới tự động (i)	Tưới thủ công (ii)
4	Phát triển mầm hoa	Tỷ lệ ra hoa (%)	68 ± 1,5	53 ± 3,8
5	Đậu trái	Số trái đậu/cây	7 ± 0,6	5 ± 2,1
6	Trái non	Tỷ lệ giữ trái (%)	64 ± 1,4	49 ± 3,6
7	Phát triển trái	Tỷ lệ giữ trái (%)	66 ± 1,3	50 ± 3,9
10	Chín trái	Khối lượng trái (g)	510 ± 14	472 ± 26
10	Chín trái	Tỷ lệ trái chín đúng hạn (%)	92 ± 2,1	35 ± 4,5

Bảng 8. Kết quả T-test giữa hai phương pháp tưới (n = 20, α = 0,05)

Chỉ tiêu	T-statistic	P	Ý nghĩa thống kê
Tỷ lệ ra hoa (%)	3,66	0,0011	Có ý nghĩa
Số trái đậu/cây	-0,84	0,4082	Không đáng kể
Tỷ lệ giữ trái (%)	4,67	0,0001	Có ý nghĩa
Khối lượng trái (g)	-0,14	0,8882	Không đáng kể
Tỷ lệ trái chín đúng hạn (%)	12,34	< 0,0001	Có ý nghĩa

Phân tích thống kê T-test ở Bảng 8. Giả thuyết không (H_0): Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về các chỉ tiêu năng suất giữa hai phương pháp tưới; Giả thuyết đối (H_1): Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở ít nhất một chỉ

tiêu năng suất giữa hai phương pháp tưới. Kết quả kiểm định cho thấy đa số các chỉ tiêu có ($P < 0,05$), do đó bác bỏ giả thuyết H_0 và khẳng định hiệu quả vượt trội của hệ thống tưới tự động so với tưới thủ công.



Hình 6. Biểu đồ so sánh các chỉ tiêu năng suất giữa hai khối tưới (T-test).

Kết quả nghiên cứu cho thấy khối tưới tự động mang lại tích cực lớn giữa các chỉ năng suất của cây sầu riêng so với tưới thủ công được trình bày ở Bảng 5. Cây ở khối tưới tự động có tỷ lệ ra hoa đạt 68% so với 53%; tỷ lệ giữ trái giai đoạn phát triển đạt 66% so với 50%; tỷ lệ trái chín đúng mùa vụ ở khối tưới tự động đạt 92%, cao hơn đáng kể so với 35% ở khối tưới thủ công ($P < 0,05$).

3.4. Hiệu quả kinh tế

Chi phí đầu tư là khoảng 120 triệu đồng; giảm chi phí lao động với hệ thống tưới tự động giúp giảm khoảng 60% chi phí lao động, chi phí lao động tưới nước bằng phương pháp thủ công hàng năm ước khoảng 15 triệu đồng/ha, thì hệ

thống tưới tự động giúp tiết kiệm hàng năm khoảng 9 triệu đồng/ha.

Tăng thu từ năng suất và chất lượng: Tỷ lệ chín đúng vụ tăng từ 35 lên 92%.

Tổng sản lượng khối tưới tự động: $3,57 \text{ kg} \times 118 \text{ cây} = 421,26 \text{ kg}$. Tỷ lệ chín đúng vụ tăng từ 35 lên 92%, tức: $421,26 \times (92 - 35) = 421,26 \times 0,57 = 240 \text{ kg}$ (có thể bán giá cao). Suy ra tăng thu nhập do tỷ lệ chín đúng vụ: $240 \times 20.000 \text{ đ/kg} = 4.800.000 \text{ VNĐ}$ (1,16 ha). Quy đổi về đơn vị trên 1 ha: 4.137.931 đ/năm. Tổng lợi ích trên 1 ha: 13.137.931 đ/năm;

$$\text{Tỷ suất lợi nhuận} = \left(\frac{13.137.931}{120.000.000} \right) \times 100 = 10,95\%.$$

4. Kết Luận

Nghiên cứu đã xác nhận hiệu quả vượt trội của hệ thống tưới tự động trong sinh trưởng và phát triển của cây sầu riêng (*Durio zibethinus* L.) so với phương pháp tưới thủ công truyền thống. Xác lượng nước tưới dựa trên giai đoạn sinh trưởng và điều kiện khí tượng tại địa phương, hệ thống tưới tự động giúp duy trì độ ẩm đất ổn định. Các kết quả thu thập được cho thấy sự cải thiện đáng kể về các chỉ tiêu năng suất. Bên cạnh đó, khả năng vận hành linh hoạt, giảm phụ thuộc vào nhân công, cùng với tính thích ứng cao trong điều kiện biến đổi khí hậu và địa hình phức tạp tại Lâm Đồng ứng dụng thực tiễn của hệ thống. Những kết quả này góp phần khẳng định vai trò của công nghệ tưới tự động như một giải pháp nông nghiệp thông minh, hướng đến mục tiêu canh tác sầu riêng hiệu quả, bền vững và thích ứng với điều kiện sản xuất hiện đại.

Lời Cam Đoan

Tôi xin cam đoan nghiên cứu này là kết quả nghiên cứu của chính tôi, không sao chép từ bất kỳ nguồn nào. Các dữ liệu và kết quả trình bày trong bài là trung thực, được thu thập và theo đúng quy trình nghiên cứu. Mọi trích dẫn đều được ghi rõ nguồn gốc. Tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung của bài nghiên cứu này.

Lời Cảm Ơn

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến chủ vườn nghiên cứu đã tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong suốt quá trình nghiên cứu và thu thập dữ liệu và hoàn thành nghiên cứu của mình.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

ADB (Asian Development Bank). (2017). Quantifying water and energy linkages in irrigation:

Experiences from Viet Nam. Retrieved May 21, 2025, from <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/328621/quantifying-water-energy-linkages.pdf>.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56)*. Rome, Italy: FAO.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1996a). *Guidelines for the conduct of a field experiment to determine agronomic data for crop water requirements (Irrigation and Drainage Paper No. 56- Supplement)*. Rome, Italy: FAO.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1996b). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56)*. Rome, Italy: FAO.

HI (Hunter Industries). (2020). Hunter irrigation product catalog 2020. Retrieved January 3, 2023, from <https://www.hunterindustries.com>.

LDN (Lam Dong Newspaper). (2025). Solutions to enhance the quality management of durian products for export. Retrieved May 21, 2025, from <https://baolamdong.vn/kinh-te/202504/ban-giai-phap-tang-cuong-quan-ly-chat-luong-san-pham-sau-rieng-phuc-vu-xuat-khau-6f978e6/>.

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333(6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>.

STI (Spectrum Technologies Inc.). (2023). TDR 100 soil moisture meter manual. Retrieved January 3, 2023, from https://www.specmeters.com/assets/1/22/6440fs_manual.pdf.

Tien Phong Plastic. (2023). Technical documentation on HDPE pipes according to ISO 4427 standards. Retrieved January 3, 2023, from <https://www.nhuatienphong.vn>.

- VNMHA (Vietnam Meteorological and Hydrological Administration). (2022). Annual meteorological and hydrological report 2022. Retrieved May 10, 2025, from <http://vnmha.gov.vn>.
- Vuong, D. N. (2020). Evaluation of rainfall characteristics and trends in Lam Dong province. *Journal of Water Resources Science and Environmental Engineering* 62, 42-49.